



مقاله پژوهشی

بررسی اثر رفتار جبرانی تراکم کاشت، وزن بنه مادری و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

حمید رضا شریفی^{۱*}، زهره نبی پور^۲ و حمیدرضا توکلی کاخکی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴ اردیبهشت ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: ۲۴ بهمن ۱۳۹۹

شریفی، ح.ر.، نبی پور، ز. و توکلی کاخکی، ح.ر. ۱۴۰۰. بررسی اثر رفتار جبرانی تراکم کاشت، وزن بنه مادری و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۹(۳): ۲۲۷-۲۴۸.

چکیده

به منظور بررسی اثر رفتار جبرانی تراکم کاشت، وزن بنه و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و عملکرد کالاه زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات گناباد) در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ انجام شد. در این تحقیق تیمار تراکم کاشت (در چهار سطح ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در مترمربع) در کرت اصلی و فاکتوریل عمق کاشت (در دو سطح ۱۵±۲ و ۲۵±۲ سانتی‌متر از سطح خاک) و وزن بنه (در دو سطح ۴±۱ و ۸±۱ گرم) در کرت فرعی قرار داشتند. نتایج نشان داد که ازدیاد تراکم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ($p < 0.05$) و سایر صفات مورد بررسی شد. بر این اساس افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در مترمربع موجب شد تا تعداد گل و وزن خشک کالاه به ترتیب ۱۷۴ و ۱۹۲ درصد در سال اول، ۱۰۰ و ۱۰۹ درصد در سال دوم، ۱۲۸ و ۱۲۹ درصد در سال سوم زیاد شود. نتایج هم چنین نشان داد که افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم نیز موجب افزایش ۱۳۳ و ۱۳۸ درصدی در سال اول و افزایش ۱۴ و ۱۵ درصدی در سال دوم به ترتیب در صفات تعداد گل و وزن خشک کالاه شد، ولی در سال سوم، کاهش ۱۰ و ۱۰ درصدی به ترتیب در صفات تعداد گل و وزن خشک کالاه را به همراه داشت. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه افزایش عمق کاشت از ۱۵ به ۲۵ سانتی‌متر سبب کاهش عملکرد کالاه و سایر صفات مورد بررسی زعفران گردید. اثر متقابل دوگانه و سه گانه بر صفات مورد بررسی عمدتاً معنی‌دار بود. در مجموع نتایج نشان داد استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر تنها در سال‌های اولیه از اولویت بیشتری برخوردار بوده و با افزایش سن مزرعه از اهمیت اثر آن کاسته می‌شود. بر این اساس چنین به نظر می‌رسد که می‌توان در راهبردی متفاوت، با کاشت بنه‌های با وزن کمتر (یعنی هزینه کمتر) و جبران اثر آن از طریق انتخاب عمق کمتر و بخصوص تراکم بیشتر (یعنی عملکرد و درآمد بیشتر) به سود بیشتری دست یافت.

کلمات کلیدی: رفتار جبرانی، طول برگ، تعداد برگ، تعداد گل، عملکرد کالاه.

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲- محقق، ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

*- نویسنده مسئول: (hrsharifi1349@yahoo.com)

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. یکی از گران‌ترین محصولات کشاورزی ایران و جهان محسوب می‌شود که به خانواده زنبق (Iridaceae) تعلق دارد. ویژگی‌های خاص این محصول از جمله امکان بهره‌برداری چند ساله با یکبار کاشت، نیاز آبی کم، آبیاری آن در زمان‌های غیر بحرانی نیاز آبی سایر گیاهان و نیز بازار فروش داخلی و خارجی مناسب، آن را بعنوان انتخاب نخست کشاورزان استان خراسان مطرح کرده است (Kakhki-Daneshvar & Farahmand-Gelyan, 2012). در بوم نظام‌های زراعی، شناخت عوامل افزایش دهنده کمیت و کیفیت محصول امری الزامی بوده و بایستی جهت دستیابی به عملکرد مطلوب به آن توجه شود (Koocheki et al., 2017). یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد زعفران، استفاده از تراکم مطلوب بانه در واحد سطح می‌باشد (Parsapour et al., 2020). انتخاب تراکم مناسب بانه ضمن افزایش دوره بهره‌برداری، سبب افزایش عملکرد و کاهش طول دوره بین کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد زعفران می‌شود (Tavakkoli-Kakhki et al., 2020). برخی مطالعات مبین آن است که کاشت پر تراکم زعفران باعث می‌شود که امکان بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران زودتر فراهم شود (Mollafilabi et al., 2014). در تراکم‌های بالاتر، تعداد گل و عملکرد کلاله در واحد سطح بیشتر و متوسط وزن هر کلاله کمتر می‌شود (Koocheki et al., 2011a). گریستا و همکاران (Gresta et al., 2009) آزمایشی را در دو مکان با دو تراکم کاشت ۵۰ و ۷۵ بانه در مترمربع انجام دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش تراکم کاشت اثر مثبت بر تعداد گل در واحد سطح داشته و موجب کاهش وزن کلاله در هر گل شد. محمدآبادی و همکاران (Mohammad-Abadi et al., 2007) نشان دادند که تراکم کاشت تأثیر معنی‌داری بر وزن تازه گل و

عملکرد کلاله خشک داشت، همچنین وزن تر و خشک برگ در تراکم‌های بالاتر بیشتر بود. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در شرایط آب و هوایی ماکو نشان داد که با کاهش تراکم کاشت، وزن تر گل‌ها کاهش یافت ولی تعداد برگ، وزن تر و خشک آن‌ها بیشتر شد (Aghazadeh & Hemmatzadeh, 2011). با وجود آن که نتایج اکثر تحقیقات موید افزایش عملکرد در کشت‌های متراکم بخصوص در سال‌های اولیه کشت است، ولی با اینحال بیشتر کشاورزان به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های اولیه تولید تمایل به کاشت زعفران با تراکم‌های متوسط دارند (Tavakkol- Kakhki et al., 2020). تکثیر زعفران به دلیل عقیم بودن آن منحصراً توسط بانه می‌باشد (Razavian et al., 2019)، لذا انتخاب و تهیه بانه برای کاشت این محصول از عوامل مهم تولید زعفران بوده و عملکرد نهایی بستگی زیادی به اندازه بانه دارد (Nazarian & Sahabi, 2017; Nasiri-). نتایج تحقیقات متعدد نشان داده است که وزن بانه مادری یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تعداد گل، تعداد بانه دختری آغازش یافته و به تبع آن عملکرد کلاله زعفران در سال بعد می‌باشد (Alavi-Siney et al., 2020; Seyyedi & Rezvani-Moghaddam, 2020; Razavian et al., 2019; Mollafilabi et al., 2014; Renau-Morata et al., 2012). نتایج برخی مطالعات بیانگر آن است که در سال اول، با افزایش وزن بانه میزان تولید کلاله خشک افزایش یافته (Renau-). Morata et al., 2012; De-maastro & Ruta, 1993 و کاشت بانه‌های کوچک به دلیل عدم گلدهی در سال اول، مقرون به صرفه نمی‌باشد (Seyyedi & Rezvani-Moghaddam, 2020; Mollafilabi et al., 2014; Kaushal & Upadhyay, 2002). میزان عملکرد زعفران در سال اول به شدت تحت تأثیر اندازه و ذخایر بانه‌هایی است که به عنوان بذر کشت می‌شوند و این بانه‌ها با رشد و نمو خود در سال اول، سبب تولید بانه‌های دختری می-

مزرعه موثر بر فتوسنتز جاری برگ‌ها باشد. کشت متراکم زعفران با وزن بنه بالاتر در متر مربع باعث شروع زودتر بهره‌برداری می‌شود؛ ولیکن بدیهی است که این امر فقط تحت شرایطی منطقی خواهد بود که محصول بصورت یک ساله کشت شود، زیرا در غیر اینصورت بدلیل تکثیر بنه‌ها در سال دوم و رقابت ایجاد شده و تراکم بیش از حد تأثیر منفی بر عملکرد خواهد داشت (Behdani & Fallahi, 2015). عمق کاشت مناسب، یکی از مسایل مهم و قابل بحث در زراعت زعفران می‌باشد.

عمق کاشت بهینه یکی از راه‌کارهای افزایش عملکرد زعفران در واحد سطح است (Razavian et al., 2019). قرار گیری زعفران در عمق مناسب باعث حفاظت بنه‌ها در زمستان از یخ‌زدگی و در تابستان از گرم‌زدگی می‌شود، اما کاشت عمیق‌تر از ۲۰ سانتی‌متر ممکن است در سبز شدن آن از خاک اختلال ایجاد کند (Kafi et al., 2002). در اسپانیا نیز عمق کاشت مناسب زعفران ۲۰ سانتی‌متر عنوان شده است؛ ولی در ایتالیا که زعفران بعنوان یک محصول یکساله کشت می‌شود عمق کاشت را ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیرند (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008). نتایج یک مطالعه نشان داد که عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر در سال اول نسبت به عمق کاشت‌های ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر از لحاظ عملکرد برتری داشته که این اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود (Koocheki et al., 2011b). همچنین نتایج مطالعه دیگری که به بررسی تأثیر عمق کاشت و وزن بنه بر عملکرد زعفران طی دو سال زراعی پرداخته بود نشان داد که در عمق کاشت‌های بالاتر بنه‌های با وزن بیشتر عملکرد کلاله بیشتری داشتند (Razavian et al., 2019).

در ایران زعفران عمدتاً به صورت یک گیاه چند ساله مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در این شیوه، بهره‌برداری در سالیان میانی اقتصادی‌تر بوده و در سالیان ابتدایی و انتهایی، مصرف نهاده‌ها و به خصوص نهاده ارزشمند آب به عملکرد قابل قبول

شوند که بعنوان بذر گیاه سال دوم محسوب خواهند شد و بنه‌های تولید شده جدید نیز به صورت پی‌درپی عملکرد سال‌های بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Parsapour et al., 2020). تعداد بنه دختری و رشد اولیه آن‌ها تابعی از حجم ذخایر بنه مادری بوده و حال آن که تداوم رشد بنه‌های دختری (پس از تحلیل رفتن بنه مادری) متأثر از میزان فتوسنتز جاری برگ‌ها می‌باشد (Behdani & Fallahi, 2015). بر این اساس در بنه‌های درشت‌تر، تعداد بنه دختری بیشتری آغازش یافته (Behdani & Fallahi, 2015) و در صورتیکه ظرفیت فتوسنتز جاری برگ‌ها متناسب با ضریب تکثیر بنه‌های دختری افزایش نیابد، انتظار می‌رود که وزن بنه‌های دختری کاهش یابد. حسن زاده اول و همکاران (Hassanzadeh-Aval et al., 2013) گزارش کردند که با افزایش وزن بنه مادری (از ۱/۱ تا ۳ به ۷/۱ تا ۹ گرم) تعداد بنه‌های دختری درشت تولید شده (در مقایسه با وزن بنه مادری کشت شده) بسیار کمتر بود. بر اساس نتایج این محققین، در سال اول بنه‌های مادری درشت‌تر تعداد بیشتری بنه دختری تولید کرده، ولی بنه‌های مادری ریزتر توانایی بیشتری در تولید بنه‌های دختری با وزن بالاتر داشتند. به بیان بهتر بزرگی بنه مادری عمدتاً از طریق اثر بر تعداد بنه دختری سرعت تکثیر بنه‌ها و در نتیجه عملکرد کلاله زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گل زعفران معمولاً قبل از هر اندام هوایی دیگری ظاهر می‌شود و تشکیل گل و عملکرد اقتصادی زعفران در هر سال وابسته به ذخیره مواد فتوسنتزی بنه‌ای است که در سال قبل تشکیل شده است. بر این اساس بنه مادری ذخایر مواد فتوسنتزی مازاد خود را جهت رشد رویشی برگ‌ها، تشکیل و رشد بنه‌های دختری صرف می‌کند؛ ذخایر مواد فتوسنتزی موجود در بنه‌های دختری از محل بنه مادری و مازاد مواد فتوسنتزی برگ‌ها تأمین می‌گردد (Behdani & Fallahi, 2015). بر این اساس چنین به نظر می‌رسد که وزن بنه‌های دختری و به تبع آن عملکرد زعفران تابعی پویا از وزن بنه مادری و سایر شرایط مدیریتی و محیطی

و ۱۵۰ بنه در مترمربع (معادل ۱۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۸ گرم و ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۴ گرم) در کرت اصلی و فاکتوریل عمق کاشت در دو سطح ۱۵±۲ و ۲۵±۲ سانتی‌متر از سطح خاک و وزن بنه در دو سطح ۴±۱ و ۸±۱ گرم در کرت فرعی قرار داشتند. ابعاد کرت فرعی ۲×۴ و ابعاد کرت اصلی ۴×۸ و فاصله بین کرت‌های اصلی ۰/۶ متر و بین تکرارها ۲/۵ متر منظور شد. بر این اساس مساحت زمین آزمایش ۴۰۰ مترمربع بود. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی لومی بوده و پیش از کاشت ۴۰ تن در هکتار کود پوسیده گاوی (Esmaeilian & Amiri, 2019) به زمین اضافه شد. عملیات کاشت به روش نیمه مکانیزه و در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۱۱ با استفاده از بنه‌های سورت شده ای صورت گرفت که سه روز قبل از مزرعه کنده شده بودند. در سال اول بنه‌ها قبل از کاشت با مخلوط قارچ‌کش رورال تی اس ۳ در ۱۰۰۰، کنه کش ارتوس ۲ در ۱۰۰۰، و باکتری کش نوردوکس ۲ در ۱۰۰۰ به روش اسپری ضدعفونی شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شد. آبیاری اول بلافاصله بعد از کشت و آبیاری دوم یک هفته بعد به منظور تسهیل در خروج جوانه‌های گل و برگ از خاک انجام شد. اولین آبیاری در سال دوم و سوم در اوایل آبان‌ماه و متناسب با شرایط دمایی صورت گرفت. اضافه کردن کود پوسیده گاوی به میزان ۴۰ تن در هکتار و نیز سایر مراقبت‌های زراعی مانند وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی در طول دوره رشد گیاه در همه سال‌های آزمایش انجام شد. اولین گل‌ها در سال اول تقریباً یک ماه بعد از تاریخ کاشت و در سال دوم و سوم حدوداً اواسط آبان‌ماه ظاهر شدند. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری خصوصیات گل شامل تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله از کرت‌های آزمایشی در هر سه سال آزمایش همزمان با شروع گلدهی آغاز شد و گل‌های ظاهر شده هر روز صبح بصورت غنچه جمع-آوری و شمارش گردید و سپس جهت تعیین وزن تر گل، انجام

ختم نمی‌شود (Razavian et al., 2019). کشت متراکم و سطحی بنه‌های درشت راهبرد انتخابی برخی کشورها برای حصول حداکثر عملکرد در طی یکسال و رسیدن به بیشترین بهره‌وری است (Seyyedi & Rezvani-Moghaddam, 2020) که نیازمند کشت سالیانه و هزینه‌های مترتب بر آن است. در ایران مطالعات زیادی روی اثر تراکم، عمق و وزن بنه زعفران بر عملکرد زعفران انجام شده ولیکن این مطالعات عمدتاً کوتاه مدت بوده است. این پژوهش سعی بر آن دارد تا با مطالعه واکنش وزن‌های متفاوت بنه مادری زعفران به تراکم‌ها و عمق‌های مختلف کاشت در طی چند سال، به درک عمیق‌تری از رفتار جبرانی این عوامل و ترکیب بهینه آن‌ها جهت انتخاب راهبرد مدیریت زراعی مناسب برای بهره‌برداری از مزارع زعفران و حصول حداکثر عملکرد دست یابد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۹ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات گناباد) انجام شد. شهرستان گناباد در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۱۰۵ متر می‌باشد. این شهرستان از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. در این تحقیق تیمار تراکم کاشت در چهار سطح ۶۰ بنه در مترمربع (معادل ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۸ گرم و ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۴ گرم)، ۹۰ بنه در مترمربع (معادل ۷۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۸ گرم و ۳۶۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۴ گرم)، ۱۲۰ بنه در مترمربع (معادل ۹۶۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۸ گرم و ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار برای وزن بنه ۴ گرم)

انتخاب و تعداد برگ در هر بوته به صورت جداگانه شمارش و میانگین آن‌ها بعنوان تعداد برگ در بوته گزارش گردید. میانگین طول تک برگ، مجموع طول برگ در مترمربع و مجموع طول برگ در بوته به روش زیر محاسبه شد:

میانگین طول تک برگ = تعداد برگ / مجموع طول برگ‌ها
در یک بوته

مجموع طول برگ در مترمربع = تراکم \times مجموع طول برگ
در یک بوته

داده‌ها با نرم‌افزارهای SAS Var. 9.4 و Excel 2010 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت مقایسات میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

عملیات جداسازی کاله‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. کاله‌های جدا شده به تفکیک به مدت سه روز در دمای اتاق و در سایه روی پارچه سفید خشک و سپس توزین شدند. نظر به آن که عملکرد زعفران تابعی از شرایط محیطی و مدیریتی سال قبل است، این مطالعه خصوصیات گل با هدف تکمیل بررسی پیامد تیمارهای آزمایشی به صورت سه ساله و سایر صفات به صورت دوساله بررسی گردید.

به منظور اندازه‌گیری تعداد بوته، تعداد و طول برگ در هر بوته، در پایان دوره رشد رویشی (چهارم و پنجم اسفند در هر سال) در هر کدام از کرت‌های فرعی کوادرات‌های ثابتی به مساحت 0.25 مترمربع به طور تصادفی نصب و تعداد بوته سبز شده شمارش شد. سپس در هر کوادرات سه کلون به تصادف

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (ایستگاه گناباد)

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experimental site (Gonabad station)

اسیدیته	ماده آلی	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	نیترژن کل	هدایت الکتریکی	شن	سیلت	رس
pH	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Available phosphorus (mg.kg^{-1})	Available potassium (mg.kg^{-1})	Total nitrogen (%)	EC (dS.m^{-1})	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
7.9	0.46	0.27	7.49	121	0.028	1.9	62	22	16

نتایج و بحث

تعداد گل در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم بنه مادری در هر سه سال مورد بررسی بر تعداد گل زعفران در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در مترمربع تعداد گل در متر مربع در سال اول ۱۷۴ درصد (از ۲۷ به ۷۴ گل)، در سال دوم ۱۰۰ درصد (از ۶۹ به ۱۳۸ گل در متر مربع) و در سال سوم ۱۲۸ درصد (از ۹۷ به ۲۲۲ گل در متر مربع) افزایش یافت (شکل ۱ A). گریستا و همکاران (Gresta et al., 2009) با بررسی اثر تراکم بر تعداد گل بیان کردند که با افزایش تراکم، تعداد گل در واحد

سطح نیز افزایش می‌یابد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت بنه در سال اول و دوم اجرای آزمایش، تعداد گل زعفران در واحد سطح بطور معنی‌داری افزایش یافت. این امر قابلیت استفاده از کشت-های پرتراکم بنه زعفران را بر افزایش عملکرد پر رنگ‌تر می‌سازد. ملافیلابی و شوریده (Mollafilabi & Shoorideh, 2009) نیز کاشت بنه‌های زعفران با تراکم‌های بالا را در افزایش تولید موثر دانستند. نتایج تجزیه واریانس همچنین نشان داد اثر وزن بنه بر تعداد گل زعفران در هر سه سال زراعی مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین-ها نشان داد افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم سبب افزایش ۱۳۳

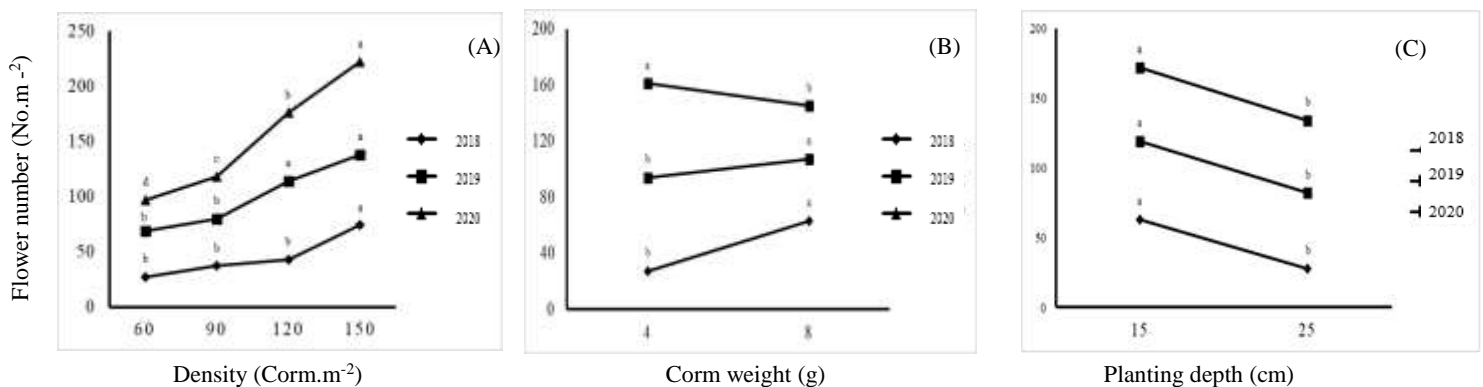
مزرعه عمق قرارگیری بنه کاهش یافته (Razavian et al., 2019) و از سوی دیگر بخش بیشتری از انرژی بنه در سال اول صرف استقرار گیاه شده و در سال‌های بعد بیشتر انرژی برای افزایش وزن زیست توده و رشد زایشی مصرف می‌شود (Koocheki et al., 2017)، لذا چنین رفتاری دور از انتظار نیست. بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تراکم بنه مادری × وزن بنه بر تعداد گل در متر مربع در سال اول و دوم در سطح پنج درصد و در سال سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثر افزایش تراکم و سن مزرعه بر افزایش تعداد گل در مترمربع در وزن بنه ۴ گرم بیشتر از ۸ گرم بود (جدول ۴). بر این اساس با افزایش توام تراکم و سن مزرعه، تعداد گل در وزن بنه ۴ و ۸ گرم به هم نزدیک شده و در نهایت تعداد گل در سال سوم کشت‌های متراکم در بنه ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی شد (جدول ۴). به بیان بهتر افزایش تراکم بخوبی قادر به جبران اثر وزن بنه مادری بر تعداد گل در واحد سطح بوده و این اثر با افزایش سن مزرعه تشدید شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تراکم بنه مادری × عمق کاشت بر تعداد گل در متر مربع در سال اول در سطح پنج درصد و در سال دوم و سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول اثر افزایش تراکم بر افزایش تعداد گل در مترمربع در عمق کاشت ۱۵ سانتی متر بیشتر از ۲۵ سانتی متر بوده (۱۹۲ در برابر ۱۴۸ درصد)، ولیکن افزایش سن مزرعه موجب کاهش این اثر شده است (جدول ۵). به این ترتیب افزایش سن مزرعه باعث کاهش مزیت کشت‌های متراکم (به ویژه در عمق کاشت بیشتر) در تولید تعداد گل بیشتر می‌گردد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل وزن بنه × عمق کاشت در سال اول در سطح یک درصد، در سال دوم در سطح پنج درصد بر تعداد گل معنی‌دار بود، در حالیکه در سال سوم اثر معنی‌داری بر تعداد گل در مترمربع نداشت (جدول ۲). بر اساس نتایج

درصدی تعداد گل در مترمربع (از ۲۷ به ۶۳ گل در متر مربع) در سال اول و افزایش ۱۳ درصدی تعداد گل در متر مربع (از ۹۴ به ۱۰۷ گل در متر مربع) در سال دوم شد، ولیکن در سال سوم باعث کاهش ۱۰ درصدی تعداد گل (۱۶۱ به ۱۴۵ گل در متر مربع) شد (شکل ۱ B). سایر مطالعات نیز موید آن است که بنه‌های با وزن کمتر (مخصوصاً در سال اول) عملکرد کمتری داشته و حال آن که عملکرد بنه‌های با وزن بیشتر از ۱۰ گرم، افزایش چشم‌گیری پیدا می‌کند (Nazarian & Sahabi, 2017). عقیده بر این است که زعفران در سال اول انرژی بیشتری را صرف استقرار و انطباق با محیط کرده و در سال‌های بعد، انرژی بیشتری را به افزایش زیست توده و رشد زایشی اختصاص می‌دهد (Koocheki et al., 2011b). بنابراین در سال اول، جوانه‌های رویشی بنه‌های درشت‌تر به دلیل ذخیره بیشتر مواد غذایی می‌توانند سریع‌تر فعال شده و تعداد گل بیشتری در سطح خاک ظاهر کنند؛ در سال دوم نیز تولید بنه‌های دختری بیشتر توسط بنه‌های مادری سنگین‌تر منجر به افزایش عملکرد در مقایسه با بنه‌های مادری با وزن کمتر می‌شود (Hassanzadeh-Aval et al., 2013). باید توجه داشت که در سال‌های بعد ممکن است به دلیل افزایش سن بنه‌ها و پیر شدن آن‌ها، بنه‌های مادری با وزن بیشتر تعداد گل کمتری در واحد سطح داشته باشند (Koocheki et al., 2011b).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر عمق کاشت بر تعداد گل زعفران در سال اول در سطح پنج درصد و در سال‌های دوم و سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، افزایش عمق کاشت سبب کاهش تعداد گل در متر مربع شد (جدول ۳)، که این نتیجه با گزارش سایر محققین همخوانی دارد (Koocheki et al., 2017)، بر این اساس اثر عمق کاشت بر کاهش تعداد گل در سال اول بیشتر از سال‌های دوم و سوم بود (به ترتیب ۵۵ درصد در مقابل ۳۱ و ۲۲ درصد) (شکل ۱ C). نظر به آن که از یک سو با افزایش سن

درشت (۸ گرمی) بر افزایش تعداد گل در متر مربع شد. بر این اساس افزایش سن مزرعه سبب شد تا مزیت استفاده از بنه‌های درشت در افزایش تعداد گل کاهش یابد، به گونه‌ای که در کشت متراکم سال سوم (بر خلاف سال اول)، اثر مثبت کاشت سطحی بنه‌های ریز (۴ گرمی) بر تعداد گل بیشتر از بنه‌های درشت بود (جدول ۷).

حاصل از مقایسه میانگین‌ها چنین به نظر می‌رسد که افزایش سن مزرعه موجب کاهش اثر متقابل وزن بنه و عمق کاشت شده است (جدول ۶). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سه‌گانه بر تعداد گل در متر مربع در هر سه سال آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که در سال اول افزایش تراکم موجب تشدید اثر مثبت کاشت سطحی بنه‌های



شکل ۱- اثر سطوح مختلف تراکم (A)، وزن (B) و عمق کاشت بنه (C) بر تعداد گل

Figure 1- The effect of different levels of density (A), corm weight (B) and planting depth (C) of corm on flower number (No. m⁻²).

بیشتر است. چنین به نظر می‌رسد که روند زمانی درصد تغییرات وزن تر گل در طی سال‌های این مطالعه ناشی از رفتار جبرانی بنه‌زایی تحت اثر افزایش تراکم بنه‌های مادری باشد. نتایج تجزیه واریانس اثر وزن بنه بر وزن تر گل در متر مربع در سال اول و دوم در سطح یک درصد و در سال سوم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و اثر عمق کاشت بر وزن تر گل در مترمربع نیز در هر سه سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، اثر افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم بر وزن تر گل با افزایش سن مزرعه روند کاهشی داشت، بطوریکه در بنه‌های ۴ و ۸ گرمی و در سال‌های اول و دوم وزن تر گل در مترمربع به ترتیب ۱۳۱ و ۱۳ درصد افزایش و در سال سوم ۸ درصد کاهش داشت (جدول ۳). بررسی نتایج سایر تحقیقات نیز حاکی از اثر مثبت وزن بنه

وزن تر گل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم بنه مادری بر وزن تر گل در مترمربع در هر سه سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مطابق انتظار در هر سه سال آزمایش با افزایش تراکم بنه مادری، وزن تر گل افزایش یافت (جدول ۳). بر این اساس افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در مترمربع باعث افزایش ۱۷۲ درصدی در سال اول (از ۱۱/۵ به ۳۱/۳ گرم در متر مربع)، ۷۳ درصدی در سال دوم (از ۳۰/۱ به ۵۲/۲ گرم در متر مربع) و ۱۳۶ درصدی در سال سوم (از ۳۷/۴ به ۸۸/۴ گرم در متر مربع) در وزن تر گل در مترمربع شد (جدول ۳). این روند کاملاً منطبق بر روند تغییرات تعداد گل در واحد سطح و در واقع ناشی از افزایش تعداد بنه دختری در واحد سطح تحت اثر تراکم‌های

درصد، تراکم \times عمق کاشت در هر سه سال مورد بررسی در سطح یک درصد و اثر سه‌گانه تراکم \times وزن بنه \times عمق کاشت فقط در سال اول و سوم در سطح پنج درصد بر وزن تر گل معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی اثر متقابل دوگانه تراکم و وزن بنه نشان داد که در هر سه سال، اثر افزایش تراکم بر وزن تر گل در وزن بنه ۴ گرم بیشتر از ۸ گرم بوده و با افزایش سن مزرعه، از شدت این اثر کاسته شد (جدول ۴). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش سن مزرعه اثر منفی افزایش عمق کاشت از ۱۵ به ۲۵ سانتی‌متر در هر یک از سطوح تراکم روند کاهشی داشت (جدول ۵). اثر متقابل وزن بنه در عمق کاشت بر وزن تر گل تنها در سال اول معنی‌دار بود و بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها اثر منفی کاشت عمیق بر وزن تر گل بنه‌های درشت‌تر کمتر بود (جدول‌های ۲ و ۶). جدول اثر متقابل تراکم \times وزن بنه \times عمق کاشت نیز نشان داد که در سال اول آزمایش در همه سطوح تراکم و عمق کاشت بنه‌های با وزن ۸ گرم وزن تر گل بیشتری داشتند؛ همچنین با افزایش سن مزرعه اثر منفی افزایش عمق کاشت در هر یک از سطوح تراکم روند کاهشی در پیش‌گرفت، به بیان دیگر افزایش سن مزرعه باعث کاهش اثر عمق کاشت بر وزن تر گل شد (جدول ۷). بر این اساس در سال اول همه سطوح تراکم و در هر دو سطح عمق کاشت، بنه‌های با وزن ۸ گرم وزن تر گل بیشتری داشتند و حال آن که در سال سوم با افزایش تراکم به ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع، بنه‌های ۴ گرمی در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متری وزن تر گل بیشتری داشتند (جدول ۷). همچنین با افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در مترمربع روند افزایشی وزن تر گل طی سال اول و سوم در هر دو سطح عمق کاشت تحت تیمار بنه‌های با وزن ۴ گرم با سرعت بیشتری نسبت به بنه‌های با وزن ۸ گرم بود، بطوریکه باعث شد در سال سوم بیشترین مقدار وزن تر گل تحت تیمار تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع، وزن بنه ۴ گرم و عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر حاصل شود (جدول ۷). بر اساس تحقیقات انجام شده

طی سال اول در میزان گلدهی زعفران و وجود همبستگی مثبت بین وزن بنه زعفران با تولید بنه‌های دختری و عملکرد گل می‌باشد (Rezvani-Moghaddam et al., 2013). در سال اول در بنه‌های بزرگتر تقسیم سلولی و بدنال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچکتر زودتر اتفاق می‌افتد، رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بهتر از شرایط محیطی و افزایش میزان فتوسنتزی ساخته شده را بدنال دارد و در نهایت موجب ایجاد بنه‌های بزرگ‌تر و افزایش عملکرد گل در سال دوم می‌شود (Molina et al., 2005). وزن بنه از دیدگاه اقتصادی هم دارای اهمیت است زیرا بنه‌های کوچک‌تر معمولاً در سال اول گل نمی‌دهند و کاشت آن‌ها تحت تراکم‌های کمتر ارزش اقتصادی ندارد (Nazarian & Sahabi, 2017). ارتباط مستقیم بین وزن بنه با عملکرد گل زعفران توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Kumar et al., 2009).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر عمق کاشت بر وزن تر گل معنی‌دار بوده و افزایش عمق کاشت سبب کاهش وزن تر گل می‌شود (جدول‌های ۲ و ۳). بر این اساس افزایش سن مزرعه موجب کاهش اثر منفی عمق کاشت بر وزن تر گل می‌گردد، چنان که با افزایش عمق کاشت از ۱۵ به ۲۵ سانتی-متر وزن تر گل در سال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۵۲، ۳۳ و ۲۶ درصد کاهش یافت (جدول ۳). چنین بنظر می‌رسد که با افزایش عمق کاشت در سال اول به دلیل به هم‌خوردگی خاک و مقاومت فیزیکی بیشتر آن، برای رسیدن جوانه گل و برگ به سطح خاک انرژی بیشتری صرف شده و به تبع آن، تعداد جوانه گل گیاه کاهش می‌یابد، در حالی که طی سال دوم با تشکیل بنه‌های دختری بر روی بنه‌های مادری فاصله جوانه گل و برگ تا سطح خاک کمتر شده و در نتیجه اثر عمق کاشت بر کاهش صفات گل زعفران کمتر می‌شود (Koocheki et al., 2015). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تراکم \times وزن بنه در سال اول و سوم در سطح یک درصد و در سال دوم در سطح پنج

فراهم گردد (Mollafilabi et al., 2014). در همین راستا گریستا و همکاران (Gresta et al., 2009) اظهار داشتند که میزان بنه مورد نیاز و تراکم مطلوب بسته به هدف از کشت زعفران (بعنوان یک گیاه یکساله یا چندساله) متفاوت است.

وزن خشک کلاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم، وزن بنه و عمق کاشت بر وزن خشک کلاله در هر سه سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر سه سال آزمایش بیشترین وزن خشک کلاله تحت تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع حاصل شده و با افزایش سن مزرعه، وزن خشک کلاله در تراکم‌های ۶۰ و ۹۰ بنه در متر مربع با سرعت بیشتری نسبت تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع افزایش یافت، هر چند مقدار عددی وزن خشک کلاله در این دو تراکم (۶۰ و ۹۰ بنه در متر مربع) کمتر بود (شکل ۲ A).

تعیین تراکم، وزن بنه و عمق کاشت مطلوب بنه‌های مادری جهت کاشت از جمله عوامل موثر در تعیین عملکرد گل می‌باشد که می‌تواند رفتار بنه‌های زعفران را به طور چشمگیری تحت تأثیر قرار دهد (Koocheki et al., 2011a). معلم بنه‌نگی و همکاران (Moallem-banhangi et al., 2019) و گریستا و همکاران (Gresta et al., 2009) گزارش دادند با افزایش تراکم تحت سطوح کمتر عمق کاشت تعداد و وزن گل بهبود یافت. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2013) نیز با بررسی اثر تراکم کاشت بر عملکرد گل زعفران اعلام کردند که به منظور جبران کاهش عملکرد زعفران به ویژه در سال‌های اولیه بهتر است از تراکم‌های بالا به جای تراکم‌های پایین استفاده شود. تراکم کاشت تأثیر بسزایی در تولید سال اول دارد و بنابر مشاهدات انجام شده کاشت پر تراکم زعفران باعث می‌شود که امکان بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران زودتر

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم، وزن و عمق کاشت بنه بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران
Table 2- Analysis of variance (mean square) for the effect of density, corm weight and planting depth of corm on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر گل Flower fresh weight			تعداد بوته سبز شده Number of plant		تعداد برگ در بوته Leaf number per plant		میانگین طول تک برگ Average length of a leaf	
		2018	2019	2020	2018	2019	2018	2019	2018	2019
سال انجام آزمایش Years of experiment										
Block بلوک	2	39.6 ^{n.s}	45.7 ^{n.s}	104.4 ^{n.s}	1472.3 [*]	1247.6 ^{n.s}	0.9 ^{n.s}	5.4 ^{**}	84.8 ^{**}	124.6 [*]
Density (A) تراکم	3	866.6 ^{**}	1179.8 ^{**}	6138.5 ^{**}	38.9 ^{**}	140345.5 ^{**}	23.2 ^{**}	37.1 ^{**}	117.9 ^{**}	259.5 ^{**}
Error a (Ea) خطای الف	6	28.2	63.9	42.6	387.6	2955.7	0.5	3.1	8.5	22.7
Corm weight (B) وزن بنه	1	2914.7 ^{**}	290.5 ^{**}	362.7 [*]	6768.7 ^{**}	11812.6 ^{**}	17.6 ^{**}	6.7 [*]	119.7 ^{**}	296.4 ^{**}
Planting depth (C) عمق کاشت	1	2281.4 ^{**}	3040.8 ^{**}	4040.4 ^{**}	816.7 ^{n.s}	43621 ^{**}	8 ^{**}	17.9 ^{**}	187.2 ^{**}	125.9 [*]
A×B تراکم×وزن بنه	1	140.3 ^{**}	86.3 [*]	697.2 ^{**}	92.3 ^{n.s}	1385.5 ^{n.s}	1.2 [*]	28.5 [*]	25.8 [*]	24.8 ^{n.s}
A×C تراکم×عمق کاشت	3	327.3 ^{**}	481.2 ^{**}	1321.8 ^{**}	121.6 ^{n.s}	16035.8 ^{**}	0.6 ^{n.s}	0.6 ^{n.s}	0.6 ^{n.s}	56.6 ^{n.s}
B×C وزن بنه×عمق کاشت	1	234.9 ^{**}	33.5 ^{n.s}	2 ^{n.s}	44 ^{n.s}	1989.1 ^{n.s}	0.2 ^{n.s}	1.3 ^{n.s}	9 ^{n.s}	10.6 ^{n.s}
A×B×C تراکم×وزن بنه×عمق کاشت	3	86.4 [*]	56.9 ^{n.s}	185 [*]	200 ^{n.s}	4264 [*]	0.5 ^{n.s}	2.9 [*]	1.6 ^{n.s}	18.8 ^{n.s}
Error b (Eb) خطای ب	24	24.5	30	65.2	356	1324.6	0.4	1.1	8.6	28.3

ns, * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, * and **: represent non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

جدول ۲ (ادامه) - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم، وزن و عمق کاشت بنه بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران
 Table 2 (Continued)- Analysis of variance (mean square) for the effect of density, corm weight and planting depth of corm on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	مجموع طول برگ در بوته Total leaf length per plant		مجموع طول برگ در متر مربع Total leaf length in m ²	
		2018	2019	2018	2019
سال انجام آزمایش Years of experiment					
بلوک Block	2	4685.2 **	3594.8 n.s	70972590.1 **	57391143 n.s
تراکم (A) Density	3	7792.3 **	17387.8 **	7931844.3 n.s	1071497159 **
خطای الف Error a (Ea)	6	1080.2	7580.5	8757534.9	79621290
وزن بنه (B) Corm weight	1	32347.7 **	58318.2 **	480056874.1 **	190772082 **
عمق کاشت (C) Planting depth	1	20502.5 **	42179.2 **	150594509 **	452145693 **
تراکم×وزن بنه A×B	1	2726.9 **	48499 **	10213672.2 n.s	275763572 **
تراکم×عمق کاشت A×C	3	611.2 n.s	225.1 n.s	4485958.9 n.s	13115293 n.s
وزن بنه×عمق کاشت B×C	1	352.4 n.s	796.3 n.s	4048966 n.s	893476 n.s
تراکم×وزن بنه×عمق کاشت A×B×C	3	372.5 n.s	5521.5 n.s	10333706.5 n.s	44713101 n.s
خطای ب Error b (Eb)	24	477.3	1945.7	7703789	23467168

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
 ns, * and **: represent non-significant and significant at 5% and 1% level, respectively.

درصد بهبود داد. بنابراین بنظر می‌رسد با افزایش تراکم بنه در حد مطلوب علاوه بر استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی و استقرار مطلوب‌تر در سال اول که می‌تواند بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد گل و کلاله را بدنبال داشته باشد، بتوان باعث تسریع در شروع دوره بهره‌برداری از مزرعه زعفران شد (Koocheki et al., 2011b). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سال اول و دوم، افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم به ترتیب موجب افزایش ۱۳۸ و ۱۵ درصدی وزن خشک کلاله شد. این در حالی است که در سال سوم، عملکرد کلاله بنه‌های مادری ۸ گرمی در سال سوم کمتر از بنه‌های ۴ گرمی بود (شکل ۲ B). با افزایش سن مزرعه، سرعت افزایش وزن خشک کلاله در بنه‌های ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی بود (جدول ۳). بررسی جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر سه سال مورد بررسی وزن خشک کلاله در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر بیشتر از ۲۵ سانتی‌متر بود (شکل ۲ C). بر این اساس با افزایش سن مزرعه از اثر عمق

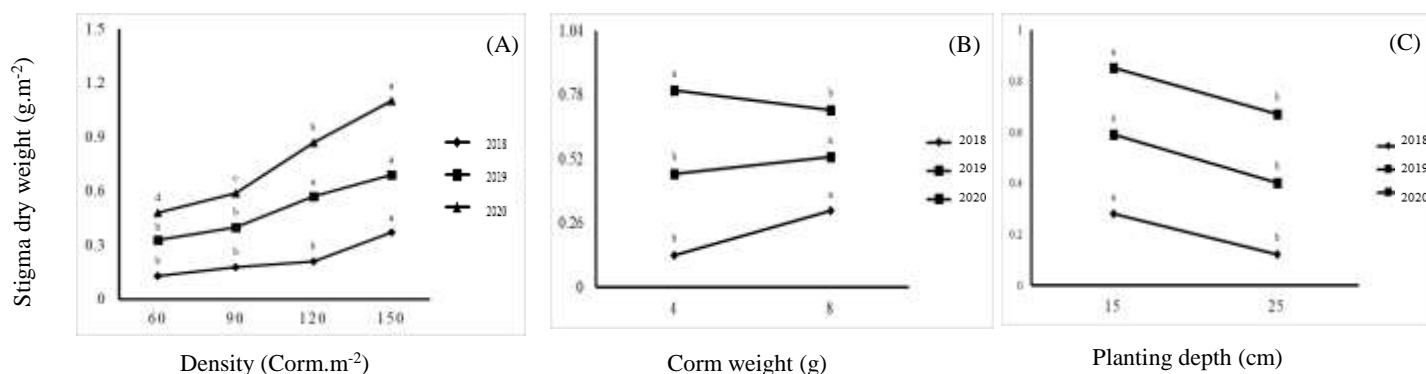
ولی با افزایش سن مزرعه اثر اصلی افزایش تراکم بر وزن خشک کلاله کاهش یافت، بطوریکه در سال اول افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در متر مربع باعث افزایش ۱۸۴ درصدی (از ۰/۱۳ به ۰/۳۷ گرم در متر مربع) و در سال سوم باعث افزایش ۱۲۹ درصدی (از ۰/۴۸ به ۱/۱۰ گرم در متر مربع) در وزن خشک کلاله شده است (شکل ۲ A). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011a) نیز با مقایسه تراکم‌های ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ تن بنه در هکتار نشان دادند که در سال اول تراکم ۸ تن بنه در هکتار بیشترین میزان وزن خشک کلاله را به خود اختصاص داد و از سال دوم به بعد، تراکم‌های بالاتر از ۸ تن در هکتار به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای فضا و جذب منابع موجب کاهش عملکرد کلاله می‌شود. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani-Moghaddam et al., 2013) نیز گزارش کردند که افزایش تعداد بنه از ۵ به ۱۰ بنه در طول ۴۰ سانتی‌متر، وزن کلاله را در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۱۰ و ۱۲

اساس نتایج حاصل از این مطالعه در هر سه سال آزمایش، اثر افزایش تراکم بر بهبود وزن خشک کلاله در عمق کاشت کم (۱۵ سانتی‌متر) بیشتر بوده و با افزایش سن مزرعه این اثر تشدید می‌شود (جدول ۵). جدول نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل وزن بنه \times عمق کاشت در سال اول در سطح یک درصد، سال دوم در سطح پنج درصد بر وزن خشک کلاله معنی‌دار بود، در حالیکه در سال سوم اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بررسی جدول ۶ نشان داد که در دو سال اول آزمایش در هر دو سطح وزن بنه، وزن خشک کلاله در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر بیشتر بود؛ همچنین با افزایش سن مزرعه در هر دو سطح وزن بنه مادری، اثر افزایش عمق کاشت روند کاهش داشت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تراکم \times وزن بنه \times عمق کاشت در سال اول و دوم در سطح پنج درصد و در سال سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که در سال اول و دوم تحت همه سطوح تراکم، بنه‌های با وزن ۸ گرم نسبت به بنه‌های با وزن ۴ گرم وزن خشک کلاله بیشتری در هر دو سطح عمق کاشت تولید کردند، البته روند افزایشی وزن خشک کلاله در همه سطوح تراکم و هر دو وزن انتخابی بنه در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر بیشتر بود و با افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در متر مربع تحت عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر، اثر تغییر وزن بنه از ۴ به ۸ گرم بر وزن خشک کلاله کمتر شد (۲۲۵ درصد در مقابل ۱۴۶ درصد در سال اول و ۳۶ درصد در مقابل ۳ درصد سال دوم)؛ در حالیکه در سال سوم در تراکم ۶۰ بنه در متر مربع، بنه‌های با وزن ۸ گرم نسبت به بنه‌های با وزن ۴ گرم وزن خشک کلاله بیشتری در هر دو سطح عمق کاشت تولید کردند، ولی در تراکم ۹۰ بنه در متر مربع تحت عمق کاشت ۲۵ سانتی‌متر بنه‌های با وزن ۴ گرم وزن خشک کلاله بیشتری نسبت به بنه‌های با وزن ۸ گرم داشت که البته اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (۰/۶۲ در برابر ۰/۵۴ گرم در متر مربع). در تراکم ۱۲۰ و ۱۵۰

کاشت بر کاهش عملکرد کلاله کاسته شد (شکل ۲ C). عقیده بر این است که با توجه به دوره طولانی بهره‌برداری از مزارع زعفران در ایران، عمق کاشت باید به اندازه‌ای انتخاب شود که قبل از اتمام دوره بهره‌برداری، بنه‌های جدید در عمق سطحی خاک تشکیل نشوند و به این صورت طول دوره بهره‌برداری مفید افزایش یابد (Rezvani-Moghaddam et al., 2013). در این راستا نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008) با توجه به مزایای کشت عمیق در رابطه با کاهش اثر یخبندان زمستانه و درجه حرارت بالای تابستان و افزایش دوره بهره‌برداری از زعفران‌زارها، کشت با عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری از سطح زمین را توصیه کردند. با افزایش عمق کاشت از حد مطلوب، گیاه برای رسیدن جوانه گل و برگ به سطح خاک، باید انرژی بیشتری مصرف کند و مطابق آن تعداد جوانه‌های گل در گیاه کاهش می‌یابد، لذا عمق کاشت کمتر در سال‌های اول بیشترین کارایی را در افزایش عملکرد زعفران داشت (Koocheki et al., 2011b) که این نتیجه با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تراکم \times وزن بنه در سال اول و دوم آزمایش در سطح پنج درصد و در سال سوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی جدول ۴ نشان می‌دهد که در هر سه سال آزمایش، اثر افزایش تراکم بر افزایش وزن خشک کلاله در بنه‌های ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی بود. به بیان بهتر سرعت افزایش عملکرد کلاله در بنه‌های ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی بوده است. نکته در خور توجه آن است که با افزایش سن مزرعه و در تمام سطوح تراکمی، سرعت افزایش عملکرد کلاله بنه‌های ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی بوده و لذا در پایان سال سوم، عملکرد کلاله بنه‌های ۴ گرمی معادل (در تراکم‌های پایین‌تر) و یا بیشتر (در تراکم‌های بالاتر) از بنه‌های ۸ گرمی بود (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تراکم \times عمق کاشت در هر سه سال آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر

بیشترین مقادیر وزن خشک کلاله به ترتیب در تیمارهای تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع، وزن بنه ۴ گرم و عمق کاشت ۱۵ سانتی-متر (۱/۵۷ گرم در متر مربع)، تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع، وزن بنه ۸ گرم و عمق کاشت ۱۵ سانتی-متر (۱/۱۴ گرم در متر مربع) و تیمار تراکم ۱۲۰ بنه در متر مربع، وزن بنه ۴ گرم و عمق کاشت ۱۵ سانتی-متر (۱/۰۶ گرم در متر مربع) بدست آمد (جدول ۷).

بنه در متر مربع در هر دو سطح عمق کاشت بنه‌های با وزن ۴ گرم وزن خشک کلاله بیشتری نسبت به بنه‌های با وزن ۸ گرم داشتند. همچنین در سال اول و سوم اثر افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در متر مربع بر وزن خشک کلاله تحت عمق کاشت ۱۵ سانتی-متر در بنه‌های با وزن ۴ گرم نسبت به بنه‌های با وزن ۸ گرم بیشتر بود (جدول ۷). بر اساس نتایج جدول اثر متقابل در سال سوم تحت تراکم‌های بالاتر و عمق کاشت ۱۵ سانتی-متر اثر تراکم بر وزن خشک کلاله بیشتر از اثر وزن بنه بود، بطوریکه



شکل ۲- اثر سطوح مختلف تراکم (A)، وزن (B) و عمق کاشت بنه (C) بر وزن خشک کلاله

Figure 2- The effect of different levels of density (A), corm weight (B) and planting depth (C) of corm on stigma dry weight (g.m⁻²).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تراکم، وزن و عمق کاشت بنه بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 3- Means comparison of density, corm weight and planting depth of corm on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

سال انجام آزمایش Years of experiment	تعداد گل Flower number (No.m ²)			وزن تر گل Flower fresh weight (g.m ²)			وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
تراکم Density (corm.m ⁻²)									
60	27 ^b	69 ^b	97 ^d	11.5 ^c	30.1 ^c	37.4 ^d	0.13 ^b	0.33 ^b	0.48 ^d
90	37 ^b	80 ^b	118 ^c	16 ^{bc}	34.3 ^c	48.1 ^c	0.18 ^b	0.40 ^b	0.59 ^c
120	43 ^b	114 ^a	176 ^b	19.9 ^b	44 ^b	68.8 ^b	0.21 ^b	0.57 ^a	0.87 ^b
150	74 ^a	138 ^a	222 ^a	31.3 ^a	52.2 ^a	88.4 ^a	0.37 ^a	0.69 ^a	1.10 ^a
وزن بنه Corm weight (g)									
4	27 ^b	94 ^b	161 ^a	11.9 ^b	37.7 ^b	63.4 ^a	0.13 ^b	0.46 ^b	0.80 ^a
8	63 ^a	107 ^a	145 ^b	27.5 ^a	42.6 ^a	57.9 ^b	0.31 ^a	0.53 ^a	0.72 ^b
عمق کاشت Planting density (cm)									
15	63 ^a	119 ^a	172 ^a	26.6 ^a	48.1 ^a	69.8 ^a	0.28 ^a	0.59 ^a	0.85 ^a
25	28 ^b	82 ^b	134 ^b	12.8 ^b	32.2 ^a	51.5 ^b	0.12 ^b	0.40 ^b	0.67 ^b

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ۳ (ادامه) - مقایسه میانگین اثر تراکم، وزن و عمق کاشت بنه بر برخی خصوصیات رویشی و زایشی زعفران
 Table 3 (Continued)- Means comparison of density, corm weight and planting depth of corm on some of vegetative and reproductive criteria of saffron

سال انجام آزمایش Years of experiment	تعداد بوته سبزیز شده Number of plants (Plant.m ⁻²)		تعداد برگ در بوته Leaf number per plant		میانگین طول تک برگ Average length of a leaf (cm)		مجموع طول برگ در بوته Total leaf length per plant (cm)		مجموع طول برگ در مترمربع Total leaf length in m ² (cm)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
تراکم Density (corm.m ⁻²)										
60	47 ^c	114 ^c	6.4 ^a	10.2 ^a	24.3 ^c	35.8 ^b	159.4 ^a	372.3 ^a	7881 ^a	22340 ^b
90	59 ^{bc}	223 ^b	5.5 ^b	8.1 ^b	27.3 ^b	36.2 ^b	154.8 ^{ab}	299.0 ^b	9663 ^a	26914 ^b
120	72 ^{ab}	253 ^b	4.1 ^c	7.5 ^{bc}	29.6 ^{ab}	41.4 ^a	123.1 ^{bc}	311.6 ^b	9269 ^a	37403 ^a
150	89 ^a	377 ^a	3.3 ^d	5.9 ^c	31.6 ^a	45.6 ^a	106.3 ^c	286.4 ^b	9493 ^a	42962 ^a
وزن بنه Corm weight (g)										
4	55 ^b	226 ^b	4.2 ^b	7.6 ^b	26.6 ^b	37.2 ^b	109.9 ^b	282.5 ^b	5914.2 ^b	30411 ^b
8	79 ^a	258 ^a	5.4 ^a	8.3 ^a	29.8 ^a	42.2 ^a	161.8 ^a	352.2 ^a	12239.2 ^a	34398 ^a
عمق کاشت Planting density (cm)										
15	71 ^a	272 ^a	5.2 ^a	8.5 ^a	30.2 ^a	41.4 ^a	156.5 ^a	347 ^a	10848 ^a	35474 ^a
25	63 ^a	212 ^b	4.4 ^b	7.3 ^b	26.2 ^b	38.1 ^b	115.2 ^b	287.7 ^b	7305.4 ^b	29335 ^b

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

تعداد بوته سبزیز شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال مورد بررسی اثر تراکم و وزن بنه مادری بر تعداد بوته سبزیز شده در مترمربع در سطح یک درصد معنی‌دار بود، در حالیکه اثر عمق کاشت فقط در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). جدول نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال مورد بررسی با افزایش تراکم، تعداد بوته سبزیز شده در مترمربع بیشتر شد که این اثر افزایشی در سال دوم نسبت به سال اول محسوس‌تر بود (جدول ۳). بر این اساس بنه‌های با وزن ۸ گرم نیز تعداد بوته سبزیز شده بیشتری نسبت به بنه‌های با وزن ۴ گرم داشتند، هرچند که با افزایش سن مزرعه اثر وزن بنه بر تعداد بوته سبزیز شده کاهش یافت (جدول ۳). بررسی اثر عمق

کاشت نیز نشان داد که افزایش عمق کاشت سبب کاهش تعداد بوته سبزیز شده شد که این کاهش در سال دوم معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد فقط در سال دوم اثر متقابل تراکم × عمق کاشت و تراکم × وزن بنه × عمق کاشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر این اساس اثر افزایش تراکم بر افزایش تعداد بوته سبزیز شده در کاشت سطحی بیشتر از کاشت عمقی بود (جدول ۵). مردانی‌اصل و همکاران (Mardani-Asl et al., 2018) نیز نشان دادند درصد سبزیز شدن تابع تراکم و اندازه بنه است و با افزایش تراکم کاشت تعداد بوته سبزیز شده روند افزایشی در پیش گرفت. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه نشان داد استفاده از بنه‌های بزرگتر موجب کاهش اثر متقابل تراکم × عمق کاشت

شد، بطوریکه تعداد بوته سبز شده در تراکم ۱۲۰ بانه در متر مربع و عمق کاشت ۱۵ سانتی متر در بانه‌های با وزن ۴ گرم بیشتر (اما غیر معنی‌دار) بود. در تراکم ۱۵۰ بانه در مترمربع و عمق کاشت ۱۵ سانتی متر نیز تعداد بوته سبز شده بانه‌های با وزن ۴ و ۸ گرم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷).

جدول ۴- اثر متقابل تراکم و وزن بانه بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 4- Means comparison of interaction effect of density and corm weight on quantitative and reproductive characteristic of saffron

تراکم Density (corm.m ⁻²)	وزن بانه Corm weight (g)	تعداد گل Flower number (No.m ²)			وزن تر گل Flower fresh weight (g.m ⁻²)			وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)		
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
سال انجام آزمایش Years of experiment										
60	4	12.1 ^d	63 ^d	94.5 ^d	4.4 ^f	28.3 ^c	37 ^d	0.06 ^d	0.29 ^d	0.47 ^d
	8	40.8 ^c	74.8 ^d	99.7 ^d	18.5 ^{cd}	32 ^c	37.9 ^d	0.20 ^c	0.37 ^d	0.49 ^d
90	4	24.9 ^d	64.8 ^d	111.1 ^{cd}	10.3 ^e	28.3 ^c	43.7 ^{cd}	0.12 ^d	0.32 ^d	0.55 ^{cd}
	8	49.8 ^{bc}	96.1 ^c	125.2 ^c	21.5 ^{bc}	40.2 ^b	52.4 ^c	0.24 ^{bc}	0.48 ^c	0.62 ^c
120	4	24.8 ^d	109 ^{bc}	184.2 ^b	14.2 ^{de}	41.5 ^b	71.2 ^b	0.12 ^d	0.54 ^{bc}	0.92 ^b
	8	60.1 ^b	119.3 ^b	167.5 ^b	25.5 ^b	46.6 ^{ab}	66.3 ^b	0.30 ^b	0.59 ^b	0.83 ^b
150	4	46.6 ^{bc}	139.5 ^a	254.8 ^a	18.5 ^{cd}	52.7 ^a	101.8 ^a	0.23 ^{bc}	0.69 ^a	1.27 ^a
	8	102.1 ^a	136.8 ^a	189.6 ^b	44.1 ^a	51.7 ^a	75.1 ^b	0.51 ^a	0.68 ^a	0.94 ^b

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ۴ (ادامه)- اثر متقابل تراکم و وزن بانه بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 4 (Continued)- Means comparison of interaction effect of density and corm weight on quantitative and reproductive characteristic of saffron

تراکم Density (corm.m ⁻²)	وزن بانه Corm weight (g)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant		میانگین طول تک برگ Average length of a leaf (cm)	مجموع طول برگ در بوته Total leaf length per plant (cm)		مجموع طول برگ در مترمربع Total leaf length in m ² (cm)
		2018	2019	2018	2018	2019	2019
سال انجام آزمایش Years of experiment							
60	4	5.7 ^b	7.9 ^{bcd}	21.2 ^d	124.6 ^{bc}	259.1 ^{de}	15551 ^d
	8	a ⁷	12.4 ^a	27.3 ^{bc}	194.2 ^a	485.4 ^a	29128 ^b
90	4	4.6 ^c	7.2 ^{cd}	24.9 ^c	116 ^{cd}	240.1 ^e	21615 ^c
	8	6.4 ^{ab}	9.1 ^b	29.8 ^{ab}	193.5 ^a	357.9 ^b	32214 ^b
120	4	3.4 ^d	8.2 ^{bc}	28.6 ^{ab}	97.8 ^d	337.5 ^{bc}	40509 ^a
	8	4.8 ^c	6.8 ^d	30.5 ^{ab}	148.3 ^b	285.7 ^{cde}	34296 ^b
150	4	3.15 ^d	6.9 ^d	31.7 ^a	101.3 ^{cd}	293.1 ^{cd}	43969 ^a
	8	3.4 ^d	4.9 ^e	31.4 ^a	111.3 ^{cd}	279.6 ^{de}	41955 ^a

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

تعداد برگ در بوته

افزایش تراکم بانه مادری از ۶۰ به ۱۵۰ بانه در مترمربع موجب کاهش تعداد برگ در بوته به میزان ۴۸ درصد (۶/۴) در مقابل ۳/۳ برگ در بوته) در سال اول و ۴۲ درصد (۱۰/۲) در مقابل ۵/۹ برگ در بوته) در سال دوم شد (جدول ۲). چنین بنظر می‌رسد که افزایش تراکم کاشت از طریق کاهش منابع قابل دسترس برای هر گیاه باعث کاهش تعداد برگ در بانه شده است (Rostami &

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای مختلف تراکم بانه مادری و عمق کاشت در هر دو سال مورد بررسی بر تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر وزن بانه در سال اول در سطح یک درصد و در سال دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد

متقابل سه گانه در سال دوم در سطوح تراکم ۶۰ و ۹۰ بنه در متر مربع، بنه‌های با وزن ۸ گرم نسبت به بنه‌های با وزن ۴ گرم تعداد برگ در بوته بیشتری در هر دو سطح عمق کاشت تولید کردند، ولی در سطوح تراکم بالاتر (۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع) بنه‌های با وزن ۴ گرم در هر دو سطح عمق کاشت تعداد برگ در بوته بیشتری داشتند (جدول ۷). بر این اساس چنین به نظر می‌رسد که افزایش عمق کاشت موجب کاهش اثر متقابل تراکم × وزن بنه شده و با افزایش تراکم تعداد برگ تحت عمق کاشت ۲۵ سانتی‌متر در بنه‌های ۸ گرمی روند کاهشی کمتری نسبت به عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر داشت؛ این اثر در ارتباط با تأثیر افزایشی عمق کاشت بر کاهش تعداد بوته سبز شده و به تبع آن کاهش رقابت بین بوته‌ای قابل توجیه است (جدول ۷).

میانگین طول تک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم کاشت بر میانگین طول تک برگ در پایان دوره رشد برگ طی هر دو سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

(Mohammadi, 2013). معلم بنه‌نگی و همکاران (Moallem- banhang et al., 2019) نیز گزارش کردند که تراکم زیاد بنه‌های زعفران و تجمع آن در یک منطقه از مزرعه می‌تواند باعث ایجاد رقابت شدید برای عناصر غذایی و کاهش فضای مناسب برای رشد گردد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در هر دو سال نمونه برداری افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم سبب افزایش تعداد برگ در بوته و افزایش عمق کاشت از ۱۵ به ۲۵ سانتی‌متر موجب کاهش تعداد برگ در بوته شد (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال مورد بررسی اثر متقابل تراکم × وزن بنه بر تعداد برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود؛ در حالیکه اثر متقابل تراکم × عمق کاشت و وزن بنه × عمق کاشت بر تعداد برگ در هر دو سال مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲). بر این اساس در هر دو سال مورد بررسی، با افزایش تراکم از شدت اثر مثبت وزن بنه بر افزایش تعداد برگ در بوته کاسته شد (جدول ۴)، که این اثر در رابطه با تشدید رقابت قابل توجیه است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تراکم × وزن بنه × عمق کاشت بر تعداد برگ در بوته در سال دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس جدول اثر

جدول ۵- اثر متقابل تراکم و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 5- Means comparison of interaction effect of density and planting depth on quantitative and reproductive characteristic of saffron

تراکم Density (corm.m ⁻²)	عمق کاشت Planting depth (cm)	تعداد گل Flower number (No.m ⁻²)			وزن تر گل Flower fresh weight (g.m ⁻²)			وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)			تعداد بوته سبز شده Number of plant (Plant.m ⁻²)
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2019
سال انجام آزمایش Years of experiment											
60	15	35.2 cd	73.8 de	102.1 de	13 de	32.3 def	39.9 de	0.17 cd	0.35 e	0.51 de	135 d
	25	17.7 e	64 e	92.1 e	9.9 e	27.9 f	34.9 e	0.08 e	0.31 e	0.46 e	93.8 d
90	15	49.1 bc	88.5 cd	119.3 d	21.4 bc	39.6 c	49.5 d	0.24 bc	0.44 cd	0.59 d	232.5 c
	25	25.7 de	72.5 de	117.1 de	10.4 e	29 ef	46.6 d	0.12 de	0.36 de	0.58 d	214.6 c
120	15	60.8 b	131.1 b	194.6 b	26.4 b	51.5 b	77.4 b	0.30 b	0.65 b	0.97 b	283.6 b
	25	24.1 de	97.1 c	157.1 c	13.4 de	36.6 cd	60.1 c	0.12 de	0.48 c	0.78 c	223.3 c
150	15	104.8 a	182.6 a	273.3 a	45.3 a	69.1 a	112.6 a	0.52 a	0.91 a	1.35 a	456.3 a
	25	43.9 c	93.6 c	171.1 bc	17.2 cd	35.3 cde	64.2 c	0.21 c	0.46 c	0.85 c	298.5 b

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ۶- اثر متقابل وزن بنه و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 6- Means comparison of interaction effect of corm weight and plant depth on quantitative and reproductive characteristic of saffron

وزن پیاز Corm weight (g)	عمق کاشت Plant depth (cm)	تعداد گل Flower number (No.m ²)		وزن تر گل Flower fresh weight (g.m ⁻²)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)	
		2018	2019		2018	2018
سال انجام آزمایش Years of experiment						
4	15	36.5 ^b	108.5 ^b	16.5 ^b	0.18 ^b	0.53 ^b
	25	17.7 ^c	79.5 ^c	7.2 ^c	0.08 ^c	0.39 ^c
8	15	88.4 ^a	129.5 ^a	36.5 ^a	0.44 ^a	0.64 ^a
	25	38 ^b	84.1 ^c	18.3 ^b	0.19 ^b	0.42 ^c

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

کمتر بود (جدول ۴) که این اثر در ارتباط با نقش افزایش وزن بنه در کاهش رقابت درون بوته‌ای قابل توجیه است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر عمق کاشت بر میانگین طول تک برگ در پایان دوره رشد برگ در سال اول در سطح یک درصد و در سال دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در هر دو سال نمونه برداری با افزایش عمق کاشت میانگین طول تک برگ در پایان دوره رشد برگ کاهش یافت (جدول ۳). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تراکم × عمق کاشت، وزن بنه × عمق کاشت و تراکم × وزن بنه × عمق کاشت در هر دو سال بر میانگین طول تک برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲).

مجموع طول برگ در بوته

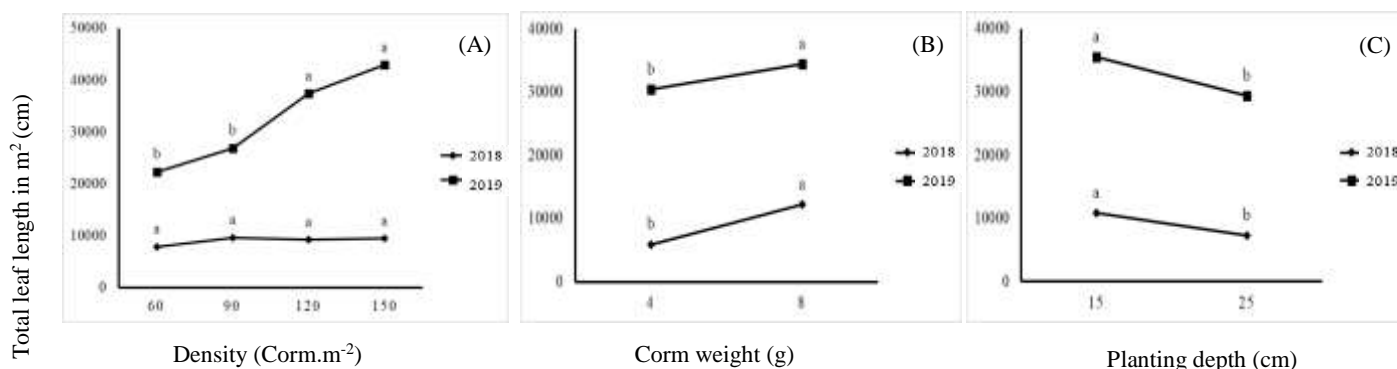
نتایج تجزیه واریانس نشان داد در هر دو سال اثر تراکم بنه مادری، وزن بنه و عمق کاشت بر مجموع طول برگ در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها با افزایش تراکم مجموع طول برگ در بوته کاهش یافت (جدول ۳). مجموع طول برگ در بوته تابعی از برابری اثر تعداد برگ و میانگین طول برگ در بوته است. محاسبه مجموع طول برگ در بوته در پایان فصل رشد برگ‌ها نشان داد با افزایش تراکم از ۶۰ به ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در مترمربع، مجموع

بر این اساس بیشترین میانگین طول تک برگ (۳۱/۶ سانتی‌متر در سال اول و ۴۵/۶ در سال دوم) در تراکم ۱۵۰ بنه در مترمربع مشاهده شد که ۳۰ درصد در سال اول و ۲۷ درصد در سال دوم نسبت به تراکم ۶۰ بنه در مترمربع افزایش داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در شرایط کاشت پر تراکم به دلیل گلدهی زودتر و ظهور سریعتر برگ‌ها امکان استفاده از شرایط دمایی و نوری مطلوب برای رشد برگ‌های گیاه فراهم شده است، علاوه بر این ممکن است وجود تعداد بیشتر برگ در واحد سطح باعث شده باشد که برگ‌های زعفران برای جذب نور بیشتر رشد طولی بیشتری داشته باشند (Rostami & Mohammadi, 2013). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر وزن بنه بر میانگین طول تک برگ در پایان دوره رشد برگ طی هر دو سال مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر اصلی نشان داد بیشترین میانگین طول تک برگ (۲۹/۸ سانتی‌متر در سال اول و ۴۴/۲ سانتی‌متر در سال دوم) در بنه‌های با وزن ۸ گرم مشاهده شد (جدول ۳). اثر متقابل تراکم × وزن بنه بر میانگین طول تک برگ در پایان دوره رشد برگ فقط در سال اول آزمایش در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر این اساس اثر افزایش تراکم بر افزایش میانگین طول تک برگ در بنه‌های درشت

مجموع طول برگ در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تراکم کاشت بر مجموع طول برگ در مترمربع در پایان دوره رشد برگ در سال اول معنی‌دار نبود، در حالیکه در سال دوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در سال دوم، بیشترین مجموع طول برگ در مترمربع در تراکم ۱۵۰ بنه در مترمربع مشاهده شد (شکل ۳ A). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر وزن بنه بر مجموع طول برگ در مترمربع در پایان دوره رشد برگ در هر دو سال زراعی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر اصلی وزن بنه نشان داد مجموع طول برگ در مترمربع با افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم، ۱۰۶ درصد در سال اول و ۱۳ درصد در سال دوم افزایش یافت (شکل ۳ B). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر عمق کاشت بر مجموع طول برگ در مترمربع در پایان دوره رشد برگ در هر دو سال نمونه برداری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها با افزایش عمق کاشت، مجموع طول برگ در مترمربع در هر دو سال مورد بررسی کاهش یافت (شکل ۳ C). نتایج تجزیه واریانس نشان داد فقط در سال دوم اثر متقابل تراکم \times وزن بنه بر مجموع طول برگ در متر مربع در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس جدول ۴ با افزایش تراکم، اثر افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم بر مجموع طول برگ در متر مربع کاهش یافت، بطوریکه در تراکم‌های ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع افزایش وزن بنه از ۴ به ۸ گرم باعث کاهش مجموع طول برگ در متر مربع شد که این کاهش در تراکم ۱۲۰ بنه در متر مربع معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس این نتایج اثر افزایش تراکم بر افزایش مجموع طول برگ در متر مربع در بنه‌های با وزن ۴ گرم بیشتر بود (۱۸۲ درصد در مقابل ۴۴ درصد) (جدول ۴). جدول ۲ نشان داد در هر دو سال مورد بررسی، سایر اثرهای متقابل بر مجموع طول برگ در متر مربع معنی‌دار نبود.

طول برگ در بوته در سال اول به ترتیب ۳، ۲۳ و ۳۳ درصد و در سال دوم به ترتیب ۱۸، ۲۵ و ۳۲ درصد کاهش یافت. به بیان بهتر در هر دو سال مورد بررسی اثر افزایش تراکم بر کاهش تعداد برگ بیشتر از افزایش میانگین طول برگ بوده و بنابراین مجموع طول برگ در بوته در پایان دوره رشد کاهش یافته است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نشان داد بیشترین مجموع طول برگ در بوته در هر دو سال نمونه‌گیری در بنه‌های با وزن ۸ گرم مشاهده شد (جدول ۳). اثر متقابل تراکم \times وزن بنه بر مجموع طول برگ در بوته در هر دو سال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در سال اول اثر افزایش تراکم بر کاهش میانگین طول برگ در بوته در بنه‌های ۸ گرمی بیشتر از ۴ گرمی بود؛ این در حالی است که در سال دوم مجموع طول برگ در بوته در بنه‌های ۴ گرمی تحت تراکم‌های بالاتر (۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع) بیشتر از ۸ گرمی بود (جدول ۴). همچنین بیشترین مجموع طول برگ در بوته در بنه‌های با وزن ۸ گرم در تراکم ۶۰ بنه در مترمربع در هر دو سال مشاهده شد (۱۹۴/۲ سانتی-متر در سال اول و ۴۸۵/۴ سانتی-متر در سال دوم)؛ البته در سال اول مجموع طول برگ در بوته در بنه‌های با وزن ۸ گرم در تراکم ۶۰ و ۹۰ بوته در متر مربع در یک گروه آماری قرار گرفت، در حالیکه در سال دوم مجموع طول برگ در بوته در بنه‌های با وزن ۸ گرم در تراکم ۶۰ و ۹۰ بوته در متر مربع بود و در گروه آماری متفاوتی قرار گرفت (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در هر دو سال مورد بررسی با افزایش عمق کاشت مجموع طول برگ در بوته کاهش یافت (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تراکم \times عمق کاشت، وزن بنه \times عمق کاشت و تراکم \times وزن بنه \times عمق کاشت بر مجموع طول برگ در بوته در هر دو سال نمونه برداری معنی‌دار نبود (جدول ۲).



شکل ۳- اثر تراکم (A)، وزن (B) و عمق کاشت بنه (C) بر مجموع طول برگ در متر مربع
 Figure 3- The effect of different levels of density (A), corm weight (B) and planting depth of corm (C) on total leaf length in m².

جدول ۷- اثر متقابل تراکم، وزن بنه و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران

Table 7- Means comparison of interaction effect of density, corm weight and plant depth on quantitative and reproductive characteristic of saffron

تراکم Density (corm.m ⁻²)	وزن پیاز Corm weight (g)	عمق کاشت Plant density (cm)	تعداد گل Flower number (No.m ²)			وزن تر گل Flower fresh weight (g.m ⁻²)		وزن خشک کلاله Stigma dry weight (g.m ⁻²)		
			2018	2019	2020	2018	2020	2018	2019	2020
سال انجام آزمایش Years of experiment			2018	2019	2020	2018	2020	2018	2019	2020
60	4	15	16.6 ^{fgh}	64.6 ^{gh}	99.1 ^g	5.6 ^h	39.40 ^{hi}	0.08 ^{fgh}	0.30 ^{hi}	0.49 ^{hi}
		25	7.6 ^h	61.3 ^h	90 ^g	3.1 ^h	34.66 ⁱ	0.03 ^h	0.28 ⁱ	0.45 ⁱ
	8	15	53.8 ^{cde}	83 ^{efgh}	105.2 ^{fg}	20.4 ^{cdef}	40.52 ^{hi}	0.26 ^{cde}	0.41 ^{efgh}	0.52 ^{hi}
		25	27.8 ^{fgh}	66.6 ^{gh}	94.2 ^g	16.7 ^{efg}	35.32 ⁱ	0.13 ^{fgh}	0.33 ^{ghi}	0.47 ^{hi}
90	4	15	35.1 ^{defg}	60 ^h	97.4 ^g	14.9 ^{fg}	39.69 ^{hi}	0.17 ^{defg}	0.34 ^{ghi}	0.48 ^{hi}
		25	14.8 ^{gh}	69.6 ^{gh}	124.9 ^{efg}	5.6 ^h	47.78 ^{fghi}	0.07 ^{gh}	0.30 ^{hi}	0.62 ^{gh}
	8	15	62.9 ^c	117 ^{bcd}	141.3 ^{def}	27.8 ^{bc}	59.37 ^{def}	0.31 ^c	0.58 ^{bcd}	0.70 ^{fg}
		25	36.6 ^{def}	75.3 ^{fgh}	109.2 ^{fg}	15.3 ^{gf}	45.59 ^{ghi}	0.18 ^{def}	0.37 ^{fghi}	0.54 ^{hi}
120	4	15	33.1 ^{efg}	130 ^{bc}	212.2 ^{bc}	19.1 ^{def}	83.82 ^c	0.16 ^{efg}	0.65 ^{bc}	1.06 ^{bc}
		25	16.5 ^{fgh}	88 ^{efg}	156.3 ^{de}	9.3 ^{gh}	58.62 ^{defg}	0.08 ^{fgh}	0.44 ^{efg}	0.78 ^{ef}
	8	15	88.4 ^b	132.3 ^b	177.1 ^{cd}	33.6 ^b	70.99 ^{cd}	0.44 ^b	0.66 ^b	0.88 ^{de}
		25	31.6 ^{fg}	106.3 ^{cde}	157.9 ^{de}	17.4 ^{efg}	61.76 ^{de}	0.15 ^{fg}	0.49 ^{def}	0.78 ^{ef}
150	4	15	61.3 ^c	179.6 ^a	315.1 ^a	26.4 ^{bcd}	126.82 ^a	0.30 ^c	0.89 ^a	1.57 ^a
		25	31.9 ^{fg}	99.3 ^{def}	194.7 ^c	10.6 ^{gh}	76.90 ^c	0.15 ^{fg}	0.44 ^{efg}	0.97 ^{cd}
	8	15	148.3 ^a	185.6 ^a	231.7 ^b	64.3 ^a	98.49 ^b	0.74 ^a	0.92 ^a	1.14 ^b
		25	55.9 ^{cd}	88 ^{efg}	147.6 ^{de}	23.9 ^{cde}	51.66 ^{efgh}	0.27 ^{cd}	0.53 ^{cde}	0.73 ^{efg}

میانگین ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

جدول ۷ (ادامه) - اثر متقابل تراکم، وزن بنه و عمق کاشت بر خصوصیات رویشی و زایشی زعفران
 Table 7 (Continued)- Means comparison of interaction effect of density, corm weight and plant depth on quantitative and reproductive characteristic of saffron

تراکم Density (corm.m ⁻²)	وزن پیاز Corm weight (g)	عمق کاشت Plant density (cm)	تعداد بوته سبز شده Number of plant (Plant.m ⁻²)	تعداد برگ در بوته Leaf number per plant
سال انجام آزمایش Years of experiment			2019	2019
60	4	15	100 ^g	8.3 ^{cd}
		25	71.6 ^g	7.5 ^{cd}
		15	170 ^{ef}	13.9 ^a
90	8	25	116 ^{fg}	10.9 ^b
		15	189 ^{de}	7.2 ^d
		25	230.6 ^{de}	7.2 ^d
120	4	15	240 ^{cd}	10.3 ^b
		25	234.6 ^{cd}	7.9 ^{cd}
		15	284.6 ^{bc}	9.2 ^{bc}
150	8	25	186.6 ^{de}	7.3 ^d
		15	282.6 ^{bc}	6.8 ^{de}
		25	260 ^c	6.7 ^{de}
150	4	15	427.3 ^a	7.4 ^{cd}
		25	322.3 ^b	6.5 ^{de}
		15	485.3 ^a	5.3 ^{ef}
		8	274.6 ^{bc}	4.5 ^f

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan test.

نتیجه‌گیری

زعفران گیاهی چندساله، با قابلیت بهره‌برداری به عنوان محصولی یکساله است و از این رو اعمال بسیاری از ابزار مدیریت زراعی مانند تراکم، وزن بنه و عمق کاشت تنها به سال اول کاشت محدود می‌گردد. این در حالی است که اثر این عوامل بر عملکرد زعفران اثبات شده و لذا انتخاب بهینه این عوامل در سال نخست کاشت زعفران از اهمیت زیادی برخوردار است. نتایج حاصل از این مطالعه با تایید اثر معنی‌دار تراکم، وزن بنه و عمق کاشت بر عملکرد کلاله زعفران مبین آن است که اثر این عوامل بر عملکرد کلاله عمدتاً از طریق اثر بر تعداد گل محقق شده است (جدول ۳). نتایج حاصل از این مطالعه ضمن تأیید اثر غالب وزن بنه مادری در تعیین تعداد گل و عملکرد کلاله زعفران در سال اول کشت (جدول ۳)، مبین آن است که با افزایش تراکم و سن مزرعه از شدت اثر وزن بنه مادری بر تعداد گل و عملکرد کلاله زعفران کاسته شده (جدول ۳ و ۴)، و در سال دوم

تعداد گل و به تبع آن عملکرد کلاله بنه‌های درشت و ریز به هم نزدیک و در سال سوم تعداد گل و عملکرد کلاله حاصل از کشت متراکم (تراکم‌های ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع) بنه‌های ۴ گرمی بیشتر از ۸ گرمی شد (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که این رفتار تابعی از اثر عوامل مورد مطالعه بر قدرت منبع (مجموع طول برگ) باشد (جدول‌های ۳ و ۴) که این موضوع موید اهمیت نقش فتوسنتز جاری در تامین مواد پرورده لازم برای رشد بنه‌های دختری و لزوم توجه به مرحله داشت مزارع زعفران باشد. به بیان بهتر با افزایش سن مزرعه، از سهم وزن بنه مادری در تعیین عملکرد کلاله زعفران کاسته و به اثر فتوسنتز جاری برگ‌ها (یعنی مدیریت داشت مزرعه) افزوده می‌شود. نکته در خور توجه دیگر آن است که در سال اول اهمیت نقش وزن بنه در تعیین عملکرد کلاله زعفران بیشتر از تراکم است، چنانکه تعداد گل و به تبع آن عملکرد کلاله حاصل از کشت ۶۰ بنه ۸ گرمی بیشتر از ۱۲۰ بنه ۴ گرمی بود، ولیکن در سال دوم و سوم

افزایش عملکرد کلاله در طی افزایش تراکم (از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در متر مربع) در بنه‌های ریز (۴ گرمی) بیشتر از درشت (۸ گرمی) است (جدول ۳)؛ مجموع عملکرد کلاله استحصالی از این آزمایش و در کشت متراکم و سطحی بنه‌های ریز بیشتر از درشت شد (جدول ۳، ۴ و ۷). چنین بنظر می‌رسد که بزرگنمایی اثر وزن بنه مادری در تعیین عملکرد کلاله زعفران در برخی مطالعات قبلی عمدتاً ناشی از بررسی کوتاه مدت اثر این عامل در این مطالعات باشد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه چنین بنظر می‌رسد که مزیت استفاده از بنه‌های مادری درشت در کشت متراکم مزارعی که به صورت یکساله کشت می‌شود، بیشتر است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در چنین مزارعی می‌توان با افزایش تراکم و کاشت سطحی بنه‌های درشت به عملکرد کلاله مطلوبی دست یافت (جدول ۵). این در حالی است که در مزارع ایران که در آن زعفران به صورت یک گیاه چند ساله کشت می‌گردد، از اهمیت انتخاب بنه‌های درشت بعنوان یک ابزار مدیریتی کاسته می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان با کشت متراکم بنه‌های کوچکتر به عملکرد کلاله بیشتری در مجموع سال‌های میان مدت بهره‌برداری دست یافته و در عین حال هزینه لازم برای خرید بنه مادری را کاهش داد. به بیان بهتر نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در مزارع زعفران باید ترکیب عوامل تراکم، وزن بنه و عمق کاشت را متناسب با عمر بهره‌برداری مورد انتظار انتخاب نمود تا در سایه آن به حداکثر عملکرد دست یافت.

این قضیه برعکس شده و نقش تراکم در تعیین عملکرد کلاله غالب شد (جدول ۴). به بیان بهتر هر کدام از دو عامل وزن انفرادی بنه و مجموع وزن بنه کشت شده در واحد سطح به تنهایی تعیین کننده نبوده و عملکرد کلاله تابعی پویا از هر دو عامل مورد بررسی است (جدول ۴). اگر بپذیریم که در تراکم اولیه ثابت، تغییرات عملکرد سالیانه کلاله زعفران تابعی از تغییرات وزن انفرادی بنه‌های دختری است، آن‌گاه چنین به نظر می‌رسد که تغییرات وزن تک بنه‌ها در طی دوره بهره‌برداری مزارع زعفران از موجی سینوسی تبعیت می‌کند که دامنه نوسان این موج متناسب با فراهمی مواد پرورده برای رشد بنه‌های دختری در سال قبل است. بر این اساس اگر فراهمی مواد پرورده در طی دوره بهره‌برداری مزارع زعفران متناسب با ضریب تکثیر تعداد بنه‌های دختری افزایش یابد، دامنه نوسان این موج به حداقل رسیده و عملکرد مزرعه متناسب با ضریب تکثیر بنه‌های دختری افزایش خواهد یافت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد در کشت زعفران به عنوان محصولی چند ساله، استفاده از بنه‌های درشت در کشت متراکم مزیتی به همراه نداشته و می‌توان در میان مدت از طریق کشت متراکم بنه‌های کوچک با کاهش نسبی عمق کاشت به عملکرد کلاله (معادل ۲/۷۶ در برابر ۲/۸۰ گرم در متر مربع در مجموع سه مرتبه برداشت گل) با بنه‌های درشت در مجموع سال‌های بهره‌برداری از مزارع زعفران دست یافت و در عین حال هزینه مربوط به خرید بنه لازم برای احداث مزرعه را نیز کاهش داد. نظر به آن که شیب

منابع

- Aghazadeh, R., and Hemmatzadeh, A. 2011. Effect of planting depth and plant distance on vegetative and reproductive characteristics of saffron in makoo conditions. *Journal of Agroecology* 8 (1): 1-10. (In Persian with English Summary).
- Alavi-siney, M., Ahmadvour, A., Behroozeh, M.,

- and Soltani, M. 2020. Evaluation of planting date and corm weight effects on flower, stigma and daughter corms characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under the South Kerman climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology* 8 (1): 59-73. (In Persian with English Summary).

- Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2015. Saffron (*Crocus sativus* L.): Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand Publication, Birjand, Iran. (In Persian).
- De-maastro, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. *Acta Horticulturae* 344: 512-517.
- Esmaeilian, Y., and Amiri, M.B. 2019. Investigation the effect of manure and planting pattern on some flower and corm quantitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in Gonabad climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology* 6 (4): 429-444. (In Persian with English Summary).
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. *Scientia Horticulturae Amsterdam* 119: 320-324.
- Hassanzadeh-Aval, F., Rezvani-Moghaddam, P., Bannayan-Aval, M., and Khorasani, R. 2013. Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 1 (1): 22-39. (In Persian with English Summary).
- Kakhki-Daneshvar, M., and Farahmand-Gelyan, K. 2012. Review of interactions between ecommerce, brand and packaging on value added of saffron: A structural equation modeling approach. *African Journal of Business Management* 6: 7924-7930.
- Kaushal, S.K., and Upadhyay, R.G. 2002. Studies on variation in corm size and its effect on corm production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. *Field Crops Research* 3: 126-128.
- Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.). *Agronomy: A comprehensive review*. *Food Reviews International* 25: 44-85.
- Koocheki, A., Karbasi, A.R., and Seyyedi, S. 2017. Some reasons for saffron yield loss over the last 30 years period. *Saffron Agronomy and Technology* 5 (2): 107-122. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Rezvani-Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S. 2015. Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting. *Journal of Agroecology* 6 (4): 719-729. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad-Abadi, A.A. 2011a. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Soil and Water* 25 (1): 196-206. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011b. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. *Journal of Agroecology* 3: 36-49. (In Persian with English Summary).
- Mardani-Asl, A., Movahedi-Dehnavi, M., Salehi, A., and Yadavi, A. 2018. Effect of corm weight and planting density on saffron (*Crocus sativus* L.) yield under the canopy of Apple tree. *Journal of Saffron Research* 6 (1): 89-102. (In Persian with English Summary).
- 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.). *Saffron Agronomy and Technology* 7 (1): 55-67. (In Persian with English Summary).
- Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghaddam, P., and Sabori, S. 2007. Effect of plant distance on flower yield and qualitative and quantitative

- characteristics of forage production of saffron in Mashhad conditions. *Acta Horticulturae* 739: 151-153.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, L. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani-Moghaddam, P., and Nassiri-Mahallati, M. 2014. Effect of plant density and corm weight on yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) under soil, hydroponic and plastic tunnel cultivation. *Saffron Agronomy and Technology* 1 (2): 14-28. (In Persian with English Summary).
- Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran, 27-28 October 2007, pp. 96-102.
- Naderi-Darbaghshahi, M.R., Khajabashi, S.M., Baniateba, S., and Dehdashti, S.M. 2008. Effects of planting method, density, and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. *Seed and Plant Improvement Journal* 24 (4): 643-657. (In Persian with English Summary).
- Nasiri-Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand-Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2009. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 5: 155-166. (In Persian with English Summary).
- Nazarian, R., and Sahabi, H. 2017. Effect of planting density on flower quality in two types of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research* 5 (2): 139-149. (In Persian with English Summary).
- Parsapour, F., Rezvani-Moghaddam, P., and Khorramdel, S. 2020. Optimizing the effect of mother corm and urban waste compost levels on flower and corm yield of saffron using surface-response modeling in the first year. *Saffron Agronomy and Technology* 8 (2): 165-184. (In Persian with English Summary).
- Razavian, M., Rezvani-Moghaddam, P., and Asadi, G.A. 2019. Evaluation of saffron flower and corm yield affected by different maternal corm weight and sowing depth. *Saffron Agronomy and Technology* 7 (2): 155-170. (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.). *Industry Journal of Crop Production* 39: 40-46.
- Rezvani-Moghaddam, P., Khorramdel, S., Ghafari, A., and Shabahang, J. 2013. Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by spent mushroom compost and corm density. *Journal of Saffron Research* 1: 13-26. (In Persian with English Summary).
- Rostami, M., and Mohammadi, H. 2013. Effect of planting date and plant density on growth and yield of saffron in Malayer climatic conditions. *Journal of Agroecology* 5 (1): 27-38. (In Persian).
- Seyyedi, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2020. Proposed program for standardization of saffron corms: obstacles and solutions. *Saffron Agronomy and Technology* 7 (4): 457-479. (In Persian with English Summary).
- Tavakkoli-Kakhki, H.R., Sharifi, H.R., and Nabipour, Z. 2020. Assessment of the effects of plant density, vegetation covering, and shading on regulation of soil temperature and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 8 (4): 527-542. (In Persian with English Summary).

Evaluation the Effect of Compensatory Behavior of Planting Density, Mother Corm Weight and Planting Depth on Vegetative Characteristics and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Hamidreza Sharifi^{1*}, Zohreh Nabipour² and Hamid Reza Tavakkoli Kakhki³

Submitted: 12 February 2021

Accepted: 4 May 2021

Sharifi, H., Nabipour, Z., and Tavakkoli Kakhki, H.R. 2021. Evaluation the Effect of Compensatory Behavior of Planting Density, Mother Corm Weight and Planting Depth on Vegetative Characteristics and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 9(3): 227-248.

Abstract

In order to investigate the effect of compensatory behavior of planting density, corm weight and planting depth on vegetative characteristics and yield of saffron stigma (*Crocus sativus* L.), a factorial split plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted in the Khorasan Razavi Agriculture and natural resources Research and education Center (Gonabad Research Station) during the three cropping years 2018-2020. In this study, planting density treatment (four levels of 60, 90, 120 and 150 corms per square meter) was considered as the main plots and factorial of planting depth (two levels of 15 ± 2 and 25 ± 2 cm from the soil surface) and corm weight (two Levels 4 ± 1 and 8 ± 1 gr) were considered as the subplots. The results showed that density increasing caused a significant increase in yield ($p < 0.05$) and the other studied traits. On the based of these, increasing density from 60 to 150 corms per square meter increased the number of flowers and stigma dry weight by 174 and 192 percent in the first year, 100 and 109 percent in the second year, 128 and 129 percent in the third year, respectively. The results also showed that increasing corm weight from 4 to 8 g increased flower number and stigma dry weight by 133 and 138% in the first year, 14 and 15% in the second year respectively, but decreased by 10 and 10% in the third year. Based on the results of this study, increasing the planting depth from 15 to 25 cm reduced the stigma yield and other traits of saffron. The effect of dual and triple interactions on the studied traits was mainly significant. Overall, the results showed that the use of larger mother corms has a higher priority only in the early years and its importance decreases with increasing farm age. It seems that in a different strategy, more profit can be achieved by planting less corm weight (i.e. lower costs) and its effect compensation via a combination of less depth and especially more density (i.e. higher yield and income).

Keyword: Compensatory behavior, Leaf length, leaf number, flower number, Stigma yield

1 - Associate professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

2 - Researcher of Gonabad Agricultural and Natural Resource and Education station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO, Gonabad, Iran.

3 - Instructor Research of Crop and Horticultural Science Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

(* - Corresponding author Email: hrsharifi1349@yahoo.com)

DOI: 10.22048/jsat.2021.272865.1420