



## مقاله پژوهشی

# تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط با گیاه پنیرک بر عملکرد بنه‌های دختره و گل و خصوصیات کیفی زعفران در سال سوم

سرور خرم‌دل<sup>۱\*</sup>، فاطمه معلم بنه‌نگی<sup>۲</sup> و سید جلیل داورپناه<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۶ آذر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: ۱۸ تیر ۱۳۹۹

خرم‌دل، س.، معلم بنه‌نگی، ف.، و داورپناه، س.ج. ۱۳۹۹. تأثیر آرایش‌های کشت مخلوط با گیاه پنیرک بر عملکرد بنه‌های دختره و گل و خصوصیات کیفی زعفران در سال سوم. زراعت و فناوری زعفران، ۸(۴): ۴۹۵-۴۷۹.

## چکیده

مزرعه زعفران، طی شروع دوره رکود تا گلدهی بدون رشد است و افزایش دمای خاک و کاهش کارایی استفاده از زمین از جمله مشکلات اصلی تک‌کشتی این گیاه محسوب می‌شوند. به منظور بررسی تأثیر انواع آرایش‌های کشت مخلوط گیاه دارویی چندساله پنیرک (*Malva sylvestris* L.) با زعفران (*Crocus sativus* L.) بر رشد بنه و عملکرد گل به منظور تخفیف اثر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سه سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا درآمد. تیمارها شامل فاصله ردیف ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر زعفران از پنیرک و کشت خالص پنیرک و زعفران بودند. نتایج سال سوم نشان داد که اثر آرایش‌های کشت مخلوط با پنیرک بر شاخص‌های عملکرد گل و بنه زعفران معنی‌دار بود. مقایسه بین تیمارهای خالص با مخلوط نشان داد که بیشترین تعداد گل، عملکرد کلاله خشک و عملکرد بنه‌های دختره در کشت خالص به ترتیب برابر با ۸۱ گل در متر مربع، ۰/۲۱۱۵ گرم بر متر مربع و ۲۶/۵۱ گرم بر مترمربع مشاهده شد. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بیشترین مقدار برای فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب با ۴۶ گل در متر مربع، ۰/۱۵۵ گرم بر متر مربع و ۱۳/۳۹ گرم بر متر مربع بدست آمد. محتوی کروسین، پیکروکروسین و سافرانال تحت تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط با پنیرک قرار نگرفت. اثر کشت مخلوط با زعفران بر وزن گل تر، وزن خشک گل و تعداد شاخه جانبی پنیرک معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک گل پنیرک برای فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر با ۲۸/۸۹ گرم بر متر مربع مشاهده شد. دامنه نسبت برابری زمین ۱/۰۱-۱/۷۷ محاسبه شد که بالاترین میزان برای فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متری پنیرک از زعفران بود.

**کلمات کلیدی:** عملکرد کلاله، محتوی کروسین، نسبت برابری زمین

۱- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\*- نویسنده مسئول: (khorramdel@um.ac.ir)

## مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی یک‌ساله در مزارع چند ساله و متعلق به خانواده زنبقیان است که گلدهی آن در پاییز می‌باشد. این گیاه از اواخر اردیبهشت و تابستان خشک شده و به خواب می‌رود (Molina et al., 2004). این گیاه در نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا به ویژه ایران کاشته می‌شود و بومی منطقه خراسان است (Khanali et al., 2016; Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009) که نقش مهمی در اقتصاد کشاورزی و معیشت روستاییان این استان ایفاء می‌نماید (Bouzarjmeiri et al., 2016; Nasabian & Jafari, 2016; Khorramdel et al., 2018). بررسی‌ها نشان داده است که به دلیل شکل پوشش گیاهی و گسترش نسبتاً ضعیف سیستم ریشه‌ای زعفران، بخش قابل توجهی از منابع مورد بهره‌برداری این گیاه قرار نمی‌گیرد (Koocheki & Seyyedi, 2016b; Koocheki & Seyyedi, 2015; Fallahi et al., 2015). عزیزی ژوهان و همکاران (Azizi-Zohan et al., 2008) گزارش کردند با وجودی که زعفران گیاهی دارای نیاز آبی کم و نسبتاً مقاوم به تنش خشکی می‌باشد، ولی دستیابی به عملکرد مطلوب، نیازمند آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی گیاه در دوره رشد سبزینه‌ای می‌باشد.

عوامل متعددی بر عملکرد گیاه زعفران تأثیر گذارند که دما، یکی از مهم‌ترین این عوامل است و می‌تواند از طریق گلدهی نقش بسزایی بر عملکرد آن داشته باشد (Koocheki et al., 2009). به طوری که بررسی‌ها نشان داده است گل‌انگیزی و عملکرد زعفران به طور مستقیم با دمای محیط و به تبع آن دمای خاک در ارتباط است، البته وقوع درجه حرارت‌های بالا در طی تابستان می‌تواند نقش منفی بر عملکرد زعفران داشته باشد (Esmaelnejad, 2017). از آنجا که گیاه زعفران بخشی از بهار و تابستان را در حالت خواب سپری می‌کند و در طی این دوره فاقد اندام‌های رویشی است (Kafi et al., 2002; Koocheki et al.,

2019)، لذا مشخص شده است قرارگیری اندام‌های هوایی گیاهان همراه بر سطح خاک از طریق سایه‌اندازی و کاهش دمای خاک به ویژه طی سال‌های اخیر به دلیل وقوع خشکسالی‌ها و با توجه به کاهش سطح منابع آب زیرزمینی می‌تواند احتمالاً از طریق ارتقاء خدمات و کارکردهای گیاه همراه همچون کاهش دما و مطلوب شدن شرایط برای رشد بنه‌های مادری سبب تحریک گلدهی شده و افزایش عملکرد زعفران را در پی داشته باشد (Koocheki et al., 2006; Koocheki et al., 2019). علاوه بر این که بهبود کارایی استفاده از زمین و به تبع آن افزایش درآمد را نیز موجب می‌گردد (Koocheki et al., 2019). البته، به دلیل ویژگی‌های خاص زعفران بایستی انتخاب گیاه همراه با دقت انجام شود (Khorramdel et al., 2016). گیاهان همراه از طریق افزایش ماده آلی و در نتیجه افزایش نفوذ باران و نزولات آسمانی، ممانعت از رشد علف‌های هرز، افزایش زیست‌توده میکروبی خاک و تشدید فعالیت‌های ریزجانداران خاکزی، نقش مهمی در کشاورزی پایدار نیز ایفاء می‌کنند (Jahan et al., 2013). همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که کشت زعفران با دیگر گیاهان مزایایی از قبیل کنترل علف‌های هرز را به دنبال دارد و علاوه بر آن، سایه‌اندازی گیاهان همراه به موجب سایه‌اندازی و خنک‌تر شدن خاک، باعث افزایش عملکرد گل و بنه در زعفران می‌شود (Koocheki et al., 2006; Koocheki et al., 2016a).

از جمله گیاهان همراه می‌توان به گیاه دارویی ارزشمند پنیرک (*Malva sylvestris* L.) اشاره کرد که از مواد موثره آن در درمان زخم‌های معده، ناراحتی‌های گوارشی، سرفه و... استفاده می‌شود. از آنجا که گیاهان دارویی نقش مهمی در صنعت پزشکی ایفاء می‌کنند (Christodoulou et al., 2015; Shahabzadeh et al., 2013)، لذا تولید پایدار این گیاهان همچون بهره‌گیری از کشت مخلوط در شرایط عدم مصرف

و ایجاد یک منبع درآمد جانبی برای کشاورزان می‌تواند مفید باشد. لذا هدف از اجرای این آزمایش چندساله بررسی تأثیر انواع آرایش‌های کشت مخلوط با گیاه دارویی چندساله پنیرک بر عملکرد گل و بنه و خصوصیات کیفی زعفران به عنوان راهکاری پایدار برای تخفیف اثرات تغییر اقلیم و گرمایش جهانی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، در سه سال زراعی متوالی ۹۵-۱۳۹۴، ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا درآمد. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و میزان عناصر از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری از نقاط مختلفی از خاک مزرعه به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام شد که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

لازم به ذکر است که سال قبل از اجرای مطالعه، زمین مورد نظر آیش و سال قبل از آن زیر کشت یونجه بوده است که این امر بهبود خصوصیات شیمیایی خاک را به دنبال داشته است. در اوایل شهریور ماه پس از شخم اولیه و دیسک و تسطیح زمین به وسیله لولر، کرت‌هایی به ابعاد ۲×۴/۵ متر، توسط کارگر ایجاد شد. بین هر کرت پشته‌هایی با عرض ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها یک متر فاصله در نظر گرفته شد. چهل تن در هکتار کود دامی پوسیده از نوع گاوی قبل از کاشت به خاک اضافه و با لایه سطحی خاک به طور کامل مخلوط شد. خصوصیات شیمیایی کود آلی شامل میزان عناصر معدنی قابل دسترس (شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، اسیدیته و هدایت الکتریکی) نیز قبل از افزودن شدن به خاک اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۲).

نهاده‌های شیمیایی امری ضروری در حفظ بهبود کیفیت محسوب می‌شود. جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، تعیین آرایش کاشت مطلوب و تراکم مناسب ضروری می‌باشد، چرا که اگر گیاهان بر مبنای آرایش مطلوب بر سطح خاک توزیع نشده باشند، منابع موجود به ویژه نور به صورت کامل مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند که علاوه بر کاهش عملکرد، هدررفت سایر منابع را نیز موجب می‌گردد. از طرف دیگر، اگر تراکم بالاتر از حد مطلوب انتخاب شده باشد، تشدید رقابت را به دنبال دارد، بنابراین انتخاب آرایش مناسب کاشت از طریق بهره‌برداری از نور می‌تواند در حصول عملکرد مطلوب بسیار مفید باشد (Barkhi et al., 2009). علاوه بر این، از آنجا که در کشور ما نزولات جوی کم و منابع آب محدود است، از این منظر نیز انتخاب آرایش مطلوب کاشت از طریق استفاده بهینه از منابع به ویژه آب و سایه‌اندازی بر سطح خاک به واسطه ممانعت از تبخیر و تعرق مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری به نظر می‌رسد (Onnabi Milani, 2002).

بر این اساس، با توجه به اینکه روش‌های معمول اصلاح نباتات برای گیاه زعفران به دلیل دارا بودن سه سری کروموزوم در سلول‌های سوماتیکی، پیشرفت چندانی نداشته (Kafi et al., 2002) و بنه‌های مادری نقش مهمی در گل‌انگیزی و تولید عملکرد این گیاه ایفاء می‌کند (Alipoor Miandehi et al., 2012; Renau-Morata et al., 2014) و از طرفی در نظر گرفتن شرایط اقلیمی مناطق زعفران‌کاری و وجود درجه حرارت‌های نسبتاً بالا در این مناطق، بنظر می‌رسد که کشت مخلوط زعفران با گیاهان همراه بتواند از طریق سایه‌اندازی، در تعدیل دمای خاک و به تبع آن افزایش طول دوره رویشی، تحریک گل‌انگیزی، افزایش طول دوره تخصیص مواد فتوسنتزی از بنه مادری به بنه‌های دخترتی و بهبود رشد بنه‌های دخترتی موثر واقع شود. علاوه بر این که کاشت گیاه همراه به عنوان یک محصول جانبی جهت استفاده بهینه از زمین در بقیه فصول سال

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (۰-۲۵ سانتی‌متر)

Table 1- Physical and chemical criteria of soil (0-25 cm)

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن کل Total N (mg.kg <sup>-1</sup> )	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH
لوم سیلت Silty loam	194.38	55.5	653	0.95	1.63	0.48	7.78

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی کود حیوانی

Table 2- Chemical properties of manure

رطوبت Moisture (%)	پتاسیم K (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر P (mg.kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH
38.2	1.45	0.386	0.997	1.4	7.46

ردیف‌های پنیرک کاشته شدند. در کشت خالص زعفران عملیات کاشت مطابق با عرف کشاورزان انجام شد. بنه‌های زعفران در اواخر خرداد ماه بنا به توصیه کشاورزان منطقه با تراکم ۱۰ تن در هکتار به صورت تسبیحی و به شیوه دستی کاشته شدند. بنه‌ها از منطقه زاوه تربت حیدریه تهیه شد. قبل از کاشت یک نمونه ۳۰ کیلوگرمی از بنه‌ها جدا شده و بر اساس وزن بنه‌ها تفکیک شد. مشخصات وزنی بنه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

بذرهای پنیرک بر مبنای آرایش کاشت یک‌طرفه (با فاصله بین ردیف یک متر و دهانه جوی ۵۰ سانتی‌متر) در اردیبهشت ماه سال اول کاشته شد. آرایش کاشت در تیمارهای کشت مخلوط به صورت یک ردیف ردیف در میان پنیرک و زعفران در نظر گرفته شد، به گونه‌ای که حد فاصل هر دو ردیف پنیرک یک ردیف زعفران کاشته شد. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط هر کرت شامل چهار ردیف پنیرک و چهار ردیف زعفران بود. بنه‌های زعفران با فاصله ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر از

جدول ۳- گروه‌بندی بنه‌های کاشته شده بر اساس وزن بنه

Table 3- Grouping of planted corms based on corm weight

گروه‌های وزنی Weight groups (g)	12-14	10-12	8-10	6-8	4-6	2-4
درصد گروه‌های وزنی Percent of weight groups	5.17%	15.03%	32.46%	28.43%	13.51%	5.4%

به منظور بررسی صفات مورد مطالعه و اطمینان از تأثیر گیاه همراه بر رشد و عملکرد زعفران، جهت تعیین عملکرد گل، برداشت کامل گل‌ها همزمان با گلدهی از سطح کرت (در آبان ماه سال سوم) انجام شد. متغیرهای مورد اندازه‌گیری در مورد زعفران شامل تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل‌تر در واحد سطح، عملکرد خشک کلاله و وزن خشک خامه بودند. همچنین

اولین آبیاری پنیرک بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۲۱ روز یکبار به شیوه نشتی و با استفاده از سیفون در صورت نیاز انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز بنا به ضرورت در طول فصل رشد هر دو گیاه انجام شد. آبیاری زعفران مطابق با عرف کشاورزان منطقه مشهد در جوی‌های جداگانه انجام شد.

نسبت برابری زمین (LER)<sup>۱</sup> و نسبت برابری زمین اقتصادی (ELER)<sup>۲</sup>

برای ارزیابی تأثیر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط زعفران با پنیرک در مقایسه با کشت خالص، نسبت برابری زمین (LER) و نسبت برابری زمین اقتصادی (ELER) به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه شد (Gliessman, 1998; Koocheki et al., 2019).

$$LER = (Y_{si}/Y_{ss}) + (Y_{mi}/B_{ms}) \quad (1)$$

$$ELER_s = (Y_{si} \times \text{ارزش اقتصادی}) / (Y_{ss} \times \text{ارزش اقتصادی}) \quad (2)$$

$$ELER_m = (Y_{mi} \times \text{ارزش اقتصادی}) / (Y_{ms} \times \text{ارزش اقتصادی}) \quad (3)$$

$$ELER = ELER_s + ELER_m \quad (4)$$

در این معادله،  $Y_{si}$  و  $Y_{mi}$ : به ترتیب عملکرد کلاله خشک و عملکرد گل خشک پنیرک در کشت مخلوط،  $B_{ms}$  و  $B_{ss}$ : به ترتیب عملکرد کلاله خشک و عملکرد گل خشک پنیرک در کشت خالص و  $ELER_m$  و  $ELER_s$ : به ترتیب نسبت برابری زمین اقتصادی برای دو گونه زعفران و پنیرک است.

لازم به ذکر است همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد، این مطالعه طی سه سال اجرا شد، ولی به جهت اطمینان از یکنواختی اثر تیمارها و شرایط و استقرار گیاه همراه (پنیرک) بر رشد و عملکرد گیاه زعفران فقط داده‌های سال آخر در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت.

در پایان به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار Minitab17 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

در انتهای فصل رشد رویشی طی اردیبهشت ماه جهت اندازه‌گیری صفات مربوط به بنه‌های دخترتی، به طور تصادفی نمونه‌گیری از بنه‌ها از مساحت  $0.5 \times 0.5$  متر مربع و با استفاده از بیبل به روش خشکه‌کنی انجام و صفاتی همچون قطر، تعداد و عملکرد اندازه‌گیری و تعیین شد.

به منظور تعیین خصوصیات کیفی کلاله، اندازه‌گیری جذب نوری محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل WPA, S2000 UV/Vis Spectrophotometer) در طول موج‌های ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر به ترتیب برای تعیین محتوی پیکروکروسین، سافرانال و کروسین انجام شد. نتایج بر اساس حداکثر جذب یک درصد محلول آبی در طول موج‌های ذکر شده ( $E_{\lambda_{max}}^{1\%}$ ) بر مبنای ماده خشک حداقل طبق معادله زیر بیان گردید (Molina et al., 2010).

$$E_{\lambda_{max}}^{1\%} = \frac{A_{\lambda_{max}} \times 5000}{m(100-H)} \quad (1)$$

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

گل‌های پنیرک طی مرحله گلدهی به صورت روزانه جمع‌آوری و برداشت و صفات مرتبط با عملکرد گل و تعداد گل در انتهای فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، گل‌ها پس از هوا خشک شدن توزین شدند. به منظور اندازه‌گیری عملکرد بذر در پایان فصل رشد، بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای، بذرها از سطح یک متر مربع جمع‌آوری و توزین شد. در این زمان همچنین، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن کپسول در بوته، وزن بذر در بوته و تعداد بذر در بوته نیز اندازه‌گیری و ثبت شد.

1- Land Equivalent Ratio

2- Economic Land Equivalent Ratio

## نتایج و بحث

خشک کالاه و عملکرد گل تر در سطح احتمال ۵ درصد معنی-دار شد و وزن خشک خامه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۴).

شاخص‌های گل و بنه زعفران نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال سوم نشان داد که اثر فاصله ردیف کشت پنی‌رک از زعفران بر تعداد گل، عملکرد

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش‌های کشت مخلوط با پنی‌رک بر شاخص‌های عملکرد گل زعفران  
Table 4- Analysis of variance (mean squares) for the effect of intercropping patterns with mallow on flower yield traits of saffron

ضریب تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد گل تر Fresh flower yield	عملکرد خشک کالاه Dry stigma yield	تعداد گل Number of flowers	وزن خشک خامه Dry style weight
بلوک Replication	3	66.909	0.00841	662.1	0.001242
فاصله ردیف کشت Row spacing	4	45.545*	0.00823*	570.1*	0.00069 <sup>ns</sup>
خطا Error	12	8.403	0.00197	108.3	0.00040
ضریب تغییرات C.V. (%)		34.43	16.61	67.17	10.22

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% level, respectively.

شده است. همچنین در بین تیمارهای مربوط به کشت مخلوط بیشترین عملکرد گل تر زعفران در فاصله کشت ۳۰ سانتی‌متری با پنی‌رک و کمترین عملکرد گل تر با ۷۶ درصد کاهش در فاصله کشت ۶۰ سانتی‌متری پنی‌رک حاصل شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد گل تر در تیمار کشت خالص زعفران به دست آمد. به نظر می‌رسد که اختصاص فضای بیشتر در تیمار کشت خالص منجر به افزایش عملکرد گل در مقایسه با آرایش‌های کشت مخلوط با پنی‌رک

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنی‌رک بر شاخص‌های عملکرد گل زعفران  
Table 5- Mean comparisons for the effect of different intercropping patterns with mallow on flower yield indicators of saffron

فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns (cm)	عملکرد گل تر Fresh flower yield (g.m <sup>-2</sup> )	تعداد گل در متر مربع Flower number (No.m <sup>-2</sup> )	عملکرد خشک کالاه Dry stigma yield (g.m <sup>-2</sup> )
15	9.72	27	0.090
30	13.39	46	0.155
45	7.19	20	0.0286
60	3.13	9.33	0.0366
کشت خالص زعفران Sole saffron cultivation	26.51	81	0.2115
LSD (0.05)*	5.12	18.3	0.078

\* میانگین‌های هر ستون که بزرگتر از مقادیر LSD در سطح احتمال پنج درصد باشند، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD دارند.  
\* Means within each column followed by larger than the LSD are significantly different at  $p \leq 0.05$  as determined by LSD test.

(۴). در مقایسه بین تیمارهای مخلوط و خالص، مشابه سایر صفات مربوط به گل، حداکثر تعداد گل مربوط به تیمار کشت

تعداد گل زعفران نیز با اطمینان ۹۵ درصد تحت تأثیر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنی‌رک قرار گرفت (جدول

(Khosravi, 2005) روی کشت مخلوط زعفران با زیره سیاه و کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) روی کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش موید آن است که کشت مخلوط از طریق سایه‌اندازی و کاهش دمای خاک موجب تحریک گل-انگیزی و بهبود عملکرد گل شد که این امر می‌تواند در شرایط اقلیمی فعلی که شرایط محیطی نوسانات زیادی به ویژه از نظر دما و بارندگی تجربه می‌کند، مفید واقع گردد. همچنین از آنجا که تعادل دسترسی به عناصر غذایی یکی دیگر از مهمترین عوامل موثر بر رشد بنه‌های دخترتی و عملکرد کلاله زعفران است (Behnia et al., 1999; Koocheki & Seyyedi, 2015; Koocheki & Seyyedi, 2016a)، بر این اساس به نظر می‌رسد که تجزیه تدریجی بقایای گیاه همراه پنیرک طی فصل‌های پاییز و زمستان متقارن با مراحل گلدهی و رشد رویشی زعفران، احتمالاً بدلیل افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات شیمیایی خاک افزایش رشد، بهبود تعداد گل و به تبع آن عملکرد کلاله را موجب شده است. در این راستا کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016a) گزارش نمودند که کشت مخلوط زیره سبز با زعفران، افزایش تعداد گل و عملکرد خشک کلاله را به دنبال داشت.

وزن خشک کلاله با اطمینان ۹۵ درصد تحت تأثیر آرایش-های کشت مخلوط با پنیرک قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اختصاص فضای بیشتر در کشت خالص زعفران، منجر به حصول بالاترین وزن خشک کلاله در این تیمار شد. همچنین در مقایسه بین تیمارهای مخلوط آرایش کاشت پنیرک با زعفران مشخص شد که بیشترین عملکرد کلاله در فاصله کشت ۳۰ سانتی‌متر از پنیرک بدست آمد؛ به طوری که در بین تیمارهای کشت مخلوط، افزایش فاصله ردیف پنیرک از زعفران از ۳۰ به ۶۰ سانتی‌متر، منجر به کاهش ۷۶ درصدی در وزن خشک کلاله گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد که علاوه بر تأثیر سایه‌اندازی پنیرک بر زعفران، آبیاری پنیرک به عنوان

خالص زعفران بود. در مقایسه بین آرایش‌های کشت مخلوط با پنیرک، بیشترین تعداد گل در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر پنیرک از زعفران (۴۶ گل در مترمربع) و کمترین تعداد گل برای تیمار فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر (۹/۳ گل در مترمربع) مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد که وجود فاصله بیشتر بین ردیف‌های کشت پنیرک با زعفران در آرایش‌های کاشت با فاصله بیشتر از پنیرک باعث شده که تأثیر سایه‌اندازی گیاه همراه پنیرک بر ردیف کشت کاهش یافته و تعدیل دمای خاک در این آرایش-های مخلوط به خوبی انجام نشده باشد. به همین دلیل میزان افزایش عملکرد گل در این تیمار (فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر پنیرک از زعفران) در مقایسه با افزایش عملکرد در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متری بسیار کمتر بود (جدول ۳). از طرف دیگر، به نظر می‌رسد که همراهی با گیاه دارویی پنیرک در کشت مخلوط با زعفران از طریق سایه‌اندازی و خنک شدن سطح خاک موجب بهبود شرایط رشدی برای بنه‌های دخترتی شده که این امر از طریق تحریک تولید گل، افزایش وزن گل تر و وزن خشک کلاله را به دنبال داشته است. نتایج بررسی‌ها مؤید آن است که پخش کلش بر سطح خاک از طریق تعدیل دما موجب تسریع در زمان ظهور گل و به تبع آن افزایش عملکرد گل شده است. با توجه به این نکته که القای گل‌دهی زعفران در طی تابستان شکل می‌گیرد (Khorramdel et al., 2016; Benschop, 1993) و وجود درجه حرارت‌های بالا می‌تواند موجب تأخیر در ظهور گل و در نتیجه کاهش عملکرد زعفران گردد (Molina et al., 2005)، لذا به نظر می‌رسد که کشت مخلوط پنیرک با زعفران به دلیل بهبود شرایط رشدی برای بنه‌ها نظیر خنک شدن سطح خاک تحت تأثیر سایه‌اندازی گیاه همراه منجر به افزایش عملکرد گل در زعفران گردیده است. گلوی و همکاران (Galavi et al., 2009) نیز در تایید نتایج فوق بیان داشتند که پتانسیل رشد و عملکرد زعفران تحت تأثیر تعدیل دمای خاک به واسطه مصرف مالچ کلش گندم افزایش می‌یابد. نتایج مطالعات خسروی

های مختلف محیطی به ویژه خشکی و درجه حرارت‌های بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند، به ارمان آورد. البته همانگونه که قبلاً نیز تأکید گردید، موفقیت در کشت مخلوط بستگی به انتخاب صحیح گیاه همراه دارد (Khorramdel et al., 2016; Naderi Darbaghshahi et al., 2013; Asadi et al., 2016). لذا پیشنهاد می‌شود خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی و نیازهای محیطی گونه‌های همراه به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، در بین خصوصیات مربوط به بنه زعفران، فاصله ردیف در کشت مخلوط با پنیرک تنها بر عملکرد بنه دختری با سطح اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشت و سایر صفات شامل تعداد و متوسط قطر بنه-های دختری تحت تأثیر تیمارهای مورد آزمایش قرار نگرفتند (جدول ۵).

گیاهی بهره در فصل تابستان احتمالاً از طریق خنک شدن خاک و بهبود شرایط برای رشد بنه‌ها تأثیر مثبتی بر بهبود عملکرد کلاله داشته است. افزایش عملکرد زعفران به واسطه آبیاری تابستانه توسط سایر محققین نیز اثبات شده است (Farooq et al., 1983; Koocheki et al., 2006). همچنین همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، افزایش فاصله ردیف پنیرک از زعفران از ۳۰ سانتی‌متری به بالا به واسطه تأثیر کمتر سایه‌اندازی پنیرک بر زعفران، اثر کمتری بر افزایش عملکرد کلاله نشان داد. بر این اساس از آنجا که تنوع زیستی و پایداری مهم‌ترین ره‌آورد بکارگیری کشت مخلوط به عنوان مدیریت زراعی در سیستم‌های کشاورزی است (Yin et al., 2017; Gliessman, 1998)، پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از کشت مخلوط زعفران با سایر گیاهان دارویی نظیر پنیرک، بهبود تنوع زیستی و به تبع آن پایداری و ثبات را برای بوم‌نظام‌های تولید این گیاه که به میزان زیادی تحت تأثیر نوسانات اقلیمی و تنش-

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنیرک بر شاخص‌های عملکرد بنه زعفران  
Table 6- Analysis of variance (mean squares) for the effect of different intercropping patterns of mallow on corm indicators of saffron

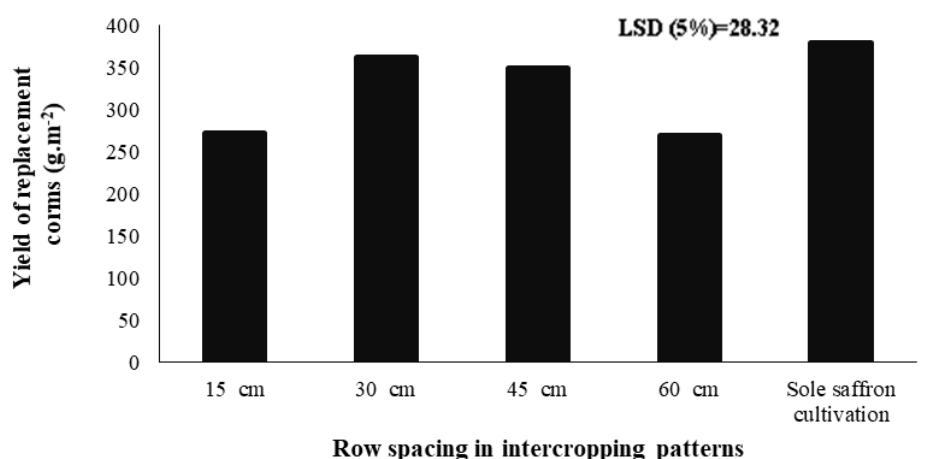
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد بنه‌های دختری Yield of replacement corms	تعداد بنه‌های دختری Number of replacement corms	متوسط قطر بنه‌های دختری Mean diameter of replacement corms
بلوک Replication	3	1985	625	0.0255
فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns	4	12631*	809.6 <sup>ns</sup>	0.00627 <sup>ns</sup>
خطا Error	12	19262	1019.4	0.01459
ضریب تغییرات C.V. (%)		32.20	28.16	25.9

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% probability levels, respectively.

۳۰ سانتی‌متری زعفران از پنیرک به دست آمد (شکل ۱).

بر اساس جدول مقایسه میانگین بیشترین عملکرد بنه دختری در کشت خالص زعفران و سپس در تیمار فاصله ردیف





شکل ۱- مقایسه میانگین اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنیرک بر عملکرد بنه‌های دخترتی زعفران

**Figure 1- Mean comparisons for the effect of different intercropping patterns with mallow on yield of replacement corms of saffron.**

\* میانگین‌های بزرگتر از مقادیر LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD دارند.

\* Means followed by larger than the LSD are significantly different at  $p \leq 0.05$  as determined by LSD test.

دمای مطلوب برای القای گلدهی ۲۳ درجه سانتی‌گراد است (Molina et al., 2005)، لذا پایین بودن میزان ماده آلی خاک در مزارع زعفران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) از یکطرف و عدم وجود اندام‌های رویشی طی این زمان بر سطح خاک به دلیل بالا بودن دما و وقوع نوسانات دمایی خاک، علاوه بر ایجاد تنش‌های حرارتی و رطوبتی به بنه‌های دخترتی، تشدید فرسایش را نیز موجب می‌گردد. لذا در این آرایش‌های کشت مخلوط به نظر می‌رسد اثر مثبت کشت مخلوط با پنیرک بر بهبود تولید زعفران بیشتر مربوط به پوشش سطح خاک توسط گیاه همراه می‌باشد که باعث افزایش کارایی مصرف منابع، ارتقاء بهره‌وری (Yadav et al., 2018)، تخفیف دما (Yin et al., 2014; Wang et al., 2014; Chen et al., 2020)، کاهش تبخیر و ترق و جلوگیری از تلفات عناصر غذایی (Ebrahimian et al., 2011; Murungu et al., 2016) به ویژه طی دوره رکود زعفران (Koocheki et al., 2016b; Rezvani Moghaddam et al., 2013) می‌شود. بر این اساس بکارگیری کشت مخلوط در مزارع

همانگونه که قبلاً نیز ذکر گردید و در بیشتر مقالات مربوط به کشت مخلوط مورد تأیید اکثر محققان می‌باشد، اختصاص فضای بیشتر در کشت خالص منجر به افزایش عملکرد بنه‌های دخترتی شده است. همچنین در بین تیمارهای کشت مخلوط، احتمالاً کنترل بهتر دما به واسطه سایه‌اندازی گیاه همراه پنیرک در دو تیمار ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر منجر به ایجاد شرایط مناسب‌تر در خاک و در نتیجه بهبود رشد و عملکرد بنه‌های دخترتی شده است (شکل ۱). در این راستا گلوی و همکاران (Galavi et al., 2009) با بررسی اثر سایه‌اندازی بر رشد زعفران تحت تأثیر کاربرد مالچ، نیز نتایج فوق را تأیید کردند. بر طبق گزارشات و مشاهدات، مزرعه زعفران طی اردیبهشت تا مهر ماه معمولاً بدون رشد رویشی است و بنه‌های دخترتی در حال گذرانیدن دوره رکود می‌باشند (Koocheki & Seyyedi, 2015; Koocheki et al., 2019; Renau-Morata et al., 2012)؛ در حالی که القای گلدهی در این زمان به وقوع می‌پیوندد (Koocheki & Seyyedi, 2016b). از طرف دیگر، از آنجا که

همراه خواهد داشت.

### خصوصیات کیفی زعفران

میزان کروسین، پیکروکروسین و سافراناال تحت تأثیر معنی- دار آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنیرک قرار نگرفت (جدول ۷).

زعفران می‌تواند به عنوان راهکاری پایدار برای کاهش فرسایش، جلوگیری از تلفات آب به صورت تبخیر و به تبع آن افزایش کارایی مصرف آب و همچنین تخفیف و تعدیل دمای خاک به واسطه سایه‌اندازی بر سطح خاک مدنظر قرار گیرد. علاوه بر این، مشخص است که پنیرک علاوه بر مزایای حضور خود به عنوان یک گیاه دارویی مهم، در عین حال کارکردهای مثبت و قابل توجهی برای اکوسیستم‌های زراعی تولید زعفران نیز به

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با پنیرک بر شاخص‌های کیفی زعفران  
Table 7- Analysis of variance (mean squares) for the effect of different intercropping patterns of mallow on quality indicators of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	کروسین Crocic	پیکروکروسین Picrocrocic	سافراناال Safranal
بلوک Replication	3	3.299	3.417	3.417
فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns	4	0.0396 <sup>ns</sup>	0.0250 <sup>ns</sup>	0.0127 <sup>ns</sup>
خطا Error	12	0.118	0.083	0.087
ضریب تغییرات C.V. (%)		0.19	0.45	0.10

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% levels, respectively.

بین صفات مورد مطالعه فقط وزن تر و خشک گل و تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط با زعفران قرار گرفت و بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۸). چنین به نظر می‌رسد که غالبیت مطلق بوته پنیرک به نسبت زعفران از یکطرف و عدم همپوشانی فصل رشد این دو گیاه از طرف دیگر منجر به عدم تأثیر پذیری اکثر صفات مورد مطالعه در پنیرک از کشت مخلوط با زعفران شده است.

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که بالاترین عملکردتر و خشک گل برای فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر پنیرک از زعفران مشاهده شد (جدول ۹).

تحقیقات نشان داده که کیفیت زعفران متأثر از غلظت سه متابولیت ثانویه عمده شامل کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافراناال (عامل بو) می‌باشد (Lage & Cantrell, 2009; Srivastava et al., 2010). به نظر می‌رسد که سنتز و تولید متابولیت‌های ثانویه در زعفران عمدتاً توسط خصوصیات ژنتیکی کنترل می‌شود (Lage & Cantrell, 2009; Zarinkamar et al., 2011) و کمتر تحت تأثیر مدیریت زراعی همچون کشت مخلوط 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.

### شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد پنیرک

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه پنیرک نشان داد که از

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران بر اجزای عملکرد و عملکرد گل پنبه‌رک

Table 8- Analysis of variance (mean squares) for the effect of different intercropping patterns with saffron on yield components and flower yield of mallow

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	وزن گل در			وزن کیسول در			تعداد شاخه جانبی		
		تعداد گل Number of flowers	وزن گل تر Fresh flower weight	وزن خشک گل Dried flower weight	وزن کیسول در بوته Capsule number per plant	وزن بذر در بوته Seed weight per plant	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branches per plant	ارتفاع بوته Plant height	
تکرار Replication	3	12459	55.80	41.60	2454	3132	53378552	5.150	0.060	
فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns	4	125654 ns	718.93**	83.84**	4879 ns	6585 ns	229067595 ns	29.775**	0.062 ns	
خطا Error	12	32657	53.53	8.65	5054	4956	249697155	4.15	0.0581	
میانگین تغییرات C.V. (%)		15.7	23.1	18.7	42.1	20.8	29	30.1	18.7	

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 ۹- مقایسه میانگین اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران بر عملکرد گل و تعداد شاخه جانبی پنیرک

Table 9- Mean comparison for the effect of different intercropping patterns with saffron on flower yield and number of branches of mallow

فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns (cm)	وزن گل تر Fresh flower weight (g.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک گل Dry flower weight (g.m <sup>-2</sup> )	تعداد شاخه جانبی در بوته Branches number per plant
15	82.48	13.35	23.5
30	96.92	19.38	21.5
45	91.48	20.26	24
60	123.02	28.89	18.5
کشت خالص پنیرک Sole cultivation of mallow	106.30	23.30	27
LSD (0.05)*	12.9	5.19	3.60

\* میانگین‌های هر ستون که بزرگتر از مقادیر LSD در سطح احتمال پنج درصد باشند، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD دارند.

\* Means within each column followed by larger than the LSD are significantly different at  $p \leq 0.05$  as determined by LSD test.

و لویبا بیان داشتند که مواد آلوپاتیک ناشی از بنه زعفران در خاک موجب کاهش زیست‌توده اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهان مورد مطالعه شد. عسگرپور و همکاران (Asgarpour et al., 2015) نیز اظهار نمودند که کاربرد غلظت‌های عصاره آبی بنه و گلبرگ زعفران باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد اولیه تعدادی از گونه‌های علف هرز شامل تاج خروس وحشی، خاکشیر ایرانی و از مک شد.

به نظر می‌رسد که کاهش فاصله ردیف در تیمارهای کشت مخلوط با زعفران احتمالاً منجر به تأثیرپذیری بیشتر ناشی از آلوپاتی زعفران بر رشد رویشی و به تبع آن رشد زایشی پنیرک شده و لذا با کاهش فاصله کشت دو گیاه و کاهش این اثر، وزن تر و خشک گل کاهش یافت. در همین راستا اقبالی و همکاران (Eghbali et al., 2008) با بررسی اثر آلوپاتیک بقایای اندام‌های هوایی و زیرزمینی زعفران بر رشد گندم، چاودار، ماش

جدول ۱۰- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین و نسبت برابری زمین اقتصادی در آرایش‌های کشت مخلوط زعفران و پنیرک

Table 10- Mean comparisons for land equivalent ratio (LER) and economic LER (ELER) for intercropping patterns of saffron and Mallow

فاصله ردیف در آرایش‌های کشت مخلوط Row spacing in intercropping patterns (cm)	نسبت برابری زمین LER	نسبت برابری زمین اقتصادی	
		زعفران ELERs	پنیرک ELERm
15	1.773	0.427	1.345
30	1.564	0.732	0.831
45	1.005	0.135	0.869
60	1.413	0.173	1.240
LSD (0.05)*	0.363	0.263	0.141

\* میانگین‌های هر ستون که بزرگتر از مقادیر LSD در سطح احتمال پنج درصد باشند، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD دارند.

\* Means within each column followed by larger than the LSD are significantly different at  $p \leq 0.05$  as determined by LSD test.

تیمارهای مورد آزمایش در آرایش‌های کشت مخلوط دو گیاه پنیرک و زعفران بالاتر از یک محاسبه شد که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای الگوهای کشت مخلوط این دو گیاه در افزایش بهره‌وری از منابع و بهبود شرایط محیطی می‌باشد. نتایج

نسبت برابری زمین به عنوان شاخصی مهم جهت ارزیابی کارایی کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gliessman, 1998). بر اساس نتایج به دست آمده نسبت برابری زمین (LER) و نسبت برابری زمین اقتصادی (ELER) برای همه

نشان داد که فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر پنیرک از زعفران بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۷۷) را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای فاصله ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر نداشت. علاوه بر آن، در این تیمار به طور همزمان امکان تولید ۱/۵ کیلوگرم کالاله خشک زعفران و ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار گل خشک پنیرک وجود دارد که به واسطه افزایش درآمد و بهبود وضعیت اقتصادی و معیشت کشاورزان زعفران‌کار موثر باشد. بررسی نسبت‌های برابری زمین جزئی برای دو گیاه پنیرک و زعفران نیز بیانگر تأثیر مثبت کشت مخلوط بر عملکرد هر دو گیاه به ویژه زعفران بود؛ به طوری که در این تیمارها زعفران از همراهی با پنیرک تأثیر مثبت‌تری پذیرفته است. به عبارت دیگر، پنیرک به عنوان یک گیاه همراه به واسطه سایه‌اندازی بر سطح خاک و تعدیل دما نهایتاً عملکرد بالاتر زعفران را موجب شده است (جدول ۱۰). بر اساس نتایج فوق می‌توان اظهار داشت که علاوه بر کاربردهای ویژه گیاه پنیرک به عنوان یک گیاه دارویی مهم، کاربردهای این گیاه به عنوان یک گیاه همراه جهت سایه‌اندازی بر سطح خاک، تعدیل دما و افزایش بهره‌وری منابع بسیار مفید و اقتصادی می‌باشد؛ به طوری که به واسطه افزایش بهره‌وری منابع، افزایش نسبت برابری اقتصادی در تیمارهای کشت مخلوط مشاهده می‌شود. در همین راستا خسروی (Khosravi, 2005) نیز با بررسی نسبت‌های کشت مخلوط زیره سیاه با زعفران اظهار داشت که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل سایه‌اندازی بر سطح خاک و کاهش دمای آن منجر به بهبود عملکرد زعفران شد. مطالعات مختلف روی بررسی اثر تیمارهای کشت مخلوط ردیفی زعفران با مرزنجوش (Koocheki et al., 2013) و نخود (Asadi et al., 2016) نشان داده است که اجرای کشت مخلوط باعث افزایش بهره‌وری زمین و بهبود نسبت برابری زمین شد. اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari et al., 2017) با بررسی اثر کاشت گیاهان پوششی بر جمعیت علف‌های هرز و خصوصیات گل و بنه

زعفران نیز بیان داشتند که به دلیل ساختار غیرگسترده اندام‌های هوایی و زیرزمینی زعفران، از نهاده‌هایی مانند نور، فضا، آب و عناصر غذایی به خوبی استفاده نمی‌شود. از این‌رو، کاشت زعفران به صورت مخلوط با گیاهان دیگر و به ویژه گیاهان دارویی به دلیل نیاز آبی پایین و خصوصیات کارکردی منحصر به فرد و نیز کاشت گیاهان پوششی مناسب می‌تواند در افزایش بهره‌وری و کارایی استفاده از زمین و نهاده‌ها به طور ویژه‌ای مفید واقع شود.

### نتیجه‌گیری

تولید زعفران به عنوان گیاهی با آشیانه اکولوژیکی ویژه از نظر نیاز آبی پایین، بهره‌وری بالا و ارزش بالای اقتصادی به طور ویژه‌ای مورد توجه محققان قرار گرفته است. با وجود جایگاه اقتصادی این گیاه در اشتغالزایی و بهبود معیشت روستاییان، تولید آن هنوز متکی بر دانش بومی کشاورزان بوده و عملکرد آن در حال کاهش است که البته بنظر می‌رسد تغییرات اقلیمی به ویژه طی سال‌های گذشته این روند کاهشی را تشدید نموده است. نتایج این آزمایش روی اثر آرایش‌های کشت مخلوط پنیرک با زعفران نشان داد که بیشترین عملکرد زعفران به دلیل اختصاص فضای بیشتر در کشت خالص مشاهده شد. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز، فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر زعفران از پنیرک در بسیاری از صفات تأثیر مثبتی بر عملکرد گل و بنه داشت. به نظر می‌رسد که کشت مخلوط پنیرک با زعفران به دلیل بهبود شرایط رشدی بنه نظیر خنک شدن سطح خاک تحت تأثیر سایه‌اندازی بوته‌های پنیرک منجر به افزایش عملکرد گل و بنه در زعفران گردید. همچنین غالبیت این گیاه نسبت به زعفران منجر به عدم تأثیرپذیری معنی‌دار صفات آن در آرایش‌های مخلوط با زعفران شده است. بر این اساس، با توجه به بروز نوسانات اقلیمی، تغییرات دما و کاهش بارندگی در منطقه خراسان به ویژه طی سال‌های اخیر پیشنهاد می‌شود به منظور

تعدیل دمای آن، می‌تواند ارتقاء خدمات و کارکردهای بوم‌نظام-های تولید این گیاه را موجب گردد و علاوه بر جلوگیری از تلفات آب و به تبع آن بهبود کارایی مصرف آب، اشتغال‌زایی و ایجاد درآمد جانبی برای کشاورزان را به همراه داشته باشد.

بهبود سطح تولید و عملکرد زعفران، کشت مخلوط این گیاه با سایر گونه‌های دارویی چندساله هم‌چون پنبیرک مدنظر قرار گیرد که این امر علاوه بر افزایش ثبات و پایداری تولید، به واسطه سایه‌اندازی گیاه همراه، جلوگیری از نوسانات دمایی خاک و

## منابع

- Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Koocheki, A. 2017. Effects of cover crops on weeds population, agronomic characteristics, flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 5 (1): 3-19. (In Persian with English Summary).
- Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2014. Effect of manure, bio-and chemical fertilizers and corm size on saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. *Journal of Saffron Research* 1 (2): 73-84. (In Persian with English Summary).
- Asadi, G.A., Khorramdel, S., and HatefiFarajian, M.H. 2016. The effects of row intercropping ratios of chickpea and saffron on their quantitative characteristics and yield. *Saffron Agronomy and Technology* 4: 93-103. (In Persian with English Summary).
- Asgarpour, R., Khajeh-Hosseini, M., and Khorramdel, S. 2015. Effect of aqueous extract concentrations of saffron organs on germination characteristics and preliminary growth of three weed species. *Journal of Saffron Research* 3 (1): 81-96. (In Persian with English Summary).
- Azizi-Zohan, A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. *Journal of Arid Environment* 72 (3): 270-278.
- Barkhi, A., Rashed-Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., Hosseini, S.M., and Moazzen, S. 2009. Effect of planting pattern and plant density on growth, yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in competition with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Iranian Journal of Crop Science* 11 (1): 67-81. (In Persian with English Summary).
- Benschop, M. 1993. *Crocus*. In: *The Physiology of Flower Bulbs*. Hertogh, A., de Nard, M., Leed. (Eds.) Amsterdam, Elsevier, (Chapter 19). pp. 257-283.
- Bouzarjmehri, K., Shikh Ahmadi, F., and Javani, K. 2016. Investigation financial impacts of cultivating saffron on rural families with an emphasis on sustainable agriculture (Case study: Balavelayat Rural District, City of Bakharz). *Saffron Agronomy and Technology* (4): 63-73. (In Persian with English Summary).
- Chen, G., Kong, X., Gan, Y., Zhang, R., Feng, F., Yu, A., Zhao, C., Wan, S., and Chai, Q. 2018. Enhancing the systems productivity and water use efficiency through coordinated soil water sharing and compensation in strip-intercropping. *Scientific Reports* 8: e10494.
- Christodoulou, E., Kadoglou, N.P.E., Kostomitsopoulos, N., and Valsami, G. 2015. Saffron: a natural product with potential pharmaceutical applications. *Journal of Pharmacology* 67: 1634-1649.
- Ebrahimian, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., and Beheshti, A. 2016. The effect of tillage and wheat residue management on nitrogen uptake efficiency and nitrogen harvest index in wheat. *Turkish Journal of Field*

- Crops (21): 233-239.
- Eghbali, S., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Kazerooni Monfared, E. 2008. Allelopathic potential of shoot and corm of saffron residues on wheat, rye, vetch and bean. *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 227-234. (In Persian with English Summary).
- Esmaelnejad, M. 2017. Assessment and mapping of heat stress affecting the saffron in South Khorasan province. *Journal of Saffron Research* 4 (2): 159-171. (In Persian with English Summary).
- Fallahi, H.R., Alami, S., Behdani, M.A., and Aghhavani Shajari, M. 2015. Evaluation of local and scientific knowledge in saffron agronomy (Case study: Sarayan). *Journal of Saffron Research* 3 (1): 31-50. (In Persian with English Summary).
- Farooq, S., and Koul, K. 1983. Changes in gibberellins-like activity in corms of saffron plant (*Crocus sativus* L.) during dormancy and sprouting. *Journal of Plant Biochemistry* 178: 685-691.
- Galavi, M., Mousavi, S.R., and Ziyaie, M. 2009. Effects of planting depth and control of soil summer temperature on tunic production, corm propagation and leaf desiccation in end of growth period of saffron (*Crocus sativus* L.). *Asian Journal of Plant Science* 8: 375-379.
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press Michigan. 252 p.
- Himmelstein, J., Ares, A., Gallagher, D., and Myers, J. 2017. A meta-analysis of intercropping in Africa: impacts on crop yield, farmer income, and integrated pest management effects. *International Journal of Agricultural Sustainability* 15: 1-10.
- Jahan, M., Amiri, M.B., Aghhavani Shajari, M., and Tahami, M.K. 2013. Quantity and quality of (*Cucurbita pepo* L.) as affected by winter cover crops (*Lathyrus sativus* and *Trifolium resopinatam*), PGPRs and organic manures. *Iranian Journal of Field Crops Research* 11 (2): 337-356. (In Persian with English Summary).
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. *Saffron, Production and Processing*. Zaban va Adab Publications, Iran, 276 p. (In Persian).
- Khanali, M., Movahedi, M., Yousefi, M., Jahangiri, S., and Khoshnevisan, B. 2016. Investigating energy balance and carbon footprint in saffron cultivation a case study in Iran. *Journal of Cleaner Production* 115: 162-171.
- Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., and Amin Ghafari, A. 2018. Economic evaluation of agroecosystem services of saffron in the Khorasan Razavi province. *Saffron Agronomy and Technology* 6 (1): 73-89. (In Persian with English Summary).
- Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G.A., and Mirshekari, A. 2016. Effect of additive intercropping series of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with saffron (*Crocus sativus* L.) on their yield and yield components. *Journal of Saffron Research* 4: 53-71. (In Persian with English Summary).
- Khosravi, M. 2005. *Intercropping black zira (Bunium persicum) with saffron and annual crops: Agroecological and economic perspectives*. PhD Desertation, College of Agriculture, Ferdowsi University, Iran. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A. 2004. *Indigenous knowledge in agriculture with particular reference production in Iran*. *Acta Horticulture* (650): 175-182.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2015. Relationship between nitrogen and phosphorus use efficiency in saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by mother corm size and fertilization. *Industrial Crops and Products* 71: 128-137.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2016a. Effects of corm size, organic fertilizers, Fe-EDTA and Zn-EDTA foliar application on nitrogen and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus*

- L.) in a calcareous soil under greenhouse conditions. *Notulae Scientia Biologicae* 8 (4): 461-467.
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2016b. Effects of different water supply and corm planting density on crocin, picrocrocin and safranal, nitrogen uptake and water use efficiency of saffron grown in semi-arid region. *Notulae Scientia Biologicae* 8: 334-341.
- Koocheki, A., Nassiri, M., Alizadeh, A., and Ganjeali, A. 2009. Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7 (2): 583-594. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Nassiri, M., and Behdani, M.A. 2006. Agronomic attributes of saffron yield at agroecosystems scale in Iran. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Saffron Biology and Technology*. Mashhad, Iran, 28-30 October 2006. pp. 33-40.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Seyyedi, S.M. 2019. Saffron-pumpkin/watermelon: A clean and sustainable strategy for increasing economic land equivalent ratio under limited irrigation. *Journal of Cleaner Production* (208): 1327-1338.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, H.R., and Aghhavani Shajari, M. 2016a. The study of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms growth in response to planting date, irrigation management and companion crops. *Saffron Agronomy and Technology* 4 (1): 3-18. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Gharaei, S. 2016b. Evaluation of the effects of saffron-cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae* 201: 190-198.
- Molina, R.V., Renav morata, B., Nebauer, S.G., Garcia Luis, A., and Guardiola, J.L. 2010. Greenhouse saffron culture temperature effects on flower emergence and vegetative growth the plants. *Acta Horticulturae* (850): 91-94.
- Molina, R.V., Valero, M., Navaro, Y., Garcia Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarrol, Y., Guardiola, J.L., and García-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Murungu, F.S., Chiduzza, C., Muchaonyerwa, P., and Mnkeni, P.N.S. 2011. Mulch effects on soil moisture and nitrogen, weed growth and irrigated maize productivity in a warm-temperate climate of South Africa. *Soil and Tillage Research* 112: 58-65.
- Naderi Darbaghshahi, M., Jalalizand, A., and Javanmard, H. 2013. Assessment the quantitative traits of saffron in intercropping of saffron and chamomail. *The Journal of Novel Applied Sciences* 2: 238-242. (In Persian with English Summary).
- Nasabian, S., and Jafari, S. 2016. Effect of saffron export on agricultural growth: Case study of Iran and Spain. *The Journal of Agricultural Economics Research* 8: 17-36.
- Onnabi Milani, A. 2002. Evaluation of the effect of irrigation regimes on yield component and water use efficiency of wheat in a saline soil. *Journal of Water and Soil Science* 16 (1): 121-135. (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.). *Industrial Crops and Products* 39: 40-46.



- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A. 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 3 (2): 188-203. (In Persian with English Summary).
- Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, M. 2013. The effects of different levels of applied wheat straw in different dates on saffron (*Crocus sativus* L.) daughter corms and flower initiation criteria in the second year. Saffron Agronomy and Technology 1: 55-70. (In Persian with English Summary).
- Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. International Journal of Plant Production 3: 1-16.
- Shahabzadeh, Z., Heidari, B., and Dadkhodaie, A. 2013. Regenerating salt tolerant saffron (*Crocus sativus*) using tissue culture with increased pharmaceutical ingredients. Journal of Crop Science and Biotechnology 16: 209-217.
- Wang, Z. G., Jin, X., Bao, X.G., Li, X.F., Zhao, J.H., Sun, J.H., Christie, P., and Li, L. 2014. Intercropping enhances productivity and maintains the most soil fertility properties relative to sole cropping. PLOS One 9 (12): e113984.
- Yadav, G.S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Meena, R.S., Saha, P., Singh, R., and Datta, M. 2018. Energy budget and carbon footprint in a no-till and mulch based rice mustard cropping system. Journal of Cleaner Production (191): 144-157.
- Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Fan, Z., Hu, F., Fan, H., Zhao, C., Yu, A., and Coulter, J.A. 2020. Straw and plastic management regulate air-soil temperature amplitude and wetting-drying alternation in soil to promote intercrop productivity in arid regions. Field Crops Research 249: 107758.
- Yin, W., Chai, Q., Guo, Y., Feng, F., Zhao, C., Yu, A., Liu, C., Fan, Z., Hu, F., and Chen, G. 2017. Reducing carbon emissions and enhancing crop productivity through strip intercropping with improved agricultural practices in an arid area. Journal of Cleaner Production 166: 197-208.

## Effect of Intercropping Patterns with Mallow on Replacement Corms and Flower Yield and Qualitative Criteria of Saffron in the Third Year

Surur Khorramdel<sup>1\*</sup>, Fatemeh Moallem Banhangi<sup>2</sup> and Seyyed Jalil Davarpanah<sup>2</sup>

Submitted: 7 December 2019

Accepted: 8 July 2020

Khorramdel, S., Moallem Banhangi, F., and Davarpanah, S.J. 2021. Effect of Intercropping Patterns with Mallow on Replacement Corms and Flower Yield and Qualitative Criteria of Saffron in the Third Year. *Saffron Agronomy & Technology*, 8(4): 479-495.

### Abstract

A saffron field is free of vegetation from the onset of dormancy to the flowering phase, and increased soil temperature and reduced land-use efficiency are the clearest problems of sole saffron cultivation. An experiment was conducted at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during three growing seasons of 2015-2016, 2016-2017, and 2017-2018 in order to study the effect of intercropping patterns of mallow (*Malva sylvestris* L.) as a perennial medicinal plant with saffron (*Crocus sativus* L.) on replacement corm growth and flower yield as possible cooling of corms for climate change and global warming mitigation. Treatments were 15, 30, 45, and 60-cm row spacing for saffron from mallow planting rows and sole saffron and mallow cultivations. Based on results in the third year, the effect of intercropping patterns with mallow was significant on yield indicators of flower and corm of saffron. A comparison between sole cultivation and intercropped saffron revealed that the highest values for flower number, dried stigma yield, and yield of replacement corms were recorded for sole saffron cultivation with 81 flowers.m<sup>-2</sup>, 0.2115 g.m<sup>-2</sup> and 26.51 g.m<sup>-2</sup>, respectively. The highest values for these criteria were related to 30-cm row spacing from mallow with 46 flowers in comparisons amongst intercropping patterns.m<sup>-2</sup>, 0.155 g.m<sup>-2</sup> and 13.39 g.m<sup>-2</sup>, respectively. However, crocin, picrocrocin, and safranal contents were not significantly affected by intercropping patterns with mallow. The effect of intercropped saffron was significant on fresh weight of flower, the dried weight of flower and number of branches per plant of mallow. The maximum value for dried flower weight was observed for 60-cm row spacing with 28.89 g.m<sup>-2</sup>. The range for LER was calculated to be within 1.01-1.77, and the maximum value was for 15-cm row spacing.

**Keywords:** Crocin content, Stigma yield, Land equivalent ratio.

1- Associate Professor, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2 - PhD Student in Agroecology, Department of Agrotechnology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(\*- Corresponding author Email: khorramdel@um.ac.ir)

DOI: 10.22048/JSAT.2020.210799.1371