

تأثیر اسید جیبرلیک و نیتروژن بر طول سیستم ریشه‌ای و غلظت عناصر کم‌مصرف در

دانه‌های پسته تحت شرایط شور

وحید مظفری*؛ مژده خلیل پور^۲، عبدالرضا اخگر^۱ و مجید اسماعیلی زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید جیبرلیک و نیتروژن بر طول سیستم ریشه‌ای و غلظت عناصر کم‌مصرف دانه‌های پسته در شرایط شور، یک آزمایش گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی رقم بادامی ریز زرد صورت گرفت. تیمارها شامل دو سطح شوری (صفر و ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، دو سطح نیتروژن (صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم) و دو سطح هورمون اسید جیبرلیک (صفر و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد، علی‌رغم اینکه شوری باعث کاهش معنی‌دار طول سیستم ریشه‌ای گردید، اما مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک در همین شرایط شور، طول سیستم ریشه‌ای را ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین در شرایط شور، با کاربرد ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک غلظت مس، روی و آهن اندام هوایی به‌ترتیب ۵۸، ۴۴ و ۶۵ درصد افزایش یافت. با مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک، غلظت عناصر مس و آهن اندام هوایی بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. در ریشه نیز با مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک، غلظت مس و روی بیش از ۲ برابر و غلظت آهن ۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج هم‌چنین نشان داد، در شرایط شور بیشترین غلظت مس، منگنز و آهن اندام هوایی و روی ریشه با مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک، در کاهش اثرات مخرب شوری موثرتر از مصرف این تیمارها به‌تنهایی بود.

واژگان کلیدی: اسید جیبرلیک، شوری، طول سیستم ریشه‌ای، عناصر کم‌مصرف، نیتروژن

^۱ دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۲ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

^۳ استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران.

* ایمیل نویسنده مسئول: (vmozafary@yahoo.com)

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین مشکلاتی است که کشت محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند. گرچه ایران مهم‌ترین تولیدکننده پسته در دنیاست، اما عملکرد آن در خیلی از مناطق پایین است. اکثر باغ‌های پسته با آب‌های شور و با کیفیت پایین آبیاری می‌شوند (۸). در خاک‌های مناطق پسته‌خیز ایران، مخصوصاً رفسنجان به دلیل بالا بودن pH، مقدار قابل توجه کربنات کلسیم و شور بودن خاک و آب آبیاری، جذب عناصر کم‌مصرف با مشکل جدی مواجه بوده و در نتیجه درختان پسته با کمبود عناصر کم‌مصرف به‌خصوص روی و مس مواجه هستند (۲۳). نیتروژن از جمله عناصر پر مصرفی است که در تغذیه باغ‌های پسته نقش مهمی را ایفا می‌نماید (۲۱). این عنصر جهت رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز است و اولین عنصری است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آن مطرح می‌باشد. نیتروژن نه تنها بر رشد گیاه تأثیر مثبت دارد (۷)، بلکه ممکن است سبب کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه شود (۱۸).

تنظیم‌کننده‌های رشد، عناصر غذایی نیستند، اما در مقادیر کم، رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۰). پژوهشگران دریافته‌اند که با استفاده از تنظیم‌کننده‌های زیستی، رشد و تحمل به شوری در بسیاری از گیاهان زراعی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، یک استراتژی مهم برای بهبود بخشیدن و اصلاح اثرات مضر تنش شوری بر گیاهان، می‌تواند استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد باشد (۲۵). یافته‌های اخیر، توانایی برگ‌های تیمار شده با اسید جیبرلیک را در غلبه بر اثرات مضر تنش شوری اثبات می‌کند (۲۰ و ۲۱). جیبرلین‌ها نقش مهمی در تحمل گیاهان به شوری از طریق افزایش رشد و عملکرد بازی می‌کنند. آن‌ها هم‌چنین کارایی مصرف نیتروژن، فعالیت نیترات ردوکتاز و کربنیک انهیدراز را افزایش می‌دهند (۲۱). اسید جیبرلیک، کارایی جذب و استفاده بهینه از نیتروژن خاک را بالا می‌برد. از طرفی، گیاهان در شرایطی که عرضه نیتروژن کافی نباشد نمی‌توانند پاسخ کاملی به کاربرد اسید جیبرلیک بدهند (۱۰).

نیتروژن نه تنها بر میزان، بلکه بر موازنه هورمون‌های گیاهی در گیاهان نیز تأثیر دارد. در میان عناصر غذایی، نیتروژن مهم‌ترین اثر را بر میزان اسید جیبرلیک دارد. پس از افزودن نیتروژن، میزان اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک به سرعت در جهت مخالف یکدیگر تغییر می‌کنند، اسید جیبرلیک افزایش و اسید آبسزیک کاهش می‌یابد (۱۱). از آنجا که تولید و فعالیت هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلین‌ها تحت تأثیر تنش‌های محیطی و عناصر غذایی قرار می‌گیرد و با توجه به شور بودن خاک‌های پسته‌خیز استان کرمان و نقش مهم نیتروژن بر هورمون جیبرلین، پژوهش حاضر به بررسی نقش هورمون اسید جیبرلیک و نیتروژن در شرایط شور به کاهش اثرات مخرب شوری و افزایش جذب عناصر کم‌مصرف دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرد (رقم غالب منطقه) پرداخت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک (Coarse-loamy, Mixed, superactive, mesic, Typic Haploxerepts) از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته‌خیز شهرستان رفسنجان که از نظر شوری و نیتروژن کل در حد پایینی بود، تهیه و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای، بافت به‌روش هیدرومتر، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج، ظرفیت زراعی، کربنات کلسیم معادل به‌روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک، فسفر قابل استفاده به‌روش اولسن، نیتروژن کل به روش کج‌لدال، غلظت پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیم، درصد کربن آلی و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده به‌روش DTPA تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش

مقدار	خصوصیات خاک
۷/۶۳	پ-هاش
لوم شنی	بافت
۱	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۱۸	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۲۷	کربنات کلسیم معادل (درصد)
۵/۶۱	فسفر به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۰/۱۸	نیتروژن کل (درصد)
۱۰۰	پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۰/۵	ماده آلی (درصد)
۰/۵	روی عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۲/۶۵	آهن عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)
۴/۹	منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA (میکروگرم در گرم خاک)

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو سطح نیتروژن (صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نترات آمونیم)، دو سطح شوری (صفر و ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) و دو سطح اسید جیبرلیک (صفر و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) بودند. بذرهای پسته رقم بادامی ریز زرد (رقم غالب منطقه) از موسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت به مدت ده دقیقه در محلول وایتکس ده درصد قرار داده و سه بار و هر بار به مدت ۳۰ دقیقه با آب مقطر استریل شسته شدند. به منظور رفع آلودگی‌های قارچی، از قارچ‌کش بنومیل با غلظت دو در هزار به مدت ۱۵ دقیقه استفاده و در نهایت بذرهای جهت جوانه‌زنی در میان پارچه‌های متقال استریل و مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

به منظور انجام آزمایش مقدار پنج کیلوگرم خاک مورد نظر داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و بر اساس نتایج آزمون خاک، عناصر غذایی فسفر و پتاسیم از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات به میزان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و آهن، روی و منگنز به ترتیب از منابع سولفات آهن، سولفات روی و سولفات منگنز به میزان ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت محلول به خاک اضافه شد. تیمار نیتروژن به صورت محلول از منبع نترات آمونیم به خاک درون کیسه‌ها اضافه گردید.

پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه به خوبی مخلوط شد تا در تمام قسمت‌ها یکنواخت گردد. سپس خاک داخل پاکت‌ها به گلدان‌های پلاستیکی مربوطه به هر تیمار منتقل گردید. در هر گلدان تعداد ۸ بذر جوانه زده در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها تا پایان آزمایش به وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین روزانه آن‌ها صورت گرفت. پس از استقرار کامل دانه‌ها (هفته پنجم پس از کشت) تیمار شوری به ۳ قسمت مساوی تقسیم و به فواصل زمانی یک هفته به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌های مورد آزمایش اضافه گردید. در هفته دهم، تعداد دانه‌ها به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. سپس تیمار اسید جیبرلیک به صورت محلول پاشی (آب‌چک) سه بار و به فاصله یک‌هفته بر روی اندام هوایی گیاه اعمال گردید.

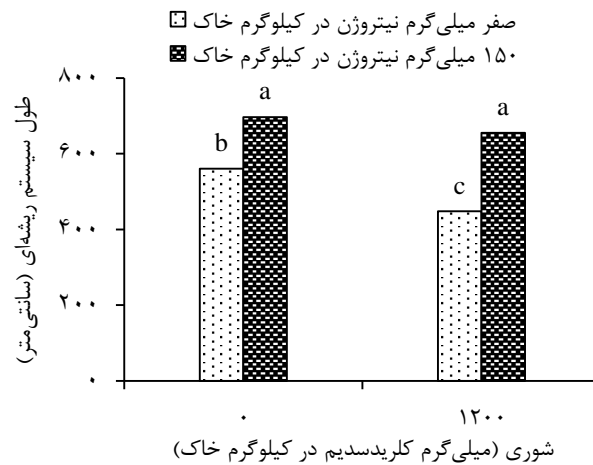
در هفته بیست و چهارم پس از کاشت، دانه‌ها از محل طوقه قطع، برگ و ساقه از هم جدا شدند. ریشه‌ها نیز با دقت از خاک خارج گردیدند. به منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها بر روی الک انجام شد. در این پژوهش طول سیستم ریشه‌ای با استفاده از روش نیومن (۱۳) اندازه‌گیری شد. برگ‌ها و ساقه‌ها نیز با آب مقطر شستشو و همراه ریشه‌ها هوا خشک گردید. نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی، به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۵ تا ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین گردید. ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی (برگ و ساقه) و ریشه توزین و در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به صورت خشک سوزانی، خاکستر و با اسید کلریدریک عصاره‌گیری گردید.

در عصاره به دست آمده، غلظت مس، منگنز، روی و آهن به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل GBC Avanta ver.1.33 اندازه‌گیری گردید. در پایان آزمایش از خاک گلدان‌های تحت تیمار شوری‌های صفر و ۱۲۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، عصاره اشباع تهیه و شوری آن‌ها به ترتیب ۱/۹ و ۱۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از برنامه Excel و نرم افزار آمار SAS و سپس مقایسه میانگین‌های با استفاده از آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

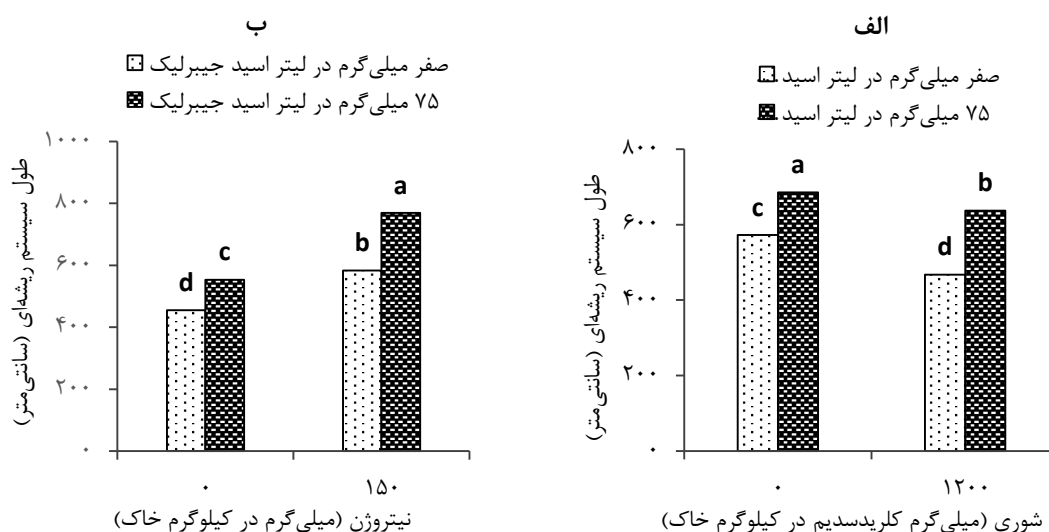
طول سیستم ریشه‌ای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، نشان داد که برهم‌کنش تیمارهای شوری، اسید جیبرلیک و نیتروژن بر طول سیستم ریشه‌ای معنی‌دار است. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، در شرایط غیر شور و شور، طول سیستم ریشه‌ای را به ترتیب ۲۰ و ۳۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به عبارت دیگر تأثیر اسید جیبرلیک، بر افزایش طول سیستم ریشه‌ای در شرایط شور بیشتر از غیر شور بود (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر کاربرد شوری و اسید جیبرلیک بر طول سیستم ریشه‌ای دانه‌های پسته ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

برهم‌کنش نیتروژن و اسید جیبرلیک بر طول سیستم ریشه‌ای نشان داد که مصرف اسید جیبرلیک و نیتروژن هر کدام به تنهایی باعث افزایش به ترتیب ۲۱ و ۲۸ درصدی طول سیستم ریشه‌ای نسبت به شاهد گردید، لیکن مصرف توأمان تیمارها طول سیستم ریشه‌ای را نزدیک به ۷۰ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داد (شکل ۲). نتایج مربوط به اثر متقابل شوری و نیتروژن (شکل ۳)، نشان می‌دهد که مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در شرایط غیر شور و شور، به ترتیب ۲۴ و ۴۶ درصد طول سیستم ریشه‌ای دانه‌های پسته را افزایش داد. این نتیجه بیانگر این است که در شرایط شور، تأثیر نیتروژن در افزایش این پارامتر رویشی تقریباً ۲ برابر شرایط غیر شور است.



شکل ۲- تأثیر کاربرد نیتروژن و اسید جیبرلیک (الف) و تأثیر کاربرد شوری و نیتروژن (ب) بر طول سیستم ریشه‌ای دانه‌های پسته
ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

غلظت مس اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس در جداول ۲ و ۳ بیان‌گر معنی‌دار شدن برهم‌کنش شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت مس اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط شور، مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، غلظت این عنصر را نسبت به شاهد به ترتیب در اندام هوایی و ریشه به میزان ۵۸ و ۱۰۵ درصد افزایش داد. به عبارت دیگر در شرایط شور، مصرف اسید جیبرلیک نه تنها از کاهش غلظت مس جلوگیری نمود، بلکه غلظت این عنصر را در اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته افزایش داد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن هم‌چنین نشان داد که مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، بیش از ۶۰ درصد غلظت مس را در اندام هوایی و حدود ۲ برابر غلظت مس را در ریشه دانه‌های پسته افزایش داد (شکل ۴). نتایج تجزیه واریانس، بیان‌گر معنی‌دار شدن برهم‌کنش نیتروژن و اسید جیبرلیک و هم‌چنین شوری و نیتروژن بر غلظت مس ریشه است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، اگرچه مصرف اسید جیبرلیک به تنهایی نتوانست غلظت مس ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد، لیکن مصرف نیتروژن غلظت این عنصر را ۷۱ درصد افزایش داد. مصرف توأمان این دو تیمار، باعث افزایش ۱۵۹ درصدی غلظت مس ریشه نسبت به شاهد گردید (شکل ۵- الف). هم‌چنین با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک در شرایط غیر شور و شور، غلظت مس ریشه نزدیک به ۱/۵

و ۳ برابر شاهد رسید. به عبارت دیگر تأثیر نیتروژن در افزایش غلظت عنصر مس در شرایط شور بیش از ۲ برابر شرایط غیر شور بود (شکل ۵-ب).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات مختلف نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر طول سیستم ریشه‌ای و غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی دانه‌های پسته

میانگین مربعات						صفات
آهن	روی	منگنز	مس	سیستم	طول	درجه آزادی
ریشه‌ای						
۲۱۰۲/۲۵**	۲۰/۹۶**	۲۳۴/۰۶**	۷۷/۵۴**	۱۷۷۳۴۴/۰۷**		۱
۸۳۰/۰۲**	۱۰/۶۵**	۳۰/۵۷*	۲۳/۶۴**	۳۵۴۹۱/۶۵**		۱
۴۸۹۲/۸۹**	۲۳/۵۴**	۴۷۶/۴۱**	۱۰۱/۹۲**	۱۱۹۸۱۲/۵۰**		۱
						۱
۳۵۲/۸۲**	۰/۸۸ *	۱۰/۲۰ ns	۰/۵۰ ns	۷۵۷۱/۰۸**		۱
۴۵۴/۱۴**	۰/۴۰ ns	۴/۰۴ ns	۰/۸۲ ns	۱۱۴۸۱/۳۱**		۱
۱۳۸/۶۲*	۰/۸۷*	۴/۷۹ ns	۸/۱۶*	۴۷۸۶/۳۹**		۱
۱۴۵/۰۴*	۰/۰۰۱ ns	۱۱۱/۹۳**	۵/۵۱*	۷/۸۵ ns		۱
۳۰/۶۷	۰/۱۸	۶/۷۷	۱/۱۸	۳۰/۶۷		۱۶
۷/۵۳	۶/۰۳	۱۱/۸۶	۱۴/۳۰	۷/۵۳		۱۶

*, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثرات مختلف نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت عناصر کم‌مصرف در ریشه دانه‌های پسته

میانگین مربعات						صفات
آهن	روی	منگنز	مس	درجه آزادی	منبع تغییرات	
۷۶۳۴/۳۰**	۲۰/۴۹**	۶۲۹/۷۶**	۶۱۹/۳۵**	۱	نیتروژن (N)	
۶۵۸۵/۳۸**	۸/۹۵**	۱۳۷/۵۶**	۷۵/۰۴*	۱	شوری (S)	
۱۶۷۹۱/۲۰**	۴۴/۹۳**	۲۴۲/۳۱**	۱۵۶/۲۶**	۱	جیبرلیک اسید (GA)	
۶/۸۸ ns	۲/۲۲**	۸۸/۷۰*	۷۰/۴۵*	۱	N×S	
۹۵۳/۶۴*	۴/۵۰**	۵۱/۲۱ ns	۶۶/۹۳*	۱	N×GA	
۹۷۹/۰۲*	۱/۱۶*	۷۸/۶۹*	۱۱۴/۵۴**	۱	GA×S	
۱۶/۳۱ ns	۲/۴۳**	۴۲/۲۹ ns	۴۵/۰۴ ns	۱	GA×S×N	
۱۹۴/۳۸	۰/۲۵	۱۲/۶۲	۱۱/۰۸	۱۶	خطا	
۶/۶۹	۷/۵۵	۱۹/۴۸	۲۱/۳۹		ضریب تغییرات	

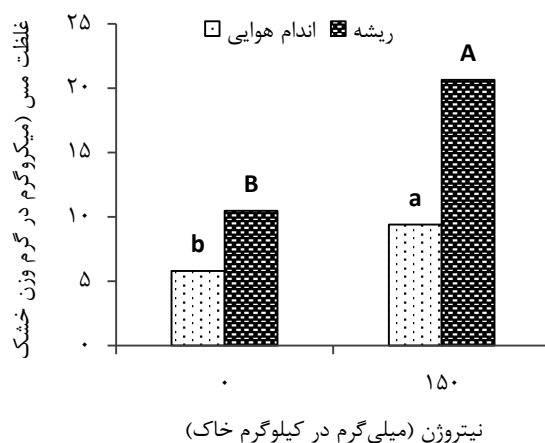
*, **, ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

جدول ۴- تأثیر کاربرد شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت مس اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته

میانگین	سطوح اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)		سطوح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	۰	
غلظت مس اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۸/۵۹ A	۱۱/۲۴ ^a	۵/۹۵ ^c	۰
۶/۶۱ B	۸/۰۹ ^b	۵/۱۳ ^c	۱۲۰۰
	۹/۶۶ A	۵/۵۴ B	میانگین
غلظت مس ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۱۷/۳۳ A	۱۷/۷۰ ^a	۱۶/۹۶ ^a	۰
۱۳/۷۹ B	۱۸/۵۳ ^a	۹/۰۶ ^b	۱۲۰۰
	۱۸/۱۱ A	۱۳/۰۱ B	میانگین

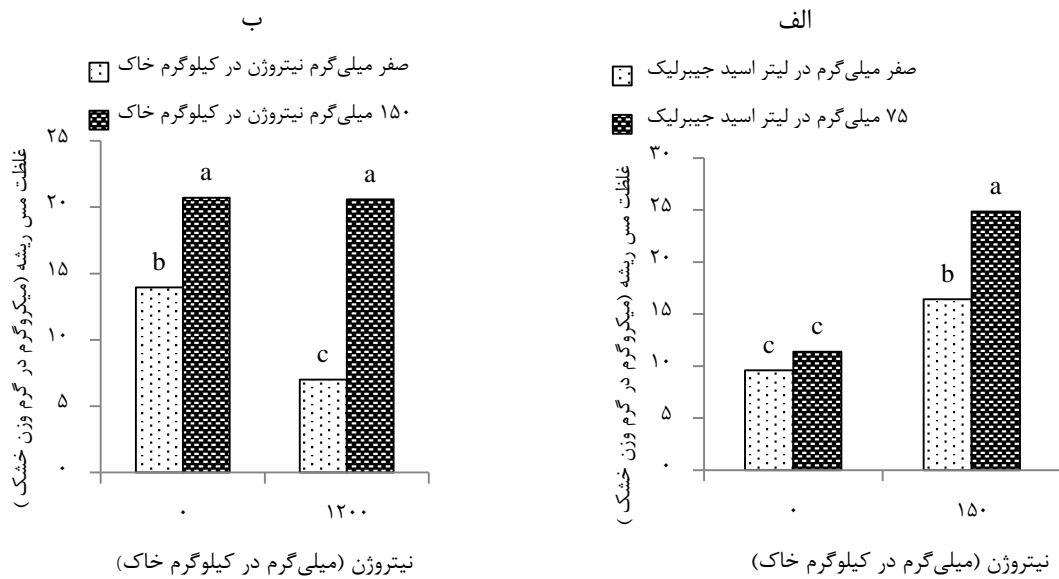
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، برهم‌کنش سه‌گانه نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت مس اندام هوایی از نظر آماری معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هم در شرایط شور و هم غیر شور نیتروژن و اسید جیبرلیک به‌تنهایی غلظت مس اندام هوایی را افزایش دادند، اما این افزایش در شرایط شور بیشتر از شرایط غیر شور بود. هم‌چنین نتایج نشان داد هم در شرایط شور و هم غیر شور، مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک در افزایش غلظت مس اندام هوایی چشم‌گیرتر از مصرف به‌تنهایی این تیمارها بود و نیز این افزایش در شرایط شور بیشتر از شرایط غیر شور بود (جدول ۵).



شکل ۴- تأثیر کاربرد نیتروژن بر غلظت مس در اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.



شکل ۵- تأثیر کاربرد نیتروژن و اسید جیبرلیک (الف) و شوری و نیتروژن (ب) بر غلظت مس ریشه دانه‌های پسته
ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

جدول ۵- تأثیر کاربرد شوری، اسید جیبرلیک و نیتروژن بر غلظت مس اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)

اسید جیبرلیک (میلی گرم در لیتر)		نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
۷۵	۰		
۸/۹۲ ^{bc}	۴/۹۶ ^e	۰	۰
۱۳/۵۶ ^a	۶/۹۴ ^d	۱۵۰	۰
۶/۴۴ ^{de}	۲/۹۰ ^f	۰	۱۲۰۰
۹/۷۴ ^b	۷/۳۷ ^{cd}	۱۵۰	۱۲۰۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

غلظت منگنز اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، نشان دهنده این است که برهم‌کنش شوری و اسید جیبرلیک و هم‌چنین شوری و نیتروژن تنها بر غلظت منگنز ریشه معنی‌دار است. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، اگرچه در شرایط غیر شور مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک نتوانست غلظت منگنز ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد، لیکن در شرایط شور غلظت منگنز ریشه را ۹۲ درصد افزایش داد (شکل ۶- الف). اثر متقابل شوری و نیتروژن بر غلظت منگنز ریشه نیز بیان

کننده این است که مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در شرایط شور بیشتر از شرایط غیر شور توانست غلظت منگنز را در ریشه دانه‌های پسته افزایش دهد (شکل ۶-ب).

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر متقابل سه‌گانه نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت منگنز اندام هوایی از نظر آماری معنی‌دار است. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، اگرچه در شرایط غیر شور مصرف هر یک از تیمارهای نیتروژن و اسید جیبرلیک به تنهایی نتوانست غلظت منگنز اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش دهد، لیکن بالاترین غلظت منگنز اندام هوایی با مصرف توأمان این تیمارها در شرایط غیر شور به دست آمد که نسبت به شاهد ۸۷ درصد افزایش داشت. در شرایط شور مصرف به تنهایی نیتروژن، ۷۲ درصد غلظت منگنز اندام هوایی را افزایش داد، لیکن مصرف اسید جیبرلیک، غلظت این عنصر در اندام هوایی را به بیش از ۲ برابر رساند. با این حال بیشترین غلظت منگنز اندام هوایی در شرایط شور با مصرف توأمان این تیمارها مشاهده شد (جدول ۶).



شکل ۶- تأثیر کاربرد شوری و اسید جیبرلیک (الف) و شوری و نیتروژن (ب) بر غلظت منگنز ریشه دانه‌های ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند

جدول ۶- تأثیر کاربرد شوری، اسید جیبرلیک و نیتروژن بر غلظت منگنز اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک) دانهال‌های پسته

اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)		نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
۷۵	.		
۲۰/۷۴ ^{cd}	۱۷/۸۶ ^d	.	.
۳۳/۴۳ ^a	۲۰/۲۷ ^d	۱۵۰	.
۲۵/۰۰ ^{bc}	۱۱/۷۰ ^e	.	۱۲۰۰
۲۶/۴۴ ^b	۲۰/۱۴ ^d	۱۵۰	۱۲۰۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

غلظت روی اندام هوایی و ریشه

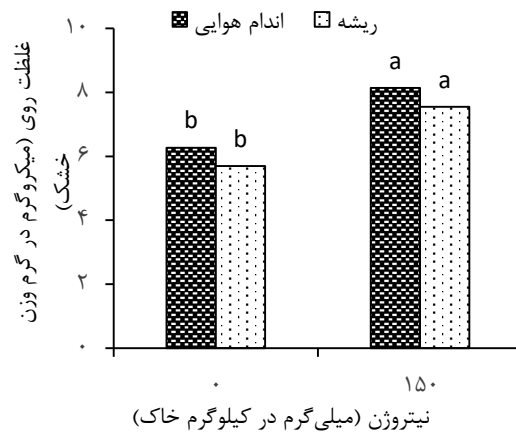
با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جداول ۲ و ۳)، برهم‌کنش شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت روی اندام هوایی و ریشه در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که در شرایط شور، مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، غلظت عنصر روی را در اندام هوایی و ریشه پسته به ترتیب ۴۴ و ۷۲ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داد (جدول ۷).

جدول ۷- تأثیر کاربرد شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت روی اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته

میانگین	سطوح اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)		سطوح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	.	
غلظت روی اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۷/۸۷A	۸/۶۷ ^a	۷/۰۸ ^c	.
۶/۵۴B	۷/۷۲ ^b	۵/۳۶ ^d	۱۲۰۰
	۸/۲۰ A	۶/۲۲ B	میانگین
غلظت روی ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۷/۲۴ A	۸/۳۹ ^a	۶/۰۹ ^c	.
۶/۰۲ B	۷/۶۱ ^b	۴/۴۳ ^d	۱۲۰۰
	۸/۰۰ A	۵/۲۶ B	میانگین

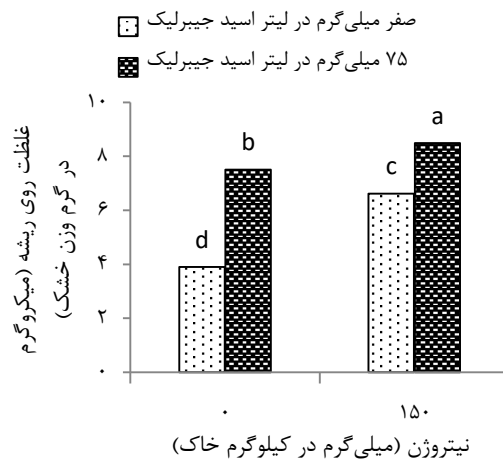
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

در ارتباط با تأثیر نیتروژن بر غلظت روی در اندام هوایی و ریشه نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (شکل ۷)، مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت روی را در اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته به ترتیب ۳۰ و ۳۲ درصد افزایش داد.



شکل ۷- تأثیر کاربرد نیتروژن بر غلظت روی در اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر معنی‌دار شدن اثر متقابل نیتروژن و اسید جیبرلیک فقط بر غلظت روی ریشه در سطح ۵ درصد آماری می‌باشد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد گرچه مصرف نیتروژن یا اسید جیبرلیک، هر کدام به تنهایی موجب افزایش معنی‌دار غلظت عنصر روی در ریشه پسته شد. اما مصرف توأم ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، غلظت عنصر روی را در ریشه پسته بیش از ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۸).



شکل ۸- تأثیر کاربرد نیتروژن و اسید جیبرلیک بر غلظت روی ریشه دانه‌های پسته ستون‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن ندارند.

همان‌طور که در جداول ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود، نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل شوری و نیتروژن بر غلظت عنصر روی در اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد آماری معنی‌دار است. با توجه به نتایج

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸)، در شرایط شور، با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک غلظت عنصر روی در اندام هوایی و ریشه به ترتیب ۴۲ و ۵۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

جدول ۸- تأثیر کاربرد شوری و نیتروژن بر غلظت روی اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته

میانگین	سطوح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)		سطوح شوری
	۱۵۰	.	(میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	غلظت روی اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)		
۷/۸۷A	۸/۶۲ ^a	۷/۱۳ ^c	.
۶/۵۴B	۷/۶۷ ^b	۵/۴۲ ^d	۱۲۰۰
	۸/۱۴A	۶/۲۷B	میانگین
	غلظت روی ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)		
۷/۲۴A	۷/۸۶ ^a	۶/۶۲ ^c	.
۶/۰۲B	۷/۲۵ ^b	۴/۷۹ ^d	۱۲۰۰
	۷/۵۵A	۵/۷۰B	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، برهم‌کنش نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت روی ریشه از نظر آماری معنی‌دار است. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، در شرایط غیر شور، مصرف نیتروژن ۲۷ درصد غلظت روی ریشه را افزایش داد، در حالی‌که مصرف اسید جیبرلیک به‌تنهایی، غلظت روی ریشه را ۴۷ درصد افزایش داد. در شرایط شور اگرچه تأثیر هر یک از تیمارهای نیتروژن یا اسید جیبرلیک در افزایش غلظت روی ریشه بسیار چشم‌گیرتر از شرایط غیر شور بود، اما تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار در افزایش غلظت روی ریشه مشاهده نشد. هم‌چنین نتایج نشان داد، بالاترین غلظت روی ریشه هم در شرایط غیر شور و هم شور با مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک به‌دست آمد. لیکن کارایی مصرف نیتروژن و اسید جیبرلیک در شرایط شور بسیار بیشتر از شرایط غیر شور بود. (جدول ۹).

جدول ۹- تأثیر کاربرد شوری، اسید جیبرلیک و نیتروژن بر غلظت روی ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)

	اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)		نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	.		
۷/۸۸ ^{bc}	۵/۳۶ ^e	.	.	.
۸/۸۹ ^a	۶/۸۳ ^d	۱۵۰	.	.
۷/۱۳ ^{cd}	۲/۴۵ ^f	.	.	۱۲۰۰
۸/۰۸ ^{ab}	۶/۴۱ ^d	۱۵۰	.	۱۲۰۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

غلظت آهن اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده معنی‌دار شدن برهم‌کنش شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت عنصر آهن اندام هوایی و ریشه پسته می‌باشد (جدول ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش شوری و اسید جیبرلیک هم‌چنین نشان داد (جدول ۱۰) که در شرایط شور، مصرف ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر اسید جیبرلیک، غلظت عنصر روی را در اندام هوایی و ریشه پسته به ترتیب ۶۵ و ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

جدول ۱۰- تأثیر کاربرد شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت آهن اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته

میانگین	سطوح اسید جیبرلیک (میلی‌گرم در لیتر)		سطوح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	.	
غلظت آهن اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۷۹/۴۱ A	۹۱/۲۹ ^a	۶۷/۵۴ ^c	.
۶۷/۶۵ B	۸۴/۳۳ ^b	۵۰/۹۷ ^d	۱۲۰۰
	۸۷/۸۱ A	۵۹/۲۵ B	میانگین
غلظت آهن ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۲۲۴/۷۴ A	۲۴۴/۸۰ ^a	۲۰۴/۶۷ ^c	.
۱۹۱/۶۱ B	۲۲۴/۴۵ ^b	۱۵۸/۷۷ ^d	۱۲۰۰
	۲۳۴/۶۲ A	۱۸۱/۷۲ B	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱۱)، نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر معنی‌دار شدن اثر متقابل نیتروژن و اسید جیبرلیک بر غلظت آهن در اندام هوایی و ریشه می‌باشد (جدول ۲ و ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک غلظت آهن اندام هوایی را بیش از ۲ برابر و غلظت آهن ریشه دانه‌های پسته را ۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۱۱).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، برهم‌کنش نیتروژن، شوری و اسید جیبرلیک بر غلظت آهن اندام هوایی از نظر آماری معنی‌دار است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در شرایط غیر شور، مصرف نیتروژن به‌تنهایی، غلظت آهن اندام هوایی را ۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد، لیکن در شرایط مصرف ۷۵ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک، مصرف نیتروژن نتوانست غلظت آهن اندام هوایی را نسبت به شاهد افزایش دهد. با این حال بیشترین غلظت آهن اندام هوایی در شرایط غیر شور و شور، با مصرف توأمان این تیمارها به‌دست آمد. نتایج هم‌چنین نشان داد، مصرف اسید جیبرلیک به‌تنهایی، در افزایش غلظت آهن اندام هوایی به اندازه مصرف توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک موثر بود (جدول ۱۲).

جدول ۱۱- تأثیر کاربرد نیتروژن و اسید جیبرلیک بر غلظت آهن اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته

میانگین	سطوح اسید جیبرلیک (میلی گرم در لیتر)		سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	.	
غلظت آهن اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۶۴/۱۷B	۸۲/۸۰ ^b	۴۵/۵۴ ^d	.
۸۲/۸۹A	۹۲/۸۲ ^a	۷۲/۹۶ ^c	۱۵۰
	۸۷/۸۱ A	۵۹/۲۵ B	میانگین
غلظت آهن ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)			
۱۹۰/۳۴ B	۲۱۰/۴۸ ^b	۱۷۰/۱۹ ^d	.
۲۲۶/۰۱ A	۲۵۸/۷۶ ^a	۱۹۳/۲۵ ^c	۱۵۰
	۲۳۴/۶۲ A	۱۸۱/۷۲ B	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۱۲- تأثیر کاربرد شوری، اسید جیبرلیک و نیتروژن بر غلظت آهن اندام هوایی (میکروگرم در گرم وزن خشک) دانه‌های پسته

۷۵	اسید جیبرلیک (میلی گرم در لیتر)		شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)
	۷۵	.	
۸۷/۶۵ ^a	۶۰/۱۳ ^c	.	.
۹۴/۹۳ ^a	۷۴/۹۵ ^b	۱۵۰	.
۷۷/۹۵ ^b	۳۰/۹۷ ^d	.	۱۲۰۰
۹۰/۷۳ ^a	۷۰/۹۷ ^b	۱۵۰	۱۲۰۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

بحث

در اثر شوری، میزان و فعالیت هورمون‌های رشد گیاهی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین کاهش و اسید آبسزیک افزایش می‌یابد و این تغییر و تحولات موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شوند (۲۴). رضوی‌نسب و همکاران (۱) با انجام پژوهشی بر روی پسته، گزارش کردند که با افزایش شوری، طول ریشه و به دنبال آن چگالی ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این محققین بیان کردند که شوری با تأثیر سوء بر شرایط خاک و رشد ریشه، باعث کاهش طول ریشه و در نتیجه چگالی آن گردید. به دلیل نقشی که نیتروژن در افزایش طول سیستم ریشه‌ای دارد، احتمالاً در این پژوهش، نیتروژن موجب جذب بیشتر عناصر کم‌مصرف شده و متعاقب آن عناصر بیشتری به اندام هوایی انتقال یافته است. در نتیجه، با افزایش گسترش ریشه‌ها تا حدودی از اثرات سوء ناشی از سمیت نمک که تعادل و جذب عناصر غذایی را تحت

تأثیر قرار می‌دهد را کاسته است. هم‌چنین از آن جایی که جیبرلین از طریق گسترش دیواره سلولی، طول شدن سلول‌ها را کنترل می‌کند (۱۴)، احتمالاً در این پژوهش محلول پاشی اسید جیبرلیک، از طریق بزرگ شدن سلول‌ها، باعث افزایش رشد ریشه شده و متعاقب آن طول سیستم ریشه‌ای و جذب عناصر غذایی کم‌مصرف افزایش یافته است.

ارتباط بین شوری و مقدار عناصر غذایی پیچیده است. شوری ممکن است غلظت عناصر کم‌مصرف را افزایش، کاهش و یا هیچ اثری بر غلظت آنها در گیاهان نداشته باشد (۶). در شرایط شور، غلظت عناصر کم‌مصرف بستگی به غلظت سایر عناصر و میزان شوری محیط دارد (۹). انجوم (۴) گزارش کرد که غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز در برگ و ریشه مرکبات با افزایش شوری کاهش یافت. علت کاهش جذب عناصر کم‌مصرف در شرایط شور می‌تواند ناشی از جذب بیشتر عناصری مانند سدیم، منیزیم و کلسیم باشد (۵). در شرایط شور، جذب عناصر غذایی به دلیل کاهش حجم ریشه و خاصیت ضدیتی بین عناصر غذایی و یون‌های سمی کاهش می‌یابد (۲۷). مظفری و همکاران (۲) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که در سطوح شوری ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، جذب کل منگنز بخش هوایی به ترتیب ۵۰ و ۵۸ درصد و جذب کل منگنز ریشه به ترتیب ۲۷ و ۴۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. شهریاری پور و همکاران (۱۹) طی تحقیقی بر روی پسته نشان دادند که با کاربرد ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، غلظت روی برگ و ساقه به ترتیب ۱۵ و ۲۴ درصد کاهش یافت، در حالی که غلظت روی ریشه در بالاترین سطح شوری (۳۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) افزایش یافت. این محققان گزارش کردند، ممکن است در شرایط شور، انتقال روی از ریشه به اندام هوایی تحت تأثیر قرار گرفته باشد. در برخی از مطالعات بیان شده است که با افزایش شوری، غلظت روی قابل استفاده افزایش یافت و دلیل این موضوع را جانیشینی روی قابل استفاده به وسیله سدیم گزارش کردند (۱۷). در شرایط شور غلظت آهن در گیاه برنج کاهش یافت (۳)، در حالی که در گونه‌های مختلف گیاه کلزا غلظت آهن و منگنز افزایش پیدا نمود، لیکن غلظت روی تحت تأثیر قرار نگرفت (۲۶). از آن جایی که اسید جیبرلیک در افزایش جذب عناصر غذایی (۲۰) و انتقال یون‌ها (۱۰) نقش دارد، احتمالاً در این پژوهش محلول پاشی اسید جیبرلیک، جذب عناصر کم‌مصرف و انتقال آن‌ها به اندام هوایی را افزایش داده است. در پژوهشی بر روی گیاه ذرت گزارش شد که محلول پاشی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک در شرایط شور، غلظت منگنز و آهن اندام هوایی و ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد (۲۵).

نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که مصرف نیتروژن در برخی از گیاهان اثر مثبتی در افزایش تحمل به شوری و در نتیجه افزایش عملکرد محصول داشته است (۶). در پژوهش حاضر، مصرف نیتروژن و محلول پاشی اسید جیبرلیک در محیط شور، باعث افزایش غلظت عناصر غذایی کم مصرف در اندام هوایی و ریشه گردید. این افزایش احتمالاً به دلیل

نقش این عناصر در سیستم دفاعی آنتی اکسیدانته گیاهان می باشد که توانسته است، اثرات نامطلوب شوری را از طریق بهبود رشد و حالات تغذیه‌ای کاهش دهد. در پژوهشی بر روی گیاهان ذرت بیان شد، اسید جیبرلیک تحمل به شوری را با حفظ فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز و پلی فنول اکسیداز افزایش می دهد. این محققان همچنین گزارش کردند که مصرف اسید جیبرلیک، از طریق افزایش نفوذپذیری غشاء و بالا بردن غلظت عناصر غذایی، اثرات مخرب شوری را خنثی کرد (۲۵). از آن جایی که با مصرف اسید جیبرلیک، سدیم و کلر کمتری در اندام هوایی و ریشه تجمع می یابد (۲۰)، احتمالاً در این پژوهش محلول پاشی اسید جیبرلیک از طریق کاهش جذب سدیم و کلر، اثرات مخرب ناشی از تنش شوری را کاهش داده است. بنابراین محلول پاشی دانه‌های پسته با اسید جیبرلیک در شرایط شور توانست از کاهش غلظت عناصر کم مصرف جلوگیری و تا حدودی اثرات سوء ناشی از سمیت نمک را بهبود بخشد. نتایج یک پژوهش نشان داد افزودن جیبرلین در غلظت‌های کم شوری توانست اثرات نامطلوب ناشی از شوری را از بین ببرد، لیکن در غلظت‌های بالاتر، تأثیر مثبت جیبرلین کم اثر گردید (۱۵). بر اساس نتایج برخی مطالعات، افزایش سطح نیتروژن مصرفی در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیر شور می تواند تحمل به شوری در گیاه را افزایش دهد (۱۶). سینگ و سوراپ (۲۲) نشان دادند که با کاربرد نیتروژن، غلظت مس در گیاه گندم زیاد شد. این پژوهشگران علت آن را افزایش قابلیت استفاده مس در خاک به علت خاصیت اسیدزایی کود نیتروژنه، افزایش حلالیت ترکیبات مس در اثر افزایش ترشحات ریشه، افزایش حجم ریشه و در نتیجه افزایش سطح تماس ریشه با خاک و همچنین افزایش سنتز ترکیباتی ذکر می کنند که می تواند حاملی مناسب برای جذب مس باشد.

مورسیا و همکاران (۱۲) نشان دادند که نیتروژن با افزایش گستردگی و جذب ریشه موجب افزایش غلظت منگنز گردید. در پژوهشی بر روی پسته مشخص شد که با افزایش شوری به ۲۴۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، همراه با افزایش نیتروژن (۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) ریشه‌های دانه‌های پسته گسترش و در نتیجه غلظت روی در اندام هوایی و ریشه افزایش پیدا کرد (۱). احتمالاً به دلیل نقشی که نیتروژن و اسید جیبرلیک در افزایش طول سیستم ریشه‌ای در این پژوهش داشته‌اند، با کاربرد توأمان آن‌ها طول سیستم ریشه‌ای و گسترش ریشه‌ها و جذب عناصر غذایی کم مصرف توسط ریشه‌ها بیشتر از کاربرد هر یک از نیتروژن و اسید جیبرلیک افزایش یافت و متعاقباً عناصر کم مصرف بیشتری نیز به اندام‌های هوایی انتقال یافت. در پژوهش دیگری بر روی گیاه خردل گزارش شد، کاربرد اسید جیبرلیک و نیتروژن به تنهایی و یا با هم در کاهش اثرات نامطلوب ناشی از نمک بسیار موثر است (۲۱).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق، اثر سوء شوری بر برخی پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی دانه‌های پسته (رقم بادامی ریز زرد) مشخص و تأثیر مثبت نیتروژن و اسید جیبرلیک در شرایط شور، بر افزایش این پارامترها در افزایش مقاومت به شوری مورد تأیید قرار گرفت. هم‌چنین نتایج این پژوهش نشان داد، کاربرد توأمان نیتروژن و اسید جیبرلیک، این پارامترها را نسبت به مصرف این تیمارها به تنهایی، با افزایش چشم‌گیرتری مواجه ساخت.

منابع

- ۱- رضوی نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و ح. دشتی. ۱۳۹۰. تأثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مورفولوژی نهال‌های پسته. مجله به‌زراعی کشاورزی، جلد ۱۳ (شماره ۱): ۳۱-۴۲.
- ۲- مظفری، و.، اسدالهی، ز.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و ع. اخگر. ۱۳۹۲. تأثیر شوری و منگنز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی پسته (*Pistacia vera L.*). مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۴ (شماره ۱)، ۸۱-۹۴.
- 3- Ahmad, M.S.A., Javed, F., Javed, S. and A.K. Alvi. 2009. Relationship between callus growth and mineral nutrients uptake in salt-stressed indica rice callus. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 382-394.
- 4- Anjum, M.A. 2008. Effect of NaCl concentration of tomato and cucumber seedlings as affected by sodium chloride salinity and supplemental calcium. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1403-1416.
- 5- El-Fouly, M., Zeniab, M. and Zeniab, A.S. 2001. Micronutrient spray as a tool to increase tolerance of faba bean and wheat plants to salinity. XIV International Plant Nutrition Colloquium. Hanover, Germany, 422-423.
- 6- Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78: 127-157.
- 7- Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulfate and urea on NO_3^- and NO_2^- accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. *Scientia Horticulturae*, 106: 330-340.
- 8- Hojjat Nooghi, F. and V. Mozafari. 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (*Pistacia vera L.*) seedlings. *Australian Journal of Crop Science*. 6(4): 711-716.
- 9- Hu, Y. and V. Schmidhalter. 2001. Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 273-281.
- 10- Khan, N.A., Mir, R., Khan, M., Javid, S. and S. Samiullah. 2002. Effects of gibberellic acid spray on nitrogen yield efficiency of mustard growth with different nitrogen levels. *Plant Growth Regulation*, 38: 243-247.
- 11- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London.

- 12- Murcia, M.A., Vera, A., Ortiza, R. and C.F. Garcia. 1995. Measurement of ion levels of spinach grown in different fertilizer regimes using ion chromatography. *Food Chemistry*, 52: 161-166.
- 13- Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal Application of Ecology*, 3: 139-145.
- 14- Okay, Y., Gunes, N.T. and A. Ilhami. 2011. Free endogenous growth regulators in Pistachio (*Pistacia vera L.*). *African Journal of Agricultural Research*, 6: 1161-1169.
- 15- Paleg, L.G. 1965. Physiological effects of gibberellins, *Annual Reviews. Plant Physiology*, 16: 291-322.
- 16- Ravikovitch, S. and D. Yoles. 1971. The influence of phosphorus and nitrogen on millet and clover growing in soils affected by salinity: I. Plant development. *Plant and Soil*, 35: 555-567.
- 17- Ruiz, D., Martinez, V. and A. Cerda. 1997. Citrus response to salinity: Growth and nutrient uptake. *Tree physiology*, 17: 141- 150.
- 18- Serio, F., Gara, L.D., Caretto, S., Leo, L. and P. Santamaria. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica (L) Delile*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84:1885–1890.
- 19- Shahriaripour, R., Tajabadi Pour, A., Mozaffari, V., Dashti, H. and E. Adhami. 2010. Effects of salinity and soil zinc application on growth and chemical composition of pistachio seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 1166-1179.
- 20- Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M. and H. Rajabi Memari. 2011. Effects of gibberellic acid on sugarcane plants exposed to salinity under a hydroponic system. *African Journal of Plant Science*, 5(10): 609-616.
- 21- Siddiqui, M.H., Siddiqui, M.N., Mohammad, F. and M.M.A. Khan. 2008. Role of nitrogen and gibberellin (GA3) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea L.* under Salt Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(3): 214-224.
- 22- Singh, D.V. and C. Swarup. 1982. Copper nutrition of wheat in relation to nitrogen and phosphorus fertilization. *Plant and Soil* 65: 433-436.
- 23- Soliemanzadeh, A., Mozafari, V., Tajabadipour, A. and A. Akhgar. 2013. Effect of Zn, Cu and Fe foliar application on fruit set and some quality and quantity characteristics of pistachio trees. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 4: 19-34.
- 24- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant physiology*. (3rd ed.). Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. USA. 690 pp.
- 25- Tuna, A.L., Kaya, M., Dikilitas, C. and D. Higgs. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 1-9.
- 26- Tuncturk, M., Tuncturk, R., Yildirim, B. and V. Ciftci. 2011. Changes of micronutrients, dry weight and plant development in canola (*Brassica napus L.*) cultivars under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 10: 3726-3730.
- 27- Yahya, A. 1998. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, 21:1439-145

Effect of Gibberellic Acid and Nitrogen on Micronutrients Concentration of Pistachio Seedling under Salinity Conditions

M. Khalilpour¹, V. Mozafary^{2*}, A.R. Akhgar², and M. Esmailizadeh³

Abstract

In order to investigate the effect of gibberellic acid and nitrogen on length of root system and micronutrients concentration of pistachio seedlings in saline conditions (cv. Badami Zarand), a factorial greenhouse experiment was carried out as a completely randomized design (CRD) with three replications. Treatments consisted of two salinity levels (0 and 1200 mg NaCl per kg soil), two nitrogen levels (0 and 150 mg N kg⁻¹ soil as NH₄NO₃) and two levels of gibberellic acid hormone (0 and 75 mg l⁻¹). Results showed that although salinity significantly decreased length of root system, but the application of 75 mg per liter gibberellic acid in this saline conditions increased length of root system 36 percent compared to control. Also the application of 75 mg per liter gibberellic acid in saline conditions increased the concentration of Cu, Zn and Fe by shoot by 58, 44 and 65 percent, respectively. Combination application of nitrogen and gibberellic acid increased the concentration of Cu and Fe by shoot more than 2 folds compared to control. The root also combination application of nitrogen and gibberellic acid increased Cu and Zn concentrations more than 2 folds and Fe concentration increased 52 percent compared to control. The results also showed that in saline conditions, the highest concentrations of Cu, Mn and Fe by shoot and Zn by root was observed with the combination of nitrogen and gibberellic acid. According to the results, in the end of it can be concluded that the combination application of nitrogen and gibberellic acid was more effective in reducing the detrimental effects of salinity than the use of these treatments alone.

Key words: Gibberellic Acid, Length of Root System, Micronutrients, Nitrogen, Salinity

¹ M.Sc student of Soil Science Department, Vali-e-Asr university of Rafsanjan, Iran

² Associate professor of Soil Science Department, Vali-e-Asr university of Rafsanjan, Iran

³ Associate Professor Department of Horticultural Sciences, Vali-e-Asr university of Rafsanjan, Iran

*Corresponding author, Email: (vmozafary@yahoo.com)