"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره۳، پاییز ۱۳۹۳

اثر میزان آبیاری و کشت متراکم بر جذب فسفر و رشد بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.)

Effect of irrigation levels and high corm density on growth and phosphorus uptake of of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی[۱]، سید محمد سیدی[۲] و مهدی جمشید عینی[۳]

چکیده

کوچکی، ع.، س. م. سیدی و م. جمشید عینی. ۱۳۹۳. اثر میزان آبیاری و کشت متراکم بر جذب فسفر و رشد بنه های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۳): ۲۳۵-۲۲۲.**

به منظور مطالعه اثر سطوح آبیاری و کشت پر تراکم بر رفتار بنه‌های دختری و جذب فسفر در زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۱ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در این آزمایش، مقادیر آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران) به عنوان عامل اصلی و سطوح کشت پر تراکم شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بنه در متر مربع همراه با شاهد (کشت ۵۰ بنه در متر مربع)، عامل فرعی بودند. بر اساس نتایج آزمایش کمترین تعداد بنه‌های دختری، عملکرد بنه‌های دختری و میزان جذب فسفر در کل بنه‌های دختری در نتیجه تراکم ۵۰ بنه در متر مربع و ۵۰ درصد آبیاری، به ترتیب ۱۷۸، ٤٥٠ و ۰/٦٥ گرم در متر مربع مشاهده شد. از سوی دیگر، بیشترین مقادیر شاخص‌های ذکر شده (۸۰٦، ۲۷۰۹ و ۳/۳ گرم در متر مربع) نیز در نتیجه تراکم کشت ۳۰۰ بنه در متر مربع و ۱۰۰ درصد آبیاری به دست آمد. در سال اول اجرای آزمایش، کاهش ۵۰ درصد آبیاری، نقشی در کاهش معنی‌دار تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران نداشت. با این وجود در سال دوم، کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد آبیاری) منجر به کاهش معنی‌دار تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران (به ترتیب تا ۱۹، ۲۸ و ۲۲ درصد) شد. با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی بالای آب مصرفی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور ، به نظر می‌رسد که برنامه آبیاری زعفران بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه می‌تواند برای اقلیم محل اجرای آزمایش منطقی و قابل توجیه باشد.

واژه‌های کلیدی: تراکم بنه، زعفران، عملکرد کلاله خشک، فسفر و نیاز آبی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۲ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی کد ۱/۲۳۲۶۴ مصوب معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد

۱- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: akooch@um.ac.ir)
۲- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

مقدمه

زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.) گیاهی است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه خشک ایران و به ویژه در استان‌های خراسان رویش دارد (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 2009). وجود اختلالات سیتولوژیکی که اکثراً به صورت ژنوم تریپلوئیدی ظاهر می‌شود و نیز سازوکارهای خود ناسازگاری که باعث ممانعت از خویش آمیزی می‌گردد، عوامل ایجاد پدیده عقیمی در زعفران می‌باشند (Bagheri and Vessal, 2003). از این رو، رشد و نمو زعفران هر ساله از طریق جوانه‌ها (مناطق مریستمی) در بنه مادری انجام می‌شود. با فعال شدن این مریستم‌ها، تکامل بنه‌های دختری نیز آغاز می‌گردد (Kafi, 2002; Bagheri and Vessal, 2003). همزمان با تولید و رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد، بنه مادری به تدریج تحلیل رفته و در انتهای فصل کاملاً از بین می‌رود (Kafi, 2002; Renau-Morata *et al*., 2012). هر بنه دختری نیز به نوبه خود در فصل بعد، یک بنه مادری تلقی می‌شود.

تراکم مطلوب بنه‌های مادری جهت کاشت از عوامل موثر در تعیین عملکرد گل بوده که می‌تواند رفتار بنه‌های زعفران را به طور موثری تحت تأثیر قرار دهد (Kumar *et al*., 2009). تعیین اصولی الگو و تراکم کاشت می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن دوره بهره‌برداری زعفران، افزایش تولید در این گیاه را امکان‌پذیر کند (Koocheki *et al*., 2011c; Naderi Darbaghshahi *et al*., 2009). به طور کلی تراکم حدود ۵۰ بوته در متر مربع به صورت ردیفی، تراکم توصیه شده برای کشت زعفران می‌باشد (Kafi, 2002). از سوی دیگر، تحلیل بنه مادری در انتهای هر دوره رشد و تشکیل بنه‌های دختری ریز (کمتر از چهار گرم) در انتهای سال اول کشت (Kafi, 2002; Rezvani Moghaddam *et al*., 2013) باعث ایجاد عملکرد پایین زعفران در سال‌های ابتدایی دوره رشد می‌شود. از این رو، کشت این گیاه در تراکم پایین و رایج ممکن است در سال‌های اولیه رشد از لحاظ اقتصادی چندان توجیه پذیر نباشد. بر این اساس، الگوی کشت پرتراکم زعفران به عنوان یک روش جهت جبران کاهش عملکرد در سال‌های ابتدایی معرفی شده است (Koocheki *et al.,* 2011b). این الگو تا تراکم کشت ۲۱ تن بنه ۸-۱۰ گرمی در هکتار (حدود ۲۵۰ بنه در متر مربع) نیز مطالعه شده است (Koocheki *et al*., 2011c). در این راستا کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2011a) گزارش نمودند که در طی سه سال اجرای آزمایش، با اجرای تراکم بالای کاشت (از چهار به ۱۲ تن بنه در هکتار)، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و نیز عملکرد کلاله زعفران به طور معنی داری افزایش یافت.

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر در تغذیه گیاهی است که نقش موثری در شکل گیری فرآیند زایشی گیاهان دارویی (Iran-Nejad and Ressam, 2002; Moazzen *et al*., 2006) به ویژه عملکرد گل زعفران (Naghdi Badi *et al*., 2011) دارد. طبق برازش رگرسیون بین عملکرد و مصرف کودها ، تا ۶۷ درصد تغییرات عملکرد زعفران مربوط به مصرف کودهای دامی و به ویژه فسفر می‌باشد (Behdani *et al*., 2006). با توجه به آنکه تراکم مطلوب کشت می‌تواند نقش موثری در جذب منابع محیطی داشته باشد، از این رو، مطالعه میزان جذب فسفر در اندام ذخیره‌ای (بنه گیاه) در واکنش به سطوح کشت پر تراکم وتأثیر جذب آن بر عملکرد گل زعفران ممکن است در توجیه این شیوه کشت موثر باشد.

در مناطق خشک و نیمه خشک کشور، خشکی و مدیریت آب، به عنوان چالشی مهم در توسعه کشاورزی پایدار به شمار می‌روند (Aghaei and Ehsanzadeh, 2012). از این رو، در زراعت زعفران که اساساً در مناطق خشک و نیمه خشک انجام می‌شود، استفاده بهینه از منابع آب حائز اهمیت ویژه‌ای می‌باشد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

(Alizadeh *et al*., 2009; Yarami *et al*., 2011). آبیاری زعفران با تعیین تبخیر-تعرق گیاه یا نیاز آبی گیاه انجام می‌شود (Kafi, 2002; Keykhamoghadam *et al*., 2013). در این ارتباط یرمی و همکاران (Yarami *et al*., 2011) ضمن تعیین میزان تبخیر- تعرق گیاه زعفران در سال اول و دوم کشت (به ترتیب ۵۲۳ و ۶۴۰ میلی متر)، اظهار داشتند که تبخیر- تعرق زعفران در هر سال نسبت به سال قبل به علت ازدیاد بنه‌های گیاه و در نتیجه پوشش گیاهی بیشتر، افزایش می‌یابد. مقدار تبخیر- تعرق زعفران در سال سوم و چهارم نیز به ترتیب ۷۲۶ و ۷۸۳ میلی متر تعیین شده است (Keykhamoghadam *et al*., 2013). آبیاری کرتی نیز به سبب نقش موثر در تولید گل و بنه‌های بزرگ‌تر، روش آبیاری توصیه شده برای زعفران می‌باشد (Azizi-Zohan *et al*., 2006). با این وجود، در سال‌های ابتدای کشت، مصرف بهینه‌تر آب به روش کرتی در کنار اجرای الگوی کشت پر تراکم، ممکن است ضمن سوددهی بیشتر اقتصادی، در پایداری تولید زعفران به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک موثر باشد.

هدف از اجرای این آزمایش، مطالعه اثر مقادیر آبیاری بر حسب نیاز آبی گیاه و سطوح کشت پر تراکم بر عملکرد گل و رفتار بنه‌های دختری و نیز بر میزان جذب فسفر در بنه‌های زعفران در شرایط اقلیم خشک و نیمه خشک مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد اجرا شد. در این مطالعه، مقادیر آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زعفران) به عنوان عامل اصلی و سطوح کشت پر تراکم شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ بنه در متر مربع همراه با شاهد (کشت ۵۰ بنه در مربع)، عامل فرعی بودند.

از آنجایی که میزان تبخیر و تعرق زعفران در سال اول و دوم (بر اساس لایسیمتر آبی) به ترتیب ۵۲۳ و ۶۴۰ میلی متر می‌باشد، نیاز آبی بر اساس ضرایب گیاهی (Kc) در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد در سال اول و دوم (به ترتیب ۰/۴۵-۰/۴۱، ۱/۰۵-۰/۹۳ و ۰/۳۱-۰/۲۹) تعیین گردید (Yarami *et al*., 2011). هر یک از سطوح آبیاری به صورت جداگانه در هر کرت (با کنتور و با استفاده از لوله و شیرهای پلی اتیلن) در سال اول [۱۷ مرداد، اواسط مهر (تسهیل گل‌دهی)، اواخر آبان (پس از برداشت گل و ظهور برگ‌ها)، اواخر آذر (بعد از وجین علف‌های هرز)، اواخر اسفند و اواسط فروردین (تکمیل رشد بنه‌ها)] و در سال دوم (مجدداً در ۱۷ مرداد و اواسط مهر) اعمال شد. جهت آماده سازی زمین مورد نظر (نیتروژن کل: ۰/۰۷، فسفر و پتاسیم قابل جذب: به ترتیب معادل ۸/۷۵ و ۲۱۲/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ماده آلی: ۰/۵۴ درصد، اسیدیته: ۸/۱۶ و هدایت الکتریکی خاک: ۱/۱۳ دسی‌زیمنس بر متر)، ابتدا شخم اولیه و دیسک انجام و سپس کرت‌هایی با ابعاد یک متر × دو متر (دو متر مربع) و با فاصله دو متر از یک‌دیگر ایجاد گردید. فاصله بین دو بلوک نیز دو متر تعیین شد. پیش از کاشت، کود دامی (۲۵ تن در هکتار) در تمامی کرت‌ها پخش شد. عملیات کاشت زعفران در ۲۷ خردادماه ۱۳۹۱ با استفاده از بنه‌های ۴ تا ۶ گرمی انجام گرفت. آبیاری کرت‌ها نیز به طور جداگانه با کنتور و توسط لوله و شیرهای پلی اتیلن انجام شد.

در سال اول اجرای آزمایش، همزمان با شروع گل‌دهی و برداشت گل‌ها از کل مساحت هر کرت (از اواسط تا اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۱)، شاخص‌های مربوط به عملکرد گل (تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل تر و عملکرد کلاله خشک) اندازه‌گیری شد. خشک کردن کلاله زعفران نیز به صورت هوا خشک و در سایه انجام گرفت. همچنین در سال اول

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

آزمایش و همزمان با برداشت بنه‌ها (اوایل خرداد ماه ۱۳۹۲)، شاخص‌های مربوط به بنه‌های دختری (تعداد و وزن بنه‌های دختری ۰/۱ تا ۴ گرمی، ۴/۱ تا ۸ گرمی و بیش از ۸ گرمی) در مساحتی معادل یک چهارم متر مربع (۰/۵ متر × ۰/۵ متر) تعیین شد. علاوه بر این، در هر یک از اندازه‌های ذکر شده، غلظت فسفر (گرم بر کیلوگرم) و مقدار جذب فسفر (گرم در متر مربع) در بنه‌های دختری (همراه با فلس) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (JENWAY 4510, UK) اندازه گیری شد. مشابه سال اول، در سال دوم اجرای آزمایش نیز شاخص‌های مربوط به عملکرد گل زعفران (از اواسط تا اواخر آبان ماه ۱۳۹۲) در کل مساحت باقیمانده هر کرت (مساحت باقیمانده پس از برداشت بنه‌های دختری در خرداد ماه ۱۳۹۲) تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با نرم افزار SAS 9.1 و Mstat-C انجام شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. لازم به توضیح است که آنالیز شاخص‌های مربوط به بنه‌های دختری بر اساس یک‌بار اندازه‌گیری (در انتهای سال اول) و آنالیز شاخص‌های مربوط به عملکرد گل زعفران بر اساس دو بار اندازه‌گیری (در شروع سال اول و دوم) انجام گرفت؛ از این رو عملکرد بنه در انتهای سال اول به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (آبیاری، کشت پر تراکم زعفران به ترتیب عامل اصلی و عامل فرعی در نظر گرفته شدند) و عملکرد گل زعفران در سال اول و دوم به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در زمان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شدند (آبیاری، کشت پر تراکم و برداشت گل زعفران به ترتیب عامل اصلی، عامل فرعی و عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شدند).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم بر تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران معنی‌دار بود (جدول ۱). در سال اول اجرای آزمایش (برداشت اول)، کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد، تأثیر معنی‌داری در کاهش تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و برداشت بر شاخص‌های گل زعفران

Table 1. Mean comparison of interaction effects of irrigation × harvest on flower characteristics of saffron

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments (% of water requirement)	برداشت Harvest	تعداد گل No. flower.m^{-2}	عملکرد گل‌تر Fresh flower yield (g.m^{-2})	عملکرد کلاله خشک Dry stigma yield (mg.m^{-2})
50	برداشت سال اول Harvest in first year	45.5b	25.5b	196.9b
	برداشت سال دوم Harvest in second year	47.8b	27.2b	207.1b
75	برداشت سال اول Harvest in first year	47.0b	27.5b	205.8b
	برداشت سال دوم Harvest in second year	59.1a	36.6a	272.0a
100	برداشت سال اول Harvest in first year	46.4b	28.9b	217.5b
	برداشت سال دوم Harvest in second year	59.1a	37.8a	264.1a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

بنیان گذاری و تمایز طرح‌های اولیه اندام‌های گل درون جوانه (اواخر مرداد تا اوایل شهریور)، کامل شدن اندام‌های گل (تا اواخر شهریور) و رشد اندام‌های گل درون جوانه (اواخر شهریور تا اواخر مهر) مراحلی از رشد زعفران می‌باشند که پیش از ظهور گل اتفاق می‌افتند (Abrishamchi, 2003). بر این اساس، به نظر می‌رسد که زمان بندی آبیاری از کاشت تا آغاز گل‌دهی در سال اول (آبیاری در مرداد و مهرماه)، تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی در تحریک فرآیندهای پیش از گل‌دهی گیاه کافی بوده است. از سوی دیگر در سال دوم، کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد در مقایسه با شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی) موجب کاهش معنی‌دار تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک به ترتیب تا ۱۹، ۲۸ و ۲۲ درصد شد (جدول ۱). با توجه به ارتباط مثبت بین اندازه و یا عملکرد بنه‌های زعفران با تولید گل در این گیاه (Gresta *et al*., 2008; Kumar *et al*., 2009)، کاهش معنی‌دار شاخص‌های گل زعفران در سال دوم (در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی) می‌تواند به دلیل اثرات منفی تنش نسبتاً شدید آب بر رشد و عملکرد بنه‌های زعفران به ویژه بنه‌های دختری با وزن بیش از هشت گرم در پایان سال اول رشد باشد (تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در ادامه مورد بحث قرار گرفته است). از سوی دیگر، در سال اول و دوم آزمایش (برداشت اول و دوم)، بین سطوح آبیاری در سطح ۷۵ درصد با ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص‌های مربوط به تعداد گل، عملکرد گل تر و خشک مشاهده نشد (جدول ۲). از این رو به نظر می‌رسد که تنش جزئی آبیاری (۷۵ درصد نیاز آبی) عملکردی مشابه مصرف آب در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد آبیاری تولید کند که ممکن است به دلیل سازگاری و رشد گیاه زعفران به اقلیم خشک و نیمه خشک باشد (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 2009). نیاز آبی کم زعفران (۳ تا ۵ مرحله آبیاری در فصل رشد)، انطباق بخش عمده دوره رشد در فصل سرد و مرطوب سال و تقویم آبیاری مناسب اقلیم خشک و نیمه خشک (پاییز و زمستان) و نیز برخی خصوصیات ظاهری مانند برگ‌های باریک و ضخیم (Alizadeh *et al*., 2009) می‌تواند از جمله این دلایل سازگاری در نظر گرفته شود.

اثر متقابل کشت پر تراکم و برداشت نیز بر تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). در سال اول اجرای آزمایش، با افزایش تراکم کشت از ۵۰ به ۳۰۰ بنه، تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به طوری که بیشترین افزایش در شاخص‌های ذکر شده در تراکم ۳۰۰ بنه در متر مربع مشاهده شد (جدول ۲).

در این راستا کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2011b) نیز در سال اول، افزایش تعداد گل و وزن خشک کلاله زعفران را در نتیجه اجرای کشت پر تراکم زعفران تا سطح ۲۱ تن بنه در هکتار مشاهده نمودند. همچنین از آنجایی که مزارع زعفران با عمر حدود ۶ تا ۷ سال با کاهش عملکرد مواجه می‌شوند، الگوی کشت پر تراکم ضمن افزایش عملکرد در اولین سال‌های کشت، می‌تواند در کاهش طول دوره بهره برداری از مزارع زعفران موثر باشد (Koocheki *et al*., 2011a). با این وجود در سال دوم، با افزایش تراکم کشت تا ۲۰۰ بنه، تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران به طور معنی‌دار افزایش و سپس در تراکم کاشت ۳۰۰ بنه در متر مربع، به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). همچنین به جز در تراکم ۳۰۰ بنه در متر مربع، در سایر تراکم‌های کشت (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ بنه در متر مربع)، تعداد گل، عملکرد گل‌تر و عملکرد کلاله خشک زعفران در سال دوم به طور معنی‌دار بیش از سال اول بود (جدول ۲). کاهش تعداد و عملکرد گل در سال دوم در نتیجه کشت ۳۰۰ بنه در مربع ممکن است که به دلیل تولید تعداد زیاد بنه دختری در پایان سال اول کشت باشد که منجر به بروز

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم و برداشت بر شاخص‌های گل زعفران

Table 2. Mean comparison of interaction effects of density and harvest on flower characteristics of saffron

تراکم Density (corm.m^{-2})	برداشت Harvest	تعداد گل No. flower.m^{-2}	عملکرد گل‌تر Fresh flower yield (g.m^{-2})	عملکرد کلاله خشک Dry stigma yield (mg.m^{-2})
50	برداشت سال اول Harvest in first year	13.1f	8.1f	58.6f
	برداشت سال دوم Harvest in second year	25.8e	16.1e	114.8e
100	برداشت سال اول Harvest in first year	28.5e	17.1e	126.1e
	برداشت سال دوم Harvest in second year	41.6d	24.4d	194.7d
200	برداشت سال اول Harvest in first year	58.4c	35.2c	266.8c
	برداشت سال دوم Harvest in second year	82.4a	50.9a	366.7a
300	برداشت سال اول Harvest in first year	85.2a	49.1ab	375.5a
	برداشت سال دوم Harvest in second year	71.5b	44.2b	314.7b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

رقابت شدید بین این بنه‌ها می‌شود (تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در ادامه مورد بحث قرار گرفته است). در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2011a) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

اثر متقابل آبیاری و کشت پر تراکم تأثیر معنی‌داری بر تمامی شاخص‌های مربوط به تعداد و عملکرد بنه‌های دختری زعفران داشت (جدول ۳). در هر یک از سطوح نیاز آبی، با افزایش تراکم کاشت، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در اندازه‌های ۰/۱ تا ۴ گرم، ۴/۱ تا ۸ گرم و نیز تعداد و عملکرد کل بنه‌های دختری به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). با این وجود در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، با افزایش تراکم کاشت تا ۲۰۰ بنه، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری بیش از ۸ گرمی افزایش و سپس در تراکم ۳۰۰ بنه در متر مربع به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳).

همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید، کاهش در تعداد و عملکرد بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم ممکن است به دلیل تولید تعداد زیاد بنه دختری در پایان سال اول کشت باشد که منجر به بروز رقابت شدید بین این بنه‌ها می‌شود (Koocheki *et al*., 2011a). با توجه به ارتباط مثبت بین اندازه بنه و عملکرد گل حاصل از کاشت بنه‌ها (Gresta *et al*., 2008)، کاهش عملکرد گل زعفران در نتیجه تراکم کاشت ۳۰۰ بنه در متر مربع در سال دوم نسبت به سال اول (جدول ۲) ممکن است به سبب کاهش تولید بنه‌های دختری با وزن بیش از ۸ گرم باشد.

در هر یک از سطوح کشت پر تراکم، کاهش آبیاری تا ۷۵ درصد نیاز آبی تأثیری در کاهش معنی‌دار عملکرد کل بنه‌های دختری نداشت؛ اما در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی، رفتار بنه‌های دختری به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. به عنوان مثال در تراکم ۱۰۰ و ۲۰۰ بنه در متر مربع، عملکرد کل بنه‌های دختری در سطح ۷۵ درصد آبیاری (به ترتیب ۸۵۰ و ۲۱۸۰ گرم در متر مربع) در مقایسه با ۵۰ درصد آبیاری

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

جدول ۳- مقایسه شاخص‌های مربوط به تعداد و عملکرد بنه‌های دختری زعفران در واکنش به تیمارهای آبیاری و تراکم (در انتهای سال اول رشد)

Table 3. Mean comparison of number and yield of saffron replacement corms in irrigation and density treatments (at the end of the first growing season)

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments (%water requirement)	تراکم Density ($corm.m^{-2}$)	تعداد بنه‌های دختری No. of replacement corms m^{-2}				عملکرد بنه‌های دختری Yield of replacement corms (g. m^{-2})			
		۰/۱ تا ۴ گرم 0.1 – 4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1 – 8 g	بیش از ۸ گرم More than 8 g	تعداد کل Total Number	۰/۱ تا ۴ گرم 0.1 – 4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1 – 8 g	بیش از ۸ گرم More than 8 g	عملکرد کل Total yield
50	50	139.33 (76.6%) e	29.33 (17.2 %) ef	10.00 (6.6 %) d	178.67 g	189.29 (41.0 %) g	155.30 (34.8 %) fg	105.52 (24.2 %) e	450.11 g
	100	155.00 (83.7 %) e	20.67 (11.4 %) f	9.00 (4.9 %) d	184.67 g	252.49 (55.2 %) fg	109.12 (23.8 %) g	96.64 (21.0 %) e	458.24 g
	200	341.00 (88.3 %) cd	32.00 (8.3 %) def	13.00 (3.4 %) cd	386.00 de	473.19 (60.7 %) d-g	173.59 (22.4 %) fg	132.19 (17.0 %) de	778.97 f
	300	422.33 (83.6 %) bc	70.00 (13.8 %) c	13.00 (2.6 %) cd	505.33 cd	733.56 (61.7 %) d	317.0 (26.4 %) de	135.86 (11.8 %) de	1186.50 d
75	50	165.33 (74.8 %) e	37.00 (16.6 %) def	19.00 (8.6 %) b	221.33 fg	442.63 (54.5 %) efg	199.54 (24.4 %) fg	171.68 (21.1 %) cd	813.85 ef
	100	262.67 (79.5 %) de	48.00 (14.6 %) d	19.00 (5.9 %) b	329.67 ef	422.48 (49.3 %) fg	253.65 (29.9 %) ef	173.97 (20.8 %) cd	850.11 def
	200	533.00 (81.3 %) b	92.00 (14.2 %) b	29.00 (4.5 %) a	654.00 b	1289.85 (58.7 %) c	556.69 (25.6 %) b	334.35 (15.6 %) a	2180.90 b
	300	728.00 (83.5 %) a	119.67(14.2 %) a	19.67 (2.3 %) b	867.33 a	1693.56 (64.2 %) b	705.31 (27.5 %) a	215.00 (8.2 %) bc	2613.87 a
100	50	179.33 (74.7 %) e	41.33 (17.5 %) de	18.67 (7.9 %) b	239.33 fg	479.29 (54.2 %) def	231.96 (26.5 %) ef	171.39 (19.4 %) cd	882.65 def
	100	321.67 (83.6 %) cd	41.33 (10.9 %) de	21.00 (5.6 %) b	384.00 de	722.49 (63.1 %) de	237.69 (20.8 %) ef	184.24 (16.1 %) cd	1144.41 de
	200	441.00 (80.8 %) bc	72.33 (13.6 %) c	29.67 (5.7 %) a	543.00 bc	1103.19 (63.2 %) c	396.69 (22.4 %) cd	249.36 (14.5 %) b	1749.24 c
	300	722.67 (89.6 %) a	67.00 (8.3 %) c	17.00 (2.1 %) bc	806.67 a	2060.23 (76.1 %) a	448.64 (16.6 %) c	200.310 (7.4 %) bc	2709.18 a
میانگین Average		367.61 (83.2%)	55.89 (12.7%)	18.17 (4.1%)	441.67	821.85 (62.4%)	315.44 (23.9%)	180.88 (13.7%)	1318.17

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده درصد از تعداد کل و یا عملکرد کل بنه‌های دختری می باشند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

Number in the parenthesis indicates the percentage from total number and or total yield of replacement corms

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

جدول ۴- اثر آبیاری و کشت بر غلظت و مقدار فسفر در بنه‌های دختری زعفران (در انتهای سال اول رشد)

Table 4. Effects of irrigation and density on phosphorus concentration and content of saffron replacement corm (at the end of the first growing season)

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments (% water requirement)	تراکم Density (corm.m^{-2})	غلظت فسفر در بنه‌های دختری Phosphorus concentration of replacement corms (g.kg^{-1})				مقدار فسفر در بنه‌های دختری Phosphorus content of replacement corms (g.m^{-2})			
		۰/۱ تا ۴ گرم 0.1 – 4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1 – 8 g	بیش از ۸ گرم More than 8 g	کل بنه‌های دختری Total replacement corms	۰/۱ تا ۴ گرم 0.1 – 4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1 – 8 g	بیش از ۸ گرم More than 8 g	عملکرد کل Total yield
50	-	1.57a	1.68a	1.79a	1.63a	0.63b	0.30c	0.21c	1.13b
75	-	1.43a	1.54a	1.66b	1.50ab	1.31a	0.65a	0.38a	2.34a
100	-	1.45a	1.44a	1.54b	1.46 b	1.54a	0.47b	0.31b	2.32a
-	50	1.36b	1.42b	1.52b	1.40b	0.50c	0.28b	0.22b	1.00c
-	100	1.67a	1.77a	1.89a	1.73a	0.76c	0.34b	0.28b	1.39b
-	200	1.67a	1.72a	1.86a	1.71a	1.54b	0.63a	0.44a	2.61a
-	300	1.24b	1.30b	1.39b	1.28b	1.84a	0.63a	0.25b	2.73a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

(به ترتیب ۴۵۸ و ۷۷۹ گرم در متر مربع) به ترتیب تا حدود دو و سه برابر افزایش یافت (جدول ۳). بر اساس نتایج بهدانی و همکاران (Behdani *et al.*, 2008) همبستگی بالایی بین فواصل آبیاری و عملکرد گل و بنه زعفران وجود دارد؛ به طوری که عملکرد بالاتر با فواصل کمتر آبیاری به دست می‌آید.

با وجود تأثیر منفی تأمین ۵۰ درصد آبیاری بر عملکرد بنه‌های دختری بالاتر از ۸ گرم، در بین تیمارهای آزمایش بیشترین درصد تشکیل بنه‌های دختری با وزن بالاتر از ۸ گرم در تیمار تراکم ۵۰ بنه در متر مربع + ۵۰ درصد آبیاری مشاهده شد؛ به طوری که در تیمار ذکر شده، عملکرد بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم، ۲۴ درصد کل بنه‌های دختری را تشکیل داد که بیش از سایر تیمارهای آزمایش بود (جدول ۳). به عبارت دیگر، با وجود تأثیر منفی کاهش آبیاری بر تعداد و عملکرد بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم، نسبت این بنه‌ها به کل بنه‌های دختری افزایش یافت. این موضوع می‌تواند به نوعی در ارتباط با خصوصیات تکاملی گیاه باشد؛ به طوری که با کاهش آبیاری و یا کاهش فراهمی عناصر غذایی، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی خود را به بنه‌های دختری بزرگ‌تر اختصاص می‌دهد. علاوه بر این می‌توان بیان نمود که تراکم کمتر موجب کاهش رقابت بین بوته‌ها و اختصاص بیشتر مواد به اندام‌های ذخیره‌ای می‌شود، به طوری که افزایش فراهمی مواد غذایی منجر به بزرگ‌تر شدن اندازه بنه‌های دختری می‌گردد. همچنین در هر یک از سطوح نیاز آبی، با افزایش تراکم کاشت، درصد تشکیل و عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم نسبت به کل بنه‌ها افزایش و درصد تشکیل و عملکرد بنه‌های بیش از ۸ گرم کاهش یافت. همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید این موضوع می‌تواند به دلیل رقابت بیشتر بین بنه‌های تشکیل شده باشد.

بر اساس میانگین تمامی تیمارها، تا ۸۳/۲ درصد بنه‌های دختری دارای وزنی کمتر از ۴ گرم بودند. از سوی دیگر، بنه‌های دختری با وزن ۴/۱ تا ۸ و بیش از ۸ گرم، به ترتیب ۱۲/۷ و ۴/۱ درصد کل بنه‌های دختری را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2013) نیز بیان نمودند که مصرف کودهای آلی و یا زیستی در سال‌های ابتدایی پس از کاشت بنه، به جای افزایش در اندازه، بیشتر منجر به افزایش تعداد بنه‌های دختری در خاک می‌شود.

به طور کلی در شرایط اجرای این آزمایش، با افزایش اندازه بنه‌های دختری، غلظت فسفر به ازای واحد وزن بنه دختری افزایش یافت؛ به طوری که بنه‌های کمتر از ۴ گرم دارای غلظت فسفر کمتر (۱/۴۸ گرم بر کیلوگرم) و بنه‌های دختری با وزن بیش از ۸ گرم دارای فسفر بیشتری (۱/۶۶ گرم بر کیلوگرم) بودند (جدول ۴). همان‌طور که پیش‌تر به آن اشاره شد، با توجه به نقش ویژه فسفر در سازوکار رشد زایشی گیاه (Iran-Nejad and Ressam, 2002; Naghdi Badi *et al.*, 2011) و نیز رابطه مثبت بین اندازه بنه و عملکرد گل حاصل از کاشت این بنه‌ها، غلظت فسفر بیشتر در بنه‌های درشت‌تر ممکن است توجیهی برای این رابطه مثبت باشد. بر اساس نتایج جدول ۴، بین سطوح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، تفاوت معنی‌داری از نظر غلظت فسفر بنه‌های کمتر از ۴ و ۴/۱ تا ۸ گرم مشاهده نشد. با این وجود با افزایش سطح نیاز آبی، غلظت فسفر در بنه‌های دختری بیش از ۸ گرم و نیز کل بنه‌های دختری (نمونه تفیک نشده اولیه دارای تمامی اندازه‌های بنه دختری) به طور معنی‌داری کاهش یافت. به عبارت دیگر، گیاه زعفران در شرایط وجود تنش آب، سهم بیشتری از عناصر غذایی خود را به بنه‌ها اختصاص داد.

سازگاری در واقع تغییر ساختمان یا متابولیسم گیاه در پاسخ به تغییرات محیطی بوده که به تدریج و یا در طی فصل رشد صورت می‌گیرد (Kafi *et al.*, 2007). از آنجا که رشد زعفران از طریق بنه‌های آن (روش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

رویشی) انجام می‌شود (Kumar *et al*., 2009)، افزایش تخصیص عناصر به ویژه فسفر در شرایط کاهش میزان آبیاری (در سطح ۵۰ درصد) ممکن است با اظهارات سایر محققان مبنی بر سازگاری گیاه در پاسخ به کاهش اثرات تنش و افزایش بقای گیاه قابل توجیه باشد. همچنین با افزایش تراکم گیاهی، غلظت فسفر بنه‌های دختری در تمامی اندازه‌های مورد مطالعه افزایش و سپس در تراکم ۳۰۰ بنه در متر مربع، غلظت فسفر بنه‌های دختری به طور معنی‌داری رو به کاهش گذاشت (جدول ۴). از سویی دیگر، به جز بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم، افزایش تراکم بنه بیش از ۲۰۰ بنه نیز نقشی در افزایش معنی‌دار مقدار فسفر بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ گرم، بیش از ۸ گرم و کل بنه‌های دختری نداشت (جدول ۴). همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید، این موضوع می‌تواند به دلیل تشدید رقابت بین بنه‌های دختری تشکیل شده در تراکم بالای کشت (۳۰۰ بنه در متر مربع) برای جذب منابع مشترکی مانند فسفر باشد. به دلیل اهمیت تولید زعفران در واحد سطح، افزایش عملکرد گل زعفران می‌تواند به جای غلظت فسفر (بر حسب گرم بر کیلوگرم وزن بنه) بیشتر وابسته به مقدار فسفر بنه (در واحد سطح) باشد. از این رو به نظر می‌رسد که در شرایط اجرای الگوی کشت پر تراکم، تراکم ۲۰۰ بنه در سال اول بتواند نقش موثری در افزایش جذب فسفر در واحد سطح داشته باشد. از سویی، بر اساس الگوی جذب فسفر، به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بیش از ۲۰۰ بنه در متر مربع چندان سودمند نباشد.

با وجود کاهش غلظت فسفر بنه‌های دختری در نتیجه افزایش سطوح نیاز آبی، مقدار فسفر در سطح ۵۰ درصد آبیاری به طور معنی‌دار کمتر از سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد بود (جدول ۴). از سویی با وجود عدم تفاوت بین سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد آبیاري از نظر مقدار فسفر بنه‌های کمتر از ۴ گرم و کل بنه‌های دختری، مقدار فسفر بنه‌های ۴/۱ تا ۸ و بیش از ۸ گرم در سطح ۷۵ درصد به طور معنی‌دار بیش از ۱۰۰ درصد آبیاري بود (جدول ۴). همچنین در بین تیمارهای آزمایش، بیشترین مقدار فسفر در بنه‌های بیش از ۸ گرم در تراکم ۲۰۰ بنه + ۷۵ درصد آبیاری (معادل ۰/۶۲ گرم در متر مربع) به دست آمد (جدول ۵). با توجه به سازگاری گیاه زعفران به مناطق خشک و نیمه خشک کشور (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 2009; Yarami *et al.,* 2011)، به نظر می‌رسد که اعمال جزئی تنش آب به گیاه (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی)، ضمن آنکه منجر به تحریک بیشتر رشد ریشه‌های گیاه در جهت جذب بیشتر عناصر غذایی از خاک می‌شود، افزایش سهم تخصیص فسفر به اندام زیر زمینی (بنه‌های زعفران) را به دنبال دارد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که به دنبال تحریک رشد ریشه، درصد جذب عناصر غذایی مانند فسفر از خاک افزایش یافته و نیز جهت حفظ تعادل کارکردی، گیاه به جای اندام هوایی، درصد بیشتری از فسفر را به ریشه انتقال می‌دهد. با این وجود به نظر می‌رسد که تنش‌های شدیدتر (تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) بر رشد ریشه و عملکرد بنه‌های دختری زعفران تأثیر منفی را به دنبال دارد.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج آزمایش نشان دهنده افزایش عملکرد گل و بنه زعفران در واکنش به کشت پر تراکم بود. در شرایط استفاده از بنه‌های ۴ تا ۶ گرمی، اجرای کشت پرتراکم بر اساس تراکم ۳۰۰ بنه در سال اول و ۲۰۰ بنه در متر مربع در سال دوم، بیشترین تأثیر را در افزایش تعداد و عملکرد گل زعفران داشت. در سال دوم، به دلیل کاهش عملکرد گل زعفران در نتیجه کشت ۳۰۰ بنه در متر مربع و نیز در نظر گرفتن ارزش اقتصادی بنه‌های زعفران، تراکم ۲۰۰ بنه در متر مربع می‌تواند جهت کشت پر تراکم زعفران قابل توصیه باشد. با این وجود، با انتخاب بنه‌های مادری کوچک‌تر و یا بزرگ‌تر جهت کاشت نسبت به بنه‌های مورد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری و تراکم بر مقدار فسفر در بنه دختری زعفران (در انتهای سال اول رشد)

Table 5. Interaction effects of Irrigation and density on phosphorus content of saffron replacement corm (at the end of the first growing season)

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments (% water requirement)	تراکم Density ($corm.m^{-2}$)	مقدار فسفر در بنه‌های دختری Phosphorus content of replacement corms ($g.m^{-2}$) ۰/۱ تا ۴ گرم 0.1 – 4 g	۴/۱ تا ۸ گرم 4.1 – 8 g	بیش از ۸ گرم More than 8 g	عملکرد کل Total yield
50	50	0.26 (38.6 %) e	0.23 (35.6 %) d	0.16 (25.8 %) f	0.65 f
	100	0.45 (51.8 %) de	0.22 (25.0 %) d	0.21 (23.1 %) def	0.87 ef
	200	0.85 (59.1 %) cd	0.32 (22.3 %) cd	0.26 (18.6 %) c-f	1.44 cde
	300	0.94 (59.1 %) cd	0.42 (27.6 %) bcd	0.20 (13.3 %) ef	1.56 cd
75	50	0.58 (51.5 %) de	0.29 (24.9 %) cd	0.27 (23.6 %) cde	1.14 def
	100	0.66 (47.1 %) cde	0.42 (30.8 %) bcd	0.31 (22.1 %) cd	1.40 cde
	200	1.98 (55.3 %) b	0.96 (27.2 %) a	0.62 (17.5 %) a	3.57 a
	300	2.03 (62.4 %) b	0.92 (28.4 %) a	0.30 (9.2 %) cde	3.25 ab
100	50	0.65 (53.1 %) cde	0.31 (26.5 %) cd	0.24 (20.4 %) c-f	1.20 def
	100	1.18 (61.7 %) c	0.39 (20.5 %) bcd	0.32 (17.8 %) c	1.88 c
	200	1.79 (63.0 %) b	0.62 (21.8 %) b	0.42 (15.3 %) b	2.83 b
	300	2.56 (75.6 %) a	0.56 (16.6 %) bc	0.26 (7.9 %) c-f	3.38 ab
میانگین Average		1.16 (60.1%)	0.47 (24.4%)	0.30 (15.5%)	1.93

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
اعداد داخل پرانتز نشان دهنده درصد از تعداد کل و یا عملکرد کل بنه‌های دختری می باشند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Rang Test

Number in the parenthesis indicates the percentage from total number and or total yield of replacement corm.

استفاده در این آزمایش، تراکم توصیه شده می‌تواند به ترتیب کمتر و یا بیشتر از ۲۰۰ بنه در متر مربع در نظر گرفته شود. علاوه بر این، با وجود تاثیر منفی آبیاری زعفران بر اساس ۵۰ درصد نیاز آبی بر میزان فسفر بنه در واحد سطح، اعمال ۷۵ درصد آبیاری نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، نقش موثری در افزایش میزان فسفر بنه داشت. بر طبق نتایج این آزمایش، به دلیل توسعه کشت زعفران در مناطق نیمه خشک کشور و نیز ارزش اقتصادی آب مصرفی، آبیاری زعفران بر اساس ۷۵ درصد نیاز آبی ممکن است قابل توجیه باشد.

سپاس‌گزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۱/۲۳۲۶۴ مورخ ۹۱/۶/۲۹ تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

References

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

Aghaei A. and P. Ehsanzadeh. 2012. Effect of water deficit stress and nitrogen on yield and some physiological parameters of oilseed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iran. J. Hortic. Sci. 42: 291–299. (In Persian with English abstract).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

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

Azizi-Zohan, A. A., A. A. Kamgar-Haghighi and A. R. Sepaskhah. 2006. Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.). J. Sci. Technol. Agric. Nat. Resour. 10: 45–54. (In Persian with English abstract).

Bagheri A. and S. Vessal. 2003. Saffron improvement in Iran, breakthroughs and barriers. 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December, 2003, Mashhad, Iran.

Behdani, M. A., A. Koocheki, M. Nassiri and P. Rezvani Moghaddam. 2008. Models to predict flowering time in the main saffron production region of Khorasan Province. J. Appl. Sci. 8: 907–909.

Behdani, M. A., A. Koocheki, M. Nassiri and P. Rezvani Moghaddam. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iran. J. Field Crop Res. 3: 1–14. (In Persian with English abstract).

Ebrahimzadeh, H., P. Abrishamchi and M. R. Noori-Daloii. 1997. Quantitative and qualitative changes in the shoot apical meristem of saffron (*Crocus sativus* L.) during the period of growth and development. J. Sci. Iran. 8: 10–17. (In Persian with English abstract).

Gresta, F., G. M. Lombardo, L. Siracusa and G. Ruberto. 2008. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. J. Sci. Food Agric. 88: 1144–1150.

Iran-Nejad H. and G. Ressam. 2002. Study of the effects of different rates of N and P on grain yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisum*). J. Agric. Sci. Natur. Resour. 9: 93–101. (In Persian with English Abstract).

Kafi, M. 2002. Saffron, production and processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. 276 pp. (in Persian).

Kafi, M. and A. Mahdavi Damghani. 2007. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Ferdowsi University of Mashhad Press. 467 pp. (in Persian).

Keykhamoghadam, P., A. Kamgar Haghighi, A. Sepaskhah and S. Zand Parsa. 2013. Determination of single and dual crop coefficients and potential evapotranspiration of developed saffron. J. Agric. Meteorol. 1: 1–9. (In Persian with English abstract).

Koochaki, A., L. Tabrizi, M. Jahani and A. A. Mohammad Abadi. 2011a. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. Iran. J. Hortic. Sci. 42: 379–391. (In Persian with English abstract).

Koocheki, A., A. Siahmarguee, G. Azizi and M. Jahani. 2011 b. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. J. Agroecol. 3: 36–49. (In Persian with English abstract)**.**

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

Koocheki, A., M. Jahani, L. Tabrizi and A. A. Mohammad Abadi. 2011c. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Water Soil. 25: 196–206. (In Persian with English abstract).

Kumar, R., V. Singh, K. Devi, M. Sharma, M. K. Singh and P. S. Ahuja. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews Int. 25: 44–85.

Moazzen, S., J. Daneshian, S.A. Valadabadi and H. Baghdadi. 2006. Study of plant population and phosphate Fertilization on some agronomic characters and seed and fruit yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iran. J. Medic. Arom. Plant 22: 397–409. (In Persian with English abstract).

Naderi Darbaghshahi, M. R., S. M. Khajebashi, S. A. Banitaba and S. M. Dehdashti. 2009. Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. Seed Plant. 24: 643–657. (In Persian with English abstract).

Naghdi Badi, H. A., H. Omidi, A. Golzad, H. Torabi, and M. H. Fotookian. 2011. Change in Crocin, Safranal and Picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical phosphorous fertilizers. J. Medic. Plants 10: 58–68. (In Persian with English abstract).

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

Rezvani Moghaddam, P., A. Koocheki, A. Molafilabi and S. M. Seyyedi. 2013. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Iran. J. Crop Sci. 15: 234–246. (In Persian with English abstract).

Sepaskhah, A. R. and A. A. Kamgar-Haghighi. 2009. Saffron irrigation regime. Int. J. Plant Prod. 3: 1–16.

Yarami, N., A. A. Kamgar-Haghighi, A. R. Sepaskhah and S. Zand-Parsa. 2011. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Arch. Agron. Soil Sci., 57: 727–740.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

Effect of irrigation levels and high corm density on growth and phosphorus uptake of of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.)

Koocheki, A.[1], S.M., Seyyedi[2] and M. Jamshid Eyni[3]

ABSTRACT

Koocheki, A., S.M. Seyyedi and M. Jamshid Eyni. 2014. Effect of irrigation levels and high corm density on growth and phosphorus uptake of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.). **Iranian Journal of Crop Sciences. 16(3): 222-235. (In Persian).**

Effect of irrigation levels and high corm density on growth and phosphorus uptake of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.) was studied under a field experiment as split-plot arrangement in complete randomized block design with three replications at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, during 2012 and 2013. The irrigation levels were applied based on saffron water requirement (50, 70 and 100%) and high corm density (50, 100, 200 and 300 corms.m^{-2}) were assigned and randomized in the main and sub plots, respectively. Results showed that the lowest corm number, yield and phosphorus content of corms (178.67, 450.11 and 0.65 g.m^{-2}, respectively) were observed by sowing 50 daughter corms per m^2 + 50% irrigation. In addition, the highest corm number, yield and phosphorus content of corm (806.67, 2709.18 and 3.38 g. m^{-2}, respectively) were obtained by sowing 300 daughter corms per m^2 + 100% irrigation. In the first year, flower characteristics of saffron was not affected by 50% irrigation. However, in the second year, flower number, fresh flower and dry stigma yields significantly decreased by supplying 50% water requirement of saffron (by 19, 28 and 22%, respectively) as compared to control (100% water requirement). Considering the economic value of irrigation water in arid and semi-arid regions of Iran, the irrigation scheduling based on 75% crop water requirement may be reasonable.

Keywords: Corm density, Dry stigma yield, Irrigation, Phosphorus and Saffron.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.5.4]

Received: February, 2014 **Accepted: September, 2014**

1- Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (Corresponding author) (Email: akooch@um.ac.ir)
2- PhD. Student, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Former MSc. Student, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran