Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.11, No.1, Spring & Summer, 2023
p. 48-65
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.5903.1203

University of Birjand

Original Article

Effects of Mycorrhiza Inoculation, Mother Corm Weight and Humic Acid on Daughter Corm and Flower Yield of saffron

Ali Reza Nouri[1], Ali Reza Koocheki[2*], Mahdi Nassiri Mahallati[3], Soroor Khorramdel[4]
1- MSc Student in Agroecolology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2 & 3- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
4- Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
*Corresponding author: *akooch@um.ac.ir*

Received 17 December 2022; Accepted 22 May 2023

Extended Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus* L.) is a plant that propagates vegetatively by means of a corm formation. During each growing season, saffron propagates by daughter corms produced from the mother corm. The daughter corms are formed above the mother corm. The mature and bigger corms in the previous studies have shown more flowers and daughter corms. In sustainable agriculture the uptake of different nutrients such as N, P, S, Ca, Cu, Zn, Fe and crop yield is strongly influenced by organic fertilizers, microbial symbionts, such as mycorrhizal fungi, and nitrogen fixing rhizobacteria. Mycorrhiza is particularly important due to its ability to improve the uptake of inorganic P, by the activity of secreted phosphatases and organic compounds. Another advantage conferred by AMF is enhancing plant resistance to several biotic and abiotic stresses including drought, salinity, nutrient deficiency, and toxic metal deposition. Also, the application of organic fertilizer can improve soil fertility, reduce soil-borne diseases, and enhance microbial flora structure. Humic acid is a kind of organic matter produced and accumulated by animal and crop remains through decomposition and transformation of microorganisms with a series of geochemistry processes. This study aimed to investigate the impacts of mycorrhiza inoculation, mother corm weight and humic acid on the daughter corm and flower yield of saffron.

Materials and Methods: This field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during the years 2019-2020. Treatments were three mother corm sizes ((such as <4 g (as small corms), 4.1-8 g (as medium corms) and 8.1-12 g (as large corms)), inoculation with three species of mycorrhizal fungi (*Glomus etunicatum*, *G. mosseae* and *G. intraradices* and triple combinations of these species fungi and control (without inoculation)), and two rates of humic acid (with and without humic acid (as control)). Studied traits were flower numbers per unit area, fresh weight of flower, dried weight of flower, fresh weight of

stigma, dried weight of stigma, fresh weight of stamen, dried weight of stamen, number of daughter corms and dried weight of daughter corms.

Results and Discussion: The results showed that the highest rate of large mother corms (8.1-12 g) was observed in large corms + *G. intraradices*+humic acid with 109 $g.m^{-2}$. Also, the maximum weight of medium daughter corms (4.1-8 g) was achieved in large mother corms + *G. intraradices*+ humic acid with 63 $g.m^{-2}$. The highest numbers of daughter corms were related to triple combinations of mycorrhizal fungi+ large mother corms+ humic acid with 67 corms per m^{-2}. The highest flower numbers (67 flowers per m^{-2}), dried weight of stamen (2.79 $g.m^{-2}$), dried weight of stamen (0.28 $g.m^{-2}$), were recorded for triple combinations of mycorrhizal fungi+ large mother corms+ humic acid.

Conclusion: The results showed that the improvement of saffron management (such as selecting bigger and higher quality corm, fertilization, appropriate density, etc.) is the best way to increase the saffron yield. Humic acid recognized as a possible tool in facing environmental problems especially conventional management. Many of their positive effects on soil and plant growth have been demonstrated to rely on their chemical composition. Also, the effect of mycorrhiza symbiosis on a particular plant species meaning that not all AMF fungi nor strains of the same species will have an identical impact on a particular plant species. Therefore, mycorrhiza is of great importance to assure the presence of beneficial symbionts that are adapted to a given soil and climate or if inoculation is planned, to select the most effective partners. Generally, the results revealed that the large mother corms had high correlation with daughter corm yield, flower yield and stigma yield of saffron. Also, humic acid application and inoculation with mycorrhiza species were improved flower yield and daughter corm yield of saffron.

Conflict of Interest : Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgement: This research was funded by the vice president for research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Daughter corm yield, Mycorrhizal inoculation, Number of daughter corms, Dried weight of stigma.

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد یازدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲
شماره صفحه: ۶۵-۴۸
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2023.5903.1203

مقاله پژوهشی

اثر تلقیح با میکوریزا، وزن بنه مادری و هیومیک اسید بر عملکرد گل و بنه زعفران

علیرضا نوری[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۳] و سرور خرم دل[۴]
۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲ و ۳- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۴- دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: akooch@um.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تلقیح با میکوریزا، هیومیک‌اسید و وزن بنه مادری بر خصوصیات بنه‌های دختری و عملکرد گل زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه وزن بنه مادری (۴≤ گرم (کوچک)، ۸-۴/۱ گرم (متوسط) و ۱۲-۸/۱گرم (درشت))، تلقیح با سه گونه قارچ میکوریزا (*Glomus etunicatum* و *G. mosseae* و *G. intraradices* و ترکیب سه‌گانه و شاهد (عدم تلقیح)) و دو سطح هیومیک‌اسید (با و بدون استفاده) بودند. صفات مورد مطالعه شامل تعداد گل در واحد سطح، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک کلاله، وزن تر و خشک پرچم و تعداد و وزن بنه‌های دختری بود. نتایج نشان داد که بیشترین وزن بنه‌های دختری درشت (۱۲-۸/۱ گرم) در تیمار وزن بنه مادری بزرگ+ تلقیح با گونه *G. intraradices*+ مصرف هیومیک‌اسید با ۱۰۹ گرم در متر مربع حاصل شد. همچنین بیشترین وزن بنه‌های دختری متوسط (۸-۴/۱ گرم) در تیمار وزن بنه مادری درشت+ تلقیح با گونه *G. intraradices*+ مصرف هیومیک‌اسید با ۶۳ گرم در متر مربع به‌دست آمد. بیشترین تعداد بنه دختری در واحد سطح از ترکیب سه‌گانه قارچ+ بنه‌های مادری درشت و مصرف هیومیک-اسید برابر با ۶۷ عدد در متر مربع حاصل شد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاشت بنه‌های مادری درشت، همبستگی بالایی با عملکرد بنه‌های دختری، گل و کلاله زعفران داشت. همچنین کاربرد هیومیک‌اسید و تلقیح با گونه‌های میکوریزا بهبود عملکرد گل و بنه‌های دختری را موجب شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد بنه‌های دختری، تلقیح میکوریزایی، عملکرد بنه‌های دختری، وزن خشک کلاله.

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. یکی از گران-ترین محصولات کشاورزی است و به آن «طلای سرخ» گفته می‌شود (Leone et al., 2018). این گیاه از نظر اکولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیولوژیکی با دیگر گیاهان زراعی متفاوت است. زعفران تنها گیاهی است که کلاله آن به‌عنوان بخش اقتصادی مطرح می‌باشد (Cardone et al., 2020). این گیاه دارای آشیانه اکولوژیکی متفاوتی نسبت به سایر گیاهان بوده و اغلب عملیات زراعی که بر روی آن انجام می‌شود، در تداخل با سایر گیاهان قرار نمی‌گیرد (Shokrpour, 2019). بر طبق آخرین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی (Ministry of Agriculture-Jihad, 2020) سطح زیرکشت و میزان تولید زعفران در سال ۱۳۹۸ به ترتیب ۱۱۷۰۰۰ هکتار و ۴۳۹ تن و میانگین عملکرد آن چهار کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. میزان عملکرد این محصول در ایران در مقایسه با سایر کشورهای تولیدکننده پایین است (Koocheki et al., 2011). متوسط عملکرد کلاله زعفران در ایران در سال اول کشت ۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار و سال دوم ۱/۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Behdani et al., 2008). در کشور اسپانیا به عنوان دومین کشور تولید کننده زعفران، میزان عملکرد در سال اول کشت برابر با ۶-۴ و در سال دوم برابر با ۱۲-۱۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Koocheki, 2013). همچنین متوسط عملکرد زعفران در اسپانیا برابر با ۶/۵ کیلوگرم در هکتار و در کشورهای ایتالیا و یونان میانگین عملکرد این گیاه زراعی به ترتیب ۸/۴ و ۵ کیلوگرم در هر هکتار گزارش شده است (Koocheki, 2013). از این‌رو، بررسی مسائل زراعی جهت بهبود کیفیت و افزایش عملکرد زعفران بسیار مهم است و برای افزایش تولید و صادرات این محصول باید در مناطق مختلف تولید زعفران روش‌های مدرن جایگزین روش‌های سنتی شود تا محصول از کمیت و کیفیت بالاتری برخوردار شود. از جمله مهم‌ترین عوامل موثر در بهبود کمیت و کیفیت بنه و گل زعفران می‌توان به عوامل اقلیمی، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری، انبارداری، تاریخ کشت، مقدار بنه کشت شده در هکتار در سال اول، عمق کاشت، وزن بنه مادری و مدیریت تغذیه اشاره نمود (Cardone et al., 2020; Ghanbari et al., 2019). وزن بنه مادری از جمله مهم‌ترین شاخص‌های زراعی موثر در انتخاب بنه‌های با کیفیت جهت کشت گیاه زعفران می‌باشد (Gresta et al., 2008).

با تحلیل بنه مادری در طی فصل رشد، بنه‌های دختری جدید تشکیل می‌شود و این بنه‌ها باعث شکل‌گیری رشد زایشی و عملکرد در فصل رشد بعدی می‌شوند (Moallem Banhangi et al., 2021). عدم نهاده‌پذیری زعفران -بویژه نهاده‌های شیمیایی- و اتکا به مصرف نهاده‌های آلی و بیولوژیک در کشت آن باعث شده است تا روش‌های جدید تغذیه غیر شیمیایی بیشتر مد نظر قرار گیرد (Koocheki, 2013; Lahmass et al., 2018; Chichiriccò et al., 2019). یکی از این روش-ها، استفاده از محرک‌های زیستی است. استفاده از این محرک‌ها می‌تواند ظرفیت نگهداری آب و جذب عناصر غذایی را افزایش دهد (Caser et al., 2019).

با توجه به اهمیت عنصر فسفر برای کلیه فرآیندهای حیاتی گیاه از جمله رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای، تقسیم سلولی و همچنین تأثیر مستقیم این عنصر در ساختمان اسیدهای آمینه و تکمیل ذخایر بنه‌های زعفران، مصرف این عنصر غذایی ضروری، رشد و عملکرد این گیاه را نیز افزایش می‌دهد. کمبود این عنصر غذایی در خاک معمولاً با کاربرد کودهای شیمیایی جبران می‌شود که کودهای شیمیایی اثرات منفی بر روی محیط زیست و کیفیت خاک داشته و کیفیت محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهند. تلقیح با قارچ‌های میکوریزا علاوه بر کاهش کاربرد فسفر با منبع شیمیایی، موجب بهبود عملکرد گیاه می‌شود (Tedersoo et al., 2020). میکوریزا با گیاهان زراعی همزیستی ایجاد کرده و سبب بهبود جذب برخی عناصر غذایی مهم به‌ویژه فسفر و در نتیجه افزایش رشد می‌شود (Shi et al., 2021).

علاوه بر آن، استفاده از مواد آلی بهبود دهنده رشد آلی از جمله هیومیک اسید از یک سو باعث عدم آلودگی محیط زیست می‌شود و از سویی، افزایش پایداری سیستم‌های زراعی از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی را به‌دنبال دارد. استفاده از هیومیک اسید، می‌تواند نقش مثبتی در بهبود خصوصیات فیزیولوژیک گیاه ایفا کند (Aghhavani Shajari et al., 2018). کاربرد هیومیک اسید سبب بهبود زهکشی و تهویه خاک شده و با تحریک فعالیت میکروارگانیزم‌ها، سبب بالارفتن عملکرد و رشد گیاه و همچنین کاهش مصرف کودهای

دیگر می‌شود (Li et al., 2019). بر این اساس و با توجه به اهمیت تولید پایدار زعفران در استان خراسان و نیز ضرورت ارائه راهکارهای زراعی مطلوب و سازگار با محیط زیست، این مطالعه با هدف بررسی اثر وزن بنه مادری تلقیح با قارچ میکوریزا و کاربرد هیومیک‌اسید بر رشد و عملکرد گل و بنه‌های دختری در زعفران طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه فاکتور در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، به اجرا درآمد. سه وزن بنه مادری (۴≤ گرم (کوچک)، ۴/۱ تا ۸ گرم (متوسط) و ۸/۱ تا ۱۲گرم (درشت))، تلقیح با سه گونه میکوریزا (*Glumus etunicatum* و *G. mosseae* و *G. intraradices* و ترکیبی از این سه گونه و شاهد (عدم تلقیح)) و دو سطح کود آلی هیومیکی (با و بدون استفاده از هیومیک اسید) بودند. قبل از انجام آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک توسط آگر به صورت تصادفی نمونه-برداری انجام شد که خصوصیات آن در جدول ۱ ذکر گردیده است.

به منظور انجام عملیات آماده‌سازی زمین در اواخر فصل تابستان ۱۳۹۸ و تهیه بستر کاشت، از شخم برگردان استفاده شد. سپس جهت خرد کردن کلوخه‌ها دو بار دیسک در جهت عمود برهم زده و به دنبال آن تسطیح با لولر انجام شد. پس از تسطیح زمین به وسیله لولر، کرت‌هایی به ابعاد ۱/۷×۱/۲ متر، ایجاد شد. بین هر کرت پشته‌هایی با عرض ۵۰ سانتی‌متر و بین بلوک‌ها یک متر فاصله در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت در نیمه اول شهریورماه ۱۳۹۸ انجام شد. بنه‌های مورد استفاده جهت کاشت از مزرعه‌ای چهار ساله تهیه شدند. قبل از کاشت، نمونه‌ای ۳۰ کیلوگرمی از بنه‌ها جدا شده و بر اساس وزن تفکیک شدند. مشخصات وزنی بنه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. تلقیح بنه‌ها به روش استاندارد و نیز با رعایت توصیه‌های شرکت‌های تولیدکننده، بلافاصله قبل از کشت انجام شد. جهت چسباندن پودر میکوریزا به بنه‌ها، در تیمارهای کاربرد هیومیک مایع، از هیومیک و در تیمارهای بدون کاربرد هیومیک، از آب استفاده شد. پنج لیتر هیومیک جهت تلقیح ۱۰۰ کیلو بنه مادری استفاده شد. همچنین قبل از کشت، فلس انتهایی بنه‌ها به منظور جذب بهتر آب و تسهیل در رویش حذف شد. درهر کرت، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر، عمق کاشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌های کاشت بر اساس تراکم ۱۵۰ بنه در متر مربع تنظیم شد (Koocheki et al., 2018).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر).

Table 1. Physical and chemical properties of soil (0-30 cm depth).

بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی Loam	2.04	0.78	0.08	30	310	7.72

جدول ۲. گروه‌بندی بنه‌های مادری بر اساس وزن.

Table 2. Grouping of mother corms based on their weights.

گروه‌های وزنی (گرم) Weight groups (g)	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14
درصد گروه‌های وزنی Weight groups (%)	40	15	15	10	10	10

در طول آزمایش از هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی استفاده نشد و کنترل علف‌های هرز در زمان مورد نیاز به صورت دستی انجام شد. آبیاری مزرعه مطابق با عرف منطقه و الگوبرداری از کشاورزان طی شش نوبت به صورت اولین آبیاری در اواخر شهریور، دومین آبیاری (بسار آب) در اواسط مهر، سومین آبیاری (زاچ آب) در اواسط آبان، چهارمین آبیاری (آبیاری زمستانه) در اواسط آذر، پنجمین آبیاری (کوش آب) در اواسط دی و آخرین آبیاری (زرد آب) در اواسط اردیبهشت ماه انجام شد.

لازم به ذکر است جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، انتهای‌کرت‌ها به طور کامل بسته و آبیاری به طور کاملاً جداگانه انجام گردید. عملیات سله‌شکنی بعد از گاو رو شدن زمین با هدف تسهیل در خروج گل‌ها انجام پذیرفت. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی در دو نوبت بهمن ماه و فروردین ماه انجام شد.

گل‌های زعفران در ۲۰ مهرماه ظاهر شدند. گل‌دهی به مدت یک ماه به طول انجامید و در طی این مدت به فاصله یک روز در میان برداشت گل‌ها انجام شد. در زمان گلدهی، کوادراتی به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی و سیستماتیک مستقر و اجزای عملکرد گل در این کوادرات‌ها تعیین شد. جهت تعیین اجزای عملکرد، تعداد گل‌ها در واحد سطح شمارش و وزن تر گل، وزن خشک کلاله، و وزن خشک پرچم توسط ترازوی دیجیتال مدل AND بادقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد.

به منظور تعیین عملکرد بنه‌های دختری در پایان رشد رویشی در اوایل بهار ۱۳۹۹ و پس از زرد شدن برگ‌ها و همزمان با رسیدگی بوته‌ها (در اواسط اردیبهشت)، از سطحی معادل ۳۰×۳۰ سانتی‌متر بنه‌ها برداشت و پس از شمارش تعداد بنه‌های دختری میانگین وزن خشک آن‌ها تعیین شد. بنه‌های دختری به سه گروه کوچک (۴≤)، متوسط (۴/۱ تا ۸ گرم) و درشت (۸/۱ تا ۱۲گرم) تقسیم شدند و در هر گروه وزنی تعداد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری و تعیین شد.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار Minitab 17 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عامل وزن بنه مادری و تلقیح با میکوریزا بر تمام صفات مربوط به گل و وزن بنه‌های دختری زعفران تأثیر معنی‌داری داشت، ولی اثر اصلی استفاده از هیومیک اسید تنها بر صفات مربوط به گل زعفران معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا و هیومیک اسید و همچنین اثر دوگانه میکوریزا و هیومیک اسید بر هیچ یک از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۳).

بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد گل در تیمار وزن بنه مادری ۱۲-۸/۱ گرم مشاهده شد؛ به طوری‌که در این تیمار تعداد گل (۴۸/۳ در مترمربع)، وزن تر گل (۱۰/۵ گرم در مترمربع)، وزن خشک کلاله (۰/۱۴۶ گرم در مترمربع) و وزن خشک پرچم (۰/۱۸ گرم در مترمربع) نسبت به سایر وزن‌های بنه مادری به طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۴).

در این‌راستا، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) در پژوهشی بیان داشتند که عملکرد تر گل در هکتار در بنه‌های مادری درشت به مراتب بیشتر از بنه‌های ریز بود؛ به طوری‌که میانگین این صفت در تیمار مذکور در طی دو سال آزمایش، ۱۳۳ درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود. صحابی و همکاران (Sahabi et al., 2018) نیز نشان دادند که با افزایش وزن بنه مادری، تعداد گل بطور معنی‌داری افزایش یافت. این پژوهشگران بیان داشتند که اندوخته غذایی بیشتر و رشد سریعتر ریشه‌ها در بنه‌های درشت، به استقرار بهتر گیاه کمک زیادی می‌کند و همین امر افزایش تعداد گل را در پی‌دارد. با توجه به نتایج، مشخص است که بنه‌های مادری درشت‌تر به دلیل دارابودن مواد ذخیره‌ای و غذایی بالاتر، نقش زیادی در بهبود خصوصیات گلدهی زعفران داشته و در نتیجه موجب افزایش تعداد و وزن گل و در نهایت، وزن کلاله شده است.

در این‌رابطه، معین‌راد و همکاران (Moein Rad et al., 2020) و حسن‌زاده اول و همکاران (Hassanzadeh Aval et al., 2013) نیز نتایج مشابهی را گزارش دادند. دخوآن و همکاران (De Juan et al., 2009) نیز معتقدند که کاشت بنه‌های مادری دارای وزن مناسب، سبب بهبود رشد مجدد و عملکرد زعفران خواهند شد که دلیل عمده آن وجود ذخایر بیشتر در این بنه‌هاست.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا و هیومیک اسید بر ویژگی‌های گل زعفران.

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of mother corm weight, mycorrhiza inoculation and humic acid on flower characteristics of saffron.

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن خشک کلاله Dried weight of stigma	وزن خشک پرچم Dried weight of stamen
تکرار Block	2	1072.62	53.40	0.0078	0.0238
وزن بنه مادری Mother corm weight (W)	2	8316.62**	380.30**	0.0859**	0.1146**
میکوریزا Mycorrhiza (M)	4	1212.63**	61.150**	0.0177**	0.0197**
هیومیک اسید Humic Acid (H)	1	1823.31**	67.652**	0.0169**	0.0251**
W x M	8	373.19**	16.068**	0.0041**	0.0075**
W x H	2	372.28**	18.422*	0.002ns	0.0154**
M× H	4	61.15ns	11.585ns	0.001ns	0.0033ns
W × M × H	8	52.66ns	6.528ns	0.0009ns	0.0015ns
خطا Error	58	49.73	4.570	0.0008	0.0012

ns، *، **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Ns: Non significant and * and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر ساده وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا و هیومیک اسید بر ویژگی‌های گل زعفران.

Table 4. Mean comparisons for the effects of mother corm weight, mycorrhiza inoculation and humic acid on flower characteristics of saffron.

تیمار Treatment	تعداد گل در متر مربع Flower numbers per m^2	وزن تر گل Fresh weight of flower ($g.m^2$)	وزن خشک کلاله Dried weight of stigma ($g.m^2$)	وزن خشک پرچم Dried weight of stamen ($g.m^2$)	میانگین وزن بنه‌های دختری Average of daughter corm weight (g)
وزن بنه مادری (گرم) Weight of mother corm (g)					
≤4	15.13c*	3.43c	0.040c	0.067c	4.20b
4.1-8	33.70b	7.57b	0.105b	0.12b	4.04b
8.1-12	48.35a	10.51a	0.146a	0.18a	5.26a
میکوریزا Mycorrhiza					
G. etunicatum	25.79c	5.48d	0.078c	0.092c	5.87a
G. mosseae	31.67b	7.43b	0.104b	0.12b	4.47b
G. intraradices	34.49b	7.01bc	0.090bc	0.11b	4.82b
ترکیب سه‌گانه Triple combination	45.19a	10.13a	0.147a	0.18a	3.31c
شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	24.83c	5.81cd	0.077c	0.11bc	4.03bc
هیومیک اسید Humic acid					
با مصرف Use	36.90a	8.04a	0.111a	1.14a	5.06a
بدون مصرف Non-use	27.90b	6.30b	0.0839b	0.11b	3.94b

*میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

*Means with different letter (s) in each column and for each component have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

وجود ارتباط مستقیم بین اندازه بنه مادری با اجزای عملکرد گل زعفران توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Kumar, 2009; Gresta, 2008).

تلقیح با سه گونه قارچ بیشترین تعداد گل (۴۵/۲ گل در مترمربع)، وزن تر گل (۱۰/۱۳ گرم در مترمربع) و وزن خشک کلاله و پرچم (به ترتیب ۰/۱۴۷ و ۰/۱۸ گرم در مترمربع) را در پی‌داشت. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که در گیاه زعفران، تلقیح با میکوریزا سبب تغییرات فیزیولوژی و هورمونی شده و تولید متابولیت‌های ثانویه، میزان و زمان گلدهی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (D'Agostino et al., 2009). میکوریزا همچنین می‌تواند رشد گیاهان را از طریق گسترش ریشه‌ها و جذب بیشتر آب توسط هیف‌های خارجی، تنظیم روزنه‌ها از طریق سیگنال‌های هورمونی، بهبود تغذیه فسفات و تنظیم اسمزی بیشتر در گیاهان افزایش دهد (Tedersoo et al., 2018).

کاربرد هیومیک اسید موجب افزایش ۳۲، ۲۸، ۳۲، بیش از ۱۰۰ و ۲۸ درصدی تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشک کلاله، وزن خشک پرچم و میانگین وزن تک‌بنه مادری شد. جامی و همکاران (Jami et al., 2020) نیز گزارش دادند که استفاده از ورمی‌کمپوست و میکوریزا سبب افزایش تعداد گل درگیاه زعفران شد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل وزن بنه مادری و تلقیح با میکوریزا بر ویژگی‌های گل زعفران.

Table 5. Mean comparisons for the interaction effects of mother corm weight and mycorrhiza inoculation on flower characteristics of saffron.

تیمارها Treatment		تعداد گل در متر مربع Flower numbers per m^2	وزن تر گل Fresh weight of flower ($g.m^2$)	وزن خشک کلاله Dried weight of stigma ($g.m^2$)	وزن خشک پرچم Dried weight of stamen ($g.m^2$)
وزن بنه مادری (گرم) Mother corm weight (g)	میکوریزا Mycorrhiza				
≤4	*G. etunicatum*	13f*	7.5de	0.102cde	0.05gh
	G. mosseae	14.33f	9.76cd	0.126bc	0057fgh
	G. intraradices	0.042h	12.48ab	0.159b	0.042h
	ترکیب سه گونه Triple combination	0.072fgh	14.71a	0.223a	0.072fgh
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	0.096efg	8.13de	0.122bcd	0.096efg
4.1-8	*G. etunicatum*	0.084fgh	5.9ef	0.062efg	0.084fgh
	G. mosseae	0.156cd	8.81cd	0.138bc	0.156cd
	G. intraradices	0.101efg	5.6efg	0.080def	0.101efg
	ترکیب سه گونه Triple combination	0.196bc	11.30bc	0.164b	0.196bc
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	0.107def	6.2ef	0.08def	0.107def
8.1-12	*G. etunicatum*	0.143cde	3.05h	0.038g	0.143cde
	G. mosseae	0.163bc	3.71fgh	0.05fg	0.163bc
	G. intraradices	0.21b	2.9h	0.31g	0.21b
	ترکیب سه گونه Triple combination	0.275a	4.39fgh	0.05fg	0.275a
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	0.142cde	3.10gh	0.028g	0.142cde

*میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

*Means with different letter (s) in each column have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

همانگونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، تلقیح سه‌گانه قارچ میکوریزا احتمالاً به دلیل اثر هم‌افزایی قارچ و نیز احتمالا به دلیل جذب بیشتر آب، بهبود تغذیه فسفات و تنظیم اسمزی به افزایش وزن تر گل و وزن خشک کلاله در بنه‌های مادری ریز کمک نموده است؛ به طوری‌که اثر متقابل ترکیب سه‌گونه قارچ میکوریزا و بنه‌های ریز (کمتر از ۴ گرم) بالاترین وزن تر گل و خشک کلاله را نشان داد.

جانسا و همکاران (Jansa et al., 2014) بیان داشتند که استفاده از کودهای زیستی مانند میکوریزا تا ۲۵ درصد به افزایش تعداد گل و عملکرد کلاله در مقایسه با شاهد کمک می‌کند. دراین راستا، در تحقیقی روی زعفران، گزارش شد که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش ارتفاع، افزایش وزن تر ریشه و اندام‌های هوایی در مقایسه با شاهد شد (Jami et al., 2020).

لازم به ذکر است که بیشترین نقش میکوریزا در بین عناصر غذایی مربوط به جذب فسفر است. برخی محققین با بررسی اثربخشی کاربرد گونه‌های مختلف میکوریزا بر رشد و عملکرد زعفران بیان کردند که مصرف این نوع کودها در بسیاری از موارد باعث افزایش عملکرد این گیاه شده‌است (Aytekin & Acikgoz, 2008; Koocheki et al., 2011; Jami et al., 2020). در این راستا، مارچنر و دل (Marschner & Dell, 1994) در تحقیقی عنوان نمودند که از طریق همزیستی زعفران با میکوریزا، گیاه می‌تواند بیش از ۲۵ درصد از نیتروژن مورد نیاز خود را تامین کند. کود زیستی با ترشح مواد محلول و کاهش اسیدیته خاک، عناصر غذایی محلول بیشتری را برای گیاه فراهم نموده و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Han & Lee, 2006). قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2019) نشان دادند که تلقیح میکوریزا باعث بهبود تولیدزعفران، افزایش کیفیت کلاله و محتوای کل فنول و فلاونوئید در گلبرگ‌ها شد. حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2021) نیز بیان کردند که بیشترین عملکرد تر گل زعفران در تیمار با قارچ میکوریزا به‌دست آمد و کمترین میزان این شاخص متعلق به عدم تلقیح بود.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مصرف هیومیک اسید به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۲، ۲۸ و ۳۵ درصدی تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله گردید (جدول ۴). کاربرد هیومیک اسید باعث بهبود رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای و تشکیل ریشه‌های جانبی شده و ناحیه جذب موثر ریشه را افزایش می‌دهد و از این طریق، فعالیت و توانایی جذب را بهبود می‌بخشد (Jindo et al., 2012). در این راستا، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) با بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید بر عملکرد گل و کلاله زعفران اعلام نمودند که کاربرد هیومیک اسید بر تمامی صفات کمی اثر معنی‌داری داشت. امینی‌فرد و احمدی (Aminifard & Ahmadi, 2018) نیز با کاربرد هیومیک اسید درکشت گیاه زعفران نشان دادند که با کاربرد این مواد کمیت و کیفیت گل و مواد موثره کلاله افزایش می‌یابد. در این خصوص، مصرف خاکی این مواد نسبت به محلول‌پاشی نقش موثرتری در بهبود این صفات داشته است. گردکانه و همکاران (Gerdakaneh et al., 2020) نیز نشان دادند که با مصرف هیومیک اسید گرانوله بیشترین تعداد گل به دست آمد که در مقایسه با شاهد به صورت معنی‌داری بالاتر بود. این پژوهشگران بیان داشتند که هیومیک اسید با تأثیر بر رشد رویشی سبب افزایش تعداد و اندازه بنه زعفران شده و درنهایت، موجب افزایش تعداد گل گردید. در بررسی‌های مشابه، تأثیر هیومیک اسید در افزایش صفات کمی و کیفی بسیار مهم و تأثیرگذار گزارش شده است (Kuntal et al., 2007). هیومیک اسید با افزایش حاصلخیزی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند نفوذپذیری، تهویه، دانه‌بندی، ظرفیت نگهداری، تحرک و در دسترس قرار دادن مواد غذایی (Khan et al., 2013) و از طریق فعالیت‌های شبه‌هورمونی می‌تواند سبب افزایش مواد مؤثره در گیاه گردد. همچنین کاربرد هیومیک اسید اغلب مانند تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اکسین و سیتوکنین عمل نموده و سبب بهبود تحمل به تنش‌های مختلف و در نهایت، موجب بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شود (Zhang & Schmidt, 2000).

بر اساس نتایج به دست آمده، اثر متقابل وزن بنه مادری، میکوریزا و هیومیک اسید فقط بر تعداد و وزن بنه‌های دختری بزرگ (بنه‌های ۱۲-۸ گرم) معنی‌دار شد. اثر اصلی میکوریزا بر تمامی صفات مورد بررسی بنه‌های دختری معنی‌دار بود (جدول۶).

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن بنه مادری، قارچ میکوریزا و کود آلی هیومیک بر ویژگی‌های بنه زعفران.

Table 6. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of mother corm weight and mycorrhiza and humic acid on corm characteristics of saffron.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین وزن بنه‌های دختری Average of daughter corm weight	وزن بنه‌های دختری Weight of daughter corms			تعداد بنه‌های دختری Number of daughter corms		
			بزرگ Large	متوسط Medium	کوچک Small	بزرگ Large	متوسط Medium	کوچک Small
تکرار Block	2	49.17	237.3	19.91	109.73	2.74	0.13	9.23
وزن بنه مادری Mother corm weight (W)	2	89501.6**	23011**	6483.48**	5306.53**	344.81**	379.6**	583.63**
میکوریزا Mycorrhiza (M)	4	9653.98**	2073.3**	497.91ns	1176.01*	33.12**	29.19ns	123.45*
هیومیک اسید Humic Acid (H)	1	1792ns	585.7ns	528.04ns	23.51ns	12.1*	37.37ns	6.4ns
W x M	8	3048.69ns	892.7**	616.92*	441.78*	22.84**	34.08*	50.23ns
W x H	2	1972.6ns	456.2ns	214.81ns	83.24ns	81*	13.64ns	12.03ns
M× H	4	2385.9ns	64.5ns	636.24ns	612.87ns	1.01ns	28.35ns	71.12ns
W × M × H	8	2683.2ns	716.0**	471.34ns	256.68ns	10.43**	26.49ns	33.54ns
خطا Error	58	1539.3	171.8	207.61	430.66	2.51	10.48	34.4

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

Ns: Non significant, * and **: are significant at 5 and 1 probability levels, respectively.

گروه‌های وزنی: کوچک (۴≤ گرم)، متوسط (۸-۴ گرم) و بزرگ (۱۲-۸ گرم).

Weight groups are small (≤4 g), medium (4-8 g) and large (8-12 g).

مقایسه میانگین اثر ساده وزن بنه مادری بر صفات مربوط به بنه‌های دختری نشان داد که تیمار بنه‌های مادری ۸/۱ تا ۱۲ گرم بالاترین میانگین وزن بنه‌های دختری را تولید کردند. همچنین در تمامی گروه‌های وزنی مورد بررسی، این تیمار بیشترین تعداد و وزن بنه‌های دختری را تولید نمود (جدول ۷). افزایش رشد و تولید بیشتر بنه‌های دختری در نتیجه کاشت بنه‌های مادری بزرگ‌تر به ذخیره غذایی بیشتر و نیز سرعت رشد و جذب بیشتر عناصر غذایی در طی فصل رشد نسبت داده شده‌است (Koocheki et al., 2015).

با توجه به این مطلب که در طی مرحله‌ای از دوره رشد زعفران، ریشه‌ها نقشی در جذب مواد ندارد؛ بنابراین، در این دوره، درشت‌تر شدن بنه‌های دختری عمدتاً مربوط به انتقال مواد ذخیره‌ای از بنه مادری به بنه‌های دختری می‌باشد (Nassiri mahalati et al., 2007). همچنین به نظر می‌رسد که کاشت بنه‌های مادری بزرگ‌تر در نمو بهتر سیستم ریشه‌ای و اندام‌های فتوسنتزکننده هوایی نقش زیادی دارد؛ به طوری‌که در تحقیقی نتیجه گرفته شد که کاشت بنه‌های مادری درشت باعث افزایش تعداد و وزن ریشه در زعفران می‌گردد. از این‌رو، بر گسترش حوزه فعالیت ریشه‌ها در جذب آب و مواد غذایی از خاک و توسعه رشد گیاه تأثیرگذار می‌باشد. از آن‌جا که در ابتدای پاییز و قبل از ظهور برگ‌ها، رشد و نمو گیاه وابسته به ذخایر موجود در بنه مادری می‌باشد؛ بنابراین، بنه‌های بزرگ‌تر به دلیل داشتن اندوخته غذایی و تولید انرژی بیشتر، موجب رشد بهتر سیستم ریشه‌ای و اندام‌های هوایی در گیاه زعفران می‌شود (Amirshekari et al., 2006).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ساده وزن بنه مادری، قارچ میکوریزا و کود آلی هیومیک بر ویژگی‌های بنه زعفران.

Table 7. Mean comparisons for the effects of mother corm weight and mycorrhiza and humic Acid on corm characteristics of saffron.

تیمار Treatment	میانگین وزن بنه‌های دختری (گرم) Average of daughter corm weight (g)	وزن بنه‌های دختری (گرم) Weight of daughter corms (g)			تعداد بنه‌های دختری Number of daughter corms		
		8.1-12	4.1-8	≤4	8.1-12	4.1-8	≤4
وزن بنه مادری (گرم) Mother corm weight (g)							
4 ≤	4.20b	27.83c	19.40c	29.66c	3.23c	4.13c	9.30c
4.1-8	4.04b	43.05b	39.50b	41.86b	5.33b	8.37b	12.83b
8.1-12	5.26a	81.56a	48.03a	52.54a	9.86a	11.13a	18.06a
قارچ میکوریزا Mycorrhiza							
G. etunicatum	3.87c	52.12b	-	43.6a	6.16b	-	15.16a
G. mosseae	4.47b	52.66ab	-	44.32a	6.66ab	-	13.38ab
G. intraradices	4.82b	55.54ab	-	46.13a	6.72ab	-	15.38a
ترکیب سه گونه Triple combination	5.31a	61.05a	-	44.38a	7.33a	-	14.11a
شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	4.03bc	32.69c	-	28.33b	3.83c	-	8.94b
هیومیک اسید Humic Acid							
با مصرف Use	5.06a	-	-	-	-	-	-
بدون مصرف Non-Use	3.94b	-	-	-	-	-	-

*میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

*Means with different letter (s) in each column have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

گروه‌های وزنی: کوچک (۴≤ گرم)، متوسط (۸-۴ گرم) و بزرگ (۱۲-۸ گرم).

Weight groups are small (≤4 g), medium (4-8 g) and large (8-12 g).

در نهایت، مجموع این عوامل باعث می‌شود تا کاشت بنه‌های مادری درشت‌تر، سبب بهبود شرایط رشدی و تولید مواد فتوسنتزی کافی جهت تولید بنه‌های دختری با تعداد و اندازه مناسب‌تر در گیاه شود. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) نیز گزارش کردند که تأثیر وزن بنه مادری در افزایش عملکرد نهایی زعفران بیشتر از تعداد بنه در واحد سطح (تراکم کاشت) است. از این‌رو، جهت بهبود عملکرد زعفران همزمان با افزایش تعداد بنه‌های کاشته‌شده در واحد سطح، بهتر است روی بهبود صفات مربوط به تک بنه متمرکز شده و روش‌های زراعی و اصلاحی تولید بنه‌های درشت‌تر و دارای مواد ذخیره‌ای بیشتر نیز، مورد توجه قرار گیرد. افزایش وزن و تعداد بنه‌های دختری در نتیجه کشت بنه‌های مادری بزرگ توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Vurdu, 2004; Kumar, 2009; Amirnia et al., 2014; Khavari et al., 2016).

بیشترین تعداد و وزن بنه‌های دختری کوچک و بزرگ (به ترتیب با ۴≤ و ۱۲-۸/۱ گرم) و میانگین وزن بنه‌های دختری در ترکیب سه‌گانه قارچ میکوریزا مشاهده شد (جدول ۶). نارولا و همکاران (Narula et al., 2000) و ساهو و جانا (Sahu & Jana, 2000) گزارش کردند که کودهای زیستی در برگیرنده گروهی از باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند که توانایی تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش قابلیت جذب فسفر خاک را دارند که این عنصر نقش چشمگیری در بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان دارد (Fageria et al., 2013). بررسی‌ها نشان داده است که تلقیح با قارچ میکوریزا به واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه می‌تواند منجر به تحریک رشد گیاه شده و این امر باعث افزایش جذب سایر عناصر از خاک می‌گردد (Simpson et al., 2011). افزایش جذب نیتروژن از خاک به دلیل افزایش تعداد بنه و بهبود جذب فسفر باعث افزایش وزن بنه‌های دختری در زعفران می‌شود (Chaji et al.,

2013). قارچ‌های میکوریزا همچنین با نفوذ ریسه‌ها به ریشه‌های گیاه و محیط خاک موجب بهبود جذب آب و روابط آبی گیاه و تغذیه معدنی می‌گردند و در نتیجه سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد (Sharifi et al., 2007). نتایج مطالعه بخردیانی‌نسب و همکاران (Bekhradiyaninasab et al., 2020) نیز نشان داد که تلقیح با کود میکوریزا افزایش ۴۲ درصدی وزن بنه‌های دختری نسبت به عدم کاربرد کود را به همراه داشت. بررسی اثر متقابل وزن بنه مادری و تلقیح با قارچ میکوریزا نشان داد که گونه‌های مختلف قارچ در شرایط کاشت بنه‌های مادری با وزن ۱۲-۸/۱ گرم بالاترین وزن و تعداد بنه‌های دختری در گروه‌های مختلف وزنی را به خود اختصاص داد (جدول ۷). توجه به کیفیت و وزن بنه‌های مادری مناسب در زمان کاشت با توجه به اینکه گیاه زعفران در اولین سال پس از کشت از مواد ذخیره‌ای موجود در بنه استفاده می‌کند، ضروری است (Rasouli et al., 2014). براساس نتایج مطالعه‌ای، بیشترین تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در نتیجه کاشت بنه‌های مادری با وزن بالا به دست آمد که افزایش رشد و تولید بنه‌های دختری به ذخیره بیشتر عناصر غذایی در ابتدای دوره و نیز سرعت رشد و جذب بیشتر عناصر غذایی در طی فصل رشد نسبت داده شده‌است (Koocheki et al., 2015). بنابراین، بنه‌های مادری درشت‌تر با وزن بالاتر به دلیل داشتن اندوخته غذایی بیشتر، ضمن تولید ماده خشک بیشتر، توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای را در مقایسه با بنه‌های کوچک باعث می‌شوند (Renau-Morata et al., 2012).

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا بر ویژگی‌های بنه زعفران.

Table 8. Mean comparisons for the effects of mother corm weight and mycorrhiza inoculation on corm characteristics of saffron.

تیمارها Treatment		وزن بنه‌های دختری Weight of daughter corms (g)			تعداد بنه‌های دختری Number of daughter corms (g)	
وزن بنه مادری Weight of mother corm (g)	قارچ میکوریزا Mycorrhiza	≤4	4.1-8	8.1-12	8.1-12	4.1-8
≤4	*G. etunicatum*	28.16fgh*	19de	38.33defg	3.16gh	4.16de
	G. mosseae	22gh	21.16de	29gh	2.5h	4.66de
	G. intraradices	41.5def	18.16e	32.5efgh	5def	4e
	ترکیب سه گونه Triple combination	27.33fgh	17e	21.5h	3.16gh	3.33e
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	20.16h	21.66de	27gh	2.3h	4.5de
4.1-8	*G. etunicatum*	35.88efg	30.5cde	41.5cdef	4.33efg	6.5cde
	G. mosseae	40.33def	37.33cd	53.8bc	5.5cde	8.5cd
	G. intraradices	53.13cd	42.5bc	44.33cde	6.5cd	9.5bc
	ترکیب سه گونه Triple combination	57.66bc	58.5ab	43.83cde	7bc	13ab
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	28.25fgh	28.66cde	5.83gh	3.33fgh	6.16cde
8.1-12	*G. etunicatum*	92.33a	57.5ab	50.96bcd	11a	13.5ab
	G. mosseae	95.66a	41.33bc	50.1bcd	12a	9.5bc
	G. intraradices	72b	63a	61.58ab	8.66b	14.66a
	ترکیب سه گونه Triple combination	98.16a	44.16abc	67.83a	11.83a	10.33abc
	شاهد (عدم تلقیح) Control (without inoculation)	49.66cde	34.16cde	32.16efgh	6.58cde	7.6cde

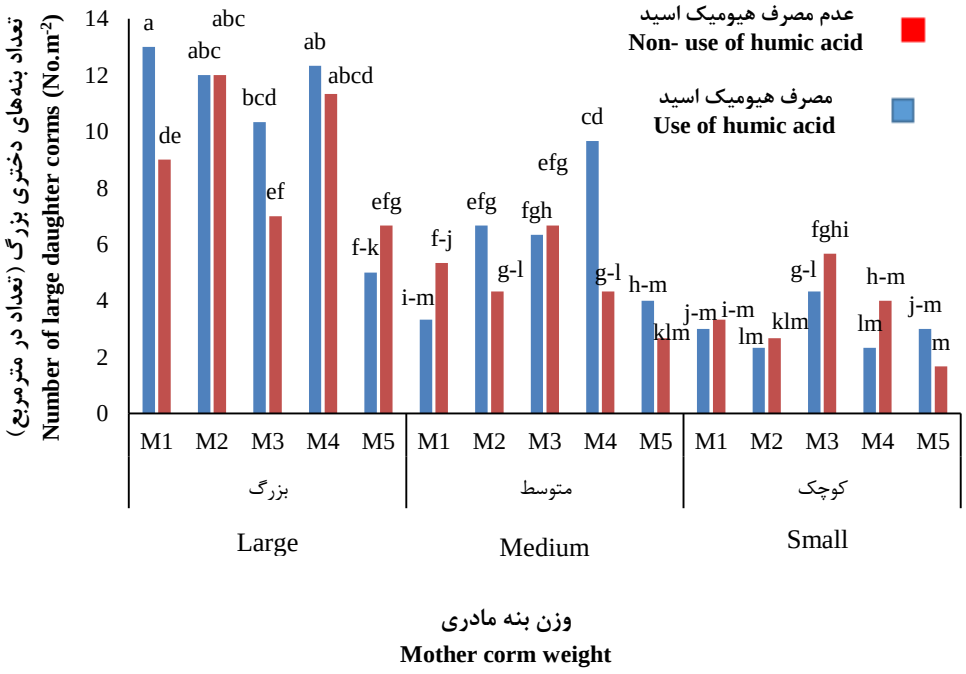
*میانگین‌های دارای حروف مختلف در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

*Means with different letter (s) in each column have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

بخردیانی‌نسب و همکاران (Bekhradiyaninasab et al., 2020) گزارش کردند که بنه‌های دختری عامل شکل‌گیری رشد زایشی و عملکرد در فصل رشد بعدی هستند. در نتیجه کاشت بنه‌های مادری بزرگ و تلقیح با گونه‌های قارچ میکوریزا تعداد بنه‌های دختری افزایش یافته و در نهایت، عملکرد زعفران در سال‌های بعد افزایش می‌یابد که بهبود بازده مزرعه و افزایش درآمد را برای کشاورزان زعفران‌کار به دنبال دارد.

بررسی برهمکنش سه گانه وزن بنه مادری، میکوریزا و هیومیک اسید نشان داد که بیشترین تعداد و وزن بنه‌های دختری بزرگ (به ترتیب با ۱۳ بنه در مترمربع و ۱۰۹ گرم در مترمربع) در ترکیب تیماری بنه مادری بزرگ (۱۲-۸/۱ گرم)، میکوریزا گونه *G. intraradices* و مصرف هیومیک اسید حاصل شد که در تیمار بنه مادری بزرگ (۱۲-۸/۱ گرم)، میکوریزا گونه *G. mosseae* و مصرف و عدم مصرف هیومیک اسید و با ترکیب تیماری بنه مادری بزرگ (۱۲-۸ گرم)، ترکیب سه گونه میکوریزا و مصرف و عدم مصرف هیومیک اسید از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند.

نتایج این آزمایش حاکی از آن است در تیمارهای وزن بنه مادری بالا، تلقیح با میکوریزا و کاربرد هیومیک اسید، تعداد و وزن بنه‌های دختری بزرگ بیشتری مشاهده شد که بیانگر تأثیر مثبت کاربرد این تیمارها می‌باشد. در بین تمامی تیمارها، کمترین تعداد و وزن بنه‌های دختری بزرگ (به‌ترتیب با ۱/۷ بنه در مترمربع و ۱۴/۷ گرم در مترمربع) در ترکیب تیماری اندازه کوچک بنه مادری (۴≤ گرم)، عدم تلقیح با میکوریزا و عدم کاربرد هیومیک اسید بدست آمد (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا و کود آلی هیومیک بر تعداد بنه‌های دختری بزرگ زعفران.

Fig 1. Mean comparisons for the interaction effects of mother corm weight, mycorrhiza inoculation and humic acid on number of large daughter corms of saffron.

میانگین‌های دارای حروف مختلف بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

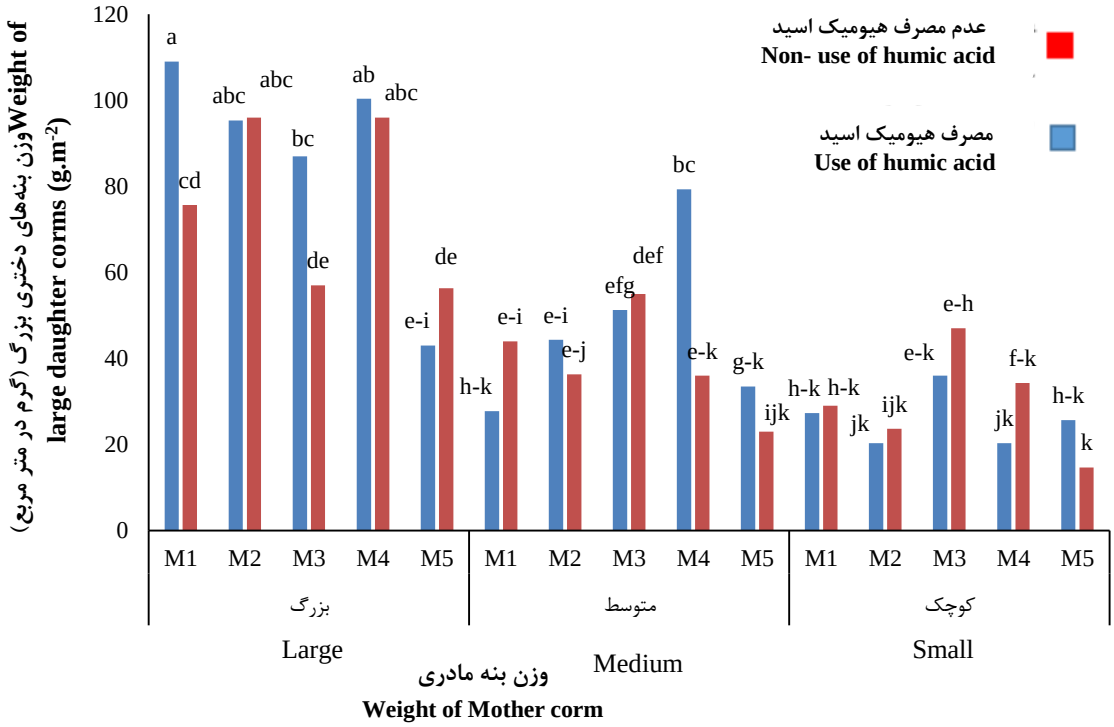
*Means with different letter (S) have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

تلقیح با میکوریزا: M_1 = *G. intraradices*، M_2 = *G. mosseae*، M_3 = *G. etunicatum*، M_4 = ترکیب سه گونه و M_5= شاهد (عدم تلقیح)

M_1-*G. intraradices*, M_2- *G. mosseae*, M_3-*G. etunicatum*, M_4- triple combination and M_5- control.

گروه‌های وزنی: کوچک (۴≤ گرم)، متوسط (۴-۸ گرم) و بزرگ (۸-۱۲ گرم).

Weight groups are small (≤4 g), medium (4-8 g), and large (8-12 g).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر وزن بنه مادری، تلقیح با میکوریزا و کود آلی هیومیک بر وزن بنه‌های دختری بزرگ زعفران.

Fig 2. Mean comparisons for the interaction effects of mother corm weight, mycorrhiza inoculation and humic acid on weight of large daughter corms of saffron.

میانگین‌های دارای حروف مختلف بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری دارند (p≤۰/۰۵).

*Means with different letter (S) have significant difference based on LSD test (p≤0.05).

تلقیح با میکوریزا: M_1 = *G. intraradices*، M_2 = *G. mosseae*، M_3 = *G. etunicatum*، M_4 = ترکیب سه گونه و M_5= شاهد (عدم تلقیح)

M_1-*G. intraradices*, M_2- *G. mosseae*, M_3-*G. etunicatum*, M_4- triple combination and M_5- control.

گروه‌های وزنی: کوچک (۴≤ گرم)، متوسط (۸-۴ گرم) و بزرگ (۱۲-۸ گرم)

Weight groups are small (≤4 g), medium (4-8 g), and large (8-12 g).

در این رابطه، نتایج مطالعه معین‌راد و همکاران (Moein Rad et al., 2020) نیز نشان داد که تعداد و وزن بنه دختری با افزایش وزن بنه مادری افزایش یافت و در وزن‌های ۱۴-۱۲ گرم و سپس ۱۲-۱۰ گرم بالاترین مقدار مشاهده شد و در وزن‌های کمتر از ۲ و ۴ - ۲ گرم کمترین تعداد و وزن بنه‌های دختری به دست آمد. براساس نتایج این پژوهش، تلقیح با گونه‌های مختلف میکوریزا تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد و وزن بنه‌های دختری داشت. در این راستا، مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) گزارش کردند که در بنه‌های بزرگ‌تر تقسیم سلولی و به دنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچک‌تر زودتر اتفاق می‌افتد. رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به دنبال دارد و در نهایت، موجب تولید بنه‌های بزرگتر در پایان فصل رشد می‌شود. پارای و همکاران (Parray et al., 2013) نیز در آزمایشی بر روی زعفران بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی موجب رشد و بزرگ شدن بنه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد زعفران شد. تأثیر مثبت هیومیک اسید بر تعداد و وزن بنه‌های دختری زعفران در برخی پژوهش‌ها نیز گزارش شده‌است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان دادند که بیشترین تعداد و وزن کل بنه‌های دختری در زعفران به ازای مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید مشاهده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. هیومیک اسید به عنوان یک اسیدآلی بدون اثرات زیست‌محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات

هورمونی، اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای نیز بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که استفاده از بنه‌های مادری درشت در زمان کاشت، اثرات مثبت بر بهبود رشد و عملکرد بنه‌های دختری و در نتیجه افزایش عملکرد گل و کلاله دارد. همچنین ارتباط نزدیکی بین وزن بنه-های مادری و عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در تیمارهایی که وزن بنه مادری بیشتر بود، عملکرد گل و کلاله زعفران به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد. بنابراین، پیشنهاد می‌گردد تا برای افزایش عملکرد از کاشت بنه‌های کوچک اجتناب نموده و از بنه‌های با وزن بیش از ۸ گرم برای کاشت استفاده شود.

مصرف کودهای زیستی با منشاء میکوریزایی نیز باعث بهبود شرایط رشدی شده و عملکرد را افزایش داد. تلقیح با ترکیب سه گونه قارچ میکوریزا نسبت به کاربرد جداگانه و عدم تلقیح، تأثیر بیشتری بر عملکرد گل و کلاله داشت.

علاوه بر این، تغذیه گیاه زعفران با هیومیک اسید ضمن تقویت بنه‌های دختری بر تولید گل و کلاله اثرات قابل ملاحظه‌ای داشت. به نظر می‌رسد که کاربرد هیومیک اسید و انجام مطالعات جامع‌تر در خصوص استفاده از این ماده و ترکیبات آلی مشابه، بتواند در راستای بهبود تغذیه این گیاه جهت تولید محصول مبتنی بر اصول اکولوژیک، مؤثر باشد، ولی در مجموع، اعمال تیمارهای کودهای آلی و زیستی باعث بهبود صفات کمی گل و بنه‌های دختری زعفران شد که می‌توان براساس نقش مؤثر این کودها در عملکرد و بهبود ویژگی‌های خاک در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی استفاده از این نوع کودها مصرف این نهاده‌های آلی را در این گیاه توصیه نمود. به طور کلی، نتایج عملی این تحقیق ثابت می‌کند که از طریق مصرف کودهای زیستی و آلی و کاشت بنه-های مادری درشت می‌توان عملکرد را در سال‌های ابتدایی کشت افزایش داده که از این طریق، علاوه بر کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی در وقت و منابع مالی کشاورز صرفه‌جویی می‌شود.

منابع

Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., & Koocheki, A. (2018). Increasing saffron (*Crocus sativus* L.) corm size through the mycorrhizal inoculation, humic acid application and irrigation managements. *Journal of Plant Nutrition, 41* (8), 1047-1064.

Aminifard, M., & Ahmadi, F. (2018). Effects of fulvic acid and cow manure on stigma active components and petal Antiradical Activity of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology, 6* (4), 415-428. [In Persian]

Amirnia, R., Bayat, M., & Tajbakhsh, M. (2014). Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops, 19* (2), 158-168.

Amirshekari, H., Soroushzadeh, A., Modares Sanavi, S., & Jalali, J. M. (2006). Study of effects of root temperature, corm size, and Gibbrellin on Underground organs of saffron. *Iranian journal of Biology, 19* (1), 5-18 [In Persian]

Aytekin, A., & Acikgoz, A. O. (2008). Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) plants. *Molecules, 13* (5), 1135-1147.

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

BekhradiyaniNasab, A., Balouchi, H., Movahhedi Dehnavi, M., & Sorooshzadeh, A. (2020). Effect of benzyl aminopurine, phosphate solubilizing bio-fertilizers and maternal corm weight on the qualitative indices of saffron (*Crocus sativus* L.) flowers and corm lets in Yasouj region. *Journal of Saffron Research, 8* (1), 99-113. [In Persian]

Cardone, L., Castro Nuovo, D., Perniola, M., Cicco, N., & Candido, V. (2020). Saffron (*Crocus sativus* L.), the king of spices: An overview. *Scientia Horticulturae, 272*: 109560.

Caser, M., Demasi, S., Victorino, Í. M. M., Donno, D., Faccio, A., Lumini, E., & Scariot, V. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi modulate the crop performance and metabolic profile of saffron in soilless cultivation. *Agronomy, 9* (5), 232-239.

Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A., Lakzian, A. (2013). Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of

saffron. *Journal of Saffron Research, 1* (1), 1-12. [In Persian].

Chichi Ricco, G., Ferrante, C., Menghini, L., Recinella, L., Leone, S., Chiavaroli, A., & Orlando, G. (2019). Crocus sativus by-products as sources of bioactive extracts: Pharmacological and toxicological focus on stamens. *Food and Chemical Toxicology, 126*, 7-14.

D'Agostino, G., Gamalero, E., Gianotti, V., Bottaro, M., Gennaro, M. C., Berta, G., & Gosetti, F. (2009). *Use of arbuscular mycorrhizal fungi and beneficial soil bacteria to improve yield and quality of saffron (Crocus sativus L.)*. In III International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics, *850*: 159-164.

De Juan, J. A., Córcoles, H. L., Muñoz, R. M., & Picornell, M. R. (2009). Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops and Products, 30* (2), 212-219.

Fageria, N. K., Moreira, A., & Dos Santos, A. B. (2013). Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. *Journal of plant nutrition, 36* (13), 2013-2022.

Gerdakaneh, M., Amini, E., & Khan Ahmadi, M. (2020). Effects of Soil and Foliar Spraying Application of Humic Acid on Qualitative and Quantitative Properties of Saffron. *Journal of Saffron Research, 8* (1), 71-84. [In Persian with English Summary]

Ghanbari, J., Khajoei-Nejad, G., Van Ruth, S. M., & Aghighi, S. (2019). The possibility for improvement of flowering, corm properties, bioactive compounds, and antioxidant activity in saffron (*Crocus sativus* L.) by different nutritional regimes. *Industrial Crops and Products, 135*, 301-310.

Gresta, F., Lombardo, G. M., Siracusa, L., & Ruberto, G. (2008). Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems, A review. *Agronomy for Sustainable Development, 28* (1), 95-112.

Habibi, M., zaefarian, F., rejali, F., & bagheri, N. (2021). Isolation and identification of arbuscular mycorrhizal fungi of saffron symbiosis and investigation of their effect on yield and nutrient uptake under water interruption and different planting bed. *Journal of Crops Improvement, 23* (3), 591-579. [In Persian]

Han, H. S., & Lee, K. D. (2006). Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant soil and Environment, 52* (3), 130.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan aval, M., & Khorasani, R. (2013). Effects of maternal corm weight and different levels of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology, 1* (1), 22-39. [In Persian]

Jami, N., Rahimi, A., Naghizadeh, M., & Sedaghati, E. (2020). Investigating the use of different levels of Mycorrhiza and Vermicompost on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae, 262*, 109027.

Jansa, J., Erb, A., Oberholzer, H. R., Šmilauer, P., & Egli, S. (2014). Soil and geography are more important determinants of indigenous arbuscular mycorrhizal communities than management practices in Swiss agricultural soils. *Molecular Ecology, 23* (8), 2118-2135.

Jindo, K., Martim, S. A., Navarro, E. C., Pérez-Alfocea, F., Hernandez, T., Garcia, C., & Canellas, L. P. (2012). Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant and Soil, 353* (1), 209-220.

Khan, A., Khan, M. Z., Hussain, F., Akhtar, M. E., Gurmani, A. R., & Khan, S. (2013). Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L). *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 35-42.

Khavari, A., Behdani, M., Zamani, G., & Mahmoodi, S. (2016). Effects of Planting Methods and Corm Weight on Corm and Flower Yield of Saffron (*Crocus sativus* L.) in Qaenat Region. *Journal of Saffron Research, 4* (1), 120-133. [In Persian]

Koocheki, A. (2013). Research on production of Saffron in Iran: Past trend and future prospects. *Saffron agronomy and technology, 1* (1), 3-21. [In Persian]

Koocheki, A., Asadi, G., Bagheri Shirvan, M., & Bicharanlou, B. (2018). The possibility of replacing chemical fertilizer with organic manure in saffron cultivation at different levels of corm density under Northern Khorasan climatic conditions. *Saffron agronomy and technology, 6* (2), 125-145. [In Persian]

Koocheki, A., Fallahi, H., Amiri, M., & Ehyaei, H. (2015). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology, 7* (4), 425-442. [In Persian]

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., & Mohammadabadi, A. A. (2011). Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of water and soil, 25*, 196-206.

Kumar, R. (2009). Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae, 122* (1), 142-145.

Kuntal, D., Raman, D., Thippenahalli, N. S., & Sekeroglu, N. (2007). Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in Stevia rebaudiana. *Journal of Medicinal Plants Research, 1* (1), 5-8.

Lahmass, I., Ouahhoud, S., Elmansuri, M., Sabouni, A., Elyoubi, M., Benabbas, R., & Saalaoui, E. (2018). Determination of antioxidant properties of six by-products of *crocus sativus* L. (saffron) plant products. *Waste and Biomass Valorization, 9* (8), 1349-1357.

Leone, S., Recinella, L., Chiavaroli, A., Orlando, G., Ferrante, C., Leporini, L., & Menghini, L. (2018). Phytotherapy use of the *Crocus sativus* L. (Saffron) and its potential applications: A brief overview. *Phytotherapy Research, 32* (12), 2364-2375.

Li, Y., Fang, F., Wei, J., Wu, X., Cui, R., Li, G., & Tan, D. (2019). Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. *Scientific reports, 9* (1): 1-9.

Marschner, H., & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and soil, 159* (1), 89-102.

Ministry of Agriculture-Jahad. (2020). Agricultural Statistics, (Vol. 2). Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture-Jahad, Press. [In Persian].

Moein Rad, H., Mollafilabi, A., & Sayyadi, M. (2020). Effects of field age, mother corm weight and ecotype on flower and corm yield and quality traits of saffron. *Journal of Saffron Research, 8* (1), 55-69. [In Persian with]

Molina, R. V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J. L., & García-Luis, A. J. S. H. (2005). Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae, 103* (3), 361-379.

Narula, N., Kumar, V., Behl, R. K., Deubel, A., Gransee, A., & Merbach, W. (2000). Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163* (4), 393-398.

Nassiri Mahalati, M., Koocheki, A., Boroumand, Z., & Tabrizi, L. (2007). Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 5* (1), 155-166. [In Persian]

Parray, J. A., Kamili, A. N., Reshi, Z. A., Hamid, R., & Qadri, R. A. (2013). Screening of beneficial properties of rhizobacteria isolated from Saffron (*Crocus sativus* L.) rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research, 7* (23), 2905-2910.

Rasouli, Z., Maleki Farahani, S., & Besharati, H. (2014). Saffron Underground Organs as Affected by Organic, Biological, and Chemical Fertilizers. *Iranian Journal of Soil Research, 28* (2), 296-312. [In Persian]

Renau-Morata, B., Nebauer, S. G., Sánchez, M., & Molina, R. V. (2012). Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.*). Industrial Crops and Products, 39*, 40-46.

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., & Mollafilabi, A. (2015). Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research, 3* (2), 188-203. [In Persian]

Sahabi, H., jahan, M., koocheki, A., & Nassiri Mahallati, M. (2018). Effects of corm origin, corm weight and nutrient foliar application on yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron agronomy and technology, 6* (3), 269-277. [In Persian]

Sahu, S.N., & Jana, B. B. (2000). Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. *Ecology Engineering, 15*, 27-39.

Sharifi, M., Ghorbanli, M. & Ebrahimzadeh, H. (2007). Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. *Journal of Plant Physiology, 164*, 1144–1151.

Shi, J., Zhao, B., Zheng, S., Zhang, X., Wang, X., Dong, W., & Wang, E. (2021). A phosphate starvation response-centered network regulates mycorrhizal symbiosis. *Cell, 184* (22), 5527-5540.

Shokrpour, M. (2019). Saffron (*Crocus sativus* L.) breeding: opportunities and challenges. Advances in plant breeding strategies, *Industrial and food crops*, 675-706.

Simpson, R. J., Oberson, A., Culvenor, R. A., Ryan, M. H., Veneklaas, E. J., Lambers, H. & Richardson, A. E. (2011). Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant and Soil, 349* (1), 89-120.

Tedersoo, L., Bahram, M., & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science, 367* (6480), eaba1223.

Tedersoo, L., Sánchez-Ramírez, S., Kõljalg, U., Bahram, M., Döring, M., Schigel, D., & Abarenkov, K. (2018). High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal Diversity, 90* (1), 135-159.

Vurdu, H. (2004). Agronomical and biotechnological approaches for saffron

improvement. *Acta Horticulturae, 650*, 285-290.

Zhang, X., & Schmidt, R. E. (2000). Hormone-containing products' impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bent grass subjected to drought. *Crop Science, 40* (5), 1344-1349.

COPYRIGHTS

© 2023 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/)