نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد نهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰
شماره صفحه: ۵۹-۴۵
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3780.1142

مقاله پژوهشی:

ارزیابی اثر فاضلاب شهری و زمان آبیاری بر واکنش‌های کمی و کیفی گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.)

یحیی چوپان [۱]، ابوطالب هزار جریبی [*۲]، خلیل قربانی [۲]، موسی حسام [۲]، عباس خاشعی سیوکی [۳]
۱- دانشجوی دکتری آبیاری زهکشی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب و عضو گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم دانشگاه بیرجند، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: Hezarjaribi@gau.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۹

چکیده

زعفران گیاهی استراتژیک تلقی می‌شود که ارزش کمی و کیفی آن می‌تواند بر اقتصاد کشاورزی مناطق کم‌آب حائز اهمیت باشد. بدین منظور تحقیقی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور نوع منبع آبیاری (آب چاه W1 و پساب تصفیه شده فاضلاب شهری W2) و زمان آبیاری (عرف منطقه یا ۱۵ مهر T1، ۱۵ روز تاخیر T2 و ۳۰ روز تاخیر T3) انجام شد. نتایج میانگین مربعات نشان دادند، صفات کمی (تعداد گل، وزن تازه گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و شاخص درشتی گل) زعفران در فاکتور زمان آبیاری، نوع منبع آبیاری و تقابل دو فاکتور فاقد ارتباط معنی‌دار شده و نتایج میانگین مربعات صفات کیفی (پیروکسین،کروسین، سافرانال، رطوبت، کپک و میکروارگانیسم کل) زعفران در فاکتور زمان آبیاری و تقابل زمان آبیاری در نوع منبع آبیاری غیر معنی‌دار شدند ولی صفات رطوبت و میکروارگانیسم کل در صفت نوع منبع آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. نتایج نشان دادند بیش‌ترین مقدار برای صفات کمی تعداد گل و وزن خشک کلاله برای تیمار W1T1 به ترتیب با مقادیر۵۱ عدد گل در یک متر مربع و ۰/۷۹ گرم در یک متر مربع شد. همچنین برای صفات کیفی کروسین، سافرانال و میکروارگانیسم کل تیمار W2T3 به ترتیب با مقادیر ۲۶۱ و ۳۲/۶ (حداکثر جذب) و ۲۰۳۳۳۳ عدد در هر گرم بیشترین مقدار در بین تیمارهای تحقیق بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: پساب، تعداد گل، کلاله، میکروارگانیسم کل

مقدمه

زعفران از جمله محصولات مهم کشاورزی قدیمی در خراسان رضوی و شهرستان تربت حیدریه بوده است که علی رغم کیفیت خوب دارای بازار اقتصادی مطلوبی در منطقه می باشد ولی به دلیل کمبود آب و فراوانی کشت محصول زعفران در منطقه، کشاورزان به استفاده از منابع آبی نامتعارف از جمله پساب فاضلاب شهری جهت آبیاری این محصول روی آورده‌اند که احتمال می رود مشکلات کیفی برای زعفران و خاک ایجاد کند. در این بخش به بررسی مطالعات انجام شده در واکنش محصولات به پساب فاضلاب پرداخته شده است. زعفران با نام علمی *Crocus sativus L.* گیاهی از خانواده زنبقیان (*Iridaceae*) می‌باشد (*Gresta et al., 2009*). زعفران از جمله محصولات مهم استراتژیک کشاورزی در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی بوده و بررسی تحقیقات صورت گرفته، نشانگر آن است که عواملی از جمله خرده مالکی، کم‌آبی، وجود نیروی کار در خانواده‌ها و دانش بومی باعث گردیده تا زعفران جایگاه خوبی در کشور پیدا کند (*Kafi et al., 2002*). در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، خشکی و مدیریت آب، به عنوان دیدگاهی جدید در توسعه کشاورزی به‌شمار می‌روند (*Aghayi & Ehsanzade, 2011*). استفاده از کشاورزی با توسعه کشت‌های کم آب و با ارزش اقتصادی مناسب می‌تواند مدیریتی بر بحران آب باشد. بنابراین، می‌توان گیاه زعفران را به عنوان یک گیاه مناسب در سیستم‌های کشاورزی با بهره‌وری کم به شمار آورد (*Temperini et al., 2009*). نیاز آبی کم ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مکعب (۳ تا ۵ مرحله آبیاری در فصل رشد)، قرار داشتن بخش زیادی از دوره رشد در فصل مرطوب سال، زمان آبیاری مناسب اقلیم خشک و نیمه خشک و همچنین قدرت انطباق بالای زعفران برای رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک از مزیت‌های بسیار کلیدی این گیاه می‌باشد (*Alizade et al., 2009; Yarami et al., 2011*).

طی تحقیقی که در پژوهشکده زعفران دانشگاه تربت-حیدریه بر روی آبیاری تابستانه زعفران انجام شد، اعلام گردید که در سال اول اجرای آزمایش، آبیاری در تیر به‌علاوه مرداد ماه بیش‌ترین تأثیر را در افزایش تعداد گل، عملکرد گل و وزن خشک کلاله زعفران داشته است (*Feizi et. al., 2015*) محققین مناسب‌ترین زمان آبیاری برای زعفران را ۱۵ مهر ماه با دور آبیاری ۱۵ روز با توجه به نیاز آبی سالانه حدود ۳۰۰۰ متر مکعب در خراسان توصیه کردند(*Mosaferi-ziaodini, 2001; Behdani et al., 2008a*). نتایج تحقیقات پژوهشگران نشان داد که وزن کلاله در تیمار دیم‌کاری گیاه زعفران نسبت به تیمارهای آبیاری بسیار کم‌تر بود (*Azizi et al., 2006*). 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 بالا بین فواصل آبیاری، عملکرد گل و بنه زعفران وجود دارد، به‌طوری که عملکرد بالا با فواصل کم آبیاری به‌دست آمد (*Behdani et al., 2008b*). در مطالعه‌ای دو تیمار کشت به روش‌های شیاری و کرتی و ۵ سطح آبیاری (دیم، ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ روز)، حاکی از آن بود که فواصل آبیاری ۱۵ و ۲۵ روز بر صفات و عملکرد اثر قابل ملاحظه داشت و کم‌ترین اثر در تیمار دیم مشاهده شد (*Pazoki et al., 2013*). در یک تحقیق دو ساله روی زعفران در منطقه باجگاه، دور آبیاری برای این گیاه، ۲۴ روز و بهترین روش کشت، روش کرتی پیشنهاد شد (*Azizi et al., 2006*). تأخیر در قطع آبیاری انتهای فصل تأثیر معنی‌داری بر تعداد بنه زعفران نداشته ولی متوسط وزن بنه و وزن تر و خشک بنه در واحد سطح را کاهش می‌دهد (*Rezaei et al., 2019*). تحقیقی به منظور بررسی اثر آبیاری با پساب بر گیاه پنبه با تیمار های آب چاه *T1*، فاضلاب تصفیه شده *T2*، ترکیب ۵۰ درصد آب چاه و ۵۰ درصد فاضلاب تصفیه شده *T3*، آبیاری یک در میان آب و فاضلاب *T4* و ترکیب ۳۳ درصد آب چاه و ۶۶ درصد فاضلاب تصفیه شده (مورد استفاده کشاورزان منطقه) *T5* انجام شد و نتایج نشان دادند تیمارهای تحقیق که دارای پساب فاضلاب تصفیه شده شهری بودند از عملکرد وش، تعداد قوزه در بوته، تعداد برگ در بوته،

قطر ساقه و ارتفاع گیاه بالاتری داشـتند (*choopan et al., 2018*).

استفاده از پساب‌ها (فاضلاب‌های تصفیه شده) در کشاورزی مزایای متعددی را به همراه دارد که در بسیاری از مقالات به آن اشاره شده است و مهمترین آنها عبارتند از: فراهم نمودن یک منبع آب ارزان و دائمی، کاهش هزینه های تصفیه، آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصارف، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و اثرات زیست محیطی آنها و کاهش اثرات زیست محیطی دفع پساب به منابع آبی (*Bahri, 1999; Haruvy, 1998; Fatta & Kythreotou, 2005*).

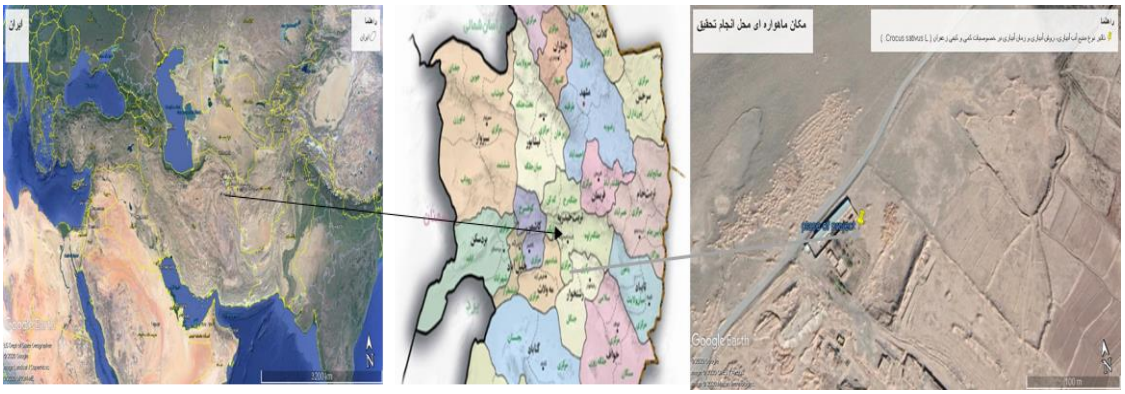
پساب‌های خانگی از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد ناخالصی که عمدتاً مواد جامد معلق، کلوئیدی و معلق هستند، تشکیل شده است. گازها و میکروارگانیسم‌ها و سایر موارد نیز بخش بسیار اندکی از پساب‌ها را تشکیل می‌دهند (*Nadafizade et al., 1996*). استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی باعث کاهش استفاده از آب‌هایی می‌شود که علاوه بر کشاورزی می‌تواند به مصارف دیگر نظیر شرب برسد (*Gamito et al., 1999*). علاوه بر این، پایین بودن هزینه استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری، کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی از دیگر مزایای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی می‌باشد (*Erfani & Alizade, 2000*). در حقیقت فاضلاب در زمره آب‌های شیرین ولی آلوده محسوب می‌شود. استفاده مجدد از فاضلاب‌های تصفیه شده و کاربرد آن‌ها برای آبیاری در کشاورزی بسیار آسان‌تر و کم هزینه‌تر از شیرین کردن آب شور دریاها است (*Behdad, 2001; Javaherzade, 2001; Abedi & Najafi, 2001*).

محققان کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان را جهت استفاده در کشاورزی بررسی و مشاهده کردند، کیفیت پساب خروجی از نظر اغلب پارامترها در مقایسه با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست همخوانی داشته و قابلیت استفاده در کشاورزی را دارا می‌باشد (*Anbir & Nouri, 2018*). در تحقیقی دیگر استفاده از پساب تصفیه‌شده پرکندآباد مشهد در آبیاری را با توجه به اثرات زیست‌محیطی آن مورد بررسی قرار داده و بیان کردند پساب استعداد استفاده در کشاورزی را دارا می‌باشد و مشکلی بر محصولات نخواهد داشت(*Mehravara et al., 2015*).

با بررسی مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که ضرورت تحقیقات بیش‌تری در زمینه مدیریت نوع منبع آبیاری که بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و زمان آبیاری زعفـران که نقش اساسی در قیمت و نیروی کار دارد، 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 زمان آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی عملکرد زعفران است تا از لحاظ ارزش اقتصادی، غذایی و بهداشتی و همچنین بازار پسندی محصول در سطح جهانی اثر منفی ایجاد نگردد.

مواد و روش ها

شهرستان تریت‌حیدریه در مدار ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا قرار دارد. وضعیت اقلیمی این ایستگاه بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم خشک سرد و بر اساس طبقه‌بندی کریمی دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد (اداره کل هواشناسی خراسان رضوی). بر اساس داده‌های هواشناسی آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی شهرستان تربت حیدریه، متوسط درجه حرارت روزانه در ایستگاه تربت حیدریه ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر دما به ترتیب برابر ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ٪۴۵، متوسط بارش سالانه ۲۵۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالیانه ۱۱۴۳/۱۳ میلی‌متر می‌باشد (ایستگاه هواشناسی تربت حیدریه). متوسط بارش سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱ درجه می‌باشد. در شکل ۱ مکان ماهوراه‌ای محل انجام تحقیق آمده است.



شکل۱. مکان ماهواره‌ای انجام تحقیق با مقیاس ۱/۱۰۰

Fig 1. Satellite location for research

تحقیقی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با با دو فاکتور نوع منبع آبیاری (آب چاه *W1* و پساب تصفیه شده فاضلاب شهری *W2*) و زمان آبیاری (عرف منطقه یا ۱۵ مهر *T1*، ۱۵ روز تاخیر *T2* و ۳۰ روز تاخیر *T3*) و سه تکرار انجام شد. مقدار بنه مصرفی جهت کاشت، بنه‌های ۸ تا ۱۲ گرم و برای کرت‌های ۴ متر مربعی مقدار ۳/۶ کیلوگرم در عمق ۲۰سانتی‌متری خاک کاشته شد. آبیاری به‌وسیله لوله تا ابتدای هر کرت انجام و میزان آن به‌وسیله کنتور با دقت لیتر اندازه‌گیری شد. آنالیز شیمیایی آب آبیاری، پساب فاضلاب شهری و آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده است. جهت به دست آوردن کاتیون‌ها (کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم) و آنیون¬های (کربنات، بیکربنات، کلر، سولفات، شوری و اسیدیته) پساب از روش و دستگاه‌های آزمایشگاهی استفاده شده است. شوری با استفاده از دستگاه *EC* متر مدل ۱۱۰ در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و اسیدیته توسط دستگاه *pH* متر مدل ۲۱۲ اندازه‌گیری گردید. نسبت جذب سدیم توسط روش استات سدیم به‌دست آمد. برای تعیین کلسیم و منیزیم از روش تتراسیون با (اتیلن دی آمین ترا استات) با غلظت ۰/۰۲ مولار و سدیم و پتاسیم از دستگاه فلیم فتو متر با محلول‌های استاندارد مورد استفاده قرار گرفتند. جهت محاسبه میزان کلر روش تتراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال در حضور معرف فنل فتالین، سولفات روش توربیدومتری، کربنات و بی‌کربنات روش تتراسیون با اسید سولفوریک ۰/۰۱ نرمال در حضور معرف متیل اورانژ استفاده شدند. سنجش کدورت با استفاده از روش نفلومتری یا تفریق‌سنجی با استفاده از دستگاه کدورت-سنج مدل *AQUA LYTIC* با دامنه کاربرد ۰ تا ۱۰۰۰ صورت گرفت. اندازه‌گیری اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (*BOD*) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (*COD*) نمونه‌ها به‌ترتیب با استفاده از دستگاه‌های *COD* مدل *AQUA LYTIC* و دستگاه *BOD* متر دیجیتال مدل *AQUA LYTIC* انجام گرفت (*Choopan et al., 2018*).

صفات کمی (تعداد گل، وزن تازه گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و شاخص درشتی گل) زعفران روزانه از یک متر مربع وسط هر کرت برداشت شد. صفات کیفی (پیروکسین،کروسین، سافرانال، رطوبت، کپک و میکروارگانیسم کل) زعفران نیز توسط آزمایشگاه کنترل کیفی انجام گردید و نمونه‌ها در دمای اطاق و به دور از نور خشک شدند. متابولیت‌های ثانویه اصلی کروسین (عامل رنگ)، پیکروکروسین (عامل طعم) و سافرانال (عامل عطر) به روش اسپکتروفتومتری طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲ - ۲۵۹ اندازه‌گیری شدند (*Institute of Standards and Industrial Research of Iran*) که روش‌های آزمایش و حدود قابل قبول آنالیز کیفی در جدول ۴ آمده است. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار *SAS 9.4* و ترسیم نمودارها بوسیله نرم افزار *Excel* انجام شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱. آنالیز شیمیایی آب آبیاری

Table 1. Chemical analysis of irrigation water

هدایت الکتریکی EC *dS.m^{-1}*	اسیدیته pH -	نسبت جذب سدیم (SAR) -	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	کربنات Co_3^-	بی‌کربنات Hco_3^-	کلر Cl	سولفات So_4^-
			meq.l^{-1}						
2.5	*6.8*	*13.4*	*1.2*	*2.8*	*18.4*	*-*	*3.4*	*10.5*	*10.8*

جدول۲. آنالیز شیمیایی پساب مورد استفاده

Table 2. Chemical analysis of effluent used

هدایت الکتریکی EC *(dS.m-1)*	اسیدیته pH –	نسبت جذب سدیم (SAR) -	BOD5	کلسیم Ca	منیزیم Mg	کلر Cl	سدیم Na	فسفر P	نیترات No3	سولفات So4-	کدورت *NTU*
				mg.l^{-1}							
2	*7.2*	*7.7*	*55*	*52.8*	*65.5*	*608*	*11.08*	*12.01*	*1*	*85*	*6.5*

جدول۳. آنالیز شیمیایی خاک مزرعه (۴۰-۰ سانتی‌متری)

Table 3. Chemical analysis of field soil (0-40 cm)

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

جدول۴. صفات کیفی، روش‌های آزمایش و حدود قابل قبول آنالیز کیفی زعفران

Table 4. Qualitative traits, experimental methods and acceptable limits of saffron qualitative analysis

صفات کیفی **Qualitative traits**	**حداکثر رطوبت** (درصد جرمی) **Maximum humidity (Mass percentage)**	**حداقل پیروکسین** (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 میانگین مربعات نشان دادند صفات کمی زعفران شامل تعداد گل، وزن گل تازه، وزن خشک خامه، وزن خشک کلاله و شاخص درشتی گل خشک شده در فاکتور نوع منبع آبیاری فاقد ارتباط معنی‌دار شده و این صفات همچنین در فاکتور زمان آبیاری و تقابل دو فاکتور نوع منبع آبیاری و زمان آبیاری نیز فاقد ارتباط معنی‌دار شدند (جدول ۵).

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات کمی زعفران در اثر زمان آبیاری و نوع منبع آبیاری

Table 5. Analysis of variance of quantitative traits of saffron due to irrigation time and type of irrigation source

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*	*523*	*44.88*	*0.005*	*7.6E-06*	*0.00017*
نوع منبع آبیاری *Type of irrigation source*	*1*	*0.79^{ns}*	*4.4^{ns}*	*1.1E-05^{ns}*	*1.97^{ns}*	*2.7E-07^{ns}*
زمان آبیاری *Irrigation time*	*2*	*1^{ns}*	*0.45^{ns}*	*0.0035^{ns}*	*2.5E-05^{ns}*	*6.16E-06^{ns}*
نوع منبع آبیاری * زمان آبیاری *Type of irrigation source* Irrigation time*	*2*	*10.16^{ns}*	*1.19^{ns}*	*0.009^{ns}*	*6.86^{ns}*	*4.7E-05^{ns}*
خطا *Error*	*8*	*15716*	*1346.48*	*0.154*	*0.00023*	*0.005*
ضریب تغییرات *CV*	*-*	*46*	*45.5*	*9.5*	*18*	*65*

ns: غیر معنی‌دار می‌باشد

ns: Non-significant.

در بررسی نتایج میانگین مربعات صفات کیفی زعفران در این تحقیق که شامل رطوبت، پیروکسین، سافرانال، کروسین، میکروارگانیسم کل و کپک بود، دو صفت رطوبت و میکروارگانیسم کل در فاکتور نوع منبع آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند و سایر صفات در فاکتور نوع منبع آبیاری، فاقد ارتباط معنی‌دار شدند (جدول ۶). نتایج نیز نشان دادند، در فاکتور زمان آبیاری و تقابل دو فاکتور نوع منبع آبیاری و زمان آبیاری، صفات کیفی بررسی شده فاقد ارتباط معنی‌دار شدند.

جدول۶. تجزیه واریانس صفات کیفی زعفران در اثر زمان آبیاری و نوع منبع آبیاری

Table 6. Analysis of variance of qualitative traits of saffron due to irrigation time and type of irrigation source

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	رطوبت Humidity	پیکروسین Pyroxene	سافرانال Safranal	کروسین Crocin	میکروارگانیسم کل Total microorganisms	کپک Mold
تکرار *Repeat*	*2*	*0.034*	*4.17*	*3.15*	*7.96*	*1.5E+10^{ns}*	*0.031*
نوع منبع آبیاری *Type of irrigation source*	*1*	*1.64***	*2.25^{ns}*	*4^{ns}*	*4^{ns}*	*3.43E+13***	*0.0069^{ns}*
زمان آبیاری *Irrigation time*	*2*	*0.29^{ns}*	*1.19^{ns}*	*3.52^{ns}*	*2.2^{ns}*	*1.07E+10^{ns}*	*0.025^{ns}*
نوع منبع آبیاری * زمان آبیاری *Type of irrigation source* * *Irrigation time*	*2*	*0.067^{ns}*	*2.58^{ns}*	*1.58^{ns}*	*6.58^{ns}*	*1.08E+10^{ns}*	*0.0069^{ns}*
خطا *Error*	*8*	*1.04*	*123.8*	*94.66*	*239*	*4.5E+11*	*0.95*
ضریب تغییرات *CV*	-	*2.5*	*2.2*	*5.6*	*1.08*	*12.5*	*6.17*

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

*ns and**: non-significant and 1%probability levels, respectively.*

صفات کمی

از مهم‌ترین صفات مورد بررسی عملکرد کمی زعفران تعداد گل, وزن گل تازه، وزن خشک کلاله، شاخص درشتی گل خشک شده و وزن خشک خامه در این تحقیق می‌باشند. در بررسی مقایسه میانگین در صفات کمی، نتایج نشان دادند که تمامی صفات در یک گروه آماری بین تیمارهای تحقیق قرار گرفته و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند (جدول ۷).

جدول ۷. مقایسه میانگین مربعات صفات کمی در تیمارهای تحقیق

Table 7. 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)
W1T1	*51*	*15.4*	*0.79*	*0.017*	*0.017*
W2T1	*48.8*	*14.16*	*0.73*	*0.016*	*0.023*
W1T2	*49.5*	*14.7*	*0.71*	*0.015*	*0.018*
W2T2	*49.4*	*14.1*	*0.74*	*0.015*	*0.020*
W1T3	*48.7*	*14.6*	*0.73*	*0.013*	*0.021*
W2T3	*50.2*	*14.5*	*0.77*	*0.015*	*0.019*

تعداد گل

بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت تعداد گل به ترتیب برای تیمارهای *W1T1* و *W1T3* با مقادیر ۵۱ و ۴۸/۷ عدد گل در یک متر مربع شد. برای صفت تعداد گل آب چاه *W1* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند. تعداد گل بیشتر در زعفران نشان دهنده عملکرد بالا خواهد بود، که در این تحقیق تعداد گل تفاوت معنی دار آماری در تیمارها با منبع و زمان متفاوت آبیاری نداشته است (جدول ۷).

وزن گل تازه

یکی از معیارهای سنجش عملکرد گل زعفران، وزن گل تازه برداشت شده می‌باشد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت وزن تازه گل به ترتیب برای تیمارهای *W1T1* و *W2T2* با مقادیر ۱۵/۴ و ۱۴/۱ گرم در یک متر مربع شد. برای صفت وزن تازه گل آب چاه *W1* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند.

وزن خشک کلاله

اقتصادی‌ترین قسمت یک گل زعفران کلاله می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت وزن خشک کلاله به ترتیب برای تیمارهای *W1T1* و *W1T2* با مقادیر۰/۷۹ و ۰/۷۱ گرم در یک مترمربع شد. برای صفت وزن خشک کلاله پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند.

وزن خشک خامه

بعد از کلاله، خامه زعفران مهم‌ترین قسمت خوراکی آن می باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت وزن خشک خامه به ترتیب تیمارهای *W1T1* و *W1T3* با مقادیر ۰/۰۱۷ و ۰/۰۱۳ گرم در یک متر مربع شد. برای صفت وزن خشک خامه پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند.

شاخص درشتی گل خشک

این صفت از مجموع وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه تقسیم بر تعداد گل بدست می‌آید و نشان دهنده درشتی و اقتصادی بودن گل می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت شاخص درشتی گل خشک به ترتیب برای تیمارهای *W2T1* و *W1T1* با مقادیر ۰/۰۲۳ و ۰/۰۱۷ بدست آمد. برای صفت شاخص درشتی گل خشک پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند. نتایج نشان دادند اگرچه در صفات وزن خشک کلاله و وزن خشک خامه تیمارهای پساب دارای عملکرد کمتری از آب چاه بودند ولی در شاخص درشتی گل تیمار پساب عملکرد بالاتری نشان داد که این می‌تواند به دلیل خاصیت محلولی کودی پساب و محیا شدن شرایط بهتر تغذیه گیاه باشد و مورد توجه قرار گیرد. وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و شاخص درشتی گل در تیمارهای تحقیق در شکل ۲ آمده است.

با توجه به نتایج کمی زعفران و تفاوت اندک در تیمارهای تحقیق، می‌توان احتمال داد که گیاه زعفران در زمان گلدهی و استفاده از کود شیمیایی و دامی که در اوایل کاشت به تیمارها اعمال شده است، نیازی به کود اضافی از پساب فاضلاب شهری (به‌عنوان یک منبع کود) نداشته و همچنین زمان‌های ۱۵ و ۳۰ روز تأخیر نیز در عملکرد کمی، تفاوت اندکی را نشان می‌دهند و می‌توان در شرایط نیاز نیز استفاده شود.

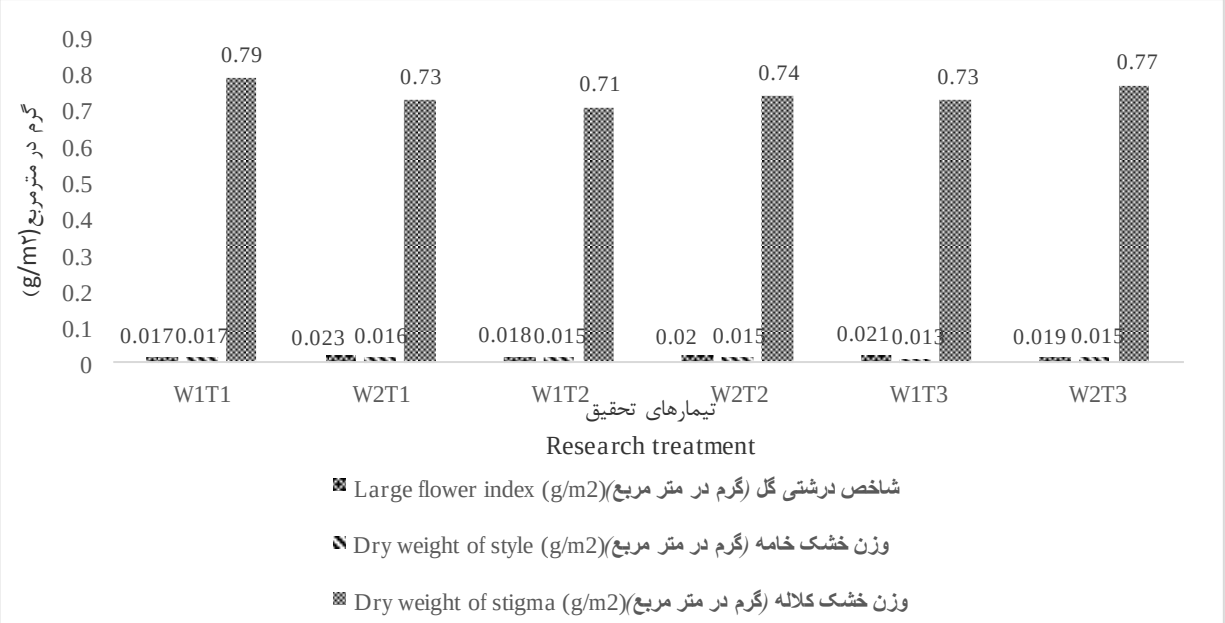
صفات کیفی

از مهم‌ترین آزمون‌های کیفی زعفران که جهت ارزیابی کروسین با رنگ، سافرانال با عطر و پیروکسین با طعم انجام می‌گیرد و جهت ارزیابی میزان بار میکروبی از آزمایش‌های میکروارگانیسم کل، اشریشیا کل و کپک استفاده می‌شود. در آنالیز کیفی تیمارهای تحقیق مشخص گردید همه تیمارها دارای کیفیت قابل قبول می‌باشند. زعفران به عنوان غنی‌ترین منبع ریبوفلاوین ویتامین *B2* شناخته شده است (*Saeedirad & Mokhtarian, 2010*) در پژوهشی محققان به بررسی آنالیز شیمیایی و میکروبی پساب فاضلاب تصفیه شده شهری تصفیه خانه 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 محصولات می‌باشد (*choopan & emami, 2018*).

تحقیقی جهت بررسی اثر آبیاری با پساب کارخانه قند بر گیاه جو انجام شد. تیمارها عبارت بودند از آب چاه *I1*، پساب کارخانه قند *I2*، ترکیب آب چاه و پساب *I3* (نسبت هفت به یک عرف منطقه) می‌باشد که در دو سطح آبیاری کامل *S1* و اعمال ۷۵٪ تنش کم آبی *S2* انجام شد. نتایج نشان دادند تغییرات نوع آب آبیاری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع گیاه، پروتئین دانه عملکرد دانه و طول ریشه تأثیر معنی‌داری آماری داشت (*choopan et al, 2017*).

کلاله‌ی زعفران دارای رنگ، عطر و طعم خاصی است که هریک از این خصیصه‌ها مربوط به دسته‌ای از مواد شیمیایی آلی می‌باشد و علاوه بر آن دارای مقادیری آب، مواد معدنی و ویتامین نیز می‌باشد (*Behnia, 1991*). سه ترکیب هم‌خانواده با سه ویژگی زعفران مرتبط است: استرهای کروسین با رنگ، سافرانال با عطر و پیروکروسین با طعم (*Daneshvar & Hemmatzadeh, 2011*). در آنالیز کیفی تیمارهای تحقیق مشخص گردید همه تیمارها دارای کیفیت قابل قبول می‌باشند و امتیاز کیفی آب چاه از پساب فاضلاب شهری بالاتر قرار گرفت.



شکل۲. وزن خشک کلاله، وزن خشک خامه و شاخص درشتی گل درتیمارهای تحقیق

Fig 2. Dry stigma weight, dry style weight and large flower index in research treatments

رطوبت

مقدار رطوبت موجود در زعفران خشک که به صورت جرمی بدست می‌آید. در مقدار درصد جرمی رطوبت تیمارهای تحقیق در گروه مختلف آماری از *a* تا *c* قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای درصد جرمی رطوبت به ترتیب برای تیمارهای *W1T3* و *W2T1* با مقادیر ۷/۶ و ۷/۰۵ درصد جرمی شد. برای درصد جرمی رطوبت آب چاه *W1* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۸).

جدول۸. مقایسه میانگین مربعات صفات کیفی در تیمارهای تحقیق

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

تیمارهای تحقیق **Research treatment**	رطوبت (درصد جرمی) **Maximum humidity (*Mass percentage*)**	پیروکسین (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*)**	میکروارگانیسم کل (تعداد در گرم) **Total microorganisms (*Number in grams*)**	کپک (تعداد در گرم) **Mold (*Number in grams*)**
W1T1	*7.56 c*	*91.1*	*31*	*259*	*12466 a*	*280*
W2T1	*7.05 bc*	*91.1*	*31.5*	*260*	*195000 b*	*288*
W1T2	*7.4 c*	*89.6*	*31.5*	*261*	*12166 a*	*293*
W2T2	*7.13 a*	*90.6*	*31.5*	*261*	*191667 b*	*293*
W1T3	*7.6 ab*	*90.5*	*30.5*	*261*	*12283 a*	*290*
W2T3	*7.12 ab*	*91*	*32.6*	*261*	*203333 b*	*290*

پیروکسین

در مقدار پیروکسین تمامی تیمارهای تحقیق در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت پیروکسین (طعم زعفران)، به ترتیب برای تیمارهای *W1T1* و *W1T2* با مقادیر۹۱/۱ و ۸۹/۶ حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر شد. برای پیروکسین پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان عرف آبیاری (نیمه مهرماه) *T1* بهترین عملکرد را نشان دادند.

سافرانال

در مقدار سافرانال (عطر زعفران) تمامی تیمارهای تحقیق در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای سافرانال، به ترتیب برای تیمارهای *W2T3* و *W1T3* با مقادیر ۳۲/۶ و ۳۰/۵ حداکثر جذب در طول موج ۳۳۰ نانومتر شد. برای سافرانال پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان ۳۰ روز تاخیر آبیاری *T3* بهترین عملکرد را نشان دادند.

کروسین

در مقدار کروسین تمامی تیمارهای تحقیق در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای کروسین، به ترتیب برای تیمارهای *W2T3* و *W1T1* با مقادیر ۲۶۱ و ۲۵۹ حداکثر جذب در طول موج ۴۴۰ نانومتر شد. برای صفت کروسین (رنگ زعفران) پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان ۱۵ روز تاخیر آبیاری *T2* بهترین عملکرد را نشان دادند.

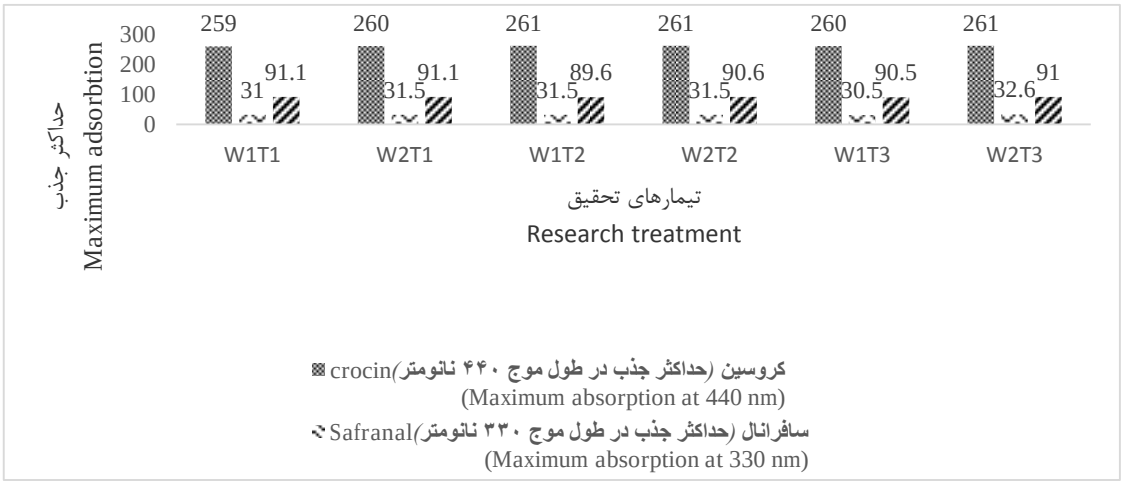
مقدار تفاوت ناچیز تیمارهای تحقیق در صفات مورد بررسی براساس نتایج احتمال دارد که اولاً سال اول کشت بوده و هنوز اثرات پساب در محصول و کیفیت آن تاثیر منفی نگذاشته است و ثانیاً احتمال تطابق پذیری بالای زعفران با شرایط مختلف باشد. مقدار جذب سافرانال، کروسین و پیروکسین درتیمارهای تحقیق در شکل ۳ آمده است.

میکروارگانیسم و اشریشیا کل

در مقدار میکروارگانیسم کل تیمارهای تحقیق در گروه مختلف آماری از a و b قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند به‌طوری که تیمارهای پساب فاضلاب شهری و تیمارهای آب چاه هر کدام در یک گروه آماری قرار گرفتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای میکروارگانیسم کل به ترتیب برای تیمارهای *W2T3* و *W1T2* با مقادیر۲۰۳۳۳۳ و ۱۲۱۶۶ عدد در هر گرم شد. لازم به ذکر است بار میکروبی هر چه مقدار کم‌تری داشته باشد دارای امتیاز بالاتری از لحاظ کیفی برخوردار می‌باشد. برای میکروارگانیسم کل پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان ۳۰ روز تاخیر آبیاری *T3* بهترین عملکرد را نشان دادند. بحث اشریشیا کل در تمام تیمارهای تحقیق دارای نتیجه منفی شد. طبق نتایج بدست آمده، زمان آبیاری تأثیر ناچیزی در صفات مورد بررسی داشته است که این موضوع احتمال سازش‌پذیری زعفران می‌باشد اما در بحث میکروبی و

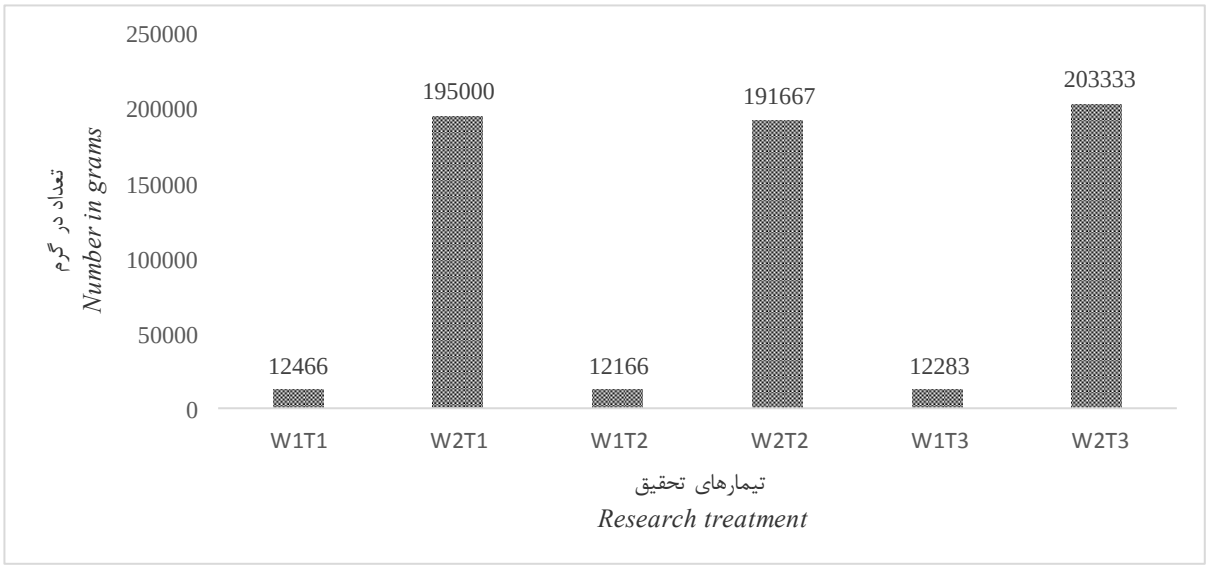
انگلی می‌توان این‌گونه بیان کرد که دلیل بالا بودن مقدار کلیفرم در تیمارهای دارای پساب می تواند از فعالیت کلیفرم پساب در محیط خاک و انتقال به گیاه باشد که در مورد پساب فاضلاب شهری این امر باعث افزایش در بارمیکروبی محصول شده است ولی این مقدار در دامنه مورد استفاده و مجاز می‌باشد. میکروارگانیسم کل در تیمارهای تحقیق در شکل ۴ آمده است.

1



شکل۳. سافرانال، کروسین و پیروکسین درتیمارهای تحقیق

Fig 3. Pyroxine, safranal, and crocin in research treatment



شکل۴. میکروارگانیسم کل در تیمارهای تحقیق

Fig 4. Total microorganisms in research treatments

کپک

در تعداد کپک تمامی تیمارهای تحقیق در یک گروه آماری قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برای صفت تعداد کپک در هر گرم به ترتیب برای تیمارهای *W2T2* و *W1T1* با مقادیر ۲۹۳ و ۲۸۰ شد. برای صفت تعداد کپک پساب فاضلاب شهری *W2* و زمان ۱۵ روز تاخیر آبیاری *T2* بهترین عملکرد را نشان دادند.

استفاده از فاضلاب می‌تواند از طریق شیوع امراضی با منشاء باکتریولوژیکی، ویروسی، پروتوزوآیی و انگلی باعث به خطر افتادن سلامت انسانها شود. مطالعات محققان ، در نقاطی از جهان که بیماری‌های انگلی آسکاریازیس و تریکوزیاسیس به صورت اندمیک وجود داشته است، شیوع این گونه بیماری‌ها همزمان با کاربرد پساب در آبیاری زمین‌های آن منطقه مشاهده شده است (*shuval et al, 1986*). شوال و همکاران (۳۲) محققان در تحقیقات خود بر روی آبیاری چغندرقند با پساب، در ارتباط با آلودگی‌های انگلی مربوط به خاک و اندام‌های گیاهی، آلودگی نماتدهای روده‌ای را مشاهده نکردند اما در مورد آلودگی‌های میکروبی تفاوت قابل توجهی را در کلی فرم‌های مدفوعی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در آبیاری با پساب و آب چاه مشاهده نمودند (*alizade, 1997*).

نتیجه‌گیری کلی

زعفران به دلیل ارزش غذایی و صادراتی بالا، باید بهترین شرایط از لحاظ کیفی و کمی داشته باشد. در این تحقیق ارزش کمی و کیفی زعفران بررسی گردید و نتایج صفات کمی زعفران نشان دادند، بهترین منبع آبیاری در منطقه مورد مطالعه، آب سالم (در شرایط کم آبی و باتوجه به نتایج کمی و کیفی استفاده از پساب قاضلاب شهری به‌عنوان منبع آبیاری منعی ندارد) و مناسب‌ترین زمان آبیاری نیمه مهرماه می‌باشد(با توجه به تغییرات جزئی در عملکردها می‌توان به‌عنوان زمان-های آبیاری بکار گرفته شود) . برای صفات کیفی، پساب فاضلاب شهری در مقدار طعم، بو و عطر دارای اثر مثبت بود. در صفات کیفی، بار میکروبی پساب بسیار بیش‌تر از آب سالم بود ولی در حد مجاز و قابل مصرف مشاهده شد. همچنین برای صفات کیفی و تفاوت اندک در مقدار صفات، زمان آبیاری مناسب با توجه به نتایج می‌تواند هر سه زمان آبیاری، عرف منطقه، ۱۵ و ۳۰ روز تأخیر در آبیاری باشد در کل می‌توان با استناد به نتایج بدست آمده از پساب فاضلاب شهری و زمان‌های تأخیر در آبیاری برای محصول زعفران با لحاظ نمودن مسائل بهداشتی و کنترل کیفی بهره برد.

1

منابع

Anbir L., and Nouri Z. 2018. Evaluation of effluent quality of Ekbatan municipal wastewater treatment plant for use in agricultural lands and green space, Journal of Land Management, 6 (1), 95-102. [in Persian].

Azizi Zohan, A., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., 2006. Effect of Irrigation Method and Frequency on Corm and Saffron Production (Crocus sativus L.). JWSS. 10 (1), 45-54. [in Persian].

Bahri, A. 1999. Agricultural Reuse of Wastewater and Global Water Management, Wat. Sci. and Technol. Vol. 40, No 4-5, pp. 339-346.

Behdad, A., 2001. Proceedings of the Conference on Exploitation of Renewable Resources and Recycling in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan Branch Publications. 384p. [in Persian].

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M. and Rezvani, P., 2008. Models to predict flowering time in the main Saffron

Abedi, M., Najafi, P., 2001. Use of treated wastewater in agriculture. Publications of the National Committee for Irrigation and Drainage of Iran. 252 p. [in Persian].

Aghayi, A.H., Ehsanzadeh, P., 2011. Influence of irrigation and nitrogen on the determination of physiological parameters of paper egg squash. Iranian Journal of Horticultural Science. 3 (43), 299-291. [In Persian].

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohammadian, A., 2009. Study of the most appropriate time to start irrigation of saffron cultivation in the provinces of Khorasan Razavi, North and South. Journal of Water and Soil (Science and Agricultural Industries). 23 (1), 118-109. [in Persian with English Summary].

Alizadeh, A. 1997. Use of domestic treated effluent in sugar beet irrigation, Iran Water and Wastewater Engineering Company, final report of the research project.

production regions of Khorasan province. JApSc, 8(5), pp.907-909.

Behdani, M.A., Koocheki, A., Rezvani, P. and Al Ahmadi, M.J., 2008. Agro-ecological zoning and potential yield of Saffron in Khorasan-Iran. Journal of Biological Sciences. 8(2), 298-305.

Behnia, M.R., 1991. Saffron Agriculture. University of Tehran Press. 506p. [in Persian].

Daneshvar, M.H., Hemmatzadeh, A., 2011. Chemical compounds of saffron: color, taste and aroma. Shahid Chamran Univer.

Choopan, Y., Khashei Siuki, A. and Shahidi, A. 2018. The effect of irrigation with treated wastewater in Torbat-e-Heydariyeh on the morphological yield of Varamin cultivar. Water research in agriculture. 32 (1): 77-67. [in Persian].

Choopan, Y., Khashei Siuki, A. and Shahidi, A. 2017. The effect of irrigation with sugar factory effluent and drought stress on plant height, root length and barley grain protein of Yousef cultivar. Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources). 21 (4): 109-99. [in Persian].

Choopan, Y., And Emami, S. 2018. Evaluation of physical, chemical and biological properties of Torbat-e-Heydariyeh municipal wastewater

Gamito, P., Arsenio, A., Faleiro, M.L., Brito, J.C., Beltrao, J., 1999. The influence of waste water treatment on irrigation water quality. In Improved Crop quality by Nutrient management. 267-270. Springer, Dordrecht.

Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., Ruberto, G., 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (Crocus sativus L.) as affected by environmental conditions. Scientia horticulturae. 119(3), 320-324.

Haruvy, N. 1998.Wastewater Reuse-regional and Economic Considerations. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 23, pp.57-66.

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

treatment plant effluent for agricultural use. Quarterly Journal of Research in Environmental Health. 4 (3): 236-227. [in Persian].

Choopan, Y., Khashei Siuki, A., and Shahidi, A., 2018. Evaluation of the effects of municipal treated wastewater on chemical properties of soil under cotton cultivation, Journal of Water and Wastewater Science and Engineering, 3 (2), 61-68. sity Press. 390p. [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].

Erfani, A., Alizadeh, A., 2000. Use of domestic treated wastewater in irrigation. the third national conference on environmental health. Kerman University of Medical Sciences. [in Persian with English Summary].

Fatta, D. and Kythreotou, N. 2005. Wastewater as Valuable Water Resource - Concerns, Constraints and Requirements Related to Reclamation, Recycling and Reuse. IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance, Greece.

Javaherzadeh, M., 2001. Use of treated wastewater in agriculture, Proceedings of the Conference on Exploitation of Renewable and Recycled Resources in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan Branch. [in Persian].

Kafi, M., Rashid Mohasel, M.H., Koochaki, K., Malafilabi, K., 2002. Saffron, Production and Processing Technology. Ferdowsi University Press. 279p. [in Persian].

Mehravaran, B., Ansari, H., Beheshti, A. A., and Esmaili, K., 2015. Investigation of the possibility of using treated effluent in irrigation according to its environmental effects (Case study of effluent of Mashhad Parkandabad treatment plant), Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 9 (3): 440-447. [in Persian].

Mosaferi, Z., 2001. The effect of different irrigation regimes on saffron yield. Master Thesis in Irrigation and

Drainage. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. [in Persian].

Nadafi, K., Nabizadeh, v., 1996. Sewage stabilization ponds (principles of design and implementation). N.S Publications. 174 p. [in Persian].

Pazoki, A., Kariminejad, M., Targhi, A.F., 2013. Effect of planting patterns on yield and some agronomical traits in saffron (Crocus sativus L.) under different irrigation intervals in Shahr-e-Rey Region. International Journal of farming and Allied Sciences, 2(S2), 1363-8.

Rezaie, A., Moradi, R., Feizi, H., 2019. Influence of the last irrigation cut-off time and various fertilizer resources on corm characteristics of saffron. Saffron Agronomy & Technology 7(3), 287-300. [in Persian with English Summary].

Saeedirad, M.H., Mokhtarian, K., 2010. Applied scientific principles of saffron planting, holding and harvesting. Agricultural Education and Extension Publications. 103p. [in Persian].

Shuval, H. I., Adin, A., Fattal, B., Rawitz, E., Yekutiel. P. 1986. Wastewater Irrigation in Developing Countries. Health Effects and Technical Solutions. World Bank Tech. Pap. 51, 325pp.

Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., Rouphael, Y., 2009. Evaluation of saffron (Crocus sativus L.) production in Italy: effects of the age of saffron fields and plant density. Journal of Food, Agriculture & Environment. 7(1), 19-23.

Yarami, N., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., Zand-Parsa, S., 2011. Determination of the potential evapotranspiration and crop coefficient for saffron using a water-balance lysimeter. Archives of Agronomy and Soil Science. 57(7), 727-740.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol.9, No.1, Spring & Summer, 2021

p. 45-59

http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2020.3780.1142

University of Birjand

Original Article:

Evaluation of the effect of municipal wastewater and irrigation time on quantitative and qualitative reactions of saffron (*Crocus sativus* L.)

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

1. PhD student in Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

3. Professor, Department of Water Engineering, Research Group of Drought and Climate Change, University of Birjand, Iran.

** Corresponding author Email: Hezarjaribi@gau.ac.ir*

Received 2 October 2020; Accepted 19 December 2020

Abstract

Saffron is considered a strategic plant whose quantitative and qualitative value can be important on the agricultural economy of water-scarce areas. For this purpose, a randomized complete block design study was conducted with two factors of type of irrigation source (well water W1 and wastewater of urban W2) and irrigation time (regional custom or 15 mehr (October)T1, 15 days T2 delay and 30 days T3 delay). The results of the average squares showed that quantitative traits (number of flowers, fresh flower weight, dry weight of stigma, dry weight of cream and large flower index) of saffron in irrigation time factor, type of irrigation source and the interaction of two factors without significant relationship and results of average squares of traits Qualitative (pyroxine, crocin, saffron, moisture, mold and total microorganism) Saffron had no significant relationship in irrigation time factor and irrigation time contrast in irrigation type, but moisture and total microorganism traits in significant type of irrigation source at the level of 1% were significant. Were. The results showed that the highest value for quantitative traits was the number of flowers and the dry weight of stigmas for W1T1 treatment with 51 flowers per square meter and 0.79 g/m2, respectively. Also, for the qualitative traits of crocin, safranal and microorganisms, the total W2T3 treatment with values of 261 and 32.6 (maximum absorption) and 203333 units per gram, respectively, was the highest value among the research treatments.

Keywords: Flower number, Stigma, Total microorganism, Wastewater