

## تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار اولیه و خصوصیات مورفولوژیک گیاه دارویی آویشن باغی در شرایط عرصه طبیعی

ریحانه عظیمی<sup>۱\*</sup> - محمد جنگجو<sup>۲</sup> - حمیدرضا اصغری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۸

### چکیده

اگرچه کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی در عرصه‌های طبیعی هزینه‌ی کمتری نسبت به روش‌های زراعی دارد. اما سرعت رشد بسیار پایین گونه‌ها موجب محدودیت استقرار کاشت در عرصه‌های طبیعی می‌شود. این آزمایش به منظور بررسی امکان افزایش درصد استقرار و سرعت رشد نهال-های گیاه آویشن (*Thymus vulgaris*) در مرتع بهارکیش قوچان در سال ۹۱ انجام شد. بذرهاى آویشن ابتدا در شرایط گلخانه (سینی‌های کشت) کاشته و پس از ۴۵ روز با دو گونه میکوریزا *Glomus mosseae* و *G. intraradices* تلقیح گردید. پس از یک ماه نهال‌های گلدانی به عرصه منتقل و به صورت طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در مساحتی حدود ۳۶۰۰ مترمربع کشت شد. نتایج نشان داد که درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با گونه *G. mosseae* حدود ۹۲ درصد و با میکوریزا *G. intraradices* حدود ۶۸ درصد بود. اگرچه در ابتدای فصل رویش تلقیح میکوریزا در استقرار این گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت، ولی در انتهای فصل، همزیستی قارچ میکوریزا گونه *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) سبب افزایش استقرار گیاه آویشن شد و استقرار این گیاه را تا ۳۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با میکوریزا *G. mosseae* سبب افزایش وزن خشک کل گیاه، برگ، ساقه، ریشه و ارتفاع گیاه آویشن باغی شد، در حالی که همزیستی با *G. intraradices* سبب کاهش برخی از این صفات شد یا اینکه اثری نداشت. با توجه به نتایج مطالعه چنین به نظر می‌رسد که کاشت گلدانی گیاه آویشن باغی تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* می‌تواند روش موفقی برای تکثیر آن در طبیعت باشد و می‌تواند تأثیر مطلوبی روی استقرار گیاه آویشن باغی در مراتع داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: کلونیزاسیون، کود بیولوژیک، نشاء‌کاری

### مقدمه

اهمیت و جایگاه گیاهان دارویی در حفظ و پایداری اکوسیستم‌ها، توسعه اقتصادی در سطح کلان، شاخص‌های زیست محیطی، اشتغال، امنیت غذایی، ذخایر ژنتیکی، خودکفایی و امنیت دارویی بر کسی پوشیده نیست (۷). یکی از آشناترین گیاهان دارویی در سطح دنیا «آویشن باغی» است که با نام علمی *Thymus vulgaris* و نام عمومی Thyme شناخته شده است (۲). گیاه دارویی آویشن باغی از گیاهان تیره نعناعیان (Lamiaceae) است (۳). این گیاه به صورت ترکیب‌های معطر غذایی در اکثر فرآورده‌های مهم استفاده می‌شود و در نواحی مدیترانه و برخی نواحی آسیا می‌روید و امروزه در ایران نیز

کشت و تولید می‌شود (۴).

گیاهان دارویی اهلی شده از نظر کیفی در مقایسه با گونه‌هایی که از طبیعت جمع‌آوری می‌شوند در سطح نازلتری قرار دارند (۲۴) و (۴۲). زیرا خصوصیت دارویی این گیاهان عمدتاً ناشی از وجود متابولیت‌های ثانویه‌ای است که در محیط رشد طبیعی و به ویژه در شرایط خاصی از تنش و از جمله رقابت با گونه‌های هم‌جوار به غلظت آن‌ها افزوده می‌شود که جز در عرصه‌های طبیعی چنین شرایطی حاصل نمی‌شود (۴۸). زیرا در کشت گیاهان دارویی به صورت زراعی حساسیت گونه‌ها به آفات و بیماری‌ها افزایش یافته و برخی از کارکردهای اکولوژیکی آن‌ها حذف می‌شود و لذا از کیفیت چندانی برخوردار نیستند (۹). همچنین کشت زراعی گیاهان دارویی به دلایل مختلفی از جمله سرعت رشد پایین، نیازهای محیطی خاص، سرعت جوانه‌زنی پایین، خواب بذر و حساسیت به برخی آفات و بیماری‌ها چندان ساده نیست و گاهی اصلاً میسر نمی‌باشد (۲۹ و ۴۲). چون

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری و دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

(\*) نویسنده مسئول: (Email: Reyhaneazimi90@yahoo.com)

۳- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

به آن جلوگیری شده قطعه مورد نظر در حدود ارتفاع ۲۵۰۰-۲۴۰۰ متری از سطح دریا و در جهت شیب شمالی واقع شده بود. از آنجایی که هدف این تحقیق بررسی اثر شیب و جهت نبود، سایت مطالعاتی به گونه‌ای انتخاب شد که این عوامل کم‌ترین تأثیر را داشته باشند. برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد و با ارسال نمونه خاک به آزمایشگاه خاکشناسی، خصوصیات آن تعیین شد (جدول ۱) (۵).

### کاشت و تلقیح میکوریزایی

ابتدا بذر گونه دارویی آویشن در سینی‌های نشاء ۱۶۰ تایی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (۲۵ بهمن‌ماه سال ۱۳۹۰) کشت شد. نشاهای حاصل پس از یک ماه به گلدان‌های کاغذی (ابعاد ۹×۷) که هر گلدان حدود ۱۶۰ گرم خاک گنجایش داشت منتقل و در تیمارهای جداگانه با دو گونه میکوریزا *Glomus mosseae* و *G. intraradices* تلقیح گردید. خاک میکوریزایی از شرکت زیست فناوری‌توران تهیه شد که داخل هر گرم از خاک حداقل ۵۰ عدد اسپور زنده وجود داشت. ماده تلقیح شامل خاک+اسپور+ریشه گیاهان+هیف‌های قارچ میکوریزی بود. مقدار ماده تلقیح میکوریزا به خاک گلدان یک به ده (۱:۱۰) بود، که ماده تلقیح به صورت لایه لایه به خاک گلدان اضافه شد. قبل از کاشت نهال‌ها در گلدان ابتدا آن را در خاک میکوریزایی غلطانده و پس از آن در گلدان کاشته شد، پس از آن زمانی که ارتفاع گیاهان حدود ۵-۳ سانتی‌متر رسید گلدان‌ها را به بیرون گلخانه منتقل شد و پس از یک هفته گلدان‌ها در تاریخ ۱۷ فروردین‌ماه سال ۹۱ به عرصه‌ی مورد مطالعه در منطقه بهار کیش قوچان انتقال یافت و در عرصه به صورت طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در مساحتی حدود ۳۶۰۰ مترمربع کشت شد.

### ارزیابی از گیاهان استقرار یافته

ارزیابی استقرار نشاء‌ها در دو مرحله (۱۵ خرداد و مرداد ماه) انجام شد. اولین شمارش پایه‌های استقرار یافته در ۱۵ خردادماه صورت گرفت. سپس در ۱۵ مردادماه در مرحله بذردهی و قبل از ریزش برگ‌ها علاوه بر شمارش پایه‌های استقرار یافته، ارتفاع آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد بدین‌منظور از هر تیمار نه گیاه بصورت تصادفی انتخاب و بصورت کامل از خاک خارج شد. طول ریشه نمونه‌ها از یقه تا نوک ریشه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد و اعداد به دست آمده بر حسب واحد سانتی‌متر گزارش شد. پس از اندازه‌گیری طول ریشه و طول ساقه نمونه‌ها بصورت جداگانه در پاکت کاغذی قرار داده شد و پس از خشک کردن در سایه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن خشک شدند. وزن خشک ساقه، ریشه و برگ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت شد.

اکثر بررسی‌ها بر روی گیاهان و در شرایط مزرعه انجام شده است، لذا این تحقیقات بیشتر، بر روی بررسی اثرات میکوریزا بر گیاه دارویی آویشن‌باغی در عرصه‌های طبیعی اجتناب ناپذیر است.

نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که در شرایط عرصه‌های طبیعی و در اکوسیستم‌های طبیعی ۹۰ درصد ریشه گیاهان در طبیعت با میکوریزاها همزیستی دارند (۱۲). میکروارگانیزم‌های خاک در چرخه عناصر غذایی نقش مهمی دارند و در فرآیند تجدید پوشش گیاهی نیز نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند (۴۵).

همزیستی گیاهان با قارچ میکوریزا علاوه بر اثرات مثبت بر کمیت، دارای اثرات مثبت زیادی بر کیفیت می‌باشد. همزیستی با میکوریزا اثرات سوء ناشی از فقر عناصر غذایی و تنش‌های خشکی و شوری را کاهش (۴۱، ۴۸۷ و ۵۳) و رشد گیاه، جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، برگشت‌پذیری (پس از تنش) و تحمل گیاه را افزایش می‌دهد (۲۱). احیاء پوشش گیاهی یکی از بهترین و موثرترین راه‌ها جهت کاهش تخریب خاک و جلوگیری از گسترش آن به مناطق مجاور است (۲۷ و ۵۱). بنابراین مدیریت جوامع میکروبی با تأکید بر جهت‌دهی همزیستی میکوریزایی می‌تواند نقش مهمی در احیاء اکوسیستم‌های تخریب شده داشته باشد (۳۹). نتایج مطالعه رای و همکاران (۳۸) نشان داد که همزیستی با میکوریزا علاوه بر افزایش پارامترهای رشد، مراحل نمو گیاه را نیز تسریع بخشید. در برخی از تحقیقات همزیستی میکوریزا با گیاهان موجب افزایش سرعت توالی در طبیعت و ابزاری مفید جهت احیاء اکوسیستم‌های نیمه‌خشک استفاده شد (۲۶ و ۴۵). در آزمایش باراً و همکاران (۱۱) میکوریزاها را تکنیکی جهت احیاء و بازسازی عرصه‌های طبیعی و مناطقی که خاک سطحی و پوشش گیاهی آن تخریب یافته بود معرفی شد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی توانایی کاربرد قارچ‌های میکوریزا به عنوان یک قارچ همزیست و سازگار با طبیعت به‌منظور افزایش تولید و استقرار اولیه گیاه آویشن باغی و روش گلدانی به عنوان تکنیکی جهت اصلاح و احیاء مراتع در راستای بهبود استقرار گیاهان با توجه به اصول کشاورزی اکولوژیک انجام شد.

### مواد و روش‌ها

#### معرفی منطقه

این پژوهش در مرتع بیلاقی بهارکیش از توابع شهرستان قوچان در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۱ انجام شد. متوسط بارندگی منطقه بر اساس درون‌یابی انجام شده از ایستگاه هواشناسی بار نیشابور ۳۴۶ میلی‌متر است، که عمدتاً به صورت برف و در ماه‌های سرد سال اتفاق می‌افتد. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک فاسرد است. از نظر پستی و بلندی، دارای شیب‌های تند و جهت آن‌ها عموماً شمالی است، که در ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. برای انجام این آزمایش، یک قطعه پنج هکتاری انتخاب و از ورود دام

جدول ۱- برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک منطقه

ازت (%)	ماده آلی (%)	فسفر ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	پتاسیم ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	کلسیم ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	هدایت الکتریکی ( $\text{dS.m}^{-1}$ )	اسیدیته خاک	بافت خاک
۰/۱۴	۱/۸۸	۲۵/۴۷	۳۰۶/۶۷	۲/۱	۰/۰۴	۷/۵۳	شنی لوم

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر زمان و دو گونه میکوریزا بر

## همزیستی و استقرار نهال آویشن باغی

منابع تغییر	درجه آزادی	همزیستی	استقرار
تکرار	۲	۶/۲	۲۰۵/۵۶
میکوریزا	۲	۱۰۰۳۰/۳**	۱۱۰۵/۶**
خطای اصلی	۴	۳/۶	۲۵۵/۵۶
فصل رویش	۱	۸۵۴/۳**	۲۰۰۵/۶**
میکوریزا * فصل رویش	۲	۱۳۱/۶**	۲۰۵/۶ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۶	۹۰/۷	۳۸/۸۹

مقادیر میانگین مربعات MS نشان داده شده است.

### و # ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی دار

مقایسات میانگین اثرات نوع میکوریزا در ابتدا و انتهای فصل رویش نشان داد که مقدار درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با تیمار میکوریزا *G. mosseae* به طور معنی داری بیشتر از درصد کلونیزه شدن ریشه این گیاه با میکوریزا *G. intraradices* بوده است و این اختلاف با گذشت زمان افزایش یافت. از ابتدای فصل رویش به انتهای فصل رویش مقدار درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با تیمارهای میکوریزا *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب به میزان ۳۳ و ۱۵ درصد افزایش یافت (شکل ۲).

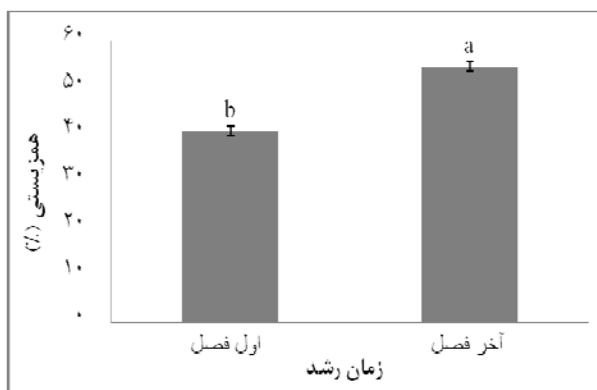
در این تحقیق مشخص شد که گیاه آویشن باغی قادر به همزیستی با قارچ میکوریزا است و همچنین درصد همزیستی آن با گونه میکوریزا *G. mosseae* بیشتر از *G. intraradices* بود. درصد همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گذشت زمان افزایش یافت.

برای تعیین درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن با تیمار میکوریزا، قسمتی از ریشه تازه گیاهان حدود ۰/۲ گرم به صورت تصادفی انتخاب شده و پس از شستشوی کامل با آب به اندازه‌های یک سانتی‌متری قطع و جهت آماده‌سازی، نمونه‌ها به داخل شیشه‌های حاوی محلول ۱۰ درصد KOH منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول یک دهم مولار HCl قرار داده شدند. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش تغییر یافته فیلیپس و همین (۳۳) استفاده گردید. پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، برای تعیین درصد کلونیزه شدن قارچ میکوریزا با ریشه‌ها از روش جیوواتی و موسه (۲۳) استفاده شد. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار پایگاه اطلاعاتی Excel دسته‌بندی و نمودارهای مربوط تهیه شد. برای انجام آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS ver.18 و Minitab ver.16 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به روش چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

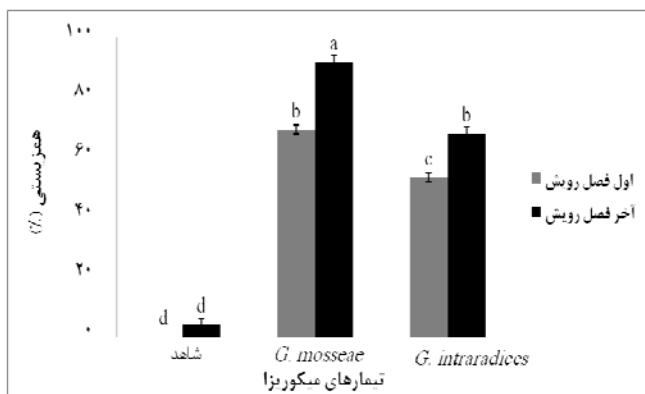
## نتایج و بحث

## درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن با تیمار میکوریزا

اثر تلقیح دو نوع میکوریزا بر میزان همزیستی ریشه گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) معنی دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۲). با گذشت زمان از ابتدا به انتهای فصل رویش درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن با قارچ میکوریزا حدود ۱۴ درصد افزایش یافت (شکل ۱).



شکل ۱- درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با دو گونه میکوریزا در ابتدا و انتهای فصل رویش. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای میکوریزا و فصل رویش بر درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*G. intraradices* و شاهد بود. در انتهای فصل رویش، همزیستی میکوریزا نه تنها باعث استقرار گیاهان شد بلکه استقرار آن‌ها را نیز حدود ۳۰ درصد افزایش داد (شکل ۵).

حضور قارچ‌های میکوریزا و همزیستی آن با گیاه آویشن باغی سبب افزایش استقرار این گیاه در عرصه‌های طبیعت شد. در بررسی‌ها مشخص شد که میکوریزا اثرات مثبتی روی استقرار، بقا و رشد گونه‌های آزمایش داشت و احیاء پوشش گیاهی را در شرایط طبیعی بهبود می‌بخشد (۱۱). تسهیل در استقرار اولیه پایه‌های آویشن باغی احتمالاً به علت فراهم کردن رطوبت، فسفر، نیتروژن و مواد معدنی بیشتر (۳۴) و بهبود ساختار خاک (۲۵) در تلقیح میکوریزایی می‌باشد. میکوریزا *G. mosseae* بر استقرار گیاه آویشن باغی تأثیر بیشتری نسبت به *G. intraradices* و شاهد داشت. در آزمایش کوارچتا و همکاران (۳۶) گزارش کردند که *G. mosseae* باعث افزایش کارایی مصرف آب تحت شرایط طبیعی شد که این امر منجر به تحمل و دوام گیاه در شرایط سخت محیطی گردید. لذا احتمال می‌رود در این آزمایش نیز *G. mosseae* به همین علت موجب افزایش درصد استقرار آویشن باغی در عرصه طبیعی شده است.

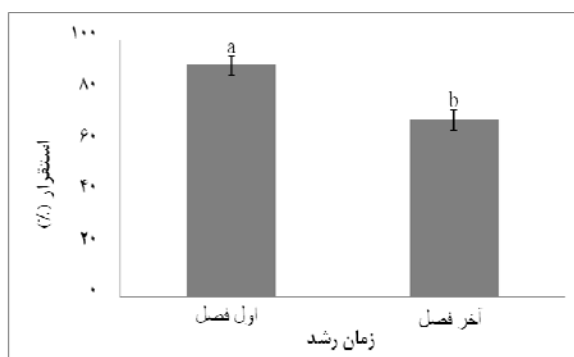
این نتایج تأیید کننده یافته‌های سایر محققان همخوانی دارد مبنی بر این که گیاه دارویی آویشن باغی با میکوریزاهای جنس *Glomus* (۵۱) به ویژه *G. mosseae* و *G. intraradices* همزیستی دارد (۴۰ و ۴۱). در مطالعه ساسانلی و همکاران (۴۱) درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه آویشن باغی با میکوریزا *G. mosseae* حدود ۹۴/۵ درصد گزارش شد.

#### اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان استقرار آویشن

به‌طور کلی از بررسی میانگین همه‌ی تیمارها (میکوریزا و غیرمیکوریزایی) مشخص شد که از ابتدا به انتهای فصل رویش استقرار اولیه گیاه آویشن باغی به طور معنی‌داری (حدود ۲۱ درصد) کاهش یافت (شکل ۳).

تیمارهای مختلف میکوریزا به طور کلی تأثیر معنی‌داری بر افزایش استقرار نهال‌ها در ابتدا و انتهای فصل رویش داشت (جدول ۲). در ابتدای فصل رویش تلقیح میکوریزا تأثیر به‌سزایی بر استقرار اولیه گیاه آویشن نداشت (شکل ۴).

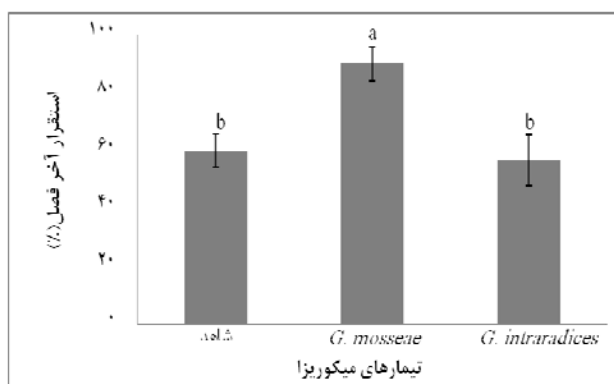
در انتهای فصل رویش درصد استقرار نهال‌های تلقیح شده با میکوریزا *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار



شکل ۳- درصد استقرار همه تیمارهای (میکوریزا و غیرمیکوریزایی) گیاه آویشن باغی در ابتدا و انتهای فصل رویش. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف بر درصد استقرار گیاه آویشن باغی در ابتدای فصل رویش. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر درصد استقرار گیاه آویشن باغی در انتهای فصل رویش. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

ریشه شده و سبب کاهش غلظت آبسیزیک اسید و میزان سیتوکینین‌ها را افزایش داده است که این امر موجب گسترش سیستم ریشه‌ای و افزایش جذب آب و عناصر غذایی گردیده است. گمان می‌رود مسلیوم‌های برون ریشه‌ای با ترشح اسیدهای آلی حل‌کننده فسفات‌های نامحلول نظیر اسید مالیک به ریزوسفر، جذب فسفر گیاه را افزایش داد (۶) که در نتیجه این فعل و انفعالات، اکثر صفات مورفولوژیکی گیاه آویشن باغی بهبود یافتند (جدول ۳).

### تاثیر تیمارهای میکوریزا بر صفات مورفولوژیک و رشدی آویشن باغی

تلقیح گیاه آویشن باغی با قارچ‌های میکوریزا اثر معنی‌داری بر وزن خشک کل اندام هوایی، ریشه، ساقه، برگ، ارتفاع و نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی دارد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که قارچ‌های میکوریزا بر برخی از خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام‌های گیاه دارویی آویشن باغی تاثیر مطلوبی داشت. سازوکار این افزایش احتمالاً به این صورت است که بخشی از ریشه‌ها وارد سیستم

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر دو گونه میکوریزا روی صفات مورفولوژیک رشدی آویشن باغی

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	ارتفاع			
۳/۷۲	۲۸/۴۳	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۱/۵۵	۲	تکرار	
۰/۴۸**	۲۱/۱۷*	۰/۰۴**	۰/۰۲**	۰/۰۰۶**	۰/۱**	۲	تیمارهای میکوریزا	
۰/۱۹	۳۴/۷۹	۰/۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴	۰/۶	۴	خطا	

##، # و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

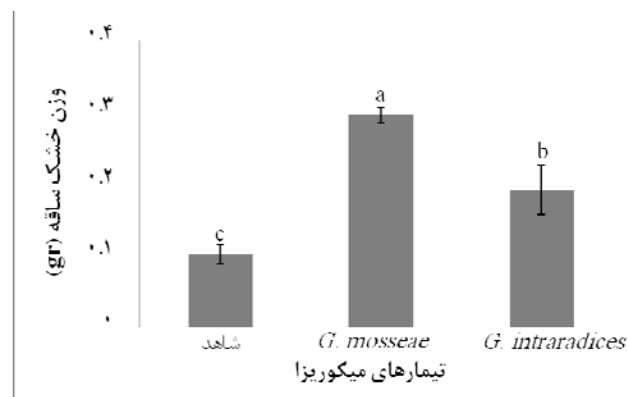
باغی موجب افزایش تعداد شاخ و برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ و وزن خشک ساقه این گیاه شده است (۱۹). گونه *G. mosseae* به دلیل افزایش قندهای محلول و کلروفیل در برگ‌ها بیشترین وزن خشک برگ را در گیاه ریحان تولید کرد (۱).

**وزن خشک اندام هوایی:** تلقیح گیاهان آویشن باغی با میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی این گیاه شد، اما تیمار تلقیح شده با *G. mosseae* وزن خشک بیشتری را نسبت به *G. intraradices* و شاهد داشت (شکل ۸). نتایج تحقیق بر روی گیاه آویشن باغی میکوریزایی شده حاکی از آن بود که گونه‌های مقاوم به خشکی *G. mosseae* و *G. intraradices* وزن خشک اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۴۶ و ۱۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. تلقیح میکوریزایی موجب افزایش جذب مواد غذایی و آب در طول دوره باعث افزایش رشد گیاه شد (۳۶).

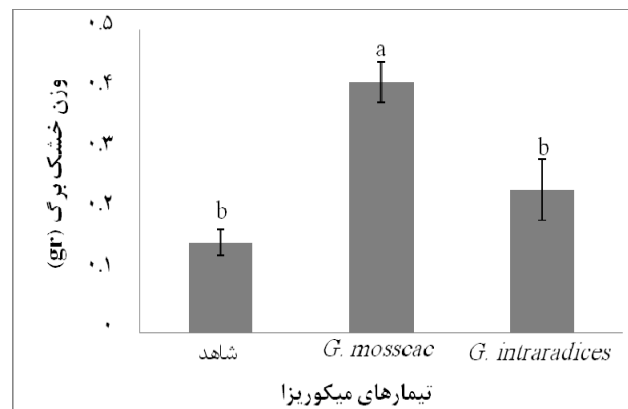
**وزن خشک ساقه:** هر دو نوع میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری سبب افزایش وزن ساقه شدند اما بیشترین افزایش در نهال‌های تلقیح شده با میکوریزا *G. mosseae* مشاهده شد. در این تحقیق مشخص شد که میکوریزا *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب ۱۹ و ۹ درصد وزن خشک ساقه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (شکل ۶).

**وزن خشک برگ:** تنها میکوریزا *G. mosseae* سبب افزایش معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) وزن خشک برگ آویشن باغی شد. با توجه به نتایج مقایسات میانگین، گیاهان تلقیح شده با میکوریزا *G. mosseae* وزن خشک بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح شده با میکوریزا *G. intraradices* و شاهد داشتند. همچنین میکوریزا *G. mosseae* به میزان ۲۶ درصد وزن خشک برگ گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۷).

در بررسی‌های قبلی مشخص شد که میکوریزا با فراهم کردن بیشتر میزان فسفر، منگنز و آهن در اندام‌هوایی گیاه دارویی آویشن



شکل ۶- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر وزن خشک ساقه گیاه آویشن باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۷- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر وزن خشک برگ گیاه آویشن باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

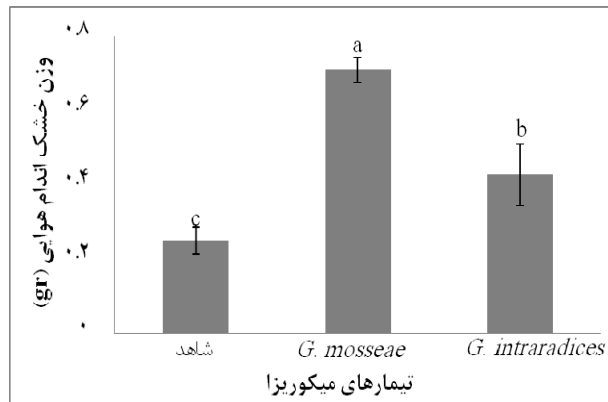
میکوریزایی شده حاکی از آن بود که گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* وزن خشک ریشه را تا ۲/۵ برابر نسبت به تیمارهای غیرمیکوریزایی افزایش داد (شکل ۹).

قارچ‌ها با تولید هورمون‌های گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند رشد گیاه و رشد ریشه را تشدید کنند، در نتیجه ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند. هیف‌های خارجی میکوریزا، اصلی‌ترین عامل در تامین کربن در خاک محسوب می‌شوند (۸، ۱۰، ۴۶).

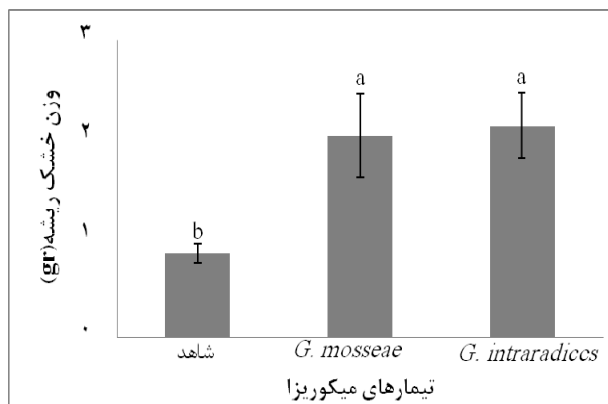
سیرنبرگ و همکاران (۴۳) گزارش کردند که در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا اکسین تولید شده روی رشد ریشه اثر گذاشت. در آزمایشی وزن خشک ریشه‌ها در نبود میکوریزا افزایش چندانی نداشت (۲۰) به همین علت افزایشی هم در تولید هورمون‌های گیاهی از سیتوکینین و اکسین پیدا نشد (۴۳ و ۴۹).

در پژوهش ساسانلی و همکاران (۴۱) همزیستی آویشن باغی با میکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام‌هوایی و تعداد شاخه‌های این گیاه شد. بنظر می‌رسد که تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و سیتوکینین در گیاهان آویشن‌باغی تلقیح شده با میکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام‌هوایی گیاه شده است (۱۹ و ۲۸). این موضوع نشان می‌دهد که گونه مناسب میکوریز (*G. mosseae*) به جذب بیشتر آب، مواد غذایی، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و مواد معدنی به گیاه کمک بیشتری کرده (۳۲) که در نتیجه زیست‌توده و رشد گیاه را نسبت به گیاهان شاهد افزایش و به استقرار آن‌ها در شرایط سخت محیطی افزایش می‌دهد (۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۳۷).

**وزن خشک ریشه:** تلقیح گیاه آویشن با هر دو گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* سبب افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. نتایج تحقیق بر روی گیاه آویشن‌باغی



شکل ۸- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی گیاه آویشن باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

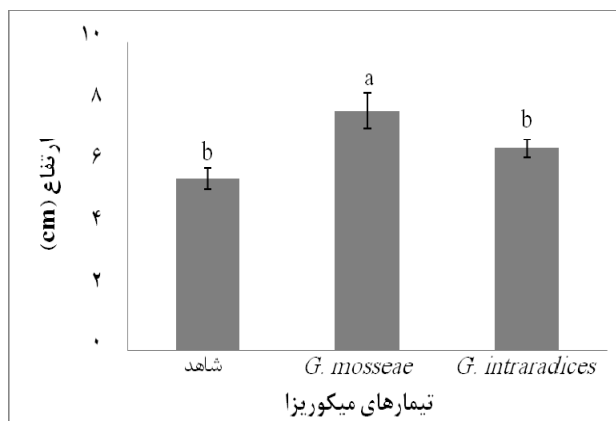


شکل ۹- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر وزن خشک ریشه گیاه آویشن باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

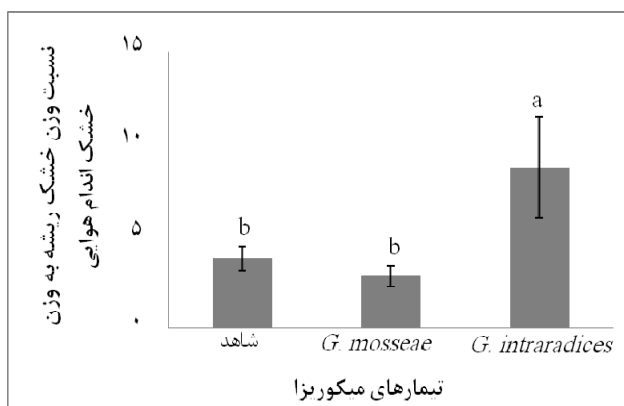
ساقه در مقایسه با شاهد شد (۱۷).  
**نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی:** از مقایسه نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی گیاه آویشن در تیمارهای مختلف میکوریزایی معلوم شد که بین تیمار میکوریزا *G. mosseae* و شاهد تفاوت معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) وجود ندارد اما تیمار *G. intraradices* به طور معنی‌داری موجب افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی شد (شکل ۱۱). در نتیجه افزایش وزن خشک اندام هوایی در همزیستی میکوریزا با نهال‌های آویشن‌باغی باعث کاهش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی شد. همزیستی گیاه آویشن با قارچ میکوریزا *G. mosseae* سبب شد تا سرمایه‌گذاری گیاه آویشن در افزایش زیست توده اندام‌زیرزمینی (ریشه) کمتر از زیست توده اندام-هوایی باشد، این نشان‌دهنده این است که میکوریزای *G. mosseae* بیشترین تأثیر را بر روی تحریک کردن و افزایش رشد گیاه آویشن-باغی داشت.

**ارتفاع:** بین ارتفاع گیاه آویشن در تیمار تلقیح شده *G. mosseae* با تیمارهای شاهد و *G. intraradices* تفاوت معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) وجود داشت. بلندترین ارتفاع آویشن‌باغی در تلقیح گیاهان با میکوریزا *G. mosseae* بود که این گیاهان تلقیح شده با میکوریزا *G. mosseae* به طور میانگین ۲/۲ سانتی‌متر ارتفاع بیشتری نسبت به تیمار شاهد و ۱/۲ سانتی‌متر نسبت به گیاهان تلقیح شده با میکوریزا *G. intraradices* داشتند (شکل ۱۰).

در گیاه دارویی پونه هم *G. mosseae* بیشترین تأثیر را بر ارتفاع و عملکرد گیاهان تلقیح شده داشت (۳۰). در بررسی دولت‌آبادی و همکاران (۱۹) نیز ارتفاع آویشن باغی ۸۹ درصد در تلقیح گیاهان با میکوریزا نسبت به تیمارهای غیر میکوریزایی افزایش یافت. ارتفاع و زیست توده کل گیاه دارویی نعناع در حضور همزیستی میکوریزا افزایش یافت (۱۳، ۲۲، و ۳۱). تلقیح گونه دارویی ریحان با قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع



شکل ۱۰- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر ارتفاع گیاه آویشن‌باغی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۱۱- اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



بیشتری برای کلونیزه کردن ریشه‌ها را دارد، می‌تواند در جذب عناصر غذایی و آب و افزایش مقاومت گیاهان در عرصه‌های طبیعی کارایی بیشتری داشته باشد و عملکرد آن‌ها را افزایش دهد. زیرا تشکیل هیف‌های خارجی با جذب آب و عناصر معدنی می‌تواند نقش مهمی را بر روی رشد، استقرار و عملکرد گیاه میزبان بگذارد.

قارچ‌های AM در ایجاد همزیستی با گیاهان میزبان به طور غیراختصاصی عمل می‌کنند. تقریباً هر AM می‌تواند با یک گونه میزبان تشکیل همزیستی بدهد. با توجه به نتایج این تحقیق گونه *G. mosseae* کارایی بیشتری در افزایش برخی از پارامترهای رویشی گیاه آویشن باغی داشت.

نتایج حاصل از این بررسی بیانگر پتانسیل استفاده از قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* به عنوان یک قارچ همزیست در افزایش تولید و استقرار اولیه گیاه دارویی آویشن باغی در سطح مرتع نیمه خشک بهار کیش قوچان می‌باشد.

این نوع میکوریزا به دلیل افزایش جذب بیشتر پتاسیم، فسفر، نیتروژن، آب و مواد معدنی (۴۴ و ۲۶) موجب افزایش ارتفاع، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و تعداد شاخه‌های آویشن نسبت به زیست توده اندام‌پرزیمینی (ریشه) شد (۱۸ و ۱۹).

## نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر در راستای کاربرد کودهای بیولوژیکی در عرصه‌های مرتعی به‌جای نهاده‌های شیمیایی، استقرار گیاهان در اصلاح و توسعه مراتع و افزایش عملکرد مورد نیاز در مناطق نیمه خشک انجام شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش مشخص شد که گیاه آویشن باغی قادر است با قارچ‌های میکوریزا همزیستی داشته باشد و تلقیح گیاهان با میکوریزا می‌تواند باعث افزایش رشد، عملکرد و استقرار گیاه آویشن باغی نسبت به شرایط شاهد شود. همچنین درصد کلونیزاسیون در گونه‌ی *G. mosseae* نسبت به گونه‌ی *G. intraradices* بالاتر بود. معمولاً گونه میکوریزایی که توانایی

## منابع

- اصلائی، ز.، ع. حسنی، م. رسولی، ف. صدقیانی، م. سفیدکن و ع. غیبی. ۱۳۹۰. تأثیر همزیستی با قارچ مایکوریزا بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷ (۳): صفحات ۴۸۶-۴۷۱.
- امید بیگی، ر. ۱۳۷۶. بررسی جنبه‌های تولید آویشن و فرآوری مواد موثره آن. فصلنامه پژوهش و سازندگی ۳۶: ۷۱-۶۱.
- رحیمی فرد، ن.، س. پاکزاد و ش. شعبی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات عصاره و اسانس آویشن باغی و آویشن شیرازی و میخک بر روی سلول‌های *vera hela hep2* در محیط کشت سلولی با روش *MTT*. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.
- زارع زاده، ع. م.، میروکیلی و م. عرب زاده. ۱۳۸۶. بررسی فنولوژی و سازگاری گیاهان دارویی کشت شده در کلکسیون استان یزد. فصل نامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳ (۲): ۲۱۷-۲۰۴.
- جنگجو، م. ا. دلوری و ع. گنجعلی. ۱۳۸۷. کپه کاری گیاه مرتعی *Bromus kopetdaghensis* در مراتع بوته زار. مجله علمی پژوهشی مرتع، ۳۱۴-۳۲۸.
- مطهری، م.، ه. عباس، پ. مرادی و ح. مطهری. ۱۳۹۰. تأثیر مصرف کود فسفر و قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزاء عملکرد و مواد موثره گیاه دارویی همیشه بهار. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.
- میرحسینی، م. و ح. سابقی. ۱۳۸۴. بررسی اقتصادی تجارت و صادرات گیاهان دارویی ایران. همایش ملی توسعه پایدار گیاهان دارویی مشهد مقدس. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
- Alguacil, M. D., F. Caravaca, G. Diaz, P. Marin, and A. Roldán. 2004. Establishment of *Retama sphaerocarpa* L. seedlings on a degraded semi arid soil as influence by Mycorrhizal inoculation and sewage-sludge amendment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167:637-644.
- Anonymous. 1995. Non-wood forest product 7. FAO Pub, Rome.
- Barea, J. M., M. J. Pozo, R. Azcon, and C. Azcon. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, 56(417):1761-1778.
- Barea, J. M. 2011. Mycorrhizal Research in Spain: past, present and future. In: Megías, M., Rivilla, R., Mateos, P., Leon, M., Delgado, MJ, Gonzalez, E., Soto, MJ, Rodelas, B., Bedmar, E. J. (Eds.), *Fundamentals and applications of agro-environmental beneficial plant-microbe interactions SEFIN*. In press.
- Brundrett, M. C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*, 154:275-304.
- Cabello, M., G. Irrazabal, A. M. Bucsinszky, M. Saparrat, and S. Schalamuk. 2005. Effect of an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*, and a rock-phosphate-solubilizing fungus, *Penicillium thomii*, on *Mentha*

- piperita* growth in a soilless medium. Journal of Basic Microbiology, 45:182-189.
- 14- Caravaca, F., J. M. Barea, A. Roldán. 2002. Synergistic influence of an arbuscular Mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil. Soil Biology & Biochemistry, 34:1139-1145.
  - 15- Caravaca, F., M. M. Alguacil, D. Figueroa, J. M. Barea, and A. Roldán. 2003. Reestablishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of soil Physical and biological properties in a semiarid Mediterranean area. Forest Ecology and Management, 182:49-58.
  - 16- Caravaca, F., M. M. Alguacil, J. M. Barea, A. Roldán. 2005. Survival of inocula and Native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. Soil Biology and Biochemistry, 37:227-233.
  - 17- Copetta, A., G. Lingua, and G. Berta. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza, 16:485-494.
  - 18- Dolatabadi, H. K., E. M. Goltapeh, A. Moieni, K. Jaimand, B. P. Sardrood, and A. Varma. 2011. Effect of *Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera* on plant growth and essential oil yield in *Thymus vulgaris* invitro and invivo experiments. Symbiosis, 53:29-35
  - 19- Dolatabadi, H., E. Mohammadi Goltapeh, A. Moieni, and A. Varma. 2012. Evaluation of different densities of auxin and endophytic fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina vermifera*) on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* growth. Journal of Biotechnology, 11(7):1644-1650.
  - 20- Drüge, U., H. Baltruschat, and P. Franken. 2007. *Piriformospora indica* Promotes adventitious root formation in cuttings. Horticultural Science, 112:422-426.
  - 21- Franken, P. 2012. The plant strengthening root endophyte *Piriformospora indica*: potential application and the biology behind. Applied Microbiology and Biotechnology, 96:1455-1464.
  - 22- Freitas, M. S., M. A. Martins, and I. C. Vieira. 2004. Production and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with mycorrhizal fungi. Brazilian Agricultural Research, 39:887-894.
  - 23- Giovannetti M., and Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84:489-500.
  - 24- Hamilton A. 2003. Medicinal plants and conservation: issue and approaches. IUCN & WWF Pub.
  - 25- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau, and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils, 37:1-16.
  - 26- Jennifer, A. W., J. Tallaksen, and I. Charvat. 2008. The effects of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation at a roadside prairie restoration site. Mycologia, 100 (1):6-11.
  - 27- Jiang, S. C., N. P. He, L. Wu, and D. W. Zhou. 2009. Vegetation restoration of secondary bare saline-alkali patches in the Songnen plain, China. Applied Vegetation Science doi:10.1111/j.1654-109X.2009.01048.x.
  - 28- Kumar, V., M. K. Sarma, K. Saharan, R. Srivastava, L. Kumar, V. Sahai, V.S. Bisaria, and A. K. Sharma. 2012. Effect of formulated root endophytic fungus *Piriformospora indica* and plant growth promoting rhizobacteria fluorescent pseudomonads R 62 and R 81 on *Vigna mungo*. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28:595-603
  - 29- Kerem, Z., S. Lev-Yadun, A. Gopher, and P. Weinberg. 2007. Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. Journal of Archaeological Science. 34:1289-1293.
  - 30- Kaosaad, T., H. Vierheilig, M. Nell, K. Zitterl-Egseer, and J. Novak. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp.*, *Lamiaceae*). Mycorrhiza, 16: 443- 446.
  - 31- Mucciarelli, M., S. Scannerini, C. Berretea, and M. Maffei. 2003. In vitro and in vivo peppermint (*Mentha piperita*) growth promotion by nonmycorrhizal fungal colonization. New Phytologist, 158: 579-591.
  - 32- Nautiyal, C. S., P. S. Chauhan, S. M. Das Gupta, K. Seem, A. Varma, and W. J. Staddon. 2010. Tripartite interaction samong *Paenibacillus lentimorbus* NRRLB-30488, *Piriformospora indica* DSM11827, and *Cicer arietinum* L. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26:1393-1399.
  - 33- Phillips, J. M., and D. S. Hayman. 1970. Improved procedure for clearing roots and staining parasites and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55:158-161.
  - 34- Porras-Soriano, A., M. L. Soriano-Martín, A. Porras-Piedra, and R. Azcón. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. Journal of Plant Physiology, 166:1350-1359.
  - 35- Querejeta, J. I., J. M. Barea, M. F. Allen, F. Caravaca, and A. Roldán. 2003. Differential Response of  $\delta^{13}C$  and water use efficiency to arbuscular mycorrhizal infection in Two arid land woody plant species. Oecologia, 135:510-515.
  - 36- Querejeta, J. I., M. F. Allen, F. Caravaca, and A. Roldán. 2006. Differential modulation of Host plant  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{18}O$  by native and nonnative arbuscular Mycorrhizal fungi in a semiarid environment. New Phytologist, 169:379-387.
  - 37- Querejeta, J. I., M. F. Allen, M. M. Alguacil, and A. Roldán. 2007. Plant isotopic composition provides insight into

- mechanisms underlying growth stimulation by AM Fungi in a semiarid environment. *Functional Plant Biology*, 34:683-691.
- 38- Rai, M., D. Acharya, A. Singh, and A. Varma. 2001. Positive growth responses of the medicinal plants *Spilanthes calva* and *Withania somnifera* to inoculation by *Piriformospora indica* in a field trial. *Mycorrhiza*, 11:123-128.
  - 39- Renata, G., T. Bruno, and K. Danielle. 2010. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure in the establishment of *Tocoyena selloana* Schum. in mined dune areas. *European Journal of Soil Biology*, 46:237- 242.
  - 40- Sasanelli, N., T. D'Addabbo, T. Takacs, and A. Attila. 2008. Remove from marked Records Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on nematocidal properties of leaf aqueous extracts of *Ruta graveolens* and *Thymus vulgaris*. *Giornate Fitopatologiche*, 14 (1):311-316.
  - 41- Sasanelli, N., A. Anton, T. Takacs, T. Addabbo, I. Biro, and X. Malov. 2009. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematocidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris* L. Parasitological Institute of SAS, Kosice DOI 10.2478/s11687-009-0043-6.
  - 42- Schippmann, U., D. Leaman, and A. B. Cunningham. 2006. A plants under sustainability aspects. In: R.J Bogers, L.E. Craker and D. Lange. Medicinal and aromatic plants. Pub Springer, printed in Netherlands. 75-95.
  - 43- Sirrenberg, A., C. Gobel, S. Grond, N. Czempinski, A. Ratzinger, P. Karlovsky, P. Santos, I. Feussner, and K. Pawlowski. 2007. *Piriformospora indica* affects plant growth by auxin production. *Plant Physiology*, 131:581-589.
  - 44- Smith, M. R., I. Charvat, and R. L. Jacobson. 1998. Arbuscular mycorrhizae promote establishment of prairie species in a tallgrass prairie restoration. *Canadian Journal of Botany*, 76:1947-1954.
  - 45- Smith, S. E., E. Facelli, S. Pope, and A. F. Smith. 2010. Plant performance in stressful environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326:3-20.
  - 46- Swift C. E. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Area Extension Agent: <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS/mycorrhiza>.
  - 47- Thrall, P. H., L. M. Broadhurst, M. S. Hoque, and D. J. Bagnall. 2009. Diversity and salt tolerance of native *Acacia rhizobia* isolated from saline and non-saline soils. *Austral Ecology*, 34:950 -963.
  - 48- Uniyal, R. C., M. R. Uniyal, and P. Jain. 2000. Cultivation of medicinal plants in India: a reference book. TRAFFIC, New Delhi.
  - 49- Vadassery, J., C. Ritter, Y. Venus, I. Camehl, A. Varma, B. Shahollari, O. Novák, M. Strnad, J. Ludwig-Müller, and R. Oelmüller. 2008. The Role of Auxins and Cytokinins in the Mutualistic Interaction Between *Arabidopsis* and *Piriformospora indica*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 21:1371-1383.
  - 50- Younginger, B., J. Barnouti, and D. C. Moon. 2009. Interactive effects of mycorrhizal fungi, salt stress, and competition on the herbivores of *Baccharis halimifolia*. *Ecological Entomology*, 34:580-587.
  - 51- Zubek, S., and J. Blaszowski. 2009. Medicinal plants as hosts of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes. *Phytochemistry Reviews*, 8:571-580.