

## اثر سولفات روی و تنش کلرید سدیم بر دو پایه قزوینی و بادامی زرنند پسته در شرایط گلخانه‌ای<sup>۱</sup>

### Effect of Zinc Sulfate and Sodium Chloride Stress on Two Rootstock of Qazvini Pistachio and Badami Zarand in Greenhouse Conditions

حسین شریف زادگان<sup>\*</sup>، منصور غلامی و محمد رضا نائینی<sup>۲</sup>

#### چکیده

به منظور بررسی ویژگی‌های دو پایه‌ی پسته بادامی‌زرنند و قزوینی تحت تیمار سولفات روی و تنش کلرید سدیم آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ی شهرداری قم در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. تعداد ۱۵۱۲ عدد بذر دو پایه از پژوهشکده پسته کشور تهیه شد. سیستم ریشه‌ی دانهال‌ها با محلول نیم‌غلظت هوگلند تغذیه شدند، دانهال‌ها در معرض چهار سطح شوری کلرید سدیم صفر (شاهد)، پنج، ده و ۱۵ دسی زیمنس بر متر و سه سطح روی از منبع سولفات روی آبدار ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) شامل صفر (شاهد)، یک و پنج میکرومولار قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمار شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر سبب کاهش ارتفاع دانهال، وزن تر برگ، کسر مولی کلسیم و گروه‌های سولفوهیدریل ریشه گردید. با افزایش سطح تنش کلرید سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم کاهش، ولی نشت یونی روی و فعالیت کاتالاز و آسکورات پراکسیداز افزایش یافت. تیمار ۵ میکرومولار روی سبب افزایش وزن تر برگ، ارتفاع دانهال، کسر مولی کلسیم در برگ، غلظت گروه‌های سولفوهیدریل در ریشه و کاهش نشت یونی روی گردید. نتایج نشان داد ریشه پایه‌ی قزوینی در مقایسه با بادامی‌زرنند گروه‌های سولفوهیدریل و نسبت پتاسیم به سدیم بیشتر و نشت یونی روی کمتری دارد، بنابراین پایه‌ی قزوینی در مقایسه با پایه‌ی بادامی‌زرنند در برابر تنش کلرید سدیم متحمل‌تر است.

**واژه‌های کلیدی:** دانهال، نشت یونی، گروه‌های سولفوهیدریل.

#### مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) از عمده‌ترین محصولات صادرات غیرنفتی ایران می‌باشد که به دلیل ویژگی‌های بالقوه‌ای که از نظر سازگاری با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک و مقاومت نسبی به خشکی، به عنوان یک محصول مناسب جهت مناطق کویری و خشک ایران توصیه می‌شود. سطح زیر کشت پسته‌ی کشور در سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۴۷۹ هزار هکتار با عملکرد ۸۴۳ کیلوگرم پسته خشک در هکتار می‌باشد (۱۸).

از مهمترین پایه‌های معمول پسته در کشور، پایه‌های بادامی‌زرنند و قزوینی است که هرکدام دارای ویژگی‌های منحصر به فرد خود می‌باشد. نتایج مطالعات مرکز ملی تحقیقات شوری یزد در خصوص تنش شوری کلرید سدیم بر ۵ رقم پسته (ارقام محلی غالب استان یزد شامل حاج‌عبداللهی، آقاعلی، جلیل‌آقایی، پرندی و لرگی) نشان داد رقم پرندی به علت تولید وزن تر و خشک بالاتر نسبت به سایر ارقام و هم‌چنین به لحاظ دارا بودن نسبت پتاسیم به سدیم بالا و حفظ این نسبت در سطوح

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۳۰

۲- به ترتیب دانشجوی پیشین دکتری، استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان و استادیار، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قم، قم، ایران.

\*نویسنده مسئول، پست الکترونیک (sharifzadegan82@gmail.com).

مختلف شوری آب به شرایط تنش شوری متحمل تر است (۴). در پژوهشی دیگر تاثیر شوری و سطوح مختلف منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته، رقم قزوینی در گلخانه انجام شد و نتایج نشان داد تنش شوری رشد رویشی را کاهش داده و از آنجا که منگنز تاثیر مثبتی بر برخی ویژگی‌های رشد دارد، منگنز تحمل پسته به محیط‌هایی با تنش شوری ناشی از کلرید سدیم را افزایش می‌دهد (۳). هم‌چنین در بررسی اثر تغذیه ریشه با روی بر ویژگی‌های رشدی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو رقم زیتون در تنش شوری، مشخص شده است که روی نقش مهمی در کاهش اثرات تنش شوری در درختان زیتون دارد (۱۵). با توجه به ارزش حفظ سطوح پسته‌کاری کشور، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی اثر تغذیه‌ی ریشه با سولفات روی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو پایه‌ی قزوینی و بادامی زرد تحت تنش شوری ناشی از کلرید سدیم و با هدف کاهش اثرات زیان‌بار فزونی نمک در خاک بوده و طی این بررسی مقاومت دو پایه‌ی پسته مذکور نسبت به تنش کلرید سدیم و هم‌چنین واکنش به عنصر روی نیز سنجیده و مقایسه شده و در نهایت پایه‌ی متحمل‌تر به این تنش به عنوان پایه برتر معرفی می‌گردد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌های پسته در شرایط تنش کلریدسدیم، در طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری قم پژوهش مذکور انجام شد، در مجموع میزان ۱۵ کیلوگرم از دو نوع بذر بادامی زرد و قزوینی از پژوهشکده پسته رفسنجان تهیه گردید و با توجه به تعداد واحدهای آزمایشی مجموعاً میزان ۱۵۱۲ عدد بذر از دو پایه مورد تیمار جوانه زنی قرار گرفت. جهت جلوگیری از شیوع بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش کاپتان ۵۰ درصد پودر قابل حل در آب به میزان سه در هزار استفاده گردید. بذرها به مدت شش ساعت در آب حاوی قارچ‌کش قرار گرفتند و بعد از تعویض آب و شستشو، بذرها دوباره در آب فاقد قارچ‌کش به میزان ۱۸ ساعت قرار گرفتند. سپس بذرها پسته جهت جوانه‌زنی به مدت نه روز در سینی‌های یکبار مصرف میان پارچه‌های مرطوب متقال در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند (۱۱). خروج اولین ریشه‌چه‌ها از بذر پسته در روز چهارم مشاهده گردید استقرار بذرها در سینی‌های کشت به این صورت بود که پس از قراردادن قطعه‌ای از پارچه متقال در کف سینی‌ها، بذر در حال جوانه زنی روی آن قرار گرفت، سپس با قطعه‌ای از پارچه متقال مرطوب، روی بذرها به طور کامل پوشانده شد، رطوبت بستر با فرایند مه‌پاشی مستمر با فاصله سه ساعت یکبار تامین شد ولی اجازه تجمع آب در سینی‌های کشت داده نشد پس از ادامه جوانه‌زنی در روز نهم و رسیدن اندازه اکثر ریشه‌چه‌ها به میزان دو سانتی‌متر، بذرها جوانه زده با احتیاط لازم به بستر کشت (گلدان‌های پلاستیکی پنج لیتری) محتوی خاک لومی شنی (۴۰ درصد خاک زراعی، ۴۰ درصد ماسه، ۲۰ درصد کود دامی پوسیده) در داخل گلخانه انتقال داده شدند. به گونه‌ای که در هر گلدان ۲ عدد بذر جوانه زده قرار داده شد. پس از گذشت چهار هفته از کاشت در گلدان‌های پلاستیکی و رسیدن به مرحله پنج الی شش برگ، دانهال‌های پسته به بستر ماسه و پرلیت با نسبت حجمی ۱:۱ منتقل شدند و تیمار غذایی با محلول ۵۰ درصد هوگلند صورت گرفت. میانگین دمای روز ۲۵ و دمای شب ۱۶ درجه سلسیوس و میزان رطوبت ۷۰٪ تنظیم شد. پس از گذشت چهار ماه زمانی که دانهال‌ها به مرحله ۱۲ تا ۱۴ برگ‌ی رسیدند تیمارهای سولفات روی و کلریدسدیم اعمال گردید (۱۴). این آزمایش به صورت فاکتوریل (دارای سه فاکتور) در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول پایه پسته در دو سطح (ارقام بادامی‌زرد و قزوینی)، فاکتور دوم غلظت روی از منبع سولفات روی آبدار ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) در سه سطح (صفر (شاهد)، یک و پنج میکرومولار) و فاکتور سوم غلظت کلرید سدیم به عنوان منبع شوری متناسب با میزان شوری موجود در مناطق پسته‌کاری کشور در چهار سطح (صفر (شاهد)، پنج، ده و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. لازم به ذکر است تیمارهای شوری در محلول غذایی هوگلند طبق جدول ۱ اعمال شد. روش اعمال غلظت‌های سولفات روی در تیمار شاهد دقیقاً معادل فرمول محلول نیم‌غلظت هوگلند بود و تیمارهای دیگر سولفات روی در سطوح ۱ و ۵ میکرومولار اعمال گردیدند.

جدول ۱- نوع عناصرها و غلظت آنها در محلول غذایی هوگلند جهت تغذیه دانهالهای پسته.

Table 1. Type of elements and their concentration in Hoagland nutrient solution for feeding pistachio seedling.

| ترکیب<br>Type of fertilizer                      | غلظت محلول ذخیره<br>Concentration of storage solution<br>(g / liter) | غلظت نهایی<br>Ultimate concentration<br>(ml of storage solution per<br>liter) |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| نیتрат پتاسیم<br>(Potassium nitrate)             | 101.1                                                                | 6                                                                             |
| نیترات کلسیم<br>(Calcium nitrate)                | 236.16                                                               | 4                                                                             |
| مونو آمونیوم فسفات<br>(Mono ammonium phosphate ) | 115.08                                                               | 2                                                                             |
| سولفات منیزیم<br>(Magnesium Sulphate)            | 246.49                                                               | 1                                                                             |
| کلرید پتاسیم<br>(Potassium chloride)             | 3.728                                                                | 1                                                                             |
| اسید بوریک<br>(Boric acid)                       | 1.546                                                                | 1                                                                             |
| سولفات منگنز<br>(Manganese sulfate)              | .845                                                                 | 1                                                                             |
| سولفات روی<br>(Zinc sulfate)                     | 0.575                                                                | 1                                                                             |
| سولفات مس<br>(Copper sulfate)                    | 0.125                                                                | 1                                                                             |
| مولیبیدات (۰.۸۵٪ مولیبیدیت)<br>(Molybdenum)      | 0.034                                                                | 1                                                                             |
| سکوسترین آهن<br>(Iron sequestrane)               | 18.62                                                                | 1                                                                             |

#### اندازه گیری ارتفاع دانهالها و وزن تر برگ

در اندازه گیری ویژگی های رشدی تمامی دانهالها دارای ارتفاع یکسان و قطر یکسان بودند. و در شروع اعمال تیمارها ارتفاع هر دانهال اندازه گیری شد و در پایان آزمایش طول شاخه اصلی اندازه گیری و از ارتفاع اولیه هر دانهال کسر شد و حاصل آن به عنوان افزایش ارتفاع دانهال در نظر گرفته شد، جهت اندازه گیری وزن تر برگ، ۶ برگ بالغ از هر دانهال به طور جداگانه برداشت شده و سپس با ترازوی دیجیتالی مدل EK 3000I با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید (۱۲).

#### اندازه گیری کسر مولی کلسیم برگ

کسر مولی کلسیم برگ از تقسیم غلظت کلسیم ریشه بر مجموع غلظت کلسیم، منیزیم، پتاسیم و سدیم ریشه به دست آمد. (۱۲).

#### اندازه گیری گروه های سولفوهیدریل

برای اندازه گیری غلظت گروه های سولفوهیدریل با استفاده از معرف المان (دی تیو بیس نیتروبنزوئیک اسید) ریشه های تازه در اتیلن دی آمین دی تتراسیتیک اسید ۰/۰۲ مولار پودر شده و مقدار نیم میلی لیتر از محلول ذکر شده با ۱/۵ میلی لیتر بافر تریس ۰/۲ مولار (pH= ۸/۲) و ۰/۱ میلی لیتر دی تیوبیس نیتروبنزوئیک اسید ۰/۰۱ مولار مخلوط گردید. با افزودن ۷/۹ میلی لیتر متانول خالص، حجم مخلوط به ۱۰ میلی لیتر رسانده شد و بعد از ۱۵ دقیقه مقدار جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۲ نانومتر قرائت گردید. غلظت گروه های سولفوهیدریل با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۷).

$$SH = 5/02 \times abs \times 53/73/X$$

Ab = جذب نوری

### اندازه گیری نسبت پتاسیم به سدیم

برای اندازه گیری نسبت پتاسیم به سدیم از دستگاه شعله سنج عقربه‌ای (مدل G405) استفاده گردید. نمودار معادله استاندارد در محدود ۵۰ تا ۱۰۰ میلی لیتر ماده استاندارد رسم شد و براساس معادله حاصل نسبت پتاسیم به سدیم به دست آمد (۱۲).

### اندازه گیری نشت یونی روی

حدود دو ماه پس از تغذیه دانه‌ها با محلول غذایی ۵۰ درصد هوگلند، یک دانه‌ال از هر تکرار جدا شده و ریشه‌های آن به مدت ۱۵ دقیقه در محلول (سولفات کلسیم نیم میلی‌مولار به همراه اسید بوریک ۰/۰۱ میلی‌مولار) قرار داده شد تا محلول غذایی چسبیده به ریشه گیاه از آن جدا شود. سپس ریشه‌ها به خوبی با آب مقطر شسته و به مدت ۴ ساعت در ظروف ۴۰۰ میلی لیتری حاوی محلول نشت یونی (سولفات کلسیم نیم میلی‌مولار به همراه اسید بوریک ۰/۰۱ میلی‌مولار) قرار داده شد. غلظت عنصر روی محلول نشت شده از ریشه گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (واریان، اسپکتر۲۲۰) اندازه‌گیری شد (۱۲).

### اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

ابتدا نیم گرم از نمونه برگ تازه که با آب مقطر شسته و خشک شده است با پنج میلی‌لیتر از محلول استخراج، حاوی ۰/۱ مول فسفات پتاسیم بافر و نیم میلی مول اتیلن‌دی‌آمین‌تترا‌اسیتیک‌اسید، به وسیله هاون سائیده شد، سپس این محلول داخل تیوپ‌های ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه بوسیله سانتریفیوژ یخچال‌دار با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سلسیوس جداسازی گردید. مایع شفاف داخل تیوب که حاوی عصاره آنزیمی مورد نظر بود، جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها مورد استفاده قرار گرفت. حجم مخلوط برای اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز سه میلی‌لیتر شامل بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار و پراکسید هیدروژن ۱۰ میلی‌مولار بود. واکنش با اضافه کردن ۱۰۰ میکرولیتر محلول آنزیمی استخراج شده شروع شد و فعالیت آنزیم با ناپدید شدن پراکسید هیدروژن در ۷۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج شیمادزوال ۶۰ اندازه‌گیری شد. ضریب خاموشی به کار رفته در این آزمایش (۳۹/۴ میلی مول بر سانتیمتر) بود. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر حسب میلی‌مولار آب اکسیژنه تجزیه شده در گرم وزن مرطوب در دقیقه بیان گردید (۸).

### اندازه گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

کل مخلوط به کار رفته برای اندازه گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز، سه میلی لیتر شامل بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن ۰/۱ میلی مولار، آسکوربات نیم میلی‌مولار و ۰/۱ میلی‌مولار اتیلن‌دی‌آمین‌تترا‌اسیتیک‌اسید بود. واکنش با اضافه کردن ۱۰۰ میکرولیتر محلول استخراج شده شروع شد و کاهش جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانومتر و در زمان صفر، ۳۰ و ۷۰ ثانیه با دستگاه طیف سنج شیمادزوال ۶۰ اندازه‌گیری گردید (۱۶). تجزیه و تحلیل داده‌ها

در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع دانه‌ال

نتایج نشان داد که اثرات ساده پایه، روی، تنش کلرید سدیم و همچنین برهمکنش‌پایه در تنش کلرید سدیم بر ارتفاع دانه‌ال در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین برهمکنش روی در تنش کلرید سدیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد با افزایش شوری متناسب با غلظت کلرید سدیم، ارتفاع دانه‌ال پسته کاهش می‌یابد به طوری که شدت تاثیر شوری بر ارتفاع دانه‌ال دو پایه‌ی مورد مطالعه متفاوت بود. در پایه‌ی قزوینی افزایش شوری تا سطح هدایت الکتریکی ۵ دسی‌زیمنس بر متر تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع دانه‌ال نداشت در حالی که کاهش معنی‌دار ارتفاع دانه‌ال پایه‌ی بادامی‌زرد در تیمار ۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد مشاهده گردید. تنش اسمزی حاصل شده در مرحله اول تنش کلرید سدیم موجب کاهش محتوای آب یاخته‌ها می‌شود و طولی شدن آنها را با مشکل روبرو می‌کند و

حتی پس از ایجاد تعادل اسمزی و تامین فشار اسمزی مجدد یاخته‌ها، گسترش و طولیل شدن آنها به کندی صورت می‌گیرد به همین جهت در اثر تنش مذکور کاهش ارتفاع رخ می‌دهد، کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش کلرید سدیم به کم شدن ظرفیت فتوسنتزی گیاه نسبت داده شده است. در این شرایط گیاهان برای حفظ آماس یاخته‌ای و تنظیم اسمزی برخی ماده‌های آلی مانند پرولین و مانیتول می‌سازند و به خاطر صرف انرژی زیاد برای تنظیم اسمزی رشد اندام هوایی کاهش می‌یابد (۷۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاربرد ۱ میکرومولار روی، در کلیه سطوح شوری، ارتفاع دانهال افزایش یافت اما افزایش سطح روی تا ۵ میکرومولار تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع دانهال نداشت. در هر دو پایه قزوینی و بادامی زرد در تمام سطوح روی، با افزایش تنش ارتفاع دانهال کاهش یافت (جدول ۳ و ۴). اختلاف این تاثیر پذیری از روی می‌تواند به جنبه‌های اختلاف ژنتیکی دو پایه مربوط باشد به طوری که پایه قزوینی توانایی جذب روی و بکارگیری آن در آنزیم‌های مهار کننده رادیکال‌های آزاد تولید شده در شرایط تنش شوری را دارا بوده در حالیکه پایه بادامی زرد به میزان کمتری از این توانایی برخوردار بوده است. اثر روی بر تولید هورمون اکسین به اثبات رسیده است. هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی در گیاه می‌گردد بنابراین روی با تولید هورمون اکسین باعث افزایش رشد رویشی می‌گردد. از طرفی کمبود روی سبب اختلال در فرایندهای یاخته‌ای و در نتیجه، کاهش شدید رشد و نمو گیاه می‌شود (۱۳).

### وزن تر برگ

نتایج نشان داد که اثر پایه، روی، تنش کلرید سدیم و برهمکنش پایه در تنش کلرید سدیم بر وزن تر برگ معنی‌دار شد. با افزایش غلظت کلرید سدیم، وزن تر برگ پسته کاهش یافت اگر چه شدت تاثیر سطح تنش بر وزن تر برگ دو پایه مورد مطالعه متفاوت بود. در پایه قزوینی افزایش کلرید سدیم تا سطح هدایت الکتریکی ۵ دسی‌زیمنس بر متر تاثیر معنی‌داری بر وزن تر برگ نداشت در حالی که کاهش معنی‌دار وزن تر برگ پایه بادامی زرد در تیمار ۵ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با شاهد مشاهده گردید. با افزایش سطح روی از صفر (شاهد) به ۱ و ۵ میکرومولار، وزن تر برگ به طور معنی‌داری در هر دو پایه مورد بررسی افزایش یافت (جدول ۳ و ۴). کاهش قابل ملاحظه وزن تر پسته در شرایط تنش شوری گزارش شده است (۱۴).

### کسر مولی کلسیم برگ

نتایج نشان داد در کسر مولی کلسیم برگ، برهمکنش بین تنش کلرید سدیم، پایه و روی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. نتایج برهمکنش پایه و تنش شوری نشان داد که با افزایش سطح شوری، کسر مولی کلسیم در برگ در هر دو پایه کاهش معنی‌داری یافت. به علاوه پایه قزوینی در تمام سطوح شوری دارای کسر مولی کلسیم بالاتری در مقایسه با پایه بادامی زرد بود. استفاده از سولفات روی با غلظت‌های ۱ و ۵ میکرومولار سبب افزایش کسر مولی کلسیم برگ در پایه بادامی زرد در سطح تنش ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر شد (جدول ۴). در پایه قزوینی، تیمار سولفات روی ۱ و ۵ میکرومولار در سطح تنش کلرید سدیم ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر سبب افزایش کسر مولی کلسیم برگ گردید (جدول ۳). در شرایط شور علیرغم وجود کلسیم در محیط، جذب این عنصر مختل می‌شود. یکی از دلایل مهم در این خصوص کاهش کسر مولی کلسیم (نسبت کلسیم به مجموع کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم) در این شرایط ذکر شده است. بررسی نشت یونی از ریشه و میزان گروه‌های سولفوهیدریل ریشه در پایه قزوینی و بادامی زرد نیز این موضوع را تأیید نمود. کلسیم نقش بسزایی در تکامل غشاء یاخته‌ی ریشه به عهده دارد و کمبود آن می‌تواند موجب برهم خوردن وظایف غشاء و نفوذپذیری آن شده و به تبع آن جذب یون‌های سمی سدیم و یا کلر افزایش یافته و در آخر موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۸، ۱). روی با حفظ سلامت غشاء یاخته‌ی باعث کاهش جایگزینی سدیم به جای کلسیم می‌شود و باعث ارتقاء کسر مولی کلسیم برگ می‌شود (۲). بعلاوه کاهش معنی‌دار کسر مولی کلسیم در این شرایط، رشد و جذب سایر عنصرهای مختل می‌گردد، بررسی نشت یونی از ریشه و میزان گروه‌های سولفوهیدریل در ریشه دو پایه قزوینی و بادامی زرد نیز این موضوع را تأیید نمود. جانشین شدن سدیم بجای کلسیم در دیواره‌های یاخته‌های ریشه در شرایط شور در پایه بادامی زرد بیشتر از پایه قزوینی بود و این موضوع سبب افزایش نشت یونی از یاخته‌های ریشه و نیز جذب مقادیر بالاتر سدیم نسبت به پتاسیم، کلسیم و منیزیم شد و لذا نسبت کلسیم به مجموع کاتیون‌ها کاهش معنی‌داری یافت. کلسیم نقش بسزایی در تکامل غشاء یاخته‌ای ریشه به عهده دارد و کمبود آن می‌تواند موجب برهم خوردن وظایف غشاء و نفوذپذیری آن شده و به تبع آن جذب یون‌های سمی سدیم و یا کلر افزایش یابد و در آخر موجب کاهش عملکرد گیاه شود.

## گروه های سولفوهیدریل ریشه

نتایج نشان داد اثر پایه، تنش کلرید سدیم و برهمکنش پایه و تنش کلرید سدیم بر گروه های سولفوهیدریل ریشه معنی دار شد. نتایج برهمکنش پایه در تنش کلرید سدیم بر گروه های سولفوهیدریل ریشه نشان داد که با افزایش سطوح کلرید سدیم غلظت گروه های سولفوهیدریل ریشه در هر دو پایه کاهش معنی داری یافت. در عین حال غلظت گروه های سولفوهیدریل ریشه در پایه ی قزوینی بیشتر از بادامی زرد بود که نشان می دهد پایه ی قزوینی کمتر توسط تنش مذکور تحت تاثیر قرار گرفته است. این نتایج با تاثیر تنش اکسیداتیو کلرید سدیم بر شاخص های رشد گیاه همخوانی دارد (۱۵) و نشان می دهد یکی از دلایل تحمل بیشتر در برابر شوری به بالاتر بودن غلظت این گروه ها در ریشه مرتبط باشد. در این میان، غلظت بالاتر گروه های سولفوهیدریل به علت فعالیت بیشتر آنزیم سوپراکسید دسیموتاز و کاتالاز در ریشه پایه های مقاوم تر نسبت به پایه های حساس تر به شوری، بالاتر بوده است. گروه های سولفوهیدریل یکی از اجزاء مهم در توانایی آنتی اکسیدانی یاخسته های گیاه هستند. غالب گروه های سولفوهیدریل غیرپروتئینی در گیاهان یک آنتی اکسیدان مهم در یاخسته های گیاه می باشد باعث سمیت زدایی گونه های اکسیژن واکنشگر می گردد (۱۵).

در مطالعه حاضر با افزایش سطوح تنش میزان گروه های سولفوهیدریل ریشه در هر دو پایه، کاهش معنی داری یافت بر اساس گزارشات افزایش شوری باعث کاهش جذب روی شده و کمبود روی باعث کاهش گروه های سولفوهیدریل در ریشه گردیده است. نتایج اثر سطوح مختلف روی، نشان داد که با افزایش سطوح روی، غلظت گروه های سولفوهیدریل ریشه افزایش یافته، هرچند که از نظر آماری این افزایش معنی دار نبود. مطالعات نشان داده تغذیه روی از طریق افزایش غلظت گروه های سولفوهیدریل در ریشه سبب کاهش نفوذپذیری غشاء ریشه و کاهش پراکسیده شدن چربی حاصل از تنش رادیکال های آزاد می شود (۱۳).

روی نقش کلیدی در غشاء یاخسته ای در شرایط تنش را دارد که این نقش عمدتاً از طریق محافظت از اکسیداسیون گروه های سولفوهیدریل توسط گروه های رادیکال آزاد (مثل سوپر اکسید و هیدروکسیل) یا عنصرهای سنگین مثل کادمیوم اعمال می شود. تا کنون دو سازوکار برای اثر روی ذکر شده است. گروهی از محققان معتقدند که اثر روی بواسطه جلوگیری از اکسیداسیون گروه های سولفوهیدریل با ایجاد پوشش فیزیکی اطراف این گروه ها می باشد (۸). روی این ترکیبات را در برابر خسارت های ناشی از اکسایش محافظت می کند. هنگامی که اجزاء ساختمانی غشاء یاخسته ای گیاهان دچار کمبود روی اکسید می شوند ساختار غشاء یاخسته ای خسارت دیده و ترشح یون ها از یاخسته های ریشه افزایش می یابد (۱۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌ها در بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه‌ی قزوینی پسته تحت تاثیر روی و تنش کلرید سدیم.

Table 2. Comparison of means of physiological, biochemical and growth characteristics of pistachio Qazvini Rootstock under the influence of Zinc and Sodium Chloride Stress.

| کلرید سدیم<br>NaCl | سولفات روی<br>ZnSO4<br>leve | فعالیت<br>آسکوربات<br>پراکسیداز<br>Ascorbate<br>peroxidase | فعالیت کاتالاز<br>Catalase<br>enzyme<br>activity | نشت یونی روی<br>ریشه<br>(u ggr <sup>-1</sup> 4h <sup>-1</sup> )<br>Zinc ion<br>leakage root | نسبت پتاسیم به<br>سدیم ریشه<br>K/Na Root ratio | گروه‌های سولفو هیدریل<br>(u ggr <sup>-1</sup> Dw)<br>Sulfidryl groups | کسر مولی<br>کلسیم برگ<br>(%)<br>Fraction of<br>molar<br>calcium of<br>the root | وزن تر برگ<br>(g.plant <sup>-1</sup> )<br>Fresh leaf<br>weight | ارتفاع<br>دانها<br>(cm)<br>Seedling<br>height |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                    | Control                     | 0.125 <sup>b</sup>                                         | 0.038 <sup>e</sup>                               | 4.63 <sup>d</sup>                                                                           | 0.797 <sup>d</sup>                             | 190.67 <sup>c</sup>                                                   | 0.526 <sup>a</sup>                                                             | 7.38 <sup>d</sup>                                              | 11.19 <sup>b</sup>                            |
|                    | (Zn 1uM)                    | 0.12 <sup>c</sup>                                          | 0.049 <sup>c</sup>                               | 4.60 <sup>d</sup>                                                                           | 0.85 <sup>c</sup>                              | 191.83 <sup>b</sup>                                                   | 0.525 <sup>a</sup>                                                             | 8.09 <sup>c</sup>                                              | 12.45 <sup>a</sup>                            |
|                    | (Zn 5uM)                    | 0.122 <sup>bc</sup>                                        | 0.059 <sup>a</sup>                               | 4.61 <sup>d</sup>                                                                           | 1.409 <sup>a</sup>                             | 193.00 <sup>a</sup>                                                   | 0.530 <sup>a</sup>                                                             | 9.53 <sup>a</sup>                                              | 11.28 <sup>b</sup>                            |
| Control            |                             | 45.79 <sup>a</sup>                                         | 0.040 <sup>c</sup>                               | 3.99 <sup>g</sup>                                                                           | 1.330 <sup>a</sup>                             | 210.67 <sup>a</sup>                                                   | 0.648 <sup>a</sup>                                                             | 10.16 <sup>a</sup>                                             | 15.57 <sup>a</sup>                            |
| NaCl 5(dS/m)       |                             | 40.56 <sup>b</sup>                                         | 0.040 <sup>c</sup>                               | 4.47 <sup>fg</sup>                                                                          | 1.331 <sup>a</sup>                             | 192.56 <sup>b</sup>                                                   | 0.606 <sup>b</sup>                                                             | 9.99 <sup>b</sup>                                              | 15.38 <sup>b</sup>                            |
| NaCl 10(dS/m)      |                             | 37.67 <sup>c</sup>                                         | 0.050 <sup>b</sup>                               | 4.76 <sup>ef</sup>                                                                          | 0.891 <sup>c</sup>                             | 185.00 <sup>c</sup>                                                   | 0.506 <sup>d</sup>                                                             | 8.00 <sup>e</sup>                                              | 8.29 <sup>e</sup>                             |
| NaCl 15(dS/m)      |                             | 36.68 <sup>c</sup>                                         | 0.064 <sup>a</sup>                               | 5.24 <sup>e</sup>                                                                           | 0.522 <sup>d</sup>                             | 179.11 <sup>d</sup>                                                   | 0.349 <sup>e</sup>                                                             | 5.20 <sup>g</sup>                                              | 7.33 <sup>f</sup>                             |
| Control            | Control                     | 0.09 <sup>g</sup>                                          | 0.030 <sup>f</sup>                               | 4.00 <sup>k</sup>                                                                           | 1.01 <sup>ef</sup>                             | 208.67 <sup>c</sup>                                                   | 0.647 <sup>a</sup>                                                             | 9.00 <sup>g</sup>                                              | 14.80 <sup>d</sup>                            |
| NaCl 5(dS/m)       | Control                     | 0.11 <sup>f</sup>                                          | 0.030 <sup>f</sup>                               | 4.57 <sup>jk</sup>                                                                          | 0.913 <sup>efg</sup>                           | 191.33 <sup>e</sup>                                                   | 0.607 <sup>b</sup>                                                             | 9.00 <sup>g</sup>                                              | 14.97 <sup>d</sup>                            |
| NaCl 10(dS/m)      | Control                     | 0.13 <sup>b</sup>                                          | 0.040 <sup>e</sup>                               | 4.73 <sup>jk</sup>                                                                          | 0.77 <sup>gh</sup>                             | 184.33 <sup>g</sup>                                                   | 0.5 <sup>ef</sup>                                                              | 7.47 <sup>j</sup>                                              | 8.00 <sup>h</sup>                             |
| NaCl 15(dS/m)      | Control                     | 0.17 <sup>e</sup>                                          | 0.050 <sup>d</sup>                               | 5.23 <sup>j</sup>                                                                           | 0.493 <sup>ij</sup>                            | 178.33 <sup>i</sup>                                                   | 0.350 <sup>b</sup>                                                             | 4.07 <sup>p</sup>                                              | 7.00 <sup>j</sup>                             |
| control            | (Zn 1uM)                    | 0.08 <sup>f</sup>                                          | 0.040 <sup>e</sup>                               | 4.00 <sup>k</sup>                                                                           | 1.107 <sup>de</sup>                            | 211.00 <sup>b</sup>                                                   | 0.650 <sup>a</sup>                                                             | 9.33 <sup>f</sup>                                              | 16.97 <sup>a</sup>                            |
| NaCl 5(dS/m)       | (Zn 1uM)                    | 0.11 <sup>b</sup>                                          | 0.040 <sup>e</sup>                               | 4.33 <sup>jk</sup>                                                                          | 1 <sup>efg</sup>                               | 192.67 <sup>d</sup>                                                   | 0.600 <sup>b</sup>                                                             | 9.50 <sup>e</sup>                                              | 15.93 <sup>b</sup>                            |
| NaCl 10(dS/m)      | (Zn 1uM)                    | 0.13 <sup>f</sup>                                          | 0.050 <sup>d</sup>                               | 4.80 <sup>jk</sup>                                                                          | 0.803 <sup>fg</sup>                            | 184.67 <sup>g</sup>                                                   | 0.500 <sup>f</sup>                                                             | 8.07 <sup>i</sup>                                              | 8.90 <sup>g</sup>                             |
| NaCl 15(dS/m)      | (Zn 1uM)                    | 0.16 <sup>e</sup>                                          | 0.067 <sup>b</sup>                               | 5.27 <sup>j</sup>                                                                           | 0.49 <sup>fg</sup>                             | 179.00 <sup>hi</sup>                                                  | 0.350 <sup>g</sup>                                                             | 5.47 <sup>n</sup>                                              | 8.00 <sup>h</sup>                             |
| control            | (Zn 5uM)                    | 0.09 <sup>g</sup>                                          | 0.050 <sup>d</sup>                               | 3.97 <sup>k</sup>                                                                           | 1.873 <sup>b</sup>                             | 212.33 <sup>a</sup>                                                   | 0.647 <sup>a</sup>                                                             | 12.13 <sup>a</sup>                                             | 14.93 <sup>d</sup>                            |
| NaCl 5(dS/m)       | (Zn 5uM)                    | 0.11 <sup>f</sup>                                          | 0.050 <sup>d</sup>                               | 4.50 <sup>jk</sup>                                                                          | 2.08 <sup>a</sup>                              | 193.67 <sup>d</sup>                                                   | 0.610 <sup>b</sup>                                                             | 11.47 <sup>b</sup>                                             | 15.23 <sup>c</sup>                            |
| NaCl 10(dS/m)      | (Zn 5uM)                    | 0.123 <sup>e</sup>                                         | 0.060 <sup>c</sup>                               | 4.73 <sup>jk</sup>                                                                          | 1.1d <sup>e</sup>                              | 186.00 <sup>f</sup>                                                   | 0.517 <sup>de</sup>                                                            | 8.47 <sup>h</sup>                                              | 7.97 <sup>h</sup>                             |
| NaCl 15(dS/m)      | (Zn5uM)                     | 0.163 <sup>bc</sup>                                        | 0.077 <sup>a</sup>                               | 5.23 <sup>j</sup>                                                                           | 0.583 <sup>hi</sup>                            | 180.00 <sup>h</sup>                                                   | 0.347 <sup>g</sup>                                                             | 6.07 <sup>m</sup>                                              | 7.00 <sup>j</sup>                             |

In each column, the means with the same letters indicate no significance at the 5% probability level of the Duncan multi-domain test.

در هر ستون، میانگین‌ها با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌ها در بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی پایه بادامی زرد پسته تحت تاثیر روی و تنش کلرید سدیم.

Table 3. Comparison of means of physiological, biochemical and growth characteristics of Zarand Pastah almond cultivars under the influence of zinc and sodium chloride stress.

| سطوح کلرید سدیم<br>NaCl Level                                                                                                                                                                                                                    | سطوح روی<br>Zn level | فعالیت آسکوربات<br>پراکسیداز<br>Ascorbate<br>peroxidase | فعالیت آنزیم<br>کاتالاز برگ<br>Catalase<br>enzyme<br>activity | نشت یونی روی<br>از ریشه<br>( $\mu\text{ggr}^{-14}\text{h}^{-1}$ )<br>Zinc ion<br>leakage from<br>root | نسبت پتاسیم به<br>سدیم ریشه<br>K/Na Root<br>ratio | گروه‌های سولفیدریل<br>( $\mu\text{ggr}^{-1}\text{Dw}$ )<br>Sulfidryl groups | کسر مولی<br>کلسیم برگ (%)<br>Fraction of molar<br>calcium of the root | وزن تر برگ<br>( $\text{g.plant}^{-1}$ )<br>Fresh leaf<br>weight | ارتفاع دانهال<br>(cm)<br>Seedlings heigh |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| control<br>NaCl 5(dS/m)<br>NaCl 10(dS/m)<br>NaCl 15(dS/m)<br>control<br>NaCl 5(dS/m)<br>NaCl 10(dS/m)<br>NaCl 15(dS/m)<br>control<br>NaCl 5(dS/m)<br>NaCl 10(dS/m)<br>NaCl 15(dS/m)<br>control<br>NaCl 5(dS/m)<br>NaCl 10(dS/m)<br>NaCl 15(dS/m) | control              | 0.135 <sup>a</sup>                                      | 0.038 <sup>e</sup>                                            | 16.43 <sup>b</sup>                                                                                    | 0.734 <sup>f</sup>                                | 112.17 <sup>f</sup>                                                         | 0.438 <sup>c</sup>                                                    | 6.52 <sup>f</sup>                                               | 9.7 <sup>d</sup>                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 1uM)             | 0.135 <sup>a</sup>                                      | 0.048 <sup>d</sup>                                            | 13.60 <sup>c</sup>                                                                                    | 0.72 <sup>e</sup>                                 | 113.42 <sup>e</sup>                                                         | 0.447 <sup>b</sup>                                                    | 7.25 <sup>e</sup>                                               | 10.7 <sup>c</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 5uM)             | 0.135 <sup>a</sup>                                      | 0.057 <sup>b</sup>                                            | 17.31 <sup>a</sup>                                                                                    | 1.077 <sup>b</sup>                                | 114.42 <sup>d</sup>                                                         | 0.447 <sup>b</sup>                                                    | 8.35 <sup>b</sup>                                               | 8.33 <sup>e</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  |                      | 0.067 <sup>f</sup>                                      | 0.037 <sup>d</sup>                                            | 11.93 <sup>d</sup>                                                                                    | 1.352 <sup>a</sup>                                | 135.00 <sup>e</sup>                                                         | 0.608 <sup>b</sup>                                                    | 9.48 <sup>c</sup>                                               | 14.27 <sup>c</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  |                      | 0.11 <sup>e</sup>                                       | 0.039 <sup>cd</sup>                                           | 13.10 <sup>c</sup>                                                                                    | 1.041 <sup>b</sup>                                | 126.00 <sup>f</sup>                                                         | 0.533 <sup>c</sup>                                                    | 9.19 <sup>d</sup>                                               | 11.48 <sup>d</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  |                      | 0.15 <sup>c</sup>                                       | 0.049 <sup>b</sup>                                            | 15.54 <sup>b</sup>                                                                                    | 0.543 <sup>d</sup>                                | 96.67 <sup>g</sup>                                                          | 0.349 <sup>e</sup>                                                    | 6.93 <sup>f</sup>                                               | 7.34 <sup>f</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  |                      | 0.19 <sup>a</sup>                                       | 0.066 <sup>a</sup>                                            | 22.53 <sup>a</sup>                                                                                    | 0.438 <sup>d</sup>                                | 95.67 <sup>h</sup>                                                          | 0.287 <sup>f</sup>                                                    | 3.89 <sup>h</sup>                                               | 5.32 <sup>g</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | control              | 0.09 <sup>g</sup>                                       | 0.030 <sup>f</sup>                                            | 10.97 <sup>h</sup>                                                                                    | 1.387 <sup>c</sup>                                | 134.33 <sup>k</sup>                                                         | 0.607 <sup>b</sup>                                                    | 8.43 <sup>h</sup>                                               | 14.067 <sup>e</sup>                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | control              | 0.11 <sup>f</sup>                                       | 0.030 <sup>f</sup>                                            | 14.00 <sup>e</sup>                                                                                    | 1 <sup>efg</sup>                                  | 124.67 <sup>m</sup>                                                         | 0.543 <sup>c</sup>                                                    | 8.07 <sup>i</sup>                                               | 13.00 <sup>f</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | control              | 0.15 <sup>d</sup>                                       | 0.040 <sup>e</sup>                                            | 16.97 <sup>c</sup>                                                                                    | 0.363 <sup>jk</sup>                               | 94.67 <sup>p</sup>                                                          | 0.350 <sup>g</sup>                                                    | 6.43 <sup>l</sup>                                               | 7.033 <sup>j</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | control              | 0.19 <sup>a</sup>                                       | 0.050 <sup>d</sup>                                            | 23.77 <sup>a</sup>                                                                                    | 0.187 <sup>k</sup>                                | 95.00 <sup>p</sup>                                                          | 0.250 <sup>i</sup>                                                    | 3.13 <sup>q</sup>                                               | 5.00 <sup>l</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 1uM)             | 0.09 <sup>g</sup>                                       | 0.040 <sup>e</sup>                                            | 9.33 <sup>i</sup>                                                                                     | 1.297 <sup>cd</sup>                               | 135.0 <sup>jk</sup>                                                         | 0.600 <sup>b</sup>                                                    | 9.00 <sup>g</sup>                                               | 14.83 <sup>d</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 1uM)             | 0.11 <sup>f</sup>                                       | 0.037 <sup>e</sup>                                            | 12.00 <sup>g</sup>                                                                                    | 1.04 <sup>e</sup>                                 | 126.33 <sup>l</sup>                                                         | 0.537 <sup>c</sup>                                                    | 9.03 <sup>g</sup>                                               | 14.00 <sup>e</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 1uM)             | 0.15 <sup>d</sup>                                       | 0.047 <sup>d</sup>                                            | 12.73 <sup>fg</sup>                                                                                   | 0.357 <sup>jk</sup>                               | 96.67 <sup>o</sup>                                                          | 0.347 <sup>g</sup>                                                    | 6.97 <sup>k</sup>                                               | 8.00 <sup>h</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 1uM)             | 0.19 <sup>a</sup>                                       | 0.070 <sup>b</sup>                                            | 20.33 <sup>b</sup>                                                                                    | 0.187 <sup>k</sup>                                | 95.67 <sup>op</sup>                                                         | 0.307 <sup>h</sup>                                                    | 4.00 <sup>p</sup>                                               | 5.97 <sup>k</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 5uM)             | 0.08 <sup>h</sup>                                       | 0.040 <sup>e</sup>                                            | 15.50 <sup>d</sup>                                                                                    | 1.373 <sup>c</sup>                                | 135.67 <sup>j</sup>                                                         | 0.617 <sup>b</sup>                                                    | 11.00 <sup>c</sup>                                              | 13.90 <sup>e</sup>                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 5uM)             | 0.11 <sup>f</sup>                                       | 0.050 <sup>d</sup>                                            | 13.30 <sup>ef</sup>                                                                                   | 1.083 <sup>de</sup>                               | 127.00 <sup>l</sup>                                                         | 0.520 <sup>c</sup>                                                    | 10.47 <sup>d</sup>                                              | 7.43 <sup>i</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 5uM)             | 0.15 <sup>d</sup>                                       | 0.060 <sup>c</sup>                                            | 16.93 <sup>c</sup>                                                                                    | 0.91 <sup>efg</sup>                               | 98.67 <sup>n</sup>                                                          | 0.350 <sup>g</sup>                                                    | 7.40 <sup>j</sup>                                               | 7.00 <sup>j</sup>                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | (Zn 5uM)             | 0.19 <sup>a</sup>                                       | 0.077 <sup>a</sup>                                            | 23.50 <sup>a</sup>                                                                                    | 0.94 <sup>efg</sup>                               | 96.33 <sup>o</sup>                                                          | 0.303 <sup>h</sup>                                                    | 4.53 <sup>o</sup>                                               | 5.00 <sup>l</sup>                        |

In each column, the means with the same letters indicate no significance at the 5% probability level of the Duncan multi-domain test.

در هر ستون، میانگین با حرف‌های مشترک نشان دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



### نسبت پتاسیم به سدیم ریشه

نتایج نشان داد برهمکنش سه گانه تنش کلرید سدیم در پایه در روی بر نسبت  $K/Na$  در ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. نتایج نشان داد که در سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر با کاربرد ۵ میکرومولار سولفات روی، نسبت  $K/Na$  ریشه پایه‌ی قزوینی در مقایسه با تیمار بدون کاربرد سولفات روی افزایش یافت، اما با کاربرد سولفات روی در تیمارهای ده و ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر این نسبت افزایش معنی‌داری نشان نداد. به بیانی دیگر نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه پایه در سولفات روی در تنش کلرید سدیم نشان داد که استفاده از سولفات روی در سطوح پایین شوری اثر معنی‌دار و مثبتی بر نسبت  $K/Na$  ریشه پایه‌ی قزوینی داشت. با افزایش سطح شوری در هر دو پایه‌ی قزوینی و بادامی‌زرنند نسبت  $K/N$  ریشه کاهش معنی‌داری یافت. تاثیر روی در افزایش تحمل به تنش کلرید سدیم به اثبات رسیده است (۱۹). طبق نتایج به‌دست آمده از پژوهش اثر تنش کلرید سدیم بر روی ارقام مختلف زیتون، با افزایش سطوح تنش شوری، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه کاهش معنی‌داری یافته است (۱۵). نتایج استفاده از روی در تنش کلرید سدیم در فلفل نشان می‌دهد که افزایش غلظت روی از ۲ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم نسبت شاخساره را افزایش داد. عنصر روی با تحت تاثیر قرار دادن سلامت ساختمانی و کنترل نفوذپذیری غشاءهای یاخته ریشه باعث افزایش تحمل به تنش کلرید سدیم می‌شود و تغذیه کافی روی، جذب یون سدیم توسط ریشه‌ها در شرایط اثرات تنش را کاهش می‌دهد (۲). در پژوهش حاضر با افزایش سطوح تیمار سولفات روی، نسبت  $K/Na$  در ریشه افزایش یافت. از این رو به نظر می‌رسد بسته به مقاومت گیاهان به کلرید سدیم تاثیرپذیری آنها از بکارگیری سولفات روی و سایر عنصرهای کم مصرف متفاوت است. بر اساس برخی گزارش‌ها، توانایی گیاه در جذب بالاتر پتاسیم نسبت به سدیم می‌تواند ظرفیت آنرا در مقابله با غلظت بالای سدیم افزایش دهد بنابراین پایه‌ای که بتواند پتاسیم بیشتری جذب کند به شرایط تنش کلرید سدیم متحمل‌تر خواهد بود.

### نشت یون روی

نتایج نشان داد که برهمکنش سه‌گانه پایه در روی در تنش کلرید سدیم بر نشت یون روی معنی‌دار بود. نتایج این برهمکنش سه‌گانه (شکل ۱) نشان داد که کاربرد سولفات روی در پایه‌ی قزوینی اثر معنی‌داری بر نشت روی از ریشه نداشت ولی در پایه‌ی بادامی‌زرنند کاهش معنی‌دار نشت روی با کاربرد سولفات روی تا سطح یک میکرومولار تا ۱۳/۶ درصد مشاهده شد. این نتایج بر نقش روی در حفاظت از سلامت و یکپارچگی دیواره یاخته‌های گیاهی تاکید داشته و بر این موضوع اشاره دارد که وجود غلظت کافی روی برای حفاظت یاخته‌ها در برابر صدمات اکسیداتیوی القا شده توسط کلرید سدیم ضرورت دارد (۸). همچنین در تمام سطوح روی، میزان نشت یون روی در پایه‌ی بادامی‌زرنند نسبت به پایه‌ی قزوینی بیشتر بود. نتایج برهمکنش پایه در شوری بر نشت یون روی (شکل ۱) نشان داد که با افزایش سطح تنش در هر دو پایه، نشت یون روی ریشه هر دو پایه افزایش یافت، البته این افزایش تنش، در پایه‌ی قزوینی با شدت بسیار کمتری نسبت به پایه‌ی بادامی‌زرنند صورت گرفت. لازم به ذکر است در تمام سطوح تنش کلرید سدیم، نشت یونی روی در پایه‌ی بادامی‌زرنند بالاتر از پایه‌ی قزوینی بود که نشان می‌دهد غشاء یاخته‌ی پایه‌ی بادامی‌زرنند نسبت به پایه‌ی قزوینی بیشتر تحت تاثیر اثرات مخرب اکسیداتیوی قرار گرفته است. در شرایطی که این نفوذپذیری افزایش یابد نشانگر وجود اختلال در غشاء یاخته‌ی ریشه می‌باشد لذا پایه‌ی بادامی‌زرنند در مقایسه با پایه‌ی قزوینی از صدمات ناشی از رادیکال‌های آزاد بیشتر متأثر شده است.

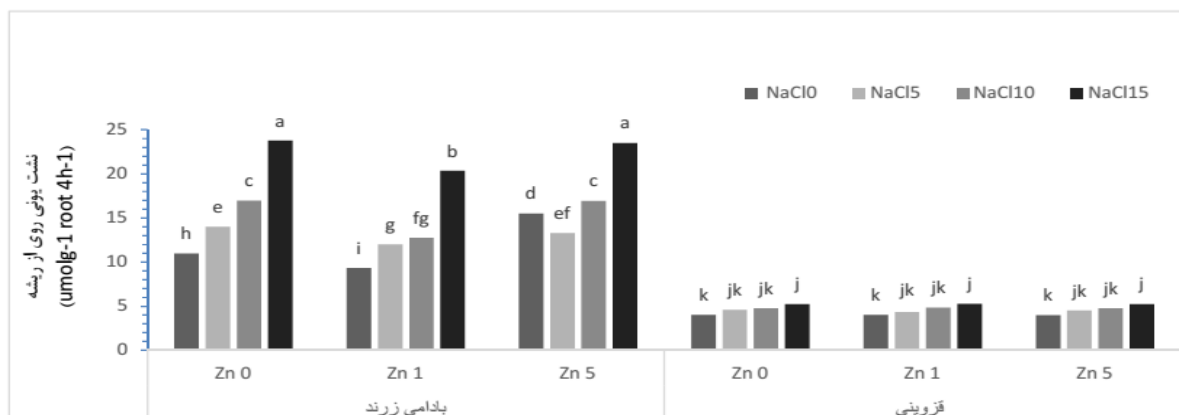


Fig 1. The interaction of zinc sulfate treatment on NaCl stress (dS/m) in pistachio rootstocks, Ionic leakage from the root, columns with the same letters do not differ significantly at the 5% level of the Duncan test.

شکل ۱- برهمکنش سه گانه تیمار سولفات روی در تنش کلرید سدیم (دسی زیمنس بر متر) در پایه های پسته، میزان نشت یونی روی از ریشه، ستون های دارای حرف های یکسان اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

### فعالیت آنزیم کاتالاز برگ

نتایج نشان داد که برهمکنش سه گانه تنش کلرید سدیم در پایه در روی بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. این نتایج نشان داد که با افزایش سطح سولفات روی، فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معنی داری افزایش یافت، ضمناً نتایج اثر سطوح مختلف تنش کلرید سدیم بر فعالیت کاتالاز نشان داد که با افزایش سطح کلرید سدیم، فعالیت آنزیم کاتالاز به طور معنی داری افزایش یافت. یکی از مکانیسم هایی که تحمل به نمک را تحت تاثیر قرار می دهد افزایش ظرفیت دفاعی آنتی اکسیدانی گیاهان است (۹ و ۸). از جمله ظرفیت های دفاعی آنتی اکسیدانی، افزایش گروه های سولفو هیدریل علاوه فعالیت بالاتر آنزیم های آنتی اکسیدانی مثل کاتالاز می باشد. فعالیت آنزیم کاتالاز برای دفاع یاخته ی در برابر تنفس نوری البقاء شده توسط تنش شوری در پراکسی زوم های برگ بحرانی می باشد (۵). پراکسید هیدروژن توسط آنزیم کاتالاز به اکسیژن و آب تبدیل می شود که در پروکسی زوم های تقریباً همه یاخته های هوایی، گلی کسی زوم ها و به مقدار کمتری در میتوکندری وجود دارد (۱۰). میزان فعالیت آنزیم های کاتالاز در سطوح بالای شوری در نهال های پسته تیمار شده با روی، نسبت به عدم مصرف روی بالاتر بود. با توجه به شکل ۲ برهمکنش بین تیمارهای کلرید سدیم، پایه و سولفات روی، مشخص شد که فعالیت آنزیم کاتالاز در دو پایه در تیمار شاهد تفاوت معنی داری نداشته اما با افزایش سطوح کلرید سدیم فعالیت آنزیم کاتالاز در پایه قزوینی بیشتر از پایه ی بادامی زرد بود.

### فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ

نتایج نشان داد که اثر پایه، شوری و برهمکنش پایه و شوری بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی دار بود. نیا افزایش تنش شوری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ افزایش معنی داری نشان داد. اما این روند افزایش در پایه ی بادامی زرد بیشتر از قزوینی بود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش در میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ در درختان زیتون در دو رقم فرانتویو و کنسروالیا در شرایط تنش شوری تطابق داشت، به گونه ای که با افزایش سطح تنش شوری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز افزایش معنی داری یافت (۱۵). لازم به توضیح است که در پژوهش حاضر در تیمارهای شاهد و سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر تفاوت معنی داری بین دو پایه در میزان فعالیت آنزیم مورد مطالعه مشاهده نشد.

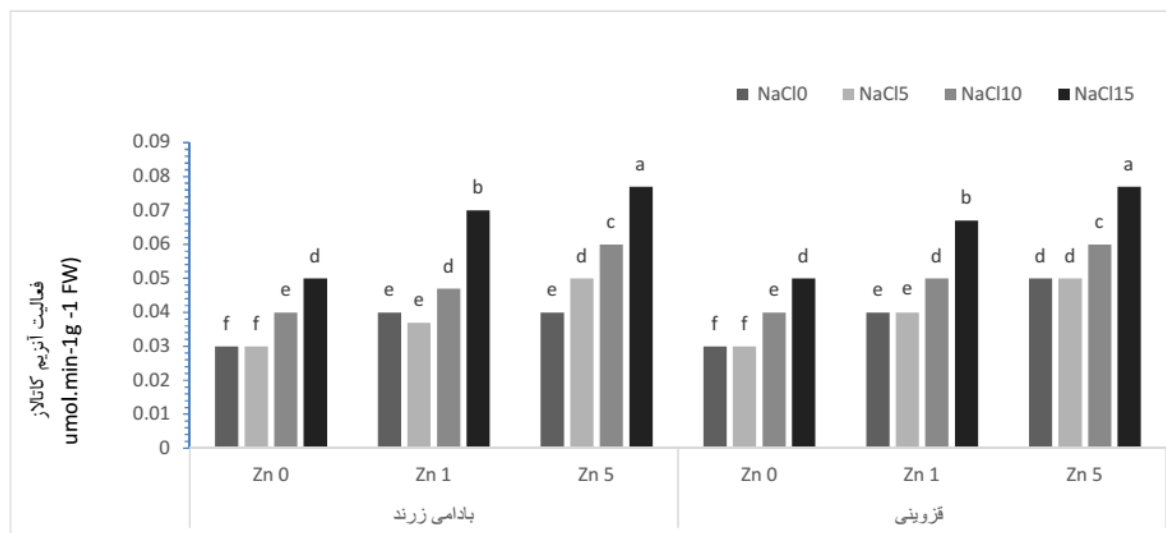


Fig 2. The interaction of zinc sulfate treatment on NaCl stress (dS/m) in pistachio rootstocks, Level of catalase enzyme activity, columns with the same letters do not differ significantly at the 5% level of the Duncan test.

شکل ۲- برهمکنش سه گانه تیمار سولفات روی در تنش کلرید سدیم (دسی زمینس بر متر) در پایه های پسته، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز برگ، ستون های دارای حرف های یکسان اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

## نتیجه گیری

بررسی ویژگی های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو پایه ی پسته تحت تنش کلرید سدیم و عنصر روی نشان داد با افزایش غلظت کلرید سدیم ویژگی های رشدی کاهش می یابد و میزان نشت یونی روی و فعالیت آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز افزایش و نسبت K/N ریشه هر دو پایه کاهش معنی داری نشان داد با مدیریت تغذیه ریشه دانهال های پسته با سولفات روی در غلظت های متفاوت، ویژگی های رشدی بهبود یافته و برخی شاخص های بیوشیمیایی مانند کسر مولی کلسیم در برگ و غلظت گروه های سولفو هیدریل در ریشه ارتقاء یافته است. استفاده از سولفات روی در سطوح پایین شوری اثر معنی دار و مثبتی بر نسبت K/Na ریشه پایه ی قزوینی داشت. و منجر به کاهش نشت یونی روی گردید. نتایج نشان می دهد تغذیه ریشه دانهال ها با روی اثر مثبتی در افزایش مقاومت گیاه و مهار بهتر رادیکال های آزاد تولید شده در شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم دارد. در ادامه مشخص شد بین دو پایه ی پسته معمول در کشور از لحاظ مقاومت به تنش کلرید سدیم اختلاف معنی داری وجود دارد چراکه بین بافت ریشه پایه ی قزوینی در مقایسه با پایه ی بادامی زرد، غلظت گروه های سولفو هیدریل بیشتر، نسبت K/N ریشه بالاتر و نشت یونی روی کمتری دارد، بر همین اساس پایه ی قزوینی در مقایسه با پایه ی بادامی زرد در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از کلرید سدیم متحمل تر بوده و به عنوان پایه ی مقاوم پسته در اراضی شور کشور توصیه می گردد.

## سپاسگزاری

بدینوسیله از جناب آقای دکتر علی تاج آبادی پور عضو محترم هیأت علمی موسسه ی تحقیقات پسته کشور و جناب آقای مهندس احمد استواری که در اجرای این پژوهش صمیمانه همکاری نمودند تشکر و قدردانی می گردد.

## References

1. Abou, E. and EA. Nour. 2002. Growth and nutrient contents response of maize to foliar nutrition with micronutrients under irrigation with saline water. J. Biol. 22(2):92-97 (In Persian).
2. Aktas, H., Abak, K., Ozturk, L. and I. Cakmak. 2006. The effect of zinc on growth, and shoot concentrations of sodium and potassium in pepper plants under salinity stress. Turk. J. Agr. For. 30: 407-412
3. Asadolahi, Z. and V. Mozafari. 2012. The effect of salinity on the growth and chemical composition of pistachio seedlings in perlite culture medium. J. Greenh. Cult. Sci. Technol. 12 (3):13-27 (In Persian).

## منابع

4. Banakar, M., Rahimian, Gh. Ranjbar W. and Sh. Tafti. 2014. The effect of irrigation with saline water on shoots and seedlings of five pistachio cultivars in Yazd province. *J. Water Res. Agr.* 28 (2): 351-341 (In Persian).
- 5- Breusegem, F.V., Vranova, E., Dat, J.F. and D. Inze. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Sci.* 161:405-414.
6. Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and R.G. Jensen. 1995. Adaptation to environmental stresses. *J. Plant Cell.* 7(7): 1099-1111.
- 7- Cakmak, I. and H. Marschner. 1988. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc deficient plants. *J. Exp. Bot.* 39: 1449-1460
8. Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytol.* 146(2): 185-205.
9. Curtin, D., H. Steppuhn and F. Selles. 1993. Plant responses to sulfat and chloride salinity: growth and ionic relations *Soil Science. J. Soil Sci.* 57(2):1304-1310.
10. Del Rio, L.A., Corpas, F.J., Sandalio, L.M., Palma, J.M., Gomez, M. and J.B. Barroso. 2002. Reactive oxygen species, antioxidant systems and nitric oxide in peroxisomes. *J. Exp. Bot.* 53:1255-1272.
11. Hokmabadi, H., Arzani, K. and R. Greerson. 2005. Effects of salinity stress on carbon isotope growth and discrimination indices in three pistachio stands. *J. Agr. Sci. Natu. Res.* 12 (2): 54-44 (In Persian).
12. Imami, A. 1996. *Plant Decomposition Methods (Vol. I)*. Technical Journal No. 982. Soil and Water Research Institute. Tehran. Iran. 128 p. In Persian.
13. Khoshgoftatmanesh, A. 2007. *Basics of plant nutrition*. Isfahan University of Technology Publications .462 p. (In Persian).
14. Mohammadi, Kh.M., A. Ebadi, M. Askari, M. Fattahi Moghaddam and H. Hokmabadi. 1398. Evaluation of biochemical traits in some pistachio rootstocks under salinity stress. *J. Agr.* 21 (21): 336-323.
15. Naini, M.R., Asnaashari, M. and A. Khoshgoftarmanesh. 1394. The effect of zinc on some biochemical, physiological and growth characteristics of two olive cultivars under salinity stress, Ph.D. Thesis in Physiology and Fruit Modification, Bu Ali Sina University of Hamadan, Hamadan. 180 p. (In Persian).
16. Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant Physiol.* 22(2): 867-880.
17. Sedlak, J. and R.H. Lindsay. 1968. Estimation of Total Protein Bound and Nonprotein Sulfhydryl Groups in Tissue with Ellman's Reagent. *J. Anal. Biochem.* 25(2): 1192-1205.
18. Statistics of Jahad Keshavarzi. 2018. Ministry of Jahad Agriculture, Volume III. Part I, 186 p. In Persian.
19. Verma, T.S. and H.U. Neue. 1984. Effect of soil salinity level and Zinc application on growth yield and nutrient composition of rice. *J. Plant Soil.* 82:3-14.

## Effect of Zinc Sulfate and Sodium Chloride Stress on Two Rootstock of Qazvini Pistachio and Badami Zarand in Greenhouse Conditions

H. Sharifzadegan\*, M. Gholami, M. R. Naeini<sup>1</sup>

In order to study the characteristics of two cultivars of pistachio rootstocks, Zarand and Qazvini, under the influence of zinc and sodium chloride stress, a factorial experiment was conducted in the form of a completely random design with three replications in the research green house of Qom municipality during the years 2017-2018. With three repetitions in Qom. The root system of the seeds was fed a 50% solution of Hogland. The seedlings were exposed to four salinity levels of zero (control), 5, 10 and 15 dS/m, and three zinc levels from sulfate source ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) including zero (control), 1 and 5  $\mu\text{M}$ . The results showed that salinity treatment of 15dS.m reduced seedling height, wet weight of leaves, calcium molar fraction and sulfhydryl groups. By increasing the stress level of sodium chloride, decrease in potassium to sodium ratio however, ion leakage, ascorbate peroxidase and catalase activity increased. 5 $\mu\text{M}$  treatment of zinc sulfate increases wet leaf weight, seedling height, and low molecular weight calcium concentration of sulfhydryl groups in the root and ion leakage reduction occurred. The results showed that the root tissue of Qazvini compared to Badami zarand the concentration of sulfhydryl groups and the ratio of potassium to sodium are higher and there is less ion leakage. Accordingly, the Qazvini rootstock is more resistant to oxidative stress sodium chloride.

**Keywords:** Seedlings, ion leakage, sulfhydryl groups.

---

1. Former Ph.D. Student, Professor of Horticultural Sciences, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan and Assistant Professor, Faculty Member of Qom Agricultural and Natural Resources Research Center, Qom, Iran, respectively.

\* Corresponding author, Email: (sharifzadegan82@gmail.com).