

تأثیر متقابل شوری و تغذیه روی و مس بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه رزماری در یک خاک آهکی

مجید حجازی مهریزی*^۱ و امیر سعادت فر^۲

۱- دانشیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران

۲- استادیار، پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۳ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۴/۲۶	کاشت گیاهان متحمل به شوری نظیر رزماری و افزایش تحمل آن‌ها به شوری در خاک‌های شور مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارند. روی و مس از عناصر ضروری کم مصرف بوده که می‌توانند تحمل گیاهان به شوری را افزایش دهند. در این مطالعه تأثیر کاربرد تلفیقی روی و مس بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه رزماری تحت تنش شوری صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بررسی شد. شوری تأثیر معنی‌داری بر وزن تازه شاخسار نداشت در حالی که وزن خشک شاخسار را به میزان ۶۰ درصد در تیمار شاهد، ۴۴ درصد در تیمار روی، ۳۸ درصد در تیمار مس و ۲۷ درصد در تیمار روی+مس کاهش داد. رطوبت نسبی برگ رزماری در پاسخ به تنش شوری کاهش یافت و تنها کاربرد همزمان روی و مس رطوبت نسبی برگ را افزایش داد. شوری سبب افزایش و کاربرد عناصر روی و مس سبب کاهش نفوذپذیری غشا و غلظت مالون دی آلدئید در برگ رزماری شد. برای مثال در تیمار شاهد افزایش سطح شوری از صفر به ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب افزایش ۳۹ درصدی و در تیمار کاربرد مس سبب افزایش ۲۴ درصدی غلظت مالون دی آلدئید شد. شوری سبب افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم شاخسار و ریشه شد. درمقابل کاربرد روی توانست غلظت سدیم را در این اندام‌ها کاهش و غلظت پتاسیم را افزایش دهد. کاربرد تلفیقی روی و مس از طریق طریق کاهش تخریب غشای سلولی و غلظت سدیم و افزایش رطوبت برگ و پتاسیم گیاه به طور مؤثرتری تحمل رزماری را به شوری افزایش داد.
کلمات کلیدی: تنش محیطی، رزماری، گیاهان دارویی، تراوایی غشای سلولی، مالون دی آلدئید	
* عهده دار مکاتبات Email: mhejazi@uk.ac.ir	

مقدمه

گیاه دارویی اکلیل کوهی با نام عمومی رزماری، گیاهی چند ساله، خوشبو، گرم و تند است. این گیاه به تیره نعناع تعلق داشته، به فرم بوته‌ای بوده و در تمام فصول سال سبز می‌باشد (۲۶). برگ‌های این گیاه حاوی آنتی‌اکسیدان بوده و خواص

دارویی مانند ضد انقباض، ضد نفخ شکمی و تشنج دارد (۳۰). مواد موثره موجود در این گیاه خواص آنتی‌اکسیدانی قوی داشته و ضد قارچ و ضد باکتری است. در حال حاضر از این گیاه و مواد موثره آن در صنایع آرایشی و بهداشتی، عطر و ادکلن، دارویی و غذایی استفاده می‌شود.

پژوهشی در ارتباط با گیاهان خانواده نعنائیان، دریافته‌اند که شوری عملکرد اسانس در گیاهان این خانواده را کاهش داد. به منظور حصول کیفیت مطلوب و عملکرد بالا مخصوصاً در گیاهان دارویی، ارزیابی سیستم‌های تغذیه‌ای گیاهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تغذیه متعادل گیاه در افزایش تحمل گیاهان به شوری موثر می‌باشد که ضمن کمک به رشد گیاه، با حفظ پایداری غشای سلولی مانع از تجمع عناصر سمی نظیر بور و کلر در گیاه می‌شود (۳۱). برخی از عناصر غذایی نقش ویژه‌ای در کاهش سمیت یون‌ها و افزایش تحمل گیاه به شوری دارند. مس و روی از عناصر ریز مغذی ضروری هستند که جز فلزات سنگین نیز طبقه‌بندی می‌شوند. بهبود تغذیه‌ای روی و مس در خاک‌های شور می‌تواند سبب افزایش رشد گیاه و افزایش تحمل آن‌ها به شوری گردد. مس یکی از عناصر ضروری و کم مصرف برای جلبک‌ها و گیاهان بوده که در ساخت برخی از پروتئین‌های دارای فعالیت آنزیمی نقش دارد (۸). مس به همراه روی نقش مهمی در فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز دارند (۲۰). سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز از مهمترین آنزیم‌های گیاهی دخیل در کاهش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژنی به ویژه در شرایط تنش نظیر شوری محسوب می‌گردند (۹). عنصر روی نیز به‌عنوان کوفاکتور برخی از آنزیم‌های حیاتی گیاه از جمله آلکالین فسفاتازها، دهیدروژنازها، RNA پلی-مرازها در متابولیسم قندها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسید نوکلئیک‌ها، فتوستتر گیاه و بیوستتر اکسین (به‌عنوان یک هورمون محرک رشد) ایفای نقش می‌کند (۲۹).

کمبود عناصر کم مصرف از جمله روی و مس در اراضی آهکی و شور به طور گسترده مشاهده شده است (۳). به نظر می‌رسد تغذیه متعادل روی و مس بتواند طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز، استحکام غشای سلولی و کاهش جذب عناصری مانند سدیم، کلر و بور تحمل گیاه به شوری را افزایش دهد. با توجه به ارزش اقتصادی گیاه رزماری و امکان کاشت این گیاه در شرایط شور و همچنین نقش عناصر روی و مس در رشد، این تحقیق

همچنین این گیاه که به صورت یک گیاه زینتی و معطر کشت می‌شود، گیاهی بسیار مقاوم به شرایط نامساعد محیطی بوده می‌تواند دمای بالا و خشکی را به خوبی تحمل کند (۲۳).

از مهمترین جنبه‌های موفقیت در کشاورزی پیشرفته، شناخت عوامل مختلف موثر بر رشد و عملکرد گیاهان از قبیل اقلیم، عوامل ژنتیکی و همچنین نحوه تاثیر آن‌ها بر ویژگی‌های کیفی و کمی محصولات است (۲۹). بنابراین جهت دستیابی به بالاترین میزان عملکرد کیفی و کمی گیاهان دارویی، شناخت عوامل ژنتیکی، محیطی و غیر محیطی و اثرات متقابل آن‌ها بر محصولات ضروری است. از مهمترین و تاثیرگذارترین عوامل موثر بر بهبود کیفیت و کمیت گیاهان دارویی در شرایط تنش، مدیریت مناسب حاصلخیزی خاک می‌باشد (۳۳).

یکی از عوامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان شوری خاک می‌باشد. در این مناطق، شوری سبب کاهش کیفیت زمین‌ها و بیابانی شدن آن‌ها شده است (۱۰). کاهش رشد مهم‌ترین واکنش گیاهان به شوری است (۲۵ و ۲۷). یکی از مهمترین مضرات تنش شوری بر گیاهان از بین رفتن تعادل یونی در گیاه است، این امر به دلیل رقابت در جذب یون اتفاق می‌افتد و افزایش جذب یون سدیم می‌تواند موجب کاهش جذب یون‌هایی نظیر پتاسیم و کلسیم شود. پاک‌نیت و همکاران (۲۴) در پژوهش خود نشان دادند که تنش شوری موجب بروز علائم کمبود کلسیم در گیاه جو می‌شود. همچنین تنش شوری می‌تواند با تاثیر بر فتوستتر، ساخت پروتئین، تنفس و تولید انرژی، سبب تغییرات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی متعدد در گیاهان شده و کاهش رشد گیاه را به همراه داشته باشد (۱۳). در شرایط شوری زیاد، تنش‌های یونی و اسمزی ایجاد شده، موجب برهم خوردن تعادل و تولید بیش از اندازه گونه‌های اکسیژنی فعال می‌شود سبب بروز تنش ثانویه اکسیداتیو و تغییرات سلولی می‌شود (۲). پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با تاثیر شوری بر گیاهان دارویی انجام شده است. دمیرکایا و همکاران (۷) در

آبشویی ۵۰ درصد، آبیاری با سطوح شوری ذکر شده اعمال شد.

عملکرد رزماری

سه ماه پس از اعمال شوری، گیاهان برداشت و ریشه از بخش هوایی جدا و وزن تازه هر بخش اندازه‌گیری گردید. برای تعیین وزن خشک، ریشه و اندام هوایی در دمای ۸۵ درجه سلسیوس خشک شدند.

اندازه‌گیری غلظت مالون دی آلدهید

به منظور تعیین غلظت مالون دی آلدهید در گیاه رزماری، ابتدا ۰/۱ گرم برگ تازه بالغ ریشه را به طور جداگانه در محلول ۲۰ درصد^۴ TCA که حاوی ۰/۵ درصد تیوباریتوریک اسید ۴ بود کاملاً پودر کرده و پس از سانتریفیوژ، یک میلی‌لیتر از محلول رویی به ۲/۲۵ میلی‌لیتر محلول TBA-TCA^۵ اضافه و آن‌گاه پس از حرارت دادن این مخلوط و در نهایت سرد شدن آن در حمام یخ غلظت مالون دی آلدهید در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج (مدل جن وی ۵۳۱۰) اندازه‌گیری شد که تفاوت جذب در این دو طول موج مقدار مالون دی آلدهید را نشان می‌دهد (۲۳).

رطوبت نسبی برگ^۶ (LRWC)

با توجه به روش یاماساکی و دیلنبرگ (۳۵) مقدار رطوبت نسبی برگ گیاه رزماری اندازه‌گیری شد. بر این اساس ۳ تا ۴ برگ از بخش میانی هر گیاه در هر تکرار برداشته و بلافاصله به‌عنوان وزن تازه توزین شدند (FW). سپس برگ‌ها در پتری‌دیش سر بسته در آب مقطر قرار داده شده و وزن آن‌ها به طور مرتب اندازه‌گیری گردید تا زمانی که دیگر تغییر وزنی با روز قبل مشاهده نگردد.

با هدف بررسی تاثیرات تغذیه روی و مس بر برخی از خصوصیات رشدی و بیوشیمیایی رزماری در شرایط شور انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و اعمال تیمارها

این پژوهش به صورت فاکتوریل شامل تیمارهای مختلف کودی و سطوح شوری در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد. قلمه‌های یکسان رزماری جمع‌آوری و در گلدان‌های ۱۰ لیتری با شن شسته شده و در شرایط گلخانه به منظور ریشه‌دهی قلمه‌ها، نگهداری شدند. آبیاری قلمه‌ها در این مدت به صورت دو بار در هفته انجام پذیرفت. یک نمونه خاک با کمبود روی و مس از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به گلخانه منتقل شد. پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی از جمله بافت خاک (بویوکاس^۱، (۶)، pH و EC در عصاره اشباع (هالوشاک^۲، (۱۵)، درصد آهک به روش حجم‌سنجی (گوپتا^۳، (۱۳)، غلظت قابل جذب عناصر مس و روی با روش استخراج با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی تعیین شد (جدول ۱). خاک دارای کمبود به چهار قسمت مساوی تقسیم شد. قسمت اول به‌عنوان شاهد (T₁) هیچ‌گونه تیمار کودی دریافت نکرد. به بخش دوم ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی (T₂)، به بخش سوم ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس (T₃) و به بخش چهارم ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس و ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی (T₄) افزوده شد. پس از گذشت ۳ ماه از آماده‌سازی قلمه‌های رزماری، قلمه‌های یکسان (از لحاظ اندازه) به گلدان‌ها انتقال داده شدند. تیمارهای شوری، شامل غلظت‌های صفر، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بودند که به صورت تدریجی و از طریق آب آبیاری با فاصله آبیاری ۵ روز به خاک اضافه شدند. در طول دوره رشد (۹۰ روز) با در نظر گرفتن نیاز

4- Trichloro Asetic Asid
5- Tio Barbituric Acid
6- Leaf Relative Water Content (LRWC)

1- Bouyoucous
2- Haluschak
3- Gupta

جدول (۱) برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه
Table(1) Physical and chemical properties of the studied soil

خصوصیات شیمیایی Chemical properties			خصوصیات فیزیکی Physical properties					
مس قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) Absorbable Cu(mg.kg ⁻¹)	روی قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) Absorbable Zn(mg.kg ⁻¹)	درصد آهک Lime (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	pH	کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)
0.10	0.12	28.9	1.0	7.9	لوم شنی	6.27	17.8	54.6

منظور نیم گرم از شاخسار و ریشه خشک، آسیاب شده و به کروزه‌های چینی انتقال داده شدند. کروزه‌ها در کوره الکتریکی قرار گرفته و با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت حرارت داده شدند. پس از حل خاکستر در اسید کلریدریک ۲ نرمال مقدار سدیم و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای و با دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری

داده‌های حاصل از این پژوهش بر اساس طرح کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمینه اختلاف میانگین در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

در جدول (۱) نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده ارائه شده است. همانطور که جدول نشان می‌دهد خاک مد نظر آهکی، فاقد مشکل شوری و قلیائیت بوده و از نظر بافت متوسط (لومی شنی) می‌باشد. با توجه به مقدار پایین روی و مس قابل استفاده، خاک مورد نظر برای اعمال تیمارها مناسب است.

وزن تازه شاخسار و ریشه رزماری

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۲)، اثرات شوری و تیمارهای کودی، بر وزن تازه شاخسار و ریشه معنی‌دار شد. به غیر از تیمار شاهد (T₁) در سایر تیمارهای کودی، شوری تغییر معنی‌داری در وزن تازه شاخسار رزماری ایجاد نکرد که این امر نشان‌دهنده مقاوم بودن رزماری به تنش شوری است. تأثیر کاربرد عناصر روی و مس در سطوح مختلف شوری متفاوت بود به طوری که در سطح صفر

بعد از خشک کردن آب سطح برگ وزن برگ‌ها به عنوان وزن آماس اندازه‌گیری شد (TW). نمونه‌های برگ به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک کن قرار داده شدند و پس از وزن کردن نمونه خشک شده (DW)، مقدار رطوبت نسبی برگ با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

$$LRWC = (FW-DW)/(TW-DW)$$

نفوذپذیری غشای سلولی

به منظور ارزیابی اثر شوری بر نفوذپذیری غشای سلولی از روش نشت الکترولیت استفاده شد (۱۹). بر اساس این روش با اندازه‌گیری قابلیت هدایت الکتریکی محلول خارج شده از برگ، مقدار نفوذپذیری غشای سلولی اندازه‌گیری می‌شود. برای این منظور دو نمونه از برگ گیاه در هر تکرار برداشت و بعد از شستشو به لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر انتقال و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. سپس قابلیت هدایت الکتریکی عصاره نمونه (EC₁) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه در اتوکلاو نگهداری و بعد از سرد شدن قابلیت هدایت الکتریکی عصاره آن (EC₂) تعیین شد.

مقدار نفوذپذیری غشای سلولی از تقسیم EC₁ بر EC₂ به دست آمد. هر چه نسبت EC₁/EC₂ بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تاثیر بیش‌تر تنش بر غشاس سلولی برگ می‌باشد.

تجزیه شیمیایی گیاه و اندازه‌گیری عناصر

به منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در گیاه رزماری از روش خشک‌سوزانی استفاده شد. برای این

ریشه و وزن تازه رزماری کاهش یافت. میزان کاهش وزن تازه ریشه ناشی از شوری در تیمارهای مختلف عنصری با هم متفاوت بود به طوری که افزایش سطح شوری از صفر به ۱۲۰ میلی مولار سبب کاهش ۵۰ درصدی وزن تازه ریشه در T₁، کاهش ۳۷ درصدی در T₂، کاهش ۴۳ درصدی در T₃ و کاهش ۲۷ درصدی در T₄ شد. این نتایج نشان داد که کاربرد مستقل روی و کاربرد همزمان روی و مس به خوبی توانسته است رشد ریشه رزماری را تحت شرایط تنش شوری حفظ کند. نتایج نشان داد که در تمام سطوح شوری، بیشترین وزن تازه ریشه رزماری در تیمار کاربرد همزمان روی و مس (T₄) و بعد از تیمار کاربرد تنهای روی (T₂) اندازه گیری شد.

وزن خشک شاخسار و ریشه رزماری

نتایج نشان داد که در تیمارهای مختلف کودی، شوری تأثیر متفاوت و معنی داری بر وزن خشک شاخسار و ریشه رزماری داشت (جدول ۳). در تمامی تیمارهای کودی شوری ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم تغییر معنی داری در وزن خشک شاخسار رزماری ایجاد نکرد در حالی که شوری ۱۲۰ میلی مولار به غیر از T₄، در سایر تیمارهای کودی سبب کاهش معنی دار وزن خشک رزماری در مقایسه با شوری صفر میلی مولار گردید. عدم تأثیر شوری بالا در T₄ نشان از تأثیر مثبت کاربرد تلفیقی روی و مس در مقایسه با کاربرد مستقل ای دو عنصر در خاک می باشد.

جدول (۲) تأثیر کاربرد روی و مس بر وزن تازه شاخسار و ریشه رزماری تحت شرایط تنش شوری

Table (2) The effect of Zn and Cu application on shoot and root fresh weight of rosemary under saline conditions

تیمارها (Treatments)	سطوح شوری (میلی مولار)		
	Salinity levels (mM)		
	0	60	120
	شاخسار (Shoot)		
T ₁ : Control (CO)	33.2 ^c	33.0 ^{cd}	22.9 ^d
T ₂ : CO + Zn	44.1 ^b	39.8 ^b	42.3 ^b
T ₃ : CO + Cu	43.7 ^b	39.0 ^{bc}	33.2 ^{cd}
T ₄ : CO + Zn+ Cu	62.8 ^a	61.7 ^a	61.0 ^a
	ریشه (root)		
T ₁ : Control (CO)	7.9 ^{de}	6.4 ^{fg}	4.1 ^h
T ₂ : CO + Zn	10.3 ^{bc}	7.7 ^{efd}	6.4 ^{fg}
T ₃ : CO + Cu	8.9 ^{cd}	7.2 ^{ef}	5.0 ^{gh}
T ₄ : CO + Zn+ Cu	12.5 ^a	10.4 ^b	9.1 ^{bcd}

کلرید سدیم، کاربرد مستقل روی و مس و کاربرد تلفیقی آن ها سبب افزایش وزن تازه شاخسار شد. تأثیرات مثبت عناصر کم مصرف روی و مس بر عملکرد وزن تازه اندام هوایی ممکن است به دلیل افزایش بیوستراکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانیول پیرووات- کربوکسیلاز و ریبولوزیفسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت های گیاهی و افزایش کارایی جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف در حضور غلظت های پایین این عناصر باشد (۵). با افزایش سطح شوری به ۶۰ و ۱۲۰ میلی-مولار کلرید سدیم، مس نتوانست سبب افزایش وزن تازه شاخسار رزماری در مقایسه با سایر تیمارهای کاربرد عناصر ریز مغذی گردد به طوری که در این تیمار با افزایش سطح شوری از ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم به ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم وزن تازه شاخسار از ۳۹ گرم به ۳۳/۲ گرم در گلدان (کاهش ۱۴ درصدی) رسید. در تمام سطوح شوری بیشترین وزن تازه شاخسار در T₄ و کمترین مقدار در تیمار شاهد اندازه گیری شد. نتایج وزن تازه ریشه رزماری نشان داد که در تمام تیمارهای کاربرد عناصر روی و مس، افزایش شوری سبب کاهش معنی دار وزن تازه ریشه شد (جدول ۲).

ارشاد لنگرودی و همکاران (۱۰) با مطالعه بر گیاه رزماری در تیمارهای مختلف شوری نشان دادند که با افزایش سطح شوری تا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم رشد

رطوبت نسبی برگ

پاسخ رطوبت نسبی برگ رزماری به تنش شوری در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود (شکل ۱). در سطح صفر میلی مولار کلرید سدیم، تیمار کاربرد مس تفاوت معنی داری با شاهد نداشت در حالی که تیمارهای T_2 و T_4 سبب افزایش معنی دار رطوبت نسبی برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند. برای مثال میزان رطوبت نسبی برگ از ۶۵ درصد در تیمار شاهد به ۸۰ درصد در تیمار T_4 افزایش یافت. در سطح ۶۰ میلی مولار، تمامی تیمارهای عنصری سبب افزایش معنی دار رطوبت نسبی برگ در مقایسه با تیمار شاهد شدند، هر چند تفاوت معنی داری بین آن‌ها مشاهده نشد. در سطح ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم تنها کاربرد همزمان روی و مس (T_4) توانست سبب افزایش معنی دار رطوبت نسبی برگ در مقایسه با تیمار شاهد گردد. دلیل افزایش رطوبت نسبی در شرایط شور در پاسخ به کاربرد مس را می‌توان به نقش این عنصر در تشکیل و پایداری آوند چوبی و کمک به انتقال آب در گیاه نسبت داد (۲۰). همچنین تأثیر عنصر روزی بر توسعه بافت آوندی، تجمع ترکیبات تنظیم کننده اسمزی و جلوگیری از خروج پتاسیم از دلایل افزایش رطوبت نسبی برگ در شرایط شور می‌باشد (۱۲).

نفوذپذیری غشای سلولی

میزان نفوذپذیری غشای سلولی که به وسیله نشت یونی اندازه‌گیری می‌شود به طور معنی داری تحت تأثیر تنش شوری و کاربرد عناصر روی و مس قرار گرفت (شکل ۲). شوری سبب افزایش نفوذپذیری غشای سلولی برگ شد. دمیروکایا و همکاران (۷) گزارش کردند که افزایش شوری باعث افزایش نشت یونی و آسیب زدن به قابلیت تراوش یونی می‌شود. تغییرات اسیدهای چرب غیر اشباع ممکن است دلیل افزایش نشت سلولی باشد که بر خواص و ساختمان غشای سلولی تاثیر می‌گذارد. تحت شرایط تنش شوری فعالیت رادیکال‌های آزاد اکسیژنی منجر به افزایش پراکسیداسیون چربی و کاهش یکپارچگی غشای سلولی در ارقام حساس شده و در نتیجه نفوذپذیری غشای سلولی افزایش می‌یابد (۲۱).

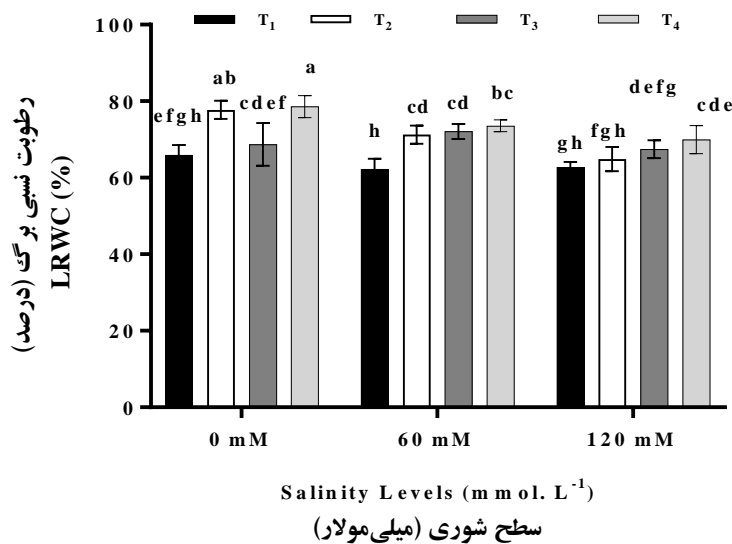
نتایج مطالعه متشعزاده و همکاران (۲۲) نشان داد که تنش شوری، وزن خشک برگ و ریشه گندم را به ترتیب به میزان ۱۴/۱ و ۲۰/۹ درصد کاهش داد. نتایج نشان داد که در شرایط تنش شوری، تنها کاربرد همزمان روی و مس (T_4) سبب افزایش معنی دار وزن خشک شاخسار رزماری گردید که نشان از نقش مؤثر این عناصر در افزایش تحمل گیاه به تنش شوری دارد. در تیمار شاهد (T_1) و تیمار کاربرد مس (T_3)، شوری ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی دار وزن خشک شاخسار رزماری در مقایسه با تیمار شاهد گردید در حالی که در تیمارهای دارای روی (T_2 و T_4)، تفاوت معنی داری از لحاظ وزن خشک شاخسار رزماری بین سطوح مختلف شوری مشاهده نشد. بر اساس این نتایج کاربرد روی در مقایسه با مس تأثیر مثبتی بر افزایش تحمل رزماری به تنش شوری دارد. یکی از دلایل موثرتر بودن روی در افزایش مقاومت رزماری به تنش شوری را می‌توان نقش این عنصر در بهبود ساختار غشای سلولی و در نتیجه افزایش جذب عناصر ضروری دانست. در مطالعه هندوی و خالید (۱۶) نیز به تاثیر مثبت روی در افزایش تحمل مریم‌گلی به تنش شوری اشاره شده است.

وزن خشک ریشه رزماری به طور معنی داری تحت تأثیر تیمار کودی و شوری قرار گرفت (جدول ۳). اگرچه وزن خشک ریشه رزماری در تمامی تیمارهای کودی به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح شوری قرار گرفت، ولی تأثیر تنش شوری در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود. برای مثال در تیمارهای T_1 ، T_2 ، T_3 و T_4 کاربرد سطح ۱۲۰ میلی مولار کلرید سدیم به ترتیب سبب کاهش ۳۸، ۴۴، ۶۰ و ۲۷ درصدی وزن خشک ریشه در مقایسه با سطح صفر میلی مولار کلرید سدیم شد. بر اساس این نتایج کاربرد همزمان روی و مس، بعد از کاربرد مستقل روی سبب شد تا وزن خشک ریشه رزماری کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گیرد. نقش مؤثر روی در افزایش تحمل گیاهان به شوری به نقش آن در ساخت پروتئین، اکسین و حفظ پایداری غشای سلولی نسبت داده می‌شود (۳۳).

جدول (۳) اثر کاربرد روی و مس بر وزن خشک شاخسار و ریشه رزماری تحت شرایط تنش شوری
 Table(3) The effect of Zn and Cu application on shoot and root dry weight of rosemary under saline conditions

تیمارها (Treatments)	سطوح شوری (میلی مولار)		
	Salinity levels(mM)		
	0	60	120
	شاخسار (shoot)		
T1: Control (CO)	6.6c	6.6 c	4.6d
T2: CO + Zn	9.2 b	8.0bc	8.5bc
T3: CO + Cu	8.7 b	7.8bc	6.6c
T4: CO + Zn+ Cu	12.6a	12.3a	12.2 a
	ریشه (root)		
T1: Control (CO)	2.8de	1.8fg	1.2h
T2: CO + Zn	3.1 bc	2.3de	1.9 fg
T3: CO + Cu	2.7cd	2.2ef	1.5 gh
T4: CO + Zn+ Cu	3.7a	3.1b	2.7bcd

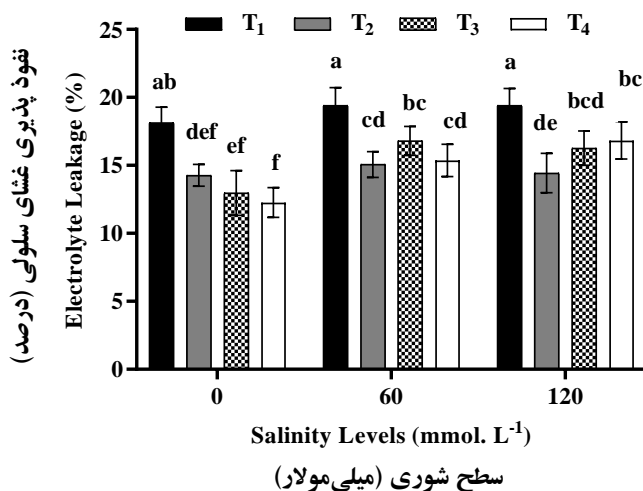
برای هر ویژگی، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.
 For each characteristic, the means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test.



شکل (۱) تاثیر روی و مس بر رطوبت نسبی برگ رزماری تحت تنش شوری (ستون‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD هستند)

Figure (1). The effect of Zn and Cu on Leaf Relative Water Content (LRWC) of rosemary under salinity stress conditions (columns with the same letters are not significantly differentns at the 5% level of LSD test)

حجازی مهریزی و سعادت‌فر: تاثیر متقابل شوری و تغذیه روی و ...



شکل (۲) تاثیر روی و مس بر نفوذپذیری غشای سلولی رزماری تحت تنش شوری (ستون‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD هستند)

Figure (2) The effect of Zn and Cu on cell membrane permeability under salinity stress conditions (columns with the same letters, are not significantly different at the 5% level of LSD test)

رادیکال‌های آزاد اکسیژنی تولید شده در شرایط تنش شوری و افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، میزان مالون دی آلدئید افزایش می‌یابد (۱۷). تاثیر شوری بر غلظت مالون دی آلدئید در تیمارهای مختلف عنصری متفاوت به طوری که کاربرد روی و مس سبب تعدیل اثرات مخرب شوری شد. شوری ۱۲۰ میلی‌مولار در تیمار شاهد (T₁) سبب افزایش ۳۹ درصدی، در T₂ سبب افزایش ۳۶ درصدی، در T₃ سبب افزایش ۲۴ درصدی و در T₄ سبب افزایش ۳۰ درصدی غلظت مالون دی آلدئید در برگ رزماری شد. به نظر می‌رسد کاربرد عناصر مس و روی، از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دسموتاز سبب حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژنی شده و از این طریق با کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی پایداری غشای سلولی را افزایش داده است (۴ و ۲۰).

غلظت سدیم شاخسار و ریشه رزماری

کاربرد عناصر روی و مس سبب تغییر معنی‌دار سدیم شاخسار رزماری در سطوح مختلف شوری گردید و تاثیر این تیمارهای کودی بر سدیم شاخسار متفاوت بود (جدول ۴). در شوری صفر میلی‌مولار کاربرد عناصر ریزمغذی تأثیری بر غلظت سدیم شاخسار نداشت در حالی که در شوری ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تمامی تیمارهای عنصری و در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تیمار روی (T₂) و روی + مس (T₄) به طور معنی‌داری سبب کاهش سدیم شاخسار شد. بر اساس این نتایج در شرایط تنش متوسط (۶۰ میلی‌مولار) هر دو عنصر روی و مس و در تنش بالای شوری (۱۲۰

در تمام سطوح شوری، کاربرد مستقل و تلفیقی عناصر ریزمغذی روی و مس سبب کاهش معنی‌دار نشت یونی از برگ رزماری شد اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای عنصری در سطوح مختلف شوری وجود نداشت. کاهش نشت یونی با کاربرد عناصر روی و مس می‌تواند به نقش روی در پایداری غشای سلولی (۱۸) و نقش مس در افزایش فعالیت آنزیم‌های پالایش‌گر رادیکال‌های آزاد اکسیژنی مرتبط باشد (۲۰). کاربرد همزمان روی و مس در سطح صفر میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش ۳۲ درصدی، در سطح ۶۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۲۰ درصدی و در سطح ۱۲۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۱۳ درصدی نشت یونی در مقایسه با تیمار عدم کاربرد عناصر (شاهد) شد. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه کاربرد عناصر روی و مس سبب تعدیل اثرات تخریبی شوری بر غشای سلولی شده ولی با افزایش سطح شوری از کارایی این عناصر در کاهش اثرات تخریبی کاسته شده است.

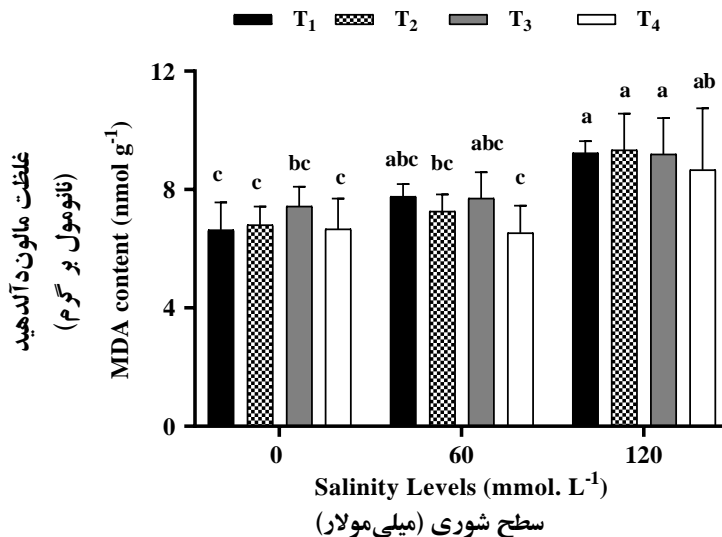
غلظت مالون دی آلدئید

شکل (۳) غلظت مالون دی آلدئید در برگ رزماری در شرایط تنش شوری را نشان می‌دهد. غلظت مالون دی آلدئید در برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر شوری و کاربرد عناصر روی و مس قرار گرفت. شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به طور معنی‌داری سبب افزایش معنی‌دار غلظت مالون دی آلدئید شد اما شوری ۶۰ میلی‌مولار تأثیری بر غلظت مالون دی آلدئید برگ رزماری نداشت (شکل ۳). به دلیل آسیب لیپیدهای غشای سلولی توسط

جدول (۵) تاثیر کاربرد روی و مس بر پتاسیم شاخسار و ریشه رزماری تحت شرایط تنش شوری را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که تنها در تیمار شاهد (T₁) شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش غلظت پتاسیم شاخسار رزماری شد و در سایر تیمارها اگرچه شوری سبب کاهش غلظت پتاسیم شاخسار شد ولی این تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۵). این نتایج نشان از تأثیر مثبت کاربرد روی و مس در حفظ سطح مناسب پتاسیم در گیاه دارد. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد عناصر روی و مس به صورت مستقل و همزمان توانست سبب تغییر معنی‌دار غلظت پتاسیم شاخسار در سطوح مختلف شوری گردد. به غیر از تیمار کاربرد تلفیقی روی و مس در سایر تیمارها افزایش هر دو سطح شوری ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار سبب کاهش پتاسیم ریشه شد در حالی که در تیمار تلفیقی، تنها سطح شوری به ۱۲۰ میلی‌مولار کاهش پتاسیم ریشه را به همراه داشت. این نتایج نشان از نقش مؤثر هر دو عنصر روی و مس در حفظ سطح مناسب پتاسیم در ریشه گیاه دارد. حفظ سطح کافی از پتاسیم در رزماری، می‌تواند تحمل این گیاه به شوری را افزایش دهد. روی از طریق حفظ ساختار غشای سلولی ریشه رزماری از نشت پتاسیم از ریشه به محیط رشد گیاه جلوگیری می‌کند (۱).

میلی‌مولار) عنصر روی نقش مؤثری در کاهش سدیم شاخسار داشته است. به نظر می‌رسد تغذیه روی سبب بهبود خاصیت انتخاب‌پذیری غشای سلولی شده و از این طریق از جذب غیر انتخابی سدیم توسط گیاه و تجمع در شاخسار رزماری کاسته شده است. در شرایط عدم تنش، تنها کاربرد همزمان روی و مس سبب کاهش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه رزماری شد در حالی که در تنش ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تیمارهای حاوی روی (T₄ و T₂) سبب کاهش معنی‌دار غلظت سدیم ریشه شدند. کمترین مقدار سدیم ریشه در شرایط تنش شوری در تیمار کاربرد همزمان روی و مس اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان می‌دهد که تغذیه همزمان روی و مس با کاهش غلظت سدیم ریشه رزماری در شرایط شور به افزایش تحمل رزماری به شوری کمک کرده است. نقش روی در کاهش غلظت سدیم ریشه رزماری را می‌توان به نقش این عنصر در حفظ پایداری غشای سلولی و تنظیم ورود و خروج یون سدیم از ریشه این گیاه نسبت داد (۳). با افزایش سطح شوری از کارایی عناصر روی و مس در کاهش غلظت سدیم ریشه کاسته شد. برای مثال کاربرد همزمان روی و مس در شوری ۶۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۳۷ درصدی و در شوری ۱۲۰ میلی‌مولار سبب کاهش ۲۰ درصدی سدیم ریشه رزماری در مقایسه با تیمار شاهد (T₁) شد.

غلظت پتاسیم شاخسار و ریشه رزماری



شکل (۳) تاثیر روی و مس بر غلظت مالون دی آلدئید برگ رزماری تحت تنش شوری (ستون‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD هستند)

Figure (3) effect of Zn and Cu on leaf malondialdehyde (MDA) content of rosemary under salinity stress conditions (columns with the same letter are not significantly different at the 5% level of LSD test)

جدول (۴) اثر کاربرد روی و مس بر شاخسار و ریشه محتوی سدیم رزماری تحت شرایط تنش شوری
 Table (4) The effect of Zn and Cu application on shoot and root Na content of rosemary under saline condition

تیمارها (Treatments)	سطوح شوری (میلی مولار) Salinity levels(mM)		
	0	60	120
	شاخسار (Shoot)		
T ₁ : Control (CO)	0.19 ^f	0.55 ^c	1.07 ^a
T ₂ : CO + Zn	0.27 ^{def}	0.33 ^{de}	0.69 ^b
T ₃ : CO + Cu	0.20 ^f	0.34 ^{de}	1.03 ^a
T ₄ : CO + Zn+ Cu	0.25 ^{ef}	0.39 ^d	0.76 ^b
	ریشه (root)		
T ₁ : Control (CO)	0.60 ^g	1.77 ^{cd}	2.10 ^a
T ₂ : CO + Zn	0.66 ^g	1.55 ^e	1.95 ^b
T ₃ : CO + Cu	0.56 ^g	1.80 ^{cd}	2.08 ^{ab}
T ₄ : CO + Zn+ Cu	0.42 ^h	1.12 ^f	1.68 ^d

برای هر ویژگی، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

For each characteristic, the means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test.

جدول (۵) اثر کاربرد روی و مس بر شاخسار و ریشه محتوی پتاسیم گیاه رزماری تحت شرایط تنش شوری
 Table (5) Effect of zinc and copper application on sodium of shoots and roots of rosemary under salinity stress conditions

تیمارها (Treatments)	سطوح شوری (میلی مولار) Salinity levels(mM)		
	0	60	120
	شاخسار (Shoot)		
T ₁ : Control (CO)	1.30 ^a	1.35 ^a	0.88 ^c
T ₂ : CO + Zn	1.14 ^{abc}	1.16 ^{abc}	0.97 ^{bc}
T ₃ : CO + Cu	1.28 ^a	1.22 ^{ab}	1.16 ^{abc}
T ₄ : CO + Zn+ Cu	1.26 ^a	1.26 ^a	1.10 ^{abc}
	ریشه (root)		
T ₁ : Control (CO)	1.42 ^a	1.03 ^{bcd}	1.03 ^{bcd}
T ₂ : CO + Zn	1.53 ^a	0.84 ^{de}	0.85 ^{de}
T ₃ : CO + Cu	1.18 ^b	0.95 ^{de}	1.00 ^{bcd}
T ₄ : CO + Zn+ Cu	1.16 ^{bc}	0.97 ^{cd}	0.76 ^e

برای هر ویژگی، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشند.

For each characteristic, the means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test.

از طریق افزایش رطوبت نسبی برگ، حفظ پایداری غشای سلولی، کاهش پراکسیداسیون لیپید، کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم سبب افزایش تحمل گیاه به تنش شوری شد.

نتیجه گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی تغذیه عناصر روی و مس بر عملکرد گیاه دارویی رزماری در شرایط تنش شوری انجام شد. نتایج حاصل نشان داد تنش متوسط (۶۰ میلی مولار کلرید سدیم) عملکرد رزماری را تحت تاثیر قرار نداد که نشان‌دهنده مقاومت گیاه رزماری به تنش - های ملایم شوری می‌باشد. همچنین کاربرد روی و مس

منابع

1. Adiloglu, A., and Adiloglu, S. 2006. The effect of boron (B) application on the growth and nutrient contents of maize in zinc (Zn) deficient soils. *Research journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2:1-4.
2. Afsharmohammadiyan, M., Damci, B.H., Ebrahimi, S., and Jamalomidi, M. 2015. Effect of salinity stress on photosynthetic pigments, chlorophyll fluorescence and some leaf antioxidants of three peanut varieties. *Process and Plant Functions Journal*. 6(19): 67-76.
3. Aktas, H., Abak, K., Ozturk, L., and Cakmak, I. 2006. The effect of zinc on growth, and shoot concentration of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30: 407-412.
4. Alloway, B.J. 2006. *Zinc in Soils and Crop Nutrition*, Online book published by the international zinc association, Brussels, Belgium, <http://www.zinc-crops.org/>, 116p.
5. Asgari lajayer, H., Hadian, J., Savaghebi firoozabadi, Gh., and Motesharezade, B. 2015. Effect of Different Levels of copper and Zinc on Essential Oil Yield and Percentage, Cu and Zn Concentration and some Growth Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Plant Production Technology*, 14(2): 33-47.
6. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
7. Demir Kaya M., Gamze O., and Yakup M.C. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295.
8. Elisabetta, M., and Gioacchino, S. 2004. Copper-induced changes of non-protein thiols and antioxidant enzymes in the marine microalga *Phaeodactylum tricorutum*. *Plant Science*, 167: 289-296.
9. Erasln, F., Inal, A., Savasturk, O., and Gunes, A. 2007. Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 114:5-10.
10. Ershadlangarodi, M., and Ershadlangarodi, M. 2015. Effect of salinity stress on quality and quantity of (*Ocimum basilicum*) and (*Rosmarinus officinalis*). The first congress of environment and agriculture systems. Tehran University, New Energy and Environment Institute. 9p.
11. Fernandez-Buces, N., Siebe, C., Cram, S., and Palacio, J. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico, *Journal of Arid Environments*, 65: 644-667.
12. Gadallah, M.A.A. 2000. Effects of indole -3- acetic acid and zinc on growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environments*, 44:451-467.
13. Gupta, P. K. 1999. *Soil, plant, water and fertilizer analysis*. Agro Botanica, New Delhi. India.

14. Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical and Molecular Characterization. International Journal of Genomics, 18p.
15. Haluschak, P. 2006. Laboratory methods of soil analysis. Canada-Manitoba Soil Survey, 3-133.
16. Hendawy, S.F., and Khalid, Kh.A. 2005. Response of Sage (*Salvia Officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. Journal of Applied Sciences Research, 1:147-155.
17. Khan, M.H., and Panda, S.K. 2008. Alternations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. Acta Physiologiae Plantarum, 30:81-89.
18. Khoshgoftarmanesh, A. H., Kabiri, S., Shariatmadari, H., Sharifnabi, B., and Schulin, R. 2010. Zinc nutrition effect on the tolerance of wheat genotypes to Fusarium root-rot disease in a solution culture experiment. Soil Science and Plant Nutrition, 56: 234-243.
19. Lutts, S., Kient, J.M., and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oriza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany, 46: 1843-1852.
20. Marschner, H. 2002. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press, San Diogo, 889p.
21. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield componts and essential oil of Fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal Field Crops Research, 7 (1): 625-635.
22. Motesarezadeh, B., Vatanara, F., and savaghebi firozabadi, Gh. 2016. Effect of potassium and zinc on some wheat reactions (*Triticum aestivum* L.) to salinity stress. Soil Science Researches (Soil and Water Sciences), 29(3): 244-258.
23. Neto, A.D.A., Prisco, J.T., Filho, J.E., Abreu, C.E.B., and Filho, E.G. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt- tolerantant salt sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany, 56:87-94.
24. Omidbaigi, R. 2010. Production and Processing of Medicinal Plants. Astane Ghodse Razavi Publication, Iran, 4: 489p.
25. Pakniat, H., Kazemipour, A., and Mohamadi, G. A. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontanum* C. Koch) barley genotypes from Iran. Iran Agricultural Research, 22:45-62.
26. Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Sepaskhah, A. R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. International Journal of Plant Production, 9: 467-486.
27. Piri, I., Harati, A., Tavassoli, A., and Babaeian, M. 2017. Effect of Using Different Levels Manure on Quality and Quantity of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) under Salt Stress. Condition, Journal of Crop Ecophysiology (Agriculture Science) 10 (4): 959-974.
28. Ranjbar, G. H., and Banakar, M. H. 2013. Effect of planting date and salinity stress on grain yield and spike sterility of wheat cv. Bam. Environmental Stress in Crop Science, 6: 111-121.

29. Rion, B., and Alloway, J. 2004. Fundamental aspects of Zinc in soils and plants, International zinc.
30. Sharifi Ashorabady, A. 2000. Effect of soil fertility in agricultural ecosystem. The PhD Thesis of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research, 252p.
31. Singh, M., and Guleria, N. 2013. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. *Industrial Crops and Products*, 42: 37-40.
32. Tattini, M., and Traversi, M.L. 2009. On the mechanism of salt tolerance in olive (*Olea europaea* L.) under low- or high- Ca^{2+} supply. *Journal of environment. Experimental Botany*, 65(65):72-81.
33. Tavallali, V., Rahemi, M., Maftoun, M., Panahi, B., Karimi, S., Ramezani, A., and Vaezpour, M. 2009. Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulturae*, 123(2): 272-279.
34. Walpola, B.C., and Arunakumara, K.K.I.U. 2010. Effect of salt stress on decomposition of organic matter and nitrogen mineralization in animal manure amended soils. *Journal of Agricultural Science*, 5(1): 9 – 18.
35. Yamasaki, S., and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11:69-75.