نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۴۴-۲۸
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.3948.1147

مقاله پژوهشی:

اثر مدیریت منابع، روش و زمان آبیاری بر عملکرد کمی گل و خصوصیات کیفی زعفران

یحیی چوپان[1*]، ابوطالب هزار جریبی[2]، خلیل قربانی[3]، موسی حسام[4]، عباس خاشعی سیوکی[5]
۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲، ۳ و ۴- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵- استاد ،گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: Yahyachoopan68@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱

چکیده

با توجه به آب و هوای خشک و همچنین کمبود شدید آب در مناطق شمال شرقی کشور، کشت محصولاتی که نیاز آبی پایین و در عین حال بهره‌وری اقتصادی مطلوبی داشته باشند، مورد توجه است. در همین راستا، تحقیقی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار نوع منبع آبیاری (آب چاه W1 و پساب تصفیه شده فاضلاب شهری W2)، نوع سیستم آبیاری (آبیاری کرتی S1 و آبیاری زیر سطحی قطره‌ای S2) و زمان آبیاری (عرف منطقه یا ۱۵ مهر T1، ۱۵ روز تاخیر T2 و ۳۰ روز تاخیر T3) در سال زراعی ۱۳۹۸ در شهرستان تربت حیدریه انجام شد. نتایج نشان داد اثر متقابل نوع آب، نوع سیستم آبیاری و زمان آبیاری بر تمامی شاخص‌های کمی و کیفی زعفران (تعدادگل، وزن تازه گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه، شاخص درشتی گل، پیکروکسین،کروسین، سافرانال، رطوبت، کپک و کلیفرم کل) به استثنای وزن خشک کلاله که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، دیگر صفات غیر معنی‌دار شدند. بیشترین مقدار برای صفات تعدادگل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله در تیمار W1S1T2 به ترتیب با مقادیر ۵۵/۳ عدد در مترمربع، ۱۶/۶ و ۰/۸۵ گرم در مترمربع مشاهده شد. همچنین نتایج نشان دادند در صفات کیفی پیکروکسین،کروسین و سافرانال بهترین مقدار برای تیمار W2S2T3 با مقادیر ۹۳، ۳۳/۶ و ۲۶۳/۳ (حداکثر جذب) و بهترین مقدار کلیفرم کل در تیمار W1S1T3 با مقدار ۱۱۰۰۰ عدد در هر گرم به‌دست آمد. به‌طور کل می‌توان از پساب فاضلاب شهری (با لحاظ کردن مسائل بهداشتی و غذایی)، سیستم زیر سطحی و زمان‌های آبیاری دیگر در کشت زعفران استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کروسین، وزن خشک کلاله، فاضلاب تصفیه شده، آبیاری زیرسطحی.

مقدمه

زعفران به‌عنوان گرانترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی و صنعتی ایران دارد. زعفران گیاهی چند ساله متعلق به خانواده زنبقیان می باشد که توان سازش پذیری بالایی به نواحی خشک و نیمه خشک دارد (Mohammadabadi et al., 2011). ایران بزرگترین تولیدکننده زعفران از نظر کیفیت و کمیت در سطح جهان می‌باشد (Ministry of Agriculture Jihad., 2013). سطح زیر کشت گیاه زعفران در جهان ۱۲۲ هزار هکتار و در ایران حدود ۱۱۵ هزار هکتار می‌باشد و ۹۴٪ زعفران جهان در ایران کشت می‌گردد (Agricultural Statistics., 2019). کشت زعفران در طی سال‌های اخیر، توسط پژوهشگران متعددی بررسی شده که براساس مطالعات علمی و مستند، مشخص شده است که زعفران تولید شده در مناطق خشک و کم‌آب کشور می‌تواند به عنوان مرغوبترین و ممتازترین زعفران کشور معرفی شود. اولین آبیاری در مناطق مختلف بسته به شرایط آب و هوایی و نوسانات جوی می‌باشد که در مناطقی با آب و هوای سرد به دلیل مواجه نشدن برداشت محصول با سرما زدگی، آبیاری در نیمه اول مهر ماه صورت می گیرد و برای مناطق با سردی کمتر آب و هوا زمان آبیاری با تاخیر انجام می‌شود. گلدهی زعفران وابسته به زمان شروع اولین آبیاری می‌باشد. علت شکستن خواب پیاز زعفران خنکی هوا در شهریور ماه نیست، در مناطق سرد سیر گلدهی زودتر و در مناطق گرمسیر گل‌دهی دیرتر حادث می‌شود (Sotoudeh., 2017). اولین آبیاری باید با توجه به دمای محیط صورت گیرد البته باید توجه داشت که در سال اول کشت به دلیل اینکه انتظار گل نداریم می‌توان زودتر آبیاری را شروع کرد یعنی بهتر است از اوایل مهر ماه آبیاری پیازهای تازه کشت شده را انجام داد همچنین آبیاری اول که قبل از سله‌شکنی و خراش دادن سطح زمین صورت می‌گیرد برای شروع رشد و گل‌دهی الزامی است. مطلوبترین زمان آبیاری برای زعفران با توجه به دمای هوا در منطقه خراسان، ۱۵ مهرماه می‌باشد. دور آبیاری ۱۵ روزه نیز مناسب‌ترین دور آبیاری گارش شده است (Behdani et al., 2008a). در تحقیقی دیگر پژوهشگران با اعمال تیمارهای آبیاری در زمان عرف منطقه (۱۵ روز قبل از برداشت به‌عنوان تیمار شاهد)، آبیاری با ۱۵ روز تأخیر و آبیاری با ۳۰ روز تأخیر، گزارش کردند که بیش‌ترین مقدار برای صفات عملکرد گل زعفران و تعداد گل در تیمار ۳۰ روز تأخیر حاصل شد (Choopan et al., 2019) . همبستگی بالایی بین فواصل آبیاری، عملکرد گل و بنه زعفران وجود دارد، به‌طوری‌که براساس تحقیقات انجام شده، عملکرد بالاتر با فواصل کم‌تر آبیاری به‌دست آمد (Behdani et al., 2008b). محققین نشان دادند عملکرد زعفران در روش آبیاری نشتی نسبت به کرتی ۳/۵ برابر افزایش می‌یابد (Yarami & Sepaskhah., 2015). در پژوهشی نتیجه گرفته شد تعداد بنه‌ها در روش آبیاری جویچه‌ای به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از روش آبیاری کرتی بود و وزن بنه‌ها نیز در اکثر دوره‌ها در روش آبیاری جویچه‌ای بیش‌تر بود (Khazaei et al., 2013).

یکی از راه‌کارهای جبران کمبود آب در بخش کشاورزی استفاده از پساب در آبیاری است (Haj Hashemkhani et al., 2013). گرچه پساب نسبت به آب معمولی از کیفیت پایین‌تری برخوردار است ولی به‌دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی و مواد آلی اثرات مثبتی نیز بر حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان می‌گذارد (Batista et al., 2010; Meli et al., 2002). تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص کاربرد پساب در کاشت محصولات کشاورزی انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به پژوهش‌های (Choopan et al., 2017) بر روی جو، (Choopan & Khashei-siuki., 2018) بر روی پنبه و (Shafagh-Kolvanagh et al., 2015) بر پنبه اشاره کرد. بر اساس پژوهشی که جهت بررسی مزایای اقتصادی استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری پنبه انجام گرفت، نشان داده شد که مقدار عملکرد تیمار فاضلاب تصفیه‌شده بدون افزودن کود با تیمارهای دارای کود، تفاوت معنی‌داری نداشتند (Tasadilas & Vakalis., 2003). محققان طی تحقیقی در بنگلادش در سه سال برای تعیین اثر متقابل آبیاری با فاضلاب و کود معدنی با اعمال تیمارهای آب چاه، ترکیب آب و فاضلاب با درصدهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و فاضلاب خام به این نتیجه رسیدند که تیمار ترکیب ۷۵ درصد آب و فاضلاب، بالاترین عملکرد و کیفیت محصول را به‌دست داد

(Mojida et al., 2007). محققان گزارش کردند پساب ثانویه می‌تواند جایگزین مناسب آب معمولی برای آبیاری برمورداگراس باشد و فواید اقتصادی زیادی نیز به همراه داشته باشد. در اثر آبیاری با پساب، عملکرد ماده خشک و میزان پروتئین چمن افزایش یافت. همچنین تیمار فاضلاب خام بیش‌ترین رشد برگ را به خود اختصاص داد (Da Fonseca et al., 2007). اثر پساب فاضلاب بر عملکرد تعدادی گیاه علوفه‌ای در چند ایالت آمریکا نشان داد که تأثیر پساب در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی نیترات آمونیوم از نقطه نظر تأمین نیاز کودی گیاه قابل مقایسه می‌باشد (Clapp et al., 2007).

اخیرا روش آبیاری زیرسطحی که قادر است از بروز مشکلاتی از جمله تبخیر سطحی خاک و هدر رفت آب جلوگیری کند در جهان کاربرد پیدا کرده است. با توجه به تابش شدید آفتاب و بالا بودن تبخیر سطحی در مناطق خشک ایران، آبیاری زیرسطحی می‌تواند در کاهش تبخیر بسیار مفید باشد، از طرفی با اعمال کم‌آبیاری اصولی و تنظیم شده می‌توان ضمن افزایش کیفیت محصول، استفاده بهینه‌ای از آب داشت. از آنجایی‌که پساب فاضلاب جزء آب‌های با کیفیت پایین محسوب می شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را برای انسان، خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به حداقل برساند. در صورتی‌که بتوان کاربرد پساب را با روش‌های مناسب آبیاری در هم آمیخت، همزمان می توان در جهت مشکلات بهداشتی، آلودگی و بحران آب گام مهمی برداشت. آبیاری قطره‌ای و به ویژه آبیاری قطره ای زیرسطحی، از جمله روش‌هایی است که می‌توان با استفاده از آن مخاطرات زیست محیطی کاربرد پساب را به حداقل رساند. زیرا در این روش خاک همچون فیلتر عمل می کند و بین خاک، گیاه و انسان کمترین تماس حاصل می شود. محققان در یک مطالعه موردی نشان دادند که در هنگام استفاده از روش آبیاری سطحی با پساب، ۲۴ درصد از نیتروژن کل موجود در پساب آبشویی شد، از دسترس گیاه خارج می‌شود (Korom & Jeppson., 1994). با توجه به محدودیت‌های کمی و کیفی منابع آب، رشد روز افزون جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، به‌کارگیری روش‌های مدیریت جامع منابع آب برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب ناشی از بحران آب در کشور امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. افزایش کارایی استفاده از منابع آب از طریق کاربرد سیستم‌های آبیاری مدرن و نیز استفاده از منابع آب غیرمتعارف (از جمله پساب فاضلاب) از مؤثرترین راه‌کارهای مدیریتی در استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی به حساب می آید ، به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط جهان کاربرد سیستم‌های آبیاری مکانیزه در مدیریت برنامه‌های کاربرد پساب در کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Capra & Scicolone., 2004. تماس حداقلی کارگران و محصولات با پساب، تخلیه محدود پساب به رواناب‌های سطحی، عدم تشکیل ریزمایع اندک، کاهش رشد علف‌های هرز و در نتیجه کاهش استفاده از علف‌کش‌ها را از جمله مزایای مهم روش آبیاری قطره‌ای دانسته‌اند. نامبردگان بیان داشتند که اگر چه در تدوین معیارهای استفاده ایمن از پساب در کشاورزی ویژگی‌های روش آبیاری نادیده گرفته می‌شود اما با توجه به عملکرد خاک به عنوان یک فیلتر تکمیلی، استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای در کاربرد پساب، مخاطرات کمتری را به دنبال دارد (Capra & Scicolone., 2007). در مطالعه‌ای پژوهشگران با بررسی حضور و حرکت ویروس‌های آلوده کننده باکتری‌های خاک در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که همراه با پساب بوده است، هیچ گونه آلودگی در سطح برگ های گیاه اسفناج مشاهده نکردند (Assadian et al., 2005). استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با سطوح مختلف آب و شوری در سورگوم علوفه‌ای نشان داد با آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی با شوری آب ۵ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد کاهش پیدا نخواهد کرد (Piri & Parsa., 2016). در تحقیق دیگر محققان بیان کردند که اثر تیمارهای مختلف تراکم بر تعداد گل، وزن تر و وزن خشک گل معنی‌دار بوده و بیشترین میزان وزن تر و خشک گل از تراکم متوسط ۸ تن بنه در هکتار بدست آمد (Koocheki et al., 2006). الگوی کاشت ۱۰×۲۰ سانتی متر، معادل ۵۰ بنه در مترمربع، بهترین شرایط را برای زعفران ایجاد می‌کند (Alavi Shahri et al., 1994). نتایج پژوهشی که توسط صادقی (Sadeghi., 2012) انجام شد، نشان داد که بنه‌های بیش از۸ گرم از

درصد گل آوری بالایی در ۳ سال اول کشت برخوردار بودند. محققان بیان کردند، بیشترین عملکرد زعفران، در بنه‌های ۱۰ گرم به بالا به دست آمد که با کاهش اندازه بنه، تمامی صفات کاهش معنی داری پیدا کرد (Molafilabi et al., 2013).

با بررسی مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که ضرورت تحقیقات بیشتری در زمینه نوع منبع آبیاری و نوع سیستم آبیاری زعفـران و مدیریت زمان آبیاری جهت پی بردن به واکنش زعفران به تیمارهای ذکر شده در منطقه تربت حیدریه احسـاس مـی‌شود. در همین راستا، با توجه به اهمیت بهبود مدیریت زراعی این محصول، هدف از این تحقیق بررسی نوع منبع آبیاری و نوع سیستم آبیاری و زمان آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی زعفران است.

مواد و روش ها

شهرستان تربت حیدریه با مساحت ۶۲۲۲۰ کیلومترمربع بین نصف النهارات ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا۶۰ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی و مدارهای ۳۴ درجه و۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح آب های آزاد ۱۳۳۳ متر است. فاکتورهای مختلف اقلیمی این شهرستان بر مبنای آمار ۲۰ ساله مورد مطالعه قرار گرفته است. متوسط درجه حرارت روزانه و حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۱۴/۲، ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتیگراد برای ایستگاه تربت حیدریه به ثبت رسیده است. متوسط بارش در طی یک دوره ۲۰ ساله، ۵۰۶۰ میلیمتر گزارش شده است که یعنی بارش سالانه ۲۵۳ میلیمتر و متوسط تبخیر ۱۱۴۳ میلیمتر در سال گزارش شده است. مقدار بارش از ابتدای مهرماه تا اواخر دی ماه که آبیاری محصول صورت پذیرفته است طبق آمار هواشناسی ۶۳ میلیمتر بوده است. همچنین مقدار میانگین دمایی از ابتدای سال زراعی تا اوایل بهمن ماه ۷/۵ درجه سانتیگراد بوده است که نسبت به مدت مشابه سال قبل و دوره آماری بلند مدت کاهش ۳ درجه‌ای داشته است. مقدار حداکثر، حداقل و میانگین دما و بارش ماهانه در جدول ۱ آمده است.

بیشترین روزهای یخبندان که برابر ۱۵/۵ روز است در دی ماه اتفاق می افتد. این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۸ اراضی کشاورزی شهرستان تربت حیدریه انجام شد. تحقیق حاضر در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تیمار نوع منبع آبیاری (آب چاه W1 و پساب تصفیه شده فاضلاب شهری W2)، نوع سیستم آبیاری (آبیاری کرتی S1 و آبیاری زیر سطحی قطره‌ای S2) و زمان اولین آبیاری (عرف منطقه یا ۱۵ مهر T1، ۱۵ روز تاخیر T2 و ۳۰ روز تاخیر T3) انجام شد و شاهد در این تحقیق تیمار W1S1T1 می‌باشد. تاریخ‌های آبیاری بعدی به‌ترتیب ۳۰ مهر، ۱۵ آبان، ۳۰ آبان، ۱۵ آذر و ۳۰ آذر بود که برای آبیاری‌های زیرسطحی هر ۵ روز به‌طور مساوی و براساس مقدار بارش تعیین شد. براساس نتایج آنالیز شیمیایی پساب فاضلاب شهری، کل جامدات محلول (۱۵۰۰-۳۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی به ترتیب ۲، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ، کلیفرم (۴۰۰ عدد در میلی‌گرم)، کاتیون‌های کلسیم، منیزیم (به ترتیب ۲۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و آنیون‌های سولفات و کلراید (به ترتیب۵۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) در پساب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه در حد استاندارد آبیاری محصولات می‌باشد.

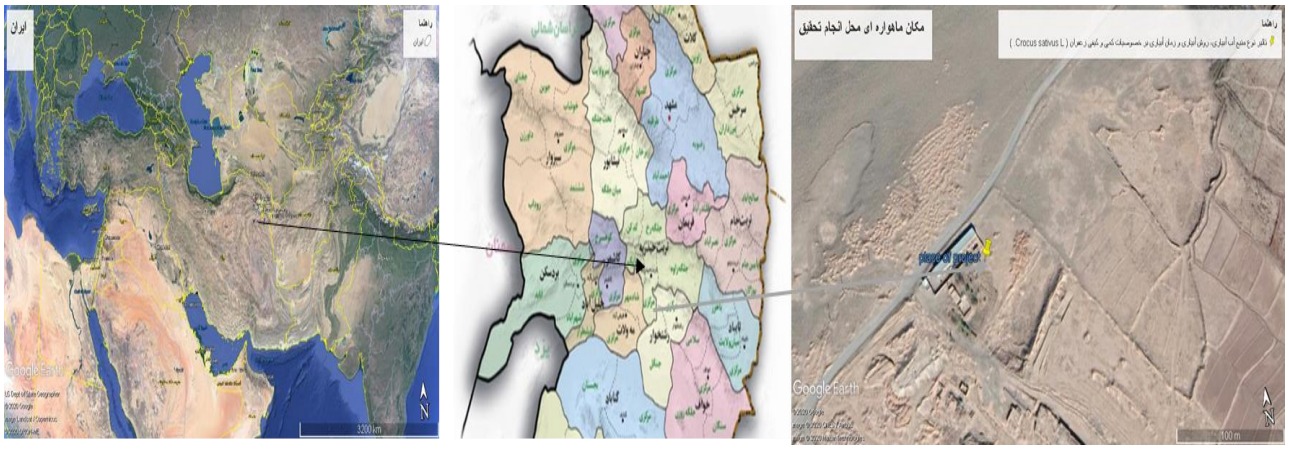
براساس روش طبقه بندی دمارتن که از رابطه زیر محاسبه می گردد: $I= P/(T+10)$

بارندگی سالانه به میلی متر (D) و متوسط دمای سالانه به سانتیگراد (T)، محاسبات نوع اقلیم انجام گردید و عدد ۱۱/۲۴ به دست آمد که نشانگر آب و هوای گرم و نیمه خشک برای این شهرستان است. در شکل ۱ مکان ماهواره‌ای محل انجام تحقیق آمده است.

جدول ۱. داده‌های هواشناسی در طول دوره رشد زعفران

Table 1. Meteorological data during the growing period of saffron

بارندگی Rainfall (میلیمتر) (*mm*)	میانگین Average (سانتیگراد) (Celsius)	دما Temperature (سانتیگراد) (Celsius)		ماه Month
		حداکثر Maximum	حداقل Minimum	
17	21	28	15	شهریور September
11	17	23	11	مهر October
23	7	11	3	آبان November
12	4	8	-1	آذر December
0	-1	5	-7	دی January
0	-1.5	8	-5	بهمن February



شکل۱. مکان ماهواره‌ای انجام تحقیق با مقیاس ۱/۱۰۰

Fig 1. Satellite location for research 1/100

مقدار بنه مصرفی جهت کاشت، بنه‌های ۸ تا ۱۲ گرم که برای کرت‌های ۴ (۲*۲) مترمربعی مقدار ۳/۶ کیلوگرم بنه در عمق ۲۰ سانتی‌متری به‌وسیله دست برای تمام تیمارها بطور یکسان کاشته شد.

در سیستم آبیاری زیرسطحی لوله های فرعی پلی اتیلن ۲۰ میلی‌متری از لوله اصلی پلی اتیلن ۴۰ میلی‌متری منشعب می‌شد. در ابتدای لوله فرعی، شیر قطع و وصل، کنتور حجمی نصب شده بود، از این ادوات به منظور اندازه‌گیری حجم آب عبوری استفاده می شد. برای آبیاری زیر سطحی قطره‌ای در داخل کرت به‌وسیله دو خط مسیر لوله ۲۰ میلی‌متر به فاصله ۰/۷ متر از یکدیگر و فواصل قطره‌چکان‌ها در هر خط آبیاری ۰/۷ متر در نظر گرفته شد. آبیاری برای هر کرت در هر نوبت ۱۵ روزه آبیاری سطحی کرتی ۱۵۰ لیتر و برای آبیاری زیر سطحی ۵۰ لیتر در هر نوبت ۵ روزه اعمال شد. آنالیز شیمیایی آب آبیاری، پساب فاضلاب شهری و آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۲، ۳ و ۴ آمده است. تاریخ کاشت ۵ شهریور، اولین آبیاری ۵ مهر و اولین ظهور گل ۲۵ آبان بود. صفات کمی زعفران (تعدادگل، وزن تازه گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه) به صورت روزانه برداشت شد. صفت شاخص درشتی گل که این صفت از مجموع وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه تقسیم بر تعداد گل بدست می آید و نشان دهنده درشتی و اقتصادی بودن گل می‌باشد به صورت عددی محاسبه گردید. از صفات کیفی زعفران (پیکروکسین، کروسین، سافرانال، رطوبت، کپک و کلیفرم کل) نیز توسط آزمایشگاه کنترل کیفی انجام گردید که روش‌های آزمایش و محدوده قابل قبول صفات کیفی در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین به منظور تعیین صفات کمی و کیفی، برداشت از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای انجام شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی، نمونه‌ها در دمای اطاق و به دور از نور، خشک شدند. متابولیت‌های ثانویه اصلی کروسین با حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر (عامل رنگ)، پیکروکروسین با حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر (عامل طعم) و سافرانال با حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر (عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲ - ۲۵۹ اندازه‌گیری شدند (National Standard of Iran). تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و Excel انجام شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۲. آنالیز شیمیایی آب آبیاری

Table 2. Chemical analysis of irrigation water

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	نسبت جذب سدیم (SAR)	کلسیم Ca_{2+}	منیزیم Mg_{2+}	سدیم Na	کربنات CO_3-	بی‌کربنات HCO_3-	کلر Cl_{-1}	سولفات So_4^-
$dS.m^{-1}$	-	-	$meq.l^{-1}$						
2.5	6.8	13.4	1.2	2.8	18.4	-	3.4	10.5	10.8

جدول۳. آنالیز شیمیایی پساب مورد استفاده

Table 3. Chemical analysis of effluent used

هدایت الکتریکی EC (dS.m-1)	اسیدیته pH	BOD^5	کلسیم Ca_{2+}	منیزیم Mg_{2+}	کلر Cl_{-1}	سدیم Na	فسفر P	نیترات No_3	سولفات So_4-	کدورت
-	-		$mg.l^{-1}$							NTU
2	7.2	55	52.8	65.5	608	11.08	12.01	1	85	6.5

جدول ۴. آنالیز شیمیایی خاک مزرعه (۴۰-۰ سانتی متری)

Table 4. Chemical analysis of field soil (0-40 cm)

نوع آزمایش Type of experiment	واحد اندازه گیری Unit of measurement	نتایج آزمایش Experiment results
پتاسیم Available Potassium	$mg.kg^{-1}$	130
فسفر Available Phosphorus	$mg.kg^{-1}$	3.5
هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	3.8
اسیدیته pH		7.2
آهک Lime	(%)	16.4
ماده آلی Organic materials	(%)	1.2
نیتروژن nitrogen	(%)	0.09
شن Sand	(%)	38
رس Clay	(%)	22
سیلت Silt	(%)	30
درصد اشباع Saturation percentage	(%)	39

جدول۵. صفات کیفی، روش‌های آزمایش و حدود قابل قبول آنالیز کیفی زعفران

Table 5. Qualitative traits, experimental methods and acceptable limits of saffron qualitative analysis

صفات کیفی Qualitative traits	حداکثر رطوبت (درصد جرمی) Maximum humidity (Mass percentage)	حداقل پیکروکسین (حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر) Minimom pyroxene (Maximum absorption at 257 nm)	سافرانال (حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر) Safranal (Maximum absorption at 330 nm)	حداقل کروسین (حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر) minimom crocin (Maximum absorption at 440 nm)	میکرو ارگانیسم کل (تعداد در گرم) Total microorganisms (Number in grams)	اشریشیا کلی (تعداد در گرم) Escherichia coli (Number in grams)	کپک (تعداد در گرم) Mold (Number in grams)
حد قابل قبول Acceptable limit	10- 12	70- 80	20- 50	140- 200	300000	Negative	1000
روش آزمایش (استاندارد ملی) Test Method (National standard)	259-2	259-2	259-2	259-2	5272	2946	10899-3

نتایج و بحث

نتایج صفات کمی نشان داد در تیمار منبع آبیاری همه صفات مورد بررسی غیر معنی‌دار شده، برای تیمار سیستم آبیاری جزء وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده‌اند، صفات دیگر غیرمعنی‌دار شدند. همچنین در تیمار زمان آبیاری وزن خشک خامه در سطح احتمال یک درصد و وزن خشک کلاله در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و صفات دیگر غیرمعنی‌دار شدند. در اثر متقابل تیمارهای زمان آبیاری و سیستم آبیاری و اثر متقابل منبع آبیاری و زمان آبیاری فقط وزن خشک کلاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و صفات دیگر غیرمعنی‌دار شدند. در اثر متقابل دو تیمار منبع آبیاری و سیستم آبیاری و همچنین در اثر متقابل سه تیمار، وزن خشک کلاله در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد و بقیه صفات غیرمعنی‌دار شدند (جدول ۶).

نتایج صفات کیفی نشان داد در تیمار زمان آبیاری همه صفات غیرمعنی‌دار شده است. برای تیمار منبع آبیاری، رطوبت و کلیفرم کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و صفات دیگر غیرمعنی‌دار شدند و همچنین در تیمار سیستم آبیاری رطوبت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد و صفات دیگر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. صفات مورد بررسی در اثر متقابل تیمارهای زمان آبیاری و سیستم آبیاری، منبع آبیاری و زمان آبیاری و همچنین اثر متقابل سه تیمار با یکدیگر کلیه صفات غیرمعنی‌دار شدند ولی در اثر متقابل دو تیمار منبع آبیاری و سیستم آبیاری رطوبت و کلیفرم کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و صفات دیگر غیرمعنی‌دار شدند (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیه واریانس صفات کمی زعفران

Table 6. Analysis of variance of quantitative traits of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد گل Number of flowers	وزن گل تازه Fresh flower weight	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	وزن خشک خامه Dry weight of style	شاخص درشتی گل Large flower index
تکرار Repeat	2	638.4	54.54	0.00071	4.19E-06	0.0002
نوع منبع آبیاری Type of irrigation source	2	1 ns	0.45 ns	0.003 *	2.5E-05 **	6.1E-06 ns
نوع سیستم آبیاری Type of irrigation system	1	0.05 ns	2.9 ns	0.05 **	9.5E-05 **	1.7E-06 ns
زمان آبیاری Irrigation time	1	0.8 ns	4.46 ns	1.1E-05 ns	1.9E-07 ns	2.7E-05 ns
زمان آبیاری x نوع سیستم آبیاری Type of irrigation time* Irrigation system	2	135.34 ns	8.86 ns	0.006 **	1.4E-05 ns	1.4E-05 ns
نوع منبع آبیاری * زمان آبیاری Type of irrigation source* Irrigation time	2	10.16 ns	1.19 ns	0.009 **	6.8E-06 ns	4.7E-05 ns
نوع منبع xنوع سیستم آبیاری Type of irrigation source* Type of irrigation system	1	95.6 ns	14.74 ns	0.003 *	1.97E-07 ns	1.4E-05 ns
زمان آبیاری x نوع سیستم آبیاری xنوع منبع آبیاری Type of irrigation source* Type of irrigation system* Type of irrigation time	2	13.9 ns	0.95 ns	0.035 *	2.4E-06 ns	3.1E-05 ns
خطا Error	24	15321.8	1309	0.017	0.0001	0.005
ضریب تغییرات cv	-	50.9	50.61	3.5	13.3	71.8

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

ns Non-significant, * 5% probability levels and ** 1% probability levels.

جدول۷. تجزیه واریانس صفات کیفی زعفران

Table 7. Analysis of variance of qualitative traits of saffron

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کلیفرم کل Total coliform	کروسین crocin	سافرانال safranal	پیکروسین pyroxene	رطوبت humidity	کپک Mold
تکرار Repeat	2	6.3E+9	6.7	1.3	2.2	0.021	0.012
نوع منبع آبیاری Type of irrigation source	2	1.07E10 ns	2.19 ns	3.5 ns	1.19 ns	0.029 ns	0.02 ns
نوع سیستم آبیاری Type of irrigation system	1	1.3E+11 **	58. 8 **	53.8 **	61.36 **	0.13 *	0.61 **
زمان آبیاری Irrigation time	1	3.4E+13 **	4 ns	4 ns	2.25 ns	1.64 **	0.007 ns
زمان آبیاری x نوع سیستم آبیاری Type of irrigation time* Irrigation system	2	8.6E+8 ns	0.86 ns	1.86 ns	3.02 ns	0.047 ns	0.005 ns
نوع منبع آبیاری * زمان آبیاری Type of irrigation source* Irrigation time	2	1.08E+10 ns	6.58 ns	1.58 ns	2.58 ns	0.067 ns	0.007 ns
نوع منبع xنوع سیستم آبیاری Type of irrigation source* Type of irrigation system	1	1.3E+11 **	7.1 ns	4 ns	3.36 ns	0.25 **	0.002 ns
زمان آبیاری x نوع سیستم آبیاری x نوع منبع آبیاری Type of irrigation source* Type of irrigation system* Type of irrigation time	2	8.6E+8 ns	5.36 ns	0.58 ns	0.19 ns	0.022 ns	0.01 ns
خطا Error	24	1.5E+11	160.7	32	52.7	0.516	0.3
ضریب تغییرات cv	-	8	1	3.6	1.6	2	4

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

ns Non-significant, * 5% probability levels and ** 1% probability levels.

صفات کمی

از مهمترین صفات مورد بررسی در این تحقیق عملکرد کمی زعفران تعداد گل، وزن گل تازه، وزن خشک کلاله، شاخص درشتی و وزن خشک خامه می باشند. در جداول ۸ و ۹ مقایسه میانگین مربعات در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند. در بررسی مقایسه میانگین در صفات کمی، نتایج نشان دادند که صفات تعداد گل, وزن گل تازه، وزن خشک کلاله و شاخص درشتی بین تیمارهای تحقیق در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی-دار با یکدیگر نشان ندادند ولی وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه در بین تیمارهای تحقیق در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته و اختلاف معنی دار با یکدیگر نشان دادند(جدول ۸).

جدول۸. مقایسه میانگین مربعات صفات کمی در تیمار های تحقیق

Table 8. Comparison of mean squares of quantitative traits in research treatments

تیمارهای تحقیق Research treatment	تعداد گل (عدد در متر مربع) Flower number per m^2	وزن گل تازه (گرم در متر مربع) Fresh flower weight (g/m^2)	وزن خشک کلاله (گرم در متر مربع) Dry weight of stigma (g/m^2)	وزن خشک خامه (گرم در متر مربع) Dry weight of style (g/m^2)	شاخص درشتی گل (گرم در متر مربع) Large flower index (g/m^2)
W1S1T1	50.44 a	15.89 a	0.78 de	0.020 d	0.019 a
W1S2T1	51.78 a	15.07 a	0.81 ef	0.015 abc	0.016 a
W2S1T1	43.56 a	12.76 a	0.77 de	0.020 d	0.023 a
W2S2T1	54.22 a	15.45 a	0.69 b	0.013 ab	0.023 a
W1S1T2	55.33 a	16.66 a	0.85 f	0.016 bcd	0.019 a
W1S2T2	43.78 a	12.78 a	0.58 a	0.014 abc	0.017 a
W2S1T2	50.89 a	14.61 a	0.73 bcd	0.017 cd	0.021 a
W2S2T2	48.00 a	13.58 a	0.75 cd	0.015 abc	0.019 a
W1S1T3	48.44 a	15.07 a	0.75 cd	0.015 abc	0.018 a
W1S2T3	49.11 a	14.19 a	0.71 bc	0.012 a	0.025 a
W2S1T3	49.11 a	14.29 a	0.82 ef	0.015 abc	0.021 a
W2S2T3	51.33 a	14.73 a	0.72 bc	0.014 abc	0.018 a

تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه

تعداد گل تازه در زعفران می‌تواند نشان‌دهنده عملکرد نسبی محصول گردد ولی برای نتایج دقیق‌تر عملکرد باید صفات دیگر نیز بررسی گردند. بیشترین و کمترین مقدار برای صفت تعداد گل به ترتیب برای تیمارهای $W_1S_1T_2$ و $W_2S_1T_1$ با مقادیر۵۵/۳ و ۴۳/۵ عدد گل در یک متر مربع شد. برای صفت تعداد گل آب چاه W_1، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند(جدول ۸). عملکرد بالای تیمار حداکثر گل می‌تواند به دلیل این باشد که گیاه در سال اول هنوز انطباق با پساب فاضلاب که یک منبع سرشار از کود محلول و در دسترس می-باشد را در خود ایجاد نکرده است و این تفاوت نیز چشمگیر نبوده است (Hashemkhani et al., 2013; Batista et al., 2010; Meli et al., 2002). اقتصادی‌ترین قسمت گل زعفران کلاله (قرمز رنگ) می‌باشد. نتایج نشان دادند تیمارهای صفات وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته و دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر شدند. بیشترین و کمترین مقدار برای صفت وزن خشک کلاله به ترتیب برای تیمارهای $W_1S_1T_2$ و $W_1S_2T_2$ با مقادیر۰/۸۵ و ۰/۵۸ گرم در یک مترمربع شد. برای صفت وزن خشک کلاله آب چاه W_1، آبیاری سطحی S_1 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۸).

بعد از کلاله، خامه زعفران مهمترین قسمت خوراکی آن می باشد. بیشترین و کمترین مقدار برای صفت وزن خشک خامه به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_1T_1$ و $W_1S_2T_3$ با مقادیر ۰/۰۲ و ۰/۰۱۲ گرم در یک مترمربع شد. برای صفت وزن خشک خامه آب چاه W_1، آبیاری سطحی S_1 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند. درصد تغییرات صفات وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و تعداد گل در تیمارهای تحقیق نسبت به تیمار حداکثر، در حدود ۰/۳ درصد به‌دست آمده است که ممکن است به دلیل سازش پذیری گیاه زعفران (Mohammadabadi et

al., 2011) در شرایط و تنش‌های مختلف باشد (جدول ۸).

وزن گل تازه

بیشترین و کمترین مقدار برای صفت وزن تازه گل به ترتیب برای تیمارهای $W_1S_1T_2$ و $W_2S_1T_1$ با مقادیر ۱۶/۶ و ۱۲/۷گرم در یک مترمربع شد که تفاوت این دو مقدار حدود ۲۳٪ مشاهده گردید. تیمار شاهد در این تحقیق با عملکرد ۱۵/۸۹ گرم در مترمربع قابل قبول بوده و تفاوت ۵ ٪ با تیمار بیشترین مقدار داشته است. برای صفت وزن تازه گل آب چاه W_1، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۸).

شاخص درشتی گل خشک

نتایج نشان دادند تیمارهای صفات تعداد گل و وزن گل تازه در یک گروه از لحاظ آماری قرار گرفته و دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نبوده‌اند. بیشترین و کمترین مقدار برای صفت شاخص درشتی گل خشک به ترتیب برای تیمارهای $W_1S_2T_3$ و $W_1S_2T_1$ با مقادیر ۰/۰۲۵ و ۰/۰۱۶ بدست آمد. برای صفت شاخص درشتی گل خشک پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری سطحی S_1 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند(جدول ۸).

صفات کیفی

از مهمترین آزمون‌های کیفی زعفران که جهت ارزیابی طعم، عطر و رنگ می‌باشد، توسط سه آزمایش کروسین با رنگ، سافرانال با عطر و پیکروکسین با طعم انجام می گیرد (Daneshvar & Hemmatzadeh, 2011) و جهت ارزیابی میزان بار میکروبی از آزمایش‌های کلیفرم کل و کپک استفاده می شود. استفاده گسترده از زعفران در صنایع آرایشی و به ویژه غذایی به عنوان طعم دهنده طبیعی و رنگ خوراکی، سبب توسعه روز افزون کاربرد این گیاه در دنیا شده است (Gresta, et al, 2008; Juana et al., 2009). همچنین از زعفران به عنوان محرک در تقویت توانایی جسمی و جنسی نیز یاد شده است (Keyhani et al., 2006). در بررسی مقایسه میانگین در صفات کیفی، نتایج نشان دادند تیمارهای تحقیق در صفت کروسین در یک گروه آماری قرار گرفته و از لحاظ آماری اختلاف معنی دار با یکدیگر نداشتند ولی صفات پیکروکسین، سافرانال، کلیفرم کل و کپک در بین تیمارهای تحقیق، در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نشان دادند (جدول ۹). در پژوهشی محققان به بررسی آنالیز شیمیایی و میکروبی پساب فاضلاب تصفیه شده شهری تصفیه‌خانه تربت حیدریه برای مصارف کشاورزی در سال ۱۳۹۴ پرداخته شد. بر اساس نتایج، کل جامدات محلول، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، کلیفرم، کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم و آنیون‌های سولفات، فسفات و کلراید در پساب تصفیه شده تصفیه خانه در حد استاندارد آبیاری محصولاتی مانند غلات و گیاهان یک‌ساله ساقه‌دار می‌باشد(Choopan & Emami, 2018).

رطوبت

مقدار رطوبت موجود در زعفران خشک که به صورت جرمی بدست می‌آید. بیشترین و کمترین مقدار برای درصد جرمی رطوبت به‌ترتیب برای تیمارهای $W_1S_2T_1$ و $W_2S_2T_2$ با مقادیر ۷/۶۷ و ۶/۹۵ درصد جرمی شد. برای درصد جرمی رطوبت آب چاه W_1، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند.

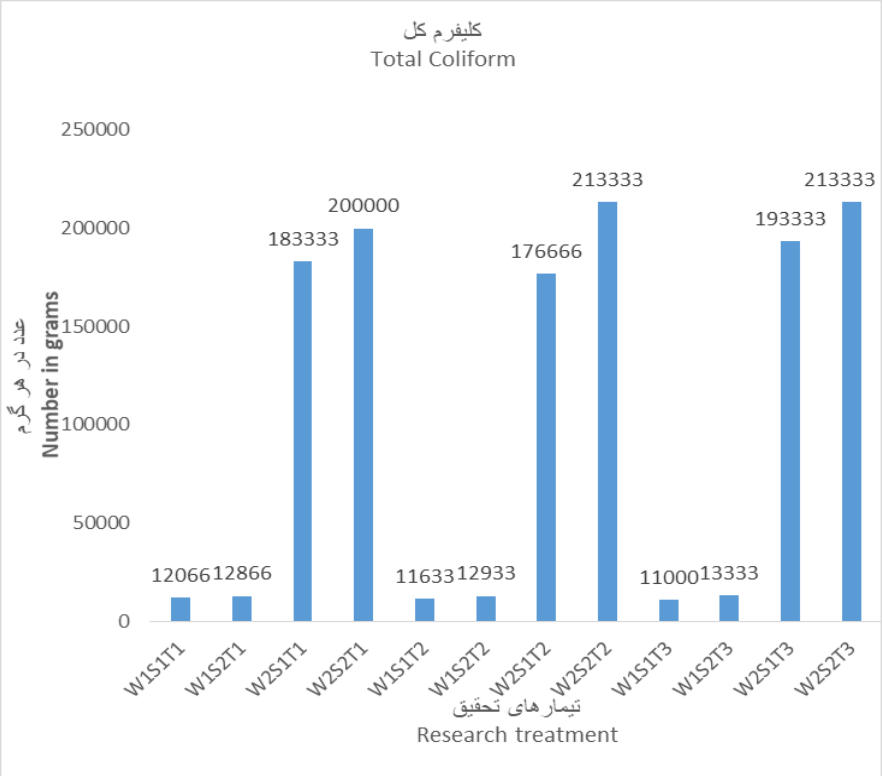
پیکروکسین، سافرانال و کروسین

بیشترین و کمترین مقدار برای صفت پیکروکسین، حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_2T_3$ و $W_1S_1T_3$ با مقادیر ۹۳ و ۸۸ شد. برای پیکروکسین پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان عرف آبیاری (نیمه مهر ماه) T_1 بهترین عملکرد را نشان دادند. بیشترین و کمترین مقدار برای سافرانال، حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_2T_3$ و $W_1S_1T_3$ با مقادیر ۳۳/۶ و ۲۸/۳ شد. برای سافرانال پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان ۳۰ روز تاخیر آبیاری T_3 بهترین عملکرد را نشان دادند. بیشترین و کمترین مقدار برای کروسین، حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_2T_3$ و $W_1S_1T_3$ با مقادیر ۲۶۳/۳ و ۲۵۸/۶ شد.

برای صفت کروسین پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان ۳۰ روز تاخیر آبیاری T_3 بهترین عملکرد را نشان دادند و این نشان از سازش پذیری زعفران می‌تواند باشد (Mohammadabadi et al., 2011). درصد تغییر صفات پیکروکسین، کروسین و سافرانال تیمارهای تحقیق نسبت به تیمار حداکثر نشان می‌دهد که تغییرات در بین تیمارها جزئی بوده و در حدود ۵ درصد تفاوت داشته است که این تغییرات در تیمار $W_2S_1T_3$ در صفت سافرانال کاهش ۸ درصدی و برای صفت پیکروکسین در تیمارهای $W_1S_1T_3$ و $W_2S_1T_3$ نیز به ترتیب ۴ و ۶ درصد نسبت به تیمار حداکثر شده است. این نتایج در استفاده از پساب جهت محصولات کشاورزی بررسی شده و با نتایج سایر محققان (Mojida et al., 2007; Da Fonseca et al., 2007; Clapp et al., 2007) همخوانی دارد (جدول ۹).

کلیفرم کل و کپک

بیشترین و کمترین مقدار برای کلیفرم کل به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_2T_3$ و $W_1S_1T_3$ با مقادیر ۲۱۳۳۳۳ و ۱۱۰۰۰ عدد در هر گرم شد. برای کلیفرم کل پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان ۳۰ روز تاخیر آبیاری T_3 بهترین عملکرد را نشان دادند. کلیفرم کل در تیمارهای تحقیق در شکل ۲ آمده است. دلیل بالا بودن مقدار کلیفرم آبیاری زیر سطحی در تیمارهای دارای پساب و آب چاه نسبت به تیمارهای سطحی می تواند قرار داشتن زمان بیشتر رطوبت و فعالیت کلیفرم‌ها در محیط خاک و انتقال به گیاه باشد که در مورد پساب فاضلاب شهری این امر باعث دوچندان شدن مشکل در بارمیکروبی محصول شده است. بیشترین و کمترین مقدار برای صفت تعداد کپک در هر گرم به ترتیب برای تیمارهای $W_2S_2T_3$ و $W_1S_1T_1$ با مقادیر ۳۰۷ و ۲۶۷ عدد در هر گرم شد. برای صفت تعداد کپک پساب قاضلاب شهری W_2، آبیاری زیر سطحی S_2 و زمان ۱۵ روز تاخیر آبیاری T_2 بهترین عملکرد را نشان دادند(جدول ۹).



شکل ۲. کلیفرم کل در تیمارهای تحقیق

Fig 2. Total Coliform in Research treatment

جدول۹. مقایسه میانگین مربعات صفات کیفی در تیمار های تحقیق

Table 9. Comparison of mean squares of qualitative traits in research treatments

تیمارهای تحقیق Research treatment	رطوبت (درصد جرمی) Maximum humidity (Mass percentage)	پیکروکسین (حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر) pyroxene (Maximum absorption at 257 nm)	سافرانال (حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر) Safranal (Maximum absorption at 330 nm)	کروسین (حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر) crocin (Maximum absorption at 440 nm)	کلیفرم کل (تعداد در گرم) Total coliform (Number in grams)	کپک (تعداد در گرم) Mold (Number in grams)
W1S1T1	7.47 a	90.33 abcd	30.33 ab	258.67 a	12066 a	267 a
W1S2T1	7.67 a	92.00 cd	33.00 cd	260.00 a	12866 a	293 bcde
W2S1T1	7.10 b	89.00 ab	31.00 bc	260 a	183333 bc	280 abc
W2S2T1	7.17 b	92.33 cd	32.00 bcd	263 a	200000 de	297 cde
W1S1T2	7.53 a	90.00 abc	28.33 a	258 a	11633 a	283 abcd
W1S2T2	7.73 a	91.00 bcd	32.67 cd	262 a	12933 a	303 de
W2S1T2	7.17 b	90.00 abc	30.33 ab	258 a	176666 b	277 abc
W2S2T2	6.95 b	92.33 cd	32.67 cd	261 a	213333 e	310 e
W1S1T3	7.17 b	88.00 a	30.33 ab	261 a	11000 a	277 abc
W1S2T3	7.63 a	91.33 bcd	32.67 cd	261 a	13333 a	303 de
W2S1T3	7.12 b	89.00 ab	31.67 bcd	259 a	193333 cd	273 ab
W2S2T3	7.13 b	93.00 d	33.67 d	263 a	213333 e	307 e

کارآیی مصرف آب

شاخص کارآیی مصرف آب آبیاری در تعریف به معنای مقدار محصول به حجم آب مصرفی می‌باشد، یعنی کارآیی مصرف آب به مقدار محصول گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب آبیاری کاربردی به‌دست می‌آید و معمولا به کیلوگرم بر مترمکعب ارائه می‌گردد که در این تحقیق چون مقیاس اندازه‌گیری زعفران گرم است، با واحدگرم در مترمکعب محاسبه شده است. مقدار آب مصرفی در این تحقیق برای تمامی تیمارها یکسان بوده است پس حداکثر عملکرد کل (مجموع وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه)، کارآیی مصرف آب بالاتری را نشان می‌دهد که در این تحقیق تیمار $W_1S_1T_2$ با مقدار ۹/۴ گرم بر مترمکعب می باشد.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق ارزش کمی و کیفی زعفران در واکنش به پساب فاضلاب شهری تصفیه شده به دلیل ممنوعیت استفاده، در اولویت بررسی قرار گرفت و نتایج صفات کمی زعفران نشان دادند بهترین منبع آبیاری در منطقه مورد مطالعه آب چاه (در شرایط کم آبی و با توجه به نتایج کمی و کیفی و داشتن کاهش جزئی، کاربرد پساب قاضلاب شهری بعنوان منبع آبیاری منعی ندارد و از لحاظ کیفی فقط با توجه به افزایش چشمگیر کلیفرم کل در تیمارهای حاوی پساب نیاز به بررسی در کشت-های بعد نیز مبرم است). نوع سیستم آبیاری تاثیر نامطلوبی را بر کمیت و کیفیت محصول ایجاد نکرده و طبق نتایج سیستم زیر سطحی کاهش جزئی در عملکرد کمی داشته است و با عملکرد کیفی مناسب مشاهده شده است. زمان آبیاری در این تحقیق به دلیل تداخل برداشت محصول در فصل مهر ماه بررسی گردید

و در صفت کیفی و کمی با تغییرات جزئی مشاهده شد ولی عملکرد بهتر در تیمارهای نیمه مهر ماه مشاهده شد. بطور کل پساب فاضلاب شهری با رعایت نکات بهداشتی و کیفی، سیستم آبیاری زیر سطحی با توجه به هزینه اولیه اجرا و زمان آبیاری نیز با توجه به شرایط جوی و نیاز بازار می‌تواند با تاخیر انجام صورت پذیرد.

منابع

Agricultural Statistics., 2015. *Department of Planning and Economy (from 2002 to 2015).* http://www.maj.ir/. [in Persian].

Alavi Shahri, H., Mohajeri, M. And Falaki, M.A. 1994. *Investigation of plant density (planting intervals) in saffron yield.* Abstracts of the second gathering of saffron and cultivation of medicinal plants, 17 and 18 November, Gonabad. [in Persian].

Assadian, N.W., Di. Giovanni, G.D., Enciso, J., Iglesias, J., and Lindemann, W. 2005. The transport of waterborne solutes and bacteriophage in soil subirrigated with a wastewater blend. *Agric. Ecosystems and Environ. 111*: 279-291.

Batista, A. P., Monterio, V. H., Coelho, S. R., and S. R. Sampaio. 2010. The effect of irrigation with swine wastewater on yield and seed quality of dry beans. *Use of manures and organic wastes to improve soil quality and nutrient balances.* Western Parana state University, Brazil.

Behdani M. A. Koocheki A. Nassiri M. and Rezvani P. 2008b. Models to predict flowering time in the main saffron production regions of Khorasan province. *Journal of Applied Sciences 8*(5):907-909.

Behdani M.A. Koocheki A. Rezvani P. and Jami Al-Ahmadi M. 2008a. Agro-Ecologicla zoning and potential yield of saffron in Khorasan-Iran. *Journal of Biological Sciences. 8*(2):298-305.

Capra, A., and Scicolone, B. (2004). Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. *Agricultural Water Management, 68*: 135-149.

Capra, A., and Scicolone, B. (2007). Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. *Journal of Cleaner Production, 15*: 1529-1534.

Choopan, Y., Khashei-Siuki, A. and Shahidi, A. 2017. Investigation the effect irrigation with urban refind sewage Torbat Heydarieh city on Varamin cotton morphologic performance. *Water Research in Agriculture Journal* [in Persian].

Choopan, Y. and Khashei-siuki, A. 2018. Effect of wastewater sewage and zeolite on yield, seed index, lint percentage and cotton weight in cotton plant (case study: Torbat-Heydarieh). *Water and Soil Journal*. [in Persian].

Choopan, Y., And Emami, S. 2018. Evaluation of physical, chemical and biological properties of Torbat-e-Heid-e-Riyeh municipal wastewater treatment plant effluent for agricultural use. *Quarterly Journal of Research in Environmental Health. 4* (3): 236-227. [in Persian].

Choopan, Y., Emami, S. And Hezarjaribi, a. 2019. The role of different irrigation periods on coriander weight, forage amount and number and yield of saffron flowers in hot and dry climate, *Journal of Water Management in Agriculture. 6* (2), 115-122. [in Persian].

Clapp C. E., Palazzo, A. J. Larson, W.E., marten G. C. and linden, D. R. 1987. *Uptake of nutrients by plants irrigated with municipal wastewater effiuent.* Pp. 395-404. In: state of knowledge in land treatment of wastewater. army crops of engineers, Hanover.

Da Fonseca, A.F., Jose´ Melfi, A., Monteiro, F.A., Montes, C.R., de Almeida, V.V., and Herpin, U. 2007. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. *Agri Water Manage. 87*: 328-336.

Daneshvar, M.H. And Hemmatzadeh, A. 2011. *Chemical compounds of saffron*: color, taste and aroma. Shahid Chamran University Press. [in Persian].

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L. and Ruberto, G. 2008. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigma yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (Crocus sativus L.) in a Mediterranean environment. *Journal of the Science of Food and Agriculture. 88*(7): 1144-1150.

Haj Hashemkhani, M., Ghobadinia, M., Tabatabai, H., Hosseinpour, H. And Houshang, S. 2013. Effect of modified zeolite in combination with soil on permeability quality and water quality of municipal wastewater. *Journal of Water and Soil. 28* (3): 595-587. [in Persian].

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Saffron – Test methods. Isiri Number: 259-2. 1st. Revision, *http://www.isiri.org/asp/account/checklog.asp?ID=259 -2.doc*.

Juana, J. A. D., Córcolesb, H. L., Munozb, R. M., and Picornella, M. R. 2009. Yield and yield components of saffron under different

cropping systems. *Industrial Crop Production, 30* (2): 212-219.

Keyhani, E., Ghamsari, L., Keyhani, J., Hadizadeh, M. 2006. *Antioxidant enzymes during hypoxia-anoxia signaling events in Crocus sativus L. corm.* In Annals of the New York Academy of Sciences Stress Signaling and Transcriptional Control. 65-75.

Khazaei, M., Monfared, M., Kamkar Haghighi, A. A. And Sepaskhah, A. L .2013. Investigation of changes in weight and number of saffron pods in different amounts and irrigation methods in different cultivation periods. *Journal of Saffron Research. 1* (1): 56-48. [in Persian].

Koocheki, A., M. A. Behdani and M. Nassiri. 2006. Agronomic attributes of saffron yield at agroecosystems scale in Iran. *Journal of Applied Horticulture. 8* (2): 121-124.

Korom, S.F., and Jeppson, R.W. 1994. Nutrient leaching from alfalfa irrigation with municipal wastewater. ASCE *J. Environ. Eng. 120*(5): 1067-1081.

Ministry of Agriculture Jihad., 2013. The MAJ Database. Available at: Web site *http://www.maj.ir.(verified 5).* [in Persian].

Meli, S., Porto, M., Bufo, S.A., Mazzatura, A. and A. Scopa. 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Sci. Total Environ. 285*: 69-77.

Mojida, M. A., Bismas, S. K. and Wyseure, C. C. L. 2007. Interaction effects irrigation by municipal waste water and inorganic fertilisers on wheat cultiration in bangeladesh. *Field crops research, 134*: 200-207.

Mohammadabadi, AA, Rezvani Moghaddam, p. And Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and time of first irrigation on growth and yield of saffron. (Crocus sativus L.) *Journal of Agricultural Ecology, 3* (1): 84-93. [in Persian].

Molafilabi, A., Kouchaki, A., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahallati, M. 2013. Comparison and evaluation of the effect of coriander weight density on yield and yield components of saffron in soil and hydroponic substrates in plastic tunnels. *Agriculture and Saffron Technology, 1* (2): 14 to 28. [in Persian].

National Standard of Iran, *http://www.isiri.gov.ir/*

Piri, H. and Parsa, M. 2016. Quantitative and qualitative study of forage sorghum at different levels of salinity and irrigation water in subsurface drip irrigation system. *J. Water Res. Agr. 30*: 4. 467-482.

Sadeghi, B. 2012. *Effect of corm weight on Saffron (Crocus sativus L.) flowering (Research II).* In 4th international saffron symposium, October, 22-25. Kashmir, India.

Shafagh-Kolvanagh, J., ZehtabSalmasi, S., Alami-Milani, M., Oustan, Sh. and Abdoli, S. 2015. Effect of using wastewater from a yeast production plant on yield and yield components of wheat in Garamalek area of Tabriz. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 25*(2): 65-77. (In Persian)

Sotoudeh, A. 2017. Study of the effect of summer irrigation and autumn irrigation time and tillage depth on weeds and saffron yield. Master Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. [in Persian].

Tasadilas, C. D. and Vakalis, P. S. 2003 . Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater. *Water Science Technology, Water Suply, 3* (4): 223-228. .

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

COPYRIGHTS

© 2022 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.10, No.1, Spring & Summer, 2022
p. 28-44
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.3948.1147

University of Birjand

Original Article:

Effect of Resource Management, Method and Time of Irrigation on Flower Quantitative Yield and Quality Characteristics of Saffron

Yahya Choopan[1*], Abotaleb HezarJaribi [2,] Khalil Ghorbani[3], Mousa Hesam[4], Abbas Khashei Siuki[5]

1- PhD Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2,3 & 4- Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

5- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

** Corresponding author Email: Yahyachoopan68@gmail.com*

Received 01 December 2020; Accepted 01 June 2021

Abstract

Due to the dry climate and severe water shortages in the northeastern regions of the country, the cultivation of crops that have low water requirements and at the same time have good economic productivity is considered. In this regard, a study in the form of a randomized complete block design with three treatments: type of irrigation source (well water W1 and treated wastewater of municipal wastewater W2), type of irrigation system (irrigation surface S1 and subsurface irrigation of drops S2) and time Irrigation (custom of the region or 15 Mehr T1, 15 days delay T2 and 30 days delay T3) was done in the crop year 1398 in Torbat Heydariyeh. The results of data analysis and comparison of the mean of treatments showed that due to the interaction of water type, type of irrigation system and irrigation time on all quantitative and qualitative indicators of saffron (number of flowers, fresh weight of flowers, dry weight of stigma, dry weight of cream, coarse index Flower, picroxine, crocin, safranal, moisture, mold and total coliform) except for the stigma dry weight which was significant at 5% probability level, other traits became insignificant. The highest values for number of flowers, fresh flower weight and stigma dry weight were observed in W1S1T2 treatment with values of 55.3 per square meter, 16.6 and 0.85 g / m2, respectively. The results also showed that in the qualitative traits of picroxine, crocin and safranal, the best value for W2S2T3 treatment with 93, 33.6 and 263.3 (maximum absorption) and the best total coliform in W1S1T3 treatment with 11000 units per gram was obtained. Came. In general, municipal wastewater (Taking into account health and food issues), subsurface system and other irrigation times can be used in saffron cultivation.

Keywords: Crocin, Stigma dry weight, Treated wastewater, Subsurface irrigation.