نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 729-719

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 719-729

بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال اول پس از کشت در واکنش به تراکم کاشت و میزان کود دامی

علیرضا کوچکی [1]، پرویز رضوانی مقدم[1*]، عبداله ملافیلابی[2] و سید محمد سیدی[3]

تاریخ دریافت: 1390/12/17
تاریخ پذیرش: 1391/05/09

چکیده

به منظور بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در واکنش به کشت پرتراکم و کاربرد کود دامی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 20 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار سطح تراکم کاشت (100، 200، 300 و400 بنه در متر مربع) و پنج کاربرد سطح کود دامی (صفر (عدم کاربرد کود دامی)، 40، 60، 80 و 100 تن در هکتار) تعیین شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی بر تعداد گل، عملکرد گل خشک و نیز عملکرد کلاله + خامه زعفران بود. همچنین اثرات متقابل تراکم کاشت بنه × کاربرد کود دامی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ذکر شده داشت. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت تا سطح 400 بنه در متر مربع، عملکرد گل تر و گل خشک زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین در تراکم کاشت 400 بنه در متر مربع نیز کاربرد کود دامی تا سطح 80 تن در هکتار، تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد گل تر و خشک زعفران داشت. با این وجود نتایج نشان داد که در سطوح بالای تراکم کاشت بنه، واکنش پذیری زعفران به کاربرد کود دامی بیش از سطوح پایین تراکم کاشت بود. از این رو، به نظر می‌رسد که برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کوددهی زعفران می‌بایست با در نظر گرفتن سطح مورد نظر تراکم کاشت صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کلاله، عملکرد گل خشک، کود آلی

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی تک‌لپه و ژئوفیت[4] می‌باشد که به خانواده زنبق[5] تعلق دارد (Behboodi & Samadi, 2004; Molina et al., 2004). بین 85 گونه متعلق به جنس *Crocus*، گونه *C. sativus* به عنوان مهم‌ترین گونه این جنس شناخته می‌شود (Caiola, 2004). این گیاه به دلیل برخورداری از خواص درمانی در بهبود بیماری‌هایی مانند دیس‌لیپیدمی[6]، تصلب شریان[7]، ایسکمی میوکارد[8]، سرطان و ورم مفاصل، جایگاه ویژه‌ای در صنایع دارویی و علوم پزشکی دارد (Xi et al., 2007; Giaccio, 2004).

زعفران به عنوان گران‌ترین ادویه جهان (Rezvani Moghaddam et al., 2010) و نیز یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و باغی ایران (Javadzadeh, 2011)، از جمله اقلام صادراتی مهم در کشور به شمار می‌رود (Omidi et al., 2009). روند رو به رشد سهم صادرات زعفران از کل صادرات غیر نفتی، ارز آوری قابل توجه و همچنین ایجاد درآمد و اشتغال زایی برای جامعه روستایی کشور (Aghaei & Rezagholizadeh, 2011)، لزوم توجه به افزایش تولید پایدار این گیاه را دو چندان می‌سازد. علاوه بر این، زعفران به دلیل نیاز به آب کم، امکان بهره‌برداری طولانی با یک‌بار کاشت، عدم نیاز به ماشین آلات سنگین و نیز برخورداری از صفات ویژه بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی، می‌تواند به عنوان گیاهی جایگزین

1، 2 و 3- به ترتیب استادان قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، استادیار پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

4- Geophyte
5- Iridaceae
6- Dyslipidemia
7- Atherosclerosis
8- Myocardial ischemia

در نظام‌های کم‌نهاده مورد توجه باشد (Koocheki et al., 2012; Aghaei & Rezagholizadeh, 2011).

ایران با وجود دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت و تولید زعفران در دنیا (80-90 درصد) (De-Los-Mozos-Pascual et al., 2009)، در واحد سطح از متوسط تولیدی حتی کمتر از نصف میانگین جهانی برخوردار است (Javadzadeh, 2011). در این راستا، عدم مدیریت صحیح تراکم کاشت بر اساس عملیات آماده سازی زمین و نیز روش کاشت زعفران، از مهم‌ترین عوامل در کاهش عملکرد زعفران بوده (Javadzadeh, 2011) و از سویی دیگر تنظیم صحیح تراکم کاشت به عنوان یکی از اصلی‌ترین عملیات زراعی مؤثر در جذب منابع محیطی به شمار می‌رود (Izadi et al., 2010). تعیین اصولی تراکم کاشت می‌تواند با تأثیر بر طول دوره بهره‌برداری زعفران منجر به افزایش عملکرد و نیز کاهش طول دوره کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد شود (Behdani et al., 2006; Abrishami, 1997). در این ارتباط کوچکی و همکاران(Koocheki et al., 2012) گزارش کردند که در طی سه سال بهره‌برداری از زمین، افزایش تراکم بنه از چهار به 12 تن بنه در هکتار، تعداد گل، وزن تر و خشک گل‌های تولید شده و نیز وزن تر و خشک کلاله زعفران در واحد سطح را به طور مؤثری افزایش داد. نتایج تحقیق بهنیا (Behnia, 2009) نیز نشان داد که بر حسب روش کاشت، تعیین تراکم کاشت مناسب می‌تواند نقش چشمگیری در بهبود عملکرد زعفران داشته باشد.

علاوه بر تراکم کاشت، تغذیه گیاه نیز از مؤثرترین راهکارهای زراعی به منظور افزایش عملکرد کمی و نیز میزان مواد مؤثره در گیاهان دارویی می‌باشد (Izadi et al., 2010). بررسی ارتباط بین مصرف کودها و عناصر غذایی با شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران می‌تواند الگوی مناسبی از چگونگی مصرف بهینه کودها و عناصر غذایی مورد نیاز این گیاه را فراهم کند (Behdani et al., 2006). تحقیقات نشان داده است که بر خلاف نیاز کودی کم زعفران (Rezvani Moghaddam et al., 2010; Behdani et al., 2006)، تا 80 درصد تغییرات عملکرد گل در این گیاه به متغیرهای خاک مانند مواد آلی وابسته بوده و تنها 10 درصد این تغییرات به فراهمی آب بستگی دارد (Nehvi et al., 2010; Shahande, 1990). بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2006) نیز در مطالعه روابط بین مصرف عناصر غذایی و عملکرد زعفران در پهنه اقلیمی مرکز و جنوب خراسان، 67 درصد تغییرات عملکرد زعفران در مناطق ذکر شده را تحت تأثیر مصرف کودهای دامی و فسفر دانستند. بر این اساس، با در نظر گرفتن نقش ویژه کود های دامی در افزایش فراهمی مواد آلی و بازچرخش عناصر غذایی در خاک (Limon-Ortega et al., 2008; Mando et al., 2005)، مصرف کود دامی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود پایداری تولید زعفران داشته باشد. در ارتباط با نقش مثبت کود های دامی، جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی نقش معنی‌داری در افزایش تعداد گل و نیز وزن کلاله خشک زعفران در واحد سطح داشت. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) بهبود عملکرد گل و کلاله خشک زعفران را تحت تأثیر افزایش سطوح کود دامی مشاهده کردند. امیری (Amiri, 2008) نیز ضمن آن که افزایش سطح برگ، میزان عناصر غذایی در برگ و نیز عملکرد کلاله زعفران را در نتیجه مصرف کود دامی مشاهده کرد، اظهار داشت کاربرد کود دامی می‌تواند در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند میزان مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در خاک تأثیرگذار باشد.

به طورکلی، در مطالعات انجام شده در ایران، کشت ردیفی با تراکم 50 بوته در متر مربع برای کسب حداکثر عملکرد زعفران توصیه شده است (Kafi, 2002). با این وجود در بیشتر مزارع زعفران، این گیاه در تراکم‌های پایین مورد کشت قرار می‌گیرد که این روش ممکن است از لحاظ اقتصادی در سال اول توجیه پذیر نباشد. از این - رو انتظار می‌رود که با در نظر گرفتن الگوهای کشت پرتراکم زعفران بتوان این کاهش عملکرد را تا حدودی در سال‌های اولیه تولید جبران نمود (Koocheki et al., 2011 b). بر این اساس، هدف از اجرای این آزمایش بررسی عملکرد گل و بنه زعفران در واکنش به کاربرد کود دامی در شرایط کشت پر تراکم بنه در سال اول بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 20 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا در سال زراعی 90-1389 به اجرا در آمد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد (جدول 1).

تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار سطح تراکم کاشت (100، 200، 300 و400 بنه در مترمربع) و پنج سطح کاربرد کود دامی (صفر (عدم کاربرد کود دامی)، 40، 60، 80 و 100 تن در هکتار) تعیین شدند. زمین مورد نظر در سال قبل از اجرای آزمایش زیر کشت جو بود. پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین به وسیله لولر، کرت‌هایی با ابعاد 1×2 متر ایجاد گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	کربن آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	SP	T.N.V
23	47	30	0.05	35.5	245	0.65	8.10	1.91	36.80	15.73

فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به ترتیب 0/5 و سه متر در نظر گرفته شد. اعمال کود دامی بر حسب تیمار های ذکر شده پیش از کاشت صورت گرفت. در طول فصل رشد زعفران از هیچ‌گونه کود شیمیایی و پایه استفاده نگردید. عملیات کاشت در 15 خرداد 1389 و توسط بنه‌های 8-4 گرمی که از مزرعه زعفران دانشکده کشاورزی مشهد تهیه شده بود، انجام شد. استفاده از بنه‌های با وزن نسبتاً پایین نیز با در نظر گرفتن هدف اجرای آزمایش که بررسی اثر تراکم و کود دامی در افزایش اندازه بنه های دختری بود، صورت گرفت. عمق کاشت بنه‌ها 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود دامی همزمان با کاشت به خاک اعمال شد. بر اساس نتایج تحقیقات قبلی، اولین آبیاری در 17 مرداد (آبیاری تابستانه) انجام گرفت. علاوه بر آبیاری تابستانه، در طول فصل رشد پنج مرحله آبیاری به ترتیب در 15 مهر (به منظور تسهیل در گل‌دهی)، 20 آبان (پس از برداشت گل و ظهور برگ‌ها)، 23 آذر (بعد از وجین علف‌های هرز زمستانه)، 25 اسفند 1389 و 15 فروردین 1390 (به منظور تکمیل رشد بنه ها) انجام گرفت. در طول مراحل اجرای آزمایش از هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی استفاده نشد.

عملیات برداشت گل در اواسط آبان ماه 1389 و عملیات برداشت بنه در نیمه اول خرداد 1390 انجام شد. تعداد گل، عملکرد گل تر و خشک، عملکرد کلاله، عملکرد کلاله + خامه، نسبت کلاله به گل خشک و نیز نسبت کلاله + خامه به گل خشک در کل مساحت هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد و عملکرد بنه‌های دختری زیر 10 گرم، بالای 10 گرم و نیز کل بنه‌های هر کرت به صورت تخریبی و از مساحتی معادل 25 × 40 سانتی‌متر تعیین شد. وزن خشک گل، کلاله و خامه در هر کرت پس از خشک کردن نمونه‌ها در فضای آزاد تعیین شد.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم افزار SAS 9.1 و Mstat-c و برای رسم اشکال مربوطه از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی بر تعداد گل زعفران بود (جدول 2). همچنین اثرات متقابل تراکم کاشت بنه × کاربرد کود دامی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص ذکر شده داشت (جدول 2). نتایج نشان داد که افزایش تراکم کاشت بنه نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار تعداد گل زعفران در واحد سطح داشت. به طوری‌که در تمامی سطوح کاربرد کود دامی (صفر تا 100 تن در هکتار)، بیشترین تعداد گل در تراکم کاشت 400 بنه در متر مربع مشاهده گردید (شکل 1). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) نیز گزارش کردند که در سال اول و دوم اجرای آزمایش، با افزایش تراکم کاشت بنه (از هشت به 21 تن در هکتار) تعداد گل زعفران در واحد سطح به طور معنی‌داری افزایش یافت. از سویی دیگر در تراکم کاشت 400 بنه نیز با افزایش کاربرد کود دامی تا سطح 80 تن در هکتار، تعداد گل زعفران به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. (شکل 1). نتایج تحقیق جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) نیز حاکی از نقش مؤثر کاربرد کود دامی در افزایش تعداد گل زعفران بود. با این وجود، از آنجایی‌که عملکرد گل زعفران در سال اول کاشت این گیاه عمدتاً تحت تأثیر میزان اندوخته غذایی در بنه بوده و فراهمی عناصر غذایی ناشی از کاربرد کودها از اهمیت چندانی برخوردار نیست، نقش مؤثر کاربرد کود دامی در بهبود عملکرد گل در سال اول کاشت زعفران را می‌توان ناشی از فراهمی مواد آلی دانست. افزایش میزان ماده آلی خاک می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن خصوصیات فیزیکو شیمیایی[1] خاک مانند تعدیل درجه حرارت، فراهمی رطوبت، خاک‌دانه‌بندی و کاهش سختی خاک (Foroughifar & Pour Kasmani, 2002; Chen et al., 2005)، در تسریع و افزایش گل‌دهی زعفران مؤثر باشد.

1- Physicochemical properties

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه گل زعفران در آزمایش

Table 2- Variance analysis of studied flower characteristics of saffron in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Flower number	عملکرد گل تر Fresh flower yield	عملکرد گل خشک Dry flower yield	عملکرد کلاله خشک Dry stigma yield	عملکرد کلاله و خامه خشک Dry stigma + style yield	نسبت کلاله به گل خشک Stigma / dry flower ratio	نسبت کلاله + خامه به گل خشک Stigma+ style / dry flower ratio
بلوک Block		2	1.0 ^{ns}	21.6 ^{ns}	0.5 ^{ns}	1937.3 ^{ns}	3499.8 ^{ns}	3.1266667E-7 ^{ns}
تراکم کاشت Planting density		3	974.1 **	20630.5 **	318.6 **	1854069.3 **	3348424.7 **	2.455E-7 ^{ns}
کود دامی Manure	4	30.0 **	635.6 **	9.6 **	57120.0 **	103207.4 **	3.6941667E-7 ^{ns}	6.6691667E-7 ^{ns}
تراکم کاشت × کود دامی Planting density × manure	12	5.8 **	123.4 **	1.8 **	11092.5 **	20032.7 **	3.3952778E-7 ^{ns}	6.1936111E-7 ^{ns}
خطا Error	38	1.8	38.3	0.6	3438.3	6205.5	0.00000036	0.00000066

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد ($P\leq0.05$)، یک درصد ($P\leq0.01$) و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

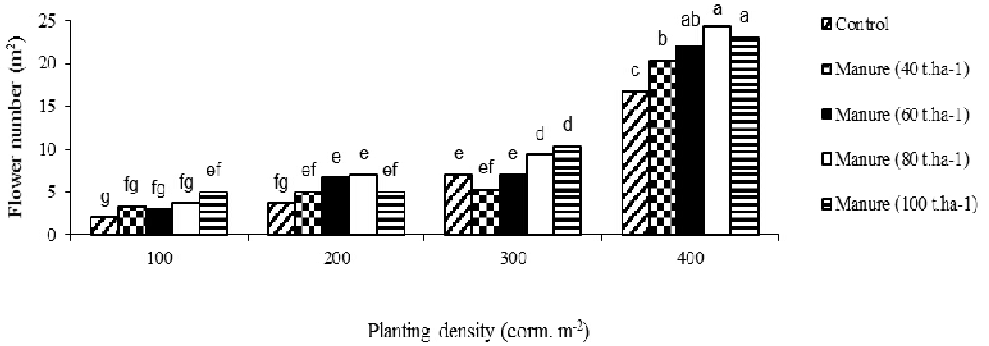
جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه بنه زعفران در آزمایش

Table 3- Variance analysis of some studied corm characteristics of saffron in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد بنه‌های خواهری زیر ۱۰ گرم Number of replacement corm lesser than 10 g	تعداد بنه‌های خواهری بالای ۱۰ گرم Number of replacement corm more than 10 g	تعداد کل بنه Total corm number	عملکرد بنه‌های خواهری زیر ۱۰ گرم Yield of replacement corm lesser than 10 g	عملکرد بنه‌های خواهری بالای ۱۰ گرم Yield of replacement corm more than 10 g	عملکرد کل بنه Total corm yield
بلوک Block	2	112302.6 **	25.72 **	109161.1 **	28500357.9 **	244500.0 **	26264507.9 **
تراکم کاشت Planting density	3	153960.1**	4.6 ns	155490.4 **	131871182.2 **	46090.6 ns	136370297.5 **
کود دامی Manure	4	20763.1 ns	4.3 ns	20751.4 ns	6855896.6 ns	41847.5 ns	7258267.7 ns
تراکم کاشت × کود دامی Planting density × manure	12	17165.3 ns	2.4 ns	17137.7 ns	12417997.1 **	22669.7 ns	12632323.9 **
خطا Error	38	9260.8	2.1	9240.3	3880226.3	20033.3	3888283.1

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد ($P\leq0.05$)، یک درصد ($P\leq0.01$) و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.



شکل 1- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر تعداد گل زعفران

Fig. 1- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on number of saffron flowers

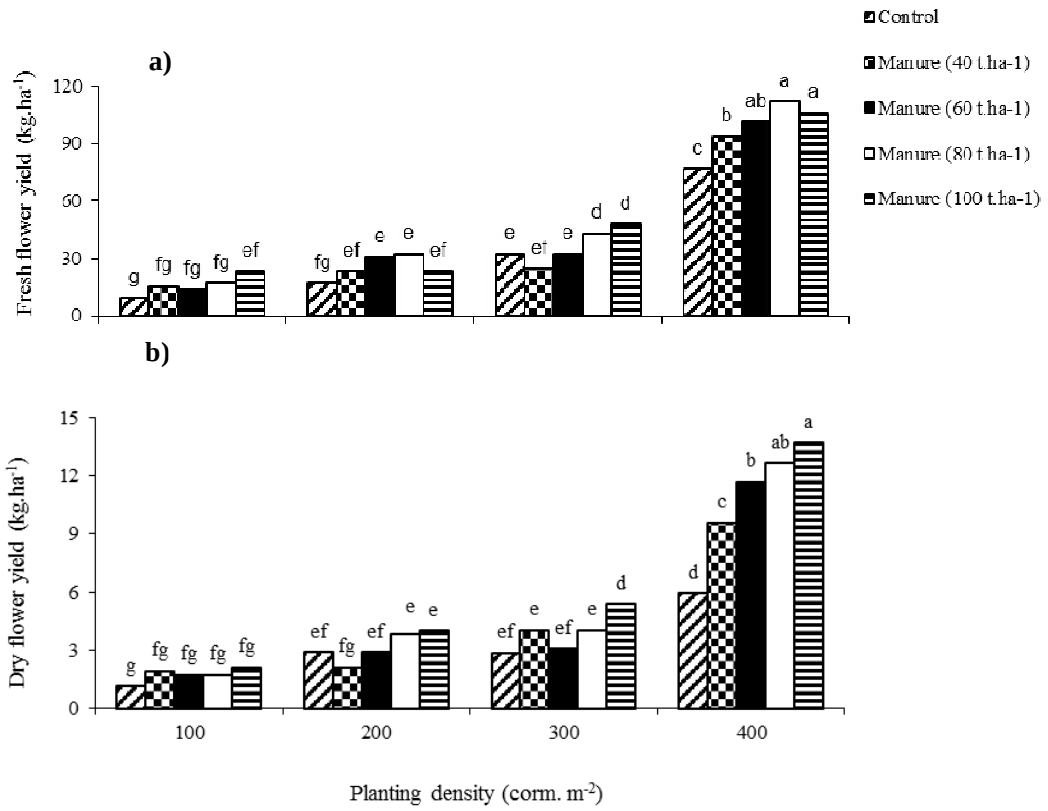
عملکرد گل تر و گل خشک

همانند تعداد گل، نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل تراکم کاشت بنه x کاربرد کود دامی بر عملکرد گل تر و گل خشک زعفران بود (جدول 2). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت تا سطح 400 بنه در متر مربع، عملکرد گل تر و گل خشک زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل 2 (a و b)). همچنین در تراکم 400 بنه نیز افزایش کاربرد کود دامی تا سطح 80 تن در هکتار، تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد گل تر و گل خشک زعفران داشت (شکل a و 2b). همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، نقش مؤثر کاربرد کودهای آلی در افزایش عملکرد گل زعفران در سال اول کاشت این گیاه را می‌توان ناشی از اثرات مثبت فراهمی مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی و ساختار خاک دانست. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) نیز افزایش عملکرد گل تر و کلاله خشک زعفران را در نتیجه افزایش سطوح کود دامی گزارش کردند. نقش کود دامی در افزایش عملکرد گل زعفران را می‌توان در ارتباط با تأثیر مثبت این کود در فراهمی و آزاد سازی متعادل عناصر غذایی و نیز بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک عنوان نمود. در این ارتباط بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2006) نیز ضمن مشاهده ارتباط مثبت بین عملکرد مزارع زعفران با فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد کود دامی، اظهار داشتند که آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از کود دامی علاوه بر تأمین نیازهای غذایی گیاه می‌تواند تأثیر مثبتی بر ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد. از سویی دیگر، نتایج نشان داد که با وجود آن که در تراکم کاشت 100 و 200 بنه در متر مربع، تأثیر سطوح کود دامی در افزایش عملکرد گل خشک زعفران معنی‌دار نبود، در تراکم کاشت 300 و 400 بنه در متر مربع، کاربرد کود دامی نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار شاخص ذکر شده داشت. به طوری که در تراکم کاشت 400 بنه در متر مربع، کاربرد 80 تن کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش عملکرد گل خشک زعفران تا 112 درصد شد (شکل 2 (a و b)). به عبارتی دیگر، نتایج نشان داد که در سطوح بالای تراکم کاشت بنه، واکنش‌پذیری زعفران به کاربرد کود دامی بیش از سطوح پایین تراکم کاشت بود. از این‌رو به نظر می‌رسد برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کودی زعفران می‌بایست با درنظر گرفتن سطح مورد نظر تراکم کاشت در این گیاه صورت گیرد.

عملکرد کلاله و کلاله + خامه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت و کود دامی و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد کلاله و نیز عملکرد کلاله+ خامه زعفران بود (جدول 2). نتایج نشان داد که همانند عملکرد گل تر و خشک، عملکرد کلاله و کلاله + خامه زعفران نیز با افزایش تراکم کاشت بنه در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل 3 (a و b)). در این ارتباط بهنیا (Behnia, 2009) در بررسی روش کاشت زعفران به صورت ردیفی و کپه‌ای، افزایش معنی‌دار عملکرد گل خشک و عملکرد کلاله + خامه زعفران را در نتیجه افزایش تراکم کاشت بنه مشاهده نمود. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2009) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم کاشت از دو به هشت بنه در هر کپه (44/4 به 177/6 بنه در مترمربع) به طور معنی‌داری منجر به افزایش وزن خشک برگ و اندام‌های هوایی، عملکرد کلاله و شاخص برداشت زعفران شد.

اثرات مثبت تراکم کاشت در بهبود عملکرد گل و کلاله زعفران را می‌توان در جذب بهتر و بیشتر منابع محیطی توسط این گیاه عنوان نمود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) نیز ضمن مشاهده افزایش معنی‌دار وزن خشک گلبرگ و نیز کلاله زعفران در نتیجه افزایش تراکم کاشت بنه، گزارش کردند که تراکم بالای کاشت زعفران می‌تواند منجر به تسریع گل‌دهی، بهره‌برداری زودتر و بیشتر از مزارع تحت کشت این گیاه شده و در نهایت باعث افزایش کارآیی و بازگشت سرمایه اقتصادی شود. همچنین نتایج اثرات متقابل تراکم کاشت و کود دامی حاکی از تأثیر معنی‌دار کاربرد کود دامی در افزایش عملکرد کلاله و کلاله + خامه زعفران بود (جدول 2).



شکل 2- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد گل تر a) و گل خشک b) زعفران

Fig. 2- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on fresh flower a) and dry flower yield b) of saffron

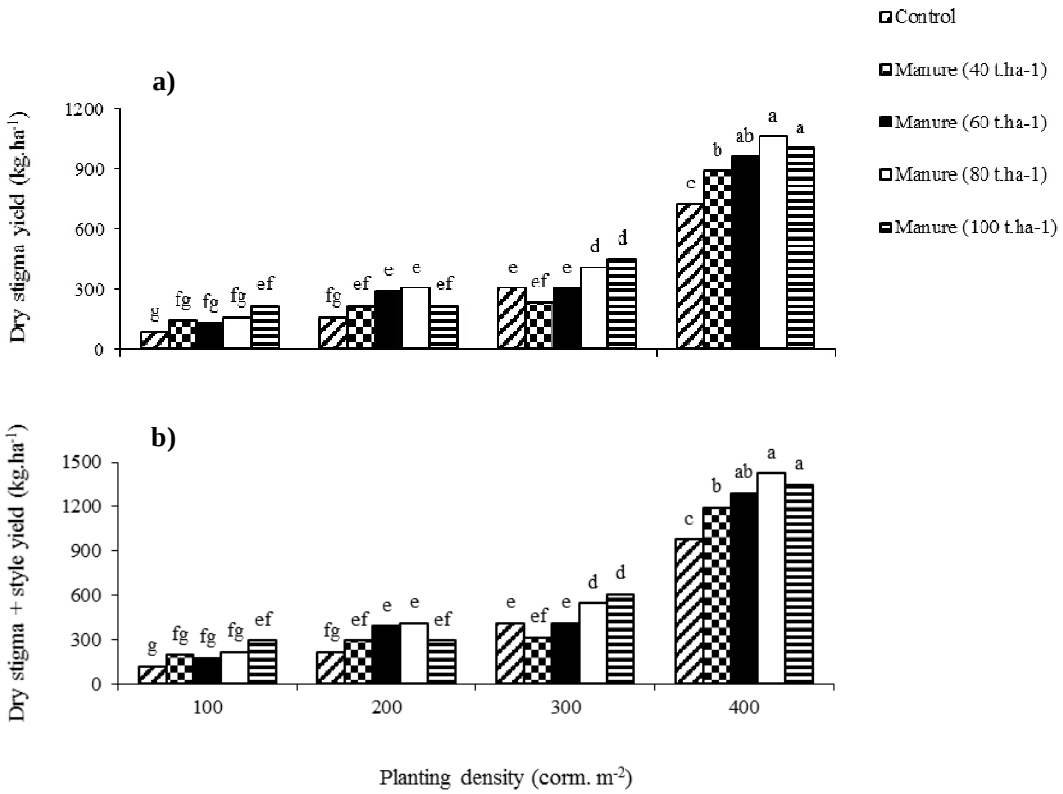
به طوری‌که در تراکم کاشت 400 بنه در متر مربع، کاربرد کود دامی تا سطح 60 تن در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله و نیز کلاله + خامه زعفران به ترتیب تا 33 و 32 درصد شد (شکل 3 (a و b)). از سویی دیگر، با وجود نقش مؤثر کاربرد کود دامی تا سطح 60 تن در هکتار در افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله و نیز عملکرد کلاله + خامه زعفران، نتایج نشان داد که افزایش کاربرد کود دامی بیش از 60 تن در هکتار تأثیری در افزایش معنی‌دار شاخص‌های ذکر شده نداشت. در این ارتباط بهدانی و همکاران نیز به نقل از شاهنده (Shahande, 1990) اظهار داشتند که افزایش بیش از حد میزان نیتروژن در خاک ناشی از مصرف کودهای معدنی و آلی ممکن است با تحت تأثیر قرار دادن نسبت کربن به نیتروژن، منجر به تأخیر در گل‌دهی و در نهایت کاهش عملکرد زعفران شود.

نسبت کلاله به گل خشک و نسبت کلاله + خامه به گل خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی و نیز اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر نسبت کلاله به گل خشک و نیز نسبت کلاله + خامه به گل خشک از جمله شاخص‌هایی در زعفران می‌باشد که در ارتباط با شرایط مدیریتی مانند اعمال کود یا سطوح تراکم نبوده و بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ مورد مطالعه قرار دارد. به عبارتی دیگر، بر حسب اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد گل خشک و کلاله خشک زعفران (شکل‌های 2b و 3a)، به نظر می‌رسد که اعمال تیمارهای ذکرشده و یا سایر شرایط مدیریتی، عملکرد گل و کلاله زعفران را به یک نسبت افزایش یا کاهش دهد، به طوری که نسبت این دو شاخص کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

تعداد و عملکرد کل بنه‌های تولید شده در خاک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول 3)، با وجود تأثیر معنی‌دار تراکم کاشت بنه بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز تعداد کل بنه‌های تولید شده در خاک (تعداد کل بنه‌های دختری)، اثر سطوح کود دامی و نیز اثرات متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی بر شاخص‌های ذکر شده معنی‌دار نبود.



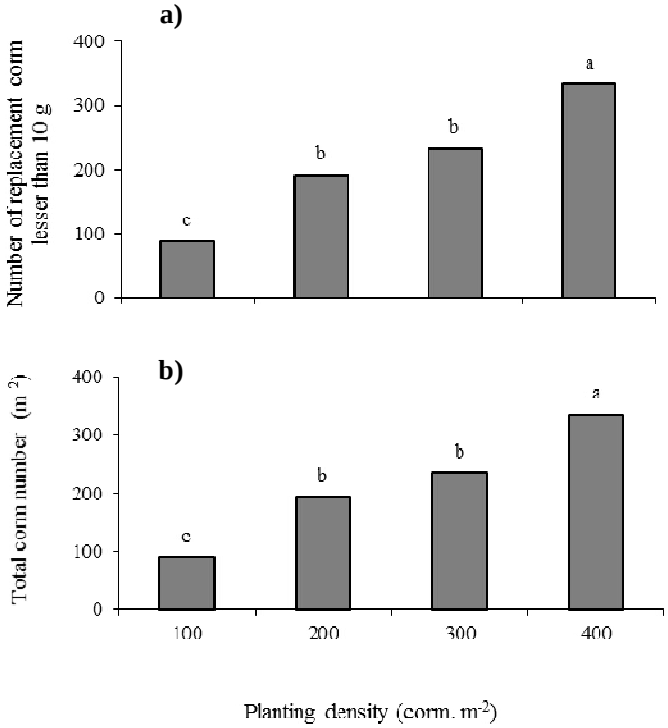
شکل 3- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد کلاله خشک a) و کلاله + خامه خشک b) زعفران

Fig. 3- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer rates on dry stigma a) and dry stigma + style yield b) of saffron

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل 4 (a و b)، با افزایش چهار برابری تراکم کاشت از سطح 100 به 400 بنه در متر مربع، تعداد بنه-های دختری کمتر از 10 گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری در خاک تا حدود چهار برابر افزایش یافت. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2009) نیز افزایش تعداد بنه‌های تولید شده در متر مربع را در نتیجه افزایش تراکم کاشت از دو به هشت بنه در کپه (44/4 به 177/6 بنه در مترمربع) مشاهده نمودند.

به طور کلی، بنه‌هایی با وزنی در حدود 8 تا 10 گرم، از عملکرد گل قابل قبولی برخوردار بوده و با کاهش وزن بنه، عملکرد گل زعفران رو به کاهش می‌گذارد (Pandey et al., 1979). با مقایسه تعداد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری در هر یک از سطوح تراکم کاشت بنه (شکل 4 (a و b))، مشاهده شد که تقریباً تمامی بنه‌های تولید شده در سال اول دارای وزنی کمتر از 10 گرم بوده و تعداد بسیار کمی از بنه‌های تولید شده در خاک از وزنی بالاتر از 10 گرم برخوردار بودند. با در نظر گرفتن دوره زمانی در حدود یک سال از کاربرد کود دامی تا برداشت بنه‌های دختری و در نتیجه فرصت کافی جهت آزاد شدن عناصر غذایی از مواد آلی و تبدیل به شکل قابل جذب برای زعفران، می‌توان اظهار داشت که پایین بودن اندازه بنه‌های دختری در سال اول تحت تأثیر کمبود عناصر غذایی در خاک نبوده، بلکه مرتبط با خصوصیات مورفولوژیکی و یا فیزیولوژیکی زعفران می‌باشد. از سویی دیگر، با توجه به ارتباط مستقیم بین اندازه بنه و عملکرد تولیدی زعفران (Nassiri Mahallati, et al., 2007)، به نظر می‌رسد که بنه‌های تولید شده در سال اول کشت زعفران، ممکن است جهت کاشت چندان مناسب نباشند.

علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار اثر متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ذکر شده بر عملکرد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری زعفران معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار سطوح تراکم کاشت در افزایش عملکرد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری تولید شده بود (شکل 5 (a و b)).



شکل 4- اثر تراکم کاشت بنه بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم a) و تعداد کل بنه b) زعفران

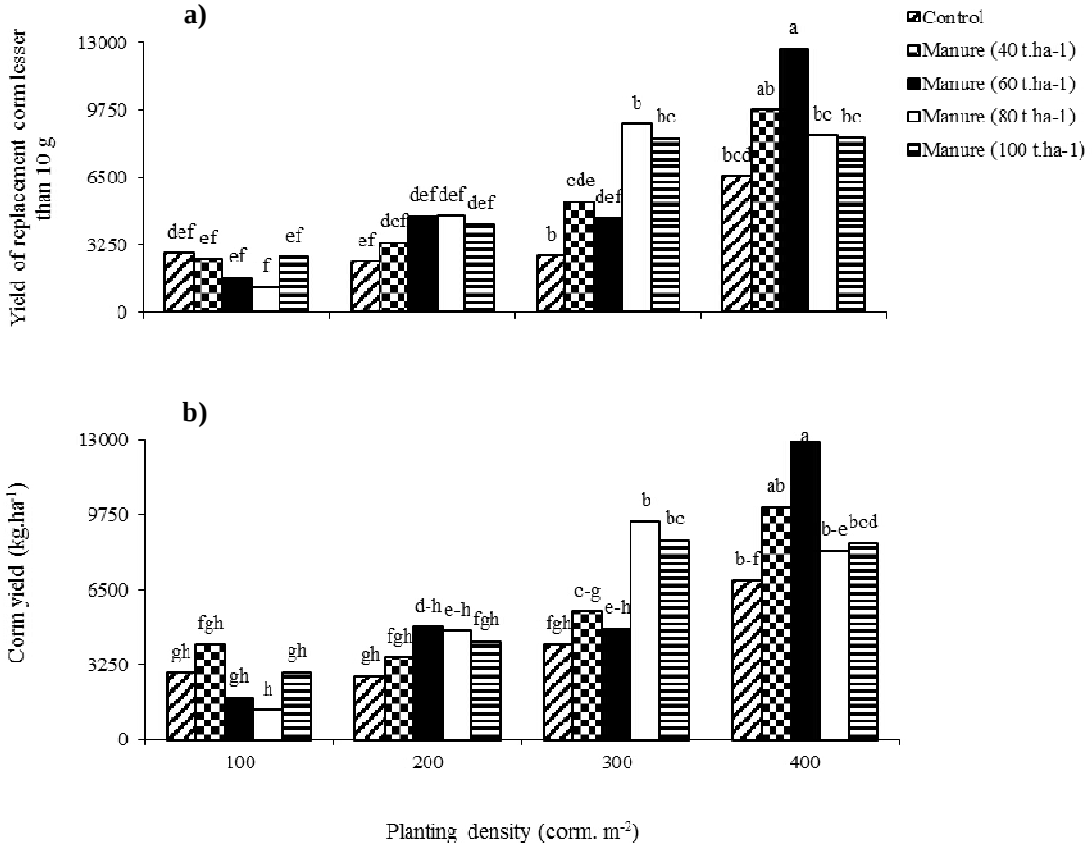
Fig. 4- Effects of corm planting density on number of replacement corm lesser than 10 g. a) and total corm number b) of saffron

از این رو به نظر می‌رسد که در سال اول اجرای آزمایش، تأثیر اثر متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی در افزایش عملکرد کل بنه-های دختری بیشتر در ارتباط با اندازه بنه بوده و تعداد بنه‌های تولید شده از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد. با این وجود، با توجه به ماهیت چندساله بودن دوره تولید زعفران، می‌بایست تأثیر افزایش تراکم کاشت بر اندازه و وزن بنه‌های تولید شده در سال‌های بعدی را نیز مد نظر قرار داد؛ زیرا در شرایط کاشت متراکم بنه، افزایش تعداد بنه‌های تولیدی در خاک ممکن است تأثیر منفی بر وزن و عملکرد نهایی این بنه‌ها داشته باشد. در این راستا نتایج تحقیق سه ساله کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011 a) نیز نشان داد که با افزایش تعداد بنه در واحد سطح، به دلیل تولید بنه‌های کوچک‌تر، وزن خشک این بنه‌ها در واحد سطح رو به کاهش گذاشت.

از سوی دیگر، در تراکم کاشت 400 بنه در متر مربع، با وجود نقش مؤثر کاربرد کود دامی تا سطح 60 تن در هکتار در افزایش معنی‌دار عملکرد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری در خاک، نتایج نشان داد که افزایش کاربرد کود دامی بیش از 60 تن در هکتار، تأثیری در بهبود شاخص‌های ذکر شده نداشت (شکل a و b 5)، همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر گردید، کاربرد بیش از حد کود دامی ممکن است در کوتاه مدت بر رشد و عملکرد زعفران تأثیر نامطلوبی داشته باشد و با گذشت زمان و در درازمدت، اثرات مثبت آن بروز کند.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج آزمایش حاکی از نقش مؤثر کاربرد کود دامی در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران بود. همچنین نتایج نشان داد که در سال اول، افزایش مطلوب تراکم کاشت بنه زعفران می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران داشته باشد. از این رو، همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر گردید، برنامه‌ریزی پیرامون مدیریت صحیح کودی زعفران می‌بایست بر حسب تراکم مورد نظر کاشت انجام شود. از سویی دیگر، با در نظر گرفتن تولید سالانه بنه‌های زعفران در خاک و نیز توجه به تولید دراز مدت و پایدار مزارع این گیاه، تراکم کاشت مطلوب بنه‌های زعفران می‌بایست با در نظر گرفتن مجموعه عواملی تعیین شود که می‌توانند بر تعداد و اندازه بنه-های تولید شده زعفران در خاک تأثیر گذار باشند.



شکل 5- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد بنه‌های دختری کمتر از 10 گرم a) و عملکرد کل بنه b) زعفران

Fig. 5- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on yield of replacement corm lesser than 10 g. a) and total corm yield b) of saffron

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد 22 پ مورخ 89/01/23 تأمین شده است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاس‌گزاری می‌گردد.

منابع

1. Abrishami, M.H. 1997. Saffron of Iran. Toss Publications, Tehran, Iran. 320 pp. (In Persian)
2. Aghaei, M., and Rezagholizadeh, M. 2011. Iran's comparative advantage in production of saffron. Journal of Agricultural Economics and Development 25: 121-132. (In Persian with English Summary)
3. Amiri, M.E. 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 4: 274-279.
4. Behboodi, B.S., and Samadi, L. 2004. The morphological study of amyloplast distribution in *Crocus sativus* L. fibrous roots. ISHS Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 49-54.
5. 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)
6. 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)

7. Caiola, M.G. 2004. Saffron reproductive biology. Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 25-38.
8. Chen, S., Zhang, X., Pei, D., and Sun, H. 2005. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 21: 171-173.
9. De-Los-Mozos-Pascual, M., Fernández, J.A., and Roldán, M. 2010. Preserving biodiversity in saffron: The *crocus* bank project and the world saffron and *Crocus* collection. Acta Horticulturae 850 (Third International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics): 23-28.
10. Foroughifar, H., and Pour Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 336 pp. (Translated in Persian)
11. Giaccio, M. 2004. Crocetin from saffron: an active component of an ancient spice. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 44: 155-172.
12. Izadi, Z., Ahmadvand, G., Esna-Ashari, M., and Piri, K. 2010. The effect of nitrogen and plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8: 824-836. (In Persian with English Summary)
13. Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. Acta Horticulturae 739: 81-86.
14. Javadzadeh, S.M. 2011. Prospects and problems for enhancing yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Iran. International Journal of Agriculture: Research and Review 1: 21-25.
15. Kafi, M. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publication, Mashhad, Iran. 276 pp. (In Persian)
16. Koochaki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2012. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. Iranian Journal of Horticultural Science 42: 379-391. (In Persian with English Summary)
17. Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A. 2011a. 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)
18. Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011 b. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Journal of Agroecology 3: 36-49. (In Persian with English Summary)
19. Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy 29: 21-28.
20. Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. Soil and Tillage Research 80: 95-101.
21. Molina, R.V., García-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., Valero, M., Navarro, Y., and Guardiola, J.L. 2004. Flower formation in the saffron *Crocus* (*Crocus sativus* L.). The role of temperature. Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 39-48.
22. 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)
23. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 155-166. (In Persian with English Summary)
24. Nehvi, F.A., Lone, A.A., Khan, M.A., and Maghdoomi, M.I. 2010. Comparative study on effect of nutrient management on growth and yield of saffron under temperate conditions of Keshmir. Acta Horticulturae 850 (Third International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics): 165-170.
25. Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plant 8: 98-109.
26. Pandey, D., Pandey, V.S., and Srivastava, R.P. 1979. A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulture 6: 89-92.
27. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research.
28. Shahande, H. 1990. Evaluation of chemo-physical characteristic of soil due to saffron yield at Gonabad. Report of Khorasan Science and Technology Park. (In Persian)
29. Xi, L., Qian, Z., Xu, G., Zheng, S., Sun, S., Wen, N., Sheng, L., Shi, Y., and Zhang, Y. 2007. Beneficial impact of crocetin, a carotenoid from saffron, on insulin sensitivity in fructose-fed rats. Journal of Nutritional Biochemistry 18: 64-72.