نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳ ص: ۳۰۱-۲۸۹

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 2, No. 4, Winter 2015, P. 289-301

اثر تراکم کاشت و منابع کودهای آلی و شیمیایی بر جذب فسفر توسط بنه‌های دختری زعفران طی دوره رشد گیاه

حسن فیضی[1*]، سید محمد سیدی[2] و حسین صحابی[3]

تاریخ دریافت: ۵ مرداد ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۴ آذر ۱۳۹۳

چکیده

جهت بررسی اثر تراکم کاشت و منابع کودهای آلی و شیمیایی بر روند تشکیل بنه‌های دختری زعفران و جذب فسفر توسط آن‌ها، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. منابع مختلف کودی شامل تیمار شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر) و کود گاوی (۲۵ تن در هکتار) به‌عنوان عامل اول و تراکم‌های (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع) به‌عنوان عامل دوم آزمایش بودند. همچنین پنج نمونه‌برداری از بنه‌های زعفران در طی فصل رشد (۳۰ آبان، ۳۰ آذر، ۳۰ دی، ۳۱ فروردین و ۳۱ اردیبهشت) انجام شد. طبق نتایج آزمایش، بیشترین تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در بوته (۵/۸ بنه در بوته) در زمان نمونه‌برداری چهارم مشاهده گردید و پس از آن تعداد این بنه‌ها در بوته کاهش یافت. در هر یک از سطوح تراکم، کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی نقش بیشتری در افزایش معنی‌دار تعداد، وزن بنه‌های دختری و میزان جذب فسفر در آن‌ها (۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در بوته) داشت. همچنین در زمان نمونه‌برداری پنجم، کاربرد کود دامی نسبت به کود شیمیایی منجر به افزایش معنی‌دار تعداد بنه‌های بیش از ۸ گرم در بوته و نیز میزان فسفر در بنه‌های بیش از ۸ گرم در بوته (تا حدود دو برابر) شد. به‌نظر می‌رسد کاهش تراکم کاشت بنه‌ها می‌تواند از طریق افزایش درصد تشکیل بنه‌های درشت‌تر به‌ازای هر بوته، تا حدودی کاهش عملکرد زعفران در واحد سطح را جبران کند.

کلمات کلیدی: فسفر، بنه، نیتروژن، کود دامی، مراحل فنولوژی.

مقدمه

زعفران گیاهی چندساله و ژئوفیت[4] بوده و می‌تواند بسته به شرایط آب و هوای منطقه کشت‌شده تا حدود ۸ الی ۱۰ سال به روند تولیدی خود ادامه دهد (Kumar et al., 2009). بنه زعفران که از نظر گیاه‌شناسی، یک ساقه زیرزمینی[5] است، اندام لازم جهت تکثیر گیاه می‌باشد. مدتی پس از گل‌دهی زعفران، بنه‌های جدید (بنه دختری[6]) بر روی بنه قدیمی (بنه مادری[7]) تشکیل می‌شوند که خود عاملی در جهت افزایش تراکم بنه‌ها در طی دوره رشد چندساله گیاه

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی و پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه.
۲- مدرس مدعو دانشگاه تربت حیدریه و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه.
(*- نویسنده مسئول: hasanfeizi@yahoo.com)

4- Geophyte

5- Underground stem
6- Replacement (daughter) corm
7- Mother corm

می‌باشد (Kafi, 2002; Gresta et al., 2008). ازاین‌رو، عملکرد زعفران معمولاً در طی سال‌های اولیه دوره رشد گیاه پایین بوده؛ اما در سال‌های چهارم تا ششم این عملکرد به حداکثر مقدار خود می‌رسد؛ سپس به دلیل تراکم بالای بنه‌های دختری تشکیل‌شده، این عملکرد مجدداً کاهش می‌یابد (Khazaei et al., 2013).

بر اساس رشد اندام‌های زیرزمینی، فنولوژی زعفران دارای شش مرحله بوده که به ترتیب شامل ۱- مرحله رکود (اواخر اردیبهشت تا اواخر مهر) که خود شامل دو مرحله خواب حقیقی و خواب ظاهری بوده و در مرحله خواب ظاهری عمل گل انگیزی رخ می‌دهد، ۲- دوره گل‌دهی (اواخر مهر تا اواخر آبان)، ۳- تشکیل و آغاز رشد بنه‌های دختری (اواخر آبان تا اواخر آذر)، ۴- مرحله میانی رشد بنه‌های دختری (اواخر آذر تا اواخر دی)، ۵- مرحله نهایی رشد بنه‌های دختری (اواخر دی تا اواخر فروردین) و ۶- تحلیل رشد ریشه و آغاز دوره رکود (اواخر فروردین تا اواخر اردیبهشت) می‌باشد (Koocheki & Seyyedi, 2014). با این وجود، مراحل ذکرشده نسبی بوده می‌تواند تحت تأثیر شرایط محیطی یا تیمارهای مورد آزمایش قرار گیرد. ازاین‌رو مطالعه روند تشکیل و تکامل اندام‌های زیرزمینی زعفران تحت تأثیر عوامل مربوط به مدیریت به‌زراعی می‌تواند مفهوم دقیق‌تری را از نحوه تأثیرگذاری این عوامل بر تغییرات رشدی و عملکرد گیاه ارائه دهد.

مدیریت صحیح تراکم کاشت یکی از مهم‌ترین عوامل در شکل‌گیری عملکرد زعفران می‌باشد (Naderi Darbaghshahi et al., 2009; Koocheki et al., 2014 a, b). تنظیم صحیح تراکم کاشت یکی از اساسی‌ترین عملیات زراعی مؤثر در جذب منابع محیطی به‌شمار می‌رود (Koocheki et al., 2014 b). علاوه بر این، با توجه به آن‌که بین تعداد بنه‌های تشکیل‌شده زعفران در سال دوم و وزن خشک این بنه‌ها رابطه منفی وجود دارد (Koocheki et al., 2011)، تعیین اصولی تراکم کاشت می‌تواند با تأثیر بر طول دوره بهره‌برداری زعفران، منجر به پایداری عملکرد گیاه در طی دوره چندساله رشد شود (Behdani et al., 2006; Behnia, 2009).

مدیریت تغذیه‌ای گیاه نیز از مؤثرترین راه‌کارهای به‌زراعی به‌منظور افزایش عملکرد زعفران می‌باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2013 a,b; Koocheki et al., 2014 a,c). ازاین‌رو، بررسی ارتباط بین مصرف عناصر غذایی از منابع آلی و یا شیمیایی با روند تشکیل بنه‌های دختری در طی مراحل فنولوژیکی گیاه، می‌تواند الگوی مناسبی از چگونگی مصرف بهینه کودها و عناصر غذایی موردنیاز زعفران را فراهم نماید. در بین عناصر غذایی، فسفر نقش ویژه‌ای در مکانیسم رشد زایشی گیاهان زراعی (White & Veneklaas, 2012) داشته و می‌تواند ضمن بهبود عملکرد زعفران (Naghdi Badi et al., 2011)، رشد بنه‌های دختری در زعفران را نیز تحت تأثیر قرار دهد. طبق نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014 c)، با کاهش اندازه بنه مادری در زعفران، غلظت و مقدار جذب فسفر در بنه‌های دختری این گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

بر اساس توضیحات ذکرشده، این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح تراکم کاشت و منابع کودهای آلی و شیمیایی بر روند تشکیل و تکامل بنه‌های دختری زعفران بر اساس مراحل فنولوژیکی گیاه انجام شد. همچنین، روند جذب فسفر در بنه‌های دختری زعفران نیز در هر یک از مراحل فنولوژیکی ذکرشده نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا) به اجرا آمد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌برداری به طور تصادفی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Physical and chemical properties of soil used in experiment.Table 1

بافت خاک Soil texture	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K (mg kg^{-1})	کربن آلی (درصد) OC (%)	کربنات کلسیم (درصد) (%)$CaCo_3$	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی- سیلتی Silty-loam	0.09	5.96	216.62	0.31	15.29	1.49	8.19

در این مطالعه، منابع مختلف کودی شامل شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار) و کود دامی (از نوع گاوی کاملاً پوسیده به میزان ۲۵ تن در هکتار دارای ۰/۶ درصد نیتروژن و ۰/۳ درصد فسفر) به‌عنوان عامل اول و چهار سطح تراکم کاشت (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع)، به‌عنوان عامل دوم آزمایش بودند. میزان نیتروژن و فسفر در کود شیمیایی معادل میزان نیتروژن و فسفر در نتیجه مصرف کود دامی بود (Koocheki et al., 2014 a). همچنین به‌دلیل انجام پنج نمونه‌برداری از بنه‌های زعفران در طی فصل رشد، داده‌های آزمایش به‌صورت فاکتوریل- اسپلیت در زمان و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی آنالیز شدند (منابع کود و تراکم به صورت فاکتوریل و دفعات نمونه‌برداری در طی فصل رشد به‌عنوان پنج برداشت در طی زمان در نظر گرفته شد).

پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح، کرت‌هایی با ابعاد ۱×۲ متر ایجاد گردید. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها از یک‌دیگر به ترتیب ۰/۵ و یک متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در ۲۰ خردادماه با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر انجام گرفت. در هر یک از سطوح تراکم، عمق کاشت بنه‌ها (دارای وزنی بین ۱۰ تا ۱۲ گرم) نیز ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ۲۵ تن در هکتار کود دامی، ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و همچنین یک‌سوم کود شیمیایی نیتروژن (معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) در زمان کاشت به خاک اعمال شد.

اولین آبیاری (به روش جویچه‌ای توسط سیستم لوله‌گذاری) در اواسط مردادماه انجام گرفت. علاوه بر آبیاری تابستانه، پنج مرحله آبیاری دیگر نیز به ترتیب در اواسط مهرماه (به‌منظور تسهیل در گل‌دهی)، پس از برداشت گل و ظهور برگ‌ها در آبان ماه، بعد از وجین علف‌های هرز زمستانه در اواخر آذر، در اواخر اسفند و سرانجام در اواسط فروردین‌ماه (به‌منظور تکمیل رشد بنه‌ها) اعمال شد (Rezvani Moghaddam et al., 2013 a). مرحله دوم و سوم مصرف کود نیتروژن نیز همزمان با آبیاری و به ترتیب پس از برداشت گل در آبان ماه و بعد از وجین علف‌های هرز زمستانه در اواخر آذر اجرا شد.

بر اساس فنولوژی زعفران (Koocheki & Seyyedi, 2014)، نمونه‌برداری از بنه‌های زعفران (در انتهای هر یک از مراحل فنولوژی گیاه) به‌ترتیب در ۳۰ آبان (بعد از گلدهی)، ۳۰ آذر، ۳۰ دی، ۳۱ فروردین و ۳۱ اردیبهشت (آخرین نمونه‌برداری در انتهای فصل رشد) انجام شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری به‌صورت تخریبی از مساحتی معادل ۲۵ × ۴۰ سانتی‌متر تعیین شد. به‌دلیل عدم مشاهده بنه‌های دختری با وزن بیش از ۱۲ گرم، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری به تفکیک در اندازه‌های ۰/۱ تا ۴ (کمتر از ۴ گرم)، ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرم تعیین شد. همچنین به‌منظور شناخت دقیق‌تر واکنش گیاه به تیمارهای مورد مطالعه در طی زمان (در هر مرحله نمونه‌برداری)، شاخص‌های ذکرشده به‌جای واحد سطح، بر اساس واحد بوته مورد آنالیز قرار گرفت (Renau-Morata et al., 2012). اندازه‌گیری وزن خشک بنه‌های دختری (قرار دادن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) نیز پس از حذف ریشه‌ها و ساقه‌های موجود انجام شد. همچنین در هر- یک از اندازه‌های ذکرشده، درصد یا غلظت فسفر بنه (گرم

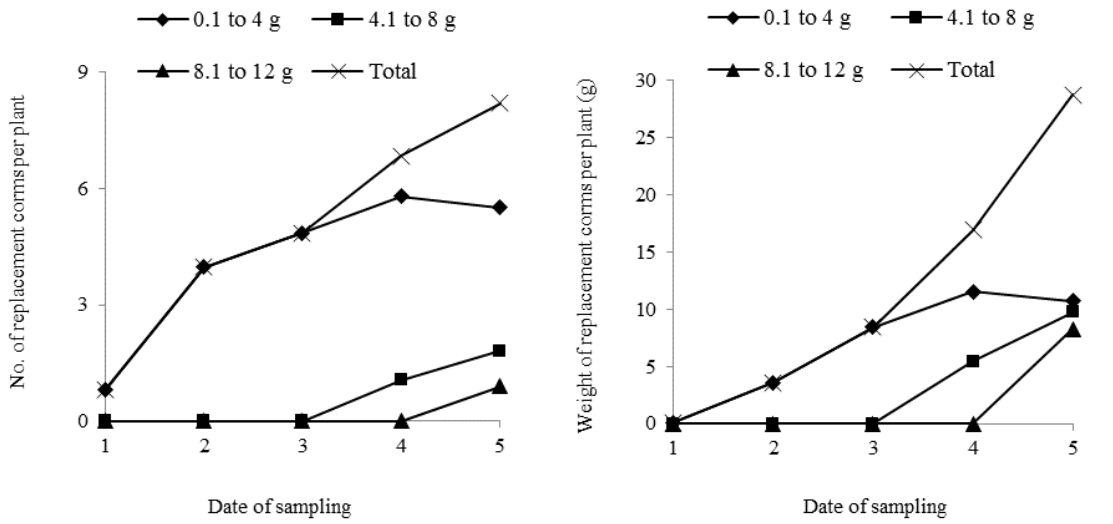
فسفر موجود درصد گرم وزن بنه) و مقدار جذب فسفر بنه در بوته (فسفر موجود در بنه‌های یک بوته برحسب میلی‌گرم در بوته) تعیین شد. غلظت فسفر بنه‌های دختری (همراه با فلس) بعد از هضم خشک به روش مورفی و ریلی (Murphy & Riley, 1962) و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectrophotometer-JENWAY، مدل ۴۵۱۰) اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌های آزمایش از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و MSTAT-C استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه آماری شدند. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

روند تشکیل بنه‌های دختری

مطالعه روند تشکیل بنه‌های دختری زعفران بر اساس میانگین تیمارهای آزمایش نشان داد که کمترین تعداد و وزن بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم و نیز کل بنه‌های دختری در بوته، در اولین مرحله نمونه‌برداری (آبان ماه) مشاهده شد؛ سپس تعداد و وزن این بنه‌ها در طی فصل رشد رو به افزایش گذاشت. بیشترین تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در بوته نیز در زمان نمونه‌برداری چهارم (انتهای فرودین‌ماه) مشاهده گردید و پس از آن کاهش یافت. از سوی دیگر باوجود عدم مشاهده بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در بوته تا زمان نمونه‌برداری سوم (اواخر دی‌ماه)، تعداد و وزن این بنه‌ها تقریباً همزمان با کاهش تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در بوته، رو به افزایش گذاشت (شکل ۱). ازاین‌رو کاهش تعداد بنه‌های کمتر از ۴ گرم در بوته پس از فروردین‌ماه (فاصله زمانی بین نمونه‌برداری چهارم تا پنجم) می‌تواند به‌دلیل رشد این بنه‌ها و افزایش وزن آن‌ها به بیش از ۴ گرم باشد.

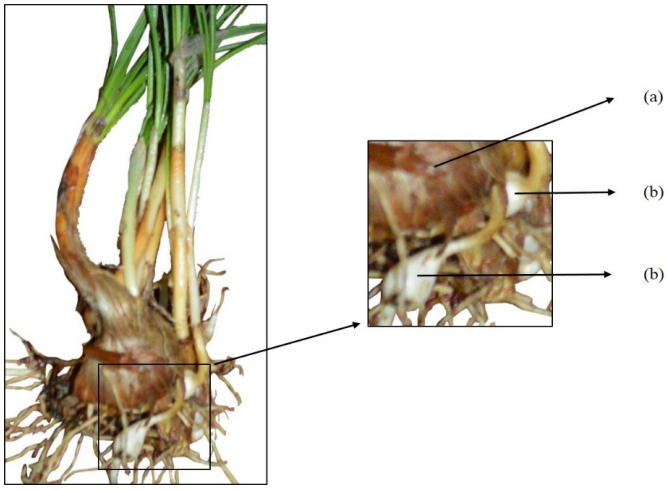


شکل ۱- مراحل تشکیل و رشد بنه‌های دختری زعفران در طی فصل رشد گیاه (بر اساس میانگین تیمارها)

Figure 1- Steps of replacement corms production and growth of saffron during phonological stages (based on average of treatments)

زمان نمونه‌برداری اول تا پنجم به‌ترتیب در انتهای هریک از مراحل فنولوژیکی گیاه (به ترتیب در ۳۰ آبان، ۳۰ آذر، ۳۰ دی، ۳۱ فروردین و در ۳۱ اردیبهشت) انجام شد.

The first to fifth samplings were take placed in the end of phonological stages of saffron (21 November, 21 December, 20 January, 20 April and 21 May, respectively).



شکل ۲- تشکیل و رشد نخستین بنه‌های دختری زعفران در سطح بنه مادری گیاه (۳۰ آبان)

a: بنه مادری، b: بنه‌های دختری زعفران

Figure 2- Formation and growth of first replacement corms above its mother corm of saffron (21 November)

a: Mother corm, b: Replacement corms of saffron

وجود اختلالات سیتولوژیکی و نیز مکانیزم‌های خود ناسازگاری که باعث ممانعت از خویش‌آمیزی می‌شوند، عوامل ایجاد پدیده عقیمی در زعفران بوده (Bagheri & Vessal, 2003) و ازاین‌رو، تکثیر گیاه به‌صورت رویشی و توسط بنه‌های آن‌که در واقع یک ساقه زیرزمینی است، صورت می‌گیرد (Kafi, 2002; Gresta et al., 2008). در هر بنه مادری زعفران (بنه‌های کشت‌شده)، تعدادی جوانه یا محل مریستمی وجود دارد که در نتیجه تحریک و رشد این مریستم‌ها، نخستین بنه‌های دختری در سطح بنه مادری تشکیل می‌شوند (Kafi, 2002; Tavakkoli et al., 2014). فعالیت این مریستم‌ها پس از گل‌دهی زعفران در آبان ماه اتفاق افتاده و می‌تواند در سراسر دوره رشد رویشی زعفران نیز ادامه یابد؛ اما معمولاً سرعت تشکیل بنه‌های دختری در آذرماه در بیشترین مقدار خود می‌باشد (Koocheki and Seyyedi, 2014). در این ارتباط رناتو موراتا و همکاران (Renau-Morata et al., 2012) نیز گزارش نمودند که تشکیل و رشد بنه‌های دختری از اواسط نوامبر (اواخر آبان) آغازشده و تا اواخر آپریل (اواسط اردیبهشت) ادامه می‌یابد و هم‌زمان با رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد، بنه مادری زعفران نیز رو به تحلیل می‌رود.

اثر متقابل منابع کود و تراکم کاشت

باوجود عدم معنی‌دار شدن اثرات ساده و متقابل منابع کود و تراکم کاشت بر تعداد، وزن و میزان فسفر بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم به ازای هر بوته، شاخص‌های موردمطالعه بنه‌های دختری در اندازه‌های ۴/۱ تا ۸ گرم و ۸/۱ تا ۱۲ گرم به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر متقابل کود و تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۲).

عدم تأثیر منابع کود و یا سطوح تراکم بر روند تشکیل و رشد بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در بوته و نیز بر میزان جذب فسفر در این بنه‌ها می‌تواند در ارتباط با ژنوتیپ گیاه زعفران مانند اندازه بنه مادری باشد. به‌عبارتی دیگر، به نظر می‌رسد تشکیل بنه‌های دختری با وزن کمتر از ۴ گرم در بوته (بنه‌های ریز)، چندان تحت تأثیر مصرف یا عدم مصرف منابع غذایی در خاک و یا محدودیت منابع ناشی از افزایش تراکم کاشت نبوده؛ بلکه بیشتر مرتبط با اندازه بنه مادری باشد (معمولاً بنه‌های مادری بزرگ‌تر، بنه‌های دختری بیشتری تولید می‌کنند). مشابه این نتایج، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) نیز با مشاهده عدم تأثیر منابع کودی بر تعداد و عملکرد بنه‌های دختری با وزن کمتر از ۴ گرم، اظهار داشتند که تحلیل یا تقسیم بنه مادری در طی فصل رشد و به دنبال آن تولید و رشد بنه‌های دختری ریز (کمتر از ۴ گرم) جزء خصوصیات ذاتی گیاه بوده و چندان وابسته به فراهمی عناصر غذایی در خاک نیست.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های موردمطالعه بنه‌های دختری زعفران تحت تأثیر مصرف کودهای دامی و شیمیایی در سطوح مختلف تراکم کاشت

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for replacement corms of saffron affected by organic and chemical fertilizers in different planting densities

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	بنه‌های دختری ۰/۱ تا ٤ گرم Replacement corms 0.1 – 4 g			بنه‌های دختری ٤/۱ تا ۸ گرم Replacement corms 4.1 – 8 g			بنه‌ها دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرم Replacement corms 8.1 – 12 g		
		تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته Weight per plant	میزان فسفر در بوته P content per plant	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته Weight per plant	میزان فسفر در بوته P content per plant	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته Weight per plant	میزان فسفر در بوته P content per plant
بلوک Block	2	0.24 ns	4.38 ns	22.59 ns	0.23 ns	8.68 *	28.90 *	0.04 ns	3.72 ns	23.49 ns
منابع کودی Fertilizer sources (F)	2	0.82 ns	3.72 ns	28.20 ns	3.83 **	160.61 **	713.02 **	1.63 **	154.47 **	766.74 **
تراکم کاشت Sowing density (D)	3	0.22 ns	2.17 ns	23.38 ns	3.23 **	127.09 **	462.71 **	0.35 **	34.21 **	207.61 **
F × D	6	0.26 ns	2.81 ns	7.42 ns	0.28 **	8.63 **	29.14 **	0.10 **	9.34 **	60.91 **
خطای نوع یک Error 1	22	2.32	7.66	27.70	0.14	4.30	13.05	0.02	2.59	12.53
برداشت Harvest (H)	4	146.41**	859.92 **	2120.28 **	24.73 **	705.91 **	2230.85 **	5.69 **	490.55 **	2279.10 **
H × F	8	1.74 **	13.71 **	78.15 **	1.89 **	79.70 **	337.30 **	1.63 **	154.47 **	766.74 **
H × D	12	0.49 ns	1.91 ns	14.53 ns	1.30 **	48.59 **	176.22**	0.35 **	34.21 **	207.61 **
H × F × D	24	0.42 ns	1.37 ns	5.88 ns	0.15 *	5.13 **	15.75 **	0.10 **	9.34 **	60.91 **
خطای نوع دو Error 2	96	0.58	1.98	9.41	0.09	2.48	7.75	0.02	2.68	13.44

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

**, * and ns are significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل منابع کودی و تراکم کاشت بر شاخص‌های موردمطالعه بنه‌های دختری زعفران

Table 3- Mean comparisons of interaction effects of fertilizer sources and corm planting density on replacement corms of saffron

منابع کود Fertilizer sources	تراکم کشت (بنه در مترمربع) Planting density (corm per m^2)	بنه‌های دختری ۰/۱ تا ٤ گرم Replacement corms 0.1 – 4 g			بنه‌های دختری ٤/۱ تا ۸ گرم Replacement corms 4.1 – 8 g			بنه‌ها دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرم Replacement corms 8.1 – 12 g		
		تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg. plant $^{-1}$)	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg. plant $^{-1}$)	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant $^{-1}$)
شاهد Control	25	4.40	7.38	2.61	0.58	2.80	3.32	0.00	0.00	0.00
	50	4.30	5.90	1.96	0.53	2.59	3.06	0.00	0.00	0.00
	75	4.20	6.47	1.97	0.20	0.86	1.21	0.00	0.00	0.00
	100	4.33	5.88	1.79	0.10	0.50	1.10	0.00	0.00	0.00
شیمیایی Chemical	25	4.15	6.78	2.63	0.88	4.90	3.97	0.35	3.00	3.72
	50	4.25	6.80	2.31	0.75	4.04	3.53	0.28	2.37	3.23
	75	4.08	6.86	2.17	0.28	0.70	0.97	0.20	1.63	3.10
	100	4.22	6.92	2.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
دامی Manure	25	3.90	7.41	3.33	1.13	6.98	5.03	0.47	4.83	5.05
	50	3.95	7.52	2.85	0.88	5.38	4.48	0.37	3.76	4.55
	75	4.13	7.19	2.60	0.75	3.83	3.71	0.27	2.47	3.62
	100	4.32	7.35	2.50	0.67	3.37	3.61	0.20	1.77	3.42
LSD (0.05)		-	-	-	0.283	1.570	2.736	0.107	1.219	2.681

علاوه بر این، گزارش‌شده است که در صورت فراهمی و یا عدم فراهمی عناصر غذایی در خاک، درصد مشخصی از بنه‌های دختری زعفران (حدود ۷۰ درصد) در سال‌های ابتدای رشد، دارای وزنی کمتر از ۴ گرم می‌باشند (Rezvani Moghaddam et al., 2013 a).

طبق نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، در هر یک از سطوح تراکم کاشت بنه (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع)، کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی نقش بیشتری در افزایش معنی‌دار تعداد، وزن و نیز میزان جذب فسفر در بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی به ازای هر بوته داشت. این برتری ممکن است ناشی از آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، فراهمی متعادل‌تر این عناصر و افزایش ماده آلی خاک در نتیجه مصرف کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی باشد (Herencia et al., 2007; Safadoust et al., 2007). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014 a) نیز با مشاهده برتری کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی از نظر افزایش معنی‌دار تعداد و عملکرد بنه‌های دختری با وزن بیش از ۸ گرم (به ترتیب تا ۲۹/۵ و ۲۱/۸ درصد) و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری در واحد سطح، این برتری را ناشی از افزایش ماده آلی و فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی در خاک دانستند.

در هریک از تیمارهای کودی مورد استفاده در آزمایش، با افزایش تراکم کاشت، تعداد، وزن و میزان فسفر بنه‌های دختری در اندازه‌های ۴/۱ تا ۸ گرم و ۸/۱ تا ۱۲ گرم به ازای هر بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). به‌عنوان مثال، در نتیجه مصرف کود دامی، با افزایش تراکم کاشت از ۲۵ به ۱۰۰ بنه در مترمربع، تعداد بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ گرم و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در بوته به‌ترتیب تا ۴۰/۷ و ۵۷/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). این امر می‌تواند بیشتر تحت تأثیر تشدید رقابت بین بوته‌های مادری در جذب عناصر غذایی مشترک باشد که در نهایت منجر به تشکیل بنه‌های دختری کوچک‌تر به ازای هر بوته می‌شود. در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) نیز اظهار داشتند که با افزایش تعداد بنه‌های تولیدشده زعفران در واحد سطح، وزن خشک این بنه‌ها به‌طور معنی‌داری رو به کاهش گذاشت.

با وجود کاهش تعداد و وزن بنه‌های دختری تشکیل‌شده در نتیجه افزایش تراکم کاشت، میزان این کاهش تحت تأثیر کاربرد تیمارهای کودی مقداری تعدیل شد. به‌عبارتی دیگر، در نتیجه افزایش تراکم کاشت، روند کاهش تعداد و وزن بنه‌های دختری به ازای هر بوته در نتیجه کاربرد کود دامی کمتر از تیمار شاهد و یا کود شیمیایی بود. به‌عنوان مثال، در نتیجه تراکم ۱۰۰ بنه در مترمربع، باوجود عدم تشکیل بنه‌های دختری در تیمار شاهد و کود شیمیایی، تعداد و وزن بنه‌های دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در نتیجه مصرف کود دامی به ترتیب ۰/۲۰ و ۱/۷۷ بنه در بوته بود. همان‌طور که ذکر گردید، برتری معنی‌دار کود دامی بر شیمیایی تحت تأثیر فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی و به‌ویژه افزایش ماده آلی خاک می‌باشد. افزایش ماده آلی می‌تواند ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، بستر مناسب‌تری را برای رشد هر چه بیشتر بنه‌های دختری فراهم نماید (Rezvani Moghaddam et al., 2013 b).

با وجود برتری معنی‌دار کود دامی بر کود شیمیایی از نظر تشکیل بنه‌های دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در بوته، نتایج نشان داد که عدم مصرف کود آلی یا شیمیایی (شاهد)، منجر به عدم تشکیل بنه‌های دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرمی در بوته شد. همان‌طور که پیش‌تر نیز به آن اشاره گردید، تخصیص هر چه بیشتر عناصرغذایی جهت رشد گیاه مادری زعفران، از مهم‌ترین عوامل در بهبود سرعت رشد بنه‌های دختری به ازای هر بوته مادری می‌باشد (Koocheki et al., 2014 c).

اثر متقابل منابع کودی و زمان نمونه‌برداری

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تمامی شاخص‌های مربوط به بنه‌های دختری زعفران به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر متقابل منابع کود و زمان نمونه‌برداری قرار گرفت (جدول ۲). طبق نتایج به‌دست‌آمده، در هر یک از تیمارهای کودی (شاهد، کود شیمیایی و کود دامی)، بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در هر پنج زمان نمونه‌برداری (از اواخر آبان تا

اردیبهشت) و بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ گرمی در نمونه‌برداری چهارم و پنجم (فروردین و اردیبهشت) مشاهده شدند (جدول ۴). همچنین بنه‌های دختری با وزن ۸/۱ تا ۱۲ گرم نیز تنها در زمان نمونه‌برداری پنجم و در نتیجه کاربرد کودهای دامی و شیمیایی مشاهده گردید (جدول ۴).

همان‌طور که پیش‌تر نیز به آن اشاره شد، تشکیل بنه‌های دختری زعفران در طی فصل تحت تأثیر تغذیه گیاه مادری می‌باشد. با توجه به آن‌که بنه‌های دختری با وزن کمتر از ۴ گرم فاقد توانایی و یا دارای توانایی گل‌دهی پایینی می‌باشند (Gresta et al., 2008; Koocheki et al., 2014 a)، ازاین‌رو افزایش تعداد این بنه‌ها به ازای هر بوته مادری به‌تنهایی حائز اهمیت نبوده؛ بلکه رشد و تبدیل‌شدن آن‌ها به بنه‌هایی با وزن بالاتر از ۸ گرم می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. ازاین‌رو، عدم تشکیل بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم در انتهای فصل رشد در تیمار شاهد و نیز تشکیل بنه‌های دختری با وزن بیش از ۸ گرم در نتیجه مصرف کود دامی و یا شیمیایی در انتهای فصل رشد، نشان‌دهنده نقش مؤثر تغذیه گیاه مادری در جذب عناصرغذایی و تخصیص آن به بنه‌های دختری در حال رشد می‌باشد.

در زمان نمونه‌برداری پنجم (۳۱ اردیبهشت)، برتری معنی‌دار کود دامی نسبت به کود شیمیایی از نظر وزن بنه‌های بیش از ۸ گرم در بوته و نیز میزان فسفر این بنه‌ها (تا حدود دو برابر) می‌تواند نشان‌دهنده فراهمی متعادل‌تر فسفر در خاک در نتیجه مصرف کود دامی نسبت به شیمیایی باشد. علاوه بر این، با توجه به نقش ویژه فسفر در مکانیسم رشد زایشی و عملکرد زعفران (Naghdi Badi et al., 2011)، به‌نظر می‌رسد کاربرد منابع آلی مانند کود دامی بتواند از طریق فراهمی بیشتر فسفر به بوته مادری در حال رشد و در نهایت افزایش سهم تخصیص فسفر جذب‌شده به بنه‌های دختری، در تحریک فرآیند گل‌انگیزی زعفران در فصل بعد نیز نقش داشته باشد.

اثر متقابل تراکم و زمان نمونه‌برداری

طبق نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، به‌جز در بنه‌های با وزن کمتر از ۴ گرم، شاخص‌های مورد مطالعه در بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر متقابل تراکم و زمان نمونه‌برداری قرار گرفت. در هریک از سطوح تراکم کاشت (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ بنه در مترمربع)، بنه‌های دختری با وزن ۴/۱ تا ۸ گرم در زمان نمونه‌برداری چهارم و پنجم و بنه‌های دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرمی تنها در نمونه‌برداری پنجم مشاهده شد (جدول ۵). علاوه بر این، در زمان نمونه‌برداری پنجم (انتهای فصل رشد)، افزایش تراکم کاشت منجر به کاهش معنی‌دار تعداد و وزن بنه‌های دختری ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی به ازای هر بوته شد (جدول ۵). از سوی دیگر، میزان جذب فسفر در بنه‌های ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرمی به ازای هر بوته نیز در نتیجه افزایش تراکم کاشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). به‌عنوان مثال، در زمان نمونه‌برداری پنجم، با افزایش تراکم کاشت از ۲۵ به ۱۰۰ بنه در مترمربع، میزان جذب فسفر در بنه‌های ۸/۱ تا ۱۲ گرمی تا حدود ۶ برابر کاهش یافت (از ۳۰/۷ میلی‌گرم به ۵/۷۷ میلی‌گرم در بوته). در این ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014 b) با مشاهده کاهش تعداد بنه‌های دختری با وزن بیش از ۱۲ گرم در نتیجه افزایش بیش‌ازحد تراکم، این کاهش را ناشی از افزایش رقابت درون‌گونه‌ای بر سر منابع مشترک تغذیه‌ای بین بوته‌های زعفران دانستند که در نهایت منجر به کاهش در اندازه بنه‌های زعفران شد.

به‌طورکلی، به‌منظور حصول عملکرد بالاتر در طی سال‌های ابتدایی، کاشت پرتراکم توصیه می‌شود. ولی لازم است طول دوره بهره‌برداری از مزرعه کاهش یابد. با این وجود، با هدف تولید بنه بذری لازم است از کاشت با تراکم پایین‌تر استفاده شود.

نتیجه‌گیری

روند تشکیل بنه‌های دختری زعفران اساساً وابسته به‌اندازه این بنه‌ها می‌باشد. بر اساس نتایج این آزمایش، حداکثر تعداد بنه‌های دختری با وزن کمتر از ۴ گرم، در چهارمین مرحله از رشد گیاه اتفاق افتاد و سپس تا رسیدن به انتهای فصل رشد، این روند رو به کاهش گذاشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل منابع کودی و زمان نمونه‌برداری بر شاخص‌های مورد مطالعه بنه‌های دختری زعفران

Table 4- Mean comparison of interaction effects of fertilizer sources and sampling date on replacement corms of saffron

منابع کود Fertilizer sources	زمان نمونه‌برداری * Sampling date*		بنه‌های دختری ۰/۱ تا ٤ گرم Replacement corms 0.1 – 4 g			بنه‌های دختری ٤/۱ تا ۸ گرم Replacement corms 4.1 – 8 g			بنه‌ها دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرم Replacement corms 8.1 – 12 g		
			تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant $^{-1}$)	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant $^{-1}$)	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant $^{-1}$)
شاهد Control	نمونه‌برداری اول	First sampling	0.85	0.15	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم	Second sampling	3.96	4.34	10.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم	Third sampling	5.08	7.93	16.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم	Fourth sampling	5.48	9.27	12.44	0.65	2.95	4.99	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم	Fifth sampling	6.15	10.37	13.35	1.25	6.05	9.16	0.00	0.00	0.00
شیمیایی Chemical	نمونه‌برداری اول	First sampling	0.85	0.12	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم	Second sampling	3.75	2.89	6.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم	Third sampling	4.81	8.44	18.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم	Fourth sampling	5.88	11.66	17.20	1.04	5.27	9.17	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم	Fifth sampling	5.58	11.09	15.59	1.35	6.79	11.56	1.04	8.74	17.63
گاوی Cow manure	نمونه‌برداری اول	First sampling	0.79	0.10	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم	Second sampling	4.19	3.44	8.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم	Third sampling	4.67	8.90	21.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم	Fourth sampling	6.04	13.65	23.19	1.46	8.03	15.87	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم	Fifth sampling	4.79	10.74	17.27	2.83	16.42	30.87	1.63	16.02	35.75
LSD (0.05)			0.617	1.140	2.485	0.239	1.277	2.256	1.124	1.327	2.971

* بر اساس مراحل فنولوژی زعفران در سال اول، نمونه‌برداری اول تا پنجم به ترتیب در ۳۰ آبان، ۳۰ آذر، ۳۰ دی، ۳۱ فروردین و در ۳۱ اردیبهشت انجام شد.

* Based on phonological stages of saffron, the first to fifth samplings were take placed in 21 Nov., 21 December, 20 January, 20 April and 21 May, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم کاشت و زمان نمونه‌برداری بر شاخص‌های مورد مطالعه بنه‌های دختری زعفران

Table 5- Mean comparison of interaction effects of plant density and sampling date on replacement corms of saffron

تراکم کشت (بنه در مترمربع) Planting density (corm per m^2)	زمان نمونه‌برداری Sampling date*	بنه‌های دختری ۰/۱ تا ٤ گرم Replacement corms 0.1 – 4 g			بنه‌های دختری ٤/۱ تا ۸ گرم Replacement corms 4.1 – 8 g			بنه‌ها دختری ۸/۱ تا ۱۲ گرم Replacement corms 8.1 – 12 g		
		تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant^{-1})	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant^{-1})	تعداد در بوته No. per plant	وزن در بوته (گرم) Weight per plant (g)	میزان فسفر (میلی‌گرم در بوته) P content (mg plant^{-1})
25	نمونه‌برداری اول First sampling	1.06	0.19	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم Second sampling	3.86	4.07	9.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم Third sampling	4.81	8.47	19.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم Fourth sampling	5.75	12.20	21.52	1.97	10.53	20.21	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم Fifth sampling	5.28	11.03	18.07	2.36	13.93	25.87	1.36	13.05	30.70
50	نمونه‌برداری اول First sampling	0.83	0.09	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم Second sampling	4.06	3.42	8.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم Third sampling	4.69	7.93	17.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم Fourth sampling	5.89	11.86	18.37	1.39	7.23	12.76	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم Fifth sampling	5.36	10.39	15.70	2.22	12.80	22.07	1.08	10.20	21.49
75	نمونه‌برداری اول First sampling	0.44	0.05	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم Second sampling	3.83	3.69	8.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم Third sampling	5.00	8.71	18.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم Fourth sampling	6.00	11.52	16.29	0.50	2.32	4.18	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم Fifth sampling	5.42	10.22	13.49	1.56	6.66	11.42	0.78	6.83	13.20
100	نمونه‌برداری اول First sampling	0.89	0.14	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری دوم Second sampling	4.11	3.05	7.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری سوم Third sampling	4.92	8.60	18.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری چهارم Fourth sampling	5.56	10.52	14.24	0.33	1.58	2.88	0.00	0.00	0.00
	نمونه‌برداری پنجم Fifth sampling	5.97	11.28	14.34	1.11	5.62	9.43	0.33	2.94	5.77
LSD (0.05)		-	-	-	0.276	1.474	2.605	0.143	1.532	3.430

* بر اساس مراحل فنولوژی زعفران در سال اول، نمونه‌برداری اول تا پنجم به ترتیب در ۳۰ آبان، ۳۰ آذر، ۳۰ دی، ۳۱ فروردین و در ۳۱ اردیبهشت انجام شد.

* Based on phonological stages of saffron, the first to fifth samplings were take placed in 21 Nov., 21 December, 20 January, 20 April and 21 May, respectively.

از سوی دیگر کاهش روند تشکیل بنه‌های دختری کمتر از ۴ گرم در بوته منطبق با تشکیل بنه‌های دختری بیش از ۴ گرم بود. نتایج همچنین نشان داد که فراهمی عناصر غـذایی ناشی از مصرف کود دامی یا شیمیایی بر تعداد بنه‌های کمتـر

از ۴ گرم تأثیر چندانی نداشته؛ بلکه اساساً در رشد بنه‌های با وزن بیش از ۴ گرم نقش بیشتری دارد. علاوه بر این، کاربرد کود دامی در مقایسه با کود شیمیایی می‌تواند از طریق افزایش میزان فسفر بنه به ازای هر بوته، در تحریک هر چه بیشتر فرآیند گل‌انگیزی گیاه نقش مؤثری داشته باشد. همچنین کاهش تراکم کاشت بنه‌ها (از ۱۰۰ به ۲۵ بنه در مترمربع) می‌تواند از طریق افزایش درصد تشکیل بنه‌های درشت‌تر به ازای هر بوته، تا حدودی کاهش عملکرد زعفران در واحد سطح را جبران کند. جهت مطالعات تکمیلی می‌توان روند جذب سایر عناصر غذایی و ارتباط آن با جذب فسفر را به‌ویژه در دوره‌های زمانی ماهانه بررسی نمود.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربت‌حیدریه که حمایت مالی این تحقیق را به عهده داشت، قدردانی می‌شود.

منابع

Bagheri A., and Vessal, S. 2003. Saffron improvement in Iran, breakthroughs and barriers. 3rd National Symposium on Saffron. 2-3 December, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).

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

Behnia, M.R. 2009. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocus sativus* L.) yield in Damavand region. Pajouhesh and Sazandegi 79, 101–108. (In Persian with English Summary).

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 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. Journal of the Science of Food and Agriculture 88:1144–1150.

Herencia, J.F., Ruiz-Porras, J.C., Melero, S., Garcia-Galavis, P.A., Morillo, E., Maqueda, C., 2007. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations, and yield. Agronomy Journal. 99, 973–983.

Kafi, M., 2002. Saffron, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. 276 pp. (In Persian).

Khazaei, M., Monfared, M., Kamgar Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2013. The trend of change for weight and number of saffron corms as affected by irrigation frequency and method in different years. Journal of Saffron Research 1:48–56. (In Persian with English Summary).

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2014. Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) during growing period (review article). Journal of Saffron Research. Accepted for publication. (In Persian with English Summary).

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

Koocheki, A., Jamshid Eyni, M., and Seyyedi, S.M. 2014 a. The effects of mother corm size, manure and chemical fertilizers on replacement corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research. Accepted for publication. (In Persian with English Summary).

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

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

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron

(*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25:44–85.

Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, Analytica Chimica Acta, 27: 31–36.

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

Naghdi Badi, H.A., Omidi, H., Golzad, A., Torabi, H., and Fotookian, M.H. 2011. Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. Journal of Medicinal Plants 10: 58–68. (In Persian with English Summary)

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

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

Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013 b. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy & Technology, 1: 55-70. (In Persian with English Summary).

Safadoust, A., Mosadeghi, M.R., Mahboubi, A.A., Norouzi, A., and Asadian, G.H., 2007. Short-term tillage and manure influences on soil structural properties. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11: 91–100. (In Persian with English Summary).

Tavakkoli, A., Sorooshzade, A., and Ghorbani Javid, M. 2014. Effect of buds removing and corm size on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology 1:69–84. (In Persian with English Summary).

White, P.J., and Veneklaas, E.J. 2012. Nature and nurture: the importance of seed phosphorus content. Plant Soil 357: 1–8.

Effect of corm planting density, organic and chemical fertilizers on formation and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms during phonological stages

Hassan Feizi*[1], Seyyed Mohammad Seyyedi[2] and Hossein Sahabi[3]

Received: 27 July 2014 Accepted: 25 November 2014

Abstract

Saffron (*Crocus sativus* L.) propagates by replacement corms producing from the mother corm after flowering during each season. In order to investigate the effect of corm planting density, organic and chemical fertilizers on formation and phosphorus uptake of saffron replacement corms during phonological stages, a field experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications, at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2013 and 2014 growing seasons. The experimental treatments were all combination of different levels of planting density (25, 50, 75 and 100 corms per m^2) and fertilizer sources (manure 25 t. ha^{-1}, chemical fertilizer (N 150 kg ha^{-1} + P 75 kg ha^{-1}) and control). Due to different sampling dates of replacement corms during phonological stages (21 November, 21 December, 20 January, 20 April and 21 May, respectively), the experimental data were analyzed as factorial - split in time based on a randomized complete block design. Based on results, the highest number of replacement corms lower than 4 g (5.8 corms per plant) were observed in fifth sampling stage and then decreased. In all levels of planting density (25 to 100 corms per m^2), the effects of manure on increasing the number, weight and phosphorus content of replacement corms in range of 4.1 to 8 and 8.1 to 12 g per plant were significantly higher than chemical fertilizer. In fifth sampling stage, by applying the manure, the weight and phosphorus content of replacement corms in range of 8.1 to 12 g per plant were significantly increased (approximately twice), as compared to chemical fertilizer. It seems the decrease in saffron yield as result to decreasing the corm planting density can be slightly offset by increasing the percentage of larger corms formation per plant.

Keywords: Manure, Phonological stages, Phosphorus content in corm.

1- Assistant Professor of Agriculture Faculty and Saffron Institute, University of Torbat-e-Heydarieh.
2- M.Sc. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
3- Faculty of Agriculture, University of Torbat-e-Heydarieh
(*- Corresponding author email: hasanfeizi@yahoo.com)