



مقاله علمی - پژوهشی

مطالعه برهمکنش کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی
زعفران (*Crocus sativus* L.)

احسان اله جلیلی^{۱*}، فرناز گنج آبادی^۲، داود حبیبی^۳ و علیرضا عیوضی^۴

تاریخ دریافت: ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۲۵ مهر ۱۳۹۷

جلیلی، ا.، گنج آبادی، ف.، داود حبیبی، د.، و عیوضی، ع. مطالعه برهمکنش کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۷(۳): ۳۱۹-۳۳۰.

چکیده

در راستای افزایش عملکرد کیفی و کمی زعفران، در اثر برهمکنش کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در استان البرز (اشتهارد) اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل روش آبیاری (آبیاری به صورت نوارهای تیپ سطحی، زیر سطحی (عمق ۱۵ سانتی‌متری) و آبیاری معمول (عرف منطقه) در کرت اصلی) و کود بیولوژیک نیتروکسین (عدم مصرف (شاهد)، دو، چهار و شش لیتر در هکتار در کرت فرعی) بود. یافته‌های این تحقیق نشان داد که اثر ساده و برهمکنش کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری در تمام صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود. به منظور استفاده‌ی بهینه از منابع آب، جهت کاهش تلفات آبیاری و دستیابی به عملکرد بالا در تولید زعفران، از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ زیر سطحی) می‌توان استفاده کرد. اعمال مدیریت آبیاری قطره‌ای نوار تیپ زیرسطحی به همراه کود بیولوژیک نیتروکسین ۴ لیتر در هکتار نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش برتری داشته است به طوری که بیشترین عملکرد کلاله زعفران نیز در این تیمار با ۵/۰۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

کلمات کلیدی: پیکروکروسین، سافرانال، کروسین، روش آبیاری.

۱- دکتری گروه زراعت و کارشناس مسئول اداره آموزش و ترویج مدیریت کشاورزی شهرستان اشتهارد، البرز، ایران

۲- دکتری گروه زراعت، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج، البرز، ایران

۴- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

* نویسنده مسئول: Jaliliehsan59@yahoo.com

مقدمه

در کانزاس در خصوص استفاده از آبیاری قطره‌ای زیر سطحی برای کشت ذرت این نتیجه حاصل شد که مصرف آب آبیاری برای ذرت می‌تواند در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری مرسوم در منطقه از ۳۵ تا ۵۵ درصد کاهش پیدا کند (Lamm & Trooien, 2003). حامدی و همکاران (Hamedi et al., 2005) در تحقیقی دیگر در خصوص مقایسه سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و سطحی از طریق سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت به این نتیجه دست یافتند که در روش قطره‌ای عملکرد دانه ذرت ۲۰۱۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به روش سطحی افزایش یافته و کارایی مصرف آب نیز ۳ برابر می‌شود. باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر هورمون‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، انواع آنتی بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌گردد و با حفاظت ریشه گیاهان از حمله عوامل بیماری‌زای خاک‌زی، موجب افزایش عملکرد و کیفیت برتر می‌گردد (Rawia et al., 2006). مصرف این محصول هنگام بروز تنش‌های محیطی از جمله شوری و خشکی سبب افزایش مقاومت گیاهان می‌شود (Roze et al., 2012). نتایج حاصل از کاربرد کود نیتروکسین، بیانگر تأثیر مثبت این کود می‌باشد. باسکارا و چاریولو (Bhaskara & Charyulu, 2005) گزارش کردند که تلقیح ارزن دم روباهی با سه نژاد باکتری آزوسپریلیوم، به تنهایی یا در ترکیب با کود نیتروژن، طول گیاه، وزن خشک ساقه و ریشه و نیتروژن کل ساقه، ریشه و دانه را افزایش می‌دهد. با توجه به محدودیت‌های مصرف خاکی عناصر کم مصرف (از قبیل تثبیت شدن و اثرات باقیمانده) محلول‌پاشی یا تغذیه برگ‌ی از راه‌های مؤثر در بر طرف

زعفران با نام عمومی saffron و نام علمی *Crocus sativus* L. گران به‌ترین گیاه زراعی موجود در روی کره زمین است. زعفران در دنیا، به دلیل داشتن صفات ویژه بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی در زمین‌های حاشیه‌ای و نظام‌های زراعی کم‌نهاده قابل کشت می‌باشد که براین اساس می‌توان آن را به عنوان جایگزین در نظام‌های کشاورزی پایدار (Gresta et al., 2008) و با قابلیت بهره‌برداری قابل توجه در زمین‌های حاشیه‌ای و کم‌بازده در نظر گرفت (Temperini et al., 2009). امروزه نقش آب به عنوان یک ماده حیاتی با ارزش و عامل محرک در توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع بشری و نیز به عنوان عامل کلیدی در حفاظت زیست‌بوم، روشن و آشکار است. با عنایت به این مسئله که از یک سو بخش زیادی از حجم آب‌های برداشت شده در کشور به مصرف کشاورزی می‌رسد (Mardani Boldaji, 2006) و از سوی دیگر با توجه به روند سریع رشد جمعیت و در پی آن نیاز به تأمین امنیت غذایی مردم (Jin & Young, 2001)، شاهد آن هستیم که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌های مصرف کننده آب با مشکلات بیشتری مواجه می‌باشد. استفاده از رژیم‌های کم آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان نوعی مدیریت آبیاری در مزرعه، به افزایش سطح زیر کشت و الگوی کشت بهینه کمک کند (Ghamarnia et al., 2015). اساره (Osareh, 2006) بزرگترین مشکل کشاورزی را تولید در قالب نظام‌های بهره‌برداری خرد و کوچک می‌دانند که پایین بودن راندمان آبیاری و عدم امکان اجرای عملیات سیستم‌های نوینی مانند سیستم‌های تحت فشار آبیاری از مختصات اصلی آن‌هاست. این در حالی است که نتایج حاصل از تحقیق مهدوی (Mahdavi, 2000) نیز موید این مسئله می‌باشد. با بررسی تحقیقات ۱۰ ساله

عرف منطقه صورت گرفت و میزان کود مورد نیاز بر اساس آزمایش خاک و توصیه‌های آزمایشگاه خاک‌شناسی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (به شکل تقسیط) و تمامی کودهای فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم، به ترتیب بر اساس ۱۱۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار به کرت‌ها اضافه شد، ماده آلی خاک نسبتاً پایین بوده (۰/۵۶٪) و کود دامی به میزان ۲۵ تن در هکتار همراه با دیسک قبل از کاشت به خاک اضافه شد. دور آبیاری پنج بار در طول دوره رشد شامل زاج آب در حدود ۱۵ مهر، پس از برداشت گل در آبان ماه، و یک بار دیگر برای ادامه رشد رویشی در پاییز و دو بار آبیاری در بهار و تابستان ۹۶ با توجه به بارندگی‌های منطقه تنظیم گردید، بنابراین دور آبیاری به‌طور یکسان برای تمامی کرت‌ها رعایت شد. قابل ذکر است که برای هر بلوک یک زه‌کش در نظر گرفته شد تا زه‌آب بلوک بالا وارد بلوک زیردست نشود. محلول‌پاشی (تغذیه برگ) در نیمه اول اسفند سال ۹۵ با کود بیولوژیک نیتروکسین طبق تیمارهای انتخابی با استفاده از سمپاش فرقونی مدل TF120 مجهز به نازل شره‌ای و با فشار ۲ تا ۲/۵ بار انجام گرفت. در پایان دوره رشد (۹۶/۰۸/۲۰) به منظور بررسی تأثیر تیمارها بر صفات مورد بررسی، نمونه‌ها از هر کرت آزمایشی با رعایت حاشیه از سطحی معادل یک متر مربع به طور تصادفی انتخاب و پس از برداشت اقدام به ارزیابی صفاتی از قبیل قطر کورم، طول کلاله و خامه، وزن کورم، طول برگ، وزن گل و خامه برحسب کیلوگرم در هکتار، تعداد برگ در بوته و وزن خشک کلاله و خامه (عملکرد) و به‌منظور تعیین عملکرد کمی و کیفی نمونه‌ها در دمای اطاق و به دور از نور خشک شدند. متابولیت‌های ثانویه اصلی کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد ملی زعفران ایران (Institute of Standards, 1996) اندازه‌گیری شد. اطلاعات جمع‌آوری شده پس از انجام تجزیه آماری مناسب در نرم افزار SAS Version 9.1 مورد تحلیل قرار گرفته و

کردن نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم مصرف است (Wang *et al.*, 2004). در کشوری چون ایران که از نظر اقلیمی دارای وضعیت خشک تا نیمه خشک است از اهمیت به‌خصوصی در گسترش و توسعه فعالیت‌های کشاورزی برخوردار است. تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر برهمکنش کود بیولوژیک نیتروکسین و مدیریت آبیاری کشاورزی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در استان البرز اراضی اشتهارد واقع در جاده اشتهارد-نجم آباد با عرض شمالی جغرافیایی ۳۵/۷۲ و طول شرقی جغرافیایی ۵۰/۳۷ با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی از قبیل مدیریت آبیاری، شامل روش‌های آبیاری در سه سطح: آبیاری به‌صورت نوارهای تیپ سطحی، زیر سطحی (عمق ۱۵ سانتی‌متری) و آبیاری معمول (عرف منطقه) در کرت اصلی در نظر گرفته شد و فاکتور کود بیولوژیک نیتروکسین در چهار سطح: عدم مصرف (شاهد)، دو، چهار و شش لیتر در هکتار در کرت فرعی قرار گرفتند. در پانزدهم شهریور ماه ۱۳۹۵ پس از انجام عملیات تهیه زمین و بستر بذر، کرت‌ها آماده گردید. بنة زعفران خریداری شده (۳ تا ۴ ساله) پس از درجه‌بندی حداقل قطر ۳ سانتی‌متر به وزن تقریبی ۱۰ گرم انتخاب شد. برای جلوگیری از بیماری‌های قارچی بنة‌های زعفران، با قارچ‌کش بنومیل ۲ در هزار به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در محلول غوطه‌ور و پس از ۵ تا ۶ ساعت بنة‌ها در هوای آزاد خشک گردید. تراکم زعفران (۱۰۰ بنة در متر مربع) به فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و روی هر متر طول زمین ۲۵ عدد بنة در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. در طول تابستان مالچ کلش توسط کاه و کلش گندم (دو تن در هکتار) سطح کرت‌های زعفران پخش گردید. سایر عملیات کاشت و داشت بر اساس

میانگین‌ها با آزمون دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمون
Table 1- Analysis of variance of experimental factors on the traits tested

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	متوسط قطر بنه Average diameter of corm	متوسط وزن بنه Average weight of corm	وزن کل بنه بدون فلس Total weight of corm without scale	وزن فلس Weight of scale	وزن تازه کل بنه Total fresh weight of corms	وزن خشک کل بنه Total dry weight of corms
بلوک Block	2	0.012 ^{ns}	34.714 ^{**}	4268.160 ^{ns}	27.003 [*]	134.296 ^{ns}	15.499 [*]
آبیاری Irrigation	2	123.761 ^{**}	123.413 ^{**}	2881.015 ^{**}	58.677 [*]	204.157 [*]	0.096 ^{**}
خطا Error	4	34.207	34.196	3541.816	30.379	646.836	0.353
نیتروکسین Nitroxin	3	52.294 [*]	52.329 [*]	1586.008 [*]	26.578 [*]	421.083 [*]	0.430 [*]
آبیاری X نیتروکسین Irrigation * Nitroxin	6	54.036 [*]	54.178 [*]	8132.016 [*]	26.578 [*]	340.670 [*]	0.342 ^{**}
خطا Error	18	49.763	49.793	5072.017	31.438	725.423	0.183
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	9.42	14.08	11.50	9.86	13.88	11.92

ns، * و ** بیانگر عدم معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

Ns: represents non significant difference and *,** represente significant difference in 0.05 and 0.01 probablity levels, respectively.

نتایج و بحث

خصوصیات کمی بنه زعفران

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده و اثر متقابل فاکتورها روی تمام صفات مورد بررسی در سطوح آماری مختلف معنی دار شد، که در جداول تجزیه واریانس (ANOVA) ارائه گردید (جدول ۱).

نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل مدیریت آبیاری و نیتروکسین در مورد صفات مورد بررسی زعفران (جدول ۲) نشان داد که تیمار آبیاری نوار تیپ زیر سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین مناسب‌ترین و در مقابل تیمار آبیاری معمول در عدم مصرف نیتروکسین نامناسب‌ترین تیمار بود. متوسط وزن بنه‌های خواهری در تیمارهای آبیاری زیر سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار

نیتروکسین، آبیاری زیر سطحی به همراه ۶ لیتر در هکتار نیتروکسین و آبیاری سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین به ترتیب ۲/۶۱، ۲/۴۳ و ۲/۴۴ گرم به دست آمد (جدول ۲). تأثیر مثبت کود زیستی بر روی ریشه موجب افزایش رشد و وزن کورم شده است. زیرا باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریز مغذی مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه، نظیر انواع هورمون‌های تنظیم کننده رشد مانند اکسین موجب رشد و توسعه ریشه زعفران شده است. این مسئله سبب تولید آسیمیلات بیشتر و انتقال آن‌ها به اندام‌های زیرزمینی و کورم زعفران شده است. هم چنین برخی از انواع باکتری‌های را تولید می‌کنند که ACC deaminase محرک رشد، فعالیت این آنزیم سبب کاهش تولید

وزن بنه، اثر چشم‌گیری بر تولید بنه‌های خواهری متعاقب آن عملکرد گل در زعفران دارد (Kumar et al., 2009). در مطالعات دیگری نیز اثر نیتروکسین بر وزن بنه زعفران مثبت گزارش شده است (Nassiri et al., 2008). بیشترین وزن خشک کل بنه در تیمار برهمکنش کود زیستی نیتروکسین و آبیاری زیر سطحی با ۵۶/۹۲ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۲) به طور کلی می‌توان بیان کرد که کودهای زیستی نیتروژن با افزایش جذب عنصر نیتروژن (Rojas et al., 2001) توانسته در افزایش رشد اندام‌های هوایی گیاه نقش مثبت داشته باشد. هم چنین کود زیستی از طریق ترشحات حل‌کننده باکتری‌ها توانسته است عناصر مختلف غذایی بیشتری را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار دهد (Han et al., 2006) و با تولید بیشتر مواد فتوسنتزی در افزایش تولید مؤثر واقع شده‌اند (Kucey, 1988).

اتیلن در ریشه گیاه می‌شود و در نتیجه رشد ریشه بیشتر می‌شود (Gutierrez et al., 2001). نتایج تحقیقات قوی و حقیقی (Ghavi & Haghghi, 2015) نیز مؤید وجود اختلاف معنی‌دار بین کود نیتروکسین در مورد صفت وزن خشک بنه در سال اول آزمایش بود که مشابه نتیجه به دست آمده در این آزمایش در کودهای مذکور است. وزن خشک کل بنه‌ها بدون فلس در شرایط آبیاری زیر سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به طوری که در مقایسه با تیمار آبیاری معمول در عدم کاربرد نیتروکسین، ۲۹ درصد افزایش داشته است. تقریباً در تمامی تیمارهای وزنی بنه با مصرف نیتروکسین روند تغییرات وزن فلس‌های موجود در هر بوته کاهش و روند تغییرات نسبت وزن بنه به وزن فلس افزایشی بود (جدول ۱). در مجموع کاربرد سطوح بالاتر نیتروکسین و استفاده از آبیاری مدرن (تیپ) باعث بهبود نسبی شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری زعفران گردید. گزارش شده است که

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف نیتروکسین و آبیاری بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 2- Means comparison of interaction effects of Nitroxin and irrigation on some quantitative characteristics of saffron

تیمار Treatment	متوسط قطر بنه Average diameter of corm (mm)	متوسط وزن بنه Average weight of corm (g)	وزن کل بنه بدون فلس Total weight of corm without scale (g.plant ⁻¹)	وزن فلس Weight of scale (g.plant ⁻¹)	وزن تازه کل بنه Total fresh weight of corms (g.plant ⁻¹)	وزن خشک کل بنه Total dry weight of corms (g.plant ⁻¹)	
Irrigation	Nitroxin						
آبیاری	نیتروکسین						
آبیاری قطره‌ای	0 Litha ⁻¹	18.11 ^{cd}	2.28 ^{cd}	132.31 ^b	16.39 ^{ab}	148.4 ^d	42.72 ^d
سطحی	2 Litha ⁻¹	18.36 ^c	2.33 ^c	134.94 ^b	13.6 ^c	147.84 ^{de}	44.06 ^{cd}
Surface drip irrigation	4 Litha ⁻¹	19.04 ^b	2.44 ^b	140.73 ^b	11.28 ^d	151.41 ^d	46.69 ^c
	6 Litha ⁻¹	18.87 ^b	2.40 ^b	138.62 ^b	9.97 ^f	148.09 ^d	45.44 ^c
آبیاری قطره‌ای	0 Litha ⁻¹	18.21 ^{cd}	2.31 ^c	152.93 ^b	15.37 ^b	168.6 ^b	50.47 ^{bc}
زیر سطحی	2 Litha ⁻¹	18.58 ^b	2.36 ^c	155.56 ^{ab}	13.9 ^c	168.76 ^b	51.48 ^b
Subsurface drip irrigation	4 Litha ⁻¹	20.24 ^a	2.61 ^a	168.71 ^a	10.22 ^e	179.53 ^a	56.92 ^a
	6 Litha ⁻¹	19.17 ^b	2.43 ^b	159.24 ^a	8.59 ^g	167.33 ^c	52.67 ^b
آبیاری معمول	0 Litha ⁻¹	18.03 ^{cd}	2.21 ^d	119.52 ^c	17.02 ^a	136.84 ^f	38.69 ^{ef}
Common irrigation	2 Litha ⁻¹	18.10 ^{cd}	2.30 ^c	121.05 ^c	16.76 ^{ab}	138.51 ^{ef}	39.10 ^e
	4 Litha ⁻¹	18.94 ^b	2.42 ^b	127.36 ^{bc}	13.71 ^c	141.67 ^e	41.87 ^d
	6 Litha ⁻¹	18.25 ^c	2.32 ^c	122.10 ^{bc}	11.18 ^d	133.78 ^g	39.82 ^e

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند.

The averages with at least a common alphabet are not statistically significant at the 5% level.

مختلف معنی دار شد، که در جداول تجزیه واریانس (ANOVA) ارائه گردید (جدول ۳).

خصوصیات کمی اندام هوایی زعفران بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده و اثر متقابل فاکتورها روی تمام صفات مورد بررسی در سطوح آماری

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمون
Table 3- Analysis of variance of experimental factors on the traits tested

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد برگها Number of leaves	طول برگها Leaf length	طول خامه و کلاله Length of stigma and style	وزن تازه گل بدون خامه و کلاله Weight of fresh flowers without stigma and style	عملکرد زعفران Saffron yield
بلوک Block	2	8.451**	195.750**	719.460**	0.557**	87646.224 ns
آبیاری Irrigation	2	49.064**	342.945*	395.611**	25.663*	764538.228**
خطا Error	4	46.361	453.614	408.103	31.809	21472.070
نیتروکسین Nitroxin	3	3.039*	858.421*	280.892*	1.802*	62618.909*
آبیاری × نیتروکسین Irrigation * Nitroxin	6	5.099*	147.873**	381.717**	7.015**	75625.706**
خطا Error	18	14.059	191.249	135.040	28.701	57517.771
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	8.31	10.34	12.68	12.66	11.73

ns، * و ** بیانگر عدم معنی دار و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

Ns: represents non significant difference and *,** represente significant difference in 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

تحقیق در تیمارهای آبیاری زیر سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین و آبیاری سطحی به همراه ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین (به ترتیب ۲۶/۵۱ و ۲۵/۸۱ سانتی متر) میانگین طول برگها به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (جدول ۴). به هر حال در تیمار آبیاری معمول با بدون مصرف کود بیولوژیک (۲۰/۵۲ سانتی متر) میانگین طول برگها نسبت به سایر تیمارها کمتر بود (جدول ۴). این مسئله بیان گر نقش مؤثر کود زیستی در تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، مشابه تأمین نیتروژن توسط کود اوره است و کود زیستی (باکتریهای محلول

تعداد برگ کورم از نظر آماری به طور معنی داری تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کود بیولوژیک و مدیریت آبیاری قرار گرفت. به طوری که بیشترین تعداد برگ در هر بنه در تیمار کود زیستی ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین و آبیاری زیر سطحی با ۶/۳۶ برگ در کورم حاصل شد و کمترین تعداد برگ کورم در تیمار آبیاری معمول و نیتروکسین بدون مصرف با ۴/۴۷ عدد برگ مشاهده شد (جدول ۴). مصرف کود زیستی به همراه شیوه آبیاری بر طول برگ تأثیر معنی داری داشت و با برهمکنش تیمارها، طول برگ به طور معنی داری افزایش یافت. در این

کننده) تأثیر مثبت و مطلوبی بر رشد داشته است (Cakmak et al., 2007). به عبارت دیگر، کود زیستی با افزایش جذب نیتروژن و کارایی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش به سزایی را ایفا نموده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف نیتروکسین و آبیاری بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 4- Means comparison of interactions effects of Nitroxin and irrigation on some quantitative characteristics of saffron

تیمار Treatment	تعداد برگ‌ها Number of leaves	طول برگ‌ها Leaf length (cm)	طول خامه و کلاله Length of stigma and style (cm)	وزن تازه گل بدون خامه و کلاله Weight of fresh flowers without stigma and style (kg.ha ⁻¹)		عملکرد زعفران Saffron yield (kg.ha ⁻¹)
آبیاری Surface drip irrigation	0 Litha ⁻¹	4.60 ^d	21.14 ^d	5.52 ^e	17.86 ^d	3.72 ^e
	2 Litha ⁻¹	4.91 ^c	22.61 ^c	6.38 ^c	19.36 ^c	4.12 ^d
	4 Litha ⁻¹	5.84 ^{ab}	25.81 ^a	7.59 ^b	20.83 ^{bc}	4.73 ^b
	6 Litha ⁻¹	5.30 ^b	24.47 ^b	6.89 ^{bc}	19.94 ^{bc}	4.33 ^{cd}
آبیاری زیر سطحی Subsurface drip irrigation	0 Litha ⁻¹	4.92 ^c	22.66 ^c	6.88 ^{bc}	18.21 ^c	3.90 ^{de}
	2 Litha ⁻¹	5.06 ^c	23.33 ^c	7.59 ^b	23.26 ^a	4.43 ^c
	4 Litha ⁻¹	6.36 ^a	26.51 ^a	8.58 ^a	24.92 ^a	5.08 ^a
	6 Litha ⁻¹	5.24 ^b	24.18 ^b	6.81 ^{bc}	22.46 ^b	4.68 ^b
آبیاری معمول Common irrigation	0 Litha ⁻¹	4.47 ^{de}	20.52 ^d	5.81 ^d	17.11 ^d	2.95 ^g
	2 Litha ⁻¹	4.90 ^c	22.56 ^c	6.37 ^c	18.41 ^c	3.23 ^f
	4 Litha ⁻¹	5.11 ^b	23.56 ^b	6.64 ^c	20.18 ^{bc}	4.04 ^d
	6 Litha ⁻¹	4.65 ^d	21.37 ^d	6.24 ^{cd}	18.62 ^c	3.65 ^e

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند.

The averages with at least a common alphabet are not statistically significant at the 5% level.

به فرم زیستی یا شیمیایی مصرف شود (Ríos et al., 1996) و برای تأمین نیاز گیاه به کود نیتروژن می‌توان از کود زیستی به جای کود شیمیایی استفاده نمود. این مسئله را می‌توان به افزایش دسترسی نیتروژن (نیترات) در تیمار کودی نسبت داد که در نهایت موجب افزایش طول کلاله و خامه شده است. کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) افزایش رشد اندام‌های هوایی در حضور باکتری‌های مؤثر بر رشد را قبلاً گزارش کرده‌اند (Glick, 1995) که با نتایج این تحقیق تطابق دارد. اگرچه فراهمی نیترات موجود در انواع کودها در رشد و نمو اندام‌های هوایی تأثیر به‌سزایی داشته است، علاوه بر آن در کود زیستی نیتروکسین، فعالیت میکروارگانیسم‌های کود، سبب تولید هورمون‌ها به ویژه جیبرلین می‌شوند که در طول کلاله و خامه

مصرف کود زیستی و مدیریت آبیاری بر طول کلاله و خامه تر تأثیر معنی‌داری داشت، همچنین با تأثیر متقابل این فاکتورها طول کلاله و خامه تر افزایش یافت. بیشترین طول کلاله و وزن تر خامه تازه، در تیمار مصرف کود زیستی ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین و آبیاری زیر سطحی به دست آمد. نکته حائز اهمیت آن است که طول کلاله و خامه تازه در تیمار مدیریت آبیاری با افزایش مصرف نیتروکسین تا ۶ لیتر در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. به هر حال کمترین طول کلاله و خامه تازه در تیمارهای آبیاری زیر سطحی به همراه عدم مصرف نیتروکسین (۵/۵۲ سانتی‌متر) و آبیاری معمول همراه عدم مصرف نیتروکسین (۵/۸۱ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۴). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای تولید کلاله و خامه بزرگ‌تر بایستی کود نیتروژن

در تأمین نیاز غذایی گیاه نسبت داد. علاوه بر تأثیر غیرمستقیم باکتری‌ها بر جذب عناصر غذایی، میکروارگانیزم‌های کودهای زیستی از روش‌های دیگری نیز بر رشد گیاه تأثیر مثبتی دارند که به برخی از آن‌ها در ذیل اشاره شده است: انواعی از میکروارگانیزم‌ها قادرند سیتوکینین را از پیش ماده آدنین تولید نمایند (Nieto & Frankenberger, 1989) و تولید سیتوکینین از آدنین و الکل ایزوپنتیل (IA) در حضور Azotobacter و Pseudomonas در محیط کشت به اثبات رسیده است (Nieto & Frankenberger, 1989). هم چنین کاربرد توام IA, ADE و Azotobacter تأثیر معنی‌داری بر رشد دارد زیرا این باکتری توانایی تبدیل IA+ADE به سیتوکینین قبل از جذب از طریق ریشه گیاه را دارد که در تحقیقی بر روی ذرت در مقایسه با شاهد این مسئله مشخص شده است (Nieto & Frankenberger, 1991). بنابراین باکتری‌های موجود در کود زیستی می‌توانند با سایر میکروارگانیزم‌های ریزوسفر اثر هم‌افزایی (سینرژیست) مفیدی بر گیاهان داشته باشند.

خصوصیات کیفی زعفران

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده و اثر متقابل فاکتورها روی تمام صفات مورد بررسی در سطوح آماری مختلف معنی‌دار شد، که در جداول تجزیه واریانس (ANOVA) ارائه گردید (جدول ۵). در خصوص تأثیر کود بیولوژیک مصرفی و مدیریت آبیاری بر خصوصیات کیفی زعفران بایستی بیان نمود که کیفیت شامل مولفه‌های رنگ (کروسین)، طعم (پیکروکروسین) و عطر (سافرانال) است و تیمارهای کود زیستی و آبیاری بر این مولفه‌ها (کیفیت) در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج این پژوهش نشان داد؛ بیشترین میزان رنگ زعفران (کروسین)، طعم (پیکروکروسین) و عطر (سافرانال) در تیمار آبیاری زیر سطحی به همراه ۶ لیتر در هکتار نیتروکسین حاصل شد در مقابل کمترین میزان در تیمار آبیاری معمول در عدم

نمود پیدا کرده است. مقایسه میانگین کود زیستی و مدیریت آب بر وزن تر گل بدون خامه و کلاله تأثیر معنی‌داری داشت، همچنین با تأثیر متقابل این فاکتورها وزن تازه گل بدون خامه و کلاله افزایش یافت. در مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش مشاهده شد که برهمکنش آبیاری زیر سطحی در ۴ لیتر در هکتار نیتروکسین (۲۴/۹۲ کیلو گرم در هکتار) به مراتب بیشتر از سایر تیمارهای آزمایش بود (جدول ۴). در مورد عملکرد تازه گل روند مشابهی مانند طول خامه و کلاله مشاهده شد. از آنجا که گل زعفران قبل از هر اندام هوایی دیگر ظاهر می‌شود، تشکیل گل و عملکرد اقتصادی زعفران در هر سال وابسته به ذخیره مواد فتوسنتزی در بنه زعفران در سال زراعی قبل است. به همین دلیل گیاه زعفران در هر سال زراعی مازاد مواد فتوسنتزی خود را جهت تشکیل بنه‌های جدید و همچنین آغاز و تکامل گل به اندام‌های زیرزمینی منتقل می‌کند (Kafi, 2002). نتایج تحقیقات نادری و همکاران (Naderi et al., 2008) بر روی تغییرات موقتی عناصر غذایی در گل گیاه زعفران نشان داد که از نیمه دوم اسفند تا اوایل فروردین هنگام زرد شدن برگ‌ها غلظت عناصر غذایی در برگ با شیب تندی کاهش می‌یابد و محلول‌پاشی در این زمان در رشد بنه‌های دختری مؤثر می‌باشد (Zabihi et al., 2016) لذا به نظر می‌رسد تأثیر تیمارهایی از این آزمایش که باعث افزایش تعداد گل گردیده‌اند از طریق تأثیر بر روی رشد بنه‌های دختری و افزایش آن‌ها در واحد سطح بوده است. نتایج بدست آمده از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش تیمارهای کود بیولوژیک و مدیریت آبیاری بر عملکرد زعفران نشان داد که تیمار آبیاری نوار تیپ زیر سطحی به همراه نیتروکسین ۴ لیتر در هکتار با تولید ۵/۰۸ کیلوگرم در هکتار مناسب‌ترین و در مقابل تیمار آبیاری معمول در عدم مصرف نیتروکسین با تولید ۲/۹۵ کیلوگرم در هکتار نا مناسب‌ترین تیمارها بودند (جدول ۴). نقش کود زیستی نیتروکسین را در افزایش عملکرد می‌توان به توانایی این گروه از میکروارگانیزم‌ها

زیستی نیتروژن بر فراهمی ترکیبات، مواد هورمونی و ویتامین‌های محلول در آب، ایجاد حالت همکاری متقابل با سایر میکروارگانیسم‌ها و تولید ترکیبات اولیه مؤثر در بیوسنتز گلوکوزیدها و تجزیه آن‌ها به ترکیبات ثانویه زعفران نقش داشته باشد (Nieto & Frankenberger, 1991).

مصرف نیتروکسین مشاهده شد (جدول ۶). به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که: تیمار کودزیستی و شیوه آبیاری بر کیفیت زعفران تأثیر معنی‌داری داشته‌اند، همچنین میزان کود نیتروکسین مصرفی بر کیفیت زعفران تولیدی مؤثر بوده است و کود زیستی بر سه مولفه کیفیت (رنگ، طعم و عطر) تأثیر مثبت داشته است. این مسئله ممکن است به این دلیل باشد که کود

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمون
Table 5- Analysis of variance of experimental factors on the traits tested

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کروسین Crocin	پیکروکروسین ن Picocrocin	سافرانا Safranal
بلوک Block	2	5.109**	0.032*	0.001 ns
آبیاری Irrigation	2	11.040*	0.575*	0.007*
خطا Error	4	0.752	0.100	0.001
نیتروکسین Nitroxin	3	1.382*	0.065*	0.003*
آبیاری X نیتروکسین Irrigation * Nitroxin	6	1.044**	0.060*	0.083*
خطا Error	18	2.586	0.040	0.013
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	7.66	4.77	5.96

ns، * و ** بیانگر عدم معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

Ns: represents non significant difference and **,* represente significant difference in 0.05 and 0.01 probablity levels, respectively.

بوده و خاصیت ضد سرطانی وسیعی از خود نشان می‌دهد (Abdullaev et al., 2009).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل شده چنین استنتاج می‌گردد که می‌توان با انجام تلفیق مدیریت آبیاری (تیپ زیر سطحی) و زراعی (۴ لیتر در هکتار نیتروکسین) موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی زعفران گردید. در پی افزایش توسعه بنه و اندام هوایی مناسب، توازن در تولید کروم خواهری را حفظ کرد در

عامل اصلی ایجاد قدرت رنگی کلاله‌های زعفران ترکیبی زرد رنگ به‌نام کروسین است. کروسین‌ها استرهای گلیکوزید کروسین هستند که یک واحد مرکزی با هفت پیوند دوگانه‌ی مزدوج و چهار گروه متیل به عنوان زنجیره‌ی جانبی را در بر می‌گیرد. در ضمن این ترکیب‌ها از جمله معدود خانواده‌های کارتنوئیدهایی هستند که به مقدار زیادی در آب حل می‌شوند. این حلالیت یکی از دلایل کاربرد وسیع آن به عنوان رنگ دهنده در مواد غذایی و دارویی نسبت به سایر کارتنوئیدها می‌باشد. این کارتنوئید آب‌دوست در زعفران نسبت به دیگر کارتنوئیدها بیشتر

مصرف کود، مشاهده شد. آبیاری از جمله مواردی است که در تولید محصولات زراعی و به منظور بهبود وضعیت رطوبتی خاک نقش قابل توجهی ایفا می‌کنند.

نتیجه اختصاص منابع فتوسنتزی در زمان رشد زایشی به سمت گل بیشتر از کروم بود. همین امر سبب افزایش عملکرد زعفران شد در مقابل کمترین عملکرد در تیمار آبیاری معمول با عدم

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف نیتروکسین و آبیاری بر برخی خصوصیات کیفی زعفران

Table 6- Means comparison of interactions effects of Nitroxin and irrigation on some qualitative characteristics of saffron

تیمار Treatment	کروسین (جذب محلول آبی ۱٪ در طول موج ۴۴۰ نانومتر) Crocin (Absorption of 1% aqueous solution at 440 nm wavelength in dry matter)	پیکروکروسین (جذب محلول آبی ۱٪ در طول موج ۲۵۴ نانومتر) Picocrocin (Absorption of 1% aqueous solution at 254 nm wavelength in dry matter)	سافرانا (جذب محلول آبی ۱٪ در طول موج ۳۳۰ نانومتر) Safranal (Absorption of 1% aqueous solution at 330 nm wavelength in dry matter)	
				Irrigation آبیاری
آبیاری قطره‌ای سطحی Surface drip irrigation	0 Litha ⁻¹	174.721 ^c	70.110 ^c	44.810 ^d
	2 Litha ⁻¹	177.120 ^c	72.310 ^c	45.010 ^d
	4 Litha ⁻¹	187.735 ^{ab}	78.087 ^{ab}	47.787 ^b
	6 Litha ⁻¹	188.335 ^{ab}	79.917 ^{ab}	48.617 ^{ab}
آبیاری قطره‌ای زیر سطحی Subsurface drip irrigation	0 Litha ⁻¹	176.896 ^c	70.198 ^c	45.898 ^c
	2 Litha ⁻¹	182.426 ^b	76.963 ^b	47.663 ^b
	4 Litha ⁻¹	196.085 ^a	83.792 ^a	48.492 ^{ab}
	6 Litha ⁻¹	196.680 ^a	84.090 ^a	49.790 ^a
آبیاری معمول Common irrigation	0 Litha ⁻¹	172.950 ^c	69.925 ^c	44.425 ^d
	2 Litha ⁻¹	175.230 ^c	72.255 ^c	45.755 ^c
	4 Litha ⁻¹	180.037 ^b	78.768 ^{ab}	46.268 ^c
	6 Litha ⁻¹	181.650 ^b	79.675 ^{ab}	47.175 ^c

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ می‌باشند.

The averages with at least a common alphabet are not statistically significant at the 5% level.

می‌رسد. چنانچه روش آبیاری به ترتیبی باشد که، لایه‌های مختلف خاک را مرطوب کند قابلیت دسترسی زعفران به خاک مرطوب بیشتر خواهد شد. بدین ترتیب قدرت رقابت زعفران افزایش می‌یابد که نهایتاً منجر به افزایش عملکرد زعفران خواهد شد.

در مناطق خشک (اشتهارد) انجام عملیات آبیاری به روش قطره‌ای، فرصت‌های مناسبی برای مدیریت افزایش عملکرد بوجود می‌آورند. در این روش آب صرفاً در محدوده توسعه ریشه زعفران قابل دسترس است و بدین ترتیب استفاده از آب، توسط رستنی‌های هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت به حداقل

منابع

Abdullaev, F.I. 2009. Cancer chemopreventive and tumoricidal properties of saffron (*Crocus sativus* L.). *Experimental Biology and Medicine* 227: 20–25.

Bhaskara, K.V., and Charyulu, P.B.N. 2005.

Evaluation of effect of effecty of inoculation of *Azospirillum* on yield of *Setaria italica*. *African Journal of Biotechnology* 9: 989-995.

Cakmac, R., Donmez, M.F., and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting

- Rhizobacteria on barley seeding growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacteria counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31: 189-199.
- Ghamarnia., H., Khosravi, H., Jalili, Z., and Bahrami naghad, A. 2015. Investigating different irrigation and water management methods on yield and water use efficiency of grains. *Journal Water and Irrigation Management* 5 (1): 55-67. (In Persian).
- Ghavi., M., and Haghighi, R. 2015. Effect of spraying biological fertilizers, biological and chemical stimulants on growth characteristics and saffron performance. *Journal of Crop Production* 8 (3): 139-158. (In Persian).
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. Journal of Microbiology* 41: 109–127.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 21: 88-91.
- Gutierrez-Manero., FJ, Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Journal of Plant Physiology* 11: 206–211.
- Hamedi, F., Jafari, H., Ghaderi, J., and Zanganeh, R. 2005. Comparison of drip irrigation (tape) with surface irrigation methods in the different levels of irrigation on corn yield. *Journal Water Research in Agriculture* 3: 120-131. (In Persian).
- Han, H.S., Supanjani, B., and Lee, K.D. 2006. Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment* 52: 36-46.
- Iran National Standard. 1996. Determination of moisture in dried fruit, ISIRI NUMBER: 672. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 5st. Edition.
- Jin, L., and Yong, W. 2001. Water use in agriculture in China; importance, challenges, and implications for policy. *Journal of Water Policy* 3: 215-228.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307–311.
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron Production and Processing. Zaban va Adab Press, Iran. pp. 50-60. (In Persian).
- Kucey, R.M.N. 1988. Effect of *penicillium bilaji* on the soil and uptake of P and, micronutrients from soil by wheat. *Canadian Journal of Soil Science* 68: 261-270.
- Kumar, V., Behl, R.K., and Narula, N. 2009. Effect of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* on yield traits and their survival in the rhizosphere of wheat genotypes under field conditions. *Acta Agronomica Hungarica* 49: 141–149.
- Lamm., F.R., and Trooien, T.P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Journal of Irrigation Science* 22: 195–200.
- Mahdavi, A. 2000. Supporting collaborative design via integrated building performance computing. 12th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics, Baden-Baden, Germany. 23–25 August 2000. pp. 91–96.
- Mardani Booldaji, E. 2006. Water resources management and beard against drought. *Journal of Jihad* July and August 27: 202-210. (In Persian).
- Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajeh-bashi, S.A., banitaba, S.A., and Dehdashti, S.M. 2008. Effects of planting method, density and depth

- on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. Seed Seedling 24: 643-657. (In Persian with English Summary).
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 1: 155-166. (In Persian with English Summary).
- Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T. 1989. Biosynthesis of cytokinins produced by *Azotobacter chroococcum*. Journal Soil Biology and Biochemistry 21: 967-972.
- Nieto, K.F. and Frankenberger, W.T. 1991. Influence of adenine, isopentyl alcohol and *Azotobacter chroococcum* on vegetative growth of *Zea mays*. Plant, Soil and Environment 135: 213-221.
- Osareh., G.H., Motamedi, B., and Aalkhaszadeh., H. 2006. Irrigation efficiency of the irrigation network of integrated and non-integrated Dez. National Conference on Irrigation And Drainage Systems Management Collection, Shahid Chamran University, Faculty of Water Sciences Engineering, 12-14 May 2006.
- Ríos, J.L., Recio, M.C., Giner, R.M., and Manez, S. 1996. An update review of saffron and its active constituents. Journal Phytotherapy Research 10: 189-193.
- Rawia, A.S. Eid, A., Abo-sedera, A., and Attia, M. 2006. Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of *Celosia argentea*. World Journal of Agricultural Sciences 2: 450-458.
- Roze., I.W., Felton, W., and Banks, L. 2012. Response of soybean varieties to foliar zinc fertilizer. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 21 (109): 236-240.
- Rojas, A., Holguin, G., Glick, B., and Bashan, Y. 2001. Synergism between *Phyllobacterium* sp. (N₂ – Fixer), and *Bacillus licheniformis* (P-Solubilizer), both from a Semiarid mangrove rhizosphere. Journal FEMS (Federation of European Microbiological Societies) Microbiology Ecology 35: 181-187.
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Roupael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Food, Agriculture and Environment 7: 19-23.
- Wang, S.H., Yang, Z.M., Yang, H., Lu, B., Li, S.Q., and Lu, Y.P. 2004. Copper-induced stress and antioxidative responses in roots of *Brassica juncea*. Botanical Bulletin of Academia Sinica 45: 203-212.
- Zabihi, H., Rezayain, S., Ghasemzadeh-Ghanji, M., and Passban, M. 2016. Temporal changes of nutrient element in leaf saffron. 12th Iranian Soil Science Congress, Tabriz, Iran. May 2016. (In Persian).

The Study of the interaction of nitroxin biological fertilizer and irrigation management on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.)

Ehsan Ollah Jalili^{1}, Farnaz Gangabadi², Davod habibi³, and alireza eivazi⁴*

Submitted: 11 May 2018

Accepted: 17 October 2018

Jalili, E.O., Gangabadi, F., habibi, D., and eivazi, A. 2019. The Study of the interaction of nitroxin biological fertilizer and irrigation management on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology 7(3): 319-330.

Abstract

In order to increase the quality and yield of saffron, an experiment was conducted in the Alborz province, (Eshtehard), in the year 2016-2017 through the interaction of nitroxin biological fertilizer and irrigation management. The experiment was conducted as split plot in randomized complete block design with 3 replications. The experimental factors included irrigation method (Surface drip Irrigation, Subsurface drip Irrigation (15 cm depth) and Irrigation is Common (conventional area) in the main plot) and biological fertilizer of nitroxin (no fertilizer (control), 2, 4 and 6 lit.ha⁻¹ in the Subplot). The results of this study showed that simple and interaction effects of biological fertilizer application of nitroxin and irrigation management were significant in all measured traits. In order to use optimal water resources, diamond irrigation method (Subsurface drip Irrigation) can be used to reduce irrigation losses and achieve high yield in saffron production. The effects of irrigation management of Subsurface drip Irrigation diameters with biological fertilizer of nitroxin 4 lit.ha⁻¹ were superior to other treatments, so that the highest yield of saffron stigma was observed in this treatment with 5.8 kg.ha⁻¹.

Keywords: Crocin, Irrigation method, Picrocrocin, Safranal.

1- Ph.D. Department of Agriculture and Office manager Education and Extension Department of Agricultural Jihad Management in Eshtehard County, Alborz, Iran

2- Ph.D. Department of Agriculture, Shahr-e-Quds, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Agriculture, Karaj Branch, Islamic Azad University, Alborz, Iran.

4- Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran.

(*- Corresponding author. Email: Jaliliehsan59@yahoo.com)

DOI: 10.22048/jsat.2018.130432.1298