

تأثیر عنصر روی و سیتوکینین بر برخی پارامترهای رویشی و اکوفیزیولوژیکی دانهال‌های

پسته در شرایط شور

وحید مظفری^{*}، عاطفه خورشیدی جلالی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۲۲

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر روی، بنزیل‌آدنین و شوری بر برخی از خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته، یک آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت 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 زرد 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 سبزیگی برگ را نیز کاهش داد. لیکن مصرف توآمان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین و ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک، مقدار این پارامترها را با افزایش مواجه ساخت، به گونه‌ای که وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و طول سیستم ریشه‌ای را به ترتیب ۳۹، ۴۳ و ۳۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد، در شرایط شور، مصرف بنزیل‌آدنین و روی به تنهایی و یا توآمان از طریق بهبود پارامترهای رویشی و فتوسنتزی، عملکرد گیاه پسته را در شرایط تنش شوری بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: بنزیل‌آدنین، سبزیگی، 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، درباره 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 کلیایی و درصد بالای آهن، 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 فعال‌کننده 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 تنظیم‌کننده‌های 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 ویژه‌ای برخوردار است، تلاش در جهت کاربرد عناصر و ترکیباتی است که در شرایط شور، عملکرد گیاه پسته را افزایش دهد، لذا در این پژوهش تأثیر هورمون سیتوکینین (بنزیل‌آدنین) و عنصر روی بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های پسته رقم بادامی ریز زرنده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً 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 در کیلوگرم خاک) و بنزیل‌آدنین (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. بذره‌های 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 کج‌دال (۰/۱۶ درصد)، درصد کربن آلی (۰/۴۰ درصد)، ظرفیت زراعی (۲۵ درصد)، 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 عصاره‌گیری شده با استات آمونیم (۳۸۱ میلی گرم بر کیلو گرم)، و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده (به ترتیب ۰/۰، ۱/۸۲، ۰/۰، ۸۶/۵۸، 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 دانه‌ها)، 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 کارتنوئیدها از برگ‌های بالغ نمونه‌گیری و با استون عصاره‌گیری شد، بدین ترتیب که مقدار ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ تازه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد تا به‌صورت محلول یکنواختی درآید، سپس نمونه‌ها در لوله‌های فالكون 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 Instruments I 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).

$$\text{کلروفیل کل (mg/g Fw)} = [8/02 (\text{OD}663) + [20/2 (\text{OD}645)] \times [V/1000 \times W]$$

$$\text{کاروتنوئید (mg/g Fw)} = [7.6 (\text{OD}480) - 1.49(\text{OD}510)] \times [V/1000 \times W]$$

که در این روابط OD قرائت دستگاه، V حجم استون مصرف شده (۱۰ میلی‌لیتر) 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 آن را 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 به دست آمد.

$$\text{تعداد نقاط تلاقی} \times ۰/۳۹۲ = \text{طول ریشه بر حسب سانتی‌متر}$$

داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و با استفاده از آزمون دانکن در قالب طرح فاکتوریل کاملاً 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 هنگامی که محیط کشت شور شد (۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم 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-

آذنین (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، بنزیل‌آذنین و شوری بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) دانهال‌های پسته.

شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)			بنزیل‌آذنین (میلی‌گرم در لیتر)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)
۲۴۰۰	۱۲۰۰	.		
۲/۴۹ ^l	۲/۶۷ ^{kl}	۴/۴۰ ^{de*}	.	.
۳/۵۶ ^{gi}	۴/۰۱ ^{dg}	۴/۶۱ ^{cd}	۵۰	.
۳/۶۶ ^{fi}	۳/۳۳ ^{hi}	۵/۱۱ ^{bc}	۱۰۰	.
۲/۸۱ ^l	۳/۷۹ ^{eh}	۴/۴۷ ^d	.	.
۳/۷۳ ^{fh}	۴/۰۷ ^{dg}	۵/۱۲ ^{bc}	۵۰	۵
۳/۷۴ ^{fh}	۴/۴۹ ^d	۵/۷۸ ^a	۱۰۰	.
۳/۱۵ ^{hk}	۴/۰۲ ^{dg}	۴/۶۱ ^{cd}	.	.
۳/۰۴ ^{il}	۴/۲۳ ^{df}	۵/۵۸ ^{ab}	۵۰	۱۰
۳/۴۸ ^{gi}	۳/۷۲ ^{fh}	۶/۰۸ ^a	۱۰۰	.

* هر عدد میانگین ۳ گلدان می‌باشد.

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

جدول ۲- تاثیر کاربرد روی و بنزیل‌آذنین بر وزن خشک ریشه دانهال‌های پسته.

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

* هر عدد میانگین ۳ 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 توآمان ۱۰ میلی‌گرم روی بر کیلوگرم خاک و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، باعث افزایش ۴۳ درصدی وزن خشک ریشه گردید. در نتیجه مصرف توآمان 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 کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، میانگین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۳۰، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد و میانگین وزن خشک ریشه به ترتیب 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 بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۹۳ و ۱۲۵ درصد و وزن خشک ریشه به ترتیب 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 دانه‌های پسته را افزایش داد، اما تأثیر 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 احتمالاً به‌دلیل به‌هم خوردن تعادل عناصر غذایی، مخصوصاً 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. احتمالاً 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 ریشه‌های ۲۴ درصد افزایش یافت، ولی هنگامی که محیط شور شد (۱۲۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، این افزایش به ۳۶ درصد رسید. در حالی که 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 دانه‌های پسته مربوط به مصرف توآمان 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 به‌دنبال آن چگالی ریشه پسته، به‌طور معنی‌داری 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 دانه‌های پسته.

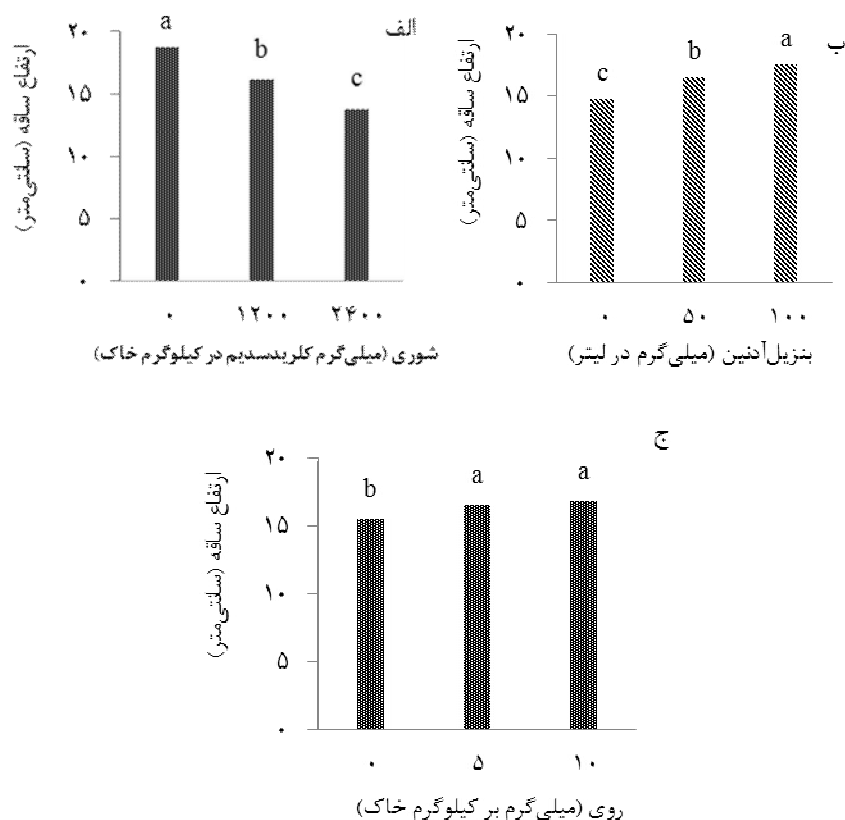
شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)				
۲۴۰۰	۱۲۰۰	۰	بنزیل‌آدنین (میلی‌گرم در لیتر)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)
۴۳۷ ^{ln}	۴۸۷ ^{ln}	۹۶۵ ^{e*}	۰	۰
۵۴۷ ^{jn}	۶۶۳ ^{gj}	۱۰۵۷ ^e	۵۰	۰
۵۶۵ ^{jn}	۷۷۶ ^{fg}	۱۰۷۹ ^{de}	۱۰۰	۰
۴۷۱ ^{mn}	۶۰۳ ^{im}	۸۳۵ ^f	۰	۰
۶۰۷ ^{il}	۷۱۸ ^{fi}	۱۱۸۹ ^d	۵۰	۵
۶۲۷ ^{ik}	۸۰۷ ^f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

* هر عدد میانگین ۳ کلدان 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 (شکل ۱-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، به ترتیب 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 دانه‌های پسته.

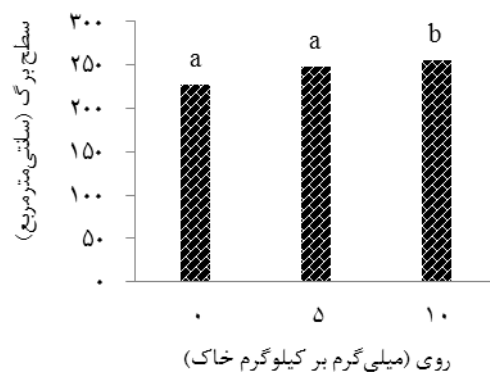
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

خلیل پور (۲) گزارش کرد که با افزایش شوری به محیط کشت، ارتفاع ساقه کاهش یافت در عین حال با محلول پاشی ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بنزیل آدنین در همان محیط شور، فقط ۴/۵ درصد ارتفاع ساقه افزایش یافت. شهریاری پور (۷) در تحقیقی روی پسته نشان داد که با کاربرد روی به میزان ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش یافت. این تحقیق هم چنین 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 معنی دار روی و برهم کنش شوری و بنزیل آدنین قرار گرفت. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، با مصرف ۱۰ میلی گرم روی بر کیلوگرم خاک، سطح برگ نسبت به شاهد ۱۲ درصد با افزایش معنی دار روبرو شد.

هم چنین نتایج مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد (جدول ۴)، علی رغم این که با افزایش شوری (۲۴۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، کاهش ۶۸ درصدی سطح برگ نسبت به شاهد مشاهده شد، اما با محلول پاشی ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بنزیل آدنین در همان سطح شوری، این کاهش به ۵۰ درصد رسید. به عبارت دیگر، محلول پاشی بنزیل آدنین باعث افزایش ۱۲ درصدی سطح برگ در شرایط تنش شوری گردید.



شکل ۲- تاثیر تیمار روی بر سطح برگ دانه های پسته.

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

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

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

* 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 آنجایی که مهم‌ترین اثر سیتوکینین‌ها بر روی گیاهان کنترل تقسیم سلولی می‌باشد، به نظر می‌رسد مصرف بنزیل آدنین با تحریک تقسیم سلولی موجب اتساع و کشیدگی سلول‌ها شده و سطح برگ دانهال‌های پسته را افزایش داده است (۳). علاوه بر این بنزیل آدنین به طور مستقیم از طریق تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول می‌تواند باعث افزایش سطح برگ شود، در نتیجه به طور غیر مستقیم به عنوان 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 میلی گرم در لیتر بنزیل آدنین، به ترتیب ۱۲ و ۲۵ درصد و همچنین کاربرد به‌تنهایی ۵ میلی گرم روی بر کیلوگرم خاک، غلظت کلروفیل کل را ۱۰ درصد افزایش داد، در حالی که در شرایط شور (۲۴۰۰ میلی گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)، کاربرد به‌تنهایی ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بنزیل آدنین یا ۱۰ میلی گرم روی بر کیلوگرم خاک، غلظت کلروفیل کل را

به ترتیب ۴۴ و ۴۳ درصد افزایش داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایط غیرشور، بیشترین غلظت کلروفیل کل مربوط به مصرف توآمان 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 هنگامی که 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 به ترتیب ۴۲ و ۲۶ درصد افزایش یافت. همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۵)، در شرایط غیرشور و شور بیشترین غلظت کاروتنوئیدها مربوط به مصرف توآمان تیمارهای روی و بنزیل‌آدنین می‌باشد، به‌صورتی که در شرایط شور، مصرف توآمان 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 بنزیل‌آدنین باعث کاهش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و در نتیجه تأخیر در تجزیه 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 کاروتنوئیدها افزایش یافت (۲).

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

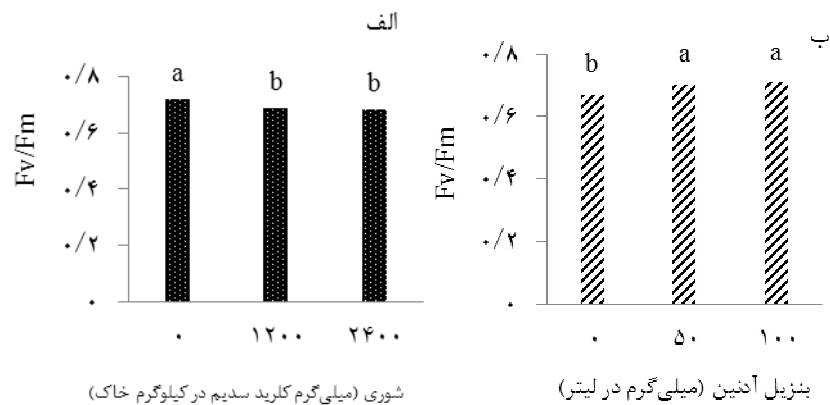
شوری (میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)			بنزیل آدنین (میلی گرم در لیتر)	روی (میلی گرم در کیلوگرم خاک)
۲۴۰۰	۱۲۰۰	.		
غلظت کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)				
۰/۸۰۶ ^m	۱/۳۴ ^{kl}	۲/۰۴ ^{eg*}	.	.
۱/۴۳ ^{kl}	۲/۴۵ ^{bc}	۲/۳۰ ^{cd}	۵۰	.
۱/۴۳ ^{kl}	۱/۸۶ ^{fi}	۲/۵۶ ^b	۱۰۰	.
۱/۲۱ ^l	۱/۸۵ ^{fi}	۲/۰۸ ^{df}	.	۵
۱/۵۳ ^{jk}	۱/۸۲ ^{gi}	۲/۵۲ ^{bc}	۵۰	۵
۱/۷۴ ^{hj}	۱/۸۵ ^{fi}	۲/۶۸ ^{ab}	۱۰۰	۵
۱/۲۷ ^l	۱/۹۸ ^{eh}	۲/۱۶ ^{de}	.	۱۰
۱/۳۳ ^{kl}	۱/۹۳ ^{ei}	۲/۶۸ ^{ab}	۵۰	۱۰
۱/۶۹ ^{ij}	۲/۰۶ ^{dg}	۲/۸۹ ^a	۱۰۰	۱۰
غلظت کاروتنوئیدها (میلی گرم در گرم وزن تر)				
۰/۴۱ ^o	۰/۵۲ ^{no}	۰/۹۷ ^{bc*}	.	.
۰/۷ ^{im}	۰/۸۱ ^{dg}	۰/۹۱ ^{ce}	۵۰	.
۰/۷۱ ^{im}	۰/۷۷ ^{jk}	۱/۰۴ ^{ab}	۱۰۰	.
۰/۶۶ ^{km}	۰/۷۸ ^{gj}	۰/۹۱ ^{be}	.	۵
۰/۷۰ ^{jm}	۰/۷۴ ^{hl}	۰/۹۸ ^{bc}	۵۰	۵
۰/۷۸ ^{gj}	۰/۸۲ ^{dg}	۱/۱۱ ^a	۱۰۰	۵
۰/۵۶ ^{lm}	۰/۷۹ ^{gj}	۰/۹۳ ^{bd}	.	۱۰
۰/۶۳ ^{mn}	۰/۸۱ ^{dg}	۱/۱۴ ^a	۵۰	۱۰
۰/۷۷ ^{gk}	۰/۸۶ ^{cf}	۱/۱۰ ^a	۱۰۰	۱۰

* هر عدد میانگین ۳ گلدان می‌باشد.

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

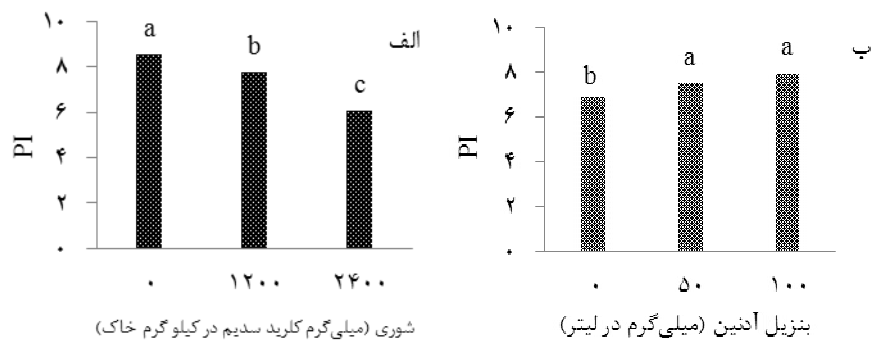
فلورسانس کلروفیل (Fv/Fm)

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 کلرید سدیم 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).



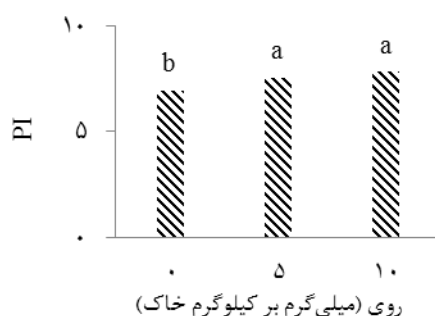
شکل ۳- تاثیر تیمار شوری (الف) و بنزیل‌آدنین (ب) بر نسبت Fv/Fm دانه‌های پسته.

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) دانه‌های 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.

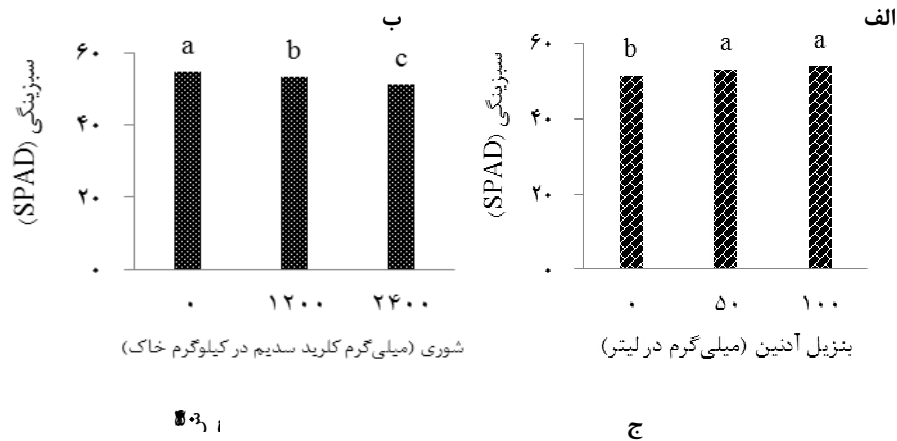
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

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) به ترتیب ۹ و ۲۹ درصد کاهش یافت، در حالی که 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 مصرف ۱۲۰۰ 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 به ترتیب ۴ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.



شکل ۶- تاثیر تیمار شوری (الف)، بنزیل آدنین (ب) و روی (ج) بر میزان سبزیبگی دانه‌های 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 F_v/F_m است (۱). در پژوهشی که توسط مظفری (۱۱) بر روی دانه‌های 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 سبزیبگی 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، سبزیبگی افزایش پیدا کرد (۴). روی می‌تواند موجب افزایش میزان کلروفیل شود یا به عبارتی 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 توأمان بنزیل‌آدنین و روی از طریق بهبود پارامترهای رویشی و فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد دانه‌های پسته گردید.

منابع

- ۱- اسماعیلی‌زاده، م.، پور رجیبی‌نژاد، م.، کریمی، ح. و محمدی، ع. ۱۳۹۲. اثر کاربرد بنزیل‌آدنین و حذف آبیاری زمستان بر ویژگی‌های درخت و میوه پسته 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 دانه‌های 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، (شماره ۲)، ۱۰-۱.
- ۵- رضوی‌نسب، ا.، شیرانی، ح.، تاج‌آبادی‌پور، ا. و دشتی، ح. ۱۳۹۰. تأثیر شوری و ماده آلی بر ترکیب شیمیایی و مورفولوژی نهال‌های پسته. مجله به‌زراعی کشاورزی، دوره ۱۳، (شماره ۱)، ۴۲-۳۱.
- ۶- رضوی‌نسب، ا.، تاج‌آبادی‌پور، ا.، شیرانی، ح. و دشتی، ح. ۱۳۸۸. اثر نیتروژن، شوری و ماده آلی بر رشد نهال پسته و مورفولوژی ریشه آن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، (شماره ۴۷)، ۳۳۳-۳۲۱.

- ۷- شهریار پور، ر. ۱۳۸۶. تأثیر فسفر، روی و شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی پسته. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.
- ۸- طالبی، م.، مظفری، و. و تاج‌آبادی پور، ا. ۱۳۸۸. پاسخ دانه‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera cv.* Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلرید سدیم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، (شماره ۲)، ۱۴۹-۱۶۱.
- 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)، ۷۵-۹۵.
- ۱۰- کیاچهارباغی، س.، ورزان، س.، مرادی، ف. و سام دلیری، م. ۱۳۸۹. اثر مصرف خارجی اسیدآبسیزیک و سیتوکینین بر گندم (*Triticum aestivum L.*). مجله پژوهش در علوم زراعی، جلد ۱۰، ۴۵-۵۹.
- 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. Pessaraki (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 (*Lycopersicon 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 Fletcher, R. A. 1999. Chloroplastic changes associated with paclobutrazol induced stress protection in Maize seedling. Canadian Journal 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.