

تأثیر همزیستی با قارچ میکوریزا *Funneliformis mosseae* بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

عطیه زند^۱، حسین ریاحی^{۱*}، سیما زنگنه^۲ و زینب شریعتمداری^۱

۱- دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زیستی، تهران
۲- مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، بخش رستنی‌ها، تهران
* - نویسنده مسئول: E-mail: kochia67@yahoo.com

زند، ع.، ریاحی، ح.، زنگنه، س.، و شریعتمداری، ز.، ۱۳۹۳. تأثیر همزیستی با قارچ میکوریزا *Funneliformis mosseae* بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه پژوهش‌های زعفران. ۲(۲): ۱۵۱-۱۴۱.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۵

چکیده

قارچ‌های تشکیل دهنده میکروفلور خاک قادرند تا علاوه بر تسهیل جذب عناصر معدنی، موجب کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول شوند. در این مطالعه، نمونه‌های خاک از یک مزرعه زعفران واقع در شهرستان شهریار جمع‌آوری و میزان pH، درصد همزیستی ریشه‌ها و تعداد اسپور قارچ میکوریزا در فصول مختلف در خاک بستر رویشی پیاز زعفران بررسی گردید. بر اساس خصوصیات مورفولوژیک، در مجموع، نه گونه قارچ میکوریزایی در میکروفلور زعفران جداسازی و شناسایی شد. در بخش دیگری از این تحقیق، تأثیر قارچ *Funneliformis mosseae* بر رشد رویشی گیاه زعفران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه گیاهان تیمار شده با میکوریزا در سطح احتمال $p \leq 0.05$ نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، گیاه تقدینه، کود زیستی، میکروفلور

مقدمه

کودهای بیولوژیکی در برگیرنده گروهی از باکتری‌ها یا قارچ‌ها هستند که توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و افزایش قابلیت جذب فسفات موجود در خاک توسط گیاه را دارند (Narula et al., 2000; Sahu & Jana, 2000). با استفاده از این کودها خاک حاصلخیز گردیده و به دنبال آن محصول گیاهان افزایش می‌یابد. از طرفی، کودهای زیستی به طور طبیعی میکروارگانیسم‌های موجود در خاک را فعال می‌کنند که این امر موجب حفاظت از گیاه در برابر خشکی و عوامل بیماری‌زا می‌گردد (Han, 2006). کودهای بیولوژیکی شامل کودهای باکتریایی، میکوریزایی و جلبکی هستند.

همزیستی میکوریزایی یکی دیگر از شناخته‌شده‌ترین، گسترده‌ترین و در عین حال، مهم‌ترین روابط همزیستی موجود در کره زمین است (Allen, 1991). از آنجایی که قارچ‌های میکوریزایی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و به خصوص از منابع غیرقابل دسترس آنها می‌شوند، به این گروه از میکروارگانیسم‌ها کود زیستی^۱ گفته می‌شود (Chamola & Mukerji, 2003). در نتیجه این همزیستی، عناصر غذایی با سهولت بیشتری توسط گیاه جذب می‌شوند و قارچ همزیست نیز ترکیبات کربنه حاصل از فتوسنتز گیاه میزبان را جذب می‌نماید (Harly & Smith, 1983). عقیده بر این است که قارچ‌های میکوریزایی می‌توانند جایگزین خوبی برای بخشی از کودهای شیمیایی مصرف شده در اکوسیستم‌های مختلف باشند (Chamola & Mukerji, 2003). قارچ‌های میکوریزا از جمله مهم‌ترین قارچ‌های همزیست با گیاهان هستند که در افزایش قابلیت جذب کردن عناصر غذایی و مبارزه بیولوژیکی با دشمنان طبیعی محصولات زراعی نقش دارند. ویژگی کلیدی این همزیستی، وجود ساختار آربوسکول است که به عنوان ساختاری مکنده، مشابه با ساختار مکنده قارچ‌های انگلی، درون سلول‌های غشایی ریشه تشکیل شده به نوعی واسطه همزیستی و مبادله غذایی میان قارچ و گیاه است (Smith et al., 1997).

زعفران با نام علمی *Crocus sativas* var. *officinalis* L. گیاهی از خانواده زنبقیان (Iridaceae) است. این گیاه از گذشته در صنایع مختلف از جمله صنایع دارویی و غذایی کاربرد داشته است. زعفران گیاهی سازگار با خاک‌های کم آب است که با دما و شرایط آب و هوایی گرم سازگار بوده و قادر است روی خاک‌های ماسه‌ای، رسی، شنی و خشک رشد کند. محیط‌های مدیترانه‌ای بهترین مناطق تولید زعفران در جهان هستند (Negbbi, 1999). نزدیک به ۸۰٪ از محصول سالانه زعفران جهان در ایران تولید می‌شود، چرا که ایران، مناطقی خشک و نیمه خشک و با شوری مناسب برای کشت زعفران دارد (Kafi et al., 2002). با توجه به ارزش بالای اقتصادی کشت گیاه زعفران در ایران، دستیابی به حداکثر محصول از اهداف بزرگ کشاورزی به شمار می‌آید. به همین منظور، در این مطالعه تأثیر کود بیولوژیکی میکوریزایی بر این گیاه دارویی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی شناسایی قارچ‌های میکوریزایی موجود در ریزوسفر گیاه زعفران و نیز بررسی تعداد اسپور قارچ‌های میکوریزا و pH خاک در فصول مختلف انجام گرفت. علاوه بر شناسایی میکروفلور ریزوسفر زعفران، تأثیر تیمارهای قارچ مایکوریزا، *Funneliformis mosseae* (Nicolson & Gerd, 1963) بر پارامترهای رویشی گیاه زعفران بررسی شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در فصل تابستان (ماه‌های مرداد و شهریور)، فصل پائیز (ماه‌های مهر، آبان، آذر) سال ۱۳۹۰ از یک مزرعه زعفران واقع در شهرستان شهریار (استان تهران) انجام شد. بدین صورت، جمع‌آوری نمونه‌های خاک به صورت تصادفی و بر اساس تکنیک رانگسوامی (Rangaswamy, 1966) انجام گرفت. نمونه‌های خاک پیرامون ریشه‌های گیاه نیز به صورت اختصاصی جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. جهت بررسی میزان همزیستی ریشه‌ها، از روش لیندرمن و بیرمن (Linderman & Bierman, 1981) استفاده شد و سپس ریشه‌ها با روش هیمن و فیلپس (Hayman & Phillips, 1970) رنگ‌آمیزی شد. جداسازی اسپورها به روش الک تر صورت گرفت. نیکلسون و گردمان (Nicolson & Gerd, 1963)

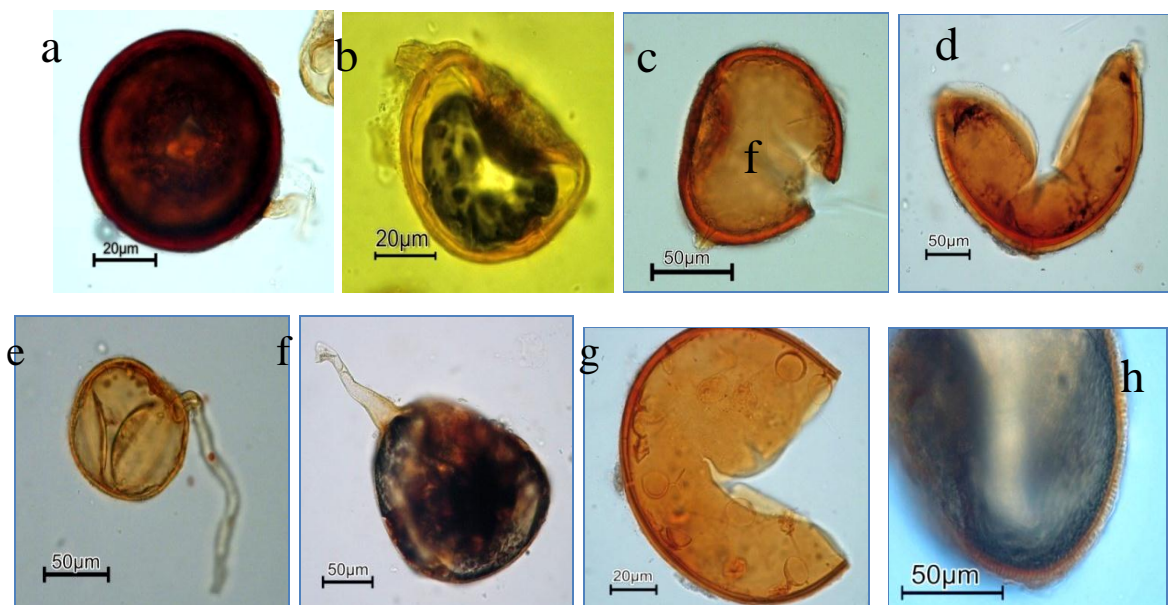
در آزمایشگاه علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت.

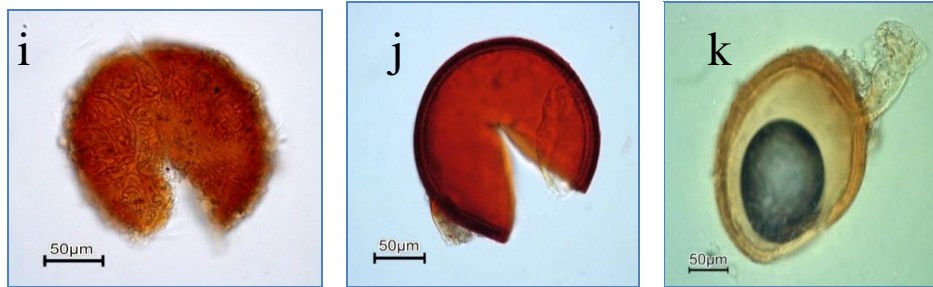
نتایج و بحث

به منظور شناسایی فلور قارچی، نمونه خاک نواحی پیرامونی پیازهای زعفران، موجود در مزرعه زعفران، بررسی شد. شناسایی قارچ‌ها بر اساس صفات مربوط به اندازه و رنگ اسپور، ریشه متصل به اسپور، لایه‌های دیواره سلولی اسپور و اسپوروکارپ (در صورت وجود)، انجام شد. در مجموع، نه گونه قارچ اندومیکوریزایی در ریزوسفر گیاه زعفران در منطقه شهریار شناسایی شدند (شکل ۱). این گونه‌ها عبارتند از:

Claroideoglosum etunicatum Becker & Gerd. (1977), *Septoglosum constrictum* (Trappe), Silva & Oehl (1977), *Glomus aggregatum* Schenck & Smith. (1982), *Funneliformis caledonium* Nicolson & Gerd. (1968), *Glomus microaggregatum* Koske & Gemma & Olexia (1986), *Entrophospora infrequens* (Hall), Ames & Schneid (1979), *Funneliformis mosseae* Nicolson & Gerd. (1968), *Glomus fasciculatum* Gerd. & Trappe (1974), *Glomus tortusum* Schenck & Smith. (1982).

(1963) برای شناسایی اسپورهای قارچی از کتب کلید شناسایی و وبسایت‌های معتبر اینترنتی استفاده شد (Scheneck & Preze, 1988; <http://invam.caf.wvu.edu>) برای تعیین میزان رنگیزه‌های گیاهی از روش لیچتندر (Lichtenther, 1987) استفاده شد و سپس جذب رنگیزه‌های گیاهی اعم از کلروفیل a و کلروفیل b با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۶، ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای بررسی تأثیر تلقیح قارچ بر گیاه زعفران، آزمایشی گلدانی در دو گروه شاهد و تیمار قارچی در نظر گرفته شد. کشت گیاهان در شرایط گلخانه‌ای و در دمای روزانه ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۱۵-۱۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد. خاک استریل شده به عنوان بستر رویشی گیاه به همراه قارچ میکوریزایی (*F. mosseae*) خریداری شده از شرکت زیست فناوری توران برای گلدان‌های تیمار شده با میکوریزا در نظر گرفته شد. کاشت پیازهای زعفران در اواسط تیر ماه (۲۵ تا ۳۰ تیر ماه) انجام شد. دو نمونه از خاک گلدان‌های تیمار شده (میکوریزا و شاهد) به همراه خاک مزرعه زعفران جهت آنالیز مقدار عناصر N, P, K,





شکل ۱- مجموعه نمونه‌های قارچ میکوریزا همزیست ریشه زعفران: a: *Funneliformis caledonium*, b,c,d: *Claroideoglosum etunicatum*, e: *Glomus microaggregatum*, f: *Funneliformis mosseae*, g: *Glomus aggregatum*, h: *Entrophospora infrequens*, i: *Glomus tortusum*, j: *Septoglosum constrictum*, k: *Glomus fasciculatum*.

فراوانی اسپورهای *F. mosseae*, *G. fasciculatum*, *G. tortusum*, *Entrophospora infrequens* می‌باشد که ۳٪ گونه‌های شناسایی شده را شامل شد (جدول ۱).

بیشترین فراوانی اسپورها مربوط به گونه‌های *Claroideoglosum etunicatum*, *Septoglosum constrictum*, *Glomus aggregatum*، ۳۲٪، ۲۶٪ و ۲۰٪ گونه‌های شناسایی شده را شامل شد و کمترین

جدول ۱- درصد فراوانی قارچ‌های مشاهده شده

Different species of mycorrhizal fungi spores	تعداد Number	درصد Percent
<i>Claroideoglosum etunicatum</i>	11	32
<i>Septoglosum constrictum</i>	9	26
<i>Glomus aggregatum</i>	7	20
<i>Funneliformis caledonium</i>	2	6
<i>Glomus microaggregatum</i>	2	6
<i>Entrophospora infrequens</i>	1	3
<i>Funneliformis mosseae</i>	1	3
<i>Glomus fasciculatum</i>	1	3
<i>Glomus tortusum</i>	1	3

میانگین (۳۷/۵ اسپور) و فصل بهار (۲۱/۵ اسپور) و کمترین تعداد آن مربوط به فصل تابستان (۱۵ اسپور) بود. در اواخر فصل تابستان یعنی در شهریور ماه و نزدیک شدن به فصل پاییز اسپور بیشتری نسبت به اوایل تابستان مشاهده شد (جدول ۲).

شمارش اسپور قارچ میکوریزا

نتایج حاصل از شمارش اسپور نشان داد که بیشترین تعداد اسپور قارچ در مزرعه زعفران به ترتیب مربوط به فصل پاییز با

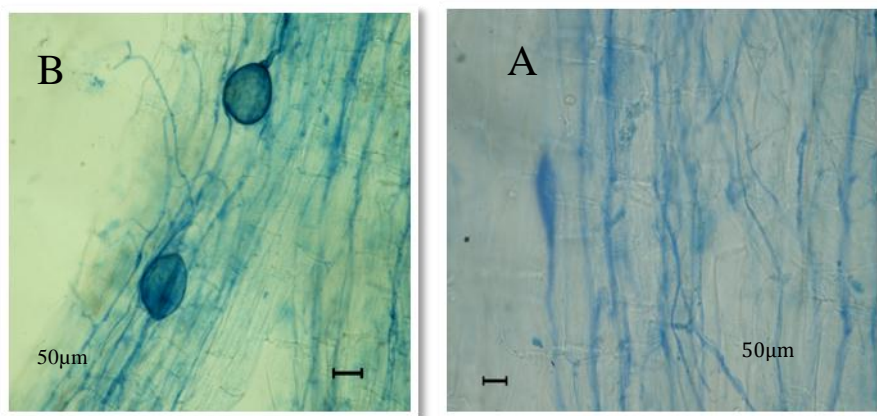
جدول ۲- فراوانی تعداد اسپور قارچ در یک گرم خاک
Table 2- The frequency of fungal spores in one gram of soil

نمونه ۲ The second sample	نمونه ۱ The first sample	فصل / تعداد Season / Number
16	15	تابستان Summer
37.5	29.9	پاییز Fall
20	21.5	بهار Spring

میزان همزیستی ریشه

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان همزیستی ریشه‌های گل‌دان‌ها نشان داد که بیشترین میزان همزیستی مربوط به گل‌دان تیمار شده با میکوریزا (۵۰/۴۵) درصد و کمترین میزان مربوط به

گل‌دان شاهد بود که هیچ اندامک قارچی در ریشه‌های آنها مشاهده نشد. در حالی که در گل‌دان‌های تیمار شده با میکوریزا ساختارهای قارچی از جمله وزیکول، آربوسکول و هیف‌های بین و درون سلولی به خوبی مشاهده شدند (شکل ۲).



شکل ۲- نمایی از ریشه‌های اندومیکوریزایی زعفران، A: وزیکول، B: آربوسکول و هیف بین سلولی

Fig. 2- View of colonized roots of Saffron with endomycorrhiza, A: Vesicle, B: Arbuscul and Intercellular hyphae.

میزان آن در گل‌دان شاهد با میزان اسیدیته = ۸ بود که تغییرات قابل ملاحظه‌ای در pH دیده نشد.

میانگین pH خاک مزرعه در فصل تابستان ۷/۵، در فصل پائیز ۷/۶۷ و در فصل بهار هشت بود. در کشت گل‌دانی، بیشترین میزان pH مربوط به گل‌دان تیمار با میکوریزا (۸/۲) و کمترین

بررسی ویژگی‌های شیمیایی

نتایج بررسی نمونه‌های خاک به کار رفته در کاشت زعفران، بیانگر وجود مقدار نیتروژن و همچنین مقدار مس بیشتر در خاک میکوریزایی نسبت به شاهد بود. افزایش ماده آلی خاک به طور مستقیم سبب افزایش مقادیر قابل جذب و درصد عناصر معدنی پرمصرف فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس در خاک تیمار شده نسبت به شاهد شد. نتایج بدست آمده از بررسی نمونه خاک مزرعه زعفران، مقدار نیتروژن کمتری را نسبت به خاک گلدان‌های تیمار شده با میکوریزا نشان داد. همچنین خاک مزرعه در مقادیر قابل جذب و درصد عناصر معدنی پرمصرف فسفر، پتاسیم و آهن نیز کاهش نشان داد (جدول ۳).

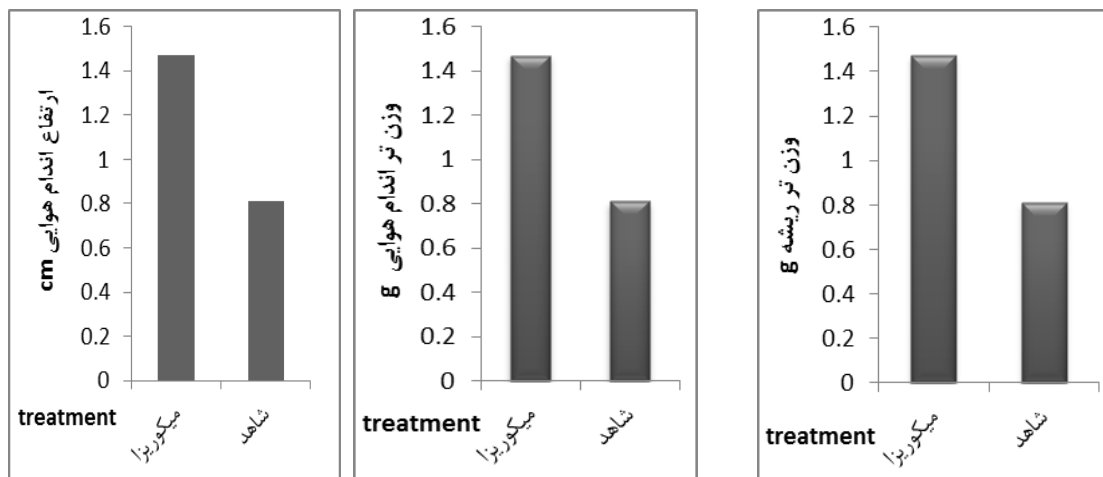
بررسی اثر همزیستی اندومیکوریزایی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی زعفران برای بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی بر میزان ارتفاع، وزن تر اندام هوایی زعفران‌ها، وزن تر ریشه‌ها، میزان کلروفیل برگ-

ها، میانگین مقادیر به دست آمده از سنجش این موارد برای زعفران‌های تلقیح شده و شاهد در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) مقایسه شد. مقایسه میانگین سطح ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه نمونه‌های تیمار شده و شاهد نشان داد که زعفران‌های تیمار شده نسبت به شاهد در سطح $P < 0.05$ دارای اختلاف معنی‌داری بودند، به طوری که میانگین ارتفاع در زعفران‌های میکوریزایی (۴۲cm) نسبت به شاهد (۲۸cm) افزایش، میانگین وزن تر اندام هوایی در زعفران‌های میکوریزایی (۲/۱g) نسبت به شاهد (۱g) افزایش، وزن تر ریشه زعفران‌های تیمار شده با میکوریزا (۱/۶۳g) نسبت به شاهد (۰/۳g) افزایش را نشان دادند. مقایسه میانگین کلروفیل برگ نمونه‌های شاهد و تیمار شده نشانگر اختلاف معنی‌دار زعفران‌های تیمار شده نسبت به شاهد در سطح احتمال $p \leq 0.05$ بود؛ به طوری که میانگین محتوای کلروفیل a و کلروفیل b زعفران‌ها تیمار شده با میکوریزا نسبت به شاهد از ۶/۹۶mg/g به ۱۰/۱۱mg/g و از ۱/۴۷mg/g به ۰/۸۱mg/g افزایش داشت (شکل‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی نمونه خاک‌های شاهد، میکوریزایی و خاک مزرعه زعفران

Table 3- Chemical properties of control soil samples and the mycorrhiza used in the cultivation of saffron

مس	منگنز	روی	آهن (میلی- گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg ⁻¹)	K قابل جذب (پی- پی ام) Soluble K (ppm)	P قابل جذب (پی پی ام) Soluble P (ppm)	N کل (درصد) Total N (%)	مشخصات Specifications
(میلی گرم بر کیلوگرم) Cu (mg.kg ⁻¹)	(میلی گرم بر کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	(میلی گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)					
1.52	5.68	5.81	36.1	432	24.1	0.26	خاک میکوریزا Mycorrhiza soil
1.22	5.06	2.48	33.5	312	10.5	0.24	خاک شاهد Control soil
1.45	17.5	7.15	7.78	320	13.5	0.11	خاک مزرعه Field soil

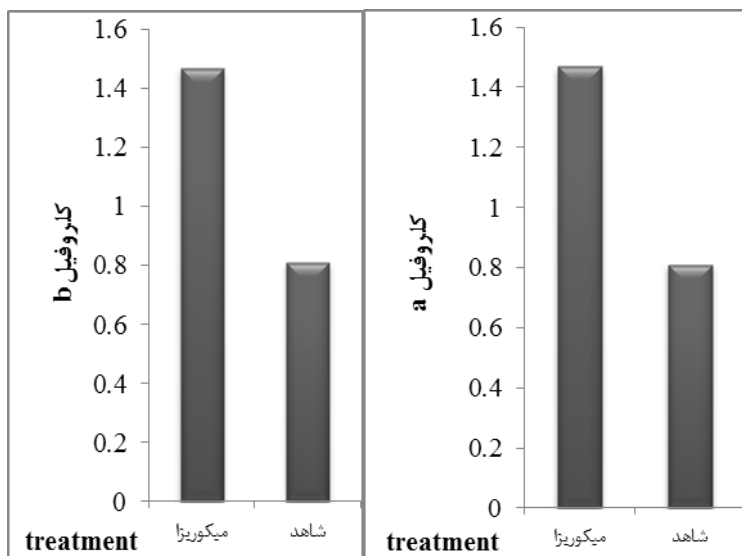


شکل ۳- اثر همزیستی میکوریزایی بر ارتفاع، وزن تر اندام هوایی و ریشه زعفران

Fig. 3- Effect of mycorrhizal symbiosis on height, fresh weight for shoots and roots of saffron

*هر ستون نمایانگر سه تکرار انجام گرفته در هر گروه است.

*Each column represents three replicates in each group.



شکل ۴- اثر همزیستی میکوریزایی بر محتوی کلروفیل a و b زعفران

Fig. 4- Effect of mycorrhizal symbiosis on a & b chlorophyll contents of saffron

*هر ستون نمایانگر سه تکرار انجام گرفته در هر گروه است.

*Each column represents 3 replicates in each group.

ریشه می‌تواند در اثر استراتژی‌های کنترل شده‌ای باشد که توسط گیاه، قارچ یا برهم‌کنش این دو در پاسخ به کمبود مواد غذایی شکل می‌گیرد (Abid Al Agely, 1995). افزایش رشد و

تنوع درصد همزیستی ریشه‌های زعفران با قارچ‌های میکوریزا می‌تواند ناشی از فشارهای محیطی تعیین‌کننده رشد ریشه گیاهان یا قارچ باشد. به عبارت دیگر، تنوع در میکوریزایی شدن

نتیجه‌گیری

تلقیح قارچ میکوریزا، افزایش ارتفاع، وزن تر ریشه و اندام هوایی در گیاهان تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد را موجب می‌شود. بالا بودن میزان همزیستی در ریشه این گیاه نشان از وابستگی بالای زعفران به قارچ‌های میکوریزایی دارد که در گلدان تیمار با میکوریزا این همزیستی به خوبی مشاهده شد. با بررسی عناصر معدنی نمونه‌های خاک شاهد و میکوریزایی مورد استفاده در کاشت گیاه زعفران در مطالعه حاضر، افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار و درصد این عناصر به ویژه مقدار فسفر قابل جذب خاک دیده شد که این افزایش می‌تواند زمینه لازم برای جذب بهتر و بالاتر این عناصر را فراهم کرده و تأییدی بر کمک قارچ‌های میکوریزایی به رشد گیاه میزبان به دنبال بهبود جذب این عناصر باشد. در این مطالعه، مقدار فسفر قابل جذب برای گیاه در خاک نمونه‌های میکوریزایی به مراتب بالاتر از مقدار فسفر قابل جذب در خاک نمونه‌های شاهد بود. توسعه اسپور قارچ‌های میکوریزایی در زمین‌های کشاورزی فقیر برای بهبود تولید دامنه‌های رویشگاهی زعفران مفید می‌باشد و احتمالاً ضرورت استفاده از کود شیمیایی بیشتر را می‌کاهد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه شهید بهشتی که حمایت مالی و معنوی این تحقیق را بر عهده داشته است قدردانی می‌شود. همچنین از اساتید ارجمند، سرکار خانم مهندس زنگنه و سرکار خانم دکتر سمیه کی‌پور به خاطر زحمات بی‌دریغشان در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

نمو گیاهان میکوریزایی در مقایسه با انواع غیرمیکوریزایی در گونه‌های متفاوت بسیاری گزارش شده است (Smith & Read, 1997) که دلیل اصلی آن توانایی گیاه همزیست با قارچ‌های میکوریزا در جذب عناصر معدنی مانند فسفر می‌باشد (Lee & George, 2005). افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر از اولین علائم افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میکوریزایی می‌باشد، در واقع ریشه‌های میکوریزایی قادر هستند نسبت به ریشه‌های غیرمیکوریزایی فسفر بیشتری در طول ریشه جذب کنند (Menge et al., 1978). فنگ و همکاران (Feng et al., 2000)، با تلقیح میکوریزایی *F. mosseae* در گیاهان ذرت، افزایش معنی‌دار کلروفیل را نسبت به گیاهان تلقیح نشده گزارش کردند که این افزایش، در بررسی بر روی زعفران نیز دیده شد. بنا بر گزارش امید و همکاران (Omidi et al., 2009)، میکروارگانیسم‌های کود زیستی نیتروکسین می‌توانند با تولید هورمون‌های رشد به ویژه جیبرلین، باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، قطر و وزن بنه و نیز عملکرد کلاله و خامه زعفران شوند و همچنین مصرف به تنهایی کود زیستی، ۸۳ درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد را باعث شده است. شرف‌الدین و همکاران (Sharaf-Eldin et al., 2008)، تأثیر کودهای زیستی در افزایش طول گیاه زعفران را به اثبات رساندند، همچنین مطالعات مشابه انجام شده بر گیاهانی نظیر *Fuenticulum vulgare* L. و *Mentha arvensis* L. نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار ارتفاع و وزن تر اندام‌های گیاهی در گیاهان تیمار بود (Mahfouz et al., 2007; Gamalero et al., 2004; Gupta et al., 2002).

منابع

- Al Agely, A., 1995. Taxonomy and ecology of Inland Sand Dune mycorrhizal fungi. Dissertation of Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Allen, M.F., 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ames, R.N., Schneider, R.W., 1979: Entrophospora, a new genus in the Endogonaceae. Mycotaxon. 2, 347-352.
- Becker, W.N., Gerdemann, J.W., 1977. *Glomus etunicatus* sp. nov. Mycotaxon. 6, 29-32.
- Bierman, B., Linderman, R., 1981. Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae:

- proposed method towards standardization. New Phytol. 87, 63-67.
- Feng, G., Lix, L., Zhang, F.S., Li, S.X., 2000. Effect of phosphorus and arbuscular mycorrhizal fungus on response of Maize plant to saline environment. Plant Resour. Environ. 9, 22-26.
- Gamalero, E., Trotta, A., Massa, N., Copetta, A., Martinotti, M.G., Berta, G., 2004. Impact of two hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut. 102, 123-126.
- Gerdemann, J.W., Nicolson, T.H., 1963. Spores of mycorrhiza, *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Mycol. Soc. 46, 235-244.
- Gerdemann, J.W., Trappe, J.M., 1974. The *Endogonaceae* in the Pacific Northwest. Mycological Memoir, No. 5. 76 pp.
- Gupta, A.B., Shukla, A.C., 1967. Studies on the nature of algal growth promoting substances and their influence on growth, yield and protein content of rice plant. Labdev. J. Sci. Technol. 5, 162-163.
- Hall, I.R., 1977. Species and mycorrhizal infections of New Zealand *Endogonaceae*. Trans. Br. Mycol. Soc. 68, 341-356.
- Han, H., Supanjani, S., Lee, K.D., 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilising bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil Environ. 52(3), 6-130.
- Harley, J.L., Smith, S.E., 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London UK.
- Kafi, M., Hemmati Kakhki, A., Karbassi, A., 2002. History and economic importance of the cultivation, production and uses of saffron: saffron production and processing technology. Compiled by M. Coffee. University of Mashhad 21-38. [In Persian].
- Koske, R.E., Gemma J.N., Olexia P.D., 1986. *Glomus microaggregatum*, a new species in the *Endogonaceae*. Mycotaxon. 26, 125-132.
- Lee, Y.J., George, E., 2005. Contributions of mycorrhizal hyphae to the uptake of metalcations by cucumber plants at two levels of phosphorous supply. Plant Soil. 278, 361-370.
- Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoid pigments of photosynthesis. Method in Enzymology. Inra. Edp. Sci. 57, 245-250.
- Mahfouz, S.A., Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophys. 21: 361-366.
- Menge, J.A., Johnson, E.L.V., Plant, R.G., 1978. Mycorrhizal of several *Citrus* cultivars under three nutrient regimes. New Phytol. 81, 553-559.
- Mukerji, K.G., Chamola, B.P., 2003. Compendium of Mycorrhizal Research. Edited New Delhi, A.P.H., Vol. II, xviii, 632 p.
- 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 J. Plant Nutr. Soil Sci. 163, 393-398.
- Negbi, M., 1999. Saffron cultivation: past present and future prospects. In: Negbi, M. (Ed.), Saffron *Crocus sativus* L., Vol. 154. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, pp. 1-17.
- Nicolson, T.H., Gerdemann, J.W., 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. Mycologia. 60, 313-325.
- Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A.H., Torabi Fotoukian, M.H., 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Medicin. Plant 8: 98-109. [In Persian with English Summary].
- Phillips, J., Hayman, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55, 158-161.

- Rangaswamy, G., 1966. Agricultural microbiology. Asia Publishing House, Bombay, p. 54-76.
- Sahu, S.N., Jana, B.B., 2000. Enhancement of the fertilizer value of rock phosphate engineered through phosphate-solubilizing bacteria. Ecol. Eng. 15, 27-39.
- Schenck, N.C., Perez, Y., 1988. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 2nd ed. Synergistic publications. Gainesville. FL. USA. 241 pp.
- Schenck, N.C., Smith, G.S., 1982. Additional new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. Mycologia. 74, 77-92.
- Sharaf-Eldin, M.A., Elkholy, S., Fernández, J.A., Junge, H., Cheetham, R.D., Guardiola, J.L., Weathers, P.J., 2008. The effect of *Bacillus subtilis* FZB₂₄ on flowers quantity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). Planta Medica. 74(10), 1316-1320.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhiza Symbiosis 2nd Edition. San Diego: Academic Press.

Effect of *Funneliformis mosseae* mycorrhiza symbiosis on growth and yield of *Crocus sativus* L.

Atieh Zand¹, Hossein Riahi^{1*}, Zeinab Shariatmadari¹ and Sima Zangeneh²

1- Faculty of Biosciences, Shahid Beheshti University G.C, Tehran

2. Department of Botany, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran

*- Corresponding author E-mail: kochia67@yahoo.com

Zand, A., Riahi, H., Shariatmadari, Z., and Zangeneh, S., 2015. Effect of *Funneliformis mosseae* mycorrhiza symbiosis on growth and yield of *Crocus sativus* L. Journal of Saffron Research. 2(2): 141-151.

Submitted: 14-04-2014

Accepted: 24-02-2015

Abstract

Mycorrhizal fungi can simplify the absorption of mineral elements, decrease diseases, improve soil structure and as a result growth stimulation of plant and increase quantity and quality of products. In this study, soil samples of saffron were collected from a location in Shahriar, Tehran and physical and chemical criteria such as pH, percent age of symbiosis, the number of spores for mycorrhizal fungi were measured. A total of nine fungi species were observed in saffron rhizosphere microflora. The effect of fungi treatments *Funneliformis mosseae* on vegetative growth of saffron was also investigated. The result of pot experiments indicated that saffron treated with mycorrhiza, had significant differences ($p \leq 0.05$) in vegetative characteristics such as height of plant as well as wet weight of roots and stems in compared to control.

Keywords: Vegetative growth, Cash crop, Bio-fertilizer, Microflora