تأثیر بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر خصوصیات رشدی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند در شرایط تنش شوری

مژده خلیل‌پور[۱] و وحید مظفری[۱*]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۷/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف بنزیل‌آدنین، نیتروژن و شوری بر خصوصیات رشدی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند، یک آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور: بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیم) و شوری (صفر و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌مدت ۲۴ هفته در گلخانه اجرا شد. نتایج نشان داد که علی‌رغم این که شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌ها گردید، اما محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به‌ترتیب ۱۲۵ و ۸۶ درصد افزایش داد. لیکن، با مصرف توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب بیش از ۳ و ۲ برابر افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ و طول سیستم ریشه‌ای گردید. اما مصرف توأم نیتروژن و بیشترین غلظت بنزیل‌آدنین، سطح برگ و طول سیستم ریشه‌ای را به‌ترتیب بیش از ۳ و ۲/۵ برابر افزایش داد. نتایج اثرهای سه‌گانه نیز نشان داد که گرچه در شرایط شور ارتفاع، تعداد برگ و قطر ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند، لیکن مصرف توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین در افزایش این خصوصیات رشدی چشمگیرتر از مصرف جداگانه این تیمارها بود. در نهایت، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مصرف توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین در کاهش اثرهای مخرب شوری بر خصوصیات رشدی دانهال‌های پسته مؤثرتر از مصرف این تیمارها به‌تنهایی بود.

کلمات کلیدی: طول سیستم ریشه‌ای، کلرید سدیم، نیترات آمونیم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید محصولات زراعی در برخی از قسمت‌های جهان، به‌ویژه در اراضی تحت آبیاری مناطق خشک و نیمه خشک، می‌باشد. تحت شرایط شور، بروز تغییرات در میزان مهیا بودن عناصر غذایی در جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه و یا غیر فعال شدن فیزیولوژیک بخش‌هایی از گیاه که در جذب عناصر غذایی دخالت دارند، می‌تواند باعث به‌هم خوردن تعادل غذایی گیاه شود (۱۵). پسته به‌عنوان یک محصول استراتژیک، جایگاه خاصی در تولیدات کشاورزی ایران دارد و بخش عمده‌ای از صادرات غیرنفتی را تشکیل می‌دهد. سازگاری این محصول با شرایط نامساعد محیطی، از جمله شوری آب و خاک، مقاومت

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vmozafary@yahoo.com

به خشکی و کم‌آبی، سبب گردیده تا جایگاه ویژه‌ای در مناطقی که دارای شرایط نامناسب کشت برای سایر محصولات (زراعی و باغی) هستند پیدا نماید (۲۷).

امروزه، استفاده از کودهای نیتروژنه به‌عنوان روشی در کاهش اثرهای مضر شوری مطرح شده است (۲۳). اثر کاربرد نیتروژن بر کاهش اثرهای مخرب شوری بسته به گونه گیاه، سطح شوری و یا شرایط محیطی متفاوت است (۱۵). سیتوکینین‌ها که یک گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشند، مقاومت گیاهان را به تنش‌های مختلف مانند شوری، دمای زیاد و خشکی افزایش داده و رشد گیاهان را در شرایط تنش تنظیم می‌کنند (۱۰). تحقیقات نشان داده که ریشه‌ها محل اصلی تولید سیتوکینین‌ها هستند و میان رشد ریشه و تولید سیتوکینین ارتباط نزدیکی وجود دارد (۳۲). از مهم‌ترین سیتوکینین‌ها می‌توان به کینتین، زآتین و بنزیل‌آدنین اشاره کرد (۸). هورمون بنزیل‌آدنین از طریق افزایش تقسیم سلولی و یا حرکت مواد غذایی به محل تیمار شده باعث رشد گیاه می‌گردد (۲۶). پژوهش‌ها نشان داده که تنش‌های شوری و خشکی ایجاد شده در محیط ریشه، توازن تنظیم‌کننده‌ها را بر هم زده و باعث کاهش ساخت و انتقال سیتوکینین‌ها از ریشه به اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد (۹). لیکن مشاهده شده که کاربرد خارجی سیتوکینین‌ها، اثرهای مضر تنش شوری را کاهش داده و جوانه‌زنی، تشکیل میوه و عملکرد دانه را افزایش دادند (۱۶).

در میان عناصر غذایی، نیتروژن مهم‌ترین اثر را بر تولید و انتقال سیتوکینین‌ها به اندام‌های هوایی دارد. هنگامی که نیتروژن پی در پی در اختیار گیاه باشد، انتقال سیتوکینین با سن گیاه افزایش و با قطع مصرف نیتروژن، صدور سیتوکینین کاهش می‌یابد. کاربرد مجدد نیتروژن، انتقال سیتوکینین از سوی ریشه‌ها را به‌سرعت افزایش می‌دهد (۲۰). تحقیقات نشان داده که غلظت کم نیترات در ریشه تأثیر منفی بر ساخت سیتوکینین‌ها دارد (۱۲). همچنین شواهد محکمی در رابطه بین فراهمی نیترات و افزایش تولید سیتوکینین وجود داشته است. در تحقیقی، همبستگی بالایی بین کود نیتراته و افزایش تولید سیتوکینین در ریشه‌های ذرت و انتقال آن از طریق آوندهای چوبی به اندام هوایی گزارش شده است (۳۰). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی اوره در ترکیب با بنزیل‌آدنین، که نوعی از سیتوکنین است، به‌طور موفقیت‌آمیزی از ریزش جوانه‌های گل پسته رقم کرمان ممانعت به‌عمل آورد (۱۹). در این پژوهش، برای اولین بار، تأثیر هورمون بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر خصوصیات رشدی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند تحت شرایط شور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه خاک (Coarse-loamy, Mixed, superactive, mesic, Typic Haploxerepts) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته‌خیز شهرستان رفسنجان که از نظر شوری و نیتروژن کل در حد کمی بود، تهیه و پس از هواخشک کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (۷/۶۳)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه EC متر (۱ دسی‌زیمنس بر متر)، سیلت (۲۹/۴ درصد)، رس (۵/۲ درصد)، شن (۶۵/۴ درصد)، بافت خاک (لوم شنی)، ظرفیت زراعی (۱۸ درصد)، کربنات کلسیم معادل به‌روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۲۷ درصد)، نیتروژن کل به‌روش کلدال (۰/۰۱۸ درصد)، فسفر قابل استفاده به‌روش اولسن (۵/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، غلظت پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ماده آلی (۰/۵ درصد) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده به روش DTPA به‌ترتیب ۰/۹، ۰/۵، ۲/۷ و ۴/۹ میکروگرم در گرم خاک تعیین گردید. بذرهای پسته رقم بادامی ریز زرند (رقم غالب منطقه) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه و پس از جداسازی پوست سخت، بر علیه قارچ ضدعفونی گردیدند و جهت جوانه زدن برای کاشت به‌مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان با متوسط دمای ۳۲ درجه سلسیوس انجام شد. تیمارها شامل نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیم)، بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و شوری (صفر و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) بودند. 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 (KH_2PO_4) به‌میزان ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و عناصر روی، مس و آهن به‌ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸) با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌صورت محلول تهیه و به خاک تمام کیسه‌های پلاستیکی اضافه گردید. همچنین، طبق نقشه طرح، سطوح مختلف نیتروژن به‌صورت محلول تهیه و به خاک داخل کیسه‌ها اضافه شد. پس از رساندن رطوبت خاک به‌حد ظرفیت زراعی، خاک موجود در هر کیسه به‌خوبی مخلوط و به گلدان‌های پلاستیکی پنج لیتری منتقل گردید. در هر گلدان، تعداد ۸ بذر در عمق ۳ سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت زراعی، همراه با توزین روزانه آن‌ها، صورت گرفت. طبق نقشه طرح، کلرید سدیم مورد نظر به‌صورت محلول درآمده و پس از استقرار کامل دانهال‌ها (هفته پنجم پس از کشت) همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه گردید. سپس در هفته هفتم، تعداد دانهال‌ها به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. همچنین، تیمارهای بنزیل‌آدنین تهیه و به‌صورت محلول‌پاشی در سه نوبت (هفته‌های دهم، دوازدهم و چهاردهم) روی دانهال‌ها اعمال شد.

به‌منظور بررسی اثر شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر خصوصیات رشدی دانهال‌های پسته، در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و چهارم پس از کاشت) تعداد برگ، ارتفاع و قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس دانهال‌ها از محل طوقه قطع و برگ و ساقه از هم جدا شدند. ریشه‌ها نیز با دقت از خاک خارج گردیدند. همچنین، سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter، مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها روی الک انجام شد. برگ‌ها و ساقه‌ها نیز با آب مقطر شستشو و همراه ریشه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و توزین گردیدند. در این پژوهش، طول سیستم ریشه‌ای با استفاده از روش نیومن (۲۱) اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، از خاک گلدان‌های تحت تیمار شوری، عصاره اشباع تهیه و شوری آن‌ها تعیین گردید، که به‌طور متوسط ۱۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نمودارها و جداول مربوطه با استفاده از برنامه Excel و Word رسم گردیدند.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی و دوگانه شوری، بنزیل آدنین و نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنی‌دار گردید. اما اثر متقابل سه‌گانه این تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج مربوط به تأثیر شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه (جدول ۲) نشان داد که با شور شدن محیط کشت، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب ۱۸ و ۲۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. لیکن با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب ۸۳ و ۵۵ درصد افزایش یافت. همچنین، نتایج مربوط به اثر متقابل شوری و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه (جدول ۲) نشان داد که علی‌رغم این که شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به شاهد شده است، لیکن مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی را به‌ترتیب ۹۳ و ۱۲۵ درصد و وزن خشک ریشه را به‌ترتیب ۷۵ و ۸۶ درصد نسبت

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن، شوری و بنزیل‌آدنین بر پارامترهای رویشی دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	ارتفاع ساقه	سطح برگ
شوری (S)	۱	۲/۷۰۱**	۴/۶۱۸**	۷۲/۸۹۱**	۵۰۰۶۴/۰۶۲**
بنزیل‌آدنین (BA)	۲	۱۲/۲۴۳**	۷/۹۸۴**	۲۲۵/۶۰۵**	۷۴۷۸۲/۷۱۸**
نیتروژن (N)	۱	۱۲/۶۴۲**	۱۱/۳۵۴**	۲۰۳/۴۲۳**	۱۲۸۷۳۹/۸۳۲**
BA×S	۲	۰/۲۲۲*	۰/۳۹۴*	۴/۹۰۸*	۴۴۸۷/۴۴*
BA×N	۲	۰/۶۹۱**	۰/۳۹۳*	۵/۲۶۲*	۱۳۰۷۵/۴۳۱**
S×N	۱	۰/۹۶۰**	۰/۸۷۷**	۷/۸۶۲*	۱۲۱۰۹/۵۳۵**
BA×S×N	۲	۰/۱۸۷ ^{ns}	۰/۰۶۷^{ns}	۸/۷۶۴*	۷۴۶/۴۸۱^{ns}
خطا	۲۴	۰/۰۶۵	۰/۱۰۶	۱/۴۴۱	۹۴۱/۶۶۳
ضریب تغییرات (٪)		۵/۶۷	۸/۰۴	۶/۶۶	۱۴/۰۰

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۲. تأثیر کاربرد شوری و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)			
۰	۳/۵۵d	۵/۲۴b	۵/۵۴a	۴/۷۸A
۲۰۰۰	۲/۲۷e	۴/۳۸c	۵/۱۰b	۳/۹۲B
میانگین	۲/۹۱C	۴/۸۱B	۵/۳۲A	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)			
۰	۳/۸۵d	۴/۶۲b	۵/۲۴a	۴/۵۷A
۲۰۰۰	۲/۲۸e	۳/۹۹d	۴/۲۵c	۳/۵۱B
میانگین	۳/۰۶C	۴/۳۱B	۴/۷۴A	

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

به عدم مصرف بنزیل‌آدنین افزایش معنی‌دار داده است. به‌عبارت دیگر، مصرف بنزیل‌آدنین هم در شرایط غیر شور و هم شور، وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته را افزایش داد؛ اما تأثیر بنزیل‌آدنین در شرایط شور نزدیک به دو برابر شرایط غیر شور بود.

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه (جدول ۳) نشان داد که مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی را از ۳/۷۶ به۴/۹۳ و وزن خشک ریشه را از ۳/۴۸ به ۴/۶۰ گرم در گلدان به‌طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج اثر متقابل نیتروژن و بنزیل‌آدنین نشان داد که گرچه مصرف نیتروژن و یا بنزیل‌آدنین به‌تنهایی وزن خشک اندام هوایی و ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد، لیکن مصرف توأمان نیتروژن و بنزیل‌آدنین (۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) وزن خشک اندام هوایی و

جدول ۳. تأثیر کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)			
۰	۲/۰۶f	۴/۳۷d	۴/۸۵c	۳/۷۶B
۱۰۰	۳/۷۶e	۵/۲۵b	۵/۸۰a	۴/۹۳A
میانگین	۲/۹۱C	۴/۸۱B	۵/۳۲A	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)			
۰	۲/۶۳e	۳/۷۱d	۴/۰۹c	۳/۴۸B
۱۰۰	۳/۴۹d	۴/۹۱b	۵/۴۰a	۴/۶۰A
میانگین	۳/۰۶C	۴/۳۱B	۴/۷۴A	

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

جدول ۴. تأثیر کاربرد شوری و نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)		میانگین
	۰	۱۰۰	
	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)		
۰	۴/۳۵c	۵/۲۱a	۴/۷۸A
۲۰۰۰	۳/۱۷d	۴/۶۶b	۳/۹۲B
میانگین	۳/۷۶B	۴/۹۳A	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)		
۰	۴/۱۹b	۴/۹۵a	۴/۵۷A
۲۰۰۰	۲/۷۶c	۴/۲۵b	۳/۵۱B
میانگین	۳/۴۸B	۴/۶۰A	

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

ریشه را به‌ترتیب بیش از ۳ و ۲ برابر نسبت به شاهد با افزایش روبرو ساخت (جدول ۳).

در رابطه با اثر متقابل شوری و نیتروژن می‌توان گفت که مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، هم در شرایط غیر شور و هم در شرایط شور، وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. این در حالی است که مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در شرایط شور، وزن خشک ریشه را بیش از اندام هوایی تحت تأثیر خود قرار داد (جدول ۴).

شریفی (۶) در تحقیقی که روی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند انجام داد به این نتیجه رسید که کاهش وزن خشک اندام هوایی در نتیجه افزایش شوری می‌تواند به تعداد کمتر برگ و سطح کوچکتر برگ‌ها نسبت داده شود. همچنین، این محقق عنوان نمود که افزایش قابل توجه در غلظت سدیم و کلر و تأثیر آن‌ها بر توازن عناصر غذایی از مهم‌ترین عوامل بازدارنده رشد دانهال‌های پسته در شرایط شور می‌باشد. بر اثر شوری، میزان و فعالیت هورمون‌های رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها کاهش یافته، در حالی که مواد کاهنده رشد مانند آبسیزیک اسید افزایش می‌یابد و به‌طور کلی این تغییرات

جدول ۵. تأثیر کاربرد شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)		
		۰	۲۵۰	۵۰۰
۰	۰	۱۶/۵۰f	۱۸/۱۷e	۲۱/۹۶c
۰	۱۰۰	۱۹/۱۵d	۲۲/۷۷b	۲۵/۷۲a
۲۰۰۰	۰	۱۱/۱۴j	۱۲/۳۵i	۱۴/۹۹h
۲۰۰۰	۱۰۰	۱۵/۷۶g	۱۶/۷۰f	۱۹/۰۴d

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

موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شوند (۲۹). رضوی‌نسب و همکاران (۲۵) با انجام پژوهشی روی پسته رقم بادامی زرند بیان کردند که با افزایش سطح شوری و رسیدن به سطح ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط اسکندری و مظفری (۱۳)، حجت‌نوقی و همکاران (۱۷) و زادصالحی ماسوله و همکاران (۳۱) روی گیاه پسته رقم بادامی زرند به‌دست آمد.

از آنجایی که سیتوکینین‌ها قدرت مقصد (Sink) را با کشش یون‌ها و متابولیت‌ها به‌سمت خود افزایش می‌دهند (۱۴)، احتمالاً در این پژوهش، مصرف برگی بنزیل‌آدنین هم در شرایط غیر شور و هم شور باعث شده که متابولیت‌های اولیه، مثل قندها، به‌سمت آن کشیده شده و وزن خشک اندام هوایی افزایش یابد. همچنین، در این پژوهش، افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه پسته در شرایط شور نسبت به شاهد با مصرف بنزیل‌آدنین، احتمالاً گویای این است که کاربرد هورمون‌های گیاهی کارآیی جذب، نگه‌داری و مصرف آب را در گیاهان افزایش می‌دهد و موجب تسریع تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و تجمع واحدهای ساختمانی می‌شود. از آنجایی که در شرایط شور، رادیکال‌های آزاد می‌توانند سبب آسیب‌های اکسیداتیو به ساختار غشاء سلولی شوند (۲۸) و بنزیل‌آدنین نیز می‌تواند باعث افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مثل سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز شود (۱۸)، احتمالاً در این پژوهش، مصرف بنزیل‌آدنین با افزایش کارایی جذب، نگه‌داری و مصرف آب و تقسیم و طویل شدن سلولی و کاهش اثرهای مضر تنش شوری باعث افزایش رشد دانهال‌های پسته در شرایط شور شده است. پوررجبی‌نژاد (۲) با انجام پژوهشی روی پسته رقم کله‌قوچی گزارش کرد که بنزیل‌آدنین، وزن خشک خوشه پسته را ۴۳٪ نسبت به شاهد افزایش داد. نیتروژن، به‌دلیل نقشی که در افزایش بیوسنتز سیتوکینین‌ها دارد (۲۰)، احتمالاً باعث افزایش سنتز بنزیل‌آدنین شده است و بنزیل‌آدنین نیز هم از طریق تشکیل و گسترش ریشه‌ها (۲۲) و هم از طریق ایجاد یک قدرت مقصد قوی که سبب انتقال یون‌ها و کربوهیدارت‌ها به‌سمت خود می‌شود (۱۴) توانسته وزن و گسترش ریشه‌ها را افزایش دهد. در این پژوهش، احتمالاً مصرف نیتروژن به‌دلیل نقشی که در افزایش وزن ریشه‌ها و طول سیستم ریشه‌ای داشته، توانسته است در شرایط شور، با افزایش گسترش ریشه‌ها و متعاقب آن افزایش جذب عناصر غذایی، تا حدودی اثر سمیت نمک که تعادل و جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد جبران کند و در نتیجه وزن خشک اندام هوایی و ریشه را افزایش دهد. همچنین، این بهبود رشد می‌تواند در نتیجه جذب بیشتر آنیون نیترات در مقابل کلر باشد (۴).

ارتفاع ساقه و سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی و متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن برای ارتفاع ساقه معنی‌دار شد (جدول ۱). همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) ملاحظه می‌شود، در شرایط شور

جدول ۶. تأثیر کاربرد شوری و بنزیل‌آدنین بر سطح برگ دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)			
۰	۱۵۴d	۲۶۴b	۳۵۰a	۲۵۶A
۲۰۰۰	۱۱۷e	۱۹۱c	۲۳۶b	۱۸۱B
میانگین	۱۳۶C	۲۲۷B	۲۹۳A	

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

جدول ۷. تأثیر کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر سطح برگ دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)			
۰	۱۱۴e	۱۵۱d	۲۱۲c	۱۵۹B
۱۰۰	۱۵۸d	۳۰۴b	۳۷۴a	۲۷۸A
میانگین	۱۳۶C	۲۲۷B	۲۹۳A	

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

و عدم مصرف نیتروژن و بنزیل‌آدنین، ارتفاع ساقه ۳۲٪ نسبت به شاهد (شرایط غیر شور) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. لیکن در همین شرایط، مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن افزایش ۴۱ درصدی ارتفاع ساقه را به‌دنبال داشت. همچنین، مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین نیز به‌تنهایی، ارتفاع ساقه را در محیط شور نسبت به شاهد ۳۵٪ افزایش داد. با این حال، بیشترین ارتفاع دانهال‌های پسته در شرایط شور، با مصرف توأم نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین به‌دست آمد که نسبت به عدم مصرف این دو تیمار ۷۱٪ افزایش نشان داد.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و بنزیل‌آدنین در مورد سطح برگ (جدول ٦) نشان داد که گرچه با شور شدن محیط و عدم محلول‌پاشی بنزیل‌آدنین، سطح برگ دانهال‌های پسته با کاهش ۲۴ درصدی مواجه شد، ولی با محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، سطح برگ در شرایط شور از حدود ۱۱۷ به ۲۳٦ سانتی‌متر مربع رسید و افزایش دو برابری را تجربه کرد.

نتایج مربوط به برهمکنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین (جدول ۷) نشان می‌دهد که کاربرد جداگانه نیتروژن سبب افزایش ۳۹ درصدی سطح برگ شد؛ در حالی که مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین به‌تنهایی سطح برگ را ۸٦٪ افزایش داد. به‌عبارت دیگر، تأثیر بنزیل‌آدنین بر این خصوصیت بیشتر از نیتروژن بود. با این وجود، مصرف توأمان نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین باعث افزایش بیش از ۳ برابری سطح برگ گردید.

کاهش ارتفاع ساقه و سطح برگ در شرایط شور احتمالاً به‌علت کاهش هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد تحت تنش شوری است (۲۹). پژوهشگران با انجام مطالعه روی پسته رقم بادامی گزارش کردند که در بیشترین سطح شوری به‌کار رفته، که ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود، سطح برگ نسبت به شاهد ۲۳٪ کاهش یافت (۱۷). نتایج مشابهی توسط اسکندری و مظفری (۱۳) و زادصالحی‌ماسوله و همکاران (۳۱) روی گیاه پسته رقم بادامی زرند به‌دست آمد. از آنجایی که

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن، شوری و بنزیل‌آدنین بر پارامترهای رویشی دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد برگ	قطر ساقه	طول سیستم ریشه‌ای
شوری (S)	۱	۲۰/۲۷۸**	۱/۵۳۷۶**	۴۱۱۹۰۷/۲۴**
بنزیل‌آدنین (BA)	۲	۵۸/۳۵۸**	۶/۱۴۳۶**	۶۱۲۵۰۰/۹۳۴**
نیتروژن (N)	۱	۱۴۸/۸۴۴**	۶/۱۰۰۹**	۷۴۲۲۳۹/۶۸۴**
BA×S	۲	۱/۲۹۷^{ns}	۰/۰۹۱۵*	۳۱۷۵۴/۵۹۰*
BA×N	۲	۵/۱۰۵**	۰/۲۷۷۷**	۴۲۳۹۵/۰۰۱**
S×N	۱	۳/۴۸۳*	۰/۵۲۳۲**	۴۰۵/۳۵۱ ^{ns}
BA×S×N	۲	۵/۱۸۷**	۰/۱۲۳۴*	۴۹۲۵/۷۶۸^{ns}
خطا	۲۴	۰/۸۱۵	۰/۰۲۴	۷۲۲۱/۸۹۶
ضریب تغییرات (٪)		۶/۹۷	۴/۸۵	۱۱/۱۸

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

افزایش رشد با کاربرد سیتوکینین‌ها می‌تواند به‌دلیل تنظیم فرایندهای بیوشیمیایی، طویل شدن سلول‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و جذب مواد غذایی باشد (۱۱). به‌نظر می‌رسد که در این پژوهش مصرف بنزیل‌آدنین با تحریک تقسیم سلولی موجب اتساع و کشیدگی سلول‌ها شده و ارتفاع و سطح برگ دانهال‌های پسته را افزایش داده است. در پژوهشی که روی پسته رقم کله‌قوچی انجام گرفت، مشخص گردید که با مصرف ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، علاوه بر افزایش سطح برگ، رشد شاخه‌های بارده و غیربارده به‌ترتیب ۳۶ و ۳۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (۲). در پژوهشی، با کاربرد توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین، ارتفاع گیاه صبر زرد (آلوئه ورا) افزایش یافت، به‌گونه‌ای که بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم نیتروژن، همراه با ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین در گلدان، به‌دست آمد (۳). در پژوهشی روی پسته رقم بادامی زرند مشخص گردید که در شرایط شور، با کاربرد ۱۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، نه‌تنها آثار سوء شوری بر ارتفاع گیاه کاهش یافت، بلکه باعث افزایش آن نیز گردید (۵). همچنین، نیتروژن، به‌دلیل این که مهم‌ترین نقش را در رشد ریشه و تولید و صدور سیتوکینین دارد (۲۰)، احتمالاً از طریق افزایش سنتز بنزیل‌آدنین در ریشه‌ها، باعث گسترش ریشه‌ها و افزایش جذب عناصر غذایی و متابولیت‌ها شده و از این طریق رشد رویشی دانهال‌های پسته را هم در شرایط شور و هم در شرایط غیرشور افزایش داده است.

تعداد برگ و قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار شدن اثرهای اصلی و متقابل تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر تعداد برگ و قطر ساقه گردید و فقط اثر متقابل بنزیل‌آدنین و شوری بر تعداد برگ معنی‌دار نگردید (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۹)، در شرایط غیرشور، تأثیر نیتروژن و یا بنزیل‌آدنین (۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به‌تنهایی باعث افزایش تعداد برگ دانهال‌های پسته گردید، که در این شرایط تأثیر بنزیل‌آدنین نسبت به نیتروژن بیشتر بود. لیکن در شرایط شور، تأثیر نیتروژن بر افزایش تعداد برگ بیشتر از تأثیر بنزیل‌آدنین بود. در هرصورت، هم در شرایط شور و هم غیرشور، مصرف توأمان این تیمارها افزایش چشمگیر تعداد برگ را به‌دنبال داشت که در شرایط غیرشور این افزایش بسیار چشمگیرتر از شرایط شور بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها مربوط به قطر ساقه (جدول ۱۰) نشان داد که در شرایط شور، گرچه مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌تنهایی قطر ساقه را حدود ۲ برابر

جدول ۹. تأثیر کاربرد شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر تعداد برگ دانهال‌های پسته در هر بوته (رقم بادامی ریز زرند)

شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)		
		۰	۲۵۰	۵۰۰
۰	۰	۹/۲۰h	۱۲/۰۸f	۱۴/۶۲d
۰	۱۰۰	۱۲/۸۷f	۱۶/۲۰b	۱۷/۱۶a
۲۰۰۰	۰	۶/۲۰i	۱۱/۶۶g	۱۱/۶۶g
۲۰۰۰	۱۰۰	۱۳/۶۷e	۱۴/۳۳d	۱۵/۶۰c

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

جدول ۱۰. تأثیر کاربرد شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر قطر ساقه (میلی‌متر) دانهال‌های پسته در هر بوته (رقم بادامی ریز زرند)

شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)		
		۰	۲۵۰	۵۰۰
۰	۰	۲/۱۸g	۳/۶۰c	۳/۶۲c
۰	۱۰۰	۲/۹۷e	۳/۸۸b	۴/۲۹a
۲۰۰۰	۰	۱/۴۸h	۲/۶۵f	۳/۳۰d
۲۰۰۰	۱۰۰	۳/۰۴e	۳/۶۰c	۳/۹۸b

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

نسبت به شاهد افزایش داد، اما بیشترین قطر ساقه در شرایط شور مربوط به مصرف توأم نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین بود. به‌عبارت دیگر، گرچه مصرف جداگانه نیتروژن و بنزیل‌آدنین در شرایط شور توانسته از کاهش قطر ساقه جلوگیری کند و اثر سوء ناشی از شوری را بهبود ببخشد، لیکن مصرف توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین از مصرف جداگانه آن‌ها بر بهبود اثر سوء ناشی از سمیت نمک مؤثرتر بود.

پژوهشگران با انجام پژوهشی روی پسته رقم بادامی زرند گزارش کردند که سطوح ۲۲۵ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تعداد برگ را به‌ترتیب ۲۳ و ۳۰ درصد نسبت به شاهد کاهش دادند (۱). در مطالعه‌ای که روی سه پایه پسته سرخس، ابارقی و بنه‌باغی انجام گرفت، نشان داده شد که با افزایش تنش شوری، تعداد برگ و قطر ساقه در هر سه پایه پسته کاهش معنی‌داری یافت (۷). با انجام پژوهشی دیگر روی پسته رقم کله‌قوچی، مشخص گردید که با مصرف ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، تعداد برگ شاخه‌های بارده و غیر بارده به‌ترتیب ۲۴ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (۲). در پژوهشی که روی گیاه صبر زرد انجام شد مشخص گردید که با مصرف ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین در هر گلدان، قطر ساقه حدود ۱۰٪ نسبت به شاهد افزایش یافت (۳). از آنجایی که نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده‌ی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها می‌باشد و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه و رشد رویشی دارد، احتمالاً توانسته در شرایط شور، تعداد برگ و قطر ساقه دانهال‌های پسته را نسبت به شاهد

جدول ۱۰. تأثیر کاربرد شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر قطر ساقه (میلی‌متر) دانهال‌های پسته در هر بوته (رقم بادامی ریز زرند)

شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)		
		۰	۲۵۰	۵۰۰
۰	۰	۲/۱۸g	۳/۶۰c	۳/۶۲c
۰	۱۰۰	۲/۹۷e	۳/۸۸b	۴/۲۹a
۲۰۰۰	۰	۱/۴۸h	۲/۶۵f	۳/۳۰d
۲۰۰۰	۱۰۰	۳/۰۴e	۳/۶۰c	۳/۹۸b

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

افزایش دهد. شریفی (۶) با انجام پژوهشی روی پسته رقم بادامی ریز زرند بیان کرد که در شرایط شور، افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش تعداد برگ گردید. به‌گونه‌ای که در سطح شوری ۳۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، بیشترین افزایش تعداد برگ مربوط به سطح ۹۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک بود. با توجه به این که در شرایط شور، عکس‌العمل گیاهان تحت تنش به دلیل محدودیت رشدی و محدودیتی که در جذب عناصر غذایی دارند، به مصرف کود نیتروژن بیشتر است، احتمالاً در این پژوهش تعداد برگ و قطر ساقه دانهال‌های پسته در شرایط شور به مصرف نیتروژن عکس‌العمل بیشتری نشان داده و در نتیجه مقدار این پارامترها در شرایط شور همراه با مصرف نیتروژن نسبت به شرایط غیر شور همراه با مصرف نیتروژن بیشتر است. بر اساس نتایج برخی مطالعات، افزایش سطح نیتروژن مصرفی در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیر شور می‌تواند تحمل به شوری در گیاه را افزایش دهد (۲۴).

طول سیستم ریشه‌ای

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی و دوگانه شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر طول سیستم ریشه‌ای معنی‌دار گردید؛ اما اثر متقابل سه‌گانه این تیمارها معنی‌دار نشد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با شور شدن محیط کشت، طول سیستم ریشه‌ای ۲۵٪ کاهش یافت. ولی با مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، طول سیستم ریشه‌ای به‌ترتیب ۴۹ و ۸۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۱۱). نتایج مربوط به اثر متقابل شوری و بنزیل‌آدنین بیان‌کننده این است که با مصرف ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک و در نتیجه شور شدن محیط کشت، طول سیستم ریشه‌ای ۲۳٪ کاهش یافت. اما مصرف هم‌زمان ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بنزیل‌آدنین، نه‌تنها جلوی کاهش طول سیستم ریشه‌ای را گرفت، بلکه نسبت به شاهد ۳۷٪ طول آن را افزایش داد. به‌عبارت دیگر، بنزیل‌آدنین در شرایط شور توانست اثر سمیت نمک را تا حدودی خنثی و حتی کاهش دهد (جدول ۱۱).

نتایج مربوط به اثر متقابل نیتروژن و بنزیل‌آدنین (جدول ۱۲) نشان داد که کمترین طول سیستم ریشه‌ای در شرایط عدم مصرف نیتروژن و بنزیل‌آدنین مشاهده شد. علی‌رغم این که با افزایش نیتروژن به محیط کشت ۳۴٪ طول سیستم ریشه‌ای افزایش یافت، ولی با افزایش بنزیل‌آدنین به‌تنهایی و بدون مصرف نیتروژن، این افزایش به ۸۶٪ رسید. با این حال، مصرف توأمان هر دو تیمار باعث افزایش ۲/۵ برابری طول سیستم ریشه‌ای شد.

با انجام پژوهشی روی پسته رقم بادامی زرند مشخص گردید که با افزایش شوری، طول ریشه و به‌دنبال آن چگالی ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، در این مطالعه عنوان شده که شوری با تأثیر سوء بر شرایط خاک و رشد ریشه، باعث کاهش طول ریشه و در نتیجه چگالی آن گردیده است (۵). از آنجا که ریشه‌ها به‌عنوان محل اصلی تولید سیتوکینین‌ها می‌باشند و در میان عناصر غذایی، نیتروژن

جدول ۱۱. تأثیر کاربرد شوری و بنزیل‌آدنین بر طول سیستم ریشه‌ای دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح شوری (میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	طول سیستم ریشه‌ای (سانتی‌متر)			
۰	۵۹۱d	۸۶۸b	۱۱۳۹a	۸۶۶A
۲۰۰۰	۴۵۶e	۶۹۳c	۸۰۹b	۶۵۲B
میانگین	۵۲۳C	۷۸۰B	۹۷۴A	

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

جدول ۱۲. تأثیر کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر طول سیستم ریشه‌ای دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند)

سطح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطح بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم بر لیتر)			میانگین
	۰	۲۵۰	۵۰۰	
	طول سیستم ریشه‌ای (سانتی‌متر)			
۰	۴۴۶e	۵۸۹d	۸۱۱c	۶۱۶B
۱۰۰	۶۰۰d	۹۷۲b	۱۱۳۷a	۹۰۳A
میانگین	۵۲۳C	۷۸۰B	۹۷۴A	

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

مهم‌ترین اثر را بر رشد ریشه، تولید و صدور سیتوکینین به اندام‌های هوایی دارد (۲۰)، احتمالاً در این پژوهش، نیتروژن باعث افزایش سنتز بنزیل‌آدنین شده و این هورمون نیز از طریق تشکیل و گسترش ریشه‌ها (۲۲) توانسته طول سیستم ریشه‌ای را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق، اثر سوء شوری بر پارامترهای رویشی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند مجدداً مورد تأیید قرار گرفت. لیکن، با مصرف نیتروژن و بنزیل‌آدنین و مصرف هم‌زمان آنها، میزان پارامترهای رویشی در هر دو شرایط شور و غیر شور افزایش یافت. همچنین، نتایج نشان داد که مصرف توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین در افزایش طول سیستم ریشه‌ای ناشی از تنش شوری مؤثرتر از مصرف هر یک از نیتروژن یا بنزیل‌آدنین به‌تنهایی بود. در نتیجه، مصرف نیتروژن و بنزیل‌آدنین، به‌ویژه در شرایط شور، برای پسته رقم بادامی ریز زرند توصیه می‌شود. در نهایت پیشنهاد می‌شود که این تحقیق روی رقم‌های دیگر پسته در گلخانه و نیز در شرایط مزرعه انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. اسداللهی، ز. و و. مظفری. ۱۳۹۱. تأثیر شوری و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) در محیط کشت پرلیت. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳(۱۲): ۱۳-۲۷.

۲. پوررجبی‌نژاد، م. ر. ۱۳۹۱. اثر بنزیل‌آدنین و تنش آبی در زمستان بر ویژگی‌های کمی و کیفی خشک میوه و مقاومت به سرمای بهاره پسته رقم کله قوچی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.

۳. حضرتی یادکوری، س. و ز. ا. طهماسبی سروستانی. ۱۳۹۱. بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و محلول‌پاشی هورمون بنزیل‌آدنین (BA) بر رشد و تولید پاجوش گیاه صبر زرد (*Aloe vera* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۸(۲): ۲۱۰-۲۲۳.

۴. خوش‌گفتارمنش، ا. ح. و ح. سیادت. ۱۳۸۱. تغذیه معدنی سبزیجات و محصولات باغی در شرایط شور. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی، ۶۵ صفحه.

۵. رضوی‌نسب، ا.، ا. تاج‌آبادی‌پور، ح. شیرانی و ح. دشتی. ۱۳۸۸. اثر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر رشد نهال پسته و مرفولوژی ریشه آن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳ (۴۷): ۳۲۱-۳۳۳.

۶. شریفی، ز. ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد نیتروژن بر مقاومت نسبی نهال‌های پسته به تنش شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان.

۷. فتاحی، م. ۱۳۹۲. اثر میکوریز آربوسکولار (*Glomus mosseae*) بر مقاومت به شوری سه پایه پسته سرخس، ابارقی و بنه‌باغی (*P. eurycarpa* × *P. mutica*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۸. مجتهدی، م. و ح. لسانی. ۱۳۸۴. زندگی گیاه سبز (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران، ۵۸۷ صفحه.

9. Amzallag, G.N., K.R. Lerner and A. Poljakoff-Mayber. 1992. Interaction between mineral nutrient, cytokinin and gibberellic acid during growth of sorghum at high NaCl salinity. J. Exp. Bot. 43: 81-87.
10. Barciszewski, J., G. Siboska, S.I.S. Rattan and B.F.C. Clark. 2000. Occurrence, biosynthesis and properties of kinetin (N6-furfuryladenine). Plant Growth Regul. 32: 257-265.
11. Carey, D.J., B.E. Whipker, I. McCall and W. Buhler. 2008. Benzyladenine foliar sprays increase offsets in Sempervivum and Echeveria. J. Hort. Sci. 53: 19-21.
12. De Groot, C.C., L.F.M. Marcelis, H. Lambers and V.R. Boorgaard. 2004. Response of growth of Reynolds to phosphorus and nitrogen nutrition. Acta Hort. 633: 357-364.
13. Eskandari, S. and V. Mozaffari. 2014. Interactive effect of soil salinity and copper application on growth and chemical composition of pistachio seedlings (cv. Badami). Commun. Soil Sci. Plant Anal. 45: 688-702.
14. Ghorbani Javid, M., A. Sorooshzadeh, F. Moradi and S.A.M. Modarres Sanavy. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Aust. J. Crop Sci. 5(6): 726-734.
15. Grattan, S.R. and C.M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78: 127-157.
16. Gul, B., M.A. Khan and D.J. Weber. 2000. Alleviation of salinity and dark-enforced dormancy in *Allenrolfea occidentalis* seeds under various thermoperiods. Aust. J. Bot. 48: 745-752.
17. Hojjat Nooghi, F., V. Mozafari, A. Tajabadipour and H. Hokmabadi. 2014. Effects of salinity and calcium on the growth and chemical composition of pistachio seedlings. J. Plant Nutr. 37: 928-941.
18. Liu, X., Z. Wang and Z. Wang. 1996. Application of cytokinin to improve the waterlogging resistance of summer corn (*Zea mays* L.). Acta Agron. Sinica 36: 43-49.
19. Lovatt, C.J. and L. Ferguson. 1994. Using foliar application of urea combined with 6–benzyladenine to decrease pistachio floral bud abscission in an "on" year to increase yield the next year. California Pistachio Production Industry, Annual Report, pp. 155-158.
20. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press Ltd., San Diego, CA.
21. Newman, E.I. 1966. A metod of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. 3: 139-145.
22. Okay, Y., N.T. Gunes and A. Ilhami. 2011. Free endogenous growth regulators in Pistachio (*Pistacia vera* L.). Afr. J. Agric. Res. 6: 1161-1169.
23. Rahman, M.J., A.T. Mondol, A.I. Rahman, M.N. Bgume and M.K. Alam. 2007. Effect of irrigation and nitrogen on tomato yield in the grey terrace soil of Bangladesh. J. Soil Nat. 1(3): 1-4.
24. 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 Soil 35: 555-567.
25. Razavi Nasab, A., A. Tajabadi Pour and H. Shirani. 2014. Effect of salinity and nitrogen application on growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.). J. Plant Nutr. 37: 1612-1626.

26. Schmulling, T. 2002. New insights into the functions of cytokinins in plant development. J. Plant Growth Regul. 21: 40-49.
27. Soliemanzadeh, A., V. Mozafari, A. Tajabadipour 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-west J. Hort. Biol. Environ. 4(1): 19-34.
28. Souza, R.P., E.C. Machado, J.A.B. Silva, A.M.M.A. Lagoa and J.A.G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in Cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environ. Exp. Bot. 51: 45-56.
29. Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. 3rd ed., Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
30. Takei, K., H. Sakakibara, M. Taniguchi and T. Sugiyama. 2001. Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: Implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator. Plant Cell Physiol. 42: 85-93.
31. Zadsalehimasouleh, F., V. Mozafari, A. Tajabadipour and H. Hokmabadi. 2014. Pistachio responses to salt stress at varied levels of magnesium. J. Plant Nutr. 37: 889-906.
32. Zahir, Z.A., H.N. Asghar and M. Arshad. 2001. Cytokinin and its precursors for improving growth and yield of rice. Soil Biol. Biochem. 33: 405-408.