Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.11, No.2, Fall & Winter, 2023-2024
p. 276-288
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6766.1222

University of Birjand

Original Article

Quantitative and Qualitative Response of Saffron to Biochar Organic Matter and Dehydration Stress

Yahya Choopan*
- PhD in Irrigation and Drainage, Researcher of Saffron Institute,University of Torbat-e Heydarieh, Torbat-e Heydarieh, Iran.
*Corresponding Author: *Yahyachoopan68@gmail.com*

Received 11 September 2023; Accepted 28 November 2023

Extended Abstract

Introduction: Today, the use of organic and mineral additives in the soil for better product performance and higher efficiency of water consumption is expanding in the world. Saffron, like other agricultural plants, in order to make maximum use of the potential of the environment, in addition to suitable weather and soil conditions, requires optimal agricultural management to achieve maximum yield and increase the duration of the exploitation period of saffron fields .Considering the importance and value of saffron, the purpose of this research is to investigate the use of Biochar and dehydration stress on the quantitative and qualitative characteristics of saffron performance so that it does not have a negative effect on the economic value, food, health and market needs of the product at the global level.

Materials and Methods: Torbat-Heydarieh city is located at 59 degrees 12 minutes east longitude and 34 degrees 17 minutes north latitude at an altitude of 1333 meters above sea level. research in the form of a randomized complete block design with two factors of biological production biochar (without applying biochar B0, applying 10 tons per hectare B1 and applying 15 tons per hectare B2) and dehydration stress (S0 without applying stress, S1 applying stress around irrigation) Done. Statistical analysis of the data was done using DSTAT software and graphs were drawn using EXCEL software. Also, comparison of means was done using Duncan's test at the level of 5 percent probability.

Results and Discussion: Based on the results, the highest and lowest quantitative values for the attributes of flower number are 74.7 and 32.7 flowers per square meter, fresh flower weight (it is the simplest measurement parameter of saffron flower among farmers and it is considered the first criterion for farm performance) The amount of 20.8 and 8.8 grams per square meter and the dry weight of the stigma (it is the same as saffron threads and is known as the most important part of the saffron flower) the amount of 0.41 and 0.12 grams per square meter, respectively, for B0S1 And B2S1 treatments resulted. the yield increase between the minimum and maximum yield of the traits of number of flowers, fresh flower weight and stigma dry weight was observed by 130, 120 and 350%, respectively. The results showed that the research treatments had a

sinusoidal graph during the flowering period, so that in the treatments of applying 10 tons per hectare of biochar and 15 tons per hectare of biochar, the graphs had different fluctuations from the control treatment (without applying biochar). The mean square results showed that the quantitative traits (number of flowers, fresh flower weight and stigma dry weight) of saffron have a significant relationship at the 1% probability level when comparing two factors, and the mean square results of the qualitative traits (Picrocrocin, crocin, safranal and moisture) of saffron in The comparison of two factors became non-significant. The results showed that the highest values for the qualitative traits of picrocrocin and crocin, the B2S1 treatment was obtained with values of 237 and 82 (maximum absorption), respectively, among the research treatments.

Conclusion: The use of biochar as an active carbon source in the first year of cultivation has had slight changes in yields and better results have been obtained for stressed yields. There have been minor changes for qualitative traits. In general, the stress of water scarcity and the application of biochar did not have a bad effect on the yield of saffron, and it should be checked for the next years as well.

Conflict of Interest: The author declare no potential conflict of interest related to this research.

Keywords: Number of flowers, Organic matter, Qualitative traits of saffron, Stigma.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۲۸۸-۲۷۶
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.6766.1222

مقاله پژوهشی

واکنش کمی و کیفی زعفران به ماده آلی بیوچار و تنش کم‌آبی

یحیی چوپان*
- دکتری آبیاری و زهکشی، پژوهشگر پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: Yahyachoopan68@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۷

چکیده
امروزه استفاده از افزودنی‌های آلی و معدنی در خاک جهت عملکرد بهتر محصول و کارآیی بالاتر آب مصرفی در جهان در حال گسترش است. بدین منظور تحقیقی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور بیوچار تولیدی زیستی (بدون اعمال بیوچار B0، اعمال ۱۰ تن در هکتار B1 و اعمال ۱۵ تن در هکتار B2) و تنش آبی (S0 بدون اعمال تنش (۵ مرحله آبیاری)، S1 اعمال تنش آبیاری(۳ مرحله آبیاری)) انجام شد. نتایج میانگین مربعات نشان داد، صفات کمی (تعدادگل، وزن تازه گل و وزن خشک کلاله) زعفران در تقابل دو فاکتور در سطح احتمال یک درصد دارای ارتباط معنی‌دار شده و نتایج میانگین مربعات صفات کیفی (پیکروکروسین،کروسین، سافرانال و رطوبت) زعفران در تقابل دو فاکتور غیر معنی‌دار شدند. نتایج نشان دادند بیش‌ترین مقدار برای صفات کمی تعداد گل و وزن خشک کلاله برای تیمار B0S1 به ترتیب مقادیر ۷۴/۷ عدد گل در یک متر مربع و ۰/۴۱ گرم در یک متر مربع شد. همچنین برای صفات کیفی پیکروکروسین و کروسین با حداکثر جذب، تیمار B2S1 به ترتیب مقادیر ۲۳۷ و ۸۲ بالاترین و بهترین مقدار در بین تیمارهای تحقیق مشاهده شد. تنش کم‌آبی و بیوچار در عملکرد زعفران تأثیر کاهشی نداشته است و اثرات مثبت در عملکرد کمی و کیفی نیز مشاهده شده است.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، زعفران، صفات کیفی، کلاله، ماده آلی.

مقدمه

ایران کشوری با منابع و ذخایر غنی در جهان شناخته می‌شود و علی رغم غنی بودن از این لحاظ، دارای پتاسیل‌های کشاورزی بالقوه نیز در جهان معرفی شده است. زعفران گیاهی با ارزش اقتصادی بالا و وسعت کشت فراوان در مناطق مختلف کشور بدلیل داشتن شرایطی نظیر نیاز آبی کم، مراقبت‌های داشت فصلی، درآمدزایی بالا و اشتغالزایی در زمره تحقیقات کشاورزی و اقتصادی قرار گرفته است. در این بخش به بررسی مطالعات انجام شده در واکنش محصولات به بیوچار و تنش کم‌آبی پرداخته شده است. زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی از خانواده زنبقیان (*Iridaceae*) می‌باشد (Gresta et al., 2009). در ایران اهمیت زعفران کاری از جنبه های گوناگون نظیر بهره‌وری بالای آب در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی و بهبود صادرات غیر نفتی با توجه به سیاست دولت مبنی بر افزایش صادرات غیرنفتی قابل بررسی است. زعفران همچون گیاهان زراعی دیگر برای استفاده حداکثر از پتانسیل محیط، علاوه بر شرایط آب و هوایی و خاک مناسب، نیاز به مدیریت‌های زراعی بهینه جهت دستیابی حداکثر عملکرد و افزایش طول دوره بهره-برداری از زعفران‌زارها دارد (Mohammadabadi et al, 2018). نیاز آبی کم ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مکعب (۳ تا ۵ مرحله آبیاری در فصل رشد) در مشهد، 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). 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 Zohan et al., 2006). در بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد زعفران و محصولات کشاورزی دیگر تحقیقاتی صورت گرفته است. در مطالعه‌ای همبستگی بالا بین فواصل آبیاری، عملکرد گل و بنه زعفران وجود دارد، به‌طوری که عملکرد بالا همراه با فواصل کم آبیاری به‌دست آمد (Behdani et al., 2008b). در مطالعه‌ای شامل 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 اثرات مشهودی داشتند و کم‌ترین اثر در تیمار دیم مشاهده شد (Pazoki et al., 2013). در شرایط دیم کاری، وزن کلاله گیاه زعفران نسبت به شرایط آبیاری بسیار کمتر می‌باشد (Azizi Zohan et al., 2006). محققان نیز بیان کردند که با افزایش فواصل آبیاری، عملکرد گیاه زعفران کاهش می‌یابد. هر چند گیاه زعفران با رشد در فصل بارندگی سازگار شده است، اما معمولاً این میزان بارش به ویژه در نواحی خشک و نیمه خشک پاسخگوی نیاز آبی این گیاه نبوده، انجام آبیاری شرط اساسی تولید موفق زعفران می‌باشد (Aitoubahou and El-Otmani, 1999)، آنچنانکه (Goliaris, 1999) معتقد است علیرغم مقاومت نسبی زعفران به تنش خشکی، این گیاه نباید در شرایط تنش شدید و طولانی مدت رطوبتی قرار بگیرد، زیرا این تنش می‌تواند علاوه برکاهش وزن کل تر وخشک گیاه (Gholami et al, 2005) بر عملکرد ماده خشک و رشد بنه زعفران نیز، تأثیر منفی بگذارد (Shirmohammadi et al, 2006 ; Kafi et al, 2002)، لذا آبیاری مناسب بنه های زعفران می‌تواند نقش مهمی در ظهور بیشترین تعداد گل داشته باشد. در تحقیقی محققین عنوان کردند درصورت آبیاری زعفران با آب شور، استفاده از کودهای زیستی و نانو کود آهن جهت بهبود خصوصیات فیزیولوژیک توصیه می‌شود (Amini Fard, 2023) و در موردی دیگر بیان شد کمپوست زباله شهری مانع از تجمع عناصر سنگین در گیاه شده و از این طریق سبب افزایش صفات زراعی و عملکرد زعفران می‌شود (Salarian et al, 2023). راهکارهای نوینی برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر ارایه شده است که یکی از آنها تثبیت کربن مواد آلی بوسیله‌ی تولید بیوچار است. بیوچار یک ترکیب کربنی است که از فرایند پیرولیز (حرارت دهی در غیاب و یا کمبود اکسیژن محیط) حاصل می‌گردد. در تحقیقی بیوچار ضایعات کشاورزی تولید شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد، به عنوان بیوچار بهینه برای بررسی

تغییرات کیفی آن همراه با افزایش دما انتخاب شد (Jezini Darcheh et al, 2014). در تحقیقی ویژگی-های لجن بیولوژیک فاضلاب و ترکیب زغال‌های زیستی (بیوچارهای) ساخته شده از لجن فاضلاب اولیه بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش دما میزان pH، خاکستر، فلزات سنگین و سدیم افزایش یافت. از سوی دیگر عملکرد تولید زغال زیستی، میزان نیتروژن کل، فسفر، هدایت الکتریکی، رطوبت و پتاسیم قابل جذب با افزایش دمای تولید کاهش یافت. بنابراین تولید زغال زیستی از لجن بیولوژیک در دمای پایین (۳۰۰ درجه سانتی گراد) باتوجه به عملکرد و خصوصیات شیمیایی آن برای استفاده به عنوان کود در خاک توصیه می شود (Namdari et al, 2016). در تحقیقی که به منظور بررسی واکنش زعفران به سطوح مختلف کادمیوم و هم چنین پتانسیل تفاله موم زنبور عسل به منظور بررسی کاهش اثرات سمیت کادمیوم انجام شد و نتایج نشان داد که استفاده از بیوچار به ویژه در سطوح ۳ و ۶ درصد وزنی به طور معنی داری باعث کاهش اثرات منفی سمیت کادمیوم شد. بیش‌ترین درصد افزایش صفات ذکر شده در اثر استفاده از بیوچار در بالاترین سطح آلودگی کادمیوم بود (Moradi et al, 2017).

با بررسی مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که ضرورت مطالعات بیش‌تری در زمینه مدیریت تنش‌آبی و استفاده از بیوچار در منطقه تربت حیدریه باید مورد توجه قرار گیرد. در همین راستا، با توجه به اهمیت و ارزش زعفران، استفاده از کودها و مواد آلی متفاوت و همچنین اعمال کم‌آبیاری در مزارع زعفران، هدف از این تحقیق بررسی استفاده از بیوچار و اعمال تنش کم‌آبی بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران است تا از لحاظ ارزش اقتصادی، غذایی، بهداشتی و بازار پسندی محصول در سطح جهانی، اثرات سوئی بر این محصول گرانبهاء 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 اقلیمی دکتر کریمی دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد (اداره کل هواشناسی خراسان رضوی). متوسط بارش سالیانه ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه آن ۲۱ درجه می‌باشد. در شکل ۱ مکان ماهوراه ای محل انجام تحقیق آمده است.

شکل۱. مکان ماهواره‌ای انجام تحقیق با مقیاس ۱/۱۰۰

Fig 1. Satellite location for research 1.100

تحقیقی میدانی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور بیوچار تولیدی زیستی (بدون اعمال بیوچار B0، اعمال ۱۰ تن در هکتار B1 و اعمال ۱۵ تن در هکتار B2) و تنش آبی (S0 بدون اعمال تنش (۵ مرحله آبیاری)، S1 اعمال تنش آبیاری(۳ مرحله آبیاری)) با سه تکرار انجام شد. مقدار نیاز آبی ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار بوده است و اعمال تنش آبیاری براساس آبیاری-های مهم در کشت زعفران آبیاری اول (بار آب)، آبیاری دوم (زاج آب)، آبیاری سوم (وجین آب)، آبیاری چهارم (جهت مرطوب نگاه داشتن پیاز) و آبیاری پنجم (زرد آب) انجام شده است که در تیمار تحت تنش کم آبی آبیاری سوم و چهارم اعمال نشده است. مقدار بنه مصرفی (۹ تن در هکتار) جهت کاشت، بنه‌های بیش از ۸ گرم و برای کرت‌های ۴ متر مربعی در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک کاشته شد. انتقال آب به‌وسیله لوله تا ابتدای هر کرت انجام شد. آنالیز شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. جهت به دست آوردن کاتیون‌ها (کلسیم، پتاسیم، منیزیم و سدیم) و آنیون‌های (کربنات، بیکربنات، کلر، سولفات، شوری و اسیدیته) 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(Choopan et al, 2018). صفات کمی مورد بررسی شامل تعدادگل، وزن تازه گل و وزن خشک کلاله زعفران، به‌صورت روزانه از یک متر مربع وسط هر کرت برداشت شدند. صفات کیفی (پیکروکروسین،کروسین، سافرانال و رطوبت) 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 روش های آزمایش و حدود قابل قبول آنالیز کیفی در جدول ۲ آمده است. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار DSTAT و ترسیم نمودارها بوسیله نرم افزار EXCEL انجام شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج میانگین مربعات نشان دادند صفات کمی زعفران شامل تعداد گل, وزن گل تازه و وزن خشک کلاله در فاکتور تنش کم آبی فاقد ارتباط معنی‌دار شده و این صفات در تقابل دو فاکتور تنش کم آبی و مقدار بیوچار مصرفی در سطح احتمال یک درصد دارای ارتباط معنی‌دار شدند (جدول ۳). در بررسی نتایج میانگین مربعات صفات کیفی زعفران در این تحقیق که شامل رطوبت, پیکروکروسین, سافرانال و کروسین در فاکتور تنش کم آبی و تقابل دو فاکتور تنش کم آبی و مقدار بیوچار مصرفی فاقد ارتباط معنی‌دار شده ولی در فاکتور مقدار بیوچار مصرفی صفات رطوبت و کروسین در سطح احتمال ۵ درصد دارای ارتباط معنی‌دار شدند (جدول ۳).

صفات کمی

مهم‌ترین صفات مورد بررسی در این بخش از تحقیق، تعداد گل, وزن گل تازه و وزن خشک کلاله زعفران می‌باشند. در بررسی مقایسه میانگین در صفات کمی، نتایج نشان دادند که صفات در گروه‌های مختلف آماری بین تیمارهای تحقیق قرار گرفته و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر داشتند (جدول ۴).

تعداد گل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله

براساس نتایج بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کمی برای صفات تعداد گل مقدار ۷۴/۷ و ۳۲/۷ عدد گل در یک متر مربع، وزن گل تازه (ساده ترین پارامتر سنجش گل زعفران در بین کشاورزان بوده و اولین معیار برای عملکرد مزارع محسوب می شود) مقدار ۲۰/۸ و ۸/۸ گرم در یک متر مربع و وزن خشک کلاله (همان رشته‌های زعفران است و به نوعی مهم‌ترین بخش گل زعفران شناخته می‌شود) مقدار ۰/۴۱ و ۰/۱۲ گرم در یک متر مربع به ترتیب برای تیمارهای B0S1 و B2S1 منتج شد. در این صفات تیمارهای مختلف در گروه های

مختلف آماری قرار گرفته اند و افزایش عملکرد در بین تیمار حداقل و حداکثر عملکرد صفات تعداد گل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله به ترتیب ۱۳۰، ۱۲۰ و ۳۵۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۴). این تفاوت می تواند به دلیل عدم سازگاری پیاز زعفران با دو فاکتور تحت بررسی در سال اول کشت و همچنین عوامل محیطی تغییر پذیر در اثر تغییر اقلیم و تغییر محیط کاشت از محیطی با محیط دیگر باشد. تیمارهای دارای تنش کم‌آبی و عدم اعمال یا اعمال کمتر بیوچار زیستی براساس مشاهدات عملکرد بهتری بدست داده‌اند که این نیز می‌تواند نشان دهنده انطباق پذیری زعفران با کم-آبی و عدم انطباق‌پذیری زعفران با بیوچار (کربن فعال) در سال اول کشت باشد. در شکل ۲ تعداد گل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله درتیمارهای تحقیق نشان داده شده است. محققان در تحقیقی مدعی شدند بیشترین عملکرد خشک کلاله زعفران نیز در شرایط کشت بنه در محیط کنترل شده بدست آمد، به‌طوری‌که این تیمار تقریباً به میزان ۱۴ درصد در مقایسه با تیمار کاشت بنه در مزرعه برتری داشت (Fallahi et al, 2023). مطابق تحقیقات، زعفران نباید در شرایط تنش شدید و طولانی مدت رطوبتی قرار بگیرد، زیرا این تنش می‌تواند علاوه برکاهش وزن کل تر وخشک گیاه (Gholami et al, 2005) بر عملکرد ماده خشک و رشد بنه زعفران نیز، تأثیر منفی بگذارد (Shirmohammadi et al, 2006 ; Kafi et al, 2002) که در این تحقیق نیز تنش شدیدی اعمال نشده و در شرایط تنش نیز عملکرد خوبی در نتایج مشاهده شده است.

جدول۱. آنالیز شیمیایی خاک مزرعه (۴۰-۰ سانتی متری).

Table 1. 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	$mg.kg^{-1}$	456
فسفر Phosphorus	$mg.kg^{-1}$	16
سدیم Na	$mg.kg^{-1}$	30.4
نسبت جذب سدیم SAR	-	13.6
هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	3.8
اسیدیته pH		8.1
آهک Lime	(%)	16
کربن آلی Organic Carbon	(%)	0.34
شن Sand	(%)	46
رس Clay	(%)	11
سیلت Silt	(%)	43

جدول۲. صفات کیفی، روش های آزمایش و حدود قابل قبول آنالیز کیفی زعفران.

Table 2. Qualitative traits, experimental methods and acceptable limits of saffron qualitative analysis.

صفات کیفی Qualitative traits	حداکثر رطوبت (درصد جرمی) Maximum humidity (Mass percentage)	حداقل پیکروکروسین (حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر) Minimom Picrocrocin (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

جدول۳. تجزیه واریانس صفات کمی زعفران در اثر تنش کم آبی و مقدار بیوچار مصرفی.

Table 3. Analysis of variance of quantitative traits of saffron due to Dehydration stress and amount of biochar consumed.

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	کروسین crocin	سافرانال safranal	رطوبت humidity	پیکروکروسین Picrocrocin
تنش کم آبی Dehydration stress	2	392^{ns}	18.9^{ns}	0.016^{ns}	0.22^{ns}	0.001^{ns}	0.005^{ns}	2.25^{ns}
مقداربیوچار Biochar consumed	1	186.7^{ns}	15.5^{ns}	0.03^{*}	98^{**}	0.54^{ns}	0.82^{**}	1.19^{ns}
تنش کم‌آبی * مقدار بیوچار Dehydration stress Biochar * consum	2	1497.2^{*}	121.2^{*}	0.036^{*}	0.22^{ns}	0.29^{ns}	0.011^{ns}	2.58^{ns}
خطا Error	4	2750	222	0.075	29.3	23.3	0.48	123.8
ضریب تغییرات cv	-	32	32	35	0.67	4.5	2.6	2.2

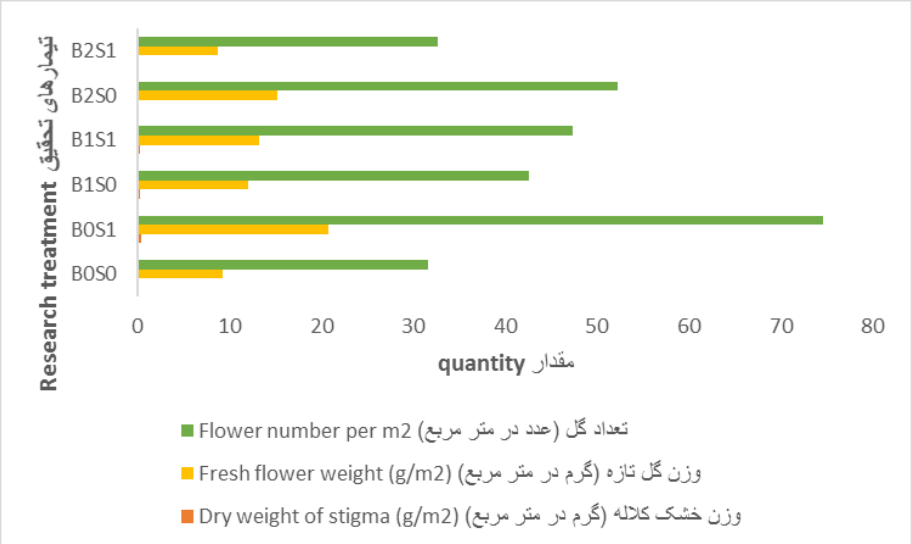
ns، * و ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد.

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

جدول۴. مقایسه میانگین مربعات صفات کمی در تیمار های تحقیق.

Table 4. 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)	رطوبت (درصد جرمی) humidity (Mass percentage)	پیکروکروسین (حداکثر جذب در طول موج ۲۵۷ نانومتر) Picrocrocin (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)
B0S0	31.67a	9.3a	0.18a	8.0a	79a	31.0 a	230 a
B0S1	74.67b	20.8b	0.41b	8.1a	78a	30.7a	230 a
B1S0	42.67a	12.1a	0.22ab	7.8a	80a	30.0a	230 a
B1S1	47.33ab	13.2ab	0.24ab	7.7a	82a	30.5a	230 a
B2S0	52.33ab	15.2ab	0.19a	7.3b	81a	30.5a	237b
B2S1	32./67a	8.8a	0.12a	7.3b	83a	30.3a	237b



شکل۲. تعداد گل، وزن گل تازه و وزن خشک کلاله درتیمارهای تحقیق.

Fig 2. Flower number, fresh flower weight and stigma dry weight.

صفات کیفی

کلاله‌ی زعفران دارای رنگ، عطر و طعم خاصی است که هریک از این خصیصه ها 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 هم خانواده با سه ویژگی زعفران مرتبط است: استرهای کروسین با رنگ، سافرانال با عطر و پیکروکروسین با طعم (Daneshwar & Hammetzadeh, 2011).

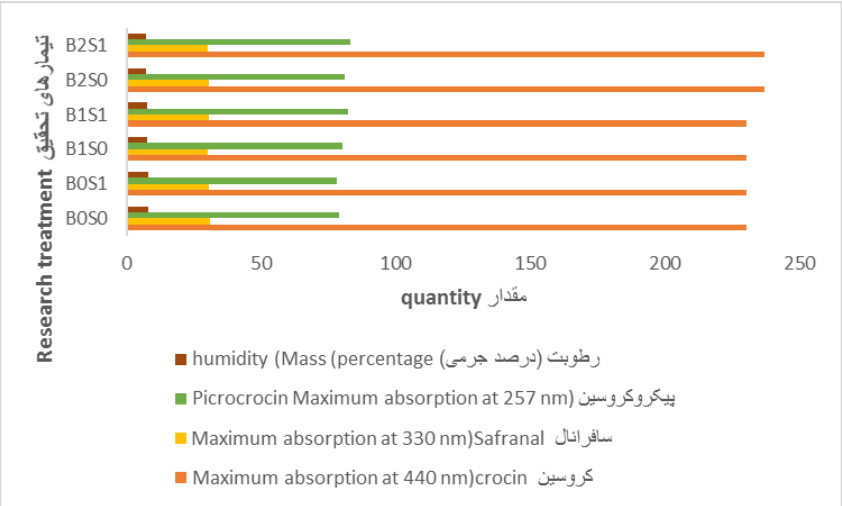
رطوبت، پیکروکروسین، سافرانال و کروسین

کیفیت و قدرت رنگ‌دهی زعفران از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده درجه های کیفی زعفران و عیار آن است. ماده کروسین موجود در زعفران باعث رنگ‌دهی آن می‌شود و بسته به نوع زعفران، باید بین ۱۴۰ تا ۳۰۰ واحد باشد. عطر زعفران، از دیگر عوامل تعیین‌کننده عیار زعفران است که ماده سافرانال موجود در زعفران، باعث عطردهی آن می‌شود و باید بین ۲۰ تا ۵۰ واحد باشد. طعم زعفران با ماده پیکروکروسین موجود در زعفران عامل طعم تلخ زعفران اصل است و باید بین ۷۰ تا ۱۵۰ باشد. میزان رطوبت موجود در زعفران هم بر کیفیت زعفران تاثیر می‌گذارد. درصد جرمی این رطوبت باید زیر ۱۰ واحد باشد.

تیمارهای تحقیق برای صفات رطوبت و کروسین در دو گروه مختلف آماری a و b قرار گرفته و اختلاف معنی‌دار آماری نشان دادند و صفات پیکروکروسین و سافرانال در یک گروه آماری قرار گرفته و فاقد ارتباط معنی دار آماری شدند، ولی از نظر کیفی در رده قابل قبول و کیفیت خوب می‌باشد. تنش کم‌آبی و اعمال ماده آلی بیوچار در صفات تحقیق، دارای تغییرات بسیار جزئی بر عملکردها مشاهده شده است. مقدار رطوبت، سافرانال، کروسین و پیکروکروسین درتیمارهای تحقیق در شکل ۳ آمده است.

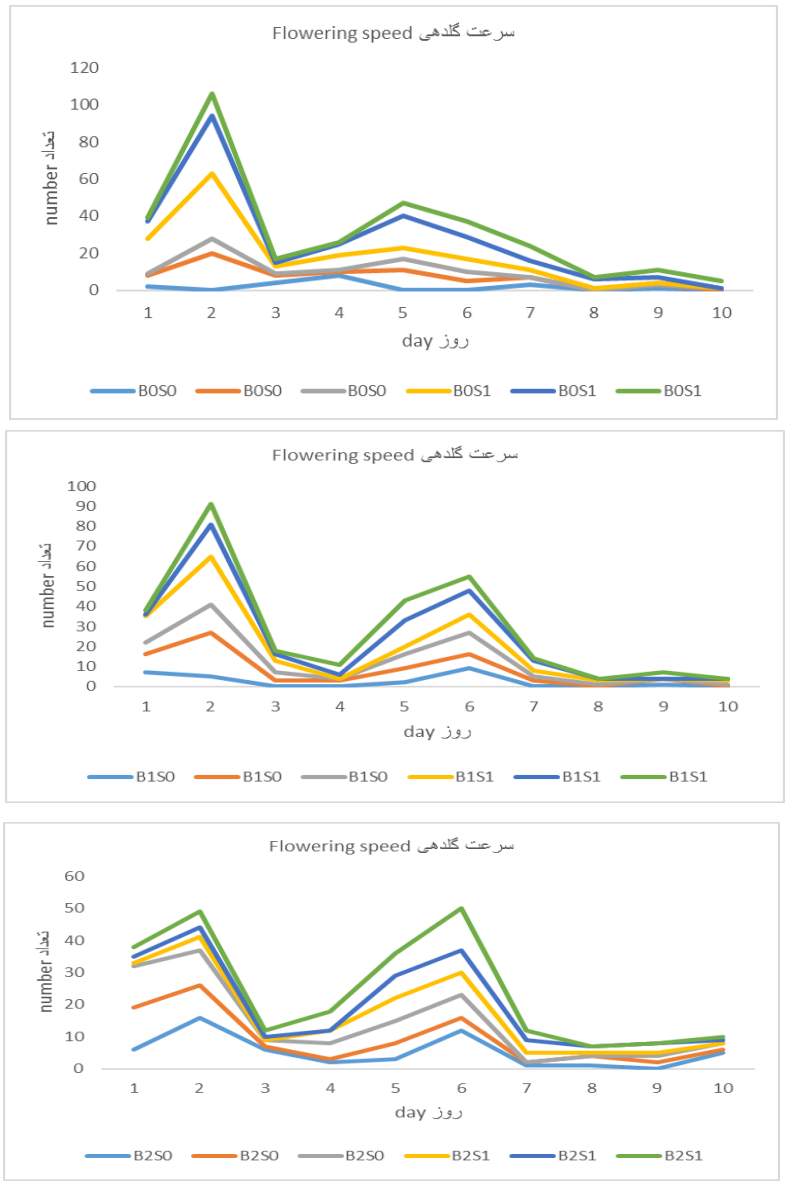
سرعت گلدهی در فاکتورهای تنش کم آبی و مقدار بیوچار مصرفی

نتایج نشان دادند تیمارهای تحقیق در بازه زمان گلدهی نمودار سینوسی شکل داشته‌اند، بطوریکه در تیمارهای اعمال ۱۰ تن در هکتار بیوچار زیستی و ۱۵ تن در هکتار بیوچار زیستی نمودارها دارای نوساناتی متفاوت از تیمار شاهد (بدون اعمال بیچار زیستی) بوده‌اند. در تیمارهای دارای تنش کم آبی نیز تغییرات جزئی در نمودار گلدهی مشاهده شده که این تغییرات برای همه تیمارها ثابت بوده است. سرعت گلدهی در تیمارهای تحقیق در شکل ۴ آمده است.



شکل ۳. رطوبت، سافرانال، کروسین و پیکروکروسین درتیمارهای تحقیق.

Fig 3. Humidity, safranal, crocin and Picrocrocin in research treatment.



شکل ۴. سرعت گلدهی درتیمارهای تحقیق.

Fig 4. Flowering speed in research treatment.

علت اصلی کاهش سرعت رشد محصول را تا مرز صفر را می‌توان کاهش فتوسنتز خالص و مصرف کربوهیدرات ها در مسیر تنفس دانست (Taiz & Ziger, 1991). توماس (Thomas, 1969) گزارش داد در شرایط افزایش فواصل آبیاری (تنش خشکی) و با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه به دلیل افزایش شدت تنفس وکاهش فتوسنتز رو به کاهش است. همچنین برطبق گزارش (Zrust & Geple, 1992) سرعت رشد محصول در ابتدای رشد کم، پس از آن به حداکثر خود رسیده و در اواخر فصل رشد رو به کاهش می‌باشد. کاهش پتانسیل آب برگ، از میزان سرعت رشد محصول کاسته می شود که افزایش سرعت تنفس همراه با افزایش دمای گیاه و کاهش شدت فتوسنتز را می‌توان علت اصلی آن دانست.

نتیجه گیری

زعفران ارزشی بالا از نظر غذایی و صادراتی دارد که باید بهترین شرایط از لحاظ کیفیت و کمیت داشته باشد. در این تحقیق ارزش کمی و کیفی زعفران تحت تیمارهای بیوچار تولیدی و تنش کم‌آبی بررسی گردید و نتایج صفات کمی زعفران نشان دادند، استفاده از بیوچار بعنوان یک منبع کربن فعال در سال اول کشت تغییرات

جزئی در عملکردها داشته است و نتایج بهتر برای عملکردهای دارای تنش بدست آمده است. برای صفات کیفی نیز تغییرات جزیی بوده است. بطور کل تنش کم-آبی و اعمال بیوچار بر عملکرد زعفران تاثیر سوء نداشته است و برای سال‌های بعد نیز باید بررسی گردد.

قدرددانی

این مقاله مستخرج از نتایج طرح پژوهشی اجرا شده به شماره قرارداد ۱۴۹۶۸۲ از محل اعتبارات پژوهشکده زعفران دانشگاه تربت حیدریه می‌باشد، که بدین‌وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

Aitoubahou, A. El-Otmani, M. (1999). Saffron cultivation in Morocco. PP. 87-94. In: M. Neghbi (Ed.), Saffron. Harwood Academic Pub., The Netherland.

Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., & 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].

Amini Fard, M., (2023). The effect of urban waste compost on the change process of some heavy metals in the plant and its relationship with the growth characteristics of saffron (*Crocus sativus* L). *Saffron Research*, 11(1), 19-30. doi: 10.22077/jsr.2023.5853.1202.

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

Behdani, M. Ali., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Rezvani mighadam, P. (2008). Models to predict flowering time in the main Saffron production regions of Khorasan province. *JApSc*, 8(5), pp.907-909.

Behdani, M. A., Koocheki, A., Rezvani mighadam, P., & 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 University Press. 390p. [in Persian].

Choopan, Y., Khashei Siuki, A., & 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. [in Persian].

Daneshwar, M. H., & Hammetzadeh, A. (2011). Chemical composition of saffron: color, taste and aroma. Publications of Shahid Chamran University. [in Persian].

Fallahi, H., Aghawani Shajari, M., Sabahi Bejestani, M., Maithamizadeh, M., Ziba, N., Abgarmi, M., Moradi Moghadam, S., Abbasi aval Bahlouli, S., & Hosseini, S. A. (2023). Comparison of flowering and stigma color indicators of saffron (Crocus sativus L.) between two hydroponic and field planting systems. *Saffron Research*, 11(1), 94-107. doi: 10.22077/jsr.2023.6170.1209

Gholami Tooran poshti, M., Maqsoodi Mood, A., & Farah Bakhsh, H. (2005). The effect of two levels of irrigation on some water relations of three indigenous stands of saffron (Crocus sativus L.) of Iran. *The second national conference on watershed management and water and soil resources management, Kerman. Iran*. 1780 to 1788. [in Persian].

Goliaris, A. H. (1999). Saffron cultivation in Greece. In: (*Negbi, Mohsen.*) (Ed.), Saffron: Crocussativus L. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 73–85.

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.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Saffron – Test methods. Isiri Number: 259-2. 1st.

Jezini Darcheh, R., Soleimani Aminabadi, M., & Mirghafari, N. (2014). Conversion of agricultural waste to biochar and its application in the absorption of lead and cadmium from aqueous solutions, master's thesis. Isfahan University of Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources. [in Persian].

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

Mohammadabadi, A., Rezvani Moghadam, P., & Falahi, J. (2018). Effects of planting pattern and time of first irrigation on growth and performance of saffron (Crocus sativus L.) *Journal of Agricultural Ecology*, 3(1): 84-93. [in Persian].

Moradi, R., Faizi, H., Naghizadeh, M., & Najarzadeh, A. (2017). The effect of cadmium and beeswax biochar on the dry weight of different organs of saffron in the second year. *The fifth national saffron*

conference. Torbat Heydarieh University. [in Persian].

Mosaferi-ziaodini, M. (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].

Namdari, M., Soleimani, M., & Mirghafari, N. (2016), *production and evaluation of the characteristics of biochar (biochar) produced from the biological sludge of municipal sewage, 15th Soil Science Congress*. [in Persian].

Pazoki, A., Kariminejad, M., & Foladi Targhi, A. (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.

Salarian, A., Mahmoudi, S., Behdani, M. A., & Kaveh, H. (2023). The effect of irrigation water quality, biological fertilizer and iron nanoparticles on yield and some physiological characteristics of saffron (Crocus sativus L). *Saffron Research*, 11(1), 31-47. doi: 10.22077/jsr.2021.4471.1164

Shirmohammadi, Z., AkbarKhani, A., Kamkar Haghighi, A. A., & Sapaskhah, A. (2006). Using the plant water stress index to check the water status and saffron irrigation planning. *Iranian Journal of Horticultural Sciences and Techniques*, 7(1): 23-32. [in Persian].

Taiz, L., & Ziger, E. (1991). *Plant Physiology. Benjamin Publication*. p. 346-356.

Thomas, T. H. (1969). The role of growth substances in the regulation of onion bulb dormancy. *Journal ofExperimental Botany* ,20: 124-137.

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.

Zrust, J., & Geple, J. (1992). Dependence of yield of early potato on some growth characteristics. *Field Crop Abstracts*, 45 (10): 922.

COPYRIGHTS
© 2023-2024 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/)