نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۱۱۴-۹۵
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3679.1138

مقاله پژوهشی:

ارزیابی عملکرد گل و بنه و خصوصیات کیفی زعفران در شرایط شبیه‌سازی شده مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان (on farm trials)

علیرضا کوچکی[1*]، سرور خرم دل[2]، جواد شباهنگ[3]
۱- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*نویسنده مسئول: *Email : akooch@um.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱۸

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر برخی عوامل مدیریت زراعی شامل مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه و عمق کاشت بر خصوصیات گل و بنه و ویژگی‌های کیفی زعفران تحت شرایط مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان (on farm trials) در مزرعه ارگانیک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ به صورت کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مصرف بقایای گیاهی (صفر و شش تن کاه و کلش گندم)، تراکم بنه (۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن بنه در متر مربع) و عمق کاشت (۸ و ۱۵ سانتی‌متر) بود. تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک کلاله، وزن کل بنه‌های دختری، تعداد کل بنه‌های دختری، قطر بنه، وزن تک بنه دختری و صفات کیفی (شامل پیکروکروسین، سافرانال و کروسین) زعفران اندازه‌گیری شدند. نتایج این آزمایش در سال دوم نشان داد که اثر ساده کاربرد بقایای گیاهی، تراکم بنه و عمق کاشت بر شاخص‌های عملکرد گل و شاخص‌های رشدی و عملکرد بنه-های دختری معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵). اثر ساده و اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه مصرفی و عمق کاشت بنه بر صفات کیفی زعفران معنی‌دار نبود. مصرف بقایای گیاهی تعداد گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک بنه‌های دختری و تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح را به ترتیب ۱۵، ۱۸، ۱۵ و ۳ درصد در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد (P≤۰/۰۵). بیشترین تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک و تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح به ترتیب با ۳۲۶/۴۱ گل در متر مربع، ۴۱۰/۱۸ میلی‌گرم بر متر مربع، ۱۰۴۲/۶۶ گرم بر متر مربع و ۱۴۰/۱۷ بنه دختری بر متر مربع برای کاربرد ۲۰ تن در هکتار بنه مادری مشاهده شد. با افزایش عمق کاشت از ۸ به ۱۵ سانتی‌متر تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک و تعداد بنه‌های دختری به ترتیب ۱۱، ۱۵، ۴۵ و ۲ درصد به طور معنی‌داری بهبود یافت (P≤۰/۰۵). بطور کلی، بهره‌گیری از مدیریت زراعی همچون کاربرد بقایای گیاهی، افزایش عمق کاشت (تا ۱۵ سانتی‌متر) و کاشت متراکم‌تر بنه (تا ۲۰ تن در هکتار) می‌تواند به عنوان راهکارهایی برای تولید پایدار و بهبود عملکرد گل و عملکرد بنه‌های دختری در سیستم‌های تولید زعفران مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، تراکم بنه، تولید پایدار، عمق کاشت

مقدمه

براساس آخرین آمارها عمده‌ترین تولیدکننده و بالاترین سطح زیر کشت زعفران در دنیا متعلق به ایران می‌باشد (*Shahnoushi et al., 2020*). مطالعه تغییرات سطح زیرکشت و عملکرد زعفران در ایران که در حال حاضر در ۳۰ کشور کاشته می‌شود، نشان می‌دهد، علی‌رغم آنکه سطح زیر کشت از روند صعودی برخوردار است، ولی عملکرد در واحد سطح افزایش چندانی حاصل نکرده و به طور کلی، میانگین تولید آن در طی چند دهه گذشته از ۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۵۲ به ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است (*Koocheki 2018; Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020; Agricultural Statistics, 2018*). مقایسه عملکرد کلاله در کشورهای عمده تولیدکننده همچون اسپانیا و یونان (به ترتیب با ۱۲ و ۷ کیلوگرم در هکتار) بیان‌کننده اختلاف زیاد عملکرد است (*Koocheki, 2018*). فیضی و مرادی (*Feizi & Moradi, 2019*) میانگین خلاء عملکرد کلاله خشک زعفران را در شرایط کشت مرسوم و آرمانی بیش از ۲۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. بر طبق آمارهای موجود، خلاء عملکرد حداقل ۷۰ درصد، در مزارع زعفران ایران وجود دارد (*Koocheki, 2018*). از جمله عوامل مؤثر بر عملکرد می‌توان به عوامل آب و هوایی، سن مزرعه، مدیریت زراعی (تاریخ، تراکم، عمق و روش کاشت، وزن و قطر بنه مادری (*Gresta et al., 2008a; Khorramdel et al., 2015*)، آبیاری (*Koocheki et al., 2014*)، حاصلخیزی خاک (*Asadi et al., 2014; Khorramdel et al., 2015; Koocheki & Seyyedi, 2015b*) و کنترل علف‌های هرز (*Gresta et al., 2008b*)) و مدیریت آفات و بیماری‌ها (*Gresta et al., 2008b*) اشاره کرد (*Kumar et al., 2009; Nehvi & Yasmin, 2017; Rezvani-Moghaddam 2020*).

دو عامل تعیین‌کننده عملکرد اقتصادی در زعفران، تعداد گل و بنه‌های دختری می‌باشند (*Agayev et al., 2009; Douglas et al., 2014*). وزن بنه مادری عامل اصلی و تعیین‌کننده برای دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد محسوب می‌شود (*Douglas et al., 2014*). بنشاپ (*Benschop, 1993*) حداقل قطر بنه مادری برای تولید گل در زعفران را یک سانتی‌متر (حدود ۱/۱ گرم) گزارش نمود. مک‌گیمپسی و همکاران (*McGimpsey et al., 1997*) نیز تأکید نمودند که بنه‌های با وزن کمتر از ۶/۹ گرم قادر به تولید گل در سال اول کاشت نیستند. کومار و همکاران (*Kumar et al., 2009*) قطر ۳/۵-۲/۵ سانتی‌متر بنه (برابر با ۱۶-۸ گرم) برای تولید مطلوب زعفران از نظر تجاری را توصیه نمودند. دی‌خوان و همکاران (*De Juan et al., 2009*) بیان داشتند که بنه‌های مادری با قطر ۳-۲/۵ سانتی‌متر (وزن ۱۱-۵ گرم) گل‌های بیشتری در مقایسه با بنه‌های کوچکتر (قطر کمتر از ۲/۲۵ سانتی‌متر) تولید کردند که البته وقتی با نتایج مطالعه‌ای روی بنه‌های با اندازه مشابه (۲/۵ سانتی‌متر) طی مطالعه‌ای سه ساله مورد مقایسه قرار گرفت، مشخص گردید که مزایای مرتبط با وزن بنه‌های مادری درشت در سال سوم مشاهده نشد (*Çavuşoğlu & Erkel, 2009*). نگبی و همکاران (*Negbi et al., 1989*) اظهار داشتند که وزن بنه‌های مادری بالاتر از ۳/۲ گرم برای گلدهی لازم می‌باشد، اما دیگر محققان تأکید کرده‌اند جهت اطمینان از تولید گل، بایستی بنه‌هایی با حداقل قطر ۲/۵ سانتی‌متر (حدود ۷/۳ گرم) کاشته شوند (*Plessner et al., 1989; Tammaro, 1999; Douglas et al., 2014*). گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2008b*) طی مطالعه‌ای یکساله روی مقایسه دو دامنه وزنی (قطری) بنه مادری (با ۵/۵-۲/۳ سانتی متر {۷-۱۶ گرم} و قطر ۴/۵-۳/۵ سانتی‌متر {۳۱-۱۶ گرم}) نتیجه گرفتند که کاشت بنه‌های مادری درشت افزایش ۱۷ درصدی وزن بنه‌های دختری را به دنبال داشت. نگبی و همکاران (*Negbi et al., 1989*) طی مطالعه‌ای روی مقایسه نه گروه وزنی ۱۵-۲/۵ گرم بنه مادری در زعفران همبستگی مثبت بین تعداد گل و تولید بنه‌های دختری با وزن بنه را گزارش نمودند. دی‌ماسترو و روتا (*De Mastro & Ruta, 1993*) تأکید کردند که با افزایش وزن بنه تولید گل نیز افزایش می‌یابد. پوگی و همکاران (*Poggi et al., 2010*) با مقایسه دو وزن بنه مادری (با قطر ۳/۴-۲/۵ سانتی‌متر {وزن ۱۰ گرم} و ۴/۴-۳/۵ سانتی‌متر {وزن ۲۰ گرم}) نتیجه گرفتند که پتانسیل گلدهی بنه‌های درشت‌تر تا سه برابر بیشتر از بنه‌های کوچکتر است. دی‌خوان و همکاران (*De Juan et al., 2003*) با مقایسه پتانسیل تولید بنه‌های دختری در سه قطر بنه مادری نتیجه گرفتند که با افزایش قطر بنه تا سه سانتی‌متر (۱۱ گرم) تولید بنه‌های دختری ۴/۶ برابر افزایش یافت. آنها نتیجه گرفتند که سرعت کلونی‌زایی تولید بنه‌های

دختری وابسته به اندازه بنه مادری می‌باشد. خان و همکاران (*Khan et al., 2011*) با مقایسه تولید بنه‌های دختری در ۱۶ گروه مختلف اندازه بنه مادری (۱-۱۶ گرم) گزارش نمودند که بنه‌های مادری درشت‌تر قدرت تکثیر بالاتری داشتند.

در زعفران همانند سایر گیاهانی که با بنه یا غده زیرزمینی تکثیر می‌شوند، اندازه و کیفیت بنه‌های مادری به طور مستقیم بر عملکرد تأثیرگذار می‌باشد (*Nassiri Mahallati et al., 2015; Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2020*). برخی بررسی‌ها نشان داده است که عملکرد زعفران در مزارع یکساله تابع وزن بنه‌های مصرفی در واحد سطح و در سال‌های بعد، تابع وزن بنه‌های دختری تولیدی در سال قبل می‌باشد. نوعی رابطه غیرخطی معنی‌دار با ضریب تبیین R^2=۰/۸۸ بین عملکرد و وزن بنه در واحد سطح برقرار است که در تمام سنین مزرعه کاربرد دارد (*Nassiri Mahallati et al., 2015*). بر اساس رابطه غیرخطی این نتایج حداقل وزن بنه در واحد سطح برای شکل‌گیری عملکرد حدود ۱۱۰ گرم بنه در مترمربع (۱/۱ تن در هکتار) است. با افزایش وزن بنه در واحد سطح عملکرد ابتدا به سرعت افزایش یافته و در نهایت، هنگامی‌که وزن بنه در واحد سطح به حدود ۲۰ تن در هکتار برسد، عملکرد ثابت می‌شود (*Nassiri Mahallati et al., 2015*). به طور کلی، نتایج برخی تحقیقات بر همبستگی معنی‌دار بین وزن بنه مصرفی و عملکرد زعفران تأکید دارد (*Koocheki 2018; Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020*).

اگرچه زعفران توقع کمی نسبت به حاصلخیزی خاک دارد، اما نتایج نشان داده است که مصرف کودهای آلی تأثیر مثبتی بر رشد بنه‌های دختری و تعداد گل و به تبع آن عملکرد کلاله دارد (*Koocheki et al., 2011*). فراهمی عناصر غذایی از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر رشد بنه‌های دختری در طول فصل رشد رویشی محسوب می‌شود (*Koocheki et al., 2014; Koocheki & Seyyedi, 2015a, 2015b*). در انتهای فصل رشد، عناصر غذایی (*Bertheloot et al., 2008; Dordas, 2009*) قادر به جابجایی از اندام‌های رویشی بالای سطح خاک به اندام‌های زیرزمینی هستند (*Koocheki et al., 2014*). جامی-الاحمدی و همکاران (*Jami-Alahmadi et al., 2010*) ضمن بررسی وضعیت اکوسیستم‌های زراعی زعفران جنوب خراسان، یکی از عوامل زراعی موثر بر عملکرد را استفاده از کودهای آلی معرفی نمودند. مصرف مقدار مناسب نهاده‌های آلی اثر مثبتی بر ویژگی‌های رویشی زعفران دارد که به فراهمی عناصر غذایی نسبت داده شده است (*Jami et al., 2020*). سابینا و همکاران (*Sabina et al., 2012*) نشان دادند که کاربرد نیتروژن، فسفر و پتاس به ترتیب به میزان ۹۰، ۶۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار به همراه ۱۰ تن کود دامی در هکتار و ۳/۸ تن ورمی‌کمپوست در هکتار منجر به افزایش عملکرد زعفران (۷/۳۴ کیلوگرم در هکتار) شد. سیدی و همکاران (*Seyyedi et al., 2018*) اظهار داشتند مصرف کودهای آلی بدلیل فراهمی عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف برای بنه‌های مادری و سپس تخصیص آنها به بنه‌های دختری نقش مثبتی بر تولید گل در زعفران دارد. مصرف کودهای آلی همچنین با تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیکی خاک و سبک‌تر نمودن بافت آن موجب بهبود وضعیت شرایط رشدی برای بنه‌های زعفران می‌شود (*Kumar et al., 2009*).

تراکم کاشت بالا که در زعفران به کاشت متراکم بنه[1] (*Koocheki et al., 2011; Koocheki et al., 2014*) موسوم است، یکی از راهکارهای زراعی کاربردی برای بهبود عملکرد به ویژه در سال‌های ابتدایی زراعت این گیاه می‌باشد. از سال دوم به بعد، افزایش عملکرد زعفران به افزایش تعداد بنه‌های دختری تولید شده نسبت داده می‌شود (*Koocheki & Seyyedi, 2015a, 2015b; Koocheki et al., 2014*). در نتیجه، کاهش کارایی استفاده از زمین و افزایش تلفات عناصر غذایی در طی سال اول در زراعت زعفران عمدتاً مربوط به کاشت با تراکم پایین و در نتیجه تعداد کم بنه‌های دختری تولید شده در واحد سطح می‌باشد (*Koocheki et al., 2014; Shabahang et al., 2013*). ورما و همکاران (*Verma et al., 2008*) با کاربرد ۲۵ تن کود دامی در هکتار و کاشت بنه‌های ۱۵ گرم به بالا با تراکم ۵۰ بنه در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد گل و بنه را گزارش نمودند.

ترکیبات عمومی زعفران شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، مواد نیتروژن‌دار، املاح معدنی و ویتامین‌ها و ترکیبات اختصاصی آن شامل کروسین (عامل ایجاد رنگ، $C_{44}H_{64}O_{24}$)، پیکروکروسین (عامل طعم تلخ، $C_{16}H_{26}O_7$)، سافرانال

1- *Dense corm planting*

(عامل اصلی ایجاد عطر و بو، $C_{10}H_{14}O$) می‌باشد (*Atefi, 2006*). کروسین ترکیبی گلوکوزیدی دارای دو مولکول جنتوبیوز است که در اثر اکسیداسیون نوعی کارتنوئید به نام پروتوکروسین به وجود آورده و تحت تأثیر هیدرولیز به کروسین تبدیل می‌شود (*Fatemi, 2001*). از زعفران همچنین ماده تلخ مزه، پیکروکروسین بدست می‌آید که بعد از جدا کردن گلوکز، سافرانال می‌دهد (*Fatemi, 2001*). برخی محققان بر این باورند که عوامل مؤثر بر خصوصیات کیفی عمدتاً مربوط به فرآیند پس از برداشت می‌باشند (*Negbi, 1999; Shoyama, 2000*)، البته برخی تحقیقات نشان داده برای تامین انرژی لازم (*NADPH* و *ATP*) برای چرخه‌ها نیتروژن عنصری ضروری است (*Loomis & Corteau, 1972*)، بر این اساس کاربرد کودهای مختلف به ویژه نیتروژن خصوصیات کیفی را تحت تاثیر قرار دهد. از تاثیر سایر عوامل مدیریت زراعی بر خصوصیات کیفی مستندات زیادی در دسترس نمی‌باشد، البته ممکن است در برخی مقالات نتایج متناقضی مشاهده شود.

بر این اساس، با توجه به اینکه روش‌های معمول اصلاح نباتات برای گیاه زعفران به دلیل دارا بودن سه سری کروموزوم در سلول‌های سوماتیکی، پیشرفت چندانی نداشته (*Kafi et al., 2002*) و با توجه به تأثیر بسزای مدیریت زراعی (*Khorramdel et al., 2015; Nehvi & Yasmin, 2017*) و کیفیت بنه‌های مادری همچون وزن و قطر (*Gresta et al., 2008a; Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020; Renau-Morata et al., 2012*) بر عملکرد این گیاه، بنظر می‌رسد که بهره‌گیری از روش‌های مطلوب مدیریت زراعی بتواند از طریق تأثیر بر رشد رویشی و طول دوره تخصیص مواد فتوسنتزی از بنه‌های مادری به دختری بر تولید گل و خصوصیات کمی گل و بنه و محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال کلاله مؤثر واقع شود. لذا هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر برخی عوامل مرتبط با بنه مادری و مدیریت زراعی بر خصوصیات گل و بنه و ویژگی‌های کیفی زعفران تحت شرایط مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان[1] بود. همانگونه که مشخص است، این پژوهش با الگوبرداری از زمین‌های زعفران تحت مدیریت کشاورزان زعفران‌کار و شبیه‌سازی این مدیریت، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه ارگانیک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ بر اساس کرت‌های نواری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. قبل از زعفران در زمین مورد مطالعه، جو پوششی کاشته شده بود. در مرحله آماده‌سازی زمین و پیش از کاشت، نمونه‌ای مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به صورت تصادفی تهیه و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

این طرح تحت شرایط مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان (*on Farm trials*)، در شش کرت ۱۰۰ مترمربع (به ابعاد ۲۵×۴ متر) اجرا شد. لازم به ذکر است منظور از مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان، الگوبرداری از زمین‌های زعفران تحت مدیریت کشاورزان زعفران‌کار منطقه بوده است. بدین منظور، انتخاب تاریخ، تراکم، وزن پیاز مصرفی، میزان مصرف کاه و کلش بقایای گیاهی (گندم)، کود دامی، عمق کاشت و حتی زمان آبیاری با الگوبرداری از مزارع زعفران تحت مدیریت کشاورزان زعفران‌کار انجام شد. بر این اساس، در اوایل خرداد ماه ۱۳۹۷ همزمان با انجام عملیات آماده‌سازی زمین، ۱۰۰ تن کود دامی در هکتار (از نوع کود گاوی پوسیده) (خصوصیات شیمیایی در جدول ۱ ارائه شده است) و شش تن در هکتار کاه و کلش گندم خرد شده با دستگاه سیکلوتیلر (کلوخ‌خردکن) به خاک اضافه و پس از آن عملیات آماده‌سازی زمین شامل دیسک، تسطیح با لولر (تسطیح‌ساز) و کرت‌بندی انجام شد. سپس بنه‌ها با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر بصورت دستی بر اساس سه تراکم ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار در دو عمق ۸ و ۱۵ سانتی‌متر کاشته شدند (میانگین وزنی بنه‌های مادری ۸-۶ گرم بود). در سال اول، اولین آبیاری ۱۵ مهرماه و پس از آن یک نوبت سله‌شکنی انجام شد. آبیاری‌های بعدی به ترتیب بعد از برداشت گل، اسفند ماه و آخر اردیبهشت ماه (پایان مرحله رشد رویشی همزمان با زرد شدن برگ‌ها) انجام شد. در مرحله رشد رویشی مدیریت تغذیه‌ای به صورت کوددهی و محلول‌پاشی برگی با کودهای میکرو در سه نوبت اوایل، اواسط و اواخر اسفند ماه در هنگام صبح اعمال شد.

1- *On-farm trials*

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ویژگی‌های شیمیایی کود دامی

Table 1. Physical and chemical properties of soil and chemical criteria of manure

نمونه Sample	بافت Texture	واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (*ppm*)	پتاسیم قابل دسترس Available K (*ppm*)
خاک *Soil*	لوم سیلتی *Silty loam*	*7.62*	*0.57*	*0.72*	*0.051*	*16.09*	*128*
کود دامی* *Manure*	-	*7.41*	*1.4*	-	*0.985*	*389.12*	*185.54*

* محتوی رطوبت= ۳۸/۴ درصد

** Moisture content=38.4 percent*

برای تعیین عملکرد گل و کلاله زعفران، نمونه‌برداری از زمان شروع گلدهی آغاز و تا پایان دوره ادامه یافت. گل‌ها، بصورت روزانه جمع‌آوری و شمارش و وزن تر گل و وزن خشک کلاله اندازه‌گیری شد. پس از آن، کلاله‌ها طبق دستورالعمل گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2008a; Gresta et al., 2008b*) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و جهت تعیین خصوصیات کیفی خشک شدند. در اواخر اردیبهشت ماه نمونه‌برداری از بنه-های دختری بر اساس سه نمونه از سطح ۱×۱ متر، انجام و وزن کل بنه‌های دختری، تعداد کل بنه‌های دختری، قطر بنه و وزن تک بنه دختری تعیین شد.

جهت تعیین خصوصیات کیفی، عصاره‌گیری از کلاله‌های خشک با آب مقطر طبق روش استاندارد *ISO/TS 3632-2 (2003)* انجام شد. بدین‌صورت که ۰/۲ گرم کلاله توزین و در ارلن با حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد. جهت جلوگیری از رسیدن نور، ارلن‌ها با فویل آلومینیومی پوشانیده شد. پس از افزودن حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به کلاله‌های آسیاب شده، نمونه‌ها به مدت یک ساعت روی همزن مغناطیسی قرار داده شدند. مایع حاصل در بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری پیچیده در فویل آلومینیومی، به حجم رسانیده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر از این مایع در ارلن ۲۰۰ میلی‌لیتر با آب مقطر به حجم رسانیده و مایع حاصل به‌وسیله پمپ خلأ مخزن هوا و کاغذ صافی سیلیکات (استات سلولز با قطر ۰/۴۵ میکرومتر) صاف گردید. اندازه‌گیری جذب نوری محلول با دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) (مدل *WPA, S2000 UV/Vis*) در طول موج‌های ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر به‌ترتیب برای پیکروکروسین، سافرانال و کروسین انجام و نتایج بر اساس حداکثر جذب یک درصد محلول آبی در طول موج‌های ذکر شده ($E^{1\%}_{\lambda max}$) بر مبنای ماده خشک حداقل بیان گردید (*Molina et al., 2010*).

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار *SAS ver. 10.0* و برای رسم نمودارها از *Excel* استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون *LSD* در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. به جهت اطمینان از یکنواختی اثر تیمارهای مدیریت تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد گل و بنه‌های دختری و خصوصیات کیفی زعفران، فقط داده‌های سال دوم مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر بقایای گیاهی، تراکم و عمق کاشت بنه بر شاخص‌های گل و بنه‌های دختری و خصوصیات کیفی زعفران در سال دوم در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است از آنجا که در مورد بیشتر صفات اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه فاکتورهای مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول۲)، لذا نتایج عمدتاً بر اساس اثر ساده پارامترهای مورد بررسی ارائه شده است.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بقایای گیاهی، تراکم و عمق کاشت بر شاخص‌های گل و بنه‌های دختری زعفران در سال دوم

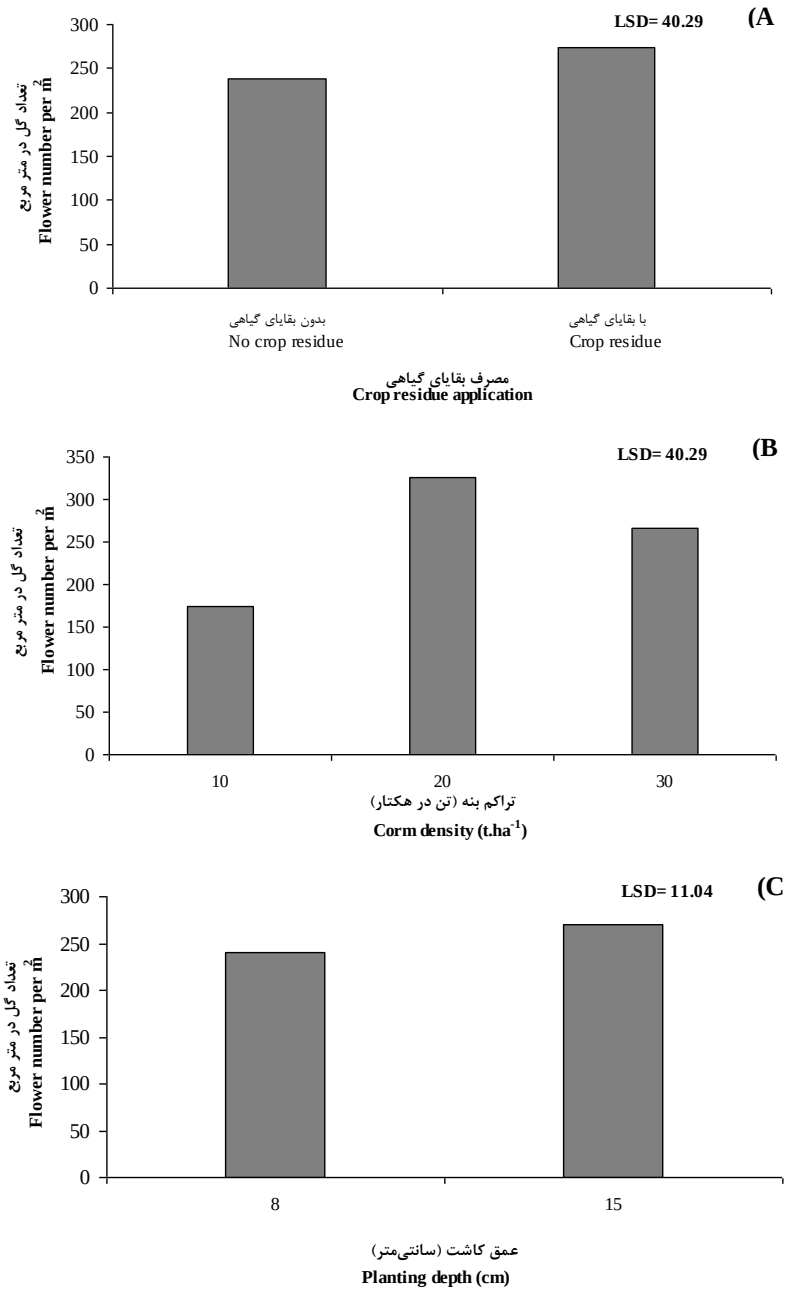
Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of crop residue, density and depth of corm on flower and daughter corms traits of saffron in the second year

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Flower number	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن خشک کلاله Dried weight of stigma	وزن خشک بنه‌های دختری Dried weight of daughter corms	قطر بنه‌های دختری Diameter of daughter corms	تعداد بنه‌های دختری Number of daughter corms	میانگین وزن بنه‌های دختری Mean weight of daughter corms
تکرار *Replication*	2	3590.946^{ns}	60.976^{ns}	4503.515^{ns}	29976.969^{ns}	0.144^{ns}	168.778^{*}	1.382^{ns}
بقایای گیاهی (*R*) *Crop residue (R)*	1	115224.12^{**}	792.40^{**}	238316.41^{**}	1206474.02^{**}	0.834^{*}	136.111^{*}	5.664^{*}
خطا *Error*	2	789.324	107.724	227.4319	5155.106	0.022	1.778	0.202
تراکم بنه (*C*) *Corm density (C)*	2	70586.557^{**}	519.511^{**}	115855.986^{**}	736071.266^{**}	0.584^{**}	8846.861^{**}	4.101^{**}
R×C	2	127.975^{ns}	58.976^{ns}	393.853^{ns}	1703.623^{ns}	0.026^{ns}	59.694^{**}	0.171^{ns}
عمق کاشت (*D*) *Planting depth (D)*	1	8206.092^{**}	626.47^{**}	7185.106^{**}	99477.153^{**}	0.64^{*}	658.778^{**}	5.890^{*}
R×D	1	81.677^{ns}	2.662^{ns}	250.009^{ns}	806.748^{ns}	0.010^{ns}	289.000^{**}	0.453^{ns}
C×D	2	249.600^{ns}	11.511^{ns}	782.214^{ns}	3965.532^{ns}	0.220^{*}	257.861^{**}	1.921^{**}
R×C×D	2	48.314	53.149^{ns}	154.129^{ns}	1287.493^{ns}	0.029^{ns}	132.250^{**}	0.152^{ns}
خطا *Error*	20	252.133	32.237	489.003	4134.201	0.038	4.778	0.268
ضریب تغییرات *CV (%)*		6.22	21.59	7.00	7.89	8.84	1.85	7.59

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

*ns, * and **: represent non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.*

شاخص‌های مربوط به عملکرد گل و کلاله: مقایسه میانگین اثر ساده مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه مصرفی و عمق کاشت بر تعداد گل و وزن خشک کلاله زعفران در سال دوم در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

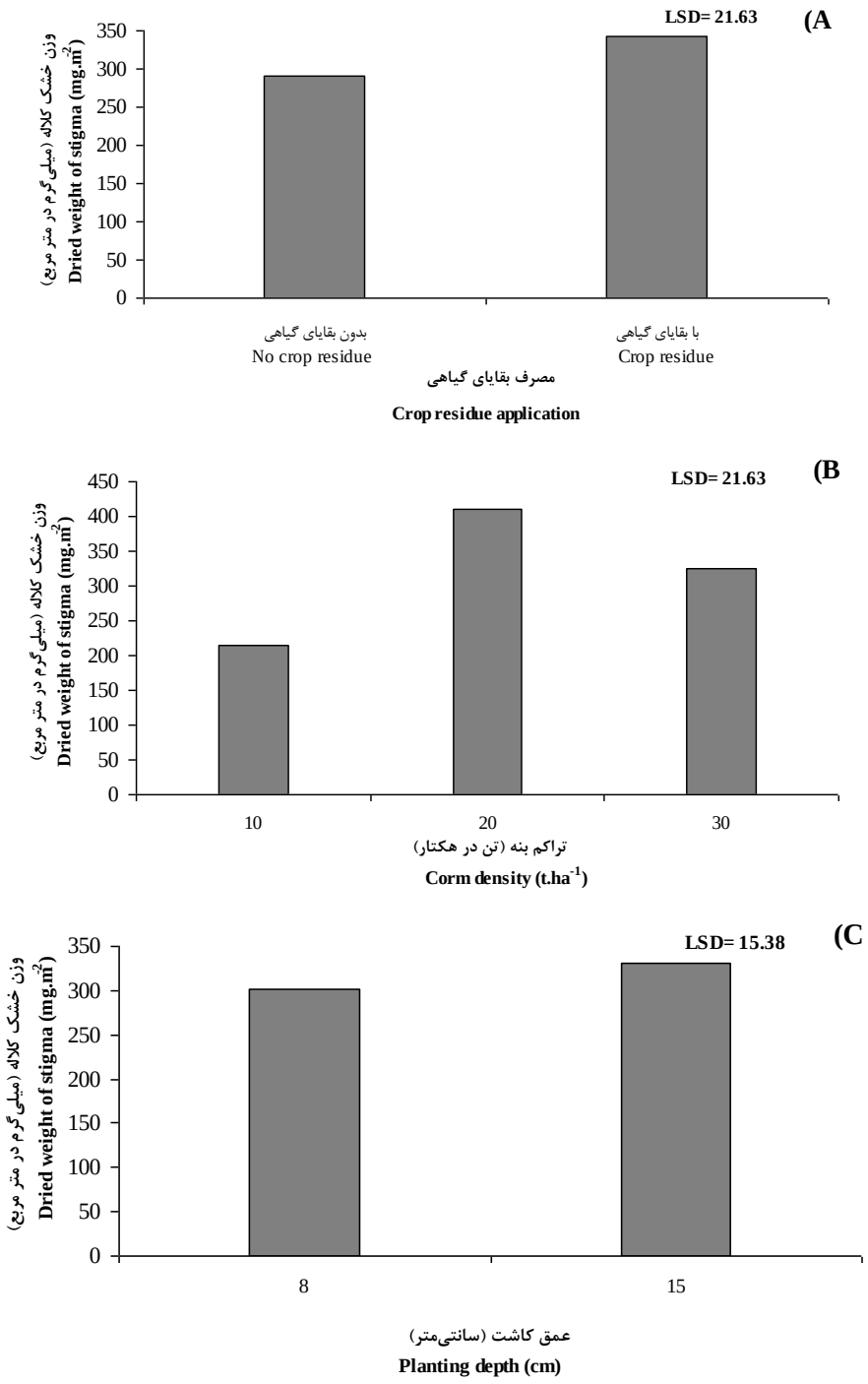


شکل ۱. مقایسه میانگین اثر ساده (الف) بقایای گیاهی، (ب) تراکم بنه و (ج) عمق کاشت بر تعداد گل زعفران در سال دوم

Fig. 1. Mean comparisons for the simple effects of (A) crop residue, (B) corm density and (C) planting depth on flower numbers of saffron in the second year

در هر شکل، اختلاف بین ستون‌های با مقادیر بزرگتر از *LSD* نشاندهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In each figure, differences between vertical bars followed by larger than the LSD indicate significant difference at P≤0.05 probability level.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر ساده (الف) بقایای گیاهی، (ب) تراکم بنه و (ج) عمق کاشت بر وزن خشک کلاله زعفران در سال دوم

Fig. 2. Mean comparisons for the simple effects of (A) crop residue, (B) corm density and (C) planting depth on dried weight of stigma of saffron in the second year

در هر شکل، اختلاف بین ستون‌های با مقادیر بزرگتر از *LSD* نشاندهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In each figure, differences between vertical bars followed by larger than the LSD indicate significant difference at P≤0.05 probability level.

مقایسه میانگین اثر ساده مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه مصرفی و عمق کاشت بر وزن تر گل و شاخص‌های بنه دختری شامل وزن خشک، قطر و میانگین وزن بنه در سال دوم در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ساده بقایای گیاهی، تراکم و عمق کاشت بر وزن تر گل و خصوصیات بنه‌های دختری زعفران در سال دوم

Table 3. Mean comparisons for the simple effects of crop residue, density and planting depth on fresh weight of flower and daughter corms traits of saffron in the second year

تیمار Treatment		وزن تر گل Fresh weight of flower ($g.m^{-2}$)	وزن خشک بنه‌های دختری Dried weight of daughter corms ($g.m^{-2}$)	قطر بنه دختری Diameter of daughter corm (cm)	میانگین وزن بنه‌های دختری Mean weight of daughter corms (g)
بقایای گیاهی Crop residue	با بقایای گیاهی Crop residue	27.78	872.51	2.37	7.22
Crop residue	بدون بقایای گیاهی No crop residue	24.81	756.73	2.06	6.42
LSD (0.05)*		14.89	103	0.2127	0.6446
تراکم بنه Corm density ($t.ha^{-1}$)	10	19.20	551.14	2.02	6.29
	20	32.20	1042.66	2.45	7.45
	30	27.50	850.07	1.18	6.72
LSD (0.05)		14.89	103.0	0.2127	0.6446
عمق کاشت Planting depth (cm)	8	24.98	762.06	2.18	6.66
	15	27.62	867.19	2.26	6.98
LSD (0.05)*		3.948	44.71	0.1355	0.36

*در هر ستون، تفاوت بین میانگین‌های متوالی با مقادیر بزرگتر از *LSD* نشاندهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

**In each column, differences between two consecutive means followed by larger than the LSD value indicate significant difference at P≤0.05 probability level.*

اثر ساده کاربرد بقایای گیاهی، تراکم بنه و عمق کاشت بر شاخص‌های گل زعفران شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله در سال دوم معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). اثر متقابل دو گانه و سه‌گانه مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه و عمق کاشت بر هیچ‌کدام از این شاخص‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). مصرف بقایای گیاهی تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله را به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۱۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد افزایش داد (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲- الف). از آنجا که القای گل‌دهی زعفران طی تابستان و دوره گرما شکل می‌گیرد (*Benschop, 1993*) و وجود درجه حرارت‌های بالا موجب تأخیر در ظهور گل و کاهش عملکرد می‌گردد (*Molina et al., 2005b*)، به نظر می‌رسد که مصرف کاه و بقایای گیاهی به دلیل بهبود شرایط رشدی برای بنه‌ها نظیر خنک شدن سطح خاک و فراهمی رطوبت باعث افزایش عملکرد گل در زعفران گردیده است. درجه حرارت مطلوب تابستانه برای تشکیل جوانه گل ۲۷- ۲۳ درجه سانتی‌گراد و دمای کمتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد در پاییز برای القای گل (*Molina et al., 2004; Molina et al., 2005b; Douglas et al., 2014*) در زعفران گزارش شده است. نتایج پژوهش گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2008b*) روی اثر بارندگی، دما، تراکم کاشت و خاستگاه بنه بر فنولوژی، عملکرد و خصوصیات کیفی کلاله زعفران نشان داد که زمان آغاز گل‌دهی تحت تأثیر همزمان دما و رطوبت خاک است. همچنین تعداد گل ارتباط مثبتی با عملکرد کلاله داشت، اما ارتباط آن با وزن تک کلاله منفی بود. برخی بررسی‌ها نیز نشان داده که مراحل رشد رویشی زعفران شامل رشد برگ و تشکیل بنه‌های دختری زمانی‌که رطوبت خاک طی زمستان و بهار قابل دسترس باشد، انجام می‌گیرد (*Gresta et al., 2008a; Douglas et al., 2014*)، بر این اساس، مشخص است که نیاز به رطوبت خاک برای شروع چرخه زندگی جدید در دوره رشدی و تکوین و تمایز اندام‌های گل در مریستم جوانه‌های گل ضروری می‌باشد (*Negbi et al., 1989; Gresta et al., 2009; Yau et al., 2006; Douglas et al., 2014*). همچنین بنظر می‌رسد وجود

کلش بر سطح خاک از طریق تاثیر مثبت بر طول گل جهت خروج از خاک و بقایای کلش، افزایش طول و در نتیجه وزن کلاله را موجب می‌شود. البته کاربرد کاه و کلش گندم تا سطح مشخصی باعث بهبود رشد و نمو زعفران شده و بیشتر از آن احتمالاً بدلیل کاهش موقتی محتوی نیتروژن خاک، کاهش عملکرد گل و کلاله را بدنبال داشته است. گلوی و همکاران (*Galavi et al., 2009*) در تایید نتایج فوق بیان داشتند که رشد و عملکرد زعفران تحت تأثیر تعدیل دمای خاک به واسطه مصرف مالچ کاه و کلش گندم افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه رضوانی‌مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2013b*) حاکی از نقش موثر کاربرد سطحی مالچ گندم در بهبود شاخص‌های کمی گل زعفران بود. با در نظر گرفتن زراعت زعفران در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور با میزان ماده آلی پایین، وقوع تنش‌های خشکی و حرارتی و نیز فراهمی پایین محتوی رطوبت خاک، کاربرد مالچ گندم به عنوان محصول جانبی تولیدی در این مناطق می‌تواند امکان تولید هرچه بیشتر و پایدارتر زعفران را فراهم کند و تاثیر بسزایی بر بهبود معیشت زعفران‌کاران به همراه داشته باشد.

بیشترین تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله به ترتیب با ۳۲۶/۴۱ گل در متر مربع، ۳۲/۲ گرم بر متر مربع و ۴۱۰/۱۸ میلی‌گرم بر متر مربع برای کاربرد ۲۰ تن بنه مادری در هکتار مشاهده شد. همچنین با افزایش تراکم بنه مصرفی از ۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار مقادیر این شاخص‌ها به ترتیب ۸۸، ۶۸ و ۹۲ درصد بهبود یافت، افزایش تراکم بنه مصرفی تا ۳۰ تن در هکتار احتمالاً تحت تاثیر آللوپاتی موجب بروز اثر منفی بر رشد بنه‌های دختری کوچک و ضعیف شده که کاهش مقادیر این صفات را به ترتیب برابر با ۱۹، ۱۵ و ۲۱ درصد موجب گردید (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲ ب). انتخاب تراکم مناسب بنه در واحد سطح در هنگام کاشت بستگی به هدف تولید (گل یا بنه) و طول زمان بهره‌برداری از مزرعه زعفران دارد (*Molina et al., 2004*) و افزایش تراکم و وزن بنه مادری به واسطه افزایش تعداد بنه در واحد سطح، بهبود تعداد و وزن گل را به دنبال دارد که این امر بهبود عملکرد اقتصادی را موجب می‌گردد. اما از آنجا که زعفران بیشتر به عنوان گیاهی چندساله مدنظر قرار می‌گیرد، معمولاً کشاورزان به امید افزایش تعداد بنه‌های دختری در سال بعد، کاشت در سال اول را با تراکم پایینی انجام می‌دهند که در نتیجه در سال‌های اول عملکرد مطلوبی حاصل نمی‌شود. گرستا و همکاران (*Gresta et al., 20081*) نیز اظهار داشتند که میزان بنه مورد نیاز و تراکم مطلوب، بسته به هدف یکساله یا چندساله بودن مزرعه متفاوت است؛ به طوری‌که این محققان، در کشت یکساله فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب ۱۵ و ۸-۳ سانتی‌متر و در کشت چندساله فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب ۱۵-۱۰ و ۲۵-۲۰ سانتی‌متر را جهت دستیابی به عملکرد قابل قبول پیشنهاد می‌شوند. بر این اساس، به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب، پیشنهاد می‌شود انتخاب مناسب وزن و تراکم بنه در زمان کاشت بر اساس هدف تولید و تعداد سال‌های بهره‌برداری به دقت تعیین شود. البته تأکید می‌شود، با افزایش تراکم بنه تا سطح مطلوب می‌توان با تسریع در دوره بهره‌برداری از مزرعه تحت تاثیر استقرار مطلوب‌تر، عملکرد و درآمد را نیز بهبود بخشید. البته بایستی به این مهم توجه کرد که عمق کاشت در زمان کاشت بنه‌های مادری بر اساس تعداد سال مورد نظر برای بهره‌برداری نیز بنوعی انتخاب شود تا بنه‌های دختری جدید در سطح خاک تشکیل نشوند.

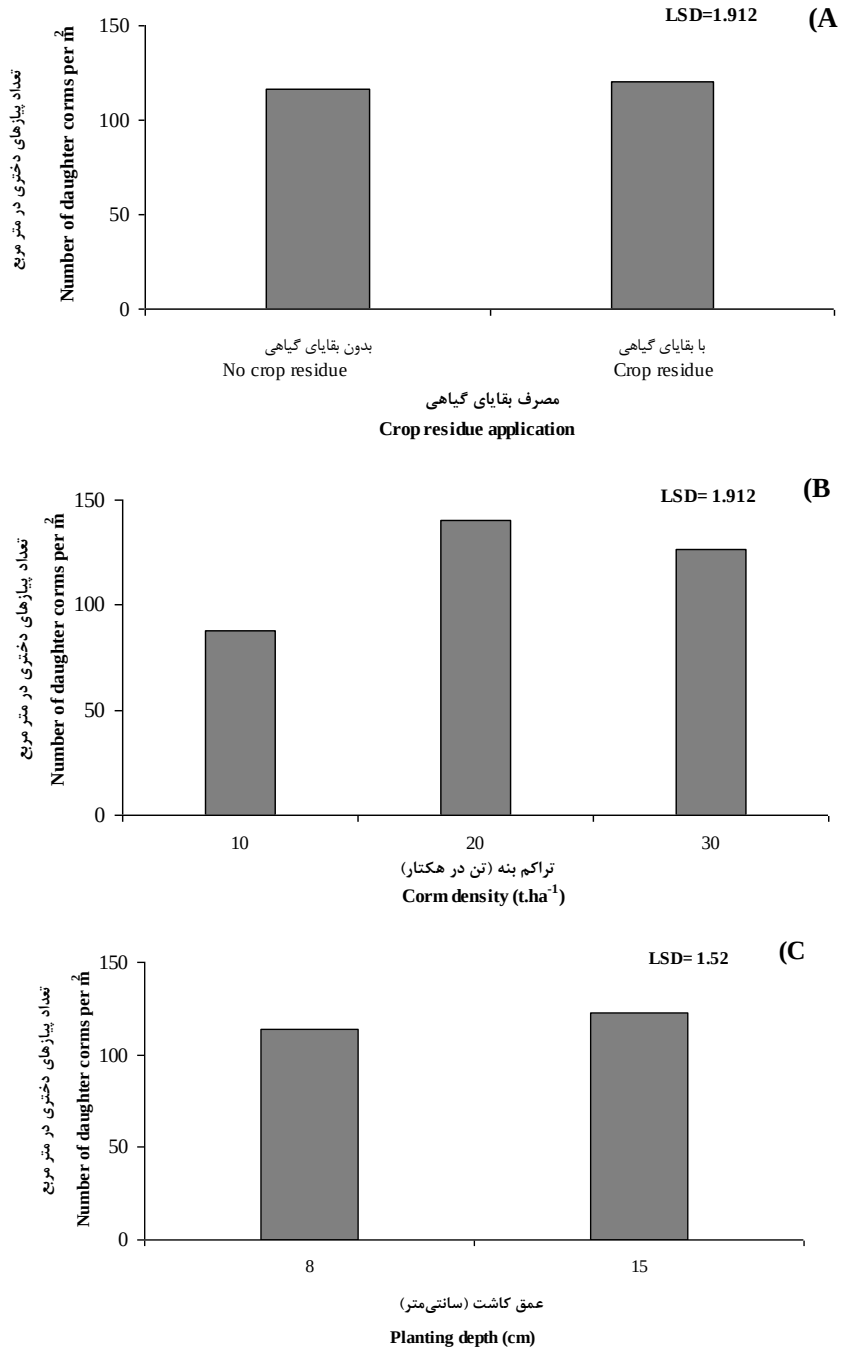
با افزایش عمق کاشت از ۸ به ۱۵ سانتی‌متر، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله به ترتیب ۱۱، ۴ و ۱۵ درصد بهبود یافت (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲-ج). اگرچه به نظر می‌رسد که با افزایش عمق کاشت بیش از حد مطلوب، گیاه برای رسیدن جوانه گل و برگ به سطح خاک، انرژی بیشتری صرف نموده و بر این اساس، تعداد جوانه‌های گل کاهش می‌یابد (*Koocheki et al., 2011*)، با این‌وجود، به نظر می‌رسد کشت عمیق از طریق کاهش تاثیر یخبندان زمستان و درجه حرارت بالای تابستان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با نوسانات بالای اقلیمی (همچون خراسان) و از طرفی افزایش طول دوره بهره‌برداری از مزرعه موجب بهبود عملکرد گل گردد، لذا توصیه می‌شود کاشت عمیق بنه‌های مادری به ویژه در مناطق با نوسانات اقلیمی بالا به دقت مدنظر قرار گیرد. معلم بنهنگی و همکاران (*Moallem Banhangi et al., 2019*) نتیجه گرفتند که کاشت عمیق‌تر در شهریور ماه دوره سبز شدن را به تاخیر انداخته و تاخیر در گلدهی موجب مواجهه دوره رشد زایشی با سرما و بارش باران‌های اوایل آذر ماه می‌شود. از طرف دیگر، کاشت کم‌عمق در مرداد ماه نیز در صورت وقوع بارندگی در این ماه موجب عدم ریشه‌دهی کامل بنه‌ها و

بیرون آمدن آن‌ها از خاک می‌گردد که کاهش عملکرد را به دنبال دارد.

شاخص‌های مربوط به رشد و عملکرد بنه‌های دختری: شاخص‌های رشدی و عملکرد بنه‌های دختری شامل وزن خشک، قطر، تعداد و میانگین وزن بنه زعفران به طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد بقایای گیاهی، تراکم بنه و عمق کاشت بنه مادری قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۲)؛ در حالی‌که اثر متقابل دوگانه تراکم×عمق کاشت بر قطر، اثر متقابل دوگانه بقایای گیاهی× عمق کاشت، تراکم بنه× عمق کاشت و اثر متقابل سه‌گانه بقایای گیاهی× تراکم بنه× عمق کاشت بر تعداد بنه‌های دختری و اثر متقابل دوگانه تراکم× عمق کاشت بر میانگین وزن بنه دختری معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). مصرف بقایای گیاهی، افزایش وزن خشک، قطر و تعداد بنه‌های دختری و میانگین وزن بنه را به ترتیب ۱۵، ۱۵، ۳ و ۱۲ درصد در مقایسه با شاهد موجب گردید (جدول ۳ و شکل ۳- ب).

مزرعه زعفران معمولاً طی اردیبهشت تا مهر ماه بدون رشد رویشی بوده و بنه‌های دختری در حال گذرانیدن دوره رکود می‌باشند (*Koocheki & Seyyedi, 2015a, 2015b; Koocheki et al., 2019; Renau-Morata et al., 2012*)؛ در حالی‌که القای گلدهی در این زمان به وقوع می‌پیوندد (*Koocheki & Seyyedi, 2016b*). از طرف دیگر، از آنجا که درجه حرارت مطلوب برای القای گلدهی ۲۳ درجه سانتی‌گراد است (*Molina et al., 2005a; 2005b*)، لذا پایین بودن محتوی ماده آلی خاک در مزارع زعفران (*Rezvani Moghaddam et al., 2015*) از یکطرف و عدم وجود اندام‌های رویشی طی این زمان بر سطح خاک به دلیل بالا بودن دما و وقوع نوسانات دمایی خاک، با ایجاد تنش‌های حرارتی و رطوبتی به بنه‌های دختری، افت عملکرد را موجب می‌گردد. اگرچه زعفران به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی نسبت به کم‌آبی و خشکی تا حدودی سازگار است (*Koocheki et al., 2014; Koocheki et al., 2016; Koocheki & Khajeh-Hosseini, 2020*)، ولی کاهش محتوی رطوبتی خاک، به ویژه طی دوره فعال رشد بنه‌های دختری تأثیر منفی بر عملکرد دارد (*Koocheki et al., 2014*). به طوری‌که به ازای هر روز تاخیر در آغازش دوره زایشی، طول دوره رویشی زعفران نیز به همان میزان کاهش می‌یابد. از این‌رو، کاهش وزن بنه‌های دختری احتمالاً می‌تواند از جمله پیامدهای کشت زعفران در شرایط نامساعد اقلیمی باشد (*Molina et al., 2005a; 2005b; Koocheki et al., 2010; Jafarzadeh et al., 2015*). لذا به نظر می‌رسد اثر مثبت مصرف کاه گندم بر بهبود تولید زعفران بیشتر مربوط به کاهش نوسانات دمایی تحت تاثیر پوشش سطح خاک می‌باشد که باعث تخفیف درجه حرارت (*Yin et al., 2020; Chen et al., 2018; Wang et al., 2014; Nehvi et al., 2010*)، کاهش تبخیر و تعرق (*Ebrahimian et al., 2016; Murungu et al., 2011*) به‌ویژه طی دوره رکود زعفران (*Koocheki et al., 2016b; Rezvani Moghaddam et al., 2013b*) و همچنین تسریع در آغازش گلدهی می‌شود. البته بهره‌گیری از راهکارهای مناسب مدیریت زراعی با تأثیر مثبت بر رشد بنه‌های مادری از طریق تولید تعداد مناسب و وزن بنه‌های دختری تولید شده به واسطه تخصیص مناسب مواد فتوسنتزی در طول فصل رشد تعیین‌کننده دستیابی به عملکرد قابل قبول می‌باشد. بکارگیری راهکارهای بهینه جلوگیری از تلفات آب در سیستم‌های زراعی علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب، می‌تواند با کاهش اثرات منفی درجه حرارت بر بنه‌های در حال رکود طی تابستان (*Koocheki et al., 2016; Rezvani Moghaddam et al., 2013b*) و بهبود شرایط برای رشد بنه‌های دختری، افزایش عملکرد اقتصادی را امکان‌پذیر نماید (*Alizadeh et al., 2009; Yarami et al., 2011*). علاوه بر این، مصرف کاه و کلش گندم با افزایش تنوع زیستی خاک موجب بهبود کارکردها و خدمات اکوسیستم‌های تولید زعفران به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (*Abolhassani et al., 2020; Khorramdel et al., 2018*). گلوی و همکاران (*Galavi et al., 2009*) با بررسی اثر سایه‌اندازی بر رشد زعفران تحت تأثیر کاربرد مالچ، نیز نتایج فوق را تایید کردند. بر این اساس، بکارگیری کاه گندم و سایر منابع آلی بر سطح خاک در مزارع زعفران می‌تواند به عنوان راهکاری پایدار برای کاهش فرسایش، جلوگیری از تلفات آب به صورت تبخیر و به تبع آن افزایش کارایی مصرف آب و همچنین تخفیف و تعدیل دمای خاک مدنظر قرار گیرد. با توجه به اثرات منفی مصرف نظام‌های خاکورزی فشرده بر شاخص‌های کیفی خاک و جایگاه زعفران در نظام‌های کشاورزی کم‌نهاده و برپایه کشاورزی خانوادگی (*Abolhassani et al., 2020; Khorramdel et al.,*

2018)، پیشنهاد می‌شود مصرف بقایای گیاهی را در راستای افزایش ثبات و پایداری سیستم‌های زراعی زعفران مدنظر قرار داد.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر ساده (الف) بقایای گیاهی، (ب) تراکم بنه و (ج) عمق کاشت بر تعداد بنه‌های دختری زعفران در سال دوم

Fig. 3. Mean comparisons for the simple effects of (A) crop residue, (B) corm density and (C) planting depth on numbers of daughter corms of saffron in the second year

در هر شکل، اختلاف بین ستون‌های با مقادیر بزرگتر از *LSD* نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

In each figure, differences between vertical bars followed by larger than the LSD indicate significant difference at P≤0.05 probability level.

بالاترین وزن خشک، قطر و تعداد بنه‌های دختری و وزن تک بنه برای مصرف ۲۰ تن بنه در هکتار به ترتیب با ۱۰۴۲/۶۶ گرم بر متر مربع، ۲/۴۵ میلی‌متر، ۱۴۰/۱۷ بنه دختری بر متر مربع و ۷/۴۵ گرم بدست آمد. با افزایش وزن بنه از ۱۰ به ۲۰ تن مقادیر این صفات به ترتیب ۸۹، ۲۱، ۶۰ و ۱۸ درصد افزایش یافت، ولی افزایش بیشتر از این مقدار تا ۳۰ تن در هکتار، این صفات را به ترتیب ۱۸، ۵۲، ۱۰ و ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۳ و شکل ۳- ب). افزایش وزن بنه‌های مصرفی تا حد مطلوب (۲۰ تن در هکتار) افزایش وزن بنه‌های دختری را به دنبال داشت که این امر می‌تواند با افزایش تولید اندام‌های رویشی و تخصیص مواد فتوسنتزی، ظرفیت گلدهی گیاه را افزایش دهد (*Emam et al., 2012*). البته با افزایش بیشتر وزن بنه مصرفی بدلیل تشدید رقابت، وزن و تعداد بنه‌های دختری کاهش یافت. به نظر می‌رسد افزایش تعداد بنه کاشته شده به واسطه کاهش فشردگی فیزیکی خاک در اطراف بنه‌های مادری، موجب رشد بهتر بنه‌ها و افزایش تعداد آن‌ها شده است که با نتایج رضوانی مقدم و همکاران (*Rezvani Moghaddam et al., 2013a*) نیز همخوانی دارد. بر این اساس، مطالعه مراحل فنولوژیک این گیاه تحت تأثیر تیمارهای مدیریتی با تاکید بر تشکیل و تکامل اندام‌های زیرزمینی می‌تواند درک دقیق‌تر و بهتری از تغییرات رشدی در طول فصل رشد و از طرفی پیش‌بینی عملکرد ارائه نماید.

افزایش عمق کاشت از ۸ به ۱۵ سانتی‌متر، بهبود وزن خشک، قطر، تعداد و میانگین وزن بنه‌های دختری را به ترتیب ۴۵، در حدود ۱، ۲ و در حدود ۱ درصد به دنبال داشت (جدول ۳- و شکل ۳- ج). کاشت زعفران در عمق مناسب به واسطه حفاظت بنه‌ها و اندام‌های زیرزمینی از تنش‌های سرمایی و یخزدگی زمستانه و گرمای تابستانه، بهبود رشد و دستیابی به عملکرد بالاتر را موجب می‌گردد. عمق کاشت مناسب در شرایط کاشت بنه‌هایی با وزن ۱۰-۸ گرم، بین ۱۵-۱۰ سانتی‌متر توصیه شده است (*Koocheki et al., 2010*). عمق مناسب کاشت زعفران به‌عنوان گیاه یک‌ساله حدود ۱۰ سانتی‌متر و در شرایطی که به‌عنوان یک محصول چندساله مورد نظر باشد، ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر گزارش شده است (*Gresta et al., 2008b*). کوچکی و همکاران (*Koocheki et al., 2011*) گزارش نمودند که با افزایش عمق کاشت تا ۲۰ سانتی‌متر تعداد گل افزایش یافت. بررسی‌ها نشان داده است که در طی دوره رشد، بنه‌های دختری زعفران عموماً بر روی بنه‌های مادری قدیمی تشکیل می‌شود (*Koocheki & Seyyedi, 2016a; Renau-Morata et al., 2012*)؛ به طوری‌که تراکم بخش رویشی گیاه در هر فصل افزایش می‌یابد (*Khademi et al., 2014; Mollafilabi et al., 2015*). سپس به دلیل تراکم بیش از حد بنه‌های تشکیل شده، افزایش فشردگی و کاهش حاصلخیزی خاک، عملکرد گیاه به شدت افت می‌نماید (*Khademi et al., 2014; Rahimi Daghi et al., 2015; Koocheki et al., 2019; Rezvani-Moghaddam, 2020*). کوچکی و سیدی (*Koocheki & Seyyedi, 2015a*) با بررسی فنولوژی و روند تشکیل بنه‌های دختری زعفران، مراحل تشکیل بنه‌های دختری را به سه دوره تقسیم کردند؛ به طوری‌که در مرحله اول با پایان گلدهی مریستم‌های موجود روی بنه‌های مادری فعالیت خود را آغاز کرده و تشکیل بنه‌های دختری انجام می‌شود. رشد و نمو اندام‌های ظاهر شده از بنه‌های مادری در این مرحله اساساً وابسته به مدیریت زراعی و ویژگی‌های کیفی بنه مادری (به ویژه وزن یا قطر) می‌باشد. مرحله دوم، مرحله میانی رشد بنه‌های دختری است که در آن وزن بنه‌های دختری بر روی بنه‌های مادری افزایش می‌یابد و بنه‌های دختری که تازه در این مرحله تشکیل می‌شوند، از نظر وزنی کوچکتر از بنه‌های تشکیل شده در مرحله قبل می‌باشند و در نهایت، مرحله نهایی رشد بنه‌های دختری که در آن، رشد اندام‌های هوایی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و ۸۰-۵۰ درصد از مجموع وزن مربوط به بنه‌های دختری تازه تولید شده است. دی‌ماسترو و روتا (*De Mastro & Ruta, 1993*) بیان کردند که قدرت تکثیر بنه‌های دختری در شرایط کاشت عمقی زعفران افت می‌نماید که این امر به افزایش رطوبت و کاهش دمای خاک نسبت داده شد. بر این اساس، مشخص است که انتخاب عمق مناسب کاشت نقش موثری در رشد بنه‌های دختری و به تبع آن ظرفیت گلدهی این گیاه ایفا می‌کند. همچنین با توجه به اینکه تغییرات فیزیولوژیک در گیاه زعفران اساساً در زیر سطح خاک رخ می‌دهد و برخلاف گیاهان بذری، بنه‌های دختری در زیر سطح خاک تشکیل می‌شود، لذا مطالعه مراحل فنولوژیکی گیاه با تاکید بر تشکیل و تکامل اندام‌های زیرزمینی می‌تواند از طریق بررسی دقیق تغییرات رشدی گیاه طی فصل رشد،

حصول عملکرد قابل قبول را ممکن نماید (*Koocheki & Seyyedi, 2015a*).

خصوصیات کیفی: نتایج تجزیه واریانس اثر بقایای گیاهی، تراکم و عمق کاشت بنه بر خصوصیات کیفی زعفران در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بقایای گیاهی، تراکم و عمق کاشت بر خصوصیات کیفی زعفران

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of crop residue, corm density and planting depth on quality criteria of saffron

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	پیکروکروسین Picrocrocin	کروسین Crocin	سافرانال Safranal
تکرار *Replication*	2	115.646^{ns}	257.737^{ns}	224.414^{ns}
بقایای گیاهی (*R*) *Crop residue (R)*	1	211.169^{ns}	69.667^{ns}	21.980^{ns}
خطا *Error*	2	292.420^{ns}	198.997^{ns}	34.875^{ns}
تراکم بنه (*C*) *Corm density (C)*	2	93.100^{ns}	61.788^{ns}	8.111^{ns}
R×C	2	124.966^{ns}	100.916^{ns}	12.185^{ns}
عمق کاشت (*D*) *Planting depth (D)*	1	37.761^{ns}	41.646^{ns}	42.272^{ns}
R×D	1	8.478^{ns}	22.216^{ns}	0.789^{ns}
C×D	2	60.577^{ns}	50.006^{ns}	11.876^{ns}
R×C×D	2	93.661^{ns}	24.308^{ns}	16.044^{ns}
خطا *Error*	20	53.664	84.707	11.253
ضریب تغییرات *CV (%)*		9.76	5.31	9.86

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns: non-significant.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر ساده و اثر متقابل دوگانه و سه‌گانه مصرف بقایای گیاهی، تراکم بنه مصرفی و عمق کاشت بنه بر هیچ‌کدام از صفات کیفی زعفران معنی‌دار نبود. کیفیت زعفران متأثر از غلظت سه متابولیت ثانویه عمده شامل کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل بو) می‌باشد (*Lage & Cantrell, 2009; Srivastava et al., 2010*). گرستا و همکاران (*Gresta et al., 2008b*) با بررسی محتوای کروستین‌استرها و پیکروکروسین با روش اسپکتروفتومتری نتیجه گرفتند که ارتباط بین این شاخص‌ها با مدیریت زراعی معنی‌دار نیست، با این‌وجود در محیط‌های سردتر تعداد گل تولید شده افزایش می‌یابد، اما زراعت زعفران در این محیط‌ها موجب کاهش مقدار پیکروکروسین و کروستین‌استرها می‌شود. بر این اساس، با وجود تأثیر نسبی برخی از عوامل زراعی بر خصوصیات کیفی کلاله، به نظر می‌رسد که سنتز و تولید متابولیت‌های ثانویه در زعفران عمدتاً توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود (*Lage & Cantrell, 2009; Zarinkamar et al., 2011*) و کمتر تحت تأثیر مدیریت زراعی قرار می‌گیرد. البته همانگونه که پیشتر نیز ذکر گردید، عملیات پس از برداشت نیز خصوصیات کیفی زعفران را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (*Negbi, 1999; Shoyama, 2000*).

نتیجه‌گیری

زعفران به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین، بهره‌وری بالا و ارزش بالای اقتصادی، آشیانه اکولوژیکی ویژه‌ای را به خود اختصاص داده و با وجود جایگاه منحصر به فرد در اشتغالزایی، بهبود معیشت روستاییان، ارزآوری و افزایش ارزش صادرات، تولید آن هنوز متکی بر دانش بومی کشاورزان بوده و عملکرد آن با وجود افزایش سطح زیر کشت طی سالیان اخیر افزایش نیافته که بنظر می‌رسد بروز

عوامل نامناسب مدیریتی و اقتصادی همراه با تغییرات اقلیمی چنین روندی را تشدید نموده است. همچنین با وجود مصرف نهاده‌های مختلف در نظام‌های تولید زعفران، عملکرد به همان نسبت افزایش نیافته است.

بنه‌های مادری با رشد و نمو در سال اول، بنه‌های دختری را تولید کرده که به عنوان بذر گیاه محسوب شده و تعیین‌کننده عملکرد هستند، لذا شناخت عوامل زراعی مؤثر بر خصوصیات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی بنه‌های مادری می‌تواند جهت دستیابی به عملکرد قابل قبول طی سال‌های بعدی بهره‌برداری مزرعه زعفران به دقت مدنظر قرار گیرد. از آنجا که بالا رفتن احتمال وقوع پدیده‌های حدی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شرایط را برای تولیدات زراعی از جمله زعفران که قطب اصلی تولید آن در این مناطق واقع شده است، با مشکل جدی مواجه می‌سازد و در شرایط تغییر اقلیم، کمبود رطوبت (بارندگی) اصلی‌ترین عامل کاهش‌دهنده عملکرد زعفران می‌باشد، لذا پیشنهاد می‌شود که از طریق مصرف بقایای گیاهی علاوه بر بهبود ذخیره رطوبتی خاک با تسریع در شروع دوره بهره‌برداری از مزرعه و کاهش طول دوره کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد را بهبود بخشید. از این‌رو، با در نظر گرفتن لزوم بکارگیری مدیریت اکولوژیک در تولید زعفران، توصیه می‌شود مصرف نهاده‌های آلی همراه با مدیریت زراعی بنه‌های مادری به دقت مدنظر قرار گیرد که این می‌تواند به عنوان گامی مؤثر در تولید پایدار این گیاه محسوب شود. البته پیشنهاد می‌شود ارتباط بین تأثیر مدیریت زراعی با روند تشکیل بنه‌های دختری طی مراحل فنولوژیکی نیز به دقت بررسی شود که این امر می‌تواند الگوی مناسبی از بکارگیری مدیریت زراعی در تولید زعفران را فراهم و به پایداری بیشتر سیستم‌های تولید آن کمک نماید.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبار طرح پژوهه شماره ۴۵۰۲۱ مورخ ۱۳۹۶/۰۷/۲۴ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abolhassani, L., Khorramdel, S., Reed, M., and Saghaian, S., 2020. Environmental-Economic Analysis of Saffron Production. In: M., (Eds.). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 545 p.

Agayev, Y.M., Fernandez, J.A., and Zarifi, E., 2009. Clonal selection of saffron (Crocus sativus L.): The first optimistic experimental results. Euphytica. 169, 81–99.

Agricultural Statistics., 2018. Iran's Minister of Agriculture, Department of Planning and Economy. http://www.maj.ir/. 159 pp. [in Persian].

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A., 2009. Study for zoning the most appropriate time of irrigation of saffron (Crocus sativus) in Khorasan Razavi, north and southern provinces. J. Water and Soil Sci. 23, 109–118. [in Persian with English Summary].

Asadi, G.A., Rezvani Moghaddam, P., and Hassanzadeh Aval, F., 2014. Effects of soil and foliar applications of nutrients on corm growth and flower yield of saffron (Crocus sativus L.) in six year-old farm. J. Saffron Agron. & Technol. 2(1), 31-44. [in Persian with English Summary].

Benschop, M., 1993. Crocus. In: Hertogh, A., Le Nard, M. (Eds.), The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier, Amsterdam, pp. 257–272.

Bertheloot, J., Martre, P., and Andrieu, B., 2008. Dynamics of light and nitrogen distribution during grain filling within wheat canopy. Plant Physiol. 148, 1707–1720.

Çavuşoğlu, A., and Erkel, E., 2009. Saffron (Crocus sativus L.) growing without removing of mother corms under greenhouse condition. Turk. J. Field Crops. 14, 170–180.

Chen, G., Kong, X., Gan, Y., Zhang, R., Feng, F., Yu, A., Zhao, C., Wan, S., and Chai, Q., 2018. Enhancing the systems productivity and water use efficiency through coordinated soil water sharing and compensation in strip-intercropping. Sci. Rep. 8, e10494.

De Juan, J.A., Córcoles, H.L., Mũnoz, R.M., and Picornell, M.R., 2009. Yield and yield components of saffron under different

cropping systems. Ind. Crop. Prod. 30, 212–219.

De Juan, J.A., Moya, A., López, O., Botella, O., and López, H., 2003. Influence of the corm size and the density of plantation in the yield and quality of the production of corms of Crocus sativus L. ITEA 99, 169–180.

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

Dordas, C., 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. Eur. J. Agron. 30, 129–139.

Douglas, M.H., Smallfield, B.M., Wallaceb, A.R., and McGimpsey, J.A., 2014. Saffron (Crocus sativus L.): The effect of mother corm size on progeny multiplication, flower and stigma production. Sci. Hortic. 166, 50–58.

Ebrahimian, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., and Beheshti, A., 2016. The effect of tillage and wheat residue management on nitrogen uptake efficiency and nitrogen harvest index in wheat. Turk. J. Field Crops. (21), 233-239.

Galavi, M., Mousavi, S.R., and Ziyaie, M., 2009. Effects of planting depth and control of soil summer temperature on tunic production, corm propagation and leaf desiccation in end of growth period of saffron (Crocus sativus L.). Asian J. Plant Sci. 8, 375-379.

Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G., 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (Crocus sativus L.) as affected by environmental conditions. Sci. Hortic. 119, 320–324.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G., 2008a. 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.

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

ISO/TS 3632., 2003. Technical Specification. Crocus sativus L. Saffron. Ed. ISO, Geneva, Switzerland.

Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., and Sedaghati, E., 2020 Investigating the use of different levels of mycorrhiza and vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (Crocus sativus L.). Sci. Hortic. 262(27), 109027.

Jami-Alahmadi, M., Behdani, M.A., and Akbarpour, A., 2010. Analysis of agronomic effective factors on yield of saffron agroecosystems in Southern Khorassan. Acta Hortic. 850, 123-129.

Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A., 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Press, Iran. 276 pp. [in Persian].

Khademi, K., Sepahvand, A., Siahmansour, R., Mohammadian, A., and Ahmadi, S. 2014. Study of saffron yield in dry land farming and irrigated conditions in a period of six years in the city of Khorramabad Province. Journal of Saffron Research 1: 110–119. [in Persian with English Summary].

Khan, M.A., Naseer, S., Nagoo, S., and Nehvi, F.A., 2011. Behaviour of saffron (Crocus sativus L.) corms for daughter corm production. J. Phytol. 3, 47–49.

Khorramdel, S., Eskandari Nasrabadi, S., and Mahmoodi, G., 2015. Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (Crocus sativus L.) growth and yield components. J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants. 2, 9-14.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Ghafori, A., 2018. Economic evaluation of agroecosystem services of saffron in the Khorasan Razavi province. Saffron Agron. & Technol. 6(1), 73-89. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., 2018. Agro-ecological aspects of saffron production with a holistic approach. In: Fifth National Conference on Saffron, November 14-15, Torbat-Heydarieh, Iran. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., and Khajeh-Hosseini, M., 2020. Saffron Science, Technology and Health. 1st Edition Woodhead Publishing. 580 pp.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2015a. Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (Crocus sativus L.) during growing period. J.

Saffron Res. 3(2), 134-154. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2015b. 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.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2016a. Effects of corm size, organic fertilizers, Fe-EDTA and Zn-EDTA foliar application on nitrogen and phosphorus uptake of saffron (Crocus sativus L.) in a calcareous soil under greenhouse conditions. Notulae Scientia Biologicae. 8, 461–467.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2016b. Effects of different water supply and corm planting density on crocin, picrocrocin and safranal, nitrogen uptake and water use efficiency of saffron grown in semi-arid region. Not. Sci. Biol. 8, 334-341.

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A., 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (Crocus sativus L.) J. Soil and Water. 25(1), 196–206. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Nassiri, M., Alizadeh, A., and Ganjali, A., 2010. Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of Saffron (Crocus sativus L.). Iran. J. Field Crops Res. 7, 583–594. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Seyyedi, S.M., 2019. Saffron-pumpkin/watermelon: A clean and sustainable strategy for increasing economic land equivalent ratio under limited irrigation. J. Cleaner Prod. (208), 1327-1338.

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Gharaei, S., 2016b. Evaluation of the effects of saffron–cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. Sci. Hortic. 201, 190–198.

Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Jamshid Eyni, M., 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad, Northeast Iran. Sci. Hortic. 180, 147–155.

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

Lage, M., and Cantrell, C.L., 2009. Quantification of saffron (Crocus sativus L.) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. Sci. Hortic. 121, 366–373.

McGimpsey, J.A., Douglas, M.H., and Wallace, A.R., 1997. Evaluation of saffron (Crocus sativus L.) production in New Zealand. New Zeal. J. Crop Hort. Sci. 25, 159–168.

Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G.A., and Khorramdel, S., 2019. Effects of different amounts of corms and planting depths of corms on flower and corm yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Saffron Agron. & Technol. 7(1), 55-67. [in Persian with English Summary].

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García, L.A., and Guardiola, J.L., 2005a. Low temperature storage of corms extends the flowering season of saffron (Crocus sativus L.). J. Hortic. Sci. Biotechnol. 80, 319–326.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcia-Luis, A., and Guardiola, J.L., 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (Crocus sativus L.). Sci. Hortic. 103, 79–91.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luis, A., 2005b. Temperature effects on flower formation in saffron (Crocus sativus L.). Sci. Hortic. 103, 361-379.

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahalati, M., 2015. Investigation on the effect of location and field age on yield and frequency of different corm weights of saffron (Crocus sativus L.). Iran. J. Field Crops Res. 12, 605–612. [In Persian with English Summary].

Murungu, F.S., Chiduza, C., Muchaonyerwa, P., and Mnkeni, P.N.S., 2011. Mulch effects on soil moisture and nitrogen, weed growth and irrigated maize productivity in a warm-temperate climate of South Africa. Soil & Till. Res. 112, 58-65.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Amin Ghafouri, A., and Mahluji Rad, M., 2015. Optimizing corm size and density in saffron

(Crocus sativus L.) cultivation by central composite design. J. Saffron Agron. & Technol. 3, 161-177. [in Persian with English Summary].

Negbi, M., Dagan, B., Dror, A., and Basker, D., 1989. Growth, flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron crocus (Crocus sativus L.). Isr. J. Bot. 38, 95–113.

Nehvi, F.A., and Yasmin, S., 2017. Advance in saffron research for integrated development of saffron in Kashmir, India. Acta Hortic. 1184(9), 63-68.

Nehvi, F.A., Khan, M.A., and Lone, A.A., 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. Acta Horticulturae. 850, 171-174.

Nehvi, F.A., Lone, A.A., Allai, B.A., and Yasmin, S., 2010. Impact of climate change on saffron industry of Jammu and Kashmir. J. Crop Improv. 37, 203–205.

Plessner, O., Negbi, M., Ziv, M., and Basker, D., 1989. Effects of temperature on the flowering of saffron crocus (Crocus sativus L.): induction of hysteranthy. Isr. J. Bot. 38, 1–7.

Poggi, L.M., Portela, A.J., Pontin, M.A., and Molina, R.V., 2010. Corm size and incubation effects on time to flowering and threads yield and quality in saffron production in Argentina. Acta Hort. 850, 193–198.

Rahimi Daghi, S., Mahmoodi, S., Bakhshi, M.R., and Sayyari, M.H., 2015. The effects of farm age and region type on stigma yield and soil chemical properties of saffron farms in Birjand county. J. Saffron Res. 3, 1–17. [in Persian with English Summary].

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

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A., 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Saffron Res. 3(2), 188-203. [in Persian with English Summary].

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Shabahang, J., and Afsaneh Amin Ghafouri, A., 2013a. Evaluation of planting method, corm weight and density effects on growth characteristics and yield of saffron (Crocus sativus L.). J. Agroecol. 3(1), 52-68. [in Persian with English Summary].

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

Rezvani-Moghaddam, P., 2020. Ecophysiology of saffron. In: A. Koocheki and M. Khajeh-Hosseini (Eds.). Saffron: Science, Technology and Health. Elsevier Inc. p. 119-137.

Sabina, N., Nehvi, F.A., Iqbal, A.M., Daron, A., Gowhar, A., and Nagoo, S., 2012. Effect of organic and inorganic sources of fertilizers on growth and yield of saffron (Crocus sativus L.). 4th International Saffron Symposium. Kashmir, India, October 22-25.

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam P., 2020. Proposed program for standardization of saffron corms: Obstacles and solutions. J. Saffron Agron. & Technol. 7, 457-479. [in Persian with English Summary].

Seyyedi, S.M., Ebrahimian, E., and Rezaei-Chiyaneh, E., 2018. Saffron daughter corms formation, nitrogen and phosphorous uptake in response to low planting density, sampling rounds, vermicompost and mineral fertilizers. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 49(5), 585–603.

Shabahang, J., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., and Gheshm, R., 2013. Effects on management of crop residues and cover crop planting on density and population of weeds and agronomical characteristics of saffron (Crocus sativus L.). J. Saffron Res. 1, 57–72. [in Persian with English Summary].

Shahnoushi, N., Abolhassani, L., Kavakebi, V., Reed, M., and Saghaian, S., 2020. Economic analysis of saffron production. In: A. Koocheki and M. Khajeh-Hosseini (Eds.). Saffron: Science, Technology and Health. Elsevier Inc. p. 337-356.

Srivastava, R., Ahmed, H., Dixit, R.K., Dharamveer Saraf, S.A., 2010. Crocus sativus L.: A comprehensive review. Pharmacogn. Rev. 4, 200–208.

Tammaro, F., 1999. Saffron (Crocus sativus L.) in Italy. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron: Crocus sativus L. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, pp. 53–61.

Verma, M.K., Ahmad, A., and Verma, R.K., 2008. Influence of Farm Yard Manure, corm weight and planting density on vegetative propagation of saffron. In: Nehvi, F.A., Wain, S.A. (Eds.) saffron production in Jammu and Kashmir, pp. 163-169. Directorate of Extension Education. SKUAST-K. India.

Wang, Z. G., Jin, X., Bao, X.G., Li, X.F., Zhao, J.H., Sun, J.H., Christie, P., and Li, L., 2014. Intercropping enhances productivity and maintains the most soil fertility properties relative to sole cropping. PLoS ONE. 9(12), e113984.

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

Yau, S.K., Nimah, M., and Toufeili, I., 2006. Yield and quality of red stigmas from different saffron strains at contrasting Mediterranean sites. Exp. Agric. 42, 399–409.

Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Liu, C., Fan, Z., Hu, F., and Chen, G., 2017. Reducing carbon emissions and enhancing crop productivity through strip intercropping with improved agricultural practices in an arid area. J. Clean. Prod. 166, 197-208.

Zarinkamar, F., Tajik, S., and Soleimanpour, S., 2011. Effects of altitude on anatomy and concentration of crocin, picrocrocin and safranal in Crocus sativus L. Aust. J. Crop Sci. 5, 831–838.

Emam, V., Khojasteh Eghbal, M., Sheykh Lar, M.M., Noor Khalaj, K., Paknejad, F., and Roham, B., 2012. The effect of planting density and different nitrogen and phosphor application rates on saffron yield. J. Basic. Appl. Sci. Res. 2(3), 2400-2404.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.9, No.1, Spring & Summer, 2021

p. 95-114

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3679.1138

University of Birjand

Original Article:

Evaluation of Corm and Flower Yield and Quality of Saffron on Simulated on Farm Trials

Alireza Koocheki[1*], Sorur Khorramdel[2], Javad Shabahang[3]

1. Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

2. Associate Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

3. PhD, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

**Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir*

Received 3 September 2020; Accepted 8 December 2020

Abstract

In this study, the effects of agronomic management such as crop residue, corm density and planting depth on flower and daughter corm criteria and quality of saffron under on-farm trials at the Organic Field, Ferdowsi University of Mashhad during two growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020 were evaluated as strip plot based on a randomized complete block design with three replications. Treatments were crop residue (0 and 6 tons of wheat straw per ha), corm density (10, 20 and 30 $t.ha^{-1}$) and planting depth (8 and 15 cm). Studied criteria were flower numbers per area, fresh flower yield, dried stigma yield, total weight of daughter corms, total number of daughter corms, daughter corm diameter, mean weight of daughter corm and quality (such as picrocrocin, safranal and crocin). Results showed that the simple effects of crop residue, corm density and planting depth were significant on flower yield, growth and daughter corm yield of saffron in the second year ($p\leq0.05$). The simple and interaction effects of these factors were not significant on quality (including picrocrocin, safranal and crocin contents). Crop residue application were significantly ($p\leq0.05$) enhanced the flower number, dried weight of stigma, dried weight of daughter corms and number of daughter corms per m^2 up to 15, 18, 15 and 3 percent compared with control, respectively. The highest flower number, dried weight of stigma, dried weight of daughter corms and number of daughter corms were observed with 20 ton corms per ha with 326.41 $flowers.m^{-2}$, 410.18 $mg.m^{-2}$, 1042.66 $g.m^{-2}$ and 140.17 daughter $corms.m^{-2}$, respectively. Increasing planting depth from 8 to 15 cm significantly ($p\leq0.05$) improved flower number, dried weight of stigma, dried weight of daughter corms and number of daughter corms per m^2 up to 11, 15, 45 and 2 percent compared with control, respectively. In general, it can be concluded that agronomic management such as crop residue application, increasing planting depth (up to 15 cm) and corm dense planting (up to 20 $t.ha^{-1}$) may be consider as a suitable cropping approaches for sustainable production and improvement of flower yield and daughter corm yield in saffron production systems.

Keywords: Crop residue, Corm density, Planting depth, Sustainable production