نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 451-435

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 435-451

اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی[1]، پرویز رضوانی مقدم[1*] و حمیدرضا فلاحی[2]

تاریخ دریافت: 1390/03/08
تاریخ پذیرش: 1391/10/16

کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، و فلاحی، ح.ر. 1395. اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 451-435.

چکیده

به منظور بررسی اثرات زمان‌های کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه و نیز مدیریت آبیاری و استفاده از گیاهان پوششی، بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه دارویی زعفران (*Crocus sativus* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال‌های زراعی 89-1388 و 90-1389، به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه زعفران به عنوان فاکتور اصلی (اول خرداد ماه، اول مرداد ماه و اول مهر ماه)، مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور فرعی (انجام آبیاری و عدم انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت) و کاربرد گیاهان همراه در سال دوم آزمایش به عنوان فاکتور فرعی فرعی [شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و شاهد]. نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت بنه‌ها از اول خرداد به اول مهر، شاخص‌های کمی زعفران به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد و شدت کاهش در سال دوم آزمایش به مراتب بیشتر بود. بیشترین عملکرد گل در تاریخ کاشت مرداد ماه (به ترتیب 28 و 98 کیلوگرم در هکتار برای سال‌های اول و دوم آزمایش) و کمترین آن در تاریخ کاشت مهر ماه (به ترتیب 18 و 34 کیلوگرم در هکتار برای سال‌های اول و دوم آزمایش) به دست آمد. کاشت زعفران در تاریخ اول مرداد ماه موجب بهبود سرعت گل‌دهی و کاهش نسبی سرعت ظهور برگ گردید. عدم آبیاری پس از کاشت باعث افزایش شاخص‌های کمی زعفران شد؛ به طوری‌که عملکرد گل در تیمار انجام آبیاری پس از کاشت در سال اول نه و در سال دوم 43 کیلوگرم در هکتار و برای تیمار عدم انجام آبیاری در سال‌های اول و دوم به ترتیب 37 و 78 کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین تعداد گل در هکتار (480000 گل در هکتار) و نیز بیشترین درصد بنه‌های گل‌دهنده (100 درصد) در سال دوم آزمایش و در تیمار تاریخ کاشت خرداد ماه و عدم انجام آبیاری پس از کاشت به دست آمد. کاربرد گیاهان پوششی به خصوص خلر تا حدودی باعث بهبود ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران گردید؛ به طوری‌که استفاده از این گیاه پوششی، عملکرد گل و کلاله را در مقایسه با شاهد حدود دو درصد افزایش داد. همچنین بیشترین سرعت گل‌دهی و کمترین سرعت ظهور برگ در تیمارهای تاریخ کاشت خرداد ماه، عدم انجام آبیاری پس از کاشت و کاربرد گیاه پوششی خلر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بنه، خلر، سرعت گل‌دهی، شبدر ایرانی، گیاهان دارویی

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L.، گران‌ترین ادویه جهان بوده و دارای کاربردهای دارویی و غذایی متعددی می‌باشد (Hosseinzadeh & Sadeghnia, 2005; Zougagh et al., 2006; Kumar, 2009; Siracusa et al., 2010; Maggi et al., 2010). ایران با تولید سالیانه حدود 200 تن کلاله خشک از سطحی بیش از 60 هزار هکتار به عنوان مهم‌ترین تولید کننده آن شناخته می‌شود، با این وجود میزان عملکرد در واحد سطح در ایران در

1 و 2- به ترتیب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: (Email: Rezvani@um.ac.ir

مقایسه با کشورهایی مانند اسپانیا، ایتالیا و برخی کشورهای دیگر اروپایی به مراتب کمتر می‌باشد (Amirshekari et al., 2006; Koocheki et al., 2009; Juan et al., 2009; Mohammad-Abadi et al., 2011).

زعفران گیاهی است که در ساختار کانوپی آن در بخشی از سال امکانات نور و فضا بدون استفاده می‌باشد؛ ساختار ریشه‌ها و بنه‌های آن نیز باعث شده که فقط از خاک سطحی، آب و عناصر غذایی جذب شود (Farhoodi, 2003). از این‌رو، استفاده از سیستم‌های مناسب کشت مخلوط و گیاهان پوششی در استفاده بهینه از این امکانات می‌تواند مفید باشد. در برخی گزارش‌ها ذکر شده است که در سال‌های اولیه که زعفران فضای محدودی را در بر گرفته است، استفاده از گیاهانی مانند زیره‌سیاه (*Bonium persicum* L.) می‌تواند در پر کردن فضاهای خالی و کنترل علف‌های هرز و نیز افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها مؤثر واقع شود (Khosravi, 2005). نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) نشان داد که کاشت برخی گیاهان دارویی بهاره در مزرعه زعفران می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از سویی دیگر، به طور کلی کاربرد گیاهان پوششی می‌تواند باعث بهبود باروری خاک، تعدیل عواملی مانند دما و رطوبت، فراهمی و حفظ عناصری مانند نیتروژن و بهبود ساختار فیزیکی و بیولوژیکی خاک و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی گردد (Calkins & Swanson, 1995; Pullaro et al., 2006; Sainju et al., 2006a,b). از این رو به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان پوششی مناسب در مزرعه زعفران می‌تواند ضمن افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها، اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد این گیاه دارویی داشته باشد.

از عوامل مهم دیگری که بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران اثرگذار است تعیین تاریخ کاشت مناسب می‌باشد (Koocheki et al., 2010). برخی مطالعات نشان داده است که بهترین زمان کاشت و انتقال پیاز زعفران به مزارع جدید خرداد ماه می‌باشد (Sadeghi et al., 2003; Ghasemi Rooshnavand et al., 2009) و پس از آن به ترتیب ماه‌های اردیبهشت، تیر، مرداد و شهریور قرار دارند (Sadeghi et al., 2003)، این در حالی است که در خراسان، کشت زعفران غالباً در بازه زمانی اوایل مرداد ماه تا اوایل مهر ماه است و بیشترین درصد فراوانی تاریخ کاشت، در فاصله زمانی 11 تا 20 شهریور ماه می‌باشد (Behdani, 2005). با توجه به این نکات ضرورت دارد تا آزمایشات جامع‌تری در مورد اثرات تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه بر رشد و نمو گیاه دارویی زعفران صورت گیرد.

مدیریت آبیاری فاکتور مهم دیگری در گل‌آوری زعفران بوده، به طوری‌که در برخی آزمایشات مشاهده شده است که بیشترین و کمترین تعداد گل و وزن گل در هکتار به ترتیب در تیمارهای آبیاری مرداد ماه و تیر ماه به دست می‌آید (Sadeghi et al., 2003). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که انجام آبیاری از نیمه تیر تا نیمه مرداد ماه بر عملکرد زعفران اثر منفی دارد (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). گزارش شده است که انجام آبیاری در ماه‌های اسفند و فروردین و نیز مرداد و شهریور باعث افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران می‌شود (Juan et al., 2009). گزارشات دیگری نشان می‌دهد که انجام آبیاری در ابتدای بهار برای گسترش و رشد و نمو بنه‌های خواهری ضروری است (Benschop, 1993; Rees, 1988; Juan et al., 2009). علی‌رغم مطالعات صورت گرفته، هنوز اثرات آبیاری تابستانه بر رشد و عملکرد زعفران به خوبی مشخص نشده است. از این‌رو ضرورت دارد تا تحقیقات جامع‌تری در این خصوص صورت گیرد.

در مورد بهبود روش‌های مدیریتی زعفران در کشور مطالعاتی صورت گرفته است؛ ولی در مواردی مانند استفاده از گیاهان همراه و نیز تاریخ کاشت مناسب و مدیریت آبیاری تحقیقات کافی انجام نشده و یا نتایج متضادی وجود دارد. از این‌رو هدف از این تحقیق، مطالعه اثرات این فاکتورها بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه دارویی زعفران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال‌های زراعی 89-1388 و 90-1389، به صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه (اول خرداد ماه، اول مرداد ماه و اول مهر ماه)، مدیریت آبیاری (آبیاری و عدم انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت) و کاربرد گیاهان همراه زعفران [شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و شاهد]. تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی، مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور فرعی و کاربرد گیاه همراه به عنوان فاکتور فرعی فرعی

مورد مطالعه قرار گرفتند. قبل از آزمایش، از محل اجرای طرح نمونه خاک تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول 1).

جدول 1- نتایج آزمایش خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil analysis

بافت Texture	درصد سیلت Silt (%)	درصد رس Clay (%)	درصد شن Sand (%)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) $K_{available}$ (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) $P_{available}$ (ppm)	نیتروژن کل (پی‌پی‌ام) N_{total} (ppm)	درصد کربن C (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
سیلت- لوم Silt-loam	50	24	26	309.56	4.37	539	0.72	7.44	1.91

کشت زعفران با استفاده از بنه‌های شش تا 10 گرمی در کرت هایی با ابعاد 1/5×3/5 متر انجام شد. در داخل هر کرت شش ردیف زعفران، به صورت مسطح و با فاصله 25 سانتی‌متر بین ردیف و 10 سانتی‌متر روی ردیف با عمق کاشت 12 سانتی‌متر کشت گردید. پس از هر تاریخ کاشت، در کرت‌هایی که در آن‌ها تیمار آبیاری پس از کاشت مورد نظر بود، آبیاری صورت گرفت؛ ولی در کرت‌هایی که در آن هدف تیمار عدم آبیاری پس از کاشت بود، آبیاری مطابق با عرف موجود در منطقه، در آبان ماه و همزمان با آبیاری کل طرح (1388/8/7) انجام گرفت. همین روند در سال دوم اجرای آزمایش نیز تکرار شد؛ یعنی، در کرت‌هایی که در سال اول اجرای آزمایش پس از کاشت آبیاری صورت گرفته بود، در سال دوم هم در همان تاریخ‌های سال قبل مجدداً آبیاری انجام گرفت. کشت گیاهان پوششی پس از برداشت محصول سال اول و در اواخر آبان ماه سال 1388 انجام گرفت و در بهار 1389 پس از اتمام بارندگی‌های بهاره بقایای این گیاهان به خاک برگردانده شد. بنابراین، در سال ابتدای آزمایش تنها اثر تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری مطالعه و نتایج به صورت طرح کرت‌های خرد شده آنالیز شد؛ در حالی‌که در سال دوم اجرای طرح، علاوه بر اثر زمان کاشت و مدیریت آبیاری، اثر گیاهان همراه نیز بررسی و در نتیجه نتایج حاصله به صورت طرح کرت‌های دو بار خرد شده آنالیز گردید.

صفات مورد مطالعه در این تحقیق عبارت بودند از: عملکرد گل تر، عملکرد کلاله تر، وزن گلبرگ تر (عملکرد گل تر منهای کلاله تر)، نسبت وزن کلاله به گلبرگ، عملکرد کلاله خشک، تعداد گل در هر هکتار، تعداد گل به ازای هر بوته، درصد بنه‌های گل‌دهنده، تعداد روز تا 10 درصد ظهور برگ‌ها، تعداد روز تا 10 درصد گل‌دهی، سرعت ظهور برگ‌ها و سرعت گل‌دهی.

در هر چین (هفت، 11، 14، 18، 21، 25 و 28 روز پس از آبیاری کل طرح در هفتم آبان ماه در هر دو سال آزمایش) تعداد برگ و گل ظاهر شده در هر کرت شمارش شد. سپس برای اندازه‌گیری سرعت ظهور برگ‌ها و سرعت گل‌دهی به ترتیب از معادله‌های (1) و (2) استفاده شد.

$$LAR = \sum_{i=1}^{n} \frac{NLA}{DHID}$$ معادله (1)

که در آن، LAR: سرعت ظهور برگ، NLA: تعداد برگ ظاهر شده در برداشت nام، DHID: فاصله چین nام از روز آبیاری و n شماره چین می‌باشد.

$$FR = \sum_{i=1}^{n} \frac{NFA}{DHID}$$ معادله (2)

که در آن، FR: سرعت ظهور گل، NFA: تعداد گل ظاهر شده در برداشت nام، DHID: فاصله چین nام از روز آبیاری و n شماره چین می‌باشد.

در پایان داده‌های خام حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Mstat-C آنالیز آماری شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

1- تاریخ کاشت

نتایج نشان داد که تاریخ کاشت در سال ابتدای آزمایش تنها بر وزن تر گلبرگ، وزن تر کلاله، نسبت وزن کلاله به گلبرگ، عملکرد

گل، تعداد روزهای تا ظهور 10 درصد برگ‌ها، تعداد روزهای تا 10 درصد گل‌دهی و سرعت گل‌دهی و در سال دوم بر تمامی صفات مورد بررسی دارای اثر معنی‌داری بود (جدول‌های 2- الف و ب). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر برتری تاریخ کاشت خرداد ماه بر سایر تاریخ‌های کاشت بود، به طوری‌که تقریباً در تمامی صفات مورد مطالعه، این تیمار در سطح بالاتری در مقایسه با دو تیمار دیگر قرار گرفت (جدول 3). پس از تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت مرداد ماه در مقایسه با تاریخ کاشت مهر ماه دارای برتری بود. بیشترین و کمترین عملکرد گل و کلاله به ترتیب در تاریخ کاشت بهاره و پاییزه به دست آمد، به طوری‌که عملکرد گل در تاریخ کاشت خرداد ماه در سال اول آزمایش 1/5 و در سال دوم 2/9 برابر تاریخ کاشت مهر ماه بود؛ همچنین، عملکرد کلاله در این تاریخ کاشت در سال ابتدای آزمایش 1/84 و در سال دوم 2/68 برابر تاریخ کاشت مهر ماه بود (جدول 3). در مورد تمامی صفات کمی زعفران، اختلاف بین تاریخ‌های کاشت مورد بررسی، در دومین سال اجرای آزمایش به مراتب بیشتر از سال نخست اجرای طرح بود؛ به نحوی‌که تعداد گل در هکتار برای تاریخ کاشت اول در سال ابتدای آزمایش 22 درصد بیشتر از آخرین تاریخ کاشت بود، در حالی‌که این صفت در دومین سال اجرای آزمایش در تیمار خرداد ماه 3/4 برابر بیشتر از تاریخ کاشت مهر ماه بود. درصد بوته‌های (کلون‌های) گل دهنده مربوط به تاریخ کاشت خرداد ماه، در سال دوم به مراتب بیشتر از سال ابتدای آزمایش بود (برای سال اول و دوم آزمایش به ترتیب 25 و 90 درصد بوته‌ها)، همین روند برای تاریخ‌های کاشت تابستانه و پاییزه نیز مشاهده گردید، ولی درصد افزایش بوته‌های گل‌دهنده در این دو تاریخ کاشت چندان قابل توجه نبود (جدول 3). بر اساس نتایج این آزمایش، کاشت زعفران در زمان نامناسب به شدت باعث کاهش گل‌آوری این گیاه گردید، به طوری‌که حتی در سال دوم آزمایش در تاریخ‌های کاشت مرداد و مهر ماه به طور متوسط به ازای هر بوته زعفران به ترتیب 0/40 و 0/25 گل تولید شد (جدول 3). در هر دو سال آزمایش، تعداد روزها تا ظهور 10 درصد برگ‌ها در تاریخ کاشت مهر ماه کمتر و در نتیجه سرعت ظهور برگ‌ها بیشتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود، در حالی‌که در تاریخ کاشت خرداد ماه تعداد روزها تا 10 درصد گل‌دهی کمتر و در نتیجه سرعت گل‌دهی بیشتر از تاریخ کاشت مرداد ماه و مهر ماه بود (جدول 3).

از حدود نیمه اردیبهشت که برگ‌های زعفران خشک می‌شود، تا نیمه تیر ماه، دوره استراحت کامل و سایر ماه‌های سال دوره فعالیت این گیاه می‌باشد (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009; Juan et al., 2009). برخی نتایج حاکی است که کشت پیاز در اواسط این زمان یعنی خرداد ماه که بنه‌ها در خواب هستند مناسب‌تر است؛ زیرا در این صورت بنه‌ها در طی دوره خواب در زمین مستقر شده و در سال اول محصول کافی تولید می‌شود (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). بدین ترتیب علت برتری تیمار تاریخ کاشت خرداد ماه را می‌توان به استقرار بنه‌ها در طول دوره خواب نسبت داد؛ در صورتی که در تاریخ‌های کاشت مرداد و مهر ماه که فعالیت بنه‌ها شروع شده است، تا انجام استقرار بنه‌ها در خاک مدتی سپری شده و این موضوع سرعت فرآیندهای تکامل درونی بنه‌ها را کاهش می‌دهد، که نتیجه آن کاهش شاخص‌های رشدی گیاه مانند زمان شروع گل‌دهی، سرعت گل‌دهی و تعداد گل در بوته و در نهایت عملکرد گل و کلاله خواهد بود. در تحقیقی دیگری نیز گزارش شد که تاریخ کاشت ابتدای تیر در مقایسه با مرداد باعث افزایش تعداد گل در مترمربع و عملکرد کلاله می‌شود (Gresta, 2008a).

2- مدیریت آبیاری

نتایج نشان داد که در طی هر دو سال اجرای آزمایش، تیمار مدیریت آبیاری تقریباً بر تمامی صفات کمی زعفران در سطح احتمال یک درصد دارای تأثیر معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول‌های 2- الف و ب). در طی هر دو سال، بیشترین تعداد گل در هکتار، عملکرد گل، عملکرد کلاله تر و خشک، تعداد گل به ازای هر بوته و درصد بنه‌های گل‌دهنده، در تیمار عدم اعمال آبیاری پس از کاشت حاصل شد؛ هر چند که تفاوت‌های موجود بین دو تیمار مدیریت آبیاری در سال نخست اجرای طرح به مراتب بیشتر بود؛ به نحوی‌که تعداد گل در تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت در سال اول 3/5 و در سال دوم 1/97 برابر تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود. این مقادیر برای عملکرد گل در سال نخست 4/1 و در سال دوم 1/81 برابر و برای عملکرد کلاله خشک در سال اول آزمایش 3/96 و در سال دوم 1/62 برابر بود (جدول 4). درصد بوته‌های گل‌دهنده نیز در تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت به مراتب بیشتر از تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود. همچنین در سال نخست اجرای طرح در کرت‌هایی که پس از کاشت آبیاری انجام نشده بود، کمترین زمان تا ظهور 10 درصد گل‌ها و برگ‌ها و در نتیجه بیشترین سرعت ظهور گل و برگ مشاهده گردید؛ در حالی‌که در سال دوم، در این تیمار سرعت گل‌دهی

بیشتر و سرعت ظهور برگ‌ها کمتر از تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود (جدول 4).

جدول ۲ (الف)- اثر تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Table 2 (a)- Effects of planting date and irrigation management on growth and yield indices of saffron during 2009

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل تر Fresh flower yield	وزن تر گلبرگ Petal weight	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی Flowering rate	سرعت ظهور برگ‌ها Leaf appearance rate
تکرار Replication	2	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
تاریخ کاشت Planting date	2	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	*	**	ns
خطای فاکتور a Error a	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری Irrigation	1	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
تاریخ کاشت × مدیریت آبیاری Planting date × irrigation	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**
خطای فاکتور b Error b	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
کل Total	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-

* , ** and ns: Represent significant at 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

* و ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۲ (ب)- اثر تاریخ کاشت، مدیریت آبیاری و گیاهان پوششی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال ۹۰-۱۳۸۹

Table 2 (b)- Effects of planting date, irrigation management and cover crops on growth and yield indices of saffron in 2010

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل تر Fresh flower yield	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی Flowering rate	سرعت ظهور برگ‌ها Leaf appearance rate
تکرار Replication	2	*	*	*	*	*	ns	ns	**	ns	**
تاریخ کاشت Planting date	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
خطای فاکتور a Error a	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری Irrigation	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
مدیریت آبیاری × تاریخ کاشت Planting date × irrigation	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
خطای فاکتور b Error b	6	*	*	*	*	*	ns	ns	*	ns	*
گیاه پوششی Cower crop	2	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
تاریخ کاشت × گیاه پوششی Planting date × cower crop	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری × گیاه پوششی Irrigation × cower crop	2	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns
مدیریت آبیاری × تاریخ کاشت × گیاه پوششی Planting date × irrigation × Cower crop	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
خطای فاکتور c Error c	24	-	-	-	-	-	-				
کل Total	53	-	-	-	-	-	-				

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

* , ** and ns: Represent significant at 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران تحت تأثیر تاریخ کاشت

Table 3- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by planting date

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	خرداد June	97778^{a*}	28^{a}	25.6^{a}	2.3^{a}	8.6^{a}	362^{a}	0.24^{a}	24.4^{a}	16^{b}	9.0^{a}	4.2^{a}	6.1^{a}
	مرداد August	91428^{a}	23^{a}	21.0^{a}	1.7^{ab}	8.0^{a}	300^{a}	0.22^{a}	22.8^{a}	16^{b}	7.3^{ab}	3.7^{ab}	6.3^{a}
	مهر October	76720^{a}	18^{b}	16.7^{b}	1.25^{b}	7.5^{a}	269^{a}	0.19^{a}	19.1^{a}	22^{a}	6.5^{b}	2.2^{b}	7.1^{a}
2010	خرداد June	361000^{a}	98^{a}	-	6.7^{a}	-	1325^{a}	0.90^{a}	90^{a}	5.4^{b}	11.5^{a}	11^{a}	2.2^{c}
	مرداد August	166000^{b}	49^{b}	-	3.5^{b}	-	730^{b}	0.40^{b}	40^{b}	7.2^{a}	10.0^{b}	5.5^{b}	5.2^{b}
	مهر October	107000^{b}	34^{b}	-	2.5^{b}	-	555^{b}	0.25^{b}	26^{b}	8.5^{a}	7.5^{b}	3.4^{b}	13^{a}

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p\leq0.05$) based on Duncans' test.

بیشتر تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که آبیاری تابستانه می‌تواند بر عملکرد زعفران اثرات مثبتی داشته باشد. در تحقیقی گزارش شده است که بیشترین تعداد گل و وزن گل در هکتار به ترتیب در تیمارهای آبیاری در مرداد ماه، آبیاری در تیر+ مرداد، شاهد (عدم آبیاری تابستانه) و آبیاری در تیر ماه به دست آمد (Sadeghi et al., 2003). نتایج گزارش دیگری حاکی از آن است که انجام آبیاری در ماه‌های مرداد و شهریور (جهت کمک به سبز شدن بنه‌های در حال خواب) و اسفند و فروردین (جهت کمک به تشکیل بنه‌های خواهری) در مقایسه با عدم انجام آبیاری در فاصله پژمردگی برگ تا یک ماه قبل از رشد اولین جوانه‌های بنه‌های خواهری، باعث افزایش وزن تر کلاله، تعداد گل در مترمربع، وزن تر کلاله در هر بنه، تعداد گل به ازای هر بنه و وزن تر کلاله در گل شد (Juan et al., 2009). در گزارش دیگری مشاهده شده است که اثرات مثبت آبیاری بر عملکرد زعفران ناشی از تأثیر مثبت رطوبت بر رشد و نمو بنه‌های خواهری و توسعه ریشه می‌باشد و به نظر می‌رسد آبیاری ابتدای بهار برای گسترش بنه‌ها ضروری است (Benschop, 1993; Rees, 1988; Juan et al., 2009). گزارش دیگری نشان می‌دهد که از نیمه تیر ماه تا نیمه مرداد ماه برگ‌های اولیه در جوانه پیاز به وجود می‌آید و بهتر است در این زمان هیچ‌گونه آبیاری صورت نگیرد، زیرا بر عملکرد اثری منفی دارد، در حالی‌که از نیمه مرداد تا 25 مرداد ماه جام گل و اندام‌های تولید مثل به وجود می‌آید، و آبیاری تابستانه در این دوره اثر مثبتی در گل‌آوری زعفران دارد؛ به طوری‌که آبیاری در 20 مرداد در مزارع تازه کشت شده 17 درصد و در مزارع چند ساله 40 درصد افزایش محصول نسبت به شاهد حاصل نموده است (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). از مجموع تحقیقات صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری در ابتدای بهار برای کمک به تشکیل و رشد بنه‌های خواهری، آبیاری در نیمه دوم مرداد ماه برای کمک به تشکیل اندام‌های گل‌دهی و انجام آبیاری در شهریور ماه برای کمک به سبز شدن بنه‌ها، مفید باشد، ولی انجام آبیاری در تیر ماه و نیمه اول مرداد ماه بر عملکرد زعفران اثر منفی دارد. به هر حال بر خلاف اکثر تحقیقاتی که تاکنون صورت گرفته است، نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثرات منفی انجام آبیاری بر شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران در تمامی تاریخ‌های کاشت بود، لذا به نظر می‌رسد که انجام مطالعات بیشتری در این زمینه ضروری باشد. دلیل احتمالی برای بروز اثرات منفی در تیمار انجام آبیاری پس از کاشت را شاید بتوان به دما نسبت داد، زیرا دما فاکتور محیطی مهمی در کنترل رشد و گل‌دهی گونه‌های جنس زعفران است (Molina et al., 2005; Gresta et al., 2009)، و گل‌دهی زعفران عمدتاً تحت تأثیر دما می‌باشد (Molina et al., 2005)، با این وجود به نظر می‌رسد که دما با رطوبت خاک دارای اثر متقابل است، به طوری‌که زمان شروع گل‌دهی از اثر متقابل دما و رطوبت تأثیر می‌پذیرد (Gresta et al., 2009). بر اساس تحقیقات انجام شده شرایط مطلوب تشکیل گل در زعفران دمای در محدوده 23 تا 27 درجه سانتی‌گراد، برای مدت بیش از 50 روز است، همچنین برای ظهور گل‌ها نیاز است که دما به 15تا 17 درجه سانتی‌گراد برسد (Molina et al., 2005). به نظر می‌رسد که انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت، باعث شده است که دمای مناسب مورد نیاز برای پیشرفت مراحل رشد گیاه از محدوده مناسب خارج شده باشد.

زمان ظهور برگ‌ها می‌تواند از آن جهت حائز اهمیت باشد که رشد برگ قبل از پیدایش گل‌ها، عمل برداشت محصول را مشکل می‌کند. نتایج این آزمایش به خصوص در سال دوم اجرا نشان داد که با تیمار عدم انجام آبیاری می‌توان تا حدی این موضوع را مدیریت نمود (جدول 3). در برخی گزارش‌ها مشاهده شده است که برگ‌ها می‌توانند همزمان، قبل یا بعد از پیدایش گل‌ها ظاهر شوند (Gresta et al., 2008b; Juan et al., 2009). گزارش دیگری حاکی است که برگ‌ها معمولاً بعد از ظهور گل‌ها ظاهر می‌شود، مگر آن‌که در آبیاری زعفران تعجیل شود و لذا آبیاری اول باید زمانی انجام شود که اول گل‌ها و بعد برگ‌های زعفران ظاهر شوند (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). به هر حال تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت علی‌رغم این‌که بر سرعت گل‌دهی و زمان ظهور 10 درصد گل‌ها در مقایسه با سرعت پیدایش برگ‌ها و زمان ظهور 10 درصد برگ‌ها دارای اثر مثبت بیشتری بود، ولی با این وجود نتوانست به طور کامل باعث ظهور گل‌ها قبل از پیدایش برگ‌ها شود، لذا اگر آبیاری را مهم‌ترین فاکتور در زمان ظهور برگ و گل بدانیم به نظر می‌رسد که انتخاب تاریخ آبیاری پاییزه می‌تواند عامل مهم تأثیرگذار در این زمینه باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران، تحت تأثیر مدیریت آبیاری در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 4- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by irrigation management at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	آبیاری Irrigation	39647^{b*}	9^{b}	8.4^{b}	0.65^{b}	7.8^{a}	125.5^{b}	0.09^{b}	9.9^{b}	24.6^{a}	9.5^{a}	1.3^{b}	4.7^{b}
	عدم آبیاری No-irrigation	137637^{a}	37^{a}	34^{a}	2.86^{a}	8.3^{a}	496.6^{a}	0.34^{a}	34.4^{a}	11.7^{b}	5.6^{b}	5.5^{a}	8.3^{a}
2010	آبیاری Irrigation	142000^{b}	43^{b}	-	3.08^{b}	-	662^{b}	0.35^{b}	35^{b}	11.3^{a}	8.4^{b}	4.6^{b}	9.9^{a}
	عدم آبیاری No-irrigation	280000^{a}	78^{a}	-	5.37^{a}	-	1077^{a}	0.70^{a}	70^{a}	8.1^{b}	11.1^{a}	8.6^{a}	3.9^{b}

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p\leq0.05$) based on Duncans' test.

3- گیاهان پوششی

اثر گیاهان پوششی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران به جز در مورد درصد بوته‌های گل‌دهنده و تعداد روزهای تا ظهور 10 درصد گل‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول 2- ب). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد گیاهان پوششی به خصوص خلر تا حدودی باعث افزایش عملکرد زعفران شده است؛ به طوری‌که در تیمار کاربرد گیاه پوششی خلر تعداد گل در هر هکتار 30 درصد و عملکرد گل و کلاله به میزان 20 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. این موضوع ناشی از بالاتر بودن درصد بوته‌های گل‌دهنده در تیمار استفاده از گیاه پوششی خلر می‌باشد، زیرا درصد بنه‌های گل-دهنده در این تیمار به میزان 20 درصد بیشتر از تیمار عدم کاربرد گیاه پوششی بود (جدول 5).

گیاهان پوششی از طریق بهبود باروری خاک، ایجاد تعادل در میزان تشعشع، رطوبت و دما و نیز فراهمی نیتروژن نقش مهمی در استقرار گیاهان زراعی ایفا می‌کنند (Calkins & Swanson, 1995; Pullaro et al., 2006). برخی نتایج نشان داده است که مالچ حاصل از بقایای گیاهان پوششی می‌تواند باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی شود (Sainju et al., 2006a,b). ریتر و همکاران (Ritter et al., 1991) در مطالعه بر روی اکوسیستم‌های زراعی گزارش کردند که بیشترین آبشویی نیترات در طول ماه‌های پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد و بنابراین استفاده از گیاهان پوششی مناسب در این زمان می‌تواند مانع از تلفات نیتروژن گردد. مطالعات دیگری نیز نشان داده است که عملیات مدیریتی پایدار، مانند استفاده از گیاهان پوششی می‌تواند در افزایش مواد آلی خاک و کاهش آبشویی نیتروژن مفید واقع شود؛ در حالی‌که بقولات باعث تأمین نیتروژن برای گیاه زراعی می‌شوند، گیاهان پوششی غیربقولات نیز می‌توانند آبشویی نیتروژن را در مقایسه با خاک لخت کاهش دهند (Sainju et al., 2006 & 2007).

محمود (Mahmood, 2001) در مطالعه‌ای گزارش کرد که زعفران می‌تواند از نیتروژن باقی‌مانده توسط بقولات به خوبی استفاده نماید. البته مقدار نیتروژن فراهم شده توسط گیاه پوششی برای گیاه زراعی، وابسته به نوع گیاه پوششی بوده و معمولاً در گیاهان خانواده بقولات مقدار آن بیشتر از گیاهان غیربقولات است و البته در بین بقولات هم تفاوت‌های قابل توجهی از این نظر وجود دارد (Dekker et al., 1994; Vyn et al., 1999). دکر و همکاران (Dekker et al., 1994) گزارش کردند که بقایای بقولاتی مانند شبدرها، به علت داشتن غلظت بالای نیتروژن و نسبت پایین C/N خیلی سریع در خاک تجزیه شده و باعث همزمانی آزادسازی نیتروژن از بقایای گیاهی با تقاضای گیاه زراعی به این عنصر می‌شوند (Stute & Posner, 1995). بر این اساس می‌توان علت بهبود نسبی ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران را در شرایط استفاده از گیاهان پوششی به مواردی مانند بهبود خصوصیات خاک، تعادل دما و رطوبت و فراهمی نیتروژن نسبت داد. گیاه خلر با جوانه‌زنی سریع‌تر در مقایسه با شبدر ایرانی توانست تولید بیوماس بیشتری نموده و به نظر می‌رسد که بهبود نسبی ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در شرایط کاربرد گیاه پوششی خلر ناشی از این مسئله باشد.

به طور کلی، به دلیل ساختار غیرگسترده اندام‌های هوایی و زیرزمینی زعفران، از نهاده‌هایی مانند نور، فضا، آب و عناصر غذایی به خوبی استفاده نمی‌شود (Farhoodi, 2003) و از این‌رو، کاشت زعفران به صورت مخلوط با گیاهان دیگر و نیز استفاده از گیاهان پوششی مناسب می‌تواند در افزایش کارایی استفاده از زمین و نهاده‌ها مفید واقع شود (Khosravi, 2005; Koocheki et al., 2006) و به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان پاییزه که فصل رشد و نیاز آبی آن‌ها نسبتاً منطبق بر دوره رشد و فعالیت زعفران است مناسب‌تر باشد. گیاه پوششی انتخاب شده، نباید رقابت قابل ملاحظه‌ای با گیاه اصلی (زعفران) داشته باشد و یا حتی به واسطه جایگزینی یک گیاه پوششی قابل کنترل به جای علف‌های هرز خسارت‌زا و یا بهبود ماده آلی خاک و احتمالاً تثبیت نیتروژن باعث تسهیل رشد زعفران نیز بشود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) در تحقیقی بر روی کاشت همزمان تعدادی از گیاهان بهاره با زعفران گزارش کردند که استفاده از گیاهان دارای دوره رشد طولانی به دلیل افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه مزرعه زعفران باعث کاهش قابل توجه عملکرد زعفران می‌شود.

جدول 5- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران، تحت تأثیر گیاه پوششی در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 5- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by cover crops at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per ha	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا 10 درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور 10 درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2010	شاهد Control	188000[a*]	55[a]	3.8[a]	800[a]	0.47[a]	43[b]	8.2[b]	9.7[a]	6.0[a]	7.2[a]
	شبدر ایرانی Persian clover	198000[a]	57[a]	4.0[a]	828[a]	0.50[a]	41[b]	9.7[a]	9.8[a]	6.1[a]	6.7[a]
	خلر Bitter vetch	248000[a]	70[a]	4.8[a]	980[a]	0.62[a]	63[a]	9.7[a]	9.7[a]	7.6[a]	6.6[a]

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncans' test.

4- اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری

اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری در سال اول و دوم آزمایش بر اکثر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران معنی‌دار بود (جدول‌های 2- الف و ب). به طور کلی، تیمار عدم انجام آبیاری پس از کشت در تمامی تاریخ‌های کاشت از نظر اکثر صفات مورد بررسی دارای مزیت بود. بیشترین تعداد و عملکرد گل در هکتار، عملکرد کلاله و درصد بوته‌های گل‌دهنده در تیمار تاریخ کاشت بهاره و عدم انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده شد، به نحوی‌که در این تیمار در سال دوم اجرای آزمایش 100 درصد بنه‌های کاشته شده تولید گل نمودند و به ازای هر بنه کاشته شده 1/2 گل برداشت گردید (جدول 6). کمترین مقدار ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال اول آزمایش در تیمار تاریخ کاشت پاییزه و انجام آبیاری پس از کاشت و در سال دوم در تیمار تاریخ کاشت تابستانه و انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده شد (جدول 6). مدیریت آبیاری در تاریخ‌های کاشت بهاره و تابستانه در طی هر دو سال اجرای آزمایش دارای اثر مشابهی بود؛ ولی در مورد تاریخ کاشت پاییزه این گونه نبود، به نحوی‌که در سال اول اجرای طرح، آبیاری پس از کاشت باعث کاهش چشمگیر شاخص‌های مورد مطالعه گردید، در حالی‌که در سال دوم آزمایش، انجام آبیاری در این تاریخ کاشت تمامی شاخص‌های کمی مورد بررسی را افزایش داد (جدول 6). اثرات منفی انجام آبیاری پس از کاشت به حدی بود که علی‌رغم این که در تاریخ کاشت تابستانه کشت گیاه دو ماه دیرتر از تاریخ کاشت بهاره و خارج از محدوده زمانی مناسب جهت انتقال بنه‌ها صورت گرفته بود، عملکرد گل و کلاله زعفران در تیمار کاشت تابستانه و عدم آبیاری پس از کاشت به مراتب بیشتر از تیمار تاریخ کاشت بهاره و انجام آبیاری پس از کاشت بود (جدول 6). در طی هر دو سال اجرای آزمایش کمترین زمان تا ظهور 10 درصد گل‌ها و بیشترین سرعت گل‌دهی در تیمار تاریخ کاشت بهاره و عدم انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده گردید، همچنین بیشترین سرعت ظهور برگ در سال دوم و در تیمار تاریخ کاشت پاییزه و آبیاری پس از کاشت به دست آمد (جدول 6).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 6- Mean comparison of interaction effects of planting date and irrigation management at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per ha	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزها تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	D_1×I	43000^{a*}	10.5^{a}	0.8^{a}	135^{a}	0.10^{a}	11^{a}	24^{a}	13^{a}	1.4^{c}	2.5^{d}
	D_1×NI	152000^{a}	45.4^{a}	3.8^{a}	590^{a}	0.38^{a}	38^{a}	8^{a}	5^{c}	7.1^{a}	9.8^{a}
	D_2×I	40000^{a}	8.7^{a}	0.6^{a}	120^{a}	0.09^{a}	10^{a}	22^{a}	9^{b}	1.4^{c}	4.9^{c}
	D_2×NI	143000^{a}	36.7^{a}	2.8^{a}	480^{a}	0.35^{a}	35^{a}	9^{a}	5.6^{c}	5.9^{a}	7.8^{ab}
	D_3×I	35000^{a}	7.8^{a}	0.5^{a}	120^{a}	0.08^{a}	9^{a}	27^{a}	6.6^{c}	1^{c}	6.7^{bc}
	D_3×NI	117000^{a}	28.0^{a}	2.0^{a}	419^{a}	0.29^{a}	29^{a}	18^{a}	6.3^{c}	3.4^{b}	7.5^{b}
2010	D_1×I	126000^{c}	39b^{c}	2.8^{c}	615^{bc}	0.31^{bc}	32^{bc}	11^{a}	11^{a}	3.6^{bc}	1.3^{c}
	D_1×NI	480000^{a}	127^{a}	8.7^{a}	1675^{a}	1.2^{a}	100^{a}	5.3^{b}	12^{a}	15.8^{a}	2.5^{c}
	D_2×I	71000^{d}	25^{c}	1.9^{c}	445^{c}	0.18^{c}	18^{c}	10^{a}	9^{ab}	2.4^{c}	6^{b}
	D_2×NI	268000^{b}	75^{b}	5.2^{b}	1039^{b}	0.67^{b}	61^{b}	6.6^{b}	10.9^{a}	8.9^{b}	6.6^{b}
	D_3×I	106000^{c}	34^{c}	2.5^{c}	554^{c}	0.26^{bc}	27^{bc}	12^{a}	4.3^{b}	3.8^{bc}	22^{a}
	D_3×NI	78000^{d}	27^{c}	2.0^{c}	463^{c}	0.19^{c}	19^{c}	5.4^{b}	10.9^{a}	2.1^{c}	4.9^{b}

Y= سال، D_1= خرداد، D_2= مرداد و D_3= مهر، I= آبیاری و NI= عدم آبیاری پس از کاشت

Y= Year, D_1= June, D_2= August, D_3= October, I=Irrigation and NI=No irrigation

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p\leq0.05$) based on Duncans' test.

مطالعات نشان می‌دهد که دمای بالا در طی تابستان گل‌دهی زعفران را در اقلیم‌های گرم‌تر به تأخیر می‌اندازد (Molina et al., 2004 & 2005). نظر به این‌که انجام آبیاری پس از کاشت، باعث کاهش دمای حوزه رشد بنه در این اقلیم‌ها می‌گردد، لذا می‌تواند بر گل‌دهی گیاه اثر مثبتی داشته باشد. ولی از آن‌جا که انجام آبیاری در این آزمایش، بر شاخص‌های گل‌دهی زعفران دارای اثر منفی بود، لذا به نظر می‌رسد که در اقلیم مشهد شرایط دمایی برای وقوع مناسب فعالیت‌های گل‌دهی زعفران مناسب بوده و انجام آبیاری نه تنها بر این فاکتورها اثر مثبتی بر جا نگذاشت، بلکه باعث ایجاد اثرات منفی نیز گردید. بر اساس تحقیقات انجام گرفته، رشد زعفران را می‌توان به سه دوره تقسیم کرد: 1- دوره استراحت کامل گیاه و خواب جوانه انتهایی (از حدود نیمه اردیبهشت که برگ‌های زعفران خشک می‌گردد، تا نیمه تیر ماه) 2- دوره فعالیت در درون بنه که طی آن گل‌ها تمایز می‌یابند (از نیمه تیر ماه تا نیمه مهر ماه) و 3- دوره زادآوری، رویش برگ، تشکیل بنه‌های خواهری و جوانه‌های آن‌ها (از نیمه مهر ماه تا نیمه اردیبهشت) (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009; Juan et al., 2009; Molina et al., 2004). به نظر می‌رسد که انتقال بنه در دوره‌هایی که گیاه فعال است، باعث اختلال در انجام فعالیت‌های عادی گیاه می‌گردد. از این‌رو، تاریخ کاشت خرداد ماه که در دوره خواب کامل بنه‌ها صورت پذیرفت، بهترین شرایط را برای وقوع فاکتورهای رشدی گیاه فراهم نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش کنونی نشان داد کاشت زعفران در خرداد ماه، عدم انجام آبیاری پس از کاشت و کاربرد گیاهان پوششی مناسب می‌تواند موجب بهبود صفات رشد و عملکرد زعفران شود. بر اساس یافته‌های آزمایش، تاریخ کاشت اول مرداد ماه نیز در مقایسه با تاریخ کاشت رایج در بین کشاورزان (اواسط شهریور تا اواسط مهر) دارای مزیت بود. این نتایج در شرایط اقلیمی مشهد به دست آمد و به نظر می‌رسد در مناطقی که میزان درجه حرارت تابستان بالا می‌باشد، کاشت زعفران در اواسط تابستان ممکن است به بنه‌ها، آسیب وارد نماید. بنابراین، پیشنهاد می‌شود اثرات فاکتورهای آزمایشی در سایر شرایط اقلیمی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبارات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد (شماره طرح پ 216 مورخ 1388/06/07) تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress-Sanavy, A., and Jalali Javaran, M. 2006. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellins' on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Biology 19(1): 5-18. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A. 2005. Ecological zoning and monitoring of saffron yield fluctuations in Khorasan. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Benschop, M. 1993. The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier, Amsterdam.

Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Caporali, F. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Protection 29: 354-363.

Calkins, J.B., and Swanson, B. 1995. Comparison of conventional and alternative narey weed management strategies. Weed Technology 9: 761-767.

Dekker, A.M., Clark, A.J., Meisinger, J.J., Mulford, F.R., and McIntosh, M.S. 1994. Legume cover crop contributions to no tillage corn production. Agronomy Journal 86: 126- 135.

Den-Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Krop, M.J. 2007a. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 92-103.

Den-Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Krop, M.J. 2007b. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 104-112.

Farhoodi, R., Rahnama, A., and Esmaeilzadeh, H. 2003. Saffron place in mixed cultures. In Third National Symposium

on Saffron, Mashhad, Iran p. 173-178. (In Persian)

Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Yazd Agriculture Organization, Iran. Issue 132. p. 33. (In Persian)

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008a. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigmas yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1144-1150.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008b. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 95-112.

Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae 119(3): 320-324.

Hosseinzadeh, H., and Sadeghnia, H.R. 2005. Safranal, a constituent of *Crocus sativus* (saffron), attenuated cerebral ischemia induced oxidative damage in rat hippocampus. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 8(3): 394-399.

Juan, J.A.D., Cŕcoles, H.L., M-Munoz, R., and Picornell, M. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products 30: 212-219.

Khosravi, M. 2005. Intercropping black zira (*Bonium persicum*) with saffron and annual crops: Agroecological and economic perspectives. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalehgani, B. 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 163-172. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2010. Effects of planting time and irrigation on quantitative indices of saffron. In: Fifth National Symposium of Red Gold (Saffron), Qayen, Iran, November. (In Persian)

Kumar, R. 2009. Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 122: 142-145.

Mahmood, A. 2001. Mix cropping system. Available at web site: http://www.agri systems.org.

Maggi, L., Carmona, M., Zalacain, A.D., Kanakis, C., Anastasaki, E., Tarantilis, P.G., Polissiou, M., and Alonso, G.L. 2010. Changes in saffron volatile profile according to its storage time. Food Research International 43: 1329-1334.

Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron. Journal of Agroecology 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García-Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 79-91.

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

Pullaro, T.C., Marino, P.C., Jackson, D.M., Harrison, H.F., and Keinath, A.P. 2006. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. Agriculture Ecosystem and Environment 115: 97-104.

Rees, A.R. 1992. Ornamental Bulbs, Corms and Tubers. C.A.B. International, Wallingford, UK.

Ritter, W.F., Scarborough, R.W., and Chirnside, A.E.M. 1991. Nitrate leaching under irrigation on Coastal Plain soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 117: 490-502.

Sadeghi, B., Negari, K., and Hatami, M. 2003. Effect of planting date on the saffron flowering. In: Third National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran p. 50-51. (In Persian)

Sadeghi, B., Aghamiri, A., and Negari, K. 2003. Effect of summer irrigation on saffron yield. In: Third National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran p. 171-172. (In Persian)

Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F., and Wang, S. 2006a. Carbon supply and storage in tilled and non-tilled soils as influenced by cover crops and nitrogen fertilization. Journal of Environmental Quality 35: 1507-1517.

Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., and Wang, S. 2006b. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization

effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. European Journal of Agronomy 25: 372-382.

Sainju, U.M., Schomberg, H.H., Singh, B.P., Whitehead, W.F., Tillman, P.G., and Lachnicht-Weyers, S.L. 2007. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil and Tillage Research 96: 205-218.

Siracusa, L., Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., and Ruberto, G. 2010. Influence of corm provenance and environmental condition on yield and apocarotenoid profiles in saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Food Composition and Analysis 23(5): 394-400.

Stute, J.K., and Posner, J.L. 1995. Legume cover crops as a nitrogen source for corn in an oat-corn rotation. Journal of Production Agriculture 8: 385-390.

Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yudate, T., and Nakamura, S. 2009. Yield losses of soybean and maize by competition with inter seeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. Field Crops Research 113: 342-351.

Vyn, T.J., Janovicek, K.J., Miller, M.H., and Beauchamp, E.G. 1999. Spring soil nitrate accumulation and corn yield response to preceding small grain N fertilization and cover crops. Agronomy Journal 91: 17-24.

Zougagh, M., Rıos, A., and Valcarcel, M. 2006. Determination of total safranal by in situ acid hydrolysis in supercritical fluid media: Application to the quality control of commercial saffron. Analytica Chimica Acta 578: 117-121.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 435-451

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 451-435

Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.)

A. Koocheki[1], P. Rezvani Moghaddam[1*] and H.R. Fallahi[2]

Submitted: 29-05-2011
Accepted: 05-01-2013

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, H.R. 2016. Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 8(3): 435-451.

Introduction

Saffron as a winter active plant with low water requirement is the most strategic medicinal plant in arid and semi-arid parts of Iran. This slow-growing plant has narrow leaves and no aerial stem, hence weeds can be overcome it. Moreover, because of its root and canopy structure an important part of different resources is not used by this low input crop. Therefore, the use of associated crops could be an effective way for increasing resources use efficiencies (Koocheki et al., 2016). Appropriate corm planting date is another important factor that affects saffron growth and yield. Results of some studies show that late spring is the best time for corm planting (Ghasemi-Rooshnavand, 2009; Koocheki et al., 2016). In addition, irrigation management has been evaluated in some studies, but irrigation immediately after corm planting has not been investigated previously. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of irrigation management, planting date and the use of some companion crops on flowering of saffron during two growth cycles.

Materials and methods

This experiment was carried out as a split-split plot experiment based on a Randomized Complete Block Design with three replications at Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2009-2011. Experimental factors included: planting date of saffron as main factor (first of June, first of August and first of October, 2009), the irrigation management as sub factor (irrigation and no irrigation after each planting date) and the companion crops as sub-sub factor [Persian clover (*Trifolium resupinatum*), Bitter vetch (*Lathyrus sativus*) and control). Corm planting was done in 10×25 cm distances with 12 cm depth. In the second year irrigation was done again in the plots which were irrigated after planting in the first year at the same previous dates. Companion crops were sown after first flower picking (November, 2009), then their residue were returned to the soil in coming spring (May, 2010). Therefore, data were analyzed as split-plot in the first year and split-split-plot in the second year. Data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared using Duncan multiple range test in 5% level of probability.

Results and discussion

Results showed that most growth and flowering indices of saffron were significantly affected by experimental factors. Quantitative indices of saffron were decreased considerably by delaying in planting date in both studied years. The highest flower yield was obtained in June planting date (28 and 98 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010, respectively), while the lowest was shown in October planting date (18 and 34 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010, respectively). Enhanced growth and yield of saffron in spring planting date is because of real dormancy stage of corms in this time. All studied indices were superior in no-irrigated treatments after planting in both studied years. The flower yield was 9 and 43 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010 in irrigated treatments, respectively, while these values were 37 and 78 $kg.ha^{-1}$in 2009 and 2010 in no-irrigation treatment, respectively. It has been reported that irrigation during the creation of the primary leaves in the corm buds is negative, while irrigation after this period and simultaneous with the beginning of primary reproductive organs creation is suitable for saffron flowering. The application of cover crops improved partially the quantitative indices of saffron, particularly in Bitter vetch treatment. In addition, the highest flowering rate and the lowest leaf appearance rate were observed in June planting date, no-irrigation and Bitter vetch cover crop treatment. The positive effects of short-growth cycle

1 and 2- Professors of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor of Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Rezvani@um.ac.ir)

companion crops on saffron is related to improvement of soil physical, biological and chemical properties, soil temperature regulation, prevention from nutrient leaching, N-fixation by Fabaceae species and help to weeds control.

Conclusion

In total, saffron corm planting few days after the falling leaves in spring, no-irrigation after corm planting, avoidance from untimely summer irrigation and the use of appropriate winter cover crops are good strategies for saffron production.

Keywords: Bitter vetch, Corm, Flowering rate, Medicinal plants, Persian clover

References

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, H.R., and Aghhavani Shajari, M. 2016. The study of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms growth in response to planting date, irrigation management and companion crops. Saffron Agronomy and Technology 4(1): 3-18. (In Persian with English Summary)

Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Yazd Agriculture Organization, Iran. Issue 132 p. 33. (In Persian)