Archive of SID

اثر نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، تجمع اسیدهای آمینه، نیترات و یون‌ها در دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) بادامی زرند در شرایط تنش کلرید سدیم

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

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲*- **نویسنده مسئول:** استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (mkheidari@yahoo.com)

۳- استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- استاد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

چکیده

نیتروژن به عنوان یک عنصر ضروری برای گیاهان در نظر گرفته می‌شود و به میزان زیاد توسط گیاهان دریافت می‌گردد. مشخص شده مصرف کودهای حاوی نیتروژن اثرات سودمندی برای پسته و سایر درختان میوه دارد ولی اسیمیلاسیون نیتروژن در گونه‌های پسته (*Pistacia*)، شامل دریافت و احیا نیترات در پاسخ به تنش شوری مورد مطالعه قرار نگرفته است. در این آزمایش، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، اسیدهای آمینه کل، تجمع نیترات و یون‌های کلسیم و سدیم در دانهال های پسته پایه بادامی زرند (*Pistacia vera L.*) در پاسخ به تیمار کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار) و نیترات کلسیم (۰، ۱۰ و ۱۵ میلی مولار) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند افزایش شوری موجب کاهش فعالیت نیترات ردوکتاز در برگ و تجمع نیترات، اسیدآمینه کل و یون کلسیم در برگ و ریشه دانهال های پسته اهلی گردید. در شرایط تنش کلرید سدیم، کاربرد نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار نیترات در برگ و ریشه و یا اسیدآمینه کل و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ‌های دانهال‌های پسته اهلی گردید. همچنین، کاربرد نیترات کلسیم، موجب افزایش معنی‌دار نسبت اسیدآمینه کل در ریشه نسبت به برگ و کاهش نسبت سدیم به کلسیم در ریشه گردید. شوری اسیمیلاسیون نیترات در گیاه پسته اهلی (Pistacia vera) را تحت تأثیر قرار داد. هم‌چنین بر اساس نتایج نشان‌دهنده نقش مؤثر اسیدآمینه کل آزاد و یون‌های کلسیم در محافظت دانهال‌های پسته اهلی در شرایط تنش شوری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آنزیم، پایه، پسته (*Pistacia vera L.*)، شوری، نیتروژن

مقدمه

امروزه بهره‌وری از محصولات کشاورزی در نقاط مختلف جهان، تحت تأثیر شوری آب و خاک قرار گرفته و به موضوع استفاده از خاک‌های شور جهت تولید محصولات کشاورزی توجه بسیاری شده است. پسته یکی از گیاهان بومی ایران می‌باشد که به‌منظور گزینش گیاهان مقاوم به شوری، اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر (حیدری و راحمی، ۱۳۸۱)، رشد رویشی و تجمع یون‌ها در مرحله نونهالی ارقام پسته (پارسا و کریمیان[۱]، ۱۹۸۵؛ سپاسخواه و مفتون[۲]، ۱۹۸۸) و یا گونه‌های پسته (راحمی و حیدری[۳]، ۲۰۰۲؛ حیدری، ۱۳۸۳) ویا عملکرد درختان بالغ (ابوشرار[۴]، ۱۹۹۴) مورد مطالعه قرار گرفته و پیشنهاد شده تحمل به شوری آن

1- Parsa & Karimian
2- Sepaskhah & Maftoun
3- Rahemi & Heidari
4- Abu-Sharar

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر از سایر درختان میوه می‌باشد (بهبودیان و همکاران[1]، ۱۹۸۶) ولی در مورد استفاده از شاخص‌های بیوشیمیایی و یا فعالیت آنزیمی برای گزینش گیاهان مقاوم به شوری در پسته گزارش‌های محدودی منتشر شده است (حیدری، ۱۳۸۳، حیدری و تفضلی، ۱۳۸۴، ۱۳۸۶ الف و ب؛ عباسپور و همکاران[2]، ۲۰۱۲).

گیاهان برای مقابله با اثرات نامطلوب تنش شوری مکانیسم‌های مقاومتی ایجاد می‌کنند که هدف این مکانیسم‌ها، کنترل کدبندی[3] یونی و بهبود توانایی تنظیم اسمزی است (فتوحی قزوینی و همکاران، ۱۳۹۰). تولید ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی که شامل ترکیب‌های حاوی نیتروژن مانند اسیدهای آمینه (آسپاراژین، پرولین، گلایسین بتائین و سرین)، آمین‌ها و بتائین می‌باشد، بخشی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان در برابر تنش اسمزی ناشی از تنش شوری است (خادری و همکاران[4]، ۲۰۰۱). در تنش شوری، افزایش در تجمع پرولین در برگ‌های گونه‌های پسته (بنی‌حسینی و همکاران[5]، ۲۰۱۲، حیدری، ۱۳۸۳) گزارش شده است.

کمبود نیتروژن نیز یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در شرایط تنش شوری می‌باشد. این امر به دلیل رقابت برای جذب کلر و نیترات در سطح غشاء سلول‌های ریشه و در نتیجه کاهش دریافت نیترات می‌باشد (اسلام و همکاران[6]، ۱۹۹۴؛ رائو و گناهام[7]، ۱۹۹۴). کاهش تجمع نیترات در برگ دانهال‌های برخی پایه‌های پسته در شرایط تنش شوری گزارش شده است (حیدری، ۱۳۸۳). علاوه بر تجمع نیترات، اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز که آنزیم کلیدی در احیاء و آسیمیلاسیون نیترات می‌باشد در پایه‌های درختان میوه مانند بادام تلخ و شیرین (Prunus dulcis) (میرزایی، ۱۳۹۱) و بادام‌هندی (ویگاس و همکاران[8]، ۱۹۹۹) مطالعه شده ولی در مورد فعالیت این آنزیم در گیاه پسته در شرایط تنش شوری گزارشی وجود ندارد.

با توجه به این که پیشنهاد شده کاربرد نیتروژن می‌تواند در کاهش تنش شوری می‌تواند اثر داشته باشد (علی دینار و همکاران[9]، ۱۹۹۹؛ مظفری و امیدی، ۱۳۹۱)، و هم‌چنین با توجه به اینکه انتخاب روش‌هایی که در شرایط تنش شوری، موجب بهبود سرعت رشد دانهال و رسیدن ساقه به قطر مناسب برای پیوند گردد، در تکثیر درختان میوه اهمیت دارد (فلورس و یو[10]، ۱۹۸۶)، در این آزمایش اثر نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیمی و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی در دانهال‌های پسته در شرایط تنش کلرید سدیم بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۲-۱۳۹۱ در گروه باغبانی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین 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 میلی مولار) و نیترات کلسیم (۰، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) با سه تکرار (هر تکرار دوگلدان) به اجرا درآمد.

بذرهای پسته بادامی زرند (*Pistacia vera L.*) از موسسه تحقیقات پسته ایران (رفسنجان) تهیه شد. بذرها به مدت ده دقیقه در محلول ۱۰٪ کلراکس[11] (هیپوکلرید سدیم) قرار داده شدند، سپس ۲۴ ساعت در آب جاری قرار داده شد. پس از آن به مدت ۳ ساعت در قارچ‌کش کاپتان ۱/۵ در هزار + بنومیل ۱/۵ در هزار ضدعفونی سطحی شدند. بذرها بر روی پارچه ململ که با کلراکس ۱۰٪ گندزدایی شده بود، قرار داده شده و به‌منظور جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بذرهای جوانه‌زده در کیسه گلدان

1- Behboudian *et al.*
2- Abbaspour *et al.*
3- Comparmentazation
4- Khadri *et al.*
5- Benhassaini *et al.*
6- Aslam *et al.*
7- Rao & Gnaham
8- Viegas
9- Ali–Dinar *et al.*
10- Flowers and Yeo
11- Clorox

www.SID.ir

Archive of SID

پلاستیکی حاوی ۲/۵ کیلوگرم خاک لومی-سیلتی-رسی کاشته شدند. حجم خاک از حاصل‌ضرب مساحت گلدان(πr^2) در ارتفاع گلدان برحسب سانتی‌متر) در هر گلدان برحسب سانتی‌متر مکعب تعیین شد. سپس درصد رطوبت موجود در هر گلدان با استفاده از رابطه پیشنهادی بای بوردی (۱۳۶۹) محاسبه شد:

۱۰۰× {جرم خاک خشک/(جرم خاک خشک - جرم خاک مرطوب)}= رطوبت (٪)

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 (بای بوردی، ۱۳۶۹). 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 تصفیه شده لوله شهری آبیاری شدند تا رطوبت گلدان‌ها به حد اشباع برسند. پس از ظهور دانهال‌ها در هرگلدان، تعداد گیاهان به یک عدد در گلدان کاهش یافت. پس از ۸ هفته از کاشت بذرها (رسیدن به مرحله حداکثر ۵ گره در گیاهان) تیمارهای کلرید سدیم (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و نیترات کلسیم (۰، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار) با حل نمودن غلظت‌های موردنظر نیترات کلسیم 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 میلی مولار) و غلظت ۱۵۰ میلی مولار در ۶ مرحله (هر مرحله ۲۵ میلی مولار) اعمال گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی کلرید سدیم افزایش یافت. جهت انجام تیمار نیترات کلسیم غلظت ۱۰ میلی مولار کود نیترات کلسیم در طی دو مرحله (در هر مرحله ۵ میلی مولار) و غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم در طی سه مرحله (هر مرحله ۵ میلی مولار) اعمال گردید و تا رسیدن به غلظت نهایی افزایش یافت. هر گلدان در هر دور آبیاری با ۲۰۰ سی‌سی محلول آبیاری شد. دور آبیاری هر ۷ روز یک‌بار آبیاری انجام شد. پس از ۶۰ روز از شروع اعمال تیمارها و ۱۵۰ روز پس از کاشت دانهال‌ها اندازه‌گیری‌ها انجام شد.

آنزیم نیترات ردوکتاز

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ تازه بالغ شده (برگ واقع در گره سوم یا چهارم) به روش پیشنهادی استوارت و همکاران[1] (۱۹۷۲) با استفاده از سولفانیلیک اسید[2] محلول در اسیدکلریدریک ۲ نرمال و محلول نفتیل اتیلن دی آمید[3] (۰/۰۲ درصد) و اندازه‌گیری میزان جذب نیتریت در طول موج ۵۴۰ نانومتر، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV-2100 (ساخت کشور امریکا) انجام شد. برای تهیه منحنی استاندارد از نیتریت سدیم (Na_2NO_2) استفاده شد.

نیترات

تجمع نیترات در ریشه و برگ به روش پیشنهادی کاتالدو و همکاران[4] (۱۹۷۵) با استفاده از اسید سالیسیلیک محلول در اسیدسولفوریک و قرائت میزان جذب در طول موج ۴۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. برای تهیه منحنی استاندارد از نیترات پتاسیم(KNO_3) استفاده شد.

اندازه‌گیری اسیدآمینه کل

اندازه‌گیری اسیدآمینه کل بر اساس روش پیشنهادی راویندرانتا[5] (۱۹۸۱) با استفاده از محلول نین هیدرین و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۵۷۵ نانومتر انجام شد. جهت تهیه استاندارد اسیدهای آمینه کل از گلایسین استفاده شد.

اندازه‌گیری یون‌های سدیم و کلسیم

تهیه خاکستر از نمونه‌های خشک شده برگ و ریشه، عصاره‌گیری از خاکستر با ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲

1- Stewart *et al.*
2- Sulfanilic Acid
3- Naphtyl ethylene di amid
4- Cataldo *et al.*
5- Ravindranath

www.SID.ir

Archive of SID

نرمال انجام شد و حجم نمونه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. از عصاره به‌دست‌آمده برای قرائت عنصر سدیم با دستگاه فلیم فتومتر (شعله سنجی) و برای تعیین میزان کلسیم با استفاده از تیتراسیون با محلول EDTA (ورسین) ۰/۰۵ نرمال تیتر شد.

تجزیه آماری

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

نتایج

اسیدآمینه کل

نتایج جدول ۱ تجزیه واریانس نشان داد اثر کلرید سدیم بر میزان اسیدآمینه کل برگ و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی بر نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ معنی‌دار نبود. اثر نیترات کلسیم بر میزان

اسیدآمینه کل برگ، ریشه و نسبت ریشه به برگ در سطح احتمال ۱٪معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان اسیدآمینه کل برگ، ریشه و نسبت برگ به ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

نتایج مربوط به برهمکنش اثر کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر اسیدآمینه برگ دانهال‌های پسته (جدول ۲) نشان داد در تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدآمینه کل برگ نداشت ولی در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل برگ (۱۶/۹۲ میکروگرم در گرم وزن تازه) گردید.

همچنین در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل برگ گردید (۱۸/۲ میکروگرم در گرم وزن تازه) که با اسیدآمینه برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم و ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم و یا تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم و یا نیترات کلسیم (۱۷/۹ میکروگرم در گرم وزن تازه) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی بیشتر از اسیدآمینه برگ در سایر تیمارها بود. بررسی اسیدآمینه کل ریشه (جدول ۲) نشان داد در تیمار بدون کلرید سدیم، کاربرد ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه کل ریشه گردید (۵/۹۲ میکروگرم در گرم وزن تازه برگ) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از اسیدآمینه برگ در سایر تیمارها بود. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه ریشه گردید (۳/۹۶ میکروگرم در گرم وزن تازه). در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار غلظت اسیدهای آمینه ریشه گردید. پس از کاربرد غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم بدون کاربرد کلرید سدیم، بیشترین نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ وجود داشت (۰/۴۷ برابر) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از این نسبت در سایر تیمارها بود (جدول ۲). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم کاربرد غلظت ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم و در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم موجب بهبود افزایش معنی‌دار این نسبت در مقایسه با سایر تیمارها شد (به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۳۲ برابر).

آنزیم نیترات ردوکتار

نتایج جدول ۳ تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ پسته بادامی زرند (جدول ۳) نشان داد اثر کلرید سدیم، نیترات کلسیم و یا برهمکنش کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود.

بررسی اثر برهمکنش تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز (جدول ۴) نشان داد بیشترین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم وجود داشت (۱۰/۱۷

www.SID.ir

Archive of SID

میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه برگ) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از فعالیت آنزیم در سایر تیمارها بود. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد نیترات کلسیم اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نداشت ولی در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، بدون کاربرد نیترات کلسیم در برگ دانهال‌های پسته گردید (به ترتیب ۷/۰۱ و ۵/۸ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه برگ در مقایسه با ۳/۹۷ میکرومول نیتریت در ساعت در گرم وزن تازه برگ).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر اسیدهای آمینه کل (میکروگرم در گرم وزن خشک) در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		اسیدآمینه کل برگ	اسیدآمینه کل ریشه	نسبت اسید آمینه کل ریشه به برگ
کلرید سدیم	۲	۹/۲۲**	۲/۲۵**	۰/۰۰۳۶^{ns}
نیترات کلسیم	۲	۵/۸**	۱/۴۵**	۰/۰۲۸۴**
کلرید سدیم × نیترات کلسیم	۴	۴۸/۷۲**	۱/۶۸**	۰/۰۲۸۵**
خطای آزمایش	۱۸	۰/۹۴۱	۰/۰۸۳	۰/۰۰۱۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۶/۷۴	۷/۳۹	۱۳/۰۴

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، ۱ ٪ و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول ۲- برهمکنش اثرهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان اسیدآمینه کل (میکروگرم در گرم وزن تازه) برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات کلسیم (میلی مولار)	اسیدآمینه کل برگ	اسیدآمینه کل ریشه	نسبت اسیدآمینه کل ریشه به برگ
۰	۰	۱۷/۹^{ab}	۳/۸۶^{bc}	۰/۲۱۶^{c}
	۱۰	۱۶/۲۳^{b}	۳/۶۶^{bc}	۰/۲۲^{c}
	۱۵	۱۲/۲۳^{b}	۵/۹۲^{a}	۰/۴۷^{a}
۷۵	۰	۱۴/۲۷^{c}	۳/۱۷^{d}	۰/۲۴^{c}
	۱۰	۱۰/۰۵^{e}	۳/۴۷^{cd}	۰/۳۴^{b}
	۱۵	۱۶/۹۲^{ab}	۳/۹۶^{bc}	۰/۲۳^{c}
۱۵۰	۰	۱۲/۴^{d}	۳/۷۶^{cd}	۰/۲۴^{c}
	۱۰	۱۸/۲^{a}	۴/۴۵^{b}	۰/۲۲^{c}
	۱۵	۱۰/۹۳^{de}	۳/۵۷^{bc}	۰/۳۲^{b}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- تجزیه واریانس کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان نیترات برگ و ریشه و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ	نیترات برگ	نیترات ریشه	نیترات ریشه به برگ
کلرید سدیم	۲	۲۰/۴۸**	۸۲۲/۸۶**	۱۲۸۹/۳۴**	۱/۰۴**
نیترات کلسیم	۲	۱۵/۲۸**	۱۲۱۳/۶**	۹۰۴/۰۹**	۱/۱۳**
کلرید سدیم × نیترات کلسیم	۴	۴/۵۲**	۲۱۳/۵۷**	۵۰۸/۳۷**	۰/۱۴۲**
خطای آزمایش	۱۸	۰/۶۰۶	۲۶/۳۸	۱۶/۴۵	۰/۰۴۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۴۱	۱۲/۴۷	۱۲/۶۸	۱۵/۳۵

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

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات برگ

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نیترات برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۳) نشان داد اثر کلرید سدیم، نیترات کلسیم و یا برهمکنش کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نیترات برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

بررسی نیترات برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۴) نشان داد بیشترین نیترات برگ در تیمار ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم بدون کاربرد کلرید سدیم وجود داشت (۶۰ میکروگرم در گرم وزن خشک) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از نیترات برگ در سایر تیمارها بود. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌دار نیترات برگ نسبت به تیمار کلرید سدیم ۷۵ میلی مولار بدون کاربرد نیترات کلسیم گردید (به ترتیب ۴۹/۶۶ و ۴۶/۴۴ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۲۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، پس از کاربرد ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم، میزان نیترات برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از نیترات برگ در تیمارهای ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم و یا همراه با کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم بود (۴۸/۸۹ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۱۶/۶۶ و ۳۲/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک برگ).

نیترات ریشه

نتایج حاصل از جدول ۳ تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان نیترات ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۳) نشان داد اثر کلرید سدیم، نیترات کلسیم و یا برهمکنش کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان نیترات ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان نیترات ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۴) نشان داد بیشترین میزان نیترات ریشه در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم و یا نیترات کلسیم) وجود داشت (۵۷/۷۸ میکروگرم در گرم وزن خشک) که با میزان نیترات ریشه در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم همراه با کاربرد نیترات کلسیم در غلظت ۱۵ میلی مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (۵۱/۱۱ میکروگرم در گرم وزن خشک) ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از میزان نیترات ریشه در سایر تیمارها بود. در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌داری نیترات ریشه نسبت به تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم شد (به ترتیب ۲۸/۸۹ و ۵۱/۱۱ میکروگرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۱۶/۶۷ میکروگرم در گرم وزن خشک). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد نیترات کلسیم اثر معنی‌داری بر نیترات ریشه نداشت.

نسبت نیترات ریشه به برگ

نتایج حاصل از جدول ۳ تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ نشان داد اثر کلرید سدیم، نیترات کلسیم و یا برهمکنش کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نسبت نیترات ریشه به برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۴) نشان داد بیشترین نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم و نیترات کلسیم) وجود داشت (۱/۲۱ برابر) که با نسبت نیترات ریشه به برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به همراه کاربرد نیترات کلسیم در غلظت ۱۰ میلی مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (۱/۰۴ برابر) ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از میزان نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود. در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب کاهش معنی‌دار نسبت نیترات ریشه به برگ نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم گردید (۰/۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

برابر در مقایسه با ۰/۷۵ برابر). در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم موجب افزایش معنی‌داری نسبت نیترات ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند نسبت به تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم و یا همراه با غلظت ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم گردید (۱/۰۴ در مقایسه با ۰/۸۶ و یا ۰/۶۶ برابر).

یون سدیم

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر یون سدیم در برگ و ریشه و نسبت یون سدیم ریشه به برگ در دانهال‌های پسته (جدول ۵) نشان داد اثر کلرید سدیم و یا نیترات کلسیم بر میزان سدیم برگ و یا ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر تجمع یون سدیم در برگ در سطح احتمال ۵ درصد و در ریشه و نسبت یون سدیم ریشه به برگ در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت.

بیشترین سدیم برگ دانهال های پسته بادامی زرند در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کابرد نیترات کلسیم وجود داشت (۵۷/۹۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که با سدیم برگ در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلریدسدیم و ۱۰ میلی مولار نیترات کلسیم (۵۵/۲۹ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سدیم برگ در سایر تیمارها بود. در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم به‌طور معنی‌داری موجب کاهش سدیم برگ گردید (۵۰/۰۴ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم نیز کاربرد غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم موجب کاهش معنی‌دار سدیم برگ نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم گردید (به ترتیب ۲۸/۱۲ و ۲۵/۸۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در مقایسه با ۳۲/۴۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک). در تیمار شاهد، تیمارهای نیترات کلسیم اثر معنی‌داری بر سدیم برگ نداشتند.

بیشترین سدیم ریشه در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و بدون کاربرد نیترات کلسیم بود (۵۶/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سدیم برگ در سایر تیمارها بود. در تیمار بدون کاربرد کلرید سدیم، کاربرد نیترات کلسیم اثر معنی‌داری بر سدیم ریشه نداشت. در تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، کاربرد ۱۰ و ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم موجب کاهش معنی‌دار سدیم برگ شد.

جدول ٤- برهمکنش اثر کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نیترات برگ و ریشه و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات کلسیم (میلی مولار)	میزان فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ (میکرو مول نیتریت/ساعت/گرم وزن تازه)	نیترات برگ (میکروگرم/گرم وزن خشک)	نیترات ریشه (میکروگرم در گرم وزن خشک)	نسبت نیترات ریشه به برگ
۰	۰	۵/۵۲^{d}	۵۰^{b}	۵۷/۷۸^{a}	۱/۲۱^{a}
	۱۰	۸/۳۴^{b}	۶۰^{a}	۴۸/۸۹^{b}	۰/۸۲^{bcd}
	۱۵	۱۰/۱۷^{a}	۴۴/۴۴^{b}	۲۸/۸۹^{c}	۰/۶۵^{cde}
۷۵	۰	۴/۸^{de}	۲۲/۲۲^{d}	۱۶/۶۷^{d}	۰/۷۵^{cd}
	۱۰	۵/۸^{cd}	۴۹/۶۶^{b}	۲۸/۸۹^{c}	۰/۵۸^{de}
	۱۵	۵/۶۲^{cd}	۴۶/۴۴^{b}	۵۱/۱۱^{ab}	۰/۴۳^{e}
۱۵۰	۰	۳/۹۷^{e}	۱۶/۶۶^{d}	۱۴/۴۴^{d}	۰/۸۶^{cd}
	۱۰	۷/۰۱^{c}	۴۸/۸۹^{b}	۲۰^{d}	۱/۰۴^{ab}
	۱۵	۵/۸^{cd}	۳۲/۲۲^{c}	۲۱/۱۱^{d}	۰/۶۶^{cde}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

یون کلسیم

نتایج حاصل از جدول ۶ تجزیه واریانس اثر تیمارهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان یون کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند نشان داد اثر کلرید سدیم بر تجمع یون کلسیم برگ، ریشه، نسبت یون سدیم به کلسیم در برگ و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر نیترات کلسیم بر تجمع یون کلسیم برگ، ریشه و نسبت یون سدیم به کلسیم ریشه و برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی بر نسبت یون کلسیم ریشه به برگ تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر یون کلسیم برگ و نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در سطح احتمال ۵ درصد و در ریشه و نسبت یون سدیم به کلسیم ریشه در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشت ولی بر نسبت یون سدیم به کلسیم برگ تفاوت معنی‌دار نبود.

کلسیم برگ

بیشترین یون کلسیم برگ در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم همراه با کاربرد نیترات کلسیم ۱۵ میلی مولار وجود داشت (۶۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از یون کلسیم برگ در دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود.

کمترین یون کلسیم برگ در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم وجود داشت (۲۹/۱۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که با یون کلسیم برگ در تیمار شاهد (۳۷/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک)، تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم (۳۷/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) و تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم همراه با ۱۰ میلی‌مولار نیترات کلسیم (۳۷/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری کمتر از یون کلسیم برگ سایر تیمارها بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان تجمع یون‌های سدیم و کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		برگ		ریشه	
		سدیم	کلسیم	سدیم	کلسیم
کلرید سدیم	۲	۲۵۶۵/۳۷**	۲۷۶/۲۱**	۱۶۰۰/۲۹**	۱۴۷۹/۹۶**
نیترات کلسیم	۲	۷۱/۲**	۱۰۴۶/۰۰۶**	۲۴۷/۰۸**	۴۱۴/۹۹**
کلرید سدیم × نیترات کلسیم	۴	۷/۶۳*	۹۳/۰۵*	۵۴/۳۶**	۳۳/۳۱**
خطای آزمایش	۱۸	۴/۸۳	۲۵/۹۴	۹/۴۸	۴/۲۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۶/۲۳	۱۱/۶۴	۹/۰۵	۵/۴۲

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

جدول ٦- تجزیه واریانس کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر میزان تجمع نسبت یون‌های سدیم و کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		نسبت سدیم ریشه به سدیم برگ	نسبت کلسیم ریشه به کلسیم برگ	نسبت سدیم ریشه به کلسیم ریشه	نسبت سدیم برگ به کلسیم برگ
کلرید سدیم	۲	۰/۰۸۶**	۰/۳۷**	۴/۶۹**	۲/۸۶**
نیترات کلسیم	۲	۰/۰۵**	۰/۰۲^{ns}	۱/۴۸**	۰/۸۳**
کلرید سدیم × نیترات کلسیم	۴	۰/۰۴**	۰/۰۵۱*	۰/۲۴**	۰/۱۰۶^{ns}
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲	۰/۰۱۵	۰/۰۴۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۶۳	۱۲/۷	۱۱/۴۸	۲۳/۱۲

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

www.SID.ir

Archive of SID

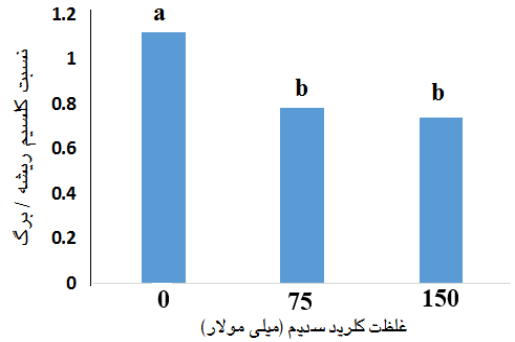
کلسیم ریشه

بررسی یون کلسیم ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند (جدول ۷) نشان داد بیشترین یون کلسیم ریشه در تیمار ۱۵ میلی‌مولار نیترات کلسیم بدون کاربرد کلرید سدیم وجود داشت (۶۲/۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از محتوی یون کلسیم ریشه در دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود. کمترین محتوی یون کلسیم ریشه در دانهال‌های پسته تیمار شده با ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم وجود داشت (۲۱/۴۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) که به‌طور معنی‌داری کمتر از محتوی یون کلسیم ریشه دانهال‌های پسته در سایر تیمارها بود.

نسبت کلسیم ریشه به برگ

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلرید سدیم بر نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند (نمودار ۱) نشان داد بیشترین نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم) وجود داشت (۱/۱۲ برابر) که به‌طور معنی‌داری بیشتر از نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود (به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۷۴ برابر). کمترین نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم وجود داشت که با نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی به‌طور معنی‌داری کمتر از نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در شاهد بود.

نتایج بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر نسبت یون کلسیم ریشه به برگ (جدول ۸) نشان داد بیشترین نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار شاهد (بدون کاربرد کلرید سدیم و یا نیترات کلسیم) وجود داشت (۱/۲ برابر) که با نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار ۱۵ میلی مولار نیترات کلسیم بدون کاربرد کلرید سدیم تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با این نسبت در سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار بود.



نمودار ۱- اثر کلریدسدیم بر نسبت کلسیم ریشه به برگ در دانهال‌های پسته (*P. vera* L.) بادامی زرند
***ستون‌های دارای حرف مشترک در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.**

کمترین نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم همراه با کاربرد نیترات کلسیم در غلظت ۱۵ میلی‌مولار وجود داشت (۰/۶ برابر) که با نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم (۰/۷۵ برابر)، تیمار ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم و کاربرد نیترات کلسیم در غلظت‌های ۱۰ و یا ۱۵ میلی مولار (به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۷۱ برابر) تفاوت معنی‌داری نداشت ولی با نسبت یون کلسیم ریشه به برگ در سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار بود.

بحث

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد نیترات کلسیم اثر معنی‌داری بر اسیدآمینه کل برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند در شرایط تنش شوری داشت (جدول ۲). تولید اسیدهای آمینه از جمله مکانیسم‌های دفاعی گیاهان در برابر تنش شوری می‌باشد (فتوحی قزوینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ ژو[1]، ۲۰۰۷). اگرچه حیدری (۱۳۸۳) گزارش داد با افزایش تنش شوری تجمع پرولین در برگ و ریشه دانهال‌های بنه، سرخس و قزوینی افزایش یافت ولی در مورد تغییرات اسیدآمینه کل در گیاه پسته گزارشی منتشر نگردیده است.

در شرایط تنش شوری بخشی از پروتئین‌های سلول تجزیه شده و به دنبال آن غلظت اسیدهای آمینه در سلول افزایش می‌یابد.

1- Zhou

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- برهمکنش اثرهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر تجمع یون کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات کلسیم (میلی مولار)	سدیم برگ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	سدیم ریشه (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	کلسیم برگ (میلی‌گرم در گرم وزن خشک)	کلسیم ریشه(میلی‌گرم در گرم وزن خشک)
۰	۰	۲۳/۷۵^{ef}	۲۶/۸۳^{d}	۳۷/۵^{def}	۴۵/۳۳^{c}
	۱۰	۲۲/۵۸^{ef}	۲۳/۸۳^{de}	۵۰/۱۶^{b}	۴۹/۳۳^{b}
	۱۵	۲۱/۳۷^{f}	۲۳/۶۲^{de}	۵۴/۱۶^{b}	۶۲/۵^{a}
۷۵	۰	۳۲/۴۶^{c}	۳۶/۸۷^{c}	۳۷/۵^{def}	۲۶/۶۶^{f}
	۱۰	۲۸/۱۲^{d}	۲۷/۷۵^{d}	۴۱/۶۶^{cde}	۳۸/۳۳^{d}
	۱۵	۲۵/۸۸^{de}	۱۹/۳۸^{e}	۶۵^{a}	۳۹/۳۶^{d}
۱۵۰	۰	۵۷/۹۶^{a}	۵۶/۲۵^{a}	۲۹/۱۶^{f}	۲۱/۴۳^{g}
	۱۰	۵۵/۲۹^{a}	۴۴/۲۱^{b}	۳۷/۵^{def}	۲۸/۶۶^{ef}
	۱۵	۵۰/۰۴^{b}	۴۷/۴۶^{b}	۴۵/۴۱^{bcd}	۳۲/۲^{e}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- برهمکنش اثرهای کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر تجمع نسبت یون‌های سدیم و کلسیم برگ و ریشه در دانهال‌های پسته بادامی زرند

کلرید سدیم (میلی مولار)	نیترات کلسیم (میلی مولار)	نسبت سدیم ریشه به سدیم برگ	نسبت کلسیم ریشه به کلسیم برگ	نسبت سدیم ریشه به کلسیم ریشه
۰	۰	۱/۱۳^{a}	۱/۲^{a}	۰/۶^{dc}
	۱۰	۱/۰۵^{ab}	۰/۹۸^{bc}	۰/۴۸^{d}
	۱۵	۱/۱^{ab}	۱/۱۶^{ab}	۰/۳۷^{d}
۷۵	۰	۱/۱۳^{a}	۰/۸۲^{cde}	۱/۳۹^{b}
	۱۰	۰/۹۹^{ab}	۰/۹۳^{cd}	۰/۷۲^{c}
	۱۵	۰/۷۵^{d}	۰/۶^{f}	۰/۴۹^{d}
۱۵۰	۰	۰/۹۷^{ab}	۰/۷۵^{def}	۲/۶۳^{a}
	۱۰	۰/۷۹^{cd}	۰/۷۶^{def}	۱/۵۳^{b}
	۱۵	۰/۹۵^{bc}	۰/۷۱^{ef}	۱/۴۸^{b}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتایج نشان دادند نسبت اسیدهای آمینه کل ریشه به برگ در دانهال‌های پسته بادامی زرند در شرایط تنش کلرید سدیم پس از کاربرد نیترات کلسیم تغییر یافت. این نتایج می‌تواند نشان‌دهنده دخالت کلسیم در بهبود وضعیت اسیدهای آمینه گیاه پسته در شرایط تنش شوری باشد و می‌تواند به‌عنوان مکانیسم دفاعی گیاه در شرایط تنش شوری مورد توجه قرار گیرد. پیشنهاد شده آنزیم دی فسفولیپاز به همراه کاتیون کلسیم و آبسایزیک اسید در ارسال سیگنال سنتز پروتئین دخالت دارند (تیری و همکاران[1]، ۲۰۰۴). در شرایط تنش شوری به دلیل اختلال در دریافت کلسیم و در نتیجه بروز کمبود کلسیم، سنتز پروتئین مختل شده و این اختلال در سنتز پروتئین، منجر به افزایش تجمع اسیدهای آمینه می‌گردد (خادری و همکاران، ۲۰۰۱). پیشنهاد شده کاربرد نیترات کلسیم باعث کاهش اسیدهای آمینه و افزایش پروتئین می‌گردد ولی ازآنجایی‌که کلسیم یون همراه برای آنیون‌های غیرآلی و آلی به موازنه‌ی کاتیونی-آنیونی

1- Thiery *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

کمک می‌کند (مارشنر، ۱۹۹۶).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد کاربرد نیترات کلسیم در شرایط تنش شوری باعث بهبود میزان نیترات در برگ دانهال‌های پسته بادامی زرند در مقایسه با میزان نیترات در تیمارهای شوری بدون کاربرد نیترات کلسیم گردید، درحالی‌که در ریشه تنها در تیمار میلی‌مولار کلرید سدیم، کاربرد نیترات کلسیم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار موجب افزایش معنی‌دار اسیدآمینه نسبت به تیمار ۷۵ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم گردید (جدول ۴). شوری باعث کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌شود زیرا رقابت بین یون کلر و نیترات منجر به کاهش دریافت نیترات می‌شود (ویسمن[1]، ۱۹۹۵). سمیت ناشی از کلر مانع جذب نیترات می‌شود زیرا در محیط شور جذب و مصرف یون نیترات به دلیل تداخل یونی در سراسر دیواره سلولی به کندی صورت می‌گیرد (ساتیروپالوس و همکاران[2]، ۲۰۰۶).

کاهش تجمع نیترات در برگ پایه‌های پسته (حیدری، ۱۳۸۳) و در برگ و ریشه دانهال های پایه‌های بادام اهلی تلخ و شیرین (میرزایی، ۱۳۹۱) در شرایط تنش شوری مورد تأیید قرار گرفته است. با توجه به این‌که نیترات در بهبود فتوسنتز، رشد و کاهش ریزش برگ عمل می‌کند و موجب افزایش ماده خشک و کاهش غلظت کلر می‌گردد. نقش مثبت نیترات کلسیم در افزایش نیترات برگ و ریشه دانهای پسته نشان‌دهنده اهمیت توجه به کاربرد ترکیبات حاوی نیترات در شرایط تنش شوری برای درختان میوه می‌باشد. دامینگو و همکاران[3] (۲۰۰۴) نیز گزارش دادند نیترات را به‌صورت نیترات پتاسیم در مرکبات تحت تنش شوری موجب بهبود رشد شد.

بررسی برهمکنش غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و نیترات کلسیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ دانهال‌های پسته (جدول ۴) نشان داد در تیمارهای ۷۵ و یا ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم بدون کاربرد نیترات کلسیم، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در برگ کاهش یافت. کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز برگ در دانهال‌های پسته در شرایط تنش کلرید احتمالاً ناشی از کاهش دریافت نیترات به دلیل رقابت بین کلر و نیترات برای جذب توسط ریشه می‌باشد (ویسمن، ۱۹۹۵). نیترات سوبسترای لازم برای شروع فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز است و کاهش جذب نیترات موجب کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز می‌گردد (ویگاس و همکاران[4]، ۱۹۹۹). افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در تیمارهای شوری همراه با کاربرد نیترات کلسیم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌مولار(جدول ۴) می‌تواند به دلیل افزایش نیترات باشد که سوبسترای آنزیم نیترات است. وجود نیترات کلسیم در شرایط تنش کلرید سدیم، رقابت بین دو آنیون کلر و نیترات را کاهش داده و خسارت کمبود نیترات و کاهش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاه پسته را کاهش داد. گزارش شده در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش دریافت نیترات، فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش یافته و مواد آلی کمتری تولید خواهد شد (میقانی و ابراهیم‌زاده، ۱۳۸۳). در گیاه سیب، افزایش نیترات از ۱ تا ۱۵ میلی مولار فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز را در ریشه و ساقه افزایش داد (بابالار، ۱۳۷۴). میرزایی (۱۳۹۱) نیز کاهش در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال‌های بادام در شرایط تنش کلرید سدیم و ویگاس و همکاران (۱۹۹۹) نیز اثر منفی کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال های بادام‌هندی را گزارش داده‌اند.

نتایج این آزمایش حاضر نشان‌دهنده اثر نیترات کلسیم بر تغییر تجمع یون‌های سدیم و کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند بود (جدول ۶). اگرچه تجمع یون‌های سدیم و کلر باعث تنش اسمزی و اختلالات تغذیه‌ای در گیاهان می‌گردد (مارشنر، ۱۹۹۶) ولی نتایج آزمایش حاضر در مورد اثر نیترات کلسیم بر

1- Wiesman
2- Sotiropoulos *et al.*
3- Domingo *et al.*
4- Viegas *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

تغییر تجمع سدیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند احتمالاً به دلیل جایگزین شدن بیشتر یون کلسیم به جای یون سدیم در محیط ریشه باشد زیرا احتمالاً در شرایط تنش شوری بین جذب دو یون سدیم و کلسیم همچنین یون کلر رقابت وجود دارد. توللی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند کاربرد کلسیم در شرایط تنش شوری باعث کاهش اثرات مضر شوری در دانهال‌های پسته گردید. نتایج آزمایش حاضر در مورد کاهش یون کلسیم در برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند با نتایج طالبی و همکاران (۱۳۸۸) مشابهت دارد که گزارش دادند در شرایط تنش شوری در دانهال‌های پسته قزوینی تجمع یون کلسیم کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز، میزان نیترات در برگ و میزان اسیدهای آمینه کل برگ و ریشه دانهال‌های پسته بادامی زرند اثر منفی داشت و کاربرد نیترات کلسیم موجب کاهش اثرات منفی تنش شوری بر تجمع اسیدهای آمینه، تجمع نیترات و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در دانهال‌های پسته اهلی گردید. این موضوع نشان‌دهنده توجه به فعالیت‌های آنزیمی و شاخص‌های بیوشیمیایی در بررسی پاسخ گیاه پسته به تنش شوری می‌باشد.

منابع

۱. بابالار، م.، احمدی، الف. و ربیعی، ف. ۱۳۷۴. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در سیب گلدن دلیشس. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳: ۹-۱۹.

۲. بای‌بوردی، م. ۱۳۶۹. اصول مهندسی آبیاری. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول، چاپ پنجم: ۱۲۴- ۱۲۵.

۳. 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، ۱۶۳ ص.

۴. حیدری، م. و تفضلی، ع. ۱۳۸۶. تأثیرکلرید سدیم بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و میزان فنل در دانهال‌های سه پایه پسته. مجله پژوهش‌های کشاورزی. شماره ۲: ۶۷-۷۹.

۵. حیدری، م. و تفضلی، ع. الف. ۱۳۸۶. تأثیرکلرید سدیم بر فعالیت آنزیم ایندول استیک اسید اکسیداز در برگ و ریشه دانهال‌های سه پایه پسته. پنجمین کنگره علوم باغبانی ایران: ۱۵۴-۱۵۵.

۶. حیدری، م. و راحمی، م. ۱۳۸۱. مطالعه اثرات شوری بر تنزگی دانه گرده و بذر چند پایه پسته. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۳: ۳۸۵-۳۹۳.

۷. طالبی، م.، مظفری، و. و تاج‌آبادی‌پور، الف. ۱۳۸۸. پاسخ دانهال‌های پسته رقم قزوینی Pistacia vera cv. (Ghazvini) به سطوح مختلف روی و کلرید سدیم. مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۳، شماره ۲: ۱۱-۱۲.

۸. فتوحی قزوینی، ر.، حیدری، م. و هاشم پور، الف. ۱۳۹۰. فیزیولوژی و بیولوژی مولکولی تحمل تنش در گیاهان (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۶۰ ص.

۹. مارشنر، ه. ۱۹۹۶. تغذیه معدنی گیاهان عالی. (ترجمه: خلدبرین، ب.، و اسلام زاده، ط). انتشارات دانشگاه شیراز. جلد اول، ۴۹۵ ص.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰. 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). جلد ۲۶، شماره ۳: ۶۳۷-۶۴۷.

۱۱. میرزایی، س. ۱۳۹۱. اثر کلرید سدیم بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی در گونه‌های بادام (.Prunus sp). پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۱۷۲ ص.

۱۲. میقانی، ف. و ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۸۳. اثر تنش شوری بر فعالیت سینتیکی آنزیم نیترات ردوکتاز در دو رقم گندم. مجله علوم دانشگاه تهران . جلد ۳، شماره ۲: ۳۹۳-۴۰۱.

13. 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 of Medicinal Plants , 6(12): 2468-2473.
14. Abu-Sharar, T.M. 1994. Productivity of pistachio trees (*Pistacia vera* L.) under saline conditions. Diarasat, 21, 193-206.
15. Ali–Dinar, H.M., Ebert, G., and Ludders, P. 1999. Growth, chlorophyll content photosynthesis and water relations in Guava *(Psidium guajava L.)* under salinity and different nitrogen supply. Journal of Horticultural Science, 64(2): 54-59.
16. Aslam, M., Travis, R.L., and Huffaker, R.C. 1994. Stimulation of nitrate and nitrate efflux by ammonium in barley *(Hordeum vulgare L.)* seedlings. Plant Physiol, 106, 1293-1301.
17. Behboudian, M.H., Walker, R.R., and Torokfalvy, E. 1986. Effects of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. Journal of Horticultural Science, 29, 251-261.
18. Benhassaini, H., Fetati, A., Hocine, A.K., and Belkhodja, M. 2012. Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of Pistacia atlantica Desf. subsp. atlantica used as rootstocks. Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement, 16(2): 159-165.
19. 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.
20. 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 accumdation. Tree Physiol, 24, 1027-1034.
21. Flowers, T.J., and Yeo, A.R. 1986. Ion relations of plants under drought and salinity. Aust. Journal of Plant Physiol, 13: 75-91.
22. Khadri, M., Pliego, L., Soussi, M., Lluch, C., and Ocana, A. 2001. Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement, 21: 635-643.
23. Nooghi, F., and Mozafari, V. 2012. Effects of calcium on eliminating the negative effects of salinity in pistachio (Pistacia vera L.) seedlings. Journal of Crop Science, 6(4): 711-716.

www.SID.ir

Archive of SID

24. Parsa, A., and Karimian, A. 1975. Effect of sodium choloride on seedling of two varieties of Iranian pistachio. Journal of Horticultural Science, 115, 40-46.

25. Rahemi, M., and Heidari, M. 2002. Growth and chemical composition of pistachio rootstocks in response of growth regulators under saline condition. Acta Horticculturae, 591: 333-340.

26. Rao, K.R., and Gnaham, A. 1990. Inhibition of nitrate and nitrate reductase activity by salinity stress in Sorghum vulgare. Phytochemistry, 29: 1047-1049.

27. Ravindranath, M.H. 1981. Manual research methods for crustacean biochemistry and physiology. Special Publication, 7: 10-20.

28. Sepaskhah, A.R., and Maftoun, M. 1988. Relative salt tolerance of Pistachio cultivars. Journal of Horticultural Science, 63(1): 157-162.

29. Sotiropoulos, T.E., Therios, I.N., Almaliotis, D., Papadakis I., and Dimassi K.N. 2006. Response of cherry rootstocks to boron and salinity. Journal of Plant Nutrition, 29: 1691-1698.

30. Stewart, G.R., Lee, J.A., and Orebamjo, T.O. 1972. Nitrogen metabolism of halophyte: Nitrate reductase activity and ultilization. New Phytlo, 72: 539-546.

31. Tavallali, V., Rahemi, M., and Panahi, B. 2008. Calcium induces salinity tolerance in pistachio rootstocks. Fruits, 63: 201-208.

32. Thiery, L., Leprince. A., Lefebvre, D., Chars, M.A., Debarbieux, E., and Savoure, A. 2004. Phospholipase D is a negative regulator of proline biosynthesis in Arabidopsis thaliana. The Journal of Biological Chemistry, 279: 14812-14818.

33. 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, 11(1): 21-28.

34. Wiesman, Z. 1995. Rootstock and nitrate involvement in "Ettinger" avocado response to chloride stress. Journal of Horticultural Science, 62: 33-43.

www.SID.ir