تأثیر بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر برخی از پارامترهای فتوسنتزی و نسبت عناصر دانهال‌های پسته در شرایط شور

مژده خلیل‌پور [۱] و وحید مظفری [۲]
۱- کارشناس ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

چکیده
بهمنظور بررسی تأثیر نیتروژن و بنزیل‌آدنین در شرایط شور بر برخی پارامترهای فیزیولوژی و ترکیب شیمیایی 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 خاك)، نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلیگرم در کیلوگرم خاك از منبع نیترات آمونیم) و هورمون بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد، در شرایط شور و غیر شور، مصرف بنزیل‌آدنین نسبت کلروفیل a به b را افزایش داد اما این افزایش در شرایط غیر شور بیشتر بود. همچنین با مصرف توأمان نیتروژن و بنزیل‌آدنین، کاروتنوئیدها و فنل برگ به‌ترتیب با افزایش ۷۸ و ۷۰ درصدی مواجه گردیدند. نتایج همچنین نشان داد که با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین در شرایط شور نسبت K/Na اندام هوایی و ریشه بیش از ۵/۲ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. نسبت Ca/Na نیز با افزایش روبرو شد.
واژه های کلیدی: فنل، کاروتنوئیدها، کلروفیل، نسبت K/Na ، نسبت Ca/Na

مقدمه
سیتوکینین‌ها یک گروه از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که مقاومت گیاهان را به تنش‌های مختلف مانند شوری، دمای بالا و خشکی افزایش و رشد گیاهان را در شرایط تنش تنظیم می‌کنند (Barciszewski *et al*., ۲۰۰۰). از مهم‌ترین سیتوکینین‌ها می‌توان به بنزیل‌آدنین اشاره کرد که به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مطرح میباشد (Mok and Mok, ۲۰۰۱). در شرایط تنش‌های محیطی تولید رادیکال‌های آزاد در گیاهان افزایش می‌یابد، گیاهان از طریق مکانیسم‌های آنزیمی و غیر آنزیمی، رادیکال‌های آزاد را خنثی می‌کنند. آنتی‌اکسیدانت‌های غیر آنزیمی از قبیل رنگیزه‌هایی مثل کاروتنوئیدها و مواد فنلی ترکیباتی با وزن مولکولی بالا هستند که اغلب تعدادی از پروتئین‌هایی را که به‌وسیله رادیکال‌های آزاد از بین می‌روند، محافظت می‌کنند (Navarro *et al*., ۲۰۰۶). برخی مطالعات نشان می‌دهد که نسبت بالای K/Na در گیاهان می‌تواند یك فاکتور مرتبط با تحمل به شوری باشد (Ashraf and McNeilly, ۱۹۹۰). عموماً چنین پنداشته شده که ساز و کار مهم جذب انتخابی K^+/Na^+ در ریشه‌های گیاه، فعال شدن پمپ خروج سدیم به‌وسیله پتاسیم است که در غشای سیتوپلاسمی قرار دارد. در نبود کلسیم، غشای سیتوپلاسمی غیر تراوا (نشتی) می‌شود و به‌این ترتیب ورود و خروج مواد به‌خوبی مهار نمی‌شود. هنگامی‌که نیتروژن در اختیار گیاه باشد، صدور سیتوکینین با سن گیاه افزایش و با قطع مصرف نیتروژن، کاهش می‌یابد. 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، پژوهش حاضر برای اولین بار به بررسی نقش هورمون بنزیل‌آدنین و نیتروژن در شرایط شور بر برخی از پارامترهای فتوسنتزی و نسبت بین عناصر پسته پرداخت.

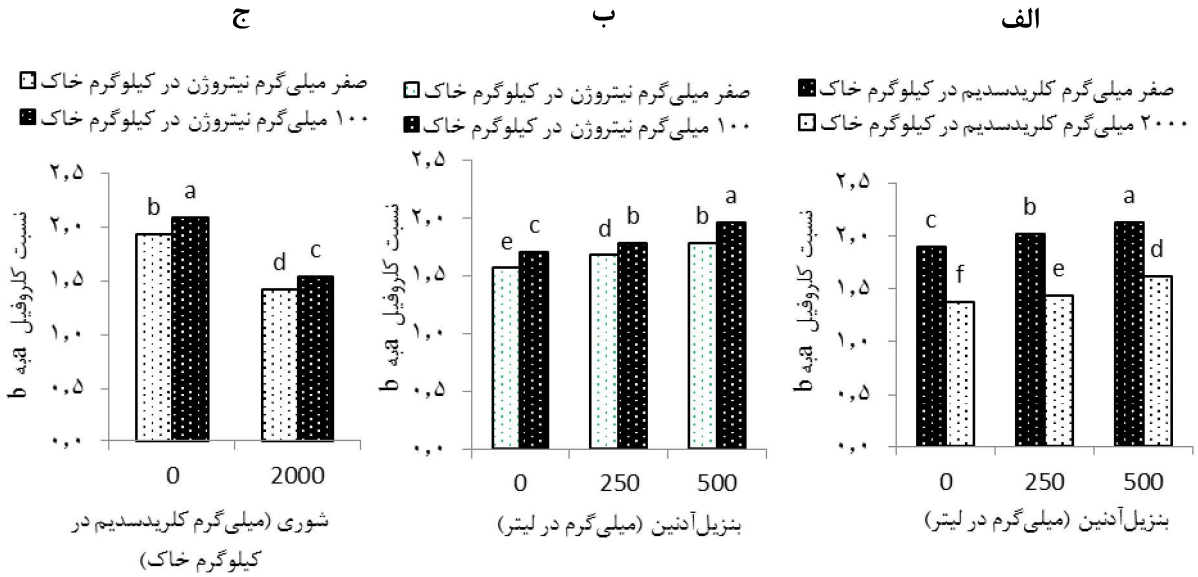
مواد و روش‌ها
آزمایش در شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو سطح نیتروژن (صفر و ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیوم)، دو سطح شوری (صفر و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک) و سه سطح هورمون بنزیل‌آدنین (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند که بر روی رقم پسته بادامی زرند به اجرا درآمد. مقدار پنج کیلوگرم خاك داخل گلدان‌های پلاستیکی ریخته و تیمار نیتروژن بهصورت محلول به خاك داخل گلدانها اضافه شد. در هر گلدان تعدادپنج بذر در عمق سه سانتیمتری کشت و رطوبت خاک به‌حد ظرفیت مزرعه رسانده شد. آبیاری گلدانها به‌وسیله آب مقطر تا رسیدن به ظرفیت مزرعه همراه با توزین مرتب آنها صورت گرفت. تیمار شوری پس از استقرار کامل دانهال‌ها بهصورت محلول همراه با آب آبیاری به گلدان‌ها اضافه شد. هم‌چنین تیمار بنزیل‌آدنین طبق نقشه طرح به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها اعمال شد. میزان کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b و همچنین کاروتنوئیدها با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ اندازه‌گیری شد. مقدار فنل نیز در هفته بیست و چهارم پس از کاشت مورد سنجش قرار گرفت. غلظت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر و غلظت کلسیم به‌وسیله دستگاه جذب اتمی اندازهگیری گردید.

نتایج و بحث

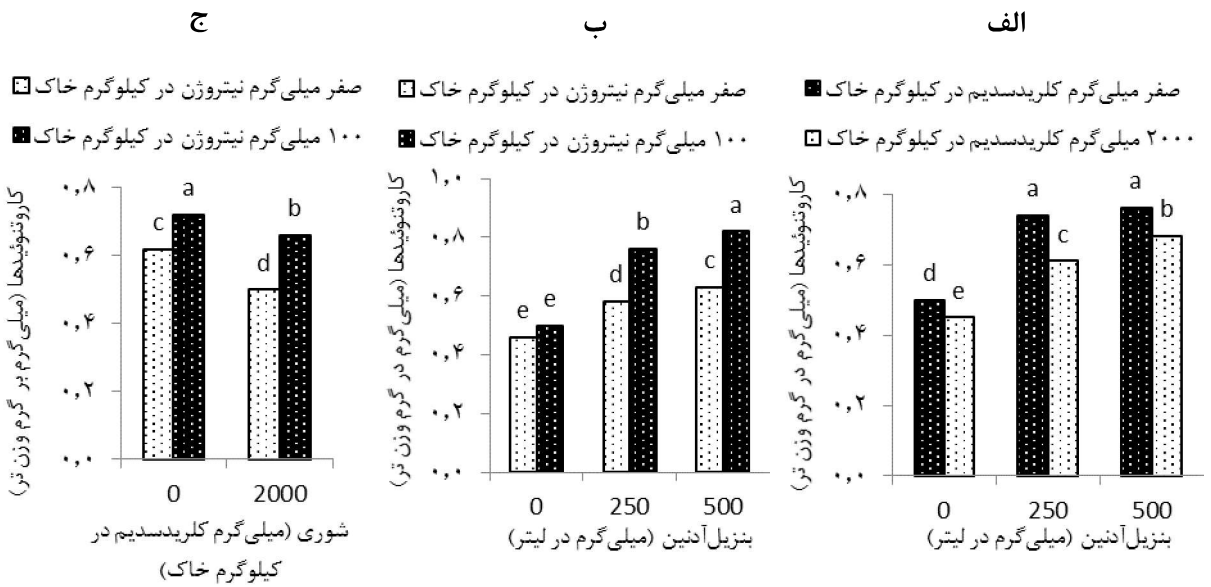
نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل شوری و بنزیل‌آدنین نشان داد (شکل ۱- الف)، در شرایط شور و غیر شور، مصرف بنزیل‌آدنین نسبت کلروفیل a به b را افزایش داد اما این افزایش در شرایط غیر شور بیشتر بود. کلروفیل a به‌شرایط تنشی حساس‌تر از کلروفیل b است که نتیجه آن کاهش نسبت کلروفیل a به b خواهد بود (Khavari-nejad and Chaparzadeh, ۱۹۹۸). زادصالحی و همکاران (۱۳۹۰) در ارتباط با تأثیر تنش شوری بر میزان کلروفیل برگ پسته، نشان دادند 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. طی پژوهش‌های انجام شده ثابت شده است که تیمار بنزیل‌آدنین باعث تأخیر در تجزیه کلروفیل و کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌شود (Costa *et al.*, ۲۰۰۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده این است که تأثیر هر دو تیمار نیتروژن و بنزیل‌آدنین به‌تنهایی بر نسبت کلروفیل a به b مشابه و هر دو باعث افزایش این نسبت گردیدند ولی مصرف توأمان آن‌ها باعث افزایش ۲۵ درصدی نسبت کلروفیل a به b گردید (شکل ۱- ب). اثر متقابل شوری و نیتروژن نیز نشان داد (شکل ۱- ج) که در شرایط شور و غیر شور با مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، نسبت کلروفیل a به b با افزایش معنیداری روبرو شدند.

کاروتنوئیدها

با توجه به شکل ۲- الف ملاحظه می‌شود، گرچه در شرایط غیر شور 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 غیر شور و نبود بنزیل‌آدنین) افزایش معنی‌دار داد. در پژوهشی گزارش شد، با مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، میزان کاروتنوئیدها ۶۵ درصد نسبت به شاهد در گیاه کرچک افزایش یافت (Soad *et al.*, ۲۰۱۰). برهمکنش نیتروژن و بنزیل‌آدنین، گویای این است که کاروتنوئیدها بیشتر تحت تأثیر مثبت بنزیل‌آدنین قرار گرفتند تا اثر نیتروژن به‌تنهایی. می‌توان گفت که هم‌زمان با مصرف نیتروژن، مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، غلظت کاروتنوئیدها را از ۵۰/۰ به‌ترتیب به ۷۶/۰ و ۸۲/۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر افزایش داد و بیشترین غلظت کاروتنوئیدها در استفاده توأم نیتروژن و سطح دوم هورمون بنزیل‌آدنین به‌دست آمد (شکل ۲- ب). اثر متقابل شوری و نیتروژن نیز نشان داد (شکل ۲- ج)، گرچه بیشترین میزان کاروتنوئیدها در شرایط غیر شور و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌دست آمد، ولی در شرایط شور تأثیر نیتروژن در افزایش کاروتنوئیدها بیشتر از شرایط غیر شور بود.



شکل ۱- برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین (الف)، نیتروژن و بنزیل‌آدنین (ب) و شوری و نیتروژن (ج) بر نسبت کلروفیل a به b دانهال‌های پسته



شکل ۲- برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین (الف)، نیتروژن و بنزیل‌آدنین (ب) و شوری و نیتروژن (ج) بر غلظت کاروتنوئیدهای دانهال‌های پسته

فنل

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در حضور نیتروژن، با مصرف ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، غلظت فنل به‌ترتیب ۲۸ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، ولی با مصرف توأم نیتروژن و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، غلظت فنل بیش از ۷۰ درصد نسبت به شاهد افزایش حاصل نمود (جدول ۱). در پژوهشی بر روی گیاه کرچک مشخص شد که مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بنزیل‌آدنین، مقدار کل فنل را ۳۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (Soad *et al.*, ۲۰۱۰). در این پژوهش افزایش غلظت فنل با مصرف نیتروژن، نشان دهنده تحریک نیتروژن در افزایش تولید فنل می‌باشد، لیکن در برخی از گزارش‌ها، مصرف بیش از حد نیتروژن غلظت فنل را کاهش داده است (Marschner, ۱۹۹۵).

جدول ۱- تأثیر کاربرد نیتروژن و بنزیل‌آدنین بر غلظت فنل برگ دانهال‌های پسته

سطوح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	سطوح بنزیل‌ادنین (میلی‌گرم در لیتر) ۰	۲۵۰	۵۰۰	میانگین
	غلظت فنل (میکروگرم در گرم وزن تر)			
۰	^{e}۱۵/۳۱۳	^{d}۳۰/۳۵۴	^{c}۸۳/۴۱۷	B۷۶/۳۶۱
۱۰۰	^{e}۲۶/۳۹۶	^{b}۰۳/۵۰۷	^{a}۳۹/۵۵۶	A۵۶/۴۸۶
میانگین	C۷۱/۳۵۴	B۶۶/۴۳۰	A۱۱/۴۸۷	

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

نسبت K/Na اندام هوایی و ریشه

براساسنتایجمقایسه‌هامیانگین‌ها (جدول ۲)، با مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم‌دلیتر بنزیل‌آدنین در شرایط غیرشور و شور، نسبت K/Naاندامهوایی به‌ترتیب به بیش از ۳ و ۲ برابر شاهد رسید. هم‌چنین مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم‌دلیتربنزیل‌آدنینهم درشرایطغیرشوروهم شور نسبت K/Na ریشه به بیش از ۵/۲ برابرافزایشیافت.

جدول ۲- تأثیر کاربرد شوری و بنزیل‌آدنین بر نسبت اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پستهK/Na

سطوح شوری (میلی‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)	سطوح بنزیل‌ادنین (میلی‌گرم در لیتر) ۰	۲۵۰	۵۰۰	میانگین
	نسبت K/Naاندامهوایی			
۰	^{c}۲۹/۱	^{b}۹۷/۲	^{a}۹۸/۳	A۷۵/۲
۲۰۰۰	^{e}۶۰/۰	^{d}۰۹/۱	^{c}۳۲/۱	B۰۰/۱
میانگین	C۹۵/۰	B۰۳/۲	A۶۵/۲	

	نسبت K/Na ریشه			
۰	[d]۸۰/۰	[b]۷۶/۱	[a]۱۰/۲	A۵۵/۱
۲۰۰۰	[c]۴۲/۰	[d]۹۲/۰	[c]۰۹/۱	B۸۱/۰
میانگین	C۶۱/۰	B۳۴/۱	A۵۹/۱	

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

نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه

در رابطه با برهم‌کنش شوری و بنزیل‌آدنین (جدول ۳) می‌توان گفت، 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 میلي‌گرم 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 رابه‌ترتیب ۴۰ و ۵۵ درصد نسبتبهشاهد افزایش داد.

جدول ۳- تأثیر کاربرد شوری و بنزیل‌آدنین بر نسبت Ca/Na اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته

سطوح شوری (میلي‌گرم کلریدسدیم در کیلوگرم خاک)	سطوح بنزیل‌ادنین (میلي‌گرم در لیتر) ۰	۲۵۰	۵۰۰	میانگین
	نسبت Ca/Na اندام‌هوایی			
۰	[c]۸۳/۰	[b]۳۳/۱	[a]۱۸/۲	A۴۵/۱
۲۰۰۰	[f]۷۴/۰	[d]۹۶/۰	[c]۱۶/۱	B۹۵/۰
میانگین	C۷۸/۰	B۱۴/۱	A۶۷/۱	
	نسبت Ca/Na ریشه			
۰	[d]۸۲/۱	[b]۸۹/۲	[a]۹۴/۳	A۸۹/۲
۲۰۰۰	[e]۴۲/۱	[c]۳۶/۲	[b]۸۳/۲	B۲۰/۲
میانگین	C۶۲/۱	B۶۲/۲	A۳۹/۳	

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

طالبی و همکاران (۱۳۸۸) با انجام پژوهشی بر روی پسته گزارش کردند، با افزایش شوری از صفر به ۳۲۰۰ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك، میانگین نسبت‌های K/Na و Ca/Na به‌ترتیب ۶۵ و ۴۴ درصد کاهش معني‌داری حاصل کرد. آذری و همکاران (۱۳۹۱) نیز در مطالعه‌ای بر روی دو رقم کلزا به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققین گزارش کردند، فراوانی یون سدیم در شرایط تنش شوری و جایگزین شدن آن با یون پتاسیم در سطح کلوئیدها و فاز محلول خاك و در نتیجه جذب بیشتر آن توسط ریشه، سبب افزایش غلظت آن و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی می‌شود. از آن‌جایی‌که سیتوکینین‌ها در آوند آبکش از اندام‌های هوایی به ریشه‌ها منتقل می‌شوند (Arshad and Frankenberger, ۱۹۹۸)، بنابراین مقداری از بنزیل‌آدنین از طریق آوندهای آبکش به ریشه‌ها انتقال یافته و از طریق تشکیل و گسترش ریشه‌ها (Okay *et al.*, ۲۰۱۱) و هم از طریق ایجاد يك قدرت مقصد قوی که سبب انتقال یون‌ها و کربوهیدارت‌ها بهسمت سلول مي‌گردد (Ghorbani Javid *et al.*, ۲۰۱۱) توانسته جذب پتاسیم و کلسیم توسط ریشه‌ها را هم در شرایط شور و هم غیر شور افزایش داده و پتاسیم و کلسیم بیشتری را به اندام هوایی نیز انتقال دهد. هم‌چنین با توجه به این‌که سیتوکینین‌ها بر روی نفوذپذیری غشاء سلول نسبت به یون‌های یک و دوظرفیتی نقش دارند (Ghorbani Javid *et al.*, ۲۰۱۱)، 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 غیر شور توانسته نسبت‌های K/Na و Ca/Na را در اندام هوایی و ریشه دانهال‌های پسته افزایش دهد.

منابع

آذری، آ.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م.، عسکری، ح.، قناتی، ف.، ناجی، ا. م. و علی‌زاده، ب. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*). مجله علوم زراعی ایران، جلد چهاردهم، شماره ۲، صفحه‌های ۱۲۱ تا ۱۳۵.

طالبی، م.، مظفری، و. و تاج‌آبادي‌پور، ا. ۱۳۸۸. پاسخ دانهال‌های پسته رقم قزوینی (*Pistacia vera* cv. Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلریدسدیم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاك و آب)، جلد بیست و سوم،شماره ۲، صفحه‌های ۱۴۹ تا ۱۶۱.

Arshad M. and Frankenberger, J.W.T. ۱۹۹۸. Plant growth regulating substances in the rhizosphere: microbial production and function. Advances in Agronomy, ۶۲: ۴۵-۱۵۱.

Ashraf M. and McNeilly T. ۱۹۹۰. Responses of four Brassica species to sodium chloride. Environmental and Experimental Botany, ۳۰ : ۴۷۵-۴۸۷.
Barciszewski J., Siboska G., Rattan S.I.S. and Clark B.F.C. ۲۰۰۰. Occurrence, biosynthesis and properties of kinetin (N۶-furfuryladenine). Plant Growth Regulation, ۳۲ : ۲۵۷-۲۶۵.
Costa M.L., Civello P.M., Chaves A.R. and Martinez G.A. ۲۰۰۵. Effect of ethephon and ۶-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzyme and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleraceae* L.) at ۲۰ ℃. Postharvest Biology and Technology, ۳۵: ۱۹۱-۱۹۹.
Ghorbani Javid M., Sorooshzadeh A., Moradi F. and Modarres Sanavy S.A.M. ۲۰۱۱. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science, ۵(۶): ۷۲۶-۷۳۴.
Khavari-nejad R.A. and Chaparzadeh N. ۱۹۹۸. The effects of NaCl and $CaCl_2$ on photosynthesis and growth of alfalfa plants. Photosynthetica, ۳۵: ۴۶۱-۴۶۶.
Marschner H. ۱۹۹۵. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London.
Mok D.W. and Mok M.C. ۲۰۰۱. Cytokinin metabolism and action. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, ۵۲: ۸۹-۱۱۸.
Navarro J.M., Flores P., Consuelo G. and Martinez V. ۲۰۰۶. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry, ۹۶: ۶۶-۷۳.
Okay Y., Gunes N.T. and Ilhami A. ۲۰۱۱. Free endogenous growth regulators in Pistachio (*Pistacia vera* L.). African Journal of Agricultural Research, ۶: ۱۱۶۱-۱۱۶۹.
Soad M.M.I., Lobna S.T. and Farahat M.M. ۲۰۱۰. Vegetative Growth and Chemical Constituents of Croton Plants as. Affected by Foliar Application of Benzyl adenine and Gibberellic. Journal of American Science, ۶(۷): ۱۲۶-۱۳۰.

Abstract

In order to evaluate the effect ofnitrogen and benzyl adenineon some physiologicalparametersandchemical composition of pistachio seedlings, cv. Badami Zarand under salt stress, a factorial experimentwas carried out in a completely randomized design with three replications.Treatments consisted of salinity (۰ and ۲۰۰۰ mg NaCl per kg soil), nitrogen (۰ and ۱۰۰ mg N kg^{-1} soil as NH_4No_3), and benzyl adenine hormone (۰, ۲۵۰ and ۵۰۰ mg l^{-1}). The results showed thatboth in salin and non saline conditions, application of benzyl adenine increasedchlorophyll a/bratiobut this increase was higher in non saline.Also with application of nitrogen and benzyl adenine together, carotenoids and phenol faced with increasingby ۷۸ and ۷۰ percent, respectively.Also, the results showed that withapplication of ۵۰۰ mg per liter benzyl adenine in salin conditions, K/Na ratio in shoots and rootsincreasedmore than ۲.۵ folds.Also Ca/Na faced with increasing.