

اثرات نیترات پتاسیم بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) تحت تنش کلرید سدیم

سمیه ناصری^۱، مختار حیدری^{۱*}، سیروس جعفری^۲ و محمد حسین دانشور^۱

^{۱*} گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

^۲ گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۲/۳۱)

چکیده

در آزمایش حاضر، پاسخ دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) بادامی زرد به شوری بر اساس فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، اسید آمینه کل، میزان نیترات و تجمع یون‌ها ارزیابی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار طرح ریزی شد. تیمارهای شوری (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) و نیترات پتاسیم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی مولار) اعمال شده و نمونه برداری ۶۰ روز پس از تیمارها انجام شد. نتایج نشان دادند در برگ گیاهان تحت تنش شوری، بیشترین فعالیت نیترات ردوکتاز برگ در غلظت ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم و ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم بود (۱۱/۴ میکرومولار در ساعت در گرم وزن تر) و کمترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در تیمار کلرید سدیم ۱۵۰ میلی مولار و ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم یا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم وجود داشت (به ترتیب ۵/۶۸ و ۴/۳۷ میکرومولار در ساعت در گرم وزن تر) و فعالیت نیترات ردوکتاز در سایر تیمارها تفاوت معنی داری نداشت. کاربرد نیترات پتاسیم به طور معنی داری نیترات ریشه یا برگ را در گیاهان تحت تنش شوری افزایش داد. تیمار کلرید سدیم، اسید آمینه کل در برگ را کاهش داد ولی در گیاهان تیمار شده با ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم این کاهش وجود نداشت. در هر تیمار شوری، کاربرد ۱۰ یا ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم موجب کاهش اسید آمینه کل در ریشه دانهال‌های پسته شد. تیمارهای کلرید سدیم و یا نیترات پتاسیم اثر معنی داری بر دریافت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر داشتند. نتایج نشان داد در شرایط تنش کلرید سدیم، دریافت و آسمیلایسیون نیترات در برگ و ریشه دانهال‌های پسته به طور معنی داری تحت تاثیر کاربرد نیترات پتاسیم تحت تاثیر قرار گرفت.

کلمات کلیدی: آنزیم، پسته اهلی (*Pistacia vera* L.)، شوری، نیتروژن

مقدمه

آنزیمی و رشد زایشی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ماداوارا و همکاران، ۱۳۹۰)، در زمینه بررسی جنبه‌های مختلف تنش شوری در گیاهان مطالعات زیادی انجام گردیده است. Greenway و Munns (۱۹۸۰) گزارش دادند در شرایط تنش شوری، وجود غلظت بالای یون‌های سدیم و کلر در محلول

شوری آب و خاک یکی از عوامل مهم محدودکننده رشد گیاهان و یا تولید محصولات کشاورزی در جهان می‌باشد. باتوجه به اینکه تنش شوری دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌های فیزیولوژیکی در رشد رویشی، جذب عناصر، فعالیت‌های

نیترات در درختان میوه یا سایر گونه‌های درختان مطالعات محدودی انجام گردیده است. میرزایی (۱۳۹۱) گزارش داد شوری ناشی از کلرید سدیم موجب تغییر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تجمع نیترات در دو پایه بادام تلخ و شیرین (*Prunus dulcis*) گردید. نتایج آزمایش Viegas و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد شوری ناشی از کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانه‌های بادام‌هندی (*Anacardium occidentale*) اثر بازدارنده دارد. Meloni و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند تنش شوری موجب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاه کهور (*Prosopis alba*) گردید.

بر اساس نتایج مطالعات قبلی، پیشنهاد شده کاربرد نیتروژن می‌تواند در کاهش تنش شوری اثر داشته‌باشد. Gimeno و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند مصرف نیترات پتاسیم در شرایط تیمار شوری باعث کاهش تجمع کلر در پایه‌های لیمون (*Citrus lemon L.*) شد. همچنین آنها گزارش دادند استفاده از نیترات پتاسیم یک میلی‌مولار برای کاهش اثرات مضر کلر بالای برگ لیمون در شرایط تنش شوری مفید است. Domingo و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند کاربرد نیترات پتاسیم در مرکبات تحت تنش شوری موجب بهبود رشد شد. اثر نیترات کلسیم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار به همراه آب آبیاری در افزایش معنی‌دار نیترات در برگ و ریشه و یا اسید آمینه کل و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ‌های دانه‌های پسته اهلی (*Pistacia vera L.*) گزارش شده‌است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴).

پسته (*Pistacia vera L.*) یکی از محصولات مهم باغبانی ایران می‌باشد که در سطح وسیع در استان‌های کرمان، یزد و خراسان کشت می‌شود. با توجه به اینکه شوری آب و خاک یکی از عوامل مهم محدودکننده کشت پسته در ایران می‌باشد، در زمینه اثر تنش شوری بر رشد رویشی و تجمع یون‌ها در ارقام یا گونه‌های مختلف پسته مطالعات متعددی انجام گردیده است (سپاسخواه و مفتون، ۱۹۸۱، ۱۹۸۲؛ سپاسخواه و همکاران، ۱۹۸۵؛ حیدری و راحمی، ۱۳۸۲؛ کریمی و همکاران، ۲۰۰۹؛ مظفری و امید، ۱۳۹۱)، ولی در مورد اثر تنش شوری

خاک در جذب عناصر غذایی توسط ریشه اختلال ایجاد نموده و در نتیجه گیاه متحمل آسیب‌های ناشی از آثار اسمزی و سمیت بعضی از یون‌ها می‌شود و گیاه دچار کاهش رشد و عملکرد می‌گردد. با توجه به اینکه در شرایط تنش شوری تجمع یون‌های مضر سدیم و کلر باعث تنش اسمزی و اختلالات تغذیه‌ای می‌گردد (Grattan and Grieses, 1999)، گیاهان طیف گسترده‌ای از مکانیسم‌های بیوشیمیایی و مولکولی مانند تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشاء، تحریک هورمون‌های گیاهی و القای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (Mudgal et al, 2010) و مکانیسم‌های تنظیم اسمزی با استفاده از تجمع محلول‌های سازگار (ماداوآرا و همکاران، ۱۳۹۰) را به منظور مقابله با تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از تنش شوری استفاده می‌کنند.

تولید اسیدهای آمینه یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های گیاهان برای تنظیم پتانسیل اسمزی در شرایط تنش شوری می‌باشد. اگر پتانسیل اسمزی محلول خاک بیشتر از پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه شود، گیاه برای حفظ روند جذب آب، از طریق جذب یون‌ها از محلول خاک و یا تولید بعضی از ترکیبات آلی مانند پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و یا سایر ترکیبات آلی تنظیم‌کننده اسمزی، پتانسیل اسمزی سلول‌های خود را کاهش می‌دهد (ژو، ۲۰۰۷؛ کریمی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ماداوآرا و همکاران، ۱۳۹۰). نیترات یکی از ترکیبات مهم نیتروژنی می‌باشد که توسط ریشه گیاهان جذب می‌گردد. نیترات جذب شده در ریشه و انتقال یافته به برگ با دخالت آنزیم نیترات ردوکتاز به عنوان یکی از آنزیم‌های کلیدی در اسیمیلاسیون نیترات، به نیتريت احیا می‌شود و پس از احیا نیتريت به آمونیم، با دخالت آنزیم نیتريت ردوکتاز، پیش ساز تولید اسیدهای آمینه در ریشه یا برگ فراهم می‌گردد (Campbell, 1996). در شرایط تنش شوری علاوه بر کاهش دریافت نیترات که بخشی از آن به دلیل رقابت با غلظت زیاد یون کلر در محیط ریشه می‌باشد (Wiesman, 1995)، در میزان نیترات درونی و فعالیت آنزیم‌های مربوط به اسیمیلاسیون نیترات نیز تغییراتی ایجاد می‌شود (Campbell, 1996). در مورد اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تجمع

گیری به مدت ده دقیقه در کلراکس ۱۰٪، سپس ۲۴ ساعت در آب جاری و ضد عفونی سطحی به مدت ۳ ساعت در فارچ کش کاپتان ۱/۵ در هزار + بنومیل ۱/۵ با کلراکس ۱۰٪ گندزدایی شده و برای جوانه زنی در ژرمیناتور در دمای ۲۶ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. بذره‌های جوانه زده در کیسه گلدان پلاستیکی حاوی ۲/۵ کیلوگرم خاک لومی-سیلتی-رسی کاشته شدند. درصد رطوبت موجود در هر گلدان با استفاده از رابطه پیشنهادی بای بوردی (۱۳۶۹) محاسبه شد:

$$\text{جرم خاک مرطوب-جرم خاک خشک} \times 100 = \frac{\text{جرم خاک مرطوب-جرم خاک خشک}}{\text{جرم خاک خشک}} = \text{درصد رطوبت (\%)}$$

جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۸ گرم بر سانتی متر مکعب، درصد تخلخل ۵۰ درصد، حد ظرفیت مزرع‌ای ۲۲ درصد وزنی و حد پژمردگی ۱۴ درصد وزنی تعیین شد. میزان آب آبیاری برای به اشباع رسیدن خاک در اولین دور آبیاری با حاصل ضرب حجم کل خاک در هر گلدان در درصد تخلخل مشخص گردید. در هر گلدان ۲ عدد بذر کاشته شد و گلدان‌ها با ۷۷۰ میلی‌لیتر آب لوله‌شهری تصفیه شده آبیاری شدند تا رطوبت گلدان‌ها به حد اشباع برسند. پس از ظهور دانه‌ها در هر گلدان، تعداد گیاهان به یک عدد در گلدان کاهش یافت. هشت هفته پس از کاشت بذرها (رسیدن به مرحله حداکثر ۵ گره در گیاهان) تیمارهای کلریدسدیم (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و نیترات پتاسیم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) با حل نمودن غلظت‌های مورد نظر نیترات پتاسیم (محصول شرکت Oral سویس) در آب حاوی مقادیر مشخص کلریدسدیم انجام شد. به منظور ممانعت از تنش ناگهانی، به تدریج طی سه مرحله غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم (در هر مرحله ۲۵ میلی‌مولار) و غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار در طی ۶ مرحله (در هر مرحله ۲۵ میلی‌مولار) اعمال گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی کلریدسدیم افزایش یافت. جهت انجام تیمار نیترات پتاسیم غلظت ۱۰ میلی‌مولار کود نیترات پتاسیم در دو مرحله (در هر مرحله ۵ میلی‌مولار) و غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم در سه مرحله (در هر مرحله ۵ میلی‌مولار) اعمال

بر فعالیت‌های آنزیمی در گیاه پسته گزارش‌های محدودی منتشر شده است. اثر تنش شوری بر تغییر فعالیت آنزیم لیپوکسی‌ناز و پراکسیداسیون چربی‌ها (حیدری و تفضلی، ۱۳۸۴)، پلی‌فنل اکسیداز و ترکیبات فنلی (حیدری و تفضلی، ۱۳۸۶)، فنیل‌آلنین آمونیا لیاز (حیدری و تفضلی، ۱۳۸۴) و ایندول‌استیک‌اسید اکسیداز (حیدری و تفضلی، ۱۳۸۶)، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (لطفی و همکاران، ۲۰۱۵)، در گونه‌های پسته بومی ایران مطالعه گردیده است. کاهش میزان نیترات در برگ و ریشه دانه‌ها پسته اهلی، پسته وحشی سرخس و بنبه در شرایط تنش شوری توسط حیدری (۱۳۸۳) گزارش گردیده است. ناصری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند تیمارهای شوری ناشی از غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم موجب کاهش فعالیت نیترات‌ردوکتاز در برگ و تجمع نیترات و اسیدآمینو کل در برگ و ریشه دانه‌های پسته‌اهلی (*Pistacia vera* L.) گردید. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد اسیمیلاسیون نیتروژن و یا اثر ترکیبات حاوی نیتروژن بر فعالیت‌های آنزیمی و شاخص‌های بیوشیمیایی در گیاه پسته و بررسی امکان استفاده از اثر ترکیبات حاوی نیتروژن در بهبود اسیمیلاسیون نیتروژن در شرایط تنش شوری و اثرات احتمالی آن در بهبود رشد دانه‌های پسته، آزمایش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد نیترات پتاسیم بر تجمع یونها، فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی در گیاه پسته انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۹۱ در گروه باغبانی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (ملاثانی، ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز) انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با عامل کلریدسدیم در سه سطح صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و عامل نیترات پتاسیم در سه سطح صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار، با سه تکرار (هر تکرار دو گلدان) اجرا شد. بذره‌های پسته بادامی‌زرنه (*Pistacia vera* L.) از موسسه تحقیقات پسته ایران (رفسنجان) تهیه شد. بذرها پس از قرار

حجم نمونه به ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد. از عصاره بدست آمده برای قرائت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فوتومتری (شعله سنجی) و برای یون کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال استفاده گردید.

تجزیه آماری: داده‌های با نرم افزار SAS 9.2 آنالیز آماری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اسیدآمینة کل: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر میزان اسیدآمینة کل برگ و یا ریشه پسته بادامی زرنند (جدول ۱) نشان داد اثر کلریدسدیم بر میزان اسیدآمینة کل برگ و نسبت اسیدآمینة ریشه به برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر کلریدسدیم بر میزان اسیدآمینة کل در ریشه تفاوت معنی‌دار نبود. همچنین اثر نیترات پتاسیم بر میزان اسیدآمینة کل برگ در سطح احتمال ۵ درصد و در ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی بر نسبت اسیدآمینة کل ریشه به برگ اثر معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل تیمارهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر اسیدآمینة ریشه و نسبت اسیدآمینة ریشه به برگ در سطح احتمال یک درصد و بر اسیدآمینة کل برگ در سطح خطای ۵ درصد معنی‌دار بود.

نتایج مربوط به برهمکنش اثر کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر اسیدآمینة کل برگ دانهال‌های پسته (جدول ۲) نشان داد بدون کاربرد کلریدسدیم، اسیدآمینة کل برگ در تیمارهای صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ۱۶/۹۲، ۱۶/۷۲ و ۱۴/۷۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم، کاربرد نیترات پتاسیم موجب کاهش معنی‌دار اسیدآمینة کل برگ شد. پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم، اسیدآمینة کل برگ کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم بدون مصرف نیترات پتاسیم داشت (به ترتیب ۱۲/۲۱ و ۱۱/۵۱ در مقایسه با ۱۷/۷۱ میکروگرم در گرم

گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی افزایش یافت. هر گلدان در هر دور آبیاری با ۲۰۰ میلی لیتر محلول آبیاری شد. دور آبیاری هر ۷ روز یک‌بار آبیاری انجام شد. شصت روز از شروع اعمال تیمارها و ۱۵۰ روز پس از کاشت دانهال‌ها اندازه گیری‌ها انجام شد.

آنزیم نیترات ردوکتاز: اندازه گیری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ تازه بالغ شده (برگ واقع در گره سوم یا چهارم) به روش پیشنهادی Stewart و همکاران (۱۹۷۲) با استفاده از سولفانیلک اسید محلول در اسیدکلریدریک ۲ نرمال و محلول نفتیل اتیلن دی آمید (۰/۰۲ درصد) و اندازه گیری میزان جذب نیتريت در طول موج ۵۴۰ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل UV-2100، شرکت UNICO، کشور آمریکا) انجام شد. برای تهیه منحنی استاندارد از نیتريت سدیم (Na_2NO_2) استفاده شد.

نیترات: ۱۰۰ میلی گرم نمونه ریشه یا برگ، به مدت ۶۰ دقیقه با آب دی‌یونیزه در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد عصاره گیری شده و ۱۵ دقیقه در ۶۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شد. مقدار ۲۰۰ میکرولیتر عصاره با ۸۰۰ میکرولیتر اسیدسالیسیلیک ۰/۵٪ محلول در اسیدسولفوریک مخلوط شده و پس از ۲۰ دقیقه نگهداری در ۲۴ درجه سانتی‌گراد، ۱۹ میلی لیتر سود (NaOH) ۲ نرمال اضافه شده و قرائت میزان جذب در طول موج ۴۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام شد (Cataldo, 1975). برای تهیه منحنی استاندارد از نیترات پتاسیم (KNO_3) استفاده شد.

اندازه‌گیری اسیدآمینة کل: اندازه‌گیری اسیدآمینة کل در برگ و ریشه بر اساس روش پیشنهادی Ravindranath (۱۹۸۱) با استفاده از محلول ناین‌هیدرین و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۷۵ نانومتر انجام شد. جهت تهیه استاندارد اسیدهای آمینة کل از گلايسين استفاده شد.

اندازه‌گیری یون‌های کلر، سدیم و پتاسیم: تهیه خاکستر از نمونه‌های خشک شده برگ و ریشه، عصاره‌گیری از خاکستر با ۵ میلی لیتر اسیدنیتريك ۲ نرمال برای یون کلر و ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال برای سدیم و پتاسیم انجام شد و

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر اسید آمینه کل در برگ و ریشه دانهال های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		اسید آمینه کل برگ	اسید آمینه کل ریشه	نسبت اسید آمینه ریشه به برگ
کلرید سدیم	۲	۲۴/۲۹**	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۰۶۹**
نیترات پتاسیم	۲	۱۵/۵۸*	۰/۸۹**	۰/۰۰۰۱ ns
کلرید سدیم × نیترات پتاسیم	۴	۱۰/۲۹*	۰/۳۹**	۰/۰۰۰۲**
خطای آزمایش	۱۸	۲/۶۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۳۴	۳/۹۷	۱۰/۵۲

ns، *، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح خطای ۵ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار

جدول ۲- برهمکنش اثرهای کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر اسیدهای آمینه کل (میکروگرم در گرم وزن تازه) برگ و ریشه دانهال های پسته

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات پتاسیم (میلی مولار)		
	۰	۱۰	۱۵
	اسید آمینه کل برگ		
۰	۱۶/۷۲ ^a	۱۴/۷۶ ^{ab}	۱۶/۹۲ ^a
۷۵	۱۲/۲۱ ^b	۱۲/۲۱۲ ^b	۱۷/۷۱ ^a
۱۵۰	۱۲/۱۱ ^b	۱۳/۵۸ ^b	۱۲/۹۹ ^b
	اسید آمینه کل ریشه		
۰	۳/۲۷ ^e	۳/۴۷ ^{cde}	۳/۷۶ ^b
۷۵	۴/۱۶ ^a	۲/۷۸ ^f	۳/۳۷ ^{de}
۱۵۰	۳/۵۷ ^{bed}	۳/۳۷ ^{de}	۳/۶۶ ^{bc}
	نسبت اسید آمینه ریشه به برگ		
۰	۰/۲۲۶ ^{bc}	۰/۲۳۶ ^{bc}	۰/۱۹۹ ^c
۷۵	۰/۲۳۵ ^{bc}	۰/۲۳ ^{bc}	۰/۲۷ ^{ab}
۱۵۰	۰/۲۷ ^{ab}	۰/۲۴ ^{bc}	۰/۳ ^a

** در هر شاخص، میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

وزن تازه) گردید. در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، پس از کاربرد غلظت های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم، اسید آمینه کل برگ (به ترتیب ۱۲/۱۱ و ۱۳/۵۸ میکروگرم در گرم وزن تازه) با اسید آمینه برگ در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم تفاوت معنی داری نداشت (۱۳/۵۸ میکروگرم در گرم وزن تازه).
بررسی اسید آمینه کل ریشه (جدول ۲) نشان داد در شرایط بدون کاربرد کلرید سدیم، کاربرد نیترات پتاسیم موجب کاهش معنی دار اسید آمینه ریشه گردید و پس از کاربرد غلظت های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم، اسید آمینه کل ریشه (به ترتیب ۳/۲۷ و ۳/۴۷ میکروگرم در گرم وزن تازه) به طور معنی داری کمتر از اسید آمینه کل ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم بود (۳/۷۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم نیز کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار موجب کاهش معنی دار اسید آمینه کل ریشه نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم و بدون نیترات پتاسیم شد (به ترتیب ۳/۳۷ و ۲/۷۸ در مقایسه با ۴/۱۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۱۵۰ میلی مولار

۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم، اسید آمینه کل ریشه (به ترتیب ۳/۲۷ و ۳/۴۷ میکروگرم در گرم وزن تازه) به طور معنی داری کمتر از اسید آمینه کل ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم بود (۳/۷۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم نیز کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار موجب کاهش معنی دار اسید آمینه کل ریشه نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم و بدون نیترات پتاسیم شد (به ترتیب ۳/۳۷ و ۲/۷۸ در مقایسه با ۴/۱۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۱۵۰ میلی مولار

در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم، کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۱۵ میلی مولار باعث کاهش معنی دار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نسبت به تیمارهای بدون کاربرد نیترات پتاسیم و یا غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم شد (به ترتیب ۸/۵ در مقایسه با ۴/۳۸ و ۵/۶۷ میکرومول نیتريت در ساعت در گرم وزن تازه).

بیشترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم همراه با کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی مولار وجود داشت (۱۱/۴۰ میکرومول نیتريت در ساعت در گرم وزن تازه) که با فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های تیمار شده با ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم بدون کاربرد کلریدسدیم تفاوت معنی داری نداشت (۱۰/۴۲ میکرومول نیتريت در ساعت در گرم وزن تازه) ولی به طور معنی داری بیشتر از فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در سایر تیمارها بود.

نیترات برگ و ریشه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر میزان نیترات در دانهال‌های پسته بادامی زرنده (جدول ۳) نشان داد اثر کلریدسدیم، نیترات پتاسیم و یا برهمکنش کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر میزان نیترات برگ و یا ریشه در سطح خطای یک درصد معنی دار بود. اثر کلریدسدیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ در سطح خطا ۵ درصد و اثر نیترات پتاسیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ در سطح خطای یک درصد معنی دار بود ولی برهمکنش کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ اثر معنی داری نداشت.

بررسی برهمکنش تیمارها بر نیترات برگ (جدول ۴) نشان داد بدون کاربرد کلریدسدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش معنی دار نیترات برگ نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد کلریدسدیم و نیترات پتاسیم) گردید (به ترتیب ۶۴/۴۴ و ۶۸/۸۹ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۴۷/۷۷ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش

کلریدسدیم، اسیدآمین کل ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم و یا غلظت ۱۰ میلی مولار تفاوت معنی داری نداشت (به ترتیب ۳/۵۷ و ۳/۶۶ میکروگرم در گرم وزن تازه) ولی به طور معنی داری بیشتر از اسیدآمین کل ریشه پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات پتاسیم بود (۳/۳۷ میکروگرم در گرم وزن تازه).

بررسی اثر تیمارهای نیترات پتاسیم و کلریدسدیم بر نسبت اسیدآمین کل ریشه به برگ دانهال‌های پسته بادامی زرنده (جدول ۲) نشان داد بیشترین نسبت اسیدآمین کل ریشه به برگ پس از کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم وجود داشت (۰/۳ برابر) که با این نسبت در تیمارهای ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم و کاربرد ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم (۰/۲۷ برابر) و یا تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم تفاوت معنی داری نداشت (۰/۲۷ برابر) ولی به طور معنی داری بیشتر از این نسبت در سایر تیمارها بود (جدول ۲). نسبت اسیدآمین کل ریشه به برگ در سایر تیمارها تفاوت معنی داری نداشت.

آنزیم نیترات ردوکتاز: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ پسته بادامی زرنده (جدول ۳) نشان داد اثر کلریدسدیم، نیترات پتاسیم و یا برهمکنش کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ در سطح خطای یک درصد معنی دار بود.

بررسی اثر برهمکنش تیمارهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نشان داد (جدول ۴) در تیمار بدون کاربرد کلریدسدیم، کاربرد نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته اثر معنی داری نداشت. در تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم، کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش معنی داری در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در مقایسه با تیمارهای بدون کاربرد نیترات پتاسیم و یا کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم شد (۱۱/۴ در مقایسه با ۸/۰۱ و ۸/۹۱ میکرومول نیتريت در ساعت در گرم وزن تازه).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر میزان نیترات برگ و ریشه و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		نیترات ردوکتاز برگ	نیترات برگ	نیترات ریشه
کلرید سدیم	۲	۳۴/۲۹**	۳۱۸/۹۶**	۱۰۰۵/۴۵**
نیترات پتاسیم	۲	۹/۸۶**	۱۷۸۳/۰۷**	۱۹۲۷/۷۱**
کلرید سدیم x نیترات پتاسیم	۴	۶/۹۹**	۲۵۱/۰۱**	۵۶۲/۰۸**
خطای آزمایش	۱۸	۰/۹۶	۱۹/۳۴	۶۲/۵۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۸۳	۷/۸۴	۱۳/۴

*, **, و ns به ترتیب معنی دار در سطح خطای ۵ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار

جدول ۴- برهمکنش اثرهای کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ (میکرو مول نیتريت در ساعت در گرم وزن تازه) و نیترات برگ و ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک) در دانهالهای پسته

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات پتاسیم (میلی مولار)		
	۰	۱۰	۱۵
	فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ		
۰	۹/۲۲ ^{bc}	۹/۴۲ ^{ab}	۹/۴۰ ^{bc}
۷۵	۸/۰۱ ^c	۱۱/۴ ^a	۸/۹۱ ^{bc}
۱۵۰	۴/۳۸ ^d	۵/۶۷ ^d	۸/۵۰ ^c
	نیترات برگ		
۰	۴۷/۷۷ ^{de}	۶۴/۴۴ ^b	۶۸/۸۹ ^b
۷۵	۴۲/۲۲ ^e	۷۸/۸۸ ^a	۵۴/۴۴ ^{cd}
۱۵۰	۳۰ ^f	۵۵/۵۳ ^{cd}	۶۲/۲۲ ^{bc}
	نیترات ریشه		
۰	۵۴/۴۴ ^c	۶۰ ^c	۶۴/۴۴ ^{bc}
۷۵	۵۴/۴۴ ^c	۷۴/۴۴ ^{ab}	۷۸/۸۹ ^a
۱۵۰	۲۸/۸۹ ^d	۳۴/۴۴ ^d	۸۱/۱۱ ^a

* در هر شاخص، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم بود (به ترتیب ۵۵/۵۳ و ۶۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۳۰ میکروگرم در گرم وزن خشک). بررسی مقایسه میانگین نیترات برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرد (جدول ۴) نشان داد بیشترین میزان نیترات برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار وجود داشت (۷۸/۸۸ میکروگرم در گرم وزن خشک) که به طور

معنی‌دار نیترات برگ نسبت به نیترات برگ در تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی‌مولار بدون کاربرد نیترات پتاسیم گردید (به ترتیب ۷۸/۸۸ و ۵۴/۴۴ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۴۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم، میزان نیترات برگ به طور معنی‌داری بیشتر از نیترات برگ در تیمارهای ۱۵۰ میلی‌مولار

معنی داری بیشتر از میزان نیترات برگ در دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسديم و نیترات‌پتاسيم بر میزان نیترات ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرنده (جدول ۴) نشان داد کاربرد نیترات‌پتاسيم در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم باعث بهبود معنی‌دار تجمع نیترات در ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنده در مقایسه با تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم، بدون کاربرد نیترات پتاسيم گردید. بیشترین میزان نیترات ریشه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم به همراه کاربرد نیترات‌پتاسيم در غلظت ۱۵ میلی‌مولار وجود داشت (۸۱/۱۱ میکروگرم در گرم وزن خشک) که با میزان نیترات ریشه در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسديم همراه با کاربرد نیترات‌پتاسيم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ۷۴/۴۴ و ۷۸/۸۹ میکروگرم در گرم وزن خشک) ولی به طور معنی‌داری بیشتر از میزان نیترات ریشه در سایر تیمارها بود.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلریدسديم بر میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرنده (شکل ۱A) نشان داد بیشترین میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسديم وجود داشت (۱/۲۳ برابر) که به طور معنی‌داری بیشتر از میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمارهای شاهد (بدون کاربرد کلریدسديم) و یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم بود (به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۹۷ برابر). نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیترات‌پتاسيم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) بر میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرنده (شکل ۱B) نشان داد بیشترین میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسيم وجود داشت (۱/۲۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) که با میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد نیترات‌پتاسيم) تفاوت معنی‌داری نداشت (۱/۱۵ میکروگرم در گرم وزن خشک) ولی به طور معنی‌داری بیشتر

میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسيم (۰/۸۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) به طور معنی‌داری کمتر از نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار شاهد و یا ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسيم بود.

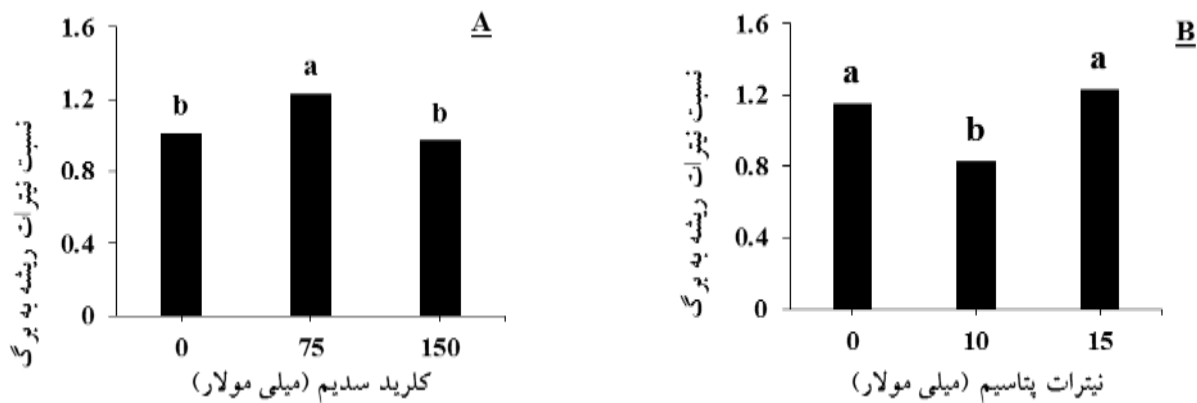
تجمع یون‌ها: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسديم و نیترات‌پتاسيم بر تجمع یون‌ها در برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرنده (جدول ۵) نشان داد اثر کلریدسديم و یا نیترات‌پتاسيم بر میزان یون‌های کلر، سدیم و پتاسيم برگ و یا ریشه در سطح خطای یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش کلریدسديم و نیترات‌پتاسيم بر تجمع یون سدیم در برگ در سطح خطای یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت. برهمکنش کلریدسديم و نیترات‌پتاسيم بر تجمع یون‌های کلر و پتاسيم برگ و ریشه و یون سدیم ریشه اثر معنی‌داری نداشت.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلریدسديم بر محتوی یون کلر در برگ دانهال‌های پسته بادامی زرنده (شکل ۲A) نشان داد کاربرد تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم موجب افزایش معنی‌دار یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب ۴۸/۶۲ در مقایسه با ۴۴/۱۸ و ۳۳/۵۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی اثر تیمارهای نیترات‌پتاسيم بر یون کلر برگ (شکل ۲B) نشان داد پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسيم، کاهش معنی‌داری در یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد نیترات‌پتاسيم) و یا تیمار ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسيم وجود داشت (به ترتیب ۳۸/۵ در مقایسه با ۴۴/۹۲ و ۴۲/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلریدسديم بر محتوی یون کلر ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنده (شکل ۲C) نشان داد کاربرد تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسديم موجب افزایش معنی‌دار یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب ۴۳/۴۳ و ۴۶/۸۹ در مقایسه با ۲۷/۹۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی نتایج اثر غلظت‌های مختلف نیترات‌پتاسيم بر



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم (A) و نیترات پتاسیم (B) بر نسبت نیترات ریشه به برگ دانه‌های پسته. در هر شکل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر میزان تجمع یون‌های کلر، سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه دانه‌های پسته

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
پتاسیم ریشه	سدیم ریشه	کلر ریشه	پتاسیم برگ	سدیم برگ	کلر برگ		
۵/۵ **	۷۷۶/۳ **	۹۱۶/۹۸ **	۱۵۷/۰۲ **	۲۲۴۴/۵۸ **	۵۳۸/۶۵ **	۲	کلرید سدیم
۱/۸۶ **	۳۷۵/۴۷ **	۲۳۵/۶۶ **	۷۸/۵۱ **	۴۴۸/۷۹ **	۹۷/۱۸ **	۲	نیترات پتاسیم
۰/۰۷ ns	۱/۰۱ ns	۱۲/۸۱ ns	۲/۹ ns	۳/۰۵ **	۵/۶۴ ns	۴	کلرید سدیم × نیترات پتاسیم
۰/۰۹۲	۳/۷۷	۳۸/۶	۲/۳۱	۳/۸۶	۸/۳۹	۱۸	خطای آزمایش
۱۱/۱۳	۴/۲۵	۱۵/۷۵	۶/۱۶	۴/۴۲	۶/۸۸	-	ضرب تغییرات (درصد)

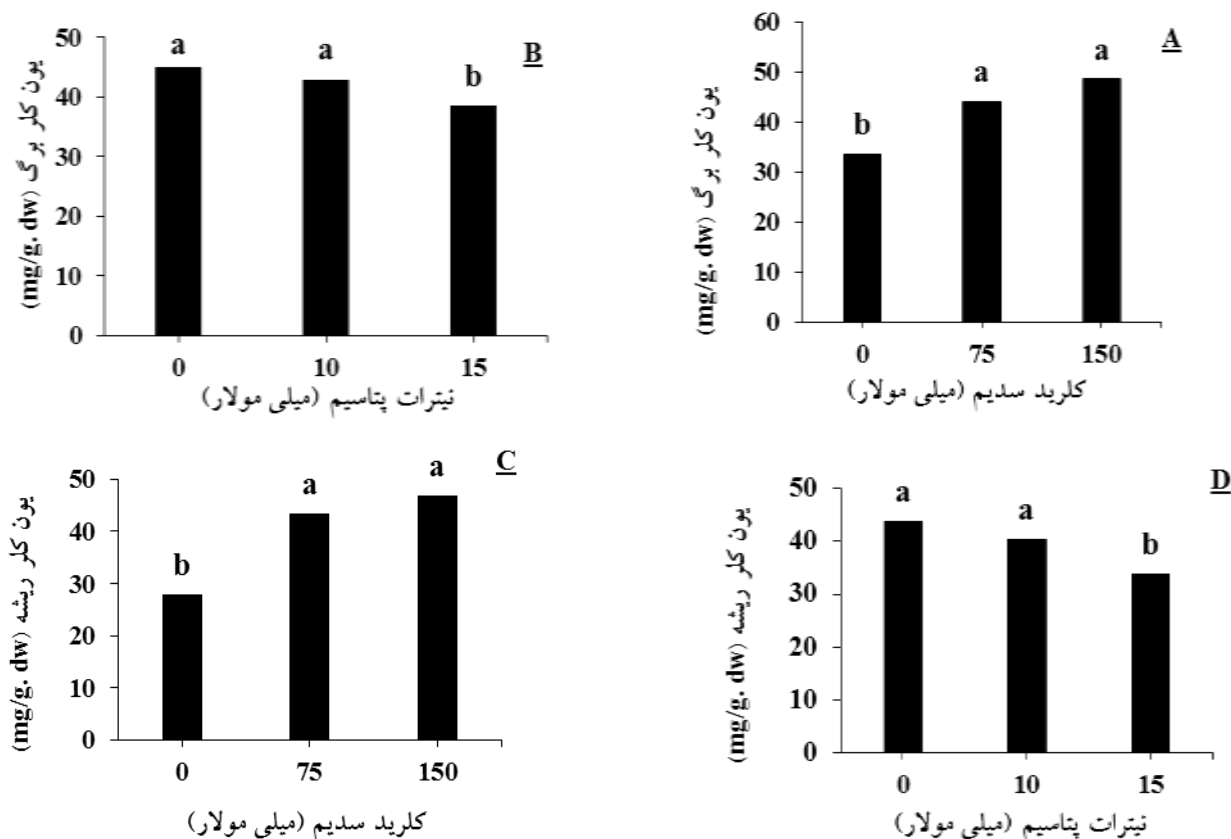
ns، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

بررسی نتایج اثر غلظت‌های نیترات پتاسیم بر یون پتاسیم برگ (شکل ۳B) نشان داد پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم، میزان یون پتاسیم برگ افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم داشت (به ترتیب ۲۴/۱۹ و ۲۷/۸۵ در مقایسه با ۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

مقایسه نتایج اثر تیمارهای کلرید سدیم بر یون پتاسیم ریشه (شکل ۳C) نشان داد پس از کاربرد غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، میزان یون پتاسیم ریشه (به ترتیب ۲/۶۲ و ۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم داشت (۳/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار یون پتاسیم ریشه

محتوی یون کلر ریشه دانه‌های پسته بادامی زرنند (شکل ۲D) نشان داد کاهش معنی‌دار یون کلر ریشه در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم و با غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم وجود داشت (به ترتیب ۴۳/۹۳ در مقایسه با ۳۳/۸۶ و ۴۰/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

مقایسه نتایج اثر تیمارهای کلرید سدیم بر یون پتاسیم برگ (شکل ۳A) نشان داد محتوی یون پتاسیم برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم داشت (به ترتیب ۲۹/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۲۳/۲۹ و ۲۱/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

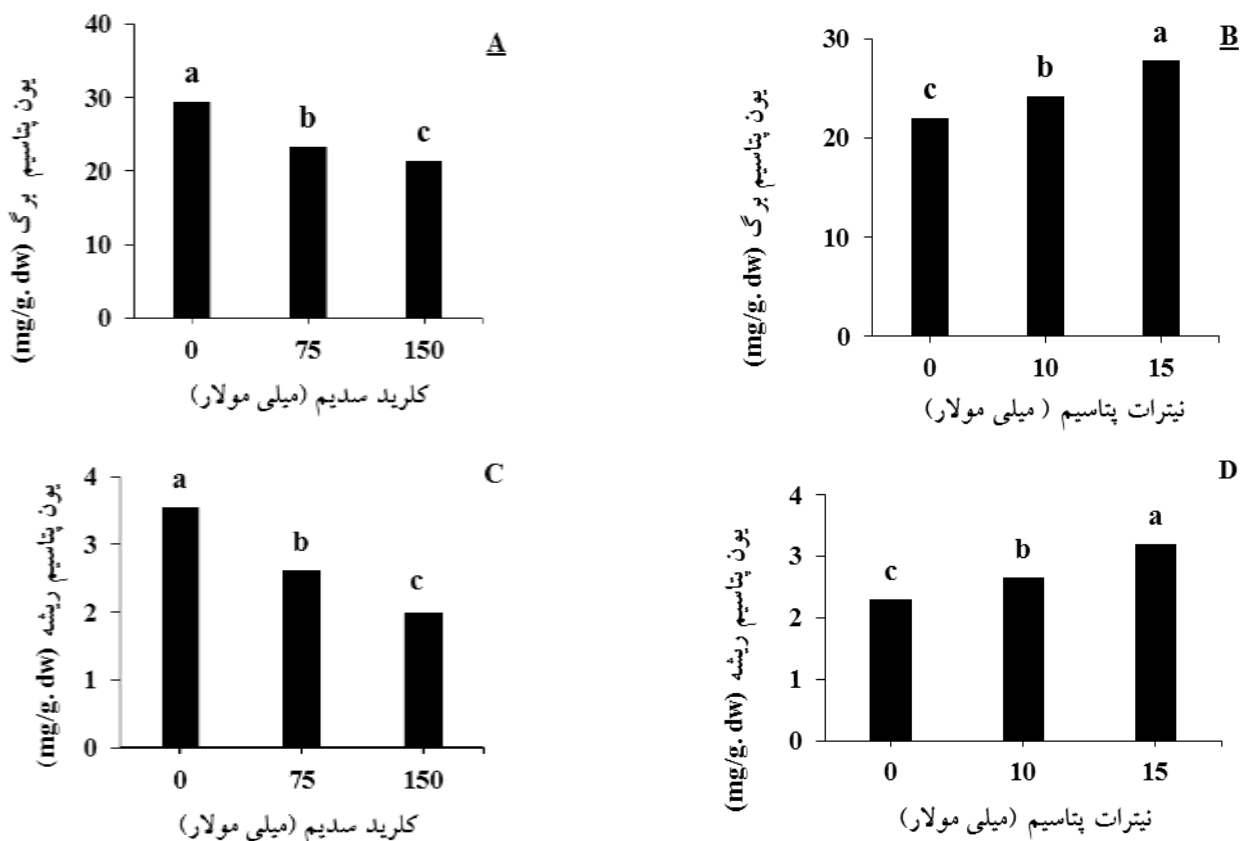


شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر محتوی یون کلر برگ (A) و ریشه (C) و اثر نیترات پتاسیم بر محتوی یون کلر برگ (B) و ریشه (D) دانه‌های پسته. در هر شکل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تنها کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم برگ در مقایسه با تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم شد (به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۲۹).

بررسی برهمکنش اثرات تیمارهای کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه (جدول ۶) نشان داد نسبت پتاسیم به سدیم ریشه دانه‌های پسته در تیمارهای بدون کاربرد کلرید سدیم همراه با غلظت ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم و نیترات پتاسیم داشت (به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۹ در مقایسه با ۰/۰۷). در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تنها کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم

دانه‌های پسته بادامی زرد نسبت به یون پتاسیم ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم شد (به ترتیب ۲/۶۶ و ۳/۲۱ در مقایسه با ۲/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) (شکل ۳D). بررسی برهمکنش اثرات تیمارهای کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ (جدول ۶) نشان داد بدون کاربرد کلرید سدیم، پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم برگ افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم داشت (به ترتیب ۱/۱۲ و ۱/۴۵ در مقایسه با ۰/۸). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم نیز روند مشابهی وجود داشت و نسبت پتاسیم به سدیم برگ در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم (به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۶۶ برابر) به طور معنی‌داری بیشتر از این نسبت در تیمار بدون کاربرد نیترات پتاسیم بود (۰/۳۴). در



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر محتوی پتاسیم برگ (A) و ریشه (C) و اثر نیترات پتاسیم بر محتوی یون پتاسیم برگ (B) و ریشه (D) دانهال‌های پسته. در هر شکل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

ریشه گردید (به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۵).

بحث

ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنده فعال‌تر است به طوری‌که در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم بیشترین میزان اسید آمینه کل را داشت ولی با کاربرد نیترات پتاسیم میزان اسید آمینه کاهش یافت که احتمال دارد دلیل این کاهش تبدیل اسیدهای آمینه به پروتئین باشد، زیرا در گیاهان در شرایط تنش شوری، پروتئین‌ها تجزیه شده و در نتیجه به دنبال آن اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد که اسیدهای آمینه در تنظیم فرآیند اسمزی نقش مهمی دارند. کاهش میزان اسیدهای آمینه کل همراه با کاربرد نیترات پتاسیم در شوری ۷۵ میلی‌مولار در دانهال‌های پسته بادامی زرنده با نتایج مظفری و امیدی (۱۳۹۱) مشابهت دارد که عنوان داشتند بدون کاربرد نیترات پتاسیم با افزایش شوری تا سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، غلظت پرولین به بیش از ۵ برابر افزایش یافت. در

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد نیترات پتاسیم اثر معنی‌داری بر اسید آمینه کل برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنده در شرایط تنش شوری داشت (جدول ۲). zhu (۲۰۰۷) نشان داد در گیاهان به منظور مقابله با تنش شوری میزان اسیدهای آمینه در آنها افزایش می‌یابد در واقع افزایش اسیدهای آمینه مکانسیم تنظیم اسمزی گیاهان در برابر تنش‌های محیطی به ویژه تنش شوری می‌باشد. نقش اسیدهای آمینه در مقاومت گیاه به شوری در ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنده نسبت به برگ بیشتر مشخص شده است. به عبارتی مکانسیم سازگاری گیاه در برابر تنش کلرید سدیم در

جدول ۶- برهمکنش اثرهای کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر تجمع یون سدیم برگ (میلی گرم در گرم وزن خشک) و نسبت یونهای سدیم و پتاسیم برگ و ریشه در دانهالهای پسته بادامی زرنده

نیترات پتاسیم (میلی مولار)			
۱۵	۱۰	۰	
			کلرید سدیم (میلی مولار)
۲۲/۹۶ ^f	۲۴/۹۶ ^f	۳۲/۷۱ ^e	۰
۳۴/۴۲ ^d	۴۸/۱۶ ^c	۵۹/۲۹ ^b	۷۵
۵۱/۵ ^c	۵۸/۱۲ ^b	۶۳/۱۲ ^a	۱۵۰
نسبت پتاسیم به سدیم برگ			
۱/۴۵ ^a	۱/۱۲ ^b	۰/۸ ^c	۰
۰/۶۶ ^d	۰/۴۹ ^e	۰/۳۴ ^g	۷۵
۰/۴۸ ^{ef}	۰/۳۶ ^{fg}	۰/۲۹ ^g	۱۵۰
نسبت پتاسیم به سدیم ریشه			
۰/۱۵ ^a	۰/۰۹ ^b	۰/۰۷ ^c	۰
۰/۰۷ ^c	۰/۰۵ ^d	۰/۰۴ ^{de}	۷۵
۰/۰۵ ^d	۰/۰۳ ^{ef}	۰/۰۲ ^f	۱۵۰

*در هر شاخص، میانگینهای دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

تجمع پرولین در برگ دانهالهای پسته اهلی افزایش یافت. نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر میزان نیترات برگ، ریشه، نیترات کل دانهال و نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهالهای پسته بادامی زرنده (جدول ۴) نشان داد که تیمار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم باعث کاهش میزان نیترات در برگ، ریشه و میزان نیترات کل دانهال در دانهالهای پسته بادامی زرنده گردید. احتمال دارد که این اثر کاهش کلریدسدیم بر میزان نیترات برگ، ریشه و نیترات کل دانهال به دلیل افزایش یون کلر در محیط رشد گیاه باشد زیرا بهبهانی مطلق و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند یونهای نیترات و کلر با یکدیگر اثر آنتاگونیستی دارند. Wiesman (۱۹۹۵) گزارش داد سمیت ناشی از کلر مانع جذب نیترات می‌شود زیرا هر دو یون به وسیله ناقل‌ها در عرض غشاء پلاسمایی انتقال می‌یابند. همچنین شوری باعث کاهش تجمع نیتروژن در گیاه می‌شود زیرا رقابت بین یون کلر و نیترات منجر به کاهش نیتروژن می‌شود. حیدری (۱۳۸۳)

حالی که با اعمال نیترات پتاسیم در غلظت یک میلی مولار و افزایش شوری غلظت پرولین به ۱/۴ برابر افزایش یافت. همچنین مظفری و امیدی (۱۳۹۱) بیان کردند که با کاربرد پتاسیم در شرایط تنش شوری، ورود سدیم اضافی کنترل شده و در نتیجه در گیاه پرولین اضافی تولید نشد. نسبت میزان اسیدهای آمینه کل در ریشه به برگ نیز نشان دهنده نقش بیشتر مکانسیم سازگاری در ریشه می‌باشد. به طوریکه در تیمارهای شوری کاربرد نیترات پتاسیم نسبت اسیدهای آمینه کل ریشه به برگ افزایش یافت. به عبارتی می‌توان عنوان داشت با افزایش شوری، تولید اسیدهای آمینه کل که به عنوان مکانسیم‌های سازگاری شناخته شده است در ریشه افزایش یافت. Narayan (۱۹۹۲) گزارش داد گیاهان با پتاسیم کافی در مقایسه با گیاهان با کمبود پتاسیم، پرولین بیشتری انباشته می‌کنند که با تولید اسیدهای آمینه تحت شرایط تنش کلریدسدیم در این پژوهش مشابهت دارد. همچنین کریمی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند با افزایش غلظت کلر و سدیم در محیط رشد، میزان

کاهش در میزان جذب نیترات تحت شرایط تنش شوری باشد زیرا نیترات سوبسترای اولیه برای شروع فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز می‌باشد و کمبود نیترات باعث اختلال در فعالیت این آنزیم می‌گردد که توسط Khan و همکاران (۱۹۹۵) گزارش شده‌است. همچنین میقانی و ابراهیم زاده (۱۳۸۳) نشان دادند وجود یون کلر از تجمع نیترات جلوگیری می‌کند به عبارتی گیاه یون نیترات را جذب می‌کند ولی تجمع آنیون‌های کلر و سدیم بیشتر خواهد بود و به واسطه این تجمع کم نیترات، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش یافته و تولید مواد آلی کمتری را به دنبال خواهد داشت. کاهش در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته بادامی زرنده در تیمارهای کلریدسدیم ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار بدون کاربرد نیترات پتاسیم با نتایج میرزایی (۱۳۹۱) مشابهت دارد که گزارش داد کمترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال‌های بادام شیرین پس از ۲۱ روز در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم وجود داشت. همچنین این نتایج با نتایج Meloni و همکاران (۲۰۰۴) مشابهت داشت که عنوان داشتند شوری تا غلظت ۶۰۰ میلی‌مولار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ کهور (*Prosopis alba*) کاهش یافت. پس از کاربرد غلظت ۷۵ کلریدسدیم، کاربرد نیترات پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار باعث افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ گردید که می‌توان عنوان داشت به علت افزایش جذب بیشتر نیترات در اثر کاربرد نیترات پتاسیم می‌باشد زیرا در شرایط تنش شوری میزان جذب یون نیترات که سوبسترای این آنزیم است، افزایش می‌یابد یا جذب بیشتر یون نیترات باعث افزایش بیان ژن مربوط به آنزیم نیترات ردوکتاز می‌گردد. همچنین مارشور (۱۹۹۶) نشان داد وجود کاتیون پتاسیم در انتقال نیترات به برگ نقش مهمی دارد زیرا پتاسیم کاتیون همراه آنیون است. مطالعات با بالار و همکاران (۱۳۷۴) نشان داده که در گیاه سیب افزایش نیترات از یک تا ۱۵ میلی‌مولار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز را در ریشه و ساقه افزایش داد. کاربرد نیترات پتاسیم نیز باعث بهبود فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در شرایط تنش شوری گردید، بخشی از این اثر به واسطه افزایش

نشان داد با افزایش تنش کلریدسدیم تا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار، باعث کاهش میزان نیترات در برگ پسته گردید که با نتایج این آزمایش در مورد کاهش نیترات برگ دانهال‌های پسته اهلی مشابهت دارد. میرزایی (۱۳۹۱) نیز گزارش داد با افزایش غلظت کلریدسدیم، تجمع نیترات در برگ و ریشه دانهال‌های بادام کاهش یافت. نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات پتاسیم در تیمارهای شوری باعث افزایش جذب بیشتر نیترات در مقایسه با تیمارهای کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم گردید. احتمال دارد وجود نیترات بیشتر در محیط رشد گیاه تحت تنش شوری این امکان را فراهم می‌آورد که ریشه گیاه نیترات بیشتر را جذب کند و اثر رقابتی بودن بین یون‌های کلر و نیترات به نفع جذب نیترات افزایش یافته و جذب کلر کاهش یابد و کمبود توانایی جذب نیترات توسط ریشه جبران گردد. Wiesman (۱۹۹۵) نیز بیان نمود این دو یون به وسیله ناقل‌ها در عرض غشاء پلاسمایی انتقال می‌یابند همچنین مطالعات مارشور (۱۹۹۶) نشان داد وجود نیترات بیشتر سبب انتقال بیشتر این یون به درون گیاه می‌گردد. پتاسیم کاتیون همراه آنیون است و نقش پتاسیم، در موازنه‌ی کاتیون - آنیون در سوخت و ساز نیترات نیز تأثیر می‌گذارد. پتاسیم یون عمده‌ای است که همراه با نیترات در جابه‌جایی مسافت دور در آوند چوبی و نیز برای ذخیره در واکوئل دخالت دارد. در اثر احیاء نیترات در برگ‌ها لازم است پتاسیمی که برجا می‌ماند با ساخته شدن اسیدهای آلی، از نظر بار الکتریکی، موازنه شود بخشی از مالات ساخته شده در برگ با پتاسیم ممکن است دوباره به ریشه برگردد تا از پتاسیم به عنوان یون همراه نیترات در سلول‌های ریشه و برای جابه‌جایی در درون آوند چوبی بار دیگر بهره‌گیری شود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته بادامی زرنده (جدول ۴) نشان داد با افزایش شوری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ کاهش یافت. احتمال دارد کاهش در میزان فعالیت در تیمارهای کلریدسدیم به دلیل

نیترات می‌باشد که سوبسترای آنزیم نیترات ردوکتاز است. نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و نیترات پتاسیم بر میزان تجمع یون‌ها در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنند نشان داد (جدول ۶) با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۷۵ به ۱۵۰ میلی‌مولار تجمع یون سدیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنند افزایش یافته و تجمع یون پتاسیم کاهش معنی‌داری داشت. کاربرد نیترات پتاسیم باعث کاهش تجمع یون سدیم و افزایش تجمع یون پتاسیم تحت شرایط تنش کلرید سدیم گردید. Ferreira-Silva و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند کاهش پتاسیم می‌تواند به دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشاء پلاسمایی و یا نشت یون پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد. همچنین سپاسخواه و مفتون (۱۹۸۸) گزارش دادند که یون سدیم در ریشه پسته رقم فندق‌ی و بادامی تجمع یافت که با نتایج آزمایش حاضر در مورد تجمع یون سدیم در تیمارهای شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنند مشابهت دارد. با افزودن نیترات پتاسیم همراه با تیمارهای شوری نسبت سدیم ریشه به بخش هوایی (برگ) افزایش یافت. در واقع کاربرد نیترات پتاسیم باعث تجمع بیشتر یون سدیم در ریشه و انتقال کمتر آن به بخش هوایی (برگ) و افزایش نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنند گردید. افزایش نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه در تیمار شوری همراه با کاربرد نیترات پتاسیم (جدول ۶) را می‌توان به حضور بیشتر یون پتاسیم در شرایط کلرید سدیم نسبت داد زیرا در شرایط تحت تنش کلرید سدیم بین یون‌های سدیم و پتاسیم در سطح غشاء سلولی رقابت وجود دارد و گیاه دچار کمبود جذب یون پتاسیم می‌گردد که با گزارش ارائه شده در مورد کاهش یون پتاسیم در شرایط تنش شوری توسط Shibli و همکاران (۲۰۰۳) در دانهال‌های بادام تلخ گزارش شده‌است، مشابهت دارد. در این شرایط دسترسی بیشتر گیاه تحت تنش به یون پتاسیم بیشتر می‌تواند باعث افزایش تجمع بیشتر یون پتاسیم در برگ و ریشه و افزایش

نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرنند گردید، به طوریکه مقدار بالای نسبت پتاسیم به سدیم در سازوکارهای تحمل به نمک دخالت دارند که نشان دهنده تلاش برای افزایش تحمل به شوری از طریق افزایش پتاسیم می‌باشد که این نتایج مورد تایید Chartzoulakis (۲۰۰۵) می‌باشد. میرزایی (۱۳۹۱) نیز گزارش داد کاربرد بعضی از عناصر غذایی از جمله پتاسیم، فسفر، کلسیم و روی می‌تواند تأثیر سوء شوری خاک یا آب را بکاهد و باعث تحمل نسبی گیاه به تنش شوری گردد که با نتایج آزمایش حاضر در مورد کاربرد پتاسیم به شکل نیترات پتاسیم در کاهش اثر سوء کلرید سدیم مشابهت دارد. اثر افزایش شوری در کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و اندام هوایی دانهال‌های قزوینی، سرخس و بنه بوسيله حیدری (۱۳۷۷) گزارش گردیده است که با نتایج آزمایش حاضر در مورد کاهش نسبت یون پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرنند در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات پتاسیم در آزمایش حاضر مشابهت داشت. Kaya و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که افزودن نیترات پتاسیم به محیط رشد ریشه، غلظت یون پتاسیم برگ را افزایش داد و جذب یون‌های مانند نیتروژن و کلسیم را بهبود بخشید و در نهایت سبب افزایش پایداری غشاء سلول گردید. بهبود تجمع یون پتاسیم در برگ و ریشه و افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در برگ و ریشه و افزایش نسبت یون سدیم ریشه به بخش هوایی (برگ) در تیمارهای شوری همراه با نیترات پتاسیم در دانهال‌های پسته بادامی زرنند احتمال دارد به دلیل جایگزین بیشتر یون پتاسیم به جای یون سدیم در محیط ریشه باشد زیرا در شرایط تنش شوری بین دو یون سدیم و پتاسیم، همچنین یون کلر در جذب رقابت وجود دارد که این نتایج توسط Ferreira-Silva و همکاران (۲۰۰۸) گزارش گردیده است. به طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که با دسترسی بیشتر گیاه به یون پتاسیم در شرایط تنش کلرید سدیم، رقابت به نفع پتاسیم خواهد شد و کمبود یون پتاسیم جبران گردیده و به دنبال آن تجمع یون سدیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته

بادامی زرنند کاهش یافت.

پسته می‌توان عنوان داشت یکی از اثرات تنش شوری در گیاه پسته، تغییر در آسیمیلاسیون نیتروژن می‌باشد که نیاز به مطالعات بیشتری در این زمینه می‌باشد. اثر کاربرد نیترات پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و میزان نیترات، اسیدآمینو کل و تجمع یون‌ها در برگ و ریشه دانه‌های پسته نیز نشان دهنده نقش مؤثر نیتروژن در تغییر برخی اثرات تنش شوری در گیاه پسته است.

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کلرید سدیم موجب تغییر در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ و تجمع نیترات در ریشه و برگ دانه‌های پسته گردید. با توجه به اثر معنی‌دار تنش کلرید سدیم بر میزان اسیدآمینو کل در برگ و ریشه دانه‌های

منابع

- بای بوردی، م. (۱۳۶۹) اصول مهندسی آبیاری. جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- بهبهانی مطلق، ف.، ربیعی، و.، طاهری، م.، واعظی، ع. ر.، و خادمی، ر. (۱۳۹۱) اثر نسبت آمونیوم به نیترات بر رشد و جذب نیتروژن و نسبت پتاسیم به سدیم در دو رقم زیتون در شرایط شور. مجله به زراعی نهال و بذر ۳: ۳۱۳-۳۲۹.
- حیدری، م و تفضلی، ع. (۱۳۸۴) تأثیر کلرید سدیم (زمان و غلظت) بر فعالیت آنزیم لیپوکسی ژناز، میزان پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون چربی در دانه‌های سه پایه پسته. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۲: ۴۸-۴۱.
- حیدری، م. و راحمی، م. (۱۳۸۲) مقایسه اثرات شوری بر جوانه زنی بذر، رشد و ترکیب‌های شیمیایی دانه‌های بنه و دو پایه پسته اهلی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۲: ۳۷۰-۳۵۷.
- حیدری، م. (۱۳۸۳) فعالیت آنزیمی، پراکسیداسیون چربی، وضعیت آنتی اکسیداسیونی و شاخص‌های بیوشیمیایی در پایه‌های پسته (*Pistacia sp.*) در شرایط تنش شوری. رساله دکتری باغبانی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
- حیدری، م. و تفضلی، ع. (۱۳۸۶ الف) تأثیر کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز در برگ و ریشه دانه‌های سه پایه پسته. پنجمین کنگره علوم باغبانی، ایران.
- حیدری، م. و تفضلی، ع. (۱۳۸۶ ب) تأثیر کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و میزان فنل در دانه‌های سه پایه پسته. مجله پژوهش‌های کشاورزی ۲: ۷۹-۶۷.
- ماداروارا، کی.، وی، اس.، راگاندر، ای. و جاناردان رادی، کی. (۱۳۹۰) فیزیولوژی و بیولوژی مولکولی تحمل تنش در گیاهان. ترجمه فتوحی قزوینی، ر.، حیدری، م. و هاشم پور، الف. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- مظفری، و. و امید، ل. (۱۳۹۱) تأثیر پتاسیم و شوری بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پسته در محیط پرلیت. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۳: ۶۴۷-۶۳۷.
- میرزایی، س. (۱۳۹۱) اثر کلرید سدیم بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی در گونه‌های بادام (*Prunus sp.*). پایان نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاتانی، ایران.
- میقانی، ف. و ابراهیم زاده، ح. (۱۳۸۳) اثر تنش شوری بر فعالیت سینتینکی آنزیم نیترات ردوکتاز در دو رقم گندم. مجله علوم دانشگاه تهران ۲: ۳۹۳-۴۰۱.
- ناصری، س.، حیدری، م.، جعفری، س. و دانشور، م. ح. ۱۳۹۴. اثر نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، تجمع اسیدهای آمینه، نیترات و یون‌ها در دانه‌های پسته (*Pistacia vera L.*) بادامی زرنند در شرایط تنش کلرید سدیم. مجله تولیدات گیاهی. ۴: ۳۵-۴۸.

- Abbaspour, H., Afshari, H., and Abdel-Wahhab, M. A. (2012) Influence of salt stress on growth, pigments, soluble sugars and ion accumulation in three pistachio cultivars. *Journal Medicin Plants* 12:2468-2473.
- Campbell, W. H. (1996) Nitrate reductase biochemistry comes of age. *Plant Physiology* 111: 355-361.
- Cataldo, D. A., Schrader, L. E. and Youngs, V. L. (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 6: 71 - 80.
- Chartzoulakis, K. (2005) Salinity and olive: growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. *Agriculture Water Management* 78: 108–121.
- Domingo, J., Yoseph, L., Aurelio, G. C., Francisc, R. T., Eduardo, P. M. and Manuel, T. (2004) Nitrate improves growth in salt stressed citrus seedlings through effects on photosynthetic activity and chloride accumulation. *Tree Physiology* 24: 1027 – 1034.
- Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L. and Viegas, R. (2008) Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. *Brazilian Journal Plant Physiology* 1:51-59.
- Grattan, S. R. and Grieve, C. M. (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78: 127-57.
- Gimeno, V., Syvertsen, G. P., Simon, I., Matinez, V. and Gracia-Sanchez, F. (2009) Additional nitrogen fertilization affects salt tolerance of lemon trees on different rootstocks. *Scientia Horticulturae* 121:296–305.
- Greenway, H. and Munns, R. (1980) Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review Plant Physiology* 31:149-190.
- 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* L.) Rootstocks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3: 1630-1639.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. (2001) The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal Plant Physiology* 4: 47–59.
- Khan, M. G. Silberbush, M. and Lips, S. H. (1995) Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa plants. *Journal Plant Nutrient* 11: 2495-2500.
- Lotfi, A., Jahanbakhshian, Z., Jinggui Fang, J., Faezeh Faghihi, F. and Seyedi, S. M. (2015) The effect of salinity stress on survival percentage and physiological characteristics in three varieties of pistachio (*Pistacia vera* L.). *International Journal of Biosciences* 5: 79-93.
- Meloni, D. A., Gulotta, M. R., Martinez, C. A. and Olive, M. A. (2004) The effect of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal Plant Physiology* 1:39-46.
- Mudgal, V., Madaan, N. and Mudgal, A. (2010) Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants. *International Journal Botany* 2:136-143.
- Narayan, A. (1992) Nutritional approaches for drought management in agriculture crops. A review. *Plant Physiology* 19: 59-64.
- Ravindranath, M. H. (1981) Manual research methods for crustacean biochemistry and physiology. *Special Publication* 7:10-20.
- Sepaskhah, A. R. and Maftoun, M. (1981) Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity level of irrigation water. *Journal of Horticultural Science* 56:277-284.
- Sepaskhah, A. R. and Maftoun, M. (1982) Growth and chemical composition of Pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water, II: Chemical Composition. *Journal of Horticultural Science* 4:469-476.
- Sepaskhah, A. R., and Maftoun, M. (1988) Relative salt tolerance of Pistachio cultivars. *Journal of Horticultural Science* 1:157-162.
- Sepaskhah, A. R., Maftoun, M. and Karimian, N. (1985) Growth and chemical composition of pistachio as affected by salinity and applied iron. *Journal of Horticultural Science* 60: 115-121.
- Shibli, R. A., Shatnawi M. A. and Swaidant I. Q. (2003) Growth, osmotic adjustment and nutrient acquisition of bitter almond under induced sodium chloride salinity in vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34:1969-1979.
- Stewart, G. R., Lee, J. A. and Orebanjo, T. O. (1972) Nitrogen metabolism of halophyte: Nitrate reductase activity and utilization. *New Phytologist* 72:539-546.
- Viegas, R. A., Melo, A. R. B. and Silveira, A. G. (1999) Nitrate reductase activity and proline accumulation in cashew in response to NaCl salt shock. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 1:21-28.
- Wiesman, Z. (1995) Rootstock and nitrate involvement in "Ettinger" avocado response to chloride stress. *Sciences Horticulture* 62:33-43.
- Zhu, K. J. (2007) Plant salt stress. *Encyclopedia of Life Sciences* 1-3.