تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مرفولوژیک و محتوای عناصر غذایی جو در سطوح مختلف شوری

مجتبی یوسفی‌راد[1]، قربان نورمحمدی[2]، محمدرضا اردکانی[3]، اسلام مجیدی هروان[4] و سید جواد میرهادی[4]

چکیده

قارچ میکوریزا تحمل گیاهان به تنش‌ها را افزایش می‌دهد. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا در محیط‌های شور و بدون شوری بر روی خصوصیات مرفولوژیکی و محتوای عناصر غذایی جو رقم کارون در کویر، آزمایشی گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه در سال ۱۳۸۶- ۱۳۸۵ انجام شد. فاکتور اول در دو سطح شامل استفاده و عدم استفاده از قارچ میکوریزای سویه *Glomus intraradices* بود و فاکتور دوم سطوح شوری بودند. رقم جو در گلدان‌های پنج کیلویی در شوری ۰/۶ ، ۸ و ۱۳ دسی زیمنس رشد داده شدند. شوری سبب کاهش وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی ،وزن تر ، ارتفاع ، طول سنبله ، تعداد پنجه و تعداد برگ در بوته‌ها شد، ولی بر تعداد برگ ساقه اصلی بی‌تأثیر بود. تلقیح میکوریزایی کلیه صفات به‌جز تعداد برگ در ساقه اصلی را هم در شرایط شور و هم در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. میکوریزا سبب افزایش شاخص تحمل جو شده و این بهبود در شرایط شوری بالا مشهودتر بوده و در مجموع گیاهان در محیط شور وابستگی میکوریزایی بالاتری را نشان دادند. بوته‌های تلقیح شده با میکوریزا دارای محتوای عناصر غذایی بیشتری در کلیه شرایط نسبت به گیاهان تلقیح نشده بودند. این محتوای عناصر غذایی بیشتر می‌تواند یکی از دلایل افزایش مقاومت به تنش گیاهان میکوریزایی شده نسبت به گیاهان میکوریزایی نشده باشد.

واژه‌های کلیدی: جو، قارچ میکوریزا، تنش شوری، تحمل، خصوصیات مرفولوژیکی، محتوای عناصر غذایی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/٤/۲٤ تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۲٦

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

٤- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

مقدمه و بررسی منابع

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند و چنان‌چه تنش‌های محیطی حادث نمی‌شدند عملکردهای واقعی برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می‌شد (۲). شوری خاک از جمله تنش‌های محیطی است که در سطح وسیعی از اراضی دنیا دیده می‌شود (۹). اصولاً خاکی را شور می‌گویند که غلظت املاح آن زیاد باشد به طوری‌که عملکرد گیاهان را کاهش دهد (۵). اثرات مستقیم نمک برروی گیاهان شامل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک که سبب کاهش دسترسی گیاه به آب می‌شود و هم‌چنین سمیت Na^+ و Cl^- زیاد بر غشای سلولی می‌باشد (۳۵). جذب و مصرف مواد غذایی توسط گیاهان در غلظت بالای نمک خاک به‌طور معکوس تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۷).

استفاده از کودها در اراضی شور، به خاطر کاهش زیان‌های شوری، می‌تواند در افزایش محصولات کشاورزی مفید باشد (۵). قارچ میکوریزا به عنوان یک کود بیولوژیک گزینه‌ای برای بهبود تحمل گیاهان و رشد آن‌ها در خاک‌های شور می‌باشد (۱۳). مطالعات متعددی بهبود رشد گیاهان را تحت تنش شوری در حضور میکوریزا گزارش کرده‌اند (۷ و ۲۶). بنابراین میکوریزا را یک بهبوددهنده زنده در خاک‌های شور معرفی می‌کنند (۳۳). به‌طوری‌که قارچ میکوریزا در محیط شور سبب افزایش وزن خشک و ارتفاع جو شده است (۲۴). برخی محققان بهبود وضعیت فسفر گیاه را یک مکانیسم تحمل به تنش شوری در گیاهان میکوریزایی گزارش کرده‌اند (۸ و ۲۱). البته مطالعات دیگری نشان داده که گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی در تنش شوری بهتر رشد می‌کنند حتی وقتی که گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی وضعیت فسفر مشابه دارند (۸ و ۱۴). روئیز لوزانو[1] و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که فرآیندهای فیزیولوژیکی نسبت به جذب مواد غذایی در بهبود رشد گیاهان میکوریزایی تحت تنش شوری بیشتر مؤثر می‌باشند. از جمله تغییرات فیزیولوژیکی می‌توان به تغییرات اسمزی اشاره کرد (۳۰). الکرکی و حمد[2] (۲۰۰۱) بهبود محتوای فسفر و پتاسیم گوجه‌فرنگی تلقیح شده با میکوریزا را نسبت به گیاهان تلقیح نشده گزارش کردند. هانی (۱۳۸۱) و گیری و موکرجی[1] (۲۰۰۴) بهبود جذب عناصر غذایی از جمله نیتروزن و فسفر را در حضور میکوریزا گزارش نمودند.

با توجه به این‌که امکان همزیستی بین گیاهان مختلف و گونه‌های میکوریزا متفاوت می‌باشد، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر برقراری همزیستی بین یک گونه قارچ میکوریزا با گیاه جو در محیط‌های بدون تنش و دارای تنش شوری انجام گردید و جهت بررسی این هدف برخی صفات مورفولژیکی و توانایی جذب برخی عناصر غذایی مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مرفولوژیکی و محتوای عناصر گیاه جو رقم کارون در کویر تحت شرایط شور، آزمایشی گلخانه‌ای در مزرعه تحقیقاتی و آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه در سال ۱۳۸۶-۱۳۸۵ انجام شد. گیاهان در خاک استریل نشده که از خاک مزرعه دانشگاه تهیه شده بود رشد کردند. بافت خاک شنی لومی بود که از نظر ماده آلی و نیتروژن فقیر و از نظر سایر عناصر غذایی وضعیت متوسطی را دارا بود. شوری خاک برابر ۵/۰۳ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۱).

گونه قارچ میکوریزا مورد استفاده در این تحقیق *Glomus interaradices* بود. مایه تلقیح خاکی به‌صورت ریشه‌های کلنیزه شده ذرت با قارچ میکوریزا به همراه خاک محیط ریشه‌ها که حاوی اسپور قارچ (حدود ۵۰۰عدد در هر گرم خاک) بود استفاده گردید. از مایه تلقیح مورد نظر ابتدا ۳۰ گرم در عمق کاشت ریشه‌ها (قبل از پر کردن کامل گلدان) اضافه گردید و بعد از پر کردن گلدان نیز ۱۰ گرم از مایه تلقیح به پای ٦ بذر درون گلدان اضافه شد. در این تحقیق، از گلدان‌های ۵ کیلوگرمی با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید که در هر گلدان ٤/٦۵۰ کیلوگرم خاک ریخته شد. در هر گلدان در نهایت شش گیاه حفظ شد. بذور قبل از کشت با H_2O_2، ۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضد عفونی شده و سپس با آب مقطر به‌خوبی شسته شدند. به منظور بررسی EC آب خروجی، برای هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد.

1. Ruiz- Lozano
2. Al-Karaki and Hammad

1. Giri and Mukerji

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد که فاکتور اول قارچ میکوریزا در دو سطح شامل تلقیح و عدم تلقیح گیاهان بود. فاکتور دوم شوری در سه سطح شامل، شاهد یا آب غیر شور (EC= ۰/۶ dS/m)، شوری متوسط(EC= ۸ dS/m) و سطح سوم شوری، شوری زیاد (EC=۱۳dS/m) بود(۵). جهت ایجاد سطوح اول و دوم شوری، با توجه به این‌که شوری آب مزرعه ۵ دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری شد لذا برای ایجاد شوری متوسط (S1) به آب آبیاری ۱/۹۲ گرم NaCl در هر لیتر اضافه شد و جهت ایجاد شوری بالا (S2) به آب آبیاری ۵/۱۲ گرم NaCl در لیتر اضافه شد. در بیست روز اول بعد از کشت، تیمار شوری در گلدان‌ها اعمال نشد تا همزیستی بین قارچ و گیاهان برقرار شود و از این تاریخ ابتدا شوری ملایم تر از تیمارهای اصلی اعمال گردید و بعد از حدود یک ماه از کشت گیاهان در گلدان‌ها، تیمارهای اصلی شوری اعمال شد. هر بار سعی شد آنقدر آب به گلدان داده شود تا EC آب خروجی و ورودی تقریباً برابر شود(۱).

در این تحقیق برداشت در ابتدای تشکیل دانه‌ها انجام شد و صفاتی چون وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد پنجه و تعداد برگ در بوته، طول سنبله، شاخص وابستگی میکوریزایی و هم‌چنین محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی گیاهان اندازه‌گیری شدند.

وابستگی میکوریزایی خصوصیتی از گیاه می‌باشد که اشاره به درجه‌ای از وابستگی گیاه به کلنیزاسیون میکوریزایی دارد (۱۷). وابستگی میکوریزایی از نسبت اختلاف وزن خشک گیاه تلقیح نشده با قارچ مورد تحقیق با وزن خشک گیاه تلقیح شده با قارچ مورد تحقیق، بر وزن خشک گیاه تلقیح نشده با قارچ مورد تحقیق محاسبه شد (٤).

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام‌های هوایی

شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک گیاه شد (نمودار ۱ و جدول۲). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی خاک، جذب آب توسط گیاه را مشکل می‌کند. شوری بر تجمع ماده خشک در گیاه نیز تأثیر منفی می‌گذارد (۲۸). کاهش وزن خشک بافت‌های گیاهی به دلیل افزایش هزینه متابولیک و کاهش استفاده از کربن توسط گیاه برای تطابق با شوری می‌باشد (۲۵). تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان تلقیح نشده شد (نمودار ۱). میکوریزا از طریق بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و وزن گیاهان می‌شود (۲۲). وجود شبکه گسترده هیف‌های قارچ، افزایش جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه مهیا می‌کند (۳).

تلقیح میکوریزایی در محیط شور نیز همانند شرایط بدون تنش سبب افزایش وزن تر و وزن خشک گیاهان شد که این افزایش‌ها به جز در سطح دوم شوری (S2) برای وزن تر، از نظر آماری معنی‌دار بودند(نمودار۱). رابی و المدینی[1] (۲۰۰۵) افزایش وزن خشک گیاهان را در محیط شور در حضور میکوریزا تأیید کردند. این تحقیق و تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزایی در وضعیت شور، رشد بهتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان می‌دهند (۱۰ و۱۸).

وابستگی میکوریزایی برای شاهد و سطوح اول و دوم شوری به‌ترتیب ۱۸، ۳٦، ٤۹ درصد محاسبه شد. بنابراین وابستگی میکوریزایی به قارچ مورد آزمایش در محیط شور افزایش یافت که نشان از افزایش وابستگی گیاه به میکوریزا در محیط شور می‌باشد. رابی و المدینی[1] (۲۰۰۵) افزایش وابستگی میکوریزایی در محیط شور را بیان کردند. گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در محیط شور، به‌دلیل بهبود جذب مواد غذایی به‌ویژه فسفر (۲٤) و یا تغییر در فیزیولوژی گیاهان (۲۹) از جمله تغییر در پتانسیل اسمزی گیاهان (۳۰) به تنش شوری تحمل بیشتری را نشان می‌دهند. بر همین اساس در محیط شور وابستگی میکوریزایی گیاهان افزایش می‌یابد. بنابراین گیاهان میکوریزایی شده دارای وزن تر و خشک یا مقاومت بیشتری به شوری بالاتری می‌شوند.

وزن خشک ریشه

همانند وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌داری یافت و میکوریزا نیز سبب افزایش وزن خشک ریشه گردید (نمودار ۲ و جدول ۲). یوسفی‌راد (۱۳۷٦) کاهش وزن خشک ریشه را در محیط‌های شور گزارش کرد. گوپتا و روتاری[2] (۲۰۰۵) افزایش وزن خشک ریشه را در حضور میکوریزا گزارش کردند (۲۰).

1. Rabie and Almadini
2. Gupta and Rutaray

تلقیح میکوریزایی در محیط شور همانند شرایط شاهد سبب افزایش وزن خشک گیاهان گردید (نمودار ۲). روئیز لوزانو و همکاران (۱۹۹٦) نیز نتایج یاد شده را گزارش کردند و بیان داشتند که تلقیح میکوریزایی با افزایش توسعه ریشه سبب کاهش اثرات زیان بار شوری می‌شود. در این تحقیق نیز همچنان‌که مشاهده می‌شود گیاهان میکوریزایی به‌جز در سطح دوم شوری (S2)، دارای وزن خشک ریشه بیشتری هستند.

ارتفاع گیاهان و تعداد برگ ساقه اصلی

شوری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاهان شد ولی بر تعداد برگ ساقه اصلی بی‌تأثیر بود (نمودار ۳ و جدول۲). زمان اعمال تیمار اصلی شوری از اوایل ساقه رفتن گیاهان بود، لذا فقط شوری بر طول میانگره‌ها و در نتیجه ارتفاع گیاهان مؤثر بود ولی بر تعداد برگ ساقه اصلی تأثیری نداشت. برین و همکاران (۱۳۸۵) و نتوندو[1] و همکاران (۲۰۰٤) کاهش ارتفاع گیاهان در محیط شور را گزارش کردند. تنش شوری از طریق صدمات اسمزی، تنش خشکی فیزیولوژیک یا صدمه به جذب املاح، باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (۱).

تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاهان در کلیه شرایط شد، هر چند بر تعداد گره یا برگ ساقه اصلی بی‌تأثیر بود (نمودار ۳). این نتایج نشان می‌دهد که تعداد گره از خصوصیات ژنتیکی گیاهان می‌باشد و تحت تأثیر شرایط محیط قرار نمی‌گیرد، ولی طول میانگره‌ها از شرایط محیطی تأثیر می‌بینند. صالح و الجارنی[2] (۲۰۰٦) افزایش ارتفاع گیاهان میکوریزایی را گزارش کردند. در سطوح شور نیز همانند شرایط بدون تنش، تلقیح میکوریزایی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاهان نسبت به گیاهان تلقیح نشده گردید (نمودار ۳).

تعداد پنجه و برگ در بوته

سطوح شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد پنجه و تعداد برگ در هر بوته شدند (نمودار ٤ و جدول۲). غلامحسین و جالود[3] (۱۹۹۷) کاهش تعداد پنجه در هر بوته و یوسفی‌راد (۱۳۷٦) کاهش سطح برگ در محیط‌های شور را تأیید کردند.

تلقیح میکوریزایی تعداد برگ در هر بوته و تعداد پنجه را به طور معنی‌داری افزایش داد و این افزایش در شرایط شاهد و سطوح شوری برای تعداد پنجه مشاهده شد (نمودار ۳). صالح و الجارنی (۲۰۰٦) افزایش تعداد برگ را در حضور میکوریزا گزارش کردند. الکرکی (۲۰۰۰) افزایش سطح برگ گیاهان را در حضور میکوریزا در محیط شور تأیید کرد. گیری و همکاران (۲۰۰۵) افزایش تعداد شاخه در حضور میکوریزا را گزارش نمودند.

افزایش سطح برگ گیاهان تلقیح شده را شاید بتوان به سنتز هورمون‌های رشد(اکسین) و بهبود جذب عناصر غذایی ارتباط داد (۱۲).

طول سنبله

شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش طول سنبله گیاهان شد و با افزایش سطوح شوری، کاهش شدیدتری در طول سنبله‌ها ایجاد شد (نمودار٤ و جدول ۲). تعداد پنجه یا تعداد سنبله در هر بوته و طول سنبله از جمله فاکتورهای مؤثر بر عملکرد بوته معرفی می‌شوند. با توجه به این‌که شوری هر دو صفت را کاهش داد بنابراین می‌توان بیان کرد شوری سبب کاهش عملکرد دانه نیز می‌شود. یوجین[1] و همکاران (۱۹۹٤) کاهش عملکرد گندم و جو در محیط شور را گزارش کردند. تلقیح میکوریزایی بر طول سنبله تأثیر مثبت گذاشت، به‌طوری‌که گیاهان میکوریزایی در هر دو سطح شور و شرایط بدون تنش دارای طول سنبله بزرگ‌تری بودند. الکرکی (۲۰۰۰) افزایش عملکرد گیاهان میکوریزایی در محیط شور را نسبت به گیاهان تلقیح نشده گزارش کردند. در این تحقیق نیز مشاهده شد که تلقیح میکوریزایی از طریق تأثیر مثبت بر طول سنبله و تعداد پنجه، عاملی مؤثر بر عملکرد جو بود.

محتوای عناصرغذایی

شوری سبب کاهش محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه شد، ولی گیاهان میکوریزایی در شرایط بدون تنش و هر دو سطح شوری دارای محتوای نیتروژن بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی بودند (نمودارهای ٤ و٥ و جدول ۳). میکوریزا از طریق تأثیر مثبت بر وزن خشک و غلظت نیتروژن گیاه در مجموع سبب افزایش محتوای عناصر گیاهان شد (جدول ٤). رائو و تاک[2] (۲۰۰۱) و اسچریزنر[3] (۲۰۰۷) نیز افزایش جذب

1. Netondo
2. Saleh and Al-Garni
3. Ghulam Hussein and Jaloud

1. Eugene
2. Rao and Tak
3. Schreiner

عناصر غذایی را ناشی از افزایش وزن خشک و غلظت عناصر در گیاه می‌دانند.

نتیجه گیری کلی

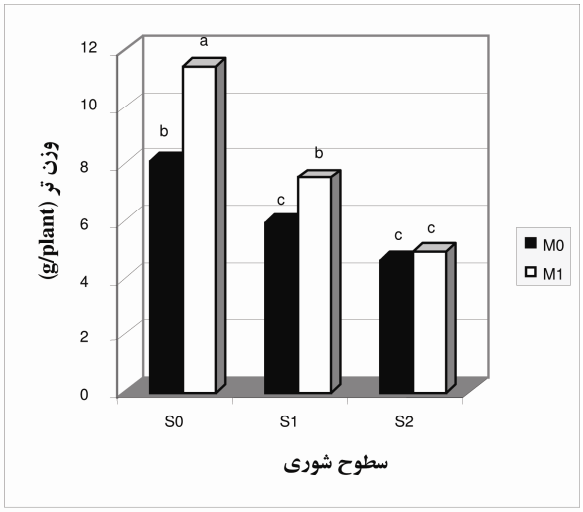
بسیاری از محققان بهبود رشد گیاهان در حضور میکوریزا را نتیجه بهبود وضعیت عناصر و به‌خصوص فسفر می‌دانند (۷، ۸، ۱۸،۲۱). هیف‌های قارچ میکوریزا سطح جذب کلی گیاهان تلقیح شده را افزایش می‌دهد و به همین علت موجب افزایش دسترسی گیاهان آلوده به عناصر غذایی در منطقه دورتر ریشه گیاه می‌شود و عملاً گیاه از حجم بیشتری از خاک استفاده کرده و عناصر بیشتری را جذب می‌کند.

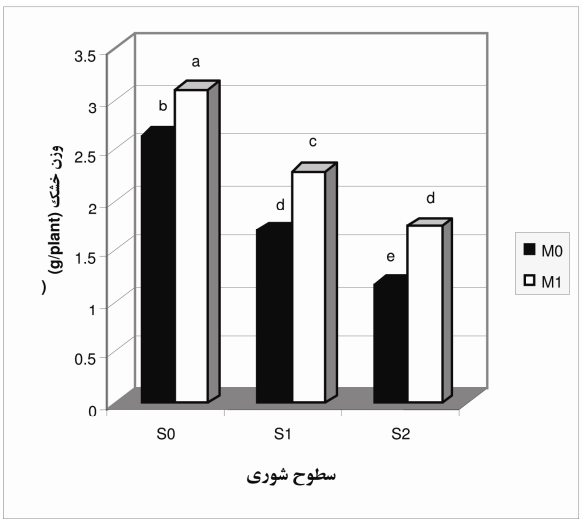
شوری از طریق صدمات اسمزی و ایجاد تنش خشکی، کاهش سطح برگ، کاهش هدایت روزنه‌ای، تجمع کلر و سدیم در اندام‌ها و یا تخریب ساختمان کلرپلاست سبب کاهش فتوسنتز و در نتیجه ارتفاع، وزن خشک و ترگیاه می‌شود و از طریق به‌هم زدن تعادل یونی(۱) و تفاوت در جذب یون‌های تشکیل‌دهنده ماده شور (۲۳) باعث کاهش جذب مواد غذایی و در نتیجه رشد گیاهان می‌شود.

در این تحقیق نیز مشاهده گردید که غلظت و محتوای عناصر غذایی و در نتیجه جذب غناصر غذایی در حضور میکوریزا در شرایط شاهد و شور افزایش می‌یابد. بنابراین این بهبود شرایط غذایی به همراه دیگر اثرات مفید قارچ میکوریزا می‌تواند اثرات منفی شوری را تعدیل و خصوصیات رشد و عملکردی گیاه را در محیط شور افزایش دهد. بر این اساس میکوریزا را به عنوان کود بیولوژیک مناسب مناطق شور و یک بهبود دهنده زیستی معرفی می‌کنند (۱۳و۳۳). در نهایت توصیه می‌شود این تحقیق در حضور گونه‌های دیگر میکوریزا و جو انجام گرفته تا بهترین گونه همزیست با جو شناسایی شود و تحقیق تا حصول عملکرد دانه ادامه یابد.

جدول۱- نتایج شیمیایی تجزیه خاک

نیتروژن (٪)	هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	فسفرقابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)	واکنش خمیر اشباع pH of paste	بافت خاک	کربن آلی (٪)	TNV (٪)
۰/۰۳	۵/۰۳	۷/۲	۱۷۰	۷/۵	شن لومی	۰/۳۴	۲۹/۸





نمودار۱- اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک (چپ) و تر (راست) گیاه در سطوح مختلف شوری *S0* ، *S2* و *S1* (به ترتیب هدایت الکتریکی ۰/۶ ، ۸ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر). *M0* و *M1* به ترتیب گیاهان تلقیح نشده و تلقیح شده می‌باشند.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مرفولوژیکی جو در حضور و عدم حضور میکوریزا در محیط‌های شور و بدون تنش

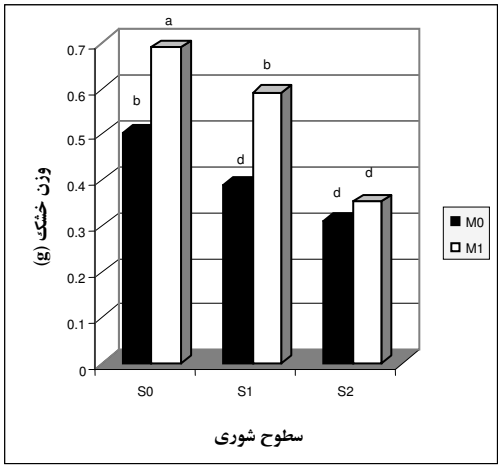
منابع تغییرات	درجه آزادی	MS							
		وزن تر اندام‌های هوایی (گرم)	وزن خشک اندام‌ها هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد برگ ساقه اصلی	تعداد پنجه	تعداد برگ در بوته	طول سنبله (سانتی‌متر)
بلوک	۲	۱/۰۷٤۹ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۲ $^{n.s}$	۰/۰۰۱۱ $^{n.s}$	۱۲/۲۸۲٦ **	۰/۰۳٦۱ $^{n.s}$	۰/۰۲۱ $^{n.s}$	۰/۲۲٤۳ $^{n.s}$	۰/۰۲۸٥۹ $^{n.s}$
شوری	۲	۲۹/۸٥۷۲ **	۳/۰۱٤۷ **	۰/۳۰۷۱ **	٦٦/۳۲۲۹ **	۰/۳۳۱۳ $^{n.s}$	۱/۲٥۹۹۸ **	۲۸/۷٦۹٦ **	۱/٦۰۸۷ **
قارچ	۱	۳٦/۱۸۷٤ **	٤/٥۸۷٤ **	۰/۱۸۷۳ **	۱۳۸/۰۷۹ **	۱/۰٤۰۲ *	۰/۲۹۰۳ **	٤/۸۷٦٦ **	۰/۱۲۷۷ $^{n.s}$
شوری× قارچ	۲	۰/۸۹۰۸ $^{n.s}$	۰/۰٤۰۹ *	۰/۰۱۲٤ *	٥/ ٤۷ **	۰/۰۳٥٥ $^{n.s}$	۰/۰٥٥٦ $^{n.s}$	۰/٤۷۰۳ $^{n.s}$	۰/۰۱٥۲ $^{n.s}$
خطا	۱۳	۰/۸۳٦۳	۰/۰۰٦۲٤	۰/۰۰۲۹	۰/٤۲۱۹	۰/۱۱۰۷	۰/۰۲٥۱	۰/٦۲۰٥	۰/۰۳۹۲
C.V%		۹/۹۳	٥/۲۷	۹/٤۹	۱/۷	٦/۱٤	٥/۱	٥/٥۹	٥/۸۹

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس محتوای عناصر غذایی در حضور و عدم حضور میکوریزا در محیط های شور و بدون تنش

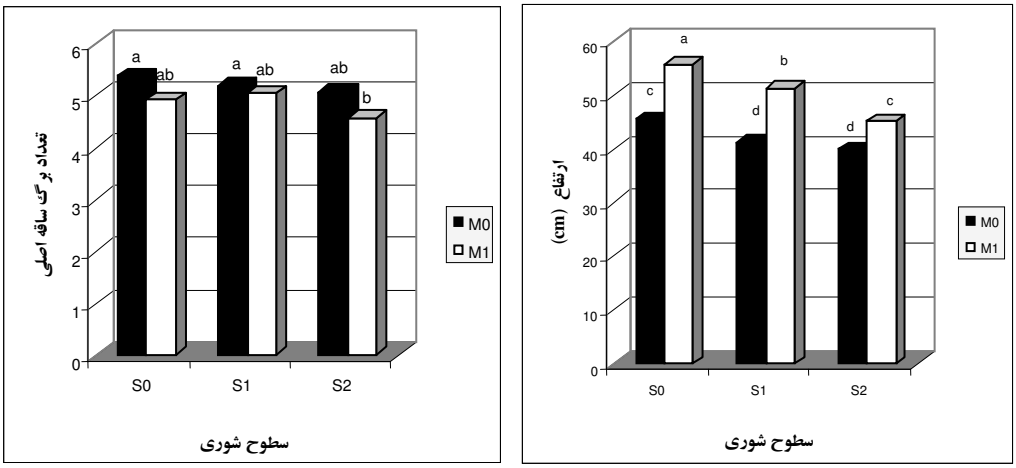
منابع تغییرات	درجه آزادی	MS		
		محتوای نیتروژن	محتوای فسفر	محتوای پتاسیم
بلوک	۲	۰/۰٤٤ $^{n.s}$	۰/۰۰۰٤۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۱۲ $^{n.s}$
شوری	۲	۲٥٦۲/٥۰٥۹ **	٤/۸٤۰۲ **	۰/۹۸۱۱ **
قارچ	۱	٤٤٦٦/۱٦۰۸ **	۷/۰۸۰۳ **	۱۰/۳۳۳۳ **
شوری× قارچ	۲	۱٥/٦٦۲۸ $^{n.s}$	۰/۱۹٤۸٤**	۰/۰۰٦۲ $^{n.s}$
خطا	۱۳	٥/۰۱۲۸	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۲۸
C.V%		٥/۰۱	٥/۱۳	٦/٤۲

جدول٤- تأثیر تلقیح میکوریزایی بر غلظت عناصر غذایی جو تحت سطوح شوری

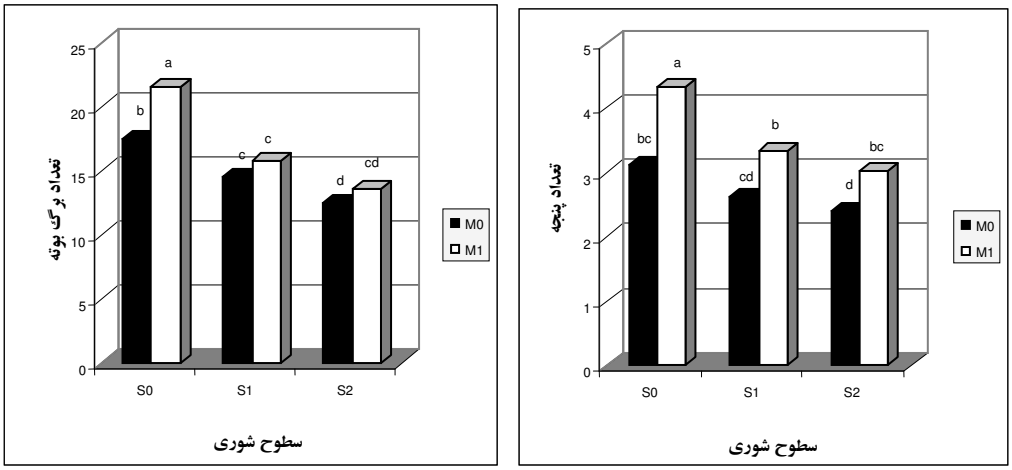
پارامتر	وضعیت تلقیح	سطوح شوری dS/m	نوع عناصر غذایی		
			نیتروژن ٪	فسفر mg/g	پتاسیم mg/g
غلظت عناصر غذایی	تلقیح نشده	۰/٦	۲/۲۸۳	۱/۳٤۰۷	٤/۷۹٦۹
		۸	۲/۳۰۳	۱/۳۱۱۷	٤/٥٦۲٥
		۱۳	۲/٤۸۰	۱/۲٥۳۲	٤/۸٤۳۷
	تلقیح شده	۰/٦	۲/۳۹۲	۱/٤٦٦۸	٤/۹۱٦٦
		۸	۳/٥۲۰	۱/۳٤٦۳	٥/۲۸۱۲
		۱۳	۲/۷۰۳	۱/۲۸۸۲	٥/۱۸۷٥



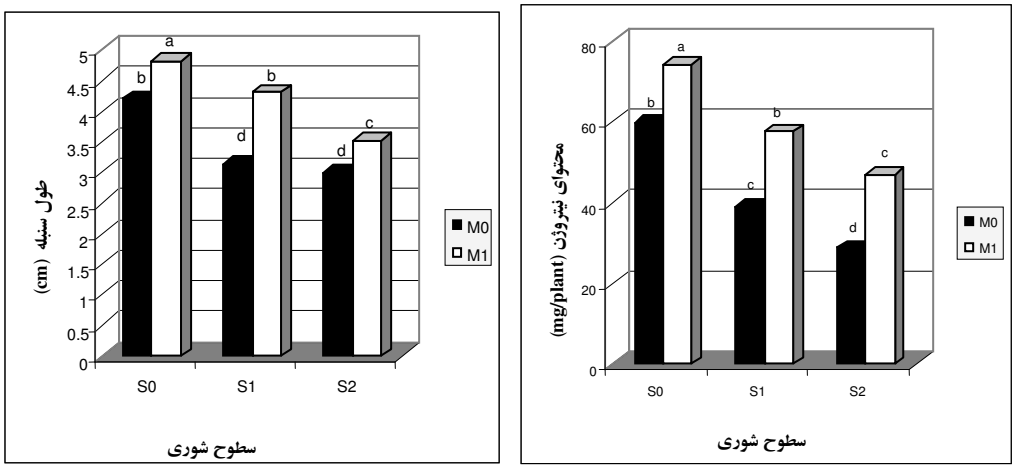
نمودار۲- اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک ریشه جو در سطوح مختلف شوری



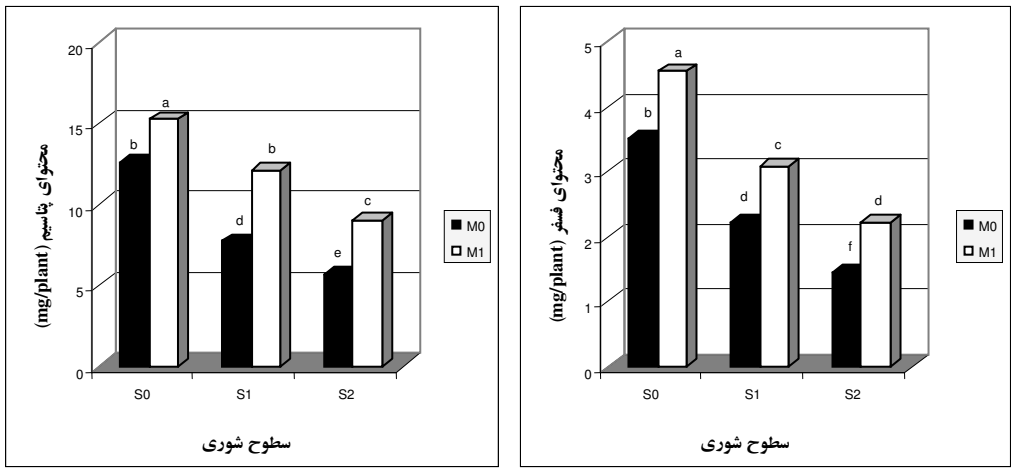
نمودار۳- اثر قارچ میکوریزا بر ارتفاع (راست) و تعداد برگ (چپ) ساقه اصلی جو در سطوح مختلف شوری



نمودار٤- اثر قارچ میکوریزا بر تعدادپنجه (راست) و تعداد برگ (چپ) بوته جو در سطوح مختلف شوری



نمودار۵- اثر قارچ میکوریزا بر طول سنبله (سمت راست) و محتوای نیتروژن (سمت چپ) جو درسطوح مختلف شوری



نمودار٦- اثر قارچ میکوریزا بر محتوای پتاسیم(چپ) و فسفر(راست) جو در سطوح مختلف شوری

منابع

۱- برین، م.، علی اصغرزاده، ن.، صمدی، ع. ۱۳۸۵. اثر شوری حاصل از کلرید سدیم و مخلوط املاح بر غلظت پرولین و برخی شاخص‌های رشد گوجه‌فرنگی در همزیستی با قارچ میکوریز آربسکولار. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۷، شماره۱. ص. ۱٤۷-۱۳۹.

۲- کافی، م.ع. و مهدوی دامغانی، م. ۱۳۸۱. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ٤٦۷ ص.

۳- ملکوتی، م. ج . ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی (دفتر خدمات و تکنولوژی آموزش)، ٤٦۰ ص.

٤- هانی، ع. ۱۳۸۱. بررسی اثر مشخصات مرفولوژیکی ریشه گیاه شبدر و سطوح فسفر بر شدت تمایل میکوریزایی گیاه، جذب فسفر و رشد گیاه کلنی شده با قارچ VAM. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه چمران اهواز، ۱۰۹ صفحه.

۵- همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۲۰ ص.

٦- یوسفی‌راد، م. ۱۳۷٦. اثرات شوری بر محتوای نیتروژن گیاه در مراحل مختلف رشد گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱٦۰ ص.

7. Al-Karaki, G. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza. 10:51-54.
8. Al-Karaki, G., and Hammad, N. R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of Plant Nutration 24(8): 1311-1323.

9. Apse, M. P. G., Dharon, S., Snelden, W. A., and Bumerold, E. 1999. Salt tolerance conferred by over expression of a vascoular Na+/H+ antiport in Arabidopsis. Science 285: 1256-1258.
10. Ben Khaled, L., Gomes, A. M., Ouarraqi, E. M., and Oihabi, A. 2003. Physiology and biochemical resposes to salt stress of mycorrhizal and/or nodulated clover seedling (*Trifolium alexandrinum* L). Agronomy 23: 571-580.
11. Eugene,V. M., Scott, M. L., Francois, L. E., and Griere, C. M. 1994. Tiller development in salt – stressed wheat. Crop Science 34: 1594-1603.
12. Esch, H., Hundeshagen, B., Schneiderpoetsch, H., and Bothe, H. 1994. Demonstration of abscisic acid in spores and hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus* and in the Nz-fixing cyanobacterium *Anabaena variabilis*. Plant Science 99: 9-16.
13. Feng, G., Zhang, F. S., Li, X. L., Tian, C. Y., and Rengel, Z. 2002. Improved tolerace of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhizal is related to higher accumulation of soluble sugars in root. Mycorrhiza 12: 185-190.
14. Feng, G., Li, X. L., Zhang, F. S., and Li, S. X. 2000. Effect of phosphorus and arbuscular mycorrhizal fungus on response of maize plant to saline environment. Plant Resource Environment 9: 22-26.
15. Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular arboscular mycorrhizal. In: Torry, D., and Clarkson, D.T.C. (Eds.): The development and function of roots. Academic press, London, Pp. 572-591.
16. Ghulam Hussein, A. L., and Jaloud, A. 1997. Effects of saline irrigation on germination and growth parameters of berley (*Hordeum vulgare*) in a pot experiment. King Abdolaziz city for Science Technology, Sudi Arabia, Euphytica 130: 307-318.
17. Gianinazzi Pearson, V., Vermo, D. P. S., and John, T. H. 1984. Host fungus specificity in mycorrhiza. In: Verma, D. P. S., and Hohn, T. H. (Eds.): Genes involved in plant-microb interactions. Springer Vienna, Pp. 225-253.
18. Giri, B., and Mukerji, K. G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania gradiflora* under field condition: evidenced for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhizal 14: 307-312.
19. Giri, B., koopar, R., and Mukerji, K. J. 2005. Effect of the arbuscular mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the growth and nutrient content of *Cassia siamea* in a semi-arid Indian wasteland soil. New Forests. 29: 63-73.
20. Gupta, N., and Rutaray, S. 2005. Growth and development of AM fungi and maize under salt and acid stress. Acta Agricultural Scandinavia, Section B, Soil and Plant Science 55: 151-157.
21. Hirrel, M. C., and Gerdemann, J. W. 1980. Improved growth of onion and dell pepper in saline soils by two vesicular- arbuscular *Mycorrhizal fungi*. Journal of Soil Science Society of America 44: 654-655.
22. Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., and Barea, J. B. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology of Fertile Soils 37: 1-16.
23. Mashhady, A. S., Heakal, M. H., Abdul-Aziz, A., and Sayed, H. T. 1985. Nutrition effects of non-stready soil salinity on a salt- tolerant wheat cultivar. Plant and Soil Science 83: 223-231.
24. Mohammad, M. J., Malkawi, H. I., and Shibli, R. 2003. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salt. Journal of Plant Nutrition 26(1): 125-137.
25. Netondo, G. F., Onyango, J. C., and Beck, E. 2004. Crop physiology and metabolism. Sorghoum and salinity: I. Response of growth, water relation and ion accumulation to Nacl salinity, Crop Society of America 44: 797-805.
26. Ojala, J. C., Jaryell, W. M., and Menge, A. 1983. Infuence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. Agronomy Journal 75: 225-259.
27. Pessarakli, M., and Tuker, T. C. 1988. Dry matter yield and nitrogen–15 uptakes by tomatoes under sodium cholorid stress. Journal of Soil Science Society of America 52: 698-700.
28. Prasad, M. N. V. 1997. Plant ecophysiology. John Wily and Sons. Inc.
29. 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 Biotecnology 4(3): 210-222.
30. Rao, A.V., and Tak, R. 2002. Growth of different tree species and their nutrient uptake in limestone mine spoil as influenced by arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in India arid zones. Journal of Arid Environment 51: 113-119.
31. Ruiz- Lozano, J. M., Azcon, R., and Gomes, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. Physiology Plant 98: 767-772.
32. Saleh, M., and Al-Garni, S. 2006. Increased heavy metal tolerance of cowpea plant by dual inoculation of an arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixer *Rhizobium bacterium*. African Journal of Biotechnology 5(2): 133-142.

33. Singh, R. P., Choudhary, A., Gulati, A., Dahiya, H. C., Jaiwal, P. K., and Sengar, R. S. 1997. Response of plants to salinity in interaction with other abiotic factors. In: Jawial, P. K., Singh, R. P., and Gulati, A. (eds.): Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science Publishers, En. Field, N. H., Pp. 25-39.
34. Schreiner, P. R. 2007. Effects of native and non native arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of piontnoir (*Vitis vinifera* L) in two soils with contrasting levels of phosphorus. Applied Soil Ecology 36: 205-215.
35. Staple, R. C., and Toenniessen, G. H. 1984. Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement. Wiley, New York, 182 Pp.