





دانشکده مهندسی کشاورزی

رشته علوم خاک گرایش شیمی حاصلخیزی خاک و کود

پایان نامه کارشناسی ارشد

تأثیر قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر صفات رویشی و تغذیه‌ای انار در شرایط شور

نگارنده: سارا حیدری

استاد راهنما:

دکتر شاهین شاهسونی

استاد مشاور:

مهندس احمد اخیانی

شهریور ۱۳۹۵

پیوست شماره ۲

دانشکده : کشاورزی

گروه : آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سارا حیدری به شماره دانشجویی: ۹۲۳۵۵۶۴

تحت عنوان: تاثیر قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر صفات رویشی و تغذیه‌ای انار در شرایط شور

توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

در تاریخ

مورد پذیرش قرار گرفت.

مورد ارزیابی و با درجه

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم به:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موباشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا که ما بخش وجود ما و پشتوانه را همان باشند...

مادرم

پدرم

همسرم

تشکر و قدردانی

شکر و سپاس خدای را که توفیق داد تا این مجموعه را به پایان رسانده و از خداوند منان توفیق و سعادت همه پویندگان و رهروان علم و دانش را خواهانم.

از پدر و مادر مهربان و همسر عزیزم که همیشه پشتیبان و مایه دلگرمی‌ام در طول زندگی بوده‌اند قدردانی می‌نمایم.

زحمات استاد راهنمای گرامی، جناب آقای دکتر شاهسونی را ارج می‌نهم که با صبر و حوصله بسیار مرا در مسیر این پایان نامه هدایت فرمودند.

همچنین از جناب آقای مهندس اخیانی که از هر گونه همکاری دریغ ننمودند، کمال سپاس و قدردانی را دارم. بی شک انجام مراحل مختلف این پایان نامه بدون پشتیبانی و راهنمایی‌های ارزشمند ایشان امکان پذیر نبود.

در پایان از جناب آقای دکتر اصغری به خاطر راهنمایی‌های بی دریغشان و دوست خوبم سرکار خانم عرب‌یارمحمدی که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند صمیمانه سپاسگزارم.

تعهد نامه

اینجانب سارا حیدری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تاثیر تاثیر قارچ میکوریزا و کود پتاسیم بر صفات رویشی و تغذیه‌ای انار در شرایط شور تحت راهنمایی جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

چکیده

از مهمترین مشکلات کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، شوری خاک است. شوری از طریق اثر بر میزان دسترسی به مواد غذایی در ارتباط با تغذیه گیاهان اختلال ایجاد می کند. همچنین در شرایط تنش شوری، کمبود یا اختلال یونی در اثر رقابت عناصر غذایی مثل پتاسیم، کلسیم و نیتрат، با یون های سمی سدیم و کلر ایجاد می شود. همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاهان از طریق بهبود جذب عناصر غذایی می تواند باعث واکنش مثبت گیاهان به ویژه در شرایط تنش شوری شود. به منظور بررسی تاثیر میکوریزا و کود پتاسیم در شرایط شور، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود، بر روی نهال انار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۲ سطح کود پتاسیم (عدم استفاده و استفاده بر اساس عرف محل)، ۲ سطح میکوریزا (عدم تلقیح و تلقیح) و ۳ سطح شوری آب (۱، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر) از منبع کلرید سدیم بود. نتایج نشان داد که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش وزن خشک ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه و همچنین افزایش کلونیزاسیون میکوریزایی شد. بیشتر صفات اندازه گیری شده در گیاه تحت تاثیر شوری قرار گرفتند به طوری که شوری باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع، سطح برگ، پتاسیم ریشه و کلونیزاسیون میکوریزی شده و مقدار سدیم ریشه و اندام هوایی و کلر اندام هوایی را به صورت معنی داری افزایش داد. مقدار پتاسیم گیاه در اندام هوایی و ریشه، سطح برگ و شاخص کلروفیل، ارتفاع و وزن خشک اندام و هوایی و ریشه، تحت تاثیر کود پتاسیم افزایش یافته و میزان سدیم و کلسیم اندام هوایی کاهش یافت. تاثیر متقابل پتاسیم و شوری نیز باعث افزایش ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه در شرایط استفاده از پتاسیم شد.

کلمات کلیدی: پتاسیم، میکوریزا، شوری، انار

مقالات مستخرج:

۱- بررسی اثر شوری و قارچ میکوریزا بر جذب پتاسیم در انار، دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها، ۴ الی ۶ اسفند ۱۳۹۴. تبریز.

۲- تاثیر قارچ میکوریزا و پتاسیم بر وزن خشک و سطح برگ انار در شرایط شور، کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و مهندسی، ۷ مرداد ۱۳۹۵. دانشگاه استانبول، ترکیه.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱	مقدمه..... ۱
۱-۱	مقدمه..... ۲
۲-۱	اهداف تحقیق..... ۵
فصل ۲	بررسی منابع..... ۷
۱-۲	انار..... ۸
۱-۱-۲	مقدمه..... ۸
۲-۱-۲	خصوصیات گیاهشناسی..... ۸
۳-۱-۲	شرایط آب و هوایی و خاک مناسب احداث باغ انار..... ۹
۴-۱-۲	روش های ازدیاد..... ۱۰
۵-۱-۲	ارقام تجاری..... ۱۰
۲-۲	شوری..... ۱۰
۱-۲-۲	مقدمه..... ۱۰
۲-۲-۲	شور شدن خاک به وسیله آب..... ۱۲
۳-۲-۲	اثر شوری بر گیاه..... ۱۳
۴-۲-۲	تحمل گیاهان به شوری..... ۱۴
۵-۲-۲	پاسخ گیاه به شوری..... ۱۵
۶-۲-۲	مقاومت به شوری در انار..... ۱۸
۳-۲	پتاسیم..... ۱۹
۱-۳-۲	مقدمه..... ۱۹

۲۰	.....	۲-۳-۲	اثر پتاسیم بر رشد و نمو گیاه
۲۰	.....	۳-۳-۲	مکانیزم جذب پتاسیم
۲۱	.....	۴-۳-۲	نتایج کمبود پتاسیم
۲۲	.....	۵-۳-۲	پتاسیم در شرایط شور
۲۳	.....	۴-۲	قارچ میکوریزا
۲۳	.....	۱-۴-۲	مقدمه
۲۳	.....	۲-۴-۲	تعریف میکوریزا
۲۴	.....	۳-۴-۲	افزایش تحمل به شوری توسط میکوریزا
۲۵	.....	۴-۴-۲	ضرورت تلقیح
۲۵	.....	۵-۴-۲	تاثیر همزیستی میکوریزایی بر جذب پتاسیم
۲۷	.....	فصل ۳	مواد و روش ها
۲۸	.....	۱-۳	عملیات اجرایی
۲۸	.....	۱-۱-۳	مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش
۲۸	.....	۲-۱-۳	مرحله کاشت گلدانی
۲۸	.....	۳-۱-۳	مرحله داشت
۲۹	.....	۴-۱-۳	مرحله برداشت
۲۹	.....	۲-۳	تجزیه آزمایشگاهی
۲۹	.....	۱-۲-۳	تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه
۳۰	.....	۲-۲-۳	هضم گیاه به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl
۳۰	.....	۳-۲-۳	اندازه گیری پتاسیم به روش نشر شعله ای
۳۱	.....	۴-۲-۳	اندازه گیری سدیم به روش نشر شعله ای
۳۱	.....	۵-۲-۳	اندازه گیری فسفر گیاه به روش کالیمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات)
۳۲	.....	۶-۲-۳	اندازه گیری کلر

۷-۲-۳	اندازه گیری کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری.....	۳۲
۸-۲-۳	اندازه گیری کلسیم با روش کمپلکسومتری.....	۳۳
۹-۲-۳	اندازه گیری شاخص کلروفیل.....	۳۳
۳-۳	تجزیه و تحلیل داده ها.....	۳۳
۴-۳	ماسه مورد استفاده	۳۳
فصل ۴	نتایج و بحث.....	۳۵
۱-۴	وزن خشک اندام هوایی.....	۳۶
۲-۴	ارتفاع گیاه.....	۳۸
۳-۴	پتاسیم اندام هوایی.....	۴۰
۴-۴	سدیم اندام هوایی.....	۴۲
۵-۴	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی.....	۴۴
۶-۴	فسفر اندام هوایی.....	۴۶
۷-۴	کلسیم اندام هوایی.....	۴۷
۸-۴	سطح برگ.....	۴۸
۹-۴	شاخص سبزینگی.....	۵۰
۱۰-۴	کلر اندام هوایی.....	۵۱
۱۱-۴	وزن خشک ریشه.....	۵۲
۱۲-۴	کلونیزاسیون میکوریزایی.....	۵۵
۱۳-۴	فسفر ریشه.....	۵۷
۱۴-۴	پتاسیم ریشه.....	۵۷
۱۵-۴	سدیم ریشه.....	۵۹

۶۱.....	۱۶-۴ کلر ریشه
۶۱.....	۱۷-۴ کلسیم
۶۲.....	۱۸-۴ نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
۶۴.....	نتیجه گیری
۶۵.....	پیشنهادهای
۶۷.....	پیوست
۷۱.....	منابع

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۳ خصوصیات ماسه مورد استفاده در این تحقیق ۳۴
- جدول ۱-۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص سبزی‌نگی و سطح برگ انار ۶۸
- جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس ارتفاع، کلونیزاسیون میکوریزی و ۶۸
- جدول ۳-۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) فسفر اندام هوایی و ریشه انار ۶۹
- جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کلر و کلسیم اندام هوایی و ریشه انار ۶۹
- جدول ۵-۴ نتایج تجزیه واریانس سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی انار ۷۰
- جدول ۶-۴ نتایج تجزیه واریانس سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه انار ۷۰

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

شکل ۴-۱	تأثیر کود پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار	۳۶
شکل ۴-۲	تأثیر شوری بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار	۳۷
شکل ۴-۳	تأثیر متقابل شوری و میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار	۳۷
شکل ۴-۴	تأثیر کود پتاسیم بر ارتفاع نهال انار	۳۸
شکل ۴-۵	تأثیر شوری بر ارتفاع نهال انار	۳۹
شکل ۴-۶	تأثیر متقابل پتاسیم و شوری بر ارتفاع نهال های انار	۳۹
شکل ۴-۷	تأثیر شوری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی انار	۴۱
شکل ۴-۸	تأثیر کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم اندام هوایی نهال انار	۴۱
شکل ۴-۹	تأثیر متقابل پتاسیم و میکوریزا بر مقدار سدیم اندام هوایی نهال انار	۴۲
شکل ۴-۱۰	تأثیر کود پتاسیم بر غلظت سدیم بخش هوایی نهال انار	۴۳
شکل ۴-۱۱	تأثیر شوری بر مقدار سدیم اندام هوایی نهال انار	۴۳
شکل ۴-۱۲	تأثیر شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم بخش هوایی در نهال انار	۴۴
شکل ۴-۱۳	تأثیر کود پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در نهال انار	۴۵
شکل ۴-۱۴	تأثیر میکوریزا بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در نهال انار	۴۵
شکل ۴-۱۵	تأثیر متقابل کود پتاسیم و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی	۴۶
شکل ۴-۱۶	تأثیر سه گانه پتاسیم، میکوریزا و شوری بر مقدار فسفر اندام هوایی نهال انار	۴۷
شکل ۴-۱۷	تأثیر کود پتاسیم بر مقدار کلسیم اندام هوایی نهال انار	۴۸
شکل ۴-۱۸	تأثیر کود پتاسیم بر سطح برگ اندام هوایی نهال انار	۴۹
شکل ۴-۱۹	تأثیر شوری بر سطح برگ نهال انار	۴۹

- شکل ۲۰-۴ تاثیر کود پتاسیم بر شاخص کلروفیل نهال انار ۵۰
- شکل ۲۱-۴ تاثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص کلروفیل نهال انار ۵۱
- شکل ۲۲-۴ تاثیر سطوح مختلف شوری بر مقدار کلر اندام هوایی نهال انار ۵۲
- شکل ۲۳-۴ تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک ریشه نهال انار ۵۳
- شکل ۲۴-۴ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ریشه نهال انار ۵۴
- شکل ۲۵-۴ تاثیر شوری بر وزن خشک ریشه نهال انار ۵۴
- شکل ۲۶-۴ تاثیر متقابل کود پتاسیم و شوری بر وزن خشک نهال انار ۵۵
- شکل ۲۷-۴ تاثیر میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ای نهال انار ۵۶
- شکل ۲۸-۴ تاثیر شوری بر کلونیزاسیون ریشه های نهال انار ۵۷
- شکل ۲۹-۴ تاثیر کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم ریشه نهال انار ۵۸
- شکل ۳۰-۴ تاثیر شوری بر مقدار پتاسیم ریشه نهال انار ۵۹
- شکل ۳۱-۴ تاثیر سطوح شوری بر مقدار سدیم ریشه نهال انار ۶۰
- شکل ۳۲-۴ تاثیر متقابل کود پتاسیم و میکوریزا بر مقدار سدیم ریشه نهال انار ۶۰
- شکل ۳۳-۴ تاثیر متقابل کود پتاسیم و میکوریزا بر مقدار کلر ریشه نهال انار ۶۱
- شکل ۳۴-۴ تاثیر شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه نهال انار ۶۳
- شکل ۳۵-۴ تاثیر میکوریزا بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه ۶۳

فصل اول:

مقدمه

از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک است. خاک شور به خاکی گفته می‌شود که میزان نمک در آن به حدی باشد که از رشد گیاه جلوگیری کند. در واقع شوری مفهومی وابسته به گیاه است (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). اثرات شوری خاک، کم یا زیاد، تمامی اقلیم‌ها از مناطق گرمسیر مرطوب تا نواحی قطبی را در بر می‌گیرد. خاک‌های شور در تمامی سطوح، از نواحی اطراف دریا تا ارتفاعات بلند بیش از ۵۰۰۰ متری از سطح دریا (کوه‌های راکی)^۱ پراکنده‌اند (زارع و همکاران، ۱۳۹۳). از حدود ۲۳۰ میلیون هکتار از اراضی آبی جهان، ۷۷ میلیون هکتار (۳۰ درصد) تحت تنش شوری هستند. ۱۰ تا ۱۵ درصد از زمین‌های آبی، در معرض تنش شوری بوده و یا تولید خود را در اثر شوری از دست داده‌اند و هرساله حدود ۵ میلیون هکتار از زمین‌های دنیا به دلیل شوری بهره‌وری خود را از دست می‌دهند. در ایران نیز مساحت زمین‌های شور ۲۵ میلیون هکتار تخمین زده شده و ادعا می‌شود ۵۰ درصد زمین‌های تحت آبیاری، شور شده و یا در معرض شور شدن هستند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹).

برای مقابله با تنش شوری روش‌های مختلفی از جمله آبشویی خاک‌های شور، مدیریت مناسب آبیاری و کشت، استفاده از ارقام گیاهی مقاوم به شوری و کاربرد کودهای بیولوژیک وجود دارد. از مهمترین ریزموجودات مفید خاکزی، که قابلیت استفاده به عنوان یک کود بیولوژیک را دارد، می‌توان به قارچ‌های آربسکولار اشاره کرد (سادات و همکاران، ۱۳۸۹). قارچ‌های آربسکولار میکوریزا در سطح وسیعی از خاک‌ها وجود دارند. واژه میکوریزا (قارچ-ریشه) در سال ۱۸۸۵ توسط فرانک، گیاه‌شناس آلمانی، برای نوعی همزیستی متقابلاً مفید بین انواع خاصی از قارچ‌های خاکزی و سیستم ریشه‌ای گیاهان وضع گردید. میکوریزا از رایج‌ترین و سابقه‌دارترین ارتباط‌های همزیستی در سلسله‌ی گیاهی

¹ . Rocky Mountains

است. به طوری که اکثر گیاهان (حدود ۹۵ درصد گونه‌های گیاهان آوندی) لااقل یکی از تیپ‌های میکوریزی را دارا هستند. انواعی که به طور طبیعی توان برقراری این نوع همزیستی را ندارند، به عنوان موارد استثنایی، نام برده شده‌اند (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰). این قارچ‌ها نقش مهمی در بهبود رشد گیاهان تحت شرایط شور دارند، به نحوی که بعضی محققان آنها را به عنوان اصلاح‌کنندگان زیستی خاک‌های شور می‌نامند (حاجی نیا و همکاران، ۱۳۹۴). قارچ‌های میکوریزا با اتخاذ راه‌های مختلف و متفاوت اثرات سوء تنش شوری بر گیاه را تقلیل می‌دهند. از جمله آنها می‌توان به افزایش دسترسی به عناصر کلسیم و پتاسیم، کاهش نسبت سدیم به پتاسیم و سدیم به کلسیم، افزایش جذب فسفر و نیتروژن، افزایش در تقسیم کربوهیدرات‌ها و... اشاره کرد. نتایج پژوهش‌های انجام یافته نشان دهنده تاثیر مثبت کاربرد قارچ‌های میکوریزی بر افزایش تحمل به شوری در گیاهان مختلف است (زارع و همکاران، ۲۰۱۳). به دلیل اینکه قارچ‌های میکوریزا قادر به سازگاری به شرایط مختلف خاکی هستند (براندرت، ۱۹۹۱)، ممکن است موجب افزایش رشد گیاهان تحت شرایط شور گردند.

متأسفانه دخالت‌های غیراصولی انسان به خصوص از طریق مصرف زیاد و مکرر سموم قارچ‌کش و یا استفاده فراوان از کودهای فسفاتی، این همزیستی مفید را نیز مورد تهدید جدی قرار داده است. کوشش برای تولید مایه تلقیح از قارچ‌های میکوریزی و استفاده از آن در موارد لازم، راه مناسبی برای جلوگیری از خطر حذف و نابودی این موجودات مفید و کمک به بهبود تغذیه و رشد گیاه با بهره‌گیری از اثرات مفید این موهبت طبیعی است. از اثرات مفید این همزیستی توان جذب آب بیشتر و ایجاد مقاومت در گیاه در برابر خشکی، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، کمک به کاهش تنش‌های محیطی مانند حرارت، شوری، آلودگی خاک به فلزات سنگین، افزایش جذب عناصر مانند فسفر و پتاسیم و نیز افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زای ریشه را می‌توان نام برد (ملکوتی، ۱۳۸۴). در سال‌های اخیر با توجه به افزایش سریع جمعیت، نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی،

امکان‌پذیر نیست و باید بر افزایش تولید در واحد سطح که در آن کودها نقش اساسی را دارند، تاکید کرد. مصرف بهینه کودها از مهمترین عوامل افزایش عملکرد، بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، ارتقای سطح سلامت جامعه و موثرترین راه تحقق افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و پایداری تولید در دهه‌های آینده است. یکی از علل عمده پایین بودن عملکرد واحد سطح در باغ‌های میوه کشور نسبت به متوسط تولید جهانی، عدم مصرف متعادل کود و به عبارت دیگر تغذیه نامطلوب درختان میوه است (داورپناه و همکاران، ۱۳۹۱).

پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف گیاه بوده که در تنظیم pH، تنظیم فشار اسمزی، فعال کردن آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها، هدایت حرکات روزنه‌ای، فتوسنتز و انبساط سلولی نقش مهمی را ایفا می‌کند. همچنین باعث افزایش توان گیاه برای مقابله با آفات و بیماری‌ها، افزایش جذب آب و نفوذپذیری ریشه و کارایی بیشتر مصرف آب می‌شود (دخیل و همکاران، ۲۰۱۱).

تحقیقات نشان داده است که میزان غلظت پتاسیم گیاه در شرایط شور کاهش می‌یابد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱) و همچنین شوری موجب کاهش جذب و قابلیت دسترسی به عناصر کلسیم و پتاسیم می‌گردد. تنش شوری، سبب کاهش محتوای آب نسبی گیاه نیز می‌شود در حالی که پتاسیم نقش مهمی در حفظ محتوای آب نسبی در شرایط تنش شوری دارد. همچنین به نظر می‌رسد که تحمل به شوری گیاهان با جذب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم توسط گیاه افزایش می‌یابد و پتاسیم باعث کاهش آثار نامطلوب شوری بر گیاه می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که مصرف پتاسیم در خاک های شور، موجب افزایش تحمل گیاه به شوری می‌شود و علاوه بر رفع علائم کمبود پتاسیم، آثار منفی شوری را نیز کاهش و عملکرد را افزایش می‌دهد. (داورپناه، ۱۳۹۱). همانطور که گفته شد شوری خاک یکی از مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک است و با توجه به اینکه تعداد کمی از گیاهان قادر به سازگاری به شرایط شور می‌باشند، در این مناطق کشاورزان به دنبال گیاهانی مناسب برای این شرایط هستند. انار میوه‌ای گرمسیری تا نیمه گرمسیری است که در مناطق حاشیه

کوپر با تابستان‌های گرم و خشک محصول خوبی می‌دهد درحالی‌که این شرایط برای بسیاری از محصولات مناسب نمی‌باشد. ایران زادگاه انار است و انار ایران از نظر سطح زیر کشت، تولید، صادرات، تنوع ارقام و کیفیت محصول مقام اول دنیا را داراست. هرچند در سراسر کشور، باستثناء استان همدان، درخت انار وجود دارد، ولی نواحی حاشیه کوپر با تابستانهای گرم و خشک و آب و خاک نسبتاً شور مهمترین مناطق تولید اقتصادی انار محسوب می‌شوند (شاگری و همکاران، ۱۳۸۵).

از آنجا که اطلاعات کمی در ارتباط با تاثیر قارچ میکوریزا به عنوان یک کود بیولوژیک بر رشد انار موجود می‌باشد، در این تحقیق سعی شده که تاثیر این قارچ به همراه پتاسیم بر جذب عناصر غذایی و رشد انار مورد مطالعه قرار گیرد.

۲-۱ اهداف تحقیق

این تحقیق با اهداف زیر انجام گرفته است:

۱- تعیین الگوی جذب و نحوه پراکنش عناصر کلر، سدیم و پتاسیم

۲- تاثیر قارچ میکوریزا بر افزایش تحمل به شوری در انار

۳- بررسی تاثیر پتاسیم بر رشد انار در شرایط شور

فصل دوم:

بررسی منابع

۱-۲ انار

۱-۱-۲ مقدمه

انار یکی از محصولات گروه میوه‌های نیمه گرمسیری و از گیاهان بومی آسیای مرکزی و غربی بوده و می‌توان گفت که زادگاه اصلی آن فلات ایران است (محسنی، ۱۳۸۹).

انار درخت کوچکی است که در اقلیم‌های خشک، نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای رشد و بازدهی خوبی دارد. قسمت‌های وسیعی از ایران که در محدوده کویر مرکزی (دشت کویر و کویر لوت) واقع شده است، دارای شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک است، در نتیجه درختان انار می‌توانند در چنین شرایطی اهمیت زیادی داشته باشند. در تمام استان‌های حاشیه کویر مرکزی کشور، کشت و کار انار از روزگار قدیم به عنوان یک محصول با جنبه‌های گوناگون اقتصاد معیشتی، فضای سبز، زیست محیطی و تغذیه ای برای ساکنین محل اهمیت ویژه ای داشته است و لذا سطح زیر کشت، تنوع ارقام، میزان رشد و باردهی درخت و همچنین کیفیت محصول آن قابل توجه است. انار علاوه بر اینکه در نواحی نیمه گرمسیری رشد و باردهی خوبی دارد، نسبت به عوامل نامساعد اکولوژیکی نیز بسیار مقاوم است انار در اکثر کشورهای اروپایی و آمریکایی به صورت خیلی محدود و به عنوان درخت زینتی کاشته می‌شود ولی در کشورهای شمال آفریقا، اطراف دریای مدیترانه، و جدیداً در آمریکا و چین به صورت باغ میوه پرورش داده می‌شود (محسنی، ۱۳۸۹).

۲-۱-۲ خصوصیات گیاهشناسی

انار با نام علمی *Punica granatum L.* از شاخه‌ی پیدازادگان و رده نهاندانگان است که متعلق به کوچک‌ترین تیره گیاهی یعنی انارسانان^۱ می‌باشد. این تیره دارای یک جنس به نام پونیکا و

^۱ . Punicaceae

دو گونه‌ی گراناتوم و پروتوپونیکا است. گونه‌ی گراناتوم بومی ایران و نواحی مدیترانه است و دارای ۲-۳ ردیف برچه می‌باشد که وارپته‌های زیادی اعم از خوراکی و زینتی در آن وجود دارد. گونه‌ی پروتوپونیکا^۱ یا انارهای غیرخوراکی، یک ردیف برچه دارند که رویشگاه طبیعی آن جزایر سوکوترا در جنوب یمن می‌باشد (محسنی، ۱۳۸۹).

۳-۱-۲ شرایط آب و هوایی و خاک مناسب احداث باغ انار

اگرچه درخت انار به صورت طبیعی در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی رشد می‌نماید ولی مهم‌ترین عامل محدود کننده برای کاشت آن، دمای محیط (به خصوص دمای حداقل) می‌باشد. این درخت به انواع خاک‌ها سازگاری نشان می‌دهد ولی به خاک‌هایی که دارای زهکشی کمی باشند حساس بوده و در صورت بالا بودن آب زیرزمینی نمی‌تواند باردهی مناسب داشته باشد. بهترین خاک جهت کشت انار، خاک‌های رسی- شنی یا شنی- رسی با میزان pH بین ۷/۵ تا ۸/۵ است. بافت شنی، رشد ریشه و تهویه آن را آسان می‌کند و بافت رسی، رطوبت خاک را بهتر نگه می‌دارد. رشد انار در خاک های رسی سنگین بی نهایت کند بوده و درختان در این نوع خاک‌ها ضعیف، زرد و پژمرده به نظر می‌رسند و اکثرا مبتلا به پوسیدگی طوقه می‌گردند (محسنی، ۱۳۸۹).

درخت انار بهترین محصول را در مناطقی با تابستان های گرم و طولانی تولید می‌نماید. محدوده کاشت آن تا ۴۱ درجه‌ی عرض شمالی و جنوبی همراه با درختان انجیر و زیتون می‌باشد. حداکثر و حداقل ارتفاع مناسب برای کشت آن از چند متر پایین‌تر از سطح دریا تا ارتفاع ۲۰۰۰ متر می‌باشد که بهترین محصول را تا ارتفاع ۱۲۰۰ متری از سطح دریا تولید می‌کند. باید توجه داشت که انار میوه

^۱ . *P. protopunica* L.

اختصاصی مناطق نیمه گرمسیری است زیرا گرمای زیاد باعث سوختگی و سرمای زیاد سبب ترکیدگی میوه آن گشته و از لطافت پوست و مرغوبیت آن می‌کاهد (محسنی، ۱۳۸۹).

۴-۱-۲ روش های ازدیاد

انار را می‌توان به وسیله بذر، خوابانیدن، پاجوش، قلمه، نهال (قلمه ریشه‌دار) و پیوند تکثیر کرد که روش تهیه نهال آسان و رشدش سریع‌تر از سایر روش‌ها بوده و در حال حاضر بهترین، رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش ازدیاد انار است (محسنی، ۱۳۸۹).

۵-۱-۲ ارقام تجاری

مهم‌ترین ارقام تجاری که بیش از ۹۵ درصد صادرات ایران را شامل می‌شوند عبارتند از: ملس ساوه، ملس یوسف خانی ساوه، شیشه کپ، رباب، نادری و... که مهم‌ترین خصوصیات این ارقام عبارتند از: پوست قرمز و نسبتا کلفت، دانه قرمز تا سیاه، مزه‌ی ملس و دیررس. یکی از مهم‌ترین و عمده‌ترین ارقام تجاری دنیا رقم واندر فول است که بسیار شبیه به ارقام تجاری ایرانی از جمله ملس ساوه می‌باشد (مهربانیان و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲ شوری

۱-۲-۲ مقدمه

تنش شوری ممکن است اولین تنش شیمیایی باشد که موجودات زنده در طول تکامل با آن مواجه شده‌اند. وجود خاک‌های شور در کره زمین پدیده‌ای طبیعی است، زیرا نزدیک به ۷۵ درصد از سطح این سیاره خاکی را دریا‌هایی پوشانیده که غلظت نمک آنها زیاد بوده و حاوی یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم می‌باشد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

به علت تغییر اقلیم و افزایش میزان تبخیر در مناطق نیمه خشک اثرهای شوری و تنش‌های خشکی به یک مشکل جدی تبدیل خواهد شد. افزایش رشد جمعیت، بهره برداری‌های زیاد از منابع

آبی و کاهش بارندگی در اثر گرم شدن جهانی مشکلات نامبرده را در ایران بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهد. تبخیر زیاد ناشی از گرم شدن بیشتر هوا منجر به تجمع بیشتر نمک بر سطح خاک می‌گردد. بنابراین جای تعجب نیست که افزایش تدریجی شوری آب‌های آبیاری و خاک‌های اراضی کشاورزی در مقابل تولید مطلوب گیاهان زراعی مورد توجه قرار گیرد. گیاهان نیز در طی تکامل خود در چنین مکان‌هایی ظاهر شده‌اند و ظرفیت سازگاری با چنین محیط‌هایی را پیدا نموده‌اند.

شوری یکی از تنش‌های غیرزنده محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان محسوب می‌گردد (مانس، ۲۰۰۵). پدیده شوری در تمام نواحی جهان از سطح دریا تا ارتفاعات را در بر دارد. سازمان خوار و بار جهانی آمار پراکنش نواحی اراضی شور را ارائه نموده است که بر اساس آن بیش از ۸۰ درصد زمین‌های جهان متأثر از پدیده شوری است (فائو، ۲۰۰۸). این میزان وسعت در واقع ۶ درصد سطح کل اراضی خشک جهان را شامل می‌گردد (رنگاسامی، ۲۰۰۲). همچنین در حدود ۳۰ درصد پهنه کشور ایران را اراضی شور شامل می‌گردد.

هوادیدگی سنگ بستر موجب آزادسازی نمک‌های محلول مانند کلر، سدیم، کلسیم و منیزیم و به میزان کمتر عناصر گوگرد و کربنات می‌گردد (سزابولکس، ۱۹۸۹). کلرید سدیم نمک غالب خاک‌های مناطق شور است. نمک‌های حمل شده از دریا و اقیانوس‌ها نیز از دیگر عوامل شور شدن خاک‌هاست که نواحی مجاور و یا نزدیک‌تر به دریا و اقیانوس‌ها را بیشتر متأثر می‌سازد. به کارگیری سامانه‌های نامناسب آبیاری و زراعی از عوامل ثانویه شوری خاک اراضی کشاورزی است (مانس و تستر ۲۰۰۸). آبیاری با آب با کیفیت پایین و سامانه‌های آبیاری ناکارآمد از عوامل افزایش میزان شوری در مناطق مدیترانه گزارش گردیده است (پارانیچیاناکیس و چارتزولاکیس، ۲۰۰۵). در حدود ۳۲ میلیون هکتار از ۱۵۰۰ میلیون هکتار اراضی تحت کشت (۲ درصد) به درجات مختلف، تحت تاثیر شوری ثانویه‌اند (مانس و تستر، ۲۰۰۸). شوری، تغلیظ میزان زیاد نمک‌های محلول است. خاکی که قابلیت

هدایت الکتریکی آن ۴ و یا بیشتر از ۴ دسی زیمنس بر متر باشد شور نامیده می‌شود (وزارت کشاورزی آمریکا، ۲۰۰۸). این میزان شوری معادل ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم است که موجب ایجاد فشاری معادل ۰/۲ مگاپاسکال می‌گردد (مانس و تستر، ۲۰۰۸). شوری بر اساس تعریف شانون و گریو (۱۹۹۹)، عبارت از حضور بیش از اندازه نمک‌های قابل حل و عناصر معدنی در محلول آب و خاک است که منجر به تجمع نمک در ناحیه ریشه شده و گیاه را در جذب آب کافی از محلول خاک با اشکال روبرو می‌کند. رودز و همکاران (۲۰۰۲)، واژه شور را به خاک‌هایی اطلاق کردند که بیش از ۰/۱ درصد وزنی نمک دارند. حد بحرانی نمک برای گیاهان ۰/۵ درصد وزن خشک می‌باشد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

سدیم، کلسیم، منیزیم و پتاسیم اصلی‌ترین کاتیون‌ها و کلر، سولفات، بی‌کربنات و نیتрат، آنیون‌های اصلی محلول شوری خاک را تشکیل می‌دهند (مانچادا و گارج، ۲۰۰۸). در خاک‌های بسیار شور عناصر دیگری مانند استرانسیم، بر، سیلیس، مولیبدن، باریم و آلومینیوم نیز وجود دارد (هو و اشمیت‌هالر، ۲۰۰۲).

۲-۲-۲ شور شدن خاک به وسیله آب

قاسمی و همکاران (۱۹۹۵) شوری را به دو دسته شوری اولیه و ثانویه تقسیم کردند. شوری اولیه در اثر بالا بودن نمک در سنگ مادری و یا وجود یک لایه کم‌عمق آب زیرزمینی شور می‌باشد و همچنین در مناطق خشک و نیمه خشک که میزان بارندگی کمتر از تبخیر و تعرق است، موجب کاهش شستشوی نمک از سطح خاک و تجمع نمک می‌شود. شوری ثانویه در اثر آبیاری زمین‌های زراعی و عدم رعایت میزان آبیاری کافی، جنگل زدایی و طغیان رودخانه‌ها ایجاد می‌شود. تمام آب‌های آبیاری حاوی مقداری املاح می‌باشند و کیفیت آن‌ها نه تنها بستگی به میزان املاح دارد بلکه به نوع یون‌های موجود و نسبت آن‌ها نیز بستگی دارد. بر اساس هدایت الکتریکی، آزمایشگاه تحقیقات شوری آمریکا آب‌ها را به چهار گروه شوری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم نموده است. مرزهای

این گروه‌ها عبارتند از: ۲۵۰، ۷۵۰، ۲۲۵۰ و ۵۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر در ۲۵ درجه سانتیگراد (سالاردینی، ۱۳۸۰). هدایت الکتریکی خاک غیرشور پس از مدتی آبیاری ممکن است حتی ۲ تا ۱۰ برابر هدایت الکتریکی آب آبیاری، شود. علت افزایش غلظت املاح در خاک، تبخیر دائم آب و جذب آن به وسیله ریشه گیاه و باقی‌گذارن املاح در خاک است.

۳-۲-۲ اثر شوری بر گیاه

شوری از سه طریق موجب ایجاد تنش بر گیاه می‌شود:

۱- عدم سهولت جذب آب توسط ریشه که ناشی از غلظت زیاد نمک‌هاست و به این اثر اصطلاحاً اثر اسمزی می‌گویند.

۲- ایجاد سمیت به سبب غلظت زیاد برخی عناصر مانند کلر و سدیم و بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای گیاه که اصطلاحاً اثر اختصاصی یونی^۱ نامیده می‌شود.

۳- عدم جذب کافی برخی عناصر ضروری که نتیجه اثر بالا است.

عدم تعادل یونی و تنش بالای اسمزی ناشی از غلظت های بالای نمک منجر به کاهش رشد در اغلب گیاهان می‌گردد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

شوری، دسترسی به عناصر غذایی، رشد و فرایندهای سلولی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین موجب زوال زود هنگام برگ‌ها شده و سرعت نمو و گسترش برگ‌های جدید را به تاخیر می‌اندازد و همچنین ترکیب و غلظت نمک‌های محلول در منطقه رشد ریشه از دو طریق عدم توازن در فشار اسمزی و سمیت یون‌ها رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فشار اسمزی بالا پتانسیل آبی را کاهش می‌دهد و از این طریق رشد را محدود می‌سازد. گیاه تحت چنین شرایطی برای جذب آب

¹ . Specific Ion Effects

به انرژی بیشتری نیازمند است (بن-گال و همکاران، ۲۰۰۹). میزان یون های سدیم و کلر تحت شرایط شوری زیاد است که این دو عنصر نه تنها مانع دسترسی گیاه به کلسیم و پتاسیم شده بلکه تحرک و انتقال کلسیم و پتاسیم به بخش های مختلف گیاه را نیز کاهش و از این طریق کمیت و کیفیت گیاه را کاهش می دهند (کوهلر و همکاران، ۲۰۰۹). کاهش غلظت پتاسیم در گیاه تحت تنش شوری به وسیله گرینوی و مانس (۱۹۸۰) و دویت و همکاران (۱۹۸۱) گزارش گردید. به علاوه بسیاری از مطالعات نشان داد که ممکن است غلظت های بالای کلرید سدیم در محلول خاک نسبت سدیم به کلسیم و سدیم به پتاسیم در گیاه را به نفع سدیم تغییر دهد و در این صورت منجر به کاهش عملکرد گیاه گردد (سیوریتپه و همکاران، ۲۰۰۳). تغییر در نسبت سدیم به پتاسیم تحت تاثیر دو عامل غلظت شوری و نوع رقم گیاهی است. زنگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که رقم هایی از گندم متحمل به شوری از جذب بیشتر پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم بیشتر تحت تنش های شوری برخوردار بودند.

تنش شوری به واسطه کاهش جذب و انتقال فسفر موجب ایجاد کمبود فسفر در گیاه می گردد (مارتینز و لاجلی، ۱۹۹۱) زیرا در سطوح بالای شوری، فسفر رسوب کرده و گیاه قادر به جذب آن نمی باشد. کاهش در میزان فتوسنتز گیاهان تحت تنش شوری به وسیله بسیاری از پژوهشگران گزارش گردیده است از جمله در مطالعه (کایا و همکاران، ۲۰۰۹) بر روی فلفل، با افزایش شوری در محیط، فتوسنتز کاهش یافت.

۴-۲-۲ تحمل گیاهان به شوری

گیاهان از نظر تحمل به شوری متفاوت می باشند و از این نظر به سه گروه حساس، نیمه حساس و بسیار متحمل به شوری تقسیم بندی می شوند. همچنین عکس العمل گیاهان در برابر میزان یون ها یکسان نمی باشد. درختان میوه نسبت به مقدار زیاد کلرورسدیم حساسیت دارند در حالیکه در مقابل سولفات مقاوم می باشند. در صورتی که گیاهان صحرایی و سبزی ها حساسیت کمتری نسبت به سدیم

و کلر دارند و حساسیت آن‌ها در مقابل این یون‌ها برابر سولفات می‌باشد (سالاردینی، ۱۳۸۰). برنج (*oryza sativa*) از بین خانواده غلات حساس‌ترین و جو زراعی متحمل‌ترین آنها به شوری‌اند. گندم تحملی متوسط و گیاه *Tall wheat Grass* مقاوم به شوری است (زارع و همکاران، ۱۳۹۳). انار نیز به همراه لیموترش، انجیر و زیتون جزو گیاهان نیمه مقاوم به شوری هستند که تا ۱۵ میلی اکیوالان کلر در لیتر عصاره اشباع را تحمل می‌کنند (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸).

۵-۲-۲ پاسخ گیاه به شوری

کاهش رشد مهمترین واکنش گیاه به شوری خاک است. به صورت ساده تجربه‌های رشدی نشان داده که پاسخ گیاهان به تنش شوری دو مرحله ای است: یکی کاهش رشد بخش هوایی ناشی از فشار اسمزی بالا در خارج از ریشه که پاسخی سریع است (تنش اسمزی) و دیگری پاسخی تدریجی است که به تجمع نمک در برگ‌ها (تنش یونی) داده می‌شود (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

در ابتدا شوری از جذب آب توسط ریشه ممانعت کرده و از این طریق موجب کاهش رشد گیاه می‌گردد. این فرآیند را اثر اسمزی، اثر کمبود و یا تنش آب ناشی از شوری می‌نامند (ماننس، ۲۰۰۵).

کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، عامل کمبود آب تحت شرایط شوری است. متعاقب آن فشار آماس (تورگر) سلول کاهش می‌یابد و از آنجا که کاهش فشار آماس (تورژسانس) سلول در ارتباط مستقیم با رشد بافت می‌باشد، بنابراین اصلی‌ترین علت بازدارندگی توسعه‌ی سلولی تحت شرایط شوری کاهش فشار تورژسانس سلول است. شوری از طریق سیستم انتقال وارد گیاه و سپس داخل سلول گیاهی و نهایتاً موجب آسیب رساندن به آن می‌گردد (گرینوی و ماننس، ۱۹۸۰).

تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها به واسطه‌ی جریان نقل و انتقال یک فرآیند زمان‌بر در گیاهان تحت تنش شوری است (ماننس و ترمات، ۱۹۸۶). ممکن است تجمع یون‌های سدیم و کلر در فضای بین سلولی منجر به سمیت یون‌ها در ترکیبات سلولی گردد (گرین وی و ماننس، ۱۹۸۰). رشد

گیاهان به واسطه‌ی جذب زیاد یون‌های کلر و سدیم کاهش می‌یابد. توازن در دسترسی به سایر عناصر، جذب و پراکنش عناصر داخل گیاه با افزایش محتوای یون‌های کلر و سدیم در گیاه برهم می‌خورد و نیاز گیاه به جذب عناصر ضروری را افزایش می‌دهد (گرین وی و ماننس، ۱۹۸۰؛ گراتان و گرایو، ۱۹۹۲). ماس (۱۹۹۳)، دو فاز را در پاسخ رشد گیاه به شوری پیشنهاد می‌کند. کاهش رشد گیاه در طول مرحله اول را کمبود آب قابل دسترس می‌داند که سریعاً بعد از اعمال تنش شوری اتفاق می‌افتد و در مرحله دوم تجمع شوری در شاخه‌ها و تجمع یون‌های سمی علت کاهش رشد بیان می‌گردد. زمان رخداد این مرحله بستگی به شدت تنش و تحمل گیاه دارد. معمولاً اثر شوری در کاهش میزان عملکرد کمتر از تاثیر آن بر رشد گیاه است.

نتایج متناقضی در مورد تاثیر شوری بر میزان رشد ریشه و بخش هوایی گیاه گزارش شده است. میزان کاهش رشد این دو جزء، تحت تاثیر میزان شوری و نوع گیاه است. به عنوان نمونه کوردوویلا و همکاران (۱۹۹۹)، در مطالعه باقلای قرار داده شده تحت شرایط شوری گزارش دادند که میزان عملکرد ماده خشک ریشه و بخش هوایی کاهش یافت. در مقابل، ماده خشک بخش هوایی گیاه نخود، تحت شوری بیش از ریشه کاهش یافت. سراج و همکاران (۲۰۰۱) اثرات کوتاه مدت شوری ناشی از کلرید سدیم را بر رشد ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق بیان کننده کاهش وزن خشک بخش هوایی در برخی از ژنوتیپ‌ها بود. میزان کاهش وزن خشک بخش هوایی این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد، ۸۳ درصد گزارش گردید.

افزایش غلظت کلرید سدیم منجر به تجمع یون‌های سمی کلر و سدیم در گیاه می‌گردد. همچنین تجمع سدیم در سیتوسول سلول نیز از پیامدهای افزایش غلظت شوری در خاک است. وجود نامناسب یون سدیم در بیرون و درون سلول اثر منفی بر جذب و توازن عناصر ضروری گیاه مانند پتاسیم و کلسیم خواهد داشت. اثر متقابل بین کلسیم و ترکیبات سلولی مانند دیواره سلولی و غشای فسفولیپیدها به غلظت سمیت میزان کاتیون‌هایی مانند سدیم حساس است. از اثرات تنش شوری

تأثیر آن بر نقل و انتقال عناصر غذایی به واسطه سطوح بالای شوری است. سیستم نقل و انتقال به واسطه حضور میزان زیاد یون‌ها مانند کلر و سدیم متوقف می‌گردد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

فرانسیسکو و همکاران (۱۹۹۰) بیان داشتند که افزایش در میزان شوری با تجمع سدیم و کلر در گیاه نخود همبستگی مثبت دارد. به عبارت دیگر غلظت منیزیم، پتاسیم و فسفر به طور معنی دار با افزایش میزان غلظت نمک خاک، کاهش می‌یابد. میزان غلظت سدیم در ریشه، ساقه و برگ گیاهان خانواده بقولات تحت شوری افزایش می‌یابد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

شوری با ممانعت نمودن از جذب سایر عناصر، توازن عناصر گیاه را تغییر می‌دهد. به عنوان نمونه ال-همدائویی و همکاران (۲۰۰۳)، گزارش دادند که شوری موجب کاهش میزان بر، کلسیم، پتاسیم و آهن برگ و ساقه گیاه نخود گردید.

از آنجا که تنش شوری در بردارنده‌ی تنش اسمزی و یونی است، کاهش رشد به طور مستقیم با غلظت نهایی نمک‌های محلول یا پتانسیل آبی خاک ارتباط دارد (گرینوی و ماننس، ۱۹۸۰). اثر مضر شوری در سطح کل گیاه به صورت مرگ گیاه و یا کاهش در تولید دیده می‌شود. تنش شوری تمامی فرآیندهای گیاهی شامل رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم انرژی و چربی‌ها را کاهش می‌دهد. شوری نه تنها موجب کاهش میزان رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد بلکه موجب بروز اثرات سوء بر ساختار فیزیکی-شیمیایی خاک نیز می‌گردد که در نهایت منجر به برهم خوردن توازن در محیط زیست گیاه می‌گردد. از آثار مضر شوری، کاهش تولیدات کشاورزی، کاهش درآمد و اقتصادی نبودن کشاورزی در اثر هزینه‌های بالای کشت، بازیافت آب، مدیریت و فرسایش خاک (ناشی از تخریب و از هم گسیختگی خاک) است. همچنین در اثر شوری تعادل بوم نظام از بین می‌رود. گیاهان شورزیست در اثر تغییر شوری و استفاده از آب‌های شور جایگزین گیاهان غیر شورزیست شده و در نهایت پوشش گیاهی یک منطقه تغییر می‌یابد. هرچند همگی گیاهان زراعی قادر به رشد، تحت چنین

شرایطی می باشند اما در نهایت شوری منجر به کاهش میزان عملکرد در تمامی آنها می گردد (مانچاندا و گارج، ۲۰۰۸). شوری به طور مستقیم و غیر مستقیم منجر به کاهش در تقسیم سلولی و کاهش طویل شدن سلول ها در نواحی رشد گیاه می گردد. برگ ها و ساقه های گیاه در اثر شوری از رشد باز می ایستند (سینگ و چاترات، ۲۰۰۱). سلول های مزوفیل نردبانی برگ در اثر تجمع کلر، طویل شده و در نهایت گوشتی می گردند. چنین تغییری در سلول های مزوفیل نردبانی از طریق کاهش میزان انتشار دی اکسید کربن به کلروپلاست بر میزان فتوسنتز تاثیرگذار خواهد بود. تنش شوری موجب کاهش محتوای ماده خشک، افزایش نسبت رشد ریشه به ساقه، کاهش اندازه برگ و در نتیجه کاهش میزان عملکرد در گیاه می گردد (سینگ و چاترات، ۲۰۰۱). از اثرهای شوری محدود شدن گسترش سطح برگ و نیز کاهش تداوم و توسعه و دوام برگ است. همچنین تنش شوری جذب عناصر به گیاه را مختل می کند. تحت چنین شرایطی جذب یکسری عناصر ضروری گیاه کاهش و جذب برخی عناصر سمی افزایش می یابد. آزمایش ها نشان داده است در شرایطی که میزان کلسیم در حد مناسبی باشد، در اثر القای شوری میزان جذب کلسیم کاهش و گیاه اثر کمبود آن را نشان می دهد (مانچاندا و گارج، ۲۰۰۸).

۲-۲-۶ مقاومت به شوری در انار

برنشتاین (۱۹۶۵) درختان میوه را بر اساس مقاومت آنها به شوری، طبقه بندی کرده است. بر اساس این طبقه بندی، در درختان انار، انجیر و زیتون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۴-۶ میلی موس بر سانتی متر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۰ درصد می شود (محسنی، ۱۳۸۹). همچنین براساس داده های منتشر شده توسط ماس و هافمن (۱۹۷۷) چنانچه متوسط شوری عصاره اشباع در منطقه توسعه ی ریشه ها به ۱۴ میلی موس بر سانتی متر برسد، گیاه قادر به رشد نخواهد بود و و برای اینکه شوری عصاره اشباع به ۱۴ برسد، با توجه به رابطه زیر، باید شوری آب آبیاری ۹/۳ دسی زیمنس بر متر باشد.

$$EC_e = 1.5 \times EC_w$$

که در این رابطه، EC_e شوری عصاره اشباع خاک و EC_w شوری آب آبیاری است. (محسنی، ۱۳۸۹).

پاتیل و واقمار (۱۹۸۲)، تحمل قلمه‌های انار را در شوری‌های مختلف آب آبیاری مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد، انار در شرایطی که قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک کمتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر باشد، قابل کشت است و هدایت الکتریکی عصاره اشباع تا ۸ دسی زیمنس بر متر یک محدوده بی‌خطر برای کشت انار می‌باشد. همچنین ماس (۱۹۸۶) انار را جزء گیاهان نسبتاً مقاوم به شوری طبقه‌بندی نموده است و متذکر شده است که تحمل گیاهان به شوری آب و خاک با توجه به بافت خاک و شرایط آب و هوایی منطقه می‌تواند دارای واکنش‌های مختلف باشد.

۳-۲ پتاسیم

۱-۳-۲ مقدمه

پتاسیم عمده‌ترین کاتیون گیاه است. پتاسیم نیز مانند ازت و فسفر جزو عناصر پر مصرف مورد نیاز گیاه می‌باشد. میزان پتاسیم در خاک‌های مختلف متفاوت است، ولی آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک، که به صورت قابل تبادل یا قابل استفاده گیاه باشد ناچیز است. به‌طور کلی تئوری قدیمی که خاک‌های ایران پتاسیم به مقدار کافی داشته و در آنها نیاز به مصرف کودهای پتاسیمی نمی‌باشد در حال حاضر با توجه به موارد زیر مورد تایید نیست:

۱- کشت ارقام پرتوقع

۲- تامین غذای کافی و با کیفیت برای همه

۳- انتظار افزایش تولید تا سقف پتانسیل

۴- تخلیه پتاسیم خاک‌های زراعی و باغی

۵- نیاز فراوان گیاهان زراعی و باغی به پتاسیم (ملکوتی، ۱۳۸۴).

۲-۳-۲ اثر پتاسیم بر رشد و نمو گیاه

نقش پتاسیم شدت بخشیدن به سنتز و تحرک کربوهیدرات‌هاست که در نتیجه باعث ضخیم شدن دیواره‌ی سلولی و افزایش مقاومت ساقه‌ها می‌گردد. بنابراین کمبود پتاسیم گاهی منجر به شکستگی یا افتادن ساقه می‌شود. پتاسیم باعث بالارفتن میزان قند در چغندر قند و نیشکر می‌شود. گیاهان غده‌ای نظیر سیب‌زمینی نیاز به مقدار زیادی پتاسیم قابل استفاده دارند. روی هم رفته اضافه کردن مقدار کافی پتاسیم به خاک مانع گوشتی و آبدار شدن برگ‌ها گردیده و در نتیجه امراض گیاهی را کاهش می‌دهد. طبق نتایج موجود به نظر می‌رسد هنگامی که یونجه به مقدار کافی پتاسیم دریافت نماید در مقابل خطرات یخبندان کمتر آسیب می‌بیند (محمودی و همکاران، ۱۳۸۶). به طور کلی پتاسیم مقاومت گیاهان را در برابر کم‌آبی، خطرات سرمازدگی، آفات و بیماری‌ها افزایش می‌دهد، تحمل گیاه به شوری را بیشتر، تنش رطوبتی را کاهش و تنش‌های اقلیمی را به حداقل می‌رساند (ملکوتی، ۱۳۸۴). دیلون و همکاران (۲۰۰۹)، با کاربرد فسفر و پتاسیم روی درختان انار رقم قندهار بیان کردند که کاربرد فسفر و پتاسیم سبب افزایش عملکرد انار شده است.

۳-۳-۲ مکانیزم جذب پتاسیم

میزان پتاسیم موجود در محلول خاک در مقایسه با نیاز گیاه بسیار کم بوده و در صورتی که جذب پتاسیم به همان نسبتی که در محلول خاک وجود دارد صورت گیرد مقدار پتاسیم جذب شده بسیار ناچیز می‌باشد. بنابراین پخشیدگی پتاسیم از جانب سطوح تبادل کاتیونی به طرف ریشه‌ها نقش مهمی در جذب پتاسیم خاک به وسیله‌ی گیاه دارد. در آزمایشی که روی گیاه سویا انجام گردیده است دریافته‌اند که تقریباً ۹۰ درصد پتاسیم از طریق پخشیدگی جذب می‌گردد و بقیه آن به وسیله پدیده‌ی جریان انبوه و یا تماس مستقیم ریشه‌ها بدست می‌آید و از آنجا که تماس مستقیم ریشه‌ها حدوداً یک درصد سطح را در واحد حجمی خاک شامل می‌شود در نتیجه مقدار پتاسیمی که از این

طریق جذب می‌گردد خیلی ناچیز است. گیاهان پتاسیم را به صورت K^+ و عمدتاً از محلول خاک و مقادیر کمی هم از طریق تبادل تماسی از سطوح تبادل کاتیونی بدست می‌آورند. پتاسیم محلول و پتاسیم تبدالی هر دو قابل استفاده بوده و اگر پتاسیم تبدالی را از خاک خارج کنیم پتاسیم قابل استفاده خارج می‌گردد (چون پتاسیم محلول نیز خارج می‌شود) و در نتیجه گیاه برای تامین نیاز پتاسیم می‌باید متکی به پتاسیم تثبیت شده و یا پتاسیمی باشد که از طریق هواپدیدی کانی‌ها ایجاد می‌گردد (محمودی و همکاران، ۱۳۸۶).

۲-۳-۴ نتایج کمبود پتاسیم

پتاسیم عنصری پویا بوده و در صورت کمبود، به بافت‌های جوان زاینده گیاه منتقل می‌شود. کمبود پتاسیم ابتدا در برگ‌های پایینی و در صورت کمبود بیشتر در برگ‌های جوان و بالایی پدیدار می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸۴).

کمبود پتاسیم در اکثر گیاهان معمولاً به صورت سوختگی برگ^۱ ظاهر می‌گردد. به عنوان مثال نیاز ذرت به پتاسیم را می‌توان از روی زرد شدن نوک و لبه برگ‌های تحتانی گیاه تشخیص داد. تغییر رنگ مزبور مانند کمبود ازت به طرف رگبرگ اصلی گسترش نمی‌یابد بلکه به تدریج از نوک و لبه‌های برگ به طرف بالا و داخل برگ پیشروی می‌نماید (محمودی و همکاران، ۱۳۸۶). بر اثر کمبود پتاسیم، استحکام ساقه غلات کم شده (احتمال وقوع ورس) و کناره برگ‌های جوان به حالت نقطه نقطه و قهوه‌ای سوخته درمی‌آید. کمبود پتاسیم مقاومت گیاهان را در برابر بیماری‌ها و آفات کاهش می‌دهد. در صورت نبود پتاسیم کافی، کیفیت برخی از محصولات مخصوصاً میوه‌ها و سبزی‌ها پایین می‌آید، مثلاً دانه‌های انگور در تاکستانی که پتاسیم کافی داشته باشد درشت‌تر، شاداب‌تر و شیرین‌تر خواهد

¹ Leaf Scorch

بود (ملکوتی، ۱۳۸۴). پتاسیم در نگهداری آب کافی در اندام‌های گیاهی نقش مهمی را برعهده دارد. رابطه پتاسیم و پروتئین از اهمیت ویژه‌ای در سوخت و ساز گیاهی برخوردار است. ازت غیر پروتئینی بر اثر کمبود پتاسیم در گیاه تجمع یافته و نهایتاً از میزان تبدیل آن به پروتئین کاسته می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸۴).

۲-۳-۵ پتاسیم در شرایط شور

برای ادامه‌ی زندگی گیاه در محیط‌های شور، وجود مقدار کافی پتاسیم لازم است. پتاسیم شاخص‌ترین عنصر محلول در بین ترکیبات معدنی گیاه بوده و نقش مهمی در پایین نگه‌داشتن پتانسیل اسمزی استوانه مرکزی سلول‌های ریشه بر عهده دارد. پتانسیل اسمزی پایین برای برقراری تعادل آب در داخل گیاه و انتقال نمک‌ها در آوند چوبی با فشار تورژسانس، لازم است. به طور معمول خاک‌های شور دارای مقادیر متوسط تا فراوان پتاسیم هستند اما بخش زیادی از پتاسیم محلول طی فرآیند آبشویی از نیم‌رخ خاک خارج و در نتیجه از دسترس گیاهان خارج می‌شود. در شرایط شور و یا سدیمی، غلظت بالای سدیم نه تنها سبب جلوگیری از کارکرد پتاسیم در ریشه‌ها می‌شود، بلکه ممکن است غشاهای سلولی ریشه را خراب کرده و قابلیت آنها را در ورود انتخابی یون‌ها تغییر دهد (کافی و همکاران، ۱۳۹۱).

شوری علاوه بر اختلال در جذب پتاسیم، نیاز بافت‌های گیاه به این عنصر را افزایش می‌دهد. اگرچه ممکن است سدیم بتواند به تورژسانس گیاه کمک کند اما نمی‌تواند نقش ویژه پتاسیم در فعال‌سازی آنزیم‌ها و ساخت پروتئین را به طور کامل انجام دهد. در شرایط تنش، وجود غلظت بالایی از پتاسیم در روزه‌ها برای ایجاد ظرفیت مناسب فتوسنتز لازم است. نتایج آزمایشی در محلول‌های غذایی نشان داد که نیاز پتاسیم برگ‌های اسفناج در شرایط شور (۲۵۰ میلی مولار کلرید سدیم)، دو برابر محیط‌های غیرشور بوده است (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹). کاهش در میزان غلظت پتاسیم و نسبت

پتاسیم به سدیم تحت شرایط شور توسط راش و اپسین (۱۹۸۷) و جکسون و وولک (۱۹۹۷) نیز گزارش شد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

نتایج آزمایش‌های انجام شده در محیط‌های کشت بدون خاک نشان می‌دهد که برای کاهش اثرهای زیان‌آور سدیم بر جذب و انتقال پتاسیم در گیاه، می‌توان مقداری پتاسیم به محیط اضافه کرد. در همین ارتباط، افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در محیط خارجی باعث بهبود رشد گوجه فرنگی، ذرت، لوبیا و آفتابگردان شده است (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۹).

۴-۲ قارچ میکوریزا

۱-۴-۲ مقدمه

برای مقابله با تنش شوری روش‌های موفقیت آمیز مختلفی مانند تولید گیاهان متحمل به شوری از طریق مهندسی ژنتیک یا آبسویی خاک‌های شور ارائه گردید، اما روش‌های مذکور با وجود کارایی، نیاز به فناوری پیچیده دارند و یا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و در کوتاه مدت کاربردی نمی‌باشند (کانترل و لیندرمن، ۲۰۰۱). امروزه استفاده از قابلیت ریزوباکتر و قارچ‌های محرک رشد گیاه و نیز قارچ‌های میکوریزا از روش‌های نوین برای تقلیل اثرات شوری می‌توان نام برد.

۲-۴-۲ تعریف میکوریزا

همزیستی قارچ و ریشه گیاهان را میکوریزا می‌نامند. اندام زایشی قارچ که مانند بذر در گیاهان زراعی عمل می‌کند اسپور^۱ می‌باشد. اسپور در کنار ریشه گیاه، تندش و هیف^۲ کوتاهی تولید نموده که وارد بخش پوست ریشه و فضای بین سلولی می‌گردد. بخشی از هیف وارد سلول می‌گردد که

^۱. Spores

^۲. Hyphae

آربسکول^۱ نامیده می‌شود. آربسکول ساختاری شبیه درخت کریسمس دارد. در برخی از قارچ‌های میکوریزا ساختار دیگری تحت عنوان وزیکول^۲ تشکیل می‌گردد. وزیکول ساختار ذخیره‌ای قارچ داخل ریشه گیاه است. بسیاری از قارچ‌ها تولید وزیکول می‌نمایند. بخش دیگر هیف قارچ داخل خاک تشکیل می‌گردد. سیستمی شبیه ریشه گیاه تولید می‌کند که آب و عناصر را از خاک جذب نموده و به گیاه انتقال می‌دهد. از نظر ساختاری هیف داخل خاک دو نوع می‌باشد. آنهایی که ضخیم‌تر و بدون انشعاب هستند و آنهایی که شبکه شاخه‌مانندی^۳ را تشکیل می‌دهند. این شبکه شاخه‌مانند در جذب عناصر نقش دارد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

۲-۴-۳ افزایش تحمل به شوری توسط میکوریزا

میکوریزا موجب ایجاد ریشه‌های فرعی بیشتر و طول بلندتر ریشه می‌گردد. همچنین این قارچ‌ها تحمل گیاهان زراعی را به عوامل نامساعد محیطی مانند تنش‌های خشکی و شوری افزایش می‌دهند. این قارچ‌ها با ایجاد همزیستی با گیاهان مزایای زیادی را برای میزبان خود فراهم می‌کنند. افزایش جذب آب و عناصر غذایی گیاه میزبان و در نتیجه افزایش رشد و مقاومت به تنش خشکی، افزایش مقاومت به عوامل بیماری‌زا، تولید هورمون‌های گیاهی و بهبود ساختمان خاک از راه تسهیل در ایجاد خاکدانه از جمله مزایایی است که گیاه میزبان در این همزیستی از آن بهره‌مند می‌شود و در مقابل گیاه میزبان مواد غذایی برای قارچ فراهم می‌کند (آلن، ۱۹۹۲). در گیاهان نشاکاری نیز کاربرد قارچ‌های میکوریزی تاثیر مطلوب بر رشد و بقای گیاهچه‌ها دارد. بررسی انجام شده نشان داده که بذره‌ای تلقیح شده با میکوریزا نیز تحمل بیشتری به عوامل نامساعد محیطی دارد (زارع و همکاران، ۱۳۹۳).

¹. Arbuscule

². Vesicles

³. Absorptive Hyphae

قارچ‌های میکوریزی از راه کارهای مختلف موجب افزایش تحمل به شوری در گیاه میزبان می‌گردند. دو نظریه در این باب عمومیت بیشتری دارد: میکوریزا با افزایش جذب عناصر بیشتر به گیاه و بهینه نمودن رشد گیاه که پی‌آمد آن افزایش زیست توده است موجب کاهش غلظت عناصر سدیم و کلر در گیاه می‌گردد و یا اینکه به صورت مستقیم و با اثراتی که بر فیزیولوژی گیاه دارد از اثرات سوء شوری می‌کاهد. بهبود رشد گیاهان میکوریزی تحت شرایط شوری به دلیل بهبود جذب عناصر غذایی مخصوصاً نیتروژن و فسفر و متعاقب آن افزایش رشد، گزارش گردیده است (زارع و همکاران، ۲۰۱۳). تیان و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش دادند که میکوریزا موجب بهبود جذب فسفر در گیاهان تحت تنش شوری گردیده و از این طریق اثرات سمیت شوری را کاهش می‌دهند. فرآیندهای تحمل به شوری مانند تنظیم کننده‌های اسمزی، افزایش کارایی استفاده از آب، کاهش خسارت ناشی از اکسیداسیون و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه را می‌توان از سودمندی‌های روابط همزیستی میکوریزی در گیاهان تحت شرایط شوری دانست (آجه، ۲۰۰۱). عدم جذب برخی از عناصر و یا جذب بیش از میزان نیاز آنها به گیاه از تاثیرات شوری است. جذب بیشتر عناصر و یا محدود ساختن جذب بیش از اندازه برخی از عناصر به گیاه نیز از تاثیرات قارچ‌های میکوریزی تحت شوری است (اولین و همکاران، ۲۰۰۹).

۴-۴-۲ ضرورت تلقیح

هرچند در شرایط طبیعی قارچ‌های میکوریزی در اکثر خاک‌ها حضور فعال دارند، ولی در بسیاری از موارد با بهره‌گیری از سویه‌های قارچی فعال‌تر و موثرتر و با استفاده از روش‌های تلقیح توانسته‌اند درصد آلودگی ریشه‌ها به قارچ میکوریزی را افزایش دهند و بازدهی سیستم میکوریزی را به حد مطلوب رسانند (ملکوتی، ۱۳۸۴).

۵-۴-۲ تاثیر همزیستی میکوریزایی بر جذب پتاسیم

افزایش میزان جذب پتاسیم و جلوگیری از جذب سدیم از اثرات قارچ‌های میکوریزا بر گیاه میزبان تحت شرایط شوری است. بهبود در جذب پتاسیم و سایر عناصر به وسیله قارچ‌های میکوریزی از نتایج اولیه سودمندی‌های میکوریزی تحت شرایط شوری است که توسط پوول (۱۹۷۵) گزارش گردید. رابعی و المدنی (۲۰۰۵) نیز افزایش میزان جذب پتاسیم توسط گیاهان میکوریزی را گزارش دادند.

فصل سوم:

مواد و روش ها

۱-۳ عملیات اجرایی

۱-۱-۳ مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

در این آزمایش از قلمه های انار رقم ملس ساوه استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل کود پتاسیم (به صورت نترات پتاسیم) در دو سطح عدم مصرف (K_0) و مصرف (K_1)، فاکتور دوم شامل قارچ مایکوریزا (نوع *Glomu smosseae*) در دو سطح عدم تلقیح (M_0) و تلقیح (M_1) و فاکتور سوم شامل شوری آب در سه سطح ۱ دسی زیمنس بر متر (S_1)، ۴ دسی زیمنس بر متر (S_2) و ۸ دسی زیمنس بر متر (S_3) بود.

۲-۱-۳ مرحله کاشت گلدانی

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان- شاهرود (با موقعیت جغرافیایی: عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه ۵۷ دقیقه طول شمالی از نصفالنهار گرینویچ و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر) انجام شد. ابتدا پایه های انار به گلدان های اصلی حاوی ماسه آبشویی شده منتقل شد و همزمان عمل تلقیح قارچ میکوریزا مطابق با تیمارها در بستر کشت صورت گرفت.

۳-۱-۳ مرحله داشت

در مرحله ۳-۴ برگی، نهال ها به صورت تک شاخه تنک شدند. سپس برای تغذیه پایه ها از محلول غذایی هوگلند اصلاح شده استفاده شد و شوری در هر بار آبیاری با نمک $NaCl$ اعمال شد. برای تعیین دور آبیاری، نیاز آبی خاک اندازه گیری و براین اساس ۲ روز در هفته شوری و محلول غذایی همراه با آب آبیاری به نهال ها داده شد. کود پتاسیم هم به همراه محلول غذایی در تیمارها اعمال شد. در طول دوره رشد ارتفاع گیاه و همچنین شاخص سبزینگی برگ (به وسیله اسپد) در چهار نوبت اندازه گیری شد.

۴-۱-۳ مرحله برداشت

بعد از ۶۰ روز نهال‌ها به صورت کفبر برداشت شده و ریشه‌ها نیز از گلدان‌ها خارج شدند. پس از برداشت، در اولین مرحله اندام‌های هوایی و ریشه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند. سپس بخشی از ریشه‌ها، جهت نمونه برداری برای تعیین درصد کلونیزاسیون، جدا شدند. هم‌چنین سطح برگ نیز با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ اندازه‌گیری شد. پس از هوا خشک شدن، نمونه‌های گیاه (شامل اندام هوایی و ریشه) به مدت ۴۸ ساعت در خشک‌کن الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد و پس از آن آسیاب شدند و به روش هضم گیاه با سوزاندن خشک و ترکیب با HCl جهت اندازه‌گیری عناصر، عصاره‌گیری شدند.

۲-۳ تجزیه آزمایشگاهی

۱-۲-۳ تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

پس از خارج کردن ریشه‌ها از گلدان و شستشو با آب و آب مقطر، مقداری از ریشه‌ها با قطر کمتر از یک میلی‌متر را جدا کرده و برای حفظ و نگهداری کیفیت آن‌ها از الکل ۵۰ درصد (اتانول) استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش فیلپس و هیمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. ریشه‌ها کاملاً شسته و جهت روشن شدن بافت و نفوذ بهتر رنگ، به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم (KOH) در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس ریشه‌ها سه بار کامل با آب جاری شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl ۱۰ درصد قرار گرفتند. ریشه‌ها جهت رنگ‌آمیزی مستقیماً از محلول اسیدی به محلول رنگی تریپان بلو منتقل و به مدت ۵ دقیقه نگهداری شد. برای تعیین میزان کلونیزاسیون، ریشه‌ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شدند و قطعات نمونه را توسط پنس بر روی چندین لام قرار داده،

سپس لامل گذاری انجام گرفت، کمی بر روی لامل فشار وارد آمد تا ریشه ها به میزان مناسبی له شدند. سپس لام های مربوط به هر نمونه با درشت نمایی ۴۰ برابر مورد بررسی قرار گرفتند (جیوانتی و موسه ۱۹۸۰) و در نهایت درصد کلونیزاسیون ریشه از رابطه زیر محاسبه شد:

$$100 * (\text{تعداد قطعات مشاهده شده} / \text{تعداد قطعات آلوده شده به میکوریزا}) = \text{درصد کلونیزاسیون}$$

۲-۲-۳ هضم گیاه به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl

برای عصاره گیری گیاه، یک گرم از نمونه خشک گیاه در داخل بوته چینی به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد در کوره الکتریکی خاکستر شد. پس از خنک شدن نمونه ها، خاکستر با کمی آب مقطر خیس شده به آرامی ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک دو مولار به آنها اضافه شد. سپس نمونه ها بر روی گرم کن به آرامی حرارت داده شد و محتویات آنها با استفاده از کاغذ صافی ریز در بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری جمع آوری شد (بنتون و همکاران، ۱۹۹۱).

۳-۲-۳ اندازه گیری پتاسیم به روش نشر شعله ای

۱-۳-۲-۳ تهیه محلول های استاندارد

۹/۵۳۴ گرم KCl در مقدار کمی آب حل شد و به حجم یک لیتر رسید. این محلول حاوی ۵۰۰۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم می باشد. مقدار ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میل لیتر از این استاندارد غلیظ را به بالن ژوژه هایی که قبلا به هر کدام ۵۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی لیتر HCl غلیظ اضافه شده بود پی پت کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول های نهایی حاوی ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی گرم در لیتر پتاسیم شدند که از این ارقام در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده گردید.

در نهایت میزان پتاسیم محلول های استاندارد (جهت رسم منحنی) و نمونه های گیاهی (آماده شده به روش هضم خشک) با دستگاه فلیم فتومتر قرائت شد (واهینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

۴-۲-۳ اندازه گیری سدیم به روش نشر شعله ای

۱-۴-۲-۳ تهیه محلول های استاندارد

ابتدا ۲/۵۴۲ گرم کلرور سدیم (خشک شده در آون) در آب مقطر حل شده و به حجم یک لیتر رسانده شد. محلول حاصل حاوی ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سدیم بود. برای تهیه سری محلول های استاندارد مقادیر ۰، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی لیتر از محلول غلیظ به صورت جداگانه به داخل بالن ژوژه هایی که حاوی ۵۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ (۳۷٪) بود منتقل شد و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسید (چپمن و پرات، ۱۹۶۱).

میزان سدیم محلول های استاندارد و همین طور عصاره های آماده شده، با دستگاه فلیم فتومتر (با قرار دادن دستگاه بر روی فیلتر سدیم) اندازه گیری و با استفاده از نمودار بدست آمده از محلول های استاندارد، محاسبه شد.

۵-۲-۳ اندازه گیری فسفر گیاه به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات)

۱-۵-۲-۳ تهیه محلول آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات

۲۲/۵ گرم آمونیوم هپتا مولیبدات در ۴۰۰ میلی لیتر آب حل شد. هم چنین ۱/۲۵ گرم آمونیوم وانادات در ۳۰۰ میلی لیتر آب جوش حل شده و سپس این دو محلول به هم اضافه شدند و بعد از خنک شدن، ۲۵۰ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ به محلول اضافه شده و حجم نهایی به یک لیتر رسانده شد.

۲-۵-۲-۳ تهیه محلول های استاندارد

۲/۱۹۷ گرم از KH_2PO_4 در آب حل شده و به حجم یک لیتر رسانده شد. سپس صد میلی لیتر از این محلول برداشته و به حجم یک لیتر رسانده شد. محلول حاصل حاوی ۵۰ میلی گرم در لیتر فسفر می باشد. برای تهیه سری محلول های استاندارد، به ترتیب میزان ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی

لیتر از محلول استاندارد ۵۰ میلی گرم در لیتر فسفر برداشته و سپس به هرکدام ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات اضافه کرده و به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. این سری محلول ها در رسم منحنی کالیبراسیون استفاده می شوند.

پس از آماده سازی محلول ها، ۵ میلی لیتر از محلول عصاره های گیاهی تهیه شده به روش هضم خشک و همین طور هرکدام از استانداردها به بالن ژوژه منتقل شده و مقدار ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات و وانادات به هرکدام اضافه شد و نمونه ها به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسانده شدند. بعد از حداقل ۱۰ دقیقه نمونه ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شدند (چپمن و پرات، ۱۹۶۱).

۳-۲-۶ اندازه گیری کلر

ابتدا ۰/۵ گرم نمونه خشک گیاه با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. سپس ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه شیک شد. در مرحله بعد نمونه ها دوبار از کاغذ صافی عبور داده شدند. ۲ میلی لیتر از هر به ارلن مایر منتقل شد و مقدار ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. چند قطره معرف کرومات پتاسیم به نمونه ها اضافه شده و نمونه ها با نیترات نقره ۰/۰۲۵ نرمال تیترو شدند. تمام مراحل برای نمونه شاهد نیز انجام شد.

۳-۲-۷ اندازه گیری کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری

۵ میلی لیتر از عصاره هضم شده برداشته ۲/۵ میلی لیتر بافر آمونیاکی (۶۷/۵ گرم کلرور آمونیوم در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شده و ۵۷۰ میلی لیتر آمونیاک غلیظ به آن اضافه شد. حجم نهایی به یک لیتر رسانده شد) به آن اضافه شد. سپس چند قطره معرف اریوکروم بلک تی (EBT) به آن اضافه کرده نمونه ها با محلول EDTA ۰/۰۱ نرمال تیترو شدند. برای هر سری از نمونه ها یک نمونه شاهد نیز در نظر گرفته شد. نتایج بدست آمده، میزان کلسیم و منیزیم گیاه را به صورت توام نشان می دهد.

۸-۲-۳ اندازه گیری کلسیم با روش کمپلکسومتری

۵ میلی لیتر از عصاره هضم شده گیاه برداشته و به آن یک میلی لیتر محلول هیدروکسید سدیم (سود) ۴ نرمال اضافه شد. سپس مقداری معرف موروکساید و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و پس از ایجاد رنگ صورتی، محلول با $EDTA$ ۰/۰۱ نرمال تا رسیدن به رنگ آبی، تیترا شد. برای محلول شاهد هم ۵ میلی لیتر از محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ نرمال با یک میلی لیتر هیدروکسید سدیم مخلوط شده پس از اضافه کردن معرف موروکساید، عمل تیتراسیون با $EDTA$ انجام شد (ریچاردز، ۱۹۵۴).

۹-۲-۳ اندازه گیری شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل به وسیله دستگاه $Spad-209$ اندازه گیری شد. این اندازه گیری در چهار نوبت از دوره رشد گیاه و هر بار از ۱۰ برگ بالایی گیاه انجام شد و در نهایت میانگین این اندازه گیری ها در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۳ تجزیه و تحلیل داده ها

داده های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری $MSTAT-C$ مورد تحلیل آماری قرار گرفت و آزمون مقایسات میانگین به روش LSD و در سطح اطمینان ۱ و ۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار $Excel$ ترسیم شد.

۴-۳ ماسه مورد استفاده

در جدول ۱-۳ خصوصیات ماسه مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است.

جدول ۱-۳ خصوصیات ماسه مورد استفاده در این تحقیق

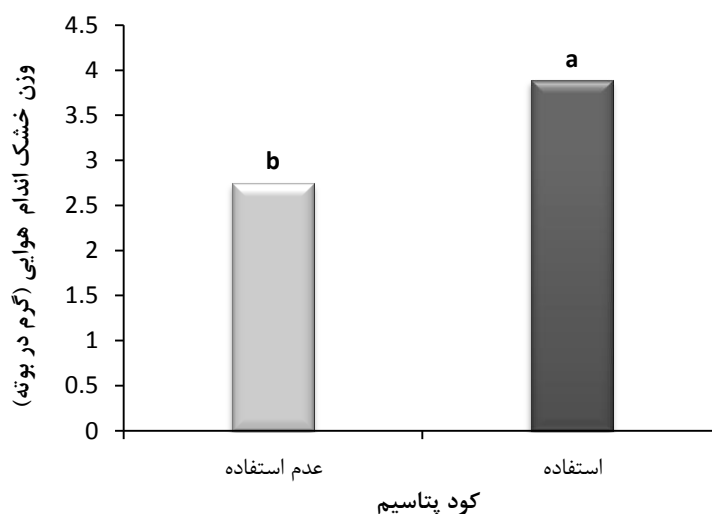
Clay %	Silt %	Sand %	OC %	K (ppm)	P (ppm)	TNV %	pH	EC (ds/m)
۳	۱	۹۶	۰/۰۲	۵۴	۶۲	۱۶	۷/۷	۱/۲

فصل چهارم:

نتایج و بحث

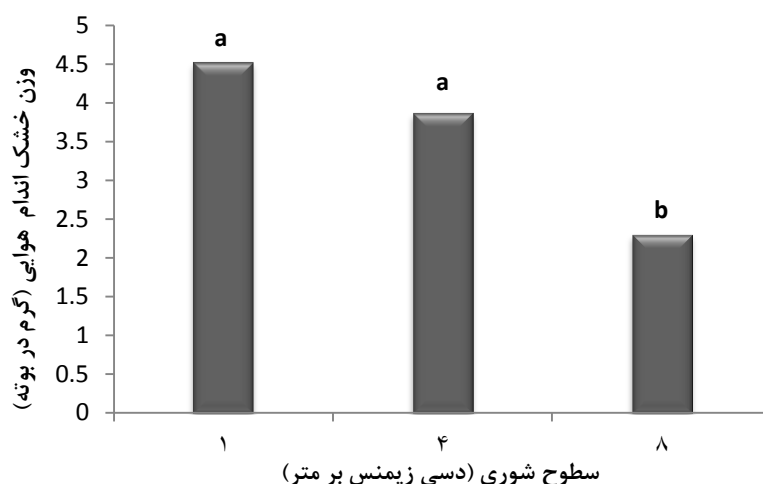
۱-۴ وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان می‌دهد که وزن خشک اندام هوایی نمونه‌ها تحت تاثیر اثرات اصلی کود پتاسیم و شوری (در سطح احتمال ۱ درصد) و اثر متقابل میکوریزا و شوری (در سطح احتمال ۵ درصد) قرار گرفته است (جدول ۲-۴ واقع در پیوست). کاربرد کود پتاسیم باعث افزایش ۲۹/۳۵ درصدی وزن خشک گیاه انار شده است (شکل ۱-۴). که با نتایج حاتمی و همکاران (۱۳۸۹)، مطابقت دارد.



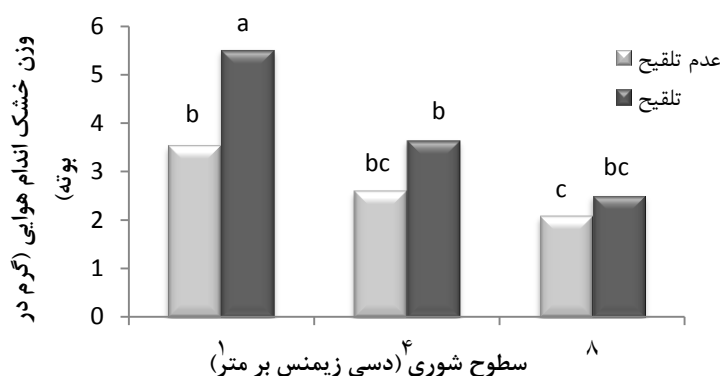
شکل ۱-۴ تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار

شکل (۲-۴) نشان می‌دهد که در مقادیر زیاد شوری، وزن خشک اندام هوایی کاهش یافته است. این کاهش احتمالا به علت اثرات زیانبار تنش شوری بر میزان رشد و کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است که می‌تواند کل ماده خشک گیاه را کاهش دهد. کمترین میزان وزن خشک در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر قرار دارد که تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان می‌دهد. به طور کلی در گیاهان غیر هالوفیت، شوری از طریق کمبود آب در بافت‌های توسعه یافته باعث کاهش رشد گیاه می‌شود (گرینوی و مانس، ۱۹۸۰).



شکل ۲-۴ تاثیر شوری بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار

با توجه به نتایج مقایسات میانگین در شکل (۳-۴)، تیمار S_1M_1 (شوری سطح یک و تلقیح با میکوریزا)، بیشترین وزن خشک را در اندام هوایی گیاه ایجاد کرده که نسبت به تیمار شاهد S_1M_0 افزایش ۵۵/۶۸ درصدی را نشان می دهد و سایر تیمارها نیز، نسبت به شاهد افزایش داشته اند که البته این افزایش از نظر آماری معنی دار نبوده است و به نظر می رسد تنش شوری بر فعالیت میکوریزا تاثیر منفی گذاشته است. اورتوس و هاریس (۱۹۹۶)، گزارش دادند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته و با افزایش جذب عناصر غذایی، وزن خشک اندام های هوایی افزایش می یابد.

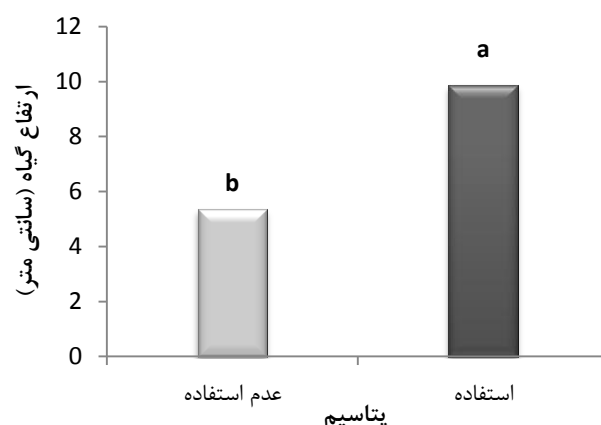


شکل ۳-۴ تاثیر متقابل شوری و میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی نهال انار

۲-۴ ارتفاع گیاه

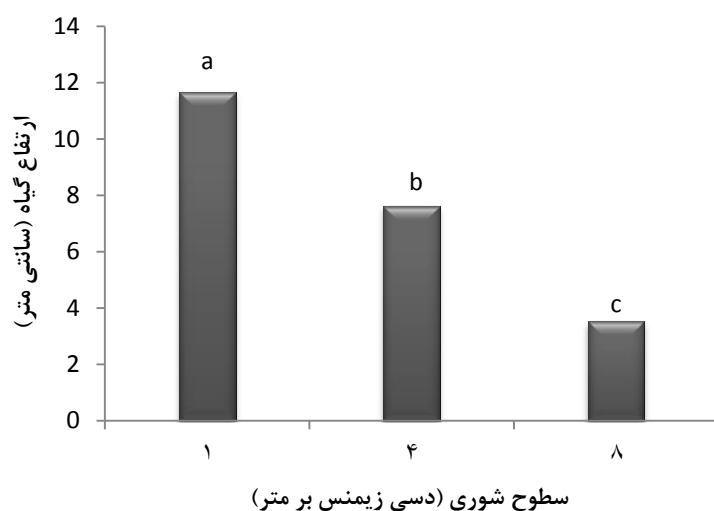
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرات اصلی کود پتاسیم و شوری در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع نهال انار معنی دار شده است (جدول ۲-۴ واقع در پیوست).

شکل (۴-۴) نشان می‌دهد که اعمال کود پتاسیم باعث افزایش ۸۳/۹۰ درصدی ارتفاع در نهال‌ها شده است. در پژوهشی که دخیل و همکاران (۲۰۱۱)، بر روی تاثیر پتاسیم بر عملکرد و رشد گیاه سیب زمینی انجام دادند، نتایج نشان داد که افزایش غلظت پتاسیم در محیط از ۰ تا ۰/۹۵ گرم بر لیتر، باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در ارتفاع جوانه‌های سیب زمینی شد.



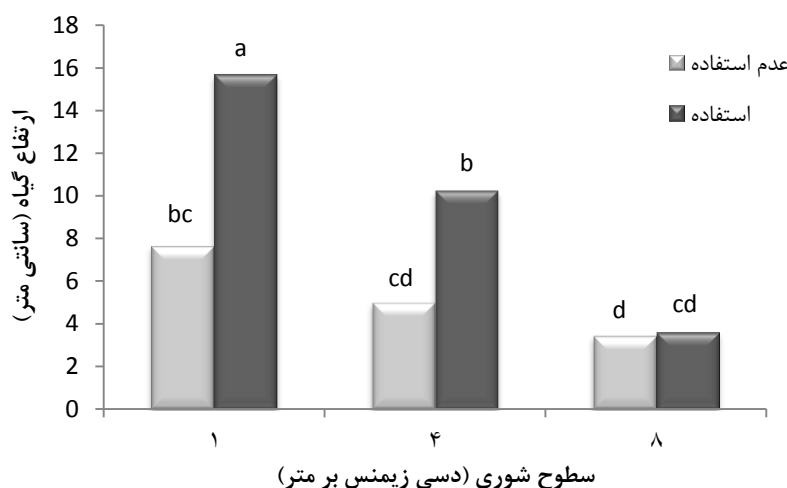
شکل ۴-۴ تاثیر کود پتاسیم بر ارتفاع نهال انار

با افزایش شوری ارتفاع کاهش یافت به طوری که در بالاترین سطح شوری (۸ دسی زیمنس بر متر)، پایین‌ترین ارتفاع مشاهده شد (شکل ۴-۵). همچنین شوری باعث کاهش ارتفاع ۶۹/۷۶ درصدی تیمار ۸ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد شده است. کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است به علت تجمع زیاد یون سدیم در گیاه و در نتیجه کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین شوری از طریق کاهش تعداد و اندازه سلول‌ها نیز باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (میرمحمدی و غرایضی، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۵ تاثیر شوری بر ارتفاع نهال انار

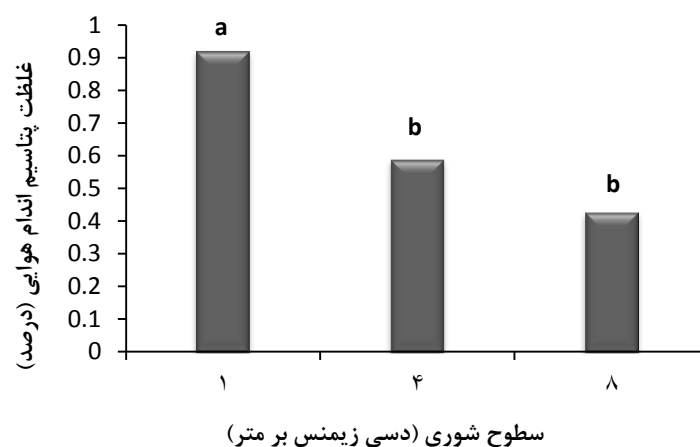
بررسی شکل (۴-۶) نشان می‌دهد که شوری به صورت معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع شده و همچنین اعمال کود پتاسیم، باعث افزایش ارتفاع در تمامی تیمارها نسبت به تیمارهای شاهد (عدم کاربرد کود)، شده است که البته این افزایش ارتفاع در بالاترین سطح شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (S_3M_0) نداشت که این می‌تواند ناشی از کاهش جذب پتاسیم در شوری‌های بالا توسط گیاه باشد.



شکل ۴-۶ تاثیر متقابل پتاسیم و شوری بر ارتفاع نهال های انار

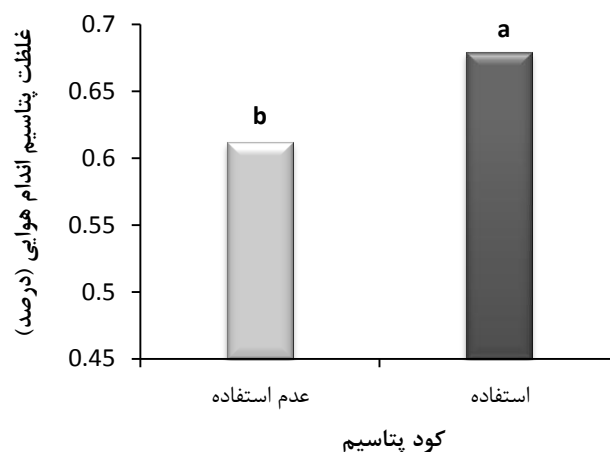
۳-۴ پتاسیم اندام هوایی

تجزیه آماری داده‌ها نشان می‌دهد مقدار پتاسیم در اندام هوایی گیاه تحت تاثیر تیمارهای شوری (در سطح ۱ درصد) و کود پتاسیم (در سطح ۵ درصد) قرار گرفته است (جدول ۴-۵ واقع در پیوست). همانطور که در شکل (۴-۷) مشاهده می‌شود اعمال شوری باعث کاهش مقدار پتاسیم شده است. پایین ترین میزان جذب پتاسیم توسط گیاه در شوری سطح سوم (۸ دسی زیمنس بر متر) قرار دارد که کاهش ۵۳/۴۸ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد. کاهش پتاسیم در شرایط شور می‌تواند به علت رقابت یون‌های سدیم و پتاسیم باشد که در نتیجه آن گیاه در شرایط شور، سدیم بیشتری نسبت به پتاسیم جذب می‌کند. به طور کلی تنش شوری از طریق اختلال در مکانیسم جذب پتاسیم به وسیله ریشه، باعث کاهش غلظت پتاسیم اندام‌های گیاه می‌شود (اشرف و آلری، ۱۹۹۶). از آنجایی که پتاسیم به عنوان کوآنزیم در فعال کردن بیش از ۴۰ آنزیم دخالت دارد، هرگونه تغییر در غلظت آن اثر قابل توجهی بر رشد و نمو گیاه دارد. از سویی دیگر غلظت زیاد سدیم در شرایط تنش شوری از یک طرف مکانیسم جذب پتاسیم را مختل می‌کند و از طرف دیگر با ورود به گیاه اثر منفی بر فعالیت این آنزیم‌ها دارد. میزان کافی پتاسیم در گیاه باعث تنظیم پتانسیل اسمزی و بهبود جذب آب شده و از این طریق یکی از اثرات تنش شوری یعنی خشکی فیزیولوژیک را تعدیل می‌نماید (استاسیف و بیکر، ۱۹۸۱).



شکل ۴-۷ تاثیر شوری بر غلظت پتاسیم اندام هوایی انار

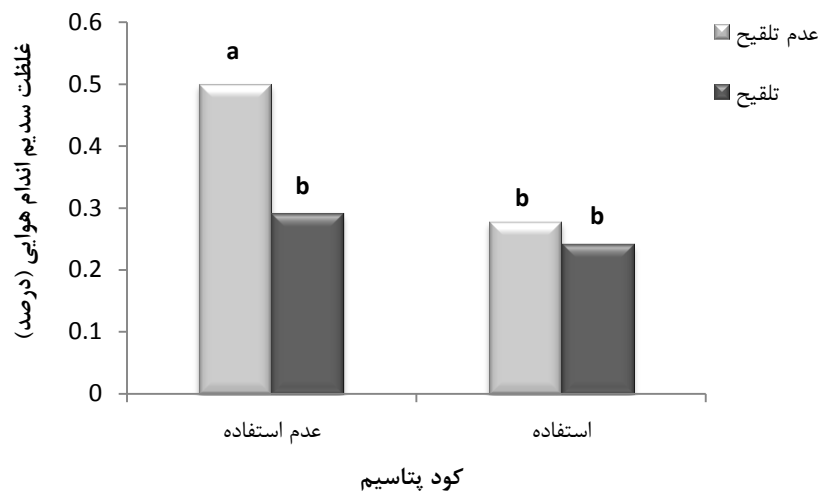
اضافه کردن کود پتاسیم به محیط نتایج مثبتی بر گیاه انار داشته و باعث افزایش غلظت پتاسیم در اندام هوایی آن شده است که خود می‌تواند یکی از مکانیسم‌های افزایش تحمل گیاه به تنش شوری باشد (شکل ۴-۸). در مطالعاتی که رشید و همکاران (۲۰۱۶)، بر روی برنج انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که کاربرد پتاسیم در محیط باعث افزایش مقدار پتاسیم در برنج شد.



شکل ۴-۸ تاثیر کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم اندام هوایی نهال انار

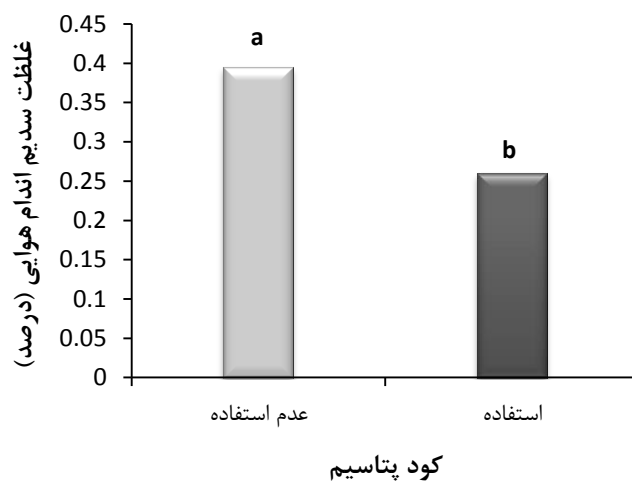
۴-۴ سدیم اندام هوایی

نتایج گویای آن بود که مقدار سدیم بخش هوایی گیاه متاثر از برهمکنش کود پتاسیم و قارچ میکوریزا (در سطح ۱ درصد) و همین‌طور اثرات اصلی کود پتاسیم، میکوریزا و شوری (در سطح ۱ درصد) است. (جدول ۴-۵ واقع در پیوست) با توجه به نتایج مقایسات میانگین در شکل (۴-۹)، در شرایط عدم مصرف کود پتاسیم، تلقیح با میکوریزا به صورت معنی‌داری مقدار سدیم را کاهش داده است. پارسا مطلق و همکاران (۲۰۰۷)، اظهار کردند که قارچ‌های میکوریزا با نگه داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان، باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این طریق موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شود.



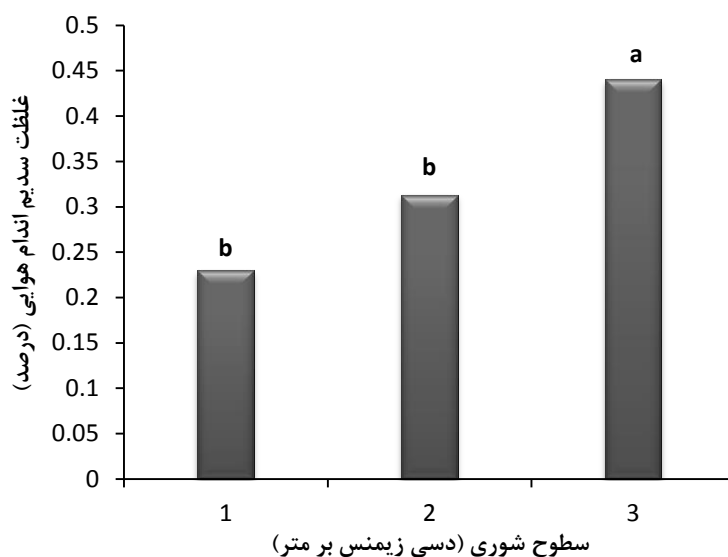
شکل ۹-۴ تاثیر متقابل پتاسیم و میکوریزا بر مقدار سدیم اندام هوایی نهال انار

شکل (۴-۱۰) نشان می‌دهد که مقدار سدیم در اندام هوایی گیاه، با اضافه کردن کود پتاسیم به محیط، ۵۱/۹۲ درصد کاهش یافته است.



شکل ۱۰-۴ تاثیر کود پتاسیم بر غلظت سدیم اندام هوایی نهال انار

مقایسات میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که با بالا رفتن سطوح شوری، مقدار سدیم گیاه به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است (شکل ۴-۱۱).

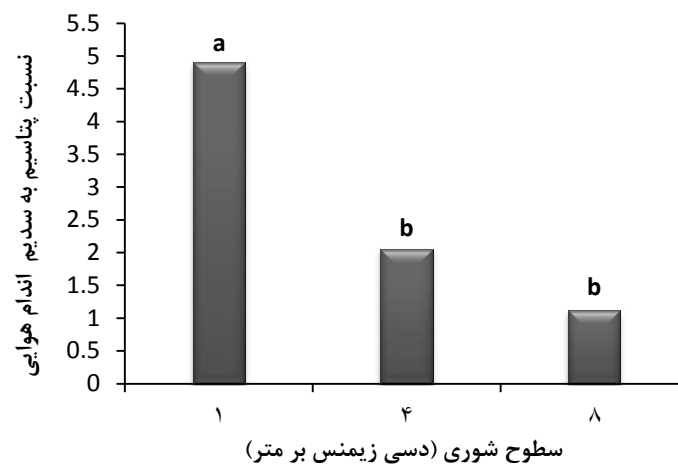


شکل ۴-۱۱ تاثیر شوری بر مقدار سدیم اندام هوایی نهال انار

۵-۴ نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی

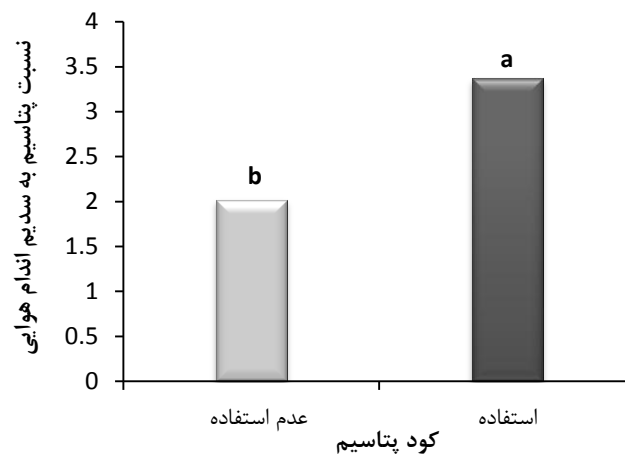
بررسی جدول تجزیه واریانس داده‌های سدیم و پتاسیم اندام هوایی (جدول ۴-۵) نشان می‌دهد که نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی، تحت تاثیر کود پتاسیم، میکوریزا و شوری (در سطح ۱ درصد) و تاثیر متقابل شوری و کود پتاسیم (در سطح ۵ درصد) قرار گرفته است.

با افزایش سطوح شوری، نسبت پتاسیم به سدیم کاهش یافته است. مقایسات میانگین داده‌ها نشان می‌دهد کمترین نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی مربوط به سطح سوم شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) بوده و کاهش ۷۷/۱۱ درصدی نسبت به شاهد نشان می‌دهد (شکل ۴-۱۲). محمد و همکاران (۲۰۰۳)، نیز اعلام کردند که همبستگی زیادی بین نسبت پتاسیم به سدیم و مقاومت به شوری وجود دارد، به طوری که با افزایش شوری در گیاه جو، غلظت سدیم محتوی بافت افزایش و میزان پتاسیم، کاهش می‌یابد.



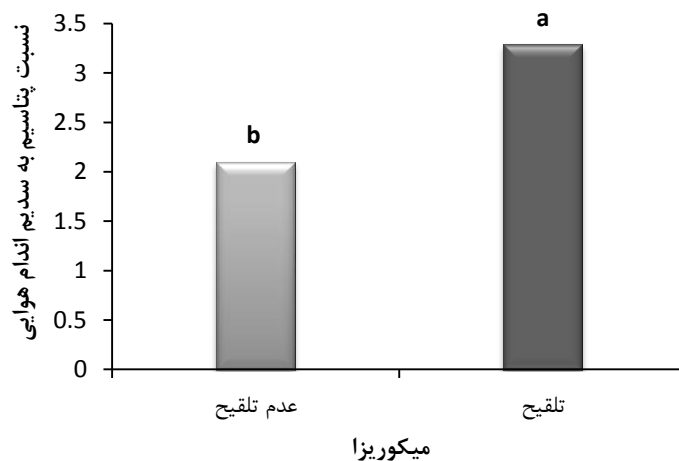
شکل ۴-۱۲ تاثیر شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم بخش هوایی در نهال انار

اضافه شدن پتاسیم به محیط، بر خلاف شوری، نسبت پتاسیم به سدیم را در گیاه افزایش داد (شکل ۴-۱۳).



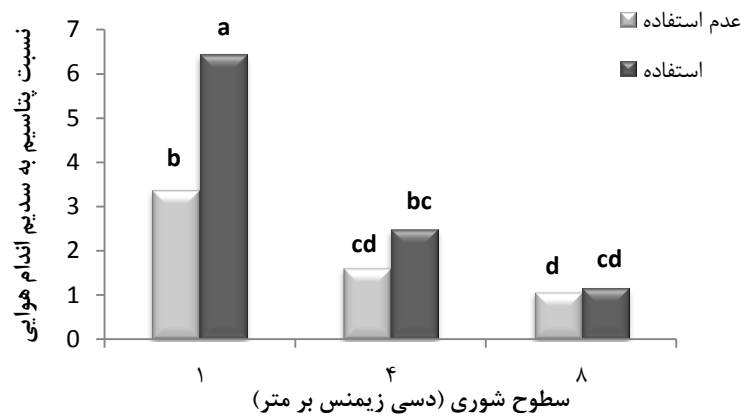
شکل ۴-۱۳ تاثیر کود پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در نهال انار

هم چنین تلقیح با میکوریزا نیز باعث افزایش ۵۷/۰۴ درصدی نسبت پتاسیم به سدیم شد (شکل ۴-۱۴). یکی از عوامل بهبود رشد گیاهان میکوریزایی در محیط‌های شور، در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی، پایین بودن غلظت یون سدیم در این گیاهان می‌باشد (الکراکی، ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۴ تاثیر میکوریزا بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در نهال انار

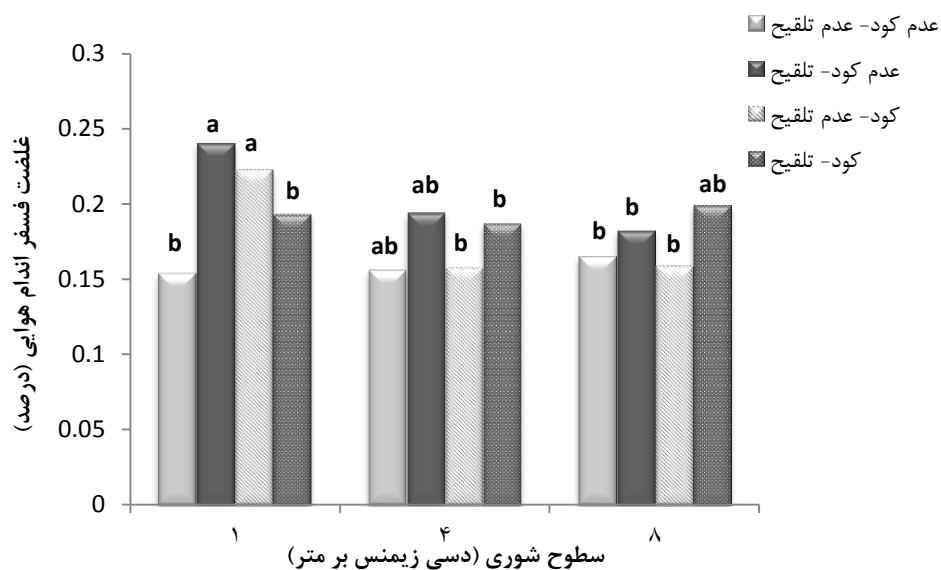
مقایسات میانگین (شکل ۴-۱۵) نشان می‌دهد بیشترین نسبت پتاسیم به سدیم، در تیمار K_1S_1 (استفاده از کود پتاسیم - شوری سطح ۱) بوده است. همچنین در تمامی تیمارها، اضافه کردن کود پتاسیم باعث افزایش این نسبت، در مقایسه با شاهد شده است هرچند این افزایش در سطوح شوری ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر، از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.



شکل ۴-۱۵ تاثیر متقابل کود پتاسیم و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در نهال انار

۴-۶ فسفر اندام هوایی

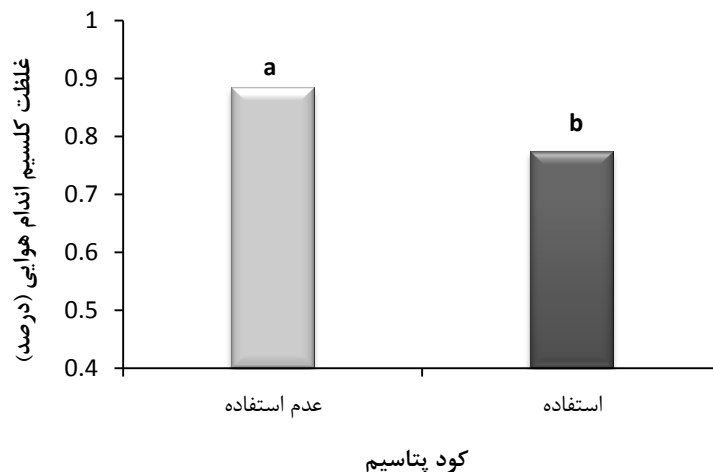
با توجه به نتایج آنالیزهای آماری موجود در جدول (۴-۳ واقع در پیوست)، مقدار فسفر بخش هوایی گیاه، تحت تاثیر اثر سه گانه شوری، کود پتاسیم و میکوریز در سطح ۵ درصد قرار گرفته است. تلقیح با میکوریزا مقدار فسفر را در هر سه تیمار شوری افزایش داده است که البته این افزایش از نظر آماری معنی دار نبوده است (شکل ۴-۱۶). نتایج اغلب تحقیقات نشان داده است که همزیستی میکوریزایی باعث افزایش جذب عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر و روی توسط گیاه می شود. هیف های میکوریز وارد ماتریکس خاک شده و فسفر را از نقاطی که دورتر از ریشه ها قرار دارند، جذب می کنند (آرام و گلچین، ۱۳۹۴). فلاحیان و همکاران (۲۰۰۵)، نیز از نتایج آزمایش خود بر روی گیاه پسته دریافتند که غلظت فسفر در اندام هوایی گیاهان میکوریزایی به استثنای شوری بالا در سایر شرایط از گیاهان غیر میکوریزایی بالاتر بود. غلظت فسفر در بافت های گیاهی در شرایط تنش شوری به سرعت کاهش می یابد زیرا یون های فسفات با یون کلسیم خاک های تحت تنش به شدت رسوب کرده و از دسترس گیاهان خارج می گردند. با این حال میکوریزا می تواند اثر مثبتی را بر غلظت فسفر در گیاهان تحت شرایط تنش داشته باشد (گری و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از کود پتاسیم به همراه میکوریزا در هر سه سطح شوری باعث افزایش میزان فسفر شد. گرچه این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود.



شکل ۴-۱۶ تاثیر سه گانه پتاسیم، میکوریزا و شوری بر مقدار فسفر اندام هوایی نهال انار

۷-۴ کلسیم اندام هوایی

مقدار کلسیم اندام هوایی تحت تاثیر تیمار کود پتاسیم (در سطح ۵ درصد) قرار گرفته است (جدول ۴-۴ واقع در پیوست). در شرایط عدم مصرف پتاسیم در خاک، کلسیم برگ افزایش و با فراهمی پتاسیم در خاک میزان تجمع کلسیم در برگ کاهش نشان داد (شکل ۴-۱۷) که با نتیجه لینل جردن و سیلویین (۲۰۰۴)، مطابقت داشت. این موضوع نشان دهنده نقش کنترلی پتاسیم بر جذب و انتقال کلسیم به داخل گیاه می باشد. وجود رابطه آنتاگونیستی بین کلسیم و پتاسیم و رقابت بر سر محل های جذب در غشا و افزایش مقدار پتاسیم در محیط ریشه می توانند به عنوان عوامل کاهش دهنده غلظت کلسیم به شمار آیند (فناپی و همکاران، ۱۳۹۲).

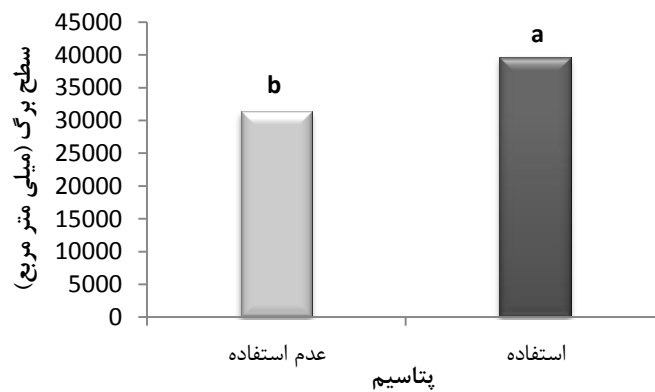


شکل ۴-۱۷ تاثیر کود پتاسیم بر مقدار کلسیم اندام هوایی نهال انار

۸-۴ سطح برگ

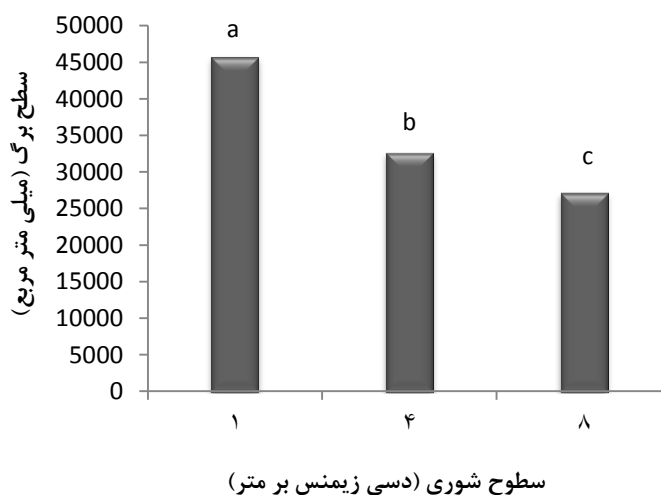
تجزیه واریانس داده‌های جدول (۴-۱) واقع در پیوست نشان می‌دهد که اثر پتاسیم (در سطح احتمال ۵) و شوری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر سطح برگ نمونه‌ها معنی‌دار است. شکل (۴-۱۸) بیانگر این است که در حضور پتاسیم، سطح برگ ۲۶/۵۶ درصد افزایش یافته است. اگیلا و همکاران، (۲۰۰۱) بیان داشتند به طور کلی یکی از راهکارهایی که گیاهان با کمبود پتاسیم مقابله می‌کنند کاهش سطح برگ است و در بسیاری از گیاهان با افزایش غلظت پتاسیم، سطح برگ افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش بهبودیان و آندرسون (۲۰۰۶)، در گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که کمبود پتاسیم منجر به کاهش سطح برگ می‌شود. اگرچه پتاسیم در ساختمان هیچ یک از ترکیبات مهم گیاهی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و قندها شرکت ندارد، اما به عنوان مهم‌ترین فعال‌کننده آنزیم‌های گیاهی نقش مهمی در ساخته شدن این ترکیبات دارد. همچنین پتاسیم در فعال کردن آنزیم‌های احیا کننده گاز کربنیک نقش مهمی ایفا می‌کند. به همین دلیل کمبود آن باعث کاهش سوخت و ساز گیاه شده در نتیجه رشد و سطح برگ کاهش می‌یابد. برخی از پژوهشگران به نقش پتاسیم به عنوان یک عامل ایجاد کننده فشار اسمزی و سهمیم در تورم سلولی و موثر برای توسعه سلولی اشاره کرده و تاکید

کرده‌اند که حضور این عنصر برای توسعه سطح برگ در گیاه ضروری است (عزیزآبادی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۱۸ تاثیر کود پتاسیم بر سطح برگ اندام هوایی نهال انار

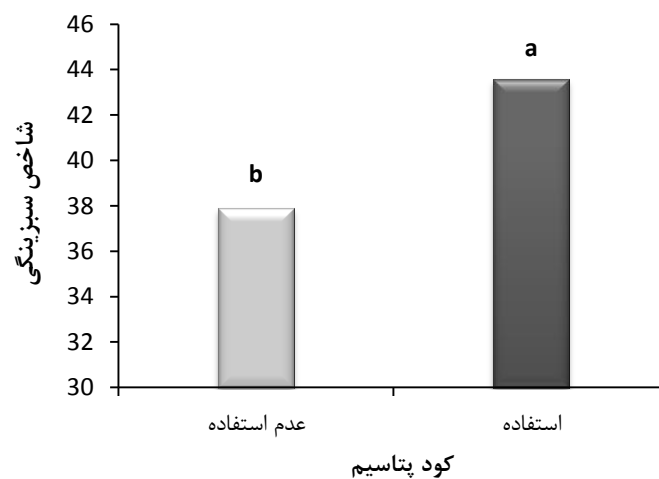
همانگونه که در شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود، کاهش سطح برگ در اثر تنش شوری معنی‌دار بوده و با افزایش غلظت نمک، روند کاهش سطح برگ به وضوح مشاهده می‌شود. کاهش سطح برگ می‌تواند به سه دلیل عمده یعنی کاهش در اندازه تک برگ‌ها، کاهش در تولید برگ‌های جدید و نهایتاً ریزش برگ‌های پیر باشد (اورعی و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۱۹ تاثیر شوری بر سطح برگ نهال انار

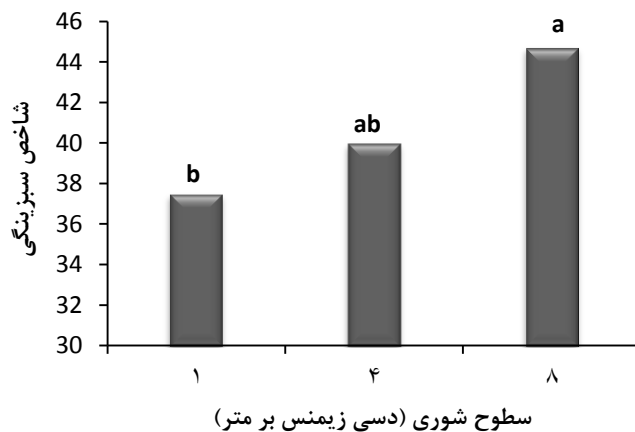
۹-۴ شاخص سبزی‌نگی

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول (۱-۴)، اثر پتاسیم بر شاخص کلروفیل در نمونه‌های آزمایشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده و اضافه کردن کود پتاسیم باعث افزایش مقدار شاخص کلروفیل به میزان ۱۵/۰۱ درصد شده است (شکل ۴-۲۰). افزایش مقدار کلروفیل با کاربرد پتاسیم، با نتایج به دست آمده از پژوهش تالوس و همکاران (۲۰۰۶)، مطابقت دارد. پتاسیم از راه فعال سازی آنزیم‌های مسیر بیوسنتز کلروفیل و همچنین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در حفاظت از تخریب کلروفیل در شرایط تنش، نقش موثری دارد (صدوق و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۲۰ تاثیر کود پتاسیم بر شاخص کلروفیل نهال انار

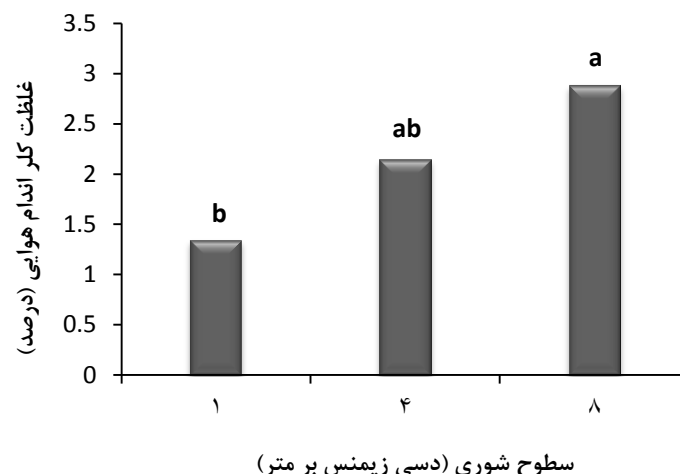
همچنین تاثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص کلروفیل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۱ واقع در پیوست). نتایج شکل (۴-۲۱) نشان می‌دهد که با افزایش شوری شاخص کلروفیل افزایش معنی‌داری یافته است. افزایش عدد اسپد در شرایط تنش، شاید به دلیل کاهش سطح برگ و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ می‌باشد (صدوق و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۲۱ تاثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص کلروفیل نهال انار

۱۰-۴ کلر اندام هوایی

اثر ساده سطوح مختلف شوری بر غلظت کلر در بخش هوایی انار، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۴ واقع در پیوست). مقایسات میانگین نمونه‌ها (شکل ۴-۲۲) نشان می‌دهد بیشترین میزان کلر در شوری سطح سوم مشاهده شد که افزایش ۵۳/۳۷ درصدی نسبت به شاهد داشته است. با افزایش شوری تا ۴ دسی زیمنس بر متر، میزان کلر افزایش یافته است اما این افزایش معنی‌دار نبوده است در حالی که با افزایش شوری به ۸ دسی زیمنس بر متر، میزان تجمع کلر در گیاه، افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. مارشنر (۱۹۹۴)، معتقد است که یکی از علل حساسیت به شوری در گیاهان، عدم وجود سازوکارهای لازم برای حفظ تعادل یونی در داخل گیاه می‌باشد. لذا در اثر تنش شوری، تعادل یونی داخل گیاه به هم خورده و مقدار زیادی یون کلر در بافت‌های گیاه انباشته می‌شود.

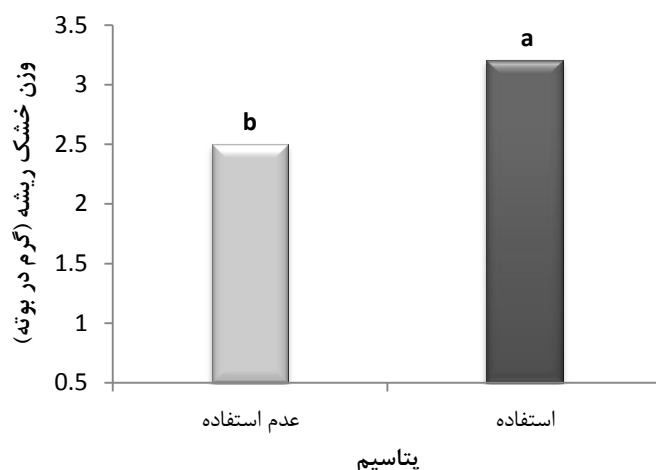


شکل ۴-۲۲ تاثیر سطوح مختلف شوری بر مقدار کلر اندام هوایی نهال انار

۴-۱۱ وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس جدول (۴-۲) واقع در پیوست نشان می‌دهد که وزن خشک ریشه تحت تاثیر اثرات اصلی کود پتاسیم و شوری در سطح احتمال ۱ درصد و میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفته است. همچنین اثر متقابل پتاسیم و شوری هم بر مقدار وزن خشک ریشه (در سطح احتمال ۵ درصد) معنی دار بوده است.

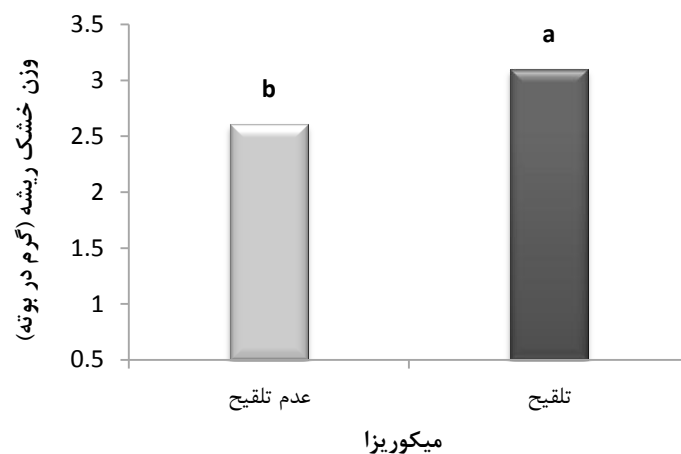
شکل (۴-۲۳) نشان می‌دهد با اضافه شدن پتاسیم به محیط، وزن خشک ریشه به میزان ۲۸/۳۹ درصد افزایش داشته است. حاتمی و همکاران (۱۳۸۹)، با مطالعه تاثیر کود پتاسیم بر رشد و عملکرد سویا به این نتیجه رسیدند که در حالت ایده‌آل عملکرد و ماده خشک گیاهی با افزایش مقدار پتاسیم زیادتر می‌شود تا اینکه کمبود برطرف شود و همچنین عدم دسترسی به منابع فراهمی از پتاسیم خاک به ویژه در مراحل حساس زایشی منجر به تولید و انتقال ماده فتوسنتزی کمتر و در نتیجه وزن خشک اندک در سطح صفر پتاسیم می‌شود.



شکل ۴-۲۳ تاثیر کود پتاسیم بر وزن خشک ریشه نهال انار

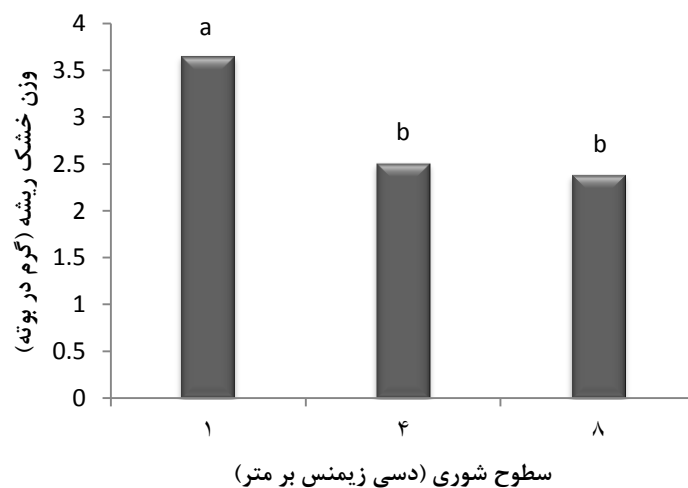
شکل (۴-۲۴) نیز نشان می‌دهد در حضور میکوریزا، وزن خشک ریشه به میزان ۱۹/۰۵ درصد افزایش یافته است. در تحقیقات زیادی ثابت شده است که قارچ‌های میکوریزا بر رشد رویشی بسیاری از گیاهان همزیست خود تاثیر داشته و باعث افزایش رشد گردیده‌اند (میزوگوچی، ۱۹۹۲؛ وو و همکاران، ۲۰۰۷؛ جیمز و همکاران، ۲۰۰۸). مکانیسم‌های مختلفی در ارتباط با تاثیر میکوریزا بر رشد رویشی و افزایش وزن خشک گیاهان ذکر شده است. یکی از مهم‌ترین این مکانیسم‌ها، تاثیر میکوریزا بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (عبدالحافظ و عبدال مونسف، ۲۰۰۶).

قارچ‌های میکوریزی قادرند که با استفاده از گسترش ریشه‌های خارجی و تغییر مرفولوژی ریشه گیاهان و در نتیجه افزایش سطح جذب ریشه، جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (جیمز و همکاران، ۲۰۰۸). کیجکار (۱۹۹۱)، تولید ماده خشک بیشتر در گیاهان میکوریزی را تنها در نتیجه جذب فسفر دانسته و اظهار داشت که جذب بالاتر رطوبت توسط میکوریز نیز ممکن است بر رشد رویشی تاثیر گذار باشد.



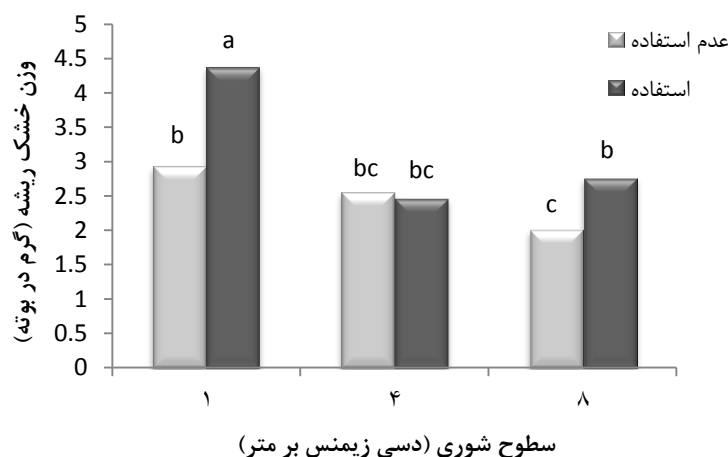
شکل ۴-۲۴ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ریشه نهال انار

با افزایش شوری در محیط ریشه، وزن خشک آن کاهش یافته است. پایین ترین مقدار وزن خشک، در بالاترین سطح شوری S_3 (۸ دسی زیمنس بر متر) مشاهده می شود که البته نتایج مقایسات میانگین نشان می دهد دو سطح ۴ و ۸ دسی زیمنس از نظر آماری تفاوت معنی داری با هم نداشته اند (شکل ۴-۲۵). کایا و همکاران (۲۰۰۹)، اعلام داشتند که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می شود.



شکل ۴-۲۵ تاثیر شوری بر وزن خشک ریشه نهال انار

شکل (۴-۲۶) نشان می‌دهد اضافه کردن پتاسیم به محیط، در کمترین و بیشترین سطح شوری به صورت معنی داری وزن خشک را افزایش داده است. به طور کلی وزن خشک گیاه در تیمار شاهد نسبت به شوری‌های بالاتر بیشتر بوده است که می‌توان دلیل آن را به افزایش غلظت سدیم و کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور نسبت داد. افزایش غلظت سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد آن در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک را به دنبال خواهد داشت (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین درصد افزایش میزان وزن خشک با اضافه کردن پتاسیم به محیط، در شوری سطح ۱، بیشتر از شوری سطح بالا است که نشان می‌دهد اضافه شدن سدیم به محیط به طور کلی باعث کاهش وزن خشک گردیده است. در شوری ۴ دسی زیمنس بر متر (S_2K_1)، اضافه کردن پتاسیم به محیط تاثیر معناداری بر وزن خشک نداشته است.

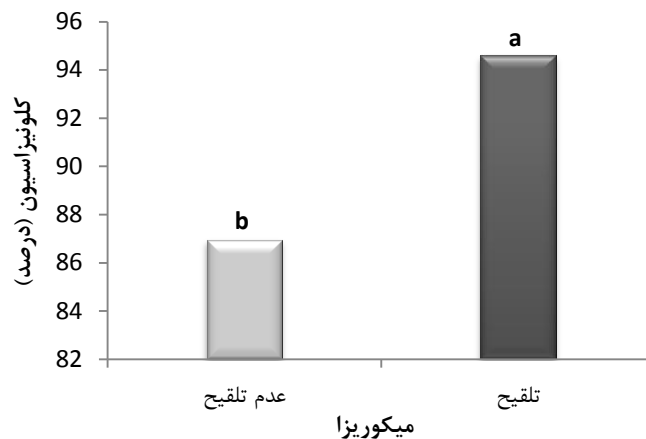


شکل ۴-۲۶ تاثیر متقابل کود پتاسیم و شوری بر وزن خشک ریشه نهال انار

۴-۱۲ کلونیزاسیون میکوریزایی

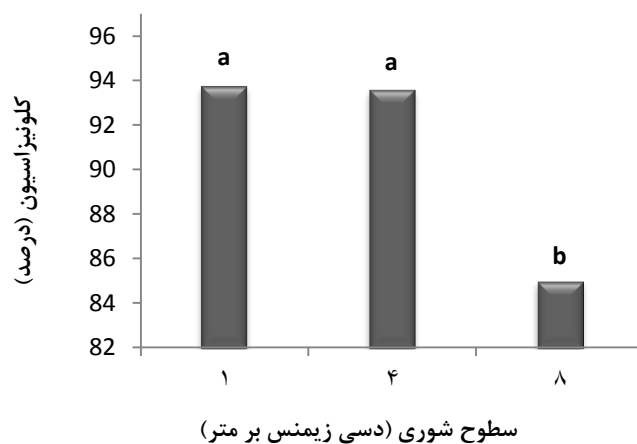
آنالیز آماری داده‌های جدول (۴-۲) واقع در پیوست، نشان می‌دهد اثر میکوریزا و شوری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر کلونیزاسیون ریشه‌ای معنی دار بوده است.

تلقیح با میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه‌ای را به میزان ۹/۵۵ درصد افزایش داده است (شکل ۲۷-۴). حبیبی و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی تاثیر قارچ میکوریزا (*Glomus spp.*) بر عملکرد گندم بیان کردند که تلقیح با قارچ میکوریزا تاثیر معنی داری بر درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت.



شکل ۲۷-۴ تاثیر میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ای نهال انار

همچنین شکل (۲۸-۴) نشان می‌دهد شوری باعث کاهش کلونیزاسیون شده است بنابراین شوری می‌تواند یک عامل محدود کننده برای فعالیت قارچ میکوریزا به شمار آید. افزایش شوری تا ۴ دسی زیمنس بر متر، تاثیر معنی داری بر درصد کلونیزاسیون نداشته است. اما شوری ۸ دسی زیمنس بر متر (S_3)، باعث کاهش ۷/۱۴ درصدی میزان کلونیزاسیون ریشه‌ای نسبت به شاهد (S_1) شده است. تنش شوری علاوه بر تاثیر بر گیاهان میزبان بر قارچ‌های میکوریزا نیز تاثیرگذار است و سمیت یونی و تنش اسمزی به وجود آمده بر اثر شوری از رشد هیف‌های قارچ جلوگیری می‌کند. همچنین افزایش غلظت نمک‌ها در خاک و آب آبیاری سبب مختل شدن توانایی ایجاد کلونیزاسیون، جوانه‌زنی اسپور، رشد هیف‌های قارچی و تشکیل آربسکول می‌شود (آرام و گلچین، ۱۳۹۴).



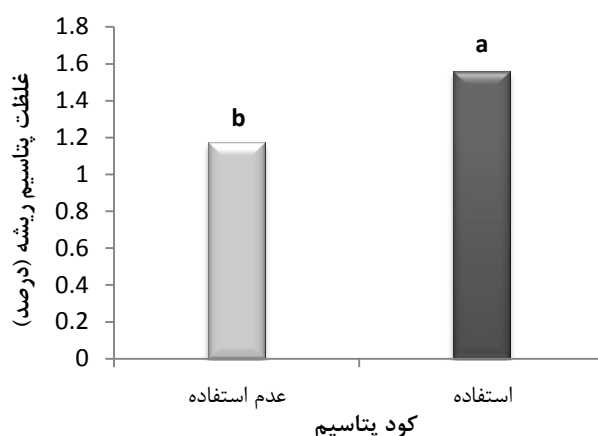
شکل ۴-۲۸ تاثیر شوری بر کلوניزاسیون ریشه‌ای نهال انار

۱۳-۴ فسفر ریشه

مقادیر فسفر ریشه، تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایش قرار نگرفتند (جدول ۴-۳ واقع در پیوست).

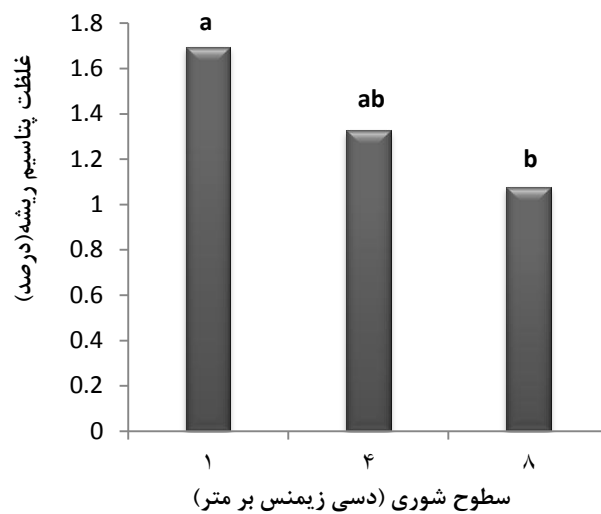
۱۴-۴ پتاسیم ریشه

بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۶ واقع در پیوست) نشان می‌دهد که غلظت پتاسیم ریشه از شوری (در سطح ۱ درصد) و کود پتاسیم (در سطح ۵ درصد) تاثیر پذیرفته است. نتایج مقایسه میانگین در شکل (۴-۲۹)، افزایش ۳۲/۷۹ درصدی میزان پتاسیم در ریشه را نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) نشان می‌دهد. افزایش مصرف پتاسیم سبب افزایش غلظت پتاسیم در محلول خاک می‌شود که این امر باعث افزایش شیب غلظت و در نتیجه سرعت انتشار پتاسیم به سطح ریشه گیاه می‌گردد. در نتیجه پتاسیم بیشتری توسط گیاه جذب و غلظت آن در بافت‌ها افزایش می‌یابد (عزیز آبادی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۴-۲۹ تاثیر کود پتاسیم بر غلظت پتاسیم ریشه نهال انار

افزایش تنش شوری میزان جذب عنصر پتاسیم را کاهش داده است (شکل ۴-۳۰). مقدار پتاسیم در شوری سطح سوم به صورت معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافته است اما مقدار پتاسیم در سطح دوم شوری (۴ دسی زیمنس بر متر) با وجود کاهش، تفاوت معنی داری با سایر تیمارها ندارد. با افزایش میزان تنش شوری، میزان یون پتاسیم کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند به دلیل زیادی جذب یون سدیم باشد. جلوگیری از جذب پتاسیم توسط گیاه در اثر وجود سدیم در محیط رشد، باعث اختلال در فعالیت‌های حیاتی گیاه نظیر فعالیت آنزیم‌های وابسته به پتاسیم و حفظ فشار آماس سلول، می‌گردد، این اختلال به عنوان عدم تعادل یونی در نتیجه تنش شوری شناخته شده است. در مجموع به نظر می‌رسد که عامل اصلی کاهش جذب پتاسیم، افزایش غلظت سدیم در محیط ریشه است که بر تمامیت غشای سلول تاثیر گذاشته و سبب کاهش جذب انتخابی سلول می‌گردد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱).

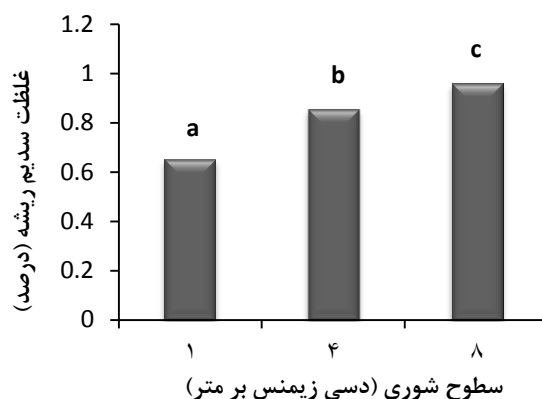


شکل ۴-۳۰ تاثیر شوری بر مقدار پتاسیم ریشه نهال انار

۱۵-۴ سدیم ریشه

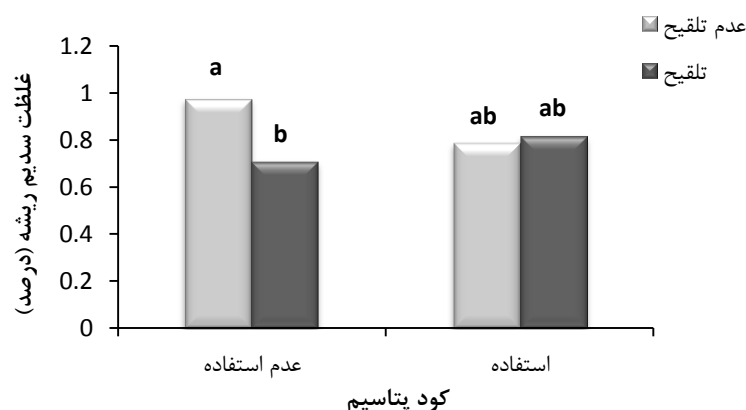
با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، سدیم ریشه گیاه انار تحت تاثیر شوری (در سطح ۵ درصد) و اثر متقابل پتاسیم و میکوریزا (در سطح ۱ درصد) قرار گرفته است (جدول ۴-۶ واقع در پیوست).

شوری باعث افزایش میزان سدیم در ریشه شده است. نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد که میزان سدیم در ریشه در سطح سوم شوری، به صورت معناداری نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده است (شکل ۴-۳۱). دورینگ و لادرز (۱۹۸۶)، نشان دادند در شوری‌های بالا، مقدار زیاده‌تری سدیم در ریشه‌های انار انباشته شد.



شکل ۴-۳۱ تاثیر سطوح شوری بر مقدار سدیم ریشه نهال انار

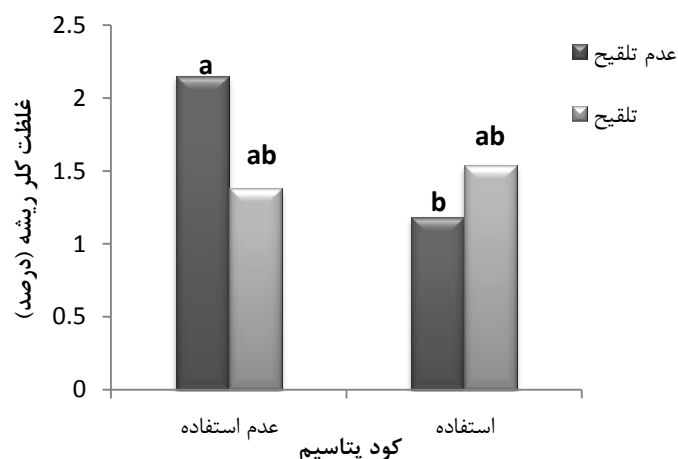
همچنین استفاده از کود پتاسیم باعث کاهش مقدار سدیم شد که البته این کاهش معنی دار نبود. مشخص شده است که در مکان‌های جذب این دو یون در غشای پلاسمایی، یک رقابت مستقیم وجود دارد و افزایش جذب پتاسیم (K^+) می‌تواند مانع از عبور سدیم (Na^+) از محلول خارجی به گیاه شود (ایستین، ۱۹۶۶). در شرایط عدم استفاده از کود پتاسیم نیز استفاده از میکوریز به صورت معنی‌داری مقدار سدیم را کاهش داد (شکل ۴-۳۲). فلاحیان و همکاران (۲۰۰۵)، در آزمایش خود بر روی گیاه پسته (*Pistacia vera L.*)، یکی از عوامل بهبود رشد گیاهان میکوریزایی در محیط‌های شور در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی را پایین‌تر بودن غلظت یون سدیم در این گیاهان و جلوگیری از ایجاد غلظت سمی سدیم در هنگام کاربرد میکوریزا ذکر کردند.



شکل ۴-۳۲ تاثیر متقابل کود پتاسیم و میکوریزا بر مقدار سدیم ریشه نهال انار

۱۶-۴ کلر ریشه

بررسی‌های آماری جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که مقدار کلر در ریشه، تحت تاثیر اثر متقابل کود پتاسیم و میکوریزا در سطح ۱ درصد قرار گرفته است (جدول ۴-۴ واقع در پیوست). با توجه به شکل ۴-۳۳ در شرایط عدم مصرف کود، با تلقیح میکوریزا، مقدار کلر در گیاه کاهش یافته است. همچنین استفاده از پتاسیم هم به صورت معنی‌داری میزان کلر را کاهش داده است. میلانی و همکاران (۱۳۷۷) نتیجه‌گیری کردند که کودهای پتاسیم و نیتروژن از سمیت یون کلرید در گیاه می‌کاهد. اما تاثیر متقابل استفاده از میکوریزا به همراه کود پتاسیم، باعث کاهش مقدار کلر نسبت به شاهد شده است.



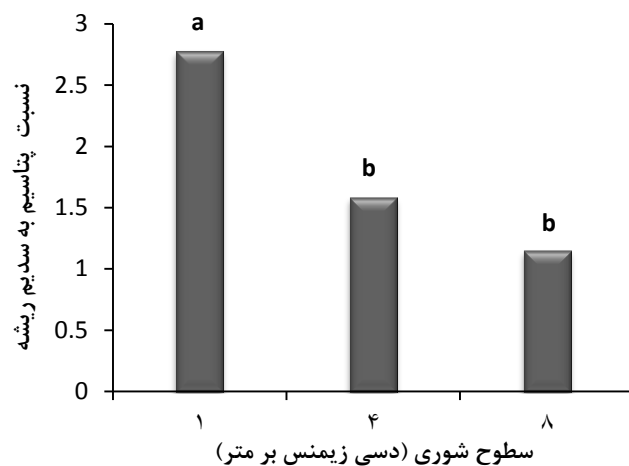
شکل ۴-۳۳ تاثیر متقابل کود پتاسیم و میکوریزا بر مقدار کلر ریشه نهال انار

۱۷-۴ کلسیم

مقادیر کلسیم ریشه، تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (جدول ۴-۴ واقع در پیوست).

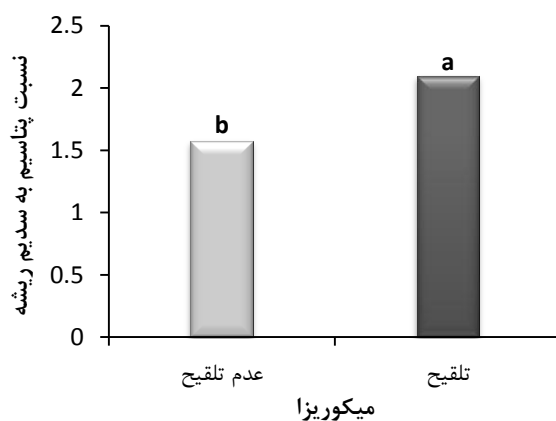
۴-۱۸ نسبت پتاسیم به سدیم ریشه

انتخاب پذیری K^+/Na^+ بافت‌های گیاهی به عنوان یکی از شاخص‌های مهم برای تفکیک گونه‌های متحمل به شوری گزارش شده است (پوستینی و سیسمر، ۲۰۰۴). به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه تحت شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. تشابه بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون مذکور را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌گردد فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد و لذا حفظ نسبت زیاد پتاسیم به سدیم در سیتوسول، یک نیاز اساسی برای رشد گیاه در شرایط شوری زیاد است (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی‌های آماری جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۶ واقع در پیوست)، نشان می‌دهد این ویژگی که یکی از سازوکارهای فیزیولوژیکی مهم در ایجاد تحمل به شوری می‌باشد (بایبوردی و همکاران، ۲۰۱۰)، تحت تاثیر تنش شوری، در گیاه انار کاهش یافته است. (شکل ۴-۳۴). البته کاهش این نسبت در شرایط تنش نمی‌تواند به طور قطعی به این معنا باشد که گیاه سازوکار مقابله با شوری را نداشته و تحمل به شوری در آن پایین است. می‌توان این‌طور برداشت کرد که در شرایط تنش، برای جلوگیری از تاثیرات سمی یون سدیم در برگ و اندام‌های هوایی دیگر، گیاه مقدار بیشتری از سدیم را در ریشه ذخیره کرده است و احتمالاً برای حفظ نسبت‌های یونی و عدم ایجاد سمیت یونی، پتاسیم بیشتری را به قسمت‌های هوایی فرستاده است تا از این طریق اثرات تنش شوری را تعدیل کند.



شکل ۴-۳۴ تاثیر شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه نهال انار

همچنین تلقیح با میکوریزا هم بر روی نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه (در سطح ۵ درصد) تاثیر گذاشته است و باعث افزایش ۳۳/۱۴ درصدی آن شده است (شکل ۴-۳۵).



شکل ۴-۳۵ تاثیر میکوریزا بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه

در پژوهشی که پارسا مطلق و همکاران (۱۳۹۰)، انجام دادند، قارچ‌های میکوریزا باعث کاهش نسبت سدیم به پتاسیم (افزایش نسبت پتاسیم به سدیم) برگ لوبیا شدند، ولی این کاهش در سطوح مختلف شوری متفاوت بود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای قارچی می‌توانند در افزایش مقاومت گیاه به شوری در شرایط تنش، موثر باشند. گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزی می‌باشند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌کنند دارای رشد بهتری خواهند بود، عملکرد بیشتری خواهند داشت و نیز مقاومت بیشتری در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده (از جمله شوری) از خود نشان می‌دهند. هم چنین شوری در تمام تیمارها باعث کاهش عملکرد شده و رشد و جذب عناصر را در گیاه با مشکل مواجه کرده است. ضمن اینکه باعث جذب بیشتر عناصر سمی کلر و سدیم شده است. استفاده از میکوریز در شرایط شور، توانسته این اثرات ناشی از شوری را تقلیل دهد.

نتایج بدست آمده بیانگر نقش بارز پتاسیم در صفات رویشی و همچنین الگوی توزیع عناصر می‌باشد. پتاسیم باعث افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه گشته و همچنین مقدار پتاسیم گیاه و همین‌طور نسبت پتاسیم به سدیم (به عنوان عاملی جهت مقاومت گیاه در شرایط شور) را در گیاه افزایش داده است. استفاده از پتاسیم در محیط شور، سطح برگ را نیز افزایش داده است.

همچنین روند کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی نسبت به ریشه نشان می‌دهد که احتمالاً گیاه مقدار بیشتری از سدیم را در ریشه خود نگه داشته و مانع رسیدن آن به اندام هوایی و برگ‌ها شده و بدین ترتیب اثرات سمی ناشی از یون سدیم را تا حدودی کاهش داده است. ضمن اینکه استفاده از میکوریزا به بالا نگه داشتن نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه کمک کرده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کود پتاسیم و میکوریزا (به عنوان یک کود زیستی) توانسته است تا حد زیادی، اثرات منفی ناشی از عدم تعادل یونی و سمیت عناصر را در شرایط تنش شوری در قلمه‌های انار تعدیل کند.

پیشنهاده‌ها

- ۱- غلظت برخی عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و عناصر کم‌مصرف در محلول خاک، زیر کنترل فاز جامد بوده و بنابراین بسیار کمتر از محلول‌های غذایی می‌باشد بنابراین برای تکمیل نتایج آزمایش انجام شده توصیه می‌شود آزمایشی با شرایط مشابه در سطح مزرعه انجام گیرد و اثرات پتاسیم در شرایط تنش شوری در مزرعه بررسی شود.
- ۲- سطوح مختلفی از کود پتاسیم، در آزمایشی مشابه، مورد بررسی قرار گیرد.
- ۳- تاثیر انواع دیگر کود پتاسیم نظیر سولفات و کلرور پتاسیم هم جهت مشاهده بیشترین تاثیر، در آزمایشی مشابه، بررسی شود.
- ۵- با توجه به اینکه تاکنون مطالعات کمی در رابطه با انار صورت گرفته است، اثر تنش شوری بر روی سایر ارقام انار نیز جهت شناسایی ارقام سازگارتر به تنش، بررسی گردد.

چوست

جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص سبزی‌نگی و سطح برگ انار

منابع تغییرات	Df	شاخص سبزی‌نگی (اسپد)	سطح برگ
کود پتاسیم	۱	۲۹۱/۲۵۲*	۶۲۵۱۳۳۳۴۰/۴۴۴*
میکوریزا	۱	۴۱/۷۱	۴۸۹۸۶۰۰۱/۰
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۳۹/۰	۹۵۲۲۵۰۶۹/۴۴۴
شوری	۲	۱۵۹/۶۸۸*	۹۹۱۸۷۹۸۹۵/۸۶۱**
کود پتاسیم × شوری	۲	۳۳/۰۲۳	۳۲۴۳۵۱۸۴/۱۹۴
میکوریزا × شوری	۲	۴۰/۹۱۹	۵۵۶۳۲۳۹۵/۰۸۳
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۲۴/۴۲۴	۴۷۸۹۴۲۹۲۷/۸۶۱
خطا	۲۴	۴۶/۸۰۴	۱۴۳۶۰۳۳۲۷/۱۹۴

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴-۲ نتایج تجزیه واریانس ارتفاع، کلونیزاسیون میکوریزی و وزن خشک اندام هوایی و ریشه انار

منابع تغییرات	Df	ارتفاع	کلونیزاسیون	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
کود پتاسیم	۱	۱۸۱/۸۰۰**	۱۳/۴۴۴	۱۱/۷۱۹**	۴/۵۱۶**
میکوریزا	۱	۴/۹۱۴	۵۰۹/۰**	۱/۸۲۲	۲/۲۱۵*
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۹/۵۰۷	۷۵/۱۱۱	۱/۱۶۶	۰/۰۳۱
شوری	۲	۱۹۸/۴۵۸**	۳۰۰/۵۲۸**	۱۵/۱۱۴**	۵/۸۴۶**
کود پتاسیم × شوری	۲	۴۷/۶۹۸*	۱۱/۳۶۱	۰/۵۵۱	۱/۷۷۲*
میکوریزا × شوری	۲	۶/۴۷۴	۱۱/۰۸۳	۶/۸۱۲*	۰/۴۱۵
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۵/۷۰۱	۱۱/۳۶۱	۰/۵۰۷	۱/۱۶۴
خطا	۲۴	۱۲/۱۳۹	۳۲/۳۳۳	۱/۳۵۸	۰/۳۷۸

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳-۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) فسفر اندام هوایی و ریشه انار

منابع تغییرات	Df	فسفر اندام هوایی	فسفر ریشه
کود پتاسیم	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰
میکوریزا	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰
شوری	۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰
کود پتاسیم × شوری	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۲
خطا	۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) کلر و کلسیم اندام هوایی و ریشه انار

منابع تغییرات	Df	کلر اندام هوایی	کلر ریشه	کلسیم اندام هوایی	کلسیم ریشه
کود پتاسیم	۱	۲/۸۶۳	۱/۴۶۷	۰/۱۱۰*	۰/۲۳۴
میکوریزا	۱	۰/۰۱۷	۰/۳۸۵	۰/۰۰۱	۰/۰۷۷
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۰/۵۹۷	۲/۸۳۵**	۰/۰۱۸	۰/۰۸۲
شوری	۲	۷/۰۸۷*	۰/۲۷۳	۰/۰۳۶	۰/۰۸۹
کود پتاسیم × شوری	۲	۰/۷۵۸	۰/۰۳۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۷
میکوریزا × شوری	۲	۰/۷۹۷	۰/۰۵۰	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۰/۵۲۲	۰/۳۳۳	۰/۰۰۴	۰/۰۷۶
خطا	۲۴	۱/۴۹۵	۰/۳۵۷	۰/۰۲۳	۰/۰۶۲

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴-۵ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی انار

منابع تغییرات	Df	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم
کود پتاسیم	۱	۰/۱۶۴**	۰/۰۳۹*	۱۶/۴۷۴**
میکوریزا	۱	۰/۱۳۳**	۰/۱۶۱	۱۲/۸۶۷**
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۰/۰۶۷**	۰/۰۰۶	۰/۳۳۳
شوری	۲	۰/۱۳۴**	۰/۷۵۵**	۴۶/۵۹۰**
کود پتاسیم × شوری	۲	۰/۰۱	۰/۰۳۹	۷/۰۶۱*
میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۰۹	۰/۱۰۹	۳/۳۳۵
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱	۰/۱۷۶
خطا	۲۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۵	۱/۲۷۰

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴-۶ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه انار

منابع تغییرات	Df	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم
کود پتاسیم	۱	۰/۰۱۴	۱/۳۳۵*	۰/۵۰۱
میکوریزا	۱	۰/۱۲۶	۰/۰۷۸	۲/۴۵۹*
کود پتاسیم × میکوریزا	۱	۰/۱۹۲*	۰/۱۱۳	۰/۳۱۸
شوری	۲	۰/۲۹۱**	۱/۱۵۷**	۸/۴۴۴**
کود پتاسیم × شوری	۲	۰/۰۲۳	۰/۰۶۸	۰/۰۷۰
میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۷۴	۰/۳۰۵	۰/۴۰۴
کود پتاسیم × میکوریزا × شوری	۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۳۲
خطا	۲۴	۰/۰۳۸	۰/۱۹۳	۰/۵۱۱

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

منابع

آرام ه. و گلچین ا. (۱۳۹۴) "تاثیر قارچ آربسکولار میکوریز (گلموس موسه) بر وزن خشک و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم شبدر برسیم تحت استرس کادمیم" نشریه آب و خاک، شماره ۲، جلد ۲۹، ص ۴۶۶-۴۷۶.

ارچنگی آ. خدامباشی م. و محمدخانی ع. (۱۳۹۱) "تاثیر تنش شوری بر خصوصیات مرفلوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله تحت شرایط کشت هیدروپونیک" علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، شماره ۱۰، سال ۳.

اورعی م. طباطبایی س.ج. فلاحی ا. ایمانی ا. (۱۳۸۸) "اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، سنتز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام" نشریه علوم باغبانی، شماره ۶، جلد ۲۳.

پارسا مطلق ب. محمودی س. سیاری م. ح. و تقی‌زاده م. (۱۳۹۰) "تاثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری" نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، شماره ۲، جلد ۳، ص ۲۳۳-۲۴۴.

جعفری م. طهمورث م. ملکیان آ. (۱۳۸۸) "مدیریت خاک" انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.

حاجی نیا س. زارع م.ج. محمدی گل تپه ا. (۱۳۹۴) "تاثیر تنش شوری و کاربرد قارچ درون‌زی ریشه *Piriformospora indica* بر عملکرد و اجزای گندم" مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، شماره ۲۰، سال هفتم.

حاتمی ح. آینه بند ا. عزیزی م. سلطانی ا. و دادخواه ع. (۱۳۸۹) "تاثیر کود پتاسیم بر رشد و عملکرد سویا در خراسان شمالی" فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهی، دوره ۲، شماره ۲.

خواوازی ک. و ملکوتی م. ج. (۱۳۸۰) "ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور" چاپ اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ص ۲۰.

خوشگفتارمنش ا. ح. (۱۳۸۹) "مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه" انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم.

داورپناه س. عسگری م. ع. بابالار م. و طباطبایی س. ض. (۱۳۹۱) "بررسی اثر تغذیه برگی مونو و دی پتاسیم فسفات بر عملکرد و آنتوسیانین انار رقم ملس ساوه" سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران، اراک.

زارع م. ج. علیخانی ح. محمدی ا. و قلاوند ا. (۱۳۹۳) "کاربرد قارچ‌های میکوریزا در کشاورزی پایدار و خاک‌های شور و خشک" چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران، ص ۲۷۸.

سادات ع. ثوابقی غ. رجالی ف. فرحبخش م. خاوازی ک. شیرمردی م. (۱۳۸۹) "تاثیر چند نوع قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور" نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۵۳-۶۲

سالاردینی ع ا. (۱۳۸۰) "روابط آب و خاک و گیاه" انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۱۰.

شاکری م. اشکان م. وزکیئی ز. (۱۳۸۵) "آفتاب سوختگی تنه و سرشاخه درختان انار و راه‌های کنترل آن" مجله علوم کشاورزی/ایران، جلد ۳۷، شماره ۱، ص ۹۱-۱۰۰.

شیدائی س. زاهدی م. و میرمحمدی س. ع. م. (۱۳۸۹) "اثر تنش شوری بر تجمع ماده خشک و الگوی توزیع یونی در پنج ژنوتیپ گلرنگ" مجله علوم گیاهان زراعی/ایران، دوره ۴۱، شماره ۴.

صدوق ف. شریعتمداری ح. خوشگفتارمنش ا. ح. و مصدقی م. ر. (۱۳۹۳) "تغذیه متناسب گوجه فرنگی با پتاسیم و روی در شرایط تنش خشکی ایجاد شده با پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در سیستم آبکشت" علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال ۵، شماره ۱۸.

عزیزآبادی ا. گلچین ا. و دلاور م. ا. (۱۳۹۳) "تاثیر پتاسیم و تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و غلظت عناصر غذایی گیاه گلرنگ" علوم و فنون کشت گلخانه‌ای، سال ۵، شماره ۱۹.

فناپی ح. گلوی م. کافی م. و شیرانی راد. ا. (۱۳۹۲) "اثر متقابل تنش کمبود آب و پتاسیم بر غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روغن دو گونه کلزا و خردل" نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۳، ص ۲۶۱-۲۷۵.

کافی م. صالحی. م. عشقی زاده ح. (۱۳۸۹) "کشاورزی شورزیست" انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۴.

محسنی. ع. (۱۳۸۹)، "انار" چاپ اول، نشر آخر.

محمودی ش. و حکیمیان م. (۱۳۸۶) "مبانی خاکشناسی"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، ترجمه.

ملکوئی م. ج. (۱۳۸۴) "کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران" چاپ سوم، انتشارات سنا، کرج

مهربانیان. م. اخوتیان. ا. ر. تقی‌زاده. ر. و عبدالله پور. ع. (۱۳۸۷) "شناسایی ارقام سازگار انار جهت بهره‌برداری بهینه از منابع آب شور در مناطق کویری" *اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب*، دانشگاه زابل.

موسوی. س. م. ج. نادیان. ح. خورسندی. ف. و موسوی. ه. (۱۳۹۱) "بررسی اثر کلونیزاسیون ماکوریزایی و تراکم گیاهی بر میزان جذب عناصر ماکرو و رشد شبدر برسیم در سطوح مختلف شوری" *اولین کنفرانس ملی الکترونیکی علوم کشاورزی و محیط زیست*.

مهاجر میلانی، پ. (۱۳۷۷)، "تاثیر شوری آب و خاک بر نیاز ازت و فسفر در گندم" *نشریه فنی شماره ۱۰۳۸، موسسه تحقیقات خاک و آب*.

ناصری م. آرویی ا. نعمتی ح. و کافی م. (۱۳۹۱) "تاثیر سطوح مختلف شوری و سیلیسیوم بر تولید زیست توده، مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum*) (L.)" *نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۲، ص ۵۱۴-۵۰۸*.

Abdelhafez A. A. & Abdel-Monsief R. A. (2006) "Effects of VA Mycorrhizal Inoculation on Growth, Yield and Nutrient Content of Cantaloupe and Cucumber under Different Water Regimes" *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(6), 503-508.

AL-Karak G.N.(2000) "Growth of plant mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress" *Mycorrhiza*, 7: 83-88.

Allen, M. J. (1992) "Mycorrhizal function", Chapman & Hall.

M., & Oleary W. (1996) "Response of some newly developed salt tolerance Ashraf genotypes of spring wheat to salt stress I. Yield component and ion distribution" *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176: 91-110.

Auge R.M. (2001) "Water relation, Drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis" *Mycorrhiza*, 11: 3-42.

- Baibordi A. Seidtabtabai S. J. and Ahmadof A. (2010) "NaCl salinity effect on qualitative, quantitative and physiological attributes of winter canola (*Brassica napus* L.) cultivars" *Journal of Water and Soil* 24: 334-346.
- Behboudian M.H. and D.R. Anderson. (2006) "Effects of potassium deficiency on water relation and photosynthesis of the tomato plant" *J. Plant Soil* 127: 137-139.
- Ben-Gal A Borochoy-Neori H Yermiyahu U Shani U (2009) "Is osmotic potential a more appropriate property than electrical conductivity for evaluating whole-plant response to salinity" *Environment and experimental Botany* 65: 232-237.
- Benton J Jones J r Benjamin W. and Harry A.M. (1991) "*Plant analysis hand book*" A partical sampling prepration, analysis and pretation inter guide. Geogiua, USA.
- .Ecol .res .21, 300-313 Brundrett M. (1991) Mycorrhizas in natural ecosystems. *Adv.*
- Cantrell IC. Linderman RG. (2001) " Preinoculation of lettuce and on ion with VA mycorrhizal fungi reduces delete-ious effects of soil salinity" *Plant Soil*, 233:269-81.
- Cordovilla MP. Berrido SI. Ligerio F. Lluch C (1999) "Rhizobium strain effects on growth and nitrogen assimilation in *Pisum sativum* and *Visica faba* plant growth under salt stress" *J Plant Physiol* 154: 127-131.
- Devitte D Jarrel WM Steven KL (1981) "sodium-potasssium ratios in soil solution and plant response under saline conditions" *Soil Sci. Am. J* 34: 80-86.
- Dkhil B. B. Denden M. and Aboud S. (2011) "Foliar potassium fertilization and its effect on growth, yield and quality of potato grown under loam-sandy soil and semi-arid conditions" *International Jornal of Agriculture*.
- Doring, J. & Ludders P. (1986) "Effect of different salt treatment on punica granatum at different root tempratures" *Artenbauwissenschaft* 52(2): 92-96.
- Egilla J.N. F.T. Davies and Drew. (2001) "Effect of potassium on drought resistance of *Hibiscus rosa-sinensis* cv. Leprechaun: Plant growth, leaf macro and micronutrient content and root longevity" *Plant and Soil*. 229: 213–224.
- L. .Redondo-Nieto M. Torralba B. Rivilla R. Bonilla I. Bolan os El-Hamdaoui A. (2003) "Influence of boron and calcium on the tolerance to salinity of nitrogen-fixing pea plants" *Plant Soil* 251: 93-103.
- Epstein, E. (1966) "Dual pattern of ion absorption by plant cells and by plants" *Nature* 212: 1324-1327.

Evelin, H. Kapoor R. Giri B. (2009) "Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress" *Annal of Botany*, 104: 1256-1280.

H. Fahimi H. and Khavazi Nejad R.A.(2005) "The effect of Abbaspur Fallahiyan F. Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress" *Agronomy Journal* (Pajouhesh & Sazandegi) 67: 82-86.

FAO (2008) FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org>

and Nix H. A. (1995) "Salinisation of land and water Jakeman A. J.Ghasemi F CABA Publishing: resources" *Human causes, Extent, management and case studies*" Wallingford.

Giovannetti M. and B. Mosse.(1980) "An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots". *New Phytologist*, 84: 489-500.

Giri B. Kapoor R. and Mukerji, K.G.(2002) "VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition" In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds) *Techniques in mycorrhizal stueies* Kluwer, ordrecht. Pp. 313-327.

Grattan, SR. Grieve. CM (1992) "Mineral elements acquisition and growth response of plants grown in saline environments" *Agric Ecosys Environ*, 38: 275-300.

Greenway. H. & Munns. R. (1980). "Mechanism of salt tolerance of nonhalophytes" *Plant Physiology*, 31, 149-190.

Hu Y. Schmidhalter U (2002) "Limitation Of salt stress to plant growth" In: Hock B, Elsner CF (eds) *Plant toxicology*. Marcel Decker Inc., New York, pp 91-224.

James, B. Rodel. D. Loretto U. Reynaldo, E. & Tariq, H. (2008) "Effect of vesicular arbuscularmycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna Spectabilis*" *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2217-2224.

Kaya C. D. Higgs and H. Kirnak. (2001) "The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach" *Bulg. J. Plant physiol.* 27: 47-59.

Kaya C Ashraf M. Sonmez. O. Aydemir. S. Levent Tuna. A. Cullu AM (2009) "the influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity" *Scientia Horticultureae* 121: 1-6.

Kijkar. S. (1991) "Producing rooted of *Eucalyptus camaldulensis*" *AASEAN-Canada forest tree seed center project handbook*. pp: 25.

Kohler J. Hernandez JA, Caravaca F. Roldana A (2009) " Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGCR versus AM fungi with

- respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 65:245-252.
- Lionel-Jordan. M. and Sylvain, P. (2004) "Leaf area establishment of a maize field crop under potassium deficiency" *Plant and Soil* 265:75-92.
- Manchanda G. Garg N (2008) "Salinity and its effects on the functional biology of legumes" *Acta Physiol Plant* 30:595-618.
- "Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis" *Plant* 1994(Marschner. H. and Dell B. and *Soil* 159: 89-102.
- Mass. EV. (1993) "Salinity and circulture" *Tree Physiology*. 12: 195-216.,
- Mass. E.V. (1986) "salt tolerance of plants" *Applied Agricultural Research* 1: 12-26.
- Mizoguchi. T. (1992) "Effects of inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of non-nodulated *Acacia* spp. seedlings in two soil water regimes" *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 74, 409-419.
- Mohmmad. M. Malkawi. H. and Shibili. R. (2003) "Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley on soils with different levels of salts" *Journal of Plant Nutrition* 26(1): 125-137.
- Munns R (2005) "Genes and salt tolerance: bringing them together" *New Phytol*, 167:645-663.
- Munns R. Tester M (2008) "Mechanisms of salinity tolerance" *Annu. Rev. Plant Biol*, 59:651-81
- Munns. R. Termat. A. (1986) "whole plant responses to salinity" *Aust. J. Plant Physiol*, 13: 143-160.
- Ortus I. & Harris. (1996) "Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen" *Plant and Soil*, 184: 225-264.
- Paranychianakis NV. Chartzoulakis KS (2005) "Irrigation of Mediterranean crops with saline water in Mediterranean region: Tolerance mechanisms. photosynthesis and management practices" *Agric. Ecosyst. Environ*. 106:171-187.
- Patil. V. K. and Waghmare. (1982) "salinity tolerance of Pomegranate. J. Maharashtra Agric Univ. 7(3): 268-269.
- Phillips J. M. and Hayman D. S. (1970), " Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection". *T. Brit. Mycol. Soc.*, 55, pp 158

- Poustini. K. and Siosemardeh, A. (2004) "Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress" *Field Crops Research* 85: 125-133.
- Powell. CL. (1975) "Potassium uptake by endotrophic mycorrhizas (*Griselinia litorallis*, *Glomus microcarpus*, *Fungi*)" In *Endomycorrhizas; Proceeding of a Symposium*.p. 461-468.
- Rabei. GH. Almadani. AM. (2005) "Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants" *Afr J Biotechnol* 4: 210-222.
- Rashid. M. M. Jahan. M. and Khandakar S. I. (2016) "Impact of nitrogen, Phosphorus and potassium on brown planthopper and tolerance of its host rice plants" *Rice Science*, 23(3): 119-131.
- Rengasamy. (2002) "Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils": an overview. *Aust. J. Exp. Agric.* 42:351 -61.
- Richards LA. (1954). "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils" *Agric. Handbook* 60, USDA, Washington DC.
- Rhodes D. Nadolska-Orczyk A. Rich PJ. (2002) "salinity osmolytes and compatible solutes. In: Lauchi A, Luttge U, eds. *Salinity: Environment- Plants- Molecules*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, 181-204.
- Serraj. R. VasquezDiaz. H. Hernandez. G. Dreven. JJ. (2001) "Genotypic difference in the short-term response of nitrogenase activity to salinity and oxygen in the common bean" *Agronomic* 21: 645-651.
- Shannon MC. Grieve CM (1999) Tolerance of vegetable crops to salinity. *Journal, Scientia Hort*, 78, pp. 5.
- Singh KN. Chatrat, R (2001) "salinity tolerance pp 101-110. In End., M. P. Reynolds, J. J. qrtiz-Monasterio & A. McNab (Eds), *Application of Physilogy in wheat breeding*"
- Sivritepe N. Sivritepe HO. Eris A (2003) "the effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings rown under saline conditions" *Sci. Horticc* 97: 229-237.
- Stuciffe. J. & Baker. D. A. (1981) "*Plants and mineral salts*" Edward Arnold publisher.
- Szabolcs I (1989) "*salt-Affected Soils*" BocaRaton, FL: CRC Press.
- "A comparative study)2006(Thalooth, A.T., M.M. Tawfik and H. Magda Mohamed. application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield on the effect of foliar plants grown under water stress and some chemical constituents of mungbean conditions" *World J. Agric. Sci.* 2(1): 37-46.

Tian, CY. Feng. G. Li. b. XL. Zhang FS. (2004) "Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolated from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants" *Applied Soil Ecology* 26: 143-148.

USDA-ARS (2008) Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. George E. Brown, Jr. Salinity lab. US Dep. Agric. Res. Serv. Riverside, CA.
<http://www.ars.usda.gov>

Wahing .I.W.Van,V.J.G.Houba, J.J.Van der lee. (1989)."soil and plant analysis,a series *wageningen agriculture university*. "of syllabi.part" 7,plant analysis procedure

Wu. Q. S. Xia. R. X. & Zou. Y. N. (2007) "Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings to drought stress" *Plant Physiology*, 29, 543-549.

Zarea MJ. Mohammadi Goltapeh E.Varma A. (2013). Sustainable agriculture in saline arid and semi-arid by use potential of AM fungi on mitigates NaCl effects. In: *Fungi as Bioremediators* (Mohammadi Goltapeh E., Rezaidanesh Y, Varma A., Eds). *Springer-Verlag Germany*. pp 374-369.

Zheng YH. Xu XB. Wang MY. Zheng XH. Li Z J. Jiang GM (2009) "Responses of salt tolerant and intolerant wheat genotypes to sodium chloride: photosynthesis, antioxidants activities, and yield" *Photosynthetica*, 47:87-94.

Abstract:

The most important problem in agriculture in arid and semi-arid areas is salinity. Salinity interferes with nutrition of plants by affecting the availability of nutrition elements. Also in terms of salinity stress, ionic efficiency or impairment is caused by competition of nutrition elements like potassium, calcium and nitrate with toxic ions of sodium and chlorine. By improving nutrient uptake, mycorrhiza symbiosis with plant roots can cause a positive reaction in plants especially in salinity stress situation. In order to evaluate the effect of mycorrhiza and potassium fertilizer in saline conditions, a pot experiment was conducted on pomegranate tree in a greenhouse in Agricultural Research Center in Shahrood. This research was Factorial in a completely randomized design with three replications. Experiments factors included 2 levels of potassium fertilizers (Non-use and use), 2 levels of mycorrhiza (Non-inoculated and inoculated), 3 levels of salinity (1, 4 and 8 dS m) of sodium chloride. The results showed that inoculation with mycorrhizal causes increase in root dry-weight, the ratio of potassium to sodium in aerial organs and roots and mycorrhizal colonization. Most of measured traits in plants were affected by salinity. It was in a way that Salinity decreased aerial organs and root dry-weight, height, leaf area, root potassium and mycorrhizal colonization. It also significantly increased the amount of sodium chloride in roots and aerial organs and chloride of aerial organs. The amounts of potassium increased under the influence of potassium fertilizers in the plant aerial organs and roots, leaf area and chlorophyll index, height and aerial organs and root dry weight. Sodium and calcium amounts decreased in aerial organs. There was a significant interaction between potassium and salt on the plant and it increased the height and root dry weight In terms of using potassium. Interaction of mycorrhiza and potassium reduces the amount of sodium in aerial organs so that the lowest amount of sodium in terms of using fertilizer and inoculation was with mycorrhizal. Interaction of potassium and mycorrhiza wasn't so effective on sodium.

Key words: potassium, mycorrhiza, salinity, pomegranate



Shahrood University of Technology

Faculty at Agriculture

Department of Water and Soil

**Effect of Mycorrhiza and Potassium Fertilizer on Nutrition
and Growth Properties of Pomegranate in Saline Condition**

By:

Sara Heidari

Supervisor:

Shahin Shahsavani

Advisor:

Ahmad Akhyani

Aguest 2016