تأثیر تلقیح با ریزوبیوم و میکوریزا بر واکنش سه توده یونجه به تنش شوری

انیسه اشرفی، مرتضی زاهدی* و جمشید رزمجو[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۱۳)

چکیده

این آزمایش گلدانی با هدف بررسی تأثیر تلقیح سه توده یونجه با ریزوبیوم و میکوریزا تحت تنش شوری به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. در این آزمایش سه رقم رهنانی، همدانی و بمی در چهار سطح شوری (۲۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار تیمار تلقیح (شاهد، میکوریزا، ریزوبیوم و میکوریزا + ریزوبیوم) ارزیابی شدند. در اثر شوری ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درصد آغشتگی میکوریزایی ریشه، تعداد و وزن گره و هم‌چنین سطح کل، سطح ویژه، قطر و طول تجمعی ریشه گیاهان یونجه کاهش یافت. بیشترین مقادیر این صفات به‌ترتیب در تیمار تلقیح دو جانبه میکوریزا+ریزوبیوم، تلقیح با میکوریزا، تلقیح با ریزوبیوم و تیمار شاهد به‌دست آمد. درصد آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره نیز در تیمار تلقیح دو جانبه بیشترین بود. میزان تأثیر مثبت تلقیح گیاهان بر رشد ریشه بیشتر از تأثیر آنها بر رشد اندام هوایی هوائی بود. میزان تأثیر تلقیح گیاهان با میکوریزا بیشتر از میزان تأثیر تلقیح با ریزوبیوم بود. رقم رهنانی در مقایسه با ارقام همدانی و بمی نسبت به تنش شوری متحمل‌تر بود. میزان کاهش وزن خشک گیاه در شرایط شور در تیمار تلقیح نشده نسبت به تیمارهای تلقیح شده بیشتر بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تلقیح دو جانبه گیاهان با ریزوبیوم و میکوریزا موجب هم‌افزائی اثرات این دو میکروارگانیسم در بهبود رشد گیاه یونجه می‌شود، با این حال تلقیح دو جانبه نسبت به تلقیح گیاهان با میکوریزا و یا ریزوبیوم به تنهائی مزیت قابل ملاحظه‌ای از نظر تعدیل آثار شوری نداشت.

واژه‌های کلیدی: یونجه، تنش شوری، میکوریزا، ریزوبیوم، تلقیح دو جانبه

۱. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

شور شدن خاک یکی از عوامل مهم در کاهش تولید محصولات زراعی بالاخص در نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشد. در این نواحی محدودیت بارندگی و تبخیر زیاد باعث افزایش تجمع نمک در خاک می‌شود (۲۹). در ایران با توجه به این‌که بخش زیادی از مساحت کشور در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده است، شوری یک معضل بزرگ در کشاورزی است (۲۴). انواع نمک‌ها قادر به ایجاد شوری هستند، با این وجود، کلرید سدیم شایع‌ترین و مخرب‌ترین نمک در زمین‌های کشاورزی است (۲۹).

یونجه مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای است که از نظر عملکرد و کیفیت بالا و سازگاری وسیع به شرایط آب و هوایی دارای اهمیت می‌باشد. علوفه این گیاه به خاطر پروتئین زیاد و برخورداری از مواد معدنی قابل توجه و دارا بودن انواع ویتامین‌ها به‌خصوص ویتامین A، نقش مهمی در جیره غذایی دام دارد (۱۶). اگرچه لگوم‌ها به شوری حساسیت بیشتری نسبت به گیاهان دیگر دارند، ولی در بین گونه‌ها و ارقام مختلف این گیاهان از این نظر تنوع وجود دارد (۲۵). بین ارقام یونجه نیز از نظر تحمل به شوری تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.

استفاده از منابع بیولوژیک در کشاورزی نه تنها دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه از جنبه زیست محیطی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (۲۰). از جمله روش‌های کاهش اثرات زیان‌بار شوری استفاده از میکروارگانیسم‌های همزیست است (۱۲). قارچ‌های میکوریزا قادرند با غالب گونه‌های گیاهی همزیستی داشته باشند. همزیستی این قارچ‌ها با گیاهان نقش بسزائی در حاصل‌خیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (۲۳). از جمله مهم‌ترین نقش‌های قارچ‌های میکوریزا افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، افزایش مقاومت گیاه میزبان به تنش‌های محیطی، آفات و بیماری‌ها و فلزات سنگین، بهبود ساختمان خاک، کاهش اثر سوء مواد شیمیایی و هم‌چنین تأثیر مثبت بر فعالیت دیگر میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری ریزوبیوم می‌باشد (۳۳).

گزارش‌های متعددی در رابطه با تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا در بهبود رشد گیاهان و افزایش تحمل آنها به تنش شوری وجود دارد (۳ و ۴). در مطالعه الکراری (۱) ژنوتیپ‌های گندم تلقیح شده با قارچ میکوریزا از رشد بالاتری برخوردار بودند که این مزیت به اثر مثبت این قارچ در جذب فسفر از خاک نسبت داده شد. در آزمایش بای و همکاران (۵) گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به گیاهان تلقیح نشده ذرت میزان ریشه بیشتری تولید کردند. افزایش رشد گیاهان اسطوخودوس، کاهو، گوجه‌فرنگی، پیاز و فلفل تلقیح شده با قارچ میکوریز در شرایط تنش شوری نیز گزارش شده است (۵، ۲۱ و ۲۲). در مطالعه هیرل و گردمان (۱۲) تلقیح قارچ‌های میکوریز باعث کاهش پتانسیل اسمزی گوجه‌فرنگی و افزایش مقاومت آن به شوری گردید. آزکون و اترچ (۴) گزارش نمودند که هر دو فاکتورکوددهی فسفر و همزیستی میکوریزی عملکرد یونجه را در شوری معادل ۱۳/۸ دسی زیمنس بر متر افزایش دادند ولی در سطوح بالاتر شوری فقط تأثیر قارچ میکوریزا در تعدیل شوری قابل ملاحظه بود. قارچ میکوریزا هم‌چنین از طریق افزایش تبادل گاز دی اکسید کربن، هدایت روزنه‌ای و راندمان مصرف آب باعث افزایش مقاومت به شوری گیاه می‌شود (۲۲).

استفاده از کود شیمیایی اوره علاوه بر هزینه بالا، به‌دلیل حلالیت زیاد آن از کارایی پایینی برخوردار است و بخش قابل ملاحظه‌ای از آن به آب‌های زیرزمینی وارد شده و یا تبدیل به اکسیدهای گازی نیتروژن سلامت انسان و محیط زیست را به مخاطره می‌اندازد (۴). از جمله راهکارهای پیشگیری از این مشکلات استفاده از فرآیند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است (۱۷). یونجه قادر است در شرایط مطلوب زراعی از طریق همزیستی با باکتری ریزوبیوم سالیانه تا بیش از ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را تثبیت نماید. با این حال، عوامل متعددی مانند نوع گیاه، قدرت تثبیت کنندگی باکتری، مقدار عناصر غذایی در خاک، اسیدیته خاک، عوامل محیطی از جمله شوری

و حضور دیگر میکروارگانیسم‌ها بر میزان تثبیت ازت اثر می‌گذارند (۹).

در اثر شوری کاهش رشد تارهای کشنده در یونجه باعث کاهش ترشحات موسیلاژ در ریزوسفر شده و نهایتاً از میزان جذب، نفوذ و تشکیل غده‌ها توسط باکتری ریزوبیوم کاسته شود (۲۷). گرچه باکتری ریزوبیوم در یونجه قادر است غلظت زیادی از نمک را تحمل کند. اما شوری خود عامل محدود کننده‌ای برای رشد گیاه و نهایتاً همزیستی بین باکتری و گیاه است (۲۷). بسیاری از لگوم ها به‌طور همزمان با باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا همزیستی دارند و تلقیح توام آنها با هر دو میکروارگانیسم، می‌تواند باعث دسترسی بیشتر گیاه به فسفر شده و میزان گره زایی و تثبیت ازت را افزایش دهد (۲۶). آزمایشاتی در این زمینه روی گیاهان یونجه، شبدر زیرزمینی و نخود انجام شده است که نتایج مثبتی به همراه داشته است. اگر چه عدم تأثیر افزاینده تلقیح تلفیقی دو میکروارگانیسم بر رشد گیاه نیز گزارش شده است (۱۴ و ۲۶).

در رابطه با تأثیر تلقیح تلفیقی باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا بر واکنش ارقام یونجه به تنش شوری اطلاعات اندکی وجود دارد، لذا این تحقیق با هدف مطالعه تأثیر همزیستی باکتری ریزوبیوم، قارچ میکوریزا و اثر برهمکنش آنها بر ویژگی‌های رویشی سه رقم یونجه تحت تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ در محوطه باز دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. در این آزمایش سه توده یونجه شامل رهنانی، همدانی و بمی در چهار تیمار شوری (۲۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار نمک NaCl) و چهار تیمار تلقیح (شاهد، میکوریزا، ریزوبیوم و میکوریزا +ریزوبیوم) مورد ارزیابی قرار گرفتند. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ ثبت شده است.

نمونه‌های قارچ آربوسکولار وزیکولار میکوریزا گونه *Glomus mosseae* و باکتری *Sinorhizobium meliloti* مورد استفاده در این آزمایش از مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی تهیه شد.

آماده‌سازی خاک

جهت آماده‌سازی خاک گلدان‌ها حدود ۱۵۰۰ کیلوگرم خاک از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه شد. خاک تهیه شده ابتدا در هوای آزاد خشک گردید و سپس از الک ۵ میلی‌متری عبور داده شد. به منظور حذف قارچ‌ها و باکتری‌های بومی نمونه خاک در دستگاه اتوکلاو در حرارت مرطوب در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، فشار ۲ اتمسفر و به‌مدت ۲ ساعت استریل شد.

تهیه و آماده سازی گلدان‌ها

این آزمایش با استفاده از گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر با ظرفیت ۸ کیلوگرم خاک انجام شد. گلدان‌ها و وسایل دیگر قبل از استفاده با محلول ۳۵ درصد هیپوکلریت سدیم تجاری ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو شدند. جهت ایجاد شرایط زه‌کشی مناسب، کف هر گلدان مقداری سنگریزه ریخته شد و سپس به هر گلدان حدود ۸ کیلوگرم خاک استریل اضافه شد.

تلقیح خاک با قارچ میکوریزا

به منظور تلقیح خاک از ماده تلقیح قارچ میکوریزا گونه *Glomus mosseae* که شامل مخلوطی از خاک، ریسه، اسپور و سایر اندامک‌های تکثیری قارچ می‌باشد، استفاده شد. بدین منظور در هر گلدان، مقدار ۳۵ گرم از ماده تلقیح به‌صورت لایه‌ای در عمق ۳ سانتی‌متری خاک گلدان (حدود ۲ سانتی‌متر زیر بذور) قرار داده شد. جهت حصول یکنواختی، مقدار ۳۵ گرم از مخلوط ماده تلقیح گونه قارچ، پس از استریل کردن به گلدان‌های شاهد اضافه شد. سپس لایه نازکی از خاک بر روی مخلوط ماده تلقیح ریخته و سپس بذرهای به‌صورت یکنواخت در

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت خاک	فسفر	پتاسیم	pH	نیتروژن کل	کربن آلی	EC
	(میلی گرم بر کیلوگرم)			(%)	(%)	(dS m^{-1})
لوم رسی	۱۷	۲۶۵	۷/۵	۰/۰۴۵	۰/۸۱	۱/۷

سطح خاک گلدان قرار داده شده و با یک لایه یک سانتی‌متری از خاک پوشانده شدند.

تلقیح بذر یونجه با باکتری ریزوبیوم

بدین منظور ابتدا کلیه بذور مورد استفاده در آزمایش با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی شدند. سپس بذور مورد استفاده در تیمار تلقیح با باکتری به‌مدت یک دقیقه در محلول *Sinorhizobium meliloti* حاوی باکتری ریزوبیوم همزیست یونجه خیسانده شدند و پس از آن بذور تیمار شده را از محلول خارج نموده و در سایه قرار داده شدند تا رطوبت آنها به حد رطوبت اولیه خود برسد. در هر گلدان ابتدا تعداد ۱۵ عدد بذر در عمق ۱ سانتی‌متری خاک کاشته شد و پس از یک هفته تعداد ۷ گیاه یکدست انتخاب و بقیه بوته‌ها حذف شدند.

نحوه اعمال تیمارهای شوری

تیمارهای شوری حدود ۴ هفته پس از کاشت اعمال شدند. برای جلوگیری از وارد شدن شوک اسمزی به گیاهان، میزان نمک در نظر گرفته شده برای هر تیمار شوری به‌تدریج و طی سه مرحله به آب آبیاری اضافه شد. در طول دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک با استفاده از روش وزنی انجام شد. برای جلوگیری از تجمع نمک در خاک گلدان در هر دور آبیاری مقداری آب اضافی در نظر گرفته شد.

برداشت گیاهان و صفات اندازه‌گیری شده

برداشت گیاهان حدود ۶۰ روز پس از کاشت در مرحله گلدهی انجام شد. قبل از برداشت ارتفاع گیاهان اندازه‌گیری شد و سپس قسمت‌های هوایی گیاهان از سطح خاک و از ناحیه طوقه برداشت گردید. برای جداسازی ریشه‌ها از خاک و اندازه‌گیری صفات مورد نظر در ریشه، قبل از برداشت تمامی گلدان‌ها آبیاری شده و در حالتی‌که رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه رسید خاک داخل گلدان‌ها خارج گردید. خاک محتوی ریشه گیاهان بر روی الک ریخته و شسته شد و ریشه‌های عاری از خاک جمع‌آوری شد.

ویژگی‌های کمی ریشه شامل سطح کل، طول کل و قطر نمونه ریشه‌ها با استفاده از اسکنر کامپیوتری با وضوح ۴۰۰ dpi (Epson Stylus TX410) و نرم‌افزار دلتا تی اسکن (Delta T-scan) اندازه‌گیری شد. برای این منظور ریشه‌های نمونه‌گیری شده را بر روی سینی‌های شیشه‌ای مخصوص پهن کرده تا از هم باز شوند و همپوشانی نداشته باشند. برای رسیدن به این هدف سینی‌ها تا عمق ۴-۲ میلی‌متر از آب پر شده و بر روی اسکنر منتقل و تصویربرداری انجام شد. از آنجایی‌که در این روش بیشینه تراکم طولی ریشه نباید بیشتر از ۵ میلی‌متر در هر میلی‌مترمربع تصویر باشد، ریشه‌های متراکم ابتدا تکه تکه شده و سپس بررسی شدند. وزن خشک اندام هوایی و ریشه پس از قرار دادن نمونه‌ها گیاهی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان با استفاده از اسکنر کامپیوتری با وضوح ۴۰۰ dpi (Epson Stylus TX410) و نرم‌افزار دلتا تی اسکن انجام شد. پس از شستشوی ریشه با آب، ۳ گیاه به‌طور تصادفی از گیاهان هر گلدان جدا کرده، گره‌های صورتی رنگ ریشه‌های گیاهان جدا شده شمارش گردیده و وزن آنها اندازه‌گیری شد.

تعیین درصد آغشتگی میکوریزایی (درصد کلنیزاسیون)

برای تعیین درصد آغشتگی میکوریزایی، قسمتی از ریشه تازه

جدول ۲. تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، شاخص‌های کمی رشد و خصوصیات کمی ریشه سه توده یونجه در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم و چهار سطح شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	سطح برگ	سطح ویژه برگ	نسبت وزن برگ	سطح کل ریشه	سطح ویژه ریشه	قطر ریشه	طول تجمعی ریشه
				میانگین مربعات					
تکرار	۲	۱/۰۳ ns	۲/۱ ns	۱/۲ ns	۱/۸ ns	۱/۵ns	۱/۷ ns	۲ ns	۱/۹ ns
رقم	۲	۹۳۴۰/۵**	۳۵۳/۳**	۲۱۱/۷**	۲۲۶/۶**	۱۶۳/۷**	۱۶۹**	۱۸۸/۱**	۱۹۵/۵**
تیمار تلقیح	۳	۴۹۹۴/۷**	۷۱۰/۷**	۶۳۰/۲**	۳۳۲/۱**	۳۵۶/۹**	۳۴۳/۹**	۳۷۶/۹**	۳۴۳/۹**
شوری	۳	۱۶۶۳۲/۳**	۴۴۵۱/۷**	۴۶۰۲/۹**	۳۱۹/۱**	۲۹۷۶/۴**	۲۱۲۶/۲**	۲۰۳۶/۹**	۲۱۲۶/۲**
رقم× تیمار	۶	۲/۴**	۳/۴**	۰/۷ ns	۰/۷ns	۰/۱ ns	۰/۷ ns	۰/۳ ns	۰/۱ ns
رقم× شوری	۶	۳۱/۶**	۲۰/۱**	۵/۲۳**	۱۰/۴**	۲/۷*	۲/۹*	۲/۶*	۳*
تیمار× شوری	۹	۲۲/۱**	۱۵/۶**	۲/۵۶**	۲/۲*	۰/۹ *	۰/۷ *	۰/۶ *	۰/۷ *
رقم× تیمار× شوری	۱۸	۶/۱**	۳/۵**	۰/۶۷ ns	۰/۷۳ ns	۰/۱ ns	۰/۱ ns	۰/۴ ns	۰/۱ ns
خطا	۹۴	۱/۴	۲/۹	۱/۸	۲/۱	۲/۳	۲/۱	۲/۴	۲/۵

* و **: به‌ترتیب نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند. ns: نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

گیاهان به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شده (حدود ۰/۲ گرم) و پس از شستشوی کامل با آب به اندازه‌های یک سانتی‌متری قطع و جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌هاشسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به‌مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند (۲۱). جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن (۲۱) استفاده گردید. پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، برای تعیین میزان همزیستی قارچ میکوریز با ریشه‌ها از روش جیبووانی و موس (۹) استفاده شد.

محاسبات آماری

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر شوری بر کلیه صفات مورد اندازه‌گیری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری ارتفاع، سطح برگ، سطح برگ ویژه، نسبت وزن برگ، سطح کل ریشه، سطح ویژه ریشه، قطر ریشه، طول تجمعی ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درصد آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره کاهش یافت (جداول ۳ و ۵). سطح شاهد بیشترین و سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری کمترین میزان این صفات را به خود اختصاص دادند. از بین صفات مرتبط با ریشه کمترین کاهش به قطر ریشه (۳۵ درصد) و بیشترین آن به طول تجمعی ریشه (۶۵ درصد) تعلق داشت. وزن خشک اندام هوایی در سطوح شوری ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار شاهد

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، سطح برگ (میلی‌مترمربع در بوته)، سطح ویژه برگ (میلی‌مترمربع بر گرم)، نسبت وزن برگ (گرم بر گرم)، سطح کل ریشه (میلی‌مترمربع در بوته)، سطح ویژه ریشه (میلی‌مترمربع بر گرم)، قطر ریشه (میلی‌متر) و طول تجمعی ریشه (میلی‌متر در بوته) در سه توده یونجه در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم و چهار سطح شوری.

منابع تغییر	ارتفاع بوته	سطح برگ	سطح ویژه برگ	نسبت وزن برگ	سطح کل ریشه	سطح ویژه ریشه	قطر ریشه	طول تجمعی ریشه
رقم								
رهنانی	۱۴/۸۳[a*]	۱۲۶۹۹[a]	۲۴۲۷۹[a]	۰/۴۸۵[a]	۹۰۶۶[a]	۱۳۳۱۶[a]	۱/۵۳[a]	۷۳۱۶[a]
همدانی	۱۲/۲۰[b]	۱۱۲۴۱[b]	۲۳۳۱۶[b]	۰/۴۷۵[b]	۸۳۴۱[b]	۱۲۵۷۲[b]	۱/۴۶[b]	۶۵۷۲[b]
بمی	۹/۳۰[c]	۱۱۰۴۱[c]	۲۲۹۱۶[c]	۰/۴۷۱[c]	۷۸۴۱[c]	۱۲۰۷۲[c]	۱/۴۰[c]	۵۹۷۲[c]
تیمار تلقیح								
شاهد	۹/۰۹[d]	۱۰۰۱۶[d]	۲۱۹۱۲[d]	۰/۴۶۶[d]	۷۲۰۰[d]	۱۱۴۵۰[d]	۱/۳۴[d]	۵۴۱۶[d]
ریزوبیوم	۱۱/۷۷[c]	۱۰۹۷۵[c]	۲۲۹۷۹[c]	۰/۴۷۳[c]	۸۰۰۸[c]	۱۲۲۵۸[c]	۱/۴۲[c]	۶۲۲۵[c]
میکوریزا	۱۲/۹۱[b]	۱۲۲۳۵[b]	۲۳۹۳۳[b]	۰/۴۸۱[b]	۸۸۱۶[b]	۱۳۰۶۶[b]	۱/۵۱[b]	۷۰۳۳[b]
ریزوبیوم+میکوریزا	۱۴/۶۶[a]	۱۳۴۱۶[a]	۲۵۱۹۱[a]	۰/۴۹۰[a]	۹۶۴۱[a]	۱۳۸۴۱[a]	۱/۵۹[a]	۷۸۰۸[a]
سطح شوری								
۰	۱۶/۳۲[a]	۱۴۹۹۱[a]	۲۶۸۴۱[a]	۰/۵۰۶[a]	۱۰۹۷۵[a]	۱۴۹۲۵[a]	۱/۶۹[a]	۸۸۹۱[a]
۶۰	۱۴/۳۳[b]	۱۳۹۷۶[b]	۲۵۹۵۴[b]	۰/۴۹۸[b]	۱۰۲۵۰[b]	۱۴۲۵۰[b]	۱/۶۲[b]	۸۲۱۶[b]
۱۲۰	۱۱/۲۵[c]	۱۰۹۴۱[c]	۲۲۷۰۴[c]	۰/۴۶۸[c]	۸۲۲۵[c]	۱۲۲۲۵[c]	۱/۴۱[c]	۶۱۹۱[c]
۱۸۰	۶/۵۴[d]	۶۷۳۳[d]	۱۸۵۱۶[d]	۰/۴۳۸[d]	۴۲۱۶[d]	۹۲۱۶[d]	۱/۱۳[d]	۳۱۸۳[d]

در هر ستون و در هر عامل آزمایش میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. تجزیه واریانس وزن خشک اندام هوائی و ریشه، درصد آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره سه توده یونجه در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم و چهار سطح شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	آغشتگی میکوریزایی	تعداد گره	وزن گره
تکرار	۲	۲/۵ ns	۰/۹ ns	۷/۶ ns	۰/۸ ns	۰/۷ ns
رقم	۲	۸۶/۶**	۸۲/۸**	۴۸/۷**	۴۸۱/۷**	۵۵۸/۶**
تیمار تلقیح	۳	۱۷۸/۶**	۷۶/۱**	۲۳۲۵/۹**	۸۵۶۷**	۱۴۶۴۴/۸**
شوری	۳	۱۶۴۳/۱**	۶۵۸/۵**	۱۱۷/۱**	۱۶۱/۷**	۲۴۷/۵**
رقم× تیمار	۶	۰/۳ ns	۰/۲ ns	۱۶/۵**	۱۸۱/۷**	۲۳۵/۴**
رقم× شوری	۶	۶/۹**	۲/۵*	۰/۶ ns	۶/۱**	۸/۱**
تیمار× شوری	۹	۱/۴*	۱/۳*	۳۹***	۶۷/۶**	۱۰۷/۸**
رقم× تیمار× شوری	۱۸	۰/۴ ns	۰/۱ ns	۰/۲ ns	۳/۶**	۷/۹**
خطا	۹۴	۴/۷	۱/۵	۱۰/۲	۱/۵	۴/۹

* و **: به‌ترتیب نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند. ns: نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

به‌ترتیب ۲/۵، ۰/۲۵ و ۰/۵۱ درصد کاهش یافت. این مقادیر کاهشی برای وزن خشک ریشه ۲/۶، ۲۵/۸ و ۴۷ درصد بود. به عبارت دیگر رشد اندام هوایی در مقایسه با ریشه به نسبت بیشتری تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. کاهش رشد ماش، نخود، سویا، یونجه و شبدر زیرزمینی در اثر شوری گزارش شده است (۱۸).

تنش اسمزی ناشی از شوری آستانه فشار آماس لازم برای رشد سلول‌ها را افزایش داده و از این طریق منجر به کاهش اندازه سلول‌ها و سطح برگ می‌گردد (۱۳). کاهش رشد برگ، به‌دلیل کاهش اندازه و تعداد سلول‌ها، از طریق کاهش فتوسنتز موجب کاهش عملکرد می‌شود (۱۳ و ۱۹). به‌علاوه، کاهش فتوسنتز باعث محدودیت عرضه مواد فتوسنتزی به ریزوبیوم و میکوریزا همزیست شده و به تبع آن تعداد و وزن گره‌های تشکیل شده و میزان آغشتگی میکوریزایی کاهش می‌یابد (۱۴). چنانچه در این آزمایش تعداد و وزن گره و آغشتگی میکوریزایی در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار به‌ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۴۶ درصد کاهش یافت. تیس و همکاران (۳۱) نیز دریافتند که جدایه‌های سینوریزوبیوم در مواجهه با تنش آب و شوری که بازدارنده رشد گیاه میزبان هستند، قادر به تثبیت نیتروژن با ظرفیت کامل نیستند.

اثر تلقیح گیاهان با ریزوبیوم و میکوریزا بر کلیه صفات مورد بررسی در این ازمایش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقادیر مربوط به ارتفاع، سطح برگ، سطح برگ ویژه، نسبت وزن برگ، سطح کل ریشه، سطح ویژه ریشه، قطر ریشه، طول تجمعی ریشه (جدول ۳)، وزن خشک اندام هوایی و ریشه (جدول ۵) در تیمار تلقیح با میکوریزا +ریزوبیوم، و پس از آن در تیمارهای میکوریزا، ریزوبیوم و تیمار شاهد تلقیح نشده به‌دست آمد. درصد آغشتگی میکوریزایی ریشه نیز در تیمار میکوریزا + ریزوبیوم بیشتر از تیمار تلقیح با میکوریزا به تنهائی بود. هم‌چنین تعداد و وزن گره در تیمار میکوریزا+ریزوبیوم بیشتر از تیمار تلقیح با ریزوبیوم به تنهایی بود (جدول ۵). میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمارهای تلقیح با میکوریزا نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۴/۷ و ۱۷/۰ درصد و در تیمار تلقیح با ریزوبیوم نسبت به شاهد ۸/۸۲ و ۱۰/۶ درصد بود. به عبارت دیگر، میزان تأثیر مثبت تلقیح گیاهان با هر یک از این دو

جدول ۵. مقایسه میانگین های وزن خشک اندام هوائی و ریشه (گرم در بوته)، آغشتگی میکوریزایی (درصد)، تعداد و وزن (میلی‌گرم) گره در بوته سه توده یونجه در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم و چهار سطح شوری

منابع تغییر	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	آغشتگی میکوریزایی	تعداد گره	وزن گره
رقم					
رهنانی	۰/۸۱[a]	۰/۵۸[a]	۱۹/۲[a]	۵۳/۵[a]	۵۴/۹[a]
همدانی	۰/۷۵[b]	۰/۵۲[b]	۱۷/۲[b]	۴۶/۴[b]	۴۷/۳[b]
بمی	۰/۷۳[c]	۰/۴۹[c]	۱۴/۳[c]	۳۲/۳[c]	۳۶/۵[c]
تیمار تلقیح					
شاهد	۰/۶۸[d]	۰/۴۷[d]	-	-	-
ریزوبیوم	۰/۷۴[c]	۰/۵۲[c]	-	۷۳/۲[b]	۷۷/۷[b]
میکوریزا	۰/۷۸[b]	۰/۵۵[b]	۳۲/۳[b]	-	-
ریزوبیوم+میکوریزا	۰/۸۵[a]	۰/۵۸[a]	۳۵/۳[a]	۱۰۳/۲[a]	۱۰۷/۳[a]
سطح شوری					
۰	۰/۹۶[a]	۰/۶۶[a]	۲۰/۹[a]	۵۲[a]	۵۴/۱[a]
۶۰	۰/۹۱[b]	۰/۶۲[b]	۱۹/۵[b]	۴۷[b]	۵۰/۰[b]
۱۲۰	۰/۷۲[c]	۰/۴۹[c]	۱۶/۰[c]	۴۰[c]	۴۲/۵[c]
۱۸۰	۰/۴۷[d]	۰/۳۵[d]	۱۱/۰[d]	۳۵[d]	۳۸/۴[d]

در هر ستون و در هر عامل آزمایش میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

میکروارگانیسم بر رشد ریشه بیشتر از تأثیر آنها بر رشد اندام هوایی هوائی بود.

سابرامانیان و همکاران (۲۸) نیز گزارش کردند که وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان میکوریزایی شده ذرت تحت تنش خشکی افزایش یافت. ایشان حصول این نتیجه را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در ریشه‌ها نسبت دادند که موجب افزایش ظرفیت تنظیم اسمزی این گیاهان شده بود. وجود برهمکنش مثبت بین قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در سویا، شبدر، یونجه، بادام زمینی، دال عدس و نخود نیز گزارش شده است (۲، ۶ و۷). در مطالعه تاکور و همکاران (۳۰) بر لوبیای تلقیح شده با باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا، سطح برگ در گیاهانی که به‌طور دو جانبه تلقیح شده بودند ۹ درصد بیشتر از گیاهان تلقیح نشده بود.

تفاوت ارقام از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم رهنانی بیشترین و رقم بمی کمترین میزان ارتفاع، سطح برگ، سطح برگ ویژه، نسبت وزن برگ، سطح کل ریشه، سطح ویژه ریشه، قطر ریشه، طول تجمعی ریشه (جدول ۳)، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، میزان آغشتگی میکوریزایی ریشه، تعداد و وزن گره (جدول ۵) را به خود اختصاص دادند. ولی‌زاده و رحیم‌زاده خویی (۳۲) در بررسی پنج رقم یونجه در تبریز و کوچکی و همکاران (۱۵) در مقایسه ۱۲ رقم یونجه ایرانی و خارجی در مشهد، برتری ارقام قره یونجه و همدانی را نسبت به دیگر ارقام از نظر عملکرد علوفه خشک نشان دادند. در مطالعه بحرانی (۸) بر روی پنج رقم یونجه در اهواز، ارقام بمی و دیابلورد از لحاظ عملکرد علوفه خشک نسبت به دیگر ارقام برتری داشتند.

جدول ۶. اثر متقابل تیمار تلقیح و رقم بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، سطح برگ (میلی‌مترمربع در بوته) تعداد و وزن (میلی‌گرم) گره در بوته و آغشتگی میکوریزایی (درصد) سه توده یونجه در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم

تیمار تلقیح	رقم	ارتفاع بوته	سطح برگ	تعداد گره	وزن گره	آغشتگی میکوریزایی
شاهد	رهنانی	۱۱/۸۳[f]	۱۱۱۹۱[e]	-	-	-
	همدانی	۹/۰۸[h]	۹۵۲۹[g]	-	-	-
	بمی	۶/۳۷[j]	۹۳۲۹[g]	-	-	-
ریزوبیوم	رهنانی	۱۴/۵۸[d]	۱۲۲۱۶[c]	۸۶/۶۶[c]	۸۸/۹[c]	-
	همدانی	۱۱/۸۳[f]	۱۰۴۵۴[f]	۷۷/۷۹[d]	۷۸/۹[d]	-
	بمی	۸/۹۱[i]	۱۰۲۵۴[f]	۵۵/۴۱[f]	۶۵/۴[e]	
میکوریزا	رهنانی	۱۵/۵۸[b]	۱۳۱۷۱[b]	-	-	۳۶/۴۱[b]
	همدانی	۱۳/۰۸[e]	۱۱۸۶۶[d]	-	-	۳۲/۹۱[c]
	بمی	۱۰/۰۸[g]	۱۱۶۶۶[d]	-	-	۲۷/۶۶[e]
میکوریزا+ ریزوبیوم	رهنانی	۱۷/۳۳[a]	۱۴۲۱۶[a]	۱۲۷/۴۸[a]	۱۳۰/۹[a]	۴۰/۴۱[a]
	همدانی	۱۴/۸۳[c]	۱۳۱۱۶[b]	۱۰۸/۱۷[b]	۱۱۰/۴[b]	۳۵/۹۱[b]
	بمی	۱۱/۸۳[f]	۱۲۹۱۶[b]	۷۴/۱۶[e]	۸۰/۶[d]	۲۹/۶۶[d]

در هر ستون و در هر عامل آزمایش میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

اثر متقابل رقم و شوری بر کلیه صفات به استثنای صفت میزان آغشتگی میکوریزایی معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). رقم رهنانی در شرایط غیرشور بیشترین و رقم بمی در سطح شوری ۱۸۰ میلی‌مولار کمترین مقادیر مربوط به سطح کل، سطح ویژه، قطر و طول تجمعی ریشه، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن اندام هوایی و ریشه، تعداد و وزن گره را دارا بودند (جدول ۷). میانگین کاهش وزن خشک اندام هوایی در تیمارهای شور نسبت به شاهد در ارقام رهنانی، همدانی و بمی به‌ترتیب حدود ۲۳، ۲۹ و ۳۰ درصد بود. به عبارت دیگر تحمل رقم رهنانی در مقایسه با دو رقم دیگر نسبت به تنش شوری بیشتر بود. در حالی‌که از این نظر بین ارقام همدانی و بمی تفاوتی وجود نداشت. میانگین کاهش تعداد گره در تیمارهای شور نسبت به شاهد غیرشور در ارقام رهنانی، همدانی و بمی به‌ترتیب حدود ۱۲، ۱۸ و ۳۴ درصد و برای وزن گره به‌ترتیب ۱۱، ۲۰ و ۳۰ درصد بود. از این نظر نیز رقم رهنانی در مقایسه با دو رقم دیگر متحمل تر بود، با این تفاوت که میزان حساسیت رقم بمی نسبت به رقم همدانی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت ارقام در واکنش به شوری از نظر وزن خشک اندام هوایی با تفاوت ارقام از نظر تعداد و وزن گره کاملاً مشابه نبود. تحقیقات انجام شده بر روی گیاهان مختلف نیز نشان داده است که آستانه غلظت نمک برای بروز آثار سوء بسته به ژنوتیپ، مرحله رشد و وضعیت تغذیه‌ای گیاه متفاوت است (۱۰).

اثر متقابل رقم و تیمار بر ارتفاع بوته، سطح برگ (جدول ۲)، تعداد و وزن گره و درصد آغشتگی میکوریزایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقادیر مربوط به این صفات در تیمار ریزوبیوم+میکوریزا برای رقم رهنانی و کمترین مقادیر در تیمار شاهد برای رقم بمی به‌دست آمد (جدول ۶). میزان افزایش سطح برگ در ارقام رهنانی، همدانی و بمی در تیمار تلقیح با ریزوبیوم نسبت به شاهد تلقیح نشده به‌ترتیب ۹/۱۶، ۹/۷۱ و ۹/۹۲ درصد بود. این مقادیر

جدول ۷. اثر متقابل رقم و سطوح شوری بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، سطح برگ (میلی‌مترمربع در بوته)، سطح ویژه برگ (میلی‌مترمربع بر گرم)، نسبت وزن برگ (گرم بر گرم)، سطح کل ریشه (میلی‌مترمربع در بوته)، سطح ویژه ریشه (میلی‌مترمربع بر گرم)، قطر ریشه (میلی‌متر) و طول تجمعی ریشه (میلی‌متر در بوته)، وزن خشک اندام هوائی و ریشه (گرم در بوته)، تعداد و وزن (میلی‌گرم) گره در بوته سه توده یونجه در چهار سطح شوری

رقم	شوری	ارتفاع بوته	سطح برگ	سطح ویژه برگ	نسبت وزن برگ	سطح کل ریشه	سطح ویژه ریشه	قطر ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	تعداد گره	وزن گره
رهنانی	۰	۱۸/۸۳^{a}	۱۵۷۶۶^{a}	۲۷۳۴۱^{a}	۰/۵۱۱^{a}	۱۱۶۹۱^{a}	۱۵۶۹۱^{a}	۱/۷۸^{a}	۹۶۹۱^{a}	۰/۹۸^{a}	۰/۶۹^{a}	۵۸/۷۷^{a}	۵۹/۸^{a}
همدانی	۰	۱۶/۵۸^{c}	۱۴۷۰۴^{b}	۲۶۷۹۱^{b}	۰/۵۰۶^{b}	۱۰۸۶۶^{b}	۱۴۷۹۱^{b}	۱/۶۷^{b}	۸۷۹۱^{b}	۰/۹۶^{ab}	۰/۶۷^{a}	۵۳/۹۵^{bc}	۵۵/۵^{b}
بمی	۰	۱۳/۵۸^{e}	۱۴۵۰۴^{b}	۲۶۳۹۱^{c}	۰/۵۰۲^{c}	۱۰۳۶۶^{c}	۱۴۲۹۱^{c}	۱/۶۱^{c}	۸۱۹۱^{c}	۰/۹۴^{b}	۰/۶۴^{b}	۴۳/۵۸^{f}	۴۷/۰^{e}
رهنانی	۶۰	۱۷/۳۳^{b}	۱۴۷۲۱^{b}	۲۶۶۲۹^{bc}	۰/۵۰۴^{bc}	۱۰۸۶۶^{b}	۱۴۸۶۶^{b}	۱/۶۸^{b}	۸۸۶۶^{b}	۰/۹۵^{b}	۰/۶۶^{a}	۵۶/۲۰^{ab}	۵۷/۷^{a}
همدانی	۶۰	۱۴/۳۳^{d}	۱۳۷۰۰^{c}	۲۵۸۱۶^{d}	۰/۴۹۷^{d}	۱۰۱۹۱^{c}	۱۴۱۹۱^{c}	۱/۶۱^{c}	۸۱۹۱^{c}	۰/۹۱^{c}	۰/۶۱^{b}	۵۰/۳۳^{de}	۵۱/۷^{c}
بمی	۶۰	۱۱/۲۱^{g}	۱۳۵۰۰^{c}	۲۵۴۱۶^{e}	۰/۴۹۳^{e}	۹۶۹۱^{d}	۱۳۶۹۱^{d}	۱/۵۵^{d}	۷۵۹۱^{d}	۰/۸۹^{c}	۰/۵۸^{c}	۳۶/۵۸^{g}	۴۰/۳^{g}
رهنانی	۱۲۰	۱۳/۵۸^{e}	۱۱۷۹۱^{d}	۲۳۵۲۹^{f}	۰/۴۷۵^{f}	۸۶۴۱^{e}	۱۲۶۴۱^{e}	۱/۴۶^{e}	۶۶۴۱^{e}	۰/۷۷^{d}	۰/۵۶^{d}	۵۱/۳۳^{cd}	۵۲/۴^{c}
همدانی	۱۲۰	۱۱/۵۸^{f}	۱۰۶۱۶^{e}	۲۲۴۹۱^{g}	۰/۴۶۶^{g}	۸۲۶۶^{f}	۱۲۲۶۶^{f}	۱/۴۲^{f}	۶۲۶۶^{f}	۰/۷۰^{e}	۰/۴۷^{e}	۴۳/۸۳^{f}	۴۳/۰^{f}
بمی	۱۲۰	۸/۴۷^{i}	۱۰۴۱۵^{e}	۲۲۰۹۱^{h}	۰/۴۶۲^{h}	۷۷۶۶^{g}	۱۱۷۶۶^{g}	۱/۳۶^{g}	۵۶۶۶^{g}	۰/۶۸^{e}	۰/۴۴^{f}	۲۷/۵۸^{h}	۳۱/۶^{h}
رهنانی	۱۸۰	۹/۵۰^{h}	۸۵۱۶^{f}	۱۹۶۱۶^{i}	۰/۴۵۱^{i}	۵۰۶۶^{h}	۱۰۰۶۶^{h}	۱/۲۰^{h}	۴۰۶۶^{h}	۰/۵۵^{f}	۰/۴۰^{g}	۴۷/۸۳^{e}	۴۹/۳^{d}
همدانی	۱۸۰	۶/۳۰^{j}	۵۹۴۱^{g}	۱۸۱۶۶^{j}	۰/۴۳۳^{j}	۴۰۴۱^{i}	۹۰۴۱^{i}	۱/۱۲^{i}	۳۰۴۱^{i}	۰/۴۳^{g}	۰/۳۳^{h}	۳۷/۸۳^{g}	۳۸/۸^{g}
بمی	۱۸۰	۳/۷۰^{k}	۵۷۴۰^{g}	۱۷۷۶۶^{k}	۰/۴۲۹^{k}	۳۵۴۱^{j}	۸۵۴۱^{j}	۱/۰۶^{j}	۲۴۴۱^{j}	۰/۴۱^{g}	۰/۳۰^{i}	۲۱/۸۲^{i}	۲۷/۰^{i}

در هر ستون و در هر عامل آزمایش میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

افزایشی در تیمار تلقیح با میکوریزا نسبت به شاهد ۱۷,۷، ۲۴,۵ و ۲۵,۱ درصد و در تیمار میکوریزا+ریزوبیوم نسبت به شاهد ۲۷، ۳۷,۶ و ۳۸,۴ درصد بود. این نتایج نشان می دهد که اولاً میزان تأثیر مثبت تلقیح گیاهان با میکوریزا نسبت به ریزوبیوم بیشتر بود. ثانیاً، تفاوت بین ارقام از نظر واکنش به تلقیح با ریزوبیوم ناچیز ولی تفاوت بین ارقام در واکنش به تلقیح با میکوریزا قابل ملاحظه بود. به‌طوری‌که تأثیر مثبت میکوریزا بر رقم رهنانی از این نظر کمتر از ارقام همدانی و بمی بود.

میزان افزایش آغشتگی میکوریزایی در تیمار میکوریزا+ریزوبیوم نسبت به تیمار تلقیح با میکوریزا به تنهائی در رقم رهنانی (۱۱,۱ درصد) بیشتر از ارقام همدانی (۹,۱۲ درصد) و بمی (۷,۲۳ درصد) بود. میزان افزایش تعداد گره در بوته در تیمار ریزوبیوم + میکوریزا نسبت به تیمار تلقیح با ریزوبیوم به تنهائی در رقم رهنانی (۴۷,۱ درصد) بیشتر از ارقام همدانی (۳۹,۱ درصد) و بمی (۳۳,۸ درصد) بود. این میزان افزایش برای وزن هر گره در رقم رهنانی (۴۷,۲ درصد) نیز بیشتر از ارقام همدانی (۳۹,۹ درصد) و بمی (۲۳,۲ درصد) بود. این نتایج نشان می دهد که میزان هم افزائی تاثیر تلقیح دو جانبه با میکوریزا+ریزوبیوم بر آغشتگی میکوریزایی و تعداد و وزن گره در بوته به نوع ژنوتیب مورد مطالعه بستگی دارد.

اثر متقابل شوری و تیمار تلقیح برکلیه صفات معنی‌دار بود (جدول۲ و ۴). تیمار تلقیح با میکوریزا+ریزوبیوم در شرایط غیرشور بیشترین و تیمار شاهد تلقیح نشده در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار نمک کمترین مقادیر مربوط به ارتفاع، سطح برگ، سطح کل ریشه، سطح ویژه ریشه، قطر ریشه، طول تجمعی ریشه، وزن اندام هوایی و ریشه، آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره را به خود اختصاص دادند (جدول ۸). میانگین کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط شور نسبت به شاهد غیرشور در تیمار تلقیح نشده (۳۱,۵ درصد) نسبت به تیمارهای تلقیح با ریزوبیوم (۲۷,۷ درصد)، با میکوریزا (۲۵,۸ درصد) و با میکوریزا+ریزوبیوم (۲۵,۸ درصد) بیشتر بود. این نتایج بیانگر تعدیل اثرات شوری از طریق تلقیح گیاه با میکروارگانیسم‌های همزیست است، در عین حال، تلقیح دو جانبه میکوریزا+ریزوبیوم مزیتی از نظر تعدیل اثرات شوری نسبت به تلقیح گیاهان با هر یک از این میکروارگانیسم‌ها به تنهائی نداشته است.

میانگین کاهش آغشتگی میکوریزایی در شرایط شور نسبت به شاهد غیرشور در تیمار میکوریزا+ریزوبیوم (۲۵,۶ درصد) در مقایسه با تیمار میکوریزا به تنهائی (۲۷,۵ درصد) کمتر بود. در حالی‌که میزان کاهش تعداد گره و وزن گره در اثر شوری در تیمار تلقیح با ریزوبیوم (۱۶,۵ و ۱۴,۹ درصد) نسبت به تیمار میکوریزا+ریزوبیوم (۲۲,۶ و ۲۲,۵ درصد) کمتر بود. این نتایج نشان می‌دهد که تلقیح دو جانبه با میکوریزا+ریزوبیوم تأثیر مثبت بیشتری در تعدیل میزان تأثیر تنش شوری بر آغشتگی میکوریزایی نسبت به تلقیح با میکوریزا به تنهائی داشته است، در حالی‌که تلقیح گیاهان با ریزوبیوم به تنهایی در مقایسه با تلقیح دوجانبه گیاهان با ریزوبیوم و میکوریزا تأثیر مثبت بیشتری در تعدیل اثر تنش شوری بر تعداد گره و وزن گره داشته است.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش تولید ماده خشک یونجه از طریق تأثیر منفی شوری بر ارتفاع، سطح برگ، خصوصیات ریشه، درصد آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره کاهش یافت. بیشترین مقادیر این صفات به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح با میکوریزا+ریزوبیوم، تلقیح با میکوریزا، تلقیح با ریزوبیوم و تیمار شاهد به‌دست آمد. میزان تأثیر مثبت تلقیح گیاهان بر رشد ریشه بیشتر از تأثیر آنها بر رشد اندام هوایی هوائی بود. درصد آغشتگی میکوریزایی، تعداد و وزن گره نیز در تیمار تلقیح دو جانبه بیشترین بود. میزان هم افزائی تأثیر تلقیح دو جانبه با میکوریزا+ریزوبیوم بر آغشتگی میکوریزایی و تعداد و وزن گره در بوته به نوع ژنوتیب مورد مطالعه بستگی داشت. میزان تأثیر مثبت تلقیح گیاهان با میکوریزا نسبت به ریزوبیوم بیشتر بود.

جدول ۸. اثر متقابل تیمار تلقیح و سطوح شوری بر ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، سطح برگ (میلی‌مترمربع در بوته)، نسبت وزن برگ (گرم بر گرم)، سطح کل ریشه (میلی-مترمربع در بوته)، سطح ویژه ریشه (میلی‌مترمربع بر گرم)، قطر ریشه (میلی‌متر) و طول تجمعی ریشه (میلی‌متر در بوته)، وزن خشک اندام هوائی و ریشه (گرم در بوته)، آغشتگی میکوریزایی (درصد)، تعداد و وزن (میلی‌گرم) گره در بوته در چهار سطح تلقیح میکوریزا و ریزوبیوم و چهار سطح شوری

تیمار تلقیح	شوری	ارتفاع بوته	سطح برگ	نسبت وزن برگ	سطح کل ریشه	سطح ویژه ریشه	قطر ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	میکوریزایی آغشتگی	تعداد گره	وزن گره
شاهد	۰	۱۳/۲^{h}	۱۳۳۰۰^{f}	۰/۴۹۵^{d}	۹۷۶۶^{de}	۱۳۷۶۶^{de}	۱/۵۷^{de}	۷۷۳۲^{de}	۰/۸۹^{d}	۰/۶۲^{d}	-	-	-
	۶۰	۱۱/۵^{j}	۱۲۶۳۳^{g}	۰/۴۹۰^{e}	۸۹۶۶^{f}	۱۲۹۶۶^{f}	۱/۴۹^{f}	۶۹۳۰^{f}	۰/۸۴^{e}	۰/۵۷^{e}	-	-	-
	۱۲۰	۸/۰^{m}	۹۵۳۳^{j}	۰/۴۵۵^{i}	۶۹۳۳^{h}	۱۰۹۳۳^{h}	۱/۲۹^{h}	۴۹۰۰^{h}	۰/۶۱^{h}	۰/۴۲^{g}	-	-	-
	۱۸۰	۳/۷^{p}	۴۶۰۰^{n}	۰/۴۲۵^{m}	۳۱۳۳^{l}	۸۱۳۰^{l}	۱/۰۱^{l}	۲۱۰۰^{l}	۰/۳۷^{l}	۰/۲۷^{i}	-	-	-
ریزوبیوم	۰	۱۶/۰^{d}	۱۴۳۶۶^{d}	۰/۵۰۳^{c}	۱۰۵۶۶^{c}	۱۴۵۶۶^{c}	۱/۶۵^{c}	۸۵۳۳^{c}	۰/۹۴^{c}	۰/۶۶^{bc}	-	۸۳^{d}	۸۷^{d}
	۶۰	۱۴/۳^{f}	۱۳۶۳۳^{e}	۰/۴۹۳^{de}	۹۸۳۳^{d}	۱۳۸۳۳^{d}	۱/۵۸^{d}	۷۸۰۰^{d}	۰/۹۰^{d}	۰/۶۱^{d}	-	۷۷^{e}	۸۱^{e}
	۱۲۰	۱۱/۰^{k}	۱۰۴۰۰^{i}	۰/۴۶۴^{h}	۷۸۰۰^{g}	۱۱۸۰۰^{g}	۱/۳۷^{g}	۵۷۶۶^{g}	۰/۷۰^{g}	۰/۴۸^{f}	-	۶۹^{f}	۷۴^{f}
	۱۸۰	۵/۷^{o}	۵۵۰۰^{m}	۰/۴۳۴^{l}	۳۸۳۳^{k}	۸۸۳۲^{k}	۱/۰۸^{k}	۲۸۰۰^{k}	۰/۴۳^{k}	۰/۳۴^{h}	-	۶۲^{g}	۶۷^{g}
میکوریزا	۰	۱۷/۰^{b}	۱۵۵۶۶^{b}	۰/۵۱۰^{b}	۱۱۲۳۳^{b}	۱۵۲۳۳^{b}	۱/۷۲^{b}	۹۲۰۰^{b}	۰/۹۷^{b}	۰/۶۸^{ab}	۴۰^{b}	-	-
	۶۰	۱۵/۳^{e}	۱۴۴۰۶^{d}	۰/۵۰۱^{c}	۱۰۷۰۰^{c}	۱۴۷۰۰^{c}	۱/۶۶^{c}	۸۶۶۶^{c}	۰/۹۴^{c}	۰/۶۴^{cd}	۳۷^{c}	-	-
	۱۲۰	۱۲/۰^{i}	۱۱۲۳۳^{h}	۰/۴۷۱^{g}	۸۷۰۰^{f}	۱۲۷۰۰^{f}	۱/۴۶^{f}	۶۶۶۶^{f}	۰/۷۴^{f}	۰/۵۱^{f}	۳۰^{e}	-	-
	۱۸۰	۷/۲^{n}	۷۷۳۳^{l}	۰/۴۴۲^{k}	۴۶۳۳^{J}	۹۶۳۳^{j}	۱/۱۸^{j}	۳۶۰۰^{j}	۰/۴۹^{j}	۰/۳۷^{h}	۲۰^{g}	-	-
میکوریزا+ ریزوبیوم	۰	۱۹/۰^{a}	۱۶۷۳۳^{a}	۰/۵۱۸^{a}	۱۲۳۳۳^{a}	۱۶۱۳۳^{a}	۱/۸۲^{a}	۱۰۱۰۰^{a}	۱/۰۵^{a}	۰/۷۰^{a}	۴۳^{a}	۱۲۴^{a}	۱۲۹^{a}
	۶۰	۱۶/۳^{c}	۱۵۲۳۳^{c}	۰/۵۰۸^{b}	۱۱۵۰۰^{b}	۱۵۵۰۰^{b}	۱/۷۴^{b}	۹۴۶۶^{b}	۰/۹۹^{b}	۰/۶۷^{bc}	۴۰^{b}	۱۱۳^{b}	۱۱۸^{b}
	۱۲۰	۱۴/۰^{g}	۱۲۶۰۰^{g}	۰/۴۸۱^{f}	۹۴۶۶^{e}	۱۳۴۶۶^{e}	۱/۵۴^{e}	۷۴۳۳^{e}	۰/۸۲^{e}	۰/۵۶^{e}	۳۳^{d}	۹۴^{c}	۹۶^{c}
	۱۸۰	۹/۱^{l}	۹۱۰۰^{k}	۰/۴۵۱^{j}	۵۲۶۶^{i}	۱۰۲۶۶^{i}	۱/۲۵^{i}	۴۲۳۳^{i}	۰/۵۷^{i}	۰/۴۱^{g}	۲۳^{f}	۸۱^{d}	۸۶^{d}

در هر ستون و در هر عامل آزمایش میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تفاوت ارقام از نظر واکنش به تلقیح با میکوریزا نسبت به واکنش به تلقیح با ریزوبیوم بیشتر بود. میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در شرایط شور در تیمار عدم تلقیح نسبت به تیمارهای تلقیح شده بیشتر بود. نتایج این آزمایش نشان داد که تلقیح دو جانبه گیاهان با ریزوبیوم و میکوریزا تأثیر بیشتری در بهبود رشد یونجه در مقایسه با تلقیح با هر یک از این میکروارگانیسم‌ها به تنهائی داشت. با این حال تلقیح دو جانبه در مقایسه با دیگر تیمارهای تلقیح شده از نظر تعدیل اثرات شوری برتری قابل ملاحظه‌ای نداشت.

منابع مورد استفاده

1. Al-Karaki, G. N. 1998. Benefit, cost and water use efficiency of AM durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza*. 8: 41-45.
2. Antunes, P. M., D. Deaville and M. J. Goss. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with Bradyrhizobium japonicum and soybean. *Mycorrhiza*. Issue: Online first, Published online: 16 December 2005.
3. Azcón, G., C. de Aguilar, R. Azcón, and J. M. Barea. 1979. Endomycorrhizal fungi and Rhizobium as biological fertilizers for Medicago sativa in normal cultivation. *Nature*. 279: 325-336.
4. Azcon, R. and F. El-Atrach. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N2 fixation in *Medicago sativa* at four salinity levels. *Biology and Fertility of Soils* 24: 81-86.
5. Bai, C., X. He, H. Tang and L. Zhao. 2009. Soil spatial distribution of AMF, glomalin and soil enzymes under the canopy of *Astragalus adsurgens* Pall. In the Mu Us sandland, China. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 941-947.
6. Barea, J. M., R. Azcon and C. Azcon-Aguilar. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie Van Leeuwenhoek* 81: 343- 351.
7. Biro, B., K. Koves-pechy, I. Voros, T. Takacs, P. Eggenberger and R. J. Strasser. 2000. Interrelations between Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa in sterile, AMF-free or normal soil conditions. *Applied Soil Ecology* 15(12): 159-168.
8. Bohrani, J. 1990. Comparison between five alfalfa cultivars for dry weight and protein in Ahvaz province. *Journal of Agricultural Science* 13: 84-92. (In Farsi).
9. Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring VAM infection in roots. *New Phytology* 84: 489-500.
10. Glenn, E. P., J. Brown and M. Jamal-Khan. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. The University of Arizona, P. 110.
11. Gorham, J. 1993. Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. PP. 151-159. *In*: P. Randall (Ed.), Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Kluwer Academic Pub., The Netherlands.
12. Hirrel, M. C. and J. W. Gerdemann. 1978. Improved salt tolerance in bell pepper by two VAM. *Agronomy Abstract* 19: 140-141.
13. Hung, J. and R. E. Redmann. 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *Journal of Plant Nutrition* 18(7): 1371-1389.
14. Jensen, A. 1984. Influence of inoculation density of two VAMF and temperature on *Trifelium repense*. *Journal of Botany* 4: 239-249.
15. Kochaki, A., V. Khaki and T. Elahi. 1988. Comparison between alfalfa cultivars for morphological traits in Mashhad province. *Journal of Agricultural Research* 17: 3-12. (In Farsi).
16. Kothamasi, D., R. C. Kuhad and C. R. Babu. 2001. AM in plant survival stratesies. *Tropical Ecology* 42(1): 1-13.
17. Mass, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance. *Journal of Irrigation Drainage Division* 103: 115-135.
18. Mrema A.F., U. Granhall and L. Sennerby-Forsse. 1997. Plant growth, leaf water potential, nitrogenase activity and nodule anatomy in *Leucaena leucocephala* as affected by water stress and nitrogen availability. *Trees* 12:42-48.
19. Ourcut D. M. and E.T. Nilsen. 2000 Salinity stress in: physiology of plants under stress. KA/PP pp177-235.
20. Pimentel, D., P. Hepperly, J. Hanson, D. Douds and R. Seidel. 2005. Environmental, energetic and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience* 55(7): 573-582.
21. Pond, E. C., J. A. Menge and W. M. Jarrell. 1984. Improved growth of tomato in salinized soil by VAMF collected from saline soils. *Mycologia* 76: 74-84.
22. Ruiz-Lozano, J. M., R. Azcon and J. M. Gomez. 1996. Alleviation of salt stress by AM Glomus species in *Lactuca sativa* plants. *Phisiologia of Plantarum* 98: 767-772.
23. Ryan, M. H. and J. H. Graham. 2002. Is there a role for AMF in production agriculture *Plant and Soil* 244: 263-271.
24. Sarmad Niya, Gh. 1999. Importance of environmental stresses in agronomy. The first of Iranian agronomy and plant

breeding congress. University of Tehran. Collage of Agriculture, Karaj. 157-172. (In Farsi).
25. Staples, R. C. 1984. Salinity Tolerance in Plants, strategies for crop Improvement. John Willey and Sons, New York.
26. Stribley, D. P. 1987. Mineral nutrition. PP. 59-66. *In*: Ecophysiology of VAM Plant. John Willey and Sons, New York.
27. Subba Rao, N. S., K. V. B. R. Tilak and C. S. Singh. 1985. Synergistic effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on the growth of barely in pots. *Soil Biology and Biochemistry* 17(1): 119-121.
28. Subramanian, K. S., C. Bharathi and A. Jegan. 2008. Response of maize to mycorrhizal colonization at varying levels of zinc and phosphorus. *Biology and Fertility of Soils* 35: 133-144.
29. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na tolerance and Na transport in higher plants. *Annual Botany* 91: 503-527.
30. Thakur, A. K. and J. D. S. Panwar. 1997. Response of rhizobium-VAM symbioses on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in green gram. Ind. *Journal of Agricultural Science* 67(6): 245-248.
31. Thies, J. E., P. L. Woomer and P.W. Singleton. 1995. Enrichment of *Bradyrhizobium* spp. populations in soil due to cropping of the homologous host legume. *Soil Biology and Biochemistry* 27:633-636.
32. Valentine, A. J., P. E. Mortimer, A. Lintnaar and R. Borgo. 2006. Drought responses of AM grapevines. *Symbiosis* 41(3): 127-133.
33. Watson, C. A. and L. A. Harrier. 2003. The role of AMF in sustainable cropping systems. *Advanced Agronomy* 79: 185-225.