



تأثیر بنزیل آدنین و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دانه‌های پسته تحت تنش کلرید سدیم

* وحید مظفری^۱، مژده خلیل‌پور^۲، عبدالرضا اخگر^۱ و مجید اسماعیلی‌زاده^۳

^۱دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان،

^۲دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: شوری آب و خاک در بسیاری از نقاط جهان، به‌خصوص نواحی خشک و نیمه‌خشک، یک عامل مهم محدودکننده رشد محسوب می‌شود. با توجه به تحمل نسبی گیاه پسته به شوری و وسعت زیاد خاک‌های شور در کشور، به نظر می‌رسد پسته گیاه مناسبی برای کشت در این مناطق باشد. از آن‌جا که تولید و فعالیت هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکینین‌ها تحت تأثیر تنش‌های محیطی و عناصر غذایی قرار می‌گیرد و با توجه به شور بودن خاک‌های پسته‌خیز استان کرمان و نقش مهم نیتروژن در تولید و انتقال سیتوکینین از ریشه به اندام هوایی، پژوهش حاضر به بررسی نقش هورمون بنزیل‌آدنین (سیتوکینین) و نیتروژن در شرایط شور بر پارامترهای فیزیولوژی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی دانه‌های پسته (رقم بادامی ریز زرد) پرداخت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بنزیل‌آدنین در شرایط شور (کلرید سدیم) بر پارامترهای فیزیولوژیکی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی دانه‌های پسته، رقم بادامی ریز زرد یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه انجام شد. تیمارها شامل شوری (صفر و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک)، نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نترات آمونیم) و هورمون بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، در شرایط شور مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک گیاه را بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. هم‌چنین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل با شور شدن محیط کشت کاهش یافت، در حالی که مصرف توآمان نیتروژن و بنزیل‌آدنین، به‌ترتیب افزایش ۷۷، ۷۲ و ۵۲ درصدی این ویژگی‌ها را باعث گردید. کاروتنوئیدها نیز تحت تأثیر این تیمارها با افزایش ۷۸ درصدی مواجه گردیدند. هم‌چنین علی‌رغم این که شوری شاخص فلورسانس کلروفیل (F_v/F_m) را ۳۱ درصد کاهش داد، ولی مصرف توآمان نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین توانست تا حدودی اثرات ناشی از تنش شوری را بهبود ببخشد و این پارامتر فتوسنتزی را ۴۳ درصد افزایش دهد. نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار پرولین و قندهای محلول (تنظیم‌کننده‌های اسمزی) نیز تحت تأثیر نیتروژن و بنزیل‌آدنین (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، با افزایش روبرو گشت، ولی مصرف هم‌زمان این تیمارها مقدار این تنظیم‌کننده‌های اسمزی را به‌ترتیب ۷۸ و ۵۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نسبت‌های Ca/Na و K/Na نیز که با

* مسئول مکاتبه: vmozafary@yahoo.com

شور شدن محیط کاهش معنی‌داری یافتند، با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، افزایش به ترتیب ۱۰۰ و ۴۰ درصدی پیدا نمودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص گردید که نیتروژن و بنزیل‌آدنین با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی، توانایی دانه‌های پسته را در مقاومت به تنش شوری افزایش دادند و در نتیجه پیشنهاد می‌گردد، این آزمایش بر روی درختان مثمره پسته انجام و در صورت افزایش کمی و کیفی محصول به باغداران توصیه گردد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فلورسانس کلروفیل، قندهای محلول، کاروتنوئیدها، کلروفیل

مقدمه

بخش وسیعی از ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهد. در این مناطق، به‌علت تبخیر فراوان و بارندگی کم، روز به روز به شوری خاک‌ها افزوده شده و چه بسا هکتارها زمین قابل کشت بر اثر تجمع بیش از حد نمک غیرقابل استفاده می‌شوند. علی‌رغم سازگاری درختان پسته (*Pistacia vera* L.) به شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری آب و خاک، مشکلات تغذیه‌ای فراوانی به‌وجود آمده که باعث کاهش تولید پسته در این مناطق شده است (۳۴). سیتوکینین‌ها یک گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی می‌باشند که مقاومت گیاهان را به تنش‌های مختلف افزایش می‌دهند (۹). در این میان بنزیل‌آدنین که یک نوع سیتوکینین مصنوعی می‌باشد، بیش‌تر از همه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۵). نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که تنش‌های ایجاد شده در محیط ریشه از جمله شوری، ضمن برهم‌زدن توازن تنظیم‌کننده‌های رشد، باعث کاهش سنتز سیتوکینین‌ها در ریشه و انتقال به اندام‌های هوایی شده و در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌گردد (۴).

در میان عناصر غذایی، نیتروژن مهم‌ترین اثر را بر تولید و صدور سیتوکینین به اندام‌های هوایی دارا می‌باشد. هنگامی که نیتروژن در اختیار گیاه باشد، صدور سیتوکینین با سن گیاه افزایش و با قطع مصرف

نیتروژن، کاهش می‌یابد (۳۱). پژوهشگران گزارش کردند که محلول‌پاشی توامان اوره و بنزیل‌آدنین، به‌طور موفقیت آمیزی باعث کاهش ریزش جوانه‌های گل درختان پسته گردید (۲۹). هم‌چنین سیدی (۲۰۰۳) گزارش کرد که تیمار بنزیل‌آدنین به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیب با اوره از ریزش جوانه‌های گل پسته به‌طور معنی‌داری جلوگیری کرد (۴۴). نتایج پژوهشی که بر روی پسته انجام گرفت، نشان داد که با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، به‌ترتیب ۳۴ و ۲۳ درصد، با افزایش معنی‌داری روبرو شد (۳). هم‌چنین با انجام پژوهشی بر روی پسته مشخص گردید که دو هفته بعد از مرحله تشکیل میوه، تیمار بنزیل‌آدنین با غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن خوشه را ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (۳۸). طی یک بررسی انجام شده توسط علی‌زاده و راحمی (۲۰۰۳) مشخص گردید که کاربرد بنزیل‌آدنین وزن مغز خشک میوه پسته را کاهش و میزان پوکی را افزایش داد (۲). به‌نظر می‌رسد که کاهش در وزن مغز پسته‌های تیمار شده، به‌دلیل تأثیر بنزیل‌آدنین بر میزان پوکی می‌باشد، چرا که میزان پوکی همگام با افزایش غلظت بنزیل‌آدنین زیاد می‌شود. طی یک مطالعه‌ای که بر روی درخت سیب انجام گرفت، مشخص گردید، علی‌رغم این‌که شوری جذب عناصر غذایی را کاهش می‌دهد، ولی

هدایت الکتریکی در حد پایینی بود، تهیه و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی متری، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله pH در گل اشباع (۴۰)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج، بافت (۱۲)، نیتروژن کل (۱۳)، کربن آلی (۲۳)، ظرفیت زراعی با استفاده از منحنی مشخصه رطوبتی خاک، کربنات کلسیم معادل (۱)، فسفر (۳۶)، پتاسیم (۲۶) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده (۲۸) تعیین گردید (جدول ۱).

سیتوکینین‌ها باعث افزایش رشد رویشی و محتوای برخی از عناصر غذایی می‌شوند (۱۶). بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر هورمون بنزیل‌آدنین و نیتروژن در شرایط شور، بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژی و عناصر غذایی و همچنین تنظیم‌کننده‌های اسمزی دانه‌های پسته می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از یکی از مناطق پسته‌خیز استان کرمان که از نظر قابلیت

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the studied soil.

7.63	پ‌هاس pH
1	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)
لوم شنی Sandy Loam	بافت خاک Soil texture
29.4	نیتروژن کل Total N (%)
0.5	ماده آلی Organic matter (%)
18	ظرفیت زراعی Field capacity (%W)
27	کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent (%)
5.61	فسفر قابل استفاده Olsen phosphorus (mg.kg ⁻¹)
100	پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم 1 M NH ₄ OAc-extractable K (mg.kg ⁻¹)
0.88	مس عصاره‌گیری شده با DTPA DTPA-extractable of Cu (μg.g ⁻¹ soil)
0.5	روی عصاره‌گیری شده با DTPA DTPA-extractable of Zn (μg.g ⁻¹ soil)
2.65	آهن عصاره‌گیری شده با DTPA DTPA-extractable of Fe (μg.g ⁻¹ soil)
4.9	منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA DTPA-extractable of Mn (μg.g ⁻¹ soil)

تیمارهای شوری به صورت محلول درآمده و پس از استقرار کامل دانهاها (هفته پنجم پس از کشت) به صورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدانها اضافه گردید. سپس در هفته هفتم، تعداد نهالها به پنج بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. هم‌چنین تیمار بنزیل‌آدنین، در سه غلظت ۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و به صورت محلول‌پاشی در سه نوبت (هفته‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴) روی برگ‌ها اعمال شد. در هفته بیست و دوم پس از کاشت، نسبت کلروفیل فلورسنس متغیر به کلروفیل فلورسنس حداکثر (F_v/F_m) توسط دستگاه کلروفیل فلورسنس متر مدل (Hansatech LTD Pocket, UK) اندازه‌گیری شد. در هفته بیست و دوم پس از کاشت، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ اندازه‌گیری شد (۵). مقدار پرولین به‌روش پاکوین و لچاسر (۱۹۷۹) و میزان قندهای محلول نیز به‌روش ایریگون و همکاران (۱۹۹۲) در هفته بیست و چهارم پس از کاشت مورد سنجش قرار گرفت (۲۲ و ۳۷). در انتهای دوره آزمایش (هفته بیست و چهارم پس از کاشت) دانهاها از محل طوقه قطع، برگ و ساقه از هم جدا شدند. ریشه‌ها نیز با دقت از خاک خارج گردیدند. به‌منظور جلوگیری از هدررفت ریشه‌های موئین، شستشوی ریشه‌ها بر روی الک انجام شد. برگ‌ها و ساقه‌ها نیز با آب مقطر شستشو و همراه ریشه‌ها هوا خشک گردید. نمونه‌های اندام هوایی (برگ و ساقه) و ریشه را پس از قرار گرفتن در پاکت‌های کاغذی، به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۶۵ تا ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده و سپس توزین گردیدند. داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از برنامه Excel، نرم‌افزار آماری SAS و با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

بذرهای پسته، رقم بادامی ریز زرنند (رقم غالب منطقه) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه گردید. آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد. تیمارها شامل دو سطح نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیم)، سه سطح هورمون بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو سطح شوری (صفر و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک) بودند. در پایان آزمایش، از خاک گلدان‌های تحت تیمار، عصاره اشباع تهیه و شوری آن‌ها مورد آزمایش قرار گرفت، که به ترتیب سطوح شوری به‌کار برده شده، میانگین شوری‌ها برابر با ۲/۲ و ۱۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود.

مقدار پنج کیلوگرم خاک موردنظر داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته و براساس نتایج آزمایش خاک (۳۵) 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 به ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و سولفات آهن با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت محلول تهیه و به خاک تمام کیسه‌های پلاستیکی اضافه گردید (۳۳). هم‌چنین طبق نقشه طرح آزمایشی، سطوح مختلف نیتروژن به صورت محلول از منبع نیترات آمونیم، به خاک داخل کیسه‌ها اضافه گردید. پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه به خوبی مخلوط و به گلدان‌های پلاستیکی پنج لیتری مربوط به هر تیمار منتقل گردید. در هر گلدان تعداد هشت بذر در عمق سه سانتی‌متری کشت گردید. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین روزانه آن‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک کل گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل دوگانه تیمارهای شوری، بنزیل آدنین و نیتروژن بر وزن خشک کل گیاه معنی دار است (جدول ۲-الف). نتایج مربوط به برهم کنش شوری و بنزیل آدنین بیان کننده این است که اگرچه با مصرف ۲۰۰۰ میلی گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک و در نتیجه شور شدن محیط کشت، وزن خشک گیاه ۳۹ درصد کاهش یافت، اما در همان شرایط شور مصرف ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بنزیل آدنین، وزن خشک

گیاه را بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. به عبارت دیگر مصرف بنزیل آدنین در شرایط شور توانست اثرات سمیت نمک (کلرید سدیم) را تا حدودی کاهش دهد. همچنین با توجه به نتایج، مصرف بنزیل آدنین در شرایط غیرشور و شور، وزن خشک گیاه را افزایش داد، اما تأثیر بنزیل آدنین در شرایط زیادی کلرید سدیم بیش از دو برابر شرایط غیرشور بود (جدول ۳).

جدول ۲-الف- نتایج تجزیه واریانس اثرات مختلف نیتروژن، شوری و بنزیل آدنین بر برخی از پارامترهای رویشی و فیزیولوژی.

Table 2.a. Analysis of variance for different effects of nitrogen, salinity and benzyl adenine on growt and physiological parameters.

میانگین مربعات (Mean of squares)				درجه آزادی (Degree of freedom)	منابع تغییرات (Sources of variations)
کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	وزن خشک کل گیاه		
0.24**	0.018**	2.261**	33.37**	1	شوری (Salinity)
2.149**	0.107**	0.457**	55.14*	2	بنزیل آدنین (Benzyl adenine)
1.456**	0.383**	1.501**	47.55**	1	نیتروژن (Nitrogen)
0.016*	0.001 ^{ns}	0.019*	1.94*	2	شوری * بنزیل آدنین (Salinity*Benzyl adenine)
0.018*	0.006*	0.030**	4.28**	2	بنزیل آدنین * نیتروژن (Benzyl adenin*Nitrogen)
0.024*	0.008*	0.062*	4.17**	1	شوری * نیتروژن (Salinity*Nitrogen)
0.0006 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.021*	0.263 ^{ns}	2	شوری * بنزیل آدنین * نیتروژن (Salinity*Benzyl adenin*Nitrogen)
0.004	0.005	0.001	0.590	24	خطا (Error)
3.58	6.04	5.31	2.89		ضریب تغییرات (Cv)

*, ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی دار.

*, ** are significant at 1 and 5% probability level, respectively and ^{ns} not significant.

جدول ۲-ب- نتایج تجزیه واریانس اثرات مختلف نیتروژن، شوری و بنزیل آدنین بر برخی از پارامترهای رویشی و فیزیولوژی.

Table 2.b. Analysis of variance for different effects of nitrogen, salinity and benzyl adenine on growt and physiological parameters.

قندهای محلول	میانگین مربعات (Mean of squares)		کاروتنوئیدها	درجه آزادی (Degree of freedom)	منابع تغییرات (Sources of variations)
	پرولین	F _v /F _m			
2899414**	10745**	0.058**	0.069**	1	شوری (Salinity)
257879**	1922**	0.043**	0.201**	2	بنزیل آدنین (Benzyl adenine)
597482**	5608**	0.123**	0.165**	1	نیتروژن (Nitrogen)
16072*	142*	0.004**	0.005*	2	شوری * بنزیل آدنین (Salinity*Benzyl adenine)
15282*	152*	0.017**	0.022**	2	بنزیل آدنین * نیتروژن (Benzyl adenin*Nitrogen)
62187**	267*	0.002*	0.01*	1	شوری * نیتروژن (Salinity*Nitrogen)
3256 ^{ns}	4.833 ^{ns}	0.004**	0.0003 ^{ns}	2	شوری * بنزیل آدنین * نیتروژن (Salinity*Benzyl adenin*Nitrogen)
4487	41.738	0.004	0.001	24	خطا (Error)
8.87	7.818	2.93	6.23		ضریب تغییرات (Cv)

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی دار.

*, ** are significant at 1 and 5% probability level, respectively and ^{ns} not significant.

جدول ۳- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل آدنین بر وزن خشک کل دانه‌های پسته.

Table 3. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on total dry weight of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل آدنین Benzyl adenine levels (mg.L ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g.pot ⁻¹)			
9.35A	10.79 ^a	9.87 ^b	7.41 ^c	0
7.43B	9.36 ^c	8.38 ^d	4.55 ^f	2000
	10.07A	9.12B	5.98C	میانگین

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

Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش معنی دار داد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و نیتروژن نشان‌دهنده این است که در شرایط شور، با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، وزن خشک گیاه بیش از ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۱).

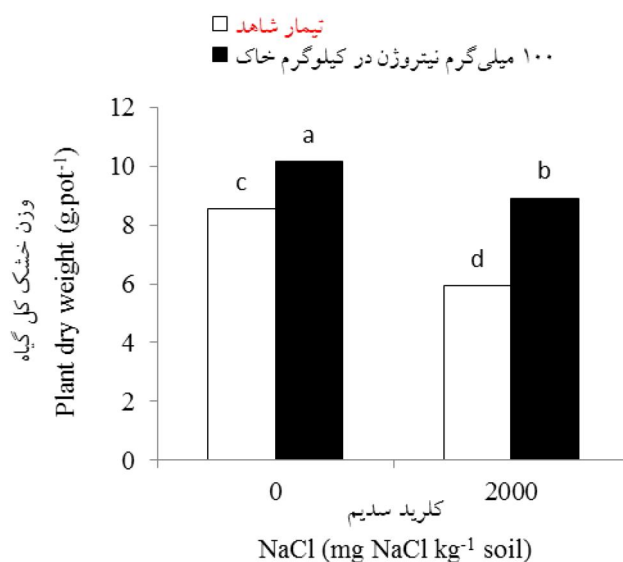
نتایج برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک گیاه (جدول ۴) نشان داد، اگرچه مصرف نیتروژن به‌تنهایی ۵۵ درصد و مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین به‌تنهایی ۷۲ درصد وزن خشک گیاه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد، ولی مصرف توأمان این تیمارها وزن خشک گیاه را

جدول ۴- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک کل دانه‌های پسته.

Table 4. Interaction of nitrogen and benzyl adenine on dry weight of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.L ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	وزن خشک گیاه Plant dry weight (g.pot ⁻¹)			
7.24B	8.95 ^c	8.08 ^d	4.69 ^f	تیمار شاهد
9.54A	11.20 ^a	10.16 ^b	7.26 ^e	100
	10.07A	9.12B	8.98C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند. Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.



شکل ۱- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر وزن خشک پسته.

Figure 1. Interaction of sodium chloride added to the soil and nitrogen on dry weight of pistachio seedlings.

کیلوگرم خاک بود، کشت داده و نتیجه گرفتند، با کاربرد ۴ سطح نیتروژن (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در گلدان) و ۴ سطح بنزیل‌آدنین (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیش‌ترین وزن تر برگ با مصرف توأم ۱۵۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در گلدان و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین به‌دست آمد (۲۱). نیتروژن نه‌تنها بر رشد گیاه تأثیر مثبت دارد (۲۰)، بلکه ممکن است سبب کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه شود (۴۳). هم‌چنین در این پژوهش بهبود در رشد دانه‌های پسته در شرایط شور، با مصرف نیتروژن، احتمالاً می‌تواند در نتیجه جذب بیش‌تر آنیون نیترات باشد که جایگزین کلر شده و در نتیجه غلظت متابولیت‌های سازگار در گیاه (که نیتروژن در ساخت آن‌ها سهم عمده‌ای دارد مانند پرولین، بتائین، گلیسین و پوتریسین) دوباره افزایش می‌یابد (۴۵).

کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها:

نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای شوری، نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر کلروفیل a می‌باشد (جدول ۲- الف). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سه‌گانه (جدول ۵)، با افزایش نیتروژن در شرایط شور و غیرشور، کلروفیل a با افزایش معنی‌دار روبرو شد، ولی این افزایش در شرایط غیرشور چشم‌گیرتر بود. اما تأثیر بنزیل‌آدنین بر این ویژگی، برعکس نیتروژن بود. به‌عبارت دیگر مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در شرایط غیرشور و عدم مصرف نیتروژن، فقط ۲۷ درصد کلروفیل a را افزایش داد، در حالی‌که در شرایط شور این افزایش به ۵۱ درصد رسید. با این وجود در شرایط شور، مصرف توأم این دو تیمار کلروفیل a را از ۰/۶۳ به ۱/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر رساند، به‌عبارت دیگر بیش از ۱۰۰ درصد غلظت کلروفیل a را افزایش داد.

بر اثر شوری، میزان و فعالیت هورمون‌های رشد (مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها) و دیگر مواد تحریک‌کننده رشد (مانند پوتریسین) کاهش یافته، در حالی‌که مواد کاهنده رشد (مانند آبسزیک اسید) افزایش می‌یابد و به‌طور کلی این تغییرات موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شوند (۶). رضوی‌نسب و همکاران (۲۰۱۴) با انجام پژوهشی بر روی پسته بیان کردند که با افزایش سطوح شوری و رسیدن به سطح ۲۴۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه به‌ترتیب ۳۲، ۳۷ و ۳۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (۳۹). نیتروژن به‌دلیل نقشی که در افزایش بیوسنتز سیتوکینین‌ها دارد (۳۱ و ۴۲)، احتمالاً در این پژوهش باعث افزایش سنتز بنزیل‌آدنین شده است و بنزیل‌آدنین نیز از طریق ایجاد یک قدرت مقصد (Sink) قوی که سبب انتقال یون‌ها و کربوهیدرات‌ها به‌سمت خود می‌شود (۱۹ و ۴۱)، توانسته هم در شرایط شور و هم غیرشور متابولیت‌های اولیه در فتوسنتز مثل قندها را به‌سمت خود کشیده و در نتیجه وزن خشک گیاه را افزایش دهد. در نتیجه در این پژوهش با کاربرد توأم نیتروژن و بنزیل‌آدنین، وزن خشک پسته افزایش یافت. هم‌چنین افزایش وزن خشک گیاه پسته در شرایط شور (کلرید سدیم) نسبت به شاهد با مصرف بنزیل‌آدنین در این پژوهش، احتمالاً گویای این است که کاربرد هورمون‌های گیاهی کارایی جذب، نگهداری و مصرف آب را در گیاهان افزایش می‌دهند و هم‌چنین موجب افزایش سریع تقسیم سلولی، طولیل شدن سلول‌ها و تجمع واحدهای ساختمانی می‌شوند (۳۸). اسماعیلی‌زاده و همکاران (۱۷) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کرد که بنزیل‌آدنین وزن خشک خوشه را ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. حضرتی و همکاران (۲۰۱۲) گیاه آلوورا را در گلدان‌هایی که حاوی ۱۲

جدول ۵- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک، بنزیل آدنین و نیتروژن بر غلظت کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر) دانهالهای پسته.

Table 5. Interaction of sodium chloride added to the soil, benzyl adenine and nitrogen on chlorophyll a (mg/g fw) concentration of pistachio seedlings.

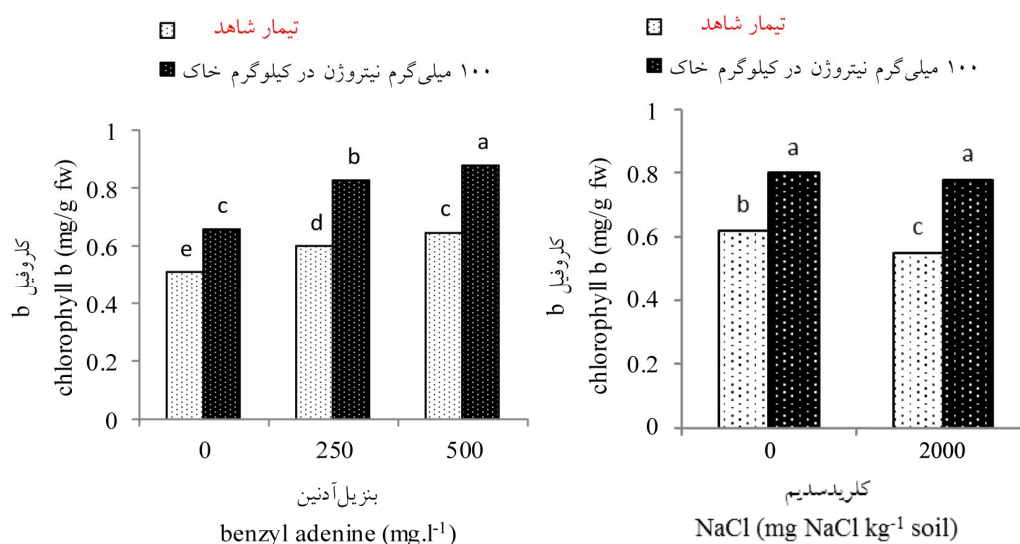
سطوح بنزیل آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)	سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
500	250	0		
1.32 ^d	1.23 ^e	1.04 ^f	0	0
1.84 ^a	1.72 ^b	1.51 ^c	100	0
0.95 ^g	0.76 ^h	0.63 ⁱ	0	2000
1.34 ^d	1.23 ^e	0.74 ^h	100	2000

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

Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

نداشت. نتایج برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل آدنین نشان داد، با مصرف هر یک از سطوح ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن یا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین به‌تنهایی تقریباً ۳۰ درصد غلظت کلروفیل b افزایش یافت، لیکن مصرف توأمان این تیمارها را غلظت کلروفیل b را ۷۲ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داد (شکل ۲-ب).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، برهم‌کنش شوری و نیتروژن و همچنین نیتروژن و بنزیل آدنین بر کلروفیل b معنی‌دار گردید (جدول ۲-الف). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲-الف)، با شور شدن محیط کشت و عدم مصرف نیتروژن غلظت کلروفیل b با کاهش ۱۲ درصدی مواجه گشت، در حالی‌که با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، شوری دیگر تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل b



شکل ۲- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن (الف) و نیتروژن و بنزیل آدنین (ب) بر غلظت کلروفیل b دانهالهای پسته.

Figure 2. Interaction of sodium chloride added to the soil and nitrogen (a) and nitrogen and benzyl adenine (b) on chlorophyll b concentration of pistachio seedlings (mg/g fresh weight).

میلی‌گرم در لیتر) نتوانست میزان کاروتنوئیدها را نسبت به سطح اول به‌طور معنی‌داری افزایش دهد اما این افزایش در شرایط شور معنی‌دار بود. در شرایط شور مصرف بنزیل‌آدنین غلظت کاروتنوئیدها را حتی نسبت به شاهد (شرایط غیرشور و نبود بنزیل‌آدنین) افزایش معنی‌دار داد. با این‌حال در شرایط شور و غیرشور مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، میزان کاروتنوئیدها را بیش از ۵۰ درصد افزایش داد، اما بیش‌ترین غلظت کاروتنوئیدها در شرایط غیرشور به‌دست آمد (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل دوگانه تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر غلظت کلروفیل کل (جدول ۲- الف) و کاروتنوئیدها (جدول ۲- ب) معنی‌دار است. نتایج مربوط به برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین بر غلظت کلروفیل کل نشان داد (جدول ۶)، در شرایط شور و غیرشور، مصرف بنزیل‌آدنین غلظت کلروفیل کل را افزایش داد، اما این افزایش در شرایط غیرشور بیش‌تر بود. همچنین، با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، گرچه در شرایط غیرشور مصرف بیش‌تر بنزیل‌آدنین (۵۰۰

جدول ۶- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در دانه‌های پسته.

Table 6. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on total chlorophyll and carotenoids concentration of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
کلروفیل کل total chlorophyll (mg/g fw)				
2.22A	2.35 ^a	2.21 ^b	2.10 ^c	0
1.75B	1.98 ^d	1.88 ^e	1.39 ^f	2000
	2.16A	2.05B	1.75C	میانگین
کاروتنوئیدها carotenoids (mg/g fw)				
0.67A	0.76 ^a	0.74 ^a	0.50 ^d	0
0.58B	0.68 ^b	0.61 ^c	0.45 ^e	2000
	0.72A	0.67B	0.48C	میانگین

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

Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

کلروفیل کل گردید. اما کاروتنوئیدها بیش تر تحت تأثیر مثبت بنزیل آدنین قرار گرفتند تا اثر نیتروژن به تنهایی، در هر صورت این پارامتر نیز تحت تأثیر مصرف با هم تیمارهای ذکر شده افزایش ۷۸ درصدی را نشان داد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و بنزیل آدنین نشان‌دهنده این است که تأثیر هر دو تیمار نیتروژن و بنزیل آدنین به تنهایی بر کلروفیل کل مشابه و هر دو باعث افزایش کلروفیل کل گردید به طوری که مصرف توأمان هر دو تیمار باعث افزایش ۵۰ درصدی

جدول ۷- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل آدنین بر غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در دانه‌های پسته.

Table 7. Interaction of nitrogen and benzyl adenine on total chlorophyll and carotenoids concentration of pistachio seedlings.

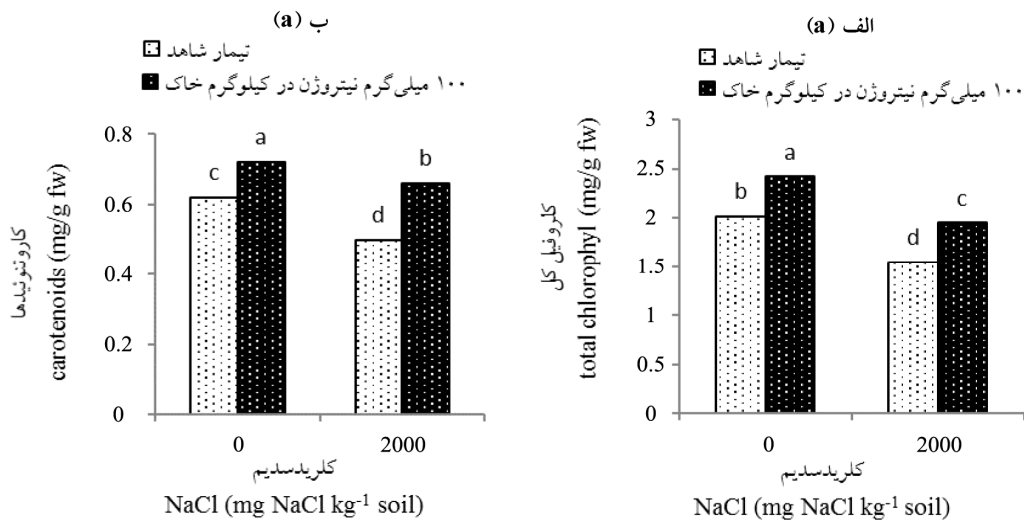
میانگین	سطوح بنزیل آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
کلروفیل کل total chlorophyll (mg/g fw)				
1.78B	1.95 ^c	1.83 ^d	1.57 ^e	0
2.19A	2.38 ^a	2.26 ^b	1.92 ^c	100
	2.16A	2.05B	1.75C	میانگین
کاروتنوئیدها carotenoids (mg/g fw)				
0.56B	0.63 ^c	0.58 ^d	0.46 ^e	0
0.69A	0.82 ^a	0.76 ^b	0.50 ^e	100
	0.72A	0.67B	0.48C	میانگین

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

Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در شرایط غیرشور و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌دست آمد ولی در شرایط شور تأثیر نیتروژن در افزایش کلروفیل کل و کاروتنوئیدها بیش تر از شرایط غیرشور بود (شکل ۳).

نتایج مربوط به اثر متقابل شوری و نیتروژن نشان می‌دهد، در شرایط شور با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت کلروفیل کل (شکل ۳- الف) و کاروتنوئیدها (شکل ۳- ب)، به ترتیب ۲۶ و ۳۲ درصد به طوری معنی‌دار افزایش یافت. هم‌چنین با توجه به نتایج گرچه بیش‌ترین میزان



شکل ۳- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر غلظت کلروفیل کل (الف) و کاروتنوئیدها (ب) دانهال‌های پسته.

Figure 3. Interaction of sodium chloride added to the soil and nitrogen on total chlorophyll (a) and carotenoids (b) concentration of pistachio seedlings.

بر میزان کلروفیل‌های b و کل نداشت (۴۹). در پژوهشی دیگر بر روی پسته گزارش شد که با افزایش شوری از صفر به ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها نسبت به شاهد به ترتیب ۲۹ و ۲۲ درصد کاهش یافتند (۳۴).

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار بنزیل‌آدنین باعث افزایش میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها شد. طی پژوهش‌های انجام شده ثابت شده است که تیمار بنزیل‌آدنین باعث تأخیر در تجزیه کلروفیل و کاهش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز می‌شود (۱۴). بنزیل‌آدنین سطوح کلروفیل را می‌تواند از طریق فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانتی در حد بالایی نگه دارد (۲۷). در آزمایشی که بر روی گیاه کرچک انجام شد، مشخص گردید که با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها نسبت به شاهد افزایش یافت (۴۷). با انجام پژوهشی بر روی پسته مشخص گردید که با مصرف ۴۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها به ترتیب ۳۸ و ۳۲ درصد افزایش یافت

همان‌گونه که بیان شد، شوری باعث کاهش کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها شد که میزان کاهش در کلروفیل a بیش‌تر از کلروفیل b بود. معمولاً کلروفیل a نسبت به کلروفیل b از نظر نقش آن در فتوسنتز در گیاهان غالب‌تر است اما تحت تنش شوری ارزش آن‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شود (۳۰). هم‌چنین کاهش در محتوای کلروفیل می‌تواند به دلیل اثر بازدارنده تجمع یون‌هایی مانند سدیم و کلر در بیوسنتز رنگیزه‌ها باشد. تخریب رنگیزه‌ها همانند ساختار کلروپلاست می‌تواند تحت تأثیر کلرید سدیم باشد (۳۲). در پژوهشی بر روی پسته مشخص گردید که شوری ناشی از کلرید سدیم، کلروفیل a، b و کلروفیل کل را به ترتیب ۵۵، ۵۶ و ۵۶ درصد کاهش داد. این پژوهشگران علت را افزایش فعالیت آنزیم تخریب‌کننده کلروفیل (کلروفیل‌لاز) تحت تنش شوری گزارش کردند (۲۵). در ارتباط با تأثیر تنش شوری بر میزان کلروفیل برگ پسته، پژوهشی نشان داد که با افزایش شوری به ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، فقط کلروفیل a به میزان ۲۲ درصد کاهش یافت و تأثیری

در پژوهشی که بر روی درختان زیتون انجام شد، مشخص گردید که تنش شوری، میزان F_v/F_m را کاهش داد (۱۱). پژوهش‌ها بر روی پسته نیز نشان داد که یک هفته بعد از اعمال تیمارهای شوری، میزان فلورسانس کلروفیل متغیر به حداکثر، کاهش معنی‌داری یافت، لیکن در هفته دوم بعد از اعمال شوری بر میزان فلورسانس کلروفیل متغیر به حداکثر تأثیر معنی‌داری نداشت، با این حال هنگامی که شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار رسید، این پارامتر کاهش معنی‌داری پیدا کرد (۳۴). هم‌چنین در پژوهشی دیگر بر روی پسته گزارش شده است که بنزیل‌آدنین در هنگام توقف رشد رویشی و در مرحله رشد سریع مغز، نسبت F_v/F_m را در مقایسه با شاهد افزایش داد (۱۷). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً افزایش کلروفیل a ، b و کلروفیل کل در اثر محلول‌پاشی بنزیل‌آدنین می‌تواند دلیلی بر افزایش نسبت F_v/F_m باشد. از آنجایی که نیتروژن از اجزای تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها بوده و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه دارد، باعث افزایش فلورسانس کلروفیل شده است.

(۱۷). از آنجایی که بیش از ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌ها انباشته می‌شود (۳۳)، مصرف نیتروژن در این پژوهش باعث افزایش غلظت کلروفیل در دانه‌های پسته شد. در پژوهشی گزارش شد که مصرف نیتروژن در شرایط شور و غیرشور باعث افزایش غلظت کلروفیل کل گیاه خردل شد (۴۶).
فلورسانس کلروفیل (F_v/F_m): نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که برهم‌کنش سه‌گانه تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر فلورسانس کلروفیل معنی‌دار است (جدول ۲-ب). همان‌طور که مشاهده می‌شود (جدول ۸)، در شرایط غیرشور، نیتروژن به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر نسبت F_v/F_m نداشت ولی در شرایط شور این نسبت را ۳۷ درصد افزایش داد. در حالی که بنزیل‌آدنین در هر دو شرایط شور و غیرشور و بدون حضور نیتروژن این نسبت را با افزایش معنی‌دار تغییر داد. با این حال، در شرایط غیرشور بیش‌ترین میزان نسبت F_v/F_m مربوط به مصرف توآمان نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین با نزدیک به ۱۵ درصد افزایش و در شرایط شور با مصرف توآمان همین تیمارها این نسبت با افزایش ۴۳ درصدی (نسبت به شاهد هر کدام از شرایط) مواجه گردید.

جدول ۸- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر نسبت F_v/F_m دانه‌های پسته.

Table 8. Interaction of sodium chloride added to the soil, benzyl adenine and nitrogen on F_v/F_m ratio of pistachio seedlings.

سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.L ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)	سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
500	250	0		
0.8133 ^b	0.7933 ^b	0.7466 ^c	0	0
0.8566 ^a	0.8133 ^b	0.7464 ^c	100	0
0.6500 ^c	0.5933 ^f	0.5100 ^g	0	2000
0.7366 ^c	0.7166 ^d	0.7066 ^d	100	2000

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

Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

پرولین: نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن برهم‌کنش دوگانه تیمارهای شوری و بنزیل‌آدنین بر غلظت پرولین برگ می‌باشد (جدول ۲- ب). همان‌گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، با شور شدن محیط و بدون مصرف بنزیل‌آدنین، غلظت پرولین نزدیک به ۵۰ درصد افزایش یافت، ولی با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، غلظت پرولین بیش از دو برابر افزایش یافت.

جدول ۹- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت پرولین برگ دانه‌های پسته.

Table 9. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on leaf proline concentration of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	پرولین Proline (µg/g fw)			
65.3B	76.8 ^c	63.4 ^d	55.7 ^e	0 (ECe= 2/1)
99.9A	112.3 ^a	104.3 ^b	82.9 ^c	2000 (ECe= 12/4)
	94.5A	83.9B	69.3C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

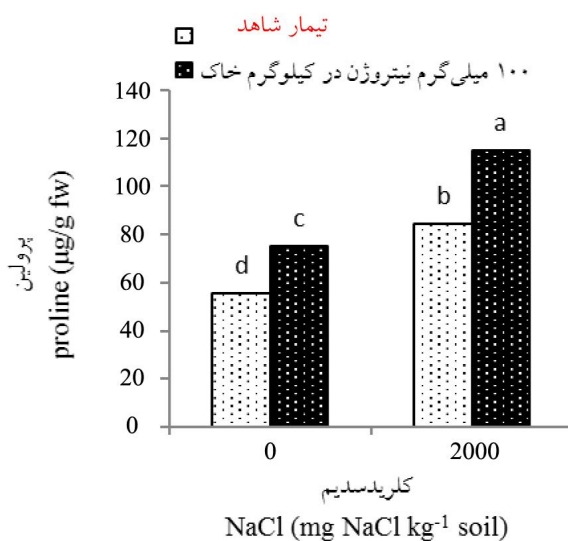
برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین نیز نشان داد (جدول ۱۰)، مصرف توأمان تیمارهای نیتروژن و بنزیل‌آدنین (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) غلظت این تنظیم‌کننده اسمزی را ۷۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش شوری و نیتروژن نیز نشان داد (شکل ۴)، در شرایط شور، با مصرف نیتروژن غلظت پرولین نسبت به شاهد بیش از دو برابر افزایش یافت.

جدول ۱۰- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت پرولین برگ دانه‌های پسته.

Table 10. Interaction of nitrogen and benzyl adenine on leaf proline concentration of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	پرولین Proline (µg/g fw)			
70.1B	80.5 ^c	68.9 ^d	60.9 ^e	0
95.1A	108.6 ^a	98.8 ^b	77.7 ^c	100
	94.5A	83.9B	69.3C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.



شکل ۴- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر غلظت پرولین برگ دانه‌های پسته.

Figure 4. Interaction of sodium chloride added to the soil and nitrogen on leaf proline concentration of pistachio seedlings.

کرد. این پژوهشگران مقابله با کاهش پتانسیل اسمزی خاک را علت این افزایش عنوان نمودند (۳۹).
قندهای محلول: نتایج اثرات متقابل شوری و بنزیل‌آدنین نشان داد (جدول ۱۱)، هرکدام از این تیمارها به‌تنهایی غلظت قندهای محلول را نسبت به شاهد افزایش دادند، ولی مصرف توأمان شوری و بنزیل‌آدنین محتوای قندهای محلول را نسبت به شاهد با افزایش چشم‌گیری مواجه ساختند. به‌عبارت دیگر مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در شرایط شور، غلظت قندهای محلول را نسبت به شاهد، بیش از دو برابر افزایش داد. نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین نشان داد، مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، افزایش ۲۰ درصدی غلظت قندهای محلول موجود در برگ را موجب گردید و تقریباً به‌همین اندازه محلول‌پاشی ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین نیز بر افزایش قندهای محلول موثر بود، ولی مصرف توأمان این دو تیمار افزایش ۵۹ درصدی غلظت قندهای محلول را به‌دنبال

با توجه به نقش مؤثر پرولین در تعدیل آثار مخرب ناشی از تنش‌های محیطی، به‌ویژه شوری و تنظیم اسمزی، در این پژوهش افزایش غلظت پرولین در اثر شوری قابل توجه است. پژوهشگران در آزمایشی بر روی پسته مشاهده نمودند که شوری میزان پرولین و قندهای محلول را افزایش داد (۱۰). پژوهشگران دیگر نیز به همین نتیجه دست یافتند که افزایش پرولین یک پاسخ عمومی گیاه پسته به تنش شوری است (۳۹). به‌نظر می‌رسد، در این پژوهش افزایش غلظت پرولین با افزایش نیتروژن به این دلیل است که نیتروژن مواد لازم برای تولید این اسیدآمین را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در همین رابطه نتایج یک پژوهش نشان داد که برهم‌کنش نیتروژن و شوری بر میزان پرولین معنی‌دار گردید، بدین‌گونه که تا سطح ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت پرولین تحت‌تأثیر شوری قرار نگرفت، ولی در سطح ۱۸۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، با افزایش شوری، میزان پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا

داشت (جدول ۱۲). نتایج برهم‌کنش شوری و نیتروژن نیز نشان داد، هم شوری و هم مصرف نیتروژن به‌تنهایی غلظت قندهای محلول را نسبت به شاهد افزایش دادند، ولی مصرف با هم تیمارها، غلظت قندهای محلول را بیش از دو برابر افزایش داد (شکل ۵).

جدول ۱۱- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت قندهای محلول برگ دانه‌های پسته.

Table 11. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on leaf soluble sugars concentration of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.L ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	قندهای محلول soluble sugars (µg/g fw)			
857B	1042 ^d	850 ^e	677 ^f	0 (ECe= 2/1)
1424A	1543 ^a	1406 ^b	1323 ^c	2000 (ECe= 12/4)
	1293A	1128B	1000C	میانگین

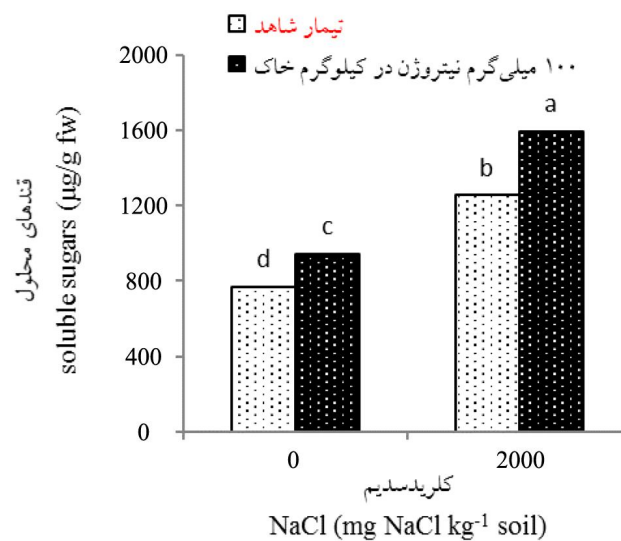
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

جدول ۱۲- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت قندهای محلول برگ دانه‌های پسته.

Table 12. Interaction of nitrogen and benzyl adenine on leaf soluble sugars concentration of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels (mg.L ⁻¹)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels (mg kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
	قندهای محلول soluble sugars (µg/g fw)			
1012B	1133 ^c	991 ^d	911 ^e	0
1269A	1452 ^a	1265 ^b	1090 ^c	100
	1293A	1128B	1000C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.



شکل ۵- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر غلظت قندهای محلول برگ دانه‌های پسته.

Figure 5. Interaction of sodium chloride added to the soil and nitrogen on leaf soluble sugars concentration of pistachio seedlings.

برگ‌های درختان بارده کاهش یافت، در حالی که در برگ‌های درختان غیربارده غلظت قندهای محلول به سیر صعودی خود ادامه دادند (۸). با انجام پژوهش دیگری بر روی پسته گزارش شد، با کاربرد شوری، غلظت قندهای احیاکننده نسبت به شاهد افزایش یافت (۲۴).

نسبت غلظت پتاسیم به سدیم (K/Na) در اندام هوایی و ریشه: براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱۳)، با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در شرایط غیرشور و شور، نسبت K/Na اندام هوایی به‌ترتیب به بیش از ۳ و ۲ برابر شاهد رسید. هم‌چنین در ریشه نیز با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، نسبت K/Na بیش از ۲/۵ برابر افزایش یافت (هم در شرایط غیرشور و هم شور).

مطالعات متعددی تنظیم اسمزی ناشی از تجمع قندهای محلول در گیاهانی که تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند را گزارش کرده‌اند. این قندها به‌منزله یک مکانیسم مهم حفاظت گیاه در برابر تنش می‌باشند (۱۸). به‌طورکلی پذیرفته شده که شوری باعث تجمع اسمولیت‌ها و مواد محلول سازگار می‌شود. در نتیجه آب وارد سلول شده و منجر به ایجاد فشار تورگر گردیده و سبب رشد سلول می‌شود. در پژوهشی اثر شوری بر دو پایه پسته (قزوینی و بادامی ریز) بررسی و گزارش شد که غلظت قندهای احیاکننده در برگ‌های هر دو پایه با افزایش شوری افزایش یافت (۲۵). نتایج یک پژوهش نشان داد که غلظت قندهای محلول به‌خصوص گلوکز و فروکتوز در برگ‌های درختان بارده و غیربارده پسته تا ۴۰ روز بعد از پایان گلدهی، افزایش و پس از آن در

جدول ۱۳- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل آدنین بر نسبت K/Na اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته.

Table 13. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on shoot and root K/N ratio of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
نسبت K/Na اندام هوایی shoot K/N ratio				
2.75A	3.98 ^a	2.97 ^b	1.29 ^c	0
1.00B	1.32 ^c	1.09 ^d	0.60 ^e	2000
	2.65A	2.03B	0.59C	میانگین
نسبت K/Na ریشه root K/N ratio				
1.55A	2.10 ^a	1.76 ^b	0.80 ^d	0
0.81B	1.09 ^c	0.92 ^d	0.42 ^e	2000
	1.59A	1.34B	0.61C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند. Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد، اما مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل آدنین در همین شرایط شور، نه تنها توانست جلوی کاهش نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را بگیرد، بلکه نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را به ترتیب ۴۰ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

نسبت غلظت کلسیم به سدیم (Ca/Na) در اندام هوایی و ریشه: در رابطه با برهم‌کنش شوری و بنزیل آدنین بر نسبت Ca/Na می‌توان نتیجه گرفت (جدول ۱۴)، اگرچه مصرف ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را به ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد به‌طور

جدول ۱۴- برهم کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل آدنین بر نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته.

Table 14. Interaction of sodium chloride added to the soil and benzyl adenine on shoot and root Ca/Na ratio of pistachio seedlings.

میانگین	سطوح بنزیل آدنین Benzyl adenine levels (mg.l ⁻¹)			سطوح کلرید سدیم اضافه شده به خاک NaCl levels (mg NaCl kg ⁻¹ soil)
	500	250	0	
نسبت Ca/Na اندام هوایی shoot Ca/Na ratio				
1.45A	2.18 ^a	1.33 ^b	0.83 ^c	0
0.95B	1.16 ^c	0.96 ^d	0.74 ^f	2000
	1.67A	1.14B	0.78C	میانگین
نسبت Ca/Na ریشه root Ca/Na ratio				
2.89A	3.94 ^a	2.89 ^b	1.82 ^d	0
2.20A	2.83 ^b	2.36 ^c	1.42 ^e	2000
	3.39A	2.62B	1.62C	میانگین

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف یا ستون در سطح ۵ درصد آزمون دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند. Averages with common letters in each row or column are not significantly different at level of 5% according to Duncan test.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش، اثر سوء شوری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژی دانه‌های پسته (رقم بادامی ریز زرنند) برای یک‌بار دیگر مشخص و تأثیر مثبت نیتروژن و بنزیل‌آدنین در شرایط شور، بر افزایش وزن خشک کل گیاه، کلروفیل کل، کلروفیل فلورسانس و کاروتنوئیدها در دانه‌های پسته که نشان‌دهنده توانایی گیاهان در مقاومت به تنش‌های محیطی می‌باشد مورد تأیید قرار گرفت. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد، غلظت پرولین و قندهای محلول که یک مکانیسم مهم حفاظت گیاه در برابر تنش می‌باشند، نیز با کاربرد تیمارهای نیتروژن و بنزیل‌آدنین، با افزایش چشم‌گیری مواجه شدند و در ارتباط با نسبت‌های K/Na و Ca/Na که یکی از فاکتورهای مرتبط با تحمل به شوری می‌باشد، مشخص گردید که با اعمال تیمار بنزیل‌آدنین، این نسبت‌ها در اندام‌های هوایی و ریشه دانه‌های پسته با افزایش معنی‌داری مواجه شدند. در نهایت با کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین، تحمل دانه‌های پسته (رقم بادامی ریز زرنند) به تنش کلرید سدیم افزایش یافت.

طالبی و همکاران (۲۰۱۰) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند، با وجود این‌که اثرات متقابل کاربرد روی و شوری بر نسبت‌های K/Na و Ca/Na معنی‌دار گردید، اما تأثیر مثبت روی در افزایش این نسبت‌ها، تنها در سطوح شوری پایین‌تر از ۱۶۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک، تأثیرگذار بود (۴۸). برخی مطالعات نشان می‌دهد که نسبت بالای K/Na در گیاهان می‌تواند یک فاکتور مرتبط با تحمل به شوری باشد (۷). از آنجایی‌که بنزیل‌آدنین بر روی نفوذپذیری غشاء سلول نسبت به یون‌های یک و دوظرفیتی نقش دارند (۱۹)، احتمالاً بنزیل‌آدنین از این طریق از ورود یون‌های سدیم به سلول‌های ریشه جلوگیری کرده و در نتیجه باعث کاهش غلظت سدیم در ریشه شده و متعاقب آن سدیم کم‌تری نیز به اندام هوایی منتقل شده است. بنابر احتمالات ذکرشده، در این پژوهش بنزیل‌آدنین هم در شرایط شور و هم غیرشور توانسته نسبت‌های K/Na و Ca/Na را در اندام هوایی و ریشه دانه‌های پسته افزایش دهد.

منابع

1. Alison, L.E., and Moodie, C.D. 1965. In: Black, C.A., Ed., Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties, Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1965, Pp: 1379-1398.
2. Alizadeh, M., and Rahemi, M. 2003. Influence of foliar application of urea combined with 6-Benzyladenine to decrease flower bud abscission in pistachio nut. Iranian, J. Agric. Sci. 34: 3. 659-665.
3. Ameen, N.M., and Al-Imam, A. 2007. Effect of soaking periods, gibberellic acid and benzyladenine on pistachio seeds germination and subsequent seedling growth (*pistacia vera* L.). Mesopotamia J. Agric. 38: 4. 1-8.
4. Amzallag, G.N., Lerner, K.R., and Poljakoff-Mayber, A. 1992. Interaction between mineral nutrient, cytokinin and gibberellic acid during growth of sorghum at high NaCl salinity. J. Exp. Bot. 43: 81-87.
5. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. J. Plant Physiol. 24: 1. 1-15.
6. Arshi, A., Abdin, M.Z., and Iqbal, M. 2002. Growth and metabolism of senna as affected by salt stress. Biol. Plant J. 45: 2. 295-298.

7. Ashraf, M., and McNeilly, T. 1990. Responses of four Brassica species to sodium chloride. *Environ. Exp. Bot.* 30: 475-487.
8. Baninasab, B., and Rahemi, M. 2006. Possible role of non-structural carbohydrates in alternate bearing of pistachio. *Eur. J. Hortic. Sci.* 71: 277-282.
9. Barciszewski, J., Siboska, G., Rattan, S.I.S., and Clark, B.F.C. 2000. Occurrence, biosynthesis and properties of kinetin (N6-furfuryladenine). *Plant Growth Regul.* 32: 257-265.
10. Benhassaini, H., Hocine, A.A.K., and Belkhodja, M. 2012. Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ. J.* 16: 2. 159-165.
11. Bongi, G., and Loreto, F. 1989. Gas exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europaea* L.) leaves. *J. Plant Physiol.* 90: 533-545.
12. Bouyoucos, G.H. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agron. J.* 43: 434-438.
13. Bremner, J.M. 1965. Total Nitrogen. In: C.A. Black (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbial properties. Number 9 in series Agronomy.* American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison, USA. Pp: 1049-1178.
14. Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R., and Martinez, G.A. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzyme and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleraceae* L.) at 20 °C. *Postharvest Biol. Technol. J.* 35: 191-199.
15. 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*). *J. Plant Physiol.* 166: 1775-1785.
16. Elfving, D.C. 1984. Factors affecting apple tree response to chemical branch induction treatments. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 109: 476-481.
17. Esmailizadeh, M., Pourrajabi Nejad, M.R., Karimi, H.R., and Mohammadi Mirik, A.A. 2013. Effect of benzyladenine and eliminate of winter irrigation on tree and nut characteristics of pistachio cv. Kalleh Ghoochi. *J. Crops Improve.* 15: 3. 171-186. (In Persian)
18. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *J. Ann. Bot.* 104: 1263-1280.
19. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Aust. J. Crop Sci.* 5: 6. 726-734.
20. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulfate and urea on NO₃⁻ and NO₂⁻ accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. *Sci. Hortic. J.* 106: 330-340.
21. Hazrati, S., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Babaei, A. 2012. Enhancing yield and aloin concentration of Aloe vera plants by simultaneous application of N and benzyladenine. *J. Med. Plants Res.* 6: 10. 1834-1881.
22. Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., and Sanchez-Diaz, M.D. 1992. Water stress induced changes concentrations of prolin and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant J.* 84: 55-60.
23. Jackson, M.L. 1975. *Soil chemical analysis, Advance course.* Univ. Wis., College Agric., Dept. Soils, Madison, WI, U.S.A.
24. Kamiab, F., Talaie, A., Javanshah, A., Khezri, M., and Khalighi, A. 2012. Effect of long-term salinity on growth, chemical composition and mineral elements of pistachio (*Pistacia vera* cv. Badami-Zarand) rootstock seedlings. *Ann. Biol. Res. J.* 3: 12. 5545-5551.
25. Karimi, S., Rahemi, M., Maftoun, M., Eshghi, S., and Tavallali, V. 2009. Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 3: 3. 1630-1639.
26. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P 225-246, In: A.J. Page (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological. Properties. Agronomy Series Number 9 (Part 2).* American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

27. Lacan, D., and Baccou, J.C. 1998. High levels of antioxidant enzymes correlate with delayed senescence in nonnetted muskmelon fruits. *Planta*. 204: 3. 377-382.
28. Lindasy, W.L., and Norwell, W.A. 1978. Department of a DTPA soil test for zinc, iron and manganese and copper. *Soil Sci. Am. J.* 42: 421-428.
29. Lovatt, C.J., and Ferguson, L. 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 Reports*, 12: 155-158.
30. Mane, A.V., Deshpande, T.V., Wagh, V.B., Karadge, B.A., and Samant, J.S. 2011. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. *J. Environ. Sci. Technol.* 1: 6. 1192-1216.
31. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Edn. Academic Press, London.
32. Mohammed, A.H.M.A. 2007. Physiological aspects of mungbean plant (*Vigna radiata* L. Wilczek) in response to salt stress and gibberellic acid treatment. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3: 4. 200-213.
33. Mozafari, V., and Khaleghi, F. 2016. Effects of gibberellic acid and nitrogen on some physiology parameters and micronutrients concentration in pistachio under salt stress. *J. Water Soil.* 30: 3. 955-967. (In Persian)
34. Mozafari, V., Asadollahi, Z., Tajabadi Pour, A., and Akhgar, A. 2013. Effects of Salinity and Manganese on Physiological and Echophysiological Characteristics of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *J. Soil Water Res.* 44: 1. 81-94. (In Persian)
35. Mozaffari, V., and Tajabadipour, A. 2004. Final report the study of pistachio orchard questions and problems project. Vali-E-Asr University, Rafsanjan, Iran. (In Persian)
36. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watnab, F.S., and Decan, L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extra action with sodium bicarbonate U.S. Department of Agric. 939p.
37. Paquin, R., and Lechasseur, P. 1979. Observations sure une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Can. J. Bot.* 57: 1851-1854.
38. Pourrajabi Nejad, M.R. 2013. Effects of BA and water stress in winter on nut qualitative and quantitative traits and spring forst hardening of pistachio cv. Kaleh-Ghoochi. Horticultural Department, Agricultural College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan, Iran. (In Persian)
39. Razavi Nasab, A., Tajabadi Pour, A., and Shiranim, H. 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: 10. 1612-1626.
40. Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S.D.A. Hand book, No. 60. Washington, D.C., U.S.A.
41. Roitsch, T., and Ehness, R. 2000. Regulation of source/sink relations by cytokinins. *J. Plant Growth Regul.* 32: 359-67.
42. Samuelson, M.E., and Larsson, C.M. 1993. Nitrate regulation of zeatin riboside levels in barley roots: effects of inhibitors of N assimilation and comparison with ammonium. *J. Plant Sci.* 93: 77-84.
43. Serio, F., Gara, L.D., Caretto, S., Leo, L., and Santamaria, P. 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidonia (*Posidonia oceanica* (L) Delile). *J. Sci. Food Agr.* 84: 1885-1890.
44. Seyedi, M. 2003. Study the effectiveness of some factors on controlling of alternate bearing and comparison of some quantitative and qualitative characters of alternate bearing pistachio. Ph.D. Thesis, College of science and agricultural engineering. Tehran university.
45. Sharifi, Z. 2001. Effect of nitrogen application on relative tolerance of pistachio seedlings to salinity stress. M.Sc. Thesis, Soil Science Department, Agricultural College, Vali-E-Asr University, Rafsanjan, Iran. (In Persian)
46. Siddiqui, M.H., Khan, M.N., Mohammad, F., and Khan, M.M.A. 2008. Role of nitrogen and gibberellin (GA3) in the regulation of enzyme activities and in osmoprotectant accumulation in *Brassica juncea* L. under salt stress. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 3. 214-224.

47. Soad, M.M.I., Lobna, S.T., and Farahat, M.M. 2010. Vegetative growth and chemical constituents of Croton plants as affected by foliar application of benzyl adenine and gibberellic acid. J. Am. Sci. 6: 7. 126-130.
48. Talebi, M., Mozaffari, V., and Tajabadipour, A. 2010. Response of pistachio rootstocks (*Pistacia Vera* cv. Ghazvini) to different levels of zinc and sodium chlorid. Iran. J. Soil Res. (Soil and Water Sci.). 23: 2. 149-161.
49. Zad-Salehi, F., Mozafari, V., Tajabadi Pour, A., and Hokmabadi, H. 2011. Interaction of sodium and magnesium on some growth characteristics and chlorophyll content of pistachio in perlite substrate. J. Sci. Technol. Greenhouse Culture. 2: 6. 23-34. (In Persian)



The effect of benzyl adenine and nitrogen on some physiological parameters of pistachio seedlings in saline conditions

*V. Mozafari¹, M. Khalilpour², A.R. Akhgar¹ and M. Esmailizadeh³

¹Associate Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

²M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

³Associate Prof., Dept. of Horticultural Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Received: 04/18/2016; Accepted: 06/06/2017

Abstract

Background and Objectives: Soil and water salinity is considered an important limiting factor for growth in many parts of the world especially in arid and semi-arid areas. Plant growth is restricted by salt stress like many other abiotic stresses. According to the relative tolerance of pistachio plant to salinity and large areas of saline soils in the country, it seems that pistachio is a suitable plant for cultivation in these areas. Since the production and activity of plant hormones such as cytokinins is influenced by environmental stresses and nutrient elements and considering the soil salinity of pistachio orchards in Kerman province and the important role of nitrogen in the production and exportation of cytokinin from roots to shoots this research for the first time investigates the role of benzyl adenine hormone (cytokinin) and nitrogen under salt stress on physiological parameters and osmotic regulators of pistachio seedlings (*Pistachia vera* L.).

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of different levels of nitrogen and benzyl adenine on some physiological and osmotic regulators parameters of pistachio seedlings, cv. Badami Zarand in saline conditions (sodium chloride), a factorial experiment was carried out in a completely randomized design with three replications in the greenhouse. Treatments were consisted of salinity (0 and 2000 mg NaCl per kg soil), nitrogen (0 and 100 mg N kg⁻¹ soil as NH₄NO₃) and benzyl adenine hormone (0, 250 and 500 mg l⁻¹).

Results: The results showed that application of 500 mg per liter benzyl adenine under salt stress increased dry weight of plant more than 2 folds compared to control. Also, with increasing salinity, the content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll was decreased. However application of nitrogen and benzyl adenine together, increased these parameters by 77, 72 and 52 percent, respectively. Also, carotenoids are affected by the treatments were increased by 78 percent. Although salinity reduced chlorophyll fluorescence index 31 percent, the application of nitrogen and 500 mg per liter benzyl adenine together could improve somewhat the effects of salinity and increased this photosynthetic parameter by 43 percent. Also, the results showed that proline and soluble sugars contents (osmotic regulators) increased with application of nitrogen and benzyl adenine (500 mg per liter), but combined application of these treatments increased osmotic regulators content by 78 and 59 percent compared to control, respectively. The ratio of K/Na and Ca/Na were also significantly reduced with increasing salinity, but application of 500 mg per liter benzyl adenine increased these parameters by 100 and 40 percent, respectively.

Conclusion: According to the results, it is concluded that the nitrogen and benzyl adenine with improving of physiological and osmotic regulators parameters, increased the ability of pistachio seedlings to resistance to salinity stress and thus recommended to perform this test on maturity pistachio trees and if increase the quality and quantity of product to be recommended to farmers.

Keywords: Carotenoids, Chlorophyll, Chlorophyll fluorescence, Proline, Soluble sugars

* Corresponding Author; Email: vmozafary@yahoo.com

Arci