تأثیر عنصر روی و سیتوکینین بر برخی پارامترهای رویشی و اکوفیزیولوژیکی دانهال‌های پسته در شرایط شور

وحید مظفری*[۱]، عاطفه خورشیدی جلالی[۲]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روی، بنزیل‌آدنین و شوری بر برخی از خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته، یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملا تصادفی به‌صورت فاکتوریل با سه تیمار شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، روی (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و بنزیل‌آدنین (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) با سه تکرار بر روی رقم بادامی ریز زرند صورت گرفت. نتایج نشان داد، تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول سیستم ریشه‌ای، ارتفاع ساقه، سطح برگ و محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها گردید. هم‌چنین تنش شوری فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm)، شاخص فتوسنتز (PI) و سبزینگی برگ را نیز کاهش داد. لیکن مصرف توأمان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، مقدار این پارامترها را با افزایش مواجه ساخت، به‌گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و طول سیستم ریشه‌ای را به‌ترتیب ۳۹، ۴۳ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد، در شرایط شور، مصرف بنزیل‌آدنین و روی به‌تنهایی و یا توأمان از طریق بهبود پارامترهای رویشی و فتوسنتزی، عملکرد گیاه پسته را در شرایط تنش شوری بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: بنزیل‌آدنین، سبزینگی، شاخص فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل، کلریدسدیم

مقدمه

سازگاری گیاه پسته (*Pistachio vera* L.) با شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک، مقاومت به خشکی و کم آبی، سبب گردیده تا جایگاه ویژه‌ای در مناطقی که دارای شرایط نامناسب کشت برای سایر محصولات (زراعی و باغی) هستند پیدا نماید (۳۰). تحقیقات نشان می‌دهد که کاربرد بعضی از عناصر غذایی از جمله پتاسیم

[۱]- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران (*نویسنده مسئول: mozafari@yahoo.com)
[۲] - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران

(۱۱)، فسفر، کلسیم و روی (۱۱) می‌تواند از تأثیر سوء شوری خاک و یا آب بکاهد و یا به‌عبارت دیگر مقاومت نسبی پسته را به تنش شوری خاک افزایش دهد. با وجود اهمیت اقتصادی این محصول، دربارهٔ جنبه‌های تغذیه‌ای آن کمتر مطالعه شده است. مظفری (۱۱) طی تحقیقی، مسائل تغذیه‌ای درخت‌های پسته را مطالعه و گزارش کرد که در نیم‌رخ بیشتر خاک‌ها، عوامل محدودکننده‌ای، همانند شوری، pH قلیایی و درصد بالای آهک، باعث بروز مشکلات تغذیه‌ای، از جمله کمبود پتاسیم، روی، آهن، مس و منگنز گردیده است. عنصر روی به‌عنوان بخش فلزی بسیاری از آنزیم‌ها و یا فعال کننده شماری از آن‌ها از نظر نوع کار، ساختمان و یا تنظیم نقش آن‌ها عمل می‌کند. هم‌چنین روی در سنتز هورمون اکسین دخالت داشته و برای نگه‌داری ساختمان ریبوزوم‌ها ضروری است (۲۶). پژوهش‌گران عنوان نموده‌اند که افزایش غلظت روی، احتمالاً می‌تواند اثرات منفی NaCl را با محدود نمودن جذب سدیم (Na^+) و کلر (Cl^-) و یا انتقال آن‌ها به داخل گیاه، کاهش دهد. اثرات مثبت روی در رشد گیاه هم‌چنین ممکن است به‌علت نقش آن به‌عنوان اجزا سازنده آنزیم‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاه باشد (۱۲). در گیاهان کمبود ناشی از روی، سبب اختلال در متابولیسم بافت سلولی و خسارت به پروتئین‌های غشاء، کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها و ایندول استیک اسید می‌گردد (۱۷). محققین عنوان نمودند که کاربرد عنصر غذایی روی با کاهش اثرات مخرب تنش شوری، باعث افزایش مقاومت نسبی گیاه پسته و فتوسنتزگردید (۸، ۱۱). سیتوکینین‌ها یک گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که نقش مهمی در خیلی از جنبه‌های رشد و توسعه گیاه مانند تقسیم سلول، اندام زایی، بزرگ شدن سلول‌ها و اندام‌ها، جلوگیری از تخریب کلروفیل، فتوسنتز، به تعویق انداختن پیری، باز و بسته شدن روزنه‌ها و تکامل کلروپلاست دارند (۱۹). هم‌چنین تحقیقات نشان داده است که سیتوکینین‌ها، مقاومت گیاهان به تنش‌های مختلف مانند شوری، دمای بالا و خشکی را افزایش داده و رشد گیاهان در شرایط تنش را تنظیم می‌کنند (۱۶). آن‌چه که در حال حاضر از اهمیت ویژه ای برخوردار است، تلاش در جهت کاربرد عناصر و ترکیباتی است که در شرایط شور، عملکرد گیاه پسته را افزایش دهد، لذا در این پژوهش تاثیر هورمون سیتوکینین (بنزیل‌آدنین) و عنصر روی بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرند مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل روی (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی)، شوری (۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم درکیلوگرم خاک) و بنزیل‌آدنین (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. بذرهای پسته رقم بادامی ریز (رقم

غالب منطقه) از موسسه‌ی تحقیقات پسته‌ی کشور تهیه شد. در ابتدا خاک کافی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته خیز استان کرمان که از نظر شوری و روی قابل استفاده 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 خمیراشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (۷/۹۴)، بافت به روش هیدرومتر (لوم شنی)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۰/۱۶ درصد)، درصد کربن آلی (۰/۴۰ درصد)، ظرفیت زراعی (۲۵درصد)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۱۵ درصد)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (۹/۹ میلی گرم بر کیلو گرم)، غلظت پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیم (۳۸۱ میلی گرم بر کیلو گرم)، و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده (به ترتیب ۰/۰،۸۶/۵۸، ۱/۸۲، ۲/۴ میکروگرم در گرم خاک) به روش DTPA تعیین گردید. مقدار پنج کیلوگرم خاک مورد نظر داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و سطوح مختلف روی به‌صورت محلول و یکنواخت به خاک داخل گلدان‌ها اضافه شد. در هر گلدان پنج بذر جوانه زده در عمق سه سانتی‌متری خاک کشت و رطوبت خاک به‌حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. آبیاری گلدان‌ها به‌وسیله‌ی آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آن‌ها صورت گرفت. تیمارهای شوری طبق نقشه طرح به سه قسمت مساوی تقسیم شده و پنج هفته پس از کشت (شش برگی شدن دانهال‌ها)، در هفته ششم به‌صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه و هم‌چنین پس از اعمال تیمار شوری، تیمار بنزیل‌آدنین طبق نقشه طرح نیز در سه مرحله و به فواصل زمانی یک هفته به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها اعمال گردید. در هفته‌ی نوزدهم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول سیستم ریشه‌ای، ارتفاع و سطح برگ، کلروفیل، کارتنوئید، فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm)، شاخص فتوسنتز (PI) و سبزینگی برگ اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm) و شاخص فتوسنتز (PI) از دستگاه فلورسانس کلروفیل متر مدل (Hansatech LTD Pocket, UK)، سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter (مدل CI-202-USA) و برای اندازه‌گیری شاخص سبزینگی از دستگاه کلروفیل‌سنج دستی (SPAD-502) استفاده شد. هم‌چنین برای اندازه‌گیری کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از برگ‌های بالغ نمونه‌گیری و با استون عصاره‌گیری شد، بدین ترتیب که مقدار ۰/۲۵گرم از نمونه برگ تازه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا به‌صورت محلول یکنواختی درآمد، سپس نمونه‌ها در لوله‌های فالکون ۲۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۰ دقیقه با ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند، در مرحله‌ی بعد میزان جذب نور محلول روئی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Spectrometer PG T80

UV/VIS InstrumentsI Ltd در طول موج‌های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵، ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. در نهایت غلظت کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (۱۳).

کلروفیل کل (mg/g Fw) = [8/02 (OD663) + [20/2 (OD645)] × [V/1000×W]

کاروتنوئید (mg/g Fw) = [7.6 (OD480) - 1.49(OD510)]×[V/1000×W]

که در این روابط OD قرائت دستگاه، V حجم استون مصرف شده (۱۰میلی‌لیتر) و W وزن نمونه مورد استفاده (۰/۲۵ گرم) بود.

در نهایت گیاهان از محل طوقه قطع، برگ و ساقه از هم جدا و توزین و پس از خارج کردن ریشه‌ها از خاک، طول سی‌ستم ریشه‌ای و وزن خشک ریشه‌ها محاسبه گردید. طول سیستم ریشه‌ای بر اساس روش (۲۸) اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ۰/۵ گرم از ریشه تازه را برداشته و آن‌را در پتری دیش حاوی مقداری آب ریخته و پتری دیش را روی صفحه شطرنجی با مربع‌هایی به ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ سانتی‌متر قرار داده و تعداد نقاط تلاقی در صفحه شطرنجی توسط ریشه شمارش گردید. سپس با جای‌گذاری تعداد نقاط در فرمول زیر طول ریشه بر حسب سانتی‌متر برای ۰/۵ گرم وزن تر به‌دست آمد.

طول ریشه بر حسب سانتی‌متر = ۰/۳۹۲ × تعداد نقاط تلاقی

داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و با استفاده از آزمون دانکن در قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۱)، در شرایط غیرشور با محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین به‌تنهایی، وزن خشک اندام هوایی حدود ۱۶ درصد افزایش معنی‌داری یافت، ولی مصرف به‌تنهایی روی تاثیری بر وزن خشک اندام هوایی نداشت. اما هنگامی‌که محیط کشت شور شد (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک) هم بنزیل‌آدنین و هم عنصر روی (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) به‌تنهایی، باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید که در این میان بنزیل‌آدنین تاثیر مثبتی بر پارامتر مذکور گذاشت و وزن خشک اندام هوایی را ۴۷ درصد افزایش داد. هم‌چنین در شرایط غیر شور بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی با مصرف توأمان تیمارهای بنزیل-

آدنین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و روی به‌دست آمد که این دست‌آورد در شرایطی که محیط با ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک شور شد نیز رخ داد.

جدول ۱- تاثیر کاربرد روی، بنزیل‌آدنین و شوری بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) دانهال‌های پسته.

روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم در لیتر)	شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)		
		۰	۱۲۰۰	۲۴۰۰
۰	۰	۴/۴۰^{de*}	۲/۶۷^{kl}	۲/۴۹^{l}
	۵۰	۴/۶۱^{cd}	۴/۰۱^{dg}	۳/۵۶^{gi}
	۱۰۰	۵/۱۱^{bc}	۳/۳۳^{hi}	۳/۶۶^{fi}
۵	۰	۴/۴۷^{d}	۳/۷۹^{eh}	۲/۸^{jl}
	۵۰	۵/۱۲^{bc}	۴/۰۷^{dg}	۳/۷۳^{fh}
	۱۰۰	۵/۷۸^{a}	۴/۴۹^{d}	۳/۷۴^{fh}
۱۰	۰	۴/۶۱^{cd}	۴/۰۲^{dg}	۳/۱۵^{hk}
	۵۰	۵/۵۸^{ab}	۴/۲۳^{df}	۳/۰۴^{il}
	۱۰۰	۶/۰۸^{a}	۳/۷۲^{fh}	۳/۴۸^{gi}

* هر عدد میانگین ۳ گلدان می‌باشد.

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

جدول۲- تاثیر کاربرد روی و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک ریشه دانهال‌های پسته.

سطوح روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)	سطوح بنزیل آدنین (میلی‌گرم در لیتر)			میانگین
	۰	۵۰	۱۰۰	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)			
۰	۳/۰۱^{e*}	۳/۵۸^{cd}	۳/۸۲^{bd}	۳/۴۷C
۵	۳/۴۰^{de}	۳/۶۵^{cd}	۴/۰۹^{ab}	۳/۷۱B
۱۰	۳/۴۱^{de}	۳/۹۱^{ac}	۴/۳۳^{a}	۳/۸۸A

* هر عدد میانگین۳ گلدان می‌باشد.

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

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سطوح مختلف شوری و هم‌چنین برهم‌کنش روی با بنزیل‌آدنین بر وزن خشک ریشه معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهم‌کنش روی و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک ریشه نشان داد (جدول ۲)، با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و عدم کاربرد روی، وزن خشک ریشه ۲۶ درصد افزایش یافت، در حالی‌که مصرف روی به‌تنهایی تاثیری بر وزن خشک ریشه نداشت. با این وجود، مصرف توأمان ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، باعث افزایش ۴۳ درصدی وزن خشک ریشه گردید. در نتیجه مصرف توأمان این دو تیمار نسبت به اعمال جداگانه آن‌ها بر این پارامتر تأثیر بیشتری داشت.

پژوهش‌گران اعلام کردند که با افزایش شوری، وزن خشک اندام هوایی و ریشه پسته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که در شوری‌های ۸۰۰، ۱۶۰۰، ۲۴۰۰ و ۳۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، میانگین وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۳۰، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد و میانگین وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۱۱، ۴۱، ۵۲ و ۷۳ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد (۲۲). در تحقیقی بر روی گیاه پسته مشخص شد که با مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین، وزن خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۹۳ و ۱۲۵ درصد و وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۷۵ و ۸۶ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار یافت. به‌عبارت دیگر، مصرف بنزیل‌آدنین هم در شرایط شور و هم غیرشور وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته را افزایش داد، اما تاثیر بنزیل‌آدنین در شرایط شور نزدیک به دو برابر شرایط غیرشور بود (۳). در پژوهشی با افزایش مصرف روی به ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی افزایش معنی‌داری حاصل نمود (حدود ۲۰ درصد)، اما با افزایش میزان روی به ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تغییر معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده نشد، که احتمالا به‌دلیل به‌هم خوردن تعادل عناصر غذایی، مخصوصا عناصر کم مصرف می‌باشد (۷). از آن‌جایی‌که سیتوکینین‌ها در آوند چوبی از ریشه به اندام هوایی و در آوند آبکش از اندام هوایی به ریشه‌ها منتقل می‌شوند (۱۴) بنابراین بنزیل‌آدنین در شرایط شور و غیرشور از طریق تشکیل و گسترش ریشه‌ها موجب افزایش وزن خشک این پارامتر گردید. احتمالا افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه پسته در شرایط شور نسبت به شاهد با مصرف بنزیل‌آدنین، گویای این است که کاربرد هورمون‌های گیاهی، کارایی جذب، نگه‌داری و مصرف آب را در گیاهان افزایش می‌دهند و موجب افزایش سریع تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و تجمع واحدهای ساختمانی می‌شوند (۳۱).

طول سیستم ریشه‌ای

با توجه به نتایج تجزیه واریانس برهم‌کنش شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر طول سیستم ریشه‌ای معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳)، در شرایط غیرشور، با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، طول

سیستم ریشه‌ای ۲۴ درصد افزایش یافت، ولی هنگامی‌که محیط شور شد (۱۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، این افزایش به ۳۶ درصد رسید. در حالی‌که در شرایط غیر شور مصرف بنزیل‌آدنین به‌تنهایی تاثیری بر این پارامتر نداشت، ولی در شرایط شور (۱۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، نزدیک به ۶۰ درصد باعث افزایش طول سیستم ریشه‌ای گردید. با این حال، بیشترین طول سیستم ریشه‌ای دانهال‌های پسته مربوط به مصرف توأمان بالاترین سطوح تیمارهای روی و بنزیل‌آدنین بود، بدین صورت که در شرایطی که محیط کشت با ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک شور شد، طول سیستم ریشه‌ای به‌ترتیب ۶۶ و ۴۷ درصد نسبت به شاهد (در همان سطح شوری) افزایش حاصل نمود.

رضوی‌نسب و همکاران (۶) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که با افزایش شوری طول ریشه و به‌دنبال آن چگالی ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این محققین بیان کردند که شوری با تاثیر سوء بر شرایط خاک و رشد ریشه، باعث کاهش طول ریشه و در نتیجه چگالی آن گردید. در گزارشی دیگر آمده است که با افزایش شوری، طول ریشه و به دنبال آن چگالی ریشه پسته، به‌طورمعنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که در سطوح ۱۶۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، به‌ترتیب ۳۳ و ۷۷ درصد طول ریشه نسبت به شاهد کاهش نشان داد (۵). در پژوهشی که بر روی گیاه پسته انجام شد، کاربرد بنزیل‌آدنین، تاثیر مثبت بر طول سیستم ریشه‌ای داشت، به‌گونه‌ای که با مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، طول سیستم ریشه‌ای به‌ترتیب ۴۹ و ۸۶ درصد افزایش یافت (۲).

جدول ۳- تاثیر برهمکنش روی، بنزیل‌آدنین و شوری بر طول سیستم ریشه‌ای دانهال‌های پسته.

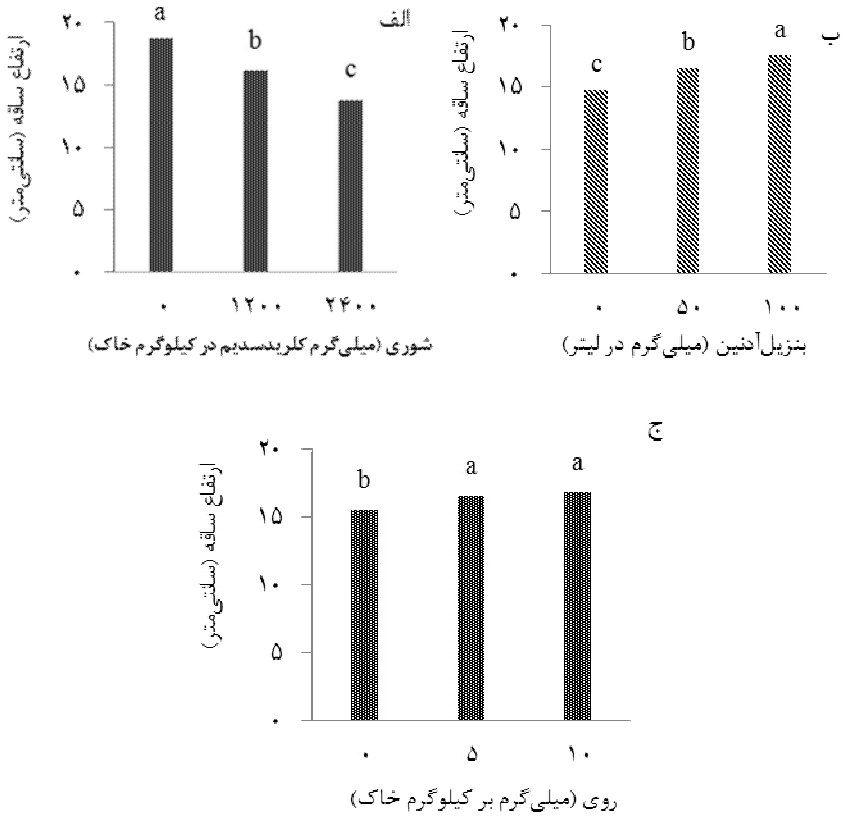
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم در لیتر)	شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)		
		۰	۱۲۰۰	۲۴۰۰
۰	۰	۹۶۵^{e*}	۴۸۷^{ln}	۴۳۷^{n}
	۵۰	۱۰۵۷^{e}	۶۶۲^{gj}	۵۴۷^{jn}
	۱۰۰	۱۰۷۹^{de}	۷۷۶^{fg}	۵۶۵^{jn}
۵	۰	۸۳۵^{f}	۶۰۳^{im}	۴۷۱^{mn}
	۵۰	۱۱۸۹^{d}	۷۱۸^{fi}	۶۰۷^{il}
	۱۰۰	۱۴۵۵^{b}	۸۰۷^{f}	۶۲۷^{ik}
۱۰	۰	۱۲۰۰^{d}	۶۶۳^{gj}	۴۹۵^{kn}
	۵۰	۱۳۳۳^{c}	۷۶۱^{fh}	۵۲۷^{jn}
	۱۰۰	۱۶۱۷^{a}	۸۱۱^{f}	۶۴۲^{hj}

*: هر عدد میانگین ۳گلدان می‌باشد.

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

ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر معنی‌دار بودن تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر ارتفاع ساقه پسته است. نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که با مصرف ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، ارتفاع ساقه ۲۵ درصد کاهش یافت (شکل۱- الف). هم‌چنین نتایج مربوط به تاثیر بنزیل‌آدنین بر ارتفاع ساقه حاکی از آن است که با افزایش بنزیل‌آدنین، ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع ساقه با کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، به‌ترتیب ۱۲ و ۱۸ درصد (شکل ۱- ب) و هم‌چنین با مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱- ج).



شکل ۱- تاثیر تیمار شوری (الف) و بنزیل‌آدنین (ب) روی (ج) بر ارتفاع ساقه دانهال‌های پسته.

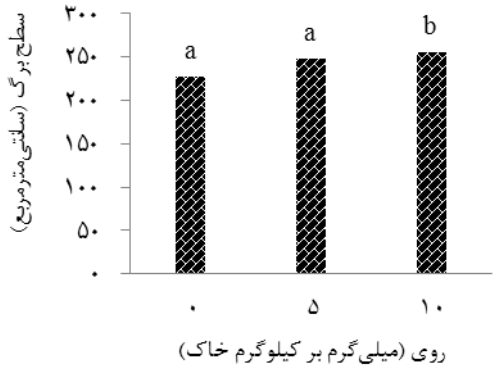
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

خلیل‌پور (۲) گزارش کرد که با افزایش شوری به محیط کشت، ارتفاع ساقه کاهش یافت در عین حال با محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در همان محیط شور، فقط ۴/۵ درصد ارتفاع ساقه افزایش یافت. شهریاری‌پور (۷) در تحقیقی روی پسته نشان داد که با کاربرد روی به‌میزان ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش یافت. این تحقیق هم‌چنین نشان داد که در تمام سطوح شوری با کاربرد ۱۰ میلی-گرم روی بر کیلوگرم خاک ارتفاع ساقه نسبت به شاهد افزایش یافت.

سطح برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، سطح برگ تحت تاثیر معنی‌دار روی و برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین قرار گرفت. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، سطح برگ نسبت به شاهد ۱۲ درصد با افزایش معنی‌دار روبرو شد.

هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد(جدول ۴)، علی‌رغم این‌که با افزایش شوری (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، کاهش ۶۸ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد مشاهده شد، اما با محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در همان سطح شوری، این کاهش به ۵۰ درصد رسید. به‌عبارت دیگر، محلول‌پاشی بنزیل‌آدنین باعث افزایش ۱۲ درصدی سطح برگ در شرایط تنش شوری گردید.



شکل ۲- تاثیر تیمار روی بر سطح برگ دانهال‌های پسته.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- تاثیر برهمکنش شوری و بنزیل آدنین بر سطح برگ دانهال‌های پسته.

بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم در لیتر)	سطوح شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)			میانگین
	۰	۱۲۰۰	۲۴۰۰	
	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)			
۰	۳۱۲^{bc*}	۱۹۸^{e}	۱۲۰^{g}	۲۱۰/۲۹C
۵۰	۳۲۹^{ab}	۲۵۶^{d}	۱۵۵^{f}	۲۴۶/۷۷B
۱۰۰	۳۴۶^{a}	۲۹۶^{c}	۱۷۳^{f}	۲۷۱/۷۷A

* هر عدد میانگین ۳ گلدان می‌باشد.

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

ولکمار و همکاران (۳۲) اثرات شوری بر رشد سلول‌ها را مورد بررسی و اعلام نمودند که رشد سلول‌های برگ با افزایش میزان شوری کاهش می‌یابد. این محققین علت این کاهش را هزینه سلول‌ها در تولید و تجمع مواد تنظیم کننده پتانسیل اسمزی دانستند. این مصرف انرژی باعث می‌شود که سلول‌ها برای تقسیم شدن انرژی کمتری دریافت کنند و رشدشان کاهش یابد. نتایج مشابهی توسط فرگوسن و همکاران (۲۳) در مورد پسته گزارش شده است. از آن‌جایی‌که مهم‌ترین اثر سیتوکینین‌ها بر روی گیاهان کنترل تقسیم سلولی می‌باشد، به‌نظر می‌رسد مصرف بنزیل‌آدنین با تحریک تقسیم سلولی موجب اتساع و کشیدگی سلول‌ها شده و سطح برگ دانهال‌های پسته را افزایش داده است (۳). علاوه بر این بنزیل‌آدنین به‌طور مستقیم از طریق تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول می‌تواند باعث افزایش سطح برگ شود، در نتیجه به‌طور غیر مستقیم به‌عنوان یک مقصد قوی با جذب عناصر نیز در افزایش رشد رویشی شاخه و سطح برگ می‌تواند موثر باشد (۱۰).

رنگیزه‌های گیاهی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد (جدول ۵)، که در شرایط غیرشور، کاربرد به‌تنهایی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، به‌ترتیب ۱۲ و ۲۵ درصد و هم‌چنین کاربرد به‌تنهایی ۵ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک ، غلظت کلروفیل کل را ۱۰ درصد افزایش داد، در حالی‌که در شرایط شور (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، کاربرد به‌تنهایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین یا ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، غلظت کلروفیل کل را

به‌ترتیب ۴۴ و ۴۳ درصد افزایش داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایط غیرشور، بیشترین غلظت کلروفیل کل مربوط به مصرف توأمان ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و در شرایط شور، مربوط به مصرف ۵ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین می‌باشد.

هم‌چنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، در شرایط غیرشور، مصرف به‌تنهایی بنزیل‌آدنین و عنصر روی تاثیر معنی‌داری بر غلظت کاروتنوئیدها نداشت، اما هنگامی‌که محیط کشت شور شد (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، با مصرف به‌تنهایی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، غلظت کاروتنوئیدها به‌ترتیب ۴۲ و ۲۶ درصد افزایش یافت. همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۵)، در شرایط غیرشور و شور بیشترین غلظت کاروتنوئیدها مربوط به مصرف توأمان تیمارهای روی و بنزیل‌آدنین می‌باشد، به‌صورت‌ی‌که در شرایط شور، مصرف توأمان ۵ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، غلظت کاروتنوئیدها نسبت به شاهد ۴۷ درصد افزایش یافت.

در اثر تنش شوری به‌دلیل افزایش کلروفیلاز، غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد (۲۱). کریمی و همکاران (۲۴) در تحقیقی بر روی گیاه پسته دریافتند که با افزایش شوری، غلظت کلروفیل کل کاهش یافت. کاهش غلظت کلروفیل در واحد سطح، ممکن است به‌دلیل تغییر متابولیسم نیتروژن در رابطه با ساخت ترکیباتی نظیر پرولین باشد که در تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود (۲۰). اشرف (۱۵) به این نتیجه رسید که تاثیر شوری بر میزان کلروفیل، با متوقف کردن آنزیم خاصی که مسئول سنتز رنگدانه‌های سبز در گیاه می‌باشد در ارتباط است و با افزایش مقدار شوری، میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. طی پژوهش‌های انجام شده، ثابت شده است که بنزیل آدنین باعث کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و در نتیجه تأخیر در تجزیهٔ کلروفیل می‌شود (۱۸). خلیل‌پور و مظفری (۵) در پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند که در اثر افزایش شوری، غلظت کلروفیل a، b و کل کاهش یافت، لیکن با مصرف بنزیل‌آدنین از کاهش این پارامترها جلوگیری شد. کایا و هیگس (۲۵) بیان کردند که روی به‌طور مستقیم بر تشکیل کلروفیل مؤثر نیست، اما می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی درگیر در تشکیل کلروفیل یا عناصری که قسمتی از مولکول کلروفیل هستند مانند آهن و منیزیم مؤثر باشد. کاروتنوئیدها جزء رنگیزه‌های کمکی فتوسنتز هستند و زمانی فعال می‌شوند که نور جذب شده بیشتر از نیاز فتوسنتزی گیاه باشد. در تحقیقی گزارش شد که با کاربرد ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین نسبت به شاهد، ۳۸ درصد محتوای کلروفیل کل و ۳۲ درصد محتوای کارتنوئیدها افزایش یافت (۲).

جدول ۵: تاثیر برهمکنش شوری، بنزیل آدنین و روی بر کلروفیل کل و کاروتنوئید دانهال‌های پسته.

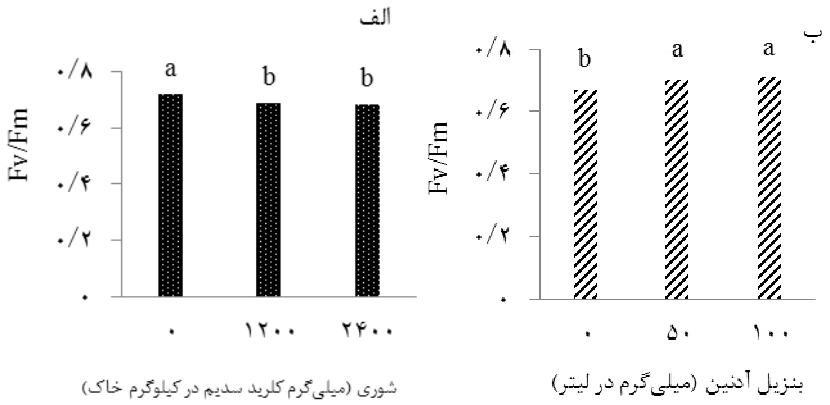
روی (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	بنزیل آدنین (میلی‌گرم درلیتر)	شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)		
		۰	۱۲۰۰	۲۴۰۰
		غلظت کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)		
۰	۰	۲/۰۴^{eg*}	۱/۳۴^{kl}	۰/۸۰۶^{m}
۰	۵۰	۲/۳۰^{cd}	۲/۴۵^{bc}	۱/۴۳^{kl}
۰	۱۰۰	۲/۵۶^{b}	۱/۸۶^{fi}	۱/۴۲^{kl}
۵	۰	۲/۰۸^{df}	۱/۸۵^{fi}	۱/۲۱^{l}
۵	۵۰	۲/۵۲^{bc}	۱/۸۲^{gi}	۱/۵۳^{jk}
۵	۱۰۰	۲/۶۸^{ab}	۱/۸۵^{fi}	۱/۷۴^{hj}
۱۰	۰	۲/۱۶^{de}	۱/۹۸^{eh}	۱/۲۷^{l}
۱۰	۵۰	۲/۶۸^{ab}	۱/۹۳^{ei}	۱/۳۲^{kl}
۱۰	۱۰۰	۲/۸۹^{a}	۲/۰۶^{dg}	۱/۶۹^{ij}
		غلظت کاروتنوئیدها (میلی‌گرم در گرم وزن تر)		
۰	۰	۰/۹۷^{bc*}	۰/۵۲^{no}	۰/۴۱^{o}
۰	۵۰	۰/۹۱^{ce}	۰/۸۱^{dg}	۰/۷^{im}
۰	۱۰۰	۱/۰۴^{ab}	۰/۷۷^{jk}	۰/۷۱^{im}
۵	۰	۰/۹۱^{be}	۰/۷۸^{gj}	۰/۶۶^{km}
۵	۵۰	۰/۹۸^{bc}	۰/۷۴^{hl}	۰/۷۰^{jm}
۵	۱۰۰	۱/۱۱^{a}	۰/۸۲^{dg}	۰/۷۸^{gj}
۱۰	۰	۰/۹۳^{bd}	۰/۷۹^{gj}	۰/۵۶^{lm}
۱۰	۵۰	۱/۱۴^{a}	۰/۸۱^{dg}	۰/۶۳^{mn}
۱۰	۱۰۰	۱/۱۰^{a}	۰/۸۶^{cf}	۰/۷۷^{gk}

* هر عدد میانگین ۳ گلدان می‌باشد.

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

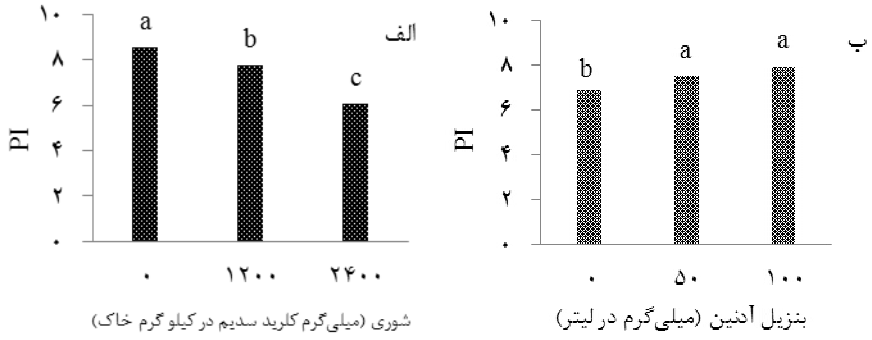
فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm)

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر معنی‌دار بودن تاثیر تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر نسبت Fv/Fm است. همان‌طور که در شکل (۳- الف) مشاهده می‌شود، با مصرف ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، نسبت Fv/Fm، ۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. درحالی‌که با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، نسبت Fv/Fm از ۴ به ۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳- ب).



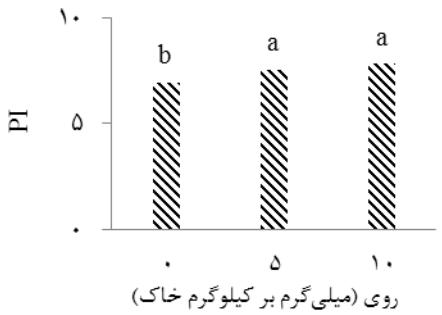
شکل ۳- تاثیر تیمار شوری (الف) و بنزیل‌آدنین (ب) بر نسبت Fv/Fm دانهال‌های پسته.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۴- تاثیر تیمار شوری (الف) و بنزیل‌آدنین (ب) بر میزان شاخص فتوسنتز (PI) دانهال‌های پسته.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۵- تاثیر تیمار روی بر میزان شاخص فتوسنتز (PI) دانهال‌های پسته.

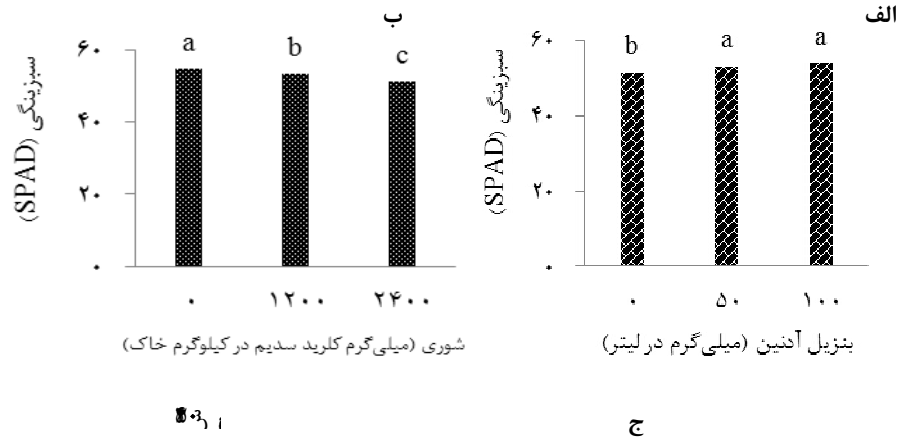
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس شاخص فتوسنتز (PI) نشان دهنده این است که تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر این شاخص معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین‌ها شکل (۴- الف) نشان داد که با مصرف ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، شاخص فتوسنتز (PI) به‌ترتیب ۹ و ۲۹ درصد کاهش یافت، در حالی‌که با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، میزان این شاخص نسبت به شاهد ۱۵ درصد افزایش یافت (شکل ۴- ب). در رابطه با تاثیر روی بر میزان شاخص فتوسنتز (PI) همان‌طور که مشاهده می‌شود، مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک، میزان این شاخص را ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۵).

کاهش در پارامتر فلورسانس کلروفیل به‌عنوان شاخصی از تخریب سیستم گیرنده نور در کلروپلاست مطرح گردیده است، مقدار Fv/Fm در شرایط عادی در یک برگ سالم ۰/۸ است و نشان دهنده تمامیت غشا تیلاکوئیدی و عملکرد نسبی انتقال الکترون از فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌باشد و با تنش کاهش می‌یابد (۲۹). کاهش در پارامتر فلورسانس کلروفیل، تحت تنش شوری می‌تواند به‌دلیل تخریب کلروپلاست به‌خصوص غشای تیلاکوئید باشد (۲۷).

سبزینگی (SPAD)

نتایج تجزیه واریانس بیان‌گر معنی‌دار بودن تاثیر تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و روی بر میزان سبزینگی است. همان‌طور که در شکل (۶- الف) مشاهده می‌شود، با مصرف۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، میزان سبزینگی نسبت به شاهد ۹ و ۶ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین (شکل ۶- ب)، و ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک (شکل ۶- ج)، میزان سبزینگی را به‌ترتیب ۴ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.



شکل ۶- تاثیر تیمار شوری (الف)، بنزیل‌آدنین (ب) و روی (ج) بر میزان سبزینگی دانهال‌های پسته.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

گزارش‌هایی وجود دارد که بنزیل‌آدنین باعث افزایش میزان نرخ فتوسنتز و کاهش تنفس می‌شود که گواه خوبی بر قرار گرفتن الکترون‌ها در مسیر فتوشیمیایی و افزایش Fv/Fm است (۱). در پژوهشی که توسط مظفری (۱۱) بر روی دانهال‌های پسته انجام گرفت، مشخص گردید که با مصرف ۱۰ میلی‌گرم روی، میزان فتوسنتز تا حدود ۴۰ درصد نسبت به شاهد (سطح صفر روی) افزایش یافت. هم‌چنین اثرات 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 ۰ و یا ۲۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک 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 داده و از کاهش زیاد فتوسنتز بکاهد.

اشرف (۱۵) به این نتیجه رسید که تاثیر شوری بر میزان سبزینگی با متوقف کردن آنزیم خاصی که مسئول سنتز رنگدانه‌های سبز در گیاه می‌باشد در ارتباط است. در تحقیقی که بر روی گیاه پسته انجام شد، مشخص گردید که با کاربرد روی، سبزینگی افزایش پیدا کرد (۴). روی می‌تواند موجب افزایش میزان کلروفیل شود یا به‌عبارتی از کاهش

شدید کلروفیل جلوگیری کند. در نتیجه این امر سبب جلوگیری از کاهش فتوسنتز در اثر کاهش سبزینگی و رشد گیاه می‌شود (۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تمامی پارامترهای مورفولوژیکی و اکوفیزیولوژیکی مورد اندازه‌گیری تحت تاثیر منفی تنش شوری قرار گرفتند. تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار پارامترهای رشدی (وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، طول سیستم ریشه‌ای، ارتفاع ساقه و سطح برگ)، نسبت Fv/Fm، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، کاروتنوئیدها، PI و سبزینگی شد. هم‌چنین مصرف به‌تنهایی و یا توامان بنزیل‌آدنین و روی از طریق بهبود پارامترهای رویشی و فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد دانهال‌های پسته گردید.

منابع

۱- اسماعیلی‌زاده، م.، پور رجبی‌نژاد، م.، کریمی، ح. و محمدی، ع. ۱۳۹۲. اثر کاربرد بنزیل‌آدنین و حذف آبیاری زمستان بر ویژگی‌های درخت و میوهٔ پستهٔ کله قوچی. مجله به‌زراعی کشاورزی، دانشگاه تهران. دوره ۱۵، شماره ۳، صفحه ۱۸۶-۱۷۱.

۲- خلیل‌پور، م. ۱۳۹۳. تاثیر نیتروژن، شوری و بنزیل‌آدنین بر رشد و ترکیب شیمیایی دانهال‌های پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۳- خلیل‌پور، م. و مظفری، و. ۱۳۹۲. تأثیر بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر برخی پارامترهای رویشی و فیزیولوژیکی پسته در شرایط شور. مجموعه مقالات سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- داوری نژاد، غ.، عزیزی، م. و آخرتی، م. ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی برخی از عناصر غذایی بر خصوصیات کمی، کیفی و سال آوری درختان پسته. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲، (شماره‌ی ۲)، ۱۰-۱.

۵- رضوی‌نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و دشتی، ح. ۱۳۹۰. تأثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مرفولوژی نهال‌های پسته. مجله به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۳، (شماره‌ی ۱)، ۳۱-۴۲.

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

۷- شهریاری‌پور، ر. ۱۳۸۶. تأثیر فسفر، روی و شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۸- طالبی، م.، مظفری، و. و تاج‌آبادی‌پور، ا. ۱۳۸۸. پاسخ دانهال‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera* cv. Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلریدسدیم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، (شماره۲)، ۱۶۱-۱۴۹.

۹- عابدی باباعربی، س.، موحدی دهنوی، م.، یدوی، ع. و ادهمی، ا. ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی روی و پتاسیم بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی جلد ۴ (شماره ۱)، ۹۵-۷۵.

۱۰- کیاچهارباغی، س.، ورزان، س.، مرادی، ف و سام دلیری، م. ۱۳۸۹. اثر مصرف خارجی اسیدآبسزیک و سیتوکینین بر گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله پژوهش در علوم زراعی، جلد ۱۰، ۵۹-۴۵.

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

12- Alpaslan, M., Inal, A., Gunes, A., Cikili, Y. and Ozcan, H. 1999. Effect of zinc treatment on the alleviation of sodium and chloride injury in tomato (*Lycopersicum esculentum* (L.) Mill. cv. Lale) grown under salinity. Turkish Journal of Botany, 23(1): 1-6.

13- Arnon, D. I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant physiology, 24(1), p.1.

14- Arshad, M. and Frankenberger, W. T. 1997. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. Advances in agronomy, 62(3): 45-151.

15- Ashraf, M. Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. 2005. Role of the rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. Agronomy for sustainable development, 25(2): 243-249.

16- Barciszewski J, Siboska G, Rattanand SIS, Clark BFC. 2000. Occurrence, biosynthesis and properties of kinetin (N6-furfuryladenine). Plant Growth Regulation, 32: 257–265.

17- Cakmak, I., 2000. Tansley Review No. 111. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist: 185-205.

18- Costa, M. L., Civello, P. M., Chaves, A. R. and Martinez, G. A. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 C. Postharvest Biology and Technology, 35(2): 191-199.

19- Criado, M. V., Caputo, C., Roberts, I. N., Castro, M. A. and Barneix, A. J. 2009. Cytokinin-induced changes of nitrogen remobilization and chloroplast ultrastructure in wheat (*Triticum aestivum*). Journal of plant physiology, 166(16): 1775-1785.

20- De La Rosa-Ibarra, M. and Maiti, R. K. 1995. Biochemical mechanism in glossy sorghum lines for resistance to salinity stress. Journal of plant physiology, 146(4): 515-519.

21- Dubey, R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. PP. 859-875. In: M. Pessarakli (Ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker Publ., NewYork.

22- Eskandari, S. Mozaffari, V. 2014. Interactive effect of soil salinity and copper application on growth and chemical composition of pistachio seedlings (cv. badami). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45(5): 688–702.

23- Ferguson, L., Poss, J. A., Grattan, S. R., Grieve, C. M., Wang, D., Wilson, C., Donovan, T. J. and Chao, C.T. 2002. Pistachio rootstocks influence scion growth and ion relations under salinity and boron stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 127(2): 194-199.

24- Karimi, S., Rahemi, M., Maftoun, M. and Tavallali, V. 2009. Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia Vera* L.) rootstocks. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(3): 1630-1639.

25- Kaya, C., and Higgs, D. 2002. Response of tomato (*Lycopersicom esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Horticultural Science, 93: 53-64.

26- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants.2^{ed}. Academic press, London, U.K.

27- Maxwell, K. and Johnson, G. N., 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of experimental botany, 51(345): 659-668.

28- Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. Journal of applied Ecology, 139-145.

29- Oyetunji, O. J., I. J. Ekanayake, and O. Osonubi. 2007. "Chlorophyll fluorescence analysis for assessing water deficit and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation in cassava (*Manihot esculenta* Crantz)." Advances in Biology Research, 1(4): 108-117.

30- Soliemanzadeh A, Mozafari V, Tajabadipour A, Akhgar A. 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(1): 19-34, 2013.

31- Sopher, C. r., Krol, M., Huner, N. P., Moor, A. E. and Flectcher, R. A. 1999. Chloroplastic changes associated with paclobutrazol induced stress protection in Maize seedling. Canadian J ournal of Botany, 77: 290-297.

32- Volkmar, K. M., Hu, Y. and Steppuhn, H. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. Canadian Journal of Plant Science, 78: 19-27.