بررسی تحمل به تنش و مقایسه عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer ariegtinum*) در شرایط تنش شوری

روزبه فرهودی*[1] و دانگ جی لی[2]

۱) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۲) گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه دانکوک، کره جنوبی.

* نویسنده مسئول: **rfarhoudi@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۵**

چکیده

تنش شوری یک عامل غیرزنده مهم محدود کننده تولید گیاهان زراعی است. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ ژنوتیپ نخود (*Cicer ariegtinum*) و سه سطح شوری آب آبیاری ۰/۷، ۳/۱ و ۶/۲ دسی زیمنس بر متر در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه دانکوک کره جنوبی انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870 و MCC776 دارای بیش‌ترین شاخص تحمل تنش در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر بودند. افزایش سطوح شوری سبب کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود شد، اما در سطح تنش ۶/۲ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870، MCC537، MCC776 و MCC10 بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. تنش شوری سبب افزایش غلظت سدیم و کاهش نسبت پتاسیم به سدیم برگ ژنوتیپ‌های نخود شد، اما ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870، MCC392، MCC78 و MCC10 بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ را داشتند که بیانگر تحمل شرایط تنش توسط این ژنوتیپ‌ها می‌باشد. افزایش غلظت نمک سبب کاهش رطوبت نسبی برگ و افزایش غلظت اسمولیت‌هایی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ ژنوتیپ‌های نخود شد. بیش‌ترین میزان رطوبت نسبی برگ در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر در ژنوتیپ MCC10 مشاهده شد. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870، MCC873، MCC537، CC776 و MCC10 در شرایط شوری از بیش‌ترین عملکرد دانه، نسبت پتاسیم به سدیم، رطوبت نسبی برگ و کربوهیدرات‌های محلول برگ برخوردار بودند در حالی که کم‌ترین میزان سدیم برگ را داشتند.

واژه‌های کلیدی: اسمولیت‌های سازگار، پتاسیم و رطوبت نسبی.

مقدمه

نخود (*Cicer ariegtinum*) با سطح زیر کشت بیش از ۷۵۰ هزار هکتار، بیش‌ترین سطح زیر کشت حبوبات را در ایران دارد. تولید نخود در ایران بعد از هندوستان، پاکستان و ترکیه رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است (مجنون حسینی، ۱۳۹۳). نخود در طول دوره رشد با توجه به منطقه کشت در معرض تنش‌های محیطی مختلف مانند سرما، شوری و خشکی قرار دارد (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۳). محققین تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، پتاسیم، سولفات و کلر در محیط رشد گیاه بیان نمودند به نحوی که رشد و نمو طبیعی گیاه را مختل سازد (Munns, 2002). تنش شوری، رشد گیاه را از طریق اثر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی متعدد مانند فتوسنتز و تنفس (Shahid *et al.*, 2012)، تجمع یون‌های مضر در برگ (Poustini and Siosemardeh, 2004)، پایداری غشاهای سلولی (فرهودی، ۱۳۹۳)، روابط آبی گیاه و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (کافی و همکاران، ۱۳۸۹) تحت تاثیر قرار می‌دهد. نخود از گیاهان حساس به شوری است و آستانه تحمل به تنش شوری این گیاه بین ۲ تا ۳ دسی زیمنس بر متر با توجه به ژنوتیپ گیاه متفاوت است (Maliro *et al.*, 2008).

شناخت ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری هدفی مهم و اقتصادی برای بهبود عملکرد نخود در خاک های شور است و شناسایی نمونه های متحمل منابع لازم برای انجام فعالیت های به‌نژادی را فراهم می‌سازد. در کنار وجود تنوع در پاسخ گیاه نخود به تنش شوری، درک درست فرایندهای فیزیولوژیک و موفولوژیک در شناخت پاسخ گیاه به تنش و شناخت ارقام متحمل به شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محققین گزارش نمودند تنش شوری عملکرد کمی و کیفی نخود را کاهش داد. ایشان تجمع یون سدیم در برگ نخود و کاهش رنگیزه های فتوسنتزی را از عوامل اصلی آسیب پذیری گیاه نخود در مقابل تنش شوری بیان کردند (Vadez *et al.*, 2007؛ Asha and Dhingra, 2007). شوری سبب اختلال در رشد گیاهچه نخود و کاهش طول ریشه چه و ساقه‌چه این گیاه شد، زیرا در شرایط تنش شوری تجمع یون‌های مضر سدیم و کلر در مقایسه با شرایط نرمال چند برابر افزایش یافت. در حالی‌که غلظت یون پتاسیم گیاهچه نخود در این شرایط کاهش یافت (Shahid *et al.*, 2012). پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۳) مشاهده نمودند تنش شوری سبب کاهش غلظت کلروفیل، وزن خشک اندام هوایی و تعداد شاخه فرعی ارقام نخود شد. بین پایداری غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و حفظ سطوح بالای یون پتاسیم با تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های نخود همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد، در حالی-که ارقام حساس به تنش شوری نخود از سطوح بالای تجمع سدیم در برگ برخوردار بودند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). بررسی میزان تجمع یون های سدیم و پتاسیم و نسبت این دو به یکدیگر یک شاخص کلیدی در بررسی میزان تحمل به شوری در ارقام نخود است (Turner *et al.*, 2013). تحت تاثیر تنش شوری، تمایز میان جذب عناصر مضر مانند سدیم و

کلر و عناصر مفید مانند پتاسیم و کلسیم در میزان تحمل تنش شوری گیاهان نقش دارد. تحقیقات نشان داده در شرایط تنش شوری توان گزینشی گیاهان برای پتاسیم یکی از مولفه‌های اصلی تحمل به شوری است و گیاهانی که در شرایط تنش شوری از نسبت پتاسیم به سدیم بیش‌تری برخوردارند معمولاً شرایط تنش را بهتر تحمل می‌کنند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Munns, 2002; Ashraf and McNeiily, 2004). در شرایط تنش‌های محیطی مانند شوری، میزان پایداری غشا سلولی در شرایط تنش یکی از معیارهای میزان تحمل تنش می‌باشد (فرهودی، ۱۳۹۳، Munns, 2002). تجمع یون‌های مضر و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش شوری موجب تخریب شدید غشاهای سلولی گیاهان می‌گردد. گونه‌های فعال اکسیژن با اثرگذاری بر فعالیت اندامک‌های سلولی و سلامت غشاهای سلولی که عمدتا از اسید های چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده‌اند، فرآیندهای گیاهی را تحت تاثیر قرار می دهند. اندازه‌گیری میزان نشت پذیری غشا سلولی و میزان پراکسیده شدن چربی‌های غشا (از طریق اندازه‌گیری مالون دی آلدهید) از جمله راه‌های تعیین پایداری غشای سلولی و میزان تخریب آن در شرایط تنش می‌باشد (Munns and James, 2003).

یکی از اثرات تخریب غشا سلولی تحت تاثیر تنش‌های محیطی در گیاهان، کاهش آب قابل دسترس گیاه می‌باشد. در شرایط تنش شوری علاوه بر تخریب غشا سلولی، تجمع یون‌ها در محیط رشد گیاه نیز مانع جذب آب کافی توسط گیاه می‌شود. تنش شوری سبب کاهش محتوی رطوبت نسبی برگ در نخود (Asha and Dhingra, 2007; Shahid *et al.*, 2012)، گندم (Farhoudi, 2014) و ماش (Kamal ,2002) شد. در شرایط تنش‌های محیطی مانند شوری و خشکی آب قابل دسترس گیاه کاهش می‌یابد و گیاهان با کمک ساخت متابولیت‌های ثانویه و تنظیم اسمزی، پتانسیل آب را کاهش داده و شیب حرکت آب از خاک به سمت گیاه را افزایش می‌دهند (کافی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Poustini *et al.*, 2007). بررسی شاخص‌های تحمل تنش خشکی ژنوتیپ‌های نخود نشان داد تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های نخود وجود دارد (فرشادفر و جوادی نیا،۱۳۹۰). شاخص‌های بررسی‌کننده واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری از ابزارهای شناخت گونه های متحمل به تنش شوری است. شاخص تحمل تنش (STI) از جمله شاخص‌هایی است که در بررسی واکنش گیاهان به تنش های محیطی استفاده می شود (فرناندز، ۱۹۹۲). دامنه تغییرات این شاخص بین صفر و یک است و مقدار بالاتر این شاخص برای یک ژنوتیپ، نمایانگر تحمل بیش‌تر شرایط تنش است. بسیاری از محققان آن را از معتبرترین شاخص‌های بررسی واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی بیان نموده‌اند (اسکندری تربقان و همکاران، ۱۳۸۸؛ فرشادفر و جوادی نیا،۱۳۹۰). این پژوهش به منظور شناسایی واکنش ژنوتیپ‌های نخود به تنش شوری، بررسی عملکرد دانه و شاخص تحمل تنش ارقام نخود انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در سایت تحقیقات شوری دانشگاه دانکوک کره جنوبی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل، با سه سطح شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۰/۷دسی زیمنس بر متر به عنوان شاهد، ۳/۱و ۶/۲ دسی زیمنس بر متر و ۱۵ ژنوتیپ نخود در سه تکرار اجرا شد. بذر ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه از کلکسیون بذر جهانی حبوبات دانشگاه دانکوک کره جنوبی تهیه شد. کاشت بذر در دهه اول فروردین ۱۳۹۳ در جعبه هایی به طول و عرض یک و نیم متر و عمق ۴۰ سانتی‌متر انجام شد و جعبه‌ها توسط خاک مزرعه و کود پوسیده حیوانی به نسبت ۴ به ۱ پر شده بود. تیمارهای شوری مورد نظر به کمک نمک کلرید سدیم (شرکت مرک آلمان) در مخازن ۱۰۰۰ لیتری آب اعمال می شد و با این آب، جعبه های کشت آبیاری می‌شدند. میزان نمک مورد نیاز بر اساس رابطه زیر به‌دست آمد:

رابطه ۱: $TDS\ (mg) = EC\ (ds/m) * 640$

در این فرمول TDS عبارت است از میزان نمک حل شده در یک لیترآب و EC نیز هدایت الکتریکی مورد نظر است. به عنوان مثال برای به‌دست آوردن هدایت الکتریکی ۳/۱ دسی زیمنس بر متر ۱۹۸۴ میلی‌گرم نمک کلرید سدیم در یک لیتر آب حل شد. در زمان کاشت در هر جعبه پنج خط از ژنوتیپ مورد نظر کشت با تراکم ۳۰ بوته در متر مربع کشت شد و ۱۰ روز پس از سبز شدن بذرها، تراکم به ۲۰ بوته در متر مربع رسید. اعمال سطوح شوری ۲۵ روز پس از سبز شدن بوته‌ها به‌صورت تدریجی و در دو مرحله انجام شد تا شوک سطوح شوری به گیاهان وارد نشود. پس از آبیاری تا زمان برداشت گیاهان با این سطوح شوری ادامه یافت.

به‌منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در برگ گیاه نخود، در زمان آغاز غلاف‌بندی بوته‌های نخود نمونه‌برداری انجام شد. به این منظور دو بوته از هر جعبه انتخاب شد. بعد از شستشوی برگ با آب مقطر، آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت خشک شدن قرار داده شدند. سپس ماده خشک آسیاب شد و یک گرم از آن جدا شده و در کوره الکتریکی با دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار ساعت در کروزه چینی حرارت داده شدند. خاکستر به‌دست آمده با ۲۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال شستشو داده شد تا کاتیون ها آزاد شوند. سپس عصاره با کاغذ صافی صاف شد. به منظور اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم در محلول حاصله از دستگاه فلایم فتومتر و منحنی استاندارد استفاده شد (Owen, 1993).

محتوی رطوبت نسبی برگ

جهت بررسی محتوی رطوبت نسبی برگ، نیم گرم از بافت یک برگ جوان در زمان آغاز غلاف بندی بوته های نخود جدا شده و پس از وزن نمودن برگ (وزن تر)، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت دریک طرف دربسته در آب مقطر شناور شده و وزن آن‌ها مجدداً اندازه‌گیری شد (وزن اشباع). بعد از این مدت برگ‌ها به آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند و وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شد (دو نمونه از هر کرت). درصد رطوبت نسبی برگ بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Shirazi *et al.*, 2005):

رابطه ۲: ۱۰۰ × ((وزن خشک –وزن اشباع)/ (وزن خشک –وزن تر)) = درصد محتوی رطوبت نسبی برگ

غلظت کربوهیدرات های محلول برگ

به‌منظور بررسی غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ ابتدا ۰/۱ گرم برگ خشک آسیاب شده در یک لوله‌ی آزمایشی ریخته شد و ۱۵ میلی‌لیتر الکل اتانول ۸۰ درصد در حال جوشیدن به آن اضافه شد. بعد از حدود ۲۰ ثانیه نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند پس از طی مراحل بعدی بر اساس پروتکل مربوطه بعد از ۴۵ دقیقه و با تشبیت رنگ قهوه‌ای در نمونه‌ها میزان جذب با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد. جهت قرائت ابتدا محلول‌های استاندارد ۰، ۱۰ الی ۱۰۰ ppm گلوکز ساخته شد و منحنی استاندارد رسم گردید. با استفاده از منحنی استاندارد و اعداد قرائت شده مقدار کربوهیدرات‌های محلول محاسبه شد (Dubois *et al.*, 1956).

غلظت پرولین برگ

جهت بررسی غلظت پرولین برگ از روش باتیس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) استفاده شد.

به‌منظور بررسی میزان عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی تحت تاثیر سطوح شوری، یک مترمربع از وسط هر کرت انتخاب شد و غلاف ها پس از برداشت به آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند. به منظور بررسی تحمل ژنوتیپ ها از نظر تحمل سطوح شوری از شاخص تحمل تنش (STI) استفاده شد. عدد حاصل از این رابطه بین ۰ تا ۱ است و هرچه به ۱ نزدیک تر باشد بیانگر بیش‌تر بودن تحمل به تنش است (Fernandez, 1992)

رابطه ۳: $STI=(Ysi\times Ypi)/Y^2p$

در این رابطه STI: شاخص تحمل تنش، Ys: عملکرد ژنوتیپ موردنظر در شرایط تنش، Yp: عملکرد ژنوتیپ مورد نظر در شرایط نرمال و$\bar{Y}p$: میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط نرمال بود.

تجزیه آماری داده‌های آزمایش توسط نرم افزار MSTATC انجام شد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال آماری پنج درصد برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد تمام صفات مورد بررسی به میزان معنی‌داری تحت تاثیر سطوح شوری، ژنوتیپ و برهمکنش این دو فاکتور قرار گرفتند (جدول ۱).

عملکرد دانه و شاخص تحمل به تنش

بررسی شاخص تحمل تنش شوری ژنوتیپ‌های نخود نشان داد ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870 و MCC776 با شاخص تحمل تنش ۰/۶۱۷، ۰/۶۱۳ و ۰/۵۹۸ بیش‌ترین تحمل به شرایط تنش را داشتند، در حالی‌که کم‌ترین شاخص تحمل تنش شوری در ژنوتیپ‌های MCC588، MCC101 و MCC39 مشاهده شد (جدول ۳). عملکرد بالا، ضریب تغییرات کم و پایداری عملکرد در شرایط تنش‌های محیطی یکی از راهکارهای انتخاب ژنوتیپ‌های گیاهان زراعی متحمل به تنش محیطی است، بنابراین میزان تغییرات عملکرد دانه بین شرایط نرمال و تنش از اهمیت بالایی برخوردار است. در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود کاهش یافت و بررسی شاخص تحمل تنش معیار مناسبی برای شناخت ارقام متحمل به تنش خشکی بود (گنجعلی و همکاران، ۱۳۹۳). شاخص تحمل تنش یک معیار مناسب جهت بررسی میزان پایداری عملکرد دانه گیاهان زراعی تحت تاثیر شرایط تنش است (اسکندری تربقان و همکاران، ۱۳۸۸). در پژوهش حاضر نیز ژنوتیپ‌های، MCC873، MCC870 و MCC776 به دلیل پایداری بیش‌تر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری دارای شاخص تحمل تنش شوری بالایی بودند.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات بررسی شده در ژنوتیپ های نخود تحت تاثیر سطوح شوری

منابع تغییر	K/Na	غلظت پتاسیم برگ	غلظت سدیم برگ	غلظت کربوهیدرات های محلول برگ	غلظت پرولین	رطوبت نسبی برگ	عملکرد دانه
بلوک	۰/۹ ns	۱۶/۴ **	۸۹/۳ **	۱/۴ ns	۰/۵ ns	۱/۵ ns	۲۶/۶ ns
سطوح شوری	۳۳۳/۴ **	۱۸۲/۶ **	۱۹۶۲/۹ **	۱۸۶/۹ **	۵۰۲/۴ **	۴۸۷/۶ **	۲۰۶۰/۰ **
ژنوتیپ	۴۱۹/۵**	۹۷/۳ **	۲۱۴/۳ **	۳۳۴/۸ **	۳۸۴/۹ **	۵۱۲/۰ **	۴۰۶/۴ **
شوری×ژنوتیپ	۵۰/۱ *	۴۶/۹ **	۳۷/۹ *	۱۱۶/۸ **	۱۵۰/۵ **	۱۵/۴ **	۲۸۰/۹ **
خطای آزمایشی	۴۵/۳	۱۳/۲	۳۶/۶	۷/۴	۲۵/۲	۲/۹	۷۹/۱
ضریب تغییرات (٪)	۱۰/۴	۱۰/۶	۱۳/۴	۳/۹	۸/۳	۲/۳	۱۱/۲

ns ، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد.

سطوح شوری سبب کاهش‌معنی‌دار عملکرد دانه نخود شد، به‌طوری‌که در سطوح شوری ۳/۱ و ۶/۲ دسی زیمنس بر متر عملکرد دانه نخود در مقایسه با شرایط شاهد کاهش یافت. ژنوتیپ MCC361 در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس بر متر با تولید ۷۶ گرم دانه درمتر مربع کم‌ترین عملکرد دانه را داشت، در حالی‌که ژنوتیپ‌های MCC870، MCC873، MCC392، MCC78، MCC537 و MCC10 در این سطح شوری بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید نمودند. در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر نیز ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC759، MCC774، MCC39، MCC552، MCC588 و MCC101 کم‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در این سطح شوری ژنوتیپ MCC873 با عملکرد دانه ۱۴۳ گرم در مترمربع بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های MCC870، MCC873، MCC537، MCC776 و MCC10 نداشت (جدول ۲). مرحله پر شدن دانه یکی از مراحل حساس به تنش شوری در گیاه نخود است (Vadez *et al.*, 2007). کاهش رشد و عملکرد دانه نخود تحت تاثیر تنش شوری در نتیجه تخریب غشاهای سلولی، کاهش کلروفیل و فتوسنتز و ریزش گل ها و غلاف ها گزارش شده است (Asha and Dhingra, 2007; Hernandez *et al.*, 2000). کاهش تولید مواد فتوسنتزی و کوتاه شدن دوره رشد نخود علی رغم رشد نامحدود بودن این گیاه موجب کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری می‌گردد (Shahid *et al.*, 2012). تجمع سدیم در برگ‌ها و غلاف سبز سویا یکی از دلایل اصلی کاهش فتوسنتز و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا تحت تاثیر تنش شوری بود (Luo *et al.*, 2005).

محتوی رطوبت نسبی برگ

رطوبت نسبی برگ ژنوتیپ‌های نخود تحت تاثیر تنش شوری ۳/۱ و ۶/۲ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شرایط نرمال کاهش یافت. در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ MCC10 و MCC392 بیش‌ترین رطوبت نسبی برگ را داشتند (به‌ترتیب ۸۶/۱ درصد و ۸۳/۷ درصد) در حالی‌که ژنوتیپ‌های MCC361، MCC552، MCC759 و MCC774 کم‌ترین رطوبت نسبی برگ را به خود اختصاص دادند. در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر، میزان رطوبت نسبی برگ در مقایسه با شرایط نرمال به شدت کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین رطوبت نسبی برگ در ژنوتیپ MCC10 به میزان ۷۳/۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). کاهش محتوی نسبی رطوبت تحت تاثیر تنش شوری در گیاه نخود (Shahid *et al.*, 2012) و سایر گیاهان زراعی (Munns, 2002; Flowers, 2004; Katerji *et al.*, 2001) گزارش شده است. بررسی گیاهان روغنی خانواده براسیکا نیز نشان داد گیاهان متحمل به شوری این خانواده که در شرایط تنش از فتوسنتز و تولید زیست توده بیشتری برخوردارند از محتوی آب برگ بیش‌تری در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس به شوری برخوردار بودند (Ashraf and McNeiily,2004).

جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ های نخود و سطوح شوری

شوری / ژنوتیپ	غلظت سدیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)			غلظت کربوهیدرات های محلول برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)			پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر برگ)			رطوبت نسبی برگ (٪)			عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)		
	۶/۲	۳/۱	۰/۷	۶/۲	۳/۱	۰/۷	۶/۲	۳/۱	۰/۷	۶/۲	۳/۱	۰/۷	۶/۲	۳/۱	۰/۷
MCC870	۱۳/۴ij	۷/۶kl	۳/۹ o	۱۱۵/۳c	۶۷/۶fg	۲۲/۷mn	۱۰/۶ab	۳/۵h	۰/۷۵k	۶۴/۲k	۸۱/۷d	۹۲a	۱۳۲jkl	۱۶۶h	۲۱۱de
MCC392	۱۴/۷ij	۶/۵k-n	۶/۰ k-o	۱۲۱/۹ab	۷۵/۹e	۲۴/۶lm	۹/۲c	۳/۶gh	۰/۹۱k	۶۷/۲ijk	۸۳/۷cd	۹۰/۴ab	۱۱۸kl	۱۶۰hi	۲۱۴de
MCC78	۱۳/۱ij	۷/۰k-n	۴/۷ mno	۱۲۳/۶a	۶۲/۷g	۲۲/۸mn	۱۰/۲b	۴/۱d-g	۰/۶۵k	۶۷/۵ijk	۷۷/۳ef	۹۳/۹a	۱۱۷kl	۱۷۵gh	۲۰۵de
MCC358	۲۶/۳abc	۱۵/۴i	۵/۳ l-o	۷۵/۲e	۴۰/۹hij	۲۸/۵kl	۳/۴h	۱/۱k	۰/۹۱k	۵۴/۷l	۷۱/۹gh	۹۱/۹a	۷۴m	۱۴۲jkl	۱۹۸efg
MCC361	۲۶/۵abc	۲۰/۷fgh	۵/۲ l-o	۶۳/۴g	۳۵/۰1	۳۸/۱j	۳/۲hi	۱/۱k	۰/۹۶k	۵۴/۲l	۷۰/۵hi	۹۰/۸a	۴۷n	۷۶m	۲۱۶cde
MCC759	۲۶/۸abc	۲۰/۹fgh	۵/۶ l-o	۶۲/۹g	۳۹/۴ij	۲۳/۵lm	۴/۲j	۱/۰k	۰/۵۴k	۵۳/۲l	۷۰/۶hi	۹۲/۵a	۴۷n	۱۱۹jkl	۲۰۰def
MCC873	۱۲/۳j	۶/۴k-o	۵/۰ l-o	۱۲۱/۵ab	۷۱/۱ef	۲۴/۵lm	۱۰/۲b	۳/۶fgh	۰/۷۴k	۶۵/۷jk	۸۱/۱de	۹۴/۳a	۱۴۳ij	۱۸۰fgh	۱۹۶efg
MCC537	۱۵/۱i	۸/۵k	۴/۴ mno	۱۱۶/۴c	۶۵/۹g	۳۰/۸k	۱۱/۱a	۳/۷e-h	۰/۸۸k	۶۵/۵jk	۸۰/۹de	۹۴/۱a	۱۳۰jkl	۱۶۷h	۱۹۷efg
MCC774	۲۷/۹a	۲۲/۲efg	۴/۹ l-o	۷۴/۹e	۴۲/۱hij	۲۲/۶mn	۳/۱hi	۰/۹۸k	۰/۶۶k	۵۳/۳l	۶۷/۲ijk	۹۲/۹a	۳۳n	۱۱۲l	۲۴۸a
MCC39	۲۶/۱abc	۲۰/۵fgh	۵/۳ l-o	۸۵/۱d	۴۵/۱h	۲۵/۱lm	۳/۴h	۱/۰k	۰/۷۳k	۵۵/۹l	۷۱/۸gh	۹۱/۵a	۳۵n	۱۱۲l	۲۲۴bcd
MCC552	۲۵/۳abc	۲۲/۵def	۵/۵ l-o	۵۳/۴ j	۴۱/۳hij	۲۸/۴kl	۲/۷ij	۱/۰k	۰/۷۱k	۵۲/۵l	۷۰/۶hi	۹۱/۳a	۴۱n	۱۳۳jkl	۲۳۸abc
MCC588	۲۷/۳ab	۱۸/۵h	۴/۶ mno	۶۵/۳g	۴۳/۷hi	۳۲/۳k	۴/۲def	۱/۲k	۰/۶۷k	۵۴/۵l	۷۴/۹fg	۹۲a	۳۱n	۱۳۲jkl	۲۴۳ab
MCC101	۲۴/۷bcd	۱۸/۶h	۴/۹ l-o	۷۴/۶e	۴۰/۴hij	۲۴/۹lm	۴/۳de	۱/۱k	۰/۸۳k	۵۵/۵l	۶۵/۱jk	۹۳/۹a	۳۸n	۱۱۴ l	۱۹۳efg
MCC776	۲۴/۵cde	۱۹/۸gh	۴/۳ no	۶۴/۶g	۴۴/۹h	۲۲/۸mn	۴/۲def	۱/۴k	۰/۷۲k	۵۴/۹l	۷۳gh	۹۲/۸a	۱۳۰jkl	۱۳۰jkl	۲۰۹de
MCC10	۱۲/۴j	۷/۲klm	۴/۴ mno	۱۱۷/۵bc	۷۱/۵ef	۲۰/۶mn	۱۰/۹a	۴/۵d	۰/۷۴k	۷۳/۱gh	۸۶/۱bc	۹۲/۳a	۱۲۳jkl	۱۷۵gh	۲۰۸de

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می باشند، در هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

*: سطوح شوری بر اساس دسی زیمنس بر متر است.

ادامه جدول ۲: مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ های نخود و سطوح شوری

	K/Na		غلظت پتاسیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ)			
شوری / ژنوتیپ	۶/۲	۳/۱	۰/۷	۶/۲	۳/۱	۰/۷
MCC870	۲/۸jkl	۷/۴h	۱۳/۱a	۳۷/۳ijk	۵۰/۲ abc	۵۳/۸a
MCC392	۲/۶jkl	۶/۶hi	۸/۷g	۳۸/۰hi	۴۲/۴fgh	۵۲/۴a
MCC78	۲/۸jkl	۶/۳hi	۱۰/۶cd	۳۶/۵jkl	۴۴/۳efg	۴۹/۳a-d
MCC358	۰/۸۹mn	۲/۱klm	۹/۲fg	۲۳/۴p	۳۲/۲j-m	۴۸/۹a-e
MCC361	۰/۷۹mn	۱/۷k-n	۹/۶efg	۲۱/۱pq	۳۵/۷j-m	۵۰/۱abc
MCC759	۰/۷۸mn	۱/۷k-n	۹/۲fg	۲۰/۹pq	۳۵/۰j-m	۵۱/۵ab
MCC873	۳/۴ j	۶/۹h	۹/۹d-g	۴۱/۷ghi	۴۴/۳efg	۴۹/۹abc
MCC537	۲/۱k-n	۵/۳ i	۱۲/۲ab	۳۱/۳mn	۴۴/۹d-g	۵۳/۰a
MCC774	۰/۷۵mn	۱/۴lmn	۹/۹d-g	۲۰/۹pq	۳۱/۵lmn	۴۹/۴a-d
MCC39	۰/۹۴mn	۱/۶k-n	۹/۶efg	۲۴/۵op	۳۳/۵j-m	۵۰/۹ab
MCC552	۱/۱mn	۱/۵lmn	۹/۵efg	۲۸/۴no	۳۳/۹j-m	۵۲/۲a
MCC588	۰/۸mn	۱/۹klm	۱۱/۱bcd	۲۱/۹pq	۳۶/۲j-m	۵۰/۷ab
MCC101	۰/۶۹n	۱/۷k-n	۱۰/۴def	۱۷/۰q	۳۱/۴lmn	۵۰/۵ab
MCC776	۰/۷۲mn	۱/۸klm	۱۰/۹cd	۱۷/۷q	۳۵/۰j-m	۴۶/۹b-e
MCC10	۲/۹jk	۶/۰hi	۱۱/۷bc	۳۶/۲j-m	۴۲/۸fgh	۵۱/۱ab

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می باشند، در هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳: بررسی شاخص تحمل تنش شوری (STI) در ژنوتیپ‌های نخود

ژنوتیپ (MCC)	۱۰	۷۷۶	۱۰۱	۵۸۸	۵۵۲	۳۹	۷۷۴	۵۳۷	۸۷۳	۷۵۹	۳۶۱	۳۵۸	۷۸	۳۹۲	۸۷۰
شاخص تحمل تنش	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۵۶۴	۰/۶۱۷	۰/۲۰۷	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۶۱

تنش شوری با اثرگذاری بر میزان رطوبت نسبی برگ نخود موجب کاهش فتوسنتز، کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز نخود شد (Grewal, 2010). بیش‌تر بودن رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش بیانگر قابلیت انجام تنظیم اسمزی در شرایط تنش، تورژسانس سلول ها و حفظ رطوبت برگ‌ها می‌باشد که پایداری فتوسنتز در شرایط تنش را به دنبال دارد. در تحقیق حاضر نیز ژنوتیپ MCC10 که در شرایط شوری دارای رطوبت نسبی برگ بالایی در مقایسه با سایر ژنوتیپ های مورد مطالعه بود از غلظت بالای پرولین و کربوهیدرات های محلول برخوردار بود که نشان دهنده تنظیم اسمزی مناسب در این ژنوتیپ در راستای حفظ رطوبت برگ‌ها می باشد.

غلظت پرولین و کربوهیدرات های محلول برگ

شوری سبب افزایش غلظت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ در ژنوتیپ‌های نخود شد (جدول ۲). بررسی غلظت پرولین برگ نشان داد کم‌ترین غلظت پرولین در ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361 ، MCC759، MCC39، MCC552، MCC588، MCC101 و MCC776 مشاهده شد، در حالی‌که ژنوتیپ‌های MCC78 و MCC10 بیش‌ترین غلظت پرولین برگ در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس را به خود اختصاص دادند (۴/۱ و ۴/۵ میکرومول بر گرم وزن تر). در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ‌های MCC53، MCC10 و MCC870 با غلظت پرولین معادل ۱۱، ۱۰/۹ و ۱۰/۶ میکرومول بر گرم وزن تر بیش‌ترین میزان این اسمولیت را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). محققین بیان نمودند گیاهان در شرایط تنش شوری با تحریک سنتز و تجمع اسمولیت‌های آلی نظیر پرولین در پیکره خود سطوح بالایی از هدایت روزنه‌ای را حفظ کند. ایشان استدلال نمودند که اسمولیت‌های آلی قادرند با بالا نگهداشتن رطوبت نسبی برگ تحت شرایط تنش شوری، سبب ادامه تبادلات روزنه‌ای، ادامه فتوسنتز و در نتیجه حفظ کارآیی و رشد گیاه تحت شرایط تنش شوری شوند (Munns, 2002; Asha and Dhingra, 2007; Poustini *et al.*, 2007). در درون سلول‌های گیاهی، پرولین علاوه بر اینکه به عنوان ماده حفظ تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل می کند نقش حفاظت از زیرساخت‌های سلولی در برابر صدمات رادیکال های آزاد را نیز انجام می دهد (Singh, 2004). کافی و همکاران (۱۳۸۹) با مطالعه نخود مشاهده نمودند که تجمع پرولین در ارقام حساس به شوری نخود بیش از ارقام متحمل به شوری بود که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی ندارد، اما کمال (Kamal , 2002) با مطالعه واکنش ماش و سینگ (Singh, 2004) با مطالعه واکنش نخود به تنش شوری افزایش تجمع پرولین در ارقام متحمل به شوری این گیاهان را گزارش نمودند. افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش شوری الزاما به معنی افزایش تحمل تنش نیست، بلکه می‌تواند ناشی از کاهش مصرف پرولین برای سنتز پروتئین باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس بر متر بیش‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ در ژنوتیپ‌های MCC392، MCC873 و MCC10 به میزان ۷۵/۹، ۷۱/۱ و ۷۱/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ مشاهده شد در حالی‌که ژنوتیپ MCC361 کم‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ در این سطح شوری را داشت (۳۵/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ). در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ‌های MCC392، MCC78 و MCC873 با کربوهیدرات محلول برگ به میزان ۱۲۱/۹، ۱۲۳ و ۱۲۱/۵ میلی‌گرم بر بر گرم وزن خشک برگ بیش‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ را داشتند، در حالی‌که کم‌ترین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ MCC552 به میزان ۵۳/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ مشاهده شد (جدول ۲). بررسی واکنش ژنوتیپ-های نخود به سطوح شوری نشان داد در شرایط سطوح شوری غلظت کربوهیدرات‌های محلول و پرولین برگ افزایش یافت،

اما میزان افزایش غلظت این متابولیت‌های ثانویه در ژنوتیپ‌های متحمل به شوری بیش از ژنوتیپ‌های حساس به شوری بود (کافی و همکاران، ۱۳۸۹) که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در شرایط تنش شوری گیاهچه ژنوتیپ‌های متحمل به شوری گندم دارای غلظت کربوهیدرات محلول بیش‌تری در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس بودند که محتوی رطوبت نسبی برگ بیش‌تر این ژنوتیپ‌ها را در پی داشت (فرهودی، ۱۳۹۳). تجمع ترکیبات اسمزی نظیر پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و گلایسین بتایین در شرایط تنش شوری سبب بهبود عملکرد دانه و فتوسنتز لوبیا شد، زیرا میزان رطوبت نسبی برگ در این شرایط افزایش یافت (Khadri *et al.*, 2007).

غلظت سدیم و پتاسیم برگ

نتایج جدول ۳ بیانگر افزایش غلظت سدیم برگ ژنوتیپ‌های نخود در شرایط شوری است، در حالی‌که در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری میان غلظت این یون بین ژنوتیپ‌های نخود مشاهده نشد. در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ‌های MCC361، MCC759، MCC774، MCC39 و MCC552 بیش‌ترین غلظت سدیم برگ را داشتند که نشان دهنده تجمع یون سدیم در برگ این ژنوتیپ‌های در شرایط تنش شوری است. در حالی‌که ژنوتیپ‌های MCC870، MCC392، MCC78، MCC358، MCC873 و MCC10 کم‌ترین غلظت سدیم برگ را به خود اختصاص دادند. در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ MCC774 بیش‌ترین غلظت سدیم برگ را داشت (۲۷/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) که تفاوت معنی‌داری با غلظت سدیم برگ ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC759، MCC588، MCC552 و MCC39 نداشت. در این سطح شوری کم‌ترین غلظت یون سدیم برگ در ژنوتیپ‌های MCC873 و MCC10 مشاهده شد (۱۲/۳ و ۱۲/۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک برگ) که تفاوت معنی‌داری با غلظت یون سدیم برگ ژنوتیپ های MCC870، MCC392 و MCC78 نداشت (جدول ۲). افزایش غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاهان زراعی تحت تاثیر تنش شوری و اثر منفی آن بر فتوسنتز، وزن خشک گیاه، جذب پتاسیم و سلامت غشاهای سلولی توسط بسیاری از محققین در گیاهان زراعی (Ashraf and McNielly; 2004؛ Munns and James, 2003) و از جمله در گیاه نخود (Asha and Dhingra, 2007؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۹) گزارش شده است. تجمع یون سدیم در برگ نخود موجب تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش رطوبت برگ شد (Grewal, 2010). سطوح شوری سبب تجمع یون سدیم در برگ ژنوتیپ های نخود شد، اما تجمع این یون در ژنوتیپ‌های حساس به شوری بسیار بیش‌تر از ژنوتیپ های متحمل به تنش بود (کافی و همکاران، ۱۳۸۹). تجمع یون سدیم در برگ و ریشه گیاه لوبیا چشم بلبلی سبب کاهش رشد و وزن خشک این اندام‌ها شد. دلیل اصلی کاهش رشد برگ و ریشه لوبیا چشم بلبلی تخریب غشاهای سلولی، کاهش فتوسنتز و کاهش تورژسانس برگ تحت تأثیر یون سدیم گزارش شد، به‌طوری‌که با افزایش غلظت یون سدیم در برگ،

کاهش رشد و عملکرد ماده خشک گیاه شدت گرفت (Cavalanti *et al.*, 2007). نتایج بررسی غلظت پتاسیم برگ ژنوتیپ‌های نخود نشان داد در شرایط افزایش سطوح شوری غلظت این یون در برگ ژنوتیپ‌های نخود کاهش یافت. در سطح شوری ۳/۱ دسی زیمنس بر متر بیش‌ترین غلظت پتاسیم برگ در ژنوتیپ MCC870 به میزان ۵۳/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ مشاهده شد. در سطح تنش شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر کم‌ترین غلظت پتاسیم برگ که بیانگر آسیب پذیری گیاه در شرایط تنش شوری است در ژنوتیپ‌های MCC101 و MCC776 مشاهده شد (به‌ترتیب ۱۷ و ۱۷/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ) که تفاوت معنی‌داری با غلظت پتاسیم برگ ژنوتیپ‌های MCC588، MCC361 و MCC759 نداشت. در همین حال ژنوتیپ MCC873 بیش‌ترین میزان پتاسیم برگ به میزان ۴۱/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ را داشت که تفاوت معنی‌داری با غلظت پتاسیم برگ ژنوتیپ‌های MCC870 و MCC392 نداشت (جدول ۲). حفظ سطح بالایی از غلظت یون پتاسیم در شرایط شوری جهت حفظ کارایی فتوسنتزی گیاهان تحت تنش ضروری است (Luo *et al.*, 2005; Neto *et al.*, 2006; Poustini *et al.*, 2007;Farhoudi *et al.*, 2014). افزایش سطوح شوری سبب افزایش غلظت یون سدیم و کاهش غلظت یون پتاسیم در برگ نخود شد که کاهش میزان فتوسنتز و غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی را در پی داشت (Hernandez *et al.*, 2000، کافی و همکاران، ۱۳۸۹، پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی واکنش گیاهان در مقابل تنش شوری نشان داد یکی از دلایل آسیب گیاهان تحت تأثیر شوری تجمع یون سدیم در بافت‌های گیاهی است، توانایی گیاهان در جذب پتاسیم در مقابل افزایش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی یکی از مکانیسم‌های مقاومت گیاهان در مقابل شوری است (Flowers, 2004; Khadri *et al.*, 2007) به عبارت دیگر گیاهانی که قادرند با کاهش جذب سدیم در مقابل پتاسیم، نسبت بالایی از پتاسیم به سدیم را در شرایط تنش حفظ کنند قادرند تا حد زیادی اثرات نامطلوب تنش شوری را تحمل کنند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری بین نسبت پتاسیم به سدیم برگ ژنوتیپ‌های نخود مشاهده شد که ناشی از تفاوت در غلظت این یون‌ها در برگ ژنوتیپ‌های نخود در شرایط شاهد است. تنش شوری سبب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در کلیه ژنوتیپ های نخود مورد مطالعه شد. در تنش شوری ۳/۱ بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ در ژنوتیپ MCC870 به میزان ۷/۴ مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با این نسبت در ژنوتیپ‌های MCC392، MCC873، MCC78 و MCC10 نداشت. سایر ژنوتیپ‌های به استثنای ژنوتیپ MCC537 کم‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ را داشتند (جدول ۳). همچنین ژنوتیپ MCC873 در شرایط تنش شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم برگ را داشت (۳/۴) که تفاوت معنی‌داری با این نسبت در ژنوتیپ‌های MCC870، MCC392، MCC78 و MCC10 نداشت. سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای کم‌ترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم بودند. تحقیقات بسیاری از محققان حاکی است

توان گزینشی نخود برای پتاسیم یکی از مولفه‌های اصلی تحمل شوری و کاهش اثرات منفی تجمع یون سدیم در برگ نخود است (Hernandez *et al.*, 2000؛ Turner *et al.*, 2013؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۹). تجمع یون سدیم و کاهش غلظت پتاسیم در برگ ژنوتیپ های مختلف گندم تحت تاثیر شوری سبب آسیب پذیری گیاهچه گندم در برابر آتش شوری شد. ژنوتیپ‌های گندمی که تحت تأثیر تنش شوری توانستند با جذب سدیم کمتر، نسبت پتاسیم به سدیم را در سطح بالایی نگهداری کنند قادرند اثرات نامطلوب شوری را بهتر تحمل کنند (Poustini and Siosemardeh, 2004، فرهودی، ۱۳۹۳). البته با افزایش شدت شوری توان گزینشی گیاهان برای پتاسیم نیز کاهش می‌یابد، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که از نظر غلظت پتاسیم برگ در سطوح بالای شوری برتری دارند، معمولاً تحمل به شوری بیش‌تری نشان می‌دهند. بنابراین بررسی نسبت پتاسیم به سدیم برگ یک صفت مناسب برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در گیاهان زراعی گزارش شده است (Ashraf and McNielly; 2004؛ Munns and James, 2003; Flowers, 2004; Poustini *et al.*, 2007؛ کافی و همکاران، ۱۳۸۹).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد تنش شوری سبب کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود شد، اما در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سطح شوری ۶/۲ دسی زیمنس بر متر ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870، MCC873، MCC537، MCC776 و MCC10 بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند و از این میان ژنوتیپ‌های MCC873، MCC870 و MCC776 دارای بیش‌ترین شاخص تحمل تنش شوری نیز بودند. این ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در شرایط تنش در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از میزان بیش‌تر نسبت پتاسیم به سدیم، غلظت کربوهیدرات‌های محلول و پرولین برگ برخوردار بودند. در حالی‌که در ژنوتیپ‌های حساس به شوری نخود مانند ژنوتیپ‌های MCC588، MCC101 و MCC39 بیش‌ترین غلظت سدیم برگ، کم‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم و همچنین رطوبت نسبی برگ مشاهده شد. پیشنهاد می گردد در تحقیقات آینده تغییرات یونی و حبس یون‌ها در اندام‌های تحتانی گیاه متحمل به تنش شوری بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

از بخش تحقیقات شوری دانشگاه دانکوک کره جنوبی که این پروژه را حمایت مالی نموده‌اند، تشکر و قدردانی می شود.

منابع

اسکندری تربقان، م.، آستارایی، ع. ر.، اسکندری تربقان، م. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش شوری حاصل از نسبت‌های آنیونی کلر به سولفات و کود نیتروژن در جو رقم نصرت. مجله تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی ۲(۱):ص ۲۷-۱۵.

پور اسماعیل،م.، رستگار،ج. و زنگی آبادی، م. ۱۳۹۳. تحمل شوری و ارتباط آن با زیست توده در ژنوتیپ‌های نخود زراعی. مجله به زراعی کشاورزی ۱۶(۳):ص ۷۶۳-۷۴۹.

فرشاد فر، ع .ا. و ج. جوادی نیا. ۱۳۹۰. ارزیابی ژنوتیپ های نخود از نطر تحمل به خشکی. مجله به نژادی نهال و بذر ۲۷ (۴): ص ۵۳۷-۵۱۷.

فرهودی، ر. ۱۳۹۳. تاثیر تنش خشکی بر فیزیولوژی گندم در مرحله رشد گیاهچه ای. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۲۰: ص۸۹-۷۱.

کافی، م.، باقری، ا.ر.، نباتی، ج.، زارع مهرجردی، م. و معصومی، ا. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر سطوح شوری بر رشد ۱۱ ژنوتیپ نخود در شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت گلخانه ای، ۴:ص ۶۹-۵۵.

گنجعلی، ا.، رهبریان، ر.، باقری، ا. و ملک زاده، س. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمی ژنوتیپ های نخود در شرایط مزرعه. پژوهش های حبوبات ایران، ۵: ص۱۰۲-۹۱.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۹۳. نقش حبوبات در کشاورزی ایران. مجموع مقالات پنجمین کنفرانس حبوبات ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

Asha, A. and Dhingra, H. R. 2007. An integrated approach for screening of chickpea genotypes for salinity tolerance. Indian Journal of Plant Physiology 12: 378–382.

Ashraf, M. and McNeilly, T. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Review of Plant Science 23: 157-174.

Bates, L. S., Waldre, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39:205- 208.

Cavalanti, F. R., Lima, J. P. M. S., Silva, S. L. F., Viegas, R. A. and Silveira, J. A. G. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology 164:591-600.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Snalytical Chemistry 28, 350-356.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria of assessing plant stress tolerance. Brazilian Journal of Plant Physiology 2: 23-30.

Flowers, T. J. 2004. Improving salt tolerance in plants. Journal of Experimental Botany 55: 307-319.

Grewal, H. S. 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. Agricultural Water Management . 97: 148- 156.

Hernandez, J. A., Jimenze,A. and Sevilla, F. 2000. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. Plant, Cell and Environment 23:853-862.

Kamal, M. 2002. The effect of sodium chloride stress on the ion composition and the mechanism of osmotic adjustment in *Vicia faba*. Pakistan Journal of Biological Science 5:885-890.

Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., Karam, F. and Mastrorillia, M. 1996. Effect of salinity on water stress, growth and yield of maize and sunflower. Agriculture Water Management 30:237-249.

Luo, Q., Yuand, B.and Liu, Y. 2005. Differential sensitivity to chloride and sodium in ions in seedling of Glycin max and soja under NaCl stress. Crop Physiology 3:14-19.

Maliro, M. F. A., Mc Neil, D. L, Redden, B., Kollmorgen, J. F and Pittock, C. 2008. Sampling strategyies and screening of chickpea (*Cicer arietinum*) germplasm for salt tolerance. Genetic Resources and Crop Evolution 55:53 - 63.

Munns, R. and James, R. A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil 253: 201-218.

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

Neto, A. D. A., Drisco, J. T., Eneas-Filho, J., lacerda, C. F., Silva, J. V., Costa, P. H. A. and Gornes-Filho,E.2006. Effects of salt stress on plant growth, stomotal response and solute accumulation of different maize genotypes. Brazilian Journal of Plant Physiology 16: 31-38.

Owen, C. P. 1992. Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia. PP: 33-45.

Poustini, K, Siosemardeh, A. and Ranjbar, M. 2007. Proline accumulation as response to salt stress in 30 wheat (T.aestivum) cultivars . Genetic Resource Crop Evolution 54:925-934.

Poustini, K. and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field crop Research 55:125-133.

Shahid, M. A., Balal, R. M. and Pervez, M. A. 2012. Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. Australian Journal of Crop Science 6:828-838.

Shirazi, M. U.,Ashraf, M. Y., khan M. A. and Nagvi, M. H. 2005. Potassium induced salinity tolerance in wheat. International Journal of Environment Science Technology 2:233-236.

Singh, A. K. 2004. The physiology of salt tolerance in four genotypes of chickpea during germination. Journal of Agriculture Science and Technology 6: 87-93.

Turner, N. C., Colmer, T. D., Quealy, J., Pushpavalli, R., Krishnamurthy, L., Kaur, J., Singh, G., Siddique, K. H. M. and Vadez, V. 2013. Salinity tolerance and ion accumulation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) subjected to salt stress. Plant and Soil 365: 347-361.

Vadez, V., Krishnamurthy, L., Gaur, P. M, Upadhyaya, H. D, Hoisington, D.A,Varshney, R.K, Turner, N. C and Siddique, K. H. M. 2007. Large variation in salinity tolerance in chickpea is explained by differences in sensitivity at the reproductive stage. Field Crops Research 104 :123-129.