مجله تنش‌های‌محیطی در علوم زراعی
جلد هشتم، شماره اول، نیمه‌اول ۹۴
۵۱-۶۳

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

اثر سطوح مختلف شوری و کود اوره بر مؤلفه‌های رشد، میزان پرولین، ترکیب یونی شربت نی و جذب برخی از عناصر غذایی توسط نیشکر (واریته تجاری CP69- 1062)

حبیب اله نادیان[1*] ، سیروس جعفری[2] ، بهزاد ناطق زاده[3]

۱ . استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (خوزستان)

۲. دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (خوزستان)

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۱۳

چکیده

در یک آزمایش گلخانه‌ای اثر چهار سطح شوری (۱، ۲، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر) و سه سطح کود اوره (۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر بعضی از مؤلفه‌های رشد، ترکیب یونی شربت نی و جذب برخی از عناصر غذایی توسط نیشکر واریته CP69-1062 مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مرحله اجرا در آمد. نتایج نشان داد با افزایش شوری از ۱ به ۸ دسی زیمنس بر متر طول و وزن ریشه و درنتیجه وزن اندام‌های هوایی شامل وزن و تعداد نی در گلدان و زیست‌توده گیاه به‌شدت کاهش یافت. بیشترین وزن و طول تجمعی ریشه در شوری ۱ دسی زیمنس بر متر و مصرف ۴۰۰ کیلوگرم اوره و کمترین آن‌ها در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره ملاحظه گردید. با افزایش کود اوره از غلظت سدیم در گیاه تحت تنش شوری کاسته شد ولی میزان جذب پتاسیم افزایش یافت و این منجر به افزایش نسبت جذب K:Na در برگ و شربت نیشکر، تجمع بیشتر پرولین و نهایتاً وزن نی شد. با افزایش شوری میزان هدایت الکتریکی، خاکستر و سدیم شربت نی افزایش معنی‌داری پیدا کرد. نتایج این مطالعه تائیدی است بر این فرضیه که با مصرف کود نیتروژن کافی می‌توان تا حدی از بروز اثرات زیان‌بار شوری بر گیاه کم نمود.

***واژه‌های کلیدی*: پتاسیم، سدیم، نیتروژن، هدایت الکتریکی.**

مقدمه

شوری خاک به‌عنوان یکی از تنش‌های محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قادر است، تولیدات کشاورزی را به‌شدت کاهش دهد. حدود ۷ درصد از خشکی‌های زمین شور است (Ruiz-Lozano et al., 2001) و در حدود یک‌سوم از زمین‌های تحت کشت آبیاری دنیا به دلیل شوری ثانویه جهت کشت و زرع مناسب نمی‌باشند (Flowers and Yeo, 1995). شوری خاک می‌تواند بسیاری از فرایندهای حیاتی گیاه را مختل سازد. شاید اولین تأثیر نامطلوب شوری بر گیاه کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک است که طی آن جذب آب توسط گیاه کاهش‌یافته و خشکی فیزیولوژیکی گیاه را به دنبال دارد (Feng et al., 2002; Ghoulam et al., 2003). سدیم و کلرید که دو یون غالب خاک‌های شور می‌باشند، اثرات سمی مختلفی در گیاه دارند. ازجمله این اثرات می‌توان آسیب زدن به غشاء سلولی (Sreenivasulu et al., 2000)، کاهش در فرایندهای فتوسنتزی (Locy et al., 1996)، کاهش ساخت پروتئین (Sultana et al., 1999) و تغییر در ساخت سالوت‌های آلی نظیر بتائین و پرولین را نام برد (Di Martino et al., 2003; Chen et al., 2007).

تاکنون مطالعات زیادی در خصوص تأثیر شوری بر مولفه‌های کمی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیشکر صورت گرفته‌شده است. مهم‌ترین تأثیر شوری در زراعت نیشکر

نگارنده پاسخگو: حبیب اله نادیان. آدرس: اهواز- ملاثانی- گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (خوزستان).
پست الکترونیک: nadian_habib@yahoo.com

کاهش عملکرد نی است (Meinzer et al., 1994; Wiedenfeld, 2008). در یک مطالعه با استفاده از کربن نشان‌دار ملاحظه گردید سرعت اسیمیلاسیون CO_2، هدایت روزنه‌ای و رشد اندام‌های هوایی دو رقم نیشکر با افزایش شوری تا ۸ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار پیدا نمود (Meinzer et al., 1994). شوری ممکن است از طریق به‌هم زدن تعادل یونی و تأثیر بر تغذیه گیاه رشد آن را محدود نماید. افزایش جذب سدیم توسط گیاه می‌تواند به کاهش جذب کلسیم، منیزیم و پتاسیم در گیاه منجر شود (Tarakcioglu, et al. 2002). نتایج کارهای انجام‌شده بر روی نیشکر نشان داد که با افزایش شوری از ۰/۵ به ۸/۵ دسی زیمنس بر متر میزان سدیم و کلرید در شربت گیاه نیشکر افزایش یافت و این به‌نوبه خود باعث کاهش پل و بریکس شربت گردید (Lingel and Wiegand, 1997). نتایج یک مطالعه دیگر نشان داد که تحت تنش شوری میزان کاهش کلروفیل کل در نیشکر رقم مقاوم به شوری (CP-4333) در مقایسه با رقم حساس (HSF-240) بسیار کمتر بود، حال‌آنکه میزان آنتوسیانین و ترکیبات فنولیک محلول در رقم حساس به شوری کاهش بیشتری داشت (Wahid and Ghazanfar, 2006).

گیاهان شوردوست برای مقابله با تنش شوری و کاهش اثرات آن بر فعالیت‌های زیستی خود بیشتر سازوکارهایی نظیر کنارزنی نمک و برون‌ریزی نمک را انجام می‌دهند، حال‌آنکه گیاهانی که در مقابل شوری مقاومت کمتری دارند بیشتر با انجام پدیده رقیق نمودن نمک و ساخت تنظیم‌کننده‌های اسمزی با تنش شوری مقابله می‌کنند (McCure et al., 1990; Di Martino et al., 2003; Chen et al., 2007). یکی از معمول‌ترین واکنش‌هایی که گیاهان در برابر تنش‌های محیطی به‌ویژه تغییرات اسمزی محیط (در اثر خشکی و شوری) از خود بروز می‌دهند پدیده‌ای موسوم به تنظیم یا تعدیل اسمزی است. تنظیم اسمزی به‌عنوان یک واکنش سازگاری در گیاهان آوندی در پاسخ به تنش‌های محیطی به‌ویژه تغییرات اسمزی محیط بروز می‌کند. تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر گلایسین بتائین، پرولین و قندهای محلول اکثراً به سیتوپلاسم محدود می‌شوند و تقریباً در واکوئل حضور ندارند. در سلول‌های گیاهی با استفاده از انرژی حاصل از تولیدات فتوسنتزی و در واکنش به پتانسیل آب پایین در محلول سیتوپلاسم سلولی خود، مواد آلی با وزن مولکولی کم، نظیر فروکتان، ساکارز، پرولین، اسیدهای آلی، گلایسین بتائین، تری هالوز، مانیتول و سایر مواد ایجادکننده اسمز را می‌سازند (Bajji et al., 1998; Chen et al., 2007). تجمع پرولین در گیاه نشانه‌ای از مقاومت گیاه در مقابل شوری شناخته‌شده است (Alvarez et al., 2003). پرولین هم‌چنین به‌عنوان مخزن نیتروژن آلی جهت استفاده در زمان رفع تنش و تقویت ساخت اسیدهای آمینه و پروتئین بکار می‌رود (Sairam et al., 2004).

نیتروژن مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین عنصر غذایی برای گیاهان به‌خصوص برای گیاهان با عملکرد بالا نظیر نیشکر است. در بین عناصر غذایی، نیتروژن بیش از هر عنصر غذایی دیگری تحت تأثیر شوری خاک قرار می‌گیرد (Van Hoorn et al., 2001). احیاء نیترات توسط آنزیم نیترات رداکتاز طی فرایند اسیمیلاسیون نیتروژن و ساخت پروتئین در گیاه تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد (Abd-el Baki et al., 2000). علاوه بر این، کاهش جذب نیترات توسط گیاه در خاک شور به علت وجود رابطه آنتاگونیسمی بین نیترات و کلرید (یون غالب خاک‌های شور) گزارش شده است (Bar et al., 1997). آنزیم H-ATPase یک آنزیم کلیدی در جذب فعال عناصر غذایی ازجمله آمونیوم و نیترات است. این آنزیم شدیداً توسط پتاسیم فعال می‌شود (Marschner, 1995).

نیشکر یک گیاه مهم صنعتی است که به خانواده گرامینه و جنس *Saccharum* تعلق دارد. این گیاه در بیش از ۱۱۰ هزار هکتار از اراضی شمال و جنوب خوزستان کشت می‌گردد و قسمت مهمی از نیاز کشور به شکر را تأمین می‌کند. این گیاه بیشتر در مناطق گرم و مرطوب کشت می‌شود. باوجوداین کشت نیشکر در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران گسترش‌یافته است. نیشکر گیاه حساس به شوری است و بر طبق تقسیم‌بندی گیاهان ازنظر شوری، حد آستانه شوری نیشکر ۱/۷ دسی زیمنس بر متر است (Mass and Hoffmann, 1977). شوری چه از طریق آب و چه از طریق خاک عملکرد کمی و کیفی نیشکر را در استان خوزستان به‌خصوص در اثر خشکسالی‌های اخیر کاهش داده است. آبیاری نیشکر در خوزستان از طریق رودخانه کارون صورت می‌گیرد. شوری آب این رودخانه در تابستان‌که فصل رشد و آبیاری نیشکر است، به علت کاهش دبی این رودخانه به‌خصوص در قسمت‌های جنوبی آن‌که بیش از نیمی از مزارع نیشکر را آبیاری می‌کند افزایش

می‌یابد و هدایت الکتریکی آن به بیش از ۳ دسی زیمنس بر متر می‌رسد. علاوه بر این، بروز اشکالاتی در سیستم زهکشی بعضی از قطعات و مزارع نیشکر واقع در جنوب خوزستان مشکل شوری را در این مناطق دوچندان نموده است. همان‌طور در فوق به آن اشاره شد شوری خاک هم از طریق اثرات پتانسیل اسمزی (Nelson and Ham, 2000) و هم از طریق به هم زدن توازن یونی بر مولفه‌های کمی (Lingel and Wiegand, 1997; Thomas, 1985) و کیفی (Lingle and Wiegand, 1997) نیشکر تأثیر منفی می‌گذارد.

ازآنجایی‌که شوری بر جذب و اسیمیلاسیون نیتروژن در گونه‌های مختلف گیاهی تأثیر می‌گذارد، منبع نیتروژن نقش مهمی در تعادل شوری گیاه بازی می‌کند (Abdolzadeh,2008). لذا در خصوص این فرضیه که با مصرف و افزایش کود نیتروژن و ساخت بیشتر تنظیم‌کننده‌های اسمزی و متابولیکی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های محلول تا حدودی اثرات سوء شوری بر گیاه را می‌توان کاهش داد تاکنون مطالعاتی چند صورت گرفته است (Colmer, et al., 1996; Grattan and Grieve, 1999). نتایج این مطالعات نشان داد که مصرف کود نیتروژن کافی مولفه‌های رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان پنبه (Cheng et al., 2010)، گوجه‌فرنگی (Tuna, et al., 2007)، گندم (Soliman et al., 1994; Heiydari et al., 2007)، جو (Shen et al., 1994) و ارزن (Albassam, 2001) تحت تنش شوری را بهبود بخشید. این در حالی است که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه گزارش‌شده‌ای مبنی بر پاسخ گیاه نیشکر به شوری با افزایش نیتروژن وجود ندارد. بر این اساس یک مطالعه باهدف تأثیر سطوح مختلف شوری بر بعضی از مؤلفه‌های کمی و ترکیب یونی شربت نیشکر در سطوح مختلف کود اوره به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه تأثیر سطوح مختلف شوری و کود نیتروژن بر برخی از مؤلفه‌های کمی و کیفی گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در سطوح مختلف کود اوره آزمایشی گلخانه‌ای در یک واحد از گلخانه‌های موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان انجام گرفت. این مطالعه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با دو فاکتور شوری آب و کود اوره در سه تکرار اجرا شد.

تهیه خاک، کشت گیاه و اعمال شوری در این مطالعه از گلدان‌های بزرگ پلاستیکی به ابعاد حدود ۶۰×۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. خاک مورداستفاده در این مطالعه دارای بافت لومی شنی، واکنش ۷/۷، هدایت الکتریکی ۱/۰ دسی زیمنس بر متر و میزان فسفر قابل‌جذب برابر با ۴/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. در هر گلدان سه قلمه به‌طور مساوی برای اعمال تیمارها کشت شد. به هر گلدان قبل از کشت قلمه‌ها، کود سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک و به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اضافه گردید. قلمه‌های نیشکر از واریته تجارتی CP69-1062 که کشت آن در سطح وسیع در مزارع نیشکر معمول است، انتخاب و به‌منظور ضدعفونی به مدت یک ساعت در آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از سبز شدن قلمه‌ها و استقرار کامل گیاه ۴ سطح شوری آب آبیاری با هدایت‌های الکتریکی (EC) ۱، ۲، ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و سه سطح کود اوره شامل ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت ۳ بار تقسیط (بار اول ۲۵٪ در۲۶ اردیبهشت، بار دوم۴۰٪ در۲۶ خرداد و بار سوم ۳۵٪ در ۲۶ تیر) با ۳ تکرار اعمال گردید. توضیح اینکه بر اساس نتایج آزمون خاک و آزمایش‌های کودی مکمل آن برای دست‌یابی به بیشترین عملکرد نی در موسسه تحقیقات و آموزش شرکت توسعه نیشکر خوزستان میزان ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار معمولاً توصیه می‌گردد. در این مطالعه در سه سطح کود اوره برخی از مولفه‌های رشد کمی و کیفی گیاه نیشکر در پاسخ به سطوح شوری اعمال‌شده تعیین گردید.

سطوح شوری با استفاده از زه‌آب‌های کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب اهواز (جنب موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان) و پس از رقیق کردن با آب شیرین و رساندن آن به سطوح شوری مورد نظر صورت گرفت. توضیح اینکه زه‌آب از مزارع جدیدی که در حال نمک‌زدایی از طریق آب شویی بودند و قرار بود پس از شیرین شدن مورد کشت نیشکر قرار گیرند استفاده گردید. علت استفاده از زه‌آب مزارع در حال آبشویی به دلیل داشتن ترکیب شیمیایی مشابه با شوری خاک‌های منطقه بود. آبیاری گلدان‌ها توسط زه‌آب با شوری‌های فوق‌الذکر صورت گرفت و در هر بار آبیاری حجم آب‌شور مصرفی با رعایت نیاز آب شویی (LR) به‌اندازه کافی بود تا

آب اضافی از انتهای گلدان‌ها خارج گردد و از تجمع نمک جلوگیری نماید و شوری در سطوح یادشده حفظ گردد. به‌عبارت‌دیگر افزایش آب گلدان‌ها به‌اندازه‌ای بود تا EC آب اضافه‌شده به هر گلدان، در هر سطح شوری، با EC آب خروجی از ته گلدان برابر بود.

برداشت گیاه و اندازه‌گیری‌ها برداشت گیاه در آذرماه ۱۳۸۹ صورت گرفت. اندازه‌گیری‌های کمی شامل ارتفاع نی، تعداد ساقه، وزن نی، زیست‌توده، طول تجمعی ریشه و وزن ریشه بود. برای تعیین طول تجمعی ریشه و وزن آن‌ها در هر گلدان، پس از برداشت اندام هوایی تمام ریشه‌ها از خاک جدا و با دقت در الک مورد شستشو قرار گرفتند تا ریشه‌ها عاری از خاک شوند. پس از گرفتن رطوبت سطحی ریشه‌ها توسط حوله کاغذی وزن تازه ریشه‌ها یادداشت شد. سپس ریشه‌ها (شامل ریشه‌های اصلی و انشعابات آن) به قطعات حدود ۱ سانتی‌متری توسط قیچی بریده شدند و کاملاً مخلوط و یک زیر نمونه از آن به‌دقت وزن گردید و در کف پتری‌دیش مدرج به‌طور تصادفی پخش شدند تا طول تجمعی ریشه با استفاده از روش خطوط متقاطع (Tennant, 1975) تعیین شوند. اندازه‌گیری‌های کیفیت شربت شامل میزان هدایت الکتریکی، خاکستر، وزن، میزان سدیم، پتاسیم و میزان شکر قابل استحصال بود. سدیم و پتاسیم برگ از طریق خاکستر گیری خشک و توسط دستگاه شعله-نورسنجی، میزان نیتروژن برگ با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. میزان پرولین در نمونه‌های برگ تازه بر اساس روش (Bates et al., 1973) اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری به کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این مطالعه برای بعضی از مولفه‌های رشدی گیاه نیشکر مانند وزن ریشه، مجموع طول ریشه، وزن نی و تعداد نی در گلدان تحت تأثیر شوری و نیتروژن در جدول ۱ و برای مولفه‌های کیفی و بیوشیمیایی نظیر غلظت پرولین، غلظت سدیم، پتاسیم، نیتروژن و نسبت سدیم به پتاسیم در جدول ۲ نشان داده‌شده است. در مطالعه اثر اصلی شوری و نیتروژن (جدول ۳) و اثرات متقابل این دو بر وزن ریشه، طول تجمعی ریشه (جدول ۴) ملاحظه می‌شود که با اعمال تیمار شوری و افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۰ به ۸/۰ دسی زیمنس در متر، رشد ریشه اعم از وزن و طول تجمعی ریشه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد کاهش یافت. میزان این کاهش برای وزن ریشه ۴۷/۲ درصد و برای طول تجمعی ریشه برابر با ۳۴/۰ درصد بود. ریشه گیاه که وظیفه جذب آب و مواد غذایی را به‌عهده دارد، اولین اندام گیاهی است که در یک خاک شور تحت تنش قرار می‌گیرد. بنابراین هرگونه اختلال در رشد ریشه به کاهش جذب مواد غذایی (Nadian et al., 2009) و آب به دلیل کاهش پتانسیل رطوبت خاک (Amerian et al., 2001) منجر می‌شود. کاهش رشد ریشه توسط شوری برای گیاهان دیگر نظیر گندم (Heiydari et al., 2007)، زعفران (Nadian et al., 2013)، گوجه‌فرنگی (Al-karaki, 2000)، مرکبات (Fernandez-Ballester et al., 2003)، اکالیپتوس (Macfarlane et al., 2005) و شبدر (Roger and West, 1993) گزارش‌شده است.

نسبت وزن به طول ریشه به‌عنوان شاخص قطر گیاه در نظر گرفته می‌شود (Jungk, 1996). در مطالعه حاضر، افزایش شوری از ۱/۰ به ۸/۰ دسی زیمنس بر متر شاخص قطر ریشه را در تمام سطوح کود اوره کاهش داد (شکل ۱). درواقع شوری نه‌تنها طول و وزن ریشه را کاهش داد بلکه هم‌چنین شاخص قطر ریشه، که به‌عنوان یک مؤلفه مؤثر در جذب عناصر غذایی و درنتیجه در رشد و عملکرد گیاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Soloman et al., 1986)، را نیز کاهش داد. با افزایش کود اوره از ۲۰۰ به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار وزن و طول تجمعی ریشه گیاه در تمام سطوح شوری خاک افزایش پیدا نمود (جدول ۳ و ۴). افزایش رشد ریشه در یک خاک شور می‌تواند توانایی گیاه را در جذب آب و عناصر غذایی افزایش دهد (Fernandez-Ballester et al., 2003).

در مطالعه برهمکنش شوری و نیتروژن بر وزن نی ملاحظه شد که در پایین‌ترین سطح کود اوره با افزایش شوری از ۱ به ۸ دسی زیمنس بر متر وزن نی به ترتیب از ۲/۳۰ به ۰/۷۲کیلوگرم در گلدان کاهش معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد پیدا نمود (جدول ۵). افزایش مختصر شوری از ۱ به ۲ دسی زیمنس بر متر توانست وزن نی را نیز کاهش معنی‌دار دهد. نتایج کارهای دیگران نشان می‌دهد که حد آستانه شوری نیشکر برابر ۱/۷ دسی زیمنس بر متر است (Mass and Haffmann, 1977). کاهش ۳/۱ برابری وزن نی در شوری ۸ دسی زیمنس بر متر در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار حساس بودن نیشکر به شوری

را توجیه می‌کند. نتایج مشابهی دال بر کاهش عملکرد نی در تگزاس آمریکا با افزایش شوری تا ۷/۰ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Thomas, 1985). اثرات زیان‌بار شوری بر تعداد نی در گلدان و میزان زیست‌توده روندی مشابه با اثرات شوری بر وزن ریشه، طول تجمعی ریشه و وزن نی داشت (جدول ۵). شوری بر ارتفاع نی فقط در بالاترین سطح شوری (۸ دسی زیمنس بر متر) تأثیر معنی‌داری داشت حال‌آنکه کاهش وزن نی از شوری سطح دوم (۲ دسی زیمنس بر متر و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اوره) شروع شد (جدول ۵). بنابراین کاهش وزن نی و یا زیست‌توده نیشکر با افزایش شوری خاک می‌تواند مربوط به کاهش پنجه‌زنی نی و تعداد نی در گلدان باشد (جدول ۵).

اثرات مستقیم و غیرمستقیم شوری بر مولفه‌های رشدی و عملکردی گیاه می‌تواند به سبب (الف) کاهش پتانسیل آب خاک که منجر به خشکی فیزیولوژیکی گیاه می‌شود (Feng, et al., 2003)، (ب) عدم توازن یونی (Marschner, 1995; Adiku et al., 2001; Tarakcioglu and Inal, 2002; Cheng et al., 2007) و صدمه به تمامیت غشاء سلولی (Sreenivasulu et al., 2000) و نیز اختلال در فرایندهای حیاتی گیاه نظیر فتوسنتز، ساخت پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی باشد (Locy et al., 1996; Sultana et al., 1999).

جدول ۱. میانگین مربعات برخی صفات اندازه‌گیری شده در برگ گیاه نیشکر تحت تأثیر تنش شوری و سطوح مختلف کود اوره

Table 1. Mean squares of some parameters measured in sugarcane plant as affected by salinity stress and different levels of urea fertilizer.

Source of variance	منبع تغییر	درجه آزادی df	طول تجمعی ریشه Total root length	وزن ریشه Root weight	وزن نی Canes weight	تعداد نی Canes no.	زیست‌توده Biomass
Salinity (S)	شوری	3	29865**	113771**	2730820**	62.2**	6354364**
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	3364**	14352**	757623**	3.2^{ns}	453130*
S× N	شوری× نیتروژن	6	263^{ns}	1172^{ns}	55828^{ns}	0.7^{ns}	152777^{ns}
Error	خطا	24	281	865	46335	2.4	131904

$^{*, **, ns}$: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

$^{*, **, ns}$: Significant at 0.05, 0.01 probability levels and not significant.

جدول ۲. میانگین مربعات برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در گیاه نیشکر تحت تأثیر تنش شوری و سطوح مختلف کود

Table 2. Mean squares of some biochemical parameters measured in leaf of sugarcane plant as affected by salinity stress and different levels of urea fertilizer.

Source of variance	منبع تغییر	درجه آزادی df	نیتروژن Nitrogen	سدیم Na	پتاسیم K	نسبت پتاسیم به سدیم K:Na ratio	پرولین proline
Salinity (S)	شوری	3	0.68**	173**	6597**	231**	0.23**
Nitrogen (N)	نیتروژن	2	0.83**	0.64^{ns}	129^{ns}	13.1*	0.03**
S× N	شوری× نیتروژن	6	0.15^{ns}	3.96^{ns}	316^{ns}	13.1**	0.01*
Error	خطا	24	0.07	7.52	163	3.23	0.003

$^{*, **, ns}$: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار

$^{*, **, ns}$: Significant at 0.05, 0.01 probability levels and not significant.

جدول ۳. میانگین برخی مؤلفه‌های رشدی گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کود اوره

Table 3. Mean of some parameters growth of sugarcane plant as affected by different levels of salinity stress and urea application.

تیمار Treatment	طول تجمعی ریشه Total root length	وزن ریشه Root weight	تعداد نی Canes no.	وزن نی Cane weight	زیست‌توده Biomass
شوری Salinity	m pot^{-1}	g pot^{-1}	Cane.pot^{-1}	Kg.pot^{-1}	Kg.pot^{-1}
1 dSm^{-1}	400^{a}	565^{a}	11.2^{a}	2.35^{a}	3.60^{a}
2 dSm^{-1}	335^{b}	487^{a}	9.30^{b}	2.05^{b}	3.22^{b}
4 dSm^{-1}	304^{c}	437^{c}	6.70^{c}	1.93^{b}	2.94^{b}
8 dSm^{-1}	264^{d}	298^{d}	5.00^{d}	1.07^{c}	1.66^{c}
کوداوره Urea fert.					
200 Kg ha^{-1}	307^{b}	414^{c}	7.30^{a}	1.58^{c}	2.63^{b}
300 Kg ha^{-1}	333^{a}	444^{b}	8.10^{a}	1.89^{b}	2.94^{ab}
400 Kg ha^{-1}	338^{a}	483^{a}	8.30^{a}	2.08^{a}	2.99^{ab}

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح. آماری ۱٪ است

Means with similar letters in each column are not significantly different at 0.05 probability level.

جدول ۴. میانگین وزن و طول تجمعی ریشه گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کود اوره

Table 4. Mean of weight and total root length of sugarcane plant as affected by different levels of salinity and urea fertilizer.

کود اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea fert. (kg ha^{-1})	Salinity treatment (dS m^{-1})		تیمار شوری (دسی زیمنس بر متر)	
	1.0	2.0	4.0	8.0
	Root weight (g pot^{-1})		وزن ریشه (گرم در گلدان)	
200	507^{c}	475^{cd}	400^{e}	272^{g}
300	562^{b}	487^{cd}	437^{d}	291^{fg}
400	627^{a}	500^{c}	474^{cd}	331^{f}
	Total root length (m pot^{-1})		طول تجمعی ریشه (متر در گلدان)	
200	369^{b}	319^{c}	282^{b}	258^{d}
300	412^{a}	342^{bc}	313^{c}	264^{d}
400	420^{a}	345^{bc}	318^{c}	269^{d}

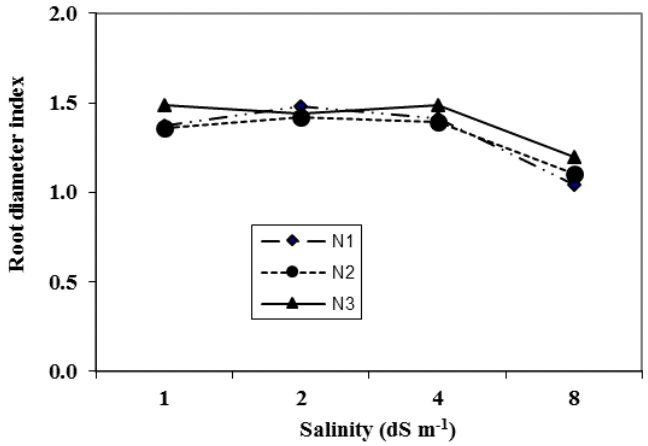
میانگین‌ها با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵است.

Means followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level

در مطالعه حاضر، با افزایش کود اوره از تأثیر سوء شوری بر مولفه‌های رشدی ریشه و اندام‌های هوایی گیاه کاسته شد، به‌طوری‌که در بالاترین سطح شوری میزان عملکرد نی در سطوح۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به ترتیب برابر با ۰/۷۲، ۱/۱۱ و ۱/۳۷ کیلوگرم در گلدان بود. نتایج مطالعات دیگران نیز نشان داد که مصرف کود نیتروژن کافی مولفه‌های رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان پنبه (Cheng et al., 2010)، گوجه‌فرنگی (Tuna, et al., 2007)، گندم (Soliman et al., 1994; Heiydari et al., 2007)، جو (Shen et al., 1994) و ارزن (Albassam, 2001) تحت تنش شوری را بهبود بخشید. در مطالعه حاضر، زمانی که کود اوره از ۲۰۰ به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۵)، میزان افزایش وزن نی برای شوری ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۴۴/۲ و ۸۹/۲ درصد شد.

با افزایش شوری آب آبیاری تا ۴ دسی زیمنس بر متر میزان پرولین در برگ گیاه افزایش معنی‌دار یافت (جدول ۵). کاهش اثر تنش شوری بر گیاه توسط افزایش نیتروژن برگ (جدول ۵) به افزایش ساخت پرولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی و متابولیکی توسط دیگران گزارش شده است (Erskine, et al., 1997; Munns, 2003; Chen et al., 2007;). در مطالعه حاضر، با افزایش شوری

تا ۴ دسی زیمنس بر متر میزان پرولین گیاه افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر شوری تا ۸ دسی زیمنس بر متر از سنتز پرولین، به‌موازات کاهش شدید وزن نی، کاسته شد (جدول ۶). این کاهش شاید به خاطر تأثیر شدید شوری بر گیاه نیشکر بسیار حساس به شوری و اختلال شدید در فرایندهای حیاتی گیاه ازجمله سنتز پرولین باشد. باوجوداین، وزن نی با افزایش کود اوره در تمام سطوح شوری افزایش یافت (جدول ۵). این ممکن است درنتیجه ساخت و تجمع دیگر تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر گلایسین بتائین و یا آسپاراژین (در این مطالعه اندازه‌گیری نشدند) در تمام سطوح شوری باشد هم‌چنانکه قبلاً گزارش شده است (Colmer, et al., 1996; Bajji et al., 1998; Chen et al., 2007). علاوه بر این افزایش ساخت کربوهیدرات تحت تنش شوری راه‌کار دیگری است که گیاهان برای مقابله با شوری به کار می‌برند. جنین افزایشی توسط دیگران گزارش شده است (Heiydari et al., 2007; Cheng et al., 2010).



شکل ۱. اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص قطر ریشه گیاه نیشکر در سطوح ۲۰۰ (N1)، ۳۰۰ (N2) و ۴۰۰ (N3) کیلوگرم اوره در هکتار

Fig. 1. Effect of salinity levels on root diameter index of sugarcane plant at levels of 200 (N1), 300 (N2) and 400 (N3) kg urea ha^{-1}.

جدول ۵. میانگین وزن و تعداد نی و زیست‌توده گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کود اوره

Table 5. Mean of weight and number of cane and biomass of sugarcane plant as affected by different levels of salinity and urea fertilizer.

کود اوره (کیلوگرم در هکتار)	**Salinity treatment** (dS m^{-1})		**تیمار شوری** (دسی زیمنس بر متر)	
Urea fert. (kg ha^{-1})	**1.0**	**2.0**	**4.0**	**8.0**
	Cane weight (kg pot^{-1})		**وزن نی (کیلوگرم در گلدان)**	
200	2.30^{ab}	1.75^{c}	1.56^{d}	0.72^{f}
300	2.35$^{a\,b}$	2.13^{ab}	1.97^{b}	1.11^{e}
400	2.41^{a}	2.29^{ab}	2.26^{ab}	1.37^{de}
	Number of Cane (pot^{-1})		**تعداد نی (در گلدان)**	
200	10.7^{a}	8.71^{ab}	5.32^{c}	4.70^{d}
300	11.0^{a}	9.33^{ab}	7.01^{bc}	5.03^{cd}
400	11.3^{a}	9.01^{ab}	7.71^{b}	5.32^{c}
	Biomass (g pot^{-1})		**میزان زیست‌توده (کیلوگرم در گلدان)**	
200	3.64^{a}	2.96^{b}	2.53^{c}	1.41^{d}
300	3.68^{a}	3.21^{ab}	2.97^{b}	1.89^{cd}
400	3.48^{ab}	3.49^{ab}	3.33^{ab}	1.68^{d}

میانگین‌ها با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵است.

Means followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level.

جدول۶. میانگین غلظت‌های سدیم، پتاسیم، پرولین و نسبت سدیم به پتاسیم در برگ گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کود اوره

Table 6. Mean of N, K, proline concentrations and Na:K ratio in leaf of sugarcane plant as affected by different levels of salinity and urea fertilizer.

کود اوره (کیلوگرم در هکتار)	**Salinity treatment** (dS m^{-1})		**تیمار شوری** (دسی زیمنس بر متر)	
Urea fert. (kg ha^{-1})	**1.0**	**2.0**	**4.0**	**8.0**
	N concentration (%)		**غلظت نیتروژن (٪)**	
200	1.61^{bc}	1.72^{bc}	1.70^{bc}	1.40^{c}
300	2.42^{a}	1.80^{b}	1.82^{b}	1.61^{bc}
400	2.70^{a}	2.03^{ab}	2.02^{ab}	1.71^{b}
	Na concentration (mg kg-1 d.wt.)		**غلظت سدیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)**	
200	7.52^{e}	8.95^{d}	13.0^{c}	20.1^{a}
300	9.40^{cd}	10.02^{cd}	12.5^{c}	18.3^{ab}
400	8.93^{d}	10.1^{cd}	13.0^{c}	17.5^{b}
	Leaf K concentration (mg kg-1 d. wt.)		**غلظت پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)**	
200	138.1^{a}	119.2^{ab}	68.21^{cd}	58.10^{d}
300	118.4^{ab}	95.41^{bc}	78.41^{c}	65.11^{cd}
400	119.4^{ab}	105.2^{b}	83.50^{bc}	76.05^{c}
	K:Na Ratio		**نسبت پتاسیم به سدیم**	
200	18.41^{a}	13.45^{b}	5.33^{d}	2.81^{e}
300	12.50^{bc}	9.53^{c}	6.33^{cd}	3.52^{e}
400	13.40^{b}	10.4^{c}	6.40^{cd}	4.34^{d}
	Proline (µmole g-1 f wt.)		**پرولین (میکرو مول بر گرم برگ تازه)**	
200	5.62^{d}	5.75^{c}	5.75^{c}	5.63^{d}
300	5.63^{d}	5.85^{bc}	5.91^{ab}	5.62^{d}
400	5.62^{d}	5.90^{b}	6.00^{a}	5.62^{d}

میانگین‌ها با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

Means followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level

داده‌های جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر شوری بر میزان سدیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. با افزایش شوری از ۱ به ۸ دسی زیمنس بر متر میزان سدیم برگ به بیش از ۲ برابر افزایش یافت (جدول ۶). افزایش غلظت سدیم در گیاه در اثر شوری توسط محققان زیادی گزارش شده است (Cramer et al., 1987; Chen et al., 2007; Heiydari et al., 2007; Turan et al., 2009). در مطالعه حاضر، در پایین‌ترین سطح کود اوره با افزایش شوری از ۱ به ۸ دسی زیمنس بر متر میزان پتاسیم برگ از ۱۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم کاهش پیدا نمود. درواقع، شباهت فیزیکوشیمیایی سدیم و پتاسیم و وجود رابطه رقابتی بین این دو باعث می‌شود تا تغذیه پتاسیمی گیاه تحت تأثیر شوری خاک به‌شدت آسیب ببیند. این برهمکنش رقابتی منجر به کاهش نسبت K:Na در برگ گیاه نیشکر شد (جدول ۶). حداقل بخشی از کاهش ۳/۱ برابری وزن نی در بالاترین سطح شوری خاک (جدول ۵) می‌تواند به سمیت ناشی از تجمع یون سدیم و متعاقب آن کاهش نسبت K:Na گیاه مربوط باشد.

با مصرف کود اوره و افزایش آن از ۲۰۰ به ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار جذب و تجمع سدیم در برگ گیاه نیشکر در بالاترین سطح شوری کاهش معنی‌دار پیدا نمود و این با افزایش درصد نیتروژن برگ همراه بود (جدول ۵). این کاهش منجر به افزایش غلظت پتاسیم در برگ گیاه و به دنبال آن بهبود نسبت K:Na در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر شد (جدول ۶). نتایج مطالعات انجام‌شده نیز نشان می‌دهد که با به‌کارگیری و مصرف نیتروژن کافی می‌توان از انتقال بیشتر سدیم به بخش هوایی گیاه تحت تنش شوری جلوگیری کرد (Sweby et al., 1994; Colmer et al., 1996; Grattan and Grieve, 1999; Heiydari et al., 2007). ازاین‌رو می‌توان گفت که نیتروژن در شرایط وجود شوری در محیط ریشه می‌تواند در

جذب بیشتر پتاسیم مؤثر باشد. این امر بستگی به میزان حساسیت گونه گیاهی به شوری و توانایی گیاه در جذب بیشتر پتاسیم از محیط شور دارد. بنابراین افزایش جذب یون پتاسیم در شرایط غلظت بالای سدیم تحت مصرف نیتروژن کافی می‌تواند نوعی افزایش مقاومت گیاه نسبت به شوری تلقی شود. تنظیم جذب پتاسیم و جلوگیری از ورود سدیم و یا دفع آن راه‌کاری است که گیاه جهت نگهداری نسبت K:Na در حد مطلوب به کار می‌برد (Seemann and Critchley, 1985). در یک مطالعه دیگر در پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف نیشکر به شوری ملاحظه گردید ژنوتیپ‌های خیلی حساس به شوری در مقایسه با ژنوتیپ‌های با حساسیت کمتر دارای نسبت K:Na کمتری هستند (Akhtar et al., 2003).

با افزایش شوری، مولفه‌های کیفی اندازه‌گیری شده شربت نی شامل هدایت الکتریکی، خاکستر، وزن، غلظت سدیم و میزان شکر قابل استحصال در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۷). در زراعت و صنعت نیشکر میزان و کیفیت شربت نی از اهمیتی خاص برخوردار است زیرا تعیین‌کننده میزان عملکرد شکر قابل استحصال و هدف نهایی کشت نیشکر است. در مطالعه برهمکنش شوری و کود اوره، با افزایش شوری آب آبیاری در بالاترین سطح، هدایت الکتریکی شربت نی، در اولین سطح کود اوره، از ۱۰/۰ به ۱۹/۳ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت (جدول ۸). این افزایش منجر به افزایش معنی‌دار میزان خاکستر نی گردید به‌طوری‌که در تیمار شوری ۸ دسی زیمنس بر متر و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشترین در صد خاکستر (۲/۴ درصد) ملاحظه شد (جدول ۸). افزایش میزان مواد جامد یا خاکستر در شربت نی ناشی از افزایش جذب نمک‌های محلول در یک خاک شور به‌عنوان یک مؤلفه منفی تلقی می‌شود و باعث می‌گردد تا استحصال شکر در کارخانه با مشکل مواجه شود (Lingleand and Wiegand 1997). میزان و ترکیب مواد معدنی شربت به نوع خاک و واریته گیاه بستگی دارد. به‌عنوان‌مثال میزان پتاسیم شربت در خاک‌های سنگین در مقایسه با خاک‌های سبک بسیار بیشتر است (Lingleand and Wiegand 1997). بعضی از مواد معدنی نظیر فسفر، سیلیسیم منیزیم در شربت طی فرایند استحصال شکر می‌توانند از شربت حذف شوند، حال‌آنکه سدیم، کلرید و تا حدی سولفات و پتاسیم قابل‌حذف از شربت نمی‌باشند (Chen and Chou, 1993). به‌همین دلیل است کیفیت شربت به مقدار زیادی به غلظت این عناصر بستگی دارد. افزایش نیتروژن بر خاکسترشربت تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۸). ولی افزایش شوری و نیتروژن بر غلظت سدیم اثر معنی‌داری داشت (جدول ۸). بیشترین مقدار سدیم شربت در بالاترین سطح شوری و کمترین سطح کود اوره به میزان ۱۳۲/۹ میلی اکی والنت بر لیتر ملاحظه شد. در بالاترین سطح شوری، با افزایش کود اوره از غلظت سدیم در شربت کاسته شد و به‌این‌ترتیب اثر سوء سدیم کاهش یافت (جدول ۸). بنابراین ملاحظه می‌شود افزایش نیتروژن توانست غلظت سدیم را هم در برگ و هم در نی (شربت نی) کاهش دهد. زیادی این یون در فرآیند خالص‌سازی شکر از شربت در کارخانه اختلال ایجاد نموده و سبب ایجاد ملاس بیشتر و هدرروی بیشتر شکر می‌شود (Thomas, 1985).

جدول ۷. میانگین مربعات صفات اندازه‌گیری شده در شربت نی

Table 7. Mean squares of parameters measured in cane juice.

Source of variance	منبع تغییر	df	Cane juice EC	Cane ash juice	Cane Juice weight	Sugar yield	Cane juice Na	Cane juice K
		درجه آزادی	هدایت الکتریکی شربت نی	خاکستر شربت	وزن شربت نی	شکر قابل استحصال	سدیم شربت	پتاسیم شربت
Salinity	شوری	3	100^{**}	1.41^{**}	0.29^{**}	13.5^{**}	82.6^{**}	2512^{ns}
Nitrogen	نیتروژن	2	0.65^{ns}	0.04^{ns}	0.005^{ns}	0.24^{ns}	44.1^{ns}	859^{ns}
S×N	شوری × نیتروژن	6	4.70^{**}	0.06^{ns}	0.007^{ns}	0.33^{ns}	509^{ns}	1376^{ns}
Error	خطا	24	0.92	0.05	0.030	1.24	342	1609

$^{**, ns}$: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و غیر معنی‌دار $^{**, ns}$: Significant at 0.01 probability level and not significant.

جدول ۸. میانگین هدایت الکتریکی، خاکستر، وزن و سدیم شربت نی و نیز وزن شکر قابل استحصال تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کود اوره

Table 8. Mean of electrical conductivity, ash, weight and sodium of cane juice and also sugar yield as affected by salinity and urea fertilizer levels.

کود اوره (کیلوگرم در هکتار)	تیمار شوری (دسی زیمنس بر متر)			
Urea fert. (kg ha^{-1})	**Salinity treatment** (dS m^{-1})			
	1.0	**2.0**	**4.0**	**8.0**
	Electrical conductivity (dS m-1)		**هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)**	
200	10.0^{e}	10.1^{e}	11.7^{cde}	19.3^{a}
300	11.5^{cde}	12.6^{c}	12.1^{cd}	16.1^{b}
400	10.2^{e}	10.7^{d}	11.1^{cde}	18.4^{a}
	ash (%)		**خاکستر (٪)**	
200	1.39^{cd}	1.36^{d}	1.45^{c}	2.40^{a}
300	1.48^{bcd}	1.46^{bcd}	1.64^{bc}	2.06^{ab}
400	1.72^{b}	1.41^{cd}	1.51^{bcd}	2.38^{ab}
	weight (g pot^{-1})		**وزن (گرم در گلدان)**	
200	927^{ab}	610^{cd}	517^{d}	140^{g}
300	948^{a}	677^{c}	530^{d}	270^{f}
400	988^{a}	810^{b}	668^{c}	354^{e}
	Sugar yield (g pot^{-1})		**وزن شکر قابل استحصال (گرم در گلدان)**	
200	127^{ab}	83.0^{c}	51.4^{d}	17.2^{f}
300	114^{abc}	101^{b}	61.6^{cd}	32.8^{de}
400	135^{a}	100^{b}	77.6^{c}	28.3^{e}
	Na (meq l^{-1})		**سدیم (میلی‌اکی والنت در لیتر)**	
200	29.9^{cd}	26.9^{c}	36.9^{c}	132^{a}
300	36.9^{c}	46.9^{c}	33.9^{c}	93.9^{b}
400	25.4^{c}	33.9^{c}	36.9^{c}	109^{b}

میانگین‌ها با حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

Means followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه فرض بر این بود که با افزایش نیتروژن بیش‌ازحد توصیه‌شده برای نیشکر، به‌عنوان یک گیاه حساس به شوری، می‌توان اثرات شوری بر گیاه را کاهش داد. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش کود اوره در سطوح شوری بالا (۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) مولفه‌های رشدی گیاه نظیر تعداد و وزن نی، وزن ریشه در گلدان افزایش یافت و مولفه‌های کیفی شربت نظیر هدایت الکتریکی، خاکستر، وزن، غلظت سدیم و میزان شکر قابل استحصال نیز بهبود بافت. تحت تنش شوری، تأثیر مثبت افزایش کود اوره بر مولفه‌های کمی و کیفی نیشکر به کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسم و درنتیجه بهبود نسبت جذب K:Na مرتبط با تنظیم‌کننده‌های اسمزی نسبت داده شد.

منابع

Abd-el Baki, G.K., Siefritz, F., Man, H.M., Weiner, H., Kaldenhoff, R., Kaiser, W.M., 2000. Nitrate reductase activity in *Zea mays* L. under salinity. Plant, Cell and Environment 23, 515-523.

Abdolzadeh, A., Shima, K., Lambers, H., Chiba, C., 2008. Change in uptake, transport and accumulation of ions in *Nerium oleander* (Rosebay) as affected by different nitrogen sources and salinity. Annals of Botany. 102, 735-746.

Adiku, G, Renger, M., Wessolek, G., Facklam, M., Hech-Bischoltz, C., 2001. Simulation of dry matter production and seed yield of common beans under varying soil water and salinity conditions. Agricultural Water Management. 47, 55–68.

Akhtar, S., Wahid, A., Rasul, E. 2003. Emergence, growth and nutrient composition of sugarcane sprouts under NaCl salinity. Biologia Plantarum, 46, 113-116.

Albassam, B.A., 2001. Effect of nitrate nutrition on growth and nitrogen assimilation of pearl millet exposed to sodium chloride stress. Journal of Plant Nutrition. 24, 1325–1335.

Al-Karaki, G.N., 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza. 10, 51–54.

Alvarez, I., Tomaro, M., Benavides, M.P., 2003. Changes in polyamines, proline and ethylene in sunflower calluses treated with NaCl. Plant, Cell, Tissue and Organ Culture. 74, 51-59.

Amerian, M.R., Stewart, W.S., Griffiths, H., 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). Aspects of Applied Biology 63, 71-76.

Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., Goren, R., 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutr*ition 20, 715-731 .

Bajji, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 1998. Salt stress effects on roots and leave of *Atriplex halimuse* and their corresponding callus cultures. Plant Science. 137, 131-142.

Bates, L.S., Waldern, R.P., Teare, E.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Chen, Z.H., Zhou, M.X., Newman, I.A., Mendham, N.J., Zhang, G.P., Shabala, S., 2007. Potassium and sodium relations in salinised barley tissues as a basis of differential salt tolerance. Functional Plant Biology 34,150-162.

Chen, J.C.P., Chou, C.C., 1993. Cane Sugar Handbook. 12th edition. John wiley and Sons Inc. New York .

Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y., Wei, C., 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil. 326, 61–73.

Colmer, T.D., Fan, T.W., Lauchli, A., Higashi, R.M., 1996. Interactive effects of salinity, nitrogen and sulfur on the organic solutes in Spartina alterniflora leaf blades. Journal of Experimental Botany. 47, 369-375.

Cramer, G.R., Lynch, J., Lauchli, A., Epstein, E. 1987. Influx of Na^+, K^+, and Ca^{2+} into roots of salt-stressed cotton seedlings: Effects of supplemental Ca^{2+}. Plant Physiology. 83, 510-516.

Di Martino, C., Delfine, S., Pizzuto, R., Loreto, F., Fuggi, A., 2003. Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. New Phytologist. 158:455-463.

Erskine, P.D., Stewart, G.R., Schmidt, S., Turnbull, M.H., Unkovich, M., Pate, J.S. 1996. Water availability: A physiological constraint on nitrate utilization in plants of Australian semi-arid mulga woodlands. Plant, Cell and Environment. 19, 1149-1159.

Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.l., Tian, C.Y., Tang, C., Rengel, Z., 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza. 12, 185-190.

Fernandez-Ballester, G., Gracia-Sanches, F., Cerda, A., Martinez, V., 2003. Tolerance of citrus rootstock seedlings to saline stress based on their ability to regulate ion uptake and transport. Tree Physiology. 23, 265-271.

Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: Where next? Australian Journal of Plant Physiology. 22, 875-884.

Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic

ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany. 47, 39-50 .

Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulture. 78, 127-157.

Harvey, D.M. R., 1985. The effects of salinity on ion concentrations within the root cells of *Zea mays* L. Planta. 165, 242-248.

Heiydari, M, Nadian, H., Bakhshandeh, A.M., Alemisaeid, K., Fathi, G., 2007. Effects of salinity and nitrogen rates on osmotic adjustment and accumulation of mineral nutrients in wheat. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 11, 197-211. [In Persian with English Summary].

Jungk, A.O., 1996. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In: Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. (Eds.), Plant Roots. Marcel Dekker Inc., New York, USA, pp 529-556 .

Lingle, S.E., Wiegand, C.L., 1997. Soil salinity and sugar cane juice quality. Field Crops Research. 54, 259-268.

Locy, R.D., Chang, C., Nielsen, B.L., Singh, N.K., 1996. Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants. Plant Physiology. 110, 321-328.

Maas, E.V., Hoffmann, G.J., 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. Journal of Irrigation and Drainange Engineering 103,115-134.

Macfarlane, C., Hansen, L.D., Edwards, J., White, D.A., Adams, M.A., 2005. Growth efficiency increases as relative growth rate increases in shoots and roots of Eucalyptus globulus deprived of nitrogen or treated with salt. Tree Physiology. 23, 571-582.

Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher plant. 2nd ed. San Diego, Academic Press London.

McCure, K.F., Hanson, A.D., 1990. Drought and salt tolerance: Towards understanding and application. Trends in Biotechnology. 8, 358-362.

Meinzer, F.C., Plaut, Z., Saliendra, N.Z., 1994. Carbon isotope discrimination, gas exchange, and growth of sugarcane cultivars under Salinity. Plant Physiology. 104, 521-526.

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environmen.t 25, 239-250.

Nadian, H., Hashemi, M., Herbert, S.J., 2009. Soil aggregate size and mycorrhizal colonization effect on root growth and phosphorus accumulation by berseem clover. Commuication in Soil Science and Plant Analysis. 40, 2413-2425.

Nadian, H., Heydari, M., Gharineh, M., Daneshvar, M., 2013. The effects of different levels of sodium chloride and mycorrhizal colonization on growth, P, K and Na uptake by saffron (*Crocus sativus* L.). Plant Production 36, 49-59. [In Persian with English Summary].

Nelson, P.N., Ham, G.J., 2000. Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. Field Crop Research. 66, 132-139.

Roger, M.E., West, D.W., 1993. The effects of root zone and hypoxia on shoot and root growth in Trifolium species. Annals of Botany. 25, 503-509.

Ruiz-Lozano, J.M., Collados, C., Barea, J.M., Azco´n R., 2001. Arbuscular mycorrhizal symbiosis can alleviate drought induced nodule senescence in soybean plants. Plant Physiology. 82, 346-350.

Sairam, R.K., Tygai, A., 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science. 86, 407-421.

Seemann, J., Critchley, C., 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior and photosynthetic capacity of a salt sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. Planta. 164, 151-162.

Shen, D., Shen, Q., Liang, Y., Liu, Y., 1994. Effect of nitrogen on the growth and photosynthetic activity of salt-stressed barley. Journal of Plant Nutrition. 17, 787–799.

Soliman, M.S., Shalabi, H.G., Campbell, W.F., 1994. Interaction of salinity, nitrogen, and phosphorus fertilization on wheat. Journal of Plant Nutrition 17, 1163–1173.

Soloman, M., Mayer, A.M., Poljakoff-Mayber, A., 1986. Changes induced by salinity to the anatomy and morphology of excised pea roots in culture. Annals of Botany 57(6), 811-818.

Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weshke, W., 2000. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensetive seedlings of foxtail miller (*Setaria italica*). Plant Physiology. 109, 435-442.

Sweby, D.L., Huckett, B.I. Watt, M.P., 1994. Effects of nitrogen nutrition on salt stressed *Nicotiana tabacum* var. Samsun in vitro plantlets. Journal of Experimental Botany. 45(7), 995-1008.

Sultana, N., Ikeda., T., Itoh, R., 1999. Effect of Nacl on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice. Environmental and Experimental Botany. 42, 211-220.

Tarakcioglu, C., Inal, A., 2002. Changes induced by salinity, demarcating specific ion ratio (Na/Cl) and osmolality in ion and proline accumulation, nitrate reductase activity, and growth performance of lettuce. Journal of Plant Nutrition. 25, 27-41.

Tennant, D., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecoloy. 63, 995-1001 .

Thomas, J.R., 1985. Use of saline water for irrigation in sugarcane in Texas. Proceedings of the Inter-American Sugar Cane Seminars: Irrigation and Drainage. September 26-27, University of Miami, Florida, USA, pp. 100-109.

Turan, A.M., Elkarim, A.H., Taban, N., Taban, S., 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentration in maize plant. African Journal of Agricultural Research. 4, 893-897.

Tuna, A.L., Kayab, C., Ashraf, M., Altunlu, H., Yokas, I., Yagmur, B., 2007. The effects of ammonium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 59,173–178.

Van Hoorn, J.W., Katerjib, N., Hamdyc, A., Mastrorillid, M., 2001. Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil. Agricultural Water Management. 51, 87–98.

Wahid, A., Ghazanfar, A., 2006. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. Journal of Plant Physiology. 163, 723-30.

Purchase $41.95

Wiedenfeld, B., 2008. Effects of irrigation water salinity and electrostatic water treatment for sugarcane production. Agricultural Water Management. 95, 85-88.