تأثیر خاکهای میکوریزی مختلف بر پاسخ گیاه ذرت به تنش شوری

حکیمه منصوری* و علی احمدی مقدم

کرمان، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۱ تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۱

چکیده

در این مطالعه اثر میکوریزهای خاکهای متفاوت روی رشد گیاهان ذرت (*Zea maize*) تحت تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. چهار نوع خاک میکوریزی با منشأ جغرافیایی متفاوت (کرمان، بردسیر، بافت و رفسنجان) و سه سطح شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار نمک) به‌عنوان تیمار مورد استفاده قرار گرفت. درصد آغشتگی ریشه گیاهان رشد کرده در خاک کرمان و بافت با افزایش سطح شوری کاهش یافت. اما نتایج نشان داد که درصد آغشتگی ریشه گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر در سطح شوری ۳۰ میلی مولار افزایش یافت. مقدار قند برگ و ریشه در گیاهان رشد کرده تحت تنش شوری، در مقایسه با گیاهان غیر شور، در خاک کرمان افزایش و در گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر، بافت و رفسنجان کاهش یافت. در سطح شوری ۳۰ میلی مولار مقدار پرولین برگ و ریشه گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر و رفسنجان، نسبت به گیاهان غیر شور افزایش یافت. مقدار سدیم ریشه‌ها در گیاهان رشد کرده تحت تنش شوری، در مقایسه با گیاهان غیر شور، در تمام خاکها افزایش یافت، ولی سدیم برگ در همه خاکها کمتر از گیاهان شاهد بود و تنها در سطح شوری ۶۰ میلی مولار و در گیاهان رشد کرده در خاک کرمان و رفسنجان افزایش سدیم قابل توجه بود. مقدار فسفر برگ گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان و فسفر ریشه در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان، بردسیر و رفسنجان افزایش یافت. نتایج بدست‌آمده از آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق، بیانگر این مطلب است که احتمالاً یکی از سازوکارهای اعمال شده بوسیله قارچهای میکوریزی در بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری کاهش مقدار سدیم در اندام هوایی از طریق ممانعت از انتقال این یون به اندام هوایی است. البته بین خاکهای مقایسه شده در این تحقیق، خاک بردسیر و بافت بهترین نتیجه را در این رابطه ایجاد کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سدیم، شوری، فسفر، میکوریز

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۲۴۳۱۵۶۸ ، پست‌الکترونیکی: h_mansuori@yahoo.com

مقدمه

شوری خاک یک مشکل روزافزون خاکهای کشاورزی است که باعث کاهش سرعت رشد و تولید محصول مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (۴). خاکهای شور بیش از ۷ درصد سطح خشکی‌های زمین شامل باتلاق‌هایی شور و مناطق شور شده در اثر فعالیت‌های انسانی را در برمی‌گیرند. پاشیدن نمک در زمستان برای جلوگیری از یخ‌زدگی جاده‌ها یکی دیگر از دلایل شوری خاک می‌باشد (۱۱). در زمین‌های کشاورزی که احتیاج به آبیاری مکرر دارند، اگرچه مقداری از نمک در اثر شستشو پائین می‌رود اما مقداری نیز در اثر تبخیر آب در خاک می‌ماند، در نتیجه بتدریج غلظت نمک در اطراف ریشه افزایش می‌یابد (۲۵). البته بخوبی مشخص شده که تولید محصول در خاکهای شور کاهش می‌یابد. دلیل اصلی این کاهش محصول، سمیت نمک برای گیاه است که منجر به کاهش توانایی گیاه در حفظ آب، عدم تعادل در جذب عناصر غذایی و سمیت یونها در پدیده فتوسنتز می‌باشد (۳۴).

ایجاد گیاهان متحمل به شوری از طریق مهندسی ژنتیک یا

از بین بردن شوری خاک از طریق شستن نمک اضافی اگرچه موفقیت‌آمیز بوده است اما برای مقاصد کشاورزی اقتصادی نیست (۷). در کنار مهندسی ژنتیک استفاده از ارقام متحمل و یا استفاده از میکوریزها برای کاهش تنش شوری به‌عنوان راهکارهای زیستی مفید پیشنهاد شده است (۹). قارچهای میکوریزی وزیکولار آرباسکولار [Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM)] در بین میکروارگانیزم‌هایی که محیط ریزوسفر را اشغال می‌کنند منحصر بفرد هستند (۱۵). همزیستی یک گیاه با قارچهای VAM باعث می‌شود که گیاه بتواند مواد غذایی کم تحرک را در خاکهای فقیر جذب کند (۱۹). این قارچها جزء مهمی از اکوسیستم‌های طبیعی هستند و در محیط‌های شور هم شناسایی شده‌اند (۱۸ و ۳۵). بعضی محققان گزارش کرده‌اند که قارچهای VAM می‌توانند توانایی گیاه را در مقابله با تنش شوری افزایش دهند (۱۶، ۲۶ و ۳۶). افزایش مقاومت به تنش شوری می‌تواند از طریق بهبود جذب عناصر غذایی (۵)، تعادل یونی (۱۲)، حفظ فعالیت آنزیم‌ها (۲۶) و تسهیل جذب آب (۳۱) صورت بگیرد.

البته شرایط نامناسب محیطی ازجمله شوری می‌تواند اثرات منفی روی آغشتگی و زنده ماندن میکوریزها از یک دوره رشد ریشه تا دوره بعدی داشته باشد. دیکسون و همکارانش (۱۹۹۳) (۹) گزارش کردند که اضافه کردن نمک‌های مختلف به خاک اثرات منفی روی آغشتگی میکوریزی دارد. همچنین ثابت شده است که نمک‌های دارای سدیم و کلر اثرات منفی روی جوانه‌زنی و زنده ماندن اسپور قارچهای همزیست دارد. قارچهای میکوریزی احتمالا" از طریق سازوکارهای مختلف باعث بهبود رشد گیاه در شرایط شوری می‌شوند. ازجمله این سازوکارها می‌توان به بهبود تغذیه معدنی به‌خصوص فسفر و عناصر کم مصرف مثل روی و مس و تنظیم فشار اسمزی اشاره نمود (۱ و ۲۱).

هدف از این آزمایش مطالعه تأثیر میکوریزهای خاکهای با منشأ جغرافیایی متفاوت (کرمان، بردسیر، بافت و رفسنجان) بر بهبود رشد گیاه ذرت ***(Zea mayze)*** در شرایط تنش شوری بود.

مواد و روشها

کشت گیاه ذرت: خاک یکنواختی از مزرعه گندم واقع در جوپار کرمان برداشت و استریل گردید. خاکها در گلدانهای پلاستیکی با ارتفاع ۳۰ سانتیمتر به میزان مساوی تقسیم گردید. ۴۸ گلدان برای انجام آزمایش آماده شد. جهت تیمار میکوریزی خاک زراعی از نقاط زراعتی واقع در بردسیر، رفسنجان، کرمان و بافت به‌ترتیب از مزرعه چغندر، باغ پسته، مزرعه گندم و باغ گردو برداشت و به آزمایشگاه آورده شد. خاکها برای اطمینان از حضور اسپورهای قارچ مورد بررسی قرار گرفتند. به ۱۲ گلدان ۵ گرم خاک کرمان، ۱۲ گلدان ۵ گرم خاک بردسیر، ۱۲ گلدان ۵ گرم خاک بافت و ۱۲ گلدان ۵ گرم خاک رفسنجان اضافه شد. به ۱۲ گلدان دیگر، خاک میکوریزی اضافه نشد، این گلدانها به‌عنوان گیاهان شاهد (غیر میکوریزی) در نظر گرفته شد. در داخل هر گلدان ۴ عدد بذر ذرت رقم کراس کاشته شد. گلدانها در شرایط گلخانه نگهداری شدند و با آب شیر آبیاری شدند تا سبز شوند. پس از اینکه سن گیاهان به یک ماه و ارتفاع متوسط آنها به ۱۵ سانتیمتر رسید تیمار شوری روی آنها اعمال شد.

هر گروه دوازده تایی تیمار میکوریزی به سه گروه چهارتایی تقسیم شد و هر گروه یکی از سه سطح شوری ۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار نمک (**NaCl**) را در هر بار آبیاری که هر سه روز یک بار انجام شد به اندازه مساوی به‌عنوان تیمار شوری دریافت کرد. گیاهان دو ماهه تیمار شده با نمک برای بررسی پارامترهای مورد نظر برداشت شدند.

اندازه‌گیری درصد آغشتگی ریشه: ریشه‌های نازک هر گلدان بعد از شستشو، جهت اندازه‌گیری میزان آغشتگی آنها به قارچهای VAM در داخل ظروف جداگانه محتوی

گلیسرول ریخته و بعد با رنگ‌آمیزی به روش راجاپاکز (۲۷) میزان آغشتگی آنها به قارچهای میکوریزی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه: برای اندازه‌گیری وزن خشک ساقه و ریشه با ترازوی آزمایشگاهی پس از شستشوی ریشه، اندام هوایی و ریشه جداسازی و هر کدام به صورت مجزا در آون به مدت ۲۴ ساعت و در ۷۰ درجه سانتیگراد خشک شدند.

اندازه‌گیری میزان قندهای احیا کننده ریشه و برگ: سنجش میزان قندهای احیا کننده در ریشه و برگ با استفاده از روش سوموگی (۳۳) انجام شد. به‌منظور تهیه عصاره گیاهی مقدار ۰/۰۲ گرم بافت تر ریشه و برگ هر گیاه با ۸ میلی لیتر آب مقطر در هاون چینی سائیده شد. عصاره بدست آمده به کمک کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید و ۲ میلی لیتر از هر عصاره تهیه شده به لوله‌های آزمایش جداگانه منتقل و پس از افزودن ۲ میلی لیتر سولفات مس به آنها در لوله‌ها با پنبه مسدود گردید و لوله‌ها به مدت ۸ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شدند. پس از سرد شدن ۲ میلی لیتر فسفو مولیبدیک اسید به آنها افزوده شد. احیا فسفو مولیبدیک توسط مس باعث ایجاد رنگ آبی می‌شود. سپس توسط اسپکتروفتومتر UV-Visible مدل Cary 50 جذب آن در طول موج ۶۰۰ نانومتر تعیین و با استفاده از منحنی استاندارد میزان قند ریشه محاسبه گردید.

اندازه‌گیری پرولین: اندازه‌گیری پرولین با روش بیتس و همکاران (۶) انجام شد. ۰/۰۱ گرم بافت خشک گیاه را در ۱۰ میلی لیتر محلول ۳ درصد سولفوسالیسیلیک اسید ساییده و مخلوط یکنواختی تهیه گردید. پس از صاف کردن محلول، ۲ میلی لیتر از آن با ۲ میلی لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی لیتر استیک اسید گلاسیال مخلوط گردید و یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه در حمام آب گرم قرار گرفت . بعد از این مدت لوله‌ها در حمام آب یخ قرار داده شدند و پس از سرد شدن ۴ میلی لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید. با ثابت نگه داشتن لوله‌ها دو لایه کاملاً مجزا در آنها تشکیل شد. از لایه رنگی فوقانی برای اندازه‌گیری جذب پرولین نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر به وسیله اسپکتروفتومتر UV-Visible مدل Cary 50 استفاده شد.

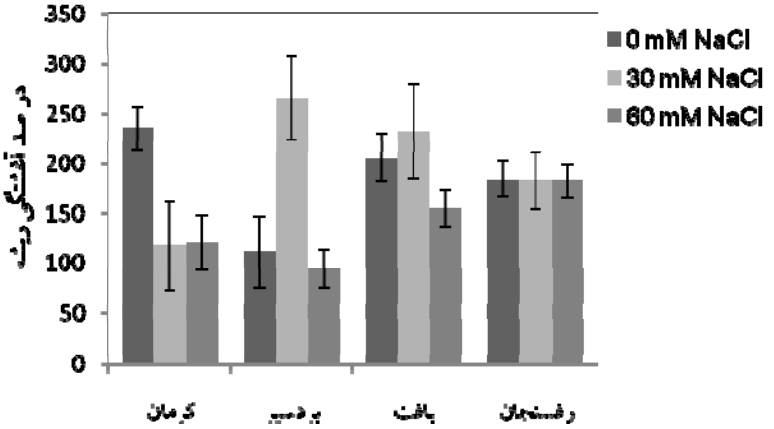
اندازه‌گیری یونها: ۰/۵ گرم از بافت گیاهی خشک ساییده شده در ۱۰ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ قرار داده شد تا نمونه‌ها به خوبی در اسید حل شوند. بعد محلول حاصل را گرم کرده تا بخارهای اسیدی از محلول خارج شوند. حجم محلول را به ۵۰ میلی لیتر رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد. از محتویات به‌دست آمده برای اندازه‌گیری یونهای فسفر، پتاسیم و سدیم با دستگاه Atomic Absorbtion Spectrophotometer مدل Varian Spectra 220 استفاده شد.

تحلیل آماری: آزمایش فاکتوریل ۳×۴ شامل ۳ سطح شوری و ۴ تیمار میکوریزی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. داده‌ها از نظر آماری با استفاده از آنالیز واریانس بررسی شدند و میانگین تیمارها از طریق آزمون دانکن مقایسه شدند.

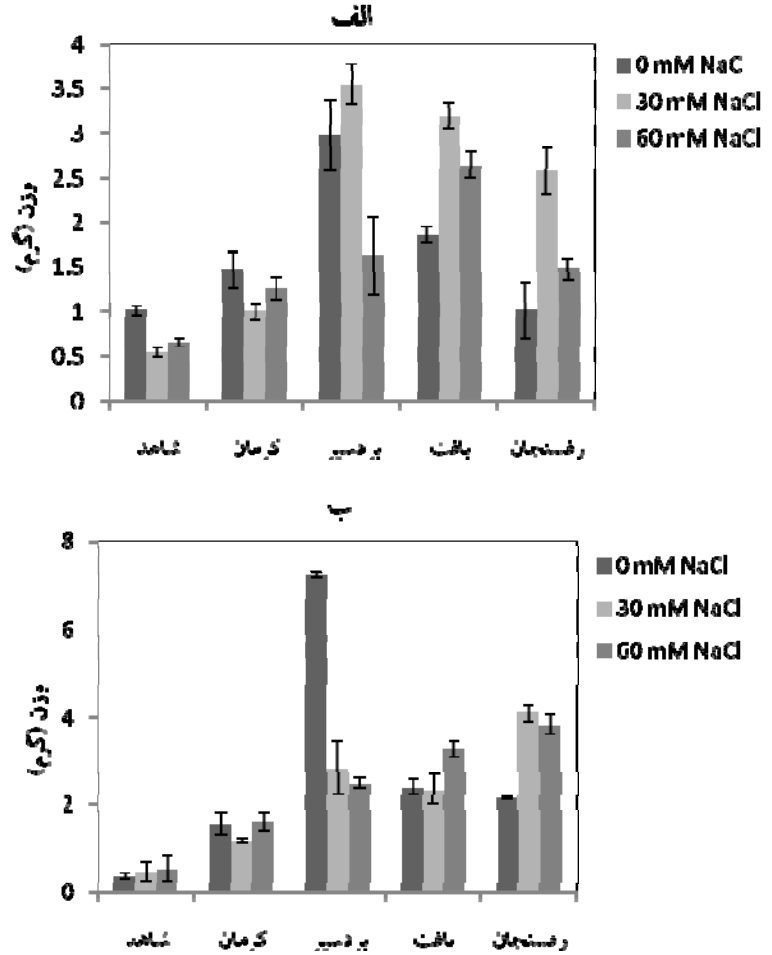
نتایج

اثر خاکهای میکوریزی و شوری بر درصد آغشتگی ریشه: مطابق شکل ۱ در شرایط غیر شور کمترین درصد آغشتگی مربوط به گیاهان میکوریزی شده با خاک میکوریزی بردسیر بود. هر دو سطح شوری باعث کاهش درصد آغشتگی در گلدانهای دارای خاک میکوریزی کرمان شد. شوری ۳۰ میلی مولار درصد آغشتگی ریشه را در گلدانهای دارای خاک بردسیر افزایش داد و شوری ۶۰ میلی‌مولار در این رابطه بی تأثیر بود. در گیاهانی که در خاک میکوریزی بافت رشد کرده بودند شوری ۳۰ میلی‌مولار درصد آغشتگی را تغییر نداد و شوری ۶۰ میلی مولار آن را کاهش داد. در گیاهان میکوریزی شده با خاک

رفسنجان هر دو سطح شوری هیچ تأثیری در درصد آغشتگی ریشه نداشت.



۱- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی درصد آغشتگی ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف (هر عدد میانگین ۴ تکرار و علائم روی ستونها خطای معیار SE را نشان می‌دهد. مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون Duncan و با حدود اطمینان ۹۵ درصد انجام شد).



شکل ۲- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی وزن خشک الف) اندام هوایی و ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد)

اثر خاکهای میکوریزی و شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه: در همه گیاهان رشد کرده در خاکهای میکوریزی بجز گیاهان رشد کرده در خاک رفسنجان در شرایط غیر شور وزن اندام هوایی بیشتر از حالت شاهد بود (شکل ۲ الف). براساس شکل ۲ الف بیشترین وزن اندام هوایی در شرایط غیر شور به‌ترتیب در گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر، بافت و کرمان دیده شد و وزن اندام هوایی گیاهان رشد کرده در خاک رفسنجان تفاوت معنی‌داری با گیاهان شاهد غیر شور نداشت. هر دو سطح شوری باعث کاهش در وزن اندام هوایی گیاهان شاهد و گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان شد. در گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر شوری ۳۰ میلی مولار تأثیری در وزن اندام هوایی نداشت و شوری ۶۰ میلی مولار باعث کاهش وزن اندام هوایی شد. هر دو سطح شوری باعث افزایش معنی‌دار وزن اندام هوایی در گیاهان رشد کرده در خاک بافت و رفسنجان شد و این افزایش در شوری ۳۰ میلی مولار بیشتر بود.

با توجه به شکل ۲ ب وزن ریشه در تمام گیاهان رشد کرده در گلدانهای حاوی خاک اسپوردار بیشتر از گیاهان شاهد بود (هم در شرایط شور و هم غیر شور). در گیاهان رشد کرده در خاک کرمان شوری ۳۰ میلی مولار وزن ریشه را کاهش داد ولی شوری ۶۰ میلی مولار در این رابطه بی تأثیر بود (شکل ۲ ب). هر دو سطح شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن ریشه در گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر شد (شکل ۲ ب). در گیاهان رشد کرده در خاک بافت تنها شوری ۶۰ میلی مولار و در گیاهان رشد کرده در خاک رفسنجان هر دو سطح شوری وزن خشک ریشه را افزایش داد (شکل ۲ ب).

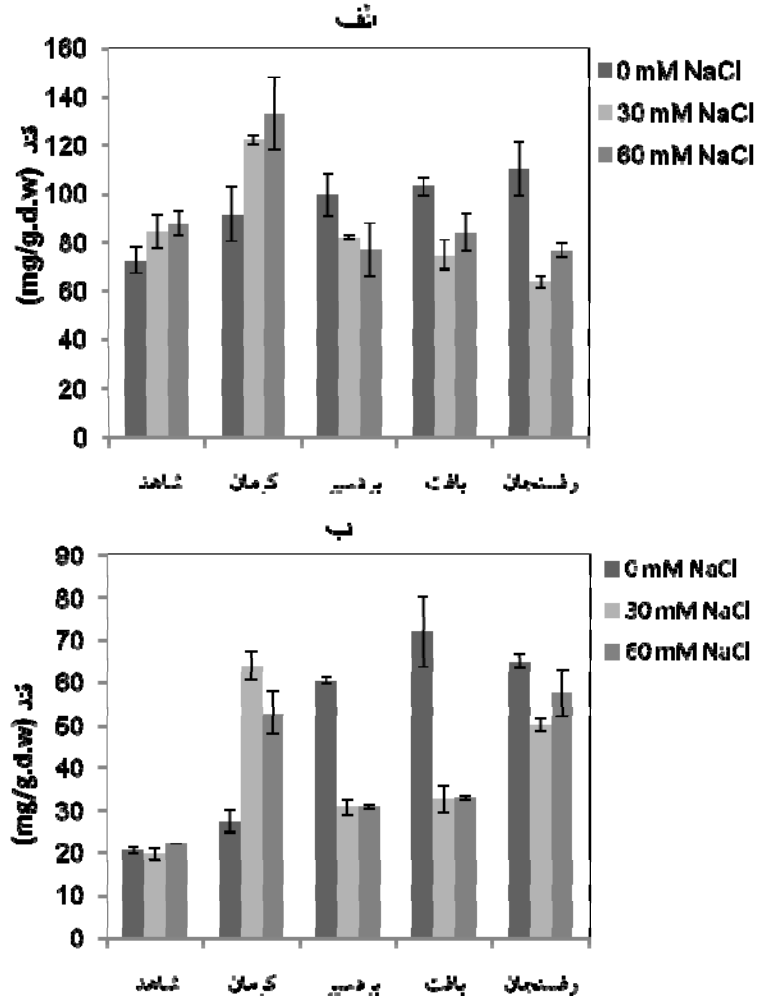
اثر خاکهای میکوریزی و شوری بر مقدار قندهای احیا کننده: مطابق شکل ۳ الف در شرایط غیر شور میکوریزی شدن، تجمع قندهای احیا کننده را در برگ گیاهان میکوریزی شده نسبت به گیاهان شاهد افزایش داد. هر دو سطح شوری باعث افزایش مقدار قندهای احیا کننده در برگ گیاهان شاهد و گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان شد (شکل ۳ الف). ولی در گیاهان رشد کرده در خاک‌های میکوریزی بردسیر، بافت و رفسنجان هر دو سطح شوری مقدار قندها را در برگ کاهش داد.

در ریشه نیز مانند برگ مقدار قندهای احیا کننده در شرایط غیر شور در گیاهان میکوریزی بیش از گیاهان شاهد بود (شکل ۳ ب). با افزایش سطح شوری، مقدار قندهای احیا کننده ریشه گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان افزایش یافت و در این رابطه شوری ۳۰ میلی مولار تأثیر بیشتری داشت. هر دو سطح شوری باعث کاهش مقدار قندهای احیا کننده در ریشه گیاهان رشد کرده در خاک‌های میکوریزی بردسیر، بافت و رفسنجان شد (شکل ۳ ب).

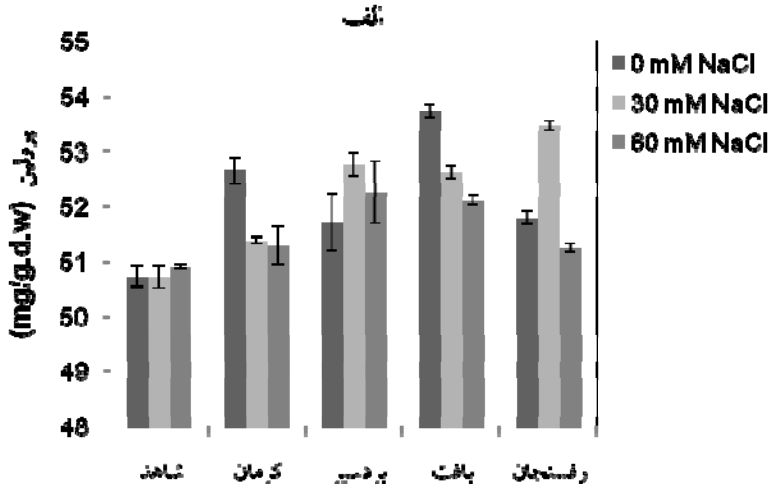
اثر خاکهای میکوریزی و شوری بر مقدار پرولین: براساس شکل ۴ الف در شرایط شور و غیر شور برگ گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان شاهد غلظت بالاتری از پرولین داشت. افزایش سطح شوری تأثیری در مقدار پرولین برگ گیاهان شاهد نداشت. هر دو سطح شوری مقدار پرولین را در برگ گیاهان رشد کرده در خاک کرمان و بافت کاهش داد. در گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر شوری ۳۰ میلی مولار باعث افزایش مقدار پرولین و در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی رفسنجان شوری ۳۰ میلی مولار باعث افزایش و شوری ۶۰ میلی مولار باعث کاهش مقدار پرولین برگ شد (شکل ۴ الف).

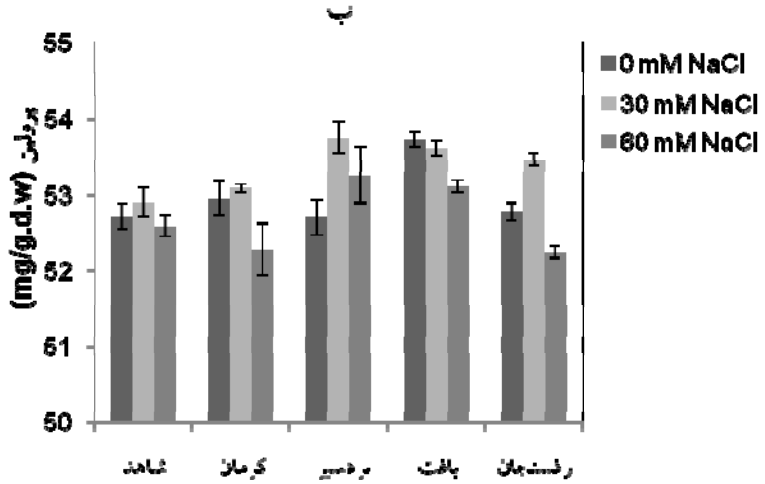
در شرایط غیر شور تنها مقدار پرولین ریشه گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بافت بیشتر از گیاهان شاهد بود (شکل ۴ ب). در گیاهان رشد کرده در خاک کرمان و بافت شوری ۳۰ میلی مولار بر مقدار پرولین ریشه بی تأثیر بود و شوری ۶۰ میلی مولار پرولین ریشه را کاهش داد. مقدار پرولین ریشه گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر در هر دو سطح شوری افزایش یافت. شوری ۳۰ میلی مولار باعث افزایش و ۶۰ میلی مولار باعث کاهش مقدار پرولین ریشه

گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی رفسنجان شد (شکل ۴ ب).

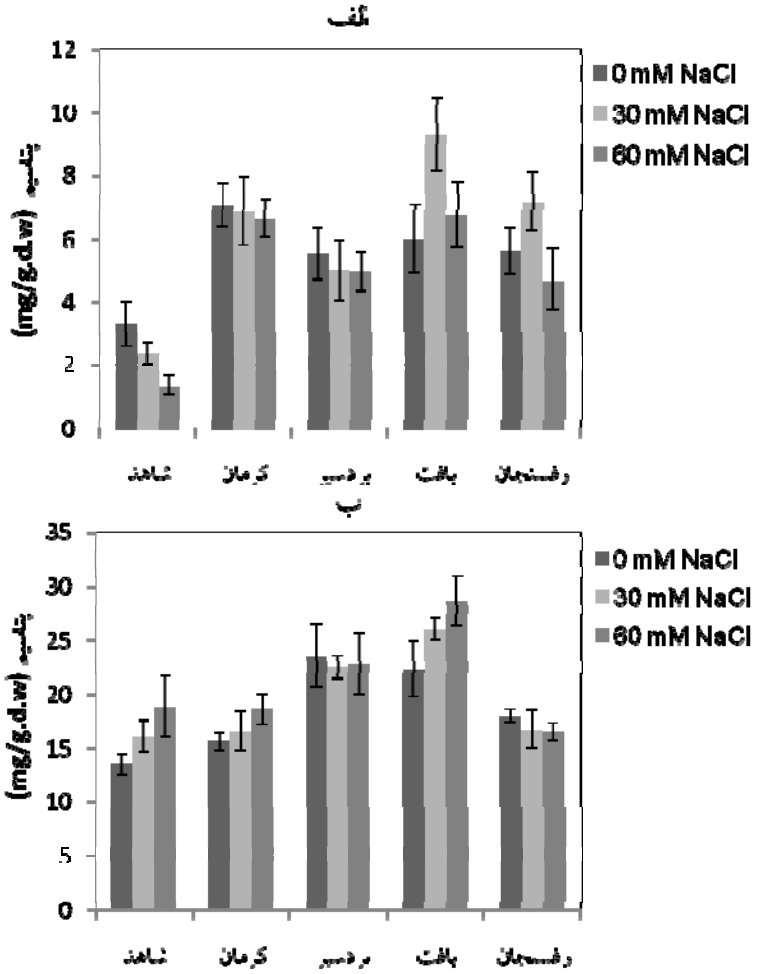


شکل ۳- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی میزان قند الف) برگ ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد).





شکل ۴- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی غلظت پرولین الف) برگ ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد).



شکل ۵- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی مقدار پتاسیم الف) برگ ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد).

اثر خاکهای میکوریزی و شوری بر مقدار پتاسیم، سدیم و فسفر: شکل ۵ الف نشان می‌دهد همه گیاهان میکوریزی در شرایط شور و غیر شور نسبت به گیاهان شاهد دارای پتاسیم بیشتری در برگ بودند. شوری در هر دو سطح باعث کاهش میزان پتاسیم در برگ‌های گیاهان شاهد شد ولی این تیمار تأثیری در مقدار پتاسیم برگ گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان و بردسیر نداشت (شکل ۵ الف). در گیاهان رشد کرده در خاکهای میکوریزی بافت و رفسنجان شوری ۳۰ میلی مولار غلظت پتاسیم را در برگها افزایش داد ولی این افزایش در گیاهان رشد کرده در خاک رفسنجان معنی‌دار نبود.

غلظت پتاسیم ریشه در شرایط غیر شور در همه گیاهان میکوریزی بالاتر از گیاهان شاهد بود (شکل ۵ ب). در شرایط شوری، مقدار پتاسیم ریشه گیاهان رشد کرده در خاک کرمان و رفسنجان مشابه گیاهان شاهد و مقدار پتاسیم ریشه گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بافت و بردسیر بیشتر از گیاهان شاهد بود (شکل ۵ ب). هر دو سطح شوری مقدار پتاسیم را در ریشه گیاهان شاهد و گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بافت افزایش داد. در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان فقط شوری ۶۰ میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار مقدار پتاسیم ریشه نسبت به گیاهان میکوریزی در شرایط غیر شور شد. تیمار شوری تأثیری در مقدار پتاسیم ریشه گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بردسیر و رفسنجان نداشت (شکل ۵ ب).

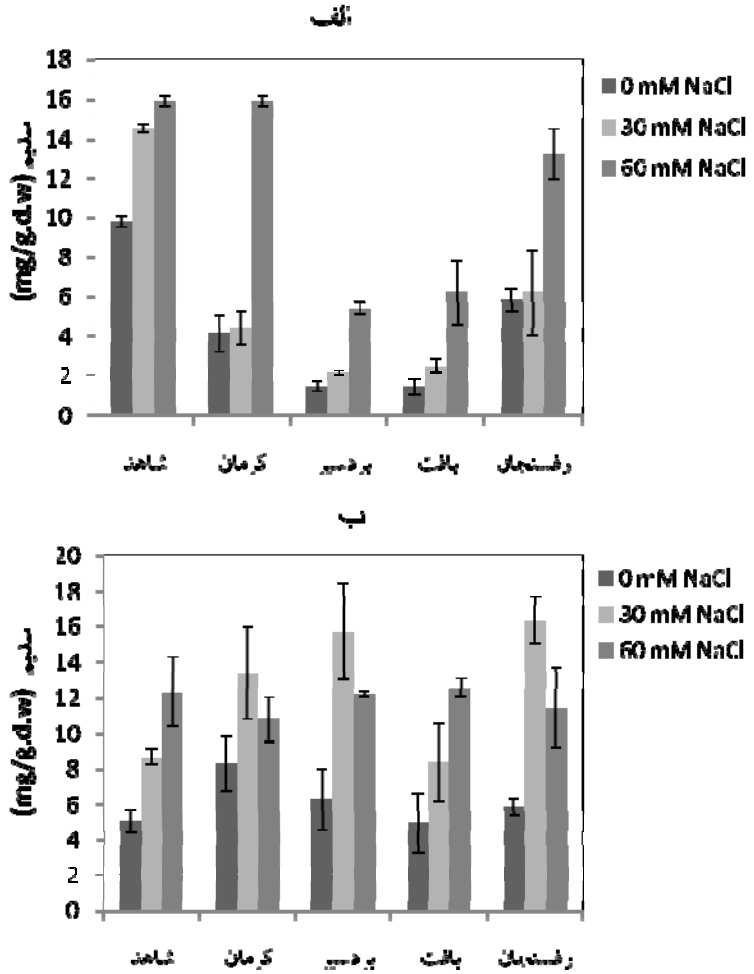
همانطورکه شکل ۶ الف نشان می‌دهد در شرایط غیر شور مقدار سدیم برگ گیاهان میکوریزی کمتر از گیاهان غیر میکوریزی شاهد بود (شکل ۶ الف). در شرایط شور تنها مقدار سدیم گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان در سطح شوری ۶۰ میلی مولار مشابه مقدار سدیم گیاهان شاهد در همین سطح شوری بود ولی در بقیه گیاهان میکوریزی، میزان سدیم برگ کمتر از گیاهان غیر میکوریزی بود (شکل ۶ الف).

مقدار سدیم ریشه در شرایط غیر شور در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان بیشتر از گیاهان شاهد بود. در گیاهان رشد کرده در خاک برسیر، بافت و رفسنجان مقدار سدیم ریشه تفاوت معنی‌داری با گیاهان شاهد نداشت (شکل ۶ ب). افزایش سطح شوری باعث زیاد شدن مقدار این یون در ریشه گیاهان تیمار شده در مقایسه با شرایط غیر شور شد (شکل ۶ ب).

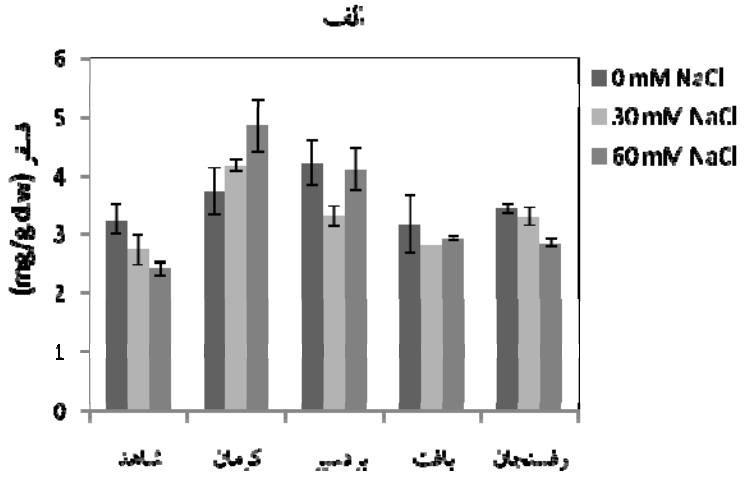
شکل ۷ الف مقدار فسفر برگ گیاهان تیمار شده و شاهد را نشان می‌دهد. براساس نتایج بدست آمده در شرایط غیر شور، مقدار فسفر تنها در برگهای گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بردسیر بیش از گیاهان شاهد بود. تیمار شوری نتایج متفاوتی بدنبال داشت. در گیاهان شاهد، تیمار شوری باعث کاهش معنی‌دار مقدار فسفر برگ شد (شکل ۷ الف). در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان سطح شوری ۶۰ میلی مولار مقدار فسفر برگ را نسبت به گیاهان غیر شور افزایش داد. سطح شوری ۳۰ میلی مولار مقدار فسفر برگ گیاهان رشد کرده در خاک بردسیر را کاهش داد (شکل ۷ الف). در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بافت تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای شوری در گیاهان میکوریزی دیده نشد. در خاک میکوریزی رفسنجان شوری ۶۰ میلی مولار باعث کاهش فسفر برگ در مقایسه با گیاهان میکوریزی تیمار شده با سطوح شوری ۰ و ۳۰ میلی مولار شد.

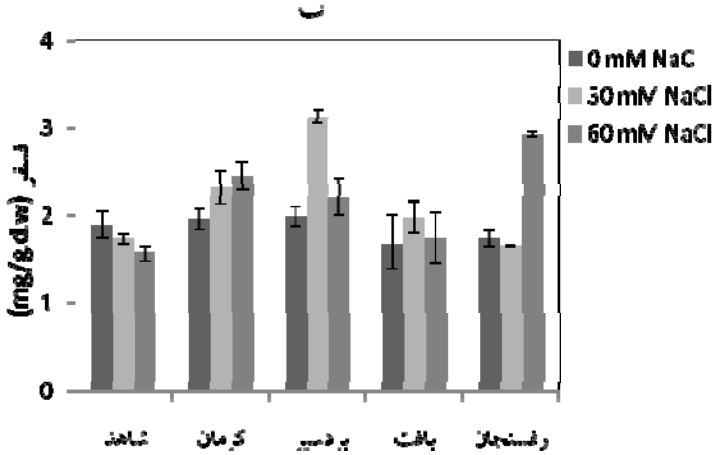
مطابق شکل ۷ ب در شرایط غیر شور هیچ تفاوت معنی‌داری بین مقدار فسفر ریشه گیاهان میکوریزی و گیاهان شاهد دیده نشد. مقدار فسفر ریشه گیاهان شاهد با افزایش شوری کاهش یافت، البته این کاهش در سطح شوری ۶۰ میلی مولار معنی‌دار بود (شکل ۷ ب). مقدار فسفر ریشه گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان که با شوری تیمار شده بودند نسبت به گیاهان میکوریزی غیر شور بیشتر بود. در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بردسیر شوری ۳۰ میلی مولار باعث افزایش

معنی‌دار فسفر ریشه در مقایسه با گیاهان میکوریزی غیر شد (شکل ۷ ب).
شور و گیاهان میکوریزی تیمار شده با ۳۰ میلی مولار نمک



شکل ۶- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی مقدار سدیم الف) برگ ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد).





شکل ۷- اثر سطوح مختلف شوری (۰، ۳۰ و ۶۰ میلی مولار) بر روی مقدار فسفر الف) برگ ب) ریشه گیاه ذرت رشد یافته در خاک میکوریزی مناطق جغرافیایی مختلف و غیر میکوریزی (شاهد).

تحت تنش شوری میزان فسفر ریشه گیاهان میکوریزی رشد کرده در خاک بافت تفاوت معنی‌داری با گیاهان میکوریزی غیر شور نشان نداد. در خاک میکوریزی رفسنجان در سطح شوری ۶۰ میلی مولار مقدار فسفر ریشه بیشتر از گیاهان میکوریزی غیر شور بود و در سطح شوری ۳۰ میلی مولار مقدار فسفر ریشه گیاهان تیمار شده تفاوت معنی‌داری با گیاهان غیر شور نشان نداد (شکل ۷ ب).

بحث

نتایج ارائه شده در شکل ۱ نشان داد که افزایش سطح شوری خاک تأثیر متفاوتی بر درصد آغشتگی ریشه به میکوریزهای خاکها مختلف داشته است. این موضوع می‌تواند به دلیل نوع قارچهای میکوریزی موجود در هر نوع خاک و مقاومت متفاوت این قارچها در مقابل شوری باشد. در مورد تأثیر شوری بر میزان آغشتگی ریشه به قارچهای میکوریزی نتایج متفاوتی وجود دارد. کوپمن و همکارانش (۱۹۹۶) (۸) گزارش کردند که درصد آغشتگی ریشه گوجه فرنگی با افزایش شوری زیاد می‌شود، در حالی‌که گراهام و سیورتسن (۱۹۸۹) (۱۳) بیان کرده بودند که آغشتگی ریشه سیتروس (Citrus) با افزایش شوری تغییر نمی‌کند و گزارش‌های زیادی مبنی بر کاهش آغشتگی ریشه نیز در اثر شوری وجود دارد (۱۰، ۱۴، ۲۴ و ۲۵).

همانطور که در شکل ۲ الف و ب دیده می‌شود میکوریزی شدن ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها را نسبت به گیاهان غیر میکوریزی در شرایط شور و غیر شور افزایش داده است. این نتایج موافق با نتایج بدست‌آمده در گیاه ذرت (۱۱ و ۳۲) و گوجه فرنگی (۳) است. ولی از طرفی به نظر می‌رسد که براساس نتایج بدست آمده در این تحقیق رابطه مستقیمی بین افزایش وزن اندام هوایی و ریشه و درصد آغشتگی ریشه وجود ندارد. به‌طوری‌که به‌عنوان مثال گیاهان شاهد رشد کرده در خاک میکوریزی بردسیر کمترین درصد آغشتگی ولی بالاترین وزن اندام هوایی و ریشه را نشان دادند. این موضوع می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که شاید نوع میکوریز موجود در خاک و کارایی آنها در بهبود رشد مهمتر از درصد آغشتگی ایجاد شده بوسیله آنها در ریشه گیاه باشد.

میکوریزی شدن ریشه تأثیر متفاوتی روی مقدار قند برگ و ریشه داشت (شکل ۳ الف و ب). گیاهان میکوریزی رشد کرده در همه خاکهای میکوریزی مقدار قندهای احیا کننده بیشتری را در ریشه و برگ نسبت به گیاهان غیر شور نشان دادند. در چندین مطالعه مشخص شده، قارچهای

میکوریزی روی ترکیب اسیدهای آمینه و کربوهیدراتهای گیاهان میزبان رشد کرده و در شرایط شوری تأثیر می‌گذارند (۲۸ و ۳۰). قارچهای میکوریزی می‌توانند در گیاهان میزبان باعث بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش مقدار قندها در گیاه شوند (۱۹، ۲۰ و ۳۲). شکل ۳ الف نشان می‌دهد که افزایش شوری در گیاهان شاهد و گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان باعث افزایش تجمع قندهای احیا کننده در برگهای این گیاهان شده است. تجمع قندهای محلول به‌عنوان مواد اسمولیت یکی از سازوکرهایی است که گیاهان برای مقابله با شوری و کاهش پتانسیل اسمزی نشان می‌دهند (۲۲).

گیاهان ذرت میکوریزی شده در این آزمایش غلظت پتاسیم بالاتری در برگ و در ریشه نسبت به گیاهان شاهد داشتند (شکل ۵ الف و ب). بر خلاف گیاهان شاهد افزایش شوری باعث کاهش مقدار پتاسیم در برگهای گیاهان میکوریزی نشد. مقدار این یون در برگ گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی کرمان و بردسیر در سطح گیاهان غیر شور بود و در خاک میکوریزی رفسنجان و بافت در شوری ۳۰ میلی مولار افزایش معنی‌داری نسبت به شوری صفر در همان خاک نشان داد (شکل ۵ الف). در گیاه پیاز میکوریزی، غلظت بالاتری از پتاسیم در شاخه‌ها و جوانه‌های تحت تنش شوری دیده می‌شود (۲۳). در درخت زیتون با افزایش شوری، مقدار سدیم در ریشه‌ها و برگهای گیاهان میکوریزی و غیر میکوریزی افزایش می‌یابد و ریشه‌های گیاهان میکوریزی سطح بالاتری از سدیم و پتاسیم را نشان می‌دهند، در حالی‌که برگها حالت عکس دارند (۲۸).

مقایسه بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده در گیاه و تغییرات وزن اندام هوایی و ریشه نشان داد که احتمالاً یکی از عوامل مؤثر در افزایش وزن گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بردسیر، بافت و رفسنجان کاهش بسیار شدید سدیم در برگ این گیاهان می‌باشد. به نظر می‌رسد که مهمترین سازوکار اعمال شده بوسیله قارچهای میکوریزی در بهبود رشد ذرت تحت تنش شوری ممانعت از انتقال سدیم به برگهاست. مقایسه مقدار سدیم برگ و ریشه گیاهان شاهد نشان داد در گیاهان شاهد که در خاک فاقد میکوریز رشد می‌کنند مقدار سدیم برگ بیشتر از ریشه است و با افزایش شوری مقدار سدیم هم در ریشه و هم در برگ افزایش می‌یابد، در حالی‌که گیاهان رشد کرده در خاکهای میکوریزی مقدار سدیم کمتری در برگها نسبت به ریشه به‌ویژه در شوری ۳۰ میلی مولار نشان می‌دهند و فقط در شوری ۶۰ میلی مولار افزایش مقدار این یون در برگها مشاهده می‌شود که در بیشتر موارد باز هم از مقدار این یون نسبت به گیاهان شاهد کمتر است. از آنجایی که جذب زیادی سدیم روی عملکرد غشا سلولی و متابولیسم سلول از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌ها اثر می‌گذارد و در نتیجه باعث بازدارندگی رشد و آسیب جدی به برگها می‌شود (۲۸). تصور می‌شود که جلوگیری از انتقال این یون به اندام هوایی می‌تواند سازوکار مؤثری در کاهش تنش شوری در گیاهان باشد.

فسفر یکی از عناصری است که به دلیل دخالت آن در متابولیسم انرژی سلول نقش مهمی در رشد گیاه بعهده دارد. در تحقیق حاضر افزایش شوری در گیاهان شاهد باعث کاهش مقدار فسفر در برگ و ریشه شد (شکل ۷ الف و ب). کاهش غلظت فسفر در گیاه می‌تواند نتیجه کاهش جذب بدلیل سازوکارهای جذب رقابتی بین فسفات و کلر باشد. چون افزایش شوری غلظت کلر در محیط را افزایش می‌دهد و در نتیجه بین جذب کلر و فسفات رقابت ایجاد می‌شود (۱۷). محققان عقیده دارند قارچهای میکوریزی باعث افزایش تحرک فسفر در خاک و کمک به جذب این عنصر در گیاه می‌شوند (۲، ۳ و ۱۹). در گیاه ذرت در برخی سطوح شوری گیاهان میکوریزی غلظت بالاتری از فسفر در برگها یا ریشه‌ها را نشان دادند، ولی از طرفی در بعضی گیاهان میکوریزی کاهش فسفر مشاهده شد.

مقدار پرولین برگ در گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان شاهد بود، ولی تنها شوری ۳۰ میلی مولار در گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی رفسنجان افزایش غلظت پرولین را در برگها نشان دادند و گیاهان رشد کرده در خاک میکوریزی بافت و کرمان کاهش مقدار پرولین را نشان دادند (شکل ۴ الف). قارچهای VAM با القاء سنتز مواد اسمزا و تنظیم اسمزی می‌توانند مقاومت گیاه را به شوری افزایش دهند، ازجمله این مواد می‌توان به پرولین و بتائین اشاره کرد که در مواردی با افزایش شوری مقدار این ترکیبات زیاد می‌شود (۱۷). البته در بعضی مطالعات گزارش شده که افزایش پرولین در گیاه غیر میکوریزی بیش از گیاه میکوریزی تحت تنش شوری بوده است (۲۹).

در گیاه مونگ (moong) تحت تنش شوری غلظت پرولین تنها در شوری کم در گیاه میکوریزی افزایش یافته است (۱۷).

نتایج این تحقیق نشان داد که میکوریزهای مختلف می‌توانند پاسخ‌های متفاوتی را در شرایط یکسان در گیاه القا کنند و کاهش مقدار سدیم در اندام هوایی می‌تواند تأثیر زیادی در بهبود رشد گیاهان میکوریزی داشته باشد.

سپاسگزاری

با تشکر از مسئولان محترم مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان که هزینه لازم جهت انجام این کار را در اختیار ما قرار دادند.

منابع

1. Al- Karaki, G.N. and Al-Raddad, A. (1997) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza 7: 83-88.
2. Al- Karaki, G.N. and Clark, R.B. (1998) Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21: 263-270.
3. Al- Karaki, G.N. and Hammad, R. (2001) Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 24: 1311-1323.
4. Apse, M.P., Dharon, G.S., Snedden, W.A. and Bumerokd, E. (1999) Salt tolerance conferred by over expression of a vacuolar Na+/H+ antiport in Arabidopsis. Science 285: 1256-1258.
5. Asghari, H., Marschner, P., Smith, S., Smith, F. (2005) Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. Plant and Soil 273: 245–256.
6. Bates, L.s., Waldren, R.P. and Teare, I.B. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
7. Cantrell, I.C. and Linderman, R.G. (2001) Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant and Soil 233: 269-281.
8. Copeman, R.H., Martin, C.A. and Stutz, J.C. (1996) Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline and nonsaline soils. Horticultural Science 31: 341-344.
9. Dixon, R.K., Garg, V.K. and Rao, M.V. (1993) Noculation of *Lecaena* and *prosopis* seedlings with *Glomus* and *Rhizobium* species in saline soil: rhizospher relations and seedlings growth. Plant and Soil Research 7: 133-144.
10. Duke, E.R., Johnson, C.R. and Koch, K.E. (1986) Accumulation of phosphorus matter and betaine during Nacl stress of split-root Citrus seedlings colonize with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungion on zero, one or two halves. New phytologist 104: 583-590.
11. Feng, G., Li, X.L., Zhang, F.S., Tian, C.Y. and Tang, C. (2002) Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12: 185-190.
12. Giri, B. and Mukerji, K. (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.
13. Graham, J.H. and Syvertsen, J.P. (1989) Vesicular arbuscular increase choride concentration in citrus seedlings. New Phytologist 113: 29-36.

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

15. Hu, Y. and Schmidhalter, U. (1998) Spatial distribution of inorganic ions and sugars contributing to osmotic adjustment in the elongationg wheat leaf under saline soil conditions. Australian Journal of Plant Physiology 25: 591-597.

16. Jahromi, F., Aroca, R., Porcel, R., Ruiz-Lozano, J.M. (2008) Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. Microbial Ecology 55: 45–53.

17. Jindal, V., Atwal, A., Seckhon, B.S. and Singh, R. (1993) Effect of Vesicular-arbuscular mycorrhizae on metabolism of moong plant under NaCl salinity. Plant Physiology and Biochemistry 31: 475-481.

18. Juniper, S. and Abbott, L. (1993) Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil salinity. Mycorrhiza 4: 45-57.

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

20. Marschner, H. (1986) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

21. Munns, R. (1993) Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant and Cell Environment 16: 15-24.

22. Nylancl, J.E. and Wallander, H. (1989) Effect of ectomycorrhiza on host growth and carbon balance in a semi-hydroponic cultivation system. New Phytologist 112 (3): 389-396.

23. Peiffer, C.M. and Bloss, H.E. (1988) Growth and nutrition of guayule (*parthenium argentatum*) in a saline soil as influenced by vesicular-arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilization. New Phytologist 108: 315-321.

24. Pond, E.C., Merge, J.A. and Jarrell, W.M. (1984) Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. Mycologia 76: 74-84.

25. Rabie, G.H. and Almadini, A.M. (2005) Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology 4: 210–222.

26. Rajapakse, S. and Creighton Miller J. (1992). Methods for studing vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. Methods in Microbiology. Academic Press INC. ISBN 0-12-521524-X. 275-301.

27. Rinadelli, E. and Mancuso, S. (1996) Response of young mycorrhizal and non-mycorrhizal plants of olive tree (*Olea europea* L.) to saline conditions. I. Short-term electrophysiological and long-term vegetative salt effects. Advance in Horticultural Science 10: 126-134.

28. Ruiz-Lozano, J.M. and Azcon, R. (2000) Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soil and *Glomus deserticola* under salinity. Mycorrhiza 10: 137-143.

29. Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomez, M. (1996) Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus species* in *Lactuca sative* plant. Physiologia Plantarum 98: 767-772.

30. Ruiz-Lozano, J.M. and Azcón, R. (1995) Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Physiologia Plantarum 95: 472–478.

31. Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F. and Huang, Y. (2008) Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza 18: 287-296.

32. Somogy, M., (1952) Notes on sugar determination. Biological Chemistry 195: 19-29.

33. van Hoorn, J.W., Katerji, N., Hamdy, A. and Mastrorilli, M. (2001) Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil. Agriculture Water Management 51: 87–98.

34. Wang, F.Y. and Liu, R.J. (2001) A preliminary survey of arbuscular mycorrhizal fungi in saline alkaline soil of the Yellow river delta. Biodiversity Science 9: 389–392.

35. Yano-Melo, A.M., Saggin, O.J. and Costa, M.L. (2003) Tolerance of mycorrhized banana (Musa sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. Agricultural Ecosystem and Environment 95: 343–348.

The response of corn plants (*Zea maize*) under salinity stress to mycorrhiza collonization

Mansouri H. and Ahmadi Moghadam A.

Biology Dept., Faculty of Science, Bahonar University, Kerman, I.R. of Iran

Abstract

In this study the effects of root colonization and different soils mycorrhiza on the growth of corn (*Zea maize*) under salinity stress was investigated. Four soil types of different area in Kerman province (Kerman, Bardsir, Baft and Rafsanjan) and three levels of salinity (0, 30 and 60 mM NaCl) were employed. The root colonization percent decreased in the plants grown on Kerman and Baft soils as the salinity increased. The colonization percentage of the plants grown on Bardsir soil increased at 30 mM salinity. The amounts of sugar in leaves and roots of the plants grown on Kerman and Bardsir soils increased but of those grown on Rafsanjan soil decreased. At 30 mM salinity, in some case prolin content increased in leaves and roots of the plants grown on Bardsir and Rafsanjan soils. the amounts of roots Na increased in plants grown on all the soil types. In the leaves, Na concentration in plants grown on different soils type was lower in compared with control plants except of plants grown on soils of Kerman and Rafsanjan at 60 mM salinity. The amount of P in the plant leaves of the plants grown on Kerman Soil, and P contents of the roots on Kerman, Bardsir and Rafsanjan soils increased. According to the results, it is speculated that the most probably mechanism involves in the growth improvement of mycorrhizal plants is preventing of Na uptake and its transition into the leaves.

Key words: Maize, Mycorrhiza, Potasium, Phosphorus, Reduced sugar, Salinity, Sodium