نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷ ص. ۴۱۴-۳۹۳

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 6, No. 4, Winter 2019, P. 393-414

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر عملکرد گل و بنه زعفران

قربانعلی اسدی[1*]، سرور خرم دل[1]، رضا قربانی[2] و بهاره بیچرانلو[3]

تاریخ دریافت: ۳۰ آذر ۱۳۹۵ **تاریخ پذیرش:** ۲۴ بهمن ۱۳۹۶

اسدی، ق.، خرم دل، س.، قربانی، ر.، و بیچرانلو، ب. ۱۳۹۷. ارزیابی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر عملکرد گل و بنه زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۶(۴): ۴۱۴-۳۹۳.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر عملکرد بنه، گل و کلاله زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۲ انجام شد. عامل اول در شش سطح شامل کود دامی از نوع گاوی، کود شیمیایی (NPK)، *تیوباسیلوس*، گوگرد، *تیوباسیلوس*+گوگرد و شاهد و عامل دوم، آبیاری تابستانه در سه سطح شامل عدم آبیاری تابستانه، یک نوبت آبیاری تابستانه (اول مرداد) و دو نوبت آبیاری تابستانه (اول تیر+اول مرداد) در سال‌های دوم و سوم آزمایش بود. تجزیه واریانس نتایج سال سوم (۹۵-۱۳۹۴) آزمایش نشان داد که اثر متقابل حاصلخیزکننده-های خاک و آبیاری تابستانه، بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن خشک کلاله، بنه‌های با وزن بیش از ۱۶ گرم و وزن خشک بنه‌های دختری معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). بیشترین تعداد گل (۲۸۲/۷ گل در متر مربع)، وزن تر گل (۱۰۳/۲ گرم بر متر مربع)، وزن خشک کلاله (۱/۷۳ گرم بر متر مربع)، وزن خشک برگ (۱۳/۳۳ گرم بر متر مربع)، وزن خشک جوانه‌ها (۴/۶۱ گرم بر متر مربع)، تعداد جوانه‌های گل-دهنده در بنه (۲/۶۲۷)، درصد بنه‌های دارای ریشه انقباضی (۵۸/۴۱ درصد)، قطر بنه (۳/۶۱ سانتی‌متر) و گروه‌های مختلف وزنی بنه در تیمار مصرف کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد. به نظر می‌رسد آبیاری تابستانه سبب تسریع در شروع فرایند آزادسازی عناصر غذایی موجود در کود دامی می‌شود و این عناصر به صورت تدریجی در دوران فعالیت گیاه در اختیار آن قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: بنه دختری، جوانه‌های گل‌دهنده در هر بنه، ریشه انقباضی، کود دامی.

۱- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: asadi@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2018.70724.1205

مقدمه

کشاورزی فشرده با بهره‌گیری از ورود مقادیر زیادی از نهاده‌های شیمیایی، تولید محصولات کشاورزی را برای پاسخ-گویی به نیازهای کنونی جهان میسر ساخته است (Sandhu et al., 2010). این نوع از کشاورزی، علیرغم افزایش تولید، سبب تشدید آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از ورود نیتروژن اضافی به آب‌های زیر زمینی و سایر منابع‌طبیعی و در نتیجه برهم خوردن تعادل آن‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی شده که خسارت‌های جبران ناپذیری از جمله هجوم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، کاهش حاصل‌خیزی خاک، کاهش پایداری و تنوع زیستی و به خطر افتادن سلامت محیط زیست را به‌دنبال داشته است. از آنجا که تأمین عناصرغذایی مورد نیاز برای رشد مطلوب، جهت دستیابی به عملکرد امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، استفاده از کودهای بیولوژیکی و آلی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد تا ضمن دستیابی به تولید مطلوب، سلامت بوم‌نظام و سلامت‌غذایی نیز تأمین شود. کودهای آلی فرآورده‌های اصیل و بدون خطری هستند که برای دستیابی به پایداری کشاورزی مناسب می‌باشند و کاربرد کودهای آلی با افزایش تخلخل و نفوذپذیری، کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، تأثیرات مثبتی بر رشد گیاهان دارند (Sharifi Ashourabadi, 2001; Lotfi et al., 2009). از سوی دیگر، کودهای دامی به مقدار کمتر نیز دارای عناصر کم مصرف بوده و در طولانی‌مدت ویژگی‌های خاک را به سمت تعادل پیش خواهند برد و ثبات تولید را نیز تضمین خواهند نمود (Sharifi Ashourabadi, 2001; Parvizi & Nabati, 2004).

نیتروژن اصلی‌ترین عنصر ضروری برای دستیابی به رشد مطلوب گیاهان می‌باشد که بیشترین تأثیر را بر افزایش تولید محصول دارد (Mengel & Kirby, 1978). فسفر پس از نیتروژن، مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز برای رشد گیاهان محسوب می‌شود که میزان قابل جذب این عنصر توسط عواملی نظیر اسیدیته، تراکم ریشه، رطوبت و بافت خاک تعیین می‌گردد (Vance et al., 2003). نتایج برخی تحقیقات مؤید این مطلب است که مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک، به‌دلیل کاهش اسیدیته موجب تأمین سولفات مورد نیاز گیاهان و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف می‌گردد (Dawood et al., 1985). بر این اساس، به منظور افزایش جذب فسفر و بهبود راندمان استفاده از فسفات در خاک، کاربرد گوگرد رایج شده است (Besharati & Saleh Rastin, 1999)، ولی نتایج برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که گوگرد به تنهایی چندان مؤثر نبوده و استفاده از آن به همراه تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* بهترین و اقتصادی‌ترین روش می‌باشد (Koochekzadeh, 2003). برخی محققان برای افزایش کارایی فسفات، آن را با گوگرد مخلوط نموده و از باکتری *تیوباسیلوس* برای تشدید اکسایش گوگرد استفاده نموده و کود فسفری با نام سوپر فسفات بیولوژیک تولید نموده‌اند (Pathirathna et al., 1989).

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق (Iridaceae)، گیاهی علفی، یک ساله (از نظر گیاه‌شناسی)، سرمادوست، بدون ساقه هوایی و دارای بنه است (Alipoor Miandehi et al., 2014). این گیاه از جمله گیاهان بومی ایران بوده (Rasouli et al., 2015) و در حال حاضر یکی از اقلام مهم صادراتی کشور محسوب می‌شود که تنها ۲۰ درصد آن در داخل مصرف و مابقی آن به سایر کشورهای جهان صادر می‌شود (Alipoor Miandehi et al., 2014; Amiri Aghdaei & Roshan, 2015). زعفران اقتصادی‌ترین گیاه در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده در استان‌های خراسان به‌شمار می رود (Ghorbani & Koocheki, 2006). علی‌رغم قدمت کاشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات کشاورزی

رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر بر دانش بومی متکی می‌باشد (Koocheki, 2004). برخی تحقیقات نشان داده است که کاشت این گیاه در مناطق کم باران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد (Kafi et al., 2002). این گیاه به‌دلیل دارا بودن آشیانه اکولوژیکی ویژه نسبت به سایر گیاهان و ویژگی‌های اقتصادی منحصر به فرد از اهمیت خاصی برخوردار است.

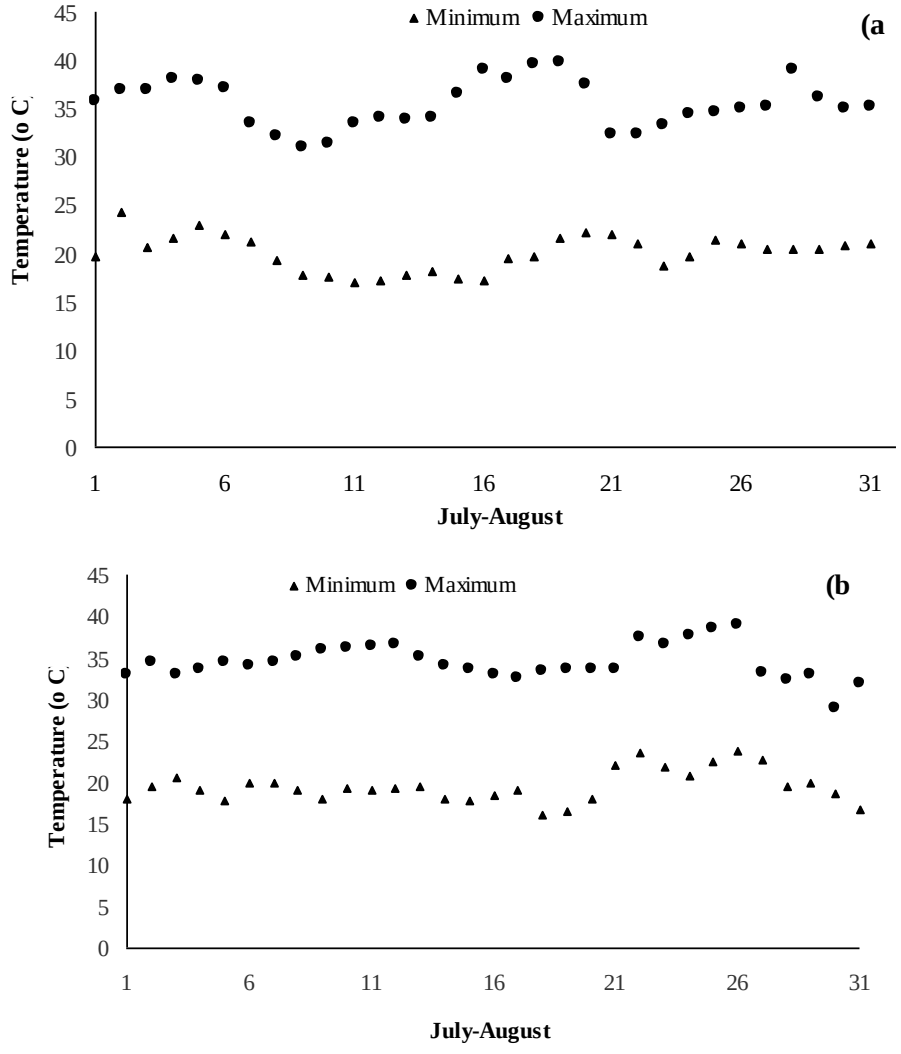
از آنجا که زعفران به عنوان یک گیاه ادویه‌ای و دارویی گران قیمت مطرح می‌باشد و امروزه به‌دلیل تمایل عموم به استفاده از افزودنی‌های طبیعی به جای افزودنی‌های مصنوعی در صنعت غذا، بسیار مورد توجه واقع شده است (Amiri, 2008; Renau-Morata et al., 2012)، توجه به حفظ سلامت آن در حین تولید، امری ضروری است. علاوه بر این، به دلیل داشتن سه سری کروموزوم در سلول‌های سوماتیکی زعفران، روش‌های معمول اصلاح‌نباتات در این گیاه پیشرفت چندانی نداشته است (Kafi et al., 2002)، لذا جهت دستیابی به بنه‌های مرغوب و درشت، بهبود شرایط برای رشد بنه‌ها از طریق افزایش حاصل‌خیزی خاک می‌تواند تأثیر بسیار مطلوبی بر رشد بنه‌ها و گلدهی این گیاه ارزشمند به همراه داشته باشد. بر این اساس، فراهمی متعادل عناصرغذایی نقش بسیار مهمی در گل‌انگیزی و بهبود رشد بنه‌های مادری زعفران ایفاء می‌کند (Behdani et al., 2006; Koocheki et al., 2011; Rezvani Moghaddam et al., 2013a; Rezvani Moghaddam et al., 2013c). نتایج برخی تحقیقات (Koocheki, 2004; Mosaferi ziaodini, 2001; Benschop, 1993) نشان داده است که زعفران یکی از کارآمدترین گیاهان زراعی از نظر مصرف آب در جهان به‌شمار می‌رود و از نظر نیاز به عناصرغذایی گیاهی کم‌توقع محسوب می‌شود. کافی و همکاران (Kafi et al., 2002) و عزیزی زهان و همکاران (Azizi-Zohan et al., 2008) گزارش کردند با وجودی‌که زعفران گیاهی دارای نیاز آبی نسبتاً کم و مقاوم به تنش آب است، ولی دستیابی به عملکرد مطلوب، نیازمند آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی گیاه در دوره رشد سبزینه‌ای می‌باشد. از سوی دیگر، بنابه برخی گزارشات (Alizadeh et al., 2009) به نظر می‌رسد آبیاری تابستانه سبب افزایش عملکرد زعفران خواهد شد. همچنین از آنجا که زعفران از نظر ژنتیکی یک گیاه عقیم است (Babaei et al., 2014)، رشد و تکثیر آن صرفاً از طریق بنه صورت می‌گیرد (Kumar et al., 2009). بنه‌ها در تابستان به حالت رکود به سر برده سپس با شروع فصل پاییز، رشد رویشی و زایشی آن آغاز می‌شود (Kafi et al., 2002). از طرف دیگر، با توجه به اینکه تکوین و تمایز اندام‌های رویشی و زایشی در مریستم رأس جوانه بنه زعفران در دوره خواب به وقوع می‌پیوندند (Abrishamchi, 2003)، به نظر می‌رسد که عوامل محیطی در طی دوره تابستان می‌تواند بر تکوین و تمایز اندام‌های گل این گیاه ارزشمند تأثیرگذار باشد (Koocheki et al., 2014a; Molina et al., 2004).

بنابراین با توجه به اهمیت تأثیر عوامل تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد زعفران و با در نظر گرفتن پتانسیل‌های موجود در کشور در زمینه تولید این گونه ارزشمند صادراتی، این آزمایش با هدف ارزیابی تأثیر مدیریت تلفیقی انواع کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک و آبیاری تابستانه بر خصوصیات رشد، عملکرد بنه، گل و کلاله زعفران در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجراء شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. عامل اول شامل انواع کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک {کود دامی، کود

شیمیایی (شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، کود بیولوژیکی تیوباسیلوس، گوگرد، کود بیولوژیکی تیوباسیلوس+گوگرد و شاهد (عدم مصرف کود)} و عامل دوم، آبیاری تابستانه در سه سطح بر اساس عدم آبیاری تابستانه، یک نوبت آبیاری تابستانه (اول مرداد) و دو نوبت آبیاری تابستانه (اول تیر+اول مرداد) در دوره رکورد زعفران (طی تابستان) انجام بود. البته اعمال آبیاری در طول دوره رشد زعفران در تمامی تیمارها به طور یکسان و طبق عرف منطقه انجام شد. تیمارهای کودی تنها در سال اول (۹۳-۱۳۹۲) و آبیاری تابستانه در تابستان هر دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) اعمال گردید. درجه حرارت حداقل و حداکثر هوا طی مرداد ماه دو سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ (مرحله رکود زعفران) در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- درجه حرارت حداقل و حداکثر طی مرداد ماه سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

Figure 1- Minimum and maximum temperatures during July to August years 2015 and 2016.

قبل از شروع آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، اسیدیته و هدایت الکتریکی، محتوی عناصرغذایی شامل NPK نمونه‌برداری تصادفی توسط اوگر از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام و هم‌زمان با خاک، خصوصیات

شیمیایی کود دامی (گاوی پوسیده) نیز اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات خاک و کود دامی

Table 1- Characteristics of soil and cow manure

ماده Matter	بافت Texture	کربن آلی Organic carbon (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)
خاک Soil	سیلتی لوم Silt loam	0.093	7.01	1.11	0.16	4	112
کود دامی Animal manure	-	42.40	8.3	4.65	0.71	745	3323

به منظور انجام عملیات آماده سازی زمین و تهیه بستر کاشت، در پاییز سال قبل یک نوبت گاوآهن برگردان‌دار زده شد و سپس زمین تا بهار سال آینده رها گردید. زمین مورد آزمایش در بهار دو نوبت دیسک زده شد، سپس با ماله تسطیح گردید. تیمارهای کودی برای هر کرت به صورت جداگانه قبل از اعمال اولین آبیاری در شهریورماه به خاک اضافه گردیدند. کود دامی از نوع کود گاوی پوسیده به میزان چهل تن در هکتار قبل ا زکاشت مصرف و به طور کامل با لایه سطحی مخلوط شد. با توجه به آزاد شدن حدود ۵۰ درصد عناصرغذایی کودهای آلی در سال اول (Pimentel, 1993)، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خالص بر اساس محتوی عناصر غذایی موجود در کود دامی به ترتیب برابر با ۱۱۴، ۱۸ و ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار برای تیمار مصرف کود شیمیایی مدنظر قرار گرفت. کود فسفر به صورت سوپرفسفات تریپل و پتاسیم به‌صورت سولفات پتاسیم قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفتند و کود نیتروژن (از منبع اوره) طی سه مرحله همزمان با کاشت، قبل از مرحله گلدهی و ظهور برگ به خاک افزوده شد. مصرف گوگرد نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های مربوطه اعمال گردید. در تیمار مصرف کود بیولوژیک، تلقیح بنه قبل از کاشت با باکتری تیوباسیلوس انجام و سپس بنه‌ها در سایه خشک شدند.

زعفران روی چهار ردیف به طول دو متر با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر در اوایل مهر ماه سال ۱۳۹۲ اول اجرای آزمایش بر اساس تراکم ۵۰ بنه در متر مربع به صورت کرتی کاشته شد. آبیاری در تیمارهای دارای آبیاری تابستانه در تاریخ‌های اول مرداد (یک نوبت آبیاری تابستانه) و اول تیر+اول مرداد (دو نوبت آبیاری تابستانه) در کرت‌های مربوطه اعمال شد. اولین آبیاری پاییزه در اواخر مهر ماه صورت گرفت و سایر نوبت‌های آبیاری طبق عرف منطقه برای تمامی کرت‌ها انجام و جهت تسهیل خروج جوانه‌ها، سله شکنی خاک به صورت دستی انجام شد. کنترل علف‌های هرز توسط وجین دستی بنا به ضرورت در طول فصل رشد انجام شد.

برای تعیین عملکرد گل و کلاله زعفران در سال سوم آزمایش (۱۳۹۵)، نمونه‌برداری از زمان شروع گلدهی از اواخر مهر آغاز و تا پایان دوره گلدهی در اوایل آذر ماه ادامه یافت. در هر نوبت نمونه‌برداری، گل‌های ظاهر شده، بصورت روزانه جمع-آوری و شمارش و جهت تعیین وزن تر گل و وزن خشک کلاله به آزمایشگاه منتقل شدند. همچنین در انتهای فصل رشد رویشی (اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۶) پنج بوته از هرکرت به صورت تصادفی تخریبی برداشت و اجزای مختلف عملکرد بنه (شامل تعداد و وزن خشک بنه‌های دختری در چهار گروه وزنی (۴-۲، ۸-۴/۱، ۱۶-۸/۱ و بیش از ۱۶/۱ گرم) و قطر بنه)، درصد

بنه‌های دارای ریشه انقباضی[۱]، تعداد جوانه‌های گلدهنده در هر بنه، طول برگ و وزن خشک برگ و فلس اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.2) انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. لازم به ذکر است با توجه ماهیت تیمارهای آزمایش، اطمینان از اثر تیمارها و بالا بردن دقت در نتایج حاصل، تنها نتایج سال سوم (۹۵-۱۳۹۴) ارائه شده و این نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

نتایج و بحث

اثر متقابل حاصل‌خیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر تعداد گل در متر مربع، وزن تر گل، وزن خشک برگ، وزن خشک جوانه‌ها و تعداد جوانه‌های گل‌دهنده در هر بنه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) و روی درصد ریشه‌های انقباضی در بنه در سطح پنج درصد ($p\leq$۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۲)، اما روی وزن خشک کلاله تأثیری نداشت. با این حال اثر ساده آبیاری تابستانه و همچنین اثر ساده حاصلخیز کننده‌های خاک بر تمامی صفات مورد بررسی از جمله وزن خشک کلاله زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

اثر متقابل حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر قطر بنه، گروه‌های وزنی کمتر از ۲ گرم، ۴-۲/۱ گرم، ۸-۴/۱ گرم و ۱۶-۸/۱ گرم در سطح احتمال یک درصد ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار شد، اما روی گروه وزنی بیشتر از ۱۶ گرم و وزن خشک بنه‌های دختری تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). با این وجود، اثر ساده حاصل‌خیز کننده‌های خاک بر تمامی صفات مورد بررسی در بنه زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر ساده آبیاری تابستانه نیز بر قطر بنه، گروه‌های وزنی کمتر از ۲ گرم، ۴-۲/۱ گرم، ۸-۴/۱ گرم، ۱۶-۸/۱ گرم و وزن خشک بنه‌های دختری در سطح احتمال یک درصد و روی گروه وزنی بیشتر از ۱۶ گرم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). از آنجا که مراحل تکوین و تمایز یابی اندام‌های رویشی و زایشی در نتیجه تشدید میتوز در مریستم رأسی جوانه بنه زعفران می‌باشند، در دوره رکود همزمان با کاهش رطوبت بنه و افزایش درجه حرارت تابستان به وقوع می‌پیوندند (Abrishamchi, 2003)، تصور می‌شود انجام آبیاری تابستانه از طریق کاهش دمای خاک اطراف بنه‌ها و افزایش ذخیره رطوبتی خاک، نقش مؤثری در بهبود رشد بنه‌های دختری داشته است. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013b) نیز به نقش مؤثر فراهمی رطوبت خاک در افزایش عملکرد بنه‌های دختری زعفران تحت تأثیر مصرف مقادیر کلش گندم اشاره کرده‌اند.

در بررسی اثر متقابل حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر خصوصیات رویشی و گل زعفران (جدول ۴)، مشخص شد که بیشترین تعداد گل در متر مربع (۲۸۲/۷)، وزن تر گل (۱۰۳/۲ گرم بر متر مربع) و وزن خشک کلاله (۱/۷۳ گرم بر متر مربع)، وزن خشک برگ (۱۳/۳۳ گرم بر متر مربع)، وزن خشک جوانه‌ها (۴/۶۱ گرم بر متر مربع)، تعداد جوانه‌های گل-دهنده در بنه (۲/۶۲۷) و درصد بنه‌های دارای ریشه انقباضی (۵۸/۴۱ درصد) در تیمار کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد و پس از آن در تیمارکود دامی و دو نوبت آبیاری تابستانه به‌دست آمد. در خصوص تعداد گل در متر مربع، وزن تر گل و وزن خشک کلاله، تیمار کود دامی و دو نوبت آبیاری تابستانه فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار کود شیمیایی و دو نوبت آبیاری تابستانه بود (جدول ۴).

از آنجا که تمایز اندام‌های زایشی زعفران، همزمان با کاهش رطوبت خاک در اطراف بنه و افزایش درجه حرارت اتفاق می‌افتد (Sadeghi et al., 2003a)، بنظر می‌رسد اعمال آبیاری تابستانه از

۱- Contractile roots

طریق کاهش دمای خاک، ضمن تأثیر مثبت بر روند تمایز اندام‌های زایشی توانسته بر تشکیل اندام‌های گل و عملکرد گل و کلاله مؤثر واقع گردد. ابرقویی و همکاران (Abarghouei et al., 2000) با بررسی تأثیر درجه حرارت بر گلدهی زعفران طی مطالعه‌ای هفت ساله گزارش نمودند که گلدهی پیاز در محدوده میانگین حرارتی روزانه ۱۴/۲-۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود. همچنین آنها اظهار داشتند چنانچه پس از اولین آبیاری، پیاز تحت تأثیر میانگین درجه حرارت روزانه کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، ابتدا گل و در شرایط اعمال دمای بالاتر برگ ظاهر می‌شود. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) نشان دادند که درجه حرارت عامل اصلی و تعیین‌کننده سرعت رشد اندام‌های هوایی، تشکیل گل و خروج گل در زعفران می‌باشد. آنها همچنین بیان داشتند که درجه حرارت مطلوب برای خروج گل‌های این گیاه از خاک از درجه حرارت بهینه برای تشکیل گل کمتر است. مسافری ضیاءالدینی (Mosaferi Ziaodini, 2001) نیز آبیاری در اواسط مرداد ماه را موجب افزایش ۴۰ درصدی در عملکرد و آبیاری در نیمه دوم تیر ماه را عامل کاهش ۱۷ درصدی عملکرد زعفران معرفی نمودند. فیضی و همکاران (Feizi et al., 2015b) با بررسی اثر آبیاری تابستانه بر عملکرد گل و شاخص‌های کیفی زعفران بیان نمودند که در سال اول و دوم، آبیاری در تیر ماه بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد گل (به ترتیب با ۲۵ و ۱۲۷/۴ گل در متر مربع)، عملکرد گل (به ترتیب با ۱۲/۱ و ۶۱/۴ گرم در متر مربع) و وزن خشک کلاله (به ترتیب با ۰/۱۶ و ۰/۹۷ گرم در متر مربع) زعفرن داشت. همچنین اثر آبیاری تابستانه بر افزایش پیکروکروسین معنی‌دار بود.

قابل ذکر است که بین تلقیح بنه با باکتری *تیوباسیلوس* و تیمار شاهد در کلیه تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD مشاهده نشد. با این حال، کمترین تعداد گل در متر مربع (۱۱۵/۷)، وزن تر گل (۴۳/۰ گرم بر متر مربع) و وزن خشک کلاله (۰/۷۲۳ گرم بر متر مربع) در شرایط تلقیح با *تیوباسیلوس* و عدم آبیاری تابستانه مشاهده شد (جدول ۴). اثر متقابل مصرف کودهای مختلف و آبیاری تابستانه بر وزن خشک کلاله (جدول ۲)، بنه‌های با وزن بیش از ۱۶ گرم و وزن خشک بنه‌های دختری (جدول ۳) معنی‌دار نبود، با این‌حال، بیشترین وزن خشک کلاله (۱/۷۳۰ گرم بر متر مربع) در تیمار کاربرد کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد و کمترین وزن خشک کلاله (۰/۷۲۳۳ گرم بر متر مربع) در تیمار *تیوباسیلوس* و عدم آبیاری تابستانه مشاهده شد (جدول ۴).

افزایش فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد بنه‌ها از طریق مصرف کود دامی به دلیل تحریک فتوسنتز برگ‌ها موجب نمو بیشتر برگ‌ها و تولید بنه‌های درشت‌تر شده (Badiyala & Saroch, 1997) که این فرآیند با افزایش تولید مواد پرورده، فعال شدن جوانه‌های بیشتر روی بنه‌های دختری و تولید بنه‌های درشت‌تر و همچنین افزایش تعداد آن‌ها، ظرفیت گلدهی را بهبود بخشیده است (Sadeghi, 1993). نتایج مطالعه ملافیلابی و خرم دل (Mollafilabi & Khorramdel, 2015) روی اثر مدیریت حاصلخیزی خاک بر ویژگی‌های بنه دختری و عملکرد گل در مزرعه شش ساله زعفران نشان داد که بالاترین وزن خشک فلس، برگ و بنه برای مصرف کود دامی به ترتیب با ۱۷/۱۸، ۶۱/۹۳ و ۲۳۸/۹۱ گرم بر متر مربع به‌دست آمد. سامپاتو و همکاران (Sampatha et al., 1984) دریافتند که محیط رشد زعفران برای دستیابی به عملکرد مطلوب نیازمند مصرف مقادیر بالای کود دامی می‌باشد. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2006) بهبود ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک تحت تأثیر مصرف کود دامی را عامل اصلی افزایش رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی زعفران معرفی نمودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر عملکرد و خصوصیات رویشی زعفران در سال سوم

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of soil fertilizers and summer irrigation on yield and growth characteristics of saffron in the third year

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	تعداد گل در مترمربع Flower numbers ($No.m^{-2}$)	وزن تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک جوانه‌ها Buds dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد جوانه‌های گل‌دهنده در بنه Flowering buds number per corm (%)	درصد بنه‌های دارای ریشه انقباضی Corm percentage with contractile roots (%)
بلوک (Block)	2	4909.5	131.1	0.260	19.95	2.304	0.026	110.2
حاصلخیزکننده‌های خاک (A) Soil fertilizers (A)	5	16181.5**	2118.2**	0.588**	93.54**	10.74**	2.342**	1606.3**
آبیاری تابستانه (B) Summer irrigation (B)	2	6047.1**	854.2**	0.235**	64.7**	7.387**	0.969**	731.7**
A×B	10	774.5**	108.5**	0.400 n.s	7.706**	0.841**	0.053**	5.458*
خطا (Error)	34	213.2	35.19	0.023	0.042	0.011	0.003	2.675
ضریب تغییرات (%) C.V.	-	8.48	9.43	14.08	3.06	4.52	6.36	3.67

*، ** و n.s: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال p≤۰/۰۵ و p≤۰/۰۱ و عدم معنی‌داری.

*, ** and n.s; are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر خصوصیات بنه زعفران در سال سوم

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of soil fertilizers and summer irrigation on corm characteristics of saffron in the third year

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	قطر بنه Corm diameter (cm)	گروه‌های وزنی بنه Corm weight groups (g)					وزن خشک بنه‌های دختری Dry weight of daughter
			<2	2.1-4	4.1-8	8.1-16	>16	
بلوک (Block)	2	2.56	0.027	0.162	0.400	0.087	13.72	25.22
حاصلخیزکننده‌های خاک (A) Soil fertilizers (A)	5	4.72**	0.676**	1.186**	4.530**	2.198**	81.25**	204.30**
آبیاری تابستانه (B) Summer irrigation (B)	2	3.33**	0.526**	1.320**	2.244**	0.818**	7.785*	48.83**
A×B	10	0.332**	0.052**	0.074**	0.399**	0.044**	1.102n.s.	2.337n.s.
خطا (Error)	34	0.005	0.0007	0.004	0.065	0.001	1.876	1.732
ضریب تغییرات (%) C.V.	-	3.35	2.76	2.31	3.75	0.21	7.21	2.94

*، ** و n.s.؛ به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال p≤۰/۰۵ و p≤۰/۰۱ و عدم معنی‌داری.

*, ** and n.s.; are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

علی‌پور میاندهی و همکاران (Alipoor Miandehi et al., 2014) نیز در بررسی مصرف کودهای دامی، شیمیایی و بیولوژیک نتایج مشابهی را گزارش کردند؛ به طوری‌که کود دامی و شیمیایی بیشترین تأثیر را بر وزن تر گل و طول کلاله داشته و در مورد کودهای بیولوژیک نیز بیان کردند که کود نیتروکسین سبب افزایش وزن تر گل شد، در حالی‌که بیوسوپرفسفات تأثیر معنی‌داری نداشت.

در بررسی سیستم‌های مختلف کودی از قبیل کود شیمیایی، ورمی کمپوست، کود زیستی حاوی باکتری‌های *باسیلوس* و *سودوموناس* و تلفیق آنها روی عملکرد زعفران، بیشترین عملکرد گل و کلاله زعفران در تیمار تلفیق کود شیمیایی، ورمی کمپوست و باکتری‌ها مشاهده شده است (Rasouli et al., 2015). تیمارهای کودهای بیولوژیکی شامل دو گونه میکوریزا شامل *G. mosseae* و *G. intraradices* به تنهایی نقشی در افزایش عملکرد گل و بنه زعفران نداشته‌اند، اما در تلفیق با کود دامی به میزان ۶۰ تن در هکتار+کود دلفارد بیشترین تأثیر را بر تعداد گل در متر مربع داشته‌اند (Rezvani Moghaddam et al., 2013c). در تحقیق دیگری تلفیق کود گاوی+N+P (به صورت اوره و سوپرفسفات) سبب حصول بیشترین عملکرد کلاله زعفران نسبت به شاهد شد (Amiri, 2008). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) طی آزمایشی روی اثر کودهای بیولوژیک نیتروکسین حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *Aospirillum* و *Azotobacter* و کود دلفارد (اختصاصی زعفران) بیان کردند که بیشترین تعداد گل، وزن خشک گل، وزن خشک کلاله و بنه در تیمار کود دلفارد مشاهده شد؛ در حالی‌که کمترین مقادیر این صفات مربوط به تیمار نیتروکسین بود. بدین ترتیب، با توجه به اینکه در پهنه اقلیمی مرکز و جنوب خراسان تا ۶۷ درصد تغییرات عملکرد زعفران تحت تأثیر کودهای دامی و فسفره است (Behdani et al., 2006) و با توجه به تأثیر منفی کودهای شیمیایی بر پایداری تولید زعفران (Hatami Sardashti et al., 2011)، مصرف کودهای آلی به ویژه کود دامی را می‌توان در راستای افزایش عملکرد این گیاه ارزشمند مدنظر قرار داد. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) نیز گزارش نمودند از آنجا که اندام‌های زیرزمینی مبنای استقرار و مرکز ثقل گیاه به ویژه در خصوص گونه‌های دارای اندام ذخیره‌ای زیرزمینی محسوب می‌شود،

بنابراین، تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک بر مبنای مصرف نهاده‌های آلی با بهبود خصوصیات خاک، علاوه بر افزایش رشد و عملکرد محصول، پایداری بوم‌نظام را نیز در درازمدت تضمین می‌نماید.

همچنین اگرچه گلدهی زعفران در استان خراسان در اوایل پاییز انجام می‌شود، ولی تفاوت‌های قابل توجهی در ظهور گل در این منطقه وجود دارد. گلدهی زعفران فرآیندی بی‌نظیر است که قبل از رشد رویشی منظم مثل ظهور برگ‌ها و رشد شروع می‌شود. ظهور گل در زعفران اگرچه تحت تأثیر بسیاری از عوامل محیطی نظر تابش، آب و مواد غذایی در دسترس است، ولی اساساً توسط درجه حرارت کنترل می‌شود و این عامل محیطی، مهمترین معیار برای تحریک و تخمین زمان گلدهی در این گیاه می‌باشد (Kafi et al., 2002). بر این اساس، بنظر می‌رسد اعمال یک نوبت آبیاری تابستانه با تعدیل شرایط محیطی موجب بهبود شرایط رشدی برای بنه‌ها شده است.

اثر ساده و متقابل حاصلخیزکننده‌ها و اعمال آبیاری تابستانه بر درصد ریشه‌های انقباضی معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد ریشه‌های انقباضی برای تیمار کود دامی در یک نوبت آبیاری تابستانه با ۵۸/۴۱ درصد و کمترین آن مربوط به کاربرد تیوباسیلوس و دو نوبت آبیاری تابستانه با ۱۱/۵۱ درصد بود (جدول ۴). ریشه‌های انقباضی ساختار غده مانندی دارند که فعالیت کششی و رهایشی آنها بنه را قادر می‌سازد تا به درون خاک حرکت کرده، بنابراین بنه در عمق و موقعیت مناسبی در درون خاک قرار می‌گیرد. ترکیبات فنولی به خصوص پی-کوماریک اسید، اثر مثبتی بر روی تشکیل، رشد و عملیات انقباض در این نوع ریشه‌ها دارند (Kumar et al., 2009).

در خصوص اثر متقابل کود و آبیاری تابستانه بر خصوصیات بنه و گروه‌های مختلف وزنی بنه (جدول ۵)، نیز بیشترین قطر بنه (۳/۶۱ سانتی‌متر) و گروه های مختلف وزنی بنه در تیمار کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه و کمترین قطر بنه و وزن بنه-ها در تمامی گروه‌های وزنی در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و دونوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد. با وجود اینکه اثر متقابل آبیاری تابستانه و حاصلخیزکننده‌های خاک روی بنه‌های با وزن بیش از ۱۶ گرم و وزن خشک بنه‌های دختری معنی‌دار نشد (جدول‌های ۲ و ۵)، اما بیشترین وزن خشک بنه‌های دختری (۵۴/۶۴ گرم در متر مربع) نیز در تیمار کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داده است که مراحل تکوین و تمایزیابی اندام‌های رویشی و زایشی زعفران که در نتیجه تشدید تقسیم میتوز در مریستم رأسی جوانه بنه زعفران می‌باشند در دوره رکود ظاهری به وقوع می‌پیوندد (Abrishamchi, 2003). این تغییرات همزمان با کاهش رطوبت بنه و افزایش درجه حرارت تابستان مصادف می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد که اعمال آبیاری تابستانه با کاهش دمای خاک اطراف بنه و افزایش ذخیره رطوبتی خاک، توانسته است نقش مؤثری در گل‌انگیزی زعفران داشته باشد. ابرقویی و همکاران (Abarghouei et al., 2000) با بررسی تأثیر درجه حرارت بر گلدهی زعفران طی مطالعه‌ای هفت ساله گزارش نمودند که گلدهی پیاز در محدوده میانگین حرارتی روزانه ۱۴/۲-۱۲/۲ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود. همچنین آنها اظهار داشتند چنانچه پس از اولین آبیاری، پیاز تحت تأثیر میانگین درجه حرارت روزانه کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد، ابتدا گل و در شرایط اعمال دمای بالاتر برگ ظاهر می‌شود. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) نشان دادند که درجه حرارت عامل اصلی و تعیین‌کننده سرعت رشد اندام‌های هوایی، تشکیل گل و خروج گل در زعفران می‌باشد. آنها همچنین بیان داشتند که درجه حرارت مطلوب برای خروج گل‌های این گیاه از خاک از درجه حرارت بهینه برای تشکیل گل کمتر است. مسافری ضیاءالدینی (Mosaferi Ziaodini, 2001) نیز آبیاری در اواسط مرداد ماه را موجب افزایش ۴۰ درصدی در عملکرد و آبیاری در نیمه دوم تیر ماه را عامل کاهش ۱۷ درصدی عملکرد

زعفران معرفی نمودند. فیضی و همکاران (Feizi et al., 2015b) با بررسی اثر آبیاری تابستانه بر عملکرد گل و شاخص‌های کیفی زعفران بیان نمودند که در سال اول و دوم، آبیاری در تیر ماه بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد گل (به ترتیب با ۲۵ و ۱۲۷/۴ گل در متر مربع)، عملکرد گل (به ترتیب با ۱۲/۱ و ۶۱/۴ گرم در متر مربع) و وزن خشک کلاله (به ترتیب با ۰/۱۶ و ۰/۹۷ گرم در متر مربع) زعفرن داشت. همچنین اثر آبیاری تابستانه بر افزایش پیکروکروسین معنی‌دار بود. بر این اساس، با توجه به نیازهای محیطی این گیاه برای دستیابی به عملکرد مطلوب و در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود به ویژه کمبود آب در مناطق تولید این گیاه پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش تولید پایدار در آینده ناحیه بندی اکولوژیک این گیاه تعیین شده و الگوی مناسبی برای این گیاه به ویژه در مناطق مهم تولید این گیاه در استان‌های خراسان ارائه گردد.

البته افزایش محتوی رطوبتی خاک تحت تأثیر افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه کاهش رشد اندام‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است که این موضوع احتمالاً مربوط به تشدید آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی در بنه‌ها به دلیل تجمع بیش از حد رطوبت در محیط اطراف ریشه و بنه می‌باشد. در همین راستا، رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2008) نیز اظهار داشتند که افزایش آبیاری تابستانه موجب تشدید آلودگی کنه‌ها در زعفران گردید.

صادقی (Sadeghi, 1993) یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد زعفران را در تابستان، درجه حرارت بالا عنوان نمود و بیان داشت که این عامل تأثیر بسزایی بر القاء گلدهی در مرداد ماه داشته است. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) بیان داشتند که وقوع دماهای بالاتر و یا پایین‌تر از حد بهینه، القای گلدهی زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فیضی و همکاران (Feizi et al., 2015b) با بررسی اثر آبیاری تابستانه بر رشد و عملکرد زعفران نشان دادند که زمان آبیاری (۱۵ تیرماه، ۱۵ مرداد ماه، ۱۵ تیر ماه+۱۵ مرداد ماه و عدم آبیاری تابستانه) اثر معنی‌داری بر تعداد و عملکرد گل زعفران در سال‌های اول و دوم مطالعه داشت، به طوری‌که در سال اول، آبیاری تابستانه در تیر+مرداد ماه بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد گل، عملکرد گل و وزن خشک کلاله به ترتیب با ۲۵ گل در متر مربع، ۱۲/۱ و ۰/۱۶ گرم کلاله خشک در متر مربع داشت. همچنین در سال دوم، بیشترین میزان این صفات به ترتیب با ۱۲۷/۴ گل در متر مربع، ۶۱/۴ و ۰/۹۷ گرم در متر مربع تحت تأثیر آبیاری در مرداد ماه بدست آمد.

بر این اساس به نظر می‌رسد مصرف کود دامی و کاربرد آبیاری تابستانه با افزایش فراهمی رطوبت موجب تحریک رشد ریشه‌های انقباضی شده است. البته بایستی به این مهم توجه کرد از آنجا که بخشی از توان گیاه صرف تولید این نوع ریشه‌ها شده لذا افزایش این صفت مطلوب نمی‌باشد.

در خصوص اثر ساده حاصلخیزکننده‌های خاک، کود دامی بیشترین تأثیر را بر تمامی صفات مورد بررسی در زعفران داشت؛ به‌طوری که بیشترین وزن خشک کلاله (۱/۴۶ گرم بر متر مربع) و وزن خشک بنه‌های دختری (۵۲/۲۸ گرم بر متر مربع) در تیمار مصرف کود دامی بدست آمد (شکل ۲-ب). این امر احتمالاً مربوط به دلیل آزاد سازی تدریجی عناصر غذایی موجود در کود دامی و امکان استفاده بهتر آن توسط گیاه و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد که کاربرد کود دامی از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش نفوذپذیری و تخلخل (Rasoulzadeh & Yaghoubi, 2010)، شرایط ریزوسفر را برای بنه‌ها بهبود بخشیده که این امر از طریق بهبود رشد اندام‌های رویشی و بنه‌ها، افزایش عملکرد گل و بنه را به دنبال داشته است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر خصوصیات رویشی و عملکرد گل زعفران در سال سوم

Table 4- Mean comparisons for the interaction between soil fertilizers and summer irrigation on growth characteristics and flower yield of saffron in the third year

تیمارها Treatments		تعداد گل Flower numbers ($No.m^{-2}$)	عملکرد تر گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک جوانه‌ها Buds dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد جوانه‌های گل‌دهنده در بنه Flowering buds numbers ($No.corm^{-1}$)	درصد بنه‌های دارای ریشه انقباضی Corm percentage with contractile roots
کود Fertilizer	آبیاری Irrigation							
کود دامی (a_1) Animal manure(a_1)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	196.7	72.61	1.191	8.453	2.900	2.253	50.08
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	282.7	103.2	1.730	13.33	4.610	2.627	58.41
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	240.7	87.33	1.484	10.11	3.437	1.813	43.05
کود شیمیایی (a_2) Chemical (a_2) fertilizer	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	172.0	61.41	1.055	6.367	2.237	2.053	17.58
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	188.0	68.47	1.158	12.13	4.120	2.342	27.43
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	220.7	81.55	1.343	10.66	3.647	1.887	13.72
تیوباسیلوس (a_3) *Thiobacillus* (a_3)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	115.7	43.0	0.7233	2.550	0.833	1.270	16.23
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	134.0	49.38	0.8670	2.883	1.020	1.372	22.18
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	125.7	44.05	0.7816	2.453	0.8733	1.197	11.51
گوگرد (a_4) Sulfur (a_4)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	137.3	46.94	0.8446	3.240	1.147	1.255	17.97
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	162.0	59.82	1.024	8.647	2.957	1.343	23.33
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	155.3	56.31	0.9553	3.387	1.183	1.170	12.93
a_2+a_4	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	164.3	59.90	1.266	8.440	2.873	1.692	31.95
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	200.0	71.77	1.297	8.620	2.947	2.003	38.90
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	186.7	68.91	1.261	7.513	2.593	1.340	23.95
شاهد Control	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	123.7	47.35	0.7713	2.760	1.067	1.020	16.27
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	156.0	58.64	1.137	7.773	2.680	1.153	23.95
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	134.7	50.97	0.8476	2.207	0.813	0.650	12.84
[۷]LSD		6.275	9.202	0.744	0.318	0.163	0.085	2.537

[۷] هر دو میانگین متوالی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

[۷] Every two-consecutive mean that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل حاصلخیزکننده‌های خاک و آبیاری تابستانه بر خصوصیات بنه زعفران در سال سوم

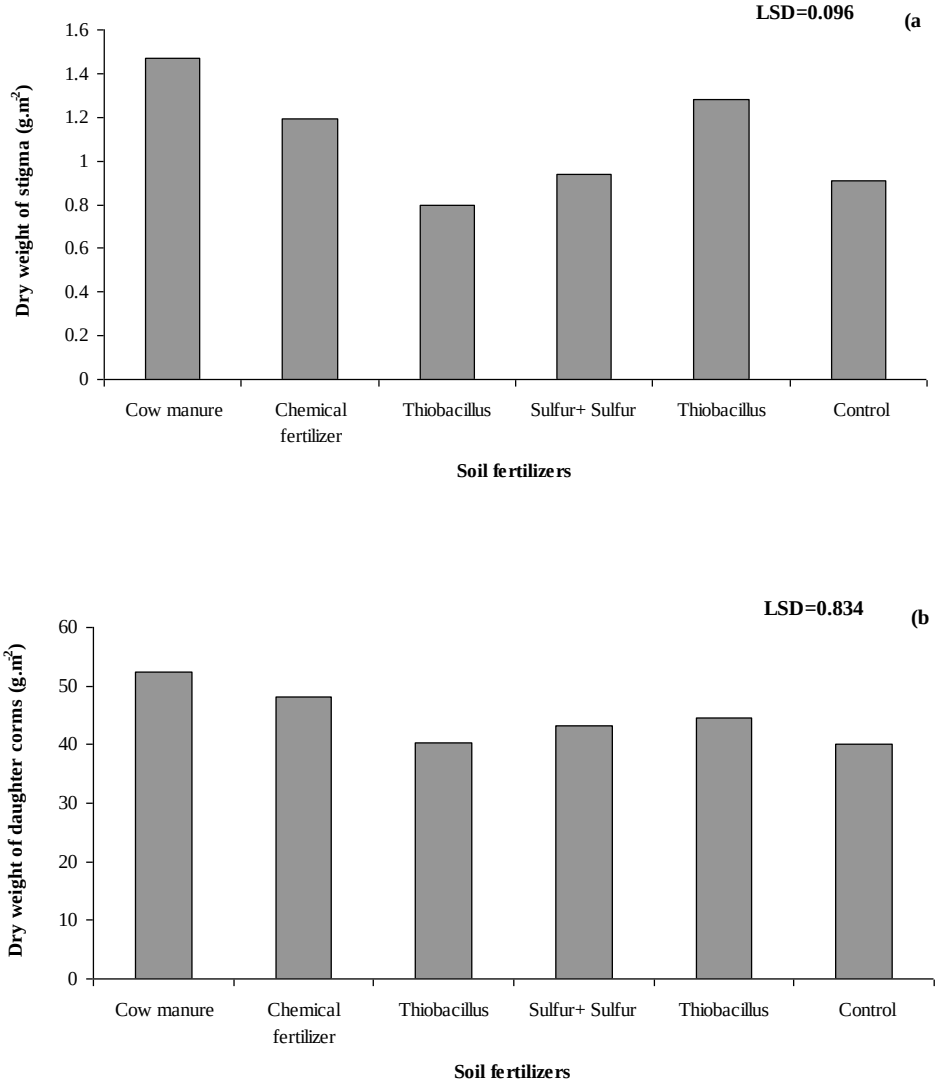
Table 5- Mean comparisons for the interaction between soil fertilizers and summer irrigation on saffron corm characteristics in the third year

تیمارها Treatments		قطر بنه	عملکرد بنه درگروه‌های مختلف (بر اساس وزن خشک) Corm yield in different groups (based on dry weight) ($g.m^{-2}$)				وزن خشک بنه‌های دختری
کود Fertilizer	آبیاری Irrigation	Corm diameter (cm)	<2 g	2.1-4 g	4.1-8 g	8.1-16 g	Dry weight of daughter corms ($g.m^{-2}$)
کود دامی (a_1) Animal manure(a_1)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	2.550	1.113	3.113	7.380	15.49	50.32
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	3.613	1.827	3.947	7.920	16.23	54.64
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	2.800	1.287	3.363	7.575	15.66	51.90
کود شیمیایی (a_2) Chemical fertilizer(a_2)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	2.200	1.017	2.957	7.175	15.18	45.93
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	3.380	1.573	3.617	7.605	15.61	51.31
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	2.893	1.170	3.147	7.315	15.40	47.15
تیوباسیلوس (a_3) *Thiobacillus* (a_3)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	1.150	0.603	2.450	6.345	14.22	39.72
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	1.280	0.796	2.687	6.670	14.68	41.59
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	1.197	0.736	2.587	5.930	14.51	39.33
گوگرد (a_4) Sulfur (a_4)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	1.343	0.803	2.553	6.60	14.83	42.42
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	2.487	0.953	2.913	7.055	15.03	44.26
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	1.403	0.856	2.840	6.755	14.75	43.28
a_3+a_4	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	2.400	0.826	2.667	6.880	14.92	43.50
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	2.497	1.100	3.183	7.145	15.12	45.58
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	2.303	0.993	2.777	7.06	15.01	44.32
شاهد (a_5) Control (a_5)	عدم آبیاری تابستانه No summer irrigation	1.250	0.760	2.50	5.425	14.35	39.22
	یک نوبت آبیاری تابستانه Once summer irrigation	2.413	0.883	3.013	6.805	14.87	42.29
	دو نوبت آبیاری تابستانه Twice summer irrigation	0.986	0.726	2.273	4.805	14.67	38.49
[۷]LSD		0.110	0.041	0.098	0.396	0.049	2.04

[۷] هر دو میانگین متوالی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

[۷] Every two-consecutive mean that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

همچنین احتمال می‌رود که کاهش صرف انرژی برای خروج گل‌ها و رسیدن آنها به سطح خاک در شرایط سبک‌تر شدن بافت خاک تحت تأثیر کاربرد کود دامی باعث تسریع در شروع دوره بهره‌برداری از مزرعه زعفران، افزایش تعداد گل و طول کلاله شده (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) که این امر در نهایت، افزایش وزن تر گل و وزن خشک کلاله به دنبال داشته است. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) میانگین محتوی کربن آلی خاک مزارع زعفران را ۰/۰۸۶ درصد گزارش نمودند. در ارتباط با نقش موثر کودهای دامی، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) بهبود عملکرد گل و کلاله خشک زعفران را در نتیجه افزایش سطح کود دامی گزارش نمودند. جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) نیز نشان دادند که مصرف کود آلی موجب بهبود تعداد گل زعفران گردید.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده حاصلخیزکننده‌های خاک بر وزن خشک کلاله (الف) و وزن خشک بنه‌های دختری (ب) زعفران

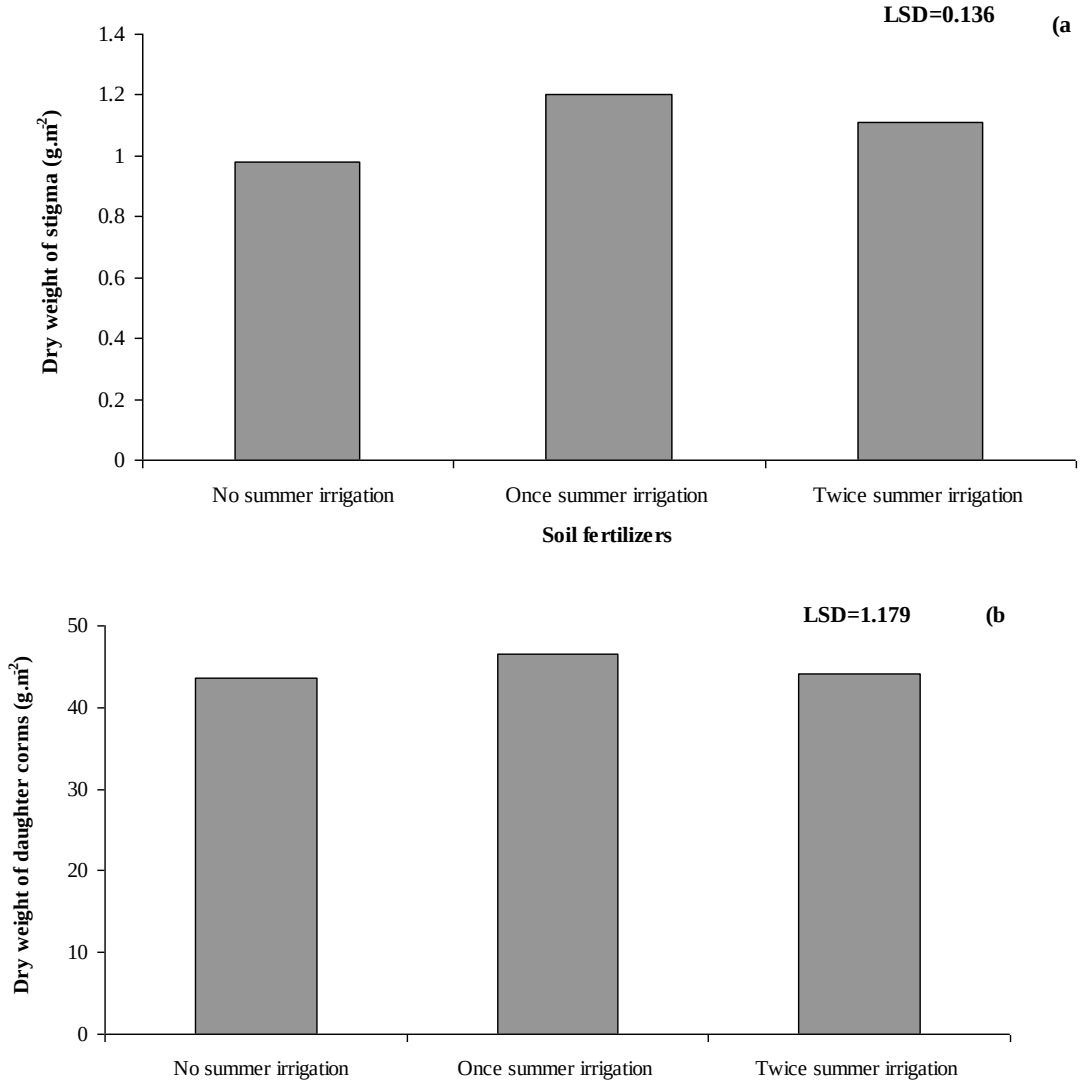
Figure 2- Mean comparisons for the effect of soil fertilizers on stigma dry weight (a) and dry weight of daughter corms (b) of saffron.

ال‌نگار و ال‌نشارتی (El-Naggar & El-Nasharty, 2009) بیان نمودند که محیط کاشت با بهبود شرایط برای رشد رویشی، به طور معنی‌داری خصوصیات گلدهی گیاهان دارای اندام زیرزمینی نظیر تعداد گل را تحت تأثیر قرار داد. ملافیلابی و خرم دل (Mollafilabi & Khorramdel, 2015) طی مطالعه‌ای روی اثر مدیریت حاصلخیزی خاک بر بر ویژگی‌های بنه دختری و عملکرد گل در مزرعه شش ساله زعفران بیان داشتند که بیشترین وزن تر گل و وزن خشک کلاله برای کود دامی+محلول‌پاشی با کود کامل به ترتیب با ۶۹/۷۷ و ۰/۶۶ گرم بر متر مربع به دست آمد و کمترین میزان برای شاهد با ۲۷/۳۰ و ۰/۲۶ گرم بر متر مربع حاصل شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014b) افزایش تولید گل تحت تأثیر مصرف کود دامی را به تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بر گلدهی نسبت دادند. برخی محققین (Nelson & Janke, 2007; Balemi, 2012) دلیل افزایش گلدهی تحت تأثیر کاربرد کود دامی را به فراهمی فسفر نسبت داده‌اند. در همین راستا، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نیز بالاترین کارایی جذب و مصرف نیتروژن را در شرایط مصرف کود دامی گزارش کردند. نتایج آزمایش دیگری نیز نشان داد که کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی نقش بیشتری در افزایش معنی‌دار تعداد و وزن بنه‌های دختری و میزان جذب فسفر داشته است (Feizi et al., 2015a). افزایش سطوح مصرف کود گاوی تأثیر بسزایی در افزایش تعداد گل، عملکرد تر و خشک گل و کلاله زعفران نشان داده است (Hassanzadeh Aval et al., 2013). کود گاوی به دلیل بهبود حاصلخیزی خاک و فراهمی عناصر غذایی، به مقدار ۶۰ تن در هکتار بیشترین تأثیر را بر عملکرد زعفران در شرایط شوری آب آبیاری و الگوهای مختلف کشت داشته است (Yarami & Sepaskhah, 2015). کمترین وزن خشک کلاله (۰/۷۹ گرم بر متر مربع) در تیمار تلقیح با کود بیولوژیکی *تیوباسیلوس* مشاهده شد که براساس آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار با شاهد بود (شکل ۲- الف). کمترین وزن خشک بنه-های دختری (۳۹/۹۹ گرم بر متر مربع) در تیمار شاهد مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار *تیوباسیلوس* بود (شکل ۲- ب). نتایج حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمار کود شیمیایی و تیمار *تیوباسیلوس*+سولفور در خصوص وزن خشک کلاله بود بدین معنی که تأثیر کود شیمیایی روی عملکرد خشک کلاله زعفران مشابه با زمانی است که تیمار *تیوباسیلوس*+سولفور استفاده گردد (شکل ۲-الف). همچنین اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک بنه‌های دختری در تیمار سولفور به تنهایی و زمانی که سولفور همراه با *تیوباسیلوس* استفاده شد، مشاهده نشد (شکل ۲-ب) که احتمالاً به دلیل عدم وجود ماده آلی کافی برای رشد باکتری بوده است.

در خصوص اثر ساده آبیاری تابستانه بر صفات مورد بررسی در زعفران، بیشترین میزان در تیمار یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد که در اغلب صفات مورد بررسی فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار دو نوبت آبیاری تابستانه بود. کمترین مقادیر صفات مورد بررسی در تیمار عدم آبیاری تابستانه بدست آمد که بدین‌ترتیب نشان‌دهنده تأثیر مثبت آبیاری تابستانه در افزایش عملکرد زعفران بود. به طوریکه بیشترین وزن خشک کلاله زعفران (۱/۲۰ گرم در متر مربع) در تیمار یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد که فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار دو نوبت آبیاری تابستانه بود (شکل ۳- الف).

از عوامل مهم کاهش عملکرد زعفران، درجه حرارت بیش از حد در تابستان بوده که می‌تواند بر ممانعت از رشد رویشی و القاء گلدهی در مرداد ماه تأثیر منفی داشته باشد (Sadeghi et al., 2003a). از طرف دیگر، آبیاری تابستانه زعفران به عنوان اولین آبیاری به‌ویژه در اواسط مرداد ماه (Feizi et al., 2015b) عامل مؤثری در افزایش تحریک گلدهی این گیاه در

مرحله رکود به‌شمار می‌رود.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری تابستانه بر وزن خشک کلاله (الف) و وزن خشک بنه‌های دختری (ب) زعفران

Figure 3- Mean comparison for the effect of summer irrigation on stigma dry weight (a) and dry weight of daughter corms (b) of saffron.

این افزایش اساساً تحت تأثیر تکوین و تمایز اندام‌های گل در مریستم جوانه بنه زعفران از دهم مرداد شروع می‌شود، از این‌رو، رطوبت خاک می‌تواند در شکل‌گیری هرچه بهتر این فرآیندها مؤثر باشد (Sadeghi et al., 2003a; Sadeghi et al., 2003b). مسافری ضیاءالدین و همکاران (Mosaferi Ziauddin et al., 2009) نیز در آزمایشی چهار ساله نشان دادند که آبیاری در مرداد ماه عملکرد گل و وزن خشک زعفران را تا ۱۸ درصد افزایش داد. صادقی و همکاران (Sadeghi et

al., 2003a) اظهار داشت که آبیاری زعفران در مرداد ماه در مزارع تازه کاشت، ۱۷ درصد و در مزارع چند ساله تا ۴۰ درصد افزایش عملکرد تعداد گل را در پی‌داشته است، اما آبیاری در تیر ماه منجر به کاهش عملکرد شد. آنها دلیل کاهش گل‌آوری زعفران در نتیجه اجرای آبیاری در تیر ماه را به دلیل همزمانی اجرای آبیاری در تیر ماه با تمایزیابی اندام‌های رویشی دانستند؛ در حالی‌که همزمانی آبیاری با تمایزیابی اندام‌های زایشی در مرداد ماه منجر به افزایش عملکرد گل شد. گزارشات عزیزی زهان و همکاران (Azizi-Zohan et al., 2008) و علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 2009) نیز تأیید کننده اثر مثبت آبیاری تابستانه بر افزایش عملکرد زعفران است. فیضی و همکاران (Feizi et al., 2015b) نیز در بررسی اثر شخم حفاظتی و آبیاری تابستانه بر عملکرد زعفران، آبیاری تابستانه در تیر+مردادماه را برای سال اول و آبیاری در مرداد ماه را برای سال دوم دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد گل و وزن خشک کلاله گزارش کردند. بر این اساس، اعمال نخستین آبیاری طی دوره رکود از طریق بهبود شرایط محیطی برای رشد بنه‌ها و به تبع آن عملکرد گل و کلاله اهمیت زیادی بر بهبود عملکرد زعفران دارد.

البته افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه احتمالاً به دلیل تجمع بیش از حد رطوبت در محیط اطراف ریشه و بنه و به تبع آن تشدید آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی در بنه‌ها، کاهش عملکرد گل و کلاله را موجب گردید.

در خصوص اثر ساده آبیاری روی وزن خشک بنه‌های دختری، بیشترین مقدار (۴۶/۶۱ گرم در متر مربع) در تیمار یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد، ولی بین تیمارهای عدم آبیاری تابسته و دو نوبت آبیاری تابستانه، اختلاف معنی‌داری در خصوص وزن خشک بنه‌های دختری مشاهده نشد (شکل ۳-ب).

اگرچه بنه‌های زعفران در طی تابستان در حال رکود ظاهری می‌باشند، ولی چون القای گلدهی در این دوره شکل می‌گیرد، به نظر می‌رسد اعمال آبیاری تابستانه با بهبود شرایط محیطی تولید گل و عملکرد کلاله را تحت تأثیر قرار داده است. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2008) با ارزیابی مدیریت آبیاری زعفران در چهار شهر اصلی تولید کننده زعفران (تربت حیدریه، گناباد، قائن و بیرجند) نشان دادند که متوسط عملکرد برای مزارع با اعمال آبیاری تابستانه بالاتر از مزارع بدون آبیاری تابستانه بود. مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) گزارش نمودند که وجود درجه حرارت‌های بالا در تابستان باعث تأخیر در ظهور گل و کاهش عملکرد می‌شود. بدین ترتیب، از آنجا که زعفران بخشی از دوره رشد خود را به صورت رکود در خاک سپری می‌کند (De-maastro & Ruta, 1993; Kafi et al., 2002; Farhoodi et al., 2003) و القای گلدهی زعفران در این دوره می‌باشد (Benschop, 1993) و با در نظر گرفتن این مطلب که وجود درجه‌حرارت‌های بالا باعث تأخیر در ظهور گل و کاهش عملکرد می‌شود (Molina et al., 2005)، به نظر می‌رسد که اعمال آبیاری تابستانه احتمالاً از طریق بهبود شرایط رشدی برای بنه‌ها نظیر خنک شدن سطح خاک مفید واقع گردد. بر این اساس، از آنجا که این گیاه بومی منطقه خراسان می‌باشد و از آنجا که افزایش بیشتر سطح زیر کشت منطقی نبوده و تنها راهکار افزایش پایدار تولید، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد، با تشخیص دقیق زمان آبیاری و میزان آن می‌توان خصوصیات کیفی زعفران و نسبت گل به برگ را جهت بهبود عملکرد ارتقاء بخشید. البته همانطور که قبلاً نیز ذکر گردید، بایستی دقت گردد که افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه احتمالاً از طریق تجمع بیش از حد رطوبت در محیط اطراف ریشه و بنه و در نتیجه تشدید آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی در بنه‌ها، کاهش رشد اندام‌های زیرزمینی و عملکرد گل و کلاله را موجب گردید.

نتیجه‌گیری

در بین منابع کودی مختلف کود دامی بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد گل در واحد سطح، وزن تر گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک برگ، تعداد جوانه‌های گل‌دهنده، وزن خشک جوانه‌ها، درصد بنه‌های دارای ریشه انقباضی و وزن خشک بنه‌های دختری در گروه‌های مختلف وزنی نشان داد. پس از کود دامی، کود شیمیایی و کود *تیوباسیلوس*+گوگرد بیشترین تأثیر را در خصوص صفات مورد بررسی داشتند. بین شاهد و کود *تیوباسیلوس* به تنهایی اختلاف معنی‌داری دیده نشد و کمترین مقادیر را در صفات مورد بررسی زعفران داشتند. همچنین یک نوبت آبیاری تابستانه بیشترین مقدار را در کلیه صفات مورد بررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری با دو نوبت آبیاری تابستانه نداشت. بنابراین، اعمال آبیاری تابستانه با خنک‌کردن سطح خاک و بهبود شرایط رشدی برای بنه‌ها سبب افزایش عملکرد گل، کلاله و بنه زعفران شده است. البته افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه احتمالاً به دلیل تشدید آلودگی‌های قارچی و پوسیدگی در بنه‌ها به دلیل تجمع بیش از حد رطوبت در محیط اطراف ریشه و بنه، کاهش رشد اندام‌های زیرزمینی و در نتیجه عملکرد بنه و گل را در پی داشته است. به طور کلی، بیشترین مقادیر در کلیه صفات مورد بررسی در اثر متقابل کود دامی و یک نوبت آبیاری تابستانه مشاهده شد. به نظر می‌رسد آبیاری تابستانه سبب تسریع در شروع فرایند آزادسازی عناصر غذایی موجود در کود دامی می‌شود و این عناصر به صورت تدریجی آزاد شده و در دوران فعالیت گیاه به تدریج در اختیار آن قرار می‌گیرند. همچنین از آنجا که این گیاه بومی خراسان بوده و راه‌کار افزایش پایدار تولید، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد، پیشنهاد می‌شود با تشخیص دقیق زمان آبیاری و میزان آن می‌توان عملکرد کمی و کیفی زعفران را ارتقاء بخشید.

از آنجا که زعفران گیاهی چندساله است و میزان ماده آلی و محتوی رطوبتی خاک در مناطق کاشت آن نسبتاً پایین می‌باشد، استفاده از کودهای دامی که عناصر غذایی آنها به صورت تدریجی آزاد می‌شوند، می‌تواند توصیه مناسبی باشد که این امر می‌تواند در درازمدت نیز از طریق آزادسازی تدریجی عناصر غذایی علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، موجب بهبود کارایی مصرف نهاده‌ها شود.

به طور کلی، با توجه به نیازهای محیطی زعفران با توجه محدودیت‌های موجود به ویژه کمبود آب در استان خراسان پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش تولید پایدار در آینده ناحیه‌بندی اکولوژیک این گیاه تعیین شده و الگوی مناسبی برای تولید این گیاه به‌ویژه در مناطق مهم تولید این گیاه در استان‌های خراسان ارائه گردد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهه به شماره ۲۹۹۶۲ مورخ ۱۳۹۳/۳/۳ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abarghouei, H., Ghalavand, A., Mazaheri, D., Nour Mohammadi, G., and Sabeyi, M. 2000. Effect of temperature on flowering potential of Iranian saffron landraces. Pazouhesh and Sazandeghi 49: 65-69. (In Persian).

Abrishamchi, P. 2003. Investigation about some biochemical changes related to breaking of dormancy and flower formation in *Crocus sativus* L. In: 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian).

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2014. Effect of manure, bio-and chemicalfertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. Journal of Saffron Research 1 (2): 73-84. (In Persian with English Summary).

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A. 2009. Study for zoning the most appropriate time of irrigation of saffron (*Crocus sativus*) in Khorasan Razavi, north and southern provinces. Journal of Water and Soil 23 (1): 109-118. (In Persian with English Summary).

Amiri Aghdaei, F., and Roshan, J. 2015. Investigating effective factors on Iran's saffron exportation. International Review of Management and Business Research 4 (2): 590-600.

Amiri, M.E. 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 4 (3): 274-279.

Azizi-Zohan, A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environment 72 (3): 270-278.

Babaei, S., Talebi, M., Bahar, M., and Zeinali, H. 2014. Analysis of genetic diversity among saffron (*Crocus sativus*) accessions from different regions of Iran as revealed by SRAP markers. Scientia Horticulturae 171: 27–31.

Badiyala, D., and Saroch, K. 1997. Effect of seed corm size and planting geometry on saffron (*Crocus sativus* L.) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. Indian Perfumer 41: 167-169.

Balemi, T. 2012. Effect of integrated use of cattle manure and inorganic fertilizers on tuber yield of potato in Ethiopia. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 12 (2): 253-261.

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 1-14. (In Persian with English Summary).

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2008. Models to predict flowering time in the main saffron production region of Khorasan Province. Journal of Applied Sciences 8 (5): 907-909.

Benschop, M. 1993. *Crocus*, In: The physiology of flower bulbs. Hertogh, A., de. Nard, M. Leed. (Eds.) Amsterdam, Elsevier, (Chapter 19), pp. 257–283.

Besharati, H., and Saleh Rastin, N. 1999. Effect of *Thiobacillus* inoculant application plus sulfur in absorption increasing of phosphorus. Journal of Soil and Water Science 13 (1): 23-39. (In Persian with English Summary).

Dawood, F., Al-Omaqri, S.M., and Murtatha, N. 1985. High level of sulfur affecting availability of some micronutrients in calcareous soil. p. 55-68. In: Proceeding of Secondary Regional Conference on sulfur and its usage in Arab countries. Riyadh, 2-5 March 1985, Saudi Arabia.

De-Maastro, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron flowering. Acta Horticultura 344: 512-517.

El-Naggar, A.H., and El-Nasharty, A.B. 2009. Effect of growing media and mineral fertilization on growth, flowering, bulbs productivity and chemical constituents of *Hippeastrum vittatum*, Herb. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 6: 360-371.

Farhoodi, F., Rahnama, A., and Ismaeilzadeh, H. 2003. Station of saffron in intercropping. The 3rd International Congress of Saffron, 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian).

Feizi, H., Mollafilabi, A., Sahabi, H., and Ahmadian, A. 2015b. 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 with English Summary).

Feizi, H., Seyedi, S., and Sahabi, H. 2015a. Effect of corm planting density, organic and

chemical fertilizers on formation and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms during phonological stages. Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 289-301. (In Persian with English Summary).

Ghorbani, R., and Koocheki, A. 2006. Organic saffron in Iran: prospects challenges. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 28-30 October 2006, pp. 369-374. (In Persian).

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron agronomy and technology 1 (1): 22-39. (In Persian with English Summary).

Hatami Sardashti, Z., Jami Al-Ahmadi, M., Mahdavi Damghani, A.M., and Behdani M.A. 2011. Evaluation of sustainability in saffron agroecosystems in Birjand and Qaen counties. Journal of Agroecology 3: 396–405. (In Persian with English Summary).

Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. Acta Horticulturae 739: 81–86.

Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron: Technology, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian).

Koocheki, A. 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference production in Iran. Acta Horticulture 650: 175-182.

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, A., and Mohammadabadi, A. 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of water and soil 25 (1): 196-206. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Jamshidi Eyni, M., and Seyyedi, S.M. 2015. The effects of mother corm size and type of fertilizer on nitrogen use efficiency in saffron. Saffron Agronomy and Technology 2 (4): 243-254. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014b. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. Journal of Saffron Research 1 (2): 144-155. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., Azizi, H., and Shahriyari, R. 2014a. The effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2: 3-16. (In Persian with English Summary).

Koochekzadeh, Y. 2003. Effect of S and *Thibacillus* and organic matter on required P of corn in calcorus soils. MSc Thesis in Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).

Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research 2: 773-779.

Lotfi, A., Vahabi Sedehi, A.A., Ganbari, A., and Heydari, M. 2009. The effect of deficit irrigation and manure on quantity and quality traits of *Plantago ovata* Forssk. In Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24 (4): 506-518. (In Persian with English Summary).

Mengel, K., and Kirby, E. 1978. Principle of plant nutrition. International Potash Institute, Berne. pp. 150-159.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L. and Garcia-Luis, A. 2004. Temperature effects on flower formation in saffron

(*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 361–379

Molina, R.V., Valero1, M., Navarrol, Y., Guardiola, J.L., and García-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticultura 103: 361-379.

Mollafilabi, A., and Khorramdel, S. 2015. Effect of cow manure as planting bed and foliar spraying on agronomic criteria and corm yield and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in six year-old farm. Saffron Agronomy and Technology 3 (4): 237-249. (In Persian with English Summary).

Mosaferi Ziaodini, H. 2001. The effect of different irrigation regimes on saffron yield. M.Sc. Thesis, Department of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).

Mosaferi Ziauddin, H., Alizadeh, A., and Mousavi, S.J. 2009. Effect of summer irrigation on saffron yield. Science and Technology of Agriculture 21: 163–169. (In Persian with English Summary).

Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajeh Bashi, S.M., Bani Taba, S.A., and Dehdashti, S.M. 2008. Effects of method, planting density and depth on the yield and operation duration of agronomic saffron field in Isfahan region. Seedling and Seed 24: 643-657. (In Persian with English Summary).

Nelson, N.O., and Janke, R.R. 2007. Phosphorus sources and management in organic production systems. Horticultural Technology 17 (4): 442-454.

Parvizi, Y., and Nabati, A. 2004. The effect of irrigation ad manure on water use efficiency and quality and yield of corn (*Zea mays*). Research and reconstruction 63 (1): 21-29. (In Persian with English Summary).

Pathirathna, L.S.S., Waidyanatha, U.P.De.S., and Peries, O.S. 1989. The effect of apatite and elemental sulfur mixtures on the growth and P content of *Centrocema pubescent*. Fertilizer Research 21: 37-43.

Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agriculture and Environment Ethics 6: 53-60.

Rahimi H., Mokhtarian, A., Bazoubandi, M., Rahimi H., Kiani M., and Behdad, M. 2008. Effects of sowing depth and summer irrigation on *Rhizoglyphus robini* (Acari: Acaridae) population in Gonabad. Applied Entomology and Phytopathology 76 (1): 1-14. (In Persian with English Summary).

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., and Besharati, H. 2015. Saffron (*Crocus sativus* L.) yield as affected by different fertilizing systems. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic plants 31 (2): 204-219. (In Persian with English Summary).

Rasoulzadeh, A., and Yaghoub, A. 2010. Effect of cattle manure on soil physical properties on a sandy clay loam soil in North-West Iran. Journal of Food, Agriculture and Environment 8 (2): 976-979.

Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, M., and Molina, R.V. 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Industrial Crops and Products 39: 40-46.

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Shabahang, J. 2013a. Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by spent mushroom compost and corm density. Journal of Saffron Research 1 (1): 13-26. (In Persian with English Summary).

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A. 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research. (In Press). (In Persian with English Summary).

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013b. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the

second year. Saffron Agronomy and Technology 1: 55–70. (In Persian with English Summary).

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013c. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Crop Science 15: 234–246.

Rezvani Moghaddam, P., Mohammad abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus*). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research.

Sadeghi, B. 1993. Effect of Corm Weight on Saffron Flowering. Khorasan Research Organization for Science and Technology, Khorasan, Iran, 73 pp. (In Persian).

Sadeghi, B., Aghamiri, A., and Negari, K. 2003a. Effect of summer irrigation on saffron flowering. In: 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian).

Sadeghi, B., Negari, K., and Hatami, M. 2003b. Effect of planting date on saffron flowering. In: 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December 2003, Mashhad, Iran. (In Persian).

Sampatha, S.R., Shivashankar, S., and Lewis, Y.S. 1984. Saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation, processing chemistry and standardization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 20 (2): 123-157.

Sandhu, H.S., Wratten, S.D., and Cullen, R. 2010. Organic agriculture and ecosystem services. Environmental Science and Policy 13: 1-7.

Sharifi Ashourabadi, A. 2001. Evaluation of effect of organic and chemical fertilizers on fennel yield. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic plants 7 (256): 1-26. (In Persian with English Summary).

Vance, C.P., Uhde-Stone, C., and Allan, D.L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non- renewable resource. New Physiology 157: 423-447.

Yarami, N., and Sepaskhah, A.R. 2015. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. Agricultural Water Management 150: 57–66.

Evaluation of the effect of soil fertilizers and summer irrigation on corm and flower yield of saffron

Ghorban Ali Asadi[1*], Surur Khorramde[l], Reza Ghorbani[2] and Bahareh Bicharanlou[3]

Submitted: 20 December 2016 **Accepted:** 13 February 2018

Asadi, Gh.A., Khorramdel, S., Ghorbani, R., and Bicharanlou, B. 2019. Evaluation of the effect of soil fertilizers and summer irrigation on corm and flower yield of saffron. Saffron Agronomy & Technology 6(4): 393-414

Abstract

In order to evaluate the effects of soil fertilizers and summer irrigation on corm, flower and stigma yield of saffron, an experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research station, Ferdowsi University of Mashhad during three growing seasons of 2013-2016. The first factor included cow manure, chemical fertilizer (N, P and K), Thiobacillus spp., sulfur, Thibacilus + sulfur and control and the second factor was summer irrigation in three levels including without summer irrigation, once summer irrigation (23 July) and twice summer irrigation (22 June+23 July) in the second and the third years. The results in the third experiment (2015-2016) revealed that the interaction effect between soil fertilizers and summer irrigation were significant ($P \leq 0.01$) on all studied traits except stigma dry weight, corms with weight more than 16 g and dry weight of daughter corms. The highest flower number (282.7 numbers. M^{-2}), flower fresh weight (103.2 $g.m^{-2}$), stigma dry weight (1.73 $g.m^{-2}$), leaf dry weight (13.33 $g.m^{-2}$), dry weight of buds (4.61 $g.m^{-2}$), number of flowering buds per corm (2.627), corm percentage with contractile roots (%58.41), corm diameter (3.61 cm) and corms in different weights were obtained in cow manure and once summer irrigation. It seems that summer irrigation has caused promotion of the release of nutrients of cow manure and these nutrients are provided gradually during the growth of plants.

Keywords: Contractile root, Cow manure, Daughter corm, Flowering buds per corm

1 - Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2 - Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3 - PhD student in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(*-Corresponding author Email: asadi@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2018.70724.1205