نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۲۴۴-۲۳۳

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 2, Summer 2011, p. 233-244

تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری

بهاره پارسا مطلق[۱]، سهراب محمودی[۲*]، محمد حسن سیاری زهان[۲] و مهدی نقی‌زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۷

چکیده

همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان از طریق بهبود جذب عناصر غذایی می‌تواند باعث واکنش مثبت گیاهان به ویژه در شرایط تنش شوری شود. به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر میزان غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آبیاری با آب شور، آزمایشی گلدانی در سال ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل شوری آب آبیاری با چهار سطح (۵۰۰ [شاهد]، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر)، کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و قارچ میکوریزا در سه سطح (قارچ‌های گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intradices* و شاهد بدون قارچ) بود. نتایج نشان داد که همراه با افزایش شوری، غلظت کلروفیل‌های a و b، کلروفیل کل، کاروتنوئیدها، پتاسیم، کلسیم و فسفر برگ در مرحله گلدهی کاهش یافت، اما در مقابل غلظت سدیم و نسبت Na/K افزایش پیدا کرد. در بین صفات مورد بررسی، قارچ‌های میکوریزا بر غلظت کلسیم برگ و کلروفیل a تأثیر معنی‌داری نداشتند. اثر متقابل کود فسفر و شوری نیز بر غلظت کلروفیل b، غلظت سدیم و فسفر برگ معنی‌دار بود. در بین دو گونه قارچ مورد استفاده، گونه‌ی *G. intraradices* عملکرد بهتری در افزایش غلظت کلرفیل و بهبود تغذیه‌ای گیاه لوبیا در شرایط تنش شوری داشت. در نتیجه می‌توان چنین بیان داشت که در شدت‌های پایین تنش شوری، مصرف کود فسفر به همراه قارچ‌های میکوریزا در لوبیا می‌تواند از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و غلظت رنگیزه های فتوسنتزی در کاهش اثرات منفی تنش شوری مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری آب، کلروفیل، کود زیستی

مقدمه

در بین تنش‌های محیطی، شوری مشکل حادی است، که در حدود دو میلیون کیلومتر مربع از زمین‌های قابل استفاده در کشاورزی را تحت تأثیر خود قرار داده است و از این رو عامل محدود کننده بزرگی در تولید گیاهان لگوم در سراسر دنیا به شمار می‌رود. از طرفی افزایش شور شدن زمین‌های کشاورزی به‌طور وسیعی مورد انتظار است، به طوریکه ۳۰ درصد اراضی در ۲۵ سال آینده و بالغ بر ۵۰ درصد آنها در سال ۲۰۵۰ به دلیل توسعه شوری از گردونه تولیدات کشاورزی خارج می‌شوند (Wang et al., 2003). گیاهان در محیط شور با دو عامل اصلی مواجه هستند، یکی املاح زیاد موجود در محلول خاک که پتانسیل اسمزی خاک را پایین می‌آورد و باعث کاهش جذب و کمبود آب در گیاه می‌شود (Marschner, 1986) و دیگری زیادی یون‌های سدیم و کلر که موجب کاهش جذب یون‌های ضروری از جمله پتاسیم، کلسیم، آمونیوم و نیترات شده و نیز از فعالیت آنزیم‌ها کاسته و ساختار غشا را بر هم می‌زند (Greenvay & Munns, 1980; Lacan & Durand, 1996). این اثرات شامل کاهش فعالیت‌های متابولیکی گیاه از جمله فتوسنتز شده و از رشد گیاهان در محیط‌های شور می‌کاهد (Marschner, 1986).

در بسیاری از نظام‌های کشاورزی، کمبود فسفر پس از نیتروژن به عنوان اساسی‌ترین عامل در تولید محصولات زراعی مطرح شده است (Mosali et al., 2006). فلچر و همکاران (Fletcher et al., 2008) گزارش دادند که در بیش از ۳۰ درصد مناطق دنیا کمبود فسفر موجب محدودیت کشت محصولات می‌شود. در کنار مصرف نامتعادل کودهای فسفره، در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به علت بالا بودن pH و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی مانند فسفر (که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است) به صورت نامحلول

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و مربی دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: E-mail: smahmodi@yahoo.com)

درآمده و از دسترس گیاه خارج می‌شود (Harmsen et al., 2001). بازده کودهای فسفاته در چنین مناطقی معمولاً پایین بوده و مقدار جذب شده آنها بوسیله گیاه در سال اول، فقط ۵ تا ۲۰ درصد می‌باشد، بنابراین، گیاه همواره با کمبود این عناصر مواجه است (Malakuti, 1996). در این راستا استفاده از فناوری‌های جدید در زمینهٔ استفاده از کودهای زیستی بویژه به‌منظور مدیریت فسفر خاک اهمیت زیادی دارد. کاربرد خاکی فسفات به دلیل پایین بودن فسفر قابل جذب به تنهایی نمی‌تواند نیازهای بخش کشاورزی امروز را تأمین کند و باید با توجه به منابع جدید و استفاده از روش‌های مختلف به منظور افزایش کارایی و انحلال ترکیبات کم محلول فسفات توجه شود که معمولاً این روش‌ها شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی می‌باشند (Chabot et al., 1996).

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی زیادی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharma, 2002). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. برای غلبه بر مشکل شوری خاک‌ها راهکار زیستی یکی از راهکارهای اساسی است که باید مورد توجه قرار گیرد (Katergi, 1994). در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریزا، اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزا آربسکولار[1] نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان در شرایط شور دارند به نحوی که بعضی آنها را به عنوان اصلاح کنندگان زیستی[2] خاک‌های شور می‌نامند (Singh et al., 1997). قارچ‌های میکوریزا با داشتن شبکهٔ هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب[3] ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی بویژه عناصر کم تحرک فسفر، روی، مس افزایش داده و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند (Marschner & Dell, 1994). با افزایش مصرف آب شور در کشاورزی، مصرف کود و بهبود تغذیه گیاهان در شرایط شور مورد توجه قابل ملاحظه‌ای قرار گرفته است (Omidbeigi, 2000). اطلاعات موجود نشان می‌دهدکه تحمل به نمک در گیاهان زراعی با تغییر سطح حاصلخیزی خاک تغییر می‌نماید و گیاهان در سطح حاصلخیزی پایین با دریافت کود کافی در برابر شوری مقاومت نشان می‌دهند (Feigin, 1985). با توجه به محدودیت جذب فسفر در مناطق گرم و خشک، به دلیل آهکی بودن خاک‌ها، انتظار می‌رود که بتوان با استفاده از قارچ مایکوریزا به یک نوآوری در خصوص افزایش جذب فسفر در خاک‌های شور و کاهش مصرف بی‌رویه کودهای فسفره دست یافت. با توجه به حساسیت گیاه لوبیا به تنش شوری، در این مطالعه اثرات میکوریزایی شدن لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و استفاده از مقادیر مختلف کود فسفر در میزان کاهش اثرات تنش شوری از طریق بررسی میزان غلظت عناصر غذایی و رنگیزه‌های فتوسنتزی این گیاه، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل شوری آب آبیاری با چهار سطح (۵۰۰ [شاهد]، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و قارچ میکوریزا در سه سطح (قارچ‌های گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intradices* و شاهد بدون قارچ) بود. خاک مورد استفاده در این آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه شده بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مقدار EC ۲/۲ دسی زیمنس بر متر، pH ۷/۸ و درصد نیتروژن و کربن آلی خاک به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۲۹ درصد بود. همچنین مقادیر فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس،آهن، روی و منیزیوم خاک به ترتیب ۱۲، ۲۵۰، ۲/۲، ۴/۸ و ۳/۱ پی‌پی‌ام بود.

دمای محیط گلخانه ۱۵/۲۵ درجه سانتی‌گراد (روز/شب) با فتوپریود ۱۲ ساعت تنظیم شد. به منظور ضد عفونی بذور و جلوگیری از آلودگی‌های احتمالی قارچی، بذرهای لوبیا (رقم اختر) به مدت دو دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفتند، سپس به ترتیب توسط آب معمولی و آب مقطر شستشو داده شدند. برای انجام این آزمایش از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۲۶ سانتی متر و ارتفاع ۲۸ سانتی‌متر استفاده شد. برای ایجاد زهکش، در ته گلدان سوراخ هایی تعبیه و سپس در کف گلدان تا ارتفاع دو سانتی‌متری شن دانه درشت شسته شده ریخته و بقیه حجم گلدان با خاک پر شد. در هر گلدان مقدار ۲/۵ کیلوگرم خاک با مشخصات ذکر شده به همراه سطوح کود فسفر (۰-۱۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به صورت محلول، مخلوط شد. برای اعمال تیمار قارچ‌های میکوریزا، قبل از کاشت، خاک رویی گلدان به اندازه سه تا چهار برابر عمق کاشت بذر کنار زده و مقدار ۵۰ گرم قارچ به خاک گلدان اضافه شد. آبیاری گلدان ها بر اساس ظرفیت زراعی هر روز با آب غیرشور به مدت ۲۰ روز انجام شد و برای اعمال تیمار شوری بعد از ۲۰ روز از تاریخ کاشت، آبیاری با تیمارهای آب شور و بر اساس ظرفیت زراعی صورت گرفت.

اندازه‌گیری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوییدها) بر اساس روش لیچتنتالر(Lichtenthaler, 1987) انجام گرفت. بر اساس این روش ۰/۲ گرم بافت تازه برگی (از

1- Arbuscular mycorrhizal fungi (AM)
2- Bio-ameliorators
3- Kinetic

برگ‌های میانی گیاه در مرحله گلدهی) با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد ساییده شد. سپس محتوای هاون چینی بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ که در قیف شیشه‌ای قرار داشت ریخته و صاف شد. سپس محلول با افزودن استن ۸۰ درصد به ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس سه میلی لیتر از این محلول که حاوی کلروفیلa و b وکاروتنوئیدها بود در کووت ریخته شد و شدت جذب آن در طول موج‌های ۶۶۳/۲ (کلروفیل a)، ۶۴۶/۸ (کلروفیل b) و۴۷۰ (کاروتنوئیدها) نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر[1] قرائت و غلظت این رنگیزه‌ها با استفاده از معادلات ۱ تا ۴ محاسبه گردید (Lichtenthaler, 1987).

معادله (۱) $Chl_a\ (mg.ml^{-1}) = (12.5\times A_{663.2})-(2.79\times A_{646.8})$

معادله (۲) $Chl_b\ (mg.ml^{-1}) = (21.51\times A_{646.8})-(5.1\times A_{663.2})$

معادله (۳) $Chl_T\ (mg.ml^{-1}) = Chl.a + Chl.b$

معادله (۴) $Car\ (mg.ml^{-1}) = ((1000\times A_{470})-(1.8\times Chl_a)-(85.02\times Chl_b))/198$

که در این معادلات، Chl_a، Chb، Chl_T و Car: به ترتیب غلظت کلروفیل a، کروفیل b، کل کلروفیل و کاروتنوییدها (شامل کاروتن و گزانتوفیل‌ها) و $A_{663.2}$، $A_{646.8}$ و A_{470} به ترتیب نشان دهنده‌ی شدت جذب در طول موج‌های ۶۶۳/۲ (کلروفیل a)، ۶۴۶/۸ (کلروفیل b) و ۴۷۰ (کاروتنوئیدها) نانومتر می‌باشند.

برای اندازه گیری غلظت عناصر معدنی گیاه (سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم و فسفر) نمونه‌های برگ لوبیا (جمع آوری شده در مرحله گلدهی گیاه) به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. سپس دو گرم (وزن خشک) بافت گیاهی برداشته و به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد قرار داده شد تا هضم اسیدی انجام شود. بشر حاوی مخلوط مورد نظر برای تکمیل هضم اسیدی و خارج شدن گاز دی اکسید نیتروژن (خرمایی رنگ) روی هیتر قرار داده شد، سپس بشر را از روی هیتر برداشته و نمونه های سرد شده با آب دیونیزه به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسیده و فیلتر شد. اندازه گیری فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر، و بقیه عناصر توسط دستگاه فلیم فتومتر[2] با روش نشر شعله‌ای و کوره گرافیتی[3] انجام شد.

جهت محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها به کمک نرم افزار آماری SAS ver. 9.1، مقایسه میانگین به روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام و اشکال نیز توسط نرم افزار Excel رسم گردید.

1- UV Visible Array S2100 Diod Model
2- Fame 110 series
3- GTA 110 series, Varian Company, Model SpectrAA220, Made in Australia

نتایج و بحث

غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری بر غلظت کلروفیل a ($p\leq$۰/۰۱)، اثر شوری، قارچ میکوریزا و اثر متقابل آنها بر غلظت کلروفیل b ($p\leq$۰/۰۱) اثر شوری ($p\leq$۰/۰۱) و قارچ میکوریزا ($p\leq$۰/۰۵) بر غلظت کل کلروفیل (a+b) و اثر شوری، قارچ میکوریزا ($p\leq$۰/۰۱) و اثر متقابل آنها ($p\leq$۰/۰۵) بر غلظت کاروتنوئیدهای برگ لوبیا در مرحله گلدهی معنی‌دار بود، ولی کود فسفر و اثر متقابل آن با دیگر فاکتورهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی لوبیا نداشت (جدول ۱).

غلظت کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با افزایش سطوح شوری آب آبیاری کاهش یافت. غلظت کلروفیل a، در سطح شوری خفیف (۲۰۰۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) با ۳/۸۷ درصد افزایش نسبت به شاهد به شکل معنی‌داری افزایش یافت، ولی در سطوح شوری سوم و چهارم به ترتیب ۱۵/۳۴ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (شکل ۱ الف). علت افزایش در غلظت کلرفیل در دامنه‌های کم تنش شوری را راجکان و همکاران (Rajcan et al., 1999)، مکانیسم‌های تحمل به تنش از قبیل کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت برگ دانستند. به اعتقاد آنها شوری در محدوده‌های کم می‌تواند باعث افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ شود. لیکن با افزایش بیش از حد شوری و اثرات سوء آن بر ساختار کلروفیل و در نتیجه تخریب کلروپلاست‌ها، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (Cramer, 2002). اشرف (Ashraf, 1989) نیز افزایش معنی‌دار غلظت کلروفیل a را در سطوح شوری پایین، به حساسیت این رنگیزه به تنش نسبت داد.

اثر متقابل شوری و قارچ مایکوریزا بر غلظت کلروفیل b معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود، بطوری‌که تیمار با قارچ‌های میکوریزا در تنش شوری تا سطح ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل b نداشت، ولی تیمارهای میکوریزایی در سطوح شوری ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر غلظت این کلروفیل را به ترتیب ۸/۵ و ۱۲ درصد نسبت به تیمارهای غیرمیکوریزایی افزایش دادند (شکل ۲). تیمارهای میکوریزایی و همچنین کاربرد کود فسفر تأثیری روی غلظت کلروفیل a نداشتند، ولی میزان کلروفیل b را تحت تنش شوری افزایش دادند، البته در سطوح بالای شوری افزودن کود فسفر تأثیری در میزان کلروفیل b ایجاد نکرد (شکل ۳). خاوازی نژاد و همکاران (Khavazi Nejad et al., 2003) نیز در بررسی کاربرد کود فسفر در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) بیان داشتند اثر کود فسفر بر رنگیزه‌های فتوسنتزی این گیاه جزیی بود. ممکن است یکی از جمله دلایل کاهش غلظت کلروفیل در تنش شوری در گیاهان غیرمیکوریزایی تداخل نمک با سنتز کلروفیل باشد (Giri & Mukerji, 2004). علت احتمالی دیگر در مورد کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند اثرات آنتاگونیستی یون سدیم بر جذب

منیزیم باشد (Alam,1994). از آنجا که قارچ‌های میکوریزا بـه جـذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌تواننـد سـنتز کلروفیـل را افـزایش دهند (Giri et al., 2002).

اندازه‌گیری محتوی کلروفیل a و b نشان داد که اگر چـه غلظـت هر دو تحت تاثیر شوری کاهش می‌یابند، ولی کلروفیل a حسـاس‌تـر بود. با این حال تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار ۱۹ و ۵۰ درصدی کلروفیل کل به ترتیب در سطوح شوری ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر نسبت به شاهد شـد (شـکل ۱- ب). اشـرف (Ashraf, 1989) به این نتیجه رسید که تـأثیر شـوری بـر میـزان کلروفیـل بـا متوقف کردن آنزیم خاصی که مسئول سنتز رنگدانه‌های سبز در گیـاه می‌باشد در ارتباط است.

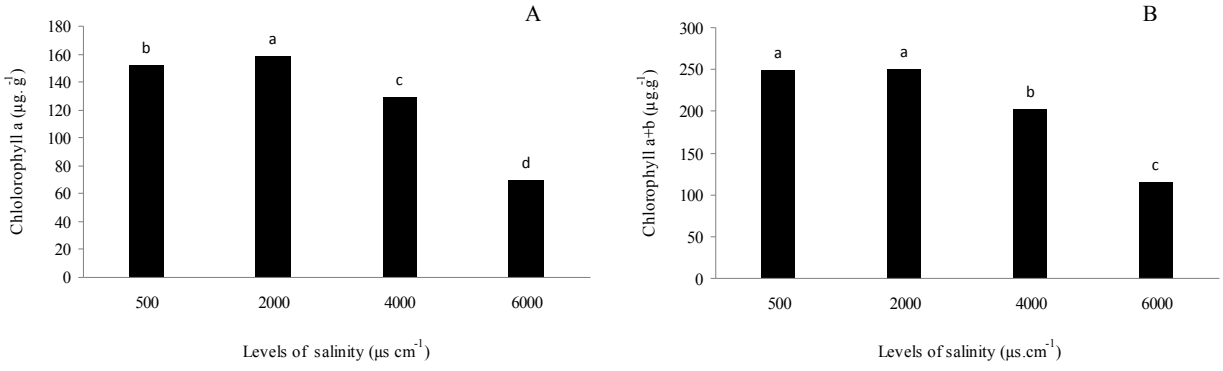
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، مجموع کلروفیل a + b و کاروتنوئیدهای برگ لوبیا

Table 1- Analysis of variance (means of squares) for concentrations of chlorophyll a, b, a+b and carotenoids in bean leaves

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a ($\mu g.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($\mu g.g^{-1}$)	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b ($\mu g.g^{-1}$)	کارتنوئیدها Carotenoides ($\mu g.g^{-1}$)
شوری Salinity	3	44273.6 **	14664.9 **	108847.5**	2141.2 **
قارچ Fungi	2	30.4 ns	251.1 **	401.4 *	12.3**
فسفر Phosphorus	2	63.1 ns	23.1 ns	140.6 ns	1.0 ns
شوری × قارچ Salinity × fungi	6	45.6 ns	60.4 **	104.3 ns	25.9 *
شوری × فسفر Salinity × phosphorus	6	122.7 ns	122.7 ns	143.4 ns	11.2 ns
قارچ × فسفر Fungi × phosphorus	4	18.1 ns	18.1 ns	42.1 ns	9.3 ns
شوری × قارچ × فسفر Salinity × fungi × phosphorus	12	32.7 ns	32.7 ns	73.9 ns	8.7 ns
خطا Error	72	97.3	97.3	112.6	8.9
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		7.8	5.0	5.2	5.3

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار

ns, * and ** are no significant and significant on probability of 5 and 1%, respectively.

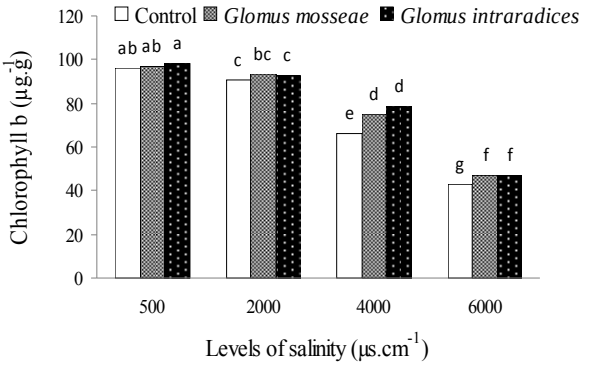


شکل ۱- اثر تنش شوری بر غلظت کلروفیل a (A) و کلروفیل a+b (B) در لوبیا

Fig. 1- Effect of salinity stress on concentrations of chlorophyll a (A) and chlorophyll a+b (B) in bean

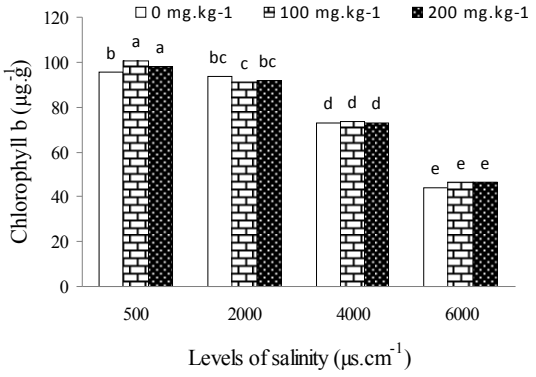
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α= 0.05).



شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری و میکوریزا بر غلظت کلروفیل b در لوبیا

Fig. 2- Interaction effect of salinity stress and mycorrhizal fungi on concentration of chlorophyll b in bean



شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری و کود فسفر بر میزان غلظت کلروفیل b لوبیا

Fig. 3- Interaction effect of salinity stress and phosphorus fertilizer on concentration of chlorophyll b in bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α = 0.05).

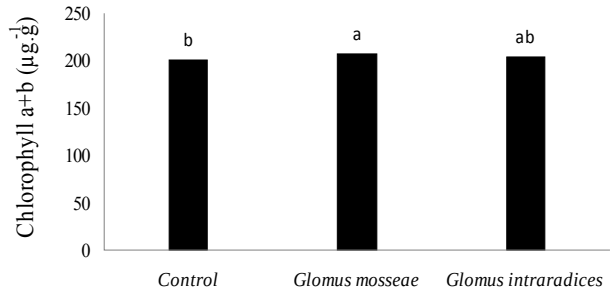
در مطالعاتی که توسط پزشکی و چمبرز (Pezeshki & Chambers,1986)، انجام گرفت نیز با افزایش شوری از صفر تا ۱۰۰ میلی مولار کلرور سدیم تغییراتی در میزان کلروفیل برگ‌ها مشاهده نشد، ولی با افزایش بیش از این مقدار شوری میزان کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش غلظت کلروفیل تحت تنش شوری در گیاه لوبیای معمولی پیش از این نیز گزارش شده است (Petolino & Leone, 1980).

اثر قارچ‌های میکوریزا بر غلظت کلروفیل کل معنی‌دار شد ($p\leq ۰/۰۵$)، بطوری‌که قارچ *G. mosseae* توانست غلظت کلروفیل کل را ۳/۰۷ درصد و به شکل معنی‌داری نسبت به شاهد غیر میکوریزی افزایش دهد. البته این غلظت با غلظت کلروفیل کل هنگام کاربرد قارچ *G. intraradices* از نظر آماری یکسان بود (شکل ۴). تاسانگ و مایوم (Tasang & Maum, 1999) گزارش کردند که گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با گونه *G. mosseae* به‌طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی داشت. همچنین در فلفل (*Piper nigrum* L.) تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* کلروفیل a وb بطور معنی‌داری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش یافت (Demir, 2004).

اثر متقابل شوری و قارچ‌های میکوریزا بر غلظت کاروتنوئیدهای بتاکاروتن و گزانتوفیل برگ معنی‌دار شد ($p\leq ۰/۰۵$) (شکل ۵). در تیمار شوری شاهد، قارچ *G. mosseae*، ۵/۵ درصد کاروتنوئیدهای برگ را نسبت به شاهد افزایش داد، ولی غلظت کاروتنوئیدهای برگ هنگام کاربرد هر دو گونه قارچ میکوریزا از نظر آماری یکسان بود. در شوری ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر قارچ *G. intraradices* به ترتیب ۲/۱ و ۴/۸ درصد باعث افزایش این رنگیزه‌ها نسبت به شوری شاهد شد با این حال در سطح شوری ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر نیز تفاوتی بین گونه‌ها و شاهد بدون قارچ وجود نداشت (شکل ۵). این موضوع می‌تواند ناشی از کاهش احتمالی فعالیت قارچ‌های میکوریزا در سطح بالای شوری باشد. خاوازی نژاد و همکاران (Khavazi Nejad et al., 2003)، نیز در گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، افزایش معنی‌دار رنگیزه بتاکاروتن (کاروتنوئید) را در شوری ۵۰ میلی مولار نسبت به شاهد (صفر) مشاهده کردند.

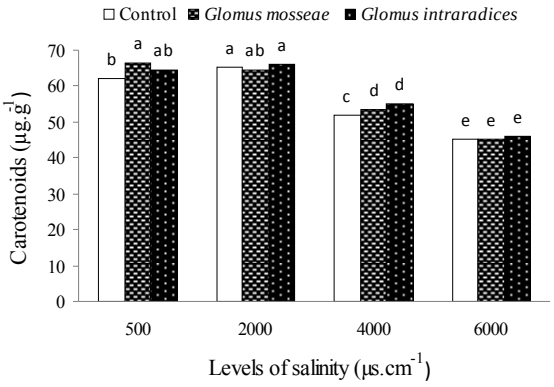
غلظت عناصر غذایی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های آزمایش اثر تنش شوری بر غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، فسفر و نسبت سدیم به پتاسیم برگ، اثر قارچ میکوریزا بر صفات فوق به جز کلسیم و اثر کود فسفر بر غلظت سدیم و فسفر برگ معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$). اثر متقابل شوری و قارچ میکوریزا نیز بر غلظت تمام عناصر اندازه گیری شده به جز کلسیم معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۱$)، با این حال اثر متقابل شوری و کود فسفر فقط بر غلظت سدیم ($p\leq ۰/۰۱$) و فسفر برگ ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شد (جدول ۲).



شکل ٤- اثر گونه‌های قارچ میکوریزا بر غلظت کلروفیل a+b لوبیا

Fig. 4- Effect of different mycorrhizal fungi species on total concentration of chlorophyll in bean



شکل ٥- اثر متقابل تنش شوری و گونه‌های قارچ میکوریزا بر غلظت کاروتنوئیدهای لوبیا

Fig. 5- Interaction effect of salinity stress and mycorrhizal fungi on concentration of carotenoids in bean

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α= 0.05).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت سدیم، پتاسیم، کلسیم، فسفر و نسبت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا

Table 2- Analysis of variance (means of squares) for concentrations of Na, K, Ca, P and Na/K ratio in bean leaves

منابع تغییر Source of variations	df	Na (mg.g^{-1})	K (mg.g^{-1})	Ca (mg.g^{-1})	P (mg.g^{-1})	Na/K ratio
شوری Salinity	3	31.46 **	378.85 **	16.11 **	2.14 **	0.45 **
قارچ Fungi	2	0.11 **	15.87 **	0.55 ns	0.39 **	0.30 **
فسفر Phosphorus	2	0.27 **	0.001 ns	0.25 ns	0.22 **	0.008 ns
شوری × قارچ Salinity × Fungi	6	0.08 **	4.20 **	0.14 ns	0.25 **	0.08 **
شوری × فسفر Salinity × Phosphorus	6	1.17 **	0.03 ns	1.02 ns	0.06 *	0.005 ns
قارچ × فسفر Fungi × Phosphorus	4	0.03 ns	0.01 ns	0.07 ns	0.04 ns	0.001 ns
شوری × قارچ × فسفر Salinity × Fungi × Phosphorus	12	0.02 ns	0.05 ns	0.57 ns	0.03 ns	0.001 ns
خطا Error	72	0.02	0.68	1.28	0.03	0.02
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)		2.4	4.61	6.67	21.91	14.92

** ، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار

ns, * and ** are no significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

غلظت سدیم

اثر تنش شوری، قارچ‌های میکوریزا و اثر متقابل آنها بر میزان غلظت سدیم برگ معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱). گیاهان آبیاری شده با شوری ۵۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر به ترتیب کمترین و

بیشترین غلظت سدیم برگ را داشتند (شکل ۶). قارچ‌های میکوریزا در سطح شوری شاهد و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، تأثیر معنی‌داری بر کاهش جذب سدیم نداشتند، ولی در سطوح شوری ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر میزان سدیم برگ لوبیا را به ترتیب ۳/۸۸ و ۴/۳۶ درصد کاهش دادند. در مورد تأثیر میکوریزایی شدن گیاه بر جذب و غلظت عناصر مختلف نتایج متفاوتی گزارش شده است. فلاحیان و همکاران (Fallahiyan et al., 2005) در آزمایش خود بر روی گیاه پسته (*Pistacia vera* L.) هرچند به این نتیجه رسیدند که در سطوح مختلف شوری غلظت سدیم در اندام هایی هوایی در حضور قارچ میکوریزا و غیاب آن افزایش می‌یابد، اما غلظت سدیم در گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی کمتر بود.

آنها یکی از عوامل بهبود رشد گیاهان میکوریزایی در محیط های شور در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی را پایین تر بودن غلظت یون سدیم در این گیاهان و جلوگیری از ایجاد غلظت سمی سدیم در هنگام کاربرد میکوریزا ذکر کردند. منصوری و همکاران (Mansouri et al., 2007)، در این باره اظهار کردند که قارچ‌های میکوریزا با نگه داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان، باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این طریق موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شوند.

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین، بین سطوح مختلف فسفر در سطح شوری شاهد و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر، اختلاف معنی‌داری از نظر کاهش جذب سدیم وجود نداشت، ولی افزایش فسفر در سطوح شوری ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر، غلظت سدیم را به ترتیب ۹/۰۱ و ۴/۵۴ درصد کاهش داد (شکل ۷). افزایش سدیم در اندام هوایی گیاه در سطوح بالای شوری احتمالاً به علت بالا بودن مقدار یون محلول سدیم در خاک بوده است، در حالیکه افزایش فسفر به طور غیرمستقیم باعث افزایش جذب کاتیون-های کلسیم و منیزیم می‌گردد که ممکن است باعث کاهش جذب سدیم توسط گیاه شود (Plaut & Grieve, 1988). در آزمایش قولرعطا و همکاران (Ghollar-Ata et al., 2008)، با بررسی اثر شوری و کود فسفر در شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinnum* L.)، مشخص شد که غلظت سدیم اندام هوایی گیاه در سطح کم فسفر، ۵۵ درصد بیشتر از سطح زیاد آن بود. البته در آزمایش حاضر افزایش کود فسفر در سطح شوری ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر نتوانست تأثیری در کاهش غلظت سدیم لوبیا داشته باشد که می‌تواند ناشی از اختلال در فرایند جذب فسفر در سطوح شوری بالا باشد.

غلظت پتاسیم

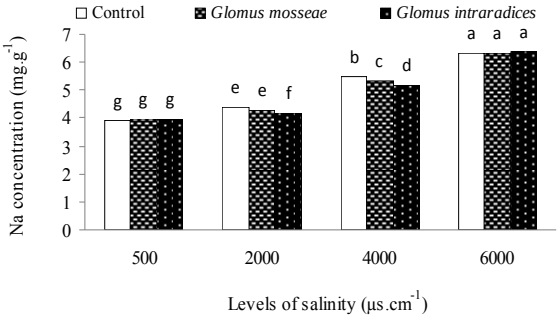
اثر تنش شوری، قارچ مایکوریزا و اثرات متقابل آنها بر غلظت عنصر پتاسیم برگ لوبیا معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). قابلیت دسترسی پتاسیم با کاهش محتوای آب خاک در گیاه کاهش می‌یابد که منجر به کاهش تحرک K^+ تحت شرایط خشکی و شوری می‌شود. بنا به نظر برخی محققین، غالبیت یون سدیم در سطوح بالای شوری از جذب پتاسیم توسط گیاه جلوگیری نموده و باعث کاهش تجمع یون پتاسیم در گیاه می‌شود (Oertli, 1999). برنستین و آیرز (Bernstein & Ayers, 1953)، نیز با مطالعه بر روی پنج گونه هویج (*Daucus carrota* L.) مشاهده نمودند که با افزایش شوری مقدار تجمع پتاسیم در گیاه کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد که کاهش پتاسیم در اثر شوری به دلیل رقابت عناصر سدیم و پتاسیم برای جذب است. گرینوی و مانز (Greenvay & Munns, 1980) نیز اثر رقابتی برای جذب این عناصر را تأیید کردند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که شوری و قارچ میکوریزا به ترتیب سبب کاهش و افزایش پتاسیم می‌شود، به‌طوریکه بالاترین مقدار پتاسیم گیاه در شوری شاهد به همراه قارچ *G. intraradices* (۲۲/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کمترین مقدار آن در شوری ۶۰۰۰ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر در تیمار میکوریزایی و غیرمیکوریزایی حاصل شد (۱۳/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) (شکل ۸). به نظر می‌رسد که افزایش قابلیت گیاه در جذب فسفر توسط قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش شوری باعث افزایش جذب پتاسیم شده باشد.

این در واقع یکی از مکانیسم‌های قارچ‌های میکوریزا در بهبود مقاومت گیاه به شوری و کاهش سمیت یون سدیم در آن می‌باشد. پاس و همکاران (Poss et al.,1985)، به این نتیجه دست یافتند که در گیاه پیاز (*Allium cepa* L.)، میکوریزایی شدن ریشه باعث افزایش غلظت پتاسیم در شاخه‌ها و جوانه‌های تحت تنش شوری می‌شود.

نسبت سدیم به پتاسیم

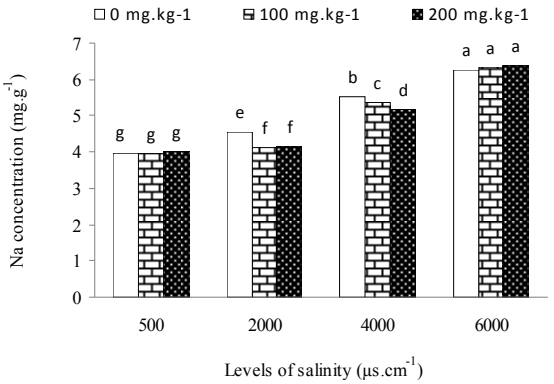
اثر تنش شوری، قارچ مایکوریزا و اثرات متقابل آنها بر نسبت غلظت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا نیز معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). با افزایش سطح شوری از شاهد به ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر نسبت غلظت سدیم به پتاسیم به ترتیب ۱۰، ۴۰ و ۵۸ درصد افزایش یافت و کمترین و بیشترین میزان این نسبت به ترتیب در شرایط شوری ۵۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۹).

در آزمایش فرشید و همکاران (Farshid et al., 2009)، این نسبت در گندم (*Triticum sativum* L.) ۲۹ درصد بود. به اعتقاد آنها هر چه این نسبت بیشتر باشد تحمل گیاه به شوری کمتر است.



شکل ٦- اثر متقابل تنش شوری و گونه های قارچ میکوریزا بر غلظت سدیم برگ لوبیا

Fig. 6- Interaction effects of salinity stress and mycorrhizal fungi species on concentration of Na in bean leaf



شکل ۷- اثر متقابل تنش شوری و کود فسفر بر غلظت سدیم برگ لوبیا

Fig. 7- Interaction effects of salinity stress and phosphorus fertilizer on concentration of Na in bean leaf

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α = 0.05).

محمد و همکاران (Mohmmad et al., 2003) نیز اعلام کردند که همبستگی زیادی بین نسبت سدیم به پتاسیم و مقاومت به شوری در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) وجود دارد، بطوریکه با افزایش شوری در گیاه جو، غلظت سدیم محتوی بافت افزایش و میزان پتاسیم، کاهش می‌یابد.

جوانمردی و همکاران (Javanmardi et al., 2000)، علت افزایش این نسبت در تنش شوری را در خربزه (*Cucumis melo* L.) به اثر متقابل یون سدیم بر جذب یون پتاسیم و حامل‌های انتقال دهنده این دو یون نسبت دادند. قارچ‌های میکوریزا باعث کاهش نسبت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا شدند، ولی این کاهش در سطوح مختلف شوری متفاوت بود. (شکل ۹). گیاهان میکوریزایی شده با هر دو گونه قارچ در سطح شوری شاهد، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به ترتیب ۵/۲، ۹/۵ و۸/۴ درصد کاهش غلظت Na/K را در برگ خود، نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی تجربه کردند، ولی در شوری ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بین گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹).

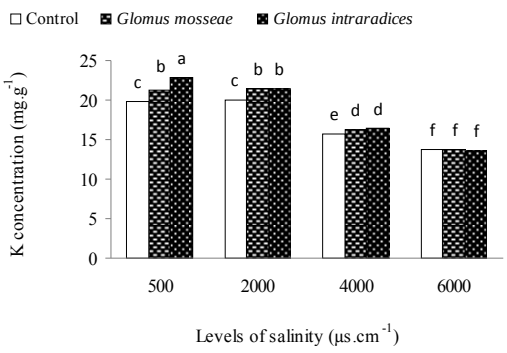
غلظت کلسیم

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنها شوری سطح بالا سبب کاهش معنی‌دار کلسیم برگ شد ($p\leq$۰/۰۱)، به‌طوریکه بالاترین مقدار کلسیم (۱۷/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک بوته) در شاهد مشاهده شد که با میزان آن در سطوح دوم و سوم شوری تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن نیز در شوری ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر به میزان ۱۵/۸ میلی گرم در گرم وزن خشک بوته حاصل شد (شکل۱۰). شوری همانند پتاسیم موجب تخلیه سلول از کلسیم می‌شود، در چنین شرایطی نفوذپذیری غشا افزایش می‌یابد (Greenvay & Munns, 1980)، که می‌تواند به علت کاهش پایداری غشاءسلول در اثر کمبود کلسیم باشد (Cramer & Lauchli, 1991).

از طرفی دیگر، به دلیل عدم تعادل عناصر غذایی تحت تنش شوری قابلیت دسترسی گیاه به کلسیم کاهش می‌یابد (Cramer et al., 1988). هو و اسکمیدهالتر (Hu & Schmidhalter, 1997) نیز گزارش کردند که تنش شوری، غلظت کلسیم برگ گندم را کاهش داد، ولی یک سال بعد با تکرار آزمایش به این نتیجه رسیدند که بین تیمارهای شوری و شاهد تفاوتی از نظر غلظت کلسیم برگ گندم وجود ندارد (Hu & Schmidhalter, 1998). در آزمایشی توسط منصور و همکاران (Mansour et al., 2005)، شوری مقدار پتاسیم و کلسیم را در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) کاهش و مقدار سدیم و کلر آن را افزایش داد.

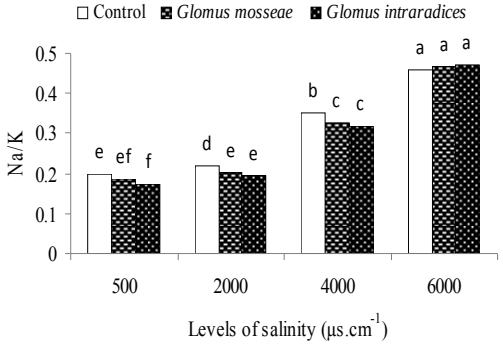
غلظت فسفر

بیشترین میزان فسفر مربوط به شوری شاهد بود که با سطح ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر اختلاف آمری معنی‌داری نداشت. اثر متقابل شوری و قارچ مایکوریزا نیز بر غلظت فسفر برگ معنی‌دار بود. در سطوح مختلف شوری هر دو تیمار قارچ میکوریزا غلظت فسفر برگ را افزایش دادند، ولی این میزان در دو سطح بالای شوری از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱۱).



شکل ۸- اثر متقابل تنش شوری و گونه های قارچ میکورزا بر غلظت پتاسیم برگ لوبیا

Fig. 8- Interaction effects of salinity stress and mycorrhizal fungi species on concentration of K in bean leaf



شکل ۹- اثر متقابل تنش شوری و گونه های قارچ میکورزا بر نسبت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا

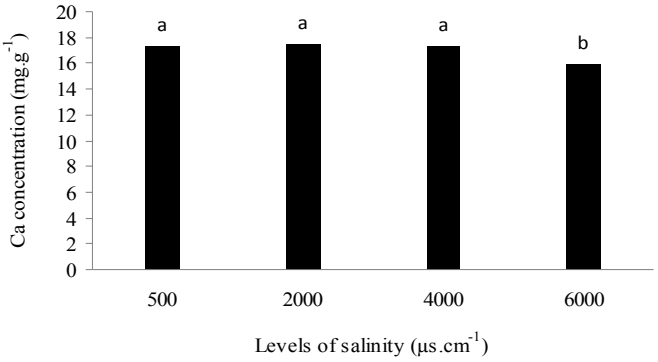
Fig. 9- Interaction effects of salinity stress and mycorrhizal fungi species on Na/K concentration of bean leaf

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α= 0.05).

فلاحیان و همکاران (Fallahiyan et al., 2005) نیز از نتایج آزمایش خود بر روی گیاه پسته دریافتند که غلظت فسفر در اندام هوایی گیاهان میکوریزایی به استثنای شوری بالا در سایر شرایط از گیاهان غیرمیکوریزایی بالاتر بود. گزارش‌های موجود در خصوص واکنش محتوای فسفر گیاه نسبت به تنش شوری نتایج متنوعی را نشان می‌دهد. غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی در شرایط تنش شوری به سرعت کاهش می‌یابد، زیرا یون های فسفات با یون کلسیم خاک‌های تحت تنش به سرعت رسوب کرده و از دسترس گیاهان خارج می‌گردند. با این حال قارچ میکوریزا می‌تواند اثر مثبتی را بر غلظت فسفر در گیاهان تحت شرایط تنش داشته باشد (Giri et al., 2002). در این آزمایش غلظت فسفر برگ در سطح شوری شاهد، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر، تحت تأثیر گونه قارچ میکوریزا قرار نگرفت، ولی در سطح شوری ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر قارچ *G. intraradices* با ۷/۲۲ درصد افزایش در غلظت فسفر برگ لوبیا، نسبت به گونه دیگر برتری نشان داد. با توجه به نتایج این آزمایش به‌نظر می‌رسد که گونه *G. intraradices* در شرایط تنش خفیف شوری عملکرد بهتری داشته باشد. به‌نظر می‌رسد که افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر به دلیل انتشار از طریق میسلیوم‌های میکوریزایی مرتبط با بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که بهره برداری از حجم بیشتر خاک را ممکن می‌سازد که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند (Alizadeh, 2007). ماهاور و الوک (Mahaveer & Alok, 2000) گزارش کردند که تلقیح پیاز (*Allium cepa* L.) با قارچ های میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار فسفر اندام هوایی نسبت به گیاهان تلقیح نشده گردید. نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های قبلی که مکانیسم اصلی برای افزایش بردباری به شوری در گیاهان میکوریزایی را بهبود جذب فسفر می‌دانند سازگار است.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و کود فسفر بر غلظت فسفر برگ لوبیا نیز نشان داد کود فسفره تنها تا شوری ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر تاثیر مثبتی بر افزایش جذب فسفر داشت، ولی در سطوح بالای شوری (۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی-متر) تأثیری بر غلظت فسفر برگ نداشت (شکل ۱۲). این موضوع می‌تواند به دلیل رسوب فسفر و عدم توانایی گیاه در جذب آن در سطوح شوری بالا باشد. با افزایش شوری خاک غلظت فسفر هم در گیاهان میکوریزایی و هم در گیاهان غیرمیکوریزایی کاهش یافت. تحقیقات مارشنر و دل (Marschner & Dell, 1994) نشان داد که تأثیر قارچ‌های میکوریزا روی رشد گیاه از طریق افزایش جذب مواد معدنی مخصوصاً مواد کم تحرکی مانند روی، مس و فسفر است. این نتایج حاکی از آن است که افزایش فسفر قابل جذب خاک از طریق مصرف بهینه کودهای شیمیایی فسفره و یا استفاده از قارچ‌های میکوریزا به منظور افزایش مقاومت و جذب فسفر در شرایط متوسط تنش شوری سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه می‌شود.

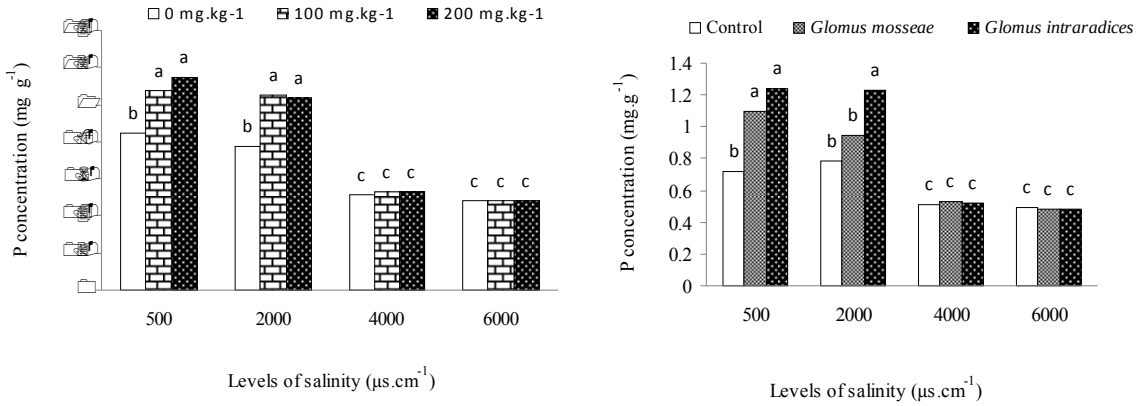


شکل ۱۰- اثر تنش شوری بر غلظت کلسیم برگ لوبیا

Fig. 10- Effect of salinity stress on concentration of Ca in bean leaf

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α = 0.05).



شکل ۱۱- اثر متقابل تنش شوری و گونه های قارچ میکوریزا بر غلظت فسفر برگ لوبیا

Fig. 11- Interaction effects of salinity stress and mycorrhizal fungi species on concentration of P in bean leaf

شکل ۱۲- اثر متقابل تنش شوری و کود فسفر بر غلظت فسفر برگ لوبیا

Fig. 12- Interaction effects of salinity stress and phosphorus fertilizer on concentration of P in bean leaf

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each figure, the means with similar letters have no significant difference based on LSD test (α= 0.05).

منابع

1- Alam, S.M. 1994. Nutrient Uptake by Plant under Stress Condition. In: Pessarakali, M. (ed.) Handbook of Plant Stress. Dekker, New York, p. 227-246.

2- Alizadeh, A. 2007. The effect of Mycorrhizal in moisture different condition on uptake nutrition elements in Maize. Journal of Research in Agriculture 3(1): 101-108. (In Persian with English Summary)

3- Ashraf, M. 1989. The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, and protein and proline contents of two cultivars of blackgram *(Vigna mungo* L.). Plant and Soil 205-210.

4- Bernstein, L., and Ayers, A.D. 1953. Salt tolerance of five varieties of carrots. Processing American Society of Horticulture Science 61: 360-366.

5- Chabot, R., Antoun, H., and Cescas, M.P. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing of *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. Plant and Soil 184: 311–321.

6- Cramer, G.R., Epstein, E., and Lauchli, A. 1988. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term

exposure to NaCl and elevated calcium-concentration. Journal of Experimental Botany 39: 1513–1522.
7- Cramer, G.R. 2002. Response of abscisic acid mutant of *Arabidopsis* to salinity. Functional Plant Biology 29: 561-567.
8- Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.
9- Feigin, A. 1985. Fertilization management of crops irrigated with saline water. Plant and Soil 82: 285-300.
10- Ghollar-Ata, M., Raeesi, F., and Nadian, H. 2008. Salinity and phosphorus interactions on growth, yield and nutrient uptake in berseem clover (*Trifolium alexandrinnum* L.). Research in Agronomy (9)1: 117-125. (In Persian with English Summary)
11- Farshid, R., Zamani, G.R., and Behdani, M.A. 2009. The effect of salinity and methods of Nitrogen application fertilizer on yield and yield component of wheat. (*Triticum sativum* L.). MSc Thesis of Agronomy. Faculty of Agriculture. Birjand University, Iran. (In Persian with English Summary)
12- Fletcher, A.L., Moot, D.J., and Stone, P.J. 2008. Solar radiation and canopy expansion of sweet corn in response to phosphorus. European Journal of Agronomy 29: 80-87.
13- Fallahiyan, F., Abbaspur, H., Fahimi, H., and Khavazi Nejad, R.A. 2005. The effect of Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 67: 82-86. (In Persian with English Summary)
14- Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K.G. 2002. VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds) Techniques in mycorrhizal stueies Kluwer, Dordrecht. Pp. 313-327.
15- Giri, B., and Mukerji, G.K. 2004. Mucorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza 14: 307-312
16- Greenvay, H., and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance of non-halophytes. Plant Physiology 31:149-190.
17-vHu, Y., and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat composition. Journal of Plant Nutrition 20: 1169–1182.
18- Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1998. Spatial distributions and net deposition rates of mineral elements in the elongating wheat (*Triticum aestivum* L.) leaf under saline soil conditions. Planta 204: 212–219.
19- Javanmardi, J., Lessani, H., and Kashi, A. 2000. Effect of different Levels of sodium chloride on absorption and transportation of some elements in five native of Iran melon (*Cucumis melo* L.) cultivars. Iranian Journal of Agricultural Science 32: 31-40. (In Persian with English Summary)
20- Katergi, N. 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress early seedling growth of sunflower and maize. Agricultural Water Management 26: 81-91.
21- Khavazi Nejad, R.A., Fahimi, H., and Moeini, M. 2003. Effect of phosphorus application on resistance to salinity in sunflower (*Heliantus Annus* L.). Basic Science 13(50): 4155-4167. (In Persian with English Summary)
22- Lacan, D., and Durand, M. 1996. Na-K exchange at the xylem/symplast boundary. Plant Physiology 110: 705-711.
23- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods of Enzymology 148: 350-380.
24- Mahaveer, P.S., and Alok, A. 2000. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an Alf soil. Biological Agriculture and Horticulture 18: 1-14.
25- Malakuti, M.J. 1996. Sustainable Agriculture and increase yield with optimization use of fertilizer in Iran. Agric. Inst. Publications. Karaj, Iran. p. 78-101. (In Persian with English Summary)
26- Mansour, M.M., Salama, F.Z., Ali, M., and Abou Hadid, A.F. 2005. Cell and plant responses to NaCl in *Zea mays* L. cultivars differing in salt tolerance. General Applied of Plant Physiology 31(1-2): 29-41.
27- Mansouri, H., Ahmadi Moghadam, A., and Rohani, N. 2007. Responses of mycorrhiza and Non-mycorrhizal bean plants to salinity stress. Iranian Journal of Biology (1): 80-88. (In Persian with English Summary)
28- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press London. p. 76-94.
29- Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.
30- Mohmmad, M., Malkawi, H., and Shibili, R. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley on soils with different levels of salts. Journal of Plant Nutrition 26(1): 125-137.
31- Mosali, J., Desta, K., Teal, K.R., Freeman, K.W., Martin, K.L., Lawles, J., Raun, W.R., and Oertli, J.J. 1992. Nutrient management under water and salinity stress. In: Proceedings of the International Symposium of Nutrient management for sustained productivity. Department of Soil Science. Punjab Agricultural University. Ludhiana, India p. 138-165.
32- Omidbeygi, R. 2000. Production and Processing of Medicinal Plants. Publication of Astan Qods Razavi p. 114-127. (In Persian)
33- Petolino, J.F., and Leone, I.A. 1980. Saline aerosol: some effects on the physiology of *Phaseolus vulgaris* (cultivar

Toporop). Phytopathology 70: 225-232.
34- Pezeshki, S.R. and chambers, J.L. 1986. Effect of soil salinity on stomatal conductance and photosynthesis of green ash. Canadian Journal for Research 16: 569-573.
35- 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.
36- Poss, E., Pond, J.A., and Menge 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.
37- Rajcan, I., Dwyer, L.D., and Tollenaar, M. 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentration in maize during leaf senescence. Field Crops Research 63: 13-17.
38- Sharma, A.K. 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios, India. Pp. 627.
39- Singh, R.P., Choudhary, A., Gulati, A., Dahiya, H.C., Jaiwal, P.K., and Sengar, R.S. 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic and factors. In: Jaiwal P.K., Singh, R.P., and Gulati, A. (Eds.) Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science Publishers, Enfield, N.H. Pp. 25–39.
40- Tasang, A., and Maum, M.A. 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyles helvola* in coastalforedunes. University of Waterloo, Canada. Plant Ecology 144: 159–166.
41- Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plants responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, Heidelberg 218 (1): 1-14.