دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره دوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۴
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر تلقیح میکوریزا، مصرف فسفر و شوری آب بر صفات مورفولوژیکی و غلظت فسفر اندام هوایی یونجه

عباس بیابانی[۱]، فاطمه کاووسی[۲]، عبداللطیف قلی‌زاده[۳]، محمود قولرعطا[۴]، فریما دعایی[۵*]

[۱]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲]دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۳]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴]کارشناسی ارشد، آزمایشگاه خصوصی خاک‌شناسی، کرج
[۵]دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میکوریزا، کود شیمیایی فسفر و تنش شوری بر غلظت فسفر اندام هوایی و ویژگی‌های مورفولوژیکی یونجه (*Medicago scutellata* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت گلدانی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. در این آزمایش فاکتور میکوریزا در دو سطح (عدم تلقیح میکوریزا و تلقیح میکوریزا)، فاکتور فسفر در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و فاکتور شوری آب در سه سطح (آبیاری با شوری آب صفر، دو و چهار دسی‌زیمنس بر متر) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که، تلقیح میکوریزا به‌طور معنی‌داری وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، طول ریشه کلونیزه شده، درصد کلونیزاسیون ریشه و محتوای فسفر اندام هوایی را افزایش داد. کاربرد فسفر نیز به‌طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی و طول ریشه و محتوی فسفر اندام هوایی گیاه را افزایش داد، همچنین شوری آب به‌طور معنی‌داری طول ریشه را کاهش داد. بیشترین مقدار وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی و فسفر اندام هوایی از تلقیح میکوریزا همراه با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک فسفر حاصل شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که، مصرف کود فسفر و میکوریزا از طریق همزیستی با گیاه و با گسترش

*نویسنده مسئول: farima_doaei@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

میسیلیوم‌های خود در خاک، منجر به جذب بهتر فسفر از خاک توسط گیاه شد و در نتیجه باعث رشد و توسعه بهتر گیاه شد.

واژه‌های کلیدی: **طول ریشه، کلونیزاسیون ریشه، وزن خشک، غلظت فسفر اندام هوایی**

مقدمه

یونجه با نام علمی *Medicogo scutellata* L. از تیره بقولات (Fabaceae)، جزو قدیمی‌ترین و فراوان‌ترین گیاهان علوفه‌ای کشت شده در دنیا می‌باشد. در بین نباتات علوفه‌ای یونجه به‌علت خوش خوراکی و دارا بودن ذخایر غذایی اهمیت خاصی پیدا کرده است (Karimi, 2007).

بعد از نیتروژن، فسفر فراوان‌ترین عنصر تشکیل دهنده بافت‌های میکروارگانیسم‌ها (Koocheki *et al*., 1997) و مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاهان می‌باشد (Vesquez *et al*., 2000). این عنصر تحرک کمی در خاک دارد. قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و نیز دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک، منجر به جذب عناصر غذایی پرمصرف به‌ویژه فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف نظیر مس، روی، منگنز و همچنین باعث افزایش مقاومت گیاه میزبان به تنش‌های محیطی می‌گردند (Jeffries *et al*., 2003; Sharma, 2002). در رابطه با بررسی تأثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار بر غلظت عناصر معدنی گیاه، کاپور و همکاران (Kapoor *et al*., 2002) در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgar* Mill.) و توساینت و همکاران (Toussaint *et al*., 2002) در گیاه ریحان (*Sweet basil*)، به ترتیب نقش میکوریزا را در افزایش غلظت فسفر در دانه رازیانه و افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول را در ریحان گزارش کردند. همچنین نتایج بررسی درزی و همکاران (Darzi *et al.,* 2009) در گیاه رازیانه نشان داد که، با افزایش کود فسفات زیستی، غلظت فسفر در دانه افزایش یافت. نتایج آزمایش ساغری و همکاران (Saghari *et al*., 2009) در گیاه یونجه نشان داد که، بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه از کاربرد توأم میکوریزا و کود فسفره حاصل شد. باگایوکو و همکاران (Bagayoko *et al*., 2000) در نتایج خود بیان کردند که، میزان وزن خشک ریشه و ساقه در گیاه سورگوم و لوبیا چشم تا حد زیادی به تعامل بین مصرف فسفر و میکوریزا وابسته است. باقری‌فام و لکزیان (Bagherifam and Lakzian, 2013) در پژوهش خود روی گیاه آفتابگردان بیان کردند که، سطوح مختلف فسفر روی درصد کلونیزه شدن هر دو نوع میکوریزا اثر آماری معنی‌داری داشت، به طوری‌که با افزایش غلظت فسفر درصد کلونیزه شدن در تلقیح با هر دوگونه میکوریزا به شدت کاهش پیدا کرد.

از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده مؤثر بر رشد گیاهان می‌توان به شوری اشاره نمود که، منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Singh *et al*., 2008). در این رابطه آزمایش گلخانه‌ای گورهام و همکاران

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

(Gorham *et al*., 2009) روی رشد گیاهچه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط شوری، حاکی از کاهش معنی‌دار رشد گیاهچه‌ها با افزایش سطح شوری بود. در کشاورزی همواره سعی بر این نکته بوده که تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش‌های محیطی افزایش یابد، زیرا با محقق شدن این امر امکان افزایش محصول فراهم‌تر خواهد شد (Eitzinger *et al*., 2003). قارچ میکوریزا آربوسکولار باعث بهبود تحمل گیاه به تنش‌های غیر زنده از جمله شوری می‌شود. اگرچه شوری می‌تواند اثر منفی روی قارچ میکوریزا آربوسکولار داشته باشد، ولی بسیاری از گزارشات نشان دادند که رشد و عملکرد گیاهان میکوریزایی تحت شرایط شوری با همزیستی قارچ میکوریزا آربوسکولار بهبود می‌یابد (Porcel *et al*., 2012). آزکون و همکاران (Azcon *et al*., 1997) گزارش نمودند که، وزن خشک یونجه با استفاده از کود فسفر یا تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف شوری افزایش یافت اما در شوری سطح بالاتر، تلقیح با میکوریزا نسبت به مصرف کود فسفر باعث رشد بهتر گیاهان شد. همچنین هیرل و گردمن (Hirrel and Gerdemann, 1980)، بهبود رشد پیاز و فلفل را در خاک‌های شور به همراه دو گونه قارچ آرباسکولار میکوریزا را گزارش دادند.

با توجه به قرار گرفتن کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک و گسترش خاک‌های شور در آن و همچنین با توجه به اثرات منفی کودهای شیمیایی در مورد تشدید شوری و آلودگی‌های زیست محیطی در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای زیستی به عنوان مکمل کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی معمول گردیده است. با بیان این نکته که در محیط‌های شور تحقیقات اندکی درباره واکنش متقابل بین گیاه- خاک در حضور قارچ‌های میکوریزا انجام شده است، بنابراین، بررسی واکنش متقابل بین گیاه یونجه و قارچ میکوریزا در سطوح مختلف شوری آب وکود شیمیایی فسفر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس (با طول عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه‌ی شرقی) به اجرا درآمد. آزمایش شامل ۱۸ تیمار بود که به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت گلدانی اجرا شد. در این آزمایش از فاکتور میکوریزا در دو سطح (تلقیح میکوریزا و عدم تلقیح میکوریزا)، فاکتور فسفر در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) و فاکتور شوری آب در سه سطح (آبیاری با شوری آب صفر، دو و چهار دسی‌زیمنس بر متر) استفاده شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک انجام گرفت. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

به‌منظور اعمال تیمارهای فسفر از کود سوپر فسفات تریپل استفاده شد. همچنین به تمام گلدان‌ها، کود نیتروژن از منبع اوره و کود پتاسیمی از منبع سولفات پتاسیم بر اساس توصیه کودی اضافه شد. جهت اعمال تیمار آبیاری با شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر از آب چاه دانشگاه، تیمار آبیاری با شوری دو دسی‌زیمنس بر متر از ترکیب آب مقطر و آب چاه دانشگاه با نسبت مساوی و برای شوری صفر از آب مقطر استفاده گردید. در تیمارهای میکوریزایی جهت تلقیح بذور از مایه تلقیح تجاری قارچ *Glomus intraradices* استفاده شد. برای کلونیزاسیون بهتر در تیمارهای میکوریزایی مقدار توصیه شده از ماده تلقیح روی خاک گلدان‌های میکوریزایی قرار داده شد و سپس لایه خاکی به ضخامت دو الی سه سانتی‌متر به طور یکنواخت روی مایه تلقیح پخش گردید. در تیمارهای بدون میکوریزایی از همان ابتدا مقدار دو کیلوگرم خاک در گلدان‌ها ریخته شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	اسیدیته	شوری عصاره اشباع (ds/m)	فسفر (mg/kg)	کربن آلی (درصد)	ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmol/kg)	درصد اشباع خاک (درصد)
لومی سیلتی	۷/۹	۰/۴۹	۵/۷	۲/۰	۲۲/۸	۵۹/۴

به‌منظور کاشت با استفاده از یک میله شیشه‌ای تمیز، ۱۰ عدد سوراخ به عمق دو سانتی‌متری در هر گلدان ایجاد گردید و سپس سه عدد بذر سالم در هر سوراخ کاشته شد. در طول سه هفته اول رشد گیاهان، به‌منظور استقرار کامل بوته‌ها آبیاری گلدان‌ها با آب شرب شهری صورت گرفت و در نهایت با حذف بوته‌های ضعیف، تراکم بوته در هر گلدان به ۱۰ بوته سالم رسید. سپس آبیاری با شوری صفر، دو و چهار دسی‌زیمنس بر متر اعمال گردید. در انتهای هفته هفتم رشد، جهت برآورد وزن خشک، قسمت‌های هوایی گیاه از سطح خاک قطع گردیده و به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از ثابت شدن ماده خشک، توزین گردیدند.

بعد از برداشت گیاهان، با قرار دادن گلدان‌ها در داخل تشت پلاستیکی حاوی آب، ریشه‌های موجود در آن با دقت زیاد از خاک جدا شدند و بعد از شست و شوی ریشه‌ها با آب شهری و سپس با آب مقطر، به قطعات یک سانتی‌متری خرد شدند. از مخلوط خرد شده ریشه، میزان ۰/۱ گرم توزین شده و جهت رنگ‌آمیزی و مطالعه درصد و طول کلونیزاسیون ریشه درون قوطی فیلم (وایل) قرار داده شدند. به منظور پاک نمودن مواد لزج روی ریشه‌ها و رنگ آمیزی بهتر آن‌ها، نمونه‌های ریشه تر در محلول ۱۰ درصد KOH به مدت شش روز در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند. بعد از طی این مدت به منظور خنثی کردن KOH، ریشه‌ها با HCl یک نرمال آبکشی شدند. سپس به‌منظور رنگ‌آمیزی، ریشه‌های

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

سفید شده به مدت ۳۰ دقیقه در محلول رنگی تریپن‌بلو قرار گرفتند و بعد از طی این مدت برای حذف رنگ اضافی، ریشه‌ها با آب مقطر شسته شدند و به قوطی‌های کوچک و حاوی محلول ۵۰٪ گلیسیرین منتقل گردیدند. درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها، درصدی از طول ریشه گیاه می‌باشد که کلنی‌دار شده است. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها از روش تقاطع شبکه (Philips and Hayman, 1970) استفاده گردید. این روش بر پایه تعداد برخورد ریشه‌ها با خطوط شبکه استوار می‌باشد.

بعد از رنگ‌آمیزی و اطمینان از وجود هیف‌های بین سلولی، وزیکول‌ها و آربسکول‌ها با مشاهده در زیر میکروسوپ، نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده به یک پتری دیش که روی یک صفحه مشبک شفاف قرار داده شده بود، منتقل شدند. گلیسیرین حاوی ریشه‌ها روی پتری دیش به گونه‌ای پخش گردید که از قرار گرفتن ریشه‌ها بر روی هم جلوگیری به عمل آمد. سپس با کمک یک شمارشگر دستی تعداد دفعات برخورد ریشه‌ها با خطوط افقی و سپس با خطوط عمودی شمارش شدند که کل شمارش برای تعیین طول کل ریشه نمونه مورد استفاده قرار گرفت. بدنبال آن تعداد برخوردهایی که ریشه‌های حاوی ساختمان‌های قارچی با شبکه داشتند، شمارش گردیدند که از این شمارش برای تعیین درصد کلونیزاسیون استفاده گردید. طول کل ریشه و طول کل ریشه میکوریزایی شده از کل برخوردهای ریشه‌ها با خطوط با استفاده از روش گیوانت و موس (Giovanetti and Mosse, 1980) به‌صورت زیر محاسبه گردید.

$$RL=11/14*n*d$$

RL= طول ریشه، n= تعداد برخورد ریشه‌های کلنی شده با خطوط شبکه، d= طول ضلع شبکه مربع

با محاسبه این دو مقدار، طول ریشه‌ی میکوریزایی شده برای ۰/۱ گرم نمونه برداشته شده از ریشه‌ها محاسبه گردید و در نهایت این دو مقدار برای کل ریشه محاسبه و درصد آن بدست آمد. برای آنالیز شیمیایی، نمونه‌های گیاهی به روش سوزاندن خشک و در ترکیب با اسید کلریدریک (Chapman *et al.*, 1961; Waling *et al.*, 1989) هضم شدند. با استفاده از روش رنگ‌سنجی، غلظت فسفر در بخش هوایی به روش اولسن و سامر (Olsen and Sommers, 1982) اندازه‌گیری شد.

داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل دوگانه فاکتور میکوریزا و فسفر، روی وزن خشک ریشه بود ($P<0/05$). بیشترین وزن خشک ریشه (۰/۱۵ گرم بر گرم) در اثر تلقیح میکوریزا همراه با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر به‌دست آمد (شکل ۱) که با

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

نتایج ساغری و همکاران (Saghari *et al*., 2009) در گیاه یونجه و باقری‌فام و لکزیان (Bagherifaml and Lakzian, 2013) در گیاه آفتابگردان مطابقت دارد. همچنین پاس و همکاران (Poss *et al*., 1985) با انجام آزمایشی روی گیاه پیاز و گوجه فرنگی و تلقیح آنها با قارچ *G. deserticola* در شرایط تنش شوری، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه در حضور میکوریزا افزایش یافت. به نظر می‌رسد علت افزایش وزن خشک ریشه در تیمار میکوریزایی و مصرف کود فسفره به علت گسترش میسیلیوم قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار در خاک و در گیاه، بهبود جذب رطوبت، حفاظت ریشه در مقابل استرس‌های محیطی و همچنین افزایش سنتز آسیمیلات‌های مختلف مانند گلوکز، فروکتوز، اسیدهای آمینه (Baon *et al*., 1975)، افزایش میزان قند محلول و عناصر معدنی (Shi and He, 2007) در گیاه باشد.

وزن خشک اندام هوایی: با توجه به جدول ۲، وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر اثرات متقابل فاکتور میکوریزا و فاکتور فسفر ($P<0/05$) قرار گرفت. نتایج اثرات متقابل نشان داد که افزایش فسفر همراه با تلقیح میکوریزا باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید، به طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۰/۵۴ گرم بر گرم) در تیمار تلقیح میکوریزا و کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (شکل ۲). ساغری و همکاران (Saghari *et al*., 2009) نیز در گیاه یونجه بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را در کاربرد توأم میکوریزا و کود فسفره مشاهده کردند.

به نظر می‌رسد استفاده از قارچ میکوریزا تحت سطوح مختلف فسفر باعث افزایش میزان قند محلول و عناصر معدنی (Shi and he, 2007) شده است و همچنین باعث افزایش شاخص‌های رشد گیاه مانند سطح برگ، ارتفاع گیاه و قطر ساقه (Kavousi *et al*., 2014) شد. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2012) گزارش کردند که، تلقیح میکوریزایی به‌طور قابل توجه‌ای ریشه‌های یونجه را کلونیزه کرده و به این طریق بیوماس اندام هوایی را به مقدار ۱/۷ برابر افزایش داده است. گیری و همکاران (Giri *et al*., 2003) نیز با مطالعه تاثیر شوری ناشی از نمک کلرید سدیم بر درختچه آکاسیای میکوریزایی گزارش کردند که، میکوریزا باعث افزایش وزن خشک بخش هوایی گیاه در سطوح مختلف شوری گردیده است، که نتایج این مطالعه را تایید می‌نماید.

نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی: با توجه به جدول ۲، این صفت تحت اثرات متقابل دوگانه میکوریزا و فاکتور فسفر قرار گرفت ($P<0/05$). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که، افزایش فسفر همراه با تلقیح میکوریزا باعث افزایش این صفت گردید و بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی به مقدار ۰/۲۷ گرم بر گرم در تیمار میکوریزا با استفاده ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک حاصل شد (شکل ۳). در اثر همزیستی گیاه با قارچ میکوریزا آربوسکولار با توجه به این نکته که بخش زیادی از بافت قارچی آن در داخل سلول کورتکس ریشه، خارج از غشای پلاسمایی (Lambers *et al*., 2008) می‌باشد، باعث ایجاد ریشه‌های قوی‌تری شده (Zarea *et al*., 2011) و در نتیجه نسبت وزن خشک ریشه به شاخه نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش یافت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس فاکتورهای مورد مطالعه و اثر متقابل آنها بر صفات مورد بررسی

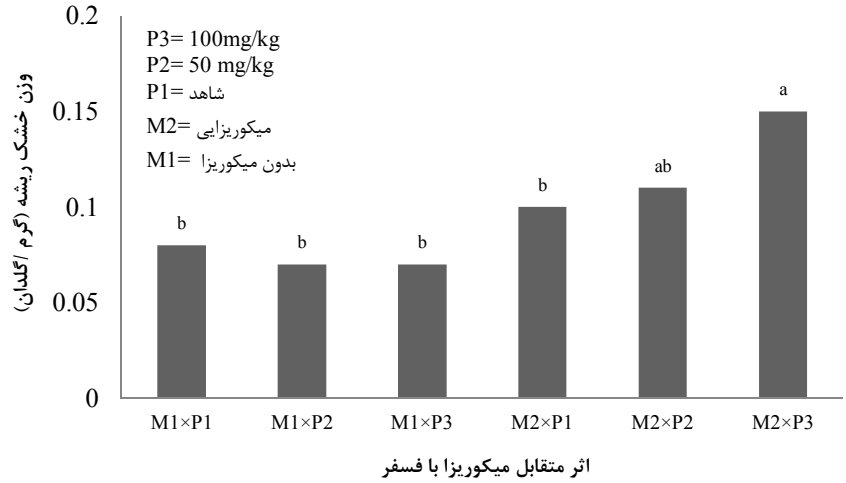
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی	طول ریشه	طول ریشه کلونیزه شده	درصد کلونیزاسیون ریشه	میزان فسفر بخش هوایی گیاه
میکوریزا	۱	۰/۰۲ *	۰/۰۴ *	۰/۰۷ **	۴۲۳/۲ **	۴۰۵/۱۸ **	۱۳۷۸۷/۹۶ **	۰/۲۴ **
فسفر	۲	۰/۰۱ ns	۰/۰۵ *	۰/۰۱ *	۱۸/۱۲ *	۰/۱۸ ns	۲۸/۶۵ ns	۰/۱۰ **
شوری آب	۲	۰/۰۱ ns	۰/۰۷ **	۰/۰۱ ns	۱۹/۸۲ *	۰/۰۹ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۲ ns
میکوریزا × فسفر	۲	۰/۰۱ *	۰/۰۴ *	۰/۰۱ *	۳/۳۶ ns	۰/۱۸ ns	۲۸/۶۵ ns	۰/۰۸ **
میکوریزا × شوری آب	۲	۰/۰۱ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۱ ns	۰/۵۱ ns	۰/۰۹ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۴ *
فسفر× شوری آب	۴	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۱ ns	۳/۲۷ ns	۰/۵۱ ns	۲۷/۲۳ ns	۰/۰۱ ns
میکوریزا ×فسفر×شوری آب	۴	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۱/۷۲ ns	۰/۵۱ ns	۲۷/۲۳ ns	۰/۰۱ ns
خطای آزمایش	۵۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۴/۹۴	۰/۶۹	۲۲/۶۳	۰/۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۸/۷۲	۲۰/۱۴	۱۷/۴۷	۱۴/۸۸	۱۴/۲۱	۲۱/۵۸	۱۹/۳۷

* و ** بیانگر معنی‌دار بودن داده‌ها به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns به معنی عدم معنی‌دار بودن داده‌ها (براساس آزمون LSD) است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده فاکتورهای مورد مطالعه بر صفات مورد بررسی

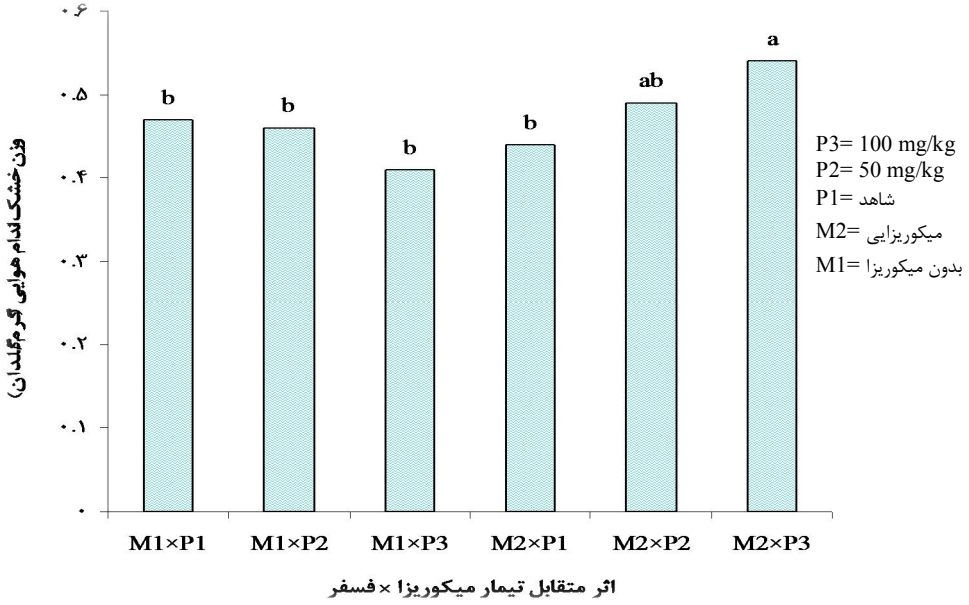
فاکتورها		صفات						
		وزن خشک ریشه (گرم/گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم/گلدان)	نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی (گرم/گرم)	طول ریشه (متر/گلدان)	طول ریشه کلونیز شده (متر/گلدان)	درصد کلونیزاسیون ریشه	فسفر بخش هوایی(میلی‌گرم در کیلوگرم)
میکوریزا	غیر میکوریزایی	۰/۰۷ b	۰/۴۶ b	۰/۱۶ b	۱۲/۵۱ b	۰/۰۱ b	۰/۰۱ b	۰/۵۷ b
	میکوریزایی	۰/۱ a	۰/۵۶ a	۰/۲۲ a	۱۷/۳۶ a	۴/۷۴ a	۲۷/۶۸ a	۰/۶۹ a
فسفر	شاهد (۰)	۰/۰۸ a	۰/۴۵ b	۰/۱۸ b	۱۴/۱۴ b	۲/۴۵ a	۱۴/۲۰ a	۰/۵۸ b
	۵۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)	۰/۰۹ a	۰/۴۶ ab	۰/۱۹ ab	۱۴/۸۵ ab	۲/۳۹ a	۱۴/۷۱ a	۰/۶۰ b
	۱۰۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)	۰/۱ a	۰/۴۹ a	۰/۲۰ a	۱۵/۹۱ a	۲/۲۸ a	۱۲/۶۱ a	۰/۷۰ a
شوری آب	شاهد (۰)	۰/۰۹ a	۰/۴۸ a	۰/۱۹ a	۱۵/۸۷ a	۲/۴۳ a	۱۳/۷۶ a	۰/۶۲ a
	۲ (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۰۹ a	۰/۴۷ ab	۰/۱۹ a	۱۴/۸۷ ab	۲/۳۷ a	۱۳/۸۷ a	۰/۶۰ a
	۴ (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۰۸ a	۰/۴۵ b	۰/۱۸ a	۱۴/۰۶ b	۲/۳۱ a	۱۳/۹۹ a	۰/۶۶ a

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها می‌باشد (براساس آزمون LSD).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا × فسفر بر وزن خشک ریشه

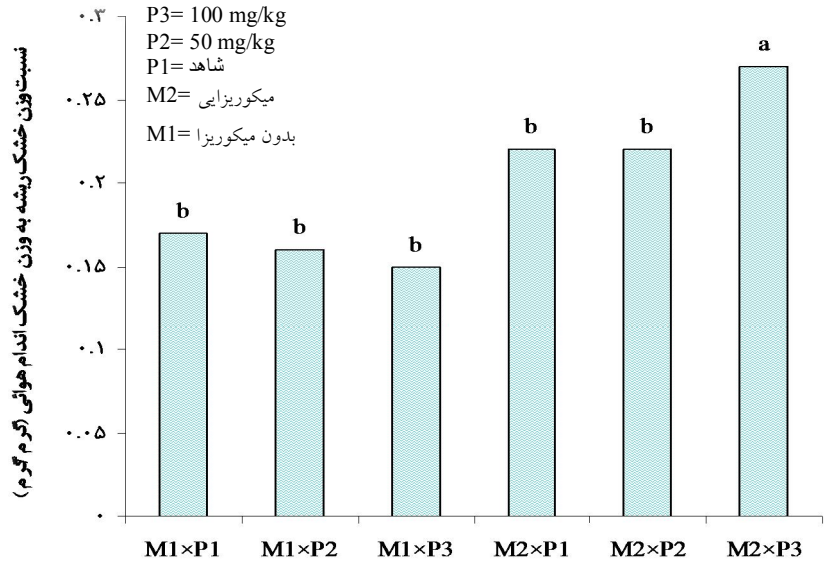
(میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا × فسفر بر وزن خشک اندام هوایی

(میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار میکوریزا × فسفر بر نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی
(میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند)

طول کل ریشه گیاه: جدول ۲ حاکی از اثر معنی‌دار فاکتورهای میکوریزا ($p<۰/۰۱$)، فسفر و شوری ($p<۰/۰۵$) بر صفت طول کل ریشه می‌باشد. براساس نتایج، تلقیح میکوریزایی و افزایش فسفر باعث افزایش طول کل ریشه شد، در حالی که افزایش سطوح شوری آب آبیاری باعث کاهش آن گردید (جدول ۲). اثر مثبت فاکتور میکوریزا بر طول کل ریشه یونجه را می‌توان با جذب بهتر عناصر غذایی و آب توسط هیف قارچی که به رشد و توسعه بیشتر ریشه گیاه منجر می‌گردد توجیه نمود. در واقع طول ریشه موثر در روابط میکوریزایی ممکن است یک صد برابر یا حتی بیشتر در واحد طول ریشه، افزایش یابد (Lambers *et al*., 2008). با افزایش سطوح شوری آب، طول ریشه‌ها نیز شدیداً کاهش یافت و بیشترین طول ریشه (۱۵/۸۷ متر در گلدان) در تیمار شاهد شوری به دست آمد (جدول ۲). کاهش این شاخص با افزایش سطوح شوری بیشتر را می‌توان به افزایش پتانسیل اسمزی خاک و تاثیر منفی شوری بر گسترش ریشه و جذب عناصر غذایی توسط آن نسبت داد. مک میلن و همکاران (Mc-Millen *et al*., 1998) نیز با تحقیق روی شبدر نیز گزارش نمودند که، با افزایش شوری حاصل از نمک کلرید سدیم، طول کل ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

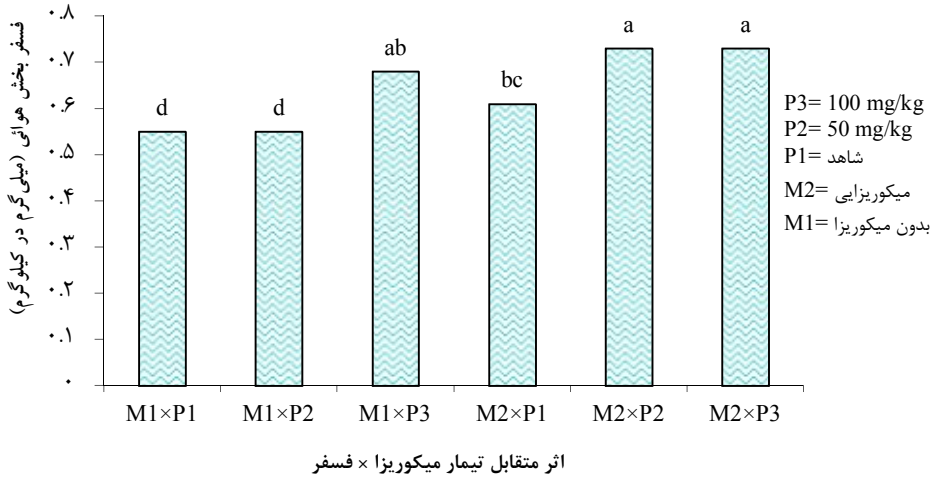
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

طول ریشه کلونیزه شده و درصد کلونیزاسیون ریشه: فاکتور میکوریزا با توجه بـه جـدول ۲، اثـر معنی‌داری روی این صفات داشته است (p<۰/۰۱)، ولی سایر فاکتورها و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه آنها از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بـر ایـن صـفات نداشـتند. طـول ریشـه کلـونیزه شـده و نیـز درصـد کلونیزاسیون ریشه ارتباط مستقیم با خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل میزان فسـفر و عناصـر غـذایی دیگر، شوری خاک، خصوصیات مورفولوژیکی ریشه گیاه و گونه قارچی بسـتگی دارد. وانـگ و همکـاران (Wang *et al*., 2012) نیز گزارش کردند که، تلقیح میکوریزایی به طور قابل توجه‌ای ریشه‌های یونجه را کلونیزه کرده و از این طریق منجر به افزایش رشد و نمو بهتر گیاه شده است. پریفر و بلاس (Preiffer and Bloss, 1988) و علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzadeh *et al*., 2001) نیز گزارش کردند که، با افزایش مقدار NaCl، کلونیزاسیون و مقدار آربسکول و وزیکول در ریشه کاهش می‌یابد.

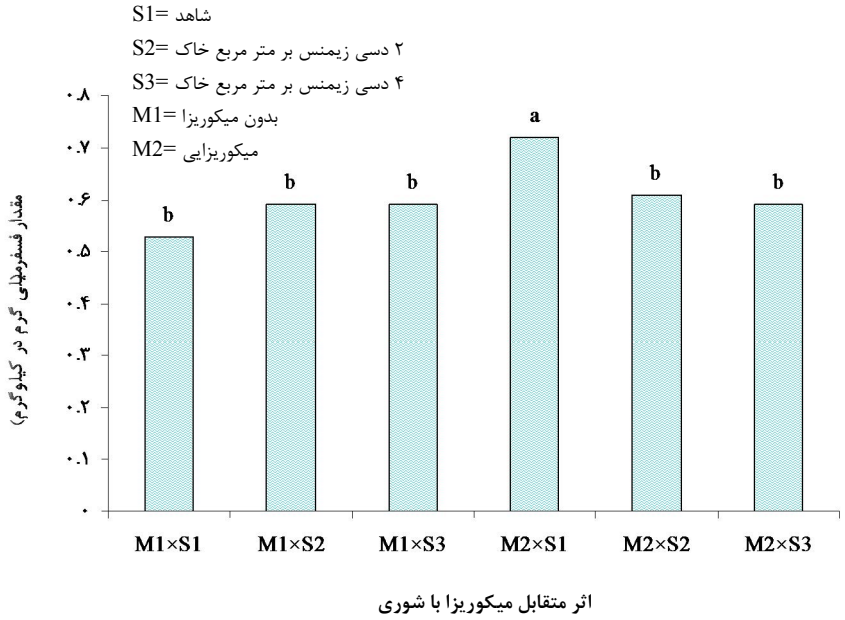
فسفر بخش هوایی گیاه: فسفر بخش هوایی گیاه نیز تحت تاثیر اثرات متقابل تیمار میکوریزا × فسفر (p<۰/۰۱) و میکوریزا × شوری قرار گرفت (p<۰/۰۵). میزان فسفر در بخش هوایی گیاه به خصوصـیات مورفولوژیکی ریشه آن و همچنین میزان فسفر جذب شـده در خـاک بسـتگی دارد. قـارچ میکـوریزا بـا مکانیسم‌های متعددی از جمله افزایش طول ریشه، انشعاب گسترده هیف‌ها، ترشح آنزیم فسـفاتاز و یـا با ترشح اسید آلی باعث انحلال فسفر معدنی و تجزیـه فسـفر آلـی و همچنـین جـذب آن توسـط گیـاه می‌گردد (Lambers *et al*., 2008). نتایج این آزمایش با نتایج باگـایوکو و همکـاران (Bagayoko *et al*., 2000) در گیاه سورگوم و لوبیا چشم بلبلی مطابقت داشت، به طوری‌که آنها نیز بیان کردند که، بـا مصرف فسفر و قارچ میکوریزا میزان فسفر گیاه افزایش یافت. جیا و گری (Jia and Gray, 2004) نیـز بیان کردند که، با همزیستی میکوریزایی، مقدار فسفر اندام هوایی بـه طـور معنـی‌داری افـزایش یافـت. زاویر و گرمیدا (Xavier and Germida, 2004; 2003) گزارش کردند که، در گیاهان لگومینوز اثرات سینرژیک بین میکوریزا و ریزوبیوم منجر به افزایش فسفر اندام هوایی گیاه می‌گردد.

با توجه به شکل ۵، بیشترین میانگین مقدار فسفر در گیاه در اثر متقابل تلقیح میکوریزا و آبیاری بـا آب شاهد بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت. اگرچه شوری می‌تواند اثر منفـی روی قارچ میکوریزا آرباسکولار داشته باشد ولی بسیاری از گزارشات نشان دادند که، رشد و عملکـرد گیاهـان میکوریزایی تحت شرایط شوری بهبود یافته است، که این اثرات مثبت از طریق بهبود وضعیت تغذیـه‌ای گیاه میزبان و تنظیم اسمزی بهتر، از طریق تجمع ترکیباتی چون پرولین، گلایسـین بتـائین و قنـدهای محلول مـی‌باشـد (Porcel *et al*., 2012). محمـد و همکـاران (Mohamad *et al*., 2003) مشـاهده کردند که، غلظت فسفر در گیاه جو میکوریزایی بیشتر از گیاه غیر میکوریزایی در سطوح مختلف شوری است و با افزایش مقدار فسفر قابل جذب خاک مقدار آن در گیـاه غیـر میکـوریزایی نیـز هماننـد گیـاه میکوریزایی افزایش یافته است. گیری و همکاران (Giri *et al*., 2003) نیز به تاثیر مثبـت قـارچ هـای میکوریزا در جذب فسفر توسط گیاه در خاک‌های شور اشاره نمودند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا × فسفر بر محتوای فسفر اندام هوایی
(میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکریگر ندارند)



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا با شوری بر میزان فسفر بخش هوایی گیاه
(میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکریگر ندارند)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که، تلقیح میکوریزا تأثیر مثبت و معنی‌داری بر وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، طول ریشه و درصد کلونیزاسیون گیاه داشته است و سبب افزایش میزان فسفر گیاه گردیده است. همچنین نتایج حاکی از این بود که، استفاده از گونه‌های قارچ گلوموس در کشت یونجه یکساله می‌تواند تا حدی از بروز کمبود فسفر در خاک‌های آهکی و شور جلوگیری نماید و از مصرف زیاد کودهای فسفره بکاهد. افزایش شوری نیز به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی خاک و تاثیر منفی آن بر گسترش ریشه سبب کاهش رشد گیاه می‌گردد. با این حال استفاده از همزیستی میکوریزایی در خاک‌های شور باعث افزایش و مقاومت گیاه به شوری می‌گردد، لذا با بکارگیری سویه مناسب و مقاوم به شوری میکوریزایی، می‌توان از خروج خاک‌های شور کشور از چرخه تولید جلوگیری نمود.

منابع

Gorham J., Jones W., Bristol A. 1990. Partial characterization of the trait for enhanced K^+ -Na^+ discrimination in the D genome of wheat. Journal Planta, 180: 590-597.

Hirrel M.C., Gerdemann J.W. 1980. Improved growth of onion and bell pepear in saline soils by two vesicular arbescular mycorrhizal fungi. Soil Science Society of American Journal, 44: 654-655.

Jeffries P., Gianinazzi S., Perotto S., Turnau K., Barea J.M. 2003. The contribution of arbascular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils, 37: 1-16.

Jia Y.S., Gray V.M. 2004. Interrelationships between nitrogen supplyand photosynthetic parameters in *Vicia faba* L. Photosynthetic, 41: 605-610.

Kapoor R., Giri B., Mukerji K.G. 2002. Glomus macrocarpum: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18 (5): 459-463.

Karimi H. 2007. Forage Crops Breeding and Cultivation. University of Tehran Press. Pp: 68-73.

Kavousi F. 2014. The impact of mycorrhiza inoculation on alfalfa (*Medicago scutellata*) yield and nutrient uptake with different soil salinity and phosphorous levels. Thesis of M.Sc., Faculty of Agriculture, University of Gonbad Kavous. (In Persian).

Koocheki A., Nakhforoush A., Zarif Ketabi H. 1997. Organic farming. Ferdowsi University of Mashad Pub. 66 p. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

Lambers H., Chapin III F.S., Pons T.L. 2008. Plant Physiological Ecology: biotic influences. Springer. Pp: 404-443.

McMillen B.G., Juniper S., Abbott L.K. 1998. Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbescular mycorrhizal fungus in soil containing sodium chloride limits the spread of infection from spores. Soil biology and biochemistry, 30: 1639-1646.

Mohamad M.J., Malkawi H.I., Shibli R. 2003 Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. Journal of Plant Nutrition, 26: 125-137.

Olsen S.R., Sommers L.E. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. chemical and microbilogical properties phosphorus. Soil Science Society of American Journal, Pp: 403-430.

Philips J.M., Hayman D.S. 1970. Improved procedure from clearing roots and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55: 158-160.

Porcel R., Aroca R., Ruiz-Lozano J.M. 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Agronomy for Sustainable Development, 32(1):181-200.

Poss J.A., Pond E., Menge J.A., Jarrell W.M. 1985. Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and without additional phosphate. Plant and Soil, 88: 307-319.

Preiffer C.M., Bloss H.E. 1988. Growth and nitrition of quoyule (*Partenium argentatum*) in a saline soil as influence by vesicular arbescular mycorrhizae and phosphorus fertilization. New Phytologist, 108: 315-321.

Saghari M., Barani H., Asghari H.R., Mesdaghi M., Sdrovy M. 2009. The Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and phosphate fertilizer on the growth and production of two species Alfalfa. Journal of Pasture, 2: 291-301.

Sharma A. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India. 300 p.

Shi L., He X. 2007. Effects of AM fungi on growth and the physiological characters of astragalus mongholicus under different P-applied levels. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 1: 46-50.

Singh R.K., Redona E., Refuerzo L. 2008. Varietal improvement for abiotic stress tolerance in crop plant: special reference to salinity in rice. International Rice Research Institute Los Banos. Philippines. 63 P.

Toussaint J.P., Smith F.A., Smith S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza, 17 (4): 291-297.

Vesquez P., Holguin G., Puente M.E., Lopez-Cortes A., Bashan Y. 2000. Phosphate solubilizing microorganisms associated with the rhizospher of

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]

mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils, 30: 460-468.

Waling I., Van Vark W., Houba V.J.G., Vanderlee J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wagening Agricultural University.

Wang Y., Huang J., Gao Y. 2012. Arbuscular mycorrhizal colonization alters subcellular distribution and chemical forms of cadmium in *Medicago sativa* L. and resists cadmium toxicity. Plos On, 7 (11): e48669.

Xavier L.J.C., Germida J.J. 2002. Response of lentil under controlled conditionsto co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobiavarying in efficacy. Soil Biology and Biochemistry, 34: 181-188.

Xavier L.J.C., Germida J.J. 2003. Selective interactions between arbuscular myocrrhizal fungi and rhizobium leguminosarum bv. viceae enhancepea yield and nutrition, Biology and Fertility of Soils, 37: 262-267.

Zarea M.J., Karimi N., MohammadiGoltapeh E., Ghalavand A. 2011. Effect of cropping systems and arbuscular mycorrhizal fungi on soil microbial activity and root nodule nitrogenase. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 10(2): 109-120.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2025-07-01]