# پاسخ دانهال‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera* cv. Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلرید سدیم

مصطفی طالبی،[۱*] وحید مظفری و احمد تاج‌آبادی پور

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ **msctalebi@yahoo.com**

استادیار دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ **vmozafary@yahoo.com**

استادیار دانشگاه ولی عصر رفسنجان؛ **ahtajabadi@yahoo.com**

## چکیده

**به منظور بررسی تأثیر مقادیر متفاوت روی و سطوح مختلف شوری بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته رقم قزوینی، یک آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور، شامل شوری در پنج سطح (۰، ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم) و روی در چهار سطح (۰، ۵،۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه اجرا شد. نتایج نشان داد که افزایش شوری خاک موجب کاهش شدید و معنی دار پارامترهای رشد گردید، به طوری که تیمار ۳۲۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک موجب کاهش میانگین وزن خشک اندام هوایی، ریشه، ارتفاع گیاه و سطح برگ به ترتیب به میزان ۳۳، ۷۶، ۱۴ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد گردید. همچنین در این سطح شوری کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک میانگین پارامترهای ذکر شده را به ترتیب ۲۰، ۷۱، ۳۱ و ۴۱ درصد افزایش داد. افزایش شوری خاک موجب کاهش معنی دار غلظت عناصر روی و کلسیم به ترتیب به میزان ۴۸ و ۳۰ درصد و افزایش بیش از هفت برابری غلظت سدیم در اندام هوایی شد. در ریشه بر عکس اندام هوایی با افزایش شوری غلظت روی از ۱۷/۵۶ در شاهد به ۲۱/۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم در بالاترین سطح شوری رسید. غلظت کلسیم در اندام هوایی نیز تا سطح سوم شوری حدود ۳۰ درصد افزایش یافت، لیکن با افزایش بیشتر شوری کاهش معنی‌دار حاصل کرد. کاربرد روی غلظت عناصر روی و کلسیم را در اندام هوایی به ترتیب حدود ۶۰ و ۳۴ درصد افزایش و غلظت سدیم در ریشه را حدود ۲۰ درصد کاهش داد. شوری همچنین موجب کاهش معنی دار K/Na و Ca/Na در اندام هوایی و ریشه شد، لیکن کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در سطح دوم شوری، نسبت Ca/Naدر اندام هوایی را حدود دو برابر افزایش معنی‌دار داد ولی بر نسبت K/Na تأثیر معنی‌داری نداشت.**

**واژه‌های کلیدی:** شوری، پسته (رقم قزوینی)، روی

## مقدمه

در خاک‌های آهکی شور تأثیر سوء بعضی از یون‌ها نظیر بی‌کربنات، بر، منیزیم و به‌خصوص سدیم و عدم تعادل صحیح میان غلظت عناصر غذایی عامل اصلی کاهش رشد گیاه به حساب می‌آید (مظفری، ۱۳۸۴ و Mozaffari و Malakouti، ۲۰۰۶). پسته (Pistacia vera L.) از عمده‌ترین محصولات صادراتی غیر نفتی می باشد.

طبق آخرین آمار موجود در حال حاضر بیش از ۴۲۰ هزار هکتار باغ پسته بارور و غیربارور در ایران وجود داشته که در حدود ۸۰ درصد از این باغ‌ها در استان کرمان قرار دارد (دفتر آمار و فن آوری اطلاعات، ۱۳۸۴). در ایران عمده اراضی زیر کشت پسته در حاشیه کویر

۱- نویسنده مسئول، آدرس: رفسنجان، دانشگاه ولی عصرعج، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی، کد پستی ۷۷۱۳۹۳۶۴۱۷

* دریافت: ۸۷/۷/۳۰ و پذیرش: ۸۸/۷/۲۱

قرار دارد و یکی از مشکلات عمده این اراضی شوری خاک و آب آبیاری است. کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققان مختلف گزارش شده است (تاج آبادی پور، ۱۳۸۳؛ مظفری، ۱۳۸۴؛ Sepaskhah و Maftoun، ۱۹۸۱؛ Walker و همکاران، ۱۹۸۸؛ Picchioni و همکاران، ۱۹۹۰؛ Ferguson و همکاران، ۲۰۰۲). خوشگفتارمنش (۱۳۸۳) طی تحقیقی که در باغ‌های پسته انجام داد بیان نمود که مشکلات تغذیه‌ای در باغ‌های پسته علاوه بر کمبود شدید پتاسیم، کمبود روی، آهن، مس و منگنز و نیز فقر شدید مواد آلی است که خیلی از این عوامل محدود کننده ناشی از شور بودن و pH قلیایی و درصد بالای آهک در نیمرخ بیشتر خاک‌ها می‌باشد. تحقیقات متعددی که در زمینه مهار شوری انجام گردیده نشان می‌دهد که کاربرد بعضی از عناصر غذایی از جمله پتاسیم (تاج آبادی‌پور، ۱۳۸۳؛ مظفری، ۱۳۸۴؛ Satti و Lopez، ۱۹۹۴)، فسفر، کلسیم و روی (مظفری،۱۳۸۴) می‌تواند از تأثیر سوء شوری خاک یا آب بکاهد و به عبارت دیگر تحمل نسبی گیاه را به تنش شوری افزایش دهد.

کمبود روی یکی از معمولی‌ترین کمبودهای عناصر غذایی کم مصرف است. روی برای انسجام غشا سلولی ریشه ضروری بوده و افزایش غلظت خارجی این عنصر احتمالاً می تواند اثر منفی NaCl را با محدود نمودن جذب سدیم ($Na^+$) و کلرید (Cl) و یا انتقال این عناصر در داخل گیاه را کاهش دهد (Alpasalan و همکاران، ۱۹۹۹). اردلان و ثواقبی (۱۳۸۱) ضمن تحقیق بر روی پسته در خاک‌های آهکی نشان دادند که اثر اصلی روی بر وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد و وزن خشک اندام‌های هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. Hassan و همکاران (۱۹۷۰) همبستگی مثبت بین شوری، روی و منگنز و همبستگی منفی با آهن و مس را در جو گزارش نمودند. صالح (۱۳۷۸) گزارش نمود که اضافه نمودن روی، اثر سوء کلرید سدیم را در برنج و باقلا تعدیل کرد. Khoshgoftarmanesh و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که روی نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت گندم در شرایط شور دارد در پژوهشی که توسط مظفری (۱۳۸۴) بر روی دانهال‌های پسته انجام گرفت مشخص گردید با مصرف ۱۰ میلی گرم روی میزان فتوسنتز تا حدود۴۰ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر روی) افزایش یافت. همچنین اثرات متقابل سطوح شوری و روی نشان داد، در سطح ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، با افزایش شوری کاهش معنی‌داری در میزان فتوسنتز ایجاد نگردید، اما در سطح صفر و یا ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم با افزایش شوری به طور معنی‌داری فتوسنتز کاهش یافت که این خود می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که روی توانسته اثر مخرب شوری زیاد را کاهش دهد و از کاهش زیاد فتوسنتز بکاهد. پژوهش ذکر شده همچنین نشان داد با مصرف روی، غلظت پرولین برگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز در ریشه، بیش از ۲۰ درصد به ترتیب افزایش و کاهش حاصل نمود. کشاورز و ملکوتی (۱۳۸۳) نشان دادند که شوری موجب تغییر ساختمانی در ساقه گندم شده و تعداد دستجات آوندی و همچنین قطر آوندها را به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد، در حالیکه روی (Zn) اثر منفی شوری را کاهش و تعداد دستجات آوندی و قطر آنها را افزایش داد. نظر به اهمیت اقتصادی پسته به عنوان محصولی ارز آور و همچنین شور بودن خاک بیشتر مناطق پسته کاری کشور، این مطالعه به منظور بررسی اثرات عنصر روی در افزایش مقاومت این گیاه در برابر تنش شوری انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

خاک (Coarse loamy, mixed, semi active, calcareous, thermic, Typic Torrifluvents) از عمق ۳۰-۰ سانتی متری از یکی از باغ‌های پسته رفسنجان تهیه و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک ۲ میلی‌متری بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH در خمیر اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای (Richards، ۱۹۵۴)، شوری یا قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه کاندکتیویتی متر، بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos، ۱۹۵۱)، درصد کربن آلی (Jackson، ۱۹۷۵)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Richards، ۱۹۵۴)، فسفر قابل استفاده (Olsen، ۱۹۵۴)، غلظت روی قابل استفاده (Lindsay و Norvel، ۱۹۷۹) و غلظت پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیم (Richards، ۱۹۵۴) تعیین گردید (جدول۱). بذرهای پسته (رقم قزوینی) از موسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت بر علیه قارچ، ضد عفونی و جهت جوانه زدن برای کاشت به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد.

آزمایش در شرایط گلخانه ای و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. فاکتور روی شامل چهار سطح ۰، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی، و فاکتور شوری شامل پنج سطح ۰ ، ۸۰۰ ، ۱۶۰۰ ، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع کلرید سدیم بودند. مقدار پنج کیلوگرم از خاک تهیه شده را ابتدا درون

کیسه‌های پلاستیکی ریخته، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک از منابع اوره و پتاسیم دی هیدروژن فسفات با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم و سولفات آهن و منگنز با غلظت ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به صورت محلول و هم‌چنین سطوح مختلف روی مورد آزمایش به صورت محلول به خاک داخل کیسه‌ها اضافه گردید. پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه به خوبی مخلوط و به داخل گلدان‌های پلاستیکی پنج کیلوگرمی منتقل شد. در هر گلدان تعداد ۸ بذر جوانه زده در عمق ۳ سانتی‌متری کشت و آبیاری گلدان‌ها به وسیله آب مقطردر حد ظرفیت زراعی با توزین مرتب آنها صورت گرفت. تیمارهای شوری نیز به سه قسمت مساوی تقسیم شده و پس از استقرار کامل نهال‌ها (هفته ششم پس از کشت)، به فاصله زمانی ۱۰روز به صورت محلول به گلدان‌ها اضافه شد. در هفته دوازدهم، تعداد دانهال‌ها در هر گلدان به ۵ بوته تقلیل یافت. در پایان دوره رشد (هفته بیست و چهارم پس از کشت) تعداد، سطح برگ و هم‌چنین ارتفاع گیاه اندازه‌گیری شد. در پایان، دانهال‌ها از محل طوقه قطع و ریشه‌ها نیز به دلیل سبک بودن خاک با دقت از خاک خارج و به منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین بر روی الک شستشو داده شد. اندام هوایی نیز پس از شستشو با آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک و توزین گردید. یک گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی (برگ و ساقه) و ریشه در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی، خاکستر و به صورت محلول در آورده شد. در عصاره به دست آمده غلظت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه نورسنج شعله‌ای، و غلظت کلسیم و روی توسط دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 اندازه گیری گردید.

## نتایج و بحث

### الف- وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۲ و ۳) بیانگر معنی دار بودن تأثیر روی و شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های پسته می‌باشد در حالی که برهمکنش این دو فاکتور تأثیر معنی داری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه نداشت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول۴ نشان داده شده است. میانگین وزن خشک اندام هوایی با افزایش شوری کاهش معنی‌داری نشان داد، به طوری که میانگین وزن خشک اندام هوایی در شوری ۸۰۰ و ۳۲۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک به ترتیب ۲۰ و ۳۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت.

همچنین با افزایش مصرف روی از صفر به ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک وزن خشک اندام هوایی افزایش معنی داری حاصل نمود (حدود ۲۰ درصد)، اما با افزایش میزان روی به ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم تغییر معنی داری نسبت به شاهد مشاهده نشد، که احتمالا به دلیل بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، مخصوصا عناصر کم مصرف می‌باشد (مظفری، ۱۳۸۴).

با افزایش شوری از صفر به ۸۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک، میانگین وزن خشک ریشه به ترتیب ۳۲، ۵۶ و ۷۶ درصد کاهش یافت. بر این اساس وزن ریشه تحت تأثیر شوری از حدود ۱/۲تا ۲ برابر (به ترتیب در سطح ۸۰۰ و۳۲۰۰ میلی گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک) اندام هوایی کاهش پیدا کرد. این نتایج با یافته‌های تاج آبادی پور (۱۳۸۳) و شهریاری (۱۳۸۶) نیز مطابقت دارد، در حالی که مظفری (۱۳۸۴) در تحقیقات خود که بر روی رقم بادامی ریز زرند پژوهش کرد به این نتیجه رسید که کاهش وزن برگ دانهال‌های پسته بیشتر از ریشه تحت تأثیر شوری قرار گرفت. روند تغییرات وزن خشک ریشه در سطوح مختلف روی در جدول ۴ ارائه شده است.

میانگین وزن خشک ریشه با افزایش روی تا سطح ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک افزایش معنی داری حاصل نمود، به گونه‌ای که از ۲/۴۸۱ به ۴/۲۴۴ گرم بر هر دانهال رسید و افزایش وزن خشک ریشه همانند اندام هوایی در سطح بالای روی (۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) نسبت به شاهد معنی دار نگردید. کاهش رشد پسته با افزایش شوری آب و خاک توسط محققان مختلف گزارش گردیده است (ابطحی، ۱۳۸۰؛ Picchioni و همکاران، ۱۹۹۰؛ Fergusen و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین کاهش وزن خشک در اثر شوری در زیتون (Bartolini و همکاران، ۱۹۹۱)، مرکبات (Walker و همکاران،۱۹۸۳؛ Ben-Hayem و همکاران، ۱۹۸۷) و انگور (Stevens و همکاران، ۱۹۹۶) گزارش شده است. کاهش رشد پسته در اثر آب آبیاری شور می‌تواند مربوط به سمیت یون‌های کلرید و سدیم (Picchioni و همکاران، ۱۹۹۰)، افزایش فشار اسمزی محلول خاک (Sepaskhah و Maftoun، ۱۹۸۸)، تأثیر سوء املاح بر فتوسنتز (Behboudian و همکاران، ۱۹۸۶)، و فعالیت آنزیمی (Talebi و همکاران، ۲۰۰۷) باشد. مظفری (۱۳۸۴) نشان داد که افزایش شوری موجب کاهش معنی دار وزن خشک برگ، ساقه، و ریشه نهال پسته رقم بادامی ریز زرند گردید. کشاورز و ملکوتی (۱۳۸۳) مشاهده کردند که شوری موجب کاهش معنی‌دار وزن ریشه و اندام هوایی گندم گردید. ضمن اینکه مصرف

۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی در شرایط شور وزن خشک اندام هوایی را تا ۱۸/۲ درصد افزایش داد. همچنین روی اگرچه وزن ریشه را افزایش داد ولی این تغییر معنی‌دار نبود. AbdEl-Hady (۲۰۰۷)، که تأثیر شوری و روی را بر گیاه جو مورد مطالعه قرار داد به این نتیجه رسید که در شوری کم ($3000 mg\ l^{-1}$)، با افزایش ۳۰ میلی گرم روی، وزن خشک گیاه نسبت به شاهد ۶ درصد افزایش حاصل کرد، در حالی که در شوری زیاد ($12000 mg\ l^{-1}$) افزایش همین مقدار روی نسبت به شاهد، ۱۸ درصد از کاهش وزن را جبران نمود.

از مهم‌ترین دلایل کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه در شرایط شور سمیت یون‌هایی نظیر سدیم و کلر همراه با عدم تعادل تغذیه‌ای می‌باشد (Gunes و همکاران، ۱۹۹۶). در شرایط شور حلالیت عناصر کم مصرف فوق العاده کم بوده و کاهش حلالیت این عناصر موجب کمبود آن در گیاهان می گردد (Qadir و همکاران، ۱۹۹۷). El-Habbal و همکاران (۱۹۹۵) عنوان نمودند که کاربرد روی در شرایط شور توانست تأثیر سمیت برخی عناصر مانند سدیم و کلرید را بکاهد و دلیل این را افزایش رشد و توسعه سلولی عنوان نمودند.

**ب- ارتفاع ساقه و سطح برگ**

نتایج تجزیه واریانس برای ارتفاع ساقه و سطح برگ نشان داد، اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف شوری و روی وجود دارد اما اثرات متقابل آنها معنی دار نگردید. (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول۴ نشان داده شده است. افزایش شوری موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه گردید. هرچند که بین سطوح مختلف شوری اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی بیشترین میزان کاهش ارتفاع (۱۸ درصد) مربوط به سطح ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، نسبت به شاهد بود. سطح برگ نیز با افزایش شوری کاهش معنی داری حاصل کرد اما بیشترین مقدار کاهش مربوط به بالاترین سطح شوری (۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) بود به گونه‌ای که سطح برگ از ۴/۶۰۴ به ۲/۹۸۲ سانتی‌متر مربع کاهش یافت. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد، با افزایش مصرف روی (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارتفاع ساقه بیش از ۳۱ درصد افزایش حاصل کرد اما مقدار بیشتر روی اثر معنی داری بر ارتفاع ساقه نداشت. تأثیر روی بر سطح برگ نیز مشابه با ارتفاع گیاه بود، به گونه‌ای که بالاترین میزان سطح برگ در سطح سوم روی (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دیده شد و کاربرد روی توانست سطح برگ را از ۲/۹۵۲ به ۴/۱۷۱ سانتیمتر مربع افزایش دهد.

در رابطه با تأثیر شوری بر ارتفاع گیاه پسته نتایج مشابهی توسط حکم آبادی و همکارن (۱۳۸۲)، تاج آبادی پور (۱۳۸۳) و مظفری (۱۳۸۴) مشاهده شد. شهریاری (۱۳۸۶) ضمن مطالعه تأثیر شوری، فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه پسته عنوان نمود که ارتفاع ساقه در شوری‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰، ۱۴ و ۲۶ درصد کاهش، همچنین سطح برگ در همین مقادیر شوری به ترتیب ۲۶، ۵۰ و ۷۶ درصد کاهش یافت. ولی با مقایسه کاهش ارتفاع ساقه با کاهش سطح برگ، نتیجه گرفت که ارتفاع ساقه در مقایسه با سطح برگ نسبت به شوری از حساسیت کمتری برخوردار است. این تحقیق همچنین نشان داد در تمام سطوح شوری، کاربرد روی (تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) توانست ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد افزایش دهد و گرچه روی در شرایط غیر شور، تأثیر معنی داری بر سطح برگ نداشت ولی کاربرد ۱۰ میلی گرم روی در شوری ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش معنی دار سطح برگ را به همراه داشت.

**ج- ترکیب شیمیایی اندام هوایی و ریشه**

نتایج تجزیه واریانس برای غلظت عناصر روی، کلسیم، پتاسیم و سدیم و همچنین نسبت‌های Ca/Na و K/Na در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

**روی**

تأثیر روی و شوری بر غلظت روی در اندام هوایی و ریشه معنی دار گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، مصرف روی موجب بالا رفتن معنی دار غلظت این عنصر در اندام هوایی و ریشه گردید (شکل ۱). مصرف ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم روی، غلظت روی اندام هوایی را از ۹/۹۹ به ۱۳/۳۱ و در ریشه از ۱۴/۴۵ به ۲۰/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به طور معنی داری افزایش داد (جدول۴ و شکل ۱). در مقابل بالاترین سطح شوری (۳۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک) غلظت روی اندام هوایی را نسبت به شاهد نزدیک به ۵۰ درصد کاهش داد. لیکن در ریشه با افزایش شوری غلظت روی از ۱۷/۵۶ به ۲۱/۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم افزایش یافت (جدول ۵)، که این احتمالاً ناشی از اختلال در انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی در شرایط شور می‌باشد.

مظفری (۱۳۸۴) در تحقیقی بر روی پسته نشان داد که با افزایش شوری غلظت روی در برگ، ساقه و ریشه افزایش یافت. برخی مطالعات نشان داده است که میزان روی قابل استفاده گیاه با افزایش شوری زیاد می‌گردد و دلیل این موضوع را جایگزینی روی قابل تبادل

با سدیم اعلام کرده اند. (Doering و همکاران، ۱۹۸۴؛ Ruiz و همکاران، ۱۹۹۷).

**کلسیم و پتاسیم**

تأثیر شوری بر غلظت کلسیم و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه معنی دار گردید، لیکن تأثیر روی بر غلظت کلسیم معنی دار و در مورد غلظت پتاسیم معنی دار نگردید (جداول ۲و۳). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش کلرید سدیم از صفر به ۳۲۰۰ میلی گرم بر کیلو گرم خاک، غلظت کلسیم در اندام هوایی ۳۰ درصد کاهش یافت، در حالی که غلظت پتاسیم در تمام سطوح شوری، نسبت به شاهد افزایش معنی داری حاصل نمود که بیشترین افزایش مربوط به سطح دوم شوری (از ۱/۶۸۸ به ۱/۸۳۵ درصد) بود (شکل۲ و جدول۵). در ریشه برعکس اندام هوایی، غلظت کلسیم تا سطح ۲۴۰۰ میلی کلرید سدیم بر کیلو گرم خاک نسبت به شاهد افزایش معنی داری حاصل نمود اما در سطح بالاتر شوری، تفاوت معنی داری دیده نشد.

در حالی که غلظت پتاسیم تا سطح ۲۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم کلرید سدیم تغییر معنی داری حاصل نکرد اما در سطح شوری بیشتر غلظت این عنصر ۳۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (شکل۲ و جدول۵).

حکم‌آبادی و همکاران (۱۳۸۲) عکس‌العمل برخی پایه‌های درختان پسته به زیادی بُر و کلرید سدیم در آب آبیاری را مطالعه و به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان غلظت کلرید سدیم از میزان پتاسیم ساقه و ریشه کاسته شد ولی بر غلظت پتاسیم برگ تأثیری نداشت. محمدی محمدآبادی (۱۳۷۴) به این نتیجه رسید که شوری در جذب پتاسیم قسمت هوایی پسته ایجاد اختلال نمی‌کند و اغلب، شوری باعث غلظت بیشتر پتاسیم در گیاه می‌شود. علت کاهش پتاسیم ریشه در غلظت‌های بالای کلرید سدیم، رقابت بین سدیم و پتاسیم در جذب توسط ریشه می‌باشد، در حالی‌که غلظت پتاسیم اندام هوایی با افزایش کلرید سدیم افزایش یافت. این موضوع بیانگر قدرت انتخابی بیشتر پسته در انتقال پتاسیم به اندام‌های هوایی در مقایسه با سدیم می‌باشد که به‌عنوان یکی از ساز و کارهای تحمل به نمک ارزیابی می‌گردد (Tattini، ۱۹۹۴). نتایج به‌دست آمده با یافته‌های Sepaskhah و Maftoun (۱۹۸۸) که بر روی پسته پژوهش نمودند و نایینی و همکاران (۱۳۸۳) که بر روی انار تحقیق نمودند هم‌خوانی دارد.

**سدیم**

نتایج تجزیه واریانس (جداول ۲ و ۳) نشان داد اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف شوری و روی (اندام هوایی و ریشه) و اثرات متقابل آنها در اندام هوایی وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (جدول ۵) نشان داد که با افزایش شوری از صفر به ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک میانگین غلظت سدیم در اندام هوایی از ۰/۱۸ به ۱/۴۲۶ درصد و در ریشه از ۰/۳۹۲ به ۰/۷۳۳ درصد افزایش معنی‌داری حاصل نمود. Sepaskhah و Maftoun (۱۹۸۲) به این نتیجه رسیدند که گیاه پسته دارای مکانیسم دفع سدیم از برگ می‌باشد. لیکن نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار بیشتری از سدیم در اندام هوایی نسبت به ریشه تجمع پیدا نموده است. Hansen و Munns (۱۹۸۸) عنوان نمودند که عدم توانایی گیاهان دفع‌کننده سدیم در شرایط شور احتمالاً به دلیل جایگزینی کلسیم به‌وسیله سدیم در غشاء سلولی می‌باشد، که این جانشینی منجر به کاهش استحکام غشاء سلولی می‌شود و در نتیجه سدیم بیشتری از ریشه به قسمت‌های هوایی منتقل می‌شود. همچنین با توجه به معنی دار شدن اثرات متقابل روی و شوری در اندام هوایی (جدول ۲) مشخص شد که در تمام سطوح شوری، کاربرد ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی موجب کاهش معنی‌دار غلظت سدیم در اندام هوایی گردید اما شدت این کاهش در سطوح بالاتر شوری کمتر بود، به طوری که در سطح صفر شوری کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی غلظت سدیم را ۴۴ درصد ولی در بالاترین سطح شوری، تنها ۱۹ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. این موضوع نشان می‌دهد در شوری‌های کم، روی می‌تواند اثرات مخرب سدیم را بهبود ببخشد اما در شوری‌های بالا اثر سودمندی روی کاهش می‌یابد. حکم‌آبادی و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند که با افزایش میزان غلظت کلرید سدیم، میزان سدیم و کلر برگ افزایش شدیدی نشان داد و پایه قزوینی به لحاظ اینکه میزان کلرور سدیم کمتری در برگ داشت نسبت به دو پایه دیگر مقاوم‌تر به شوری بود.

Picchioni و همکاران (۱۹۹۰) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت کلرید سدیم، میزان تجمع سدیم و کلر در برگ بیشتر می‌شود و در ارقام حساس‌تر معمولاً کلر و سدیم بیشتری تجمع می‌نمایند. در پژوهشی مشخص شد که مصرف روی حداکثر تا ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، موجب کاهش غلظت سدیم و افزایش غلظت پتاسیم در رقم‌های حساس به شوری در برنج می‌شود، ولی بر روی غلظت سدیم و پتاسیم در ارقام مقاوم به شوری تأثیری ندارد (Verma و Neue، ۱۹۸۴).

**نسبت‌های K/Na و Ca/Na**

تأثیر کاربرد شوری و روی بر نسبت‌های Ca/Na و K/Na در اندام هوایی و ریشه در جداول ۲ و ۳ نشان

داده شده است. همانگونه که مشخص است تأثیر تیمارهای روی، شوری و همچنین اثرات متقابل آنها بر نسبت‌های ذکر شده در اندام هوایی معنی دار گردید. شوری موجب کاهش معنی‌دار میانگین نسبت K/Na در اندام هوایی گردید به طوری‌که در سطح صفر روی با کاربرد ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک نسبت K/Na بیش از ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. اما کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک در سطح شوری صفر موجب افزایش نسبت K/Na تا ۴۳ درصد در مقایسه با شاهد گردید (شکل ۳).

با وجود اینکه اثرات متقابل کاربرد روی و شوری بر نسبت K/Na معنی‌دار گردید اما هیچ‌کدام از سطوح روی نتوانست تأثیر معنی‌داری بر این نسبت در شوری‌های بالاتر از ۱۶۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم خاک داشته باشد و تنها در سطوح شوری پایین‌تر تأثیرگذار بود. شکل ۴ تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم و روی بر نسبت Ca/Na در اندام هوایی را نشان می‌دهد، همان‌گونه که مشاهده می‌شود در شوری صفر با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، نسبت Ca/Na از ۵/۹۷۳ به ۱۰/۹۱۳ افزایش معنی‌داری حاصل نمود. با افزایش کلرید سدیم، هر چند که نسبت Ca/Na کاهش معنی‌داری در سطح صفر روی پیدا کرد اما در شوری ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، با افزایش روی به میزان ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، نسبت Ca/Na از ۳/۷۲ (تیمار شاهد) به ۷/۴۱ رسید. به عبارت دیگر نزدیک به ۲ برابر این نسبت را در اندام هوایی بهبود بخشید، لیکن در شوری‌های بالاتر تأثیر روی بر بهبود این نسبت همانند نسبت K/Na معنی‌دار نگردید.

نتایج تجزیه واریانس ریشه (جدول۳) نشان داد که فاکتور روی و شوری بر نسبت های K/Na و Ca/Na و اثر متقابل روی و شوری بر نسبت K/Na تأثیر معنی دار داشته است. شکل ۵ نشان می دهد که با افزایش شوری از صفر به ۳۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک، میانگین نسبت های K/Na و Ca/Na به ترتیب ۶۵ و ۴۴ درصد کاهش معنی داری حاصل کرد. اثر متقابل K/Na در ریشه در شکل ۶ نشان می دهدکه با افزایش روی تا سطح ۱۰ میلی گرم بر کیلو گرم خاک، نسبت K/Na در شوری صفر و ۱۶۰۰ میلی گرم کلرید سدیم بر کیلو گرم خاک به ترتیب از ۱/۳۹ به ۲/۴(۷۲ درصد) و از ۰/۸۹ به ۱/۵ (۶۸ درصد) افزایش معنی دار یافت. که این افزایش در نسبت Ca/Na معنی دار نگردید.

برخی مطالعات نشان می‌دهد که نسبت بالای K/Na در گیاهان می‌تواند یک فاکتور مرتبط با تحمل به شوری باشد ( Ashraf و McNeilly ، ۱۹۹۰). در همین زمینه Ashraf و Naqvi (۱۹۹۱) نشان دادند که افزایش شوری خاک موجب کاهش نسبت‌های Ca/Na و K/Na در گیاه می‌گردد. همچنین این محققین نتیجه گرفتند که با افزایش نسبت Ca/Na و K/Na، جوانه زنی و رشد در گیاه بهبود حاصل کرد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهاد

با توجه به نتایج تحقیق انجام یافته، اثر سوء شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه و همچنین ارتفاع و سطح برگ دانهال‌های پسته در رقم قزوینی نیز مورد تائید قرار گرفت و تأثیر روی (سطح ۱۰ میلی گرم روی بر کیلوگرم خاک) باعث بهبود این پارامترها گردید. همچنین مشخص شد که در شرایط شور، روی نمی‌تواند نقش موثری در بهبود وضعیت این رقم داشته باشد. پیشنهاد می شود این گونه تحقیقات با رقمهای دیگر پسته در گلخانه و در شرایط مزرعه انجام گیرد.

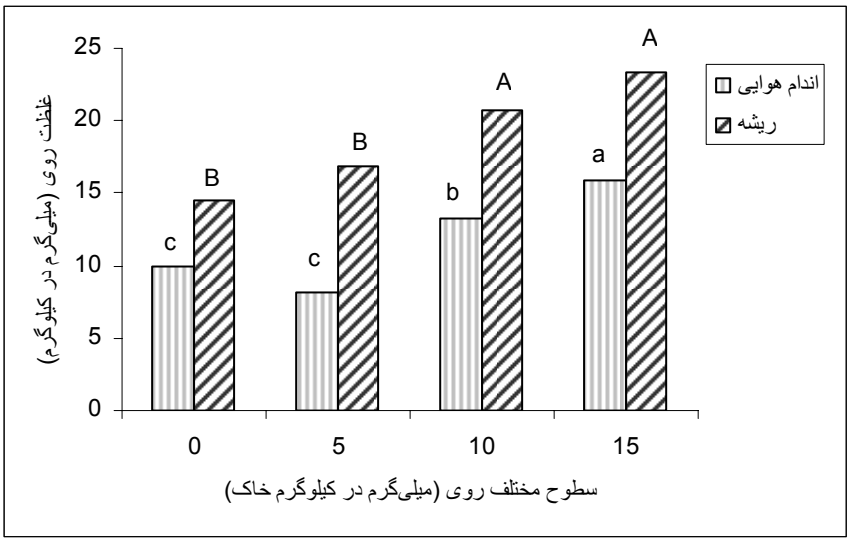
**جدول ۱- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش**

| ECe ($dSm^{-1}$) | pH | CCE | FC | O.M | K | P | Zn | رس | سیلت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % | | | mg $kg^{-1}$ | | | % | |
| ۰/۹ | ۷/۵ | ۱۲ | ۱۸ | ۰/۵ | ۱۰۰ | ۵/۳۵ | ۰/۵ | ۵/۵ | ۲۳/۱ |

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات مختلف شوری و روی بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی در اندام هوایی دانهال‌های پسته**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | K | Ca | Na | Zn | Ca/Na | K/Na | وزن خشک | ارتفاع | سطح برگ |
| روی | ۳ | ۰/۰۰۵ | **۰/۳۱ | **۰/۱۸ | **۱۷۸/۷ | **۱۵/۳۱ | **۱۸/۵۶ | **۳/۱۸ | **۳۰/۳۶ | **۴/۸۱ |
| شوری | ۴ | **۰/۰۳۸ | **۰/۳۳۱ | **۰/۴۱۷ | **۹۵/۰۹ | **۱۴۳/۲۲ | **۲۳۰/۸۶ | **۶/۲۱ | *۱۰/۰۸ | **۵/۱۳ |
| شوری× روی | ۱۲ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۳ | *۰/۱۲ | ۱۲/۰۶ | **۴/۳۸ | **۵/۱۶ | ۱/۰۲ | ۴/۷۳ | ۰/۶۱ |
| خطا | ۴۰ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۴ | ۰/۱۸ | ۱۰/۳۸ | ۱/۰۴ | ۱/۴۷ | ۰/۵۷ | ۳/۰ | ۰/۸۰ |
| ٪CV | | ۵/۳۳ | ۱۶/۸۶ | ۷/۵۲ | ۲۷/۲۲ | ۲۱/۶۱ | ۲۶/۸۲ | ۲۲/۰۱ | ۱۴ | ۲۴/۹۷ |

* و **، به ترتیب، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

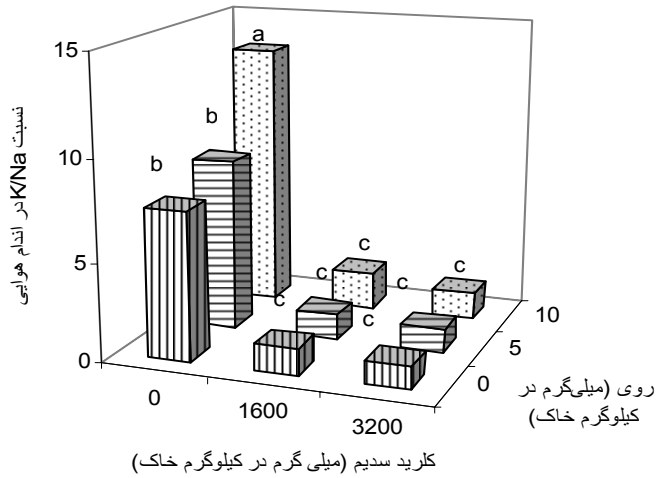



**شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف روی بر غلظت روی اندام هوایی و ریشه (میلی‌گرم در کیلوگرم)**

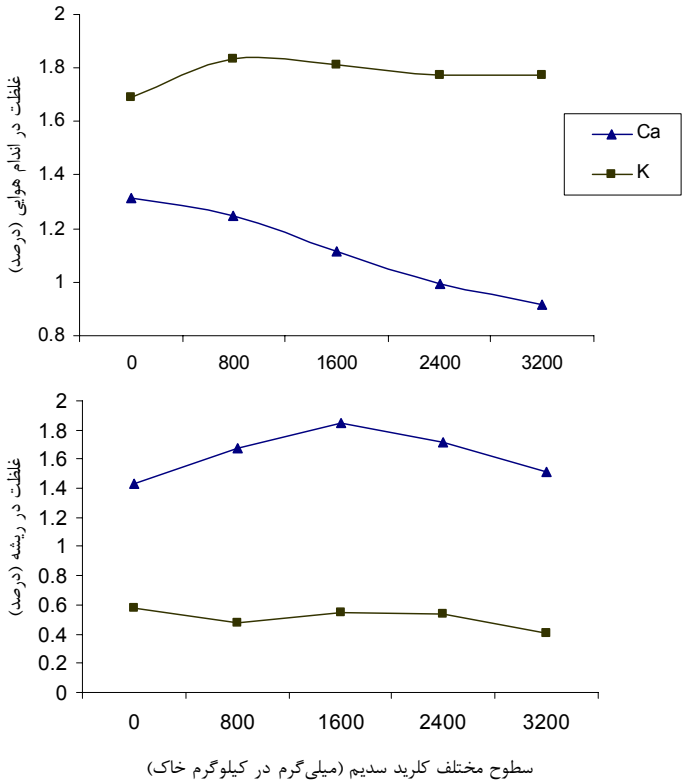
**جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات مختلف شوری و روی بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی در ریشه دانهال‌های پسته**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | K | Ca | Na | Zn | Ca/Na | K/Na | وزن خشک ریشه |
| روی | ۳ | ۰/۰۲ | ۱/۰۱** | ۰/۰۸** | ۲۳۳/۸۴** | ۰/۴۱ | ۰/۹۲** | ۸/۱۱** |
| شوری | ۴ | ۰/۰۶** | ۰/۳۳** | ۰/۲۴** | ۴۱/۲۱* | ۱۰/۹۴** | ۱/۸۳** | ۳۰/۹۲** |
| شوری × روی | ۱۲ | ۰/۰۱ | ۰/۱۴* | ۰/۰۱ | ۵/۲۷ | ۰/۵۸ | ۰/۱۴* | ۱/۹۵ |
| خطا | ۴۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۱ | ۱۴/۹۸ | ۱/۲۵ | ۰/۱۰ | ۱/۰۱ |
| ٪CV | | ۲۳/۰۹ | ۱۶/۳۲ | ۱۷/۶۶ | ۲۰/۵۷ | ۲۲/۰۹ | ۲۸/۷۱ | ۳۲/۳۴ |

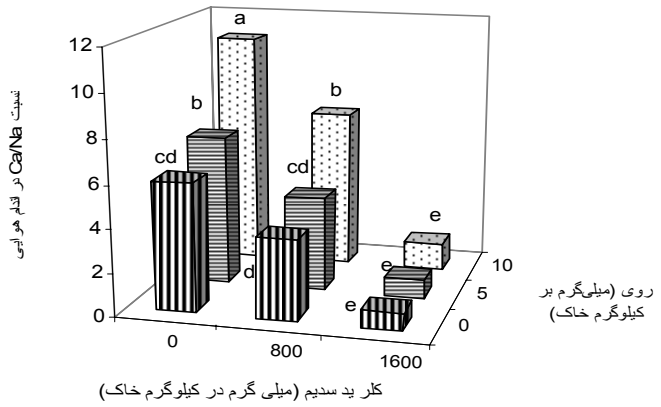
* و **، به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



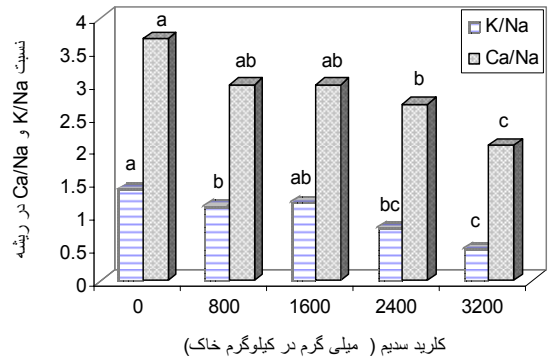

**شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر غلظت پتاسیم و کلسیم اندام هوایی و ریشه**



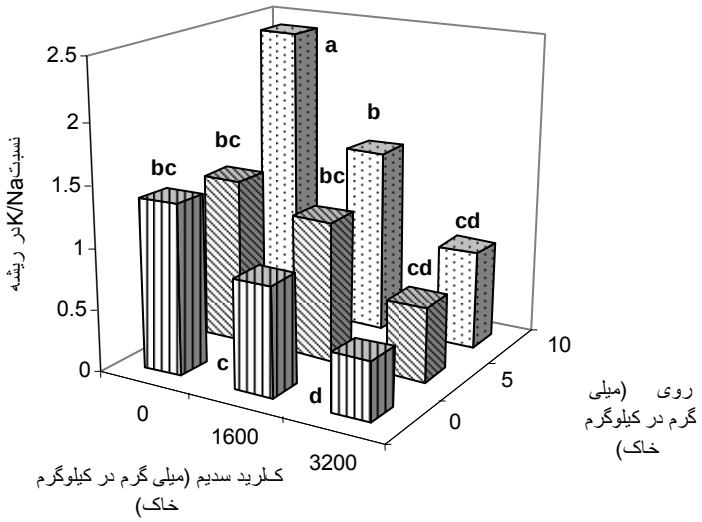

**شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم و روی بر نسبت K/Na در اندام هوایی**




**شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم و روی بر نسبت Ca/Na در اندام هوایی**




**شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم بر نسبت‌های K/Na و Ca/Na در ریشه**




**شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف کلرید سدیم و روی بر نسبت Ca/Na در ریشه**

**جدول ۴- تأثیر کاربرد شوری و روی بر پارامترهای رشد دانهال‌های پسته**

| شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) | سطوح روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) ۰ | ۵ | ۱۰ | ۱۵ | میانگین |
|---|---|---|---|---|---|
| | وزن خشک اندام هوایی (گرم) | | | | |
| ۰ | ۵/۳۸۷ | ۵/۷۷۷ | ۷/۰۲ | ۵/۸۹۷ | a۶/۰۲۰ |
| ۸۰۰ | ۴/۷۹۳ | ۵/۰۳۷ | ۵/۷۴ | ۳/۷۵ | b۴/۸۳۰ |
| ۱۶۰۰ | ۴/۲۸۷ | ۵/۵۶ | ۴/۶۶ | ۴/۵۹۳ | b۴/۷۷۵ |
| ۲۴۰۰ | ۴/۳۰۷ | ۶/۰۷۳ | ۵/۴۳۷ | ۴/۴۲ | c۴/۰۵۹ |
| ۳۲۰۰ | ۳/۴۵۳ | ۴/۰۳۳ | ۳/۹۲۷ | ۴/۵۹۳ | c۴/۰۰۲ |
| میانگین | B۴/۴۴۵ | A۵/۲۹۶ | A۵/۳۵۷ | B۴/۶۵۱ | |
| | وزن خشک ریشه (گرم) | | | | |
| ۰ | ۴/۴۳ | ۴/۹۷ | ۷/۶ | ۵/۴۶۷ | a۵/۶۱۷ |
| ۸۰۰ | ۲/۴۸۳ | ۳/۷۹ | ۶/۲۱۳ | ۲/۸۳ | b۳/۸۲۹ |
| ۱۶۰۰ | ۲/۲۴ | ۳/۳۲۳ | ۳/۰۵۳ | ۳/۲۲۷ | c۲/۹۶۱ |
| ۲۴۰۰ | ۲/۳۱ | ۲/۶ | ۲/۸۹۷ | ۱/۹۷۳ | c۲/۴۴۵ |
| ۳۲۰۰ | ۰/۹۴ | ۱/۱۶۳ | ۱/۴۵۷ | ۱/۸۱ | d۱/۳۴۳ |
| میانگین | B۲/۴۸۱ | B۳/۱۶۹ | A۴/۲۴۴ | B۳/۰۶۱ | |
| | ارتفاع گیاه (سانتی متر) | | | | |
| ۰ | ۱۲/۳۳۳ | ۱۲/۳۳۳ | ۱۶/۳ | ۱۴/۶۶۷ | a۱۳/۹۰۸ |
| ۸۰۰ | ۱۱/۶۱۷ | ۱۱/۳۶۷ | ۱۳/۵۶۷ | ۹/۶۳۳ | b۱۱/۵۴۶ |
| ۱۶۰۰ | ۱۰/۴۸۰ | ۱۲/۳۳۳ | ۱۳/۳۶۷ | ۱۱/۶۳۳ | b۱۱/۹۵۳ |
| ۲۴۰۰ | ۱۰/۸۰ | ۱۴/۴۲ | ۱۳/۴۳۳ | ۱۱/۰۶۷ | b۱۱/۴۳۰ |
| ۳۲۰۰ | ۸/۷۰۰ | ۱۲/۹۵۳ | ۱۴/۱۱۷ | ۱۲/۲۳۳ | b۱۲/۰۰۱ |
| میانگین | C۱۰/۷۸۶ | B۱۲/۶۸۱ | A۱۴/۱۵۷ | BC۱۱/۸۴۷ | |
| | سطح برگ (سانتی متر مربع) | | | | |
| ۰ | ۴/۲۴۰ | ۴/۱۹۳ | ۵/۶۶۷ | ۴/۳۱۷ | a۴/۶۰۴ |
| ۸۰۰ | ۲/۲۱۷ | ۴/۴۳۰ | ۴/۰۷۳ | ۳/۰۴۰ | bc۳/۴۴۰ |
| ۱۶۰۰ | ۳/۳۵۷ | ۴/۰۹۰ | ۰۰۰/۴ | ۳/۷۳۷ | b۳/۷۹۶ |
| ۲۴۰۰ | ۲/۸۹۳ | ۳/۳۷۷ | ۳/۳۲۷ | ۲/۷۸۰ | bc۳/۰۹۴ |
| ۳۲۰۰ | ۲/۰۵۳ | ۳/۵۸۳ | ۳/۷۸۷ | ۲/۵۰۳ | c۲/۹۸۲ |
| میانگین | C۲/۹۵۲ | AB۳/۹۳۵ | A۴/۱۷۱ | BC۳/۲۷۵ | |

میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک یا بزرگ، مشترک هستند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشند

**جدول ۵- تأثیر کاربرد شوری و روی بر غلظت عناصر اندام هوایی وریشه دانهال‌های پسته**

| سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) | mg kg$^{-1}$(Zn) | K (%) | Ca (%) | Na (%) |
|---|---|---|---|---|
| | اندام هوایی | | | |
| ۰ | a۱۴/۸۳ | b۱/۶۸۸ | a۱/۳۱۴ | b۰/۱۸۰ |
| ۸۰۰ | a۱۳/۲۳ | a۱/۸۳۵ | ab۱/۲۴۸ | b۰/۲۳۹ |
| ۱۶۰۰ | a۱۳/۰۷ | a۱/۸۱۴ | bc۱/۱۱۷ | a۱/۲۴۸ |
| ۲۴۰۰ | b۱۰/۳۵ | a۱/۷۷۴ | cd۰/۹۹۶ | a۱/۳۳۳ |
| ۳۲۰۰ | b۷/۷۱ | a۱/۷۷۳ | d۰/۹۱۸ | a۱/۴۲۶ |
| | ریشه | | | |
| ۰ | b۱۷/۵۶ | a۰/۵۸۰ | c۱/۴۲۷ | c۰/۳۹۲ |
| ۸۰۰ | b۱۷/۳۴ | bc۰/۴۷۹ | ab۱/۶۷۲ | c۰/۳۸۹ |
| ۱۶۰۰ | b۱۷/۵۶ | ab۰/۵۴۹ | a۱/۸۴۵ | b۰/۵۰۵ |
| ۲۴۰۰ | ab۲۰/۳۵ | ab۰/۵۴۲ | ab۱/۷۱۸ | b۰/۵۵۹ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ۳۲۰۰ | a۲۱/۲۷ | c۰/۴۰۳ | bc۱/۵۰۹ | a۰/۷۳۳ |
| سطح روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) | | اندام هوایی | | |
| ۰ | c۹/۹۹ | a۱/۷۵۰ | b۰/۹۸۶ | a۰/۹۷۶ |
| ۵ | c۸/۱۵ | a۱/۷۹۰ | b۱/۰۷۲ | a۰/۹۷۳ |
| ۱۰ | b۱۳/۳۱ | a۱/۷۸۰ | b۱/۰۹۳ | a۰/۷۴۸ |
| ۱۵ | a۱۵/۹۱ | a۱/۷۸۰ | a۱/۳۲۲ | a۰/۸۴۴ |
| | | ریشه | | |
| ۰ | b۱۴/۴۵ | a۰/۴۸۲ | a۱/۸۸۸ | a۰/۶۱۴ |
| ۵ | b۱۶/۸۰ | a۰/۵۲۰ | a۱/۸۱۷ | b۰/۵۱۷ |
| ۱۰ | a۲۰/۷۲ | a۰/۵۵۷ | b۱/۳۴۷ | c۰/۴۳۹ |
| ۱۵ | a۲۳/۲۹ | a۰/۴۸۴ | b۱/۴۸۵ | bc۰/۴۹۴ |

میانگین‌هایی که در یک حرف کوچک یا بزرگ، مشترک هستند طبق آزمون دانکن از لحاظ آماری معنی دار نمی باشند

## فهرست منابع:


۱. ابطحی، ع. (۱۳۸۰). واکنش نهال دو رقم پسته نسبت به مقدار و نوع شوری خاک در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (دانشگاه صنعتی اصفهان). جلد پنچم. شماره اول.

۲. اردلان، م. و غ. ثواقبی. (۱۳۸۱). اثرات مصرف فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال پسته. مجله پژوهش در علوم کشاورزی. جلد دوم، شماره اول.

۳. تاج آبادی پور، ا. ۱۳۸۳. تأثیر کاربرد خاکی پتاسیم بر مقاومت نسبی سه رقم پسته به تنش آبی وشوری. رساله دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. شیراز، ایران.

۴. حکم‌آبادی، ح.، ک. ارزانی.، ی. دهقانی شورکی و ب. پناهی. (۱۳۸۲). پاسخ پایه‌های درختان پسته بادامی زرند، سرخس و قزوینی به زیادی بُر و سدیم کلراید در آب آبیاری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان، سال هفتم، شماره چهارم.

۵. خوشگفتار منش، ا. ح. ۱۳۸۳. تعیین مهمترین عوامل محدود کننده تولید پسته در اراضی شور استان قم. پژوهش‌نامه استان قم، مجموعه مقالات تحقیقات استان قم، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان قم، شماره دوم، ص۷۲-۵۸

۶. دفتر آمار و فنآوری اطلاعات. ۱۳۸۴. آمارنامه کشاورزی.جلد اول محصولات زراعی و باغی. سال زراعی۸۳-۱۳۸۴. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران.

۷. شهریاری، رقیه. ۱۳۸۶. تأثیر فسفر، روی و شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان.

۸. صالح، ج. ۱۳۷۸. تأثیر سطوح شوری و سطوح و منبع روی بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج و باقلا. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۹. کشاورز، پ. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. اثر روی و شوری بر رشد، ترکیب شیمیایی و بافت آوندی گندم. مجله علوم خاک و آب. ۱۹: ۱۱۵-۱۲۳.

۱۰. محمدی محمدآبادی، ا. ۱۳۷۴. ارزیابی مقاومت پایه‌های متداول پسته به سطوح مختلف شوری آب و رژیم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش آبیاری،دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۱. مظفری، و. ۱۳۸۴. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته. رساله نامه دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۲. نائینی م. ر.، ح. لسانی، ا. ح خوشگفتار. و م. ه. میرزاپور. ۱۳۸۳. اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر غلظت و توزیع عناصر معدنی و قندهای محلول سه رقم تجاری انار. مجله علوم خاک و آب. ۱۸(۱): ۹۷-۱۰۶.

13. AbdEl-Hady, B. A. 2007. Effect of zinc application on growth and nutrient uptake of barley plant irrigated with saline water. J. Appl. Sci. Res., 3(6):431-436.
14. Alpaslan, M., A. Inal, A. Gunes, Y. Cikili, and H. Ozcan. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury tomato (Lycopersicum esculentum L. Mill, c.v lale) grown under salinity. Tr. J. Botany. 23:1-6.
15. Ashraf M. and T. McNeilly 1990. Responses of four Brassica species to sodium chloride. Environ. Exp. Bot. 30, 475-487.
16. Ashraf M. and M. I. Naqvi 1991. Growth and ion uptake of four Brassica species as affected by Na/Ca ratio in saline sand culture. Z. Pflanzenemiihr. Bodenkd. 155, 101-108.
17. Bartolini, G., C. Mazuelous, and A.Tranclso.1991. Influence of $Na_2SO_4$ and NaCl salts on survival, growth and mineral composition of young olive plants in inert sand culture. Adv. Hort. Sci., 5: 73-76.
18. Behboudian, M. H., R. R. Walker, and E. Torokfalvy, 1986. Effect of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. Sci. Hort. 29: 251-261.
19. Ben-Hayem, G., U. Kafkafi, and R. Ganmore-Neumann, 1987. Role of internal potassium in maintaining growth of cultured citrus on increasing NaCl and $CaCl_2$ concentrations. Plant Physiol. 85: 434-439.
20. Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agron. J. 43:434-438.
21. Doering, H. W., G. Schulze, and P. Roscher, 1984. Salinity effects on the micronutrient supply of plants differing in salt resistance proceedings of the 6th Interntl Colloquium for the optimization of plant nutrition. Montpellier, France; 165-175.
22. EL-Habbal, M. S., A. O. O. Sman, and M. M. Badram. 1995. Effect of some micronutrients fertilizers and transplanting on wheat productivity in newly reclamined saline soil. Annals Agric. Sci. Cairo, 40: 145-152.
23. Fergusen, L., J. A. Poss, S. R. Grattan, G.M. Grieve, D. Wang. C. Wilson and C.T. Donovan Chao. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth ion relations under salinity and boron stress. J. Am. Soc. Hort. Sci. 127:194-199.
24. Gunes, A., A. Inal, and M. Alpasalan, 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. J. Plant Nutr. 19:389-396.
25. Hansen, E. H. and D. N. Munns, 1988. Effects of $CaSO_4$ and NaCl on mineral content of Leucaena leucocephala. Plant Soil, 107: 101-105.
26. Hassan, N. A. K., J. V. Drew, D. Knudson, and R. Olsen, 1970. Influence of soil sainity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrients in barely and corn: I. Barley Agron. J. 62: 43-45.
27. Jackson, M. L. 1975. Soil chemical analysis, Advanced Course. Univ. Wi. College Agric., Dept. Soils, Madison, WI., U.S.A.
28. Khoshgoftarmanesh, A. H., B. Jaafaeri, and H. Shriatmadari. 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th world congress of soil science, Thailand.
29. Lindsay,W. L., and W. A. Norvell. 1979. Development of a DTPA soil test of Zn, Fe, Mn, Cu. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
30. Mozaffari, V. and M. J. Malakouti. 2006. An investigation of some causes of die-back disorder of Pistachio trees and its control through balanced fertilization in Iran. Acta Hort., 726: 247-252.

31. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanbe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, U.S. Govern. Prin. Office, Washington, DC., USA.
32. Picchioni, G. A., S. Miyamoto, and J. B. Storey. 1990. Salt effects on growth and ion uptake of pistachio rootstock seedlings. J. Am. Sci. Hort. 115: 647-653.
33. Qadir, M., R. H. Qureshi, and N. Ahmed. 1997. Nutrient availability in a calcareous saline-sodic soil during vegetative bioremediation. Arid Soil Res., 11: 343-352.
34. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A. Handbook No. 60. Washington, DC., USA.
35. Ruiz, D., V. Martinez., and A. Cerda. 1997. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. Tree Physiol. 17: 141-150.
36. Satti, S. M. E., and M. L. Lopez. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 2807-2823.
37. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun, 1982. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. II. Chemical composition. J. Hort. Sci. 57: 469-476.
38. Sepaskhah, A. R. and M. Maftoun, 1988. Relative salt tolerance of pistachio cultivars. J. Hort. Sci. 63: 157-162.
39. Sepaskhah, A. R., and M.Maftoun. 1981. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. I. Growth. J. Hort. Sci. 56: 277-284.
40. Stevens, R. M., G. Harvey, and G. Davies. 1996. Separating the effects of foliar and root salt uptake on growth and mineral composition of four grapevine cultivars on their own roots and on Ramsey rootstock. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 569-575.
41. Talebi, M., V. Mozaffari , A. Tajabadipour, and S. Enteshari. 2007. The effect of soil zinc application on lipid peroxidation of cell membrane, phenolic compounds and flavonoids in Pistachio (pistacia vera L.) under salinity stress. Biogeochemistry of trace elements: The 9th International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements (ICBOTE) will be held in Beijing.
42. Tattini, M. (1994). Ionic relations of aeroponically-grown olive genotypes, during salt stress. Plant Soil 161: 251-156.
43. Verma, T. S. and H. U. Neue. 1984. Effect of soil salinity level and zinc application on growth yield and nutrient composition of rice. Plant Soil. 82: 3-14.
44. Walker, R. R., E. Torokflavy, A. M. Grieve, and L. D. Prior. 1983. Water relations and ion concentration of leaves on salt stressed citrus plants. Aust. J. Plant Physiol., 10: 265-277.
45. Walker, R. R., E. Torokfaluy, and M. H. Behboudian. 1988. Photosynthetic rates and solute partitioning inrelation to growth of salt treated pistachio plants. Aust. J. Plant Physiol. 15: 787-798.