مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هشتم، شماره اول، ۱۳۹۹
۱۰۳-۱۱۸
www.jcri.ir

ارزیابی نقش همزیستی مایکوریزا در فعالیت فیزیولوژیکی سه رقم پنبه در شوری‌های مختلف

الهام مقیسه[۱]، الهام فغانی[۲*]، شادمان شکروی[۳]، مریم کلاهی[۴]
[۱]دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، ایران
[۲]استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
[۳]دانشیار گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاداسلامی، واحد گرگان
[۴]استادیارگروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۲

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل غیرزیستی محدود کننده رشد و عملکرد گیاه است، همزیستی مایکوریزایی در تعدیل اثرات تنش شوری در گیاهان نقش بسزایی دارد. این پژوهش با هدف ارزیابی ارقام مختلف پنبه در غلظت‌های مختلف شوری و تعیین مناسب ترین رقم در همزیستی با مایکوریزا به‌واسطه تأثیر در سنتز کربوهیدرات‌ها و پارامترهای رشد گیاه انجام شد. این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی که سه سطح شوری خاک شامل شاهد (غیر شور)، کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر (شوری متوسط)، ۹-۸ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۳-۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (شوری زیاد) به‌صورت فاکتور اصلی و سه رقم بذر پنبه کرک‌زدایی شده (گلستان، Termez 14 و برگ پهن قرمز) با دو سطح مایکوریزا *Rhizophagus intraradices* (عدم تلقیح با قارچ و تلقیح با قارچ) در فاکتور فرعی با سه تکرار در گلخانه کشت شدند. صفات تعداد برچه، تعداد بذر در برچه، وزن بذر، وزن الیاف، وزن کاسبرگ، طول بذر، قطر بذر، حجم ریشه، طول ساقه و طول ریشه، غلظت کربوهیدرات‌های پوسته و آندوسپرم بذر(گلوکز، گزیلوز، رامنوز و نشاسته) و درصد همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشه گیاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد رقم برگ پهن قرمز، بیشترین غلظت مونوساکاریدی و پلی‌ساکاریدی پوسته و آندوسپرم بذر را در همزیستی با مایکوریزا و در شوری متوسط داشت و در همین شرایط دارای بیشترین مقدار وزن بذر و طول ریشه بود. افزایش غلظت کربوهیدرات به‌واسطه همزیستی با مایکوریزا نقش مؤثری در افزایش تحمل به تنش شوری در رقم برگ پهن قرمز نشان داد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای رشد، پنبه، شوری، کربوهیدرات، مایکوریزا

---

*نویسنده مسئول: elhamfaghanibio@gmail.com

مقدمه

شوری منابع آب و خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است (هزهونگ، ۲۰۱۲). گزارشات حاکی از آن است که یک بیلیون هکتار از $۱۰^{۹}$× ۱۳/۲ هکتار از اراضی کشاورزی تحت تاثیر شوری سدیمی هستند که ۲۵ تا ۳۰ درصد از اراضی آبی تحت تاثیر آبیاری با آب شور هستند (شهید و همکاران، ۲۰۱۸). میزان تحمل به شوری در گیاهان به خانواده، جنس، گونه و رقم بستگی دارد و یکی از راه‌های مقابله با شوری استفاده از گونه‌ها و ارقام متحمل است. پنبه به‌عنوان یک گیاه متحمل به شوری شناخته می‌شود (دانگ و همکاران، ۲۰۰۹). اما مقاومت به شوری در این گیاه محدود است و مراحل مختلف نمو نیز واکنش متفاوتی به شوری نشان می‌دهند. مطالعه پورسل و همکاران (۲۰۱۲) نشان می‌دهد تنش شوری اثر محدود کننده بر صفات مورفولوژیکی دارد. زنگ و همکاران (۲۰۱۲) کاهش تعداد شاخه زایا، عملکرد وش و الیاف، تعداد غوزه و وزن غوزه را در شرایط شور گزارش کرده‌اند. وزن ماده خشک دانه در شوری‌های خاک ۷/۷، ۱۲/۵ و ۱۷/۱ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۲۲، ۵۲ و ۸۴ درصد کاهش یافت (چن و همکاران، ۲۰۱۰). در مطالعه پنگ و همکاران (۲۰۱۶) با افزایش شوری خاک، کاهش محتوای قندهای محلول و نشاسته مشاهده شد.

عوامل زیستی از جمله قارچ‌های همزیست مایکوریزا می‌توانند بر رشد گیاهان و پاسخ آنها در شرایط شور مؤثر باشند. این قارچ‌ها طی همزیستی، مواد مغذی معدنی را به گیاه میزبان در ازای جذب کربوهیدرات‌های گیاهی انتقال می‌دهند (اسمیت و رد، ۲۰۰۸). در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا سیستم ریشه ای به طورگسترده تر رشد می‌کند که باعث جذب مواد مغذی از خاک می‌شود (اولسنویچ و توماس، ۱۹۹۹). مایکوریزا افزایش رشد *Lycium barbarum* L. در شرایط غیرشور و شور را سبب می‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۶).

باتوجه به گسترش خاک‌های شور و کشت پنبه در استان گلستان و اهمیت قارچ‌های مایکوریزا در اکوسیستم‌های کشاورزی، با هدف ارتقای دامنه تحمل به تنش شوری بذر ارقام مختلف پنبه در همزیستی مایکوریزا و جایگزینی مصرف کود شیمیایی با کود بیولوژیکی به‌منظور توسعه کشاورزی پایدار صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

سه رقم بذر پنبه کرک‌زدایی شده (گلستان:G_1 ، G_2:Termez 14 و برگ پهن قرمز:G_3) به‌صورت فاکتوریل در پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار با دو سطح قارچ مایکوریزا *Rhizophagus intraradices* ، عدم تلقیح با قارچ و تلقیح با قارچ (تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور) و

سه سطح شوری خاک شامل شاهد (غیر شور)، کمتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر (شوری متوسط)، ۹-۸ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۳-۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (شوری زیاد)در گلخانه کشت شدند. قارچ مایکوریزا به‌صورت اسپور و ریسه به‌صورت ۱۰ گرم در هر گلدان استفاده شد. در مرحله رسیدگی نمونه‌گیری صورت گرفت و تعداد برچه، تعداد بذر در برچه، وزن بذر، وزن الیاف، وزن کاسبرگ، طول بذر، قطر بذر، حجم ریشه، طول ساقه و طول ریشه، محتوی کربوهیدرات‌های پوسته و آندوسپرم بذر از جمله گلوکز، گزیلوز، رامنوز و نشاسته و درصد همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشه گیاه مورد بررسی قرارگرفت.

اندازه گیری مونوساکاریدها: سنجش مونوساکاریدها و دی ساکاریدها با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) انجام شد. حدود ۰/۱ گرم وزن تر بافت گیاه درهاون با نیتروژن مایع پودر شد. سپس به آن در سه مرحله به مدت ۲۰ دقیقه اتانول اضافه شد (مرحله ۱: ۰/۷۵ میلی‌لیتر از اتانول ۸۰ درصد ؛ مراحل ۲ و ۳: ۰/۷۵ میلی‌لیتر از اتانول ۵۰ درصد). مخلوط هر مرحله به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۸۰۰ دور سانتریفیوژ شد و فازهای رویی باهم مخلوط و با کمک سانتریفیوژ و ایجاد خلاء تبخیر شدند. عصاره‌های خشک در ۱ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیر شده حل شدند. قندهای محلول با استفاده از رزین‌های تبادل یونی خالص شدند. ۰/۲ میلی‌لیتر غلیظ و صاف شدند و ۲۰ میکرولیتر از محلول تزریق و توسطHPLC تجزیه و تحلیل شد و با استفاده از یک ستون کلسیم (Aminex HPX-87C 300 mm × 7.8 mm column Bio-Rad) با ۰/۶ میلی‌لیتر بر دقیقه آب مقطر دوبار تقطیرشده با دمای ۸۵ درجه سانتی گراد با یک دتکتور ضریب شکست (Waters 2410) (Milford, MA, USA) با سرعت شسته شدند. غلظت قندهای اصلی، گزیلوز، گلوکز و رامنوز برای هر نمونه محاسبه و با استفاده از مانیتول به‌عنوان استاندارد داخلی محاسبه شد. مقدار قندهای محلول به‌عنوان میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (موئینگ و همکاران، ۲۰۰۴).

کربوهیدرات محلول در آب (WSC) و نشاسته: کربوهیدرات‌های محلول در آب و نشاسته با روش اسید فنل- سولفوریک تجزیه و تحلیل شدند. ۲ میلی‌گرم ماده گیاهی خشک شده، سه بار در اتانول ۸۰ درصد قرارگرفت و به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. رسوب سانتریفیوژ شده برای سنجش نشاسته استفاده شد. سپس۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به رسوب خشک شده اضافه شد و سپس $Ba(OH)_2$، ۰/۳نرمال و $ZnS0_4$ ، ۵ درصد با آنها مخلوط شدند. به نمونه‌های سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور به‌مدت ۱۰ دقیقه)، ۱ میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد به ۲ میلی‌لیتر محلول رویی اضافه شد. سرانجام میزان جذب عصاره برای تعیین کربوهیدرات و نشاسته در ۴۸۵ نانومتر مشخص شد (دوبیوس و همکاران، ۱۹۵۶).

حجم ریشه و درصد همزیستی: حجم ریشه از روی جابجاشدن آب در ظروف مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته به درون آن محاسبه شد (شاشیدهار و همکاران، ۲۰۱۲). جهت اندازه‌گیری

درصد همزیستی قارچ مایکوریزا با گیاه با روش چن و همکاران(۲۰۰۴)، نمونه‌های ریشه پس از شستشو با تریپان بلو، رنگ آمیزی شدند. برای حذف فنل، نمونه‌های ریشه در هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد به مدت ۵ روز در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از رنگ‌آمیزی با معرف تریپان بلو در صفحات مشبک بر اساس روش قاضی و همکاران (۲۰۰۴) مطالعه شدند. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار آماری SAS و با استفاده از آزمون LSD انجام شد،

نتایج

غلظت مونوساکاریدها در پوسته بذر پنبه: مقایسه میانگین رامنوز و گزیلوز پوسته بذر ارقام مختلف پنبه در شوری‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین غلظت رامنوز و گزیلوز پوسته بذر در شرایط غیرشور و در رقم G_3 وجود داشته که نسبت به سایر شوری‌ها و ارقام مختلف معنی‌دار بود. همچنین بیشترین مقدار گلوکز پوسته بذر در رقم G_3 در شوری متوسط دیده شد که نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود. کمترین مقدار گلوکز پوسته بذر در رقم G_2 در شرایط غیرشور دیده شد که نسبت به دو رقم دیگر در همین شرایط خاک معنی‌دار بود (جدول۱). برهمکنش شوری و مایکوریزا بیانگر آن است که بیشترین غلظت رامنوز وگزیلوز در پوسته بذر پنبه تلقیح شده با مایکوریزا در محیط غیرشور دیده شد که نسبت به وضعیت عدم استفاده از مایکوریزا معنی‌دار بود. این مقدار در شرایط شوری متوسط و شوری زیاد سیر کاهشی را نشان داد و این کاهش در هر دو تیمار شوری نسبت به شرایط غیرشور معنی‌دار بود. اثر متقابل شوری در مایکوریزا بیان می‌کند که بیشترین گلوکز پوسته بذر در تلقیح مایکوریزا در شوری متوسط دیده شد که نسبت به عدم استفاده از مایکوریزا معنی‌دار بود. به‌طوری‌که در تیمار غیرشور و شوری زیاد سیر کاهشی را نشان داد و این کاهش در شوری زیاد معنی‌دار بود (جدول۲). برهمکنش مایکوریزا با ارقام پنبه نشان داد که بیشترین رامنوز پوسته بذر در رقم G_3 با تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به عدم تلقیح مایکوریزا و نیز نسبت به دو رقم دیگر در همین وضعیت معنی‌دار بود. همچنین بیشترین گزیلوز پوسته بذر در رقم G_3 با تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به عدم تلقیح مایکوریزا معنی‌دار بودند. بیشترین گلوکز پوسته بذر در رقم G_1 تلقیح شده با مایکوریزا دیده شد که نسبت به عدم تلقیح مایکوریزایی معنی‌دار بود. کمترین مقدار گلوکز پوسته بذر در رقم G_2 در تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به دو رقم دیگر معنی‌دار بود (جدول۳).

مونوساکاریدهای آندوسپرم بذر: مقایسه میانگین رامنوز و گزیلوز آندوسپرم بذر در ارقام مختلف پنبه بیانگر آن است که مقدار رامنوز و گزیلوز در آندوسپرم بذر رقم G_3 و در تیمار غیرشور تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت. اثر شوری در میزان گلوکز آندوسپرم بذر در ارقام مختلف پنبه نشان داد که بیشترین مقدار گلوکز آندوسپرم بذر در ارقام مختلف پنبه در رقم G_3 در شرایط غیرشور

دیده شد که نسبت به سایر تیمارها معنی دار بود (جدول۱). مطابق نتایج، بیشترین غلظت رامنوز،گزیلوز و گلوکز آندوسپرم بذر، در تلقیح مایکوریزا در شرایط غیرشور بود و سیر کاهشی در غلظت رامنوز وگزیلوز در شوری متوسط و زیاد مشاهده شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌دار بود (جدول۲). اثر متقابل مایکوریزا با ارقام پنبه بیانگر آن است که بیشترین رامنوز، گزیلوز و گلوکز آندوسپرم بذر در رقم G_3 با تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به عدم تلقیح مایکوریزا معنی‌دار بود (جدول۳).

پلی‌ساکاریدهای پوسته و آندوسپرم بذر: بیشترین مقدار نشاسته پوسته بذر در رقم G_3 و در شوری متوسط دیده شد که نسبت به همین رقم در دو سطح دیگر خاک معنی‌دار بود (جدول۱). برهمکنش شوری و مایکوریزا نشان دهنده بیشترین غلظت نشاسته پوسته بذر در تلقیح مایکوریزا در شرایط شوری متوسط بود که نسبت به عدم استفاده از مایکوریزا معنی‌دار بود (جدول۲). اثرمتقابل مایکوریز در ارقام مختلف پنبه بیان می‌کند که بیشترین نشاسته پوسته بذر در رقم G_3 با تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به عدم تلقیح مایکوریزا معنی‌دار بود (جدول۳).

میزان نشاسته آندوسپرم بذر در شرایط مختلف شوری در ارقام مختلف پنبه نشان داد که بیشترین نشاسته آندوسپرم بذر در رقم G_2 در شرایط شوری زیاد دیده شد که نسبت به شرایط غیرشور و همچنین رقم G_1 در شوری زیاد معنی‌دار بود. کمترین نشاسته آندوسپرم بذر در محیط غیرشور مربوط به رقم G_1 بود که نسبت به رقم G_3 در این شرایط معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین نشاسته آندوسپرم بذر در ارقام مورد مطالعه در حضور و عدم حضور مایکوریزا حاکی از آن است که بیشترین نشاسته آندوسپرم بذر در رقم G_2 تلقیح شده با مایکوریزا دیده شد که نسبت به وضعیت عدم استفاده از مایکوریزا معنی‌دار بود. این مقدار نسبت به سایر ارقام تلقیح شده با مایکوریزا معنی دار بود (جدول۳).

درصد همزیستی

درصد همزیستی مایکوریزا با ریشه ارقام مختلف پنبه نشان داد که رقم G_1 دارای بیشترین درصد همزیستی در شرایط غیرشور می‌باشد که تنها نسبت به رقم G_2 در شوری متوسط تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱). با افزایش شوری خاک بیشترین درصد همزیستی در تلقیح مایکوریزا و در شوری زیاد بود (جدول ۲). بیشترین درصد همزیستی مایکوریزایی در رقم G_1 با تلقیح مایکوریزا مشاهده شد. (جدول ۳).

جدول۱) اثر متقابل رقم و شوری بر خصوصیات مونوساکاریدی و پلی ساکاریدی پوسته و آندوسپرم بذر و درصد همزیستی مایکوریزا با ریشه گیاه پنبه

رقم * شوری	گلوکز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	گلوکز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته آندوسپرم بذر ($mgg^{-1}dw$)	همزیستی مایکوریزایی (%)
رقم ۱ غیرشور	۱/۰±۴۶/۰۴^{a}	۱/۰±۹۹/۱۱^{b}	۲/۰±۲۴/۱۴^{b}	۱/۰±۷۷/۲۴^{b}	۱/۰±۹۹/۱۲^{b}	۲/۰±۲۴/۱۵^{b}	۰/۰±۲۱۷/۰۰۱^{bcd}	۰/۰±۲۶۴/۰۰۳^{e}	۷۲/۳±۹۱/۸۲^{a}
رقم ۲ غیرشور	۰/۰±۷۱/۰۴^{c}	۱/۰±۹۲/۰۲^{b}	۲/۰±۱۶/۰۳^{b}	۱/۰±۹/۰۲^{b}	۱/۰±۹۲/۰۲^{b}	۲/۰±۱۶/۰۲^{b}	۰/۰±۲۱۰/۰۰۱^{d}	۰/۰±۲۶۶/۰۰۳^{cde}	۵۴/۵±۴۲/۳۸^{ab}
رقم ۳ غیرشور	۱/۰±۳۵/۰۶^{a}	۲/۰±۵۱/۰۵^{a}	۲/۰±۸۷/۰۶^{a}	۲/۰±۵۲/۳۶^{a}	۲/۰±۵۱/۳۲^{a}	۲/۰±۸۷/۱۹^{a}	۰/۰±۲۱۶/۰۰۲^{cd}	۰/۰±۲۷۶/۰۰۲^{abc}	۶۰/۱±۳۹/۴۷^{ab}
رقم ۱ تیمارشوری۱	۱/۰±۵۰/۰۷^{a}	۲/۰±۱۴/۱۲^{b}	۲/۰±۴۲/۱۴^{b}	۲/۰±۱۲/۰۴^{ab}	۲/۰±۱۴/۰۳^{b}	۲/۰±۴۲/۰۴^{b}	۰/۰±۲۲۷/۰۰۳^{abc}	۰/۰±۲۶۸/۰۰۱^{cde}	۶۳/۵±۳۸/۷۴^{ab}
رقم ۲ تیمارشوری۱	۰/۰±۹۸/۰۳^{bc}	۲/۰±۰۱/۰۲^{b}	۲/۰±۲۶/۰۳^{b}	۱/۰±۹۴/۱۲^{b}	۲/۰±۰۱/۱^{b}	۲/۰±۲۶/۱۲^{b}	۰/۰±۲۱۱/۰۰۴^{d}	۰/۰±۲۷۹/۰۰۴^{ab}	۴۷/۴±۳۳/۶^{b}
رقم ۳ تیمارشوری۱	۱/۰±۵۷/۰۴^{a}	۲/۰±۰۶/۱۲^{b}	۲/۰±۳۲/۱۵^{b}	۲/۰±۰۱/۰۱^{b}	۲/۰±۰۶/۰۰۴^{b}	۲/۰±۳۲/۰۰۵^{b}	۰/۰±۲۳۶/۰۱^{a}	۰/۰±۲۷۲/۰۰۵^{bcde}	۶۵/۴±۱۸/۹۹^{ab}
رقم ۱ تیمارشوری۲	۱/۰±۴۶/۰۶^{a}	۲/۰±۰۵/۰۶^{b}	۲/۰±۳/۰۸^{b}	۲/۰±۰۱/۱۱^{b}	۲/۰±۰۵/۰۹^{b}	۲/۰±۳/۱۱^{b}	۰/۰±۲۲۹/۰۰۲^{ab}	۰/۰±۲۶۵/۰۰۵^{de}	۶۶/۳±۲۶/۲۹^{ab}
رقم ۲ تیمارشوری۲	۰/۰±۹۸/۰۰۹^{bc}	۱/۰±۹۵/۰۰۳^{b}	۲/۰±۱۹/۰۰۴^{b}	۱/۰±۹۵/۰۰۶^{b}	۱/۰±۹۵/۰۰۳^{b}	۲/۰±۱۹/۰۰۴^{b}	۰/۰±۲۱۸/۰۰۰۹^{bcd}	۰/۰±۲۸۶/۰۰۳^{a}	۶۸/۳±۳۵/۶۲^{ab}
رقم ۳ تیمارشوری۲	۱/۰±۰۵/۰۰۴^{b}	۱/۰±۹۴/۰۰۶^{b}	۲/۰±۱۹/۰۰۷^{b}	۱/۰±۸۵/۰۱^{b}	۱/۰±۹۴/۰۲^{b}	۲/۰±۱۹/۰۲^{b}	۰/۰±۲۱۴/۰۰۰۴^{d}	۰/۰±۲۷۶/۰۰۸^{abcd}	۶۰/۱±۵۸/۷^{ab}

جدول۲) اثر متقابل شوری و مایکوریزا بر خصوصیات مونوساکاریدی و پلی ساکاریدی پوسته و آندوسپرم بذر و درصد همزیستی مایکوریزا با ریشه گیاه پنبه

شوری * مایکوریزا	گلوکز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	گلوکز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	همزیستی مایکوریزایی (%)
غیرشور * بدون مایکوریزا	۱/۰±۰۵/۰۶^{b}	۱/۰±۸۲/۰۵^{c}	۲/۰±۰۴/۰۶^{c}	۱/۰±۶۴/۰۱۱^{c}	۱/۰±۸۲/۰۴^{c}	۲/۰±۰۴/۰۴c	۰/۰±۲۱۱۴/۰۰۱^{b}	۰/۰±۲۶۹۲/۰۰۷^{a}	±۹۳/۵۸ ۱/۹۱^{ab}
غیرشور * با مایکوریزا	۱/۰±۳/۱۷a^{b}	۲/۰±۴۶/۱۳۹^{a}	۲/۰±۸۱/۱۶^{a}	۲/۰±۴۸/۲۲^{a}	۲/۰±۴۶/۲^{a}	۲/۰±۸۱/۲۴a	۰/۰±۲۱۸۵/۰۰۱^{b}	۰/۰±۲۶۷۸/۰۰۳^{a}	۶۶/۴±۲۰/۴۸^{ab}
تیمارشوری۱* بدون مایکوریزا	۱/۰±۱۴/۰۳^{b}	۱/۰±۱۷/۰۳۷^{b}	۲/۰±۴۶/۰۳^{b}	۲/۰±۱۶/۰۳^{b}	۲/۰±۱۷/۰۳^{b}	۲/۰±۴۶/۰۳b	۰/۰±۲۱۴۱/۰۰۲^{b}	۰/۰±۲۷۱۴/۰۰۵^{a}	۵۰/۲±۹۱/۳۴^{b}
تیمارشوری۱* با مایکوریزا	۱/۰±۵۵/۱۶^{a}	۱/۰±۹۶/۱۳۷^{bc}	۲/۰±۲/۱۶^{bc}	۱/۰±۸۹/۰۵^{bc}	۱/۰±۹۶/۰۴^{bc}	۲/۰±۲/۰۵bc	۰/۰±۲۳۶۲/۰۰۷^{a}	۰/۰±۲۷۵۳/۰۰۳^{a}	۶۶/۴±۳۳/۹۴^{ab}
تیمارشوری۲* بدون مایکوریزا	۱/۰±۲۵/۱۱a^{b}	۲/۰±۰۶/۰۸۸^{bc}	۲/۰±۳۲/۱^{bc}	۲/۰±۱۶/۰۶^{b}	۲/۰±۰۶/۰۴^{bc}	۲/۰±۳۲/۰۵bc	۰/۰±۲۲۹۲/۰۰۳^{a}	۰/۰±۲۶۶۶/۰۰۶^{a}	۵۹/۲±۰۳/۵۷^{ab}
تیمارشوری۲* با مایکوریزا	۱/۰±۰۷/۰۴^{b}	۱/۰±۹۱/۰۳۶^{c}	۲/۰±۱۴/۰۴^{c}	۱/۰±۸۹/۰۳^{c}	۱/۰±۹۱/۰۱^{c}	۲/۰±۱۴/۰۲c	۰/۰±۲۱۷۸/۰۰۱^{b}	۰/۰±۲۷۴۴/۰۰۴^{a}	۷۱/۲±۰۹/۲۹^{a}

صفات مورفولوژیکی بذر: ارزیابی تعداد بذر در برچه ارقام مختلف حاکی از آن است که کمترین تعداد بذر در برچه رقم G_3 در شرایط شوری زیاد دیده شد که نسبت به سایر ارقام در همین شرایط معنی‌دار بود (جدول۴). ارقام مختلف پنبه در دو وضعیت استفاده از مایکوریزا و عدم استفاده از مایکوریزا نشان دادند که بیشترین تعداد بذر در برچه در رقم G_2 در عدم تلقیح مایکوریزا دیده شد که نسبت به رقم G_3 در همین وضعیت معنی‌دار بود (جدول۶).

نتایج حاصل از اثرمتقابل شوری و رقم نشان داد که بیشترین وزن بذر در رقم G_3 و در شرایط غیر شور وجود داشته که نسبت به سایر رقم‌ها در تمامی شرایط معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی تاثیر شوری و مایکوریزا بر وزن بذر مبین آن است که بیشترین وزن بذر در عدم تلقیح مایکوریزا و در شرایط غیرشور و کمترین وزن بذر در شرایط شوری متوسط و غیرمایکوریزا مشاهده شد که از نظر آماری نسبت به غیرشور معنی‌دار بود (جدول ۵). وزن بذر در رقم G_3 تلقیح شده با مایکوریزا بیشترین بود که نسبت به عدم استفاده از مایکوریزا و سایر ارقام معنی‌دار بود. کمترین وزن بذر در رقم G_1 تلقیح شده با مایکوریزا دیده شد (جدول ۶).

مطالعه برهمکنش شوری و رقم بیانگر آن است که بیشترین وزن الیاف، در رقم G_3 و در شرایط غیرشور دیده شد که نسبت به سایر ارقام در این شرایط معنی‌دار بود. کمترین وزن الیاف در رقم G_2 در شوری متوسط دیده شد که نسبت به رقم G_1 در همین شرایط معنی دار بود (جدول۴). اثرمتقابل شوری و مایکوریزا نشان داد که بیشترین وزن الیاف در گیاهان تلقیح نشده با مایکوریزا و در شرایط غیرشور دیده شد. وزن الیاف در گیاهان تلقیح نشده در شوری متوسط کاهش معنی‌داری داشت (جدول۵). بیشترین و کمترین وزن الیاف در رقم G_3 و G_2 تلقیح شده با مایکوریزا مشاهده شدند که از لحاظ آماری باهم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول۶).

بیشترین وزن کاسبرگ در رقم G_3 در شرایط غیرشور مشاهده شد که نسبت به سایر ارقام در این شرایط معنی‌دار بود. کمترین وزن کاسبرگ در رقم G_2 در شوری متوسط دیده شد که نسبت به سایر ارقام در همین شرایط معنی‌دار نبود (جدول ۴). بیشترین وزن کاسبرگ در رقم G_3 تلقیح شده با مایکوریزا بدست آمد که نسبت به شرایط عدم تلقیح مایکوریزا معنی‌دار بود (جدول۶).

صفات فیزیکی بذر

بیشترین طول بذر در رقم G_3 در شرایط غیرشور دیده شد که از نظر آماری نسبت به شوری زیاد معنی‌دار بود. اثر شوری بر ارقام مختلف پنبه حاکی از آن است که بیشترین قطر بذر در رقم G_2 در شوری زیاد دیده شد که نسبت به رقم G_3 در همین شرایط که کمترین قطر بذر را دارد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین طول بذر در وضعیت عدم استفاده از مایکوریزا و در شرایط غیرشور دیده شد.

جدول۳) اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر خصوصیات مونوساکاریدی و پلی ساکاریدی پوسته و آندوسپرم بذر و درصد همزیستی مایکوریزا با ریشه گیاه پنبه

رقم * مایکوریزا	گلوکز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز پوسته بذر ($mgg^{-1}dw$)	گلوکز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	گزیلوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	رامنوز آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته پوسته بذر($mgg^{-1}dw$)	نشاسته آندوسپرم بذر($mgg^{-1}dw$)	همزیستی مایکوریزایی (%)
رقم۱ بدون مایکوریزا	۱/۰±۳۱/۰۸^{bc}	۲/۰±۰۶/۰۶^{b}	۲/۰±۳۳/۰۷^{b}	۱/۰±۹۳/۱۷^{b}	۲/۰±۰۶/۲۳^{b}	۲/۰±۳۳/۱۰^{b}	۰/۰±۲۲۳۲/۰۰۳^{ab}	۰/۰±۲۶۴۷/۰۰۲^{c}	۶۳/۳±۲۴/۰۷^{ab}
رقم۲ بدون مایکوریزا	۰/۰±۹۷/۰۴^{de}	۲/۰±۰۵/۰۳^{b}	۲/۰±۳۱/۰۳^{b}	۲/۰±۱۳/۰۵^{ab}	۲/۰±۰۵/۰۴^{b}	۲/۰±۳۱/۰۵^{b}	۰/۰±۲۱۰۳/۰۰۲^{c}	۰/۰±۲۶۸۸/۰۰۰۷^{c}	۴۸/۲±۷۲/۸۳^{b}
رقم۳ بدون مایکوریزا	۱/۰±۱۷/۰۳^{cd}	۱/۰±۹۴/۰۲^{b}	۲/۰±۱۹/۰۳^{b}	۱/۰±۸۸/۰۵^{b}	۱/۹۴ ۰±/۰۴^{b}	۲/۰±۱۹/۰۴^{b}	۰/۰±۲۱۳۰/۰۰۱^{bc}	۰/۰±۲۷۹۰/۰۰۳^{ab}	۵۶/۲±۹۲/۲۳^{ab}
رقم۱ با مایکوریزا	۱/۰±۶۴/۰۹^{a}	۲/۰±۰۶/۰۷^{b}	۲/۰±۳۲/۰۹^{b}	۲/۰±۰۰/۰۷a^{b}	۲/۰±۰۶/۰۶^{b}	۲/۳۲ ۰±/۰۷^{b}	۰/۰±۲۲۶۴/۰۰۲^{a}	۰/۰±۲۶۷۴/۰۰۲^{c}	۷۱/۳±۷۸/۸۴^{a}
رقم۲ با مایکوریزا	۰/۰±۸۱/۰۴^{e}	۱/۰±۸۷/۰۳^{b}	۲/۰±۱۰/۰۴^{b}	۱/۰±۸۲/۰۴^{b}	۱/۰±۸۷/۰۳^{b}	۲/۱۰ ۰±/۰۳^{b}	۰/۰±۲۱۴۳/۰۰۲^{bc}	۰/۰±۲۸۰۳/۰۰۳^{a}	۶۴/۴±۶۷/۶۱^{ab}
رقم۳ با مایکوریزا	۱/۰±۴۸/۱۲^{ab}	۲/۰±۴۰/۱۰ ^{a}	۲/۰±۷۳/۱۲^{a}	۲/۰±۳۶/۲۴^{a}	۲/۰±۴۰/۲۱^{a}	۲/۷۳ ۰±/۰۲^{a}	۰/۰±۲۳۱۸/۰۰۷^{a}	۰/۰±۲۷۰۷/۰۰۳^{bc}	۶۷/۳±۱۷/۷۵^{a}

جدول۴) اثر متقابل رقم و شوری بر خصوصیات مورفولوژیکی بذر، کاسبرگ، ریشه و الیاف گیاه پنبه

رقم * شوری	تعداد بذر در برچه	وزن بذر (g)	وزن الیاف (g)	وزن کاسبرگ (g)	طول بذر (mm)	قطر بذر (mm)	حجم ریشه(cm^{-3})	طول ریشه (cm)
رقم ۱ غیرشور	۴/۰±۸/۴۱^{ab}	۱/۰±۵۳/۲۶^{b}	۰/۰±۹۱/۰۰۰۵^{bc}	۰/۰±۹۳/۰۰۰۳^{c}	۷/۰±۵۳/۰۰۰۵^{b}	۴/۰±۵۱/۰۸۳^{abcd}	۵/۰±۰/۵۷^{d}	۴۶/۲±۵/۰۵^{abc}
رقم ۲ غیرشور	۵/۰±۲/۸۸^{a}	۱/۰±۷۲/۳۴^{b}	۱/۰±۰۴/۰۰۱^{bc}	۱/۰±۰۴/۰۰۰۵^{c}	۸/۰±۸/۰۰۰۸a^{b}	۵/۰±۲۵/۱۶^{ab}	۹/۱±۸۳/۲۳^{a}	۴۱/۴±۷۵/۶۹^{bc}
رقم ۳ غیرشور	۵/۰±۱۱/۵۳^{a}	۲/۰±۶۸/۲۴^{a}	۱/۰±۶۷/۰۰۱^{a}	۲/۰±۲/۰۰۱^{a}	۹/۰±۲۸/۰۰۱۲^{a}	۵/۰±۱۸/۱۰۸^{abc}	۷/۰±۸۳/۷^{abc}	۳۷/۷±۵۸/۲۴^{c}
رقم ۱ تیمارشوری۱	۵/۰±۹۳/۴۱^{a}	۱/۰±۴۷/۱۳^{b}	۱/۰±۲۷/۰۰۰۸^{ab}	۱/۰±۳۱/۰۰۰۹b^{c}	۷/۰±۶۳/۰۰۱^{b}	۴/۰±۳۵/۰۹۸^{cd}	۵/۰±۵/۲۲^{cd}	۵۳/۳±۰۰/۵۱^{ab}
رقم ۲ تیمارشوری۱	۵/۰±۳۲/۳۸^{a}	۱/۰±۳۸/۰۹^{b}	۰/۰±۶۷/۰۰۰۲^{c}	۰/۰±۸۴/۰۰۰۵^{c}	۸/۰±۳۵/۰۰۱۵^{ab}	۴/۰±۸۵/۰۶۵^{abcd}	۸/۰±۵/۷۱^{a}	۴۳/۲±۲۵/۸۶^{bc}
رقم ۳ تیمارشوری۱	۴/۰±۵۵/۹۸^{ab}	۱/۰±۴۳/۲۷^{b}	۰/۰±۹۷/۰۰۱^{bc}	۱/۰±۰۶/۰۰۰۴^{bc}	۸/۰±۰۶/۰۰۱۸^{ab}	۴/۰±۵/۱۹۹^{bcd}	۷/۰±۸۳/۹۴^{abc}	۵۸/۶±۴۱/۹۰^{a}
رقم ۱ تیمارشوری۲	۵/۰±۶۶/۲۰^{a}	۱/۰±۳۶/۱۳^{b}	۱/۰±۱۵/۰۰۰۶^{b}	۱/۰±۲/۰۰۰۶^{bc}	۷/۰±۷۳/۰۰۰۹^{ab}	۴/۰±۵/۱۲۲^{abcd}	۶/۰±۰۰/۴۴^{bcd}	۵۰/۱±۴۱/۸۰^{ab}
رقم ۲ تیمارشوری۲	۵/۰±۴۱/۲۱^{a}	۱/۰±۶۳/۲۲^{b}	۰/۰±۹/۰۰۰۶^{bc}	۱/۰±۲۱/۰۰۰۵^{bc}	۸/۰±۶۳/۰۰۰۲^{ab}	۵/۰±۳۶/۰۸۱^{a}	۸/۱±۱۶/۳۵^{ab}	۴۵/۱±۹۱/۸۵a^{bc}
رقم ۳ تیمارشوری۲	۳/۰±۲۷/۲۴^{b}	۱/۰±۶۹/۱۲^{b}	۱/۰±۰۰۵/۰۰۰۴^{bc}	۱/۰±۶/۰۰۱^{b}	۷/۰±۵۲/۰۰۱۲^{b}	۴/۰±۱۱/۱۱^{d}	۴/۰±۸۳/۹۱^{d}	۴۳/۴±۲۵/۹۶^{bc}

جدول۵) اثر متقابل شوری و مایکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیکی بذر، کاسبرگ، ریشه و الیاف گیاه پنبه

شوری * مایکوریزا	تعداد بذر در برچه	وزن بذر (g)	وزن الیاف (g)	وزن کاسبرگ (g)	طول بذر (mm)	قطر بذر (mm)	حجم ریشه(cm^{-3})	طول ریشه (cm)
غیرشور * بدون مایکوریزا	۵/۰±۵۰/۴۲^{ab}	۲/۰±۰۵/۲۲^{a}	۱/۰±۳۲/۲۰^{a}	۱/۰±۲۹/۲۲^{a}	۸/۰±۶۶/۳^{a}	۵/۰±۰۰/۱۷^{a}	۶/۰±۶۶/۹۲^{ab}	۳۸/۵±۷۲/۰۶^{b}
غیرشور * با مایکوریزا	۴/۰±۵۸/۵۴^{ab}	۱/۰±۹۱/۳۴^{a}	۱/۰±۰۹/۱۸^{ab}	۱/۰±۴۹/۲۹^{a}	۸/۰±۴۱/۲۷^{ab}	۴/۰±۹۶/۱۳^{a}	۸/۰±۴۴/۹۵^{a}	۴۵/۲±۱۶/۷۹^{ab}
تیمارشوری۱* بدون مایکوریزا	۴/۰±۶۳/۶۱^{ab}	۱/۰±۲۵/۱۴^{b}	۰/۰±۸۶/۱۲^{b}	۱/۰±۰۳/۰۷^{a}	۷/۰±۶۵/۱۷^{ab}	۴/۰±۴۷/۱۷^{a}	۷/۰±۴۴/۷۸^{ab}	۵۲/۵±۳۸/۰۷^{a}
تیمارشوری۱* با مایکوریزا	۵/۰±۹۰/۳۶^{a}	۱/۰±۶۱/۱۱^{ab}	۱/۰±۰۸/۱۵^{ab}	۱/۰±۱۱/۱۵a	۸/۰±۳۷/۲۴^{ab}	۴/۰±۶۵/۱۴^{a}	۷/۰±۱۱/۶۳^{ab}	۵۰/۳±۷۲/۴۹^{a}
تیمارشوری۲* بدون مایکوریزا	۴/۰±۴۴/۳۵^{ab}	۱/۰±۴۸/۰۴^{ab}	۱/۰±۰۰/۰۸^{ab}	۱/۰±۱۸/۱۰^{a}	۷/۰±۳۲/۲۵^{b}	۴/۰±۳۷/۱۱^{a}	۵/۰±۸۸/۸۴^{b}	۵۰/۱±۸۳/۹۲^{a}
تیمارشوری۲* با مایکوریزا	۵/۰±۱۲/۲۹^{ab}	۱/۰±۶۴/۱۸^{ab}	۱/۰±۰۴/۰۹^{ab}	۱/۰±۵/۱۷^{a}	۸/۰±۶۰/۲۲^{a}	۴/۰±۹۶/۱۸^{a}	۶/۰±۷۷/۹۵^{ab}	۴۲/۲±۲۲/۶۲^{ab}

جدول۶) اثر متقابل رقم و مایکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیکی بذر، کاسبرگ، ریشه و الیاف گیاه پنبه

رقم * مایکوریزا	تعداد بذر در برچه	وزن بذر (g)	وزن الیاف (g)	وزن کاسبرگ (g)	طول بذر (mm)	قطر بذر (mm)	حجم ریشه(cm^{-3})	طول ریشه (cm)
رقم۱ بدون مایکوریزا	۵/۰±۴۳/۲۷^{a}	۱/۰±۶۱/۱۵^{b}	۱/۰±۰۷/۰۹^{ab}	۱/۰±۰۹/۱^{b}	۷/۰±۴۴/۰۸^{b}	۴/۰±۴۲/۰۸^{b}	۵/۰±۴۴/۵۰^{c}	۴۹/۲±۸۳/۶۶^{a}
رقم۲ بدون مایکوریزا	۵/۰±۶۳/۴۴^{a}	۱/۰±۶۵/۱۹^{b}	۱/۰±۰۶/۱۷^{ab}	۱/۰±۰۸/۰۵^{b}	۸/۰±۶۱/۲۱^{ab}	۵/۰±۲۱/۰۸^{a}	۷/۱±۶۶/۰۵^{b}	۴۲/۲±۰۵/۷۸^{a}
رقم۳ بدون مایکوریزا	۳/۰±۵۱/۵۶^{b}	۱/۰±۵۳/۲۷^{b}	۱/۰±۰۵/۲۳^{ab}	۱/۰±۳۳/۲۲^{b}	۷/۰±۵۸/۳۱^{b}	۴/۰±۲۲/۱۷^{c}	۶/۰±۸۸/۸۰^{bc}	۵۰/۷±۰۵/۰۰^{a}
رقم۱ با مایکوریزا	۵/۰±۵۰/۳۷^{a}	۱/۰±۳۰/۱۲^{b}	۱/۰±۱۴/۱۲^{a}	۱/۰±۲۰/۱۲^{b}	۷/۰±۸۲/۱۴^{ab}	۴/۰±۵۱/۰۹^{abc}	۵/۰±۵۵/۱۷^{c}	۵۰/۱±۱۱/۷۰^{a}
رقم۲ با مایکوریزا	۵/۰±۰۰/۴۹^{a}	۱/۰±۵۱/۲۱^{b}	۰/۰±۶۸/۱^{b}	۰/۰±۹۸/۱۲^{b}	۸/۰±۵۷/۱۵^{ab}	۵/۰±۱۰/۱۱^{ab}	۱۰/۰±۰۰/۵۵^{a}	۴۵/۲±۲۲/۵۱^{a}
رقم۳ با مایکوریزا	۵/۰±۱۱/۴۹^{a}	۲/۰±۳۴/۲۰^{a}	۱/۰±۳۸/۰۱^{a}	۱/۰±۹۱/۲۷^{a}	۸/۰±۹۹/۲۴^{a}	۴/۰±۹۷/۱۵^{ab}	۶/۰±۷۷/۸۷^{bc}	۴۲/۴±۷۷/۳۴^{a}

کمترین طول بذر در شرایط شوری زیاد در وضعیت عدم استفاده از مـایکوریزا مشـاهده شـد کـه از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول۵). بیشترین طول بذر در رقم G_3 تلقیح با مایکوریزا دیده شد که نسبت به وضعیت عدم استفاده از مایکوریزا معنی‌دار بود. کمترین طول بذر در رقم G_1 با عدم تلقیح مـایکوریزا بود که نسبت به این رقم در حضور مایکوریزا معنی‌دار نبود. بیشترین قطر بذر در رقم G_2 در عدم حضور مایکوریزا دیده شد که نسبت به سایر ارقام در این شرایط معنی دار بود. کمترین قطر بذر در رقم G_3 در عدم حضور مایکوریزا مشاهده شد که نظر آماری معنی دار بود (جدول۶).

خصوصیات ریشه: حجم ریشه در ارقام مختلف پنبه و شوری‌های متفاوت بیانگر آن است که بیشترین حجم ریشه در رقم G_2 در شرایط غیرشور دیده شد که نسبت به رقم G_1 در این شـرایط معنـی‌دار بـود. کمترین حجم ریشه در رقم G_3 در شرایط شوری زیاد دیده شد که نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول۴). مقایسه میانگین شوری و مایکوریزا نشان دهنده آن است که بیشترین حجم ریشه در حضور مایکوریزا و در شرایط غیرشور می‌باشد. کمترین حجم ریشه مربوط به عـدم اسـتفاده از مـایکوریزا و در شوری زیاد می‌باشد (جدول۵). از بررسی اثر متقابل مایکوریزا در رقم ایـن طـور اسـتنباط می‌شـود کـه بیشترین حجم ریشه را رقم G_2 تلقیح شده با مایکوریزا داشت که نسبت به سایر تیمارها معنـی‌دار بـود (جدول۶).

مطالعه طول ریشه مبین آن است که بیشترین طول ریشه در رقم G_3 در شـوری متوسـط بـود کـه نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود. همچنین کمترین طول ریشه مربوط به رقم G_3 در شرایط غیرشور می‌باشد که نسبت به شوری متوسط معنی‌دار بود (جدول۴). ارزیابی طول ریشه در حضور و عدم حضور مایکوریزا در شوری‌های مختلف نشان داد که بیشترین طول ریشه در عدم حضور مایکوریزا و در شوری متوسط بود که نسبت به محیط غیرشور معنی‌دار بود (جدول۵).

بحث

در پژوهش حاضر بررسی اثر متقابل شوری و رقم نشـان داد کـه مقـدار کربوهیـدرات‌ها بـا افـزایش شوری کاهش یافته است و فقط نشاسته آندوسپرم بذر افزایش یافته است. در شوری متوسط، افزایشـی در بعضی کربوهیدرات‌ها مانند گلوکز و نشاسته پوسته بذر دیده شد. میزان حساسیت ارقام مختلـف بـه افزایش شوری، متفاوت بود به طوری که کمترین آن در رقم G_1 و بیشترین آن در رقم G_3 مشاهده شد. بالیبره و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند انتقال ساکارز از برگ بـه ریشـه تحـت تـنش شـوری منجـر بـه انباشت کربوهیدرات در بافت برگ می‌شود. قند محلول و ساکارز در برگ کولتیوارهـای مقـاوم در برابـر نمک نسبتاً ثابت‌اند، اما در گونه‌های حساس به نمک افزایش می‌یابد (پاتانـاگول و تـی تـی ساکسـاکول، ۲۰۰۸). اسلوینسکی (۲۰۱۱) به این نتیجه رسید که اندامک‌های سلولی برگ و بذر به‌واسـطه قنـدهای

هگزوز با تغییر دیواره سلولی و نشت سلولی به تعدیل تنش کمک می‌کنند. در این مطالعه محتوای قندهای محلول کاهش یافت در حالی که در میزان نشاسته افزایش دیده شد که نشان دهنده واکنش گیاه در انباشت قندهای ذخیره‌ای در پاسخ به تنش شوری می‌باشد.

بررسی اثر متقابل مایکوریزا در رقم نیز نشان داد که حضور مایکوریزا در محیط خاک و اطراف ریشه موجبات افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در ارقام مختلف مورد مطالعه را فراهم کرده است. این افزایش در بین ارقام مختلف متغیر بوده و رقم G_3 وضعیت بهتری را نسبت به ارقام G_1 و G_2 نشان داده است. افزایش تجمع قندهای محلول شامل مونوساکاریدها و دی ساکاریدها در گیاهان تحت تأثیر با شوری دیده شد و انباشت این قندها در همزیستی با مایکوریزا افزایش یافت. در *Thymus vulgaris*، حسینی (۲۰۱۰) مشاهده کرده است که افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها باعث تحمل افزایش غلظت شوری شده و از این طریق باعث محافظت از متابولیسم در برابر چنین شرایطی می‌شود. علاوه بر این، انباشت کربوهیدرات‌ها در شرایط تنش، با حفظ ساختار غشاء و کاهش تشکیل ROS، تحمل به تنش افزایش می دهد (مسعود و همکاران، ۲۰۱۳ ؛ آهنگر و همکاران، ۲۰۱۴). مایکوریزا با کسب کربوهیدرات بیشتر، به ذخیره بالاتر در ریشه میزبان کمک می کند. همچنین مایکوریزا سبب می‌شود گیاه به طور بالقوه به نمک متحمل شود (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲). در پژوهش حاضر نیز بررسی اثر متقابل شوری و مایکوریزا نشان داد که در شرایط مختلف شوری در حضور مایکوریزا، میزان کربوهیدرات‌ها بیشتر از تیمارهای فاقد مایکوریزا می‌باشد. از طرفی حتی در حضور مایکوریزا هم با افزایش شوری، میزان کربوهیدرات‌ها کاهش یافته است. اگرچه در شوری متوسط افزایشی در گلوکز و نشاسته پوسته بذر دیده می‌شود.

هنگامی که شوری آب آبیاری افزایش می‌یابد به علت تجمع املاح در محیط ریشه و جذب کمتر آب و مواد غذایی توسط گیاه عملکرد، کاهش می‌یابد. زیرا رشد گیاه در ارتباط نزدیک با شوری خاک و در منطقه‌ای از ریشه می‌باشد که حداکثر جذب آب در آن ناحیه اتفاق می‌افتد. همچنین در شرایط شوری، گیاه انرژی زیادتری را صرف جذب آب و مواد غذایی می‌نماید. اگر مدت زمان قرار گرفتن در شرایط تنش طولانی باشد و یا در مراحل حساس گیاه، تنش روی دهد، باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود(دهقانی و همکاران، ۲۰۱۳). در این مطالعه با افزایش شوری کاهش بسیاری از پارامترهای رشد در ارقام مختلف دیده شد و فقط در شوری متوسط، طول ریشه افزایش یافته است. کاهش پارامترهای رشد در رقم G_3 نسبت به سایر ارقام مشهود است. در آزمایشی که روی سه رقم پنبه Sarvottam (*G. herbaceum*) ، Laxmi (*G. hirsutum*) و *G.arboretum* در محیط شوری کم (کمتر از ۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر)، متوسط (۷/۶۷-۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر)، زیاد (۱۴/۶-۷/۶۷ دسی‌زیمنس بر متر) انجام گرفت با افزایش شوری، تمام پارامترهای رشد و عملکرد کاهش یافت (اوما و پاتیل،

۱۹۹۶). آبیاری با آب شور باعث کاهش تعداد دانه در غوزه، عملکرد پنبه دانه و طـول الیـاف شـد(بابو و همکاران،۱۹۸۷).

دهقانی و همکاران (۲۰۱۳) همچنین دریافتند هرچه شوری آب آبیاری زیـاد شـد، شـیب کـاهش عملکرد بیشتر شد. تعداد غوزه نیز در بوته کاهش یافت که احتمالاً به دلیـل عـدم تـأمین مـواد غـذایی کافی برای گیاه است. آنها اظهار داشتند گیاه برای ادامه بقاء و دوام زندگی رو به رشد خـود مجبـور بـه ریزش غوزه‌ها در هر بوته شده است و مشاهده کردند اندازه غوزه‌ها کـوچکتر شـده و در نتیجـه وزن ده غوزه کاهش یافته است. ضمناً در ارقام مختلف پنبه در شوری‌های مختلف تفاوت عملکرد مشاهده شـد که می‌تواند مرتبط با ژنوتیپ گیاه، شـرایط رشـد و عوامـل محیطـی باشـد. نتـایج حاصـل از تحقیقـات محققین دیگر نیز حاکی از آن است که شوری به طور کلی سبب کاهش رشد ریشه مـی شـود(زونگ و لائوچلی،۱۹۹۳). اما برخی یافته‌ها نشان دهنده افزایش رشد ریشـه در شـوری بـا غلظـت پـایین اسـت به‌طوری که یافته‌های گورهام (۱۹۹۶) افزایش رشد با غلظـت کمـی از نمک‌هـا را نشـان داد و ایـن بـا یافته‌های حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. یافته‌های صالح و حلیم (۱۹۸۵) نیز نشان می‌دهـد کـه شوری کم با تأمین مواد مغذی مطلوب، عملکرد پنبه دانه را افزایش می‌دهد.

در این تحقیق تغییرات اکثر پارامترهای رشد در حضور یا عدم حضور مایکوریزا بـا افـزایش شـوری تفاوتی را نشان نداد. بررسی اثر متقابل مایکوریزا در رقم نشان داد که حضور مایکوریزا در محیط خـاک و اطراف ریشه موجبات افزایش پارامترهای رشد در ارقام مختلف مورد مطالعه را فراهم کرده است. ایـن افزایش در بین ارقام مختلف متغیر بوده و رقم G_3 وضعیت بهتری را نسبت به ارقام G_1 و G_2 نشـان داده است. لیو و همکاران (۲۰۱۶) نیز به این نتیجـه رسـیدند کـه فتوسـنتز *Lycium barbarum* L. شـدیداً توسط مایکوریزا تحت تنش شوری متوسط تقویت شده است که پس از آن رشـد گیـاه را بـا تأکیـد بـر گسترش ریشه افزایش می‌دهد. توسعه ریشه به نوبه خود، جذب آب را بـرای کـاهش آسـیب پـذیری از تنش شوری حفظ می‌کند. تلفیق شدن گیاه با مایکوریزا می‌تواند تحمل بـه شـوری را از طریـق تنظـیم هورمونی و تعادل اسمزی افزایش دهد. اثر مثبت مایکوریزا بر رشد گیـاه تحـت تـنش شـوری بـه طـور گسترده ای پذیرفته شده است (چندراسکاران و همکاران، ۲۰۱۴) و این در نتایج حاصل از این پژوهش کاملاً مشهود بوده و با یافته‌های سایر محققین همسو می باشد.

اگرچه درصد همزیستی با مایکوریزا در ارقام مورد بررسی در تیمارهای مختلف، تفـاوت معنـی‌داری را نشان نداد ولی بر طبق تحقیقات چاندراسکاران و همکـاران (۲۰۱۴) مـایکوریزا آربوسـکولار بـه طـور مؤثری در افزایش تحمل به نمک میزبان نقش دارد. مکانیسم‌های مورد استفاده مایکوریزا بـرای کـاهش تنش نمک شامل افزایش مصرف مواد مغذی (گارج و پانـدی، ۲۰۱۵)، متعـادل کـردن یـون هوموسـتاز (استرادا و همکاران، ۲۰۱۳)، بهبود سیستم‌های آنتی اکسیدان (اولین و کاپور،۲۰۱۴)، افـزایش قابلیـت

فتوسنتز (شنگ و همکاران، ۲۰۰۸) و افزایش تنظیم اسمزی در گیاهان (آروکا و همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که حضور مایکوریزا در محیط خاک و اطراف ریشه سبب افزایش میزان کربوهیدرات‌ها و پارامترهای رشد در ارقام مختلف پنبه شد. اگرچه با افزایش شوری میزان آنها کاهش یافته است ولی این کاهش در تیمارهای دارای مایکوریزا کمتر از تیمارهای فاقد مایکوریزا بوده است.

نتیجه‌گیری نهایی

در این پژوهش با افزایش شوری مقدارکربوهیدرات‌ها کاهش یافته است و فقط نشاسته آندوسپرم بذر افزایش یافته است. در شوری متوسط افزایشی در بعضی کربوهیدرات‌ها مانند گلوکز و نشاسته پوسته بذر دیده شد. به عبارت دیگر ارقام مختلف پنبه مورد مطالعه جهت مقابله با اثرات زیان آور نمک، کربوهیدرات‌ها را به شکل نشاسته ذخیره نموده‌اند. از طرفی با افزایش شوری، کاهش بسیاری از پارامترهای رشد در ارقام مختلف دیده می‌شود و فقط در شوری متوسط، طول ریشه افزایش یافته است و این نشان دهنده آن است که گیاه جهت مقابله با سمیت نمک شروع به کاهش پارامترهای رشدی نموده است. در شرایط مختلف شوری، اگرچه درصد همزیستی با مایکوریزا در ارقام مختلف تفاوتی را نشان نمی‌دهد ولی در حضور مایکوریزا، میزان کربوهیدرات‌ها بیشتر از تیمارهای فاقد مایکوریزا می‌باشد و نشان دهنده اثر مثبت مایکوریزا در بهبود وضعیت گیاه در مقابله با شرایط شور می‌باشد. میزان حساسیت ارقام مختلف به افزایش شوری متفاوت است به طوری که رقم G_1، متحمل ترین و رقم G_3، حساس‌ترین رقم به شوری بود بنابراین در این شرایط خاک، کشت رقم G_1 نسبت به سایر ارقام به خصوص در حضور مایکوریزا پیشنهاد می‌گردد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مؤسسه تحقیقات پنبه کشور که با ما همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

Ahanger, M.A., Hashem, A., Abd_Allah, E.F. and Ahmad, P. 2014. Arbuscular Mycorrhiza in Crop Improvement under Environmental Stress. In: P. Ahmad (Ed): Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance. 2: 69-95.

Aroca, R., Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J.M. 2007. How does arbuscular mycorrhizal symbiosis regulate root hydraulic properties and plasma membrane aquaporins in

Phaseolus vulgaris under drought, cold or salinity stresses? New Phytologist. 173: 808–816.

Babu, V.R., Prasad, S.M. , and Rao, D.S.K. 1987. Evaluation of cotton genotypes for tolerance to saline water irrigation. Indian Journal Agronomy. 32: 229-231.

Balibrea, M.E., Dell'Amico, J., Bolarín, M.C. and Pérez-Alfocea, F. 2000. Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. Physiologia Plantarum. 110(4): 503–511.

Chandrasekaran, M., Boughattas, S., Hu, S., Oh, S.H., and Sa, T. 2014. A meta analysis of arbuscular mycorrhizal effects on plants grown under salt stress. Mycorrhiza. 24: 611–625.

Chen, B.D., Liu, H., Shen., X. L. Li., and Christie, P. 2004. Uptake of cadmium from an experimentally contaminated calcareous soil by arbuscular mycorrhizal maize (*Zea mays* L.). Mycorrhiza. 14: 347-354.

Chen, W., Z., Hou, L., WU, Y., Liang, and Way, C. 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant soil. 326: 61-73.

Dehghani, M., Jaafar Aghayee, M. and Mohammadi Kia, S. 2013. Effect of irrigation water salinity on yield and component yield in three cotton genotype in Esphehan. Journal of Water Research in Agriculture. 27(4): 601-610.(In Persian)

Dong, H., Li, W., Tang, W. and Zhang, D. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. Field Crops Research. 111: 269-275.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. Anal of Chemistry. 28: 350–356.

Estrada, B., Aroca, R., Maathuis, F.J., Barea, J.M., and Ruiz-Lozano, J.M. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi native from a Mediterranean saline area enhance maize tolerance to salinity through improved ion homeostasis. Plant Cell and Environment. 36: 1771–1782.

Evelin, H. and Kapoor, R. 2014. Arbuscular mycorrhizal symbiosis modulates antioxidant response in salt–stressed Trigonella foenum–graecum plants. Mycorrhiza. 24: 197-208.

Feng, G. Zhang, F.S. Li, Xl. Tian, C.Y. Tang, C. and Rengel, Z. 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.

Garg, N. and Pandey, R. 2015. Effectiveness of native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake and ion homeostasis in salt– stressed *Cajanus cajan* L.(Millsp.) genotypes. Mycorrhiza. 25: 165–180.

Ghazi, A.K., Michael, B., and Zak, J. 2004. Field response of Wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.

Gorham, J. 1996. Mechanisms of Salt Tolerance of Halophytes. In: Halophytes and Biosaline Agriculture, Redouane, C.A., C.V. Malcolm and A. Hamdy (Eds.). Marcel Dekker Inc. New York :31-53.

Hezhong, D. 2012. Technology and field management for controlling soil salinity effects on cotton. Australian Journal of Crop Science. 6: 333-341.

Hoseini, S.M. 2010. Studying effects of salinity stress on germination, proline and carbohydrate content in Thyme (*Thymus vulgaris* L.) seedlings. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2: 34-38.

Liu, H.G., Wang, Y.J., Hart, M., Chen, H. and Tang, M. 2016. Arbuscular mycorrhizal symbiosis regulates hormone and osmotic equilibrium of *Lycium barbarum* L. under salt stress. Mycosphere. 7(6): 828–843.

Masood, A., Iqbal, N., Asgher, M., Khan, M.I.R., Fatma, M. and Khan, N.A. 2013. Variation in carbohydrate accumulation in two cultivars of mustard and its association with salt tolerance. Journal of Functional and Environtal Botany. 3: 94-102.

Moing, A., Maucourt, M., Renaud, C., Gaudillere, M., Brouquisse, R., Lebouteiller, B., Gousset-Dupont , A., Vidal, J., Granot, D., Denoyes-Rothan, B., Lerceteau-Kohler, E., and Rolin, D. 2004. Quantitative metabolic profiling by 1-dimensional 1H-NMR analyses: application to plant genetics and functional genomics. Functional Plant Biology. 31: 889-902.

Olesniewicz, K.S. and Thomas, R.B. 1999. Effects of mycorrhizal colonization on biomass production and nitrogen fixation of black locust (*Robinia pseudoacacia*) seedlings grown under elevated atmospheric carbon dioxide. New Phytologist. 142: 133–140.

Pattanagul, W. and Thitisaksakul, M. 2008. Effect of salinity stress on growth and carbohydrate metabolism in three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity tolerance. Indian Journal of Experimental Biology. 46(10): 736–742.

Peng, J., Liu, J., Zhang, L., Luo, J., Dong, H., Ma, Y., Zhao, X., Chen, B., Sui, N. , Zhou, Z., and Meng, Y. 2016. Effects of Soil Salinity on Sucrose Metabolism in Cotton Leaves. PLoS One: 11(5): e0156241.

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

Salih, H.M. and Halim, R.K.A. 1985. Effects of levels of two dominant salt types in Iraq on some components of cotton yield (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Agriculture Water Resources Research. 4: 1-14.

Shahid, S.A., Zaman, M., Heng, L. 2018. Soil Salinity: Historical Perspectives and a World Overview of the Problem. Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques: 43-53.

Shashidhar, H.E., Henry, A., and Hardy, B. 2012. Methodologies for Root Drought Studies in Rice. Los Baños: International Rice Research Institute.

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.

Slewinski, T.L. 2011. Diverse Functional Roles of Monosaccharide Transporters and their Homologs in Vascular Plants: A Physiological Perspective. Molecular Plant. 4:641–662.

Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic, Cambridge Google Scholar.

Uma, M.S. and Patil, B.C. 1996. Inter-species variation in the performance of cotton under soil salinity stress. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 9: 73-77.

Zhang, D., Li, W., Xin, C., Tang, W., Eneji, A.E. and Dong, H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. Field Crops Research. 138: 63-70.

Zhong, H. and Lauchli, A. 1993. Spatial and temporal aspects of growth in the primary root of cotton seedlings effects of NaCl and $CaCl_2$. Journal of Experimental Botany. 44: 763-771.