نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۵ شماره ۴/۲ صفحه‌های ۲۸۵ تا ۲۹۹ / سال ۱۳۹۴

اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر میزان جذب عناصر غذایی، برخی شاخص‌های رشدی و میزان اسانس گیاه مرزه در شرایط تنش شوری

بهجت جبالبارزی[۱] ، مهدی زارعی[۲]*، نجفعلی کریمیان[۳]، محمد جمال سحرخیز[۴]

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۲۸

[۱]- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

[۲]- دانشیار بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

[۳]- استاد بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

[۴]- دانشیار بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Mehdizarei@shirazu.ac.ir

چکیده

میکوریز آربوسکولار اثرات مثبت بر رشد و عملکرد گیاهان داروئی در شرایط تنش‌های محیطی دارند. در این پژوهش تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر رشد، جذب عناصر غذایی و میزان اسانس در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) تحت تنش شوری در آزمایش گلخانه‌ای بررسی گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل قارچ میکوریز آربوسکولار در سه سطح شامل شاهد بدون قارچ، *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم* و تنش شوری در ۴ سطح از منبع کلرید سدیم (۰/۳۶، ۲، ۵ و ۸ دسی زیمنس بر متر) در سه تکرار انجام گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش شوری میانگین وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه، کلنیزاسیون ریشه، جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را کاهش و وزن خشک ریشه، جذب سدیم و میزان اسانس در اندام هوایی گیاه مرزه را افزایش داد. گیاهان مرزه تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی نسبت به گیاهان بدون قارچ در شرایط تنش شوری، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع گیاه، جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و میزان اسانس بیشتری داشتند. بیشترین میزان اسانس در تیمار شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و تلقیح با قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، *ریزوفاگوس اینترارادیسز*، عناصر غذایی، *کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم*، مرزه، میزان اسانس

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Nutrients Uptake, Some Growth Indices and Essence Oil Content of *Satureja hortensis* under Salinity Stress Conditions

B Jabalbarezi[1], M Zarei[2*], NA Karimian[3], MJ Sahrkhiz[4]

Received: 03 May 2014 Accepted: 19 September 2015
1,2,3,-Former M.Sc. Student, Assoc. Prof., Prof., respectively, Dept. of Soil Sci., College of Agric., Shiraz Univ, Shiraz, Iran
4- Assoc. Prof., Dept. of Hort. Science, College of Agric., Shiraz Univ, Shiraz, Iran
*Corresponding Author, Email: Mehdizarei@shirazu.ac.ir

Abstract

Arbuscular mycorrhiza has positive impacts on the growth and yield of medicinal herbs under environmental stresses. In this study the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrients uptake and essence oil content in savory plant (*Satureja hortensis* L.) under salt stress were evaluated in a greenhouse experiment. A completely randomized design in a factorial arrangement with two factors of arbuscular mycorrhizal fungi at three levels: non-mycorrhizal (NM) as control, *Rhizophagus intraradices* and *Claroideoglomus etunicatum*, and four levels of salinity (0.36, 2, 5 and 8 dSm^{-1} as NaCl) were performed in three replications. Salt stress decreased the shoot dry weight and plant height, root colonization, and the shoot nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium uptake and it increased the root dry weight, shoot sodium uptake and essence oil content of the savory plant. Mycorrhizal plants had higher shoot and root dry weights, plant height and shoot nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium uptake and the essence oil content in comparison with NM ones under salinity stress conditions. The highest content of essential oil was obtained in the plants inoculated with *Rhizophagus intraradices* at salinity level of *8* dS m^{-1}.

Keywords: *Claroideoglomus etunicatum,* Essence oil content, Nutrients, *Rhizophagus intraradices,* Salinity stress, Savory plant

مقدمه

افزایش روزافزون نیاز غذایی مردم بر اثر رشد سریع جمعیت، ایجاب می‌کند که میزان تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد. نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار می‌باشند که همین موضوع سبب کاهش تولید گردیده است. شوری خاک نیز یکی از مهم‌ترین موانع محدودکننده تولید محصول در این مناطق هست (مونس ۲۰۰۲). شوری با تأثیر بر روند انتقال آب و یون‌ها در گیاهان، تعادل یونی و وضعیت مواد غذایی را تغییر می‌دهد و بر رشد، متابولیت‌های ثانویه و عملکرد گیاهان اثر می گذارد (جمیل و همکاران ۲۰۰۶). در ایران خاستگاه اصلی گیاهان داروئی مناطق خشک و نیمه‌خشک هست که غلظت زیاد نمک از خصوصیات حائز اهمیت خاک این مناطق است. گیاهان دارویی مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه یعنی مخازن مواد مؤثر بسیاری از داروها می‌باشند. مواد مذکور اگر چه با هدایت فرآیند-های ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی ساخت آن‌ها به‌طور

بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی و زیستی قرار می‌گیرد. مرزه از گیاهانی است که خاصیت دارویی دارد و حاوی اسانس با حدود ۳۰ درصد کارواکرول و ۲۰ تا ۲۵ درصد سیمن و گاما ترپینن هست. به‌طورکلی از مهم‌ترین خواص گزارش‌شده مرزه می‌توان به: ضد درد، ضد باکتری، ضد سرطان، ضدعفونی‌کننده، ضد قارچ، ضد اسپاسم، مسکن، محرک و مقوی معده اشاره کرد (صالحی سورمقی ۱۳۸۸). بیجه کشاورزی (۲۰۱۱) گزارش نمود که گیاه مرزه به شوری حساس است. نتایج نجفی و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که با افزایش شوری، پارامترهای رشد و سرعت فتوسنتز گیاه مرزه کاهش و محتوای کارواکرول اسانس افزایش می‌یابد. با آبشویی خاک، استفاده از ارقام مقاوم به شوری، مدیریت مناسب آبیاری، کشت و کود می‌توان خاک‌های شور را اصلاح و اثرات منفی آن را کاهش داد. استفاده از کودهای زیستی حاوی تعداد کافی از یک تا چند گونه از ریزجانداران مفید خاکزی، می‌تواند خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه در خاک‌های شور را بهبود دهد. از جمله ریزجانداران مفید خاکزی، می‌توان به قارچ‌های میکوریز آربسکولار اشاره نمود که در خاک‌های شور نیز وجود دارند (علی‌اصغرزاده ۱۳۷۹). قارچ‌های میکوریز آربسکولار نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند (علی‌اصغر زاده ۱۳۷۹)، به‌نحوی‌که بعضی آن‌ها را به‌عنوان اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور می‌نامند (سینگ و همکاران ۱۹۹۷). قارچ‌های میکوریزی با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌تحرک فسفر، روی و مس افزایش داده و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند (مارچنر و دل ۱۹۹۴). گیاهان میکوریزی در شرایط تنش شوری کارایی مصرف آب را در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده افزایش می‌دهند که این خود منجر به افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌گردد (کافی و همکاران ۲۰۰۳). تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش سرعت رشد، افزایش وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی گیاهان دارویی می‌شود (گوپتا و همکاران ۲۰۰۵). بخشایی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تأثیر قارچ میکوریز بر ویژگی‌های کیفی گیاهان ریحان، مرزه و بادرنجبویه نشان دادند که تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌داری بر صفات کیفی آن‌ها داشت و درصد اسانس گیاهان مذکور را افزایش داد. سحرخیز و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر روی گیاه ریحان مقدس گزارش کردند، قارچ‌های میکوریزی موجب افزایش معنی‌دار (در سطح پنج درصد) طول ریشه، وزن خشک ریشه، طول ساقه گل، شاخص سبزینگی، غلظت و جذب فسفر و درصد کلنیزاسیون ریشه شد. کاپور و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقات خود با گیاه گشنیز، قارچ‌های میکوریزی *گلوموس فاسیکولاتوم* و *گلوموس ماکروکارپم* را به‌کار بردند. نتایج آنان بیانگر افزایش عملکرد زیستی در شرایط کاربرد قارچ میکوریزی بود. کوپتا و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تلقیح گیاه نعناع با قارچ *گلوموس فاسیکولاتوم* به‌صورت معنی‌داری عملکرد محصول (پیکره رویشی) و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد و همچنین با افزایش جذب آب و عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم، سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد نظیر ارتفاع و ماده خشک شد. فلاحیان و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر قارچ میکوریز آربوسکولار *گلوموس اتونیکاتوم* (نام جدید آن *کلارویدئوگلوموس اتونیکاتوم* است) بر رشد و تغذیه معدنی گیاه پسته تحت شرایط تنش شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم) نشان دادند که در شرایط شوری همزیستی میکوریزی به‌خوبی تشکیل شد و در این شرایط وزن خشک ریشه و ساقه و سطح برگ گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش داشت. با توجه به اینکه بخش عمده ای از اراضی کشور ما را مناطق شور و یا مناطقی با محدودیت منابع آبی تشکیل می‌دهد و ازآنجاکه تنش شوری بر روی گیاهان اثرات نامطلوب دارد و همچنین بر اساس اطلاعات نگارندگان، در زمینه تأثیر قارچ‌های

میکوریزی بر گیاه مرزه در شرایط تنش شوری تحقیقات منتشرشده‌ای وجود نداشت، لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر شوری و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر رشد و جذب عناصر غذایی و مقدار اسانس گیاه مرزه در یک خاک آهکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و شوری بر روی رشد، جذب عناصر غذایی پر مصرف و مقدار اسانس گیاه دارویی مرزه آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار (در هر تکرار نیز تعداد ۴ گلدان اضافه برای اندازه‌گیری اسانس در نظر گرفته شد) در گلخانه بخش علوم خاک دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۱ انجام گردید. فاکتورهای مورداستفاده شامل موارد زیر بود: ۱-قارچ میکوریز آربسکولار در ۳ سطح شاهد بدون قارچ، قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* (*Rhizophagus intraradices*) و *قارچ کلارویدئوگلوموس اتونیکاتوم* (*Claroideoglomus etunicatum*). مایه تلقیح قارچ‌ها با گیاه سورگوم به‌عنوان میزبان تکثیر گردید. نام‌های قبلی قارچ‌های *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *کلارویدئوگلوموس اتونیکاتوم* به‌ترتیب *گلوموس اینترارادیسز* و *گلوموس اتونیکاتوم* هست (*سایت اینترنتی http://schuessler.userweb.mwn.de/amphylo*).

۲- تنش شوری در ۴ سطح از منبع کلرید سدیم (۲،۰/۳۶، ۵ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر).

برای انجام این پژوهش از خاکی با رده Fine mixed calcareous mesic Typic Calcixerept استفاده گردید. خاک به گلخانه منتقل شد. پس از خشک شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت خاک (گی و بادر ۱۹۸۶)، pH در خمیر اشباع خاک به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (توماس۱۹۹۶) و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (رودز ۱۹۹۶)، فسفر قابل‌جذب (اولسن و همکاران ۱۹۵۴) نیتروژن کل (برمنر ۱۹۹۶)، پتاسیم با استات آمونیوم نرمال (کنودسن و همکاران ۱۹۸۲)، ماده آلی به‌روش اکسایش تر با دی کرومات پتاسیم و سپس تیتره کردن با فرو آمونیوم سولفات (نلسون و سامرز ۱۹۹۶)، غلظت آهن، مس، منگنز و روی با عصاره‌گیر دی. تی. پی آ. (لیندسی و نورول ۱۹۷۸) و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری و تعیین شد. برخی خصوصیات خاک مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است.

نمونه‌های ۴ کیلوگرمی خاک که از قبل هوا خشک‌شده بود را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و عناصر غذایی موردنیاز گیاه بر اساس نتایج آزمون خاک، به‌صورت محلول تهیه و به آن اضافه گردید. مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به‌صورت سرک در دو مرحله، قبل و چهار هفته پس از کاشت، آهن، مس، روی و منگنز هر کدام به مقدار ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌ترتیب از منابع سولفات آهن، سولفات مس، سولفات روی و سولفات منگنز قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. در ادامه، خاک درون کیسه به‌خوبی مخلوط و به گلدان‌های پلاستیکی دارای زهکش منتقل و سپس تلقیح قارچ‌های میکوریز انجام شد. برای تلقیح قارچ‌های میکوریز آربسکولار مقدار ۵۰ گرم از مایه تلقیح قارچ‌ها شامل اسپور (۱۲-۱۰اسپور در هر گرم بستر)، هیف و قطعات کلنیزه شده (۸۵-۷۵ درصد) و کلنیزه نشده ریشه‌ای در عمق ۵ سانتی‌متری از خاک گلدان قرار داده شد و با خاک زیر مخلوط گردید. به‌منظور حفظ جمعیت میکروبی غیر از قارچ میکوریز و یکسان شدن وزن گلدان‌ها، مقدار ۵۰ گرم از بستر گلدان‌های شاهد تلقیح نشده با قارچ که در مرحله کشت تکثیر نگهداری شده بودند به تیمارهای بدون قارچ در کشت اصلی اضافه گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورداستفاده.

خصوصیات خاک (واحد)		خصوصیات خاک (واحد)	
بافت	لوم رسی شنی	فسفر محلول در بی‌کربنات سدیم ($mg\ kg^{-1}$)	۶/۴
پ‌هاش	۷/۷۸	مس قابل‌استخراج با دی.تی.پی.ا ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۷۸
قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	۰/۳۶	آهن قابل استخراج با دی.تی.پی.ا ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۰۹
ماده آلی (%)	۰/۵۹	منگنز قابل‌استخراج با دی.تی.پی.ا ($mg\ kg^{-1}$)	۲/۰۵
ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol^{+}\ kg^{-1}$)	۲۶	روی قابل‌استخراج با دی.تی.پی.ا ($mg\ kg^{-1}$)	۰/۵۹

بذر گیاه مرزه از بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تهیه گردید. ضدعفونی کردن سطحی بذرها با استفاده از الکل ۷۰ درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه انجام گردید و سپس بذرها چهار مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. تعداد ۸ بذر در هر گلدان کاشته شد و پس از تنک و استقرار گیاهان به ۳ بوته در هر گلدان، تیمارهای شوری اعمال شد. مقدار نمک موردنیاز برای هر سطح شوری از منبع کلرید سدیم محاسبه و برای جلوگیری از تنش به گیاه در طی دو مرحله پس از حل کردن در آب، به خاک هر گلدان افزوده گردید. آبیاری در حد رطوبت ظرفیت مزرعه و با آب مقطر (به‌روش وزن کردن روزانه) در طول دوره رشد گیاه انجام گردید. پس از گذشت سه ماه از کاشت گیاه، ارتفاع گیاه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. سپس اندام‌های هوایی مرزه از محل طوقه جدا شد. نمونه‌های گیاهی (ریشه و ساقه)، پس از شستشو با آب مقطر برای به‌دست آوردن وزن خشک در دمای ۶۵ درجه سلسیوس آون به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها آسیاب و پس از توزین به‌میزان ۰/۵ گرم به بوته چینی منتقل شدند. در دمای ۵۵۰درجه سلسیوس درون کوره الکتریکی قرار گرفتند و خاکستر شدند. خاکستر حاصله برای عصاره‌گیری در ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال حل‌شده و پس از عبور از کاغذ صافی محلول صاف و شفاف شد. حجم نهایی محلول با استفاده از آب مقطر به ۲۵میلی‌لیتر رسانده شد. در این محلول فسفر به‌روش زرد با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670) خوانده شد. نیتروژن به‌روش کلدال و سدیم و پتاسیم نیز با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری گردید. رنگ‌آمیزی و تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه به‌روش کورمانیک و مک گراو (۱۹۸۲) انجام گردید. برای استخراج و اندازه‌گیری اسانس، بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل، برداشت و در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) و در سایه به‌مدت سه هفته خشک شدند و سپس به‌روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر، عمل استخراج اسانس انجام گرفت. برای این منظور مقدار ۲۰ گرم از پیکر رویشی خشک‌شده گیاه مرزه (شامل برگ‌ها، سر شاخه‌ها، گل‌ها) همراه با ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به درون بالن مخصوص دستگاه با حجم ۲ لیتر، ریخته شد. عمل اسانس‌گیری با حرارت دادن بالن شروع و پس از

جوش آمدن و شروع استخراج اسانس به‌مدت ۲ ساعت ادامه یافت. پس از سرد شدن دستگاه (حدود نیم ساعت) اسانس به‌روش وزنی تعیین و در نهایت درصد اسانس محاسبه گردید. داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

درصد کلنیزاسیون ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری، قارچ و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر درصد کلنیزاسیون ریشه معنی‌دار است. قارچ میکوریز، میانگین درصد کلنیزاسیون ریشه را نسبت به سطح بدون میکوریز به‌طور معنی‌داری افزایش و تنش شوری به‌طور معنی‌داری کلنیزاسیون ریشه را کاهش داد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱) بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه (۸۱/۸ درصد)، در تیمارهای دارای قارچ و در سطح بدون تنش شوری و کمترین درصد کلنیزاسیون ریشه (۱۰/۹ درصد)، در تیمارهای بدون قارچ و در بالاترین سطح تنش شوری است. بین دو گونه قارچ میکوریز اختلاف معنی‌داری بر درصد کلنیزاسیون ریشه مشاهده نشد (شکل ۱). مشخص شده است که افزایش شوری می‌تواند اثرات منفی روی رشد هیف و زنده‌ماندن گونه‌های *گلوموس* داشته باشد (روزندول و همکاران، ۱۹۹۱). یکی از دلایل کاهش درصد همزیستی میکوریزی بر اثر کلرید سدیم می‌تواند به‌دلیل اثر بازدارندگی آن بر رشد ریشه باشد (جونیپر و ابات ۱۹۹۳). علی‌اصغر زاده (۱۳۷۹) نیز بیان کرد کاهش معنی‌دار درصد کلنیزاسیون ریشه با افزایش شوری می‌تواند بر اثر کاهش تندش اسپور و رشد هیف‌ها باشد.

ارتفاع گیاه مرزه

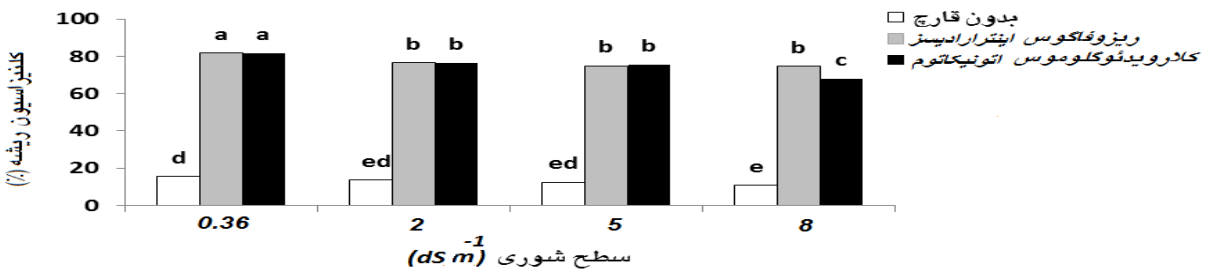
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که فقط اثر قارچ بر ارتفاع گیاه مرزه معنی‌دار است، اما اثر تنش شوری و بر هم‌کنش تنش شوری و قارچ معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) مشاهده شد که به‌طورکلی با افزایش تنش شوری ارتفاع گیاه کاهش یافت که البته اختلاف معنی‌دار نبود. قارچ بر ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. قارچ‌های *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *کلارویدئوگلوموس اتونیکاتوم* به‌ترتیب ۱۱/۹۵ و ۱۱/۱۷ درصد ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد بدون قارچ افزایش دادند. اما بین گونه‌های قارچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در تیمار دارای قارچ و در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر تنش شوری مربوط به *ریزوفاگوس اینترارادیسز* بود. کمترین ارتفاع بوته نیز در تیمار بدون قارچ و سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود که اختلاف آن نسبت به سایر تیمارهای بدون قارچ و برخی تیمارهای میکوریزی معنی‌دار نبود (جدول ۴). سلامی و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کرده‌اند که با افزایش سطح شوری، طول ساقه در دو گیاه دارویی سنبل‌الطیب و زیره سبز، کاهش پیدا کرد. کاهش فشار تورژسانس بافت‌ها و فعالیت‌های فتوسنتزی در شرایط شوری و اثرات مستقیم نمک بر متابولیسم سلولی به‌عنوان مکانیسم‌های فیزیولوژیک مسئول کاهش رشد توسط شوری شناخته‌شده‌اند (نیومن، ۱۹۷۷).

در رابطه با اثر بازدارندگی شوری بر ارتفاع و رشد گیاه، نتایج حاصل از پژوهش حاضر همچنین با گزارش نجفی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. قارچ‌های میکوریزی با تغییرات هورمونی و ترشح فاکتورهای محرک رشد (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶) و افزایش جذب عناصر غذایی (گیری و همکاران ۲۰۰۴) می‌تواند ارتفاع و رشد گیاهان را در شرایط تنش شوری افزایش دهد.

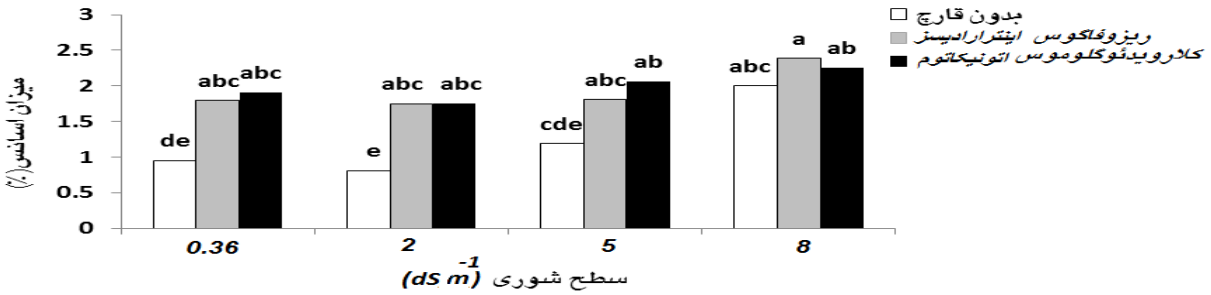
وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری و قارچ بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار است اما اثر برهمکنش تنش شوری و قارچ معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد با افزایش سطح تنش شوری، میزان وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد و اختلاف وزن خشک اندام هوایی گیاه در سطح بدون شوری نسبت به بالاترین سطح شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) معنی‌دار است. اما وزن خشک ریشه با افزایش تنش شوری تا سطح ۵ دسی‌زیمنس بر متر تغییر معنی‌دار نیافت ولی در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با سایر سطوح تنش شوری افزایش معنی‌داری نشان داد. به‌طورکلی وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاهان تلقیح شده با قارچ نسبت به تیمارهای شاهد بدون قارچ بیشتر بود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی گیاه در تیمار دارای قارچ و در سطح بدون تنش شوری و بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار دارای قارچ و در سطوح بالای تنش شوری مربوط به قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* است (جدول ۴). هرگونه اختلال در سیستم جذب و انتقال انتخابی مواد در اثر نامناسب بودن شرایط شیمیایی خاک ایجاد می‌شود. شوری‌های فتوسنتزی، متابولیسم سلولی و جذب عناصر غذایی را کاهش می‌دهد(نیومن ۱۹۷۷). قارچ‌های میکوریزی با افزایش فاکتورهای رشد گیاهی و جذب عناصر غذایی در شرایط تنش شوری، رشد گیاه را افزایش می‌دهند (گیری و همکاران ۲۰۰۴).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری و قارچ بر میزان اسانس در گیاه مرزه معنی‌دار است ولی اثر بر هم‌کنش تنش شوری و قارچ بر میزان اسانس در گیاه مرزه معنی‌دار نبود. گرچه با افزایش شوری درصد اسانس افزایش یافت اما تنها در تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سایر تیمارهای شوری افزایش معنی‌دار بود (جدول ۳). محصولات دارویی برخلاف همه محصولات کشاورزی که در اوضاع تنش از نظر مقدار تولید لطمه می‌بینند ممکن است در این اوضاع تولید شیمیایی بیشتر و در نتیجه بازده اقتصادی برتری پیدا کنند (امید بیگی ۱۳۸۶). قارچ‌های *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *کلاروئیدئوگلوموس اتونیکاتوم* به‌ترتیب ۴۸/۸ و۵۵/۹ درصد نسبت به تیمار بدون قارچ میزان اسانس را به‌طور معنی‌دار افزایش دادند و در بین دو گونه قارچی از لحاظ افزایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). بیشترین میزان اسانس در تیمار دارای قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و در سطح تنش شوری بالا بود که اختلاف معنی‌داری با برخی تیمارها نداشت. کمترین میزان اسانس در اندام هوایی گیاه در تیمار بدون قارچ و در سطح شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود، هرچند اختلاف معنی‌داری با برخی تیمارها نداشت (شکل ۲). کیفیت گیاهان دارویی بر اثر کاربرد قارچ میکوریز بهبود می‌یابد و دلیل آن‌را می‌توان به اثرات متقابل بین گیاه و قارچ و پاسخ‌های گیاه نسبت داد (صفری سنجانی و شریفی ۲۰۰۷). افزایش عملکرد اسانس در گیاهان میکوریزی احتمالا به‌دلیل افزایش سطح جذب و در نتیجه تغذیه بهتر و عملکرد بیشتر است (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶). فریتاس و همکاران (۲۰۰۴) در گیاه نعناع، کاپور و همکاران (۲۰۰۱) در گیاه گشنیز و برین و همکاران (۱۳۸۸) در گیاه ریحان، نتایج مشابهی در رابطه با قارچ میکوریزی و اثرات مثبت این قارچ‌ها بر میزان اسانس در گیاهان مذکور گزارش نمودند.



شکل ۱- اثرات متقابل شوری و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر درصد کلنیزاسیون ریشه گیاه مرزه.میزان اسانس



شکل ۲- اثرات متقابل شوری و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر میزان اسانس (درصد) گیاه مرزه.

جذب نیتروژن در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری و قارچ و برهم‌کنش آن‌ها بر جذب نیتروژن در اندام هوایی معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد با افزایش تنش شوری میزان جذب نیتروژن در اندام هوایی کاهش یافت به‌طوری‌که مقدار کاهش در جذب نیتروژن اندام هوایی گیاه در سطح تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به تیمار بدون تنش شوری به‌میزان ۶۳/۹۴ درصد بود. بیشترین میزان جذب نیتروژن در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ *کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم* و در سطح بدون تنش شوری و کمترین میزان جذب نیتروژن در تیمارهای قارچ و سطح تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر است(جدول ۴). ولکامر و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که زیاد بودن غلظت کلر در شرایط شوری، سبب کمبود نیترات گیاه می‌شود. در تیمارهای قارچی میزان جذب نیتروژن اندام هوایی در مقایسه با تیمارهای بدون قارچ به‌طور معنی‌داری بالاتر است. گیری و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کرده‌اند که در گیاهان میکوریزی جذب نیتروژن به‌خصوص در شرایط تنش شوری، بیشتر از گیاهان تلقیح نشده هست و آن را به بالاتر بودن سطح فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز در ریشه گیاهان میکوریزی نسبت داده‌اند. لی و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان نمودند که فعالیت آنزیم گلوتامین سنتتاز که تبدیل‌کننده آمونیوم به فرم آلی نیتروژن هست در ریشه گیاهان کلنیزه شده با قارچ‌های میکوریزی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی است.

جذب فسفر در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر قارچ و تنش شوری بر جذب فسفر در اندام هوایی گیاه

مرزه معنی‌دار است. اما بر هم‌کنش تنش شوری و قارچ بر جذب فسفر در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد جذب فسفر در اندام هوایی در سطح تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سطح بدون تنش شوری۳۲/۵۲ درصد کاهش معنی‌دار دارد. بیشترین مقدار جذب فسفر در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و در سطح بدون تنش شوری بود (جدول۴). غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی در شرایط تنش شوری به‌سرعت کاهش می‌یابد، زیرا یون-های فسفات با یون کلسیم موجود در خاک به‌سرعت رسوب‌کرده و از دسترس گیاهان خارج می‌گردند. بااین‌حال قارچ میکوریزی می‌تواند اثر مثبتی را بر غلظت فسفر در گیاهان تحت شرایط تنش داشته باشد (گیری و همکاران ۲۰۰۲). افزایش جذب فسفر در تیمار-های قارچی علاوه بر تأثیر همزیستی میکوریزی در افزایش سطح جذب ریشه به عقیده گیری و همکاران (۲۰۰۳) و محمد و همکاران (۱۹۹۸) می‌تواند به‌دلیل تأثیر این قارچ‌ها در انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی به‌واسطه ترشح فسفاتازهای اسیدی، اگزالات‌ها و تراوش یون پروتون نیز صورت گیرد. به‌نظرمی‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر همچنین می-تواند به‌دلیل انتشار میسلیوم‌های میکوریزی و تشکیل یک سیستم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که بهره‌برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن می-سازد که ریشه‌های تغذیه‌کننده به آن دسترسی ندارند (کوپتا و همکاران ۲۰۰۶).

جذب سدیم در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری بر جذب کل سدیم در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار است. اما اثر قارچ و برهم‌کنش تنش شوری و قارچ بر جذب کل سدیم در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تنش شوری جذب کل سدیم در اندام هوایی افزایش یافت. به‌طوری‌که جذب کل سدیم در اندام هوایی در سطح تنش شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر ۹۵/۸۲ درصد نسبت به شاهد بدون تنش شوری افزایش معنی‌دار نشان داد که به‌دلیل بالا بودن مقدار یون سدیم در محلول خاک است. جذب سدیم در اندام هوایی گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان بدون قارچ افزایش معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین (جدول ۴) مشخص می‌شود بیشترین مقدار جذب کل سدیم در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ کلارویدئوگلوموس *اتونیکاتوم* و در سطح تنش شوری بالا بود که اختلاف معنی‌داری با برخی تیمارها نداشت و کمترین مقدار جذب کل سدیم در اندام هوایی گیاه در تیمار بدون قارچ و بدون تنش شوری بود. به‌طورکلی با افزایش تنش شوری، بین تیمارهای قارچی و بدون قارچ اختلاف معنی‌داری در مقدار جذب کل سدیم در اندام هوایی وجود نداشت. محققین جذب بیشتر سدیم در ریشه و عدم انتقال آن به اندام هوایی و همچنین تأثیر قارچ را در افزایش جذب فسفر و به‌دنبال آن جذب بیشتر کاتیون‌های کلسیم و منیزیم نسبت داده-اند که به‌دلیل اثر رقابتی این عناصر با سدیم، غلظت سدیم کاهش می‌یابد (پلات و گریو ۱۹۸۸).

جذب پتاسیم در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری و قارچ بر پتاسیم جذب‌شده در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار است ولی اثر برهم-کنش تنش شوری و قارچ بر جذب پتاسیم در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد که مقدار جذب کل پتاسیم در اندام هوایی در سطح تنش شوری ۸ دسی-زیمنس بر متر، ۴۵/۳۶ درصد و در سطح تنش شوری ۵

دسی‌زیمنس بر متر، ۳۰/۸۲ درصد نسبت به شاهد بدون تنش شوری کاهش معنی‌دار یافت. با توجه به مقایسه میانگین (جدول ۴) مشخص می‌شود بیشترین مقدار جذب پتاسیم در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و در سطح بدون تنش شوری و کمترین مقدار جذب پتاسیم در اندام هوایی گیاه در تیمار بدون قارچ و در سطح تنش شوری بالا (۸ دسی-زیمنس بر متر) بود. کاهش پتاسیم در گیاه با افزایش شوری خاک، شاید به‌دلیل رقابت سایر کاتیون‌ها از جمله سدیم و منیزیم با پتاسیم باشد (تیرمان و اسکرت ۱۹۹۹). افزایش جذب پتاسیم در گیاهان میکوریزی در سطوح مختلف شوری و در مقایسه با گیاهان بدون قارچ (جدول ۳) به عقیده رابی و المدینی (۲۰۰۵) نتیجه تأثیری است که این قارچ‌ها بر انتقال‌دهنده‌های پتاسیم گیاه دارند و این به‌عنوان یکی از سازوکارها در بهبود مقاومت گیاه به شوری و کاهش سمیت یون سدیم معرفی شده است (الکرکی ۲۰۰۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر شوری و قارچ‌های میکوریزی بر کلنیزاسیون ریشه، رشد، جذب عناصر غذایی پرمصرف و میزان اسانس در گیاه مرزه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلنیزاسیون ریشه	ارتفاع گیاه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	میزان اسانس
شوری	۳	۹۹/۹***	۳۰/۰ns	۱۵/۷*	۱/۳**	۱/۱***
قارچ	۲	۱۵۶۷۱/۲***	۱۲۷/۹**	۲۷/۵**	۲/۳**	۱/۷***
شوری× قارچ	۶	۲۷/۵***	۱/۳ns	۰/۹ns	۰/۱ns	۰/۲ns
خطا	۲۴	۷۰۶/۹	۱۱	۹/۸	۰/۸	۷۱

***، ** و * به‌ترتیب در سطح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. ns از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

ادامه جدول ۲

منابع تغییرات	درجه آزادی	جذب نیتروژن	جذب فسفر	جذب سدیم	جذب پتاسیم	جذب منیزیم	جذب کلسیم
شوری	۳	۹۱۸/۹*	۲۰۶/۰*	۷۴۸۴/۶***	۵۲۵۷/۵*	۳۵۸۴/۲ns	۵۷۱۲۴۴۳/۳***
قارچ	۲	۱۲۸۶/۸*	۹۴۰/۸***	۴۶۴/۱ns	۶۹۸۴/۱*	۶۲۸۵۵/۵***	۲۲۷۷۴۸۵/۹***
شوری×قارچ	۶	۹۱۷۲/۸***	۱۲۷/۳ns	۵۵۴/۴ns	۸۴۴/۶ns	۳۸۳۹/۷ns	۲۷۰۶۱۲۷/۸***
خطا	۲۴	۲۳/۶	۵۷/۹	۸۳۵/۷	۱۸۱۰/۶	۴۰۹۵/۳	۱۴۶۹۳۰/۱

***، ** و * به‌ترتیب در سطح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است. ns از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

جذب منیزیم در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که فقط اثر قارچ بر جذب منیزیم در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار است. با توجه به نتایج مقایسه میانگین عامل-های اصلی (جدول ۳) مشاهده شد، قارچ‌های *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم* به‌ترتیب ۷۲/۰۰ و ۴۳/۹۱ درصد نسبت به تیمار بدون قارچ جذب منیزیم را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. بین گونه‌های قارچ نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت، قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* جذب منیزیم در اندام هوایی را نسبت به قارچ *کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم* به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در تیمارهای میکوریزی و بدون قارچ با افزایش شوری جذب منیزیم تغییر معنی‌داری نیافت بیشترین

مقدار جذب منیزیم در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و در سطح تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۴). افزایش منیزیم با افزایش شوری، توسط گیاه تا حدی اثرات منفی سدیم را می‌تواند کاهش دهد، اما اثرات مثبت منیزیم در مقایسه با کلسیم کمتر است و ممکن است غلظت بالای منیزیم در گیاه تعادل عناصر غذایی را به هم بزند (ولکمار و همکاران ۱۹۹۸).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی شوری(دسی‌زیمنس بر متر) و قارچ‌های میکوریزی بر کلنیزاسیون ریشه، رشد، جذب عناصر غذایی پرمصرف و میزان اسانس در گیاه مرزه.

		کلنیزاسیون ریشه (٪)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن خشک اندام هوایی (g pot^{-1})	وزن خشک ریشه (g pot^{-1})	میزان اسانس (٪)
شوری	۰/۳۶	۵۹/۷ a*	۵۱/۸a	۱۰/۸a	۱/۵۶b	۱/۵b
	۲	۵۵/۵b	۵۴/۵a	۹/۵ab	۱/۷b	۱/۴b
	۵	۵۴/۳b	۵۳/۷a	۸/۶b	۱/۸b	۱/۷b
	۸	۵۱/۱c	۴۹/۹b	۷/۷b	۲/۴a	۲/۲a
قارچ	بدون قارچ	۱۳/۲b	۴۸/۸b	۷/۴b	۱/۴b	۱/۲b
	قارچ ۱	۷۷/۱a	۵۴/۷a	۱۰/۳a	۲/۲a	۱/۹a
	قارچ ۲	۷۵/۳a	۵۴/۳a	۹/۷a	۲/۱a	۱/۹a

ادامه جدول ۳

		جذب نیتروژن (mg pot^{-1})	جذب فسفر (mg pot^{-1})	جذب سدیم (mg pot^{-1})	جذب پتاسیم (mg pot^{-1})	جذب منیزیم (mg pot^{-1})	جذب کلسیم (mg pot^{-1})
شوری	۰/۳۶	۳۵۹/۶a	۳۶/۳a	۶۷/۷b	۲۱۷/۷a	۲۹۵/۵a	۴۲۵۳/۵a
	۲	۱۸۷/۳b	۲۸/۳b	۱۰۶/۹a	۱۶۱/۹ab	۲۶۴/۲a	۱۷۶۳/۶b
	۵	۱۳۶/۹b	۲۴/۳b	۱۳۰/۲a	۱۵۰/۶b	۲۵۷/۹a	۱۴۷۱/۳b
	۸	۱۲۹/۷b	۲۴/۵b	۱۳۲/۷a	۱۱۸/۹b	۲۹۲/۵a	۸۶۶/۱c
قارچ	بدون قارچ	۱۲۶/۵b	۱۷/۵b	۱۰۲/۳a	۱۲۹/۱b	۱۹۹/۵c	۱۲۷۹/۷b
	قارچ ۱	۲۲۶/۰a	۳۶/۴a	۱۱۳/۳a	۱۸۹/۵a	۳۴۳/۲a	۲۴۸۷/۹a
	قارچ ۲	۲۵۷/۶a	۳۲/۹a	۱۱۵/۸a	۱۶۸/۱a	۲۸۷/۲b	۲۳۷۸/۳a

*اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک کوچک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند . قارچ۱: *ریزوفاگوس اینترارادیسزو قارچ ۲: کلارویدئوگلوموس اتونیکاتوم*

جذب کلسیم در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش شوری، قارچ و برهم‌کنش تنش شوری و قارچ بر جذب کلسیم در اندام هوایی گیاه مرزه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین عوامل اصلی (جدول ۳) نشان داد با افزایش شوری، جذب کلسیم در اندام هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که در تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد بدون تنش شوری ۷۹/۶۳ درصد کاهش معنی‌دار داشت. با توجه به جدول ۴ بیشترین مقدار جذب کلسیم در اندام هوایی در تیمار دارای قارچ *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و در سطح بدون تنش شوری بود. همچنین مشخص می‌شود که تیمار-های میکوریزی در سطح بدون تنش شوری و سطح تنش شوری ۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمارهای غیر میکوریزی افزایش معنی‌داری بر جذب کلسیم اندام هوایی گیاه داشته‌اند، اما در سطوح شوری ۵ و ۸ دسی-زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای قارچی و بدون قارچ وجود نداشت. حاسنی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که میزان عناصر پتاسیم و کلسیم اندام هوایی در گیاه شنبلیله با افزایش شوری کاهش یافته است. اشرف و اروج (۲۰۰۵) نیز نتایج مشابهی را در مورد میزان عنصر کلسیم در گیاه *آمی ماجوس* بیان داشتند. غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی در متابولیک گیاه اختلال ایجاد می‌کند و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش‌ازحد این یون، جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (تستر و داونپورت ۲۰۰۳).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری (دسی‌زیمنس بر متر) و قارچ‌های میکوریزی بر رشد و جذب عناصر غذایی پرمصرف در گیاه مرزه (ادامه در صفحه بعد).

سطوح قارچ	سطوح شوری ($dS\ m^{-1}$)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن خشک اندام هوایی ($g\ pot^{-1}$)	وزن خشک ریشه ($mg\ pot^{-1}$)	جذب نیتروژن ($mg\ pot^{-1}$)	جذب فسفر ($mg\ pot^{-1}$)
	۰/۳۶	۴۸/۴d*	۹/۱abcd*	۱/۱d	۲۲۱/۱bcd	۲۱/۱cd
بدون قارچ	۲	۴۹/۹bcd	۷/۵bcd	۱/۴cde	۹۸/۴d	۱۸/۳cd
	۵	۴۹/۶cd	۷/۳dc	۱/۲de	۹۶/۱d	۱۷/۳d
	۸	۴۷/۴d	۵/۹d	۱/۹abcd	۹۰/۱d	۱۳/۵d
	۰/۳۶	۵۳/۵abcd	۱۱/۴ab	۱/۹abcd	۳۶۷/۵ab	۵۲/۵a
قارچ ۱	۲	۵۶/۶a	۱۰/۷abc	۲/۱bcd	۲۲۶/۲bcd	۳۲/۹bc
	۵	۵۶/۲ab	۹/۷abcd	۲/۰abcd	۱۴۹/۹cd	۲۹/۹bcd
	۸	۵۰/۹abcd	۹/۴abcd	۲/۸a	۱۶۰/۴bcd	۳۰/۲bcd
	۰/۳۶	۵۳/۷abcd	۱۱/۹a	۱/۶cde	۴۹۰/۱a	۴۲/۱ab
قارچ ۲	۲	۵۶/۹a	۱۰/۴abc	۱/۸cde	۲۳۷/۴abc	۳۳/۶bc
	۵	۵۵/۳abc	۸/۹abcd	۲/۲abc	۱۶۴/۶bcd	۲۵/۸cd
	۸	۵۱/۴abcd	۷/۶bcd	۲/۶ab	۱۳۸/۵cd	۲۸/۸bcd

*اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک کوچک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی-باشند . قارچ۱: *ریزوفاگوس اینترارادیسز* و *قارچ ۲: کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم*

ادامه جدول ۴

سطوح قارچ	سطوح شوری (dS m^{-1})	جذب سدیم (mg pot^{-1})	جذب پتاسیم (mg pot^{-1})	جذب منیزیم (mg pot^{-1})	جذب کلسیم (mg pot^{-1})
	۰/۳۶	۵۹/۰d	۱۷۳/۲abc	۲۲۸/۱cd	۲۴۸۳/۹c
بدون قارچ	۲	۱۰۷/۳abcd	۱۲۴/۴bc	۱۹۳/۸cd	۱۰۷۲/۹fgh
	۵	۱۲۴/۶abc	۱۲۸/۷bc	۲۰۲/۷cd	۱۰۶۳/۹fgh
	۸	۱۱۸/۵abc	۹۰/۱c	۱۷۹/۲d	۴۹۷/۹h
	۰/۳۶	۸۰/۱cd	۲۴۸/۶ab	۳۶۳/۰ab	۵۸۴۹/۸a
قارچ ۱	۲	۱۲۱/۱abc	۱۸۵/۳abc	۲۸۷/۳abcd	۲۲۷۳/۴cd
	۵	۱۲۴/۹abc	۱۸۰/۷abc	۳۱۶/۰abc	۱۴۹۵/۵efg
	۸	۱۲۷/۱abc	۱۴۳/۳abc	۴۰۶/۶a	۸۱۳/۳gh
	۰/۳۶	۷۵/۳cd	۲۳۱/۴a	۳۱۶/۹abc	۴۴۲۶/۶b
قارچ ۲	۲	۹۴/۴bcd	۱۷۵/۱abc	۲۵۴/۹bcd	۱۹۴۴/۳cde
	۵	۱۴۱/۲ab	۱۴۲/۵abc	۲۷۹/۶bcd	۱۸۵۴/۱def
	۸	۱۵۲/۴a	۱۲۳/۴bc	۲۹۷/۳abc	۱۲۸۸/۳efgh

*اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک کوچک هستند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند . قارچ۱: *ریزوفاگوس اینترارادیسزو قارچ ۲: کلاروبیدئوگلوموس اتونیکاتوم*

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری درصد کلنیزاسیون ریشه، عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ارتفاع گیاه، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم را در اندام هوایی گیاه کاهش و عملکرد ماده خشک ریشه ،جذب سدیم و میزان اسانس را افزایش داد. قارچ‌های میکوریزی به‌طور معنی‌داری درصد کلنیزاسیون ریشه گیاه مرزه را افزایش داد. گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی نسبت به گیاهان بدون قارچ در شرایط تنش شوری، عملکرد ماده خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع، جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در اندام هوایی و میزان اسانس بالاتری داشتند. قارچ‌های میکوریزی احتمالاً از طریق سازوکارهای مختلف باعث بهبود رشد گیاه تحت شرایط شوری می‌شود. یکی از این سازوکارها بهبود تغذیه عناصر غذایی پر مصرف به‌ویژه فسفر است (استون ۱۹۸۹). قارچ‌های میکوریزی با کلنیزه‌کردن گیاه میزبان می‌توانند مواد غذایی به‌ویژه کربن و فسفر را توسط پل‌های هیف میکوریزی منتقل کنند، این امر در استقرار و پایداری گیاهان جوان و در ادامه در رشد و عملکرد آن‌ها بسیار حائز اهمیت است. لذا استفاده از روش‌های میکوریز کردن گیاهان دارویی در مناطق حفاظت‌شده و مراتع و جنگل‌ها می‌تواند راه‌کاری برای گسترش دامنه اکولوژیک این گیاهان در شرایط نامساعد و تسریع در رشد و نمو و افزایش کیفیت آن‌ها باشد.

سپاسگزاری

از حمایت‌های دانشگاه شیراز در انجام این پژوهش تشکر می‌گردد.

منابع مورداستفاده

امید بیگی ر، ۱۳۸۶. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ چهارم. جلد اول، ۳۴۷ صفحه.

بخشایی س، رضوانی مقدم پ، مختاری و و تبرائی ع، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر قارچ میکوریزی بر خصوصیات کیفی گیاهان داروئی ریحان، مرزه و بادرنجبویه. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. آبان ماه. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، اصفهان.

برین م، رسولی صدقیانی م ح، رضایی دانش ی، صمدی ع، حسنی ع و رجالی ف. ۱۳۸۸. اثر سه گونه قارچ میکوریز آربوسکولار روی پارامترهای رشد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی ریحان. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه گرگان، گرگان.

سلامی مر، صفرنژاد ع، حمیدی ح. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی سنبل الطیب و زیره سبز. پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. جلد ۱۹، صفحه‌های ۷۷ تا ۸۳.

صالحی سورمقی م ح. ۱۳۸۸. خواص دارویی مرزه. نشریه دنیای تغذیه. شماره ۸۷، صفحه‌های ۵۰ تا ۵۴.

علی اصغر زاده ن، ۱۳۷۹. بررسی پراکنش و تراکم جمعیت قارچ های میکوریز آربوسکولار در خاک های شور دشت تبریز و تعیین اثرات تلقیح آن ها در بهبود تحمل پیاز و جو به تنش شوری. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

فلاحیان ف، عباس پور ح ، فهیمی ح و خاوری نژاد رع، ۱۳۸۴. بررسی تاثیر قارچ اندو میکوریز بر تغذیه معدنی و رشد گیاه پسته (*Pistacia vera* L.) در شرایط شوری. نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۷، صفحه‌های ۸۲ تا۸۶.

Al-Karaki GN, 2001. Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. Journal of Plant Nutrition 24: 511-522.

Ashraf M and Orooj A, 2005. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague). Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad 38040, Pakistan.

Bijeh Keshavarzi MH, 2011. Effect of salt stress on germination and early seedling growth of savory (*Satureja hortensis*). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5: 3274-3279.

Bremner JM, 1996. Nitrogen – Total. Pp. 1085-1122. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

Copetta A, Lingua Gand Berta G, 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L.var. Genovese. Mycorhiza 16: 485-494.

Estaun MV, 1989. Effect of sodium chloride and mannitol on germination and hyphal growth of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Agriculture, Ecosystems and Environment 29:123–129.

Freitas MSM, Martins MA and Vieira IJC, 2004. Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 9: 887-894.

Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle size analysis. Pp. 383-411. In: Klute A (ed). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Agronomy Monographs 9(1), Madison, Wisconsin.

Giri B, Kapoor R and Mukerji G, 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of Acacia auriculiformis. Biology and Fertility of Soils 38: 170-175.

Giri B, Kapoor R and Mukerji G, 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza 14: 307-312.

Giri B, Kapoor R and Mukerji KG, 2002. VA mycorrhizal techniques /VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. Pp. 313-327. In: Mukerji KG, Manoracheir C and Singh J (eds). Techniques in Mycorrhizal Studies Kluwer, Dordrecht.

Gupta ML, Khaliq A, Pandey R, Shukla RS, Singh HN and Kumar S, 2005. Vesicular-arbascular mycorrhizal fungi associated *Ocimum* spp. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 7: 57-64.

Hasni I, Ben Ahmed H, Bizid E, Raies A, Samson G and Zid E, 2009. Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). The Proceeding of International Plant Nutrition Colloquim XVI, UC Davis.

Jamil M, Lee DB, Jung KY, Ashraf M, Lee SC and Rha ES, 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. Journal of Central European Agriculture 7: 273-282.

Juniper S and Abbott L, 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza 4: 45-57.

Kafi M, Stewart WS and Borland AM, 2003. Carbohydrate and proline contents in leaves, roots and apices of salt-tolerant and salt–sensitive wheat cultivar. Russian Journal of Plant Physiology 50: 155-162.

Kapoor R, Giri B, and Mukerji G, 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Foot and Agriculture 82: 339-342.

Knudsen D, Peterson GA and Pratt PF, 1982. Lithium, Sodium and Potassium. Pp. 225-246. In: Page AL, Miller RH and Keeney DH (eds). Methods of Soil Analysis, Part 2. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy.

Kormanik PP and McGraw A C, 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant root. Paul 37-45. In:Methods and Principles of Mycorrhizal Reseach,ed. By Schenk N C. The American Phytopathological Society, St.

Li M, Liu R and Christie P, 2005. Influence of three arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and nutrient status of Taro. Communication in Soil Science and Plant analysis 36: 2383-2396.

Lindsay WL and Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of American Journal 42: 241-428.

Marschner H and Dell B, 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.

Mohammad MJ, Pan WL and Kennedy AC, 1998. Seasonal mycorrhizal colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dry land field conditions. Mycorrhiza 8: 139-144.

Munns R, 2002. Comparative physiology of of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.

Najafi F, Khavari-Nejad RA and Siah Alia M, 2010 The effects of salt stress on certain physiological plants parameters in summer savory (*Satureja hortensis*). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 6: 13-21.

Nelson DW and Sommers LE, 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter.Pp. 961-1010. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

Neumann P, 1977. Salinity resistance and plant growth revised. Plant, Cell and Environment 20: 1193-1198.

Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS and Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture. Circular no. 939 : 1-19.

Plaut Z and Grieve C M, 1988. Photosynthesis of salt stressed maize as influenced by Ca:Na ratio nutrient solution. Plant and Soil 105: 283-286.

Rabie GH, and Almadani AM. 2005. Role of bioinoculants in development of salt tolerance of Vicia faba plants under salinity stress. African Biotechnology Journal, 4: 210-222.

Rhoades JD, 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Pp.417-435. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

Rosendohl CN and Rosendal S, 1991. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on the response of cucumber (*Gucumis sativus* L.) to salt stress. Environmental and Experimental Botany 31: 313-318.

Safarisinegani A, and Sharifi AZ, 2007. The sbundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in rhizospheres of different crops. The Turkish Journal of Biology 31: 181-185.

Saharkhiz MJ, Merikhi M, Zarei M and Teixeira da Silva JA, 2011. Responses of *Ocimum sanctum* to inoculation with arbuscular mycorhizal fungi and fertilization with deiffrent phosphate source. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology 5: 114-118.

Singh RP, Choudhary A, Gulati A, Dahiya HC, Jaiwal PK and Sengar RS, 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic and factors. Pp 25–39. In: Jaiwal PK, Singh RP and Gulati A (eds). Strategies Forimproving Salt Tolerance in Higher Plants. Science Publishers, Enfield, N.H.

Tester M and Davenport R, 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.

Thomas GW, 1996. Soil pH and soil acidity. Madison, WI. pp. 475-490. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Madison, Wisconsin USA: Soil Science Society of America, American Society of Agronomy.

Tyerman SD and Skerrett IM, 1999. Root ion channels and salinity. Scientia Horticulturae 78: 175–235.

Volkmar KM, Hu Y and Steppuhn H , 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science 78: 19-27.