

Investigating the effect of corm weight, Arbuscular mycorrhizal fungi and Azotobacter on the growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.)

Mohammad Hossein AminiFard^{1*}, Zohre Dehghani², Mohammad Ali Behdani³, Mehdi Jahani⁴

1- Associate Professor, Department of Horticultural Science and the Research Center for Special Plants of the Region, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

2- M.Sc. Student in Medicinal Plants, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

3- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran

4- Associate Professor, Department of plant protection Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran.

*Corresponding Author Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

Abstract

Introduction: Saffron (*Crocus sativus*) is a flowering plant of the genus *Crocus* in the family Iridaceae. Saffron as the most expensive agricultural and medicinal plant has a unique status among industrial and export products, and important for producing employment opportunities. Soil fertility management is a proper strategy for increasing soil organic matter, strengthening microbial communities, preserving biodiversity, enhancing agricultural input efficiency, and eventually improving plant quantitative and qualitative yields. To attain this goal, the fertilization management program should be designed to increase nutrient use efficiency. Optimal nutrient delivery, controlled-release fertilizers, integrated fertilization management, the use of organic nutrient resources, and beneficial symbiotic microorganisms with plant roots are all examples of methods that helps achieving nutrient use efficiency. Chemical fertilizers are the most often used fertilizers in saffron fields, and their excess can jeopardize farmed soil and water quality, and reduce the yield of saffron. As a result, biological fertilizers have attracted more interest for being more safe, low-cost, and have fewer negative environmental effects. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of the weight of the saffron peduncle, mycorrhizal fungi, and Azotobacter biofertilizer on the growth and yield of saffron, so that by selecting the best amount of biofertilizers and the appropriate weight of the saffron peduncle, and as a result, reducing the use of chemical fertilizers, steps can be taken to develop the cultivation and improve the yield of this important medicinal plant.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of seed weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter biofertilizer on saffron growth and yield, an experiment was conducted in the 2013-2014 crop year as a factorial design in a randomized complete block design at the Birjand Agricultural Faculty Research Farm. The experimental factors included three levels of corm weight (0.1 to 4, 1.4 to 8 and 1.8 to 12 grams), two levels of bacterial biofertilizer (application and non-application of Azotobacter-1 fertilizer containing *Pantoea agglomerans* strain O4 bacteria) and two levels of mycorrhizal biofertilizer (containing arbuscular mycorrhizal fungi strains *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* and a control without mycorrhiza). Bacterial treatments were applied in the first year of planting by inoculating saffron corms by preparing a suspension of the above bacteria mixed with distilled water in two times. The first time was done before planting by dipping the corms and the second time was done with irrigation 40 days after planting and also in the first irrigation of the second year according to the instructions of Zistfanavar Sabz Company. Mycorrhiza treatments were done at a rate of 10 grams for each seedling by adding it to the planting hole at the time of planting according to the instructions of Daneshbonyan Zist Sepidan Hayat Paya Company.

Results and Discussion: The results of the interaction effects of peduncle weight, mycorrhiza fungus, and Azotobacter bacteria on saffron vegetative traits in the first year of the experiment showed that the highest number of leaves per plant (9.33), average dry leaf weight (0.16 g), leaf length (37.00 cm), total weight of peduncle with scales (23.68 g), number of peduncles in the mother peduncle (5), average weight of main peduncle (21.15 g), and average weight of secondary peduncle (3.42 g) were obtained from peduncles weighing 1.8-12 g and the use of mycorrhiza fungus and Azotobacter bacteria. In the second year of the experiment, the highest number of flowers per square meter (83.96), flower yield (66.37 g.m⁻²), fresh stigma yield (32.2 g.m⁻²), and dry stigma yield (58.0 g.m⁻²) were obtained from 1.8-12 g corm and the use of mycorrhiza fungi and Azotobacter bacteria.

Conclusion: Overall, the results of this study indicated that saffron growth and yield were improved with the simultaneous use of higher weight corm (1.8-12 g) and the use of mycorrhiza fungi and Azotobacter bacteria. Therefore, the use of biofertilizers and the development of mycorrhizal hyphae in agricultural soil, including in the planting site of saffron seedlings, can improve saffron cultivation areas in sustainable agriculture and reduce the losses caused by the excessive use of chemical fertilizers.

Keywords: Daughter corm, Vegetative growth, Bio-fertilizer, Medicinal plant.

بررسی تأثیر وزن پدازه، قارچ میکورایزا و کود زیستی ازتوباکتر بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

محمد حسین امینی فرد^{۱*}، زهره دهقانی^۲، محمدعلی بهدانی^۲، مهدی جهانی^۴

۱-دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- استاد، گروه پژوهشی زعفران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴-دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول: Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی تأثیر وزن پدازه، قارچ میکورایزا و کود زیستی ازتوباکتر بر رشد و عملکرد زعفران، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ۳ سطح وزن پدازه (۰/۱ تا ۴/۱، ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرم)، دو سطح کود زیستی باکتریایی (کاربرد و عدم کاربرد کود ازتوبارور-۱ حاوی باکتری‌های *Pantoea agglomerans* سویه O4 و دو سطح کود زیستی میکورایزا (حاوی قارچ میکورایزا آربوسکولار سویه‌های *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* و شاهد بدون میکورایزا) بود. نتایج اثرات متقابل وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر صفات رویشی زعفران در سال اول آزمایش نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۹/۳۳)، متوسط وزن خشک برگ (۰/۱۶ گرم)، طول برگ (۳۷/۰۰ سانتی‌متر)، وزن کل پدازه به‌همراه فلس (۲۳/۶۸ گرم)، تعداد پدازک در پدازه مادری (۵)، متوسط وزن پدازک اصلی (۲۱/۱۵ گرم) و متوسط وزن پدازک فرعی (۳/۴۲ گرم) از پدازه‌های ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر حاصل شد. در سال دوم آزمایش بیش‌ترین تعداد گل در متر مربع (۹۶/۸۳)، عملکرد گل (۳۷/۶۶ گرم در متر مربع)، عملکرد کلاله تازه (۲/۳۲ گرم در متر مربع) و عملکرد کلاله خشک (۰/۵۸ گرم در متر مربع) از پدازه‌های ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر حاصل شد. در مجموع نتایج این تحقیق بیانگر بهبود رشد و عملکرد زعفران با کاربرد همزمان پدازه‌هایی با وزن بالاتر (۸/۱-۱۲ گرم) و مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بود.

واژه‌های کلیدی: پدازه دختری، رشد رویشی، کود بیولوژیک، گیاه دارویی

زعفران¹ در زمره ارزشمندترین گیاهان دارویی است که جایگاه ویژه‌ای در صنایع داروسازی و ادویه‌ای دارد. هم اکنون تقریباً ۹۰ درصد از تولید گیاه دارویی زعفران و بیش از ۸۴ درصد سطح زیر کشت آن در دنیا به کشور ایران تعلق دارد. زعفران گیاهی علفی، چندساله، ترپلوئید و با گل‌های بنفش رنگ می‌باشد که تکثیر آن از طریق پدازه صورت می‌گیرد (Habibi et al., 2020).

اندازه پدازه^۲ مادری یکی از فاکتورهای مهم در انتخاب پدازه‌های با کیفیت جهت کاشت زعفران می‌باشد (Koocheki et al., 2018). در مطالعه خاوری و همکاران (Khavari et al., 2016)، دریافتند که وزن پدازه زعفران می‌تواند تأثیر زیادی بر عملکرد آن داشته باشد. استفاده از پدازه‌هایی با وزن ۹ تا ۱۱ گرم نسبت به ۶ تا ۸ گرم سبب افزایش عملکرد گل، کلاله و خامه زعفران می‌شود. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2018) نشان داد که افزایش وزن پدازه مادری بر تمام خصوصیات زایشی و رویشی زعفران تأثیرات مثبتی دارد و پدازه‌هایی با متوسط وزن بالاتر به دلیل برخورداری از مواد ذخیره‌ای بیشتر و پتانسیل بالاتر برای فعال کردن جوانه‌های رویشی و زایشی، تعداد گل بیشتری را تولید کردند.

با توجه به مشکلات فراوانی که در اثر مصرف بی رویه کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های زراعی پدید آمده است، امروزه علاقه فزاینده‌ای به مصرف کودهای زیستی و کودهای میکروبی برای استفاده در اکوسیستم‌های زراعی وجود دارد (Hasan, 2021). قارچ میکورایزا به عنوان یکی از گسترده‌ترین انواع همزیستی، نمو و گسترش گیاهان عالی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این همزیستی شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای به هم پیوسته است که از یک سو، تنش خشکی را از طریق جذب مستقیم آب و انتقال از طریق هیف‌های قارچی به گیاه میزبان کاهش می‌دهد و از سوی دیگر سبب افزایش جذب عناصر غذایی و سرعت فتوسنتز خالص در گیاه میزبان می‌شود (Badr et al., 2020). شش نوع عمده میکورایزا شناسایی شده که شامل اکتومایکورایزا (EM)، آربوسکولار (AM)، آربوتوئید، مونوتروپوئید، ارکید و اریکوئید هستند. اخیراً استفاده از محصولات مبتنی بر قارچ‌های میکورایزا آربوسکولار در کشاورزی رواج یافته است. این گروه از کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد محصولات شده و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و عوامل بیماری‌زای گیاهی را افزایش می‌دهد (Caser et al., 2019). قارچ‌های میکورایزا آربوسکولار با بیش از ۸۰ درصد گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی همزیست هستند و تأثیرات عمده‌ای بر رشد، جذب عناصر غذایی، مقاومت به بیماری‌ها و بهبود رشد گیاه میزبان دارند (Gianinazzi et al., 2002). آزتوباکتر^۳ یک سَرده^۴ از باکتری‌های هوازی و آزاد خاک هستند که نقش مهمی در چرخه نیتروژن در طبیعت دارند و نیتروژن اتمسفر را که برای

¹ *Crocus sativus* L.

² corm

³ *Azotobacter*

⁴ Genus

گیاهان، غیرقابل دسترسی می‌باشد را تثبیت و آن را به شکل یون آمونیوم در خاک آزاد می‌کنند. پژوهش‌های بسیاری نشان داده که ازتوباکتر نه تنها در تثبیت نیتروژن بلکه بر سایر ویژگی‌هایی هم‌چون تولید هورمون‌های رشد، مواد ضد قارچی، سیدروفور و در اثر حل‌کنندگی فسفات نیز مؤثر می‌باشد. در برخی از موارد مشاهده شده که حتی مصرف کودهای زیستی نیتروژنی در گیاهان دارویی سبب افزایش رشد و نمو گیاهان می‌شود (Alizadeh et al., 2021). کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نه تنها باعث تثبیت نیتروژن می‌شوند، بلکه توانایی تولید فیتوهورمون‌ها را داشته و سبب تحریک رشد گیاهان، جذب عناصر غذایی و فتوسنتز می‌شوند (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2015). این دو باکتری آزادی نیتروژن هوا را تثبیت کرده و آن را به صورت آمونیوم در ریزوسفر ترشح می‌نمایند (Sadrabadi Haghighi & Ghavi, 2015). در برخی موارد مشاهده شده است که حتی در سطوح و مقادیر کافی از کودهای زیستی نیتروژنی، تلقیح گیاهان با ازتوباکتر سبب افزایش رشد و نمو گیاهان شده است (Hokmalipour, 2017). با توجه به نتایج فعلی و همکاران (Feli et al., 2018) می‌توان اظهار کرد که کودهای زیستی وضعیت بهتری را برای فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک مهیا کرده‌اند و ضمن فراهم کردن مطلوب عناصر غذایی برای زعفران از طریق ایجاد اثرات هم‌افزایی و تشدید کننده، میزان درصد صفات کیفی را افزایش می‌دهند. برخی محققین گزارش کردند که مصرف همزمان ریزوباکترهای محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا سبب ایجاد اثرات هم‌افزایی آن‌ها می‌شود (Xavier et al., 2012). در پژوهش انجام شده با تیمارهای قارچ مایکورایزا، باکتری‌های محرک رشد و کاربرد تلفیقی آن‌ها، رشد رویشی گیاهان افزایش یافت (Sanayei et al., 2020). لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر وزن پدازه و قارچ مایکورایزا و کود زیستی ازتوباکتر بر رشد و عملکرد زعفران اجرا شد، تا با انتخاب بهترین میزان استفاده از کودهای زیستی و وزن مناسب پدازه زعفران و در نتیجه کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بتوان در جهت توسعه کشت و بهبود عملکرد این گیاه دارویی مهم گام برداشت.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۲ تیمار در دو فصل رشد متوالی ۱۴۰۲ - ۱۴۰۱ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل فاکتور اول وزن پدازه در ۳ سطح (متوسط وزن ۰/۱ تا ۴/۱، ۴/۱ تا ۸ و ۸/۱ تا ۱۲ گرم)، فاکتور دوم کود زیستی باکتریایی در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد کود ازتوبارور-۱ حاوی باکتری‌های سودوموناس *Pantoea agglomerans* سویه O4) و فاکتور سوم کود زیستی مایکوریزا (حاوی قارچ مایکورایزا آربوسکولار سویه‌های *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* با شمارش (CFU/gr) 10^7 تا 10^8 و شاهد (بدون مایکورایزا) بود.

اعمال تیمارهای باکتریایی در سال اول کاشت به صورت تلقیح کردن پدازه‌های زعفران با تهیه سوسپانسیون از باکتری‌های فوق در ترکیب با آب مقطر در دو نوبت صورت گرفت. نوبت اول قبل از کاشت به صورت غوطه‌وری پدازه و نوبت دوم به همراه

آبیاری ۴۰ روز پس از کاشت و همچنین در اولین آبیاری سال دوم طبق دستورالعمل شرکت زیست فناوری سبز انجام شد. تیمارهای میکورایزا به میزان ۱۰ گرم برای هر پدازه با افزودن به زیر چاله کشت در زمان کاشت طبق پژوهشهای قبلی (Vafaei et al., 2020) و توصیه شرکت سازنده (شرکت دانش بنیان زیست سپیدان حیات پایا) انجام گردید. قبل از انجام آزمایش و اقدام به عملیات آماده سازی، نمونه برداری از خاک به طور تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی متری برای آنالیز خاک انجام گردید (جدول ۱).

جدول ۱. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش
Table 1. Physical and chemical properties of soil in the study area

بافت خاک	سیلت	رس	شن	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته
Soil Texture	(درصد)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	Total N	P	K	pH
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	
Loam	46	24	30	0.15	0.013	63.7	300	7.9

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین توسط لولر در شهریورماه ۱۴۰۱ انجام شد. سپس کرت هایی به ابعاد ۲×۱ متر ایجاد گردید، که فاصله بین کرت های آزمایشی ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بلوک ها ۲ متر، در نظر گرفته شد. به منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت ها با یکدیگر، آبیاری توسط لوله انجام شد. همچنین پدازه های مناسب و یکنواخت (در ۳ گروه با متوسط وزن ۰/۱ تا ۴ گرم، ۴/۱ تا ۸ گرم و ۸/۱ تا ۱۲ گرم، سالم و بدون بریدگی) از شهرستان قاینات برای کشت تهیه و استفاده گردید. پدازه های زعفران پس از جداسازی پوشش سطحی و فلس های زیرین در مهرماه ۱۴۰۱ بر اساس نقشه طرح آزمایشی در شیارهایی با عمق ۱۵ سانتی متر و با فاصله کاشت بین ردیف ۲۰ سانتی متر و فاصله کاشت روی ردیف ۱۰ سانتی متر از یکدیگر با تراکم ۵۰ پدازه در متر مربع توسط بیلچه کاشته شدند. بعد از اتمام کاشت پدازه های زعفران، اولین آبیاری به صورت سنگین توسط لوله در اوایل آبان ماه صورت گرفت. پس از گاورو شدن زمین، با فاصله یک هفته از آبیاری اول، سطح زمین با چهار شاخ فلزی تا عمق ۵ سانتی متر سله شکنی شد. سله شکنی سبب می شود تا گل ها به راحتی از خاک خارج شوند، همچنین رطوبت زمین حفظ و تهویه خاک به راحتی انجام شود. آبیاری های بعدی، بعد از اتمام دوره گلدهی و سپس در ماه های دی، اسفند و فروردین ماه انجام شد. در طول مراحل اجرای آزمایش، هیچ گونه کود شیمیایی، آفت کش و علف کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت و کنترل علف های هرز موجود در طی دوره رشد گیاه از طریق وجین دستی انجام شد. صفات مرتبط با رشد برگ در فصل رشد (بهمن ماه) شامل طول برگ (به وسیله خط کش)، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ (بعد از

مطمئن شدن از نبود خاک روی سطوح برگ با ترازوی دیجیتال)، و سپس شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌ها نظیر وزن کل پدازه به همراه فلس، متوسط وزن پدازک اصلی و فرعی (به‌وسیله ترازو دیجیتال)، قطر پدازک (به‌وسیله کولیس دیجیتال) و تعداد پدازک در پدازه مادری در اردیبهشت ۱۴۰۲ همزمان با زرد شدن برگ‌ها اندازه‌گیری شد. در سال دوم آزمایش نیز، اوایل آبان ماه ۱۴۰۲ کرت‌ها آبیاری و پس از یک هفته سله شکنی توسط چهار شاخ فلزی انجام شد. پس از دو هفته از آبیاری اول، گل‌های زعفران نمایان شد و گل‌ها در طول یک ماه به صورت روزانه برداشت گردید. صفات مرتبط با گلدهی شامل تعداد گل، عملکرد گل‌تَر و عملکرد کلاله‌تَر و خشک (با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم) اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

صفات مرتبط با رشد رویشی زعفران

تعداد برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، که تمامی اثرات ساده وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل وزن پدازه و قارچ میکورایزا و همچنین اثرات سه گانه وزن پدازه و قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. در صورتی که سایر اثرات متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ‌های زعفران نداشتند (جدول ۲). در نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، مصرف همزمان قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر همراه با بالاترین وزن پدازه ۱۲-۸/۱ گرم بیشترین تعداد برگ (۹/۳۳ برگ در بوته) را نشان داد و کمترین تعداد برگ (۴/۶۶ برگ در بوته) مربوط به وزن پدازه ۴-۰/۱ گرم و عدم مصرف قارچ و میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بود (جدول ۳).

در این راستا، بیشترین تعداد برگ در پدازه‌های مادری زعفران (۱۸/۳۸ برگ در پدازه) از تیمار وزن پدازه ۱۰ تا ۱۲ گرم حاصل شد و کمترین میزان این صفت (۸/۴۱ برگ در پدازه) از پدازه‌های گروه وزنی ۶-۴ گرم بدست آمد. با کاربرد پدازه‌هایی با وزن بالاتر، تقسیم سلولی و رشد برگ‌های زعفران زودتر از پدازه‌های کوچکتر اتفاق می‌افتد که سبب بهره‌مندی زودتر و بیشتر برگ‌ها از نور و شرایط محیطی مناسب خواهد شد و با افزایش فتوسنتز، رشد برگ‌ها افزایش می‌یابد (Golzari Jahan, 2017). در مطالعه‌ای کاربرد ۷/۵ گرم قارچ میکورایزا به ازای هر جایگاه کاشت پدازه زعفران سبب افزایش تعداد برگ در بوته (۷/۵۴ برگ در بوته) نسبت به شاهد گردید (Jami et al., 2020) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در گزارشی دیگر بیان شد، که مصرف کود زیستی نیتروکسین در گیاه دارویی زعفران توانست بیشترین تعداد برگ (۶/۳۳ عدد) را نسبت به شاهد (۴/۲۲ عدد) تولید نماید. با توجه به افزایش تعداد برگ در بوته‌های زعفران، نشان داده شد که، مصرف کودهای زیستی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن توانسته است سبب تحریک رشد رویشی در برگ‌ها شود و تأثیر مطلوبی بر بهبود

حاصل خیزی خاک و افزایش فراهمی نیتروژن مورد نیاز گیاه برای عمل فتوسنتز و تولید سطح سبز گیاه داشته باشد (Golzar, 2008).

متوسط وزن تر و خشک برگ

مطابق با جدول تجزیه واریانس داده‌ها، متوسط وزن تر و خشک برگ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف همزمان قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر، بیشترین وزن تر و خشک برگ (به ترتیب، ۰/۴۵ و ۰/۱۴ گرم) حاصل شد (جدول ۳).

طبق نتایج مطالعه کوچکی و ثابت تیموری (Koocheki & Sabet Teimouri, 2014)، بر ۴ سطح گروه وزنی پدازه‌ها نشان داده شد که بیشترین وزن خشک برگ از کاشت پدازه‌های ۸ تا ۱۲ گرم بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که پدازه‌های با وزن بالاتر توانسته‌اند که برگ‌ها بزرگتر و در نتیجه با وزن بالاتری را تولید نمایند و سبب افزایش وزن تر و خشک برگ در پدازه‌های گروه وزنی ۸/۱-۱۲ گرم گردد. پدازه‌های این گروه وزنی بدلیل داشتن قابلیت بیشتر در تولید مواد فتوسنتزی سبب بهبود در وزن خشک برگ زعفران شده است. همچنین مطابق با نتایج پژوهش حاضر کودهای زیستی با تثبیت و تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، تأثیر مطلوبی بر رشد رویشی برگ‌های زعفران داشته است. محققین علت تحریک در رشد برگ‌های زعفران را فراهم شدن میزان نیتروژن لازم از کودهای تثبیت کننده نیتروژن و سایر کودهای زیستی می‌دانند (Golzar Jahan Abadi et al., 2017).

متوسط طول برگ

طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها، تمامی تیمارهای مورد آزمایش بر متوسط طول برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). حداقل متوسط طول برگ (۲۱/۱۶ سانتی‌متر) از تیمار وزن پدازه ۰/۱-۴ گرم و عدم مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر طبق جدول اثرات سه گانه تیمارها مشاهده شد و حداکثر آن (۳۵/۵ سانتی‌متر) در تیمار وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف باکتری و عدم مصرف قارچ بدست آمد که افزایش ۶۴ درصدی در متوسط طول برگ به همراه داشت (جدول ۳).

در این راستا گزارش شده است، مصرف گروه‌های وزنی بالاتر پدازه‌های زعفران نقش مؤثری در افزایش متوسط طول برگ گیاهان داشته است. به صورتی که پدازه‌های ۱۰ تا ۱۲ گرم، بیشترین طول برگ (۲۶/۵۶ سانتی‌متر) و کمترین میزان این صفت (۲۳/۱۴ سانتی‌متر) را پدازه‌هایی با وزن ۴ تا ۶ گرم نشان داده است. استفاده از پدازه‌هایی با گروه‌هایی وزنی بالاتر به دلیل داشتن اندوخته غذایی بیشتر سبب تحت تأثیر قرار دادن رشد برگ‌ها و در نتیجه بهبود در طول برگ‌های زعفران شده است (Golzar Jahan Abadi et al., 2017).

طی نتایج جامی و همکاران (Jami et al., 2020) مشاهده شد که بیشترین طول برگ (۴۰/۶ سانتی‌متر) از تیمار مصرف ۸ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و ۱۰ گرم قارچ میکورایزا به ازای هر جایگاه کشت حاصل شد و کمترین میزان این صفت (۲۵/۳۳ سانتی‌متر طول برگ) از تیمار عدم مصرف قارچ میکورایزا بدست آمد. مصرف کود زیستی نیتروکسین به همراه کود اوره توانست تأثیر معنی‌داری بر صفت طول برگ زعفران داشته باشد. بیشترین طول برگ ۲۵/۸۲ سانتی‌متر و کمترین طول برگ زعفران ۲۱/۱۵ سانتی‌متر از تیمار شاهد گزارش شد (Golzad, 2008).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر صفات برگ زعفران

Table2. The ANOVA (mean of squares) of the effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron leaf traits

تغییرات منابع	درجه آزادی	تعداد برگ در بوته	متوسط وزن تر برگ	متوسط وزن خشک برگ	متوسط طول برگ
Source of variance	df	Number of leaf per plant	Fresh weight of leaf	Dry weight of leaf	Leaf length
تکرار	2	0.19 ^{ns}	0.00008 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.006 ^{ns}
Replication					
وزن پدازه	2	27.02 ^{**}	0.01 ^{**}	0.001 ^{**}	60.75 ^{**}
Corm weight					
قارچ میکورایزا	1	7.11 ^{**}	0.03 ^{**}	0.002 ^{**}	182.25 ^{**}
Mycorrhizal fungi					
باکتری ازتوباکتر	1	11.11 ^{**}	0.06 ^{**}	0.004 ^{**}	306.25 ^{**}
Azotobacter					
وزن پدازه × قارچ میکورایزا	2	0.86 [*]	0.002 ^{**}	0.00002 [*]	10.56 ^{**}
CM×MF					
وزن پدازه × باکتری ازتوباکتر	2	0.19 ^{ns}	0.003 ^{**}	0.00006 [*]	1.27 ^{**}
CM×AB					
قارچ میکورایزا × باکتری ازتوباکتر	1	0.11 ^{ns}	0.004 ^{**}	0.0007 ^{**}	113.77 ^{**}
MF×AB					
ازتوباکتر وزن پدازه × قارچ میکورایزا × باکتری	2	1.027 [*]	0.006 ^{**}	0.00006 [*]	6.298 ^{**}
CM×MF×AB					
خطا	22	0.194	0.00006	0.0007	0.059

Error

ضریب تغییرات

–

6.55

1.90

3.17

0.79

C.V (%)

ns, **, *: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر صفات مربوط به برگ زعفران

Table 3. Comparison of the mean interaction effect corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron leaf traits

وزن پدازه	قارچ میکورایزا	باکتری ازتوباکتر	تعداد برگ در بوته	متوسط وزن تر برگ	متوسط وزن خشک برگ	متوسط طول برگ
Corm weight (gr)	Mycorrhizal fungi	Azotobacter	Number of leaf per plant	Fresh weight of leaf (gr)	Dry weight of leaf (gr)	Leaf length (cm)
0.1-4	Fertilizer application	Fertilizer application	6.00 ^{cd}	0.42 ^{cd}	0.13 ^{cde}	33.33 ^c
0.1-4	Fertilizer application	No fertilizer application	5.00 ^{de}	0.41 ^d	0.12 ^e	32.50 ^d
0.1-4	No fertilizer application	Fertilizer application	5.33 ^{de}	0.43 ^c	0.12 ^{de}	31.33 ^e
0.1-4	No fertilizer application	No fertilizer application	4.66 ^e	0.30 ^g	0.09 ^g	21.16 ⁱ
4.1-8	Fertilizer application	Fertilizer application	8.00 ^b	0.43 ^c	0.13 ^{bc}	32.66 ^d
4.1-8	Fertilizer application	No fertilizer application	6.00 ^{cd}	0.41 ^d	0.13 ^{cde}	30.16 ^f
4.1-8	No fertilizer application	Fertilizer application	6.66 ^c	0.42 ^{cd}	0.13 ^{cd}	33.33 ^c
4.1-8	No fertilizer application	No fertilizer application	6.00 ^{cd}	0.32 ^f	0.10 ^f	22.66 ^h
8.1-12	Fertilizer application	Fertilizer application	9.33 ^a	0.57 ^a	0.16 ^a	37.00 ^a
8.1-12	Fertilizer application	No fertilizer application	8.66 ^b	0.42 ^{cd}	0.13 ^{bc}	33.50 ^c
8.1-12	No fertilizer application	Fertilizer application	8.33 ^b	0.45 ^b	0.14 ^b	35.50 ^b
8.1-12	No fertilizer application	No fertilizer application	6.66 ^c	0.35 ^e	0.11 ^f	28.16 ^g

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

وزن کل پدازه به همراه فلس

نتایج جدول (۴) در سال اول نشان داد، اثرات ساده تیمارها بر وزن کل پدازه به همراه فلس مؤثر بوده و در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. همچنین سایر اثرات متقابل تیمارها بر وزن کل پدازه به همراه فلس تأثیر معنی داری داشته‌اند. نتایج اثر متقابل مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر نشان داد که بیشترین وزن کل پدازه به همراه فلس از مصرف همزمان مصرف قارچ و باکتری به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثرات سه گانه تیمارها در سال اول نشان داد که، بیشترین وزن کل پدازه به همراه فلس (۲۳/۶۸ گرم) از وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف همزمان قارچ و باکتری حاصل شد، در صورتی که کمترین وزن کل پدازه به همراه فلس (۴/۲۳ گرم) از وزن پدازه ۰/۱-۴ گرم و عدم مصرف قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر مشاهده شد (جدول ۵).

طی مطالعه‌ای گزارش شد، که کاشت پدازه‌هایی با وزن بالاتر می‌تواند تأثیر مثبتی بر صفات مورد مطالعه پدازه‌های فرعی و عملکرد گل زعفران داشته باشد. در این مطالعه، پدازه‌های مادری ۷ تا ۹ گرم، بیشترین عملکرد پدازه در واحد سطح (۸۰۹ گرم در متر مربع) را به دست آورد (Hassanzadeh Aval et al., 2015) لذا می‌توان برای رسیدن به عملکرد بالاتر از پدازه‌هایی در گروه وزنی ۸/۱-۱۲ گرم استفاده کرد. مصرف کودهای زیستی نظیر قارچ میکورایزا آربوسکولار می‌تواند با افزایش تراکم ریشه و ترشح آنزیم فسفاتاز، سبب تبدیل فسفر غیر قابل جذب به فرم قابل جذب شود و همچنین با توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان، کارایی جذب عناصر غذایی از خاک و انتقال آن به پدازه‌ها را افزایش دهد و در نهایت سبب افزایش وزن کل پدازه مادری گردد. کاربرد پدازه‌های با وزن بالای ۷ گرم و مصرف قارچ میکورایزا توانست افزایش وزن کل پدازه‌های زعفران گردد (Bekhradiyaninasab et al., 2020). هر عامل تغذیه‌ای از جمله کودهای زیستی که بتواند سایر اجزای عملکردی گیاه را افزایش دهد می‌تواند سبب افزایش خصوصیات پدازه از جمله تعداد پدازه در بوته گردد و در نهایت عملکرد گل و کلاله زعفران را افزایش دهد (Besharati, 2022).

تعداد پداژک در پدازه مادری

طبق جدول (۴)، اثرات ساده و متقابل تیمارها بر تعداد پداژک در پدازه مادری در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. در نتایج اثرات سه گانه وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف همزمان قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر حداکثر تعداد پداژک در پدازه مادری (۵ عدد) مشاهده شد (جدول ۵).

در پژوهشی عنوان شد که، افزایش تعداد پداژک در پدازه مادری در نتیجه کاشت پدازه‌های بزرگتر (۹ تا ۱۰ گرم) بوده است. مصرف پدازه‌هایی با وزن بالاتر دلیل داشتن ذخیره غذایی بیشتر و افزایش سرعت رشد و جذب بالاتر عناصر غذایی سبب تولید تعداد پداژک بیشتری شده است (Koocheki et al., 2015). محققین دیگری نیز افزایش تعداد پداژک در پدازه مادری در نتیجه کاشت پدازه‌های بزرگتر را گزارش کردند (Sahabi et al., 2017; Golzari Jahan Abadi et al., 2017; Sharifi et al.,)

(2021; Khavari et al., 2016). در مطالعه‌ای مشخص شد که، مصرف قارچ میکورایزا به همراه کاشت پدازهایی با وزن بالاتر (۸/۱-۱۲ گرم)، تعداد پداژک در پدازه مادری را افزایش داد (Noori et al., 2023). در پژوهشی دیگر مصرف کود زیستی قارچ میکورایزا و فسفات بارور توانست اثر معنی‌داری بر تعداد پداژک در پدازه مادری در سطح احتمال ۵ درصد داشته باشد. مصرف قارچ میکورایزا (*Glomus mosseae*) سبب افزایش ۱۳ درصدی تعداد پداژک نسبت به عدم کاربرد کود قارچی شد (Bekhradiyaninasab et al., 2020). مصرف کودهای زیستی از جمله قارچ میکورایزا در جایگاه کاشت پدازه‌های زعفران سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک شده که با افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه و تبدیل عناصر غیرقابل جذب به فرم قابل جذب در افزایش رشد و عملکرد گیاهی نقش دارد. با دسترسی بیشتر گیاه به عناصر کم مصرف و پر مصرف، زیست توده کل افزایش می‌یابد و در زمان برگشت مجدد عناصر غذایی از برگ‌ها به پدازه زعفران، مواد غذایی بیشتری در اختیار پدازه‌ها قرار می‌گیرد و عملکرد پدازه از جمله تعداد پداژک در پدازه مادری را افزایش می‌دهد. در این راستا، مشخص گردید که تیمار مصرف پدازه‌هایی با وزن بالاتر به همراه مصرف قارچ میکورایزا توانست افزایش تعداد پداژک در پدازه مادری (۶۷ عدد در متر مربع) گردد (Noori et al., 2023). در پژوهش‌های کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014)، گزارش شد که استفاده از تیمار کودی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن سبب بیشترین تعداد پدازه در متر مربع نسبت به سایر تیمارهای کودی شد. هم‌چنین در بررسی اثر کودهای زیستی بر صفات کمی و کیفی گیاه زعفران در شهرستان زاوه مشخص شد که اثر ساده تیمار مصرف باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بر صفت تعداد پداژک در پدازه مادری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. تیمار پدازه‌های زعفران قبل از کشت با این باکتری‌ها سبب افزایش تعداد پدازه‌های دختری گردید (Poorreza & Amirshkari, 2020).

متوسط وزن پداژک اصلی

جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، معنی‌داری اثرات ساده تیمارها را بر متوسط وزن پداژک اصلی نشان داد. اثر متقابل وزن پدازه و باکتری ازتوباکتر و اثرات سه گانه تیمارها بر متوسط وزن پداژک اصلی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل تیمارها معنی‌داری را نشان ندادند (جدول ۴). از وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف باکتری ازتوباکتر بیشترین متوسط وزن پداژک اصلی (۱۸/۲۷ گرم) به‌دست آمد. در نتایج مقایسه میانگین اثرات سه گانه تیمارها، بین تیمار وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف همزمان قارچ و باکتری و تیمار وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم و مصرف قارچ میکورایزا بر متوسط وزن پداژک اصلی تفاوت معنی‌داری در سال اول مشاهده نشد (جدول ۵).

طبق نتایج مطالعه کوچکی و ثابت تیموری (Koocheki & Sabet Teimouri, 2014)، بر ۴ سطح گروه وزنی پدازه‌ها نشان داده شد که بیشترین وزن پدازه اصلی (۱۵ گرم) بود و از کاشت پدازه‌های مادری ۸ تا ۱۲ گرم به‌دست آمد. با مطالعه روی پدازه‌های

۸ تا ۱۰ گرم و کاربرد و عدم کاربرد باکتری مشخص شد که، مصرف باکتری باسیلوس سبب افزایش وزن پدازه مادری (۲۲/۴۸ گرم) شد و عدم مصرف باکتری سبب ایجاد کمترین وزن پدازه مادری (۹/۸۴ گرم) گردید (Salehi et al., 2022).

متوسط وزن پدازک فرعی

در جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده تیمارها بر متوسط وزن پدازک فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). در صورتی‌که در جدول تجزیه واریانس (۴) اثرات متقابل قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر معنی‌دار نبوده و سایر اثرات متقابل بر متوسط وزن پدازک فرعی معنی‌دار شدند. همچنین اثرات سه گانه تیمارها بر متوسط وزن پدازک فرعی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در نتایج مقایسه میانگین اثرات سه گانه تیمارها در سال اول، بیشترین و کمترین متوسط وزن پدازک فرعی (به ترتیب، ۳/۴۲ و ۰/۶۱۰ گرم) از تیمار وزن پدازه ۱۲-۸/۱ گرم و مصرف همزمان قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر و تیمار وزن پدازه ۴-۰/۱ گرم و عدم مصرف قارچ و باکتری حاصل شد (جدول ۵).

در مطالعه نوری و همکاران (Noori et al., 2023)، بیان شد که بیشترین وزن پدازک فرعی از تیمار پدازه‌هایی به وزن ۱۲-۸/۱ گرم و مصرف قارچ مایکورایزا به همراه مصرف اسید هیومیک بدست آمد. استفاده از پدازه‌هایی در گروه‌های وزنی بالاتر توانست تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد و عملکرد پدازک‌های فرعی در واحد سطح شده و لذا باعث افزایش در تعداد گل‌های زعفران، وزن تر و خشک کلاله و گل‌ها شود (Hassanzadeh Aval et al., 2015). نتایج آزمایش دیگری نیز حاکی از افزایش معنی‌دار وزن تر پدازه‌های دختری از کاشت پدازه‌های مادری با وزن بالاتر بود (Sahabiet al., 2017). در مطالعات دیگری نیز بر اثرات معنی‌دار و مثبت وزن پدازه مادری بالاتر در بهبود تعداد و متوسط وزن پدازک فرعی زعفران تأکید شد (Mollafilabi et al., 2014). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که وزن بالاتر پدازک فرعی مربوط به انتقال محتویات از پدازک اصلی می‌باشد و از طرفی پدازه به‌عنوان منبع ذخیره مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه در مراحل ابتدایی رشد مصرف می‌شود. رشد زودتر برگ‌های گیاه امکان استفاده بیشتر از نور و شرایط محیطی را امکان پذیر کرده و در نهایت سبب تولید پدازه‌های بزرگتری در پایان فصل رشد می‌شود.

متوسط قطر پدازک اصلی و فرعی

با توجه به جدول تجزیه واریانس، متوسط قطر پدازک اصلی تحت تأثیر تمامی اثرات ساده و متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۶). همچنین اثر ساده وزن پدازه و سایر اثرات متقابل بر متوسط قطر پدازک فرعی، در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، حداکثر متوسط قطر پدازک اصلی و فرعی (به ترتیب، ۳۷/۵۰ و ۲۱/۳۲ میلی‌متر) مربوط به تیمار وزن پدازه‌های ۱۲-۸/۱ گرم، مصرف قارچ مایکورایزا و مصرف باکتری ازتوباکتر در سال اول بود (جدول ۷).

طی پژوهشی کاربرد ۱۰ گرم قارچ میکورایزا و ۱۶ تن کود ورمی کمپوست در هکتار سبب افزایش معنی‌دار متوسط قطر پدازه‌های زعفران (۳/۲ سانتی‌متر) نسبت به عدم کاربرد قارچ گردید. می‌توان گفت که هیف‌های قارچ میکورایزا آربوسکولار از طریق افزایش تراکم سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح جذب ریشه‌ها، سبب کارایی بالاتر ریشه‌ها در جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف می‌شود و در نتیجه شاخص‌های رشدی و عملکردی پدازه از جمله متوسط قطر پدازک‌های اصلی و فرعی را افزایش می‌دهد (Jami et al., 2020). با مطالعه غلظت‌های مختلف باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بر روی پدازه‌های ۸ تا ۱۰ گرم مشاهده شد که بیشترین و کمترین میزان قطر پدازک اصلی به ترتیب از تیمار مصرف باکتری به غلظت 10^8 cfu/ml و عدم مصرف باکتری (به ترتیب، ۲۳/۶۹ و ۱۴/۸۵ میلی‌متر) گزارش شد. در این بررسی گفته شد که، مصرف باکتری‌های محرک رشد با افزایش میزان دسترسی ریشه گیاهان به عناصر غذایی کافی در بزرگ شدن و تقسیم سلولی مؤثر بوده و سبب افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردند (Salehi et al., 2022).

تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی

نتایج ارائه شده حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر ساده وزن پدازه در سطح احتمال یک درصد بر تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی و تعداد جوانه‌های کوچک می‌باشد. همچنین سایر اثرات متقابل نیز بر تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی (به جز اثرات متقابل وزن پدازه و مصرف ازتوباکتر) نتایج معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۶). در صورتی که تنها اثرات متقابل وزن پدازه و مصرف ازتوباکتر بر تعداد جوانه‌های کوچک معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار وزن پدازه ۸/۱۲-۱ گرم، عدم مصرف میکورایزا و مصرف باکتری ازتوباکتر در سال اول حداکثر تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی (۳ جوانه) مشاهده شد (جدول ۷).

وزن پدازه مادری نیز توانست تأثیر معنی‌داری بر تعداد جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی داشته باشد. به‌طوری‌که گزارش شد، پدازه‌هایی با وزن بیشتر تعداد جوانه و در نتیجه تعداد پدازه دختری بیشتری را تولید کرده‌اند (Amirshekari et al., 2006). در گزارش دیگر، بر انتخاب وزن مناسب پدازه‌ها برای فعال شدن جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی و درصد تولید گل‌های زعفران تأکید شد. پدازه‌های بالاتر از ۸ گرم می‌تواند درصد صفت مذکور را افزایش داده و نقش مهمی در عملکرد گل و پدازه زعفران داشته باشد (Bayat, 2015).

در پژوهشی بیان شد که کاربرد کودهای زیستی در زعفران سبب افزایش تعداد جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی در پدازه مادری می‌شود که این جوانه‌ها نقاط مریستمی هستند که می‌توانند مولد پدازه‌های دختری باشند و در نتیجه سبب افزایش تعداد پدازه‌های دختری در زعفران خواهند شد. همچنین در این گزارش مشاهده شد که با افزایش تعداد جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی، تعداد گل‌های پدازه افزایش یافت و سبب افزایش عملکرد گل و کلالة گیاه زعفران گردید (Behdani et al.,).

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن پدازه، قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر ویژگی‌های پدازه زعفران

Table 4. The ANOVA (mean of squares) of the effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron corm traits

تغییرات منابع	درجه آزادی	وزن کل پدازه به همراه فلس Total Corm weight with scale	تعداد پداژک در پدازه مادری Number of replacement corms	متوسط وزن پداژک اصلی Weight of corms	متوسط وزن پداژک فرعی Weight of replacement corms
Source of variance	df				
تکرار Replication	2	1.23 ^{ns}	0.11 ^{ns}	19.22 ^{ns}	0.006 ^{ns}
وزن پدازه Corm weight	2	584.96 ^{**}	16.02 ^{**}	484.83 ^{**}	4.47 ^{**}
قارچ مایکورایزا Mycorrhizal fungi	1	129.84 ^{**}	12.25 ^{**}	159.76 ^{**}	3.53 ^{**}
باکتری ازتوباکتر Azotobacter	1	30.74 ^{**}	4.69 ^{**}	29.59 [*]	3.68 ^{**}
وزن پدازه × قارچ مایکورایزا CM×MF	2	17.98 ^{**}	1.08 ^{**}	32.36 ^{ns}	0.52 ^{**}
وزن پدازه × باکتری ازتوباکتر CM×AB	2	3.48 [*]	0.52 [*]	15.45 [*]	0.32 [*]
قارچ مایکورایزا × باکتری ازتوباکتر MF×AB	1	18.16 ^{**}	0.50 [*]	57.76 ^{ns}	0.05 ^{ns}
وزن پدازه × قارچ مایکورایزا × باکتری ازتوباکتر CM×MF×AB	2	2.69 [*]	0.50 [*]	17.26 [*]	0.24 [*]
خطا Error	22	0.62	0.17	4.08	0.08
ضریب تغییرات	–	6.054	16.76	19.37	15.51

C.V (%)

ns, *, **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر ویژگی‌های پدازه زعفران

Table 5. Comparison of the mean interaction effect corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron corm traits

وزن پدازه	قارچ میکورایزا	باکتری ازتوباکتر	وزن کل پدازه به همراه فلس	تعداد پدازک در پدازه مادری	متوسط وزن پدازک اصلی	متوسط وزن پدازک فرعی
Corm weight (gr)	Mycorrhizal fungi	Azotobacter	Total Corm weight with scale (g)	Number of replacement corms	Weight of Corms (g)	Weight of replacement corms (g)
0.1-4	Fertilizer application	Fertilizer application	7.11 ^e	2.00 ^{ef}	5.58 ^{ef}	1.27 ^d
0.1-4	Fertilizer application	No fertilizer application	6.93 ^e	1.66 ^{efg}	6.59 ^{de}	1.40 ^d
0.1-4	No fertilizer application	Fertilizer application	5.28 ^e	1.33 ^{efg}	3.77 ^{ef}	1.29 ^d
0.1-4	No fertilizer application	No fertilizer application	4.23 ^f	1.00 ^g	2.06 ^f	0.61 ^e
4.1-8	Fertilizer application	Fertilizer application	14.85 ^c	3.00 ^{cd}	9.80 ^{cd}	2.52 ^b
4.1-8	Fertilizer application	No fertilizer application	14.83 ^c	2.33 ^{de}	11.08 ^c	1.74 ^{cd}
4.1-8	No fertilizer application	Fertilizer application	14.67 ^c	2.00 ^{ef}	13.33 ^{bc}	2.09 ^{bc}
4.1-8	No fertilizer application	No fertilizer application	10.00 ^d	1.33 ^{efg}	4.39 ^{ef}	1.40 ^d
8.1-12	Fertilizer application	Fertilizer application	23.68 ^a	5.00 ^a	21.15 ^a	3.42 ^a
8.1-12	Fertilizer application	No fertilizer application	22.59 ^{ab}	4.33 ^{ab}	21.02 ^a	2.38 ^b
8.1-12	No fertilizer application	Fertilizer application	18.56 ^b	3.66 ^{bc}	15.39 ^b	2.18 ^{bc}
8.1-12	No fertilizer application	No fertilizer application	14.47 ^c	2.00 ^{ef}	11.00 ^c	1.40 ^d

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر ویژگی‌های

پداژه زعفران

Table 6. The ANOVA (mean of squares) of the effect corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron corm traits

تغییرات منابع	درجه آزادی	متوسط قطر پداژک اصلی	متوسط قطر پداژک فرعی	تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی
Source of variance	df	Mean diameter of original cormles	Mean diameter of lateral cormles	Number of buds with flowering potential
تکرار	2	1.12 ^{ns}	2.15 ^{ns}	0.083 ^{ns}
Replication				
وزن پداژه	2	500.82 ^{**}	74.99 ^{**}	5.08 ^{**}
Corm weight				
قارچ میکورایزا	1	276.22 ^{**}	0.04 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Mycorrhizal fungi				
باکتری ازتوباکتر	1	40.91 ^{**}	0.04 ^{ns}	0.69 ^{ns}
Azotobacter				
وزن پداژه × قارچ میکورایزا	2	39.76 ^{**}	8.07 ^{**}	0.19 [*]
CM×MF				
وزن پداژه × باکتری ازتوباکتر	2	17.29 ^{**}	56.26 ^{**}	0.36 ^{ns}
CM×AB				
قارچ میکورایزا × باکتری ازتوباکتر	1	70.166 ^{**}	83.570 ^{**}	2.250 ^{**}
MF×AB				
وزن پداژه × قارچ میکورایزا × باکتری ازتوباکتر	2	3.401 ^{**}	44.700 ^{**}	1.583 ^{**}
CM×MF×AB				
خطا	22	0.382	0.685	0.053
Error				
ضریب تغییرات	–	2.27	6.40	16.25
C.V (%)				

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر ویژگی‌های پدازه زعفران

Table 7. Comparison of the mean interaction effect corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron corm traits

وزن پدازه Corm weight (gr)	قارچ میکورایزا Mycorrhizal fungi	باکتری ازتوباکتر Azotobacter	متوسط قطر پدازک اصلی Mean diameter of original cormles (mm)	متوسط قطر پدازک فرعی Mean diameter of lateral cormles (mm)	تعداد جوانه دارای پتانسیل گلدهی Number of buds with flowering potential
0.1-4	Fertilizer application	Fertilizer application	24.13 ^f	10.40 ^{ef}	1.00 ^c
0.1-4	Fertilizer application	No fertilizer application	26.90 ^e	11.64 ^e	1.00 ^c
0.1-4	No fertilizer application	Fertilizer application	17.63 ^h	10.74 ^{ef}	1.00 ^c
0.1-4	No fertilizer application	No fertilizer application	15.92 ⁱ	9.39 ^f	1.00 ^c
4.1-8	Fertilizer application	Fertilizer application	27.34 ^e	11.84 ^e	1.00 ^c
4.1-8	Fertilizer application	No fertilizer application	27.23 ^e	11.76 ^e	1.00 ^c
4.1-8	No fertilizer application	Fertilizer application	29.78 ^c	10.33 ^{ef}	1.33 ^c
4.1-8	No fertilizer application	No fertilizer application	21.63 ^g	17.92 ^b	1.00 ^c
8.1-12	Fertilizer application	Fertilizer application	37.50 ^a	21.32 ^a	2.00 ^b
8.1-12	Fertilizer application	No fertilizer application	36.81 ^a	10.81 ^{ef}	2.66 ^{ab}
8.1-12	No fertilizer application	Fertilizer application	33.31 ^b	14.15 ^d	3.00 ^a
8.1-12	No fertilizer application	No fertilizer application	28.40 ^d	15.83 ^c	1.00 ^c

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

In each column, means with the same letter are not different significantly at 5% probability level.

صفات مرتبط با گل

تعداد گل

نتایج سال دوم پژوهش نشان دهنده تأثیر معنی‌دار اثرات ساده و متقابل تیمارها بر تعداد گل در متر مربع می‌باشد، و تنها اثر

متقابل وزن پدازه و باکتری ازتوباکتر نتوانست تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشته باشد (جدول ۸). در جدول اثرات متقابل تیمارها در سال دوم مشخص شد که مصرف همزمان پدازه‌های ۸/۱-۱۲ گرم، قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر حداکثر تعداد گل در مترمربع (۹۶/۸۳ گل در متر مربع) را بدست آورد و کمترین میزان این صفت (۳۲ گل در مترمربع) از پدازه‌های ۴-۱۰/۱ گرم و عدم مصرف قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر بود، که با این نتیجه، بیش از ۲۰۲ درصد افزایش تعداد گل در متر مربع، بخاطر مصرف تیمارها حاصل شد (شکل ۱).

در طی تحقیقی گزارش شد، که از کاشت پدازه‌های با وزن بالاتر تعداد گل‌های بیشتری تولید شد، بطوری‌که بالاترین تعداد گل از پدازه‌هایی به وزن ۱۰ تا ۱۲ گرم و کمترین آن از پدازه‌های ۴ تا ۶ گرم بدست آمد (Golzari Jahan Abadi et al., 2017). همچنین در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که، پدازه‌های مادری در گروه‌های وزنی بالاتر توانست تعداد و وزن گل تر و همچنین عملکرد کلالة زعفران را بهبود بخشد. (Sahabi et al., 2017). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2018) نشان داد که افزایش وزن پدازه مادری بر تمام خصوصیات زایشی و رویشی زعفران تأثیرات مثبتی دارد و پدازه‌هایی با متوسط وزن بالاتر به دلیل برخورداری از مواد ذخیره‌ای بیشتری و پتانسیل بالاتر برای فعال کردن جوانه‌های رویشی و زایشی، تعداد گل بیشتری را تولید کردند. در مطالعه نقش قارچ مایکورایزا بر صفات گل زعفران مشخص گردید که اثر ساده مصرف قارچ مایکورایزا آربوسکولار نتوانست بر صفت تعداد گل‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری را نشان دهد. همچنین عدم مصرف قارچ سبب کمترین تعداد گل زعفران شد (Habibi et al., 2021). کاربرد سه گانه کودهای زیستی ازتوباکتر و باسیلوس سوبتیلیس و سودوموناس باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل‌های زعفران نسبت به تیمار شاهد شد (Alizadeh et al., 2021). همچنین گزارش شد که بیشترین تعداد گل از تیمار مصرف ۲/۰ درصد ازتوباکتر بدست آمد. در این پژوهش، بیشترین و کمترین تعداد گل به ترتیب ۵۳/۲ و ۴۱ گل در متر مربع گزارش شد (Kheiry et al., 2018). در آزمایشی دیگر گزارش شد که مصرف باکتری *Bacillus subtilis* نتوانست تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل‌های مزرعه داشته باشد. بیشترین تعداد گل در مدت زمان برداشت گل‌ها از مصرف غلظت 10^8 باکتری باسیلوس بدست آمد (Salehi et al., 2022). با توجه به وجود رابطه‌ای مستقیم بین وزن پدازه با قابلیت تولید گل، مصرف کودهای زیستی در جهت افزایش وزن پدازه‌ها می‌تواند باعث افزایش تعداد گل‌های زعفران شود. همچنین مصرف کودهای زیستی به همراه مصرف پدازه‌های مادری با وزن بالاتر نتوانست تأثیرات مثبتی بر تعداد گل‌های زعفران داشته باشد.

عملکرد گل

طبق نتایج سال دوم در جدول (۸) نشان داد که اثرات ساده و متقابل بر عملکرد گل تأثیر معنی‌داری داشتند و تنها اثر متقابل وزن پدازه و باکتری ازتوباکتر تأثیر معنی‌داری نداشت. تیمار ترکیبی وزن پدازه ۸/۱-۱۲ گرم با مصرف قارچ مایکورایزا عملکرد

گل را افزایش داد. مطابق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، حداکثر عملکرد گل (۳۷/۶۶ گرم در مترمربع) را تیمار گروه وزنی ۱۲-۸/۱ گرم، مصرف قارچ مایکورایزا و مصرف باکتری ازتوباکتر در سال دوم نشان داد (شکل ۲).

در پژوهشی بیان شد که، عملکرد تر گل در هکتار در پدازه‌های مادری با وزن بالاتر (۹ تا ۱۰ گرم) به مراتب بیشتر از پدازه‌های با وزن پایین‌تر (۴ تا ۵ گرم) بوده است (Koocheki et al., 2015). در مطالعات دیگری نیز محققین (Khavari et al., 2016)، دریافتند که وزن پدازه زعفران می‌تواند تأثیر زیادی بر عملکرد آن داشته باشد (Khavari et al., 2016; Sahabi et al., 2017; Mardani Asl et al., 2018).

نتایج بررسی نوع مصرف کودهای زیستی نیز نشان داد که مصرف جداگانه کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره به همراه مصرف مقدار کمی از کودهای شیمیایی توانست سبب افزایش عملکرد زعفران شود (Golzad, 2008). در پژوهشی بیشترین میزان عملکرد در تیمار تلقیح همزمان گیاه با قارچ مایکورایزا و باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در نظام کم نهاده و نیز تیمار شاهد در نظام پرنهاده بدست آمد (Jahan et al., 2008). مصرف کود زیستی باکتریایی نیز توانست سبب افزایش عملکرد گل زعفران در طی هر دو سال مورد بررسی شود. این کود زیستی توانست با دسترسی متعادل گیاه به عناصر مورد نیاز، سبب افزایش رشد رویشی شده و در نتیجه رشد زایشی گیاه را تحت تأثیر مثبتی قرار دهد (Salehi et al., 2022). بطور کلی کاربرد ریزجانداران ریزوسفری با توانایی نیتروژن اتمسفری، سبب افزایش دسترسی به عناصر غذایی در ناحیه اطراف ریشه‌های گیاه شده و این همزیستی مفید سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود.

عملکرد کلالة تازه و خشک

مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم، تأثیر معنی‌دار تمامی اثرات ساده و متقابل تیمارها بر عملکرد کلالة تازه و خشک را نشان داد (جدول ۸). طبق شکل (۳ و ۴) اثرات سه گانه تیمارها در سال دوم، حداکثر عملکرد کلالة تازه و خشک (به ترتیب، ۲/۳۲ و ۰/۵۸ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار وزن پدازه ۱۲-۸/۱ گرم، مصرف قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر است و کمترین میزان عملکرد کلالة تازه و خشک (به ترتیب، ۰/۴۴ و ۰/۰۴ گرم در مترمربع) را تیمار گروه وزنی ۴-۰/۱ گرم و عدم مصرف قارچ مایکورایزا و ازتوباکتر نشان داد.

طبق نتایج مطالعه کوچکی و ثابت تیموری (Koocheki & Sabet Teimouri, 2014)، بر ۴ سطح گروه وزنی پدازه‌ها نشان داده شد که بیشترین عملکرد کلالة زعفران (۰/۶۲ گرم در متر مربع) از کاشت پدازه‌های ۸ تا ۱۲ گرم بدست آمد. همچنین در گزارش دیگری آمده است که بیشترین میزان عملکرد کلالة خشک به همراه خامه (۰/۲۵ گرم در متر مربع) از پدازه‌هایی در گروه وزنی بیشتر از ۱۵ گرم بدست آمد (Sahabi et al., 2017). سایر محققین نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (Mardani Asl et al., 2018; Ansaryan Mahabadi et al., 2019). در نتایجی مشابه گزارش شد که مصرف قارچ مایکورایزا به همراه

آبیاری کامل توانست سبب ایجاد افزایش عملکرد تر و خشک کلاله‌های زعفران نسبت به شاهد گردد (Habibi et al., 2021).

کود زیستی باکتری باسیلوس توانست در پژوهشی میزان وزن کلاله تازه و خشک زعفران را بطور معنی‌داری افزایش دهد. در این بررسی، بیشترین و کمترین وزن کلاله خشک به میزان ۷/۱۳ و ۶/۱۴ گرم در متر مربع گزارش شده است (Salehi et al., 2022). طی بررسی اثرات کود زیستی و شیمیایی نیتروژن بر عملکرد زعفران نیز گزارش شد، که کود زیستی نیتروکسین توانست عملکرد کلاله و خامه خشک زعفران را نسبت به شاهد به میزان ۸۳ درصد افزایش دهد (Golzad, 2008).

می‌توان گفت، با کاشت پدازهایی با گروه وزنی بالاتر، بدلیل داشتن اندوخته غذایی بیشتر و استقرار زودتر پدازه و ریشه‌ها در خاک، گیاه فرصت بیشتری برای استفاده از نور و عوامل محیطی و غذایی پیدا می‌کند و در نتیجه عملکرد گیاه از جمله عملکرد کلاله‌ها افزایش می‌یابد. برگ‌های گیاه زعفران منبع مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای پدازه‌ها می‌باشد و کاهش تعداد آن‌ها سبب کاهش فتوسنتز، تولید و انتقال مواد غذایی به پدازه‌های زعفران می‌شود و در نهایت عملکرد کلاله‌های زعفران کاهش پیدا می‌کند (Khazaei et al., 2013).

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر صفات گل زعفران در سال دوم

Table 8. The ANOVA (mean of squares) of the effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron flower traits in two year

تغییرات منابع	درجه آزادی	تعداد گل در متر مربع	عملکرد گل	عملکرد کلاله تازه	عملکرد کلاله خشک
Source of variance	df	Number of flower per m2	Yield of flower	Fresh yield of stigma	Dry yield of stigma
تکرار	2	67.84 ^{ns}	1.92 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Replication					
وزن پدازه	2	1129.04 ^{**}	156.21 ^{**}	1.16 ^{**}	0.08 ^{**}
Corm weight					
قارچ میکورایزا	1	189.06 [*]	67.50 [*]	1.63 ^{**}	0.14 ^{**}
Mycorrhizal fungi					
باکتری ازتوباکتر	1	269.50 [*]	78.34 [*]	1.41 ^{**}	0.11 ^{**}
Azotobacter					
وزن پدازه × قارچ میکورایزا	2	665.43 ^{**}	112.23 ^{**}	0.40 ^{**}	0.03 ^{**}

CM×MF

وزن پدازه × باکتری ازتوباکتر

2	63.46 ^{ns}	11.77 ^{ns}	0.18 ^{**}	0.01 ^{**}
---	---------------------	---------------------	--------------------	--------------------

CM×AB

قارچ مایکورایزا × باکتری ازتوباکتر

1	1566.84 ^{**}	160.16 ^{**}	0.13 ^{**}	0.01 ^{**}
---	-----------------------	----------------------	--------------------	--------------------

MF×AB

وزن پدازه × قارچ مایکورایزا × باکتری

ازتوباکتر

2	1076.29 ^{**}	151.53 ^{**}	0.27 ^{**}	0.02 ^{**}
---	-----------------------	----------------------	--------------------	--------------------

CM×MF×AB

خطا

22	41.59	7.70	0.01	0.006
----	-------	------	------	-------

Error

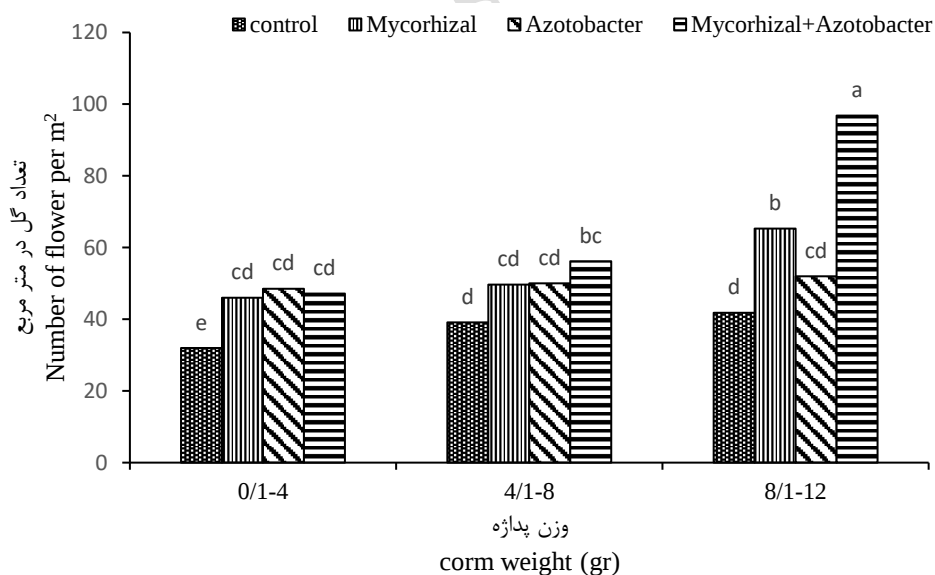
ضریب تغییرات

--	12.18	13.61	12.02	11.69
----	-------	-------	-------	-------

C.V (%)

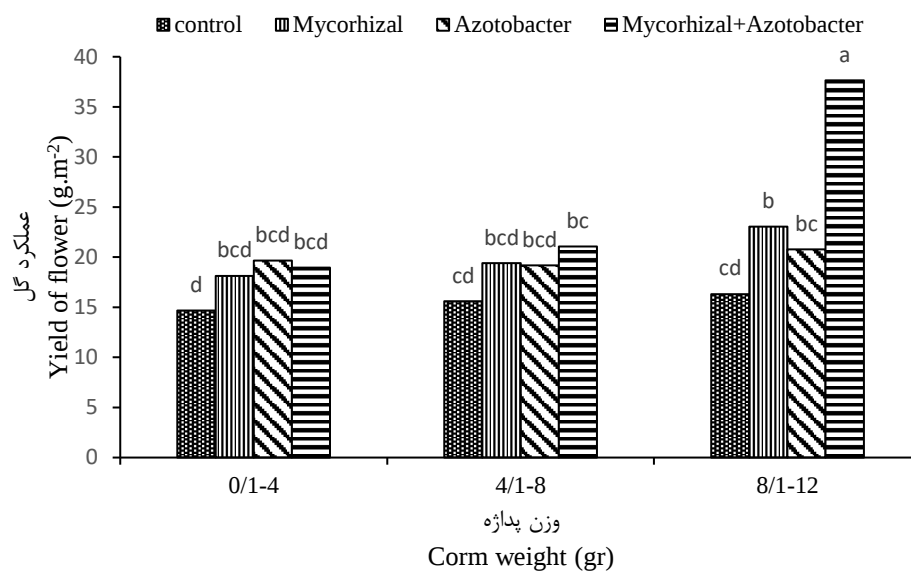
ns, *, **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

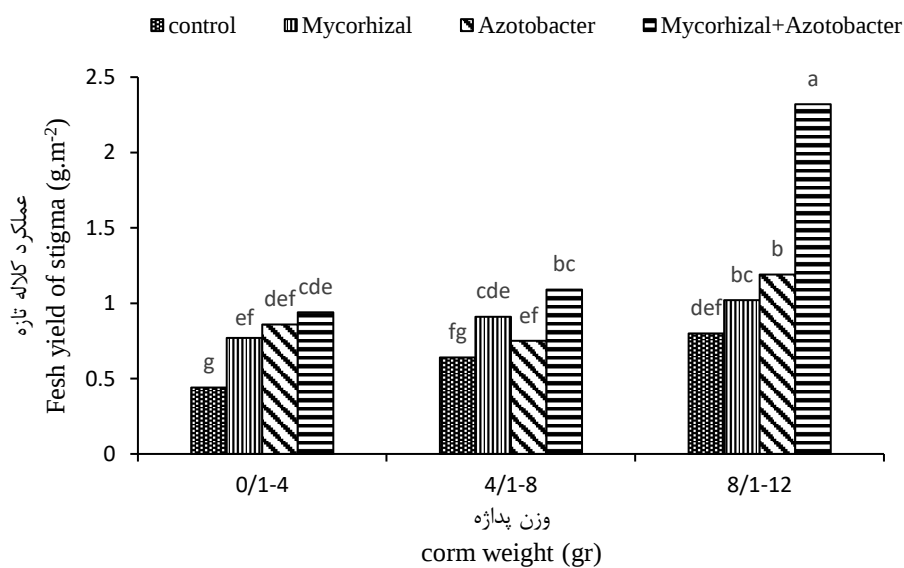


شکل ۱. اثر متقابل وزن پدازه، قارچ مایکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر تعداد گل زعفران در سال دوم

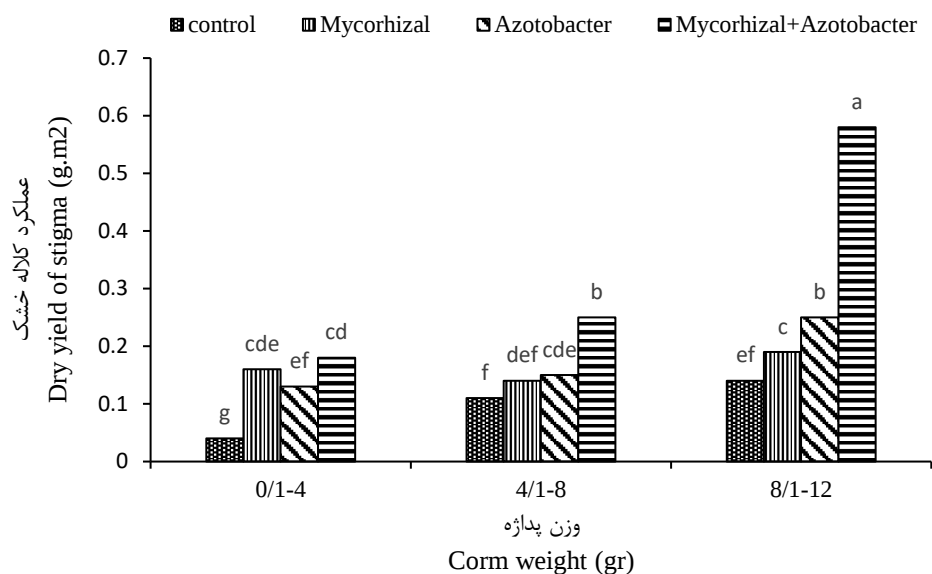
Figure 1. Interaction effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron flower number in two year



شکل ۲. اثر متقابل وزن پداژه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر عملکرد گل زعفران در سال دوم
 Figure 2. Interaction effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron flower yield in two year



شکل ۳. اثر متقابل وزن پداژه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر عملکرد کلاله تازه زعفران در سال دوم
 Figure 3. Interaction effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron fresh yield of stigma in two year



شکل ۴. اثر متقابل وزن پدازه، قارچ میکورایزا و باکتری ازتوباکتر بر عملکرد کلاله خشک زعفران در سال دوم
Figure 4. Interaction effect of corm weight, mycorrhizal fungi and Azotobacter bacteria on saffron fresh yield of stigma in two year

نتیجه‌گیری

کاربرد همزمان باکتری ازتوباکتر و تلقیح پدازه‌های با وزن ۸/۱-۱۲ گرم با قارچ میکورایزا سبب بهبود در رشد و عملکرد زعفران شد. بنابراین مصرف کودهای زیستی و توسعه هیف‌های قارچ میکورایزا در خاک زمین‌های کشاورزی از جمله در جایگاه کاشت پدازه‌های زعفران، می‌تواند سبب بهبود کارایی کشت زعفران شود و کاهش خسارت‌های ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی گردد.

منابع

- Alizadeh, M. B., Shafaroodi, A., & Ebadi, A. (2021). Evaluation of quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in response to organic, chemical and biological fertilizers in climatic conditions of ardabil province. *Crop Physiology Journal*, 13(49), 129-147. [in Persian with English Summary].
- Amirshakari, H., Sorooshzadeh, A., Modarress Sanavy, A., & Jalali Javaran, M. (2006). Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Biology Journal*, 19(1), 5-18.
- Ansaryan Mahabadi, S., Allah dadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2019). Effect of corm priming with salicylic acid and mother corm weight on flowering and qualitative characteristics of saffron stigma. *Saffron Agronomy and Technology*, 7(1), 41-53. [in Persian with English Summary].
- Badr, M. A., El-Tohamy, W. A., About-Hussein, S. D., & Gruda, N. S. (2020). Deficit irrigation and arbuscular mycorrhiza as a water-saving strategy for eggplant production. *Horticulturae*, 6(3), 45.
- Bayat, M. (2015). Study of genetic diversity, effects of nano fertilizers and maternal corm sizes on agronomical and quality traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Thesis of doctor of philosophy in agronomy – crop ecology, faculty of agriculture, urmia university.

- Behdani, M. A., Al-Ahmadi, M. J., & Fallahi, H. R. (2016). Biomass partitioning during the life cycle of saffron (*Crocus sativus* L.) using regression models. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 19(1), 71-76
- 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 cormlets in Yasouj region. *Journal of Saffron Research*, 8(1), 99-113. [in Persian with English Summary].
- Besharati, H. (2022). Plant growth-promoting bacteria and their application in agriculture. *Journal of Sol Biology*, 10(2), 135-162. [in Persian with English Summary].
- 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.
- Feli, A., Maleki Farahani, S., & Besharati, H. (2018). The effect of urea fertilizer and different organic and bio-fertilizers on quantitative and qualitative yield and some soil properties in Saffron cultivation. *Journal of Crops Improvement*, 20(2), 345-356. [in Persian with English Summary].
- Golzad, A. (2008). Evaluating the effect of chemical and biological nitrogen fertilizers on saffron yield. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Shahed University.
- Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M. A., Sayyari Zahan, M. H., & Khorramdel, S. (2017). Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 4(2), 172-186. [in Persian with English Summary].
- Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J.M., Haselwandter, 2002. Mycorrhizal Technology in Agriculture: From Genes to Bioproducts. Book. ISBN: 978-3-0348-9444-9.
- Habibi, M., Zaefarian, F., Rejali, F., & Bagheri, N. (2021). Effect of irrigation regimes and arbuscular mycorrhizal fungus on some agronomic traits of saffron (*Crocus sativus* L.) in different planting media. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 52(4), 115-126. [in Persian with English Summary].
- Hasan, A. L. (2021). The Effect of Different Biostimulants Applications on Corm Characters of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Academic Research in Life Sciences for Sustainability*; Artikel Akademi: Istanbul, Turkey, 123-135.
- Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bannayan Aval, M., & Khorasani, R. (2015). Effects of maternal corm weight and foliar application on replacement corm characteristics and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year. *Journal of Saffron Research*, 2(1), 73-84. [in Persian with English Summary].
- Hokmalipour, S. (2017). Evaluate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and some agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, 9(28), 133-144. [in Persian with English Summary].
- Jahan, M., Koocheki, A., & Nassiri Mahalati, M. (2008). The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. *Journal of Field Crops Research*, 5(1), 53-67. [in Persian with English Summary].
- Jami, N., Rahimi, A., Sedaghati, E., & Naghizadeh, M. (2020). Effects of mycorrhiza inoculation and vermicompost levels on some nutrient concentrations and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.) under Kerman climatic conditions. *Journal of Saffron Research*, 7(2), 217-234. [in Persian with English Summary].
- Khavari, A., Behdani, M. A., Zamani, G. R., & 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 with English Summary].

- Khazaei, M., Monfared, M., Kamgar Haghighi, A. A., & Sepaskhah, A. (2013). The trend of change for weight and number of saffron corms as affected by irrigation frequency and method in different years. *Journal of Saffron Research*, 1(1), 48-56. [in Persian with English Summary].
- Kheiry, A., Parsa, H., Sani Khani, M., & Razavi, F. (2018). Effect of bio-fertilizers and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of tepals in saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 6(3), 309-322. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Jamshid Eyni, M., & Seyyedi, S. M. (2015). The effects of mother corm size, manure and chemical fertilizers on replacement corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 2(1), 34-46. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Molafilabi, A., & Noroozian, A. (2018). Effects of extensive range of corm weights on saffron (*Crocus sativus* L.) growth and flowering. *Journal of Agroecology*, 10(3), 635-646. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., & Sabet Teimouri, M. (2014). Effect of age of farm, corm size and manure fertilizer treatments on morphological criteria of saffron (*Crocus sativus* L.) under Mashhad conditions. *Applied Field Crops Research*, 27(105), 148-157. [in Persian with English Summary].
- Koocheki, A., Fallahi, H., Amiri, M. B., & Ehyaei, H. (2014). 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 with English Summary].
- Mahfouz, S. A., & Sharaf-Eldin, M. A. (2015). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel [*Foeniculum vulgare* Mill.]. *International Agrophysics*, 21(4), 361-366.
- Mardani Asl, S. A., Movahhedi Dehnavi, M., Salehi, A., & Yadavi, A. (2018). Effect of corm weight and planting density on saffron (*Crocus sativus* L.) yield between apple trees in Firouzabad of Yasouj. *Journal of Saffron Research*, 6(1), 89-102. [in Persian with English Summary].
- Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., & Nassiri Mahallati, M. (2014). Effect of plant density and corm weight on yield and yield components of saffron (*Crocus sativus* L.) under soil, hydroponic and plastic tunnel cultivation. *Saffron Agronomy and Technology*, 1(2), 14-28. [in Persian with English Summary].
- Noori, A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Khorramdel, S. (2023). Effects of mycorrhiza inoculation, mother corm weight and humic acid on daughter corm and flower yield of saffron. *Journal of Saffron Research*, 11(1), 48-65. [in Persian with English Summary].
- Poorreza, A., & Amirshkari, H. (2020). Effects of organic, biological fertilizers and summer irrigation on quantitative and qualitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Zaveh city. *Journal of Saffron Research*, 7(2), 269-282. [in Persian with English Summary].
- Sadrabadi Haghighi, R., & Ghavi, M. (2015). Effect of the foliar application of biological, biostimulator and chemical fertilizers on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Crop Production*, 8(3), 139-158. [in Persian with English Summary].
- Sahabi, H., Jahan, M., Kochaki, A., & Nasiri, M. (2017). Effect of mother corm weight and foliar application of nutrients on flower and corm yield of Spanish and Iranian saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 5(2), 123-131. [in Persian with English Summary].
- Salehi, F., aelaei, M., Mortazavi, S. N., Salami, S. A., & Rezadoost Chahardeh, H. (2022). Study of morphophysiological attributes of two saffron ecotypes treated with *Bacillus subtilis* under Zanzan climatic conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(1), 15-30. [in Persian with English Summary].
- Sanayei, S., Barmaki, M., Ebadi khazine Gadim, A., & Torabi Giglou, M. (2020). Effect of drought stress and inoculation of mycorrhizal fungi and *Pseudomonas* spp. On some morpho-physiological characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdaiiffa* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(2), 71-89. [in Persian with English Summary].

- Sharifi, H., nabipour, Z., & Tavakkoli Kakhki, H. R. (2021). Evaluation of the effect of compensatory behavior of planting density, mother corm weight and planting depth on vegetative characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology*, 9(3), 227-248.
- Vafae, M., Golchin, A., Moradi, F., Shariatzade, A. (2020). The Effect of Growth Hormones and Mycorrhizal Fungi on the Yield of Potato Plant (Agria Cultivar). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(7), 1623-1635. [in Persian with English Summary].
- Xavier, L. J. C., & Germida, J. J. (2012). Response of lentil under controlled conditions to co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia varying in efficacy. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(2), 181-188.

پذیرفته شده نهایی - قبیل از چاپ