



مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی تأثیر تراکم بوته، پوشش گیاهی و سایه‌اندازی بر تعدیل دمای خاک و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

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

تاریخ دریافت: ۷ خرداد ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۳۹۹

توکلی کاخکی، ح.ر.، شریفی، ح.ر. و نبی پور، ز. ۱۳۹۹. ارزیابی تأثیر تراکم بوته، پوشش گیاهی و سایه‌اندازی بر تعدیل دمای خاک و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۸(۴): ۵۲۷-۵۴۲.

چکیده

به منظور بررسی اثر پوشش گیاهی و سایه‌اندازی بر عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد برای دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ اجراء شد. آزمایش شامل فاکتور اصلی، تراکم بانه در چهار سطح (۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ بانه در متر مربع) و فاکتور فرعی مدیریت بقایای گیاهی و سایه‌اندازی در چهار سطح (حذف بقایای زعفران در پایان فصل رشد به عنوان شاهد)، حضور بقایای زعفران در پایان فصل رشد، (شاهد) + استفاده از کلس جو به میزان ۲ تن در هکتار و در نهایت (شاهد) + استفاده از سایه‌بان) بود. با توجه به ماهیت فاکتور فرعی، داده‌های فصل دوم رشد مورد اندازه‌گیری و آنالیز قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تراکم و مدیریت پوشش اثر معنی‌داری ($p \leq 0.01$) بر ویژگی‌های رویشی زعفران (تعداد، طول و سطح برگ) داشته اما تأثیر تراکم و اثر متقابل تراکم × پوشش بر این صفات معنی‌دار نبود. همچنین نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با عملکرد نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) تراکم بانه، مدیریت پوشش و اثر متقابل تراکم بانه × نوع پوشش بر تعداد، وزن گل و عملکرد اقتصادی کلاله بود. به نحوی که بیشترین مقدار عملکرد خشک کلاله و وزن تر گل به ترتیب با مقادیر ۵/۱۶ و ۴۱۱ (کیلوگرم در هکتار) از تیمار تراکم ۱۵۰ بانه در متر مربع و مدیریت استفاده از پوشش کلس غلات و کمترین این صفات به ترتیب با مقادیر ۲/۲ و ۲۰۰ (کیلوگرم در هکتار) از تیمار تراکم ۶۰ بانه در متر مربع و پوشش شاهد حاصل شد. بررسی آنالیز رگرسیون گام به گام برای متغیرهای مرتبط با عملکرد اقتصادی زعفران نشان داد که تعداد گل در واحد سطح به تنهایی توانست ۹۰/۵۹ درصد از تغییرات عملکرد اقتصادی زعفران را تبیین نمایند. با توجه به تأثیر مثبت استفاده از پوشش بر تعدیل درجه حرارت خاک در مقایسه با حداکثر دمای روزانه هوا حداقل (۷ درصد) و هم‌زمان شدن اثرات مثبت این شیوه از مدیریت زراعی با مرحله گل‌انگیزی در زعفران به نظر می‌رسد که توصیه کاربردی استفاده از انواع پوشش بویژه کلس غلات با توجه به هزینه کمتر آن در مقایسه با سایه‌بان و همچنین دسترسی سهل‌تر برای پوشش مزارع زعفران هم‌زمان با شروع فصل گرما می‌تواند در جهت پایداری و افزایش عملکرد زعفران مورد توجه باشد.

کلمات کلیدی: عملکرد، دما، گل، سطح سبز، مالچ.

۱- مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۳- محقق، ایستگاه تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گناباد، مرکز تحقیقات آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، گناباد، ایران
* نویسنده مسئول: (hamidre@gmail.com)

مقدمه

اقلیم از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فعالیت‌های انسان بویژه در بخش کشاورزی است، به عبارتی محدودیت‌ها و مرزهای تولید محصولات مختلف زراعی وابسته به شرایط اقلیمی است (Mohamadi, 2007). مطالعات انجام شده در مقیاس جهانی حاکی از تأثیر تغییرات اقلیمی بر میزان درجه حرارت و بارندگی و به تبع آن تغییر طول فصل رشد می‌باشد. تغییرات اقلیمی طی یکی دو دهه اخیر منجر به افزایش میانگین دمای تابستان شده به نحوی که تعداد روزهای گرم فراوان‌تر و گسترده‌تر شده است، در این رابطه شواهد قوی و معنی‌داری از روند افزایش دما در ۵۰ سال گذشته گزارش شده است (Mohamadi, 2007). بنابراین، آنچه که مسلم است تغییرات دما یکی از عوامل محیطی مؤثر بر ادامه فرآیندهای نمو، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان زراعی می‌باشد. بر این اساس، اقلیم و تغییرات آن یکی از اصلی‌ترین ملاحظات در توصیه به توسعه کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) در کشور می‌باشد (Esmaelnejad, 2017).

گرچه، زعفران در دامنه‌ی نسبتاً وسیعی از اقلیم‌های مختلف رشد می‌کند اما رشد روبشی آن با آب و هوای سرد تطابق بیشتری دارد (Behdani & Fallahi, 2015). بررسی‌ها نشان می‌دهد که مناطق زعفران‌خیز ایران اکثراً در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. اصولاً مناطق تولید زعفران در استان خراسان بزرگ در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی با تفاوت‌های قابل توجهی از شرایط محیطی به خصوص دما پراکنش دارد. زعفران برعکس بسیاری از گیاهان زراعی دیگر دارای رژیم حرارتی متفاوتی است و معمولاً آغاز فعالیت این گیاه با شروع فصل سرما همراه است. از این رو می‌توان این گیاه را یک گیاه مقاوم به سرما و حساس به تنش‌های گرمایی به حساب آورد (Behdani, 2011; Dehnadi Moghadam et al.,

2013). طول دوره رشد زعفران حدود ۲۲۰ روز است که از اواسط مهر آغاز و تا اواخر اردیبهشت ماه ادامه می‌یابد. حداکثر و حداقل دمای قابل تحمل در زعفران به ترتیب بین ۳۵ الی ۴۰ و ۱۸- الی ۲۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Kouzegran, 2014). اساساً، یکی از عوامل مهم و تأثیر گذار بر عملکرد زعفران استفاده از تراکم مطلوب بنه در واحد سطح می‌باشد. انتخاب تراکم مناسب بنه ضمن افزایش دوره بهره‌برداری سبب افزایش عملکرد و کاهش طول دوره بین کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد زعفران می‌شود (Behdani & Fallahi, 2015). در این رابطه ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2014) بیان داشتند که کاشت پرتراکم زعفران باعث می‌شود که امکان بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران زودتر فراهم شود، با این حال بیشتر کشاورزان به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های اولیه تولید تمایل به کاشت زعفران با تراکم متوسط دارند. به طور کلی تراکم مناسب بستگی به روش تولید و طول زمان بهره‌برداری از مزرعه دارد. با وجود آنکه کاشت زعفران با تراکم بیش از ۲۵۰ بنه در مترمربع باعث شروع زودتر بهره‌برداری از مزارع می‌شود، اما بدیهی است که کاشت با تراکم‌های زیاد فقط در شرایطی منطقی خواهد بود که این محصول بصورت یک‌ساله کشت شود، زیرا در غیر این صورت بدلیل تکثیر بنه‌ها در سال دوم و رقابت ایجاد شده و تراکم بیش از حد تأثیر منفی بر عملکرد خواهد داشت (Behdani & Fallahi, 2015).

چنانچه زعفران در تابستان در طی مرحله تشکیل سلول‌های آغازین گل در معرض تنش‌های گرمایی قرار گیرد به خصوص چنانچه طول دوره تنش گرمایی نیز طولانی باشد در این صورت مسلماً سقط گل و در نتیجه کاهش عملکرد اقتصادی دور از انتظار نخواهد بود (Behdani & Fallahi, 2015). به همین منظور اخیراً، مدیریت استفاده از بقایای گیاهی در مناطقی که با محدودیت منابع آبی و تنش‌های گرمایی روبرو

مثبت کاربرد بقایای گیاهی در تعدیل دما و فراهمی نسبی مواد آلی به نظر می‌رسد مدیریت صحیح بقایای گیاهی همچنین سایه‌اندازی بتواند گل‌دهی و عملکرد زعفران را به نحو مؤثری تحت تأثیر قرار دهد (Behdani & Fallahi, 2015; Rezvani Moghaddam et al., 2013; Koocheki & Khajeh-Hosseni, 2019). در این رابطه رضوانی مقدم و همکاران (Moghaddam et al., 2013) در مطالعه‌ی تأثیر استفاده از مالچ بقایای گیاهی گندم در پنج سطح (۰، ۲، ۴، ۶، ۸ تن در هکتار) در سه زمان (خرداد، مرداد و مهرماه) بر رشد بنه‌های دختره‌ی و عملکرد زعفران را مورد بررسی قرار دادند نتایج این بررسی نشان داد که در هر سه زمان ذکر شده، با افزایش سطح کاربرد کلش گندم، تعداد گل و عملکرد گل‌تر و خشک زعفران در واحد سطح به طور معنی‌داری افزایش یافت. این پژوهشگران بیان داشتند که افزایش تعداد گل و در نهایت افزایش عملکرد کلاله زعفران در واحد سطح می‌تواند ناشی از بهبود شرایط فیزیکی خاک از نظر جذب نسبی رطوبت و تعدیل دمای خاک در نتیجه کاربرد مالچ باشد. همچنین ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2017) تأثیر پنج بستر کاشت شامل کمپوست زباله شهری، کود گاوی پوسیده، ضایعات کمپوست بستر قارچ، کلش گندم و شاهد بر عملکرد گل، بنه و اجزای گل زعفران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که بالاترین مقادیر کلاله خشک، وزن تر گل و تعداد گل از بستر کاشت کلش گندم به دست آمد. این پژوهشگران اظهار داشتند، با توجه به این‌که گرمای تابستان اثر منفی در القای گلدهی در مرداد ماه دارد و از عوامل تأثیرگذار در کاهش عملکرد مزارع زعفران می‌باشد، کاربرد بقایای گیاهی با تعدیل درجه‌حرارت و فراهمی نسبی ماده آلی در خاک موجبات بهبود رشد و عملکرد نهایی مزارع زعفران را فراهم می‌نماید. بر این اساس این مطالعه با هدف بررسی تأثیر بقایای حاصل از تراکم‌های مختلف زعفران و همچنین بقایای غلات و

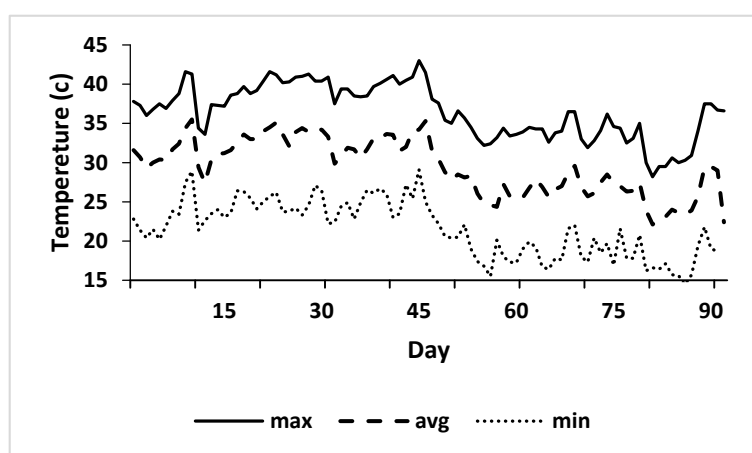
می‌باشند در جهت پایدار شدن تولید و همچنین حفاظت از منابع آب و خاک مورد توجه قرار گرفته است (Knowler & Bradshaw, 2007). در این رابطه، منابع متعددی وجود دارند که می‌توانند به عنوان مالچ و یا پوشش گیاهی در نظام‌های زراعی مورد استفاده قرار گیرند به عنوان مثال می‌توان به بقایای گیاهی گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ساقه‌های ذرت (*Zea mays* L.)، و بقایای سایر گیاهان رویشی و حتی شن با اندازه‌های ریزتر آن اشاره داشت (Prosdocimi et al., 2016). اصولاً، کاربرد مالچ می‌تواند در کاهش فرسایش خاک، افزایش کارایی مصرف آب (Awe et al., 2015)، تعدیل درجه حرارت در لایه فوقانی خاک، افزایش فون میکروبی و حاصلخیزی خاک (Munoz et al., 2017)، حفظ بیلان ماده آلی خاک (Naab et al., 2015) و کاهش تراکم علف‌های هرز (Splawski et al., 2016) در نظام‌های زراعی مؤثر باشد. مدیریت و استفاده از بقایای گیاهی و سایه‌اندازی در نظام‌های تولیدی زعفران از دو بعد، یکی تأثیر این شیوه مدیریتی بر کاهش درجه‌حرارت خاک و کاهش تأثیر تنش‌های گرمایی بر گل‌انگیزی در فصل تابستان و دوم تأثیر آن بر حفظ ذخیره رطوبتی خاک می‌تواند، حائز اهمیت باشد. نتایج پژوهش‌های انجام شده در این رابطه حاکی از آن است که استفاده از بقایای گیاهی به عنوان مالچ می‌تواند دما در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک را به میزان ۲ الی ۷ درجه سانتی‌گراد کاهش دهد (Olasantan, 1999). در این ارتباط، لئو و همکاران (Liu et al., 2014) بیان داشتند استفاده از بقایای برنج به عنوان پوشش گیاهی در مقایسه با شاهد یا عدم استفاده از مالچ، کاهش درجه‌حرارت خاک در فصل گرم و افزایش درجه‌حرارت در فصل سرد را به همراه داشته است. همچنین نتایج سایر بررسی‌های انجام شده نشان دهنده تأثیر مثبت استفاده از مالچ بر کاهش تبخیر از سطح خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Keesstra et al., 2016; Jimenez et al., 2017). با در نظر گرفتن تأثیر

است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۰۶۰ متر و میانگین بلند مدت بارندگی ۱۵۱ میلی‌متر می‌باشد. حداکثر و حداقل دمای مطلق سالیانه به ترتیب ۴۴/۲ و ۱۴/۲- درجه سانتی‌گراد، متوسط دمای فصل گرم ۲۳/۷، متوسط دمای فصل سرد ۱۰/۵ و متوسط دمای ماهیانه ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به تنوع اقلیمی استان خراسان رضوی و بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته و متغیرهای اقلیمی مورد نیاز شامل میانگین بارندگی و درجه‌حرارت سالیانه شهرستان گناباد در اقلیم فراخشک سرد قرار می‌گیرد (Zandi, 2017). روند تغییرات دما در سه ماه تابستان سال ۱۳۹۸ در شکل ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

سایه‌اندازی به منظور ارزیابی تأثیر مدیریت پوشش بر تعدیل درجه‌حرارت خاک، رفتار گل‌دهی و در نهایت ارزیابی عملکرد اقتصادی زعفران طراحی و اجراء شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد برای دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد (با توجه به ماهیت تیمارهای آزمایشی داده‌های فصل دوم رشد در این مقاله ارائه شده است). ایستگاه تحقیقاتی گناباد در ۵ کیلومتری شمال شرقی گناباد و در ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی واقع شده



شکل ۱- روند تغییرات دمای روزانه هوا در تابستان (ایستگاه گناباد ۱۳۹۸)
Figure 1- The trend of summer daily air temperature (Gonabad station 2019).

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

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

رس	سیلت	شن	هدایت الکتریکی	نیترژن کل	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کربن آلی	ماده آلی	شاخص واکنش
Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	EC (dS.m ⁻¹)	Total Nitrogen (%)	Available Potassium (mg.kg ⁻¹)	Available Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	Organic Carbon (%)	Organic Matter (%)	pH
16	22	62	1.9	0.028	121	7.49	0.27	0.46	7.9

کاشت زعفران انجام شد. قبل از کاشت به منظور جلوگیری از خسارت کنه، باکتری و قارچ، ضد عفونی بنه‌ها با استفاده از روش اسپری پاشی به ترتیب با استفاده از سموم فن پیروکسی میت به نسبت‌های (۲ در هزار)، نوردوکس (۲ در هزار) و کاربندازیم (۳ در هزار) انجام شد. مقدار بنه مورد نیاز جهت کاشت هریک از خطوط با توجه به تراکم‌های مورد نظر جداگانه محاسبه و وزن‌گیری شد. کاشت بنه‌های زعفران برای هر یک از تیمارها در دهه اول مهر ماه ۱۳۹۷ به صورت نیمه مکانیزه در عمق ۲۰-۱۸ سانتی‌متری خاک انجام شد. اولین آبیاری با استفاده از سیستم تحت فشار^۴ در تاریخ ۲۲ مهر ماه صورت پذیرفت که پس از سپری شدن هشت روز سله شکنی خاک با استفاده از تراکتور باغی انجام شد، البته به جزء آبیاری نوبت اول با توجه به بارندگی تجمعی صورت گرفته ۳ نوبت آبیاری دیگر تا پایان فصل رشد انجام شد. همچنین جهت مبارزه با علف‌های هرز یک نوبت وجین در پایان اسفند ماه توسط کارگر انجام شد. با توجه به ماهیت آزمایش، سطوح مختلف عامل دوم برای هر یک از کرت‌های فرعی از ابتدای تابستان سال ۱۳۹۸ اجراء شد بدین منظور پس از برداشت دانه جو توسط کمباین غلات از بقایای کلش استفاده شد، کلش مورد نظر به میزان ۲ تن در هکتار از ابتدا تابستان تا پایان شهریور ماه بر روی کرت‌های آزمایشی قرار داشت که پس از سپری شدن این مدت جمع‌آوری کلش‌ها از سطح کرت‌ها انجام شد. به علت مصادف شدن خواب حقیقی بنه‌ها با دماهای بالا در اولین ماه تابستان، در ادامه نصب دماسنج‌های شیشه‌ای الکلی^۵ (Yolcubal et al., 2004) با دقت (± ۱ درجه سانتی‌گراد) همراه با روکش و محافظ پلی‌اتیلنی برای هر یک از سطوح عامل دوم در تراکم (۹۰ بنه در متر مربع) در عمق کاشت بنه انجام شد، سپس قرائت درجه‌حرارت در عمق

آزمایش مورد نظر شامل دو فاکتور، تراکم بنه در چهار سطح (۹۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در مترمربع) در کرت‌های اصلی به عنوان فاکتور اول و مدیریت بقایای گیاهی و سایه‌اندازی شامل چهار سطح (حذف بقایای زعفران در پایان فصل رشد به عنوان (شاهد)، حضور بقایای زعفران در پایان فصل رشد، حذف بقایای زعفران (شاهد) + استفاده از کلش جو به میزان ۲ تن در هکتار و در نهایت حذف بقایای زعفران (شاهد) + استفاده از سایه‌بان^۱ بود که در کرت‌های فرعی به‌عنوان فاکتور دوم، قرار گرفتند. شایان ذکر است که در این تیمار به منظور کاهش شدت تابش از سایه‌بان مات از جنس فیبر با پوشش پلی اتیلن با ضریب تخلخل^۲ و سایه‌اندازی ۸۰ درصد جذب و ۲۰ درصد عبور نور به رنگ سبز که در ارتفاع ۵ الی ۱۰ سانتی‌متری از سطح زمین نصب شده بود که پس از اتمام تابستان از سطح کرت‌ها جمع شد. هر کرت فرعی شامل ۸ خط کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و هر کرت اصلی دارای ۳۲ خط به طول ۴ متر بود. فاصله دو تکرار متوالی ۲/۵ و فاصله دو کرت اصلی متوالی ۶/۰ متر لحاظ شد. بر این اساس به ترتیب مساحت یک کرت فرعی، اصلی، تکرار و کل آزمایش عبارت از ۸، ۳۲، ۱۲۸ و ۳۸۴ متر مربع، به‌منظور جلوگیری از اختلاط^۳ سایر عوامل، وزن اولیه بنه‌های مادری و کاشت آنها در تمامی تیمارها بر اساس متوسط وزن ۸-۹ گرم انجام شد. در این مطالعه ابتدا پس از نمونه‌برداری از خاک محل مورد آزمایش بر اساس نتایج بدست آمده مقدار ۴۰ تن در هکتار کود گاوی پوسیده فراوری شده هم‌زمان با آماده‌سازی اولیه در اوایل شهریورماه ۱۳۹۷ به زمین افزوده و شخم اولیه انجام شد. در ادامه سایر عملیات آماده‌سازی ثانویه شامل دیسک و لولر طبق روش‌های رایج در مناطق

۱- Shade

۲ - Mesh

۳ - Confounding

۴ - Wheel move

۵ - Liquid in glass thermometer

مورد نظر بصورت روزانه برای دو ماه پایان تابستان به مدت ۶۰ روز ادامه یافت. اصولاً ضریب انتقال حرارتی خاک می‌تواند تابع ویژگی‌های مختلفی از جمله محتوی رطوبتی خاک، بافت و وزن مخصوص ظاهری خاک باشد (Abu-Hamed, 2001) بدین جهت با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش (جدول ۱) قرائت درجه حرارت برای هر یک از دماسنج‌ها در ساعت ۱۴ به وقت محلی انجام شد. بایستی توجه داشت که بین حداکثر دمای هوا و حداکثر دمای خاک در عمق قرار گیری بنه ممکن است یک فاز تأخیری زمانی وجود داشته باشد که بهتر است در پژوهش‌های آتی مد نظر قرار گیرد. در فصل برداشت گل جهت بررسی اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد زعفران پس از حذف ۰/۵ متر اثر حاشیه‌ای در هر یک از کرت‌های آزمایشی همراه با ظهور گل نمونه برداری‌های مورد نظر جهت بررسی صفاتی مانند میانگین وزن تک گل (با اندازه گیری تصادفی وزن ۵۰ گل در طی فصل برداشت بدست آمد)، تعداد گل، وزن تر گل و عملکرد خشک کلالة در سطح کرت فرعی در پاییز ۱۳۹۸ انجام شد. هم زمان با فرا رسیدن پایان فصل رشد (بهار ۱۳۹۹) با انتخاب چهار بوته به‌طور تصادفی صفات رویشی شامل طول برگ بر حسب میلی‌متر و تعداد برگ در هر بوته اندازه‌گیری و سپس اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از روش ارائه شده توسط کامار (Kumar, 2009) و معادله (۱) انجام شد.

$$\text{طول برگ (میلی‌متر)} = (A = 191.33e^{(L) 0.0037} R^2=0.89) L = \quad (1)$$

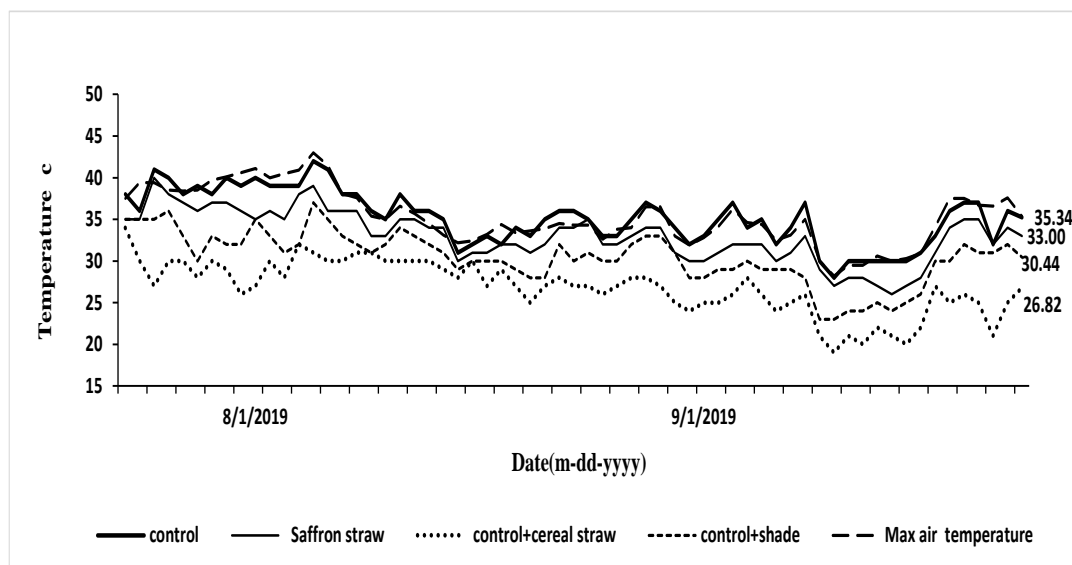
بررسی توابع رگرسیونی و آنالیز رگرسیون گام به گام^۱ و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار (SAS, 2002) SAS 9.1، رسم شکل‌ها با استفاده از Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر پوشش بر دمای خاک

بررسی تغییرات دمای خاک در عمق کاشت بنه برای هر یک از شیوه‌های مدیریتی پوشش گیاهی شامل حذف بقایای زعفران در پایان فصل رشد به عنوان (شاهد)، حضور بقایای زعفران در پایان فصل رشد، استفاده از کلش غلات و استفاده از سایبان نشان داد که دمای خاک در عمق مورد نظر در مقایسه با حداکثر دمای روزانه هوا از تغییرات کاهشی قابل توجهی برخوردار بود (شکل ۲).

میانگین دمای ثبت شده خاک طی دو ماه پایانی تابستان در مقایسه با میانگین درجه حرارت حداکثر روزانه (۳۵/۳۴ درجه سانتی‌گراد) برای سطوح کلش غلات، سایه‌بان و بقایای زعفران و شاهد با میانگین دمای ۲۶/۸۲، ۳۰/۴۴، ۳۳ و ۳۵/۲۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۴، ۱۴، ۷ و ۰/۳ درصد کاهش را نشان داد (شکل ۲). روند تغییرات درجه حرارت خاک در عمق کاشت بنه در مقابل حداکثر دمای روزانه هوا نشان داد که افزایش دمای روزانه هوا با افزایش دمای خاک در تیمار شاهد همراه است. در این رابطه شیب خط رگرسیون برازش شده نشان داد که افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای حداکثر روزانه با افزایشی معادل ۰/۸۹ درجه سانتی‌گراد ($b = 0.89 \quad R^2 = 0.87$) در عمق خاک در تیمار شاهد همراه است. از طرفی نتایج برازش رگرسیون خطی دمای خاک در عمق کاشت در تیمار حضور بقایای زعفران در مقابل حداکثر دمای روزانه هوا نشان داد که شیب خط برازش شده در این رابطه از تیمار شاهد کمتر و معادل ($b = 0.82 \quad R^2 = 0.82$) بود. به عبارتی در تیمار حضور بقایای زعفران افزایش، یک درجه سانتی‌گراد دمای حداکثر روزانه با افزایش کمتری در دمای خاک در عمق کاشت بنه در مقایسه با تیمار شاهد همراه بود (شکل ۳).



شکل ۲- روند تغییرات حداکثر دمای هوا و دمای خاک در عمق کاشت بینه برای هر یک از سطوح پوشش در طی تابستان (از ابتدای مرداد تا پایان شهریور)

Figure 2- The trend of maximum air temperature and soil temperature at the corm planting depth for each of the covering levels (from July to Sep.).

در فصل گرم در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر از تیمار عدم استفاده از مالچ بود. اصولاً در رابطه با زعفران شناخت صحیح از نیازهای اکولوژیکی آن به‌ویژه عوامل مؤثر اقلیمی می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ی در تولید پایدار آن داشته باشد (Husaini, 2014). هرچند که ظهور گل در زعفران در ابتدای پاییز رخ می‌دهد، اما گل‌انگیزی چندین ماه زودتر حادث می‌شود. به عبارتی زعفران جهت گل‌انگیزی و گل‌دهی و وقوع مناسب این مراحل به دامنه دمایی مشخصی در هر یک از مراحل نموی نیاز دارد. در این رابطه مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) در سه آزمایش در شرایط کنترل شده به بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف دما بر تشکیل تعداد گل در بینه‌های زعفران پرداختند، نتایج این پژوهشگران نشان داد که تعداد گل تشکیل شده در دامنه دمای ۲۳ الی ۲۷ درجه سانتی‌گراد بین ۲/۸-۲/۴ گل به ازاء هر بینه متغیر بود. البته تعداد گل تشکیل شده در هر بینه در دماهای خارج از این طیف به خصوص در دمای بالاتر از ۳۰ درجه

در ادامه نتایج حاصل از برآزش رگرسیون خطی دمای خاک در عمق کاشت برای دو سطح استفاده از سایه‌بان و کاربرد کلش غلات در مقابل حداکثر دمای روزانه هوا نشان دهنده، تأثیر کمتر افزایش دمای روزانه هوا بر افزایش دمای خاک در عمق کاشت بینه بود. شیب خط برآزش شده برای افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای هوا در استفاده از سایه‌بان معادل (b= 0.78) و برای استفاده از کلش غلات معادل (b= 0.75) بود به عبارتی استفاده از سایبان و کلش غلات سبب می‌شود که دمای خاک در عمق کاشت بینه در مقایسه با شاهد یا عدم استفاده از هیچ نوع پوششی با افزایش کمتری همراه باشد (شکل ۴).

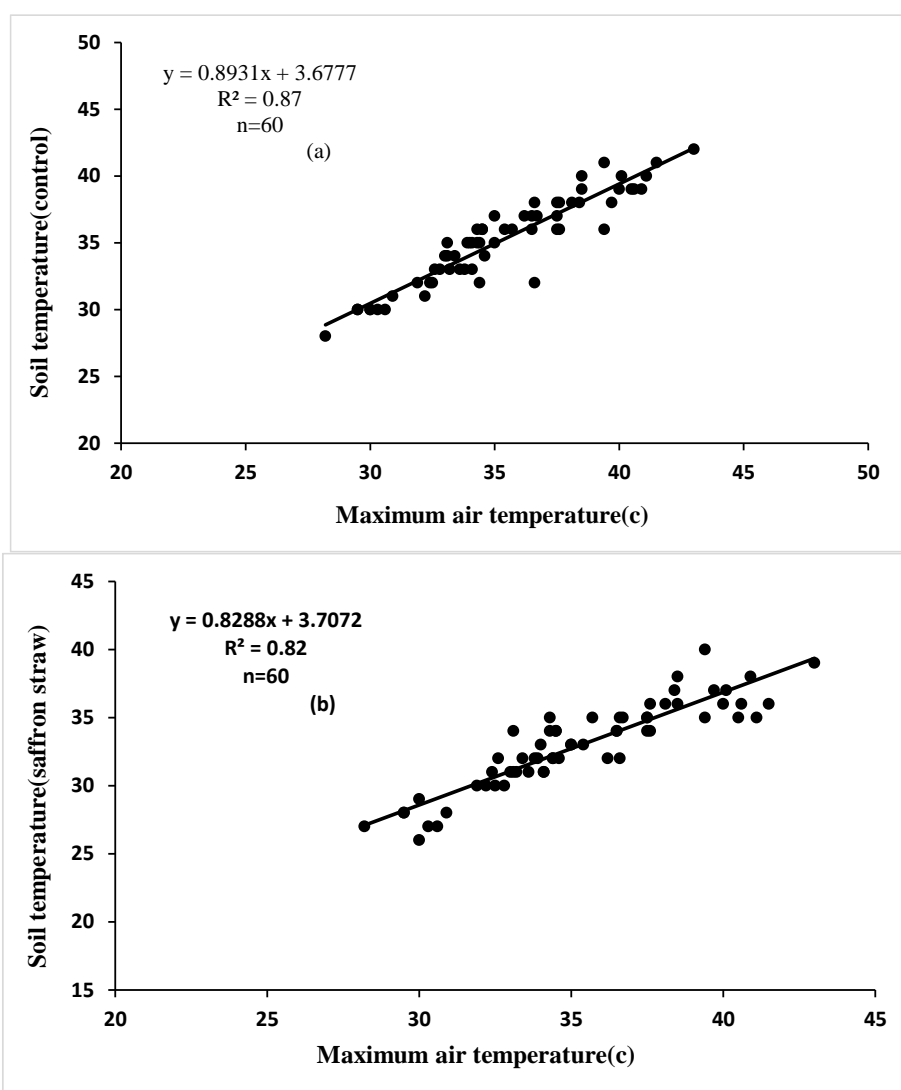
در راستای نتایج بدست آمده زانگ و همکاران (Zhang et al., 2009) در پژوهشی تأثیر استفاده از مالچ گندم و عدم استفاده از آن را بر عملکرد گندم، دما و رطوبت خاک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بدست آمده توسط این پژوهشگران نشان داد در تیمار استفاده از مالچ میانگین دما در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک

به ازاء هر بنه در مقایسه با شاهد مؤثر باشد.

اثر تراکم و نوع پوشش بر ویژگی‌های رویشی زعفران

نتایج تجزیه واریانس بدست آمده از تأثیر تراکم و مدیریت پوشش بر ویژگی‌های رویشی اندازه‌گیری شده نشان دهنده تأثیر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) نوع پوشش بر صفات اندازه‌گیری شده بود اما، اثر تراکم و اثر متقابل تراکم \times پوشش بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

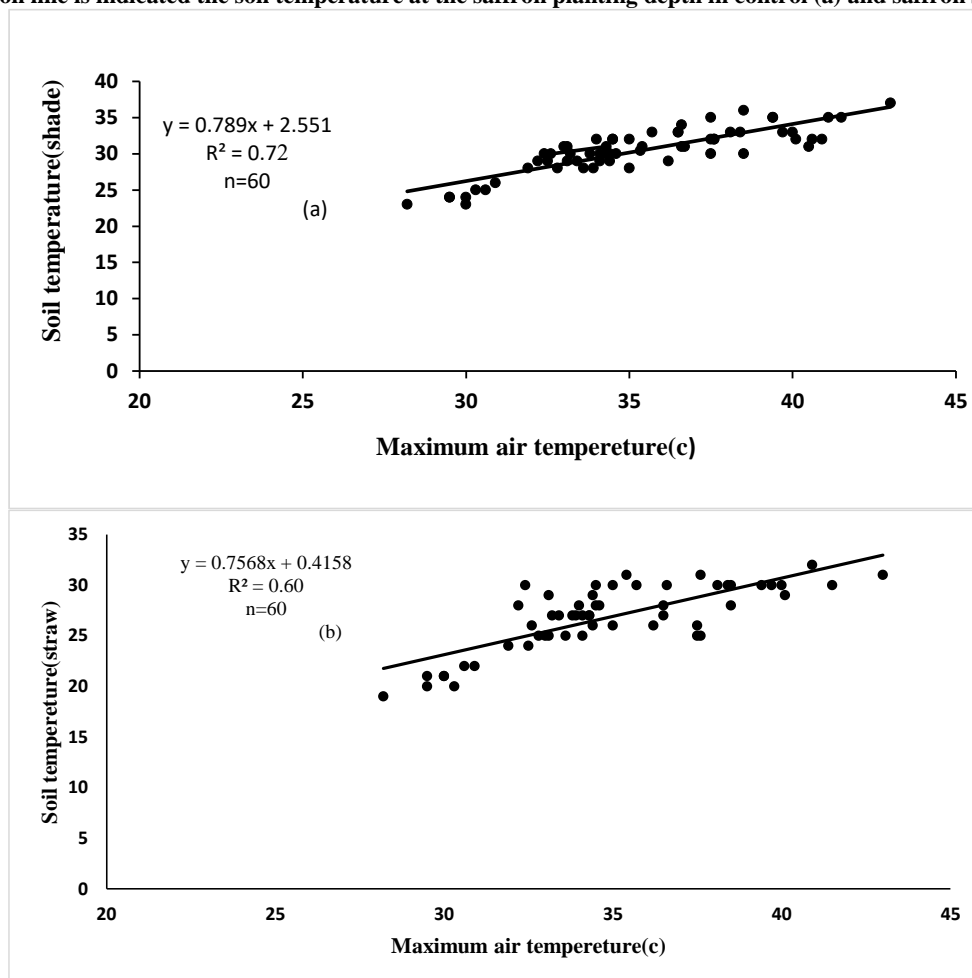
سانتی‌گراد با کاهش (۱/۵ گل به ازاء هر بنه) همراه بود. اساساً، درجه حرارت یکی از شاخص‌ترین فاکتورهای محیطی است که بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از آنجایی که گل‌انگیزی در ارتباط مستقیم با درجه حرارت محیط بوده و دماهای بالاتر از حد بهینه در تابستان می‌تواند بر القای گل‌دهی و عملکرد زعفران نقش مؤثری داشته باشد (Behdani & Fallahi, 2015). از این رو به نظر می‌رسد، کاهش دمای خاک به جهت استفاده از بقایای زعفران، کلش غلات و یا سایه‌بان به عنوان پوشش بتواند در افزایش تعداد گل



شکل ۳- تغییرات دمای خاک در عمق کاشت بنه به عنوان تابعی از حداکثر دمای روزانه هوا، شیب خط رگرسیون نشان دهنده دمای خاک در عمق کاشت زعفران برای شاهد (a) و بقایای زعفران (b) می‌باشد

Figure 3- Soil temperature at the corm planting depth as a function of maximum daily air temperature. Slope of the

regression line is indicated the soil temperature at the saffron planting depth in control (a) and saffron straw (b).



شکل ۴- تغییرات دمای خاک در عمق کاشت بونه به عنوان تابعی از حداکثر دمای روزانه هوا، شیب خط رگرسیون نشان دهنده دمای خاک در عمق کاشت زعفران برای سایه‌بان (a) و کلش غلات (b) می‌باشد

Figure 4- Soil temperature at the corm planting depth as a function of maximum daily air temperature. Slope of the regression line is indicated the soil temperature at the saffron planting depth in shade (a) and cereal straw (b).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم و نوع پوشش بر ویژگی‌های رویشی زعفران

Table 2- Analysis variance (mean squares) the effect of density and type of covering on saffron vegetative characteristics

منابع تغییرات S.O.V.	df	تعداد برگ در بوته Leaf number of a plant	طول برگ Leaf length	سطح برگ در یک بوته Leaf area of a plant
تکرار (R) Replication	2	2.89 ^{ns}	53.64*	12252060.47*
تراکم (D) Density	3	7.69 ^{ns}	31.02 ^{ns}	8001818.99 ^{ns}
خطای اصلی (Ea)	6	5.75	8.34	3095450.00
پوشش (C) Covering	3	26.75**	70.13**	31475689.11**
D×C	9	2.65 ^{ns}	9.97 ^{ns}	3351614.68 ^{ns}
خطای فرعی (Eb)	24	2.43	10.80	793.90190
ضریب تغییرات % C.V.		14.11	9.20	16.11

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

طول برگ در انتهای فصل رشد به ترتیب برای مدیریت استفاده از کلش غلات، سایه بان و حضور بقایای زعفران و کمترین طول برگ در تیمار شاهد، وجود داشت. به طوری که طول برگ در مدیریت استفاده از کلش غلات در مقایسه با تیمار شاهد با افزایش ۱۷ درصدی همراه بود. این روند برای سطح سبز در یک بوته نیز وجود داشت به عبارتی بیشترین سطح سبز در بوته به ترتیب در سه نوع مدیریت استفاده از کلش، سایه بان و حضور بقایای زعفران و کمترین آن در تیمار شاهد، مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده مدیریت نوع پوشش حاکی از تأثیر معنی دار این فاکتور بر صفات اندازه گیری شده بود. به نحوی که استفاده از کلش، سایه بان و حضور بقایای زعفران با افزایش صفات اندازه گیری شده همراه بود (جدول ۳). با وجود آنکه تفاوت آماری معنی داری بین دو تیمار استفاده از کلش غلات و سایه بان برای تعداد برگ در بوته وجود نداشت، اما بیشترین تعداد برگ در بوته برای مدیریت استفاده از کلش غلات و سایه بان و کمترین آن در تیمار شاهد، مشاهده شد. به نحوی که تعداد برگ در بوته در دو تیمار ذکر شده در مقایسه با شاهد به ترتیب با ۳۸ و ۲۷ درصد افزایش همراه بود. همچنین بیشترین

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نوع پوشش بر ویژگی های رویشی زعفران

Table 3- Mean comparison for the effect of covering on saffron vegetative characteristics

پوشش (Covering)	تعداد برگ در بوته Leaf number of a plant	طول برگ Leaf length (cm)	سطح برگ در بوته Leaf area of a plant (mm ²)
شاهد (Control)	9	32.33	5861.40
بقایای زعفران (Saffron straw)	11	36.25	7857.40
کلش غلات (Cereal straw)	12	38.08	9203.80
سایه بان (Shading)	13	36.16	9358.50
LSD (5%)	1.31	2.76	1163.80

مانند درجه حرارت های بالاتر از آستانه تحمل و کاهش بارندگی در طی فصل روبرو شود که در نهایت می تواند بر عملکرد زعفران مؤثر باشد (Koocheki & Khajeh-Hosseni, 2019). از این رو به نظر می رسد که هر گونه عملیات مدیریت زراعی مانند استفاده از بقایای گیاهی و یا سایه بان که بتواند تا حدی در جهت کاهش تبخیر از سطح خاک عمل نماید می تواند بر رشد زعفران مؤثر باشد. در این راستا استگنری و همکاران (Stagnari et al., 2014) تأثیر استفاده از مالچ بر رشد و عملکرد گندم دوروم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده توسط این پژوهشگران نشان داد که استفاده از حداقل ۱/۵ تن کلش گندم در سطح خاک در طی فصل رشد کاهش تبخیر از لایه سطحی خاک و

به نظر می رسد استفاده از مدیریت پوشش در طی دوره خواب زعفران نه تنها می تواند در کاهش دمای خاک مؤثر باشد، بلکه می تواند با کاهش تبخیر از سطح خاک به حفظ محتوی رطوبتی در خاک کمک نماید که در نهایت می تواند بر بهبود ویژگی های رویشی در فصل زراعی بعد نیز مؤثر باشد. اصولاً، نیاز رطوبتی زعفران بطور قابل توجهی تحت تأثیر تبخیر و تعرق که خود تابعی از شرایط اقلیمی است قرار می گیرد. توسعه بیشتر زعفران در مناطق خشک و نیمه خشک ایران سبب شده که این محصول در طی چرخه زندگی خود با شرایط اقلیمی نامساعدی

تراکم از سطح ۶۰ به ۱۵۰ بانه در متر مربع تعداد و وزن گل در واحد سطح را به ترتیب ۱/۸ و ۱/۴ برابر و عملکرد خشک کلاله را حدود دو برابر افزایش داد. در این خصوص توسط سایر محققین نیز تأثیر مثبت افزایش تراکم بانه در واحد سطح، بر عملکرد اقتصادی زعفران تأکید شده است (Tavakkoli et al., 2016; Koocheki et al., 2016; Naderi Darbaghshahi et al., 2009; Koocheki et al., 2016; 2011). البته در این رابطه بایستی به تراکم بانه و تعداد سال‌های بهره برداری از مزرعه توجه داشت. اساساً، چنانچه مزرعه با تراکم بالا کشت شود سن بهره برداری از مزرعه کاهش خواهد یافت چرا که با افزایش سن مزرعه بدلیل رقابت مزیت کاشت پرتراکم از بین خواهد رفت (Koocheki et al., 2019).

همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم × مدیریت پوشش نشان داد که افزایش تراکم همراه با استفاده از نوعی پوشش شامل (بقایای زعفران، کلش غلات و سایه‌بان) به جزء صفت وزن تک گل برای سایر صفات اندازه‌گیری شده با افزایش همراه بود (جدول ۵). بیشترین تعداد گل در واحد سطح از تراکم ۱۵۰ و پوشش کلش غلات و کمترین آن از تراکم ۶۰ بانه در متر مربع و شاهد بدست آمد.

حفظ محتوی رطوبتی خاک را به همراه داشته که این موضوع در نهایت موجب بهبود رشد رویشی و عملکرد نهایی گندم شده است. البته در این رابطه نتایج بدست آمده توسط سایر محققین (Zhang et al., 2007; Steiner, 1989) نیز بر نقش مثبت مالچ بر بهبود بیلان آب در خاک، کاهش تبخیر و در نهایت افزایش عملکرد گندم، تأکید شده است. به نظر می‌رسد، استفاده از نوعی پوشش در دامنه زمانی که سلول‌های آغازین برگ و گل تشکیل می‌شود از طریق تعدیل دمای خاک بر ذخیره محتوای رطوبتی خاک در عمق کاشت بانه و رشد رویشی زعفران مؤثر باشد.

اثر تراکم و نوع پوشش بر عملکرد اقتصادی زعفران

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با عملکرد (جدول ۴) نشان داد که تراکم بانه و پوشش بر تمامی صفات مورد بررسی و اثر متقابل تراکم بانه × پوشش بر تعداد و وزن گل و همچنین وزن خشک کلاله (عملکرد اقتصادی) معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود. نتایج مقایسه میانگین اثر فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین تعداد، وزن گل و وزن خشک کلاله در واحد سطح از تراکم ۱۵۰ بانه در متر مربع بدست آمد. افزایش

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم و نوع پوشش بر عملکرد اقتصادی زعفران

Table 4- Analysis variance (mean squares) the effect of density and type of covering on economic saffron characteristics

منابع تغییرات S.O.V.	df	وزن یک گل One flower weight	تعداد گل Flower number	عملکرد گل Flower yield	عملکرد خشک کلاله Stigma dry yield
Replication تکرار (R)	2	0.001 ^{ns}	165.81*	43.96 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Density (D) تراکم	3	0.016**	5601.74**	272.60**	0.099**
E _a خطای اصلی	6	0.001	73.03	11.48	0.001
Covering (C) پوشش	3	0.002*	2463.63**	217.36**	0.015**
D×C	9	0.001 ^{ns}	353.02**	39.47*	0.005**
E _b خطای فرعی	24	0.0006	47.92	14.34	0.0011
C.V. % ضریب تغییرات		6.86	8.40	12.99	9.66

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم و پوشش بر عملکرد گل و کلاله زعفران

Table 5- Mean comparison for the interaction effect of density and covering on flower and stigma yield of saffron vegetative characteristics

تراکم Density (D) (corm number per m ²)	پوشش (Covering)	وزن یک گل One flower weight (g)	تعداد گل Flower number (m ²)	عملکرد گل Flower yield (g.m ⁻²)	عملکرد خشک کلاله Stigma dry yield (g.m ⁻²)
60	شاهد (Control)	0.440	44.66	20.00	0.223
	بقایا (Saffron straw)	0.430	53.33	22.76	0.213
	کلش غلات (Cereal straw)	0.406	64.00	25.90	0.253
	سایه بان (Shading)	0.403	67.00	26.00	0.260
90	شاهد (Control)	0.383	67.00	25.36	0.310
	بقایا (Saffron straw)	0.376	78.33	29.63	0.336
	کلش غلات (Cereal straw)	0.383	69.66	26.41	0.280
	سایه بان (Shading)	0.366	79.33	28.34	0.316
120	شاهد (Control)	0.376	69.33	23.83	0.350
	بقایا (Saffron straw)	0.333	75.00	25.40	0.300
	کلش غلات (Cereal straw)	0.363	97.00	33.43	0.390
	سایه بان (Shading)	0.363	112.33	39.39	0.453
150	شاهد (Control)	0.356	75.33	25.86	0.380
	بقایا (Saffron straw)	0.340	101.00	33.33	0.400
	کلش غلات (Cereal straw)	0.323	128.66	41.11	0.516
	سایه بان (Shading)	0.300	127.00	39.35	0.510
LSD (5%)		0.041	11.67	6.38	0.055

افزایش را نسبت به شاهد نشان داد. با وجود آنکه افزایش شاخص‌های اقتصادی عملکرد در شرایط استفاده از مدیریت‌های مختلف پوشش مشهود می‌باشد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین استفاده از دو نوع پوشش مدیریتی کلش غلات و سایه‌بان مشاهده نشد (جدول ۵). هم راستا با نتایج بدست آمده در این مطالعه، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) به بررسی اثر مقادیر مختلف کاربرد کلش گندم بر عملکرد اقتصادی زعفران در شرایط اقلیمی مشهد پرداختند. نتایج بدست آمده توسط این محققین نشان داد که کاربرد کلش گندم در سطوح مختلف آن افزایش معنی‌دار تعداد گل، وزن گل و عملکرد خشک کلاله در واحد سطح را به همراه داشته است. همچنین بررسی اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر اجزای عملکرد گل و کلاله زعفران توسط ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2017) نشان داد که اعمال تراکم ۱۵۰

به عنوان مثال تعداد گل در واحد سطح در تراکم ۱۲۰ بنه در متر مربع در شرایط استفاده از پوشش‌های سایه‌بان، کلش غلات و بقایای زعفران به ترتیب ۱/۶، ۱/۴ و ۱/۱ برابر افزایش تولید را در مقایسه با تیمار شاهد به همراه داشته است. با وجود آنکه اکثر شاخص‌های اقتصادی مرتبط با عملکرد با افزایش تراکم بهبود یافت، اما آنچه که بر اساس ماهیت این آزمایش اهمیت داشت، نقش استفاده از پوشش در بهبود شاخص‌های اقتصادی بود. در همین رابطه بیشترین وزن تر گل و عملکرد خشک کلاله در واحد سطح در تراکم‌های مختلف عمدتاً از سطوح استفاده از پوشش کلش غلات و سایه‌بان حاصل شده است. در این رابطه عملکرد اقتصادی کلاله و وزن گل در واحد سطح برای تراکم ۱۵۰ بنه در مترمربع در شرایط استفاده از پوشش‌های بقایای زعفران، کلش غلات و سایه‌بان به صورت میانگین به ترتیب ۲۳ و ۴۸ درصد و برای تراکم ۶۰ بنه در متر مربع به ترتیب ۱۰ و ۲۵ درصد

متغیر باقی مانده طول برگ، تعداد برگ، وزن یک گل و وزن تر گل کمتر از ۷ درصد بود. با توجه به ماهیت این مطالعه و سهم نسبی بالای متغیر تعداد گل در واحد سطح به نظر می‌رسد که مدیریت زراعی استفاده از پوشش گیاهی و یا سایه‌بان در مزارع زعفرانی که در اقلیم های گرم و خشک واقع شده‌اند از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که فاکتورهای مدیریتی شامل تراکم و استفاده از مالچ یا پوشش‌های گیاهی می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد کلاله زعفران داشته باشد. هرچند که در بسیاری از مطالعات بر نقش تراکم به عنوان یک فاکتور مدیریتی در جهت افزایش عملکرد اقتصادی زعفران بویژه در سال‌های اولیه تأکید شده است. اما یافته‌های این مطالعه نشان داد که استفاده از مالچ‌های گیاهی و یا سایه‌اندازی همزمان با شروع فصل گرما در شرایط اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشک بر عملکرد اقتصادی زعفران تأثیر مثبت دارد. مسلماً، چنانچه تنش‌های گرمایی بویژه در طی فصل تابستان در مرحله نمو گل‌انگیزی به حدی بالاتر از آستانه تحمل فیزیولوژیکی زعفران برسد کاهش تعداد گل‌های تشکیل شده به ازاء هر بوته را به همراه خواهد داشت. در همین این رابطه نتایج این پژوهش نشان داد که بطور میانگین تعداد گل‌های تولید شده در واحد سطح در شرایط استفاده از سایه‌بان، کلس غلات و بقایای زعفران به ترتیب ۵۰، ۴۰ و ۲۰ درصد افزایش را نسبت به پوشش شاهد به همراه داشته است. بنابراین مدیریت استفاده از نوعی پوشش در فصل تابستان در نظام‌های زراعی زعفران با توجه به تأثیر مثبت آن بر تعدیل درجه حرارت خاک مورد تأکید می‌باشد. از این رو به نظر می‌رسد که توصیه کاربردی استفاده از کلس غلات با توجه به هزینه کمتر آن در مقایسه با سایه‌بان و همچنین در دسترس بودن آن برای پوشش مزارع زعفران

بونه در متر مربع و نیز مصرف کلس گندم بهترین تأثیر مثبت را بر وزن تر و خشک کلاله به همراه داشته است در صورتی کمترین افزایش برای این صفات در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به اینکه مرحله تشکیل سلول‌های آغازین برگ و گل‌انگیزی از اواخر تیر تا اواسط مرداد ماه با تقسیم و تمایز سلول‌ها بنیادی صورت می‌پذیرد، لذا تغییرات دمای خاک در این دامنه زمانی می‌تواند بر رشد و مراحل نمو حائز اهمیت می‌باشد. نتایج مطالعه انجام شده توسط مولینا و همکاران (Molina et al., 2005; Molina, 2004) در رابطه با تأثیر دما بر تعداد گل تشکیل شده برای هر بوته نشان داد که بیشترین کمترین تعداد گل به ترتیب در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. البته این پژوهشگران اذعان داشتند که علاوه بر دما طول مدت زمان حضور بوته‌ها در هر یک از دماهای مورد نظر نیز بر توانایی تشکیل گل در هر بوته نیز تأثیر گذار بوده است. از این رو به نظر می‌رسد که مدیریت استفاده از نوعی پوشش در مرحله نمو تکوین و تمایز گل‌ها خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک در جهت تعدیل اثر کاهشی و بازدارندگی دما بر تشکیل گل در بوته‌های زعفران مؤثر باشد.

سهم نسبی اجزاء عملکرد

در ادامه این بررسی آنالیز رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرهای مرتبط با عملکرد اقتصادی زعفران انجام شد. نتایج بدست آمده در رابطه با سهم نسبی اجزاء عملکرد مؤید این است که تعداد گل در واحد سطح توانست به‌عنوان اولین متغیر با ضریب تبیین جزئی ۹۰/۵۹^۱ درصد و سطح سبز بوته به عنوان دومین متغیر با سهم نسبی ۲/۸۴ درصد توجیه شود (جدول ۶). به عبارتی، فقط دو متغیر ذکر شده توانستند به‌طور معنی‌داری ۹۳/۴۳ درصد از تغییرات عملکرد اقتصادی زعفران را تبیین نمایند. در این ارتباط سهم نسبی چهار

همزمان با شروع فصل گرما، می‌تواند در جهت پایدار شدن و حتی بهبود عملکرد زعفران حائز اهمیت باشد.

جدول ۶- آنالیز رگرسیون گام به گام برای تعیین سهم نسبی هر یک از متغیرهای عملکرد اقتصادی زعفران

Table 6- Stepwise regression analysis to determine the relative contribution of each economic stigma yield variables

متغیر Variable	مرحله ورود Entry step	ضریب تبیین جزئی Partial coefficient of determination	ضریب تبیین مدل Model coefficient of determination
تعداد گل Flower number (m ²)	1	0.9059	0.9059**
سطح برگ در بوته Leaf area of a plant (mm ²)	2	0.0284	0.9343**

** نشان‌دهنده معنی داری در سطح ۱ درصد است.

**Represent significances at 1%.

منابع

- Abu-Hamed, N.H. 2001. Measurement of the thermal conductivity of sandy loam and clay loam soils using single and dual probes. *Journal of Agricultural Engineering Research* 80: 209-216.
- Awe, G., Reichert, J., Timm, L., and Wendroth, O. 2015. Temporal processes of soil water status in a sugarcane field under residue management. *Plant and Soil* 387: 395-411.
- Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2015. *Saffron: Technical Knowledge Based on Research Approaches*. University of Birjand Publication, Birjand, Iran. (In Persian).
- Behdani, M.A. 2011. *Saffron (Crocus sativus L.)*. In: *Future Crops* (Eds: K.V. Peter). Daya Publishing House. New Dehia. 286p.
- Behdani, M.A., Jami Al- ahmadi, M., and Fallahi, H.R. 2016. Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus L.*) using regression models. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 14: 71-76
- Dehnadi Moghadam, G., Sadeghi, M., and Droodan, H.R. 2013. Types of cultivation methods in saffron (*Crocus sativus L.*) and observing the principals of fight against pests and weeds. *Persian Gulf Crop Protection* 2: 8-13.
- Esmaelnejad, M. 2017. Assessment and mapping of heat stress affecting the saffron in South Khorasan province. *Journal of Saffron Research* 4: 159-171.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 95-112 .
- Husaini, A.M. 2014. Challenges of climate change: Omics-based biology of saffron plants and organic agricultural biotechnology for sustainable saffron production. *GM Crops and Food* 5: 97-105.
- Jimenez, M., Pinto, J., Ripoll, M., Sánchez-Miranda, A., and Navarro, F. 2017. Impact of straw and rock-fragment mulches on soil moisture and early growth of holm oaks in a semiarid area. *Catena* 152: 198-206.
- Keesstra, S., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E.C., Azorin-Molina, C., Parras-Alcántara, L., Jordán, A., and Cerdà, A. 2016. Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards. *Science of the Total Environment* 551: 357-366.
- Knowler, D., and Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review

- and synthesis of recent research. *Food Policy* 32: 25-48.
- Koocheki, A., and Khajeh-Hosseini, M. 2019. *Saffron: Science, Technology and Health*. Woodhead Publishing Limited.
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. *Journal of Agroecology* 3: 36-49. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Seyyedi, S.M., and Jamshid-Eyni, M. 2014. Irrigation levels and dense planting affect flower yield and phosphorus concentration of saffron corms under semi-arid region of Mashhad. Northeast Iran. *Science Horticulture* 180: 147-155.
- Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., Aghhavani-Shajari, M., and Fallahi, H.R. 2019. Corm weight or number per unit of land: Which one is more effective when planting corm, based on the age of the field from which corms were selected? *Industrial Crops and Products* 131: 78-84.
- Kouzegran, S., Mousavi, Baygi, M., Sanaeiejad, H., and Behdani, M.A. 2014. Identification relevant humidity in South Khorasan using GIS. *Journal of Saffron Research* 2: 85-96.
- Kumar, R. 2009. Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulture* 122: 142-145.
- Liu, Y., Wang, J., Liu, D., Li, Z., Zhang, G., Tao, Y., Xie, J., Pan, J., and Chen, F. 2014. Straw mulching reduces the harmful effects of extreme hydrological and temperature conditions in citrus orchards. *PLoS One* 9 (1): e87094.
- Mohamadi, H. 2007. *Applied Climatology*. Tehran University Press. Tehran. 259p.
- Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2017. Effects of different corm density and bed types on flower yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology* 9: 326-341. (In Persian with English Summary).
- Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effects of plant density and corm weight on yield and yield componenets of saffron (*Crocus sativus* L.) under soil, hydroponic and plastic tunnel cultivation. *Saffron Agronomy and Technology* 2: 14-28. (In Persian with English Summary).
- Molina, R.V., García-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., Valero, M., Navarro, Y., and Guardiola, J.L. 2004. Flower Formation in the Saffron *Crocus* (*Crocus sativus* L). The Role of Temperature. *ISHS Acta Horticulture* 39-48.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and García-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Muñoz, K., Buchmann, C., Meyer, M., Schmidt-Heydt, M., Steinmetz, Z., Diehl, D., Thiele-Bruhn, S., and Schaumann, G. 2017. Physicochemical and microbial soil quality indicators as affected by the agricultural management system in strawberry cultivation using straw or black polyethylene mulching. *Applied Soil Ecology* 113: 36-44.
- Naab, J., Mahama, G., Koo, J., Jones, J., and Boote, K. 2015. Nitrogen and phosphorus fertilization with crop residue retention enhances crop productivity, soil organic carbon, and total soil nitrogen concentrations in sandy-loam soils in Ghana. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 102: 33-43.
- Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajebashi S.M., Banitaba, S.A., and 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 and*

- Plant 24: 643-657. (In Persian with English Summary).
- Olasantan, F. 1999. Effect of time of mulching on soil temperature and moisture regime and emergence, growth and yield of white yam in western Nigeria. *Soil and Tillage Research* 50: 215-221.
- Prosdocimi, M., Tarolli, P., and Cerdà, A. 2016. Mulching practices for reducing soil water erosion: A review. *Earth-Science Reviews* 161: 191-203.
- Rezvani Moghadam, P., Koocheki, A., Molafilabi, A., and Seyyedi, M. 2013. The effect 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).
- SAS. 2002. *Procedures Guide*. SAS Institute, Cary, NC.
- Splawski, C.E., Regnier, E.E., Harrison, S.K., Bennett, M.A., and Metzger, J.D. 2016. Weed suppression in pumpkin by mulches composed of organic municipal waste materials. *Horticulture Science* 51: 720-726.
- Stagnari., F., Galieni, A., Specca, S., Cafiero, G., and Pisante, M. 2014. Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to conservation Agriculture in Mediterranean environment. *Field Crops Research* 167: 51-63.
- Steiner, J. 1989. Tillage and surface residue effects on evaporation from soils. *Soil Science Society of America Journal* 53: 911-916.
- Tavakkoli Kakhki, H.T., Mokhtarian, A., Binabaji, H., Hamidi, H., and Esmi, R. 2016. The effects of different amounts of density and mother corm weight on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mashhad's climate. *Saffron Agronomy and Technology* 4: 29-40 (In Persian with English Summary).
- Yolcubal, I., Brusseau, M.L., Artiola, J.F., Wierenga, P.J., and Wilson, L.G. 2004. *Environmental Physical Properties and Processes*. In *Environmental Monitoring and Characterization*. Elsevier Inc., pp. 207-239
- Zandi, R. 2017. Climatic classification of Khorasan Razavi province with Domartan method by using geographic information system (GIS). *Journal of Geographical New Studies, Architecture and Urbanism* 10: 21-34
- Zhang, S., Lövdahl, L., Grip, H., Jansson, P.E., and Tong, Y. 2007. Modelling the effects of mulching and fallow cropping on water balance in the Chinese Loess Plateau. *Soil and Tillage Research* 93: 283-298.
- Zhang, S., Lövdahl, L., Grip, H., Tong, Y., Yang, X., and Wang, Q. 2009. Effects of mulching and catch cropping on soil temperature, soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* 102: 78-86.

Assessment of the Effects of Plant Density, Vegetation Covering, and Shading on Regulation of Soil Temperature and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Hamid Reza Tavakkoli Kakhki^{1*}, Hamid Reza Sharifi² and Zohreh Nabipour³

Submitted: 27 May 2020

Accepted: 13 September 2020

Tavakkoli Kakhki, H.R., Sharifi, H.R., Nabipour, Z. 2021. Assessment of the Effects of Plant Density, Vegetation Covering, and Shading on Regulation of Soil Temperature and Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 8(4): 527-542.

Abstract

In order to investigate the effects of vegetation covering and shading on the economic yield of saffron (*Crocus sativus* L.), a split-plot experiment based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications was conducted at the Gonabad station for two cropping years (2018-2019, 2019- 2020). Experiments included main factor, density at four levels (90, 60, 120, and 150 corms per square meter) and sub-factors of crop residue management and shading at four levels (removal of saffron residues at the end of the growing season as (control), presence of saffron residues at the end of the growing season, (control) + use of 2 (t.ha⁻¹) barley straw and finally (control) + use of shading). Due to the nature of sub-factors, the data for the second year of growth were measured and analyzed. The results of the analysis of variance showed that density and cover management had a significant effect ($p \leq 0.01$) on the vegetative characteristics of saffron (number, length, and leaf area). However, the effect of density and the interaction effect of density \times covering on vegetative traits had not significant effect. Also, the results of measured traits related to yield showed that the effect of corm density, covering management, and the interaction of corm density \times type of covering on the number, flower weight, and economic stigma yield were significant ($p \leq 0.01$). The highest amount of dry stigma yield and fresh weight of flowers with values of 5.16 and 411 (kg.ha⁻¹), respectively, achieved from the treatment of 150 corms per square meter density and use of cereal straw covering and the lowest of these traits with values of 2.2 and 200 (kg.ha⁻¹) was obtained from the density of 60 corms per square meter and control. Stepwise regression analysis for variables related to saffron economic yield showed that the number of flowers per unit area alone could explain 90.59% of the variation in saffron economic performance. Considering the positive effect of covering application on adjusting soil temperature compared to the maximum daily air temperature (at least 7%) and the simultaneous positive effect of this method of cropping management with induction of flowering stage in saffron, it seems that the use of different types of covering, especially cereal straw, is recommended to stabilize and improve saffron yield due to its low cost and easier access to covering saffron fields.

Keywords: Flowers, Green area, Mulch, Temperature, Yield.

1- Instructor , Agronomical and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO. Mashhad. Iran

2 - Associate professor Researcher of Agronomical and Horticultural Science Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO. Mashhad. Iran

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

(*- Corresponding author Email: hamidre@gmail.com)

DOI: 10.22048/JSAT.2020.232941.1397