"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦

اثر مصرف کودهای آلی و شیمیایی بر روابط بین شاخص‌های رشد، خصوصیات بنه، صفات مرتبط با گل و عملکرد در اکوتیپ‌های زعفران (*Crocus sativus* L.)

Effect of organic and chemical fertilizers application on relationships among growth indices, corm characteristics, flower related attributes and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes

جلال قنبری[1] و غلامرضا خواجویی نژاد[2]

چکیده

قنبری، ج. و غ. ر. خواجویی نژاد. ١٣٩٦. اثر مصرف کودهای آلی و شیمیایی بر روابط بین شاخص‌های رشد، خصوصیات بنه، صفات مرتبط با گل و عملکرد در اکوتیپ‌های زعفران (*Crocus sativus* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ١٩(٤): ٣١٨-٢٩٧.**

این آزمایش به منظور ارزیابی اثر تغذیه‌ای کودهای آلی و شیمیایی بر صفات مرتبط با گل و عملکرد زعفران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ١٣٩٤ و ١٣٩٥ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. بنه‌های نه اکوتیپ زعفران (بجستان، استهبان، فردوس، گناباد، نطنز، قائن، سرایان، تربت حیدیه و زرند) در تیمارهای؛ بدون مصرف کود (شاهد)، کمپوست (٢٠ تن در هکتار) و کودهای شیمیایی (٤٦ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ١٣ کیلوگرم در هکتار فسفر) در مهرماه ١٣٩٤ کاشته شدند. در سال اول، صفات ظهور جوانه، شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه و در سال دوم صفات مرتبط با گل در اکوتیپ‌های زعفران مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در کلیه تیمارهای آزمایشی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفات تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر کلاله و دوام زیست توده با عملکرد کلاله وجود داشت. در تیمارهای کمپوست و کود شیمیایی، تعداد بنه‌های درشت (بیش از هشت گرم) همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد کلاله داشتند. نتایج تجزیه مسیر نشان داد که در تیمار شاهد تعداد گل‌ها، میانگین وزن بنه و تعداد بنه‌های متوسط (٨-٤ گرم) بیشترین اثر مستقیم (به‌ترتیب ٠/٨٠٤، ٠/٩٠٧ و ٠/٥٠٢) را بر عملکرد کلاله داشتند و اثر غیرمستقیم بر عملکرد کلاله عمدتاً از طریق تعداد گل‌ها بود. در تیمار کمپوست، وزن‌تر و خشک گل، وزن‌تر کلاله، ظهور جوانه اصلی و تعداد جوانه فرعی در بنه، بیشترین اثر مستقیم (به‌ترتیب ٠/٧٩٩، ٠/٧٨٦، ٠/٤٠٦، ٠/٨٥٣ و ٠/٧٣٧) و خصوصیات بنه و شاخص‌های رشد رویشی، بیشترین اثر غیر مستقیم را از طریق این صفات بر عملکرد کلاله داشتند. در تیمار کود شیمیایی، تعداد گل (٠/٨٠١)، وزن تر کلاله (٠/٥٦١)، شاخص سطح برگ پس از مرحله بحرانی (٠/٦٨)، وزن خشک برگ (٠/٦٤٩) و وزن خشک بنه (٠/٦٩٩) بر عملکرد کلاله اثر مستقیم مثبت داشتند و اثر شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه بر عملکرد کلاله از طریق تعداد گل بود. نتایج این آزمایش نشان داد که با تغذیه مناسب گیاه می‌توان از طریق افزایش تعداد گل در واحد سطح و بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد بنه در سال اول و با انتخاب بر اساس این صفات، ضمن کاهش اثر عوامل ناشناخته، عملکرد کلاله زعفران را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: تجزیه همبستگی، تجزیه مسیر، حاصلخیزی خاک، زعفران و عملکرد کلاله.

تاریخ دریافت: ١٣٩٦/٠٣/٢٨ تاریخ پذیرش: ١٣٩٦/١٠/٢٦

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

١- دانشجوی دکتری دانشگاه شهید باهنر کرمان و عضو انجمن پژوهشگران جوان

٢- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان و پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان (مکاتبه کننده)

(پست الکترونیک: khajoei@uk.ac.ir)

مقدمه

زعفران یکی از با ارزش‌ترین محصولات گیاهی و گران‌ترین ادویه در سطح جهان است که به دلیل عطر، رنگ و طعم منحصر به فرد آن، بدون تردید یکی از گزینه‌های مهم در مصارف غذایی و پزشکی در قرن ۲۱ محسوب می‌شود (Melnyk *et al.,* 2010). گیاه زعفران به‌دلیل دارا بودن خواص منحصر به‌فرد زیست شناسی و زراعی؛ نظیر گل‌دهی در فصل پاییز، نیاز آبی و غذایی اندک و سازگاری با خاک‌های فقیر، جایگزین مناسبی جهت کشت در شرایط کم آبی محسوب شده و بعلاوه از قابلیت بالایی از نظر تولید اقتصادی در سیستم‌های کشاورزی پایدار برخوردار است (Gresta *et al.,* 2008a).

میانگین عملکرد زعفران (وزن خشک کلاله در واحد سطح) در ایران حدود چهار کیلوگرم در هکتار است که در مقایسه با میانگین تولید در کشورهایی نظیر اسپانیا (۱۵ کیلوگرم در هکتار)، بسیار کمتر است. روند افزایش سطح زیر کشت و میزان تولید این گیاه در کشور نشان می‌دهد که با وجود افزایش ۱۶ برابری سطح زیر کشت، میانگین تولید آن در واحد سطح کاهش داشته است (Behdani and Fallahi, 2015)، بنابراین افزایش تولید در واحد سطح از طریق روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی ضرورت دارد. عملکرد زعفران در سال دوم به رشد بنه‌های دختری در سال اول بستگی دارد (Gresta *et al.,* 2008b; Renau-Morata *et al.,* 2012). قدرت جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استقرار گیاهچه هستند. قدرت رشد و فعالیت فتوسنتزی مناسب گیاهچه باعث افزایش تعداد و وزن بنه‌های دختری زعفران در سال اول و عملکرد گل در سال‌های بعد خواهد شد (Renau-Morata *et al.,* 2012; Behdani and Fallahi, 2015). نتایج تحقیقات نشان داده است که تعداد برگ‌ها، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، ماده خشک برگ، تعداد، وزن و اندازه بنه با عملکرد کلاله ارتباط مثبت و معنی‌داری دارند (Ehsanzadeh *et al.,* 2004; Baghalian *et al.,* 2010). ارتباط بین اندازه و وزن بنه با تعداد گل و عملکرد زعفران نیز معنی‌دار گزارش شده است (De Mastro and Ruta, 1993; Gresta *et al.,* 2008b; Renau-Morata *et al.,* 2012)، بنابراین به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند قدرت ظهور گیاهچه، میزان رشد گیاه، زیست توده و خصوصیات بنه زعفران در سال اول و ارزیابی ارتباط این شاخص‌ها با عملکرد کلاله در سال‌های بعد، می‌تواند برای تعیین میزان تأثیر این صفات در بهبود عملکرد زعفران مورد استفاده قرار گیرد.

تجزیه همبستگی و تجزیه ضرایب مسیر از مهم‌ترین روش‌های بررسی روابط بین صفات در گیاهان به‌شمار می‌رود که توسط محققان برای شناسایی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته در گیاهان دارویی و ادویه‌ای نظیر زیره سبز (Ghanbari *et al.,* 2014)، جین‌سینگ هندی [*Withania somnifera* (L.) Dunal] (Srivastava *et al.,* 2017) و زعفران (Bayat *et al.,* 2016a,b) مورد استفاده قرار گرفته است. تجزیه ضرایب مسیر سهم نسبی هر صفت به صورت اثر مستقیم و غیر مستقیم را بر صفت هدف ارزیابی کرده و نسبت به ضریب همبستگی از کارایی بیشتری در تعیین سهم هر عامل بر عملکرد نهایی برخوردار است (Ghanbari *et al.,* 2014). بیات و همکاران (Bayat *et al.,* 2016a) در بررسی صفات اثر گذار بر عملکرد زعفران در بین صفات مربوط به گل، صفات رویشی و صفات مربوط به بنه گزارش کردند که صفات تعداد گل، تعداد برگ، وزن و تعداد بنه‌های دختری بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد زعفران داشتند. در آزمایشی دیگر، صفات تعداد بنه‌های دختری، وزن تر گل، تعداد گل و در گام دوم وزن تر بنه، وزن خشک گل، وزن خشک برگ دارای بیشترین اثر مستقیم و غیرمستقیم بر عملکرد زعفران گزارش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

شدند (Bayat *et al.,* 2016b). علوی سینی و همکاران (Alavi Siney *et al.,* 2015) نشان دادند که تعداد گل، وزن خشک کلاله و گل مؤثرترین صفات در افزایش عملکرد کلاله خشک زعفران در واحد سطح بودند.

یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریت زراعی در زراعت زعفران، تأمین عناصر آلی و معدنی است (Gresta *et al.,* 2008a). استفاده از کودهای آلی علاوه بر تأمین نیازهای غذایی گیاه، با بهبود عوامل فیزیکی و بیولوژیکی خاک باعث سهولت ظهور گیاهچه، بهبود رشد اولیه گیاهچه و تقویت بنه‌های دختری می‌شوند (Gresta *et al.,* 2008a; Koocheki and Seyyedi, 2015; Ghanbari and Khajoei-Nejad, 2017). با توجه به اثر مثبت کودهای آلی و شیمیایی بر ظهور گیاهچه، رشد و عملکرد گیاه، با مدیریت تغذیه گیاه و بهبود صفات مؤثر بر عملکرد، می‌توان عملکرد زعفران را بهبود داد. عوامل به‌زراعی از طریق تأثیر بر صفات مختلف گیاه، نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد گیاه دارند، اما عموماً در مطالعات ژنتیکی نقش این عوامل نادیده گرفته می‌شود، بنابراین آزمایش حاضر جهت تعیین سهم عوامل زراعی (مدیریت تغذیه گیاهی) بر تأثیر پذیری عملکرد کلاله از سایر صفات- با توجه به عدم وجود گزارشی در این زمینه- انجام شد. بعلاوه با توجه به امکان بهره‌برداری حدود هفت سال از مزارع زعفران با تنها یک نوبت کاشت (Behdani and Fallahi, 2015)، شناخت صفات مؤثر بر عملکرد کلاله در سال اول کاشت و بهبود آن‌ها، جهت حداکثر بهره‌وری در سال‌های بعد، مهم و ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ با میانگین درجه حرارت ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی ۱۱۱/۶ میلی‌متر و ۹۶-۱۳۹۵ با میانگین درجه حرارت ۱۳/۵ درجه سانتیگراد و میزان بارندگی ۹۲/۴ میلی‌متر، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. به منظور تعیین سهم عوامل مدیریت تغذیه گیاهی در اثر پذیری عملکرد کلاله در سال دوم از صفات ظهور و رشد گیاهچه، سرعت رشد گیاه و زیست توده و خصوصیات بنه در سال اول، نه اکوتیپ زعفران جمع‌آوری شده از نقاط مختلف کشور در تیمارهای تغذیه آلی و شیمیایی (۱- شاهد: بدون کود؛ ۲- کمپوست: ۲۰ تن در هکتار؛ ۳- کودهای شیمیایی؛ ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۳ کیلوگرم در هکتار فسفر) مورد ارزیابی قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و همچنین کمپوست مورد استفاده، در جدول ۱ ارائه شده است. میزان کمپوست به کار رفته براساس مقدار مطلوب گزارش شده در آزمایش‌های قبلی (Behnia *et al.,* 1999; Koocheki and Seyyedi, 2015) انتخاب شد. کوددهی شیمیایی در سال اول به‌صورت ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره)؛ براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و نیاز غذایی گیاه زعفران (حدود ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در سال اول) (Behnia *et al.,* 1999; Behzad *et al.,* 1992) در دو مرحله، قبل از کاشت و به‌صورت سرک، ۹۰ روز پس از کاشت و ۱۳ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) قبل از کاشت، اجرا شد. اکوتیپ‌های زعفران مورد بررسی از مناطق استهبان، بجستان، تربت حیدریه، زرند، سرایان، فردوس، قائن، گناباد و نطنز جمع‌آوری شدند (جدول ۲). هر تیمار کودی به‌صورت یک سیستم کشت جداگانه در نظر گرفته شده و اکوتیپ‌های مورد بررسی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر تیمار کودی کشت شدند. زمین محل اجرای آزمایش در نیمه تابستان سال ۱۳۹۴ شخم و دیسک زده شد. مقادیر مربوط به تیمارهای کود شیمیایی و کمپوست در سطح خاک پخش و با استفاده از دیسک با خاک مخلوط و سپس مرزبندی انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲×۰/۸ متر و شامل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

چهار ردیف کاشت به طول دو متر، فاصله بین ردیف‌ها ۰/۲ متر، فاصله بین کرت‌های فرعی مجاور ۰/۵ متر و فاصله بین هر تیمار تغذیه‌ای و بلوک‌های مجاور سه متر در نظر گرفته شد. بنه‌های اکوتیپ‌های زعفران از بنه‌های سالم و عاری از بیماری با میانگین وزن هفت گرم انتخاب و در عمق ۱۰ سانتی‌متر به فاصله ده سانتی‌متر روی ردیف، با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (Koocheki and Seyyedi, 2015; Khorramdel *et al.,* 2015) در مهر سال ۱۳۹۴ کاشته شده و سپس (۲۶ مهر) آبیاری انجام شد. جهت ظهور بهتر جوانه‌ها، آبیاری دوم دو هفته پس از آبیاری اول (Khorramdel *et al.,* 2015)، آبیاری سوم پس از گل‌دهی (۲۰ آذر ۱۳۹۴) و پس از آن، بسته به میزان بارندگی، به صورت غرقابی انجام شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی و در طول فصل رشد انجام شد. آبیاری اول در سال دوم آزمایش در تاریخ ۱۷ مهر ۱۳۹۵ انجام شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و کمپوست مورد استفاده

Table 1. Physicochemical properties of the soil at the experimental site and the applied compost

Characteristics	خصوصیات	واحد Unit	خاک Soil	کمپوست Compost
pH (H_2O)	اسیدیته (آب)	-	7.34 (1:5)	8.83 (1:5)
pH ($CaCl_2$)	اسیدیته (کلرید کلسیم)	-	7.27 (1:5)	8.2 (1:5)
EC ($dS.m^{-1}$)	هدایت الکتریکی	($dS\ m^{-1}$)	1.18 (1:5)	5.38 (1:5)
Organic carbon	کربن آلی	(%)	0.4	8.8
Organic matter	ماده آلی	(%)	-	15.1
$CaCO_3$	آهک	(%)	22.5	-
CEC	ظرفیت تبادل کاتیونی	($Cmol(+)\ kg^{-1}$)	20	-
N	نیتروژن	(%)	0.053	0.8
Available P	فسفر قابل دسترس	($mg.kg^{-1}$)	6.2	0.19

جدول ۲- اطلاعات جغرافیایی منشأ بنه‌های زعفران

Table 2. Geographical information of saffron corm provenances

Corm provenance	منشأ بنه	Province	استان	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع Altitude (m)
Estahban	استهبان	Fars	فارس	N ′29° 07	E ′54° 02	1773
Bajestan	بجستان	Khorasan Razavi	خراسان رضوی	N ′34° 31	E ′58° 10	1235
Torbat-e Heidarieh	تربت حیدریه	Khorasan Razavi	خراسان رضوی	N ′35° 16	E ′59° 12	1363
Zarand	زرند	Kerman	کرمان	N ′30° 49	E ′56° 34	1666
Sarayan	سرایان	South Khorasan	خراسان جنوبی	N ′33° 51	E ′58° 30	1438
Ferdows	فردوس	Khorasan Razavi	خراسان رضوی	N ′34° 01	E ′58° 10	1284
Qaen	قائن	South Khorasan	خراسان جنوبی	N ′33° 43	E ′59° 10	1457
Gonabad	گناباد	Khorasan Razavi	خراسان رضوی	N ′34° 20	E ′58° 42	1096
Natanz	نطنز	Isfahan	اصفهان	N ′33° 33	E ′51° 51	1700

صفات گیاهی مورد اندازه‌گیری در سال اول شامل صفات مرتبط با ظهور گیاهچه (درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی و تعداد جوانه فرعی در بنه)، صفات مرتبط با رشد و زیست توده شامل سرعت رشد گیاه (CGR) (گرم در متر مربع در روز) و شاخص سطح برگ در مراحل قبل و بعد از دوره بحرانی انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی (Behdani *et al.,* 2016)، تعداد برگ در بنه و طول برگ (سانتی متر)، زیست توده (گرم) و دوام

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

زیست توده (BMD) (گرم در روز) و خصوصیات بنه شامل تعداد، وزن تر، وزن خشک و میانگین وزن هر بنه (گرم)، تعداد بنه‌های دختری کمتر از چهار گرم (بنه ریز)، بین ۸-۴ گرم (بنه متوسط) و بیشتر از هشت گرم (بنه درشت) بودند. زمان اندازه‌گیری سرعت رشد و شاخص سطح برگ براساس مراحل رشد ذکر شده، نیمه دی تا نیمه اسفند (قبل از دوره بحرانی) و نیمه اسفند تا انتهای دوره رشد (بعد از دوره بحرانی) بود. جهت بررسی ظهور جوانه‌ها پس از مرحله گل‌دهی، جوانه‌های ظهور یافته شمارش شدند. بدین منظور در فواصل زمانی ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۹، ۴۶، ۶۰ و ۹۵ روز پس از کاشت در سال اول، تعداد جوانه‌های اصلی و فرعی ظهور یافته ثبت و درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی محاسبه شد (Maguire, 1962; Orchard, 1977). جهت تعیین میزان رشد، سطح برگ و شاخص‌های رشد، در طول دوره‌های ذکر شده (قبل و بعد از دوره بحرانی)، از هر کرت پنج بوته نمونه‌برداری شده و طول، سطح و وزن خشک برگ اندازه‌گیری شدند. سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (WinArea-UT-11, Fanavaran Alborz Andisheh Co, Iran) اندازه‌گیری شد. شاخص‌های سرعت رشد گیاه و دوام زیست توده با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Hunt, 1978):

$$CGR\ (g.m^{-2}.d^{-1}) = (W_2-W_1)/P(T_2-T_1) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$BMD\ (g.d^{-1}) = \sum(W_2+W_1)(T_2-T_1)/2 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

W_2 و W_1: وزن خشک گیاه به ترتیب در یک مرحله (T_2) و نمونه برداری قبل از آن (T_1) و P: مساحت زمین هستند.

برای اندازه‌گیری خصوصیات بنه در پایان فصل رشد (۱۵ اردیبهشت ۱۳۹۵) نمونه‌برداری از ۰/۲ متر مربع انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. جهت محاسبه ضرایب همبستگی ساده از نرم افزار SPSS ver. 17.0 استفاده و جهت مشخص کردن اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر صفت بر عملکرد کلاله، تجزیه ضرایب مسیر با استفاده از نرم‌افزارهای MATLAB و Excel بر اساس روابط زیر انجام شد (Rezaei and Soltani, 2008):

$$\begin{bmatrix} P1y \\ \vdots \\ Pny \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r11 & \cdots & r1n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r1n & \cdots & rnn \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} r1y \\ \vdots \\ rny \end{bmatrix} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

$$Q_{1n} = r_{1n}P_{ny} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$R = \sqrt{1-(P_{1y}r_{1y} + P_{2y}r_{2y} + ... + P_{ny}r_{ny})} \quad \text{(رابطه ۵)}$$

P_y: اثر مستقیم هر متغیر مستقل روی متغیر وابسته، r_n: ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل، r_y: ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته، Q_{1n}: اثر غیر مستقیم X_1 از طریق X_n بر متغیر وابسته و R: اثر باقیمانده هستند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات در تیمار شاهد نشان داد که از بین شاخص‌های مورد ارزیابی، صفات مرتبط با گل مانند تعداد گل، وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تر کلاله در واحد سطح، بیشترین همبستگی (به ترتیب ۰/۹۹۲**، ۰/۹۹۵**، ۰/۹۹۶** و ۰/۹۸۹**) را با عملکرد کلاله خشک در واحد سطح داشتند (جدول ۳). درصد و سرعت ظهور جوانه همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار (۰/۵۶ و ۰/۴۰۴)، شاخص سطح برگ در هر دو مرحله (۰/۸۴۷** و ۰/۹۳۸**)، طول برگ (۰/۸۱۹**) و دوام زیست توده (۰/۹۰۶**) همبستگی مثبت و معنی‌دار و وزن خشک بنه همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۷۰۶*) با عملکرد کلاله داشته و همبستگی سایر خصوصیات در این تیمارغیرمعنی‌دار بود (جدول ۳).

از بین صفات مرتبط با گل، بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد گل در واحد سطح بود (۰/۸۰۴). طول کلاله نیز اثر مستقیم ۰/۳۹۱ بر عملکرد کلاله در واحد سطح داشت. وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تر کلاله بر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

عملکرد کلاله اثر مستقیم منفی داشت که همبستگی مثبت این صفات با عملکرد عمدتاً به دلیل اثر غیرمستقیم آن‌ها از طریق تعداد گل (به‌ترتیب ۰/۸۰۲، ۰/۷۷۹ و ۰/۸۰۲) بود (جدول ۳). ظهور جوانه اثر مستقیم قابل توجهی بر عملکرد نداشته و اثر مستقیم سرعت ظهور جوانه در تیمار شاهد بر عملکرد کلاله منفی (۰/۶۴۹-) بود. درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی اثرغیر مستقیم متوسطی (به ترتیب ۰/۴۵۶ و ۰/۳۵۷) از طریق تعداد گل بر عملکرد داشتند. این صفات از طریق اثر بر شاخص سطح برگ، وزن بنه و تعداد بنه‌های متوسط بر عملکرد تاثیر داشتند (جدول ۳). بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی نشان داد که سرعت رشد گیاه در هر دو مرحله رشد، تعداد، طول و وزن خشک برگ در تیمار شاهد اثر مستقیم منفی (به ترتیب ۰/۳۶-، ۰/۱۱۹- ، ۰/۳۲۸-، ۰/۴۱۲- و ۰/۵۱۷-) بر عملکرد داشته و همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفات با عملکرد عمدتاً به‌دلیل اثر غیرمستقیم از طریق تعداد گل بوده است. شاخص سطح برگ و دوام زیست توده مؤثرترین شاخص‌های رشد بودند که دارای همبستگی بالایی با عملکرد بوده و اثرات مستقیم و غیرمستقیم قابل توجهی بر عملکرد داشتند (جدول ۳). شاخص سطح برگ در هر دو مرحله رشد به ترتیب با اثرات مستقیم ۰/۵۶۲ و ۰/۲۶۸ و اثرات غیرمستقیم ۰/۶۸۳ و ۰/۷۵۴ از طریق تعداد گل و دوام زیست توده با اثر مستقیم ۰/۳۶۳ و اثر غیرمستقیم ۰/۷۵۴ از طریق تعداد گل، بیشترین اثر را بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران داشتند. اکثر شاخص‌های رشد رویشی از طریق وزن بنه و تعداد بنه‌های متوسط، دارای اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد بودند. خصوصیات بنه همبستگی قابل توجهی با عملکرد نداشت، اما اثر مستقیم تعداد بنه (۰/۴۰۶) وزن بنه (۰/۹۰۷) و تعداد بنه‌های ریز (۰/۵۰۲) بر عملکرد قابل توجه بود. اکثر خصوصیات بنه از طریق تعداد گل دارای اثر غیرمستقیم بر عملکرد بودند. عدم وجود همبستگی معنی‌دار خصوصیات بنه با عملکرد به دلیل اثرات غیرمستقیم منفی وزن تر و خشک گل و کلاله بود (جدول ۳).

نتایج تجزیه همبستگی صفات در تیمار تغذیه آلی نشان داد که صفات تعداد گل، وزن‌تر و وزن خشک گل و وزن‌تر کلاله، دوام زیست توده و تعداد بنه‌های با وزن بیشتر از هشت گرم، همبستگی مثبت و معنی-داری (به‌ترتیب **۰/۹۹۱، **۰/۹۸۸، **۰/۹۷۳، **۰/۸۸۴ و *۰/۶۹۵) با عملکرد زعفران داشتند (جدول ۴).

نتایج نشان داد که از بین صفات مرتبط با گل، تعداد گل در واحد سطح برخلاف تیمار شاهد، دارای اثر مستقیم منفی (۰/۲۰۶-) بر عملکرد زعفران بود (جدول ۴) که ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار آن با عملکرد بیشتر به‌دلیل اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق وزن گل-تر، گل خشک و کلاله‌تر (۰/۷۹۴، ۰/۷۷۱ و ۰/۳۶۴) بوده است. در مقابل وزن‌تر و وزن خشک گل و وزن‌تر کلاله، اثر مستقیم مثبت بر عملکرد کلاله داشتند (به-ترتیب ۰/۷۹۹، ۰/۷۸۶ و ۰/۴۰۶). بعلاوه اثر غیرمستقیم مثبت وزن‌تر و خشک گل از طریق یکدیگر (۰/۷۷۵ و ۰/۷۸۷) و از طریق کلاله‌تر (به‌ترتیب ۰/۳۷۳ و ۰/۳۶۴) بر عملکرد نیز قابل توجه بود. برخلاف تیمار شاهد، در تیمار مصرف کمپوست، درصد ظهور جوانه اصلی و تعداد جوانه فرعی در بنه اثر مستقیم قابل توجهی بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران داشتند (به‌ترتیب ۰/۸۵۳ و ۰/۷۳۷). همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار شاخص‌های ظهور جوانه اصلی (درصد و سرعت ظهور) علاوه بر اثرات مستقیم آن‌ها، به‌دلیل اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق وزن‌تر و خشک گل (۰/۲۶۲ و ۰/۲۷)، سرعت رشد گیاه در مرحله دوم (۰/۱۲ و ۰/۱۱۶) و وزن بنه (۰/۱۳۱ و ۰/۱۲۶) و همچنین اثرات منفی از طریق تعداد جوانه فرعی در بنه (۰/۱۱۳- و ۰/۱۵۴-)، طول برگ (۰/۶۴۸- و ۰/۷۱۱-) و دوام زیست توده (۰/۲۰۳- و ۰/۱۶۵-) بود (جدول ۴). همبستگی منفی تعداد جوانه فرعی در بنه (۰/۲۷-) با وجود اثر مستقیم مثبت، به دلیل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

اثرات غیر مستقیم منفی این صفت از طریق وزن‌تر و خشک گل (۰/۱۷۶ و ۰/۱۰۴)، سرعت رشد در مرحله دوم (۰/۱۳۵-)، تعداد برگ (۰/۳۴۴-)، وزن خشک بنه (۰/۴۴۱-) و تعداد بنه‌های ریز (۰/۱۰۵) بود (جدول ۴).

از بین شاخص‌های رشد رویشی، سرعت رشد در مراحل اول و دوم، تعداد و طول برگ و دوام زیست توده اثر مستقیم منفی (۰/۱۲۹-، ۰/۱۸۵-، ۰/۴۰۴-، ۰/۷۲۹- و ۰/۲۴۷-) و سطح برگ در هر دو مرحله رشد، اثر مثبت ناچیز و وزن خشک برگ اثر مستقیم ۰/۱۷۸ بر عملکرد کلاله داشتند (جدول ۴)، با این وجود همبستگی مثبت سرعت رشد در مرحله اول، شاخص سطح برگ در مرحله اول و دوم، طول برگ، وزن خشک برگ و دوام زیست توده با عملکرد، نتیجه اثرات غیرمستقیم این شاخص‌ها از طریق وزن‌تر گل (به‌ترتیب ۰/۴۳۷، ۰/۴۹۳، ۰/۴۶۸، ۰/۳۱، ۰/۴۱۱ و ۰/۵۲۹)، وزن خشک گل (به‌ترتیب ۰/۴۴۸، ۰/۴۵۲، ۰/۴۶، ۰/۳۲۱، ۰/۴۳۵ و ۰/۴۸۱) و وزن کلاله‌تر (۰/۱۵۵، ۰/۱۲۵، ۰/۱۰۸، ۰/۰۳، ۰/۲۴۹ و ۰/۱۶۲) بود. همبستگی منفی سرعت رشد در مرحله دوم و تعداد برگ با عملکرد، علاوه بر اثر مستقیم منفی، نتیجه اثرات غیرمستقیم منفی این صفات از طریق وزن‌تر (به‌ترتیب ۰/۱۸۸- و ۰/۳۴۹-) و وزن خشک گل (به‌ترتیب ۰/۱۳۳- و ۰/۲۷۷)، وزن خشک بنه (۰/۲۰۵- و ۰/۱۸۱-) و تعداد بنه‌های ریز (۰/۱۱۶- و ۰/۱۲۷-) می‌باشد. شاخص سطح برگ در هر دو مرحله رشد از طریق سرعت رشد در مرحله دوم (به‌ترتیب ۰/۱۳۶ و ۰/۱۰۹) و شاخص سطح برگ در مرحله دوم از طریق وزن بنه، دارای اثر مثبت بر عملکرد بودند. تعداد برگ از طریق دوام زیست توده و وزن‌تر بنه اثر مثبت و از طریق وزن خشک بنه و تعداد بنه‌های کمتر از چهار گرم، اثر منفی بر عملکرد داشت. طول برگ از طریق وزن بنه دارای اثر مثبت و از طریق دوام زیست توده دارای اثر منفی بر عملکرد بود. وزن خشک برگ از طریق وزن‌تر بنه اثر مثبت و از طریق وزن خشک بنه اثر منفی (به ترتیب ۰/۲۶۸ و ۰/۷۲۵-) بر عملکرد داشت (جدول ۴). از بین خصوصیات بنه در تیمار کمپوست تنها وزن بنه (۰/۲۸۲) و تعداد بنه‌های متوسط (۰/۳۳۴) اثر مستقیم مثبت بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران داشتند و در مورد سایر خصوصیات بنه اثر مستقیم بر عملکرد منفی بود (جدول ۴). تعداد بنه علاوه بر اثر مستقیم منفی (۰/۱۰۶-)، دارای اثرات غیرمستقیم منفی از طریق وزن‌تر گل (۰/۱۶۹-)، وزن خشک بنه (۰/۲۲-) و تعداد بنه‌های ریز (۰/۱۱۵-) بر عملکرد بود. وزن‌تر و خشک بنه و وزن بنه و همچنین تعداد بنه‌های با وزن بیشتر از هشت گرم از طریق وزن‌تر گل (۰/۳۷۴، ۰/۴۶۵، ۰/۳۴۳ و ۰/۵۴۵)، وزن خشک گل (۰/۴۰۹، ۰/۴۹۳، ۰/۲۸۲ و ۰/۵۲۹) و وزن‌تر کلاله (۰/۲۰۸، ۰/۲۳۹، ۰/۲۶۷ و ۰/۲۲۱) اثر غیرمستقیم مثبت و قابل توجهی بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران داشتند و به‌خصوص ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد بنه‌های درشت در تیمار کمپوست، به دلیل اثرات غیرمستقیم قابل توجه از طریق صفات مذکور بود، در حالی‌که تعداد بنه‌های ریز علاوه بر اثر مستقیم منفی از طریق وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تر کلاله، اثر غیرمستقیم منفی بر عملکرد داشتند (جدول ۴).

نتایج تجزیه همبستگی صفات در تیمار تغذیه با کودهای شیمیایی نشان داد که صفات مرتبط با گل بیشترین همبستگی را با عملکرد زعفران داشتند. تعداد گل (۰/۹۹۱**)، وزن‌تر (۰/۹۹۱**) و خشک (۰/۹۹۴**) گل و وزن کلاله‌تر (۰/۹۵۷**) بالاترین ضرایب همبستگی را با عملکرد دارا بودند (جدول ۵). از بین صفات ظهور جوانه اصلی و فرعی همانند تیمار شاهد، درصد و سرعت ظهور جوانه همبستگی متوسط و تعداد جوانه فرعی در بنه همبستگی منفی غیرمعنی‌داری با عملکرد داشتند. سرعت رشد در مرحله اول، طول و وزن خشک برگ، همبستگی متوسط مثبت و سرعت رشد در مرحله دوم و تعداد برگ همانند تیمار تغذیه آلی، همبستگی منفی و متوسط با عملکرد نشان دادند.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

جدول ۳- ضرایب تجزیه مسیر، اثرات مستقیم (توپر- روی قطر) و اثرات غیرمستقیم صفات مرتبط با گل، ظهور جوانه، شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران در تیمار شاهد (بدون کود)

Table 3. Path analysis coefficients, direct (bold –diagonal) and indirect effects of flower related characteristics, emergence, growth indices and corm characteristics on stigma yield of saffron ecotypes in control (without fertilizer) treatment

Plant characteristics	صفات گیاهی	r_{SY}	FN	FFW	DFW	FSW	SL	MBEP	MBER	SBN	CGR_1	CGR_2
FN	تعداد گل	0.992**	**0.804**	-0.114	-0.022	-0.777	0.159	0.064	-0.288	-0.017	-0.240	0.004
FFW	وزن تر گل	0.995**	0.802	**-0.114**	-0.022	-0.778	0.159	0.067	-0.287	-0.019	-0.237	0.004
DFW	وزن خشک گل	0.996**	0.799	-0.114	**-0.022**	-0.775	0.151	0.067	-0.283	-0.019	-0.242	0.007
FSW	وزن تر کلاله	0.989**	0.802	-0.114	-0.022	**-0.779**	0.163	0.067	-0.299	-0.017	-0.239	0.004
SL	طول کلاله	0.376ns	0.327	-0.047	-0.009	-0.325	**0.391**	0.082	-0.512	-0.009	-0.206	-0.024
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	0.56 ns	0.456	-0.068	-0.013	-0.465	0.286	**0.112**	-0.567	0.002	-0.278	-0.016
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	0.404 ns	0.357	-0.050	-0.010	-0.358	0.308	0.098	**-0.649**	0.009	-0.306	0.004
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	-0.247 ns	-0.170	0.027	0.005	0.166	-0.043	0.003	-0.069	**0.081**	0.048	-0.073
CGR_b	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	0.656 ns	0.536	-0.075	-0.015	-0.518	0.223	0.087	-0.552	-0.011	**-0.360**	0.042
CGR_a	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	-0.058 ns	-0.027	0.003	0.001	0.023	0.080	0.015	0.021	0.050	0.127	**-0.199**
LAI_b	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	0.847**	0.683	-0.100	-0.019	-0.685	0.211	0.097	-0.421	-0.007	-0.259	-0.009
LAI_a	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	0.938**	0.754	-0.107	-0.021	-0.731	0.234	0.087	-0.424	-0.007	-0.283	-0.008
LN	تعداد برگ در بنه	-0.258 ns	-0.171	0.028	0.005	0.182	-0.071	-0.006	0.021	0.061	0.041	-0.064
LL	طول برگ	0.819**	0.695	-0.098	-0.019	-0.686	0.173	0.051	-0.289	-0.025	-0.210	0.021
LDW	وزن خشک برگ	0.528 ns	0.428	-0.064	-0.012	-0.437	0.197	0.091	-0.340	0.023	-0.138	-0.071
BMD	دوام زیست توده	0.906**	0.754	-0.109	-0.021	-0.745	0.148	0.081	-0.347	-0.008	-0.253	0.000
CN	تعداد بنه	0.388 ns	0.253	-0.039	-0.008	-0.236	-0.157	-0.030	0.326	-0.030	0.083	0.014
CFW	وزن تر بنه	0.609 ns	0.495	-0.071	-0.014	-0.485	0.058	0.079	-0.382	0.027	-0.255	-0.007
CDW	وزن خشک بنه	0.706*	0.563	-0.080	-0.016	-0.553	0.061	0.073	-0.340	0.025	-0.253	-0.003
CMW	میانگین وزن بنه	0.482 ns	0.419	-0.057	-0.011	-0.411	0.145	0.077	-0.490	0.022	-0.303	0.015
SCN	تعداد بنه‌های ریز	0.031 ns	-0.026	0.003	0.000	0.042	-0.213	-0.061	0.385	-0.046	0.107	0.060
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	0.528 ns	0.479	-0.065	-0.012	-0.454	0.234	0.061	-0.332	0.016	-0.140	-0.065
LCN	تعداد بنه‌های درشت	0.214 ns	0.133	-0.020	-0.005	-0.124	-0.093	0.040	-0.134	0.019	-0.166	0.020

ns , * and **: Not significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

r_{SY}: Correlation coefficient with stigma yield

ns، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

r_{SY}: ضریب همبستگی با عملکرد کلاله

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

Table 3. Continued

جدول ۳- ادامه

Plant characteristics	صفات گیاهی	LAI_1	LAI_2	LN	LL	LDW	BMD	CN	CFW	CDW	CMW	SCN	MCN	LCN
FN	تعداد گل	0.477	0.251	0.070	-0.356	-0.275	0.341	0.128	-0.021	0.054	0.473	-0.001	0.299	-0.021
FFW	وزن تر گل	0.491	0.252	0.081	-0.353	-0.292	0.346	0.138	-0.021	0.055	0.457	-0.001	0.288	-0.022
DFW	وزن خشک گل	0.495	0.252	0.081	-0.348	-0.289	0.348	0.141	-0.021	0.057	0.473	-0.001	0.267	-0.028
FSW	وزن تر کلاله	0.494	0.251	0.077	-0.363	-0.290	0.347	0.123	-0.021	0.055	0.479	-0.002	0.293	-0.020
SL	طول کلاله	0.303	0.160	0.059	-0.183	-0.261	0.138	-0.163	-0.005	0.012	0.336	-0.020	0.300	0.030
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	0.486	0.209	0.017	-0.189	-0.422	0.262	-0.107	-0.024	0.051	0.620	-0.020	0.273	-0.045
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	0.365	0.175	0.011	-0.183	-0.270	0.194	-0.204	-0.020	0.041	0.685	-0.021	0.257	-0.026
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	-0.048	-0.022	-0.247	0.129	-0.149	-0.035	-0.150	-0.011	0.023	0.240	-0.020	0.097	-0.029
CGR_1	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	0.405	0.210	0.038	-0.241	-0.198	0.255	-0.093	-0.024	0.055	0.764	-0.011	0.196	-0.057
CGR_2	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	0.045	0.019	-0.176	0.073	-0.308	-0.001	-0.049	-0.002	0.002	-0.114	-0.018	0.274	0.021
LAI_1	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	**0.562**	0.246	0.043	-0.307	-0.418	0.349	0.022	-0.025	0.062	0.603	-0.012	0.276	-0.042
LAI_2	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	0.516	**0.268**	0.046	-0.305	-0.360	0.338	0.058	-0.024	0.060	0.572	-0.008	0.320	-0.036
LN	تعداد برگ در بنه	-0.074	-0.038	**-0.328**	0.120	-0.122	-0.053	-0.211	-0.010	0.018	0.307	-0.022	0.172	-0.045
LL	طول برگ	0.419	0.198	0.096	**-0.412**	-0.176	0.295	0.028	-0.013	0.038	0.464	-0.005	0.256	0.016
LDW	وزن خشک برگ	0.455	0.186	-0.077	-0.140	**-0.517**	0.252	-0.035	-0.023	0.050	0.427	-0.021	0.332	-0.039
BMD	دوام زیست توده	0.540	0.249	0.048	-0.335	-0.358	**0.363**	0.086	-0.026	0.065	0.587	-0.006	0.265	-0.043
CN	تعداد بنه	0.030	0.039	0.170	-0.028	0.045	0.077	**0.406**	0.002	0.001	-0.443	0.030	-0.119	0.002
CFW	وزن تر بنه	0.422	0.191	-0.101	-0.159	-0.348	0.281	-0.026	**-0.034**	0.074	0.749	-0.013	0.223	-0.094
CDW	وزن خشک بنه	0.450	0.207	-0.076	-0.203	-0.335	0.305	0.006	-0.032	**0.078**	0.749	-0.012	0.183	-0.089
CMW	میانگین وزن بنه	0.374	0.169	-0.111	-0.211	-0.244	0.235	-0.198	-0.028	0.064	**0.907**	-0.022	0.216	-0.072
SCN	تعداد بنه‌های ریز	-0.196	-0.063	0.199	0.054	0.301	-0.066	0.335	0.012	-0.027	-0.556	**0.036**	-0.265	0.015
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	0.309	0.170	-0.113	-0.210	-0.342	0.191	-0.096	-0.015	0.028	0.389	-0.019	**0.502**	0.010
LCN	تعداد بنه‌های درشت	0.189	0.077	-0.118	0.052	-0.162	0.126	-0.005	-0.025	0.056	0.526	-0.004	-0.042	**-0.125**

تعداد گل (FN)، وزن تر گل (FFW)، وزن خشک گل (DFW)، وزن تر کلاله (FSW)، طول کلاله (SL)، درصد ظهور جوانه اصلی (MBEP)، سرعت ظهور جوانه اصلی (MBER)، تعداد جوانه فرعی در بنه (SBN)، سرعت رشد گیاه قبل (CGR_1) و بعد (CGR_2) از مرحله بحرانی، شاخص سطح برگ قبل (LAI_1) و بعد (LAI_2) از مرحله بحرانی، تعداد برگ (LN)، طول برگ (LL)، وزن خشک برگ (LDW)، دوام زیست توده (BMD)، تعداد بنه (CN)، وزن تر بنه (CFW)، وزن خشک بنه (CDW)، میانگین وزن بنه (CMW)، تعداد بنه ریز (SCN)، تعداد بنه متوسط (MCN) و تعداد بنه درشت (LCN). اثر باقیمانده: ۰/۰۱۳

Flower number (FN), Fresh flower weight (FFW), Dry flower weight (DFW), Fresh stigma weight (FSW), Stigma length (SL), Main bud emergence percent (MBEP), Main bud emergence rate (MBER), Sub bud number per corm (SBN), Crop growth rate before (CGR_1) and after (CGR_2) critical stage, Leaf area index before (LAI_1) and after (LAI_2) critical stage, Leaf number (LN), Leaf length (LL), leaf dry weight (LDW), Biomass duration (BMD), Corm number (CN), Corm fresh weight (CFW), Corm dry weight (CDW), Corm mean weight (CMW), Small corms number (SCN), Medium corms number (MCN) and Large corms number (LCN). Residual effect: 0.013

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

جدول ۴- ضرایب تجزیه مسیر، اثرات مستقیم (توپر- روی قطر) و اثرات غیرمستقیم صفات مرتبط با گل، ظهور جوانه، شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران در تیمار کمپوست

Table 4. Path analysis coefficients, direct (bold –diagonal) and indirect effects of flower related characteristics, emergence, growth indices and corm characteristics on stigma yield of saffron ecotypes in compost treatment

Plant characteristics	صفات گیاهی	r_{SY}	FN	FFW	DFW	FSW	SL	MBEP	MBER	SBN	CGR_1	CGR_2
FN	تعداد گل	0.991**	**-0.206**	0.794	0.771	0.364	-0.088	0.341	-0.077	-0.178	-0.073	0.050
FFW	وزن تر گل	0.988**	-0.205	**0.799**	0.775	0.373	-0.095	0.294	-0.069	-0.163	-0.070	0.044
DFW	وزن خشک گل	0.973**	-0.202	0.787	**0.786**	0.364	-0.082	0.284	-0.069	-0.098	-0.073	0.031
FSW	وزن تر کلاله	0.884**	-0.185	0.735	0.706	**0.406**	-0.101	0.003	-0.012	-0.094	-0.049	-0.006
SL	طول کلاله	0.525ns	-0.114	0.478	0.410	0.261	**-0.158**	0.015	-0.044	-0.368	-0.018	0.086
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	0.379 ns	-0.083	0.275	0.262	0.001	-0.003	**0.853**	-0.178	-0.113	-0.093	0.120
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	0.323 ns	-0.079	0.276	0.270	0.025	-0.035	0.758	**-0.200**	-0.154	-0.104	0.116
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	-0.270 ns	0.050	-0.176	-0.104	-0.052	0.079	-0.131	0.042	**0.737**	-0.030	-0.135
CGR_1	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	0.495 ns	-0.117	0.437	0.448	0.155	-0.023	0.614	-0.162	0.173	**-0.129**	0.028
CGR_2	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	-0.268 ns	0.056	-0.188	-0.133	0.012	0.074	-0.553	0.126	0.539	0.019	**-0.185**
LAI_1	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	0.661 ns	-0.136	0.493	0.452	0.125	-0.047	0.776	-0.152	-0.264	-0.079	0.136
LAI_2	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	0.618 ns	-0.130	0.468	0.460	0.108	-0.025	0.794	-0.176	-0.189	-0.099	0.109
LN	تعداد برگ در بنه	-0.432 ns	0.086	-0.349	-0.277	-0.135	0.124	-0.130	0.051	0.627	-0.012	-0.138
LL	طول برگ	0.380 ns	-0.089	0.310	0.321	0.030	-0.031	0.759	-0.195	-0.178	-0.097	0.123
LDW	وزن خشک برگ	0.472 ns	-0.102	0.411	0.435	0.249	-0.006	0.018	0.009	0.489	-0.067	-0.097
BMD	دوام زیست توده	0.695*	-0.144	0.529	0.481	0.162	-0.070	0.700	-0.134	-0.260	-0.071	0.138
CN	تعداد بنه	-0.201 ns	0.040	-0.169	-0.068	-0.084	0.107	0.029	-0.009	0.471	-0.038	-0.109
CFW	وزن تر بنه	0.434 ns	-0.093	0.374	0.409	0.208	-0.008	0.127	-0.014	0.477	-0.069	-0.069
CDW	وزن خشک بنه	0.531 ns	-0.111	0.465	0.493	0.239	-0.041	0.131	-0.024	0.397	-0.068	-0.046
CMW	میانگین وزن بنه	0.360 ns	-0.076	0.343	0.282	0.267	-0.100	-0.320	0.072	0.085	0.005	-0.036
SCN	تعداد بنه‌های ریز	-0.541 ns	0.105	-0.412	-0.330	-0.150	0.118	-0.286	0.054	0.543	-0.004	-0.150
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	-0.28 ns	0.051	-0.178	-0.193	-0.073	-0.073	-0.007	-0.048	-0.199	0.009	0.070
LCN	تعداد بنه‌های درشت	0.730*	-0.148	0.545	0.529	0.221	-0.027	0.335	-0.023	-0.015	-0.038	0.045

ns ، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns , * and **: Not significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

r_{SY}: ضریب همبستگی با عملکرد کلاله

r_{SY}: Correlation coefficient with stigma yield

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

Table 4. Continued

جدول ۴- ادامه

Plant characteristics	صفات گیاهی	LAI_1	LAI_2	LN	LL	LDW	BMD	CN	CFW	CDW	CMW	SCN	MCN	LCN
FN	تعداد گل	0.007	0.056	0.169	-0.316	0.087	-0.172	0.020	0.127	-0.442	-0.129	0.073	-0.083	-0.105
FFW	وزن تر گل	0.007	0.052	0.176	-0.283	0.092	-0.164	0.022	0.132	-0.476	-0.151	0.074	-0.075	-0.100
DFW	وزن خشک گل	0.006	0.052	0.142	-0.297	0.098	-0.151	0.009	0.147	-0.514	-0.126	0.060	-0.082	-0.099
FSW	وزن تر کلاله	0.003	0.024	0.134	-0.053	0.109	-0.099	0.022	0.145	-0.483	-0.231	0.053	-0.061	-0.080
SL	طول کلاله	0.003	0.014	0.316	-0.144	0.006	-0.110	0.072	0.014	-0.210	-0.221	0.106	0.156	-0.025
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	0.010	0.082	0.061	-0.648	0.004	-0.203	-0.004	0.042	-0.126	0.131	0.048	-0.003	-0.058
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	0.008	0.078	0.103	-0.711	-0.008	-0.165	-0.005	0.019	-0.099	0.126	0.039	0.081	-0.017
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	-0.004	-0.023	-0.344	0.176	0.118	0.087	-0.068	0.183	-0.441	-0.040	-0.105	-0.090	0.003
CGR_1	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	0.007	0.068	-0.039	-0.552	0.092	-0.136	-0.031	0.152	-0.434	0.014	-0.004	-0.024	-0.043
CGR_2	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	-0.008	-0.052	-0.302	0.486	0.093	0.184	-0.063	0.106	-0.205	-0.068	-0.116	-0.127	0.036
LAI_1	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	**0.011**	0.081	0.170	-0.571	0.014	-0.239	0.026	0.048	-0.191	0.032	0.091	-0.022	-0.092
LAI_2	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	0.010	**0.089**	0.109	-0.652	0.020	-0.204	-0.008	0.059	-0.211	0.108	0.056	-0.017	-0.061
LN	تعداد برگ در بنه	-0.005	-0.024	**-0.404**	0.216	0.083	0.116	-0.087	0.129	-0.181	0.067	-0.127	-0.092	0.028
LL	طول برگ	0.009	0.079	0.120	**-0.729**	-0.014	-0.172	-0.005	0.013	-0.092	0.148	0.044	0.060	-0.032
LDW	وزن خشک برگ	0.001	0.010	-0.188	0.058	**0.178**	-0.036	-0.042	0.268	-0.725	-0.188	-0.037	-0.107	-0.062
BMD	دوام زیست توده	0.011	0.073	0.190	-0.506	0.026	**-0.247**	0.038	0.074	-0.277	-0.037	0.104	0.015	-0.099
CN	تعداد بنه	-0.003	0.006	-0.332	-0.032	0.070	0.088	**-0.106**	0.123	-0.220	0.160	-0.115	-0.051	0.042
CFW	وزن تر بنه	0.002	0.019	-0.185	-0.034	0.169	-0.065	-0.046	**0.282**	-0.774	-0.158	-0.025	-0.036	-0.056
CDW	وزن خشک بنه	0.003	0.023	-0.089	-0.082	0.157	-0.084	-0.029	0.267	**-0.818**	-0.185	0.003	-0.013	-0.058
CMW	میانگین وزن بنه	-0.001	-0.027	0.077	0.308	0.095	-0.026	0.048	0.128	-0.431	**-0.350**	0.044	0.017	-0.045
SCN	تعداد بنه‌های ریز	-0.007	-0.035	-0.358	0.225	0.046	0.181	-0.085	0.049	0.016	0.108	**-0.143**	-0.088	0.063
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	-0.001	-0.004	0.111	-0.130	-0.057	-0.011	0.016	-0.030	0.032	-0.018	0.038	**0.334**	0.082
LCN	تعداد بنه‌های درشت	0.007	0.037	0.078	-0.157	0.074	-0.166	0.031	0.107	-0.323	-0.107	0.061	-0.187	**-0.147**

تعداد گل (FN)، وزن تر گل (FFW)، وزن خشک گل (DFW)، وزن تر کلاله (FSW)، طول کلاله (SL)، درصد ظهور جوانه اصلی (MBEP)، سرعت ظهور جوانه اصلی (MBER)، تعداد جوانه فرعی در بنه (SBN)، سرعت رشد گیاه قبل (CGR_1) و بعد (CGR_2) از مرحله بحرانی، شاخص سطح برگ قبل (LAI_1) و بعد (LAI_2) از مرحله بحرانی، تعداد برگ (LN)، طول برگ (LL)، وزن خشک برگ (LDW)، دوام زیست توده (BMD)، تعداد بنه (CN)، وزن تر بنه (CFW)، وزن خشک بنه (CDW)، میانگین وزن بنه (CMW)، تعداد بنه ریز (SCN)، تعداد بنه متوسط (MCN) و تعداد بنه درشت (LCN). اثر باقیمانده: ۰

Flower number (FN), Fresh flower weight (FFW), Dry flower weight (DFW), Fresh stigma weight (FSW), Stigma length (SL), Main bud emergence percent (MBEP), Main bud emergence rate (MBER), Sub bud number per corm (SBN), Crop growth rate before (CGR_1) and after (CGR_2) critical stage, Leaf area index before (LAI_1) and after (LAI_2) critical stage, Leaf number (LN), Leaf length (LL), leaf dry weight (LDW), Biomass duration (BMD), Corm number (CN), Corm fresh weight (CFW), Corm dry weight (CDW), Corm mean weight (CMW), Small corms number (SCN), Medium corms number (MCN) and Large corms number (LCN). Residual effect: 0

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

جدول ۵- ضرایب تجزیه مسیر، اثرات مستقیم (توپر- روی قطر) و اثرات غیرمستقیم صفات مرتبط با گل، ظهور جوانه، شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران در تیمار کود شیمیایی

Table 5. Path analysis coefficients, direct (bold –diagonal) and indirect effects of flower related characteristics, emergence, growth indices and corm characteristics on stigma yield of saffron ecotypes in chemical fertilizer treatment

Plant characteristics	صفات گیاهی	r_{SY}	FN	FFW	DFW	FSW	SL	MBEP	MBER	SBN	CGR_1	CGR_2
FN	تعداد گل	0.991**	**0.801**	-0.541	0.005	0.534	0.022	-0.208	0.447	0.017	-0.415	0.029
FFW	وزن تر گل	0.991**	0.799	**-0.542**	0.005	0.530	0.020	-0.198	0.423	0.016	-0.399	0.027
DFW	وزن خشک گل	0.994**	0.800	-0.542	**0.005**	0.532	0.022	-0.200	0.427	0.017	-0.407	0.029
FSW	وزن تر کلاله	0.957**	0.762	-0.512	0.004	**0.561**	0.024	-0.226	0.502	0.016	-0.406	0.033
SL	طول کلاله	0.524ns	0.396	-0.252	0.002	0.307	**0.044**	-0.184	0.481	0.020	-0.435	0.036
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	0.524 ns	0.467	-0.300	0.003	0.356	0.023	**-0.357**	0.705	0.019	-0.523	0.037
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	0.548 ns	0.477	-0.305	0.003	0.374	0.028	-0.335	**0.752**	0.018	-0.496	0.036
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	-0.424 ns	-0.314	0.205	-0.002	-0.206	-0.020	0.160	-0.319	**-0.043**	0.225	-0.068
CGR_1	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	0.650 ns	0.559	-0.364	0.003	0.383	0.032	-0.315	0.628	0.016	**-0.594**	0.028
CGR_2	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	-0.439 ns	-0.320	0.205	-0.002	-0.261	-0.022	0.185	-0.381	-0.041	0.231	**-0.072**
LAI_1	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	0.898**	0.735	-0.493	0.004	0.488	0.029	-0.203	0.508	0.011	-0.446	0.018
LAI_2	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	0.767*	0.636	-0.420	0.004	0.405	0.036	-0.237	0.535	0.017	-0.538	0.025
LN	تعداد برگ در بنه	-0.399 ns	-0.271	0.181	-0.002	-0.200	-0.014	0.117	-0.217	-0.039	0.115	-0.062
LL	طول برگ	0.568 ns	0.447	-0.293	0.003	0.305	0.031	-0.255	0.533	0.036	-0.421	0.055
LDW	وزن خشک برگ	0.545 ns	0.475	-0.318	0.003	0.291	0.022	-0.126	0.344	-0.011	-0.378	-0.021
BMD	دوام زیست توده	0.864**	0.702	-0.470	0.004	0.468	0.031	-0.189	0.499	0.010	-0.442	0.017
CN	تعداد بنه	-0.379 ns	-0.327	0.213	-0.002	-0.269	-0.024	0.288	-0.639	-0.028	0.381	-0.049
CFW	وزن تر بنه	0.689*	0.593	-0.401	0.003	0.355	0.012	-0.118	0.344	-0.006	-0.285	-0.013
CDW	وزن خشک بنه	0.660 ns	0.573	-0.387	0.003	0.343	0.020	-0.146	0.361	-0.006	-0.404	-0.012
CMW	میانگین وزن بنه	0.600 ns	0.530	-0.353	0.003	0.346	0.028	-0.253	0.602	0.009	-0.488	0.012
SCN	تعداد بنه‌های ریز	-0.462 ns	-0.388	0.260	-0.002	-0.304	-0.022	0.264	-0.590	-0.028	0.355	-0.049
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	-0.171 ns	-0.132	0.099	-0.001	-0.059	0.027	-0.034	0.219	-0.004	-0.166	-0.005
LCN	تعداد بنه‌های درشت	0.832**	0.707	-0.480	0.004	0.461	0.008	-0.230	0.472	0.009	-0.359	0.014

ns , * and **: Not significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

r_{SY}: Correlation coefficient with stigma yield

ns ، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

r_{SY}: ضریب همبستگی با عملکرد کلاله

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

Table 5. Continued

جدول ۵- ادامه

Plant characteristics	صفات گیاهی	LAI_1	LAI_2	LN	LL	LDW	BMD	CN	CFW	CDW	CMW	SCN	MCN	LCN
FN	تعداد گل	-0.849	0.540	0.207	-0.180	0.385	-0.152	-0.343	-0.273	0.500	0.021	0.363	0.047	0.035
FFW	وزن تر گل	-0.842	0.526	0.204	-0.174	0.381	-0.150	-0.330	-0.273	0.499	0.021	0.359	0.052	0.035
DFW	وزن خشک گل	-0.844	0.536	0.212	-0.179	0.379	-0.151	-0.334	-0.268	0.496	0.021	0.360	0.047	0.034
FSW	وزن تر کلاله	-0.804	0.490	0.218	-0.175	0.336	-0.144	-0.404	-0.233	0.428	0.020	0.405	0.030	0.032
SL	طول کلاله	-0.604	0.551	0.193	-0.228	0.327	-0.124	-0.460	-0.098	0.323	0.020	0.377	-0.175	0.007
MBEP	درصد ظهور جوانه اصلی	-0.525	0.451	0.200	-0.230	0.229	-0.092	-0.679	-0.121	0.287	0.023	0.554	-0.027	0.025
MBER	سرعت ظهور جوانه اصلی	-0.625	0.483	0.177	-0.228	0.297	-0.115	-0.716	-0.168	0.336	0.026	0.588	-0.083	0.025
SBN	تعداد جوانه فرعی در بنه	0.238	-0.271	-0.547	0.269	0.172	0.041	0.548	-0.050	0.089	-0.007	-0.493	-0.023	-0.008
CGR_1	سرعت رشد قبل از مرحله بحرانی	-0.695	0.616	0.119	-0.228	0.413	-0.129	-0.540	-0.177	0.475	0.027	0.448	-0.079	0.024
CGR_2	سرعت رشد بعد از مرحله بحرانی	0.237	-0.242	-0.528	0.250	0.192	0.040	0.575	-0.065	0.121	-0.005	-0.508	-0.020	-0.008
LAI_1	شاخص سطح برگ قبل از مرحله بحرانی	**-0.925**	0.614	0.074	-0.167	0.526	-0.172	-0.378	-0.316	0.613	0.027	0.376	-0.057	0.031
LAI_2	شاخص سطح برگ بعد از مرحله بحرانی	-0.835	**0.680**	0.106	-0.216	0.494	-0.158	-0.446	-0.241	0.573	0.028	0.401	-0.104	0.024
LN	تعداد برگ در بنه	0.112	-0.118	**-0.611**	0.250	0.258	0.018	0.427	-0.081	0.221	0.000	-0.386	-0.089	-0.008
LL	طول برگ	-0.480	0.457	0.474	**-0.322**	0.095	-0.090	-0.675	-0.052	0.141	0.018	0.581	-0.038	0.017
LDW	وزن خشک برگ	-0.749	0.517	-0.243	-0.047	**0.649**	-0.145	-0.101	-0.318	0.672	0.026	0.099	-0.118	0.022
BMD	دوام زیست توده	-0.918	0.620	0.064	-0.168	0.542	**-0.173**	-0.361	-0.310	0.611	0.027	0.353	-0.081	0.029
CN	تعداد بنه	0.415	-0.360	-0.310	0.258	-0.078	0.074	**0.842**	0.053	-0.136	-0.022	-0.732	0.089	-0.017
CFW	وزن تر بنه	-0.794	0.444	-0.135	-0.045	0.560	-0.146	-0.122	**-0.369**	0.627	0.024	0.151	-0.020	0.031
CDW	وزن خشک بنه	-0.811	0.557	-0.193	-0.065	0.624	-0.151	-0.163	-0.331	**0.699**	0.027	0.181	-0.086	0.026
CMW	میانگین وزن بنه	-0.781	0.587	-0.009	-0.182	0.514	-0.146	-0.576	-0.267	0.582	**0.032**	0.520	-0.136	0.026
SCN	تعداد بنه‌های ریز	0.464	-0.364	-0.315	0.250	-0.086	0.082	0.823	0.074	-0.169	-0.023	**-0.749**	0.074	-0.020
MCN	تعداد بنه‌های متوسط	-0.184	0.248	-0.192	-0.043	0.269	-0.049	-0.264	-0.027	0.212	0.016	0.194	**-0.284**	-0.012
LCN	تعداد بنه‌های درشت	-0.733	0.409	0.129	-0.140	0.358	-0.125	-0.368	-0.291	0.465	0.022	0.374	0.087	**0.040**

تعداد گل (FN)، وزن تر گل (FFW)، وزن خشک گل (DFW)، وزن تر کلاله (FSW)، طول کلاله (SL)، درصد ظهور جوانه اصلی (MBEP)، سرعت ظهور جوانه اصلی (MBER)، تعداد جوانه فرعی در بنه (SBN)، سرعت رشد گیاه قبل (CGR_1) و بعد (CGR_2) از مرحله بحرانی، شاخص سطح برگ قبل (LAI_1) و بعد (LAI_2) از مرحله بحرانی، تعداد برگ (LN)، طول برگ (LL)، وزن خشک برگ (LDW)، دوام زیست توده (BMD)، تعداد بنه (CN)، وزن تر بنه (CFW)، وزن خشک بنه (CDW)، میانگین وزن بنه (CMW)، تعداد بنه ریز (SCN)، تعداد بنه متوسط (MCN) و تعداد بنه درشت (LCN). اثر باقیمانده: ۰

Flower number (FN), Fresh flower weight (FFW), Dry flower weight (DFW), Fresh stigma weight (FSW), Stigma length (SL), Main bud emergence percent (MBEP), Main bud emergence rate (MBER), Sub bud number per corm (SBN), Crop growth rate before (CGR_1) and after (CGR_2) critical stage, Leaf area index before (LAI_1) and after (LAI_2) critical stage, Leaf number (LN), Leaf length (LL), leaf dry weight (LDW), Biomass duration (BMD), Corm number (CN), Corm fresh weight (CFW), Corm dry weight (CDW), Corm mean weight (CMW), Small corms number (SCN), Medium corms number (MCN) and Large corms number (LCN). Residual effect: 0

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس و میزان تغییرات (درصد) صفات گیاهی اکوتیپ‌های زعفران در تیمارهای کودی نسبت به تیمار شاهد

Table 6. Analysis of variance and changes (%) of plant characteristics of saffron ecotypes in fertilizer application treatments compared to the control (without fertilizer) treatment

		DSW	FN	FFW	DFW	FSW	SL	MBEP	MBER	SBN	CGR_1	CGR_2	LAI_1
Compost	کمپوست	15	14.9	11	20.8	14.1	0.97	8.3	-4	19.5	18.7	51.6	15.9
Chemical Fertilizer	کود شیمیایی	37	34	29	30.4	37	0.97	-6.3	-16.3	9.2	18	61.3	8.7
SOV	منابع تغییر												
Fertilizer type (df, 2)	نوع کود	**	**	*	*	*	ns	**	ns	*	*	*	*
Ecotype (df, 8)	اکوتیپ	**	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
Fertilizer×Ecotype (df, 16)	اثر متقابل	ns	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	*	**	ns

Table 6. Continued

جدول ۶- ادامه

		LAI_2	LN	LL	LDW	BMD	CN	CFW	CDW	CMW	SCN	MCN	LCN
Compost	کمپوست	17.4	24.2	-2.4	23.2	13.1	24.3	26	28.3	5.8	16.7	14.5	54
Chemical Fertilizer	کود شیمیایی	18.3	21.1	4.9	21.7	9.7	6.8	21.7	19.8	12.8	-18.4	25	39.6
SOV	منابع تغییر												
Fertilizer type (df, 2)	نوع کود	*	*	ns	**	*	**	*	ns	ns	**	ns	*
Ecotype (df, 8)	اکوتیپ	**	**	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	**
Fertilizer×Ecotype (df, 16)	اثر متقابل	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**

وزن خشک کلاله (DSW)، تعداد گل (FN)، وزن تر گل(FFW)، وزن خشک گل (DFW)، وزن تر کلاله (FSW)، طول کلاله (SL)، درصد ظهور جوانه اصلی (MBEP)، سرعت ظهور جوانه اصلی (MBER)، تعداد جوانه فرعی در بنه (SBN)، سرعت رشد گیاه قبل (CGR_1) و بعد (CGR_2) از مرحله بحرانی، شاخص سطح برگ قبل (LAI_1) و بعد (LAI_2) از مرحله بحرانی، تعداد برگ (LN)، طول برگ (LL)، وزن خشک برگ (LDW)، دوام زیست توده (BMD)، تعداد بنه (CN)، وزن تر بنه (CFW)، وزن خشک بنه (CDW)، میانگین وزن بنه (CMW)، تعداد بنه ریز (SCN)، تعداد بنه متوسط (MCN) و تعداد بنه درشت (LCN).

Dry stigma weight (DSW), Flower number (FN), Fresh flower weight (FFW), Dry flower weight (DFW), Fresh stigma weight (FSW), Stigma length (SL), Main bud emergence percent (MBEP), Main bud emergence rate (MBER), Sub bud number per corm (SBN), Crop growth rate before (CGR_1) and after (CGR_2) critical stage, Leaf area index before (LAI_1) and after (LAI_2) critical stage, Leaf number (LN), Leaf length (LL), leaf dry weight (LDW), Biomass duration (BMD), Corm number (CN), Corm fresh weight (CFW), Corm dry weight (CDW), Corm mean weight (CMW), Small corms number (SCN), Medium corms number (MCN) and Large corms number (LCN)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

از بین شاخص‌های رشد رویشی، شاخص سطح برگ در هر دو مرحله و دوام زیست توده همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند. از بین خصوصیات بنه، همانند تیمار کمپوست، تعداد بنه‌های ریز همبستگی منفی با عملکرد داشته و سایر خصوصیات بنه همبستگی مثبت با عملکرد داشتند که از این بین همبستگی تعداد بنه‌های درشت، قابل توجه بود (**۰/۸۳۲).

نتایج تجزیه ضرایب مسیر در تیمار تغذیه شیمیایی (جدول ۵) نشان داد که از بین صفات مرتبط با گل، تنها تعداد گل و وزن‌تر کلاله اثر مستقیم مثبت (به‌ترتیب ۰/۸۰۱ و ۰/۵۶۱) بر عملکرد کلاله داشتند. باتوجه به اثر مستقیم ناچیز وزن‌تر گل و اثر مستقیم منفی وزن خشک گل بر عملکرد، ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های مرتبط با گل عمدتاً به‌دلیل اثر غیرمستقیم مثبت آن‌ها از طریق تعداد گل و وزن کلاله تر و اثر غیر مستقیم منفی از طریق وزن‌تر گل بود. درصد ظهور جوانه اصلی دارای اثر مستقیم منفی (۰/۳۵۷-) و سرعت ظهور جوانه اصلی دارای اثر مستقیم مثبت (۰/۷۵۲) بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران بودند (جدول ۳). این دو صفت ضریب همبستگی متوسط و مثبتی با عملکرد زعفران داشتند که علاوه بر اثرات مستقیم به دلیل اثرات غیرمستقیم مثبت این صفات از طریق تعداد گل، وزن تر کلاله، شاخص سطح برگ در مرحله دوم، تعداد و وزن خشک برگ، وزن خشک بنه و تعداد بنه‌های ریز و اثرات غیرمستقیم منفی از طریق وزن‌تر گل، سرعت رشد و شاخص سطح برگ در مرحله اول، طول برگ، تعداد بنه و وزن‌تر بنه بود (جدول ۵).

اثر مستقیم شاخص‌های رشد رویشی به‌جز شاخص سطح برگ در مرحله دوم و وزن خشک برگ، بر عملکرد منفی بود. همبستگی مثبت سرعت رشد در مرحله اول، شاخص سطح برگ در هردو مرحله، طول و وزن خشک برگ و دوام زیست‌توده به‌دلیل اثرات غیرمستقیم این صفات از طریق تعداد گل، وزن‌تر کلاله، وزن خشک بنه و تعداد بنه‌های ریز بود. همچنین کلیه شاخص‌های رشد با اثر غیرمستقیم مثبت از طریق وزن خشک برگ و وزن خشک بنه، بر عملکرد اثرگذار بودند (جدول ۵).

تعداد بنه در تیمار کودهای شیمیایی علی‌رغم همبستگی منفی (۰/۳۷۹-) با عملکرد، اثر مستقیم مثبت (۰/۸۴۲) بر عملکرد داشت. همبستگی منفی تعداد بنه با عملکرد به‌دلیل اثرات غیرمستقیم منفی از طریق تعداد گل (۰/۳۲۷-)، وزن‌تر کلاله (۰/۲۶۹-)، وزن خشک بنه (۰/۱۳۶-) و تعداد بنه‌های ریز (۰/۷۳۳-) بود. وزن‌تر بنه با وجود اثر مستقیم منفی (۰/۳۶۹-)، از طریق تعداد گل (۰/۵۹۳)، وزن‌تر کلاله (۰/۳۵۵) و وزن خشک بنه (۰/۶۲۷) اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد داشت. تعداد بنه‌های ریز و متوسط علاوه بر اثرات مستقیم منفی، اثرات غیرمستقیم منفی از طریق تعداد گل و کلاله تر بر عملکرد داشتند. وزن خشک بنه اثر مستقیم ۰/۶۹۹ بر عملکرد داشت. همچنین وزن خشک بنه، میانگین وزن بنه و تعداد بنه‌های درشت از طریق تعداد گل (۰/۵۷۳، ۰/۵۳ و ۰/۷۰۷) و وزن‌تر کلاله (۰/۳۴۳، ۰/۳۴۶ و ۰/۴۶۱) اثر غیرمستقیم قابل توجهی بر عملکرد داشتند (جدول ۵).

نتایج تجزیه همبستگی و ضرایب مسیر برای صفات ظهور جوانه، شاخص‌های رشد رویشی، خصوصیات بنه و صفات مرتبط با گل در بین تیمارهای تغذیه اکوتیپ‌های زعفران نشان دادکه برخی از صفات تحت هر شرایطی اثر بارزی بر عملکرد زعفران دارند. همبستگی صفاتی نظیر تعداد گل، وزن‌تر و خشک گل، وزن‌تر کلاله و دوام زیست توده در کلیه تیمارها مثبت و معنی‌دار بود. در تیمارهای کمپوست و کود شیمیایی، تعداد بنه‌های درشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). این موضوع نشان می‌دهد که در افزایش عملکرد زعفران این صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (جدول ۶). صفات یاد شده در تعیین سایر صفات مؤثر بر عملکرد زعفران توسط بیات و همکاران

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

(Bayat *et al.,* 2016a,b) نیز گزارش شده است. بیات و همکاران (Bayat *et al.,* 2016a) همبستگی تعداد گل، وزن‌تر و خشک گل، وزن خشک برگ، تعداد و وزن بنه‌های دختری را با عملکرد کلاله مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. هم‌راستا با این نتایج، علوی سینی و همکاران (Alavi Siney *et al.,* 2015) نیز گزارش کردند که تعداد گل همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد کلاله در زعفران داشت. در مورد ارتباط بین شاخص‌های رشد با عملکرد زعفران، احسان زاده و همکاران (Ehsanzadeh *et al.,* 2004) ارتباط معنی‌داری بین شاخص سطح برگ، سرعت رشد، وزن خشک کل و وزن بنه با عملکرد زعفران گزارش کردند.

با توجه به اینکه زعفران گیاهی چند ساله است، تغذیه صحیح آن در ابتدای رویش آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Behdani and Fallahi, 2015). ۱۵۰-۱۲۰ روز پس از کاشت، دوره بحرانی رشد زعفران بوده و توزیع زیست توده قبل و بعد از این مرحله دارای دو مرحله مشخص می‌باشد. در مرحله اول مواد فتوسنتزی عمدتاً به برگ‌ها و ریشه‌ها اختصاص یافته و وزن خشک برگ با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد و در مرحله دوم بنه‌های دختری بیشترین سهم را از مواد فتوسنتزی دریافت می‌کنند (Behdani *et al.,* 2016)، در نتیجه به‌نظر می‌رسد که سرعت رشد در مرحله اول سهم مهمی در رشد، فتوسنتز و عملکرد زعفران داشته باشد. در تیمارهای مورد بررسی سرعت رشد در مرحله اول (اواسط دی تا اواسط اسفند) با عملکرد و صفات مرتبط با گل، شاخص‌های رشد و خصوصیات بنه همبستگی مثبت و در اکثر موارد معنی‌دار داشته در مقابل سرعت رشد در مرحله دوم (اواسط اسفند تا پایان دوره رشد) با صفات مذکور دارای ارتباط منفی بود (نتایج نشان داده نشده است). همان‌طور که در نتایج تجزیه مسیر نیز نشان داده شد، سرعت رشد در مرحله اول اثر بیشتری بر عملکرد داشت. همبستگی سرعت رشد در مرحله اول با صفات مذکور در شرایط تغذیه شیمیایی قوی‌تر بوده و سرعت رشد در مرحله اول با کلیه خصوصیات گل، سطح برگ و دوام زیست توده، وزن خشک بنه و وزن بنه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (با تعداد گل:*۰/۶۹۸، وزن‌تر گل: *۰/۶۷۱، وزن خشک گل: *۰/۶۸۵، وزن‌تر کلاله: *۰/۶۸۳، طول کلاله: *۰/۷۳۳، شاخص سطح برگ در مرحله اول: *۰/۷۵۱، شاخص سطح برگ در مرحله دوم: **۰/۹۰۶، دوام زیست توده: *۰/۷۴۴، وزن خشک بنه: *۰/۶۸۰ و میانگین وزن بنه: **۰/۸۲۲). این موضوع به دلیل اثر کودهای شیمیایی بر توسعه برگ و افزایش سرعت رشد در طی رشد گیاه زعفران است (Chaji *et al.,* 2013). همبستگی منفی تعداد برگ با عملکرد کلاله به این دلیل است که در طول دوره رشد گیاه زعفران برگ‌های جدید بوجود می‌آیند که بسیاری از آنها (به‌خصوص برگ‌هایی که پس از دوره بحرانی ظاهر می‌شوند) رشد چندانی نداشته و عملاً نقشی در فتوسنتز جاری گیاه ندارند. باتوجه به اینکه پس از دوره گل‌دهی، ذخایر باقیمانده بنه‌ها صرف ظهور برگ‌های جدید می‌شود (Renau-Morata *et al.,* 2012)، در نتیجه ظهور چنین برگ‌هایی ذخایر بنه‌ها را نیز مورد استفاده قرار می‌دهند. در مقابل سطح برگ که حاصل برگ‌های توسعه یافته است، نقش تعیین کننده‌ای در فتوسنتز گیاه داشته و با بهبود خصوصیات بنه باعث افزایش عملکرد کلاله می‌شود (Behdani *et al.,* 2016). در مقایسه با تیمار شاهد، درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی در تیمار کمپوست با سرعت رشد در مرحله اول ارتباط قوی‌تری داشت (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). جوانه‌های ظهور یافته از بنه که مسئول تولید برگ، محور گل و بنه دختری جدید هستند، نقش تعیین کننده‌ای در تولید و فتوسنتز در مراحل اولیه رشد گیاه زعفران دارند (Kumar *et al.,* 2009). کمپوست به‌دلیل اثر مثبت بر خصوصیات فیزیکی خاک باعث تسهیل ظهور جوانه‌ها و در نتیجه بهبود رشد اولیه گیاهچه زعفران می‌شود

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

(Ghanbari and Khajoei-Nejad, 2017).

در برنامه‌های اصلاحی از تجزیه ضرایب مسیر به‌طور گسترده‌ای برای شناسایی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد گیاهان استفاده می‌شود (Ghanbari *et al.,* 2014; Srivastava *et al.,* 2017). نتایج تجزیه ضرایب مسیر با تفکیک آثار مستقیم و غیرمستقیم، تفاوت در میزان اثر گذاری بسیاری صفات را در تیمارهای مورد بررسی نشان داد. در تیمار شاهد از نظر شاخص‌های مرتبط با گل، اثرات مبتنی بر تعداد گل بوده و وزن گل و کلاله به‌طور مستقیم اثر چندانی بر عملکرد کلاله نداشتند و اثرات بیشتر به‌صورت غیرمستقیم بود. اثرات غیرمستقیم کلیه شاخص‌های مرتبط با گل از طریق وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تر کلاله عمدتاً منفی بود (جدول ۳). در تیمار کودهای شیمیایی نیز اثرات مستقیم عمدتاً مربوط به تعداد گل و وزن تر کلاله بود، اما در این تیمار وزن خشک گل اثر مستقیم منفی بر عملکرد کلاله نداشت. در مقابل در تیمار کمپوست، اثرات مستقیم قوی وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تر کلاله بر عملکرد کلاله مشاهده شد. بعلاوه اثرات غیرمستقیم قابل توجهی نیز از طریق این صفات بر عملکرد خشک کلاله مشاهده شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار تعداد گل نیز به‌دلیل اثرات غیرمستقیم از طریق همین صفات بود (جدول ۴). در همین ارتباط، تغذیه مناسب با کودهای آلی و شیمیایی از عوامل مهم اثرگذار بر عملکرد گل و کلاله زعفران گزارش شده است (Koocheki and Seyyedi, 2015; Rezvani Moghaddam *et al.,* 2014). در آزمایش علوی سینی و همکاران (Alavi Siney *et al.,* 2015) صفات تعداد گل، اثر مستقیم مثبت و وزن خشک گل اثر منفی بر عملکرد زعفران داشتند. بیات و همکاران (Bayat *et al.,* 2016a) از بین صفات مرتبط با گل، وزن‌تر کلاله، تعداد گل و وزن خشک کلاله را دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد زعفران گزارش کردند.

در رابطه با صفات ظهور جوانه در تیمار شاهد اثر مستقیم قابل توجهی مشاهده نشده و حتی سرعت ظهور اثر مستقیم منفی بر عملکرد داشت (جدول ۳). بعلاوه اثرات غیرمستقیم منفی این صفات از طریق وزن‌تر و خشک گل و کلاله مشاهده شد. در مقابل در تیمار کمپوست نه تنها این شاخص‌ها اثرات مستقیم مثبت قابل توجهی بر عملکرد نشان دادند، بلکه از طریق وزن گل‌تر و خشک نیز دارای اثر غیرمستقیم بر عملکرد بودند (جدول ۴). در تیمار کودهای شیمیایی نیز اثر درصد ظهور جوانه و تعداد جوانه فرعی در بنه بر عملکرد منفی بود و تنها سرعت ظهور جوانه دارای اثر مستقیم مثبت بود (جدول ۵). چنین تفاوت‌هایی را می‌توان با خصوصیات فیزیکی بستر کاشت مرتبط دانست. مواد آلی نظیر کمپوست با اثر بر خصوصیات فیزیکی خاک می‌توانند موجب افزایش درصد و میزان ظهور جوانه و بهبود رشد و استقرار اولیه گیاهچه شوند (Amlinger *et al.,* 2007; Guo *et al.,* 2016). به‌خصوص در زعفران که ظهور جوانه فرآیندی است که به خصوصیات فیزیکی بستر کاشت حساس بوده (Behdani and Fallahi, 2015) و در شرایط نامطلوب میزان ظهور جوانه کاهش می‌یابد (Ghanbari and Khajoei-Nejad, 2017). گزارش شده است که در بستر کاشت زعفران نقش فیزیکی مواد آلی در مقایسه با نقش تغذیه‌ای آن به‌مراتب دارای اهمیت بیشتری است (Behdani and Fallahi, 2015).

در تیمار شاهد (بدون کود) از بین شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی، تنها شاخص سطح برگ و دوام زیست توده اثر مستقیم مثبت بر عملکرد داشتند و اثر غیرمستقیم عمدتاً از طریق تعداد گل و وزن بنه بود (جدول ۳). در تیمار کمپوست اثر منفی سرعت رشد گیاه در هر دو مرحله، کاهش یافت و برخلاف تیمار شاهد، وزن خشک برگ اثر مثبت بر عملکرد داشت (جدول ۴). در آزمایش بیات و همکاران (Bayat *et al.,* 2016a) طول، تعداد و وزن

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

خشک برگ اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد داشتند. در تیمار کمپوست نسبت به شاهد و تیمار کود شیمیایی، شاخص‌های رشد با ظهور جوانه و به‌خصوص درصد و سرعت ظهور جوانه اصلی، ارتباط نزدیک‌تری داشتند که این موضوع نشان دهنده اثر ظهور جوانه بر رشد گیاه و تأثیر آن بر عملکرد است (جدول ۴). کمپوست به‌دلیل نقش مثبت دوجانبه (اثر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و نقش تغذیه‌ای و باروری خاک) می‌تواند منجر به افزایش جوانه‌زنی، ظهور و رشد گیاه شود (Amlinger *et al.,* 2007; Guo *et al.,* 2016; Ghanbari and Khajoei-Nejad, 2017). در مورد اثرگذاری ظهور جوانه بر عملکرد زعفران گزارشی در دست نیست، اما گزارش شده است که بالاتر بودن قدرت ظهور گیاهچه با اثر بر رشد اولیه گیاهچه، باعث بهبود شاخص‌های رشد گیاه زعفران می‌شود (Ghanbari and Khajoei-Nejad, 2017). در تیمار کودهای شیمیایی اثر شاخص‌های رشد بر عملکرد، علاوه بر اثر از طریق تعداد گل و وزن کلاله‌تر، از طریق وزن خشک برگ و بنه بود (جدول ۵).

در تیمار شاهد، تعداد بنه و تعداد بنه‌های با وزن کمتر، اثر مثبت و تعداد بنه‌های درشت اثر مستقیم منفی بر عملکرد داشتند. اثر غیرمستقیم خصوصیات بنه در تیمار شاهد عمدتاً از طریق تعداد گل بر عملکرد بود، در حالی‌که این اثرات از طریق وزن‌تر کلاله منفی بود (جدول ۳). تفاوت در بین اثر پذیری عملکرد از خصوصیات بنه در بین تیمارهای مورد بررسی در اثرات غیرمستقیم بیشتر قابل مشاهده بود. در تیمار کمپوست به‌جز تعداد بنه و تعداد بنه‌های ریز، سایر خصوصیات بنه از طریق وزن‌تر و خشک گل و وزن کلاله‌تر، اثر غیرمستقیم قابل توجهی بر عملکرد داشتند، به‌خصوص بنه‌های با وزن بالاتر از اثر بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴). نتایج تجزیه همبستگی (جدول‌های ۳، ۴ و ۵) نیز نشان داد که اثرپذیری عملکرد از بنه‌های درشت‌تر در تیمار کودهای شیمیایی بارزتر بود (جدول ۵). در تیمار کود شیمیایی، تعداد و وزن بنه اثر مستقیم قابل توجه و سایر خصوصیات (به‌جز تعداد بنه‌های ریز و متوسط) از طریق تعداد گل و وزن کلاله‌تر، اثر غیرمستقیم بر عملکرد داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که تغذیه گیاه با کودهای آلی و شیمیایی با افزایش وزن بنه، تأثیر بنه‌های با وزن بالاتر بر عملکرد را افزایش می‌دهد. این موضوع به‌دلیل تأثیر مثبت تغذیه گیاهی در بهبود رشد بنه‌های دختری است. کودهای آلی نظیر کمپوست علاوه بر اصلاح ساختار فیزیکی خاک، با تأثیر بر رژیم‌های حرارتی و رطوبتی خاک، نقش مؤثری در توسعه بنه‌ها دارند (Behdani and Fallahi, 2015). اثر مثبت کمپوست و کودهای شیمیایی نسبت به عدم مصرف آنها، بر بهبود عملکرد و خصوصیات بنه و تولید زعفران توسط کوچکی و سیدی (Koocheki and Seyyedi, 2015) نیز گزارش شده است. در تیمار کود شیمیایی، با وجود اثرات مستقیم عمدتاً منفی بر عملکرد، اثرات غیرمستقیم قابل توجهی از طریق تعداد گل و وزن‌تر کلاله مشاهده شد. در این تیمار اثر شاخص‌های مرتبط با رشد رویشی به‌صورت غیرمستقیم از طریق وزن خشک برگ و بنه بود. وزن خشک برگ با اثر پذیری از شاخص‌های رشد و هم‌چنین با اثری که بر وزن خشک بنه برجا گذاشت، اثر غیرمستقیم قابل توجهی بر عملکرد زعفران داشت (جدول ۵). فراهم بودن نیتروژن و فسفر یکی از مهم‌ترین عواملی است که به‌طور مستقیم بر رشد بنه‌های دختری تاثیر داشته و مصرف آن‌ها به‌صورت کودهای شیمیایی به توسعه برگ در طی رشد گیاه زعفران کمک کرده و با افزایش میزان تولید مواد فتوسنتزی، برای رشد بنه‌های دختری مفید خواهد بود (Chaji *et al.,* 2013). به‌دلیل عقیم بودن گیاه زعفران و ضرورت تکثیر آن از طریق بنه، یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای افزایش عملکرد آن، بهبود مدیریت زراعی و فراهم کردن محیط مناسب برای تولید بنه‌های با کیفیت و با وزن بالاتر است. این موضوع باعث

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

افـزایش تعـداد و وزن گـل شـده و عملکـرد را بهبـود مـی‌بخشـد (Bayat *et al.,* 2016b). اثـر باقیمانـده بـرای تیمار شاهد ۰/۰۱۳ و برای تیمارهای تغذیه‌ای صـفر بـود (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). این موضوع نشـان مـی‌دهـد کـه اثر تجمعی شاخص‌های گیاهی مورد ارزیابی بر عملکرد کلالــه زعفــران در تیمــار شــاهد ۹۸/۷ درصــد و در تیمارهـای تغذیـه‌ای ۱۰۰ درصـد بـود، بـه‌عبـارت دیگـر شاخص‌های مورد مطالعه در این آزمـایش از مهـم‌تـرین شاخص‌های مؤثر در توجیه عملکرد زعفران بوده و اثـر عوامل ناشناخته بر عملکرد در تیمارهای تغذیـه‌ای صـفر بوده است.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاضـر نشـان داد کـه برخـی صـفات نظیر تعداد گل، وزن‌تر و خشک گل و وزن‌تـر کلالـه و شاخص‌های مرتبط بـا رشـد نظیـر سـرعت رشـد قبـل از مرحله بحرانی، شاخص سطح برگ، دوام زیست تـوده، عملکرد بنه و تعداد بنه‌های با وزن بالاتر از هشت گـرم، در هر شـرایطی اثـر قابـل تـوجهی بـر عملکـرد زعفـران داشـته و انتخـاب بـر اسـاس ایـن صـفات مـی‌توانـد در برنامه‌های اصـلاحی مـورد توجـه قـرار گیـرد. از طـرف دیگر تغذیه گیاهی اثـر چشـمگیری بـر نحـوه اثرپـذیری عملکرد از صفات و شاخص‌های مـورد مطالعـه داشـت. کودهای آلی با اثر بر شاخص‌های ظهور گیاهچه، ضمن افزایش اثرات مستقیم آنها بر عملکرد کلاله، با افـزایش وزن گـل تـر و خشـک و کلالـه حـائز اهمیـت هسـتند. کودهای شیمیایی با اثر بر رشد، تعداد بنه‌های درشـت و وزن خشک بنه، عمـدتا از طریـق تعـداد گـل، عملکـرد کلاله را افزایش داده و از ایـن جهـت مـی‌تواننـد مـورد توجه قرار گیرند. بنابراین با تلفیق برنامه‌های به‌زراعـی و به‌نژادی و از طریق بهینه سازی شرایط رشد گیاه زعفران با تغذیه کودهای آلی و شیمیایی و یا تیمارهای تلفیقـی، می‌توان با افزایش میزان تأثیر صفات گیاهی بر عملکرد، عملکرد زعفران را در واحد سطح بهبود داد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این طرح (شماره ۹۰۰/۱۰۶/پ) توسط پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید بـاهنر کرمـان تـأمین شـده اسـت کـه بـدین‌وسـیله قـدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

References

Alavi Siney, S. M., J. Saba, B. Andalibi, S. S. Alavikia and M. R. Azimi. 2015. Determination of effective agronomical traits on saffron ecotypes stigma yield in Zanjan conditions. J. Saffron Agron. Tech. 3(2): 97-106. (In Persian with English abstract).

Amlinger, F., S. Peyr, J. Geszti, P. Dreher, W. Karlheinz and S. Nortcliff. 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study, Federal Ministry for Agriculture and Forestry. Environment and Water Management, Austria, Retrieved from: www.umweltnet.at/filemanager/download/20558/

Baghalian, K., M. Shabani Sheshtamand and A. H. Jamshidi. 2010. Genetic variation and heritability of agro-morphological and phytochemical traits in Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) populations. Ind. Crops Prod. 31: 401-406.

Bayat, M., M. Rahimi and M. Ramezani, 2016b. Determining the most effective traits to improve saffron (*Crocus sativus* L.) yield. Physiol. Mol. Biol. Plants. 22: 153-161.

Bayat, M., R. Amirnia and M. Rahimi, 2016a. Phenotypic and genotypic relationships between traits in

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

saffron (*Crocus sativus* L.) as revealed by path analysis. J. Appl. Res. Med. Arom. Plants. http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.10.001

Behdani, M. A. and H. R. Fallahi, 2015. Saffron: Technical knowledge based on research approaches, University of Birjand Press. (In Persian).

Behdani, M. A., M. Jami Al-Ahmadi and H. R. Fallahi. 2016. Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus* L.) using regression models. J. Crop Sci. Biotech. 19(1): 71-76.

Behnia, M. R., A. Estilai and B. Ehdaie, 1999. Application of fertilizers for increased saffron yield. J. Agron. Crop Sci. 182: 9-15.

Behzad, S., M. Razavi, M. Mahajeri, 1992. The effect of various amount of ammonium phosphate and urea on saffron production. Acta Hort. 306: 337-339.

Chaji, N., R. Khorassani, A. R. Astaraei and A. Lakzian. 2013. Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. J. Saffron Res. 1 :1–12. (In Persian with English abstract).

De Mastro, G. and C. Ruta. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. Acta Hort. 344: 512–517.

Ehsanzadeh, P., A. Yadollahi and A. M. Maibodi. 2004. Productivity, growth and quality attributes of 10 Iranian saffron accessions under climate condition of Chahar-Mahal Bakhteyari. Acta Hort. 650: 183-188.

Ghanbari J. and G. R. Khajoei-Nejad. 2017. Effect of compost and combination of compost and biochar application on soil bulk density of planting bed and seedling emergence rate and early growth of saffron ecotypes. J. Saffron Agron. Tech. DOI: 10.22048/jsat.2017.57414.1178. (In Persian).

Ghanbari J., G. R. Khajoei-Nejad and G. Mohammadi-Nejad. 2014. Casual explanation of the relationships between seed yield and some yield components in cumin (*Cuminum cyminum* L.) by different multivariate statistical analysis at different sowing dates. J. Ethno-Pharm. Prod. 1(1): 15-22.

Gresta, F., G. M. Lombardo, L. Siracusa and G. Ruberto. 2008a. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agron. Sustain. Dev. 28: 95-112.

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

Guo, L., G. Wu, Y. Li, C. Li, W. Liu, J. Meng, H. Liu, X. Yu and G. Jiang. 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat-maize rotation system in Eastern China. Soil Tillage Res. 156: 140-147.

Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. Studies in Biology No.96. Edward Arnold (Publishers). London.

Khorramdel, S., S. Eskandari Nasrabadi and G. Mahmoodi. 2015. Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield components. J. Appl. Res. Med.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

Aroma. Plants. 2: 9-14.

Koocheki, A. and S. M. Seyyedi. 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. Ind. Crops Prod. 71: 128-137.

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

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177.

Melnyk, J. P., S. Wang and M. F. Marcone. 2010. Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: Saffron Food Res. Int. 43: 1981-1989.

Orchard, T. J. 1977. Estimating the parameters of plant seedling emergence. Seed Sci. Tech. 5: 61-69.

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

Rezaei, A. M. and A. Soltani. 2008. An Introduction to Applied Regression Analysis (3rd Ed.), Isfahan University of Technology, Isfahan (In Persian).

Rezvani Moghaddam, P., A. A. Mohammad Abadi, H. R. Falahi, M. Aghhavani shajari. 2014. Effects of nutrient management on flower yield and corm characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Hort. Sci. 28(3): 427-434. (In Persian with English abstract).

Srivastava, A., A. K. Gupta, K. Shanker, M. M. Gupta, R. Mishra and R. K. Lal. 2017. Genetic variability, associations and path analysis of chemical and morphological traits in Indian ginseng [*Withania somnifera* (L.) Dunal] for selection of higher yielding genotypes, J. Ginseng Res. http://dx.doi.org/10.1016/j.jgr.2017.01.014.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]

Effect of organic and chemical fertilizers application on relationships among growth indices, corm characteristics, flower related attributes and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes

Ghanbari, J[1]. and Gh.R. Khajoei-Nejad[2]

ABSTRACT

Ghanbari, J. and Gh.R. Khajoei-Nejad. 2018. Effect of organic and chemical fertilizers application on relationships among growth indices, corm characteristics, flower related attributes and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(4): 297-318. (In Persian).**

This experiment was aimed to evaluate the effects of organic and chemical nutritions on flower related characteristics yield of saffron. Experiment was conducted using randomized complete block design with three replications at the research field of Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, during two growing seasons of 2015 and 2016. Nine saffron ecotypes (Bajestan, Estahban, Ferdows, Gonabad, Natanz, Qaen, Sarayan, Torbat-e Heydarieh and Zarand) were sown in different nutritional conditions (control (C): no fertilizer or amendment; 20 $t.ha^{-1}$ compost (Com); and chemical fertilizers (CF): 46 kg ha^{-1} N and 13 kg ha^{-1} P_2O_5) in October 2015. Different traits, growth indices and corm characteristics in first growing season and flower related traits in second growing season were measured. Correlation analysis showed that the flower number (FN), fresh and dry flower weight (FFW and DFW), fresh stigma weight (FSW) and biomass duration (BMD) in all treatments were significantly and positively correlated with stigma yield (SY). The number of large corms (LCN) (more than 8 g) in CF and Com treatments showed significant and positive correlation with SY. The results of path analysis in control treatment showed that FN, corm mean weight (CMW), medium corms number (MCN) (4-8 g) had the highest direct effect (0.804, 0.907 and 0.502, respectively) on SY, whilst, the indirect effects was mainly through FN on SY. In Com treatment, FFW, DFW, FSW, main bud emergence percentage (MBEP) and sub bud number per corm (SBN) had the highest direct effects (0.799, 0.786, 0.406, 0.853 and 0.737, respectively) and corm characteristics and growth parameters had the highest indirect effects through these traits. In CF treatment, FN (0.801), FSW (0.561), LAI after critical stage (0.68), leaf dry weight (LDW) (0.649) and corm dry weight (CDW) (0.699) had the positive direct effect on SY. Effect of growth parameters and corm characteristics was mainly through FN on SY. Consequently, with proper nutrition, the number of flowers per unit area can be increase by improving the growth and the corm yield in the first year while reducing the effects of unknown factors, therefore improve the yield of saffron.

Key words: Correlation, Path analysis, Saffron, Soil fertility and Stigma yield

Received: June, 2017 Accepted: January, 2018

1. PhD Student, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran and member of Young Researcher Society
2. Associate Prof., Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran and Research and Technology Institute of Plant Production (RTIPP), Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran (Corresponding author)
(Email: Khajoei@mail.uk.ac.ir)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.4.3.5]