نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد هشتم، شماره اول، ۱۳۹۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.12547.1709

تأثیر بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی دانهال‌های پسته تحت تنش کلرید سدیم

وحید مظفری[1]*، مژده خلیل‌پور[2]، عبدالرضا اخگر[1] و مجید اسماعیلی‌زاده[3]

[1]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، [2]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان،
[3]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (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، به‌نظر می‌رسد پسته گیاه مناسبی برای کشت در این مناطق باشد. از آن‌جا که تولید و فعالیت هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکینین‌ها تحت‌تأثیر 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 دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند) پرداخت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و بنزیل‌آدنین در شرایط شور (کلرید سدیم) بر پارامترهای فیزیولوژیکی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی دانهال‌های پسته، رقم بادامی ریز زرند 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 نیترات 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 حالی‌که مصرف توأمان نیتروژن و بنزیل‌آدنین، به‌ترتیب افزایش ۷۷، ۷۲ و ۵۲ درصدی این ویژگی‌ها را باعث گردید. کاروتنوئیدها نیز تحت‌تأثیر این تیمارها با افزایش ۷۸ درصدی مواجه گردیدند. هم‌چنین علی‌رغم این‌که شوری شاخص فلورسانس کلروفیل (F_v/F_m) را ۳۱ درصد کاهش داد، ولی مصرف توأمان 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 تحت‌تأثیر 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 K/Na و Ca/Na نیز که با

* مسئول مکاتبه: vmozafary@yahoo.com

شور شدن محیط کاهش معنی‌داری یافتند، با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، افزایش به‌ترتیب ۱۰۰ و ٤۰ درصدی پیدا نمودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، مشخص گردید که نیتروژن و بنزیل‌آدنین با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی، توانایی دانهال‌های 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 (۳٤). 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 سیتوکنین 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 (٤).

در میان عناصر غذایی، نیتروژن مهم‌ترین اثر را بر تولید و صدور سیتوکینین به اندام‌های هوایی دارا می‌باشد. هنگامی‌که 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 (٤٤). 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 ۳٤ 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 ٤۰ 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

سیتوکینین‌ها باعث افزایش رشد رویشی و محتوای برخی از عناصر غذایی می‌شوند (١٦). 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 دانهال‌های پسته می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک کافی از عمق صفر تا ٣٠ سانتی‌متری از یکی از مناطق پسته‌خیز استان کرمان که از نظر قابلیت هدایت الکتریکی 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 گل اشباع (٤٠)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج، بافت (١٢)، نیتروژن کل (١٣)، کربن آلی (٢٣)، ظرفیت زراعی با استفاده از منحنی مشخصه رطوبتی خاک، کربنات‌کلسیم معادل (١)، فسفر (٣٦)، پتاسیم (٢٦) و غلظت مس، روی، آهن و منگنز قابل استفاده (٢٨) تعیین گردید (جدول ١).

جدول ١- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

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

پ‌هاش pH	7.63
قابلیت هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})	1
بافت خاک Soil texture	لوم شنی Sandy Loam
نیتروژن کل Total N (%)	29.4
ماده آلی Organic matter (%)	0.5
ظرفیت زراعی Field capacity (%W)	18
کربنات‌کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent (%)	27
فسفر قابل‌استفاده Olsen phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	5.61
پتاسیم عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم 1 M NH_4OAc-extractable K ($mg.kg^{-1}$)	100
مس عصاره‌گیری‌شده با DTPA DTPA-extractable of Cu ($\mu g.g^{-1}$soil)	0.88
روی عصاره‌گیری‌شده با DTPA DTPA-extractable of Zn ($\mu g.g^{-1}$soil)	0.5
آهن عصاره‌گیری‌شده با DTPA DTPA-extractable of Fe ($\mu g.g^{-1}$soil)	2.65
منگنز عصاره‌گیری‌شده با DTPA DTPA-extractable of Mn ($\mu g.g^{-1}$soil)	4.9

بذرهای پسته، رقم بادامی ریز زرند (رقم غالب منطقه) از مؤسسه تحقیقات پسته کشور تهیه گردید. آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت 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 به‌ترتیب سطوح شوری به‌کار برده شده، میانگین شوری‌ها برابر با ۲/۲ و ۱۲/٤ 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 به‌ترتیب از منابع سولفات روی، سولفات مس و سولفات آهن با غلظت ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌صورت محلول تهیه و به خاک تمام کیسه‌های پلاستیکی اضافه گردید (۳۳). هم‌چنین طبق نقشه طرح آزمایشی، سطوح مختلف نیتروژن به‌صورت محلول از منبع نیترات آمونیوم، به خاک داخل کیسه‌ها اضافه گردید. پس از رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، خاک موجود در هر کیسه به‌خوبی 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.

تیمارهای شوری به‌صورت محلول درآمده و پس از استقرار کامل دانهال‌ها (هفته پنجم پس از کشت) به‌صورت 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 به‌صورت محلول‌پاشی در سه نوبت (هفته‌های ۱۰، ۱۲ و ١٤) 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 فلورسنس‌متر 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) دانهال‌ها 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، به‌مدت ٤٨ ساعت در آون با درجه حرارت ٦٥ 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.

نتایج و بحث

وزن خشک کل گیاه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل دوگانه تیمارهای شوری، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر وزن خشک کل گیاه معنی‌دار است (جدول ۲- الف). نتایج مربوط به برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین بیان‌کننده این است که اگرچه با مصرف ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک و در نتیجه شور شدن محیط کشت، وزن خشک گیاه ۳۹ درصد کاهش یافت، اما در همان شرایط شور مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، وزن خشک گیاه را بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. به‌عبارت دیگر مصرف بنزیل‌آدنین در شرایط شور توانست اثرات سمیت نمک (کلرید سدیم) را تا حدودی کاهش دهد. هم‌چنین با توجه به نتایج، مصرف بنزیل‌آدنین در شرایط غیرشور و شور، وزن خشک گیاه را افزایش داد، اما تأثیر بنزیل‌آدنین 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 بنزیل‌آدنین 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.

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

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار.

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

جدول ۲- ب- نتایج تجزیه واریانس اثرات مختلف نیتروژن، شوری و بنزیل‌آدنین 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.

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

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، پنج درصد و غیرمعنی‌دار.

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

جدول ۳- برهم‌کنش کلرید سدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک کل دانهال‌های پسته.

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

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

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.

نتایج برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک گیاه (جدول ٤) 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 بیش از ۲ برابر نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار 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).

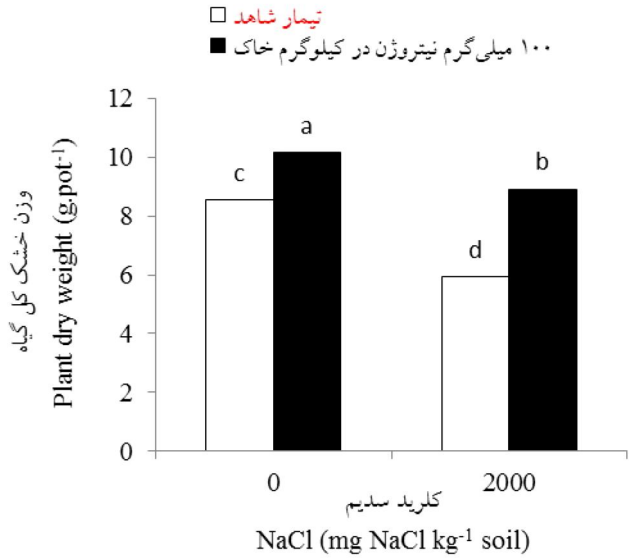
جدول ٤- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر وزن خشک کل دانهال‌های پسته.

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^{e}	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 کلریدسدیم 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.

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 به‌طورکلی این تغییرات موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شوند (٦). رضوی‌نسب و همکاران (۲۰۱٤) با انجام پژوهشی بر روی پسته بیان کردند که با افزایش سطوح شوری و رسیدن به سطح ۲٤۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم 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 ٤۲)، 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 کربوهیدارت‌ها به‌سمت خود می‌شود (۱۹ و ٤۱)، 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 توأمان 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 کارآیی جذب، نگه‌داری و مصرف آب را در گیاهان افزایش می‌دهند و هم‌چنین موجب افزایش سریع تقسیم سلولی، طویل 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 ٤۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. حضرتی و همکاران (۲۰۱۲) گیاه آلوورا را در گلدان‌هایی که حاوی ۱۲ کیلوگرم خاک بود، کشت داده و نتیجه گرفتند، با کاربرد ٤ سطح نیتروژن (۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در گلدان) و ٤ 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 (٤۳). هم‌چنین در این پژوهش بهبود در رشد دانهال‌های 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 (٤۵).

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 توأمان این دو تیمار کلروفیل a را از ۰/٦۳ به ۱/۳٤ میلی‌گرم در گرم وزن تر رساند، به‌عبارت دیگر بیش از ۱۰۰ درصد غلظت کلروفیل a را افزایش داد.

جدول ۵- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر غلظت کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر) دانهال‌های پسته.

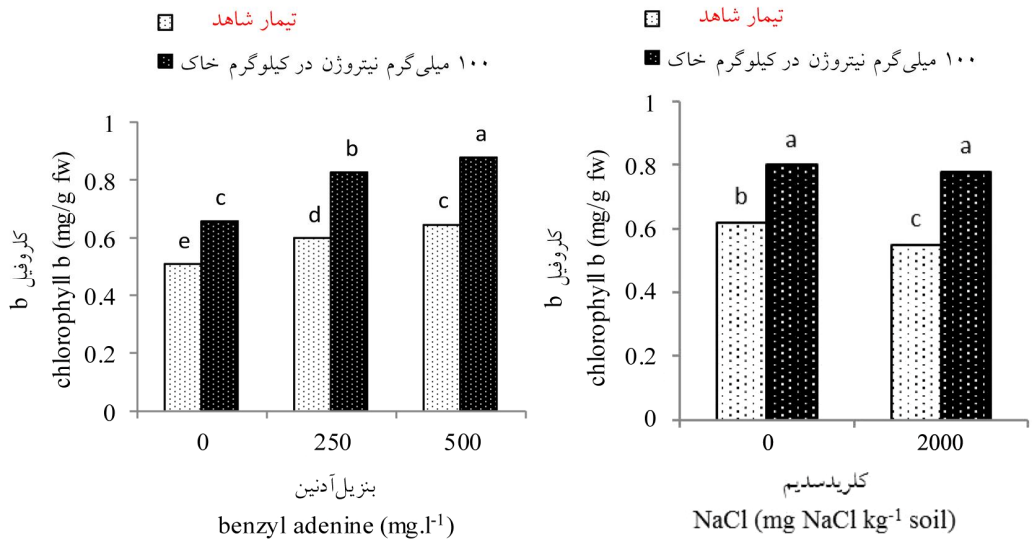
Table 5. Interaction of sodium chloride added to the soil, benzyl adenine and nitrogen on chlorophyll a (mg/g fw) concentration of pistachio seedlings.

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

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.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، برهم‌کنش شوری و نیتروژن و هم‌چنین نیتروژن و بنزیل‌آدنین 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 نداشت. نتایج برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین نشان داد، با مصرف هر یک از سطوح ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن یا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین 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).



شکل ۲- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن (الف) و نیتروژن و بنزیل‌آدنین (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).

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 ٦)، 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 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 ٦).

جدول ٦- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در دانهال‌های 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 کلریدسدیم 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.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و بنزیل‌آدنین نشان‌دهنده این است که تأثیر هر دو تیمار نیتروژن و بنزیل‌آدنین به‌تنهایی بر کلروفیل کل مشابه و هر دو باعث افزایش کلروفیل کل گردید به‌طوری‌که مصرف توأمان هر دو تیمار باعث افزایش ۵۰ درصدی کلروفیل کل گردید. اما کاروتنوئیدها بیش‌تر تحت‌تأثیر مثبت بنزیل‌آدنین قرار گرفتند تا اثر نیتروژن به‌تنهایی، در هر صورت این پارامتر نیز تحت‌تأثیر مصرف با هم تیمارهای ذکر شده افزایش ۷۸ درصدی را نشان داد (جدول ۷).

جدول ۷- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت کلروفیل کل و کاروتنوئیدها در دانهال‌های پسته.

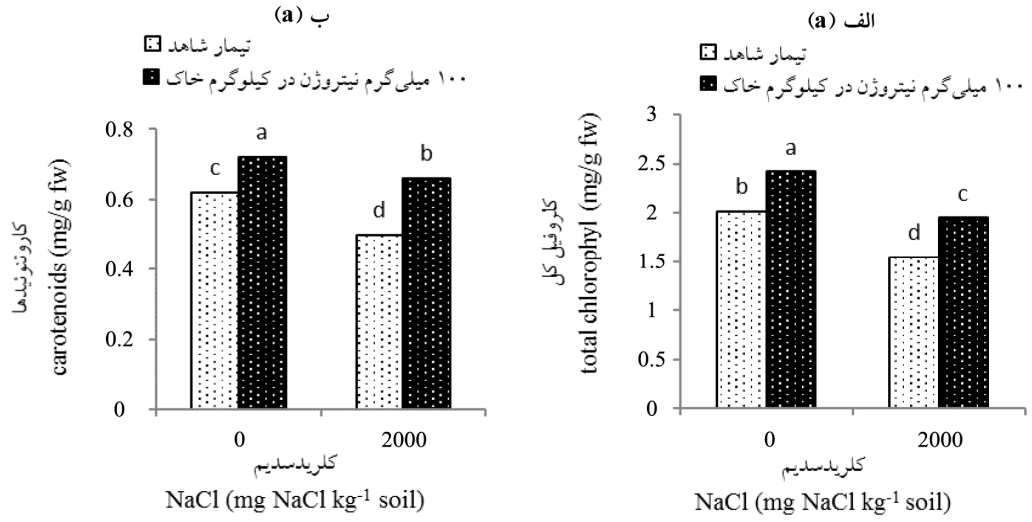
Table 7. Interaction of nitrogen and benzyl adenine on total chlorophyll and carotenoids concentration of pistachio seedlings.

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

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.

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)، به‌ترتیب ۲۶ و ۳۲ درصد به‌طوری معنی‌دار افزایش یافت. هم‌چنین با توجه به نتایج گرچه بیش‌ترین میزان 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 بیش‌تر از شرایط غیرشور بود (شکل ۳).



شکل ۳- برهم‌کنش کلریدسدیم 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.

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 به‌هم نزدیک‌تر می‌شود (۳۰). هم‌چنین کاهش در محتوای کلروفیل می‌تواند به‌دلیل اثر بازدارنده تجمع یون‌هایی مانند سدیم و کلر در بیوسنتز رنگیزه‌ها باشد. تخریب رنگیزه‌ها همانند ساختار کلروپلاست می‌تواند تحت‌تأثیر کلریدسدیم باشد (۳۲). در پژوهشی بر روی پسته مشخص گردید که شوری ناشی از کلریدسدیم، کلروفیل a، b و کلروفیل کل را به‌ترتیب ۵۵، ٥٦ و ٥٦ درصد کاهش داد. این پژوهشگران علت را افزایش فعالیت آنزیم تخریب‌کننده کلروفیل (کلروفیلاز) 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 کلریدسدیم، فقط کلروفیل a به‌میزان ۲۲ درصد کاهش یافت و تأثیری بر میزان کلروفیل‌های b و کل نداشت (٤۹). 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 به‌ترتیب ۲۹ و ۲۲ درصد کاهش یافتند (۳٤).

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 کلروفیلاز می‌شود (۱٤). 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 (٤۷). با انجام پژوهشی بر روی پسته مشخص گردید که با مصرف ٤۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها به‌ترتیب ۳۸ و ۳۲ درصد افزایش یافت

(۱۷). از آن‌جایی‌که بیش از ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌ها انباشته می‌شود (۳۳)، مصرف نیتروژن در این پژوهش باعث افزایش غلظت کلروفیل در دانهال‌های پسته شد. در پژوهشی گزارش شد که مصرف نیتروژن در شرایط شور و غیرشور باعث افزایش غلظت کلروفیل کل گیاه خردل شد (٤٦).

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 حالی‌که بنزیل‌آدنین در هر دو شرایط شور و غیرشور و بدون حضور نیتروژن این نسبت را با افزایش معنی‌دار تغییر داد. با این‌حال، در شرایط غیرشور بیش‌ترین میزان نسبت F_v/F_m مربوط به مصرف توأمان نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین با نزدیک به ۱۵ درصد افزایش و در شرایط شور با مصرف توأمان همین تیمارها این نسبت با افزایش ٤۳ درصدی (نسبت به شاهد هر کدام از شرایط) مواجه گردید.

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 این‌حال هنگامی‌که شوری به ۳۰۰ میلی‌مولار رسید، این پارامتر کاهش معنی‌داری پیدا کرد (۳٤). 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 آن‌جایی‌که 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.

جدول ۸- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک، بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر نسبت F_v/F_m دانهال‌های پسته.

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

سطوح بنزیل‌آدنین Benzyl adenine levels ($mg.L^{-1}$)			سطوح نیتروژن Nitrogen levels ($mg\ kg^{-1}$ soil)	سطوح کلریدسدیم 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^{e}	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 بنزیل‌آنین، 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 کلریدسدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت پرولین برگ دانهال‌های 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 کلریدسدیم 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 ٤)، در شرایط شور، با مصرف نیتروژن غلظت پرولین نسبت به شاهد بیش از دو برابر افزایش یافت.

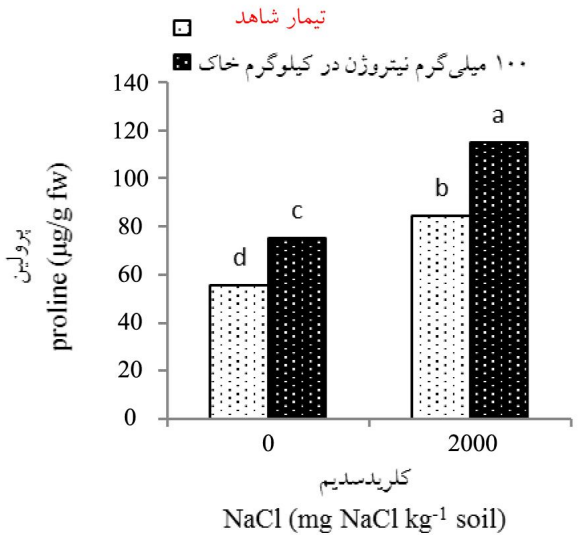
جدول ۱۰- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت پرولین برگ دانهال‌های پسته.

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 ٤- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر غلظت پرولین برگ دانهال‌های پسته.

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

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 توجیه 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 اسیدآمینه 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 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

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 کلریدسدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین بر غلظت قندهای محلول برگ دانهال‌های 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 کلریدسدیم 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.

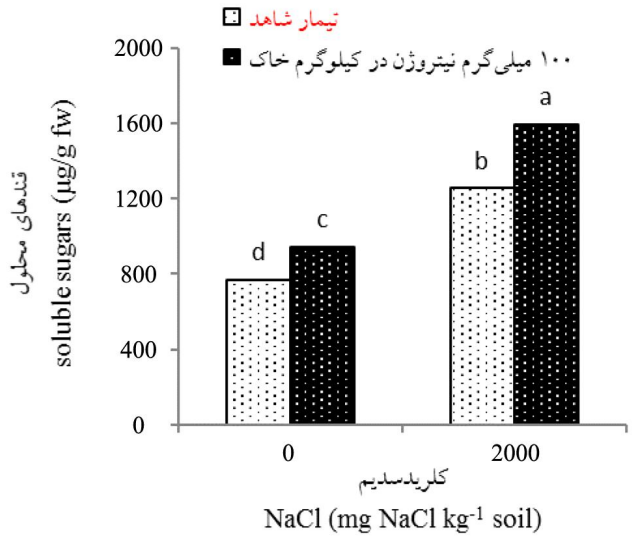
جدول ۱۲- برهم‌کنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت قندهای محلول برگ دانهال‌های پسته.

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- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و نیتروژن بر غلظت قندهای محلول برگ دانهال‌های پسته.

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

مطالعات متعددی تنظیم اسمزی ناشی از تجمع قندهای محلول در گیاهانی که تحت‌تأثیر 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 ٤٠ روز بعد از پایان گلدهی، افزایش و پس از آن در برگ‌های درختان بارده کاهش یافت، در حالی‌که 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 (٢٤).

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).

جدول ۱۳- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین 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.

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

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.

نسبت غلظت کلسیم به سدیم (Ca/Na) در اندام هوایی و ریشه: در رابطه با برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین بر نسبت Ca/Na می‌توان نتیجه گرفت (جدول ١٤)، اگرچه مصرف ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک، نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را به‌ترتیب ۱۱ و ۲۲ درصد به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد، اما مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در همین شرایط شور، نه‌تنها توانست جلوی کاهش نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را بگیرد، بلکه نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه را به‌ترتیب ٤٠ و ٥٥ درصد نسبت به شاهد افزایش داد.

جدول ١٤- برهم‌کنش کلریدسدیم اضافه شده به خاک و بنزیل‌آدنین 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.

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

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.

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 (٤٨). برخی مطالعات نشان می‌دهد که نسبت بالای K/Na در گیاهان می تواند یک فاکتور مرتبط با تحمل به شوری باشد (۷). از آن‌جایی‌که بنزیل آدنین 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 دانهال‌های پسته افزایش دهد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این پژوهش، اثر سوء شوری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژی دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند) 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 دانهال‌های 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 دانهال‌های پسته با افزایش معنی‌داری مواجه شدند. در نهایت با کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین، تحمل دانهال‌های پسته (رقم بادامی ریز زرند) به تنش کلرید سدیم افزایش یافت.

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 thehydrometer 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.Esmaeilizadeh, 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 NO_3^- and NO_2^- 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 imd Microbiological. Propenies.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. Departmentof 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 byextra 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)

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 8(1), 2018
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2017.12547.1709

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

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

***V. Mozafari[1], M. Khalilpour[2], A.R. Akhgar[1] and M. Esmailizadeh[3]**
[1]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,
[3]Associate 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 considerig 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 NH_4No_3) 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 performe 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