نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۱۸۲-۱۶۹
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.4866.1174

مقاله پژوهشی:

اثر مدیریت زراعی بر عملکرد گل و پیاز زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان (On-farm)

سرور خرم دل[1*]، پرویز رضوانی مقدم[2]، فاطمه معلم بنهنگی[3]، جواد شباهنگ[4]

۱- دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳- دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- دکتری، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*نویسنده مسئول: *khorramdel@um.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۷

چکیده

مدیریت زراعی مناسب عامل مهمی برای کاهش تداخل بین گیاهان و جذب بهتر منابع محیطی می‌باشد. از طرف دیگر، تلفات عناصر غذایی به دلیل فرسایش خاک و افزایش درجه حرارت، از جمله مشکلات عمده نظام‌های زعفران محسوب می‌شوند. از این رو، در این مطالعه، اثر عوامل مدیریت زراعی چون مقادیر مختلف پیاز و عمق کاشت بر عملکرد گل، کلاله و پیازهای دختری و خصوصیات کیفی زعفران در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحت شرایط مدیریت مزرعه‌ای کشاورزان (on-farm trials) بررسی شد. تیمارها شامل مقادیر مختلف پیاز مادری (۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن پیاز در هکتار) و عمق کاشت (۵ و ۱۰ سانتی‌متر) بود. تعداد گل، عملکرد گل تر، عملکرد کلاله خشک، عملکرد پیازهای دختری، تعداد پیازهای دختری، میانگین قطر پیاز دختری و تعداد و وزن پیازهای دختری در گروه‌های وزنی ۴>، ۸-۴/۱ و بیش از ۸/۱ گرم و خصوصیات کیفی (شامل محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) در سال دوم اندازه‌گیری و ثبت شد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که عمق کاشت تاثیر معنی‌داری بر صفت عملکرد گل و پیاز نداشت، اما افزایش مقدار پیاز تا ۲۰ تن در هکتار سبب افزایش تعداد گل (۱۱۲ در مترمربع)، عملکرد گل تر (۴۹/۷۱ گرم بر مترمربع) و وزن خشک کلاله (۱/۱۱ گرم بر مترمربع) شد. بیشترین عملکرد پیازهای دختری در تیمار ۲۰ تن پیاز در هکتار + عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر (۱۸۱/۳ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد. بر اساس نتایج، اگر هدف حصول عملکرد گل بالا در سال‌های اولیه باشد، مقادیر بالاتر پیاز در واحد سطح توصیه می‌گردد، اما درصورتی‌که هدف از کاشت زعفران به دست آوردن حداکثر عملکرد پیاز و تداوم برداشت گل از مزرعه باشد، مقدار پیاز در واحد سطح باید کمتر در نظر گرفته شود. به طور کلی، با توجه به کمبود منابع آبی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مدیریت زراعی باعث افزایش بهره‌وری زمین، بهبود عملکرد گل و پیاز و در نتیجه بهبود معیشت کشاورزان در دوره زندگی زعفران به عنوان یک گیاه دارای نیچ اکولوژیکی ویژه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پیازدختری، تراکم کاشت، گل‌دهی، گیاه دارای نیچ اکولوژیکی ویژه، عمق کاشت.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از نظر گیاه-شناسی چرخه زندگی خود را طی یک سال تکمیل می-کند، اما در ایران، از نظر زراعی به عنوان گیاهی چند ساله مدیریت می‌شود (Koocheki & Seyyedi, 2020). ایران در حال حاضر بزرگترین تولیدکننده زعفران در دنیا محسوب می‌شود و بیشترین سطح زیر کشت این محصول نیز مربوط به کشور ایران است (Shahnoushi et al., 2020). بر طبق آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (Ministry of Agriculture-Jihad, 2020) سطح زیرکشت، میزان تولید و میانگین عملکرد اقتصادی زعفران در سال ۱۳۹۸ به ترتیب ۱۲۰/۲۲۳ هکتار، ۴۳۹/۱۷۵ تن و ۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. سه کاروتنوئید گلوکوزینولات مهم زعفران اصطلاحاً کروسین، پیکروکروسین و سافرانال هستند که در بین بیش از ۱۵۰ ترکیب فرار و معطر در این گیاه به ترتیب عامل اصلی رنگ، طعم تلخ و عطر محسوب می‌شوند (Husaini, 2014).

با وجود ارزش اقتصادی بالا، سازگاری به شرایط اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک، نیاز اکولوژیکی نسبتاً پایین این گیاه (Esmaeilian & Amiri, 2018) و همچنین سهم بالای زعفران در ایجاد اشتغال برای کشاورزان در مناطق تولید (Ramezani et al., 2019)، متاسفانه از این ظرفیت استفاده مطلوبی صورت نگرفته است. به طوری‌که بهره‌وری تولید و عملکرد این گیاه در ایران در مقایسه با دیگر کشورهای تولیدکننده همچون اسپانیا پایین بوده و جنبه‌های به‌زراعی آن مورد توجه قرار نگرفته است (Kumar et al., 2009). از طرفی، با توجه به چند ساله بودن زراعت زعفران (Koocheki et al., 2014)، انتخاب زمین، روش‌های کاشت و مدیریت زراعی از اساسی‌ترین مراحل تولید این گیاه محسوب می‌شود. زعفران در ایران در سال‌های ابتدایی کشت (سال‌های اول و دوم) عملکرد قابل توجهی ندارد، به همین دلیل سودآوری اقتصادی آن برای کشاورزان بویژه در سال‌های ابتدایی بسیار ناچیز است، در حالی‌که در کشورهایی مانند اسپانیا و ایتالیا مزارع این گیاه عمدتا یک ساله و دوساله هستند (Darbaghshahi et al., 2009). بنابراین به نظر می‌رسد توجه به جنبه‌های به‌زراعی این محصول از جمله اولویت‌هایی است که بایستی مورد توجه قرار گیرد تا علاوه بر افزایش عملکرد دوره رسیدن به سودآوری مزرعه نیز کاهش یابد.

عوامل زیادی در تعیین عملکرد کمی و کیفی زعفران نقش دارند که از جمله آنها می‌توان به اقلیم (Askari-Khorasgani & Pessarakli., 2019)، آفات، بیماری-ها و علف‌های هرز (Zare Hossain et al., 2014)، مدیریت آبیاری (Dastranj & Sepaskhah., 2019)، انبارداری، تاریخ کاشت (Rostami & Mohammadi, 2013)، مقدار پیاز مادری مصرفی در واحد سطح و عمق کاشت (Moallem et al., 2019) اشاره کرد. در همین راستا، یرامی و سپاسخواه (Yarami & Sepaskhah, 2015) تاکید نمودند که از جمله عوامل بسیار مهم و تاثیرگذار بر عملکرد گل و پیاز زعفران به ویژه در سال-های ابتدایی کشت، عمق کاشت و مقادیر مختلف پیاز می‌باشد. عمق کاشت مناسب ضمن فراهم نمودن شرایط مطلوب برای خروج گل‌ها و سبز شدن گیاه، باعث حفاظت پیازها از تنش‌های مختلف محیطی چون یخ-زدگی و گرما به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می-شود (Sharifi et al., 2021). البته کشت عمیق پیازها ممکن است در سبز شدن و خروج گل‌ها از خاک اختلال ایجاد کرده و باعث افت عملکرد شود (Koocheki & Seyyedi, 2019). علاوه بر آن، قرارگیری پیاز زعفران در عمق مناسب خاک در زمان کاشت بسیار ضروری است، زیرا فرآیندهایی چون تمایز و بلوغ گل در عمق مشخصی از خاک انجام می‌شود (Razavian et al., 2019).

از دیگر عملیات زراعی مهم و تاثیر گذار بر عملکرد گل و پیاز زعفران، مقدار پیاز مصرفی در واحد سطح می‌باشد. انتخاب مقدار مطلوب پیاز مصرفی بسته به هدف از کشت زعفران می‌تواند بر عملکرد گل و پیاز در سال‌های اولیه، طول دوره بهره‌برداری مزرعه (Kumar et al., 2009) و فاصله زمانی از کاشت تا حصول عملکرد اقتصادی (Molina et al., 2005; Naderi Darbaghshahi et al., 2008; Khorramdel et al., 2019) تاثیر بسزایی داشته باشد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) در پژوهشی بیان داشتند که افزایش مقدار پیاز مادری در واحد سطح از ۸ به۲۱ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد کلاله و گل زعفران شد. تعیین تراکم مطلوب پیاز از طریق کاهش رقابت، علاوه بر بهبود کارایی استفاده از منابع، افزایش عملکرد را در نیز پی دارد

(Nazarian et al., 2015). همان‌طور که پیشتر نیز ذکر گردید، زعفران در ایران عمدتا به صورت گیاهی چند ساله مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در این شیوه مدیریت، عملکرد در سال‌های میانی اقتصادی‌تر بوده و در سال‌های ابتدایی و انتهایی، قابل قبول نمی‌باشد (Sharifi et al., 2021) که این امر نیاز به بهره‌گیری بیشتر از مدیریت زراعی و توجه دقیق‌تر به عوامل موثر بر تولید این گیاه را مشخص می‌نماید.

از دیگر عوامل مهم و موثر بر رشد و عملکرد زعفران، شرایط اقلیمی می‌باشد. حسینی (Husaini, 2014) بیان داشت که مراحل سبز شدن پیاز، آغازش گل و گلدهی زعفران، بحرانی‌ترین مراحل رشدی این گیاه بوده که نسبت به نوسانات محیطی بویژه تغییرات درجه حرارت و فراهمی آب قابل دسترس، حساسیت بالایی دارند. نحوی و همکاران (Nehvi et al., 2010) میانگین دمای مطلوب روزانه طی شهریور تا مهر ماه را که جوانه‌زنی پیازها انجام می‌شود، ۲۵-۲۳ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند؛ در حالی‌که گلدهی زعفران زمانی انجام می‌شود که دمای روزانه و شبانه به ترتیب ۱۷ و ۱۰ درجه سانتی-گراد باشد. همچنین اگرچه زعفران گیاهی کم‌نیاز از نظر مصرف آب است، ولی اطمینان از تأمین و فراهمی آب مورد نیاز آن می‌تواند موجب جوانه‌زنی سریع پیاز و آغازش گل‌ها شود (Husaini, 2014). بنابراین، باتوجه به وقوع نوسانات اقلیمی بویژه درجه حرارت و رطوبت طی سالیان اخیر در شرایط اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک، بهره‌گیری از راهکارهای زراعی اکولوژیک به منظور تعدیل این عوامل در بوم‌نظام‌های تولید زعفران به عنوان گیاهی دارای نیچ اکولوژیکی ویژه[1] امری ضروری بنظر می‌رسد. علاوه بر این، با توجه به اینکه اکثر تحقیقات صورت گرفته در خصوص گیاه زعفران، معمولا در سطح کرت‌های کوچک انجام شده و تفاوت مدیریت زراعی در مراحل مختلف با شرایط مدیریت کشاورزان نسبتاً زیاد است که این امر نتایج را بشدت تحت تاثیر قرار می‌دهد، لذا هدف از این پژوهش بررسی تاثیر عمق کاشت و مقادیر مختلف پیاز به عنوان دو فاکتور تاثیرگذار بر عملکرد گل و پیاز زعفران در سال‌های ابتدایی کشت با تاکید بر تولید پیازهای درشت و باکیفیت در شرایط الگوبرداری از مدیریت کشاورزان[2] بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی 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 به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ با الگو برداری از مدیریت کشاورزان زعفران‌کار طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل مقادیر پیاز (۱۰، ۱۵ و ۲۰ تن در هکتار) و دو عمق کاشت (۵ و ۱۰ سانتی‌متر) بودند که در کرت‌هایی به مساحت ۱۲۵ متر مربع اعمال شد.

قبل از انجام آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام و برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physical and chemical properties of the soil (0-30 cm depth)

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS. m^{-1})	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) P (mg.kg^{-1})	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) K (mg.kg^{-1})	بافت Texture
7.58	0.57	0.64	0.50	14.09	127	لوم رسی شنی Sandy clay loam

[1] Ecological niche crop

[2] On-farm

براساس الگوی کشاورزان، قبل از کاشت، به صورت یکنواخت ۸۰ تن کود دامی از نوع گاوی پوسیده به خاک اضافه و به صورت یکنواخت با عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری به طور کامل مخلوط شد. خصوصیات شیمیایی کود دامی قبل از افزوده شدن به خاک اندازه‌گیری و تعیین شد که نتایج مربوطه در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کود دامی از نوع گاوی پوسیده

Table 2. Chemical properties of composted cow manure

رطوبت Moisture (%)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (ppm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
38.2	1.45	0.39	1.00	1.4	7.46

در اوایل شهریور ماه سال ۱۳۹۷ عملیات آماده‌سازی زمین شامل دیسک و تسطیح با لولر انجام گرفت و کرت بندی در سه تکرار با ابعاد ۲۵×۵ متر (۱۲۵ مترمربع) انجام شد. بین هر کرت، پشته‌هایی با عرض ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. پیازها از منطقه زاوه تربت حیدریه تهیه شد. قبل از کاشت، نمونه-ای ۳۰ کیلوگرمی از پیازهای مادری جدا و بر اساس وزن تفکیک شدند. درصد گروه‌های مختلف وزنی پیاز مادری مورد استفاده برای کاشت در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. گروه‌بندی پیازهای مادری بر اساس وزن

Table 3. Grouping of mother corms based on their weights

گروه‌های وزنی (گرم) Weight groups (g)	12.1<	10.1-12	8.1-10	6.1-8	4.1-6	< 4
درصد گروه‌های وزنی Weight groups (%)	10.60	11.42	12.85	15.18	23.4	26.55

در اواخر شهریور ماه پس از تسطیح زمین، شیارهایی با شن‌کش به فاصله ۲۵ سانتی‌متر ایجاد و عمق مورد نظر در زمان کاشت لحاظ شد. پیازهای مادری به صورت درهم و به تفکیک وزنی برای هر کرت تقسیم‌بندی شده و به شیوه تسبیحی کاشته شد.

در سال اول، اولین آبیاری ۱۲ مهر ماه و پس از آن یک نوبت سله‌شکنی انجام شد. در سال دوم اولین آبیاری ۱۵ مهر ماه و بعد از آن سله‌شکنی با هدف کاهش فشار فیزیکی خاک و تسهیل در خروج گل‌ها انجام شد. آبیاری‌های بعدی به ترتیب بعد از برداشت گل در اسفند ماه و آخر اردیبهشت ماه (پایان مرحله رشد رویشی و همزمان با زرد شدن برگ‌ها) انجام شد. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی در دو نوبت طی بهمن و فروردین ماه انجام شد. در طول دوره آزمایش، هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت. بعد از زایپچ[۳]آب در سال اول، سطح کرت‌ها به صورت دستی با کاه و کلش گندم به ارتفاع سه سانتی‌متر پوشانیده شد.

گل‌های زعفران در ۱۳ آبان ماه ظاهر شدند. گل‌دهی به مدت ۲۵ روز به طول انجامید و در طول این مدت به فاصله یک روز در میان عملیات چیدن گل‌ها انجام شد. گل‌ها جمع‌آوری و اجزای عملکرد گل اندازه‌گیری و تعیین شد. جهت تعیین اجزای عملکرد، تعداد گل‌ها در واحد سطح شمارش و وزن‌تر گل و وزن خشک کلاله توسط ترازوی دیجیتال مدل AND ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. در اردیبهشت ماه سال دوم به منظور تعیین عملکرد پیازهای دختری در پایان مرحله رشد رویشی، پیازها از سطحی معادل ۵۰×۵۰ سانتی‌متر برداشت و در سه گروه وزنی (۴>، ۸-۴/۱ و ۸/۱< گرم)، تقسیم‌بندی شد. پس از شمارش تعداد پیازهای دختری، قطر آنها با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. در نهایت، برای تعیین عملکرد خشک پیازهای دختری، پیازها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته در محیط آزمایشگاه نگه-داری شدند و وزن آن‌ها به عنوان وزن خشک لحاظ شد. به منظور تعیین خصوصیات کیفی کلاله، اندازه‌گیری جذب نوری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل

۳ آبیاری بعد از اتمام برداشت گل

(WPA, S2000 UV/Vis Spectrophotometer) در طول موج‌های ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر به‌ترتیب برای تعیین محتوی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین انجام شد. نتایج بر اساس حداکثر جذب یک درصد محلول آبی در طول موج‌های ذکر شده ($E^{1\%}_{\lambda max}$) بر مبنای ماده خشک حداقل طبق معادله زیر بیان گردید (Molina et al., 2010).

$$E^{1\%}_{\lambda max} = \frac{A_{\lambda max} * 5000}{m\,(100-H)}$$

در این معادله، $A_{\lambda max}$: عدد قرائت شده از دستگاه اسپکتروفتومتر، m: وزن کلاله زعفران بر حسب گرم و H: درصد رطوبت نمونه‌ها (۶/۴۲ درصد) می‌باشد.

در پایان، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها طی سال دوم، از نرم‌افزار Minitab17 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر مقادیر مختلف پیاز مادری و عمق کاشت بر خصوصیات مختلف گل و عملکرد پیازهای دختری در سال دوم مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر عمق کاشت و مقدار پیاز مادری بر ویژگی‌های گل و پیازهای دختری زعفران در سال دوم

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of planting depth and mother corm rates on flower and corm criteria of saffron in the second year

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	عملکرد تر گل Fresh yield of flower	عملکرد خشک کلاله Dried yield of stigma	عملکرد پیاز- های دختری Daughter corm yield	تعداد پیاز- های دختری Number of daughter corms	میانگین قطر پیاز- های دختری Mean diameter of daughter corms	تعداد پیازهای دختری در گروه‌های وزنی Number of daughter corms in weight groups			وزن پیازهای دختری در گروه‌های وزنی Weight of daughter corms in different groups		
								<4 g	4.1-8 g	>8.1 g	<4 g	4.1-8 g	>8.1 g
تکرار Replication	2	31.01	6.764	0.0100	640.7	49.056	0.3822	16.722	2.889	16.222	24.67	156.7	1793.4
عمق کاشت (A) Planting depth (A)	1	300.42 ns	65.518 ns	0.0413 ns	20672.2 **	50.000 ns	0.9800 **	56.889 *	26.889 ns	68.056 **	600.89 *	2812.5 ns	9940.5 **
مقدار پیاز مادری (B) Mother corm rate (B)	2	3793.14 **	827.243 **	0.3347 **	6853.7 **	12.056 ns	1.3538 **	82.056 **	4.056 ns	70.056 **	1200.17 **	176.2 ns	7187.7 **
A×B	2	344.13 ns	75.051 ns	0.0482 ns	2692.7 ns	6.167 ns	0.1016 ns	11.056 ns	5.389 ns	22.389 ns	192.06 ns	428.7 ns	2361.2 ns
خطا Error	10	147	32.059	0.0240	606.2	22.922	0.0255	6.189	6.156	6.089	109.93	351.4	693.5

ns، *، **: 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% probability levels, respectively.

صفات مربوط به عملکرد گل و کلاله

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده مقادیر پیاز مادری بر تعداد گل، عملکرد گل تر و عملکرد کلاله خشک زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود، اما اثر ساده عمق کاشت و اثر متقابل عمق کاشت در مقدار پیاز مادری تاثیر معنی‌داری بر صفات مربوط به گل و کلاله زعفران نداشت (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد گل، عملکرد گل تر و عملکرد کلاله خشک در تیمار ۲۰ تن پیاز مادری در هکتار مشاهده شد. همچنین با افزایش میزان پیاز مادری در واحد سطح از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله به ترتیب ۴۳، ۳۴ و ۳۸ درصد افزایش یافت (جدول ۵). امینی فرد و امینی (Aminifard & Amiri, 2021) گزارش نمودند که میزان پیاز مورد نیاز برای کشت زعفران، بسته به هدف از کاشت و احداث مزرعه به‌عنوان گیاهی یک‌ساله یا چندساله متفاوت است. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) بیان داشتند که به منظور جبران کاهش عملکرد گل زعفران به‌ویژه در سال‌های اولیه، بهتر است از مقادیر بیشتر پیاز مادری در واحد سطح و به بیان دیگر، تراکم‌های بالاتر استفاده شود. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش مقدار پیاز از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار منجر به افزایش تعداد گل، عملکرد گل تر و عملکرد خشک کلاله به ترتیب برابر با ۷۶، ۴۰ و ۶۲ درصدی شد. در همین راستا ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2013) نیز اظهار نمودند که کاشت پرتراکم زعفران باعث می‌شود که امکان بهره‌برداری اقتصادی زودتر مزرعه فراهم گردد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده مقدار پیازهای مادری بر ویژگی‌های کمی گل زعفران در سال دوم
Table 5. Mean comparisons for the effects of quantity of mother corm on quantitative criteria of saffron flower in the second year

مقدار پیاز مادری Rates of mother corm (t/ha)	تعداد گل در متر مربع Flower numbers/m^2	عملکرد تر گل Fresh yield of flower (g/m^2)	عملکرد خشک کلاله Dried yield of stigma (g/m^2)
20	112.88 a*	49.71 a	1.11 a
15	78.13 b	35.48 b	0.82 b
10	64.03 b	32.90 b	0.69 b

*میانگین‌های دارای حروف مختلف بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).
*Means with different letter (s) have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

معلم بنهنگی و همکاران (Moallem Banhangi et al., 2019) نیز گزارش کردند که با افزایش وزن پیاز مادری در واحد سطح می‌توان بجای نگهداری طولانی مدت مزرعه زعفران، عملکرد گل و وزن کلاله بالاتری در کوتاه-مدت بدست آورد. همانطور که سایر محققان پیشتر نیز نتیجه گرفتند (Mollafilabi et al., 2013; Rezvani Moghaddam et al., 2013) و با توجه به نتایج این مطالعه، به نظر می‌رسد در صورتی‌که هدف از احداث مزرعه زعفران برداشت گل و کلاله باشد، مقادیر پیاز بیشتر در واحد سطح در هنگام کاشت می‌تواند دوره حصول مورد اقتصادی را کوتاه‌تر نموده و به افزایش عملکرد گل و کلاله به ویژه در سال‌های ابتدایی کشت کمک کند.

همانطور که از جدول ۵ برمی‌آید، شاخص‌های مربوط به عملکرد گل و کلاله تحت تاثیر معنی‌دار عمق کاشت قرار نگرفت. به‌نظر می‌رسد که عدم تاثیرپذیری عملکرد و شاخص‌های مرتبط با گل از عمق کاشت احتمالاً مربوط به سبک‌تر شدن بافت خاک تحت تاثیر کاربرد کود دامی و کاه و کلش از یک‌طرف و همچنین اعمال یک نوبت سله‌شکنی در فاصله آبیاری پاییزه قبل از گلدهی می‌باشد که از طریق برهم زدن لایه‌های سطحی خاک باعث کاهش فشار فیزیکی و مکانیکی خاک و به تبع آن تسهیل در گلدهی شده است. کاهش فشار مکانیکی تحت تاثیر برهم خوردن لایه‌های سطحی خاک و از طرفی، سبک‌تر شدن بافت و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک به واسطه مصرف کودهای آلی (Cardone et al., 2020; Ebrahimi et al., 2021; Fallahi et al., 2021) و کاربرد کاه و کلش و بقایای گیاهی (Rezvani Moghaddam et al., 2015; Cardone et al., 2020) توسط برخی دیگر از محققان نیز گزارش شده است.

شاخص‌های رشدی و عملکرد پیازهای دختری

در حالی‌که تعداد کل پیازهای دختری تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای مورد آزمایش قرار نگرفت، اما اثر ساده تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و قطر پیازهای دختری داشت (P≤۰/۰۱) (جدول ۴). اگرچه تیمارهای کاربرد ۲۰ و ۱۵ تن پیاز در هکتار بالاترین عملکرد پیازهای دختری را به خود اختصاص دادند ولی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش مقادیر پیاز از ۱۰ به ۲۰ تن در هکتار باعث افزایش ۴۸ درصدی در عملکرد پیازهای دختری شد. بر اساس نتایج، تیمار ۲۰ تن پیاز در هکتار با وجود بالاترین عملکرد پیازهای دختری، کمترین قطر پیازهای دختری را به خود اختصاص داد (جدول ۶) که این امر مربوط به کوچکتر شدن پیازهای دختری (کاهش وزن پیازهای دختری و تا حدودی افزایش تعداد آنها) تحت تأثیر افزایش رقابتی مربوط می-باشد. البته تنها اثر ساده تیمارها بر میانگین قطر پیازهای دختری معنی‌دار (P≤۰/۰۱) بود (جدول ۵). بررسی‌ها نشان داده است که در گیاه زعفران، درصد سبز شدن، تعداد برگ‌ها و درصد گل‌های تولید شده تابع قطر پیاز-های دختری است، به طوری‌که پیازهای مادری با وزن بالاتر از طریق تولید پیازهای دختری درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال‌های بعد بهبود می‌بخشد (Mollafilabi et al., 2014).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده مقدار پیاز مادری و عمق کاشت پیاز بر ویژگی‌های کمی پیاز زعفران

Table 6. Mean comparison for the effects of quantity of mother corm and planting depth on quantitative criteria of daughter corms of saffron

	عملکرد پیازهای دختری Yield of daughter corms (g/m^2)	متوسط قطر پیاز دختری Average diameter of daughter corms (cm)	تعداد پیازهای دختری در متر مربع Number of daughter corms per m^2		وزن پیازهای دختری weight of daughter corms (g/m^2)	
			0-4 g	>8.1 g	0-4 g	>8.1 g
مقدار پیاز مادری Mother corm rates (t/ha)						
20	122.83 a	1.016 b	10.833 a	1.666 c	37.166 a	11.016 c
15	149.833 a	2.230 a	8.000 b	3.000 b	20.833 a	31.000 b
10	82.667 b	2.550 a	3.536 c	4.166 a	9.166 b	35.016 a
عمق کاشت Planting depth (cm)						
10	152.33 a	2.25 a	5.66 b	6.56 a	16.55 b	69.88 a
5	84.55 b	1.78 b	9.22 a	2.66 b	28.11 a	22.88 b

*میانگین‌های دارای حروف مختلف بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند ($p\leq۰/۰۵$).

*Means with different letter (S) have significant difference based on LSD test ($p\leq0.05$).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش مقدار پیازهای مصرفی تا ۲۰ تن در هکتار با وجود افزایش تولید و عملکرد پیازهای دختری (۳۳ درصد)، منجر به کاهش قطر آن‌ها (۶۰ درصد) شد (جدول ۶). معلم بنهنگی و همکاران (Moallem Banhangi et al., 2019) نیز بیان داشتند که افزایش زیاد مقدار پیاز مادری منجر به کاهش ۳۰ درصدی قطر پیازهای دختری را به دنبال داشت. بر این اساس، با وجود تأثیر بیشتر وزن پیاز بر کمیت گلدهی و عملکرد گل و کلاله زعفران (Alipoor et al., 2015; Esmi et al., 2018; Khorramdel et al., 2015; Khorramdel et al., 2019)، به نظر می‌رسد که سهم تعداد پیاز دختری در افزایش عملکرد پیاز به مراتب بالاتر از وزن آنها می‌باشد و این امر بر نقش تراکم پیاز یا وزن پیازهای مادری در واحد سطح در زمان کاشت بعنوان عاملی مهم در دستیابی به عملکرد مطلوب تأکید می‌کند. همچنین می‌توان نتیجه گرفت در صورتی که هدف از احداث مزرعه، تولید پیازهای دختری باشد، نیاز به در نظر گرفتن کمتر پیاز مصرفی در زمان کاشت بوده و در صورتی که هدف بر عملکرد گل و کلاله متمرکز باشد، پیشنهاد می‌شود وزن پیاز مصرفی در واحد سطح افزایش داده شود. به بیان دیگر، افزایش تراکم پیازهای مادری همزمان با کاشت، اگرچه افزایش عملکرد گل و بازدهی سریع‌تر اقتصادی مزرعه را موجب می‌شود ولی به دلیل تشدید رقابت می‌تواند افت خصوصیات رشدی پیازهای دختری را به دنبال داشته باشد که این امر در صورت تداوم برداشت مزرعه می‌تواند افت شدید عملکرد را موجب گردد. بدین ترتیب پیشنهاد می‌شود، با توجه به هدف از احداث مزرعه، تراکم مطلوب جهت دستیابی به عملکرد بالاتر گل و پیازهای دختری انتخاب کرد.

تفکیک وزنی پیازهای دختری در سه گروه مختلف وزنی (پیازهای ریز) ۴>، ۸-۴/۱ گرم (پیازهای متوسط) و بیش از ۸/۱ گرم (پیازهای درشت) نشان داد که تعداد و وزن پیازهای دختری متوسط با وزن ۸-۴/۱ تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایش قرار نگرفت، در حالی‌که اثر ساده عمق کاشت و مقدار پیاز در واحد سطح بر تعداد و وزن پیازهای دختری در دو گروه وزنی ۴> گرم (پیازهای ریز) و بیش از ۸/۱ گرم (پیازهای درشت) معنی‌دار ($P\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار ۲۰ تن پیاز در هکتار بیشترین وزن و تعداد پیازهای دختری را در گروه وزنی ۴> گرم به خود اختصاص داد و بالاترین وزن و تعداد پیازهای دختری در گروه وزنی ۸/۱> گرم برای تیمار ۱۰ تن پیاز در هکتار مشاهده شد. همچنین با افزایش مقدار پیازهای مادری تا ۲۰ تن در واحد سطح، تعداد و وزن پیازهای دختری در گروه وزنی ۴> گرم به ترتیب ۶۷ و ۷۵ درصد افزایش یافت؛ در حالی‌که افزایش تراکم پیاز-های مصرفی در واحد سطح تا ۲۰ تن در هکتار، مقادیر این صفات را به ترتیب ۶۰ و ۶۹ درصد کاهش داد. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه، در تیمار ۲۰

تن پیاز در هکتار بیشترین فراوانی پیازهای دختری متعلق به گروه وزنی پیازهای دختری ۴> گرم بود، درحالی که کاهش مقدار پیازهای کاشته شده تا ۱۰ تن در هکتار باعث افزایش فراوانی در تعداد و وزن پیازهای دختری درشت و با وزن بیش از ۸ گرم شد (جدول ۶) که دلیل این امر مربوط به کاهش رقابت بین پیازها در انتخاب وزن کمتر پیاز مصرفی در واحد سطح در زمان کاشت می‌باشد، همچنین همانطور که پیشتر نیز تأکید گردید، به نظر می‌رسد که حصول حداکثر عملکرد پیازهای دختری در تیمار ۲۰ تن پیاز در هکتار، بیشتر تحت تاثیر افزایش تعداد پیازهای دختری بوده است، درحالی‌که بر اساس نتایج، بخش عمده پیازهای دختری در این تیمار دارای وزن ۴> گرم بودند که البته این موضوع در درازمدت می‌تواند عملکرد اقتصادی مزرعه زعفران را از نظر عملکرد پیاز به شدت تحت تاثیر قرار دهد.

نتایج برخی مطالعات در این خصوص نشان می‌دهد که بین تعداد و اندازه پیازهای دختری زعفران رابطه‌ای منفی وجود دارد، به طوری‌که کمترین گروه وزنی دارای بیشترین تعداد پیازهای دختری می‌باشد (Molina et al., 2005; Koocheki et al., 2014; Moallem et al., 2019). در همین راستا مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) بیان داشتند هرچه تعداد پیازهای دختری بیشتر باشد، به دلیل کاهش وزن پیازها، احتمال گلدهی آن‌ها در سال بعد کاهش می‌یابد. اسمی و همکاران (Esmi et al., 2018) نیز طی پژوهشی در منطقه تربت حیدریه نتیجه گرفتند که پیازهای دارای وزن بیش از ۸ گرم سرعت گل‌دهی بسیار بالایی به خصوص در سه سال اول پس از کاشت دارند، به طوری‌که مزرعه در سال اول می‌تواند حداقل ۵-۳ کیلوگرم زعفران خشک در هکتار تولید کند. البته بایستی به این نکته نیز توجه شود که انتخاب اقلیم برای احداث مزرعه نیز می‌تواند تاثیر بسزایی روی عملکرد پیازهای دختری تاثیر چشمگیری داشته باشد. همچنین به نظر می‌رسد که افزایش وزن پیازهای کاشته شده تا ۲۰ تن در هکتار به دلیل تشدید رقابت بین پیازها برای جذب آب و عناصر غذایی، کاهش فضای در دسترس برای رشد پیازهای دختری و احتمالا آزادسازی مواد دگر آسیب منجر به کاهش قطر پیازهای دختری شده است. براساس نتایج فوق، همان‌گونه که قبلاً نیز تأکید شد، به نظر می‌رسد که نوع هدف‌گذاری برای کشت مزارع زعفران تعیین‌کننده عملیات مطلوب زراعی به ویژه انتخاب تراکم مناسب پیازهای دختری می‌باشد. به طوری‌که بسته به هدف از کشت زعفران می‌توان مقدار پیاز کشت شده را متفاوت در نظر گرفت. همانطور که پیشتر نیز ذکر شد، در صورتی‌که هدف از کشت زعفران به دست آوردن حداکثر عملکرد گل در سال‌های اولیه کشت باشد، مقادیر بالاتر پیازهای مادری می‌تواند منجر به حصول حداکثر عملکرد گل و کلاله گردد. اما درصورتی که هدف از کاشت زعفران به دست آوردن حداکثر عملکرد پیاز و تداوم برداشت گل از مزارع طی سنین بالاتر باشد، مقدار پیازهای کشت شده باید با تراکم پایین‌تری در نظر گرفته شود.

کاهش عمق کاشت از ۱۰به ۵ سانتی‌متر، کاهش ۴۴ درصدی عملکرد پیازهای دختری را در پی داشت. به نظر می‌رسد که حجم باقی مانده کاه و کلش گندم بر سطح خاک به اندازه کافی نبوده و کاهش عمق کاشت به دلیل نزدیک شدن پیازها به سطح خاک باعث شده است که پیازها تحت تاثیر تغییرات دمایی محیط قرار گرفته و سرما و یخزدگی در زمستان و وقوع گرمای تابستان منجر به کاهش رشد و تولید پیازهای دختری گردیده است. در همین راستا گلوی و همکاران (Galavi et al., 2008) بیان داشتند که عمق کاشت مناسب در زعفران ضمن فراهم-سازی شرایط مناسب به منظور خروج بهتر گل‌ها و سبز شدن گیاه، برای حفاظت پیازها از سرما، یخزدگی، گرما و خشکی نیز موثر می‌باشد (Darbaghshahi et al., 2009). شباهنگ و همکاران (Shabahang et al. 2013) نیز بر نقش مثبت گیاهان پوششی بر بهبود گلدهی و دستیابی به عملکرد بالاتر زعفران تأکید نمودند. حسینی (Husaini, 2014) گزارش نمود که جوانه‌زنی پیاز، آغازش گل و زمان گلدهی مراحل حساس مهم در زعفران هستند که نسبت به نوسانات محیطی بویژه درجه حرارت و فراهمی رطوبت حساس هستند. بر این اساس، بنظر می‌رسد بهره‌گیری از راهکارهای زراعی و اکولوژیکی همچون عمق کاشت، کاربرد بقایای گیاهی و یا کاشت گیاهان همراه و پوششی می‌تواند نقش مؤثری در جلوگیری از نوسانات دمایی و دستیابی به سطح مطلوبی از عملکرد ایفا نماید.

در پژوهشی مشابه، نیز بیشترین عملکرد پیازهای دختری در عمق ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شد (Moallem Banhangi et al., 2019). البته به نظر می‌رسد که افزایش عمق کاشت زعفران به بیش از ۱۰سانتی‌متر باعث می-شود گیاه برای رسیدن جوانه‌های گل و برگ به سطح

خاک نیاز به صرف انرژی بیشتری داشته (Koocheki & Seyyedi, 2019) که این امر می‌تواند عملکرد اقتصادی مزرعه را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد. از آنجا که بخش بیشتری از انرژی مورد نیاز برای مرحله گل‌دهی زعفران از اندوخته‌های غذایی پیازهای مادری به‌دست می‌آید (Koocheki & Seyyedi, 2020)، به نظر می‌رسد که افزایش عمق کاشت باعث صرف انرژی و مواد غذایی بیشتری از پیازها در مرحله گل‌دهی می‌شود، لذا پیازهای دختری که پس از مرحله گل‌دهی شروع به رشد می‌کنند، سهم انرژی کمتری از پیازهای مادری دریافت می‌کنند و همین امر باعث تولید پیازهای دختری کوچک‌تر می‌گردد که بر پتانسیل گل‌آوری و میزان گل‌دهی در سال‌های بعد نیز تاثیر منفی خواهد داشت. با توجه به این مسئله، به نظر می‌رسد که عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر باعث افزایش عملکرد زعفران در سال‌های ابتدایی کشت می‌گردد و از طرفی، می‌تواند منجر به کوتاه‌تر شدن دوره بهره‌برداری مزرعه و رشد بهتر پیازهای دختری نیز شود. درباغشاهی و همکاران (Darbaghshahi et al., 2009) بیان کردند در ایتالیا که زعفران به عنوان محصولی یکساله کشت می‌شود، عمق کاشت ۱۰-۸ سانتی‌متر توصیه می‌شود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) گزارش نمودند که عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر بیشترین کارایی را در افزایش عملکرد زعفران به ویژه طی سال‌های ابتدایی کشت دارد. دی‌خوآن و همکاران (De Juan et al., 2009) نیز با بررسی سیستم‌های کشت مختلف زعفران بیان داشتند که بیشترین عملکرد گل و پیاز در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که در دو گروه وزنی پیازهای دارای وزن متوسط و درشت (۸-۴/۱ گرم و بیش از ۸/۱ گرم) در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر، در مجموع وزن خشک پیازهای دختری تولید شده بالاتر بود (جدول ۶). بر این اساس، از آنجا که عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر وزن خشک کل پیازهای دختری در گروه وزنی بیشتر از ۸/۱ گرم را ۶۷ درصد در مقایسه با عمق کاشت ۵ سانتی‌متر بهبود بخشید، به نظر می‌رسد کاشت در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر به واسطه ایجاد شرایط مناسب‌تر برای تولید پیازهای دختری درشت‌تر، می‌تواند عملکرد بالاتر زعفران در سال‌های بعد را تا حدودی تضمین می‌کند (Alipoor et al., 2015).

خصوصیات کیفی

میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال تحت تأثیر معنی‌دار عوامل مربوط به مدیریت زراعی شامل عمق کاشت و میزان پیاز مادری قرار نگرفت (جدول ۷).

با وجود تاثیر غیرمعنی‌دار خصوصیات کیفی زعفران تحت تاثیر اثر ساده و متقابل عوامل زراعی مورد مطالعه شامل عمق کاشت و مقدار پیازهای مادری (جدول ۷)، مقایسه میانگین اثر ساده این عوامل بر خصوصیات کیفی شامل محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر عمق کاشت و مقدار پیاز مادری بر شاخص‌های کیفی زعفران

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of planting depth and quantity of mother corms on quality indicators of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	کروسین Crocin	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal
تکرار Replication	2	48.18	75.43	23.39
عمق کاشت (A) Planting depth (A)	1	42.82 ns	38.34ns	73.39ns
مقدار پیاز (B) Quantity of corm (B)	2	75.18ns	36.71ns	45.56ns
A×B	2	16.67 ns	18.98ns	35.40ns
خطا Error	10	256	378	445

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

ns: represent non-significant.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ساده عمق کاشت و مقدار پیاز مادری بر شاخص‌های کیفی زعفران

Table 8. Mean comparisons for the simple effects of planting depth and quantity of mother corms on quality indicators of saffron

عمق کاشت Planting depth (cm)	کروسین Crocin	پیکروکروسین Picrocrocin	سافرانال Safranal
5	185.00a*	64.21a	293.78a
10	184.25a	63.08a	291.99a
LSD (0.05)	24.82*	30.16	32.73
مقدار پیاز مادری **Rates of mother corm (t/ha)**			
10	184.25a	63.18a	293.02a
15	184.75a	62.24a	294.18a
20	184.83a	63.05a	292.42a
LSD (0.05)	24.82	30.16	32.73

*میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان در هر ستون و برای هر فاکتور براساس مقدار LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

*Means with same overlap (s) in each column and for each factor have not significant difference based on LSD value (p≤0.05).

تحقیقات نشان داده است که 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) که در این مطالعه نیز این سه شاخص اندازه‌گیری شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که سنتز و تولید متابولیت‌های ثانویه در زعفران عمدتاً توسط خصوصیات ژنتیکی و عوامل محیطی کنترل می‌شود (Lage & Cantrell, 2009; Zarinkamar et al., 2011) و کمتر تحت تأثیر مدیریت زراعی قرار می‌گیرد. در همین راستا کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016b) نیز گزارش کردند که نسبت‌های کشت مخلوط با زیره‌سبز تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کیفی زعفران نداشت. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2020) طی مطالعه‌ای روی اثر آرایش‌های کشت مخلوط دو گیاه پنیرک و زعفران گزارش نمودند که میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال تحت تأثیر معنی‌دار آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنیرک قرار نگرفت، با این‌وجود بهره‌گیری از کشت مخلوط باعث بهبود خصوصیات کیفی کلاله زعفران شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش روی اثر دو عامل مدیریت زراعی شامل عمق کاشت و میزان پیاز مادری در واحد سطح بر شاخص‌های عملکرد گل، کلاله، پیازهای دختری و خصوصیات کیفی زعفران در شرایط الگوبرداری از مدیریت کشاورزان (On-farm) نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گل زعفران تنها تحت تاثیر معنی‌دار مقادیر مختلف پیاز کشت شده قرار گرفتند، در حالی‌که هر دو تیمار عمق کاشت و مقادیر مختلف پیاز تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد پیازهای دختری زعفران داشت. افزایش مقدار پیاز تا ۲۰ تن در هکتار سبب افزایش تعداد گل، عملکرد گل تر و وزن خشک کلاله شد. بیشترین عملکرد پیازهای دختری نیز در تیمار ۲۰ تن پیاز در هکتار و عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. حداکثر فراوانی پیازهای بالاتر از ۸ گرم در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر و ۱۰ تن پیاز در هکتار مشاهده شد. در مجموع، به‌نظر می‌رسد که هدف‌گذاری برای کشت مزارع زعفران می‌تواند تعیین‌کننده عملیات مطلوب زراعی باشد. در صورتی که هدف از کشت زعفران حصول حداکثر عملکرد گل در سال‌های اولیه باشد، مقادیر بالاتر پیازهای کشت شده توصیه می‌گردد، اما در صورتی که هدف از کاشت زعفران به دست آوردن حداکثر عملکرد پیاز و تداوم برداشت گل از مزارع در سال‌های پیاپی باشد، مقدار پیاز کشت شده باید با مقدار پایین‌تری در نظر گرفته شود تا دستیابی به عملکرد بالاتر طی زمان حفظ گردد.

سپاسگزاری

بودجه این پروژه از محل اعتبار طرح پژوهه شماره ۴۷۰۱۳ مورخ ۱۳۹۷/۴/۲۰ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Alipoor, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M. A., & Sayyari, M. H. (2015). Effect of Bio-, Manure and Chemical Fertilizers and Corm Weight on the Corm Characteristics of Saffron (Crocus sativus).

Aminifard, M. H., & Amiri, M. B. (2021). Growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by different levels of fulvic acid and cow manure in the second growing season. *J. Hortic. & Postharvest Res.* 57-68. [In Persian].

Askari-Khorasgani, O., & Pessarakli, M. (2019). Shifting saffron (Crocus sativus L.) culture from traditional farmland to controlled environment (greenhouse) condition to avoid the negative impact of climate changes and increase its productivity. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(19), 2642-2665.

Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Scrano, L., Cicco, N., & Candido, V. (2020). The influence of soil physical and chemical properties on saffron (Crocus sativus L.) growth, yield and quality. *Agronomy*, *10*(8), 1154.

Darbaghshahi, M. N., Khajebashi, S.M., Banitaba, S.A., & Dehdashti, S. M. (2009). Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan Region. *Seed & Plant*. 24(4), 657-643. [In Persian].

Dastranj, M., & Sepaskhah, A. R. (2019). Saffron response to irrigation regime, salinity and planting method. *Scientia Horticulturae*, *251*, 215-224.

de Juan, J. A., Córcoles, H. L., Muñoz, R. M., & Picornell, M. R. (2009). Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops and Products*, *30*(2), 212-219.

Ebrahimi, M., Pouyan, M., Shahi, T., Fallahi, H. R., Hoseini, S., Ragh Ara, H., & Branca, F. (2022). Effects of organic fertilisers and mother corm weight on yield, apocarotenoid concentration and accumulation of metal contaminants in saffron (Crocus sativus L.). *Biological Agriculture & Horticulture*, *38*(2), 73-93.

Esmaeilian, Y., and Amiri, M. (2018). 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 Agron. & Technol*. 6(4), 429-444. [In Persian with].

Esmi, R., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., & Ahmadian, A. (2018). Effects of mother corm weight and cow manure on saffron flower and corm yield. *Saffron Agron. & Technol*. 6(4), 445-460. [In Persian].

Fallahi, H. R., Aghhavani-Shajari, M., Sahabi, H., Behdani, M. A., Sayyari-Zohan, M. H., & Vatandoost, S. (2021). Influence of some pre and post-harvest practices on quality of saffron stigmata. *Scientia Horticulturae*, *278*, 109846.

Husaini, A. M. (2014). Challenges of climate change: Omics-based biology of saffron plants and organic agricultural biotechnology for sustainable saffron production. *GM crops & food*, *5*(2), 97-105.

Khorramdel, S., Moallem Banhangi, F., and Davarpanah, S.J. (2020). Effect of intercropping patterns with mallow on replacement corms and flower yield and qualitative criteria of saffron in the third year. *Saffron Agron. & Technol*. 8(4), 479-495. [In Persian].

Khorramdel, S., Nasrabadi, S. E., & Mahmoodi, G. (2015). Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levels on saffron (Crocus sativus L.) growth and yield components. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, *2*(1), 9-14.

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Moallem Banhangi, F., & Shabahang, J. (2019). Optimization of cow manure levels and corm weight in saffron by central composite design. *Journal of Saffron Research*. 6(2), 233-249. [In Persian].

Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Moallem Banhangi, F., and Shabahang, J. (2019). Optimization of cow manure levels and corm weight in saffron by central composite design. *Journal of Saffron Research*. 6(2), 233-249. [In Persian].

Koocheki, A., & Seyyedi, S. M. (2019). Mother corm origin and planting depth affect physiological responses in saffron (Crocus sativus L.) under controlled freezing conditions. *Industrial Crops and Products*, *138*, 111468.

Koocheki, A., and Seyyedi, S.M., 2020. Saffron "seed", the corm. In: Saffron (pp. 93-118). Woodhead Publishing.

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., & Mohammadabadi, 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. Water Soil*. 25(1), 196-206. [In Persian].

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., & Seyyedi, S. (2014). Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting. *J. Agroecol*. 6(4), 719-729. [In Persian].

Koocheki, A., Seyyedi, S. M., & Gharaei, S. (2016). Evaluation of the effects of saffron–cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*, *201*, 190-198.

Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M. K., & Ahuja, P. S. (2008). State of art of saffron (Crocus sativus L.) agronomy: A comprehensive review. *Food Reviews International*, *25*(1), 44-85.

Lage, M., & 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. *Scientia horticulturae*, *121*(3), 366-373.

Ministry of Agriculture-Jahad., 2020. Agricultural Statistics, (Vol. II). Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture-Jihad, Press. [In Persian].

Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G., & 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].

Molina, R. V., Renau-Morata, B., Nebauer, S. G., García-Luis, A., & Guardiola, J. L. (2010). Greenhouse saffron culture-temperature effects on flower emergence and vegetative growth of the plants. *Acta horticulturae*, (850), 91-94.

Molina, R. V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J. L., & Garcia-Luis, A. J. S. H. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (Crocus sativus L.). *Scientia horticulturae*, *103*(3), 361-379.

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2013). 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 Agron. & Technol*. 1(2), 14-28. [In Persian].

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahalati, M. (2014). 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 Crop Res*. 12(4), 605-612. [In Persian].

Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajabashi, S.M., Baniateba, S., & 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 Plant Improv. J*. 24(4), 643-657. [In Persian].

Nazarian, R., sahabi, H., Feizi, H. & Ahmadian, A., (2016). Effect of planting density on flower and corm yield of Spanish & Iranian Saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agron. & Technol*. 4(1), 19-27. [In Persian].

Nehvi, F. A., Lone, A. A., Allai, B. A., & Yasmin, S. (2010). Impact of climate change on saffron industry of Jammu and Kashmir. *Crop Improvement*, *37*(2), 203-203.

Ramezani, M., Rafiee, H., & Norouzi, H. (2019). Investigating the effective socioeconomic factors on unsustainable system of high-density planting of saffron (Case study: Gonabad county). Saffron *Agron. & Technol*. 7(2), 275-283. [In Persian].

Razavian, M., Rezvani Moghaddam, P., & Asadi, G.A. (2019). Evaluation of saffron flower and corm yield affected by different maternal corm weight and sowing depth. *Saffron Agron. & Technol*. 7(2), 155-170. [In Persian].

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., & Shabahang, J. (2013). Evaluation of growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) affected by spent mushroom compost and corm density. Saffron Res. 1(1), 13-26. [In Persian].

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., & Mollafilabi, A. (2015). Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*. 3(2), 188-203. [In Persian].

Rostami, M., & Mohammadi, H. (2013). Effects of planting date and corm density on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Malayer climatic conditions. *J. Agroecol*. 5(1), 27-38. [In Persian].

Shabahang, J., Khorramdel, S., Amin Ghafori, A., & 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.). *Journal of Saffron Research*. 1, 57–72. [In Persian].

Shahnoushi, N., Abolhassani, L., Kavakebi, V., Reed, M., & Saghaian, S. (2020). Economic analysis of saffron production. In *Saffron* (pp. 337-356). Woodhead Publishing.

Sharifi, H., Nabipour, Z., & 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 Agron. & Technol*. 9(3), 227-248. [In Persian].

Srivastava, R., Ahmed, H., Dixit, R. K., & Saraf, S. A. (2010). Crocus sativus L.: a comprehensive review. *Pharmacognosy reviews*, *4*(8), 200.

Yarami, N., & Sepaskhah, A. R. (2015). Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. *Agricultural Water Management*, *150*, 57-66.

Zare Hossain, H., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M. H., & Rahimi, H. (2014). Effects of weed management strategies on weed density and biomass and saffron (*Crocus sativus*) yield. *Saffron Agron. & Technol*. 2(1), 45-58. [In Persian].

Yarami, N., and Sepaskhah, A.R., 2015. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. Agric. Water Manag. 150, 57-66

.

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.10, No.1, Spring & Summer, 2022
p. 169-182
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.4866.1174

University of Birjand

Original Article:

Effect of Agronomic Management on Flower and Daughter Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) on-farm Trials

Surur Khorramdel[1*], Parviz Rezvani Moghaddam[2], Fatemeh Moallem Banhangi[3], Javad Shabahang[4]

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

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

3- PhD student in Agroecology, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

4- PhD, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

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

Received 03 January 2022; Accepted 08 March 2022

Abstract

Proper agronomic management is an important factor for reducing interference between plants and better absorption of resources. Therefore, nutrients loss due to soil erosion, and increased soil temperature are the most obvious problems in saffron farming systems. Herein in this study the effects of agronomic parameters such as corm rates and planting depths on flower yield, stigma yield, daughter corm yield and quality of saffron were evaluated at the Agricultural Research Field, Ferdowsi University of Mashhad, during a two-year field experiment (during 2018-2019 and 2019-2020) as factorial layout with a randomized complete block design based on on-farm trials. Treatments were mother corm rates (10, 15 and 20 t corms per ha), and two planting depths (5 and 10 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, number and weight of daughter corms in three groups such as <4, 4.1-8 and >8.1 g and quality (such as crocin, picrocrocin and safranal) in the second year of experiment. The results showed that the planting depth had not significant effect on flower yield and corm yield. Increasing mother corm rate from 10 to 20 t per ha improved flower number (112 flowers per m^2), fresh weight of flower (49.71 g/m^2) and dried weight of stigma (1.11 g/m^2). The highest daughter corm yield was observed in 20 t corms per ha+ 10 cm (181.3 g/m^2). Based on the results, if the purpose of saffron cultivation is to achieve the highest flower yield in the first year, it is recommended to increase corm density. However, if the purpose is to obtain the maximum daughter corm yield, so the corm rates per unit area should be considered less. In sum, considering the water shortage especially in arid and semi-arid regions, agronomic management increases land efficiency, improves flower yield and corm yield and increase farmers' income during perennial life cycle of saffron as a niche crop.

Keywords: Daughter corms, Planting depth, Flowering, Ecological niche crop, Planting density.