Saffron Agronomy & Technology
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir
Vol. 12, No. 3, Fall 2024, p. 261-282

Effect of Applying Different Organic Matter Levels on Mitigating Drought Stress in Saffron (*Crocus sativus* L.)

Rooholla Moradi[1,2*], Shima Ramezani[3] and Seyed Masoud Ziaei[4,2]

Article type:
Research Article
Article history:
Submitted: 1 September 2024
Revised: 17 November 2024
Accepted: 1 December 2024
Available Online: 1 December 2024

How to cite this article:
Moradi, R., Ramezani, Sh., and Ziaei, S. M. 2024. Effect of Applying Different Organic Matter Levels on Mitigating Drought Stress in Saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy & Technology, 12(3), 261-282.
DOI: 10.22048/jsat.2024.476495.1540

Abstract

Saffron, despite exhibiting relative resistance to drought stress, is known to experience reduced growth and yield under drought conditions due to its underdeveloped root system. This study aimed to investigate the potential of organic matter in mitigating the adverse effects of drought stress on saffron. A factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the pot at the University of Torbat Heydarieh in 2023-2024. Treatments included two levels of drought stress (non-stress (90% field capacity) and stress (50% field capacity)) and six levels of organic matter (a mixture of manure and leaf-soil in a 3:1 ratio) applied to the soil at rates of 0, 2. 5, 5, 10, 20, and 40%. The studied traits included leaf length, leaf weight, root weight, corm number, corm weight, water use efficiency, and the concentration and uptake of nitrogen, phosphorus, and potassium. Results showed that across all the OM treatments, drought stress had a negative impact on all growth traits. For instance, water deficit led to a 67% and 58% decrease in average corm weight and stigma DW compared to non-stress conditions, respectively. Nitrogen and potassium concentrations were higher under stress conditions across all organic matter levels, while phosphorus concentration was higher under non-stress conditions. The application of all organic matter levels increased the studied traits under both stress and non-stress conditions, with a more pronounced effect under stress. Under non-stress conditions, there was no significant difference between the 20% and 40% organic matter levels for the studied traits, while under drought stress, the highest values were obtained at the 40% organic matter level, with significant differences compared to other levels. The application of 40% organic matter increased the average corm weight from 13.2 g to 34.8 g under drought stress. At 0, 2. 5, 5, 10, and 20% organic matter levels, water use efficiency was significantly higher under non-stress conditions compared to water deficit, but at the 40% organic matter level, this index was significantly higher under drought stress (1. 82 kg.m-3) than under non-stress conditions (1. 48 kg.m-3). Overall, the results of this study indicated that the application of organic matter can significantly mitigate the negative effects of drought stress and lead to a significant increase in leaf and corm growth of saffron under these

1- Associate Prof. Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
2 - Researcher of Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
3- MSc. Student. Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
4- Assistant Prof. Department of Plant Production, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran
Corresponding author email: r.moradi@torbath.ac.ir

© 2022, University of Torbat Heydarieh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License (CC BY NC 4.0)
(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0).

conditions. In pot or greenhouse planting, considering the economic efficiency, the application of 20% organic matter is recommended under drought stress conditions. For verification on a larger scale, this experiment needs to be evaluated for field conditions.

Keywords: Corm, Cow manure, Leaf mold, Nutrients, Water use efficiency

نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد۱۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳ ص. ۲۸۲-۲۶۱
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir

مقاله پژوهشی

تأثیر کاربرد سطوح مختلف ماده آلی بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.)

روح اله مرادی[۱،۲]*، شیما رمضانی[۳] و سیدمسعود ضیائی[۴،۲]

تاریخ دریافت: ۱۱ شهریور ۱۴۰۳
تاریخ بازنگری: ۲۷ آبان ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۱ آذر ۱۴۰۳

مرادی، ر.، رمضانی، ش.، ضیائی، س. م. ۱۴۰۳. تأثیر کاربرد سطوح مختلف ماده آلی بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.). زراعت و فناوری زعفران، ۱۲(۳): ۲۶۱-۲۸۲.

چکیده

زعفران دارای مقاومت نسبی به تنش خشکی است، اما تایید شده است به دلیل عدم توسعه‌یافتگی ریشه‌های این گیاه، تنش خشکی باعث کاهش رشد و عملکرد زعفران می‌شود. در این تحقیق به‌منظور بررسی پتانسیل ماده آلی بر کاهش شدت تنش خشکی بر گیاه زعفران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به‌صورت گلدانی در دانشگاه تربت حیدریه در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲ انجام شد. تیمارها شامل دو سطح تنش خشکی (عدم تنش (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)) و اضافه کردن پنج سطح ماده آلی (ترکیب کود دامی و خاکبرگ به نسبت ۳ به ۱) به خاک شامل ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد بود و در تیمار شاهد از هیچ ماده آلی استفاده نشد. صفات مورد بررسی شامل طول برگ، وزن برگ، وزن ریشه، تعداد بنه، وزن بنه، کارایی مصرف آب و غلظت و جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد تنش خشکی در کلیه سطوح ماده آلی، تأثیر منفی بر صفات رشدی مورد بررسی داشت. به‌عنوان مثال در تیمار عدم مصرف ماده الی، کمبود آب به ترتیب منجر به کاهش ۶۷ و ۵۸ درصدی میانگین وزن بنه و کلاله نسبت به عدم تنش شد. در کلیه سطوح ماده آلی، غلظت نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش بیشتر از عدم تنش بود ولی غلظت فسفر در شرایط عدم تنش بیشتر از تنش بود. کاربرد کلیه سطوح ماده آلی منجر به افزایش شاخص‌های مورد بررسی هم در شرایط تنش و هم عدم تنش شد که اثر آن در شرایط تنش مشهودتر بود. در شرایط عدم تنش، اختلاف معنی‌داری از نظر صفات مورد بررسی بین سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی مشاهده نشد ولی در شرایط تنش خشکی، بیشترین میزان صفات مورد ارزیابی در زمان استفاده از ۴۰ درصد ماده آلی بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح دارا بود. در شرایط تنش خشکی، کاربرد ۴۰ درصد ماده آلی منجر به افزایش میانگین وزن بنه از ۲/۱۳ به ۸/۳۴ گرم شد. در سطوح ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد ماده آلی کارایی مصرف آب در شرایط عدم تنش به‌طور معنی‌داری بیشتر از کمبود آب بود ولی این شاخص در سطح ۴۰ درصد ماده آلی در شرایط تنش خشکی (۱/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب) به‌طور معنی‌داری بیشتر از عدم تنش (۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ماده آلی می‌تواند به میزان چشم‌گیری اثرات منفی تنش خشکی را تعدیل نموده و باعث افزایش معنی‌دار رشد برگ و بنه زعفران در این شرایط شود. در کشت گلدانی، باتوجه به کارایی اقتصادی کاربرد ۲۰ درصد ماده آلی در شرایط تنش توصیه می شود. برای اجرا در مقیاس بزرگتر، نیاز است این آزمایش برای شرایط مزرعه‌ای نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: بنه، خاک برگ، عناصر غذایی، کارایی مصرف آب، کود گاوی.

۱- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۲- پژوهشگر پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم مهندسی باغبانی، تولید محصولات گلخانه‌ای، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
۴- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران
(*-نویسنده مسئول: r.moradi@torbath.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2024.476495.1540

مقدمه

زعفران، به‌عنوان گران‌ترین ادویه جهان، از جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد بسیاری از کشورها برخوردار است. ایران، به‌عنوان بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان، از مزایای اقتصادی فراوانی برخوردار است. این گیاه به دلیل خواص دارویی، رنگ‌دهی و عطر بی‌نظیر، در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی کاربرد گسترده‌ای دارد. ارزش افزوده بالای زعفران، آن را به یک محصول استراتژیک تبدیل کرده است که می‌تواند نقش مهمی در ایجاد اشتغال و توسعه اقتصادی مناطق روستایی ایفا کند. علاوه بر این، زعفران به‌عنوان یک محصول صادراتی، ارزآوری قابل‌توجهی برای کشور دارد و می‌تواند به بهبود تراز تجاری کمک کند (Dourandish et al., 2019).

زعفران به دلیل نیاز آبی کم و تحمل‌پذیری نسبت به شرایط نامساعد محیطی، در مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود. با این حال، تنش خشکی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید زعفران در بسیاری از مناطق کشت این گیاه است. کاهش بارندگی، افزایش دما و تغییر الگوهای بارندگی در سال‌های اخیر، شدت و فراوانی وقوع تنش خشکی را افزایش داده و در نتیجه، عملکرد و کیفیت زعفران را تحت تأثیر قرار داده است (Aboueshaghi et al., 2023). خشکی یکی از تنش‌های غیر زیستی محدود کننده و اثر گذار بر بهره‌وری کشاورزی در جهان بوده و شدت آن در جهان به ویژه در ایران رو به افزایش است (Shohani et al., 2022). اگرچه خشکسالی‌ها نقش مهمی در تشدید این بحران داشته‌اند، اما برداشت بی‌رویه به‌عنوان عامل اصلی و تسریع‌کننده این بحران شناخته می‌شود. تنش خشکی با تأثیر بر فرآیندهای متابولیکی گیاه، منجر به کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد رویشی و سلولی می‌شود. این امر، به‌عنوان حساس‌ترین پاسخ گیاه به تنش آبی شناخته شده‌است (Bhatt & Srinivasa-Rao, 2005). مطالعات مختلف از جمله پژوهش نوری و همکاران (Noori et al., 2022) و همتی و همکاران (Hemmati Hassan Gavyar et al., 2022) نشان داده‌اند که تنش آبی به‌طور قابل توجهی بر رشد رویشی و اندام‌های ذخیره‌ای زعفران تأثیر منفی گذاشته و منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام‌ها، تعداد و اندازه بنه‌های دختری و همچنین کاهش پارامترهای فتوسنتزی می‌شود. همچنین، مطالعات دیگر (Ziaei et al., 2024 ؛ Sharifi et al., 2020؛ Sabet et al., 2010) نیز تأیید می‌کنند که کم‌آبی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های رشد و نمو زعفران محسوب می‌شود و می‌تواند به‌طور جدی بر عملکرد و کیفیت این گیاه تأثیر بگذارد.

در سال‌های اخیر، پژوهشگران به دنبال راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر گیاه زعفران بوده‌اند. یکی از این راه‌کارها، استفاده از مواد آلی است. مواد آلی مانند کودهای حیوانی، کمپوست و بیوچار، با بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، می‌توانند به افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی کمک کنند. مواد آلی با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود تهویه خاک، افزایش فعالیت میکروبی و تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه، می‌توانند به بهبود رشد و نمو گیاه و افزایش عملکرد آن در شرایط تنش کمک کنند (Shah et al., 2023).

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که کاربرد مواد آلی می‌تواند به بهبود عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی کمک کند (Fatahi Ghazi et al., 2023). با این حال، تحقیقات کمی در مورد اثر مواد آلی بر گیاه زعفران و به ویژه در شرایط تنش خشکی انجام شده است. نتایج مطالعات موجود نیز اغلب متناقض بوده و مکانیسم‌های دقیق اثر مواد آلی بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی در زعفران به طور کامل شناخته نشده است.

تنش خشکی با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و

بیوشیمیایی گیاه، منجر بـه تغییراتـی در رشـد، فتوسـنتز و سـایر فعالیت‌هـای حیـاتی آن می‌شـود (Farooq et al., 2009). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد کودهای آلی، به ویژه کودهـای دامی، می‌تواند به‌عنوان یک راهکـار مـؤثر بـرای بهبـود تحمـل گیاهان به تنش خشـکی باشـد. ایـن کودهـا بـا بهبـود خـواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأمین تدریجی عناصر غذایی، به تقویـت سیسـتم ریشـه‌ای و افـزایش مقاومت گیاهـان در برابـر تنش‌هـای محیطـی کمـک می‌کننـد (Dabaghian et al., 2016؛ Koocheki et al., 2011). طی بررسی استفاده از ۴۰ تن کود دامی در هکتار بهترین تأثیر را بـر روی مزارع زعفران داشته و در ایـن بررسـی عمـده دلیـل تـأثیر مثبت کود دامی، تأمین مواد غـذایی، هـوادهی خـاک و افـزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک بیان شـده اسـت (Osmani Roudi et al., 2015). کود دامی در شـرایط تـنش خشـکی در گیاهان زیـره سـبز (*Cuminum cyminum*) (Ahmadian et al., 2009)، انگـــــور (*Vitis vinifera*) (Zakai Khosrowshahi, & Parvizi, 2024)، خربـــــزه (*Cucurbitaceae*) (Rostami et al., 2022)، اســفناج (*Spinacia oleracea*) (Gavili et al., 2018)، ذرت (*Zea mays*) (Khadem et al., 2011) و آویشـــن (*Thymus vulgaris*) (Askary et al., 2023) تأثیر مثبتی داشـته اسـت.

مکانیسم‌های مؤثر کودهای دامی در بهبود تحمـل بـه خشـکی شامل تأمین مواد غذایی، بهبود تهویـه خـاک، افـزایش ظرفیـت نگهداری آب و تقویت فعالیت میکروبی خاک اسـت (Singh & Sukul., 2019).

هرچند گیاه زعفران دارای مقاومت نسبی بـه تـنش خشـکی است، اما تایید شده است تنش خشـکی باعـث کـاهش رشـد و عملکرد این گیاه می‌شود. از این رو این تحقیق با هدف بررسـی اثر سطوح مختلف ماده آلی بر تعدیل اثرات تـنش آبـی در گیـاه زعفران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ در دانشگاه تربت حیدریه در فضای آزاد اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طـرح کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شـامل تنش خشکی (آبیاری نرمال (۹۰ درصد ظرفیت زراعی) و تـنش خشکی (۵۰ درصد ظرفیت زراعی)) و مقـدار مـاده آلـی (شـاهد، ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد) بود. ماده آلی ترکیبی از کودگـاوی و خاکبرگ به نسبت ۳ به ۱ بود. قبـل از اجـرای آزمـایش آنـالیز خاک، کود و خاکبرگ مورد استفاده از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام شد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک، کود گاوی و خاکبرگ مورد استفاده

Table 1- Soil, cow manure and soil-leaf characteristics

ماده Material	پتاسیم قابل جذب K_{ava} ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب P_{ava} ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل $Total_N$ (%)	کربن آلی OC (%)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	بافت خاک Soil texture
خاک Soil	248	23.34	0.067	0.33	7.12	1.88	Loam
کود گاوی Cow manure	2.04	54.22	2.26	58.19	7.58	9.74	-
خاکبرگ Leaf-soil	522	12.26	2.75	67.32	7.69	4.83	-

برای کاشت از گلدان‌های ۳ کیلوگرمی استفاده شد. بنه‌های مورد استفاده در این تحقیق دارای حدود وزنی یکسانی با میانگین ۱۰ گرم بود. تعداد سه بنه در هر گلدان در تاریخ ۱۱ مهر ماه کاشته شد. جهت اعمال تیمار آبیاری و تنش خشکی، با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) ساخت شرکت اکل کمپ هلند میزان رطوبت خاک تعیین و پس از کالیبراسیون در محدوده توسعه ریشه آبیاری بر اساس تیمارهای موردنظر در کل دوره رشد انجام گرفت. مبنای آبیاری تیمارهای شاهد (عدم مصرف ماده آلی) در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش بود. برای این کار از پروب‌های سطحی با طول ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. زمانی که رطوبت خاک به هر یک از مقادیر مشخص‌شده می‌رسید، آبیاری انجام شد. مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور ثبت شد. گلدان‌ها از خرداد تا مهر ماه در سایه نگهداری شدند. در سال دوم اولین آبیاری در ۱۱ مهر انجام شد. گل‌ها از اوایل آبان ظاهر شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل موارد زیر بوده است:

طول برگ: با استفاده از خط کش در اسفند ماه که اوج رشد برگ بود، تعداد پنج برگ به‌صورت تصادفی از قسمت های مختلف انتخاب و اندازه‌گیری شد.

وزن برگ: با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ در اسفند ماه بررسی شد.

وزن ریشه: با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۰۱ در اوایل بهمن ماه اوج رشد ریشه بود، بررسی شد.

میانگین وزن بنه در هر بوته: در پایان فصل رشد (اواخر فروردین) بررسی شد.

وزن گل و طول کلاله: این شاخص‌ها در اوایل آبان ماه ۱۴۰۳ مورد بررسی قرار گرفت.

کارایی مصرف آب بر اساس وزن بنه: از نسبت بین بنه تولیدی و آب مصرفی بر حسب کیلوگرم بر لیتر محاسبه شد (Lu et al., 2016).

غلظت نیتروژن برگ: برای اندازه‌گیری دقیق غلظت نیتروژن در برگ زعفران، از روش کجلدال استفاده شد. در این روش، نمونه برگ زعفران ابتدا با اسید سولفوریک غلیظ و کاتالیزور سولفات مس هضم شد تا نیتروژن موجود در نمونه به آمونیاک تبدیل شود. سپس، آمونیاک آزاد شده با تقطیر جداسازی شده و با استفاده از یک اسید استاندارد تیتر شد. از روی مقدار اسید مصرفی، غلظت نیتروژن در نمونه را محاسبه شد (Waling, 1989).

غلظت فسفر برگ: اندازه‌گیری غلظت فسفر در برگ زعفران به روش جذب اتمی اجرا شد. در این روش، نمونه برگ زعفران پس از آماده‌سازی و هضم مناسب، به محلول استاندارد تبدیل شد. سپس، این محلول به داخل شعله دستگاه جذب اتمی اسپری گردید. در شعله، اتم‌های فسفر موجود در نمونه بر اثر انرژی حرارتی، الکترون از دست داده و به حالت برانگیخته در می‌آیند. هنگام بازگشت به حالت پایه، این اتم‌ها نوری با طول موج مشخصی را جذب می‌کنند. با اندازه‌گیری میزان جذب نور توسط اتم‌های فسفر، غلظت فسفر در نمونه را به طور مستقیم تعیین شد (Jones, 2001).

غلظت پتاسیم برگ: اندازه‌گیری این عنصر توسط روش فلیم فتومتری اجرا شد. در این روش، ۰/۳ گرم نمونه خشک برگ زعفران را آسیاب کرده داخل کوزه چینی داخل کوره در دما ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شد. خاکستر بدست آمده را با۱۰ سی سی هیدرو کلریک اسید یک نرمال ترکیب کرده به حجم ۱۰۰۰ رسید و به مدت ۱۰ دقیقه روی مگنت هات پلیت استیرر با دما ۸۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس، محلول با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. عصاره بدست آمده به داخل شعله دستگاه فلیم فتومتر اسپری شد. اتم‌های پتاسیم موجود در نمونه، در دمای بالای شعله برانگیخته

شده و نوری با طول موج مشخصی را ساطع می‌کنند. شدت نوری که توسط دستگاه آشکارساز ثبت شد، به طور مستقیم با غلظت پتاسیم در نمونه متناسب بود. با مقایسه شدت نور ساطع شده از نمونه با یک منحنی استاندارد، غلظت پتاسیم به دست آمد (Fathi et al., 2014).

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. مقایسات میانگین برای برهمکنش تیمارهای مورد بررسی به‌صورت برش‌دهی انجام شد.

نتایج و بحث

طول برگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) و برهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۱) بر میزان طول برگ گیاه زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و ماده نشان داد که در کلیه سطوح ماده آلی، اعمال تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار طول برگ نسبت به شرایط عدم تنش شد (جدول ۳). به‌عنوان مثال در تیمار عدم ماده آلی، تنش خشکی باعث کاهش حدود ۵۱ درصدی این شاخص نسبت به آبیاری کامل شد. همچنین در تیمار ۲۰ درصد ماده آلی تنش خشکی باعث کاهش ۳۷ درصدی طول برگ نسبت به عدم تنش گردید. درصد کاهش طول برگ در شرایط تنش نسبت به آبیاری مطلوب با افزایش ماده آلی کاهش یافت. به عبارتی، با افزایش ماده آلی اثر منفی تنش خشکی بر طول برگ کمتر بود. در شرایط عدم تنش، بیشترین طول برگ (۴۳/۶۲ سانتی متر) مربوط به سطح ۲۰ درصد ماده آلی بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۴۱/۲۵ سانتی متر) نشان نداد، ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر سطوح ماده آلی بود. اختلاف معنی‌داری بین سطح عدم ماده آلی و ۲/۵ درصد آن وجود نداشت. در شرایط تنش خشکی، افزایش ماده آلی خاک به‌طور معنی‌داری طول برگ زعفران را افزایش داد و اعمال ۴۰ درصد ماده آلی دارای بیشترین میزان این شاخص (۳۶/۶۳ سانتی متر) بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر سطوح ماده آلی دارا بود. کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی نسبت به تیمار عدم کاربرد ماده آلی به‌ترتیب باعث افزایش ۱۳۵، ۱۹۰ و ۲۸۹ درصدی طول برگ شد.

وزن برگ: نتایج نشان داد که وزن برگ در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر تنش خشکی، ماده آلی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول۲).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین در کلیه سطوح ماده آلی به غیر از سطح ۴۰ درصد، وزن برگ کاهش معنی‌داری در شرایط تنش آبی نسبت به عدم آن نشان داد (جدول۳). به‌عنوان مثال، کمبود آب کاهش حدودی ۴۴ درصدی وزن برگ نسبت به آبیاری کامل در شرایط عدم ماده آلی نشان داد. بیشترین وزن برگ در آبیاری کامل (۲/۶۱ گرم) در تیمار ۲۰ درصد ماده آلی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با ۴۰ درصد ماده آلی (۲/۵۸گرم) نداشت. تیمار عدم ماده آلی و سطح ۲/۵ درصد آن بدون اختلاف معنی‌دار باهم کمترین میزان وزن برگ را در این شرایط شامل شدند. در شرایط تنش خشکی، با افزایش ماده آلی میزان وزن برگ افزایش معنی‌داری نشان داد و بیشترین وزن برگ مربوط به تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۲/۰۱ گرم) بود که اختلاف معنی‌داری با تمامی سطوح ماده آلی داشت. تیمار ۲/۵ درصد ماده آلی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد. کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب باعث افزایش حدود ۷۷، ۱۳۸ و ۱۸۳ درصدی وزن برگ نسبت به عدم استفاده از آن شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تیمارهای مورد بررسی بر صفات مورد مطالعه زعفران

Table 2 - Results of analysis of variance (mean squares) for the examined treatments on the studied traits of saffron

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	طول برگ Leaf length	وزن برگ Leaf dry weight	وزن ریشه Root dry weight	تعداد بنه Corm number	وزن بنه Corm dry weight	میانگین وزن بنه Mean corm dry weight	عملکرد گل در بوته Flower weight per plant	وزن خشک کلاله در بوته Stigma dry weight per plant	کارایی مصرف آب WUE of Corm
تنش Stress	1	822. 82**	4. 14**	0. 04*	0. 02^{ns}	1929. 48**	346. 89**	0.053**	0.009**	0. 28**
ماده آلی OM	5	651. 50**	1. 86**	0. 29**	0. 09^{ns}	307. 09**	53. 34**	0.018**	0.003**	1. 11**
تنش× ماده آلی Stress×OM	5	24. 64*	0. 03*	0. 06**	0. 09^{ns}	17. 26**	2. 75**	0.013**	0.0006**	0. 12**
خطا Error	24	3. 57	0. 004	0. 008	0. 066	2. 07	0. 24	0.001	0.00004	0. 002
ضریب تغییرات C. V. (%)	-	7. 48	4. 28	11. 05	10. 45	7. 98	6. 77	11.06	9.13	5. 63

**: معنی‌داری در سطح ۱٪، *: معنی‌داری در سطح ۵٪ وns: عدم معنی‌داری

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

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و ماده آلی بر صفات مورد مطالعه زعفران

Table 3 -Interaction between drought stress and organic matter on studied traits of saffron

تنش Stress	ماده آلی OM (%)	طول برگ Leaf length (cm)	وزن برگ Leaf dry weight ($g.plant^{-1}$)	وزن ریشه Root dry weight ($g.plant^{-1}$)	تعداد بنه Corm number per plant	وزن بنه Corm dry weight ($g.plant^{-1}$)	میانگین وزن بنه Mean corm dry weight (g)	کارایی مصرف آب WUE of Corm ($g.l^{-1}$)
عدم تنش Normal	0	19. 36d	1. 29d	0. 780c	2. 33a	14. 89d	6. 39d	0. 620d
	2. 5	19. 95cd	1. 32d	0. 710c	2. 66a	21. 76c	8. 18c	0. 907c
	5	23. 36c	1. 66c	0. 730c	2. 33a	20. 15c	8. 65c	0. 840c
	10	32. 69b	2. 07b	0. 850bc	2. 66a	26. 92b	10. 12b	1. 122b
	20	43. 62a	2. 61a	1. 110a	2. 33a	33. 02a	14. 17a	1. 376a
	40	41. 25a	2. 58a	0. 970ab	2. 33a	35. 46a	15. 22a	1. 478a
تنش Stress	0	9. 42e	0. 71e	0. 540d	2. 66a	5. 67d	2. 13d	0. 464d
	2. 5	10. 21e	0. 68e	0. 530d	2. 33a	5. 06d	2. 17d	0. 414d
	5	17. 14d	1. 11d	0. 570d	2. 33a	5. 48d	2. 35d	0. 449d
	10	22. 14c	1. 26c	0. 790c	2. 66a	12. 29c	4. 62c	1. 007c
	20	27. 32b	1. 69b	0. 970b	2. 33a	13. 68b	5. 87b	1. 121b
	40	36. 63a	2. 01a	1. 320a	2. 66a	22. 18a	8. 34a	1. 818a

در هر ستون بر اساس روش برش دهی ، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each column based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test ($p< 0.05$).

وزن ریشه

تأثیر ماده آلی و برهمکنش ماده آلی با تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر تنش خشکی در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن ریشه معنی‌دار بود (جدول۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در سطوح ۰، ۲/۵، ۵ و ۲۰ درصد ماده آلی، تنش آبی باعث کاهش وزن ریشه نسبت به آبیاری مطلوب گردید، در صورتیکه در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی، وزن ریشه افزایش ۳۶ درصدی در شرایط تنش نسبت به آبیاری کامل را نشان داد (جدول ۳). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین وزن ریشه (۱/۱۱ گرم) در سطح ۲۰ درصد ماده آلی بود که اختلاف معنی‌داری با تمامی سطوح ماده آلی به جز تیمار ۴۰ درصد ماده آلی داشت. در این شرایط آبیاری بین سطوح ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد ماده آلی اختلاف معنی‌داری با شاهد وجود نداشت. در شرایط تنش خشکی، با افزایش سطح ماده آلی میزان وزن ریشه افزایش یافت که البته تغییرات تا سطح ۱۰ درصد معنی دار نبود. بیشترین وزن ریشه (۱/۳۲گرم) در شرایط تنش مربوط به تیمار ۴۰ درصد ماده آلی بود که افزایش ۱۴۴ درصدی نسبت عدم ماده آلی دارا بود. تیمارهای ۲/۵ و ۵ درصد ماده آلی در این شرایط اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند.

تعداد بنه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تعداد بنه در هر بوته در هیچ یک از عوامل ماده آلی، تنش و برهمکنش آنها معنی‌دار نیست (جدول۲).

میانگین وزن بنه در هر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد میانگین وزن بنه در بوته تحت تأثیر تنش ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) و برهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول۲).

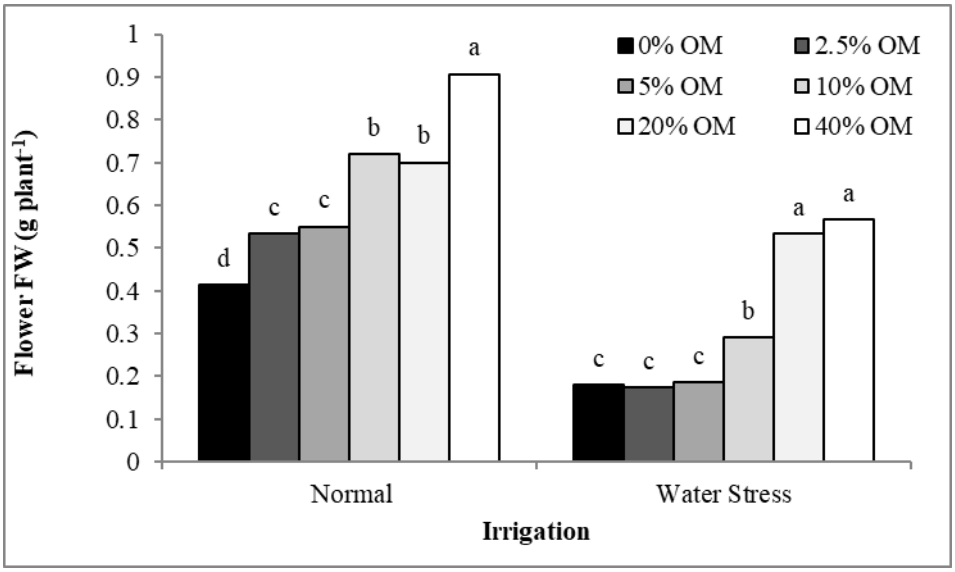
نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش و ماده آلی نشان داد در تمامی سطوح ماده آلی، کمبود آب منجر به کاهش قابل‌توجه وزن بنه نسبت به شرایط نرمال گردید (جدول۳). به‌عنوان مثال تیمار ۲/۵ درصد ماده آلی، شرایط تنش آبی باعث کاهش حدود ۷۳ درصدی وزن بنه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. در شرایط عدم تنش، بیشترین میانگین وزن بنه (۱۵/۲۲ گرم) در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی مشاهده شد که با تیمار ۲۰ درصد ماده آلی (۱۴/۱۷ گرم) اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در شرایط عدم تنش خشکی اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۲/۵ و ۵ درصد ماده آلی وجود نداشت. بیشترین میانگین وزن بنه در بوته در شرایط تنش در تیمار۴۰ درصد ماده آلی (۸/۳۴ گرم) دیده شد که اختلاف معنی‌داری با تمامی سطوح نشان داد. ماده آلی در سطوح ۲/۵ و ۵ با شاهد از نظر میانگین وزن بنه اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب افزایش ۱۲۴، ۱۴۱ و ۲۹۱ درصدی نسبت به عدم ماده آلی در شرایط تنش آبی مشاهده شد (جدول ۳).

وزن تر گل در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن تر گل در بوته در سطح احتمال یک درصد، تحت تأثیر تنش خشکی، ماده آلی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تنش خشکی در کلیه سطوح ماده آلی منجر به کاهش قابل توجه وزن تر گل در بوته نسبت به آبیاری نرمال شد (شکل ۱). به‌عنوان نمونه، در سطح ۱۰ درصد ماده آلی، تنش باعث کاهش ۶۲/۸۵ درصدی وزن تر گل در بوته نسبت به شرایط عدم تنش شد. در شرایط آبیاری کامل، استفاده از ماده آلی در تمامی سطوح باعث افزایش معنی دار وزن تر گل در بوته نسبت به عدم کاربرد آن گردید. در سطوح ۲/۵، ۱۰ و۴۰ درصد ماده آلی به ترتیب سبب افزایش ۲۹، ۷۴ و ۱۱۸

درصدی وزن تر گل در بوته نسبت به عدم استفاده از ماده آلی شد. در شرایط تنش خشکی، سطوح ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ۶۱، ۱۹۴ و ۲۱۱ درصدی وزن تر گل در بوته نسبت به عدم ماده آلی شد. بیشترین میزان وزن تر گل در شرایط تنش (۰/۵۶ گرم در بوته) در استفاده از ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی بدون اختلاف معنی دار حاصل شد (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کاربرد ماده آلی بر وزن تر گل زعفران

بر اساس روش برش دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

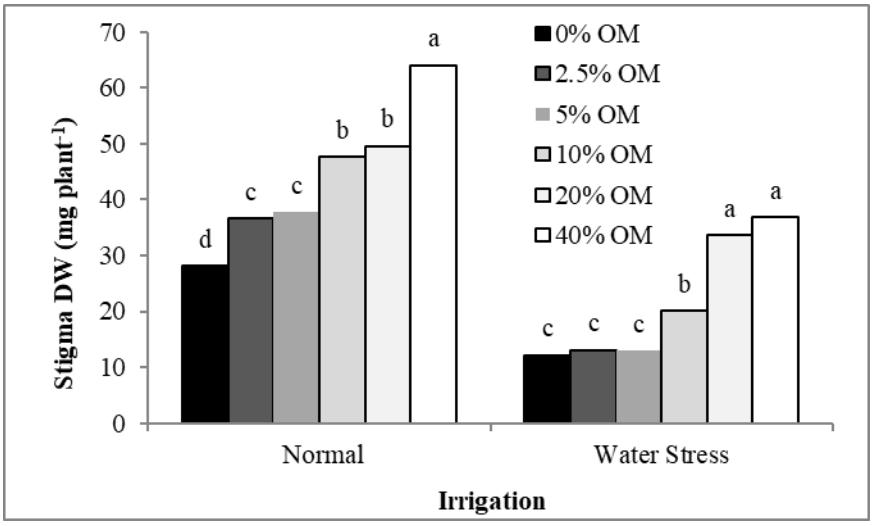
Figure 1- Interaction effect of drought stress and organic matter on saffron flower fresh weight (FW).

Based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test ($p< 0.05$).

وزن خشک کلاله در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) و برهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک کلاله تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

تنش خشکی سبب کاهش قابل توجه وزن خشک کلاله در تمامی سطوح ماده آلی نسبت به عدم تنش گردید. بطوریکه در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی کاهش آبیاری باعث کاهش حدود ۴۲ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به آبیاری کامل گردید (شکل ۲). در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین میزان وزن خشک کلاله (۶۴/۰۲ میلی گرم در بوته) در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی مشاهده شد که افزایش ۱۲۷ درصدی نسبت به عدم استفاده از ماده آلی دارا بود. در شرایط کم آبی، تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی باعث افزایش معنی دار وزن خشک کلاله نسبت به عدم ماده آلی گردید. در شرایط تنش استفاده از ۲/۵ و ۵ درصد ماده آلی تأثیر معنی‌داری با عدم استفاده از آن نداشت. بیشترین میزان وزن خشک کلاله (۳۳/۷ و ۳۶/۸ میلی گرم در بوته) در تیمارهای ۲۰ و۴۰ درصد ماده آلی مشاهده شد، که این تیمارها باعث افزایش حدوداً ۱۷۸ و ۲۰۴ درصدی وزن خشک کلاله نسبت به عدم ماده آلی گردید.



شکل ۲- تأثیر برهمکنش تنش خشکی و کاربرد ماده آلی بر وزن خشک کلاله زعفران

بر اساس روش برش دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 2- Interaction effect of drought stress and organic matter on saffron stigma dry weight (DW).

Based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test ($p< 0.05$).

کارایی مصرف آب بر اساس وزن بنه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تنش، ماده آلی و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در اکثر سطوح ماده آلی، تنش منجر به کاهش معنی‌دار کارایی مصرف آب نسبت به شرایط عدم تنش شد. به طور مثال در شرایط تنش، تیمارهای ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب باعث کاهش حدود ۴۶، ۱۰ و ۱۸ درصدی نسبت به شرایط عدم تنش گردید. در صورتی که تیمار ۴۰ درصد ماده آلی در شرایط تنش باعث افزایش حدود ۲۳ درصدی نسبت به عدم تنش گردید (جدول۳). در شرایط عدم تنش خشکی بیشترین کارایی مصرف آب (۱/۴۷۸ گرم بر لیتر) در تیمار۴۰ درصد ماده آلی بود که اختلاف معنی‌درای با تیمار ۲۰ درصد ماده آلی (۱/۳۷۶ گرم بر لیتر) نداشت در صورتی که با دیگر سطوح اختلاف معنی‌داری نشان داد. بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط تنش آبی در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۱/۸۱۸ گرم بر لیتر) بود که اختلاف معنی‌داری با تمامی تیمارها دارا بود و منجر به افزایش ۲۹۰ درصدی این شاخص نسبت به عدم کاربرد ماده آلی شد. در شرایط کمبود آب تیمارهای ۲/۵ و ۵ درصد ماده اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند (جدول ۳).

غلظت نیتروژن برگ

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر تنش خشکی ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) و برهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۱) بر میزان غلظت نیتروژن زعفران معنی‌دار بود (جدول۴).

نتایج نشان داد در تمامی سطوح ماده آلی، به جز سطح ۵ درصد ماده آلی، تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن نسبت به شرایط نرمال آبی شد (جدول۵) به‌عنوان مثال، در شرایط ۴۰، ۲۰ و ۱۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب شاهد افزایش حدود ۷۲، ۶۰ و۶۰ درصدی غلظت نیتروژن برگ نسبت به شرایط عدم تنش شد. در صورتیکه در سطح ۵ درصد ماده آلی در شرایط تنش آبی کاهش ۸ درصدی غلظت نیتروژن برگ نسبت به شرایط عدم تنش مشاهده شد. هم در شرایط تنش و هم عدم تنش، افزایش ماده آلی از سطح ۲/۵ درصد به بعد باعث افزایش غلظت نیتروژن نسبت به عدم ماده آلی گردید. به طوریکه در شرایط تنش با افزایش ماده آلی به میزان ۱۰، ۲۰ و

۴۰ شاهد افزایش حدودا ۱۰۸، ۱۶۶ و ۱۸۱ درصدی نسبت به عدم استفاده از ماده آلی بودیم. بیشترین میزان نیتروژن برگ در شرایط کم آبی در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۱۱/۵۸ درصد) مشاهده شد که بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۲۰ درصد ماده آلی (۱۰/۹۸ درصد) نسبت به دیگر تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. افزایش ماده آلی در شرایط تنش باعث افزایش غلظت نیتروژن نسبت به شرایط عدم استفاده از ماده آلی شد. به طور مثال، در شرایط عدم تنش، کاربرد ۲۰ درصد ماده آلی باعث افزایش حدود ۸۶ درصدی غلظت نیتروژن نسبت به عدم استفاده از آن گردید ولی درصد نیتروژن برگ در همین تیمار در شرایط تنش ۱۶۶ درصد افزایش یافت. در شرایط عدم تنش خشکی بیشترین میزان غلظت نیتروژن در تیمار ۲۰ درصد ماده آلی (۶/۸۷ درصد) مشاهده شد که بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۶/۷۴ درصد) با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کاربرد ۵، ۱۰ و۲۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب باعث افزایش حدود ۲۷، ۴۵ و ۸۶ درصدی غلظت نیتروژن نسبت به عدم کاربرد آن گردید.

غلظت فسفر برگ

اثرات تنش خشکی، ماده آلی و برهمکنش آنها بر میزان غلظت فسفر در برگ زعفران در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین در تمامی سطوح ماده آلی غلظت فسفر کاهش معنی‌داری در شرایط تنش نسبت به آبیاری کامل نشان داد (جدول ۵). به‌عنوان مثال در شرایط تنش در تیمار عدم ماده آلی کاهش حدود ۶۱ درصدی غلظت فسفر برگ را نسبت به عدم تنش نشان داد. در شرایط تنش، بیشترین میزان غلظت فسفر با اختلاف معنی‌درای با دیگر تیمارها در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۰/۶۵۸درصد) مشاهده شد که حدود ۱۷۲ درصد افزایش نسبت به عدم استفاده از ماده آلی داشت. کمترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار عدم کاربرد ماده آلی (۰/۲۴۲) بود. در شرایط آبیاری کامل، تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد ماده آلی بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بیشترین میزان غلظت فسفر را دارا بودند. این دو تیمار، باعث افزایش حدود ۲۶ درصدی غلظت فسفر نسبت عدم استفاده از مواد آلی شدند که این نشان دهنده این موضوع است که ماده آلی در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم تنش تأثیر بیشتری بر افزایش میزان غلظت فسفر داشته است.

غلظت پتاسیم برگ

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) وبرهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۵) بر میزان غلظت پتاسیم تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴).

نتایج مقایسه نشان داد در اکثر تیمارها تنش خشکی باعث افزایش میزان غلظت پتاسیم شد به طوری که در تیمار عدم استفاده از ماده آلی افزایش ۳۸/۲۳ درصدی غلظت پتاسیم را در شرایط تنش نسبت به آبیاری کامل شاهد بودیم (جدول۵). با این وجود در تیمار۴۰ درصد ماده آلی، تنش خشکی منجر به کاهش حدود ۷ درصدی غلظت پتاسیم نسبت شرایط ابیاری مطلوب شد. در شرایط کمبود آب، افزایش ماده آلی سبب کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم شد. به طور مثال، تیمارهای ۲/۵، ۱۰ و ۴۰ درصد ماده آلی به‌ترتیب باعث کاهش ۰/۵، ۱۹ و ۴۰ درصدی میزان فسفر برگ نسبت به عدم استفاده از ماده آلی شدند. در شرایط عدم تنش، ماده آلی تأثیر معنی‌داری بر میزان غلظت پتاسیم نداشت. در شرایط تنش خشکی، کمترین میزان غلظت پتاسیم در تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۱/۱۳) دیده شدکه بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار ۲۰ درصد ماده آلی (۱/۲۶) با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین غلظت پتاسیم در شراط کم آبی در عدم استفاده از ماده آلی (۱/۸) و ۲/۵ درصد ماده آلی (۱/۸) با اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها بود.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تنش خشکی و ماده آلی بر غلظت و محتوای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ زعفران

Table 4 - Results of analysis of variance (mean squares) for the examined treatments on the concentration and content of N, P and K by saffron leaf

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	غلظت نیتروژن N concentration	غلظت فسفر P concentration	غلظت پتاسیم K concentration	میزان جذب نیتروژن N content	میزان جذب فسفر P content	میزان جذب پتاسیم K content
تنش Stress	1	38. 68**	0. 91**	1. 05**	25. 89^{ns}	649. 3**	241. 1**
ماده آلی OM	5	35. 13**	0. 06**	0. 18**	31213. 2**	139. 4**	170. 6**
تنش×ماده آلی Stress×OM	5	7. 55*	0. 0143**	0. 12*	1592. 5**	10. 78**	16. 02**
خطا Error	24	0. 22	0. 0005	0. 02	174. 4	0. 68	1. 50
ضریب تغییرات C. V. (%)		7. 65	4. 15	10. 33	12. 43	8. 53	5. 97

**: معنی‌داری در سطح ۱٪ *: معنی‌داری در سطح ۵٪ و ns: عدم معنی‌داری.

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

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و ماده آلی بر غلظت و محتوای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ زعفران

Table 5 - Comparison of the Mean Interaction between Drought Stress and Organic Matter on the concentration and content of N, P and K by saffron leaf

تنش Stress	ماده آلی OM (%)	غلظت نیتروژن N concentration (%)	غلظت فسفر P concentration (%)	غلظت پتاسیم K concentration (%)	میزان جذب نیتروژن N content (mg.plant^{-1})	میزان حذب فسفر P content (mg.plant^{-1})	میزان جذب پتاسیم K content (mg.plant^{-1})
عدم تنش Normal	0	3. 69d	0. 625c	1. 36a	47. 60c	8. 06d	17. 54cd
	2. 5	3. 97d	0. 631c	1. 18a	52. 40c	8. 32d	15. 57d
	5	4. 72c	0. 690b	1. 15a	78. 35c	11. 45c	19. 09c
	10	5. 36b	0. 724b	1. 19a	110. 95b	14. 98b	24. 63b
	20	6. 87a	0. 784a	1. 17a	173. 89a	20. 30a	30. 53a
	40	6. 74a	0. 787a	1. 21a	179. 31a	20. 46a	31. 21a
تنش Stress	0	4. 12c	0. 242d	1. 88a	29. 25e	1. 71e	13. 34c
	2. 5	4. 19c	0. 298c	1. 87a	28. 49e	2. 02e	12. 71c
	5	4. 35c	0. 295c	1. 65ab	48. 28d	3. 27d	18. 31b
	10	8. 57b	0. 412b	1. 52bc	107. 98c	5. 19c	19. 15b
	20	10. 98a	0. 426b	1. 26cd	185. 56b	7. 19b	21. 29a
	40	11. 58a	0. 658a	1. 13d	232. 76a	13. 22a	22. 71a

در هر ستون بر اساس روش برش دهی، میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each column based on slicing method, means with same letters are not significantly different according to Duncan test ($p< 0.05$).

میزان جذب نیتروژن (محتوای نیتروژن برگ)

تأثیر ماده آلی و برهمکنش ماده آلی با تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوای نیتروژن معنی‌دار بود. ولی تنش خشکی اثر معنی‌داری بر محتوای نیتروژن زعفران نداشت (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد افزایش ماده آلی در شرایط تنش باعث افزایش معنی‌دار محتوای نیتروژن برگ شد. به طوری که تیمارهای ۱۰، ۲۰ و۴۰ درصد ماده آلی باعث افزایش ۲۶۹، ۵۳۴ و ۶۹۵ درصدی نسبت به عدم استفاده از ماده آلی گردید. در شرایط عدم تنش نیز، استفاده از ماده آلی باعث افزایش محتوای نیتروژن گردید. به طور مثال، در افزایش ۵ و۲۰ درصد ماده آلی شاهد افزایش حدود۱۰ و ۲۶۵ درصدی محتوای نیتروژن بودیم. بیشترین محتوای نیتروژن در شرایط تنش آبی مربوط به تیمار ۴۰ درصد ماده آلی (۲۳۲/۷۶ میلی‌گرم در بوته) بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها دارا بود. در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین محتوای نیتروژن در استفاده از ۴۰ درصد ماده آلی بود و باعث افزایش ۲۷۶/۷ درصدی محتوای نیتروژن نسبت به شرایط عدم استفاده از ماده آلی گردید.

محتوای فسفر (میزان جذب فسفر)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، ماده آلی و برهمکنش آنها بر محتوای نیتروژن برگ گیاه زعفران در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی و ماده آلی نشان داد که در کلیه سطوح ماده آلی، اعمال تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار محتوای فسفر نسبت به شرایط عدم تنش شد (جدول ۵). به‌عنوان مثال، در تیمار عدم ماده آلی، تنش خشکی باعث کاهش حدود ۷۹ درصدی این شاخص نسبت به عدم تنش شد. محتوای فسفر برگ با افزایش ماده آلی در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب آبی افزایش یافته است به طوری که تیمار ۴۰ درصد ماده آلی افزایش ۸۳ درصدی نسبت به تیمار ۲۰ درصد ماده آلی داشت ولی در شرایط عدم تنش این مقدار ۰/۷۸ درصد مشاهده شد. بیشترین محتوای فسفر در شرایط تنش با اختلاف معنی‌دار با دیگر تیمارها مربوط به استفاده از ۴۰ درصد ماده آلی (۱۳/۲۲ میلی‌گرم در بوته) بود. به طوریکه این تیمار افزایش حدودا ۶۷۳ درصدی محتوای فسفر نسبت به عدم استفاده از ماده آلی را داشت. در شرایط تنش کمترین محتوای فسفر (۱/۷۱ میلی‌گرم در بوته) مربوط به عدم استفاده از مواد آلی بود. در شرایط آبیاری کامل بیشترین محتوای فسفر (۲۰/۴۶ و ۲۰/۳۰ میلی‌گرم در بوته) به‌ترتیب در تیمارهای ۴۰ و۲۰ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت.

محتوای پتاسیم (میزان جذب پتاسیم برگ)

این شاخص بطوزر معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی ($p\leq$۰/۰۱) ، ماده آلی ($p\leq$۰/۰۱) و برهمکنش آنها ($p\leq$۰/۰۱) قرار گرفت (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در تمامی سطوح ماده آلی، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار محتوای پتاسیم برگ شد. به طوری که در استفاده ۲/۵ درصد ماده آلی تنش خشکی باعث کاهش حدودا ۱۸ درصدی محتوای پتاسیم نسبت به شرایط عدم تنش گردید (جدول ۵). بیشترین محتوای پتاسیم در شرایط تنش آبی به‌ترتیب (۲۲/۲۹ و ۲۱/۷۱ میلی‌گرم در بوته) در تیمارهای ۴۰ و ۲۰ درصد ماده آلی بود. این سطوح به‌ترتیب باعث افزایش حدود۷۰ و ۶۲ درصدی محتوای پتاسیم نسبت به عدم استفاده از ماده آلی شدند. در شرایط عدم تنش آبی، بیشترین محتوای

پتاسیم در سطوح ۲۰ و۴۰ درصد ماده آلی (۳۰/۵۳ و ۳۱/۲۱ میلی‌گرم در بوته) مشاهده شد به طوری که این تیمارها باعث افزایش ۷۴ و ۷۷ درصدی محتوای پتاسیم نسبت به عدم استفاده از ماده آلی شدند.

جمع‌بندی

در مطالعه اخیر تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار طول برگ و وزن برگ گردید (جدول ۳). کمبود آب در گیاه موجب کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه برگ می‌گردد. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود شده و به همین دلیل مشهود ترین اثر کم آبی کوچک شدن اندام گیاه به ویژه طول برگ است (Abbaszadeh et al., 2008). کاهش طول برگ به دلیل بسته بودن روزنه‌های برگ در اثر کاهش پتانسیل آب محیط کشت در تنش خشکی اتفاق می‌افتد (Shao et al., 2008). مطالعه شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2018) نشان داد با افزایش تنش خشکی طول برگ و وزن برگ کاهش معنی‌داری یافت که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت داشت. همچنین مطالعات شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2020) و مزبری و همکاران (Mzabri et al., 2017) نتایج مشابهی در زعفران مشاهده کردند. افزایش ماده آلی خاک باعث افزایش طول و وزن برگ زعفران گردید. ماده آلی با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت نگهداری آب در خاک سبب افزایش طول و وزن برگ می‌شود (Baldantoni et al., 2010). امینی فرد (Aminifard et al., 2020) نیز درارزیابی اثر کمپوست بر میزان جذب برخی عناصر کم مصرف و ارتباط آن با شاخص‌های فیزیولوژیکی زعفران نتایج مشابهی یافت.

نتایج نشان داد که اکثر تیمارها تنش آبی باعث کاهش معنی‌دار وزن ریشه و وزن بنه گردیده ولی در تنش ۴۰ درصد ماده آلی شاهد افزایش وزن ریشه بود. کاهش جذب مواد غذایی از خاک به وسیله ریشه به طور مستقیم به دسترسی ریشه به آب بستگی دارد. کمبود آب باعث کاهش رشد ریشه‌ها و جذب مواد غذایی برای تولید و رشد اندام‌های هوایی می‌گردد (Arndt et al., 2001). در تنش‌های بسیار شدید خشکی، به دلیل عدم وجود رطوبت انتقال عناصرکافی در محیط ریشه، جوانه‌های رویشی فعال نشده و غذایی از بنه به جوانه‌ها نیز به دلیل عدم وجود آب میسر نمی‌باشد که در نتیجه وزن این بنه‌ها در مقایسه با شرایط رطوبتی مناسب کاهشی نخواهد داشت. در حالیکه در شرایط ظرفیت زراعی، شرایط انتقال مواد زایشی برای تولید اندام‌های رویشی و غذایی از بنه فراهم شده و در نتیجه امکان استفاده از ذخایر جدید، سرعت رشد بالاتری داشته و بنه اصلی فراهم می شود که این امر منجر به کاهش وزن بنه می‌گردد (Sabet et al., 2010). طی بررسی‌های صدیقی مشکاتی و همکاران (Sharifi et al., 2020) در تنش‌های شدید و افزایش مدت تنش گیاهان مکانیسم‌هایی برای سازگاری با تنش ایجاد می‌کنند این مکانیسم‌ها شامل کاهش نسبت شاخه به ریشه، اصلاح دیواره سلولی، تنظیم تعادل اسمزی، فعال کردن سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی و برنامه‌ریزی مجددفرآیند متابولیک است. این موارد ممکن است دلیل افزایش ریشه در تنش شدید شده باشد.

تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ریشه و وزن خشک کلاله در بوته در زعفران گردید. ماده آلی باعث افزایش تخلخل و ورد آب و هوا به خاک می‌شود. ماده آلی همچن راندمان مصرف کودهای شیمیایی را افزایش می‌دهد (Manochehri & Malkuti , 2001). همچنین مطالعات نشان داده که مواده آلی با عناصر تشکیل کمپلکس داده و از رسوب آنها جلو گیری می‌کنند (Karlsson & Persson, 2012). و همچنین عناصر ضروری موجود در کودهای آلی در سطوح کافی برای تکمیل چرخه رشد گیاهان مورد نیاز بوده و تأثیر مهمی بر بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی دارد (Chaudhry et al., 2005). طی بررسی گائو و همکاران (Gao et al., 2020) افزایش ماده

آلی خاک باعث افزایش محصول گوجه‌فرنگی شده است.

با توجه به نتایج بالا غلظت و میزان نیتروژن برگ در اثر افزایش ماده آلی افزایش قابل توجهی پیدا نمود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) بیان کردند مصرف مواد آلی مانند کود دامی نقش مؤثری در افزایش کارایی جذب و مصرف نیتروژن در زعفران دارد. به طور کلی، برتری کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی از نظر جذب نیتروژن و افزایش عملکرد میتواند ناشی از فراهمی متعادل‌تر عناصر غذایی در خاک بر حسب نیاز گیاه، افزایش سطح مواد آلی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز آبشویی کمتر عناصر غذایی در طی زمان باشد (Safadoust et al., 2007). تنش خشکی با کاهش فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با جذب نیتروژن سبب کاهش نیتروژن در گیاه می‌شود (Xia et al., 2020).همچنین نیترات سبب بهبود بخشیدن پیام دهی به روزنه‌ها و بسته‌شدن آنها می‌شود و می‌تواند به‌طور بالقوه اثر تنش خشکی بر فتوسیستم دو را تحت شرایط محدودیت رطوبت کاهش دهد (Huang et al., 2021).

همچنین، افزایش کود آلی سبب افزایش میزان و غلظت فسفر گردید (جدول ۴). با توجه به تحقیقات ملکوتی (Malkouti., 2011) کودهای آلی باعث پوشاندن ذرات رس شده و همچنین با تصحیح pH خاک از تثبیت فسفر در خاک جلوگیری می‌کنند. از طرفی، مصرف کودهای آلی باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک به ویژه در ریزوسفر شده که سبب افزایش حل شدن ترکیب‌های مختلف فسفر مانند فسفات‌های آهن، آلومنیوم و کلسیم و معدنی شدن ماده آلی شده و فراهمی عناصر از جمله فسفر را افزایش می‌دهد (Pinton et al, 2007). تنش خشکی از طریق کاهش انتقال عناصر از خاک به درون ریشه و آوندهای گیاه، محتوای عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dotaniya & Meena., 2015). همچنین کاهش میزان تعرق به دلیل تنش خشکی، سبب کاهش جذب عناصر غذایی و کارایی استفاده از آنها می‌گردد (Farooq et al., 2009). در مطالعه ای در خصوص تأثیر کودهای گاوی و مرغی و ترکیب آنها با کود شیمیایی بر روی سیب زمینی گزارش شد که میزان عنصر غذایی فسفر در غده و شاخ و برگ سیب زمینی تحت تأثیر تیمار کود گاوی بیشتر از دیگر تیمارها بود (Abou-Hussein., 2002).

با توجه به نتایج کود آلی برغلظت پتاسیم در شرایط تنش تأثیر منفی داشته و آن را کاهش داده است در صورتی میزان پتاسیم را افزایش داده است. به احتمال زیاد، افزایش پتاسیم در نتیجه استفاده از مواد آلی را می‌توان به بیشتر بودن غلظت پتاسیم در کود مورد استفاده، افزایش فراهمی پتاسیم در خاک، کاهش pH خاک و افزایش حل پذیری کانی‌های پتاسیم دار، معدنی شدن ماده آلی و آزادسازی پتاسیم نسبت داد (Mohammadi & Sohrabi., 2014). پتاسیم از جمله عناصری است که از طریق تنظیم اسمزی، کنترل حرکات برگ و تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها به بهبود توانایی گیاه در تحمل تنش خشکی کمک می‌کند، اما تنش خشکی موجب کاهش میزان جذب آن در گیاهان می‌شود (Wang et al., 2016) این کاهش به دلیل کاهش تحرک پتاسیم در خاک، کاهش سرعت تعرق، کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه و اختلال در فعالیت غشای ریشه است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی به طور قابل توجهی منجر به کاهش وزن تر گل، وزن خشک کلاله، طول برگ و سایر پارامترهای مربوط به بنه گیاه زعفران شد. با این‌حال، استفاده از ماده آلی به‌طور معنی‌داری اثرات منفی تنش خشکی را بر زعفران کاهش داد و پارامترهای عملکرد گل، کلاله و بنه زعفران و همچنین غلظت‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ‌ها و کارایی مصرف آب را بهبود بخشید.

یافته‌های این تحقیق تأیید می‌کند که افزودن ماده آلی به کشت زعفران در گلدان می‌تواند استراتژی مؤثری برای بهبود مقاومت گیاه در شرایط خشکی باشد. برای کاربرد این نتایج در مزرعه، توصیه می‌شود این آزمایش در مقیاس مزرعه‌ای نیز اجرا شود.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره طرح UTH:1403/06/10-237 از محل اعتبارات معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربت‌حیدریه می‌باشد، که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Abbaszadeh, B., Sharifi Ashourabadi, E., Lebaschi, M., Naderi hajibagher Kandy, M., & Moghadami, F. (2008). The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants Research*, *23* (4), 504-513. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22092/ijmapr.2008.10090Abouesh aghi, R. S., Omidi, H., & Bostani, A., (2023). Assessment of changes in secondary metabolites and growth of saffron under organic fertilizers and drought. *Journal of Plant Nutrition*, *46* (3), 386-400. https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2068439

Abou-Hussein, S. D., El-Shorbagy, T., & Abou-Hadid, A. F. (2002). Effect of cattle and chicken manure with or without mineral fertilizers on tuber quality and yield of potato crops. In International Symposium on The Horizons of Using Organic Matter and Substrates in Horticulture, April 2002, 608 (pp. 95-100).

Ahmadian, A., Ghanbari, A., & Golvi, M. (2009). The interaction effect of water stress and animal manure on yield components, essential oil and chemical composition of Cuminum cyminum. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *40*, 26-37. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.5897/AJAR10.989

Aminifard, M. H., Asgarian, M., Khayyat, M., & Jahani, M.. (2022). Effect of different levels of vermicompost and copper sulfate on morphological characteristics, yield, and yield components of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agroecology*, *14*, 115-132. (In Persian with English abstract) doi: 10.22067/agry.2021.20304.0

Arndt, S. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G., & Popp, M. (2001). Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress. *Tree Physiology*, *21* (11), 705-715.

Askary, M., Parsa, S., Behdani, M. A., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmoodi, S. (2023). Evaluation of quantitative yield of two thyme species affected as different levels of drought stress and the manure application. *Journal of Medicinal Plants & By-product*, *12* (1), 11-27. https://doi.org/10.22092/jmpb.2021.352601.1293.

Baldantoni, D., Leone, A., Iovieno, P., Morra, L., Zaccardelli, M., & Alfani, A. (2010). Total and available soil trace element concentrations in two Mediterranean agricultural systems treated with municipal waste compost or conventional mineral fertilizers. *Chemosphere*, *80* (9), 1006-1013.

Bhatt, R. M., & Rao, N. S., (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian Journal of Plant Physiology*, *10* (1), 54.

Chaudhry, Q., Blom-Zandstra, M., Gupta, S. K.,

& Joner, E. (2005). Utilising the synergy between plants and rhizosphere microorganisms to enhance breakdown of organic pollutants in the environment (15 pp). *Environmental Science & Pollution Research*, *12*, 34-48.

Dabaghian, Z., Rahimpour, A., & Jahanshahi, M. (2016). Highly porous cellulosic nanocomposite membranes with enhanced performance for forward osmosis desalination. *Desalination*, *381*, 117-125.

Dotaniya, M. L., & Meena, V. D. (2015). Rhizosphere effect on nutrient availability in soil and its uptake by plants: a review. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 85, 1-12.

Dourandish, A., Ramezani, M., & Aminizadeh, M. (2019). Investigation of the effective factors on use of chemical fertilizers in saffron farms (case study: Gonabad county). *Saffron Agronomy & Technology*, *7* (3), 359-376. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22048/jsat.2018.120688.1289

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M., (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable Agriculture*, *29*, 185–212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021

Fatahi Ghazi, S., Mir Mahmoodi, T., & Hamze, H. (2023). The effect of vermicompost, humic acid, and manure on yield, biochemical characteristics, and enzymatic activities in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) under water deficit conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54 (4), 61-78. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.356803.654991

Fathi, S., Samadi, A., Davari, M., & Asadi Kapourchal, S. (2014). Evaluating different extractants for determining corn available potassium in some calcareous soils of Kurdistan province. *Cereal Research*, *4* (3), 253-266. (In Persian with English abstract)

Gao, F., Li, H., Mu, X., Gao, H., Zhang, Y., Li, R., ... & Ye, L. (2023). Effects of organic fertilizer application on tomato yield and quality: a meta-analysis. *Applied Sciences*, *13* (4), 2184. https://doi.org/10.3390/app13042184

Gavili, E., Moosavi, A. A., & Moradi Choghamarani, F. (2018). Cattle manure biochar potential for ameliorating soil physical characteristics and spinach response under drought. *Archives of Agronomy & Soil Science*, *64* (12), 1714-1727. https://doi.org/10.1080/03650340.2018.1453925.

Hemmati Hassan Gavyar, P., Amiri, H., Arnao, S., & Bahramikia, S. (2022). Morphophysiological and Biochemical Responses of Crocus sativus During the Interaction of Melatonin and Drought Stress. *Journal of Plant Biological Sciences*, *14* (2), 91-108. https://doi.org/10.22108/ijpb.2023.138544.1329

Huang, D., Yang, P., Tang, X., Luo, L., & Sunden, B. (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products. *Trends in Food Science & Technology*, *110*, 765-777.

Jones, J. B. (2001). Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press.

Karlsson, T., & Persson, P. (2012). Complexes with aquatic organic matter suppress hydrolysis and precipitation of Fe (III). *Chemical Geology*, *322*, 19-27.

Khadem, S. A., Ramroudi, M., Galavi, M., & Rousta, M. J. (2011). The effect of drought stress and different rates of animal manure

with super absorbent polymer on grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42, 115- 123. (In Persian with English abstract).https://doi.org/20.1001.1.20084811.1390.42.1.12.8

Koocheki, A. R., Jahani, M., Tabrizi, L., & Mohammadabadi, A.A. (2011). Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). *Water & Soil*, *25* (1). https://doi.org/20.1001.1.20084757.1390.25.1.19.4

Lu, Y., Zhang, X., Chen, S., Shao, L., & Sun, H. (2016). Changes in water use efficiency and water footprint in grain production over the past 35 years: a case study in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production*, *116*, 71-79.

Malkuti, M.J. (1389). The relationship between optimal use of fertilizer and the production of healthy agricultural products. *Crop Ecophysiology* (Agricultural Sciences), *4*(16), 133-151. (In Persian with English abstract). https://sid.ir/paper/182555/fa

Manochehri S., Malkuti M.J. (2001) The effect of the type and amounts of potassium fertilizers on growth indicators, concentration of mineral elements and fruit quality in apple trees. *Soil & Water Sciences*, *15* (2), 167-179. (In Persian with English abstract). https://sid.ir/paper/422647/fa

Mohammadi, K., & Sohrabi, Y. (2014). Effects of integrated methods of fertilization on soil nitrogen, phosphorus, biological properties, and canola traits. *Iranian Journal of Soil Research*, *28* (1), 27-38. (In Persian with English abstract).

https://doi.org/10.22092/ijsr.2014.120116Mzabri, I., Legsayer, M., Aliyat, F., Maldani, M., Kouddane, N. E., Boukroute, A., & Berrichi, A. (2017). Effect of drought stress on the growth and development of saffron (*Crocus Sativus* L.) in Eastern Morocco. *Atlas Journal of Biology*, 364-370.

Noori, A. M., Banejad, H., & Karimi Ferezgh, M. (2022). The effect of irrigation different methods under the deficit-irrigation conditions on characteristics of replacement corm and photosynthesis level of saffron (*Crocus sativus* L.). *Water Management in Agriculture*, *8* (2), 15-26. https://doi.org/20.1001.1.24764531.1400.8.2.2.8

Osmani Roudi, H. R., Masoumi, A., Hamidi, H., & Razavi, S. A. (2015). Effects of first irrigation date and organic fertilizer treatments on Saffron (*Crocus sativus* L.) yield under Khaf climatic conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, 3 (1), 33-25. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2015.9609Pinton, R., Varanini, Z., & Nannipieri, P. (2007). The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. CRC Press.

Rostami, H., Dahmardeh, M., Golavi, M., Ramaroudi, M., & Naroui Rad, M. R. (2022). The quantitative and qualitative characteristics of melon fruit under drought stress condition by using manure and bentonite. *Journal of Agricultural Science & Sustainable Production*, *32* (3), 305-318. https://doi.org/10.22034/saps.2021.47494.2722

Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., & Orooji, K. (2010). Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse conditions. *Journal of Agroecology*, *2* (2), 323-334. (In Persian with English abstract)

Safadoust, A., Mosaddeghi, M. R., Mahboubi, A. A., Nouroozi, A., & Asadian, G. H. (2007).

Short-term tillage and manure influences on soil structural properties. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *11* (41), 91-101.

Shafiei-Masouleh, S. S., & Khankahdani, H. H. (2023). *Crocus sativus* and stressful conditions. In Medicinal Plant Responses to Stressful Conditions (pp. 131-150). CRC Press.

Shah, M. N., Wright, D. L., Hussain, S., Koutroubas, S. D., Seepaul, R., George, S., Ali, S., Naveed, M., Khan, M., Altaf, M. T., & Ghaffor, K. (2023). Organic fertilizer sources improve the yield and quality attributes of maize (*Zea mays* L.) hybrids by improving soil properties and nutrient uptake under drought stress. *Journal of King Saud University-Science*, *35* (4), 102570. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102570

Sharifi G, Niknam V, Sedighi F, Seifi Kalhor M. (2020). Investigation of GABA effect on drought stress tolerance improvement in cultivated saffron (*Crocus sativus* L.). *Plant Process & Function, 9* (39), 29-50. . (In Persian with English abstract).
http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1359-fa.html

Sharifi, G. A., Niknam, Siddiqi, and Seifi Kalhor. (2018) .Comparative study of drought stress and salicylic acid effects on different accessions of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 31(3), 483-498. . (In Persian with English abstract).
https://doi.org/20.1001.1.23832592.1397.31.3.1.1

Shohani, F., Fazeli, A., & Hosseini, S. (2022). The effects of using salicylic acid and silicon on some physiological and anatomical indices in two ecotypes of *Scrophularia striata* L. medicinal plant under drought stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, *14* (2), 33-54.

Waling, I., Vark, W. V., Houba, V. J. G., & Vanderlee, J. J. (1989). Soil and Plant Analysis, A series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. *Wageningen Agriculture University*, Netherlands. 168p.

Wang, Y., Xu, Y., Lei, C., Li, G., Han, L., Song, S., & Deng, X. (2016). Spatio-temporal characteristics of precipitation and dryness/wetness in Yangtze River Delta, eastern China, during 1960–2012. *Atmospheric Research*, *172*, 196-205.

Xia, E., Tong, W., Hou, Y., An, Y., Chen, L., Wu, Q., & Wan, X. (2020). The reference genome of tea plant and resequencing of 81 diverse accessions provide insights into its genome evolution and adaptation. *Molecular Plant*, *13* (7), 1013-1026.

Zabihi, H., & Pesbin, M. (2020). Necessity of iron and zinc foliar application and increase of soil organic matter in pomegranate nutrition management in Razavi Khorasan province. *Journal of Cleaner Production*, *234*, 392-399. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.129

Zakai Khosrowshahi, M., & Parvizi, K. (2024). The effect of low irrigation on quantitative and qualitative yield and efficiency of water consumption of Turkmen grapes 4. *Water & Soil*, *38* (1), 37-49. https://doi.org/10.22067/jsw.2024. 86374.1369

Ziaei, S. M., Feizi, H., Khashei, A., & Sahabi, H. (2024). Investigating the effect of corm priming of saffron (*Crocus sativus* L.) on some physiological characteristics and daughter corm under drought stress conditions. *Saffron Agronomy & Technology*, *12* (1), (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2024.436406.1519.