اثرات نیترات‌پتاسیم بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) تحت تنش کلریدسدیم

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 زرند به شوری بر اساس فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز، اسیدآمینه‌کل، 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 میلی‌مولار کلریدسدیم) و نیترات‌پتاسیم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) اعمال شده و نمونه برداری ۶۰ روز پس از تیمارها انجام شد. نتایج نشان دادند در برگ گیاهان تحت تنش شوری، بیشترین فعالیت نیترات‌ردوکتاز برگ در غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم و ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم بود (۱۱/٤ میکرومولار در ساعت در گرم وزن تر) و کمترین فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در تیمار کلریدسدیم ۱۵۰ میلی‌مولار و ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم وجود داشت (به ترتیب ۵/٦۸ و ٤/۳۷ میکرومولار در ساعت در گرم وزن تر) و فعالیت نیترات‌ردوکتاز درسایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد نیترات‌پتاسیم به طور معنی‌داری نیترات ریشه یا برگ را در گیاهان تحت تنش شوری افزایش داد. تیمار کلریدسدیم، اسیدآمینه کل در برگ را کاهش داد ولی در گیاهان تیمار شده با ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم این کاهش وجود نداشت. در هر تیمار شوری، کاربرد ۱۰ یا ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب کاهش اسیدآمینه کل در ریشه دانهال‌های پسته شد. تیمارهای کلریدسدیم و یا نیترات‌پتاسیم اثر معنی‌داری بر دریافت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر داشتند. نتایج نشان داد در شرایط تنش کلریدسدیم، دریافت و آسیمیلاسیون نیترات در برگ و ریشه دانهال‌های پسته به طور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد نیترات‌پتاسیم تحت‌تاثیر قرار گرفت.

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

مقدمه

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 آنزیمی و رشد زایشی گیاهان را تحت‌تاثیر 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

[*]نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mkheidari@ramin.ac.ir

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. باتوجه به اینکه در شرایط تنش شوری تجمع یون‌های مضر سدیم و کلر باعث تنش اسمزی و اختلالات تغذیه‌ای می‌گردد (Grattan and Grieves,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 (ماداوارا 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؛ ماداوارا 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 نیترات‌ردوکتاز به عنوان یکی از آنزیم‌های کلیدی در اسیمیلاسیون نیترات، به نیتریت احیا می‌شود و پس از احیا نیتریت به آمونیم، با دخالت آنزیم نیتریت ردوکتاز، پیش ساز تولید اسیدهای آمینه در ریشه یا برگ فراهم می‌گردد (Campbell, 1996). در شرایط تنش شوری علاوه برکاهش 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 آنزیم های مربوط به اسیمیلاسیون نیترات نیز تغییراتی ایجاد می‌شود (Campbell, 1996). در مورد اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و تجمع نیترات در درختان میوه یا سایر گونه‌های درختان مطالعات محدودی انجام گردیده است. میرزایی (۱۳۹۱) گزارش داد شوری ناشی از کلریدسدیم موجب تغییر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز و تجمع نیترات در دو پایه بادام تلخ و شیرین (*Prunus dulcis*) گردید. نتایج آزمایش Viegas و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد شوری ناشی از کلریدسدیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در دانهال‌های بادام‌هندی (*Anacardium occidental*) اثر بازدارنده دارد. Meloni و همکاران (۲۰۰٤) گزارش دادند تنش شوری موجب کاهش فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز 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) گزارش‌دادند مصرف نیترات‌پتاسیم در شرایط تیمار شوری باعث کاهش تجمع کلر در پایه‌های لمون (*Citrus lemon* L.) شد. همچنین آنها گزارش دادند استفاده از نیترات‌پتاسیم یک میلی‌مولار برای کاهش اثرات مضر کلر بالای برگ لمون در شرایط تنش شوری مفید است. Domingo و همکاران (۲۰۰٤) گزارش دادند کاربرد نیترات‌پتاسیم در مرکبات تحت تنش شوری موجب بهبود رشد شد. اثر نیترات‌کلسیم در غلظت‌های ۱۰ و یا ۱۵ میلی‌مولار به همراه آب آبیاری در افزایش معنی‌دار نیترات در برگ و ریشه و یا اسیدآمینه کل و فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ‌های دانهال‌های پسته اهلی (*Pistacia vera* L.) گزارش شده‌است (ناصری و همکاران، ۱۳۹٤).

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 امیدی، ۱۳۹۱)، ولی در مورد اثر تنش شوری

بر فعالیت‌های آنزیمی در گیاه پسته گزارش‌های محدودی منتشر شده است. اثر تنش شوری بر تغییر فعالیت آنزیم لیپوکسی‌زناز و پراکسیداسیون چربی‌ها (حیدری و تفضلی، ۱۳۸٤)، پلی‌فنل اکسیداز و ترکیبات فنلی (حیدری و تفضلی، ۱۳۸٦)، فنیل‌آلانین آمونیالیاز (حیدری و تفضلی، ۱۳۸٤) و ایندول‌استیک‌اسید اکسیداز (حیدری و تفضلی، ۱۳۸٦)، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (لطفی و همکاران، ۲۰۱۵)، در گونه‌های پسته بومی ایران مطالعه گردیده است. کاهش میزان نیترات در برگ و ریشه دانهال پسته اهلی، پسته وحشی سرخس و بنه در شرایط تنش شوری توسط حیدری (۱۳۸۳) گزارش گردیده است. ناصری و همکاران (۱۳۹٤) گزارش دادند تیمارهای شوری ناشی از غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم موجب کاهش فعالیت نیترات‌ردوکتاز در برگ و تجمع نیترات و اسیدآمینه کل در برگ و ریشه دانهال‌های 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 آسیمیلاسیون نیتروژن در شرایط تنش شوری واثرات احتمالی آن در بهبود رشد دانهال‌های پسته، آزمایش حاضر به منظور بررسی اثر کاربرد نیترات‌پتاسیم 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، ۳٦ 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 نیترات‌پتاسیم در سه سطح صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار، با سه تکرار (هر تکرار دو گلدان) اجرا شد.

بذرهای پسته بادامی‌زرند (*Pistacia vera* L.) از موسسه تحقیقات پسته ایران (رفسنجان) تهیه شد. بذرها پس از قرار گیری به مدت ده دقیقه در کلراکس ۱۰٪، سپس ۲٤ ساعت در آب جاری و ضدعفونی سطحی به مدت ۳ ساعت در قارچ‌کش کاپتان ۱/۵ در هزار + بنومیل ۱/۵ با کلراکس ۱۰٪ گندزدایی شده و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای ۲٦ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بذرهای جوانه‌زده 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 (۱۳٦۹) محاسبه شد:

$$\text{درصد رطوبت (٪)} = \frac{\text{جرم خاک مرطوب–جرم خاک خشک}}{\text{جرم خاک خشک}} \times ۱۰۰$$

جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۸ گرم بر سانتی متر مکعب، درصد تخلخل ۵۰ درصد، حد ظرفیت مزرعه‌ای ۲۲ درصد وزنی و حد پژمردگی ۱٤ درصد وزنی تعیین شد. میزان آب آبیاری برای به اشباع رسیدن خاک در اولین دور آبیاری با حاصل‌ضرب 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 دانهال‌ها در هرگلدان، 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 نیترات‌پتاسیم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) با حل نمودن غلظت‌های موردنظر نیترات‌پتاسیم (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 ٦ مرحله (در هر مرحله ۲۵ میلی‌مولار) اعمال گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی کلریدسدیم افزایش یافت. جهت انجام تیمار نیترات‌پتاسیم غلظت ۱۰ میلی‌مولار کود نیترات‌پتاسیم در دو مرحله (در هر مرحله ۵ میلی‌مولار) و غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم در سه مرحله (در هر مرحله ۵ میلی‌مولار) اعمال

گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی افزایش یافت. هر گلدان در هر دور آبیاری با ۲۰۰ میلی‌لیتر 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 سولفانیلیک اسید محلول در اسیدکلریدریک ۲ نرمال و محلول نفتیل اتیلن دی آمید (۰/۰۲ درصد) و اندازه گیری میزان جذب نیتریت در طول موج ٥٤٠ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100، شرکت UNICO، کشور آمریکا) انجام شد. برای تهیه منحنی استاندارد از نیتریت‌سدیم (Na_2NO_2) استفاده شد.

نیترات: ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه ریشه یا برگ، به مدت ٦۰ دقیقه با آب دی‌یونیزه در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد عصاره گیری شده و ۱۵ دقیقه در ٦۰۰ دور در ثانیه سانتریفیوژ شد. مقدار ۲۰۰ میکرولیتر عصاره با ۸۰۰ میکرولیتر اسیدسالیسیلیک ۵٪ محلول در اسیدسولفوریک مخلوط شده و پس از ۲۰ دقیقه نگهداری در ۲٤ درجه سانتی گراد، ۱۹ میلی‌لیتر سود (NaOH) ۲ نرمال اضافه شده و قرائت میزان جذب در طول موج ٤۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد (Cataldo, 1975). برای تهیه منحنی استاندارد از نیترات‌پتاسیم (KNO_3) استفاده شد.

اندازه‌گیری اسیدآمینه کل: اندازه‌گیری اسیدآمینه کل در برگ و ریشه بر اساس روش پیشنهادی Ravindranath (۱۹۸۱) با استفاده از محلول نین‌هیدرین و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۷۵ نانومتر انجام شد. جهت تهیه استاندارد اسیدهای آمینه کل از گلایسین استفاده شد.

اندازه‌گیری یون‌های کلر، سدیم و پتاسیم: تهیه خاکستر از نمونه‌های خشک شده برگ و ریشه، عصاره‌گیری از خاکستر با ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۲ نرمال برای یون کلر و ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال برای سدیم و پتاسیم انجام شد و حجم نمونه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. از عصاره بدست آمده برای قرائت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتری (شعله سنجی) و برای یون کلر به روش تیتراسیون با نیترات‌نقره 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

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

نتایج مربوط به برهمکنش اثر کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر اسیدآمینه کل برگ دانهال‌های پسته (جدول ۲) نشان داد بدون کاربرد کلریدسدیم، اسیدآمینه کل برگ در تیمارهای صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ۱٦/۹۲، ۱٦/۷۲ و ۱٤/۷٦ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم، کاربرد نیترات‌پتاسیم موجب کاهش معنی‌دار اسیدآمینه کل برگ شد. پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، اسیدآمینه کل برگ کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون مصرف نیترات‌پتاسیم داشت (به ترتیب ۱۲/۲۱ و ۱۱/۵۱ در مقایسه با ۱۷/۷۱ میکروگرم در گرم

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر اسیدآمینه کل در برگ و ریشه دانهال های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		اسیدآمینه کل برگ	اسیدآمینه کل ریشه	نسبت اسید آمینه ریشه به برگ
کلریدسدیم	۲	۲٤/۲۹**	۰/۰۲۲ ^{ns}	۰/۰۰٦۹**
نیترات‌پتاسیم	۲	۱۵/۵۸*	۰/۸۹**	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
کلریدسدیم × نیترات‌پتاسیم	٤	۱۰/۲۹*	۰/۳۹**	۰/۰۰۲**
خطای آزمایش	۱۸	۲/٦۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰٦
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۳٤	۳/۹۷	۱۰/۵۲

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

جدول ۲- برهمکنش اثرهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر اسیدهای آمینه کل (میکروگرم در گرم وزن تازه) برگ و ریشه دانهال‌های پسته

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات پتاسیم (میلی مولار)		
	۰	۱۰	۱۵
	اسیدآمینه کل برگ		
۰	۱٦/۹۲ ^{a}	۱٦/۷۲ ^{a}	۱٤/۷٦ ^{ab}
۷۵	۱۷/۷۱ ^{a}	۱۲/۲۱ ^{b}	۱۲/۲۱۲ ^{b}
۱۵۰	۱۲/۹۹ ^{b}	۱۲/۱۱^{b}	۱۳/۵۸ ^{b}
	اسید آمینه کل ریشه		
۰	۳/۷٦ ^{b}	۳/۲۷ ^{e}	۳/٤۷ ^{cde}
۷۵	٤/۱٦ ^{a}	۳/۳۷ ^{de}	۲/۷۸ ^{f}
۱۵۰	۳/۵۷ ^{bcd}	۳/٦٦ ^{bc}	۳/۳۷ ^{de}
	نسبت اسید آمینه ریشه به برگ		
۰	۰/۲۲٦ ^{bc}	۰/۱۹۹ ^{c}	۰/۲۳٦ ^{bc}
۷۵	۰/۲۳۵ ^{bc}	۰/۲۷ ^{ab}	۰/۲۳ ^{bc}
۱۵۰	۰/۲۷ ^{ab}	۰/۳ ^{a}	۰/۲٤ ^{bc}

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

وزن تازه) گردید. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، اسیدآمینه کل برگ (به ترتیب ۱۲/۱۱ و ۱۳/۵۸ میکروگرم در گرم وزن تازه) با اسیدآمینه برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (۱۳/۵۸ میکروگرم در گرم وزن تازه).

بررسی اسیدآمینه کل ریشه (جدول ۲) نشان داد در شرایط بدون کاربرد کلریدسدیم، کاربرد نیترات‌پتاسیم موجب کاهش معنی دار اسیدآمینه ریشه گردید و پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، اسیدآمینه کل ریشه (به ترتیب ۳/۲۷ و ۳/٤۷ میکروگرم در گرم وزن تازه) به طور معنی‌داری کمتر از اسیدآمینه کل ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم بود (۳/۷٦ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نیز کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار موجب کاهش معنی‌دار اسیدآمینه کل ریشه نسبت به تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم و بدون نیترات‌پتاسیم شد (به ترتیب ۳/۳۷ و ۲/۸۷ در مقایسه با ٤/۱٦ میکرو گرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار

کلریدسدیم، اسیدآمینه کل ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم و یا غلظت ۱۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ۳/۵۷ و ۳/٦٦ میکرو گرم در گرم وزن تازه) ولی به طور معنی‌داری بیشتر از اسیدآمینه کل ریشه پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم بود (۳/۳۷ میکروگرم در گرم وزن تازه).

بررسی اثر تیمارهای نیترات‌پتاسیم و کلریدسدیم بر نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۲) نشان داد بیشترین نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ پس از کاربرد غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم وجود داشت (۰/۳ برابر) که با این نسبت در تیمارهای ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم و کاربرد ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم (۰/۲۷ برابر) و یا تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشت (۰/۲۷ برابر) ولی به طور معنی‌داری بیشتر از این نسبت در سایر تیمارها بود (جدول ۲). نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت.

آنزیم نیترات‌ردوکتار: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ پسته بادامی زرند (جدول ۳) نشان داد اثر کلریدسدیم، نیترات‌پتاسیم و یا برهمکنش کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ در سطح خطای یک درصد معنی‌دار بود.

بررسی اثر برهمکنش تیمارهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز نشان داد (جدول ٤). در تیمار بدون کاربرد کلریدسدیم، کاربرد نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته اثر معنی‌داری نداشت. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم، کاربرد غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در مقایسه با تیمارهای بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم و یا کاربرد غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم شد (۱۱/٤ در مقایسه با ۸/۰۱ و ۸/۹۱ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه).

در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت ۱۵ میلی‌مولار باعث کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز نسبت به تیمارهای بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم و یا غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم شد (به ترتیب ۸/۵ در مقایسه با ٤/۳۸ و ۵/٦۷ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه).

بیشترین فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم همراه با کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار وجود داشت (۱۱/٤۰ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه) که با فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ دانهال‌های تیمار شده با ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم بدون کاربرد کلریدسدیم تفاوت معنی‌داری نداشت (۱۰/٤۲ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه) ولی به طور معنی‌داری بیشتر از فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ در سایر تیمارها بود.

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

بررسی برهمکنش تیمارها بر نیترات برگ (جدول ٤) نشان داد بدون کاربرد کلریدسدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار نیترات برگ نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم) گردید (به ترتیب ٦٤/٤٤ و ٦۸/۸۹ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ٤۷/۷۷ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر میزان نیترات برگ و ریشه و فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نیترات ردوکتاز برگ	نیترات برگ	نیترات ریشه	نیترات ریشه به برگ
کلریدسدیم	۲	۳٤/۲۹**	۳۱۸/۹٦**	۱۰۰۵/٤۵**	۰/۱۷۳*
نیترات‌پتاسیم	۲	۹/۸٦**	۱۷۸۳/۰۷**	۱۹۲۷/۷۱**	۰/۳۹**
کلریدسدیم × نیترات‌پتاسیم	٤	٦/۹۹ **	۲۵۱/۰۱**	۵٦۲/۰۸**	۰/۱۰۱^{ns}
خطای آزمایش	۱۸	۰/۹٦	۱۹/۳٤	٦۲/۵٦	۰/۳۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۱/۸۳	۷/۸٤	۱۳/٤	۱۸/۵٦

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

جدول ٤- برهمکنش اثرهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ (میکرو مول نیتریت 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 نیترات‌ردوکتاز برگ		
۰	۹/٤۰ ^{bc}	۹/۲۲^{bc}	۱۰/٤۲^{ab}
۷۵	۸/۰۱ ^{c}	۱۱/٤ ^{a}	۸/۹۱ ^{bc}
۱۵۰	٤/۳۸ ^{d}	۵/٦۷ ^{d}	۸/۵۰ ^{c}
	نیترات برگ		
۰	٤۷/۷۷ ^{de}	٦٤/٤٤ ^{b}	٦۸/۸۹ ^{b}
۷۵	٤۲/۲۲ ^{e}	۷۸/۸۸ ^{a}	۵٤/٤٤ ^{cd}
۱۵۰	۳۰ ^{f}	۵۵/۵۳ ^{cd}	٦۲/۲۲^{bc}
	نیترات ریشه		
۰	۵٤/٤٤ ^{c}	٦۰ ^{c}	٦٤/٤٤ ^{bc}
۷۵	۵٤/٤٤ ^{c}	۷٤/٤٤ ^{ab}	۷۸/۸۹ ^{a}
۱۵۰	۲۸/۸۹ ^{d}	۳٤/٤٤ ^{d}	۸۱/۱۱ ^{a}

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

معنی‌دار نیترات برگ نسبت به نیترات برگ در تیمار کلریدسدیم ۷۵ میلی‌مولار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم گردید (به ترتیب ۷۸/۸۸ و ٥٤/٤٤ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ٤۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، میزان نیترات برگ به طور معنی‌داری بیشتر از نیترات برگ در تیمارهای ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم بود (به ترتیب ۵۵/۵۳ و ٦۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۳۰ میکروگرم در گرم وزن خشک). بررسی مقایسه میانگین نیترات برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ٤) نشان داد بیشترین میزان نیترات برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم همراه با کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار وجود داشت (۷۸/۸۸ میکروگرم در گرم وزن خشک) که به طور

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

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر میزان نیترات ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ٤) نشان داد کاربرد نیترات‌پتاسیم در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم باعث بهبود معنی‌دار تجمع نیترات در ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند در مقایسه با تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، بدون کاربرد نیترات پتاسیم گردید. بیشترین میزان نیترات ریشه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم به همراه کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت ۱۵ میلی‌مولار وجود داشت (۸۱/۱۱ میکروگرم در گرم وزن خشک) که با میزان نیترات ریشه در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم همراه با کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت‌های ۱۰ و یا ۱۵ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ٧٤/٤٤ و ۷۸/۸۹ میکرو گرم 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 کلریدسدیم بر میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند (شکل 1A) نشان داد بیشترین میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۷۵ میلی مولار کلریدسدیم وجود داشت (۱/۲۳ برابر) که به طور معنی‌داری بیشتر از میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمارهای شاهد (بدون کاربرد کلریدسدیم) و یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بود (به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۹۷ برابر). نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.

بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیترات‌پتاسیم (صفر، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) بر میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی‌زرند (شکل 1B) نشان داد بیشترین میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم وجود داشت (۱/۲۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) که با میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم) 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 نیترات پتاسیم (۰/۸۳ میکروگرم در گرم وزن خشک) به طور معنی‌داری کمتر از نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار شاهد و یا ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم بود.

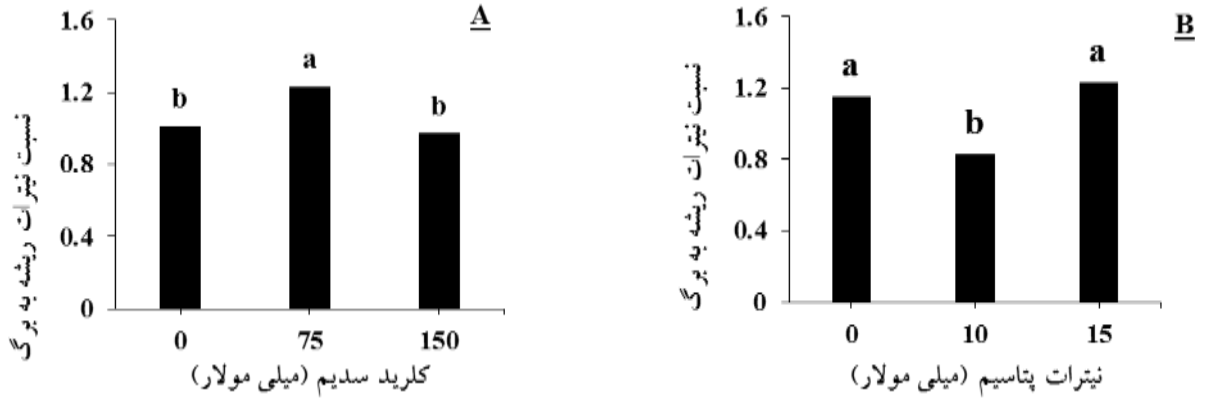
تجمع یون‌ها: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر تجمع یون‌ها در برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۵) نشان داد اثر کلریدسدیم و یا نیترات‌پتاسیم بر میزان یون‌های کلر، سدیم و پتاسیم برگ و یا ریشه در سطح خطای یک درصد معنی‌دار بود. برهمکنش کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم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

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلریدسدیم بر محتوی یون کلر در برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند (شکل 2A) نشان داد کاربرد تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم موجب افزایش معنی‌دار یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب ٤٨/٦٢ در مقایسه با ٤٤/١٨ و ٣٣/٥٦ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی اثر تیمارهای نیترات‌پتاسیم بر یون کلر برگ (شکل 2B) نشان داد پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، کاهش معنی‌داری در یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم) و یا تیمار ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم وجود داشت (به ترتیب ۳۸/۵ در مقایسه با ٤٤/٩٢ و ٤٢/٩٤ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلریدسدیم بر محتوی یون کلر ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند (شکل 2C) نشان داد کاربرد تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم موجب افزایش معنی‌دار یون کلر برگ نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب ٤٣/٤٣ و ٤٦/٨٩ در مقایسه با ٢٧/٩٤ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی نتایج اثر غلظت‌های مختلف نیترات‌پتاسیم بر



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

جدول ۵- تجزیه واریانس کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر میزان تجمع یون‌های کلر، سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کلر برگ	سدیم برگ	پتاسیم برگ	کلر ریشه	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه
کلریدسدیم	۲	۵۳۸/٦۵ **	۲۲٤٤/۵۸ **	۱۵۷/۰۲ **	۹۱٦/۹۸ **	۷۷٦/۳ **	۵/۵ **
نیترات پتاسیم	۲	۹۷/۱۸ **	٤٤۸/۷۹ **	۷۸/۵۱ **	۲۳۵/٦٦ **	۳۷۵/٤۷ **	۱/۸٦ **
کلریدسدیم × نیترات پتاسیم	٤	۵/٦٤ ns	۳۰/۰۵ **	۲/۹ ns	۱۲/۸۱ ns	۱۰/۰۱ ns	۰/۰۷ ns
خطای آزمایش	۱۸	۸/۳۹	۳/۸٦	۲/۳۱	۳۸/٦	۳/۷۷	۰/۰۹۲
ضریب تغییرات (درصد)	–	٦/۸۸	٤/٤۲	٦/۱٦	۱۵/۷۵	٤/۲۵	۱۱/۱۳

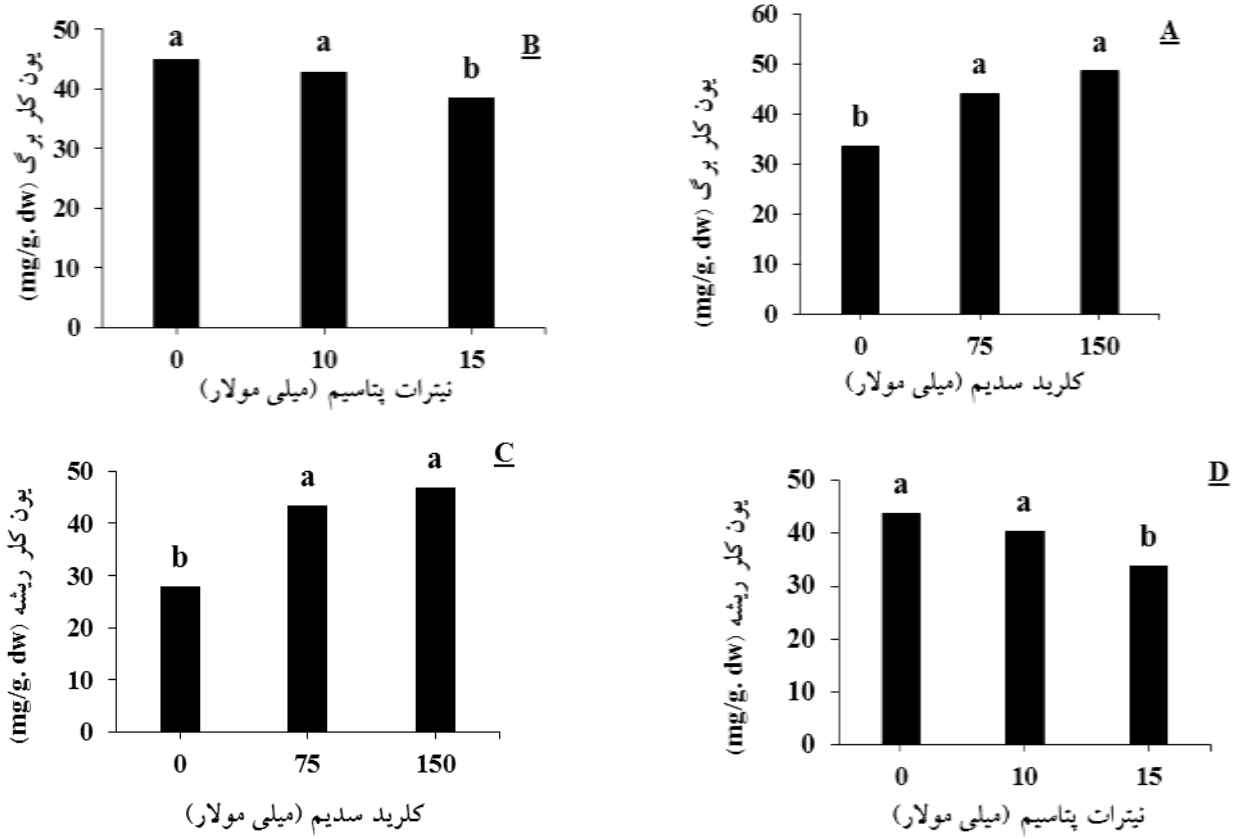
***، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح خطای ۵ درصد، ۱ درصد و عدم تفاوت معنی‌دار**

محتوی یون کلر ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند (شکل 2D) نشان داد کاهش معنی‌دار یون کلر ریشه در تیمار ۱۵میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم و با غلظت ۱۰ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم وجود داشت (به ترتیب ٤۳/۹۳ در مقایسه با ۳۳/۸٦ و ٤۰/٤۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

مقایسه نتایج اثر تیمارهای کلریدسدیم بر یون پتاسیم برگ (شکل 3A) نشان داد محتوی یون پتاسیم برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلریدسدیم) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم داشت (به ترتیب ۲۹/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۲۳/۲۹ و ۲۱/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

بررسی نتایج اثر غلظت‌های نیترات‌پتاسیم بر یون پتاسیم برگ (شکل 3B) نشان داد پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم، میزان یون پتاسیم برگ افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم داشت (به ترتیب ۲٤/۱۹ و ۲۷/۸۵ در مقایسه با ۲۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

مقایسه نتایج اثر تیمارهای کلریدسدیم بر یون پتاسیم ریشه (شکل 3C) نشان داد پس از کاربرد غلظت‌های ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، میزان یون پتاسیم ریشه (به ترتیب ۲/٦۲ و ۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد کلریدسدیم داشت (۳/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار یون پتاسیم ریشه

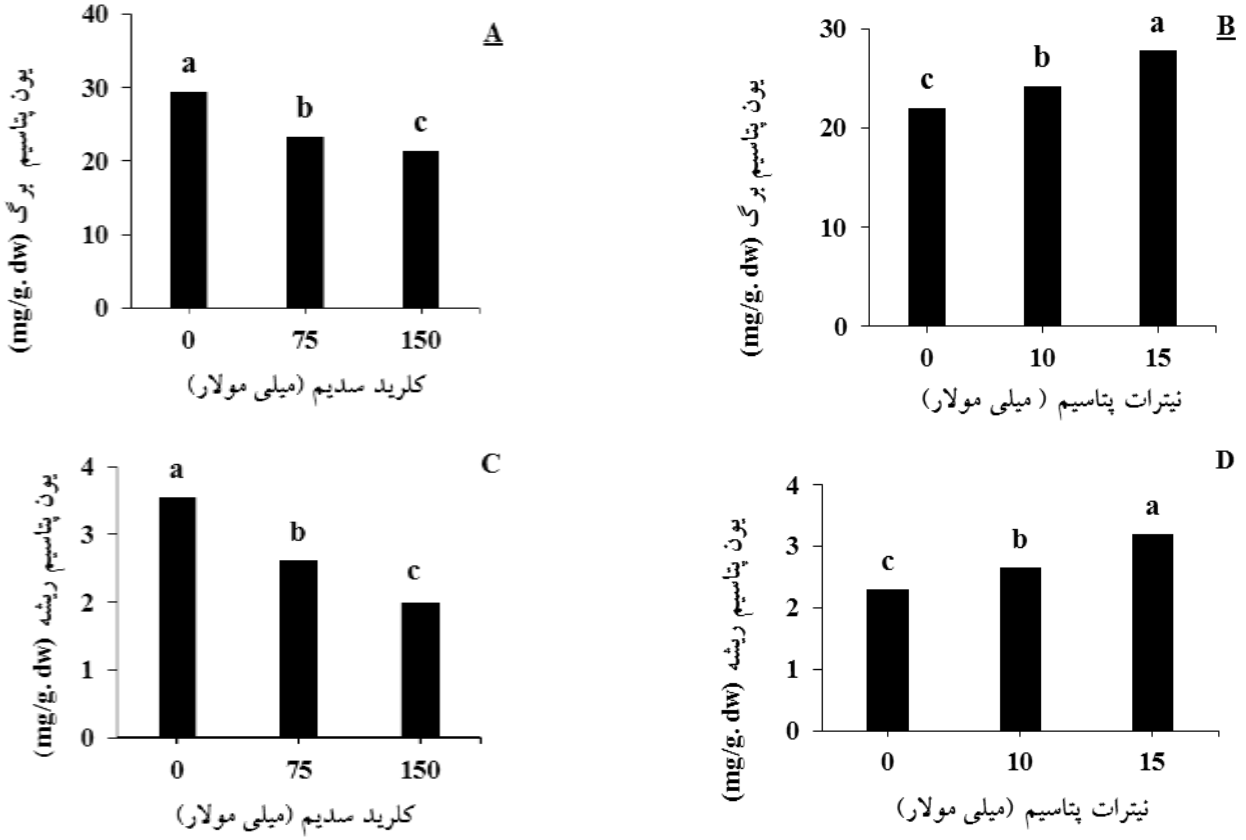


شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف کلریدسدیم بر محتوی یون کلر برگ (A) و ریشه (C) و اثر نیترات‌پتاسیم بر محتوی یون کلر برگ (B) و ریشه(D) دانهال‌های پسته. در هر شکل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح خطای ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

دانهال‌های پسته بادامی زرند نسبت به یون پتاسیم ریشه در تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم شد (به ترتیب ۲/٦٦ و ۳/۲۱ در مقایسه با ۲/۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) (شکل 3D).

بررسی برهمکنش اثرات تیمارهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ (جدول ٦) نشان داد بدون کاربرد کلریدسدیم، پس از کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ نیترات‌پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم برگ افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم داشت (به ترتیب ۱/۱۲ و ۱/٤٥ در مقایسه با ۰/۸). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم نیز روند مشابهی وجود داشت و نسبت پتاسیم به سدیم برگ در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم (به ترتیب ۰/٤۹ و ۰/٦٦ برابر) به طور معنی‌داری بیشتر از این نسبت در تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم بود (۰/۳٤). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، تنها کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم برگ در مقایسه با تیمار بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم شد (به ترتیب ۰/٤۸ و ۰/۲۹).

بررسی برهمکنش اثرات تیمارهای کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه (جدول ٦) نشان داد نسبت پتاسیم به سدیم ریشه دانهال‌های پسته در تیمارهای بدون کاربرد کلریدسدیم همراه با غلظت ۱۰ و یا ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کاربرد کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم داشت (به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۰۹ در مقایسه با ۰/۰۷). در تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، تنها کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات‌پتاسیم موجب افزایش معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف کلریدسدیم بر محتوی پتاسیم برگ (A) و ریشه (C) و اثر نیترات‌پتاسیم 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

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد نیترات‌پتاسیم اثر معنی‌داری بر اسیدآمینه کل برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند 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 زرند نسبت به برگ بیشتر مشخص شده است. به عبارتی مکانسیم سازگاری گیاه در برابر تنش کلریدسدیم در ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند فعال‌تر است به طوریکه در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم بیشترین میزان اسیدآمینه کل را داشت ولی با کاربرد نیترات‌پتاسیم میزان اسیدآمینه 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 نیترات‌پتاسیم در شوری ۷۵ میلی‌مولار در دانهال‌های پسته بادامی زرند با نتایج مظفری و امیدی (۱۳۹۱) مشابهت دارد که عنوان داشتند بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم با افزایش شوری تا سطح ۲۰۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، غلظت پرولین به بیش از ۵ برابر افزایش یافت. در

جدول ٦- برهمکنش اثرهای کلریدسدیم و نیرات‌پتاسیم بر تجمع یون سدیم برگ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و نسبت یون‌های سدیم و پتاسیم برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند

	نیترات پتاسیم (میلی مولار)		
کلرید سدیم (میلی مولار)	۰	۱۰	۱۵
	سدیم برگ		
۰	۳۲/۷۱ e	۲٤/۹٦ f	۲۲/۹٦f
۷۵	۵۹/۲۹b	٤۸/۱٦c	۳٤/٤۲d
۱۵۰	٦۳/۱۲a	۵۸/۱۲ b	۵۱/۵c
	نسبت پتاسیم به سدیم برگ		
۰	۰/۸ c	۱/۱۲ b	۱/٤۵ a
۷۵	۰/۳٤ g	۰/٤۹ e	۰/٦٦ d
۱۵۰	۰/۲۹ g	۰/۳٦ fg	۰/٤۸ ef
	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه		
۰	۰/۰۷ c	۰/۰۹ b	۰/۱۵ a
۷۵	۰/۰٤ de	۰/۰۵ d	۰/۰۷c
۱۵۰	۰/۰۲f	۰/۰۳ef	۰/۰۵d

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

حالی‌که با اعمال نیرات‌پتاسیم در غلظت یک میلی‌مولار و افزایش شوری غلظت پرولین به ۱/٤ 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 نیرات‌پتاسیم 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 شده‌است 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 تجمع پرولین در برگ دانهال‌های پسته اهلی افزایش یافت.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیرات‌پتاسیم بر میزان نیرات برگ، ریشه، نیرات کل دانهال و نسبت نیرات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ٤) نشان داد که تیمار کلریدسدیم بدون کاربرد نیرات‌پتاسیم باعث کاهش میزان نیرات در برگ، ریشه و میزان نیرات کل دانهال در دانهال‌های پسته بادامی زرند گردید. احتمال دارد که این اثر کاهشی کلریدسدیم بر میزان نیرات برگ، ریشه و نیرات کل دانهال به دلیل افزایش یون کلر در محیط رشد گیاه باشد زیرا بهبهانی مطلق و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند یون‌های نیرات و کلر با یکدیگر اثر آنتاگونیستی دارند. Wiesman (۱۹۹۵) گزارش داد سمیت ناشی از کلر مانع جذب نیرات 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 نیرات منجر به کاهش نیتروژن می‌شود. حیدری (۱۳۸۳)

نشان داد با افزایش تنش کلریدسدیم تا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار، باعث کاهش میزان نیترات در برگ پسته گردید که با نتایج این آزمایش در موردکاهش 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 نیترات‌پتاسیم در تیمارهای شوری باعث افزایش جذب بیشتر نیترات در مقایسه با تیمارهای کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم 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 مارشنر (۱۹۹٦) 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 جابه جایی 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 جابه جایی در درون آوند چوبی بار دیگر بهره‌گیری شود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ٤) نشان داد با افزایش شوری فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ کاهش یافت. احتمال دارد کاهش در میزان فعالیت در تیمارهای کلریدسدیم به دلیل کاهش در میزان جذب نیترات تحت شرایط تنش شوری باشد زیرا نیترات سوبسترای اولیه برای شروع فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز 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 نیترات‌ردوکتاز کاهش یافته و تولید مواد آلی کمتری را به دنبال خواهد داشت. کاهش در فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند در تیمارهای کلریدسدیم ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی‌مولار بدون کاربرد نیترات پتاسیم با نتایج میرزایی (۱۳۹۱) مشابهت دارد که گزارش داد کمترین فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در دانهال‌های بادام شیرین پس از ۲۱ روز در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم وجود داشت. همچنین این نتایج با نتایج Meloni و همکاران (۲۰۰٤) مشابهت داشت که عنوان داشتند شوری تا غلظت ٦۰۰ میلی‌مولار فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ کهور (*Prosopis alba*) کاهش یافت. پس از کاربرد غلظت ۷۵ کلریدسدیم، کاربرد نیترات‌پتاسیم در غلظت ۱۰ میلی‌مولار باعث افزایش فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز برگ گردید که می‌توان عنوان داشت به علت افزایش جذب بیشتر نیترات در اثر کاربرد نیترات‌پتاسیم 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 نیترات‌ردوکتاز می‌گردد. همچنین مارشنر (۱۹۹٦) نشان داد وجود کاتیون پتاسیم در انتقال نیترات به برگ نقش مهمی دارد زیرا پتاسیم کاتیون همراه آنیون است. مطالعات بابالار و همکاران (۱۳۷٤) نشان داده که در گیاه سیب افزایش نیترات از یک تا ۱۵ میلی‌مولار فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز را در ریشه و ساقه افزایش داد. کاربرد نیترات‌پتاسیم نیز باعث بهبود فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در شرایط تنش شوری گردید، بخشی از این اثر به واسطه افزایش

نیترات می‌باشد که سوبسترای آنزیم نیترات‌ردوکتاز است.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلریدسدیم و نیترات‌پتاسیم بر میزان تجمع یون‌ها در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند نشان داد (جدول ٦) با افزایش غلظت کلریدسدیم از ۷۵ به ۱۵۰ میلی‌مولار تجمع یون سدیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند افزایش یافته و تجمع یون پتاسیم کاهش معنی‌داری داشت. کاربرد نیترات‌پتاسیم باعث کاهش تجمع یون سدیم و افزایش تجمع یون پتاسیم تحت شرایط تنش کلریدسدیم 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 کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند مشابهت دارد. با افزودن نیترات‌پتاسیم همراه با تیمارهای شوری نسبت سدیم ریشه به بخش هوایی (برگ) افزایش یافت. در واقع کاربرد نیترات‌پتاسیم 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 زرند گردید. افزایش نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه در تیمار شوری همراه با کاربرد نیترات‌پتاسیم (جدول ٦) را می‌توان به حضور بیشتر یون پتاسیم در شرایط کلریدسدیم نسبت داد زیرا در شرایط تحت تنش کلریدسدیم 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 زرند 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 نیترات‌پتاسیم در کاهش اثر سوء کلریدسدیم مشابهت دارد. اثر افزایش شوری در کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در ریشه و اندام هوایی دانهال‌های قزوینی، سرخس و بنه بوسیله 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 زرند در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بدون کاربرد نیترات‌پتاسیم در آزمایش حاضر مشابهت داشت. Kaya و همکاران (۲۰۰۱) دریافتند که افزودن نیترات‌پتاسیم 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 نیترات‌پتاسیم در دانهال‌های پسته بادامی زرند 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 کلریدسدیم، 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 زرند کاهش یافت.

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کلریدسدیم موجب تغییر در فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز در برگ و تجمع نیترات در ریشه و برگ دانهال‌های پسته گردید. با توجه به اثر معنی‌دار تنش کلرید سدیم بر میزان اسیدآمینه کل در برگ و ریشه دانهال‌های 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 نیترات‌پتاسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز و میزان نیترات، اسیدآمینه کل و تجمع یون‌ها در برگ و ریشه دانهال‌های پسته نیز نشان دهنده نقش مؤثر نیتروژن در تغییر برخی اثرات تنش شوری در گیاه پسته است.

منابع

بای بوردی، م. (۱۳٦۹) 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. (۱۳۸٤) تأثیر کلریدسدیم (زمان و غلظت) بر فعالیت آنزیم لیپوکسی ژناز، میزان پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون چربی در دانهال‌های سه پایه پسته. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۲: ٤۸-٤۱.

حیدری، م. و راحمی، م. (۱۳۸۲) مقایسهٔ اثرات شوری بر جوانه زنی بذر، رشد و ترکیب‌های شیمیایی دانهال‌های 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. (۱۳۸٦ الف) تأثیرکلریدسدیم بر فعالیت آنزیم ایندول استیک اسیداکسیداز در برگ و ریشه دانهال‌های سه پایه پسته. پنجمین کنگره علوم باغبانی، ایران.

حیدری، م. و تفضلی، ع. (۱۳۸٦ ب) تأثیرکلریدسدیم بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و میزان فنل در دانهال‌های سه پایه پسته. مجله پژوهش‌های کشاورزی ۲.: ۷۹ -٦۷.

ماداوارا، کی.، وی، اس.، راگاوندرا، 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 امیدی، 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.: ٦٤۷-٦۳۷.

میرزایی، س. (۱۳۹۱) اثر کلریدسدیم بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی در گونه‌های بادام (*Prunus sp.*). پایان نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران.

میقانی، ف. و ابراهیم زاده، ح. (۱۳۸۳) اثر تنش شوری بر فعالیت سینتیتکی آنزیم نیترات‌ردوکتاز در دو رقم گندم. مجله علوم دانشگاه تهران ۲: ۳۹۳-٤۰۱.

ناصری، س.، حیدری، م.، جعفری، س. و دانشور، م. ح. ۱۳۹٤. اثر نیترات‌کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات‌ردوکتاز، تجمع اسیدهای آمینه، نیترات و یون‌ها در دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) بادامی زرند در شرایط تنش کلریدسدیم. مجله تولیدات گیاهی. ٤ :۳۵-٤۸.

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 Grieves, C. M. (1999) Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Hortculturae 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 Horticulurae 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 Orebamjo, T. O. (1972) Nitrogen metabolism of halophyte: Nitrate reductase activity and ultilization. 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 Horticulure 62:33-43.

Zhu, K. J. (2007) Plant salt stress. Encyclopedia of Life Sciences 1-3.