اثر اوره بر فعالیت نیترات ردوکتاز، غلظت نیترات، اسیدهای آمینه کل و برخی یون‌ها در دانهال‌های پسته بادامی زرند (*Pistacia vera* L.) در شرایط تنش کلرید سدیم

سمیه ناصری [۱]، مختار حیدری [۲]، سیروس جعفری [۳]، محمدحسین دانشور [۴]

۱، ۲، ۴ به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۳ دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

چکیده

در این آزمایش اثرات کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و اوره (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بر فعالیت نیترات ردوکتاز، تجمع نیترات، اسیدهای آمینه کل و تجمع برخی یون‌ها در دانهال‌های پسته (*P. vera* L.) بادامی زرند بررسی شد. نتایج نشان داد در تیمارهای ۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اوره موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ شد (به ترتیب ۷/۵۲ و ۷/۱۴ میکروگرم نیتریت/ گرم/ ساعت). در تیمار شوری ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، اسیدآمینه کل برگ پس از کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اوره افزایش معنی‌دار داشت (۲۲/۹۱ میکروگرم در گرم وزن تر) ولی اسیدآمینه کل در ریشه در هر دو تیمار ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم پس از کاربرد ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اوره افزایش معنی‌دار داشت. در شرایط تنش کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اوره موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل ریشه به برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم شد (۱۰۸ درصد نسبت به شاهد) ولی در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک اوره این نسبت را افزایش داد (۲۴۳ درصد نسبت به شاهد). همچنین کاربرد اوره، در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بر تجمع نیترات در برگ و ریشه و نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته اثر معنی‌داری داشت. اثر کلرید سدیم یا اوره بر غلظت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر معنی‌دار بود. نتایج نشان داد کاربرد اوره در تنش شوری موجب بهبود برخی شاخص‌های بیوشیمیایی مربوط به متابولیسم نیتروژن در دانهال‌های پسته شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم، پسته، شوری، نیتروژن، یون

*** نویسنده مسئول، تلفن: ۰۶۱۳۶۵۲۴۳۵۰، پست الکترونیکی: mkheidari@asnrukh.ac.ir**

مقدمه

تنش شوری فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان، رشد رویشی، جذب عناصر، فعالیت‌های آنزیمی و رشد زایشی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۵). مکانیسم‌های تحمل شوری در گیاهان، به‌حداقل‌رساندن ورود نمک به درون گیاه و یا به‌حداقل‌رساندن تجمع یون‌ها در سیتوپلاسم سلول هست (۲۴). همچنین گیاهان به‌منظور مقابله با تنش شوری از مکانیسم‌های بیوشیمیایی و مولکولی مانند تغییر در مسیر فتوسنتزی، تغییر در ساختار غشاء، هورمون‌های گیاهی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (۲۴) و مکانیسم‌های تنظیم اسمزی شامل جذب برخی یون‌ها و تجمع محلول‌های سازگار[۱]

[1] Osmoregulators

(۳۱) استفاده می‌کنند. اسیدهای آمینه مانند پرولین، گلایسین بتائین و سرین از ترکیبات آلی مشارکت‌کننده در مکانیسم‌های تنظیم اسمزی در تنش شوری هستند (۱۳، ۳۵). مواد محلول سازگار علاوه بر دخالت در جذب آب و کاهش خسارت تنش اسمزی، گیاهان را در برابر اثرات مخرب تنش اکسیداسیونی ناشی از تنش شوری حفاظت می‌کنند (۳۸). نیتروژن یکی از عناصر غذایی موجود در ساختار ترکیبات آلی تنظیم‌کننده اسمزی است (۱۵)، به همین دلیل اثر شوری بر اسیمیلاسیون نیتروژن، علاوه بر نقش تغذیه عناصر غذایی می‌تواند بر تولید ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی نیز مهم باشد. در تنش شوری، سمیت ناشی از کلر مانع جذب نیترات می‌شود زیرا هر دو یون به‌وسیله ناقل‌ها در عرض غشاء پلاسمایی انتقال می‌یابند و غلظت زیاد کلر در جذب نیترات اختلال ایجاد می‌کند (۳۷). اثر تنش کلرید سدیم بر کاهش غلظت نیترات در پسته (۱۲، ۲۶، ۲۷)، نیتروژن شاخساره دانهال های پسته (۳۳) و بادام تلخ و شیرین (۲۰) گزارش‌شده است. کاربرد نیتروژن به‌منظور کاهش اثر بازدارنده شوری بر دریافت نیتروژن در ریشه به‌عنوان یک راهکار برای کاهش اثر تنش شوری پیشنهادشده است. در تنش شوری، اثر مثبت کاربرد اوره (۲۷)، نیترات کلسیم (۲۶) و یا نیترات پتاسیم (۲۷)، نیترات آمونیوم و اسید جیبرلیک (۲۱)، نیترات آمونیوم و بنزیل آمونیوم (۲۲) و نیترات آمونیوم و سیلیسیم (۲۳) در پسته اهلی (*Pistcia vera* L.) و اثر نیترات پتاسیم در لمون (*Citrus lemon* L.) (۱۰) تأیید شده است.

نیترات ردوکتاز به‌عنوان آنزیم کلیدی در احیاء نیترات و اسیمیلاسیون نیتروژن در گیاهان هست (۴). فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند شدت نور کم (۲۵) و شوری (۹، ۳۸) یا تنش اسمزی (۸) تغییر می‌کند. کاهش فعالیت نیترات ردوکتاز در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش در بیان ژن و یا غیرفعال‌شدن ژن مرتبط با آن و یا کاهش یا غیرفعال‌شدن خود آنزیم یا سنتز پروتئین نیترات ردوکتاز است و این تغییرات در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به دلیل اختلال در اسیمیلاسیون نیتروژن، باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود (۸). اثر کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در درختان میوه مانند پسته (۲۶، ۲۷) بادام (۲۰)، مرکبات (۲)، زیتون (۳۶) و یا درختان غیر مثمر مانند کهور (۱۸) و صنوبر (Populus) (۱۹) مورد بررسی قرار گرفته است.

شوری یکی از مسائل مهم در مناطق کشت پسته در ایران هست و اثر تنش شوری بر رشد رویشی و تجمع یون‌ها در پایه‌ها و گونه‌های پسته موردمطالعه قرار گرفته (۳، ۱۱، ۱۲، ۳۲) ولی در مورد متابولیسم نیتروژن در گیاه پسته در تنش شوری گزارش‌های محدودی منتشرشده است (۲۶،۲۷). آزمایش حاضر به‌منظور بررسی اثر اوره بر شاخص‌های بیوشیمیایی مرتبط با نیتروژن و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در پسته اهلی در شرایط تنش کلرید سدیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۹۲-۹۱ در گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ملاثانی، ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز) انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با تیمارهای کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و کود اوره (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، با سه تکرار (هر تکرار دو گلدان) اجرا شد. بذرهای پسته بادامی زرند از پژوهشکده پسته (رفسنجان) تهیه شد. بذرها پس از قرارگیری به مدت ده دقیقه در کلر اکس ۱۰٪، سپس ۲۴ ساعت در آب جاری و ضدعفونی سطحی به مدت ۳ ساعت در قارچ‌کش کاپتان ۱/۵ در هزار + بنومیل ۱/۵ با کلر اکس ۱۰٪ گندزدایی‌شده و برای جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای

۲۶ درجه سلسیوس قرار داده شدند. بذرهای جوانه‌زده در کیسه پلاستیکی حاوی ۲/۵ کیلوگرم خاک لومی-سیلتی-رسی کاشته شدند. جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، درصد تخلخل ۵۰ درصد، حد ظرفیت مزرعه‌ای ۲۲ درصد وزنی و حد پژمردگی ۱۴ درصد وزنی تعیین شد. درصد رطوبت (H) هر گلدان بر اساس رابطه پیشنهادی Bai Burdie(۱) محاسبه شد:

صد

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 شهری تصفیه‌شده آبیاری شدند تا رطوبت گلدان‌ها به حد اشباع برسند. گلدان‌ها در گلخانه با پوشش شیشه و میانگین دمای روز و شب به ترتیب ۲۱ و ۱۶ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی متوسط ۴۵ درصد نگهداری گردیدند. پس از ظهور دانهال‌ها در هر گلدان، تعداد گیاهان به یک عدد در گلدان کاهش یافت. هشت هفته پس از کاشت بذرها (رسیدن به مرحله حدود ۵ گره در گیاهان) تیمارهای کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و نیتروژن (۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم) با حل نمودن غلظت‌های موردنظر اوره (محصول پتروشیمی رازی دارای ۴۶٪ نیتروژن) در آب حاوی مقادیر مشخص کلرید سدیم انجام شد. به‌منظور ممانعت از تنش ناگهانی، به‌تدریج طی سه مرحله غلظت ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم (در هر مرحله ۲۵ میلی‌مولار) و غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار در ۶ مرحله (هر مرحله ۲۵ میلی‌مولار) اعمال گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی کلرید سدیم افزایش یافت. هر گلدان در هر دور آبیاری با ۲۰۰ میلی‌لیتر آبیاری شد. دور آبیاری هر ۷ روز یک‌بار بود. شصت روز از شروع تیمارها و ۱۵۰ روز پس از کاشت دانهال‌ها اندازه‌گیری‌ها انجام شد.

فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ تازه‌بالغ شده (برگ واقع در گره سوم یا چهارم) بر اساس اندازه‌گیری میزان نیتریت در طول موج ۵۴۰ نانومتر (۳۵) با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-2100، شرکت UNICO، کشور آمریکا)، اندازه‌گیری نیترات به روش پیشنهادی Cataldo *et al.*, (۵)، اندازه‌گیری اسیدآمینه کل در برگ و ریشه با استفاده از محلول ناین‌هیدرین و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۷۵ نانومتر با استفاده از روش پیشنهادی Ravindranath (۲۹) انجام شد. جهت تهیه استاندارد اسیدهای آمینه کل از گلایسین استفاده شد.

برای تهیه خاکستر یک گرم از نمونه خشک‌ریشه و یا برگ به مدت دو ساعت در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. عصاره‌گیری از خاکستر با ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۲ نرمال برای یون کلر و ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال برای عناصر سدیم و پتاسیم انجام شد. از عصاره به‌دست‌آمده برای قرائت عناصر سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتری (مدل ELICO- ساخت هند) و برای یون کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره ۰/۰۵ نرمال استفاده گردید.

تجزیه آماری: داده‌ها را با نرم‌افزار SAS 9.2 آنالیز شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام شد.

نتایج

اسیدآمینه کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر کلرید سدیم، اوره و اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر اسیدآمینه کل ریشه و نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ و اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر اسیدآمینه کل برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر کلرید سدیم و یا اوره بر اسیدآمینه کل برگ معنی‌دار نبود. نتایج اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر اسیدآمینه برگ (جدول ۲) نشان داد بدون کاربرد کلرید سدیم، تیمارهای اوره اثر معنی‌داری بر اسیدآمینه برگ نداشتند ولی در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره، موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل برگ (۲۲/۹۱ میکروگرم در گرم وزن تازه) نسبت به تیمار بدون کاربرد اوره یا ۶۰ میلی‌گرم اوره شد (به ترتیب ۱۱/۴۲ و ۱۱/۵۲ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه برگ نسبت به تیمار بدون کاربرد اوره یا ۱۲۰ میلی‌گرم اوره در این سطح شوری شد (به ترتیب ۱۹/۷۷، ۱۴/۹۶ و ۶/۹ میکروگرم در گرم وزن تازه). کمترین اسیدآمینه برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و غلظت اوره ۱۲۰ میلی‌گرم بود (۶/۹ میکروگرم در گرم وزن تازه).

نتایج اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر اسیدآمینه کل ریشه (جدول ۲) نشان داد در تیمارهای بدون کاربرد کلرید سدیم یا غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل ریشه نسبت به تیمارهای بدون کاربرد اوره یا کاربرد غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم اوره در سطح شوری موردنظر شد (به ترتیب ۵/۱۴ و ۶/۵۱ میکروگرم در گرم وزن تازه) ولی در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب کاهش معنی‌دار اسیدآمینه کل در ریشه نسبت به تیمارهای بدون کاربرد اوره و یا ۶۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم شد (به ترتیب ۳/۷۶ در مقایسه با ۶/۱۲ و ۶/۳۲ میکروگرم در گرم وزن تازه).

بررسی اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر اسیدآمینه برگ (جدول ۲) نشان داد در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار نسبت اسیدآمینه ریشه به برگ نسبت به تیمارهای بدون کاربرد اوره و ۶۰ میلی‌گرم اوره شد (به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۲۳ و ۰/۳۳) ولی در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ بدون کاربرد اوره (۰/۵۳) و یا همراه با کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره (۰/۵۷) تفاوت معنی‌داری نداشتند و در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب کاهش معنی‌دار این نسبت شد (۰/۱۷).

آنزیم نیترات ردوکتاز: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد اثر کلرید سدیم و یا اوره در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر فعالیت نیترات ردوکتاز برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. نتایج اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (جدول ۲) نشان داد در تیمارهای ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار فعالیت نیترات ردوکتاز نسبت به تیمارهای صفر یا ۱۲۰ میلی‌گرم اوره شد. فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در تیمارهای ۶۰ میلی‌گرم اوره بدون کاربرد کلرید سدیم (۷/۵۳ میکرو مول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه) و تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با ۶۰ میلی‌گرم اوره (۷/۱۴ میکرو مول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه) تفاوت معنی‌داری نداشتند و به طور معنی‌داری بیشتر از فعالیت آنزیم در سایر تیمارها بودند. فعالیت آنزیم در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و بدون اوره (۳/۴۹ میکرو مول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه) به طور معنی‌داری کمتر از فعالیت آنزیم در سایر تیمارها بود.

غلظت نیترات: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر غلظت نیترات (جدول ۱) نشان داد اثر کلرید سدیم، اوره و یا اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر میزان نیترات برگ، نیترات ریشه و نسبت نیترات ریشه به برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

نتایج اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر غلظت نیترات برگ (جدول ۲) نشان داد در هر یک از تیمارهای ۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار نیترات برگ نسبت به تیمارهای بدون کاربرد اوره یا ۱۲۰ میلی‌گرم اوره شد. نیترات برگ در تیمار ۶۰ میلی‌گرم اوره و بدون کاربرد کلرید سدیم (۴۶/۶۷ میکروگرم در گرم وزن خشک) به طور معنی‌داری بیشتر از نیترات برگ در سایر تیمارها بود. در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد اوره، کاهش معنی‌داری نیترات برگ نسبت به سایر تیمارها وجود داشت (۱۱/۱۱ میکروگرم در گرم وزن خشک). نتایج اثر تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر نیترات ریشه (جدول ۲) نشان داد نیترات ریشه در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم اوره و بدون کلرید سدیم به طور معنی‌دار بیشتر از نیترات ریشه در سایر تیمارها بود (به ترتیب ۴۷/۷۷ و ۵۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک). در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، نیترات ریشه در تیمارهای اوره تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار نیترات ریشه نسبت به تیمار بدون اوره شد (به ترتیب ۲۴/۴۴ و ۳۴/۴۴ در مقایسه با ۱۵/۵۵ میکروگرم در گرم وزن خشک).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کلرید سدیم و اوره بر فعالیت نیترات ردوکتاز در برگ، اسیدهای آمینه کل و نیترات در برگ و ریشه دانهال های پسته بادامی زرند.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		اسیدآمینه کل برگ	اسیدآمینه کل ریشه	اسیدآمینه کل ریشه به برگ	نیترات ردوکتاز برگ	نیترات برگ	نیترات ریشه	نیترات ریشه به برگ
کلرید سدیم	۲	۴/۷۴ ns	۳/۹۰ **	۰/۰۴ **	۴/۲۶**	۵۷۷/۷۵**	۱۱۴۹/۵۲**	۱/۲۸**
اوره	۲	۶/۵۶ ns	۱۲/۳۵**	۰/۰۳۴ **	۱۷/۵۹**	۸۳۴/۶۱**	۵۰۴/۸۳**	۲/۱۸**
کلرید سدیم × اوره	۴	۱۲۸/۱۵۹**	۲/۲۱**	۰/۱۱۴ **	۰/۲۲ *	۸۶/۴۶**	۱۳۳/۹۳**	۰/۴۵**
خطای آزمایش	۱۸	۲/۷۳	۰/۳۷۹	۰/۰۰۶	۰/۰۷۳	۷/۸۱	۱۸/۵۱	۰/۰۷۸
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۴۱	۱۳/۰۸	۲۱/۴۶	۵/۰۲	۱۰/۹۳	۱۴/۳۴	۲۱/۴۷

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

کمترین نیترات ریشه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد اوره بود (۱۵/۵۵ میکروگرم در گرم وزن خشک). نتایج اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر نسبت نیترات ریشه به برگ (جدول ۴) نشان داد در تیمارهای ۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با کاربرد ۱۲۰ میلی‌گرم اوره، نسبت نیترات ریشه به برگ به طور معنی‌داری بیشتر از این نسبت در تیمارهای صفر و ۶۰ میلی‌گرم اوره بود. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، این نسبت در تیمارهای اوره تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۲- اثر متقابل اثرات کلرید سدیم و اوره بر میزان اسیدآمینه کل (میکروگرم در گرم وزن تازه) و نیترات در برگ و ریشه و فعالیت نیترات ردوکتاز برگ (میکرو مول نیتریت /ساعت/گرم وزن تازه) پسته بادامی زرند

کلرید سدیم (میلی‌مولار)	اوره (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	اسیدآمینه کل برگ	اسیدآمینه کل ریشه	اسیدآمینه کل ریشه/برگ	نیترات ردوکتاز برگ	نیترات برگ	نیترات ریشه	نیترات ریشه به برگ
	۰	۱۴/۱۷ cd	۳/۶۶ c	۰/۲۵ bcd	۵ d	۲۸/۸۹ c	۲۸/۸۹ bc	۱ bc
۰	۶۰	۱۲/۹۹ cd	۵/۱۴ b	۰/۳۹ b	۷/۵۲ a	۴۶/۶۷ a	۴۷/۷۷ a	۱/۰۲ bc
	۱۲۰	۱۵/۶۴ c	۳/۴۷ c	۰/۲۲ cd	۵/۲۳ cd	۲۱/۱۱ de	۵۲/۲۲ a	۲/۵۲ a
	۰	۱۱/۴۲ d	۶/۱۲ ab	۰/۵۳ a	۴/۲۸ e	۲۱/۱۱ de	۲۰ de	۰/۹۵ bc
۷۵	۶۰	۱۱/۵۲ d	۶/۳۲ a	۰/۵۷ a	۷/۱۴ a	۴۱/۱۱ b	۲۶/۶۶ cd	۰/۶۵ c
	۱۲۰	۲۲/۹۱ a	۳/۷۶ c	۰/۱۷ d	۵/۵۷ c	۲۱/۱۱ de	۲۰ de	۱/۰۱ bc
	۰	۱۴/۹۶ c	۳/۴۷ c	۰/۲۳ cd	۳/۴۹ f	۱۱/۱۱ f	۱۵/۵۵ e	۱/۴۱ b
۱۵۰	۶۰	۱۹/۷۷ b	۶/۵۱ a	۰/۳۳ bc	۶/۲۱ b	۲۲/۲۲ d	۲۴/۴۴ cd	۱/۱۲ bc
	۱۲۰	۶/۹ e	۳/۸۶ c	۰/۵۶ a	۴/۱۶ e	۱۶/۶۷ e	۳۴/۴۴ b	۲/۰۶ a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

یون سدیم: نتایج تجزیه واریانس اثر کلرید سدیم و اوره بر غلظت یون سدیم (جدول ۵) نشان داد اثر کلرید سدیم بر یون سدیم برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثر اوره بر یون سدیم برگ و ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود ولی اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر غلظت یون سدیم برگ یا ریشه معنی‌دار نبود. نتایج اثر کلرید سدیم بر یون سدیم نشان داد غلظت سدیم برگ (نمودار ۱- ج) یا ریشه (نمودار ۱- د) در تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی به طور معنی‌داری بیشتر از یون سدیم در شاهد بودند.

بررسی اثر اوره بر غلظت یون سدیم نشان داد کاربرد غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب کاهش معنی‌دار یون سدیم برگ (نمودار ۱- ه) یا یون سدیم ریشه (نمودار ۱- و) نسبت به تیمار بدون کاربرد اوره شد ولی پس از کاربرد غلظت ۶۰ میلی‌گرم اوره، غلظت یون سدیم برگ یا ریشه با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند.

یون پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمار اوره بر غلظت یون پتاسیم برگ و ریشه و اثر کلرید سدیم بر یون پتاسیم ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمار کلرید سدیم بر غلظت یون پتاسیم برگ اثر معنی‌داری نداشت. بررسی اثر تیمار اوره بر غلظت یون پتاسیم برگ (نمودار ۲ –الف) داد کاربرد غلظت‌های ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم برگ نسبت به تیمار شاهد شد (به ترتیب ۱۰/۶۸ و ۱۲/۱۹ در مقایسه با ۸/۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). نتایج اثر کلرید سدیم بر غلظت یون پتاسیم ریشه (نمودار ۱- ب) نشان داد در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاهش معنی‌دار یون پتاسیم ریشه نسبت به تیمارهای صفر و ۷۵ میلی‌مولار

Preproof Article

کلرید سدیم وجود داشت (به ترتیب ۱/۶۸ در مقایسه با ۱/۴۴ و ۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). بررسی اثر غلظت‌های مختلف اوره بر محتوی یون پتاسیم ریشه (نمودار ۲- ب) نشان داد بیشترین محتوی یون پتاسیم ریشه در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اوره وجود داشت (۱/۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که به طور معنی‌داری بیشتر از یون پتاسیم ریشه در تیمارهای شاهد و یا غلظت ۶۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک بود (به ترتیب ۱/۳۹ و ۱/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک).

یون کلر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کلرید سدیم بر غلظت کلر برگ و ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر اوره بر غلظت کلر برگ در سطح احتمال ۱ درصد و بر غلظت کلر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر کلر ریشه و اثر اوره بر غلظت کلر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی بر غلظت یون کلر برگ اثر معنی‌داری نداشت. بررسی اثر تیمارهای کلرید سدیم بر غلظت یون کلر برگ (نمودار ۱ – الف) نشان داد در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم افزایش معنی‌دار یون کلر برگ نسبت به تیمارهای صفر و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم وجود داشت (به ترتیب ۶۱/۶ در مقایسه با ۵۰/۹۴ و ۵۲/۹۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). نتایج اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر یون کلر ریشه (نمودار ۳) نشان داد در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک موجب کاهش معنی‌دار کلر ریشه نسبت به غلظت‌های صفر و ۶۰ میلی‌گرم اوره شد (به ترتیب ۴۷/۸۴ در مقایسه با ۵۸/۰۲ و ۵۲/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد هر دو غلظت ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم اوره موجب کاهش معنی‌دار یون کلر ریشه نسبت به تیمار بدون کاربرد شد (به ترتیب ۵۵/۹۹ و ۴۷/۸۴ در مقایسه با ۶۲/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). بیشترین غلظت یون کلر در ریشه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد اوره وجود داشت که با یون کلر در تیمار ۷۵ میلی‌مولار بدون کاربرد اوره تفاوت معنی‌داری نداشت (به ترتیب ۶۲/۰۹ و ۵۸/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) ولی به طور معنی‌داری بیشتر از غلظت یون کلر در ریشه دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود.

نسبت یون‌ها: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثر کلرید سدیم بر نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد و نسبت یون پتاسیم به سدیم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر اوره بر نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشت. اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و اوره بر نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ و ریشه نیز معنی‌دار نبود. بررسی اثر تیمارهای کلرید سدیم بر نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ (نمودار ۲–ج) نشان داد در تیمار بدون کلرید سدیم، ۰/۲۷ افزایش معنی‌دار در نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ در مقایسه با تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم داشت (به ترتیب ۰/۲ و ۰/۱۹). اثر غلظت‌های مختلف اوره بر نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ (نمودار ۲– ه) نشان داد در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک (۰/۲۷) افزایش معنی‌داری از نسبت یون پتاسیم به سدیم برگ نسبت به تیمارهای شاهد و یا ۶۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک داشت (به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۲۲).

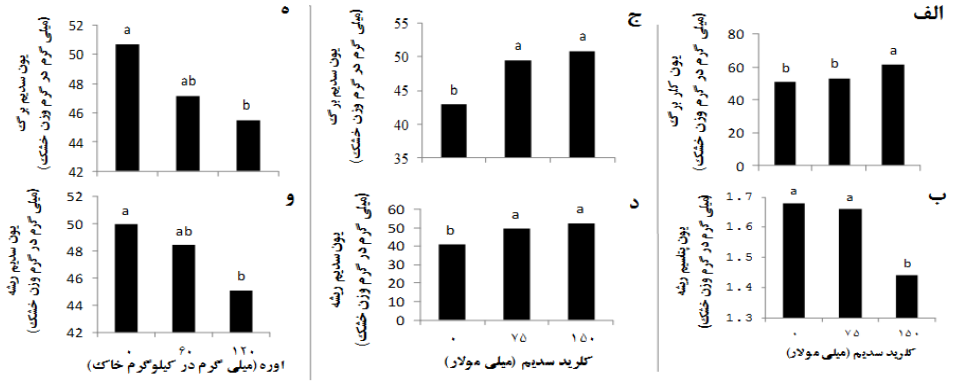
نسبت یون پتاسیم به سدیم در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم) (۰/۰۴ برابر) افزایش معنی‌داری در مقایسه با نسبت یون پتاسیم به سدیم ریشه در تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم داشت (به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۰۲ برابر) (نمودار ۲–د).

نسبت یون پتاسیم به سدیم ریشه در تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک (۰/۰۴ برابر) افزایش معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای شاهد (بدون کاربرد اوره) و یا تیمار ۶۰ میلی‌گرم اوره در کیلوگرم خاک داشت (به ترتیب ۰/۰۲ و۰/۰۳ برابر) (نمودار ۲–و)

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات کلرید سدیم و اوره بر میزان یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر در برگ و ریشه دانهال‌های پسته

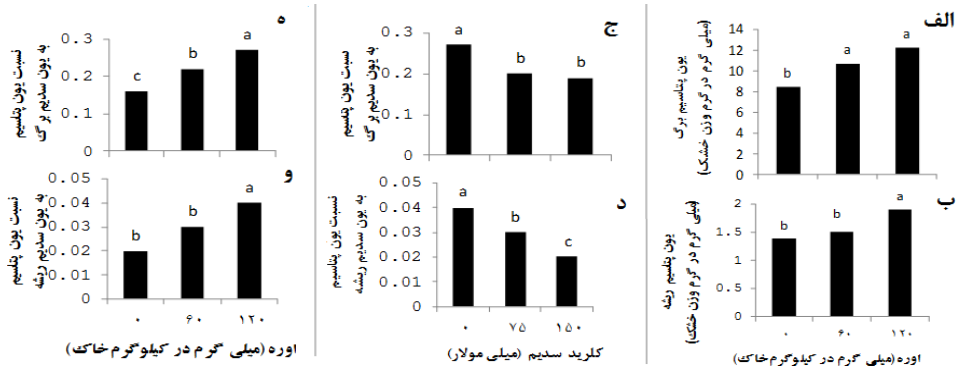
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		برگ					ریشه		
		سدیم	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	کلر	سدیم	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	کلر
کلرید سدیم	۲	۱۶۳/۸**	۱/۸۷ns	۰/۰۱۲*	۲۸۹/۳۹**	۳۱۵/۹۲**	۰/۱۵۸**	۰/۰۰۰۴**	۷۲۷/۶۳**
اوره	۲	۶۲/۵۹*	۳۲/۷۹**	۰/۰۲۷**	۱۲۱/۰۴**	۵۴/۱۰*	۰/۶۵**	۰/۰۰۵**	۳۳/۵۱*
کلرید سدیم × اوره	۴	۱۲/۹ns	۱/۳۵ns	۰/۰۰۲ns	۱۳/۷۸ns	۱/۴۷ns	۰/۰۱۳ns	۰/۰۰۰۰۹ns	۲۱۶/۹۸**
خطای آزمایش	۱۸	۱۵/۵	۳/۶۳	۰/۰۰۲	۱۶/۳۶	۱۳/۲	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۱	۸/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۸/۲۳	۱۸/۲۸	۲۱/۳۵	۷/۳۳	۷/۵۹	۹/۱۵	۱۱/۰۵	۵/۹۹

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



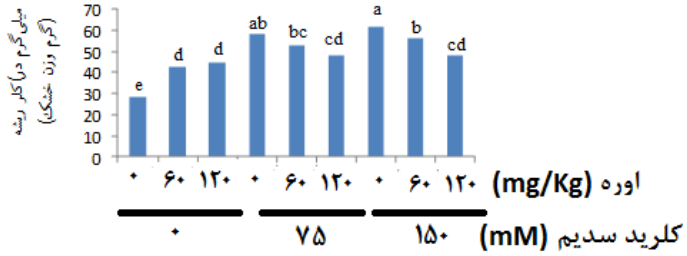
نمودار ۱- اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر غلظت کلر برگ (الف)، پتاسیم ریشه (ب) و سدیم برگ (ج)، سدیم ریشه (د) و اثر اوره بر سدیم برگ (ه) و سدیم ریشه (و) در دانهال‌های پسته بادامی زرند.

* در هر نمودار، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



نمودار ۲- اثر غلظت‌های مختلف اوره بر پتاسیم برگ (الف) و پتاسیم ریشه (ب)، نسبت پتاسیم به سدیم برگ (ه) و ریشه (و) و اثر کلرید سدیم بر نسبت پتاسیم به سدیم برگ (ج) و ریشه (د) در دانهال‌های پسته بادامی زرند.

* در هر نمودار، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.



نمودار ۳- اثر متقابل کلرید سدیم و اوره بر محتوی یون کلر ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند.

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال خطای ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد غلظت اسیدهای آمینه کل در شرایط تنش شوری همراه با کاربرد اوره تغییر یافت که بسته به تیمار شوری، اثر اوره بر افزایش یا کاهش غلظت اسیدهای آمینه متفاوت بود (جدول ۲). این نتایج با یافته‌های قبلی در مورد اثر ترکیبات حاوی نیتروژن برافزایش غلظت اسیدآمینه در پسته اهلی در شرایط تنش شوری مشابهت دارد (۲۶،۲۷). در شرایط تنش شوری ازجمله مکانیسم‌های دفاعی گیاه جهت حفاظت اسمزی، تولید اسیدهای آمینه هست (۳۸). آسپاراژین، پرولین، گلایسین بتائین و سرین مهم‌ترین اسیدهای آمینه هستند که در گیاهان در پاسخ به تنش اسمزی ناشی از تنش شوری تولید می‌شوند (۱۳). تغییر در اسیدهای آمینه گیاه نه‌تنها یک پاسخ در برابر شرایط تنش شوری هست، بلکه در شرایط سایر تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی نیز گزارش‌شده است (۲۵). با توجه به این‌که نیتروژن در ساخت ترکیبات آلی نقش دارد (۱۵) به دلیل افزایش غلظت یون کلر، کاهش جذب نیتروژن در شرایط تنش شوری بروز می‌نماید (۳۴) که منجر به کاهش میزان ترکیبات حاوی نیتروژن مانند نیترات، پروتئین و اسیدهای آمینه می‌شود (۱۸). ولی نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد اوره امکان دسترسی گیاه پسته به نیتروژن در تنش شوری را افزایش داده و به دنبال آن تولید اسیدهای آمینه افزایش یافت.

نیترات یکی از ترکیباتی است که در تولید اسیدهای آمینه توسط سلول‌های گیاهی مورداستفاده قرار می‌گیرد (۴)، بنابراین تغییرات نیترات گیاه می‌تواند با تغییرات اسیدهای آمینه در ارتباط باشد. نتایج آزمایش حاضر در مورد اثر معنی‌دار کاربرد اوره در افزایش نیترات برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند در شرایط تنش کلرید سدیم نسبت به تیمار شاهد یا کلرید سدیم بدون کاربرد اوره (جدول ۲) نشان‌دهنده اثر مثبت سطح کم نیتروژن (غلظت ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بر افزایش نیترات در برگ و ریشه دانهال‌های پسته در شرایط تنش شوری هست.

نتایج آزمایش حاضر نشان‌دهنده اثر اوره بر تغییر غلظت اسیدآمینه کل و نیترات در برگ و ریشه دانهال‌های پسته در شرایط تنش شوری بود ولی وجود تفاوت معنی‌دار در نسبت اسیدآمینه کل یا نیترات در ریشه نسبت به برگ (جدول ۳ و ۴) نشان داد تجمع نیترات در برگ و ریشه و تبدیل آن به اسیدهای آمینه در برگ و ریشه روند مشابهی نداشت. بخشی از این تغییر ناشی از فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز هست که با احیا نیترات به نیتریت، اولین مرحله واکنش‌های تبدیل نیترات به آمونیوم و سپس استفاده از آن در تولید اسیدهای آمینه با مشارکت اسکلت‌های کربنه تولیدشده در تنفس را انجام می‌دهد و به همین دلیل یک آنزیم کلیدی در رشد و نمو گیاهان هست (۳۶) و برای ارزیابی وضعیت نیتروژن گیاه معیار مناسبی بوده و با رشد و عملکرد گیاه ارتباط دارد (۳۷). بنابراین بررسی اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در ریشه و برگ در شرایط تنش شوری نیز اهمیت دارد. اگرچه در آزمایش حاضر تنها فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ اندازه‌گیری شد ولی نتایج نشان داد در تیمارهای کلرید سدیم، کاربرد اوره موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ نسبت به تیمار کلرید سدیم بدون کاربرد اوره شد (جدول ۲). گزارش‌شده است فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به منبع نیتروژن و تأمین مداوم نیترات از آوند چوبی (۴) وابسته است. در تحقیقات قبلی، اثر شوری بر کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ کهور (۱۸) و نخود (۹) گزارش‌شده است. افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در شرایط کلرید سدیم همراه با کاربرد اوره را می‌توان به افزایش میزان نیترات که سوبسترای اولیه جهت فعالیت این آنزیم هست، نسبت داد. زیرا کمبود نیترات باعث اختلال در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز می‌شود (۱۴). افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال های پسته پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم (۲۶) و غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم (۲۷) گزارش‌شده است. علاوه براثر یون‌های سدیم و کلر بر کاهش جذب نیترات و به دنبال آن کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (۱۷)، اثر نامناسب یون‌های سدیم و کلر بر غشا سلول‌ها نیز مهم هست. تولید نیتریت و به دنبال آن احیا آن به آمونیم به انتشار نیترات از فضای بین سلولی به داخل سلول بستگی دارد تا توسط آنزیم نیترات ردوکتاز که در برگ درون کلروپلاست قرار دارد، احیا آن به نیتریت با دخالت فردوکسین احیاشده در نقل و انتقالات فتوسنتز انجام شود (۴). بنابراین اهمیت و نقش غشا پلاسمایی و غشا دولایه کلروپلاست در تأمین نیترات و اهمیت فتوسنتز برای تأمین الکترون موردنیاز آنزیم نیترات ردوکتاز مشخص می‌شود. اثر تنش شوری بر فعالیت لیپوکسی‌ژناز و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا در بنه (*P. muntica*) و پسته اهلی (۱۲) و اثر تنش شوری بر کاهش فتوسنتز در پسته اهلی (۳) نیز گزارش‌شده است.

اگرچه نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد اوره موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ دانهال‌های پسته شد (جدول ۲) ولی فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم نسبت به تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، در هر دو غلظت ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اوره و یا بدون کاربرد اوره کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۴). احتمالاً بخشی از این کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در اثر افزایش غلظت کلرید سدیم، ناشی از

افزایش غلظت یون کلر در ریشه حتی پس از کاربرد اوره (نمودار ۳) و یا اثر تیمار کلرید سدیم بر افزایش یون سدیم (نمودار ۱) و کاهش پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم هست (نمودار ۲). کاهش در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در شرایط تنش شوری می‌تواند ناشی از افزایش سرعت تخریب آنزیم نیترات ردوکتاز، ممانعت از فعالیت آنزیم به دلیل افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلر و یا کاهش سرعت سنتز آنزیم به دلیل تنش شوری باشد (۹). گزارش گردیده است در تنش شوری تجمع یون‌های مضر سدیم و کلر باعث تنش اسمزی و اختلالات تغذیه‌ای می‌گردد (۱۶).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد اوره در شرایط تنش شوری می‌تواند در بهبود فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، تغییر غلظت نیترات، اسیدهای آمینه کل و کاهش تجمع یون‌های مضر ازجمله سدیم و کلر در دانهال‌های پسته بادامی زرند نقش مؤثری داشته باشد؛ بنابراین می‌توان با مصرف بهینه از کود نیتروژن باتوجه‌به میزان شوری خاک، برخی از پاسخ‌های آنزیمی و شاخص‌های بیوشیمیایی گیاه را بهبود بخشید تا گیاه بتواند شرایط شوری را تحمل یا سازگار گردد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر تأمین هزینه‌های مالی این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Bai Burdie, M. 1990. Principles of Irrigation Engineering. Tehran University Press. 1 (5): 124-125. [In Farsi]. Balal, R. M., Khan, M. M., Shahid, M. A., Mattson, N. S., Abbas, T., Ashfaq, M., Garcia- Sanchez, F., Ghazanfer, U., Gimeno, V. and Iqbal, Z. 2012. Comparative studies on the physio-biochemical, enzymatic, and ionic modifications in salt-tolerant and salt-sensitive citrus rootstocks under NaCl stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 137 (2): 86–95.
2. Behboudian, M. H., Walker, R. R. and Torokfalvy, E. 1986. Effects of water stress and Salinity on photosynthesis of pistachio. Scientia Hort. 29: 251-261.
3. Campbell, W. H. 1996. Nitrate reductase biochemistry comes of age. Journal of Plant physiology. 111: 355-361.
4. 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 and Plant Analysis. 6: 71 - 80.
5. Cazettam J. O. and Villela, L. C. V. 2004. Nitrate reductase activity in leaves and stem of Tanner grass

(*Brachiaria radicans* Napper). Sci. Agric. 61: 640-648.

6. Ferrario, S., Valadier, M., and Foyer, C. H. 1998. Over-expression of nitrate reductase in tobacco delays drought-induced decreases in nitrate reductase activity and mRNA. Journal of Plant Physiology. 117: 293-302.
7. 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. Braz. Journal of Plant Physiology. 20 (1): 51 - 59.
8. Garg, N. and Singla, R. 2005. Nitrate reductase activity in roots and leaves of chickpea cultivars under salt stress. Spanish Journal of Agricultural Research 3(2): 248-252.
9. 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. Journal of Horticultural Science. 121: 296 – 305.
10. Hokamabadi, H., Arzani, K., Sh. And Panahi, b. 2003. The rootstock response of pistachio trees of 'Badami Zarand', 'Sarakhs' and 'Ghazvini' is high B and sodium chloride in irrigation water. Journal of Agricultural Sciences and Technology. (4): 33-22. [In Farsi].
11. Heidari, M. 2004. Enzymatic activity, lipid peroxidation, antioxidant status and oxidative biochemical parameters in Pistachio trees (*Pistacia* sp.) In saline conditions. Ph.D. Horticulture. Shiraz university. 163 p. [In Farsi].
12. Khadri, M., Pliego, L., Soussi, M., Lluch, C., and Ocana, A. 2001. Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) nodules under salt stress. Agronomy Science. 21: 635–643.
13. Khan, M. G. Silberbush, M., and Lips, S. H. 1995. Physiological studies on salinity and nitrogen interaction in alfalfa plants. Journal of Plant Nutrition. 18(11): 2495-2500.
14. Madhava Rao, K., Raghavendra, A, S. and K. J. Raddy. 2006. Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. Springer. 351 p.
15. Marshner, H. 1996. Mineral nutrition of higher plants. (Translation: Khaldririn, B., and Islamzadeh). Shiraz University Press. first volume. 495 p. [In Farsi].
16. Meghani, F and Ebrahim Zadeh, H. 2004. Effect of Salt Stress on Synthetic Activity of Nitrate Reductase Enzyme

on growth characteristics of pistachio seedlings, cv. Badami Zarand, under salinity stress Journal of Water and Soil. 30 (3): 955-967. [In Farsi].

22. Mozafari, V. and Salajegheh, M. 2016. Effects of nitrogen and silicon on some physiological properties of Pistachio seediling in saline conditions**.** Water and Soil Science. 27 (4): 211-223. [In Farsi].
23. Mudgal, V., Madaan, N., and Mudgal, A. 2010. Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants. Inter. Journal Botany. 6 (2): 136 - 143.
24. Murata, Y. 1969. Physiological response to nitrogen in plants. Proceedings of Symposium: Physiological Aspects of Crop Yield. University of Nebraska, Canada. January 20-24, 1969. pp. 235-259.
25. Naseri, S., Heidari, M., Jafari, S. and Daneshvar, M. H 2015. The Effect of Calcium Nitrate on Nitrate Reductase Enzyme activity, amino Acid, Nitrate and ion Concentrations in Pistachio Seedlings (*P. vera* L.) under Conditions of Stress of Sodium Chloride. Journal of Plant Production. 4: 48-35. [In Farsi].
26. Naseri, S., Heidari, M., Jafari, S. and Daneshvar, M. H 2017. Effect of Potassium Nitrate on the activity of

in Two Wheat Cultivars. Journal of Science, University of Tehran. (3) 2: 393-401. [In Farsi].

17. 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*. Brazil. J. Plant Physiol. 16 (1): 39 - 46.
18. Meng, S., Su, L., Li. Y., Wang, Y., Zhang, C. and Zhao, Z. 2016. Nitrate and ammonium contribute to the distinct nitrogen metabolism of *Populus simonii* during moderate salt stress. PLoS ONE 11(3): 1-16.
19. Mirzaei, S. 2012. Effect of Sodium Chloride on Biochemical Indices and Enzymatic Activity in Almond Species (*Prunus* sp.). M.Sc. Thesis. Ramin Agricultural and Natural Resources University of Khuzestan. 172 p. [In Farsi].
20. Mozafari, V. and Khaledi, F. 2016. Effects of gibberellic acid and nitrogen on some physiology parameters and micronutrients concentration in Pistachio under salt stress. Journal of Water and Soil. 30 (3): 955-967. [In Farsi].
21. Mozafari, V. and Khalilpour, M. 2016. Effects of benzyladenine and nitrogen

Nitrate Reductase Enzymum, amino acid, nitrate and ion accumulation in Pistachio Seedlings under NaCl Stress Conditions. Journal of Process and Plant Function (Accepted). [In Farsi].

27. Ramanjulu, S., and Sudhakar, C. 1997. Drought tolerance is partly related to amino acid accumulation and ammonia assimilation: A comparative study in two mulberry genotypes differing in drought sensitivity. Journal of Plant Physiology. 150: 345–350.
28. Ravindranath, M. H. 1981. Manual research methods for crustacean biochemistry and physiology. Special Publication.7:10 - 20.
29. Razavi nasab, A., Tajabadipur, A., and Shirvani, H. 2014. Effect of salinity and nitrogen applacation on the growth, chemical composition and some biochemical indices of pistachio seedlings (*Pistacia vera* L.). Journal of Plant Nutrition. 37: 1612-1626.
30. Rontain, D., Basset, G., and Hanson, A. D. 2002. Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in Bacteria and Higher plants. Metab. Eng. 4: 49-56.
31. 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. 57(4): 469 - 476.
32. Solomonson, L. P. and Barber, M. J., 1990. Assimilatory nitrate reductase functional properties and regulation. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 41: 225-253.
33. Srivastava, H. S., 1980. Regulation of nitrate reductase activity in higher plants. Phytochem. 17: 725-733.
34. Stewart, G. R., Lee, J. A., and Orebamjo, T. O. 1972. Nitrogen metabolism of halophyte: Nitrate reductase activity and utilization. New Phytlo. 72: 539-546.
35. Tabatabaei, S. J. 2006. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive trees. Journal of Horticultural Science. 108: 432 - 438.
36. Wiesman, Z. 1995. Rootstock and nitrate involvement in "Ettinger" avocado response to chloride stress. Journal of Horticultural Science. 62: 33- 43.
37. Zhu, K. J. 2007. Plant Salt Stress. Encyclopedia of Life Sciences. pp: 1-3.

Effect of Urea on Nitrate Reductase Activity, Nitrate, Total Amino Acids and some Ions Concentration in Seedlings of Pistachio (*Pistacia vera* L.) under Sodium Chloride Stress

Somayeh Naseri [1], Mokhtar Heidari [1], Siroos Jafari [2] and Mohammad Hossein Daneshvar [1]

[1] Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

[2] Department of Soil Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Abstract

In the present experiment, the effect of sodium chloride (0, 75 and 150 mM NaCl) and Urea (0, 60 and 120 mg/kg soil) on nitrate reductase activity (NRA) and accumulation of nitrate, total amino acids and some ions in the seedlings of pistachio (*P. vera* L. cv. ´´Badami Zarand´´) were studied. The results showed that application of 60 mg Urea per kg of soil in 0 and 75 mM sodium chloride treatments significantly increased the NRA in leaves (7.52 and 7.14 µ NO_2^-, respectively). In the seedlings treated with 75 mM sodium chloride, the total leaf amino acid content (AA) after application of Urea (120 mg/kg soil) increased significantly (22.91 µg. g FW), however, the AA in root of both salinity treatments (75 and 150 mM sodium chloride) was increased after application of 60 mg Urea per kg of soil. Application of 60 mg Urea per kg of soil resulted in a significant increase in the root/leaf ratio of the AA in 75 mM sodium chloride (108% as compared control), but in 150 mM sodium chloride treatment, application of 120 mg Urea per kg of soil increased this proportion(243% as compared control). Also, application of urea had a significant effect on nitrate accumulation in leaves and roots and root/leaf nitrate in pistachio seedlings that treated with 150 mM NaCl. The effect of sodium chloride or urea on Na^+, K^+ and Na^+ concentration was significant. The results showed that application of urea under salt stress conditions improved some biochemical indices related to nitrogen metabolism in pistachio seedlings.

Key words: Enzyme, Ion, Nitrogen, Pistachio, Salinity