بررسی روند تغییرات اندام‌های زیر زمینی زعفران در اثر کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی

زهرا رسولی، سعیده ملکی فراهانی[1] و حسین بشارتی

دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد؛ **zahra_rasouli@ymail.com**

استادیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شاهد؛ **maleki@shahed.ac.ir**

دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **hbesharati@swri.ir**

دریافت: 31/1/92 و پذیرش: 21/11/92

چکیده

زعفران زراعی از جمله گیاهان مزیت‌دار دارویی ایران می‌باشد. این گیاه عقیم بوده و تاکنون اصلاح آن از طریق به‌نژادی در کشور میسر نشده است؛ لذا کاشت بنه‌های بزرگ و بارورتر تنها گزینه موجود جهت تداوم عملکرد مطلوب در طی سالیان بهره‌وری از مزرعه می‌باشد. در این تحقیق تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی بر تعداد، ابعاد و عملکرد انواع بنه‌های زعفران بررسی شد. این آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 12 تیمار انجام شد. تیمارها شامل دو عامل کود شیمیایی نیتروژن در سه سطح (0، 50 و 100% مقدار توصیه شده مبنی بر آزمون خاک) و کودهای غیر شیمیایی در چهار سطح (بدون کود، 10 تن در هکتار ورمی کمپوست، کود زیستی حاوی باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس و تلفیق مقادیر کامل کود زیستی و ورمی کمپوست) بودند. نتایج نشان دادند که مصرف 50% مقدار توصیه شده نیتروژن، به همراه تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست بالاترین تعداد، عملکرد تر و خشک بنه‌های اصلی و دختری را به ترتیب با مقادیر 880 عدد در متر مربع، 4/1 کیلوگرم و 2/5 کیلوگرم در مترمربع تولید کرد. همچنین عملکرد خشک کل بنه 9/29 برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. پس از آن، تیمارهای تلفیق ورمی کمپوست با به ترتیب 100% و 50% کود شیمیایی مؤثرترین تیمارها بودند. در نهایت می‌توان اظهار نمود که کاربرد تلفیق کودهای غیر شیمیایی در ترکیب با نصف کودهای شیمیایی توصیه شده موفق ترین تیمار است.

واژه‌های کلیدی: بنه، باکتری‌های محرک رشد، ورمی کمپوست، کود نیتروژن

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: تهران، دانشگاه شاهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت واصلاح نباتات، کد پستی 3319118651

مقدمه

زعفران زراعی با نام علمی *Crocus sativus* L. از گیاهان بومی ایران بوده و از نظر ارزآوری، جلوگیری از مهاجرت و اشتغال زایی جزء محصولات استراتژیک محسوب می‌شود (کوچکی و جهان، 2009). بقای نسل این گیاه زراعی تنها از طریق کشت مجدد بنه‌های دختری و جانبی میسر می‌باشد؛ لیکن اندازه بنه اصلی ظرفیت گلدهی سالانه را تعیین می‌نماید. چرا که گل زعفران پس از خواب بنه و پیش از رویش برگ ظاهر شده و از ذخایر قبلیبنه بهره می‌برد. بنابراین آسیمیلات مازاد بر تنفس بنه صرف تشکیل بنه‌های جدید برای سال‌های آتی خواهد شد (کافی، 1381). از طرفی در انتهای سال زراعی با تحلیل ریشه و بنه اصلی، نیاز سایر بنه‌ها از طریق انتقال محتویات بنه اصلی و فتوسنتز برگ تأمین می‌شود. در این شرایط بنه‌های بزرگتر امکان دسترسی به مواد فتوسنتزی بیشتر، تسریع تقسیم سلولی، برگ آوری زودتر، ارتقای تعداد و وزن برگ، تعداد و وزن ریشه را فراهم می‌آورند. کاشت بنه‌های سنگین و بزرگ باعث توسعه رشد رویشی و زایشی، افزایش دوره بهره‌برداری از یک نوبت کشت و کاهش طول دوره بین کاشت تا اقتصادی شدن محصول می‌شود (کاووس اوغلو و ارکل، 2005). لذا افزایش عملکرد کلاله به قطر بنه اصلی وابسته است (کاوشال و اوپادیای، 2002)، به طوری که بزرگترین بنه (3/25 cm-3/75) بیشترین تعداد گل را به وجود آورد (منشی و همکاران، 2003). در طرف مقابل، کاشت بنه‌های کوچک و توسعه کم سطح برگ منجر به بروز نقص در بهره‌وری از نهاده‌ها و شرایط خاک شده؛ گلدهی اقتصادی سال اول به طور کامل از دست خواهد رفت (کافی، 1381).

زعفران زراعی اغلب در اقلیم خشک کشت می‌شود و با تنش‌های غیر زنده مختلف محیطی نیز روبرو است. این امر اثبات شده است که بنه‌هایی با تراکم ریشه، طول ریشه اصلی، نسبت ریشه به اندام هوایی و تعداد ریشه‌های جانبی بالا نسبت به کم آبی و تنش‌های محیطی مقاوم تر هستند؛ به طوری که این صفات معیارهای مقاومت به خشکی محسوب می‌شوند (میر شکاری و باصر، 1388). از طرف دیگر، در شرایط نامساعد مقادیر زیاد مواد فتوسنتزی برای رشد ریشه و برگ مصرف می‌شوند و غده زایی کاهش می‌یابد؛ اما بنه اصلی در شرایط مناسب مواد فتوسنتزی بیشتری را به تولید بنه‌های دختری و جانبی اختصاص می‌دهد. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در کیفیت خاک مزرعه کوددهی است. زعفران نیاز کودی پایینی دارد، لیکن 16-80% تغییرات عملکرد کلاله به فراهمی عناصر غذایی در اطراف بنه وابسته است (تمپرینی و همکاران، 2009).

در سال‌های اخیر به منظور حذف اثرات مخرب زیست محیطی کودهای شیمیایی، در معرفی کودهای غیر شیمیایی از جمله کودهای زیستی و ورمی کمپوست توجه خاصی شده است. بررسی‌های پیشین روی تأثیر کودهای زیستی بر گیاهان زراعی حاکی از افزایش 7/14% نسبت اندام زیر زمینی به هوایی (میر شکاری و باصر، 1388)، افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی (سراوان کومار و همکاران، 2011)، تسریع مرحله جوانه-زنی و افزایش رشد رویشی (ناگاناندا و همکاران، 2010) دارد. کود زیستی نیتروکسین با افزایش رطوبت خاک منجربه افزایش وزن بنه، درصد ماده خشک بنه و تعداد ریشه زعفران شد (کوچکی و همکاران، 1390)؛ در حالی که با کاربرد بیشتر کودهای شیمیایی فسفره از میزان بیوماس بخش هوایی و زمینی کاسته شد (اودونگو و همکاران، 2008). کاربرد جداگانه کود زیستی حاوی باکتری‌های باسیلوس (شرف الدین و همکاران، 2008)، سودوموناس (فیوری و همکاران، 2007) و ورمی کمپوست (نوی و همکاران، 2010) در عملکرد اندام‌های هوایی رویشی و زایشی زعفران به صورت معنی‌داری مؤثر گزارش شده اند؛ لیکن تحقیقی متمرکز بر آثار جداگانه و تلفیقی این منابع کودی در کنار کودهای شیمیایی رایج بر اندام‌های زیرزمینی این گیاه در دسترس نیست. بر این اساس، پژوهش حاضر به بررسی تأثیر منابع کودی شیمیایی و غیر شیمیایی بر خصوصیات بنه زعفران می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی زعفران دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی 91-1389 به اجرا در آمد. میانگین دمای ماهانه 16/98 °C، رطوبت نسبی 39/36%، ساعات آفتابی سالانه 3094/9 ساعت، میزان بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب 169/7 mm و 2541/6 mm در سال زراعی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول مشتمل بر مقادیر کود شیمیایی نیتروژن در سه سطح 0 (C_0)، 50 (C_{50}) و 100 (C_{100}) درصد مقدار توصیهٔ کودی بر اساس آزمون خاک و عامل دوم شامل کودهای غیر شیمیایی در چهار سطح شاهد (بدون کود)، ورمی کمپوست (V)، کود زیستی PGPR[2] حاوی باکتری‌های سودوموناس و

[1] 1-Plant Growth-Promoting Rhizobacteria
[2] Colony-Forming Unit

باسیلوس (B) و تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست (VB) بود. پس از شخم و آبیاری زمین، کرت‌هایی با مساحت 10 m^2 مسطح و مرزکشی شدند. عملیات تلقیح بنه‌ها با سوسپانسیون باکتری‌ها برای تیمارهای مربوط به کود زیستی (با تراکم جمعیت 10^8 CFU ^{2} در گرم) انجام و سپس در سایه خشک شدند.

بنه‌های سالم و بزرگ (10g-8) انتخاب و در تراکم 100 بوته در متر مربع با عمق، فاصله بین و روی ردیف به ترتیب 15، 20 و 5 سانتی متر در تاریخ 1389/6/25 با دست کاشته شدند. از عمق 30cm خاک، 5 نمونه تصادفی برداشته شد (جدول 1). بر اساس آزمون خاک و نیاز کودی گیاه، مقدار 46/6kg.ha^{-1} نیتروژن خالص (معادل 100 kg.ha^{-1} کود اوره) در نظر گرفته شد. در سال‌های اول و دوم، کود اوره در سه قسط مساوی هم زمان با کاشت، همراه آب پاک (پس از برداشت گل) و قبل از تکامل رشد برگ (اسفند ماه) به کرت‌های مربوطه افزوده شدند. ورمی کمپوست به مقدار 10 ton.ha^{-1}، هم زمان با کاشت در سال اول و در مهر ماه سال دوم داده شد (جدول 2). همچنین کود زیستی با تراکم 10^8 CFU در لیتر در سال اول با بنه مخلوط شده، پس از خشک شدن کاشته شد و در سال دوم به صورت مخلوط با آب اول قبل از گل به تیمارهای مربوطه افزوده شد. تیمارها در سال اول و دوم اعمال و صفات در سال دوم اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های بنه در اردیبهشت ماه 1391 از نقاط تصادفی چهار ردیف میانی جمع‌آوری شدند. تعداد، وزن و قطر اندام‌های زیر زمینی (بنه دختری و جانبی)، پس از جداسازی در دمای محیط اندازه‌گیری شدند. لازم به توضیح است که بنه دختری بر اساس قطر، زمان تشکیل، فاصله از بنه اصلی و توانایی گلزایی از بنه جانبی متمایز می‌شود. نمونه‌های بنه و پوشینه در دمای 30°C برای مدت 48 ساعت قرار گرفته و خشک شدند. جهت اندازه گیری قطر و وزن به ترتیب از دستگاه کولیس (Diamond Digital Vernier Caliper) با دقت 0/01 و ترازوی دیجیتال (Model GF-300; A&D Devices, Japan) با دقت 0/001 استفاده شد. تجزیه واریانس و بررسی همبستگی پیرسون دادگان با نرم افزار SPSS v.16.0 و C - MSTAT انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری 5% به دست آمد. جدول‌ها و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

جدول 1- نتایج اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ظرفیت زراعی	مواد خنثی شونده	میزان اشباع	OC	N	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu
		(درصد)						(میلی گرم در کیلوگرم)				
7/5	6/85	25/4	19/3	40	0/73	0/07	25	507	4/52	0/98	15/92	1/38

جدول 2 - نتایج حاصل از آزمون تجزیه کود ورمی کمپوست مورد استفاده در آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	OC	N	P	K	Fe	Zn	Mn	Cu	Mg	Ca
		(درصد)		(میلی گرم در کیلوگرم)						(میلی اکی والان در لیتر)	
8/5	6/21	17/5	2/24	1020	9340	75	37/85	30/5	6/124	11/8	5/2

نتایج

اثر کاربرد کودهای شیمیایی بر تمام صفات، به جز قطر بنه اصلی معنی‌دار بود. این اثرگذاری در مورد قطر بنه دختری و جانبی بزرگ، وزن خشک و عملکرد خشک بنه جانبی کوچک، وزن خشک پوشینه و میانگین قطر انواع بنه‌ها، تنها در سطح 5% معنی‌دار بود. کاربرد کودهای غیر شیمیایی بر تمامی صفات اثر معنی‌داری را نشان داد (0/01 و 0/001 > P). آثار متقابل کودها بر تعداد بنه اصلی در سطح 1%، قطر بنه اصلی و جانبی بزرگ در سطح 5% و سایر صفات در سطح 0/1% معنی‌دار به دست آمد (جدول‌های 3 و 4).

مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد که 50% کود شیمیایی (C_{50}) بر تعداد بنه اصلی و 100% کود شیمیایی (C_{100}) بر تعداد سایر بنه‌ها و تعداد کل آن‌ها بیشترین تأثیر را داشتند. عدم کاربرد کودهای غیر شیمیایی بر تعداد بنه دختری، کود زیستی (B) بر بنه‌های جانبی و تلفیق کودهای غیر شیمیایی (VB) بر تعداد بنه اصلی مؤثرترین بودند؛ همچنین تیمار B بر میانگین قطر انواع بنه‌ها بیشترین اثر را داشت (جدول 5 و 6). در آثار متقابل بنه

اصلی، دختری و جانبی بزرگ در اثر کاربرد تلفیق 50% کود شیمیایی، زیستی و ورمی کمپوست ($C_{50}VB$) به بالاترین تعداد رسیدند. تیمار کود زیستی (B) بیشترین اثر را بر تعداد بنه جانبی کوچک (500% افزایش نسبت به شاهد) به همراه داشت. سپس تیمارهای C_{50} و تلفیق 100% کود شیمیایی و ورمی کمپوست ($C_{100}V$) بر تعداد بنه اصلی، C_{100} و $C_{100}V$ بر تعداد بنه دختری و جانبی کوچک، B و تلفیق 50% کود شیمیایی و زیستی ($C_{50}B$) بر تعداد بنه جانبی بزرگ مؤثرترین بودند (شکل 1. الف). اما تعداد کل بنه در اثر اعمال تیمارهای $C_{50}VB$ و B در یک سطح معنی‌داری افزایش یافت. تیمارهای شاهد بدون کود (C_0) و ورمی کمپوست (V) نیز کمترین تعداد بنه را منجر شدند (جدول 7). تعداد انواع بنه‌ها با یکدیگر دارای همبستگی مثبت می‌باشند؛ این همبستگی در رابطه با بنه-های اصلی و دختری با یکدیگر (در سطح 1%) و جانبی بزرگ و کوچک با یکدیگر (در سطح 5%) معنی‌دار بود. اما تعداد کل بنه بیشتر تحت تأثیر تعداد بنه‌های جانبی قرار گرفت (جدول 8).

در مقایسه میانگین آثار اصلی قطر بنه‌ها C_0 در افزایش قطر بنه دختری و جانبی کوچک، C_{50} در افزایش قطر بنه اصلی و C_{100} در افزایش قطر بنه جانبی بزرگ مؤثرترین بودند. آثار اصلی کودهای غیر شیمیایی حاکی از تأثیر بیشتر تیمارهای V بر قطر بنه اصلی و جانبی بزرگ، VB بر قطر بنه دختری و عدم کاربرد کودهای غیر شیمیایی بر قطر بنه جانبی کوچک بود (جدول 5 و 6). در رابطه با آثار متقابل کودها، قطر بنه اصلی و دختری در حضور $C_{100}V$ (به ترتیب 53/7% و 15/1% افزایش نسبت به شاهد) و قطر بنه‌های جانبی در حضور $C_{50}VB$ در بالاترین مقادیر قرار گرفتند. البته تیمارهای $C_{50}V$ و V قطر بنه جانبی بزرگ و تیمار C_0 قطر بنه جانبی کوچک را در همان سطح معنی‌دار افزایش دادند (شکل 1. ب). میانگین قطر تمام بنه‌ها در تیمارهای $C_{100}V$ و $C_{50}VB$ بالاترین و در تیمارهای $C_{50}B$ و C_0 پایین ترین میزان را کسب کرد (جدول 7). قطر بنه‌های اصلی و دختری دارای رابطه مثبت معنی‌دار با یکدیگر بودند؛ لیکن رابطه معکوسی میان قطر بنه جانبی بزرگ با دختری و جانبی کوچک با سایر بنه‌ها دیده شد. همچنین قطر بنه دختری با تعداد انواع بنه دارای رابطه عکس بود. اما تعداد و قطر سایر بنه‌ها با یکدیگر رابطه مستقیم داشتند؛ به طوری که تعداد و قطر بنه جانبی بزرگ دارای همبستگی معنی‌دار در سطح 5% شد (جدول 8).

مقایسه میانگین اثر اصلی کود شیمیایی نشان داد که تیمار C_{50} بر افزایش وزن خشک بنه‌های دختری و جانبی بزرگ، وزن و عملکرد خشک بنه‌های اصلی و دختری، وزن‌تر و خشک پوشینه؛ C_{100} بر افزایش وزن خشک بنه-های اصلی و جانبی کوچک و عملکرد خشک بنه‌های جانبی مؤثرترین بودند. تیمار C_{50} از طریق افزایش وزن بنه منجربه افزایش عملکرد تر و خشک مجموع بنه‌ها شد، اما کاربرد تیمار C_{100} با افزایش تعداد مجموع بنه‌ها همراه بود. در رابطه با کودهای غیر شیمیایی تیمار V بر وزن تر پوشینه، عملکرد خشک بنه اصلی، وزن خشک بنه‌های اصلی، دختری و جانبی کوچک و میانگین وزن خشک بنه، تیمار VB بر وزن خشک پوشینه، وزن و عملکرد خشک بنه جانبی بزرگ، تعداد کل بنه‌ها و تیمار B بر عملکرد خشک بنه‌های دختری و جانبی کوچک بیشترین اثرگذاری را داشتند.

تیمار B مؤثرترین تیمار در افزایش تعداد کل، وزن و عملکرد تر و خشک کل بوته بود. نکته جالب آن که نسبت وزن اندام زیر زمینی بوته به پوشینه در تیمار B بیش از سایرین بود (جدول 5 و 6). در اثر متقابل کودها، صفت وزن خشک بنه اصلی در تیمارهای $C_{100}V$ و V، بنه دختری در V و B، بنه جانبی بزرگ در VB، C_{50} و $C_{50}VB$، بنه جانبی کوچک در $C_{50}VB$ و $C_{50}V$ و صفت عملکرد خشک بنه اصلی و دختری در تیمارهای $C_{50}VB$ و $C_{100}V$، بنه جانبی بزرگ در $C_{50}VB$ و $C_{50}B$، بنه جانبی کوچک در تیمارهای B و C_{100}، وزن تر پوشینه در تیمارهای $C_{100}B$ و C_{50} و وزن خشک آن در تیمارهای VB و $C_{100}B$ در بیشترین مقدار بودند (شکل 1. ج و شکل 2). میانگین وزن بنه در تیمارهای V، $C_{100}V$ و B، و وزن کل بنه‌ها در بوته در تیمارهای $C_{50}VB$ و سپس $C_{100}V$ افزایش معنی‌داری یافت. در طرف مقابل، تیمارهای C_0، VB و $C_{100}B$ کمترین وزن‌تر و خشک را منجر شدند. عملکرد تر و خشک کل بنه در تیمارهای $C_{50}VB$، $C_{100}V$ و $C_{50}V$ در بالاترین مقدار قرار گرفت.

تیمارهای C_0، VB، $C_{50}B$ و $C_{100}B$ کمترین عملکرد کل بنه را سبب شدند (جدول 7). ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که وزن خشک پوشینه تنها با بنه اصلی رابطه مستقیم دارد. وزن بنه جانبی کوچک نیز دارای رابطه عکس با وزن بنه اصلی بود؛ لیکن وزن بنه اصلی و دختری رابطه مثبت معنی‌دار با یکدیگر داشتند ($P < 0/01$). تعداد، قطر و وزن بنه‌ها دارای رابطه مستقیم و معنی-دار با یکدیگر بودند. در این میان، وزن و تعداد بنه‌های اصلی و جانبی کوچک با یکدیگر و وزن پوشینه با تعداد بنه‌ها رابطه معکوس داشتند؛ اما میان وزن پوشینه و قطر بنه‌ها رابطه مستقیم برقرار بود. عملکرد خشک تمامی بنه-ها (به جز بنه جانبی کوچک) دارای همبستگی مثبت و

معنی‌دار با هم بودند. میزان عملکرد با تعداد و وزن بنه‌ها (به جز پوشینه و بنه جانبی کوچک) وابستگی مستقیم و معنی‌داری داشت؛ اما این همبستگی با وزن بنه‌ها بیش از تعداد آن‌ها بود. هر چند در اکثر موارد عملکرد بنه با قطر آن رابطه مستقیمی داشت؛ این رابطه تنها در مورد عملکرد کل بنه با قطر بنه جانبی بزرگ معنی‌دار بود (جدول 8).

لازم به توضیح است که مقایسه میانگین اثر اصلی کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی حاکی از اثرگذاری بیشتر تیمارهای C_{50} و B بر کل صفات مربوط به بنه هاست. همچنین بررسی آثار متقابل کودها نشان داد که در گروه کودهای غیر شیمیایی، ورمی کمپوست در صفات بنه اصلی، کود زیستی در صفات اندازه‌گیری شده از سایر بنه ها بیشترین اثرگذاری را داشتند. در صورت کاربرد 50% کود شیمیایی، ترکیب با کودهای غیر شیمیایی بالاترین مقادیر صفات را در انواع بنه سبب شد. در صورت کاربرد 100% کود شیمیایی، ترکیب با ورمی کمپوست در افزایش صفات مربوط به بنه اصلی و دختری و عدم کاربرد کودهای غیر شیمیایی در افزایش صفات مربوط به بنه‌های جانبی مؤثرترین بودند.

جدول 3 - نتایج تجزیه واریانس تأثیر کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی بر صفات اندازه‌گیری شده از انواع بنه زعفران

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		بنه اصلی					
		تعداد	قطر	وزن تر	وزن خشک	عملکرد تر	عملکرد خشک
تکرار	2	5833/333^{ns}	0/039^{ns}	2/130^{ns}	2/127^{ns}	185/836^{ns}	105/335^{ns}
کود شیمیایی	2	35833/333**	0/049^{ns}	174/178***	66/031***	3363/038***	1340/198***
کود غیر شیمیایی	3	23240/741**	0/752***	158/391***	88/167***	2209/742***	946/640***
کود شیمیایی×کود غیر شیمیایی	6	17685/185**	0/213*	88/294***	47/966***	2099/467***	964/559***
اشتباه آزمایش	22	4015/152	0/058	1/452	1/087	156/942	96/019
ضریب تغییرات	-	33/06	8/96	10/04	13/56	44/94	54/29
		بنه دختری					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد	قطر	وزن تر	وزن خشک	عملکرد تر	عملکرد خشک
تکرار	2	1944/444^{ns}	0/135^{ns}	2/075^{ns}	1/801^{ns}	91/595^{ns}	68/420^{ns}
کود شیمیایی	2	195277/778***	0/073*	164/837***	46/873***	13734/315***	4367/538***
کود غیر شیمیایی	3	98796/296***	0/121**	74/307***	29/557***	4992/286***	1377/140**
کود شیمیایی× کود غیر شیمیایی	6	99351/852***	0/207***	186/480***	67/974***	9874/021***	3299/669***
اشتباه آزمایش	22	8914/141	0/019	4/330	2/104	523/223	181/057
ضریب تغییرات	-	28/09	5/98	16/48	19/95	42/23	44/57
		بنه جانبی بزرگ (با قطر 1 -2 سانتی متر)					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد	قطر	وزن تر	وزن خشک	عملکرد تر	عملکرد خشک
تکرار	2	23333/333^{ns}	0/034^{ns}	0/310^{ns}	0/068^{ns}	766/272^{ns}	156/993^{ns}
کود شیمیایی	2	/000*** 1582500	0/074*	368/564***	140/238***	258064/326***	/560*** 104039
کود غیر شیمیایی	3	/111*** 1941111	0/093**	68/667***	51/177***	82320/202***	42562/677***
کود شیمیایی× کود غیر شیمیایی	6	/889*** 1811388	0/055*	72/363***	19/369***	87809/486***	35580/428***
اشتباه آزمایش	22	15757/576	0/018	2/074	0/815	1439/650	527/084
ضریب تغییرات	-	7/76	9/88	10/38	11 /75	14/59	15/57
		بنه جانبی کوچک (با قطر کمتر از 1 سانتی متر)					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد	قطر	وزن تر	وزن خشک	عملکرد تر	عملکرد خشک
تکرار	2	1944/444^{ns}	0/003^{ns}	0/005^{ns}	0/003^{ns}	0/267^{ns}	0/113^{ns}
کود شیمیایی	2	27777/778**	0/108***	0/051**	0/009*	2/714***	0/316*
کود غیر شیمیایی	3	71481/481***	0/080***	0/056***	0/010**	3/682***	0/532**
کود شیمیایی× کود غیر شیمیایی	6	105925/926***	0/107***	0/143***	0/013***	5/193***	0/572***
اشتباه آزمایش	22	4671/717	0/002	0/006	0/002	0/270	0/075
ضریب تغییرات	-	39/69	7/48	36/91	53/53	53/78	34/12

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5%، 1% و 0/1%.

جدول 4 - نتایج تجزیه واریانس تأثیر کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی بر صفات اندازه‌گیری شده از مجموع بنه‌ها در زعفران

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر	وزن خشک	وزن خشک / تر	میانگین وزن تر بنه	میانگین وزن خشک بنه	میانگین تبدیل وزن بنه
تکرار	2	0/072^{ns}	0/020^{ns}	13/713^{ns}	0/773^{ns}	0/460^{ns}	4/494^{ns}
کود شیمیایی	2	0/208***	0/022 *	333/403***	117/926***	40/938***	199/281***
کود غیر شیمیایی	3	0/266***	0/021 **	368/229***	33/236***	21/845***	344/399***
کود شیمیایی × کود غیر شیمیایی	6	0/314***	0/122***	161/856***	37/887***	16/914***	116/204***
اشتباه آزمایش	22	0/015	0/004	23/158	0/833	0/455	11/042
ضریب تغییرات	-	13/33	12/49	8/24	9/43	11/87	6/22

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد کل	میانگین قطر	وزن تر کل	وزن خشک کل	عملکرد تر	عملکرد خشک
تکرار	2	20833/333^{ns}	0/039^{ns}	12/375^{ns}	7/358^{ns}	1673/377^{ns}	571/109^{ns}
کود شیمیایی	2	2980833/333***	0/025*	1886/816***	655/010***	444347/539***	174103/155***
کود غیر شیمیایی	3	1450740/741***	0/108***	531/772***	349/514***	87203/756***	55901/597***
کود شیمیایی × کود غیر شیمیایی	6	3857129/630***	0/049***	606/187***	270/618***	160314/489***	67676/739***
اشتباه آزمایش	22	71439/394	0/007	13/330	7/278	3810/072	1462/921
ضریب تغییرات	-	11/54	4/82	9/43	11/87	18/01	19/52

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال 5%، 1% و 0/1%.

جدول 5 - مقایسه میانگین اثرات اصلی کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی بر صفات اندازه‌گیری شده از پوشینه و انواع بنه‌های زعفران

تیمار کود		صفات پوشینه				صفات بنه اصلی				صفات بنه دختری			
شیمیایی	غیر شیمیایی	وزن تر (گرم در بنه)	وزن خشک (گرم در بنه)	تعداد (بنه در متر مربع)	قطر (سانتی متر)	وزن خشک (گرم در بنه)	عملکرد خشک (تن در هکتار)	تعداد (بنه در متر مربع)	قطر (سانتی متر)	وزن خشک (گرم در بنه)	عملکرد خشک (تن در هکتار)
0 %		0/32 B	0/23 B	80 C	2/23 A	2/00 C	1/60 C	213 B	2/43 A	1/14 B	2/27 B
50 %		1/08 A	0/68 A	240 A	2/63 A	3/36 A	7/64 A	400 A	2/07 B	1/35 A	5/29 A
100 %		0/95 A	0/54 A	160 B	2/60 A	3/16 AB	4/24 B	480 A	2/17 B	1/12 B	5/34 A
	شاهد	0/32 B	0/23 C	80 B	2/32 B	2/00 D	1/60 BC	213 A	2/43 A	1/14 B	2/27 C
	ورمی کمپوست	1/04 A	0/61 A	107 AB	2/87 A	6/24 A	6/17 A	107 C	2/30 AB	3/82 A	3/84 B
	زیستی	0/87 A	0/45 B	106 AB	2/50 AB	3/02 C	2/98 B	160 B	2/10 B	3/85 A	4/26 A
	ورمی کمپوست + زیستی	0/96 A	0/73 A	134 A	2/90 A	4/34 B	5/23 AB	133 BC	2/57 A	1/20 B	2/28 C

تیمار کود		صفات بنه جانبی (با قطر 2 -1 سانتی متر)				صفات بنه جانبی (با قطر کمتر از 1 سانتی متر)			
شیمیایی	غیر شیمیایی	تعداد (بنه در متر مربع)	قطر (سانتی متر)	وزن خشک (گرم در بنه)	عملکرد خشک (تن در هکتار)	تعداد (بنه در متر مربع)	قطر (سانتی متر)	وزن خشک (گرم در بنه)	عملکرد خشک (تن در هکتار)
0 %		160 C	1/00 B	0/22 B	0/30 C	80 B	0/70 A	0/044 B	0/0354 B
50 %		827 B	1/30 A	0/62 A	5/13 B	80 B	0/50 C	0/028 C	0/0221 C
100 %		1467 A	1/40 A	0/42 AB	6/15 A	240 A	0/60 B	0/149 A	0/1194 A
	شاهد	160 D	1/00 C	0/22 C	0/30 C	80 B	0/70 A	0/044 A	0/0354 C
	ورمی کمپوست	720 C	1/50 A	0/56 B	4/00 B	10 C	0/70 A	0/050 A	0/0050 D
	زیستی	2240 A	1/40 AB	0/24 C	5/42 A	480 A	0/50 B	0/038 B	0/1880 A
	ورمی کمپوست + زیستی	933 B	1/30 B	0/63 A	5/90 A	80 B	0/50 B	0/039 B	0/0448 B

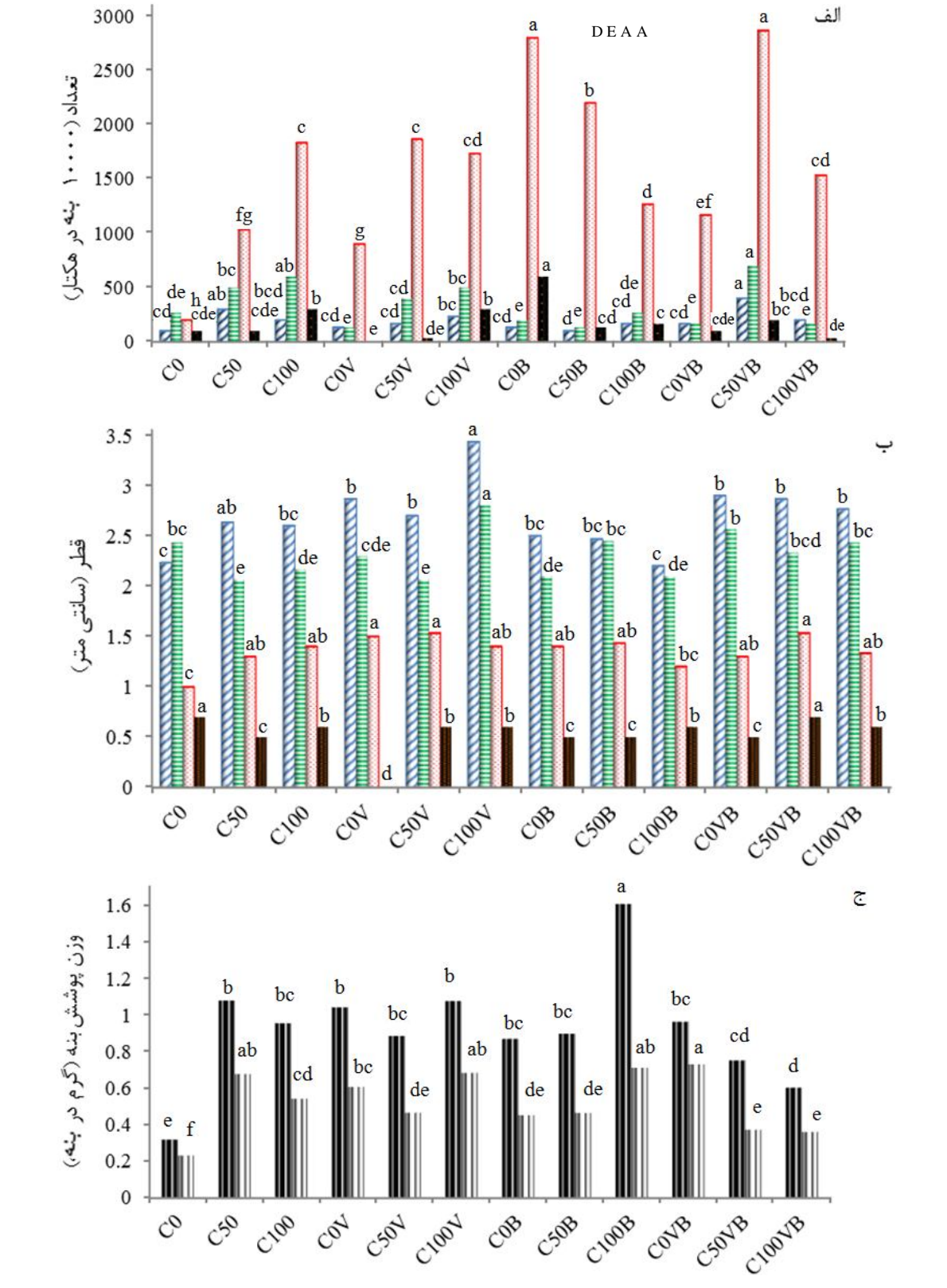
میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5% اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول 6 - مقایسه میانگین اثرات اصلی کودهای شیمیایی و غیر شیمیایی بر صفات اندازه‌گیری شده از انواع بنه در زعفران

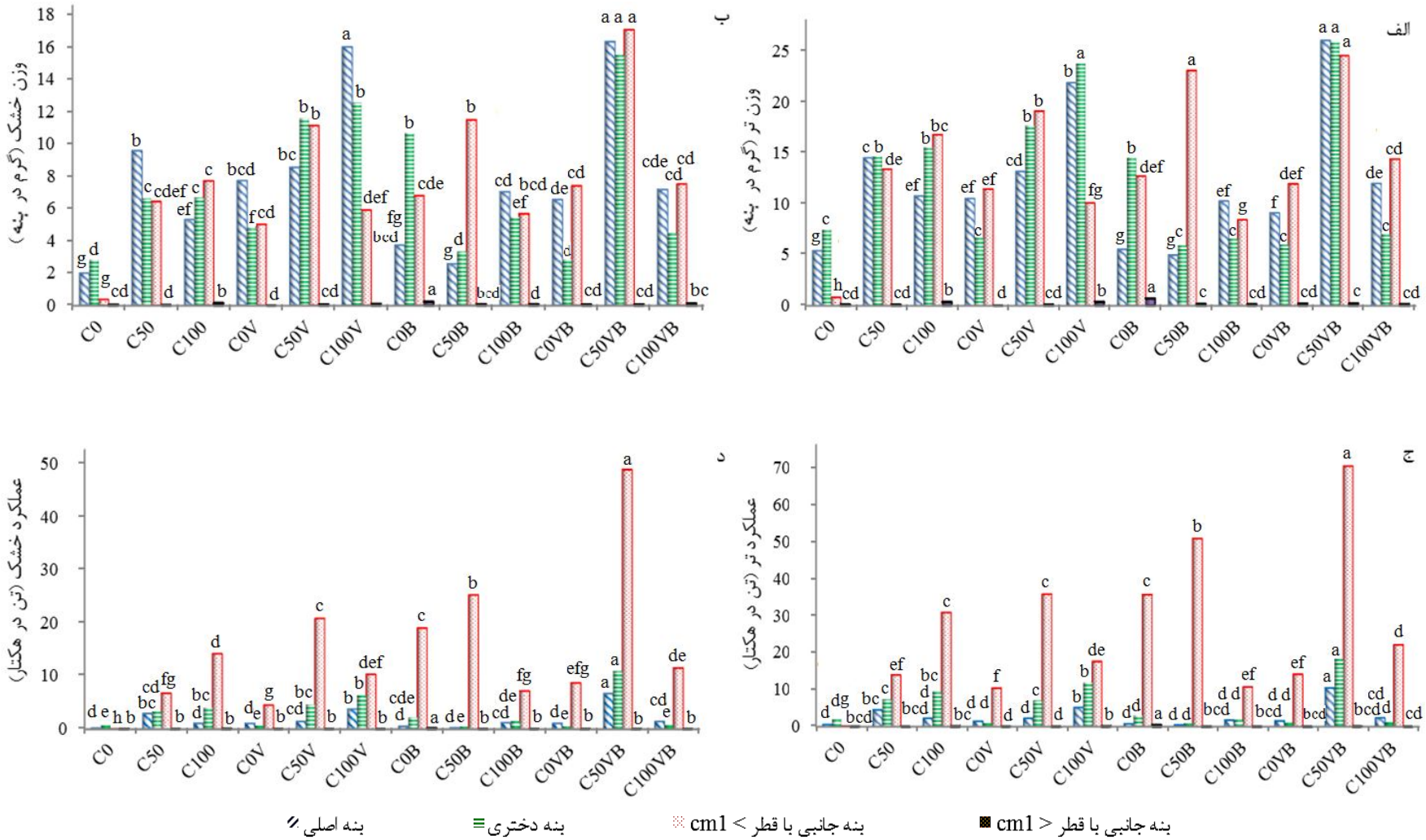
تیمار کود		بنه						
شیمیایی	غیر شیمیایی	تعداد کل (بنه در متر مربع)	میانگین قطر (سانتی متر)	میانگین وزن تر (گرم در بنه)	میانگین وزن خشک (گرم در بنه)	میانگین تبدیل وزن تر به خشک (%)	وزن تر پوشینه / بنه	وزن خشک پوشینه / بنه
0 %		534 C	1/592 AB	2/24 C	0/85 B	40/72 B	0/023 A	0/044 A
50 %		1547 B	1/625 AB	2/35 B	1/34 AB	47/72 A	0/025 A	0/030 B
100 %		2347 A	1/692 A	2/49 A	1/19 A	45/17 AB	0/021 A	0/027 B
	شاهد	534 C	1/592 B	2/24 BC	0/85 C	40/72 C	0/023 B	0/044 A
	ورمی کمپوست	933 BC	1/667 AB	3/77 A	2/65 A	47/38 B	0/036 A	0/035 B
	زیستی	2987 A	1/625 AB	3/44 A	2/42 A	56/62 A	0/026 B	0/021 C
	ورمی کمپوست + زیستی	1280 B	1/817 A	2/86 B	1/75 B	51/88 AB	0/035 A	0/043 A

تیمار کود		بوته		
شیمیایی	غیر شیمیایی	وزن تر کل (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)	عملکرد تر (تن در هکتار)	عملکرد خشک (تن در هکتار)
0 %		13/76 B	5/26 B	11/01 B	4/20 C
50 %		42/60 A	22/61 A	34/08 A	18/08 A
100 %		43/39 A	19/81 A	34/71 A	15/85 B
	شاهد	13/76 B	5/26 C	11/01 C	4/20 C
	ورمی کمپوست	28/59 AB	17/52 AB	22/87 B	14/02 B
	زیستی	33/42 A	21/38 A	26/73 A	17/10 A
	ورمی کمپوست + زیستی	27/25 AB	16/81 AB	21/75 B	13/44 B

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5% اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل 1 - مقایسه میانگین صفات الف. تعداد، ب. قطر و ج. وزن پوشینه بنه زعفران تحت تأثیر کودهای شیمیایی (C)، ورمی کمپوست (V) و زیستی (B)



شکل 2 - مقایسه میانگین صفات الف. وزن تر، ب. وزن خشک، ج. عملکرد تر و د. عملکرد خشک بنه های زعفران تحت تأثیر اثرات متقابل کودهای شیمیایی (C)، ورمی کمپوست (V) و زیستی (B)

جدول 7 - مقایسه میانگین اثرات متقابل کودهای شیمیایی، ورمی کمپوست و زیستی بر صفات اندازه‌گیری شده از مجموع بنه‌های زعفران

تیمار کود		صفات مربوط به مجموع بنه‌ها								
شیمیایی	غیر شیمیایی	تعداد کل (بنه در متر مربع)	میانگین قطر (سانتی متر)	میانگین وزن تر (گرم در بنه)	میانگین وزن خشک (گرم در بنه)	میانگین تبدیل وزن تر به خشک (درصد)	وزن تر کل (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)	عملکرد تر (تن در هکتار)	عملکرد خشک (تن در هکتار)
% 0	شاهد	533 E	1/592 EF	2/243 E	0/853 G	40/72 G	13/76 F	5/256 E	11/01 F	4/20 F
	ورمی کمپوست	933 D	1/667 CDEF	3/769 A	2/654 A	47/38 EF	28/59 DE	17/52 CD	22/87 DE	14/02 DE
	کود زیستی	2987 A	1/625 DEF	3/439 B	2/419 B	56/62 BC	33/42 D	21/38 CD	26/73 D	17/10 D
	ورمی کمپوست + زیستی	1280 CD	1/817 BC	2/861 C	1/748 D	51/88 CDE	27/25 DE	16/81 D	21/75 DE	13/44 E
% 50	شاهد	1547 C	1/625 DEF	2/351 B	1/342 E	47/72 EF	42/60 C	22/61 C	34/08 C	18/08 D
	ورمی کمپوست	1973 B	1/725 BCDE	3/537 B	2/289 C	61/64 AB	49/98 B	31/23 B	39/91 BC	24/95 BC
	کود زیستی	2053 B	1/712 BCDE	2/695 CD	1/427 E	50/03 DEF	34/06 D	17/43 CD	27/25 D	13/94 DE
	ورمی کمپوست + زیستی	3333 A	1/858 B	2/857 C	1/744 D	55/56 CD	76/51 A	48/80 A	61/21 A	39/04 A
% 100	شاهد	2347 B	1/692 CDE	2/488 B	1/188 F	45/17 FG	43/39 C	19/81 CD	34/71 C	15/85 DE
	ورمی کمپوست	2213 B	2/058 A	3/799 A	2/480 B	52/15 CDE	56/01 B	34/44 B	44/80 B	27/55 B
	کود زیستی	1493 C	1/525 F	2/510 D	1/807 D	66/94 A	25/40 E	18/22 CD	20/32 DE	14/58 DE
	ورمی کمپوست + زیستی	1547 C	1/783 BCD	2/883 C	1/744 D	64/86 A	33/50 D	19/24 CD	26/72 D	15/33 DE

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5% اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول 8 - مقادیر همبستگی پیرسون بین صفات اندازه‌گیری شده از انواع بنه در زعفران

		تعداد بنه					قطر بنه					وزن خشک بنه						عملکرد خشک بنه				
		کل	اصلی	دختری	جانبی بزرگ	جانبی کوچک	میانگین کل	اصلی	دختری	جانبی بزرگ	جانبی کوچک	کل	اصلی	دختری	جانبی بزرگ	جانبی کوچک	پوشینه	کل	اصلی	دختری	جانبی بزرگ	جانبی کوچک
	کل	1	0/52	0/54	0/96**	0/66*	0/35	0/24	-0/14	0/62*	0/32	0/76**	0/42	0/79**	0/74**	0/59*	-0/09	0/84**	0/54	0/72**	0/83**	0/56
	اصلی		1	0/80**	0/36	0/02	0/42	0/42	-0/04	0/34	0/31	0/80**	0/82**	0/64*	0/58	-0/12	0/09	0/70*	0/94**	0/83**	0/56	-0/15
تعداد بنه	دختری			1	0/32	0/20	0/34	0/29	-0/12	0/25	0/47	0/70*	0/66*	0/69*	0/42	0/00	0/01	0/61*	0/76**	0/88**	0/47	-0/04
	جانبی بزرگ				1	0/60*	0/32	0/20	-0/13	0/70*	0/22	0/68*	0/30	0/69*	0/78**	0/60*	-0/13	0/80**	0/40	0/56	0/84**	0/55
	جانبی کوچک					1	0/05	-0/00	-0/10	0/07	0/22	0/17	-0/02	0/43	0/02	0/84**	0/00	0/22	0/04	0/24	0/22	0/94**
	میانگین کل						1	0/91**	0/75**	0/42	0/16	0/61*	0/70*	0/48	0/36	-0/02	0/12	0/42	0/57	0/53	0/33	-0/14
	اصلی							1	0/61*	0/53	-0/17	0/57	0/74**	0/46	0/24	-0/12	0/34	0/26	0/54	0/45	0/15	-0/13
	دختری								1	-0/10	0/07	0/04	0/27	-0/09	-0/10	-0/17	0/03	-0/03	0/16	0/02	-0/07	-0/27
قطر بنه	جانبی بزرگ									1	-0/33	0/69*	0/46	0/58*	0/74**	0/07	0/13	0/63*	0/40	0/48	0/64*	0/10
	جانبی کوچک										1	0/24	0/12	0/28	0/20	0/30	-0/36	0/34	0/27	0/40	0/31	0/05
	کل											1	0/87**	0/91**	0/78**	0/02	0/05	0/88**	0/89**	0/93**	0/78**	0/02
	اصلی												1	0/74**	0/46	-0/23	0/27	0/58*	0/92**	0/82**	0/42	-0/22
	دختری													1	0/57	0/25	-0/06	0/77**	0/75**	0/90**	0/67*	0/31
وزن خشک بنه	جانبی بزرگ														1	0/04	-0/10	0/91**	0/60*	0/65*	0/94**	-0/05
	جانبی کوچک															1	-0/19	0/12	-0/18	0/02	0/18	0/88**
	پوشینه																1	-0/25	0/04	-0/08	-0/31	-0/08
	کل																	1	0/77**	0/85**	0/98**	0/09
	اصلی																		1	0/91**	0/63*	-0/18
عملکرد خشک بنه	دختری																			1	0/72**	0/02
	جانبی بزرگ																				1	0/14
	جانبی کوچک																					1

بحث و نتیجه‌گیری

مصرف 100% کود شیمیایی در افزایش تعداد کل و قطر بنه‌های زعفران مؤثرترین بود؛ لیکن تیمار 50% کود شیمیایی بر مقادیر صفات وزن، تبدیل وزنی و عملکرد بنه‌ها و پوشینه بیشتر افزود. با توجه به چند ساله بودن گیاه زعفران، عملکرد و اندازه بنه‌های دختری و جانبی در عملکرد سال‌های آتی که مقادیر بالاتری را در متوسط عملکرد سالانه از آن خود خواهند کرد، مهم تر هستند. بنابراین کاربرد مقدار کامل کود شیمیایی اولویت دارد. در کاربرد کودهای غیر شیمیایی مصرف هم زمان انواع باکتری‌ها بهترین تیمار ارگانیک جهت افزایش تعداد، وزن و عملکرد کل بنه‌ها بود. در صورت کاربرد 0%، 50% و 100% کود شیمیایی ترکیب با به ترتیب کودهای زیستی، تلفیق کودهای غیر شیمیایی و ورمی کمپوست بهترین تیمارها بودند؛ اما در کل کاربرد هم زمان 50% کود شیمیایی، کود زیستی و ورمی کمپوست کارامدترین بود. در این بین، آثار ورمی کمپوست بر صفات مربوط به بنه اصلی و پوشینه و آثار کود زیستی بر صفات مربوط به بنه‌های دختری و جانبی معنی‌دارتر بودند.

گرچه بنه اصلی بیشترین اثرپذیری را نسبت به عدم اعمال کودهای شیمیایی نشان داد؛ لیکن با توجه به کشت بنه در یک نوبت و استفاده چند ساله از آن، نیاز به تمامی انواع بنه جهت نیل به تعداد گل بیشتر ضروری است. لذا حذف کامل کودهای شیمیایی آثار منفی جبران ناپذیری را بر عملکرد سال‌های آتی در پی خواهد داشت.

از طرف دیگر، بررسی جدول مقایسه میانگین صفات کل بنه‌ها نشان داد که نتایج حاصل از کود شیمیایی کامل از کود زیستی خالص و تمامی تیمارهای تلفیق 50% کود شیمیایی و کودهای غیر شیمیایی کمتر است. تلفیق 100% کود شیمیایی و زیستی آثار منفی و تلفیق 100% کود شیمیایی و ورمی کمپوست کاملاً مؤثر بود. ورمی کمپوست با داشتن عمده عناصر پر مصرف، کم مصرف و کربن، منجربه افزایش سرعت رشد گیاه و میکروارگانیسم-ها شده و بیوماس بیشتر را نتیجه می‌دهد (ناریاناسامی و بیسوا، 2006). در مطالعه دیگری علت تأثیرگذاری ورمی کمپوست بر ترکیبات گیاه، افزایش فراهمی و دسترسی به عناصر غذایی، بهبود شرایط فیزیکی و بیولوژیک خاک و ایجاد بستر مناسب بیان شد (انور و همکاران، 2005). همچنین دارای ترکیبات هیومیک فراوان می‌باشد، که به افزایش ظرفیت نگهداری آب، عناصر غذایی و هورمون‌های تنظیم کننده رشد کمک می‌کند (آرانکون و همکاران، 2005).

در پژوهشی وجود نوع خاصی آنزیم کیتیناز با نام SafchiA در بنه زعفران زراعی به اثبات رسیده است که cDNA کد کننده آن در ریشه و بنه وجود دارد. این آنزیم توانایی دفاع از پروتئین گیاه در برابر عوامل زنده و غیر زنده محیطی و افزایش فعالیت‌های ضد قارچی را داشته و با افزایش وزن بنه، مقدار آن نیز زیاد می‌شود (لپز و گومز، 2009). در این راستا تأمین مواد درونی بنه با نهاده‌های نیتروژن و فسفردار تأثیر این کودها را علاوه بر تغذیه بنه و گیاه، در تحمل بهتر شرایط و رشد مضاعف نشان می‌دهد. اما در حضور مقادیر بالای مواد مغذی، جمعیت باکتری رشد نخواهد کرد و در طول زمان با کاهش pH خاک و اسیدی شدن آن از فعالیت کود زیستی کاسته می‌شود (وو و همکاران، 2005). به همین دلیل است که نقصان تعداد و وزن بنه در تیمارهای تلفیق مقادیر مختلف کود شیمیایی و زیستی حاصل شد.

علت تأثیر مثبت تلقیح اندام زیرزمینی با کودهای زیستی، تحریک تولید کربوهیدرات، ارتقای سرعت تقسیم و رشد سلول (العبد و همکاران، 1999)، بروز تغییر در ساختمان اندام زیرزمینی (برتا و همکاران، 2002)، انحلال فسفر تثبیت شده خاک (گول و همکاران، 2004)، تعادل مواد غذایی در گیاه، افزایش فراهمی تجمعی عناصر (زایدی و خان، 2006)، ترشح اسیدهای آمینه مختلف، آنزیم‌ها (کوچکی و همکاران، 1390)، انواع آنتی بیوتیک-ها (کیلیان و همکاران، 2002) و مواد محرک رشد (چن و همکاران، 2007) است. از جمله این هورمون‌ها که توسط *Bacillus* sp. تولید می‌شود، جیبرلین (روبنزا و همکاران، 2002)، سیتوکینین (نیتو و فرانبرگر، 1989)، اکسین (موسکلو و همکاران، 1999) و ایندول 3-استیک اسید (لپر و اسکروت، 1986) می‌باشند. این هورمون‌ها از طریق مقابله با بعضی پروتئین‌های بازدارنده تقسیم سلولی موجود در ریشه، موجب تسریع تقسیم سلولی و افزایش رشد ریشه می‌شود (دولن و دیویس، 2004).

همچنین با افزایش سطح ریبونوکلئیک‌های سلول، نسخه برداری از ژن‌های سنتز کننده آلفا آمیلاز را افزایش می‌دهند (هاردتک، 2003). به این ترتیب هم زمان با تغلیظ شیره سلولی، از پتانسیل سلول‌های ریشه کاسته شده و آب و مواد غذایی محلول بیشتری از محیط اطراف جذب می‌شوند. بنابراین با افزایش کشش‌پذیری دیواره سلول و مواد محلول درون آن؛ ارتقای طول، وزن سلول و ریشه مشاهده می‌شود. در کنار این روند، باکتری‌های *B. pumilus* و *B. licheniformis* با تولید آنزیم ACC deaminase موجب کاهش تولید اتیلن در ریشه گیاه همزیست و افزایش رشد آن می‌گردند (گوتیرزمانرو و

همکاران، 2001). همچنین باکتری *Pseudomonas* sp. با تولید سیدروفورهای حاوی آهن موجب جذب و رهاسازی ویژه این عنصر تنها برای گیاه همزیست شده و رشد زیر زمینی را بالا می‌برد (کلواپر و همکاران، 1988). این باکتری‌های حل‌کننده فسفر می‌توانند با کاهش pH خاک منجربه آزاد سازی بیشتر عناصر آن شوند (هان و سوپانجانی لی، 2006)؛ لذا کاربرد توأم این باکتری‌ها، گیاه را با اثر هم افزایی مثبتی مواجه خواهد ساخت.

نکته دیگر آن که تغییرات عملکرد بنه‌ها تقریباً مشابه (به جز بنه جانبی کوچک) و وابسته به یکدیگر بودند؛ به طوری که در مجاور کود ترکیبی، عملکرد آن‌ها به بالاترین مقادیر رسید. بنابراین دستیابی هم زمان به عملکرد بالا در انواع بنه ممکن می‌نماید. چرا که بر خلاف کود شیمیایی، ورمی کمپوست این عناصر مغذی را به تدریج و با شیب تقریبا یکنواختی در خاک آزاد کرده و شستشوی عناصر غذایی در طی دوره رشد کاهش می‌یابد؛ این امر یکی دیگر از ویژگی های مطلوب و مؤثر در ارتقای عملکرد زعفران بیان شده است (محمدزاده، 1389). در پژوهشی کاربرد توأم کود شیمیایی با ورمی کمپوست منجربه اصلاح فیزیکی و شیمیایی خاک شده و توان رشد بخش زیر زمینی را بالا برد (والدزپرز و همکاران، 2011). هر چند در مطالعه‌ای اثبات شد که کاربرد ورمی کمپوست خالص کمترین آلودگی محیطی را در پی داشت، اما ترکیب این کود با کود شیمیایی منجربه افزایش شستشوی NH_4^+ و NO_3^- شد (ژوکت و همکاران، 2010). موافق با تحقیقات نظیر، مصرف کودهای شیمیایی به همراه کود زیستی باکتریایی (لوکاس گارشیا و همکاران، 2004) و یا ترکیب کودهای زیستی و ورمی کمپوست (میر شکاری و باصر، 1388) با تأثیر بر میزان دسترسی، تأمین عناصر مورد نیاز گیاه و افزایش طول دوره رویشی، موفقیت رشد رویشی و زایشی را در بر داشته است.

استفاده از کود زیستی نیتروکسین (*Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.) نسبت به کود شیمیایی دلفارد، تعداد بنه را در طول سه سال افزایش داد، اما وزن خشک بنه در حضور دلفارد بیشتر شد؛ در طول این مدت وزن و تعداد بنه دارای رابطه منفی معنی‌دار با یکدیگر بودند (بهدانی، 1384). در آزمایش دیگری، در سال اول کود شیمیایی عملکرد کلاله را نزدیک به سه برابر تیمار دارای نیتروکسین افزایش داد؛ لیکن در سال دوم آثار متقابل این کودها بیشترین عملکرد زعفران را نتیجه داد (کوچکی و جهان، 2009). در مطالعه دیگری هر چند مصرف سطوح مختلف کود شیمیایی و زیستی تأثیر معنی‌داری را بر قطر بنه به همراه نداشت، لیکن بالاترین قطر در تیمار تلفیق اوره و نیتروکسین به دست آمد؛ اما بیشترین وزن بنه در تیمار نیتروکسین خالص حاصل شد. علت این افزایش ترشح مواد محرک رشد، فراهمی ترکیبات متعدد و در نتیجه جذب عناصر اصلی پر مصرف و ریز مغذی‌ها عنوان شد. همچنین قطر بنه دارای همبستگی مثبت معنی-دار با وزن بنه، گل و کلاله بود. به این ترتیب با تولید آسمیلات بیشتر، توسعه بخش هوایی و زیرزمینی بهبود یافته و وزن بنه‌ها بالا رفت (امیدی و همکاران، 1388).

مطالعات بیان کرده‌اند که تأثیر باکتری *P. mosselii* با کاربرد توأم ورمی کمپوست مضاعف شده و حداکثر رشد رویشی و زایشی در این تیمار حادث می‌شود. این امر به علت افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی اکسیدانت POX[1] و PAL[4] بود. در نتیجه القای مکانیسم‌های ضد میکروبی با تلفیق کودهای زیستی و آلی نظیر ورمی کمپوست به حداکثر حداکثر میزان می‌رسد (سینگای و همکاران، 2011). به طوری که ترکیب ورمی کمپوست و کود زیستی حاوی ترکیب باکتری‌های اسید لاکتیک، قارچ، مخمر و اکتینومیست، تعداد بنه‌ها را 25/12% افزایش داد (آیتکین و آسیگز، 2008). هر چند در پژوهش دیگر، حداکثر عملکرد بنه‌های جانبی، برگ و کلاله در تیمار کود زیستی خالص (*Azospirilum* sp. و *Mycorrhiza* sp.) و سپس تلفیق ورمی کمپوست و *Azotobacter* sp. به دست آمد؛ اما بیشترین میزان ترمیم بنه در تیمار تلفیق کود دامی و *Trichoderma* sp. بود (نوی و همکاران، 2010).

زیرا کمپلکس‌های آلی فلزی که بر اثر تجزیه میکروبی ورمی کمپوست در خاک تشکیل می‌شوند، چرخش عناصر کم مصرف را به طور مؤثری تحت تأثیر قرار می دهند. این کود آلی با کلاته کردن عناصر غذایی، آن‌ها را به شکل قابل جذب در خاک نگه می‌دارد. همچنین با برخورداری از پتانسیل بالا در نگهداری و آزادسازی عناصر، نقش عمده‌ای در بروز خاصیت بافری در خاک داشته و از تغییرات شدید pH جلوگیری می‌کند (اسدی رحمانی و سماوات، 1378). در پژوهش دیگری، تلفیق این کود با کود زیستی منجر به افزایش هیومیک اسید خاک، محتوای نیتروژن کل خاک، غلظت فسفر محلول خاک، جذب مواد معدنی ورمی کمپوست، تسریع تکثیر باکتری‌ها و ثبات در میزان pH خاک خواهد شد (بوساتو و همکاران، 2012)؛ لذا باکتری‌ها در تیمارهای حاوی ورمی کمپوست حداکثر اثرگذاری را نشان دادند. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که کاربرد 50% کود شیمیایی

---

1. 3- Peroxidase 4- Phenylalanine Ammonia Lyase

به همراه تلفیق کودهای غیرشیمیایی، به دلیل تقسیط مواد مغذی در طول فصل رشد گیاه (کود شیمیایی در ابتدای دوره و کودهای غیرشیمیایی در انتهای آن) و توانایی پوشش مؤثر کارکرد انواع کودها با یکدیگر مؤثرترین تیمار بوده است.

بررسی همبستگی نشان داد که تعداد، قطر و وزن بنه اصلی تنها با صفات مربوط به بنه دختری رابطه معنی‌دار دارد و در صورت ارائه تخمین دقیق در ارتباط با ویژگی های سالانه سایر بنه‌ها و عملکرد آتی آن‌ها، اندازه‌گیری و بررسی صفات بنه‌های جانبی الزامی است. چنین به نظر می‌رسد که افزایش تعداد کل بنه‌ها در زعفران مهمترین امر در افزایش دیگر صفات آن باشد، زیرا این عامل با میانگین قطر کل و وزن خشک بنه‌ها رابطه مستقیم دارد. بنابراین گیاه زمانی تولید بنه جدید را شروع می‌کند که شرایط را جهت افزایش ابعاد و وزن مطلوب آن فراهم انگارد. البته این شرایط برای چهارمین نوع بنه یعنی بنه های جانبی با قطر کمتر از یک سانتی‌متر متفاوت است؛ به طوری که تنها ارتباط عملکرد این بنه با سایر انواع بنه معنی‌دار نیست. این امر می‌تواند ناشی از تأثیر مضاعف بر رشد اولیه بنه و بهبود تقسیم پریموردیا در مراحل ابتدایی باشد. مطالعات نشان می‌دهند که بنه‌های بزرگتر سبب تولید تعداد بیشتر بنه دختری در زعفران می‌شوند.

به عنوان مثال در جایی که قطر بنه اصلی به 5-3 سانتی‌متر رسید، 2070 عدد بنه دختری و جانبی حاصل شد؛ در صورتی که با قطر بنه 1-2/9 سانتی متر، تنها 1579 عدد بنه دختری و جانبی به دست آمد (ووردو و گانی، 2004). همچنین افزایش وزن بنه با رشد تصاعدی تعداد و وزن بنه دختری، گل و کلاله همراه بود؛ به طوری که در بنه 14 گرمی، تعداد بنه دختری، تعداد بنه دختری با وزن بیش از 8 گرم، وزن بنه دختری، تعداد بنه دارای دو گل، عملکرد گل و کلاله به ترتیب 31/4%، 59/5%، 56/4%، 77/8%، 104/7% و 101/3% نسبت به بنه 8 گرمی افزایش دیده شد (کوچکی، 2009). همچنین بنه های اصلی 5-8 گرمی، افزایش تعداد بنه‌های دختری با وزن حدود 8 گرم (128% افزایش نسبت به شاهد)، قطر (حدود 1/85 سانتی متر) و حداکثر عملکرد کلاله را سبب شدند. اما بنه‌های اصلی با وزن کمتر از 4 گرم، بنه دختری تولید نکرده و بنه‌های جانبی نیز با وجود آن که دارای تعداد و وزن مشابه بودند، بدون گل باقی ماندند (انور خان و همکاران، 2011). افزایش پوشینه بنه زعفران منجربه ازدیاد تعداد، ابعاد، ضخامت، وزن و کلروفیل‌های برگ، وزن بنه و ریشه شده و میزان نشت الکترولیت بنه را به صورت معنی‌داری کاهش داد. در این تحقیق بنه‌های اصلی با وزن 8-10 گرم، وزن بنه، ابعاد و ضخامت برگ را در حداکثر مقدار قرار دادند، در حالی که بنه‌های اصلی 6-8 گرمی تعداد و وزن برگ را ارتقاء دادند (ثابت تیموری و همکاران، 1389). در آزمایشی دو ساله با افزایش وزن بنه اصلی، تعداد و وزن بنه‌های دختری و جانبی، تعداد، سطح و وزن برگ تمامی انواع بنه زیاد شد. این تغییرات در سال دوم پس از کشت محسوس تر بودند. البته تعداد گل و عملکرد کلاله در بنه‌هایی با وزن 9-12 گرم بیش از 12-15 گرم گزارش شد (نصیری-محلاتی و همکاران، 1386). زیرا بنه‌های سنگین به دلیل افزایش احتمال آسیب طی زمان برداشت تا کاشت، توان گلزایی را از دست می‌دهند. در آزمایش چهار ساله، وزن بالاتر بنه اصلی منجربه تولید تعداد گل و عملکرد کلاله بیشتر در سال‌های 1-3 شد، اما در سال چهارم نتایج یکسانی را در مقایسه با سایر بنه‌ها تولید کرد (دی خوان و همکاران، 2009). لذا ممکن است اثرپذیری بنه جانبی کوچک در سال‌های بعد که تخصیص مواد فتوسنتزی به آن‌ها بیشتر می‌شود، نشان داده شود.

در هر صورت، تعیین عوامل مؤثر بر افزایش محصول ارزشمندترین گونه جهان که بتواند در انواع شرایط خاک و اقلیمی مؤثر افتد؛ برای تولید کننده نخست این گیاه دارویی امری ضروری است. بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، تیمار $C_{50}VB$ (با 39/04 تن در هکتار عملکرد خشک کل بنه) به کشاورزان و تولید کنندگان عمده زعفران توصیه می‌شود. گرچه تیمارهای تلفیق ورمی کمپوست با 100% کود شیمیایی (27/55 تن در هکتار عملکرد خشک کل بنه) و سپس با 50% کود شیمیایی (24/95 تن در هکتار عملکرد خشک کل بنه) در مراتب بعدی بر تولید بنه مؤثر بودند؛ لیکن اختلاف مقداری میان این تیمارها با تیمار اول به قدری زیاد است که کاربرد اقتصادی آن‌ها را تحت الشعاع خود قرار می‌دهد. بنابراین مصرف هم زمان نیمی از مقدار کودهای شیمیایی رایج، ورمی کمپوست و مخلوط باکتری‌ها به صورت بذرمال منجربه افزایش تعداد، ابعاد و عملکرد انواع بنه در واحد سطح شده و ارتقای عملکرد برگ و گل زعفران را در طی سالیان متوالی استفاده از مزرعه به ارمغان می‌آورد.

فهرست منابع:

1. اسدی رحمانی، ه و س. سماوات. 1378. مواد آلی، اهمیت و افزایش آن در خاک. نشریه فنی شماره 425، موسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی کرج.
2. امیدی، ح.، نقدی بادی، ح.، گلزاد، ع.، ترابی، ح. و م. ح. فتوکیان. 1388. تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی، گیاهان دارویی. 2: 98 - 109.
3. بهدانی، م. ع. 1384. پهنه بندی اکولوژیکی و پایش نوسانات عملکرد زعفران در خراسان. پایان نامه دکترای زراعت (اکولوژی گیاهان زراعی). دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
4. ثابت تیموری، م.، کافی، م.، اورسجی، ز. و ک. اروجی. 1389. اثر تنش خشکی، اندازه و پوشش بنه بر خصوصیات مورفواکوفیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط گلخانه. بوم شناسی کشاورزی. 2 (2): 323 -334.
5. کافی، م. 1381. زعفران: فناوری تولید و فراوری (اکوفیزیولوژی زعفران). انتشارات قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، دانشگاه فردوسی مشهد: 68 -94.
6. کوچکی، ع. ر.، جهانی، م.، تبریزی، ل. و ع. ا. محمد آبادی. 1390. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی و تراکم بر عملکرد گل و ویژگی های بنه زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه آب و خاک. 25 (1): 196 - 206.
7. محمدزاده، ا. ر. 1389. ارزیابی استفاده از منابع مختلف کودهای آلی در زراعت زعفران. اولین کنگره چالش های کود در ایران : نیم قرن مصرف کود، تهران. ص 1 -11.
8. میر شکاری، ب. و س. باصر. 1388. اثر تلقیح بذر با کود زیستی نیترازین بر جوانه زنی و رشد اولیه کلزا، کنجد و آفتاب گردان. دانش نوین کشاورزی. 17 (4) : 91 -100.
9. نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، برومند رضازاده، ز. و ل. تبریزی. 1386. بررسی اثر وزن و دوره انبارداری بنه بر نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی درگیاه زعفران. پژوهش های زراعی ایران. 5 (1): 155 - 166.
10. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and S.P.S. Khanuja. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36 (13-14): 1737-1746.
11. Arancon, N.Q., Galvis P.A., and A. Edwards. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Biores. Tech. 96 (10): 1137-1142.
12. Aytekin, A. and A.O. Acikgoz. 2008. Hormone and Microorganism Treatments in the Cultivation of Saffron (*Crocus Sativus* L.) Plants. Molecules. 13: 1135-1146.
13. Berta, G., Fusconi, A. and J.E. Hooker. 2002. Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. In Gianinazzi, S., Schüepp, H., Barea, J.M. and K. Haselwandter (Eds.), Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts (pp. 71-85). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag.
14. Busato, J.G., Lima, L.S., Aguiar, N.O., Canellas, L.P. and F.L. Olivares. 2012. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Biores. Tech. 110: 390–395.
15. Cavusoglu, A. and E.I. Erkel. 2005. The Effect of Different Planting Areas and Corm Size on Yield and Harvest Period of Saffron (*Crocus Sativus* L.) in Kocaeli Province. Akdeniz Uni. Fac. Agric. 18: 179-184.
16. Chen, X.H., Koumoutsi, A., Scholz, R., Eisenreich, A., Schneider, K., Heinemeyer, I., Morgenstern, B., Voss, B., Hess, W.R., Reva, O., Junge, H., Voigt, B., Jungblut, P.R., Vater, J., Süssmuth, R., Liesegang, H., Strittmatter, A., Gottschalk, G. and R. Borriss. 2007. Comparative analysis of the complete genome sequence of the plant growth-

promoting bacterium Bacillus amyloliquefaciens FZB42. Nat. Biotech. Adv. Online Pub. doi: 10.1038/nbt1325.
17. De-Juan, J.A., Lopez-Corcoles, H., Munoz, R.M. and M.R. Picornell. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Ind. Crops Prod. 30: 212–219.
18. Dolan, L. and J. Davies. 2004. Cell expansion in roots. Current Opinion in Plant Biology.7: 33-39.
19. El-Abd, S.O., Singer, S.M., El-Saied, H.M. and M.H. Mahmoud. 1999. Effect of some levels of plant growth regulators and silver nitrate on the growth and yield of broad bean (*Vicia faba*) plants. Egypt J. Hort. 16 (2): 143-150.
20. Fiori, M., Falchi, G., Quaglia, M. and C. Cappelli. 2007. Saffron (*Crocus sativus* L.) diseases in Italy. Plant Pathol. 89 (3): S27-S68.
21. Gull, F.Y., Hafeez, I., Saleem, M. and K.A. Malik. 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. Aust. J. Exp. Agr. 44: 623-628.
22. Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R. and M. Talon. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. Physiol. Plant. 111: 206 – 11.
23. Han, H.S. and K.D. Supanjani Lee. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant soil Environ. 52 (3): 130-6.
24. Hardtke, C. 2003. Gibberllin signaling: Grass growing roots. Current Biology, 13: 366-367.
25. Jouquet, P., Plumere, T., Doan, T.T., Rumpel, C., Duc, T.T. and D. Orange. 2010. The rehabilitation of tropical soils using compost and vermicompost is affected by the presence of endogeic earthworms. App. Soil Ecol. 46 (1): 125–133.
26. Kaushal, S.K. and R.G. Upadhyay. 2002. Studies on variation in corm size and its effect on cormel production and flowering in *Crocus sativus* L. under midd hill conditions of H.P. Res. Crops. 3 (1): 126-128.
27. Kilian, M.V., Steiner, B., Krebs, H., Junge, G., Schmiedeknecht, L. and R. Hain. 2002. FZB24® *Bacillus subtilis* – mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. Bayer Crop Sci (formerly Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer). pp 72-79.
28. Kloepper, J.W., Lifshitz, R. and A. Novacky. 1988. *Pseudomonas* inoculation to benefit plant production. Anim. Plant. Sci. 60-64.
29. Koocheki, A.R. 2009. Good practice in saffron production in Iran. 3rd International Symposium on Saffron. 20 August. Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
30. Koocheki, A.R. and M. Jahan. 2009. Effect of biofertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corn density. 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in Cultivation Research and Economics. 20-24 May. Krokos, Kozani, Greece.
31. Loper, J.E. and M.N. Schroth. 1986. Influence of Bacterial Sources of Indole-3-acetic Acid on Root Elongation of Sugar Beet. Plant Physiol.Biochem. 76: 386-389.
32. Lopez, R.C. and L. Gomez-Gomez. 2009. Isolation of a new fungi and wound-induced chitinase class in corms of *Crocus sativus*. Plant Physiol. Biochem. 47 (5): 426-434.
33. Lucas-Garcia, J.A., Probanza, A., Ramos, B., Barriuso, J. and F.J. Gutierrez Manero. 2004. Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and *Sinorhizobium fredii* on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Glycine max* cv. Osumi. Plant Soil. 267: 143–153.

34. Munshi, A., GullZaffar, M. and G.H. Zargar. 2003. Prospects of saffron cultivation in the cold arid zone of Kargil (Ladakh). Human Impact on desert environment. 434-436.
35. Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. and F. Nardi. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biol. Biochem. 31: 1303-1311.
36. Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S. and T. Kalpana. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (Azotobacter and Rhizobium) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. Int. J. Botany. 6: 394-403.
37. Naryanasamy, G. and D.S. Biswa. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade. Indian rock phosphate. Biores. Tech. 97 (18): 2243-2251.
38. Nehvi, F.A., Khan, M.A. and A.A. Lone. 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. Acta Hortic. 850 (31): 171-174.
39. Nieto, K.F. and W.T. Frankenberger. 1989. Biosynthesis of cytokinins in soil. Am. J. Soil. Sci. Soc. 53: 735-740.
40. Odongo, T., Isutsa, D.K. and J.N. Aguyoh. 2008. Effects of integrated nutrient sources on growth and yield of strawberry grown under tropical high altitude conditions. Afr. J. Hort. Sci. 1: 53-6.
41. Probanza, A., Lucas-Garcia, J.A., Ruiz Palomino, M., Ramos, B. and F.J. Gutierrez-Mañero. 2002. *Pinus pinea* L. seedlings growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). App. Soil Ecol. 20: 75–84.
42. Singhai, P.K., Sarma, B.K. and J.S. Srivastava. 2011. Biological management of common scab of potato through *Pseudomonas* species and vermicompost. Biol. Cont. 57 (2): 150-157.
43. Sharaf-Eldin, M.A., Elkholy, S., Fernández, J.A., Junge, H., Cheetham, R.D., Guardiola, J.L. and P.J. Weathers. 2008. The effect of *Bacillus subtilis* FZB24 on flowers quantity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). Planta Medica. 74 (10): 1316-1320.
44. Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G. and Y. Rouphael. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. Food Agri. Environ. 7 (1): 19-23.
45. Valdez-Perez, M.A., Fernandez-Luqueno, F., Franco-Hernandez, O., Flores-Cotera, L.B. and L. Dendooven. 2011. Cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in limed or unlimed wastewater sludge, vermicompost or inorganic amended soil. Sci. Hortic. 128 (4): 380-387.
46. Vurdu, H. and K. Guney. 2004. Saffron-Red Gold. Faculty of Forestry, Gazi University, Kastamonu, Turkey.
47. Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C. and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125 (1-2): 155-166.
48. Zaidi, A. and M.S. Khan. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*Bradyrhizobium* symbiosis. Turk. J. Agr. Forest. 30: 223-230.