

## بررسی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری

روزبه فرهودی\* و زهرا خدارحم‌پور

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۰۸)

### چکیده:

تنش شوری یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. این پژوهش به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ۱۵ رقم نخود به تنش شوری به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل ارقام نخود و سطوح هدایت الکتریکی آب آبیاری (آب دارای هدایت الکتریکی ۰/۷ دسی زیمنس بر متر به عنوان شاهد و سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر به عنوان تنش شوری) بود. نتایج نشان داد تنش شوری سبب کاهش درصد ظهور گیاهچه بر سطح خاک و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر ارقام نخود شد. تنش شوری سبب کاهش وزن خشک و فتوستتوز ارقام نخود شد اما میزان تنفس برگ را افزایش داد. ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 بیشترین میزان وزن خشک بوته را به خود اختصاص دادند با این حال ارقام MCC776 و MCC552 با وزن خشک ۰/۶۳ و ۰/۶۱ گرم در بوته از کمترین وزن خشک بوته برخوردار بودند. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، گوایکول پراکسیداز و گلاتینون ردکتاز تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافت. بیشترین میزان غلظت مالون دی‌آلدئید که بیانگر تخریب غشای سلولی گیاهچه است در ارقام MCC759، MCC361 و MCC101 به میزان ۰/۹۵، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ نانومول بر گرم وزن تر گیاهچه مشاهده شد در حالیکه رقم MCC392 کمترین غلظت مالون دی‌آلدئید در شرایط تنش شوری را داشت. نتایج نشان داد در شرایط تنش شوری ارقام نخود که دارای بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بودند از میزان فتوستتوز، پایداری غشا سلولی و وزن خشک گیاهچه بیشتری نیز برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: آلفا آمیلاز، فتوستتوز، کاتالاز، گوایکول پراکسیداز، گلاتینون ردکتاز.

### مقدمه:

هند، ترکیه و پاکستان در جایگاه چهارم تولید قرار دارد (مجنون حسینی، ۱۳۹۲). رشد گیاه نخود در طول دوره رشد تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی قرار می‌گیرد. یکی از عوامل تأثیر گذار بر عملکرد دانه نخود تنش شوری است که با تأثیر گذاری بر فرآیند جوانه‌زنی، فتوستتوز، عملکرد آنزیم‌ها و رشد برگ‌ها عملکرد دانه نخود را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کافی و

نخود (*Cicer arietinum* L.) منبع غنی از پروتئین است که در طیف وسیعی از شرایط محیطی از شرق مدیترانه تا شمال هندوستان و استرالیا کشت می‌شود. این گیاه بیشترین سطح کشت خانواده حبوبات را در ایران به خود اختصاص داده است و در میان کشورهای تولید کننده این محصول، ایران پس از

چشم بلبلی در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز بود (Oliveira-Neto *et al.*, 1998). بروز تنش شوری در مراحل ابتدایی جوانه زنی بذر سبب کاهش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز، القای تنش اکسیداتیو و کاهش معنی دار جوانه زنی بذر گندم شد (Munns and James, 2003).

یکی از اثرات تنش شوری در گیاهان، تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن مانند آب اکسیژنه، سوپر اکسید و رادیکال هیدروکسیل و تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر آنها می‌باشد. در واقع تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلول گیاهی منجر به القای تنش اکسیداتیو و تخریب چربی‌های غشا، پروتئین‌ها و ماده وراثتی سلول می‌شود (Munns and James, 2003). تحقیقات نشان داد در شرایط تنش شوری میزان تخریب غشاهای سلولی و نشت پذیری غشا سلولی ارقام گندم افزایش یافت اما میزان نشت پذیری غشا سلولی در ارقام گندم حساس به شوری بیشتر از ارقام متحمل به شوری بود (Sherazi *et al.*, 2005). بررسی تخریب غشاهای سلولی و تولید مالون دی آلدئید ناشی از تخریب غشاهای سلولی یکی از معیارهای بررسی واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله شوری است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Munns, 2002). محققان با بررسی واکنش گیاهچه برنج و ارزن به تنش شوری مشاهده نمودند تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی آلدئید و تخریب غشاهای سلولی در گیاهان مورد مطالعه شد (Bhattacharjee and Mukherjee, 2000; Sreenivasulu *et al.*, 2002). گیاهان جهت رفع مشکلات ناشی از تنش اکسیداتیو نسبت به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان اقدام می‌نمایند که از مهمترین این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتایون ردکتاز اشاره نمود (Ashraf and Ali, 2008). آسکوربات پراکسیداز یک آنزیم آنتی اکسیدان است که به عنوان کاتالیزور، اکسیداسیون ترکیبات پروتون دهنده را با آب اکسیژنه کاتالیز می‌کند و در نتیجه موجب تجزیه آب اکسیژنه می‌شود (Mittler, 2002; Munns, 2002). کاتالاز نیز یک آنزیم اکسیدوردکتاز است که در حذف آب اکسیژنه از

همکاران، ۱۳۸۹). محققین تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان نموده‌اند به نحوی که رشد و نمو طبیعی گیاه را به دلیل اختلال در جذب آب و املاح و همچنین مسمومیت یونی مختل سازد (Jakob *et al.*, 2005). محققین کاهش فتوسنتز و افزایش شدت تنفس (حبیب الهی و همکاران، ۱۳۹۱)، کاهش غلظت کلروفیل و تخریب غشای سلولی (Ashraf and Ali, 2008) و کاهش وزن خشک گیاه (اله دادی و همکاران، ۱۳۸۷) تحت تأثیر تنش شوری را گزارش نموده‌اند. تنش شوری موجب کاهش سرعت جوانه زنی، کاهش غلظت کلروفیل و تشدید تخریب غشاهای سلولی گیاهچه نخود شد که کاهش رشد نخود را در پی داشت (Kafi *et al.*, 2011).

جوانه‌زنی بذر یکی از مهمترین مراحل رشد گیاهان زراعی است که در تعیین تراکم نهایی بوته در واحد سطح و تولید عملکرد دانه نقش اساسی دارد. درصد جوانه‌زنی و سرعت سبز شدن بذر تحت تأثیر عوامل محیطی مانند تنش شوری قرار می‌گیرد. تنش شوری در مرحله جوانه زنی سبب کاهش درصد جوانه زنی، کاهش رشد گیاهچه و کاهش سرعت سبز شدن بذر ارقام نخود شد و تنوع قابل توجهی میان ارقام نخود از نظر تحمل تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی مشاهده گردید (اله دادی و همکاران، ۱۳۸۷؛ بهبودیان و همکاران، ۱۳۸۴). تنش شوری آب قابل دسترس بذر نخود را در فرآیند جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار داد و منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی بذر شد (Okcu *et al.*, 2005). تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام سویا شد. تجمع املاح مضر نظیر کلر و سدیم و کاهش آب قابل دسترس بذر و گیاهچه در حال رشد از دلایل کاهش رشد گیاهچه ارقام سویا و درصد جوانه‌زنی آنها بود (باقری فرد و همکاران، ۱۳۹۳). آنزیم آلfa آمیلاز از آنزیم‌های حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها در فرآیند جوانه‌زنی است که فعالیت آن تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله تنش شوری قرار می‌گیرد. تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز و جوانه‌زنی بذر ارقام کلزا شد (فرهودی، ۱۳۹۱). تأخیر در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه لوبیا

روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داشتند. در ابتدای آزمایش هدایت الکتریکی خاک آزمایش ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر و در پایان آزمایش در گلدان‌هایی که تنش شوری اعمال شده بود هدایت الکتریکی خاک به طور متوسط ۱/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود.

در بخش اول این آزمایش درصد ظهور گیاهچه بر سطح خاک، میانگین زمان جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بررسی شد. در بخش دوم نیز وزن خشک اندام هوایی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، میزان فتوسنتز و تنفس و همچنین غلظت مالون دی‌آلدهید گیاهچه مورد بررسی قرار گرفتند. درصد ظهور گیاهچه بر سطح خاک و میانگین زمان جوانه‌زنی (بر اساس داده‌های ۸ روز پس از اولین آبیاری) بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه گردید (Scott *et al.*, 1984):

رابطه ۱:

$$100 \times \frac{\text{تعداد بذور جوانه‌زده در دوره آزمایش}}{\text{کل بذور کاشته شده}} = \text{درصد جوانه‌زنی}$$

$$\text{رابطه ۲: } MGT = \frac{\sum f_i x_i}{N}$$

f<sub>i</sub>: روز شمارش

x<sub>i</sub>: تعداد بذر جوانه‌زده در روز f

N: کل بذرهای جوانه‌زده

جهت بررسی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، شش روز پس از اولین آبیاری سه بذر در حال جوانه‌زنی از هر جعبه کشت جدا شد. برای تهیه محلول استخراج ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH=6.8) به گیاهچه‌ها اضافه شد و سپس گیاهچه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (با دور ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه). جهت اندازه‌گیری آنزیم α-آمیلاز ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به داخل لوله آزمایش منتقل شد سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در بالا به آن اضافه شده و بعد از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد بوسیله یک میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن اضافه شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه

سلول‌های گیاهی نقش دارد و گلوکاتایون ردکتاز نیز در حذف گلوکاتایون اکسید شده از محیط سلول نقش اساسی دارد (Mittler, 2002). در گیاه عدس و نخود میان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تحمل تنش شوری همبستگی مثبتی مشاهده شد که بیانگر نقش مثبت این آنزیم‌ها در تحمل تنش شوری بود که تحقیقات (Hernandez *et al.*, 2000; Bandoğlu *et al.*, 2004). نشان داد تنش شوری سبب القای تنش اکسیداتیو، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش غلظت کلروفیل برگ گیاهچه ارقام نخود ایرانی شد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به اهمیت تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد رویشی، این پژوهش به منظور بررسی مراحل ابتدایی رشد گیاهچه ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری و شناخت سازوکارهای احتمالی تحمل تنش شوری در گیاهچه ارقام نخود انجام شد.

## مواد و روش‌ها:

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ۱۵ رقم نخود به تنش شوری به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل ارقام نخود و سطوح شوری آب آبیاری (آب دارای هدایت الکتریکی ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان شاهد و سطح شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان تنش شوری) بود. جهت ضدعفونی نمودن بذرها، آن‌ها را در محلول هیپوکلریت سدیم به مدت سه دقیقه خیسانده و سپس توسط آب مقطر به خوبی شسته شدند. برای اعمال تنش شوری از نمک کلرید سدیم آزمایشگاهی (شرکت مرک آلمان) استفاده شد.

محیط کشت شامل جعبه‌های کشت به طول و عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر بود که توسط مخلوط خاک و کود حیوانی (به نسبت ۳ به ۱) پر شده بودند. در هر جعبه کشت ۲۵ عدد بذر کشت شد و پس از کشت بذرها، از اولین آبیاری تنش شوری اعمال شد. طول دوره آزمایش ۳۵ روز بود و در این مدت گلدان‌ها در گلخانه با شرایط دمای ۱۸/۲۴ درجه سانتیگراد، رطوبت ۶۰ درصد و تناوب ۱۶ ساعت

شاهد مقایسه شد (Xiao et al., 2006).

جهت بررسی وزن خشک اندام هوایی، ۳۵ روز پس از اولین آبیاری، سه گیاهچه از هر گلدان جدا شد و در پاکت کاغذی در آن با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن آن با ترازو بررسی شد.

جهت بررسی فعالیت آنزیم گوايکول پراکسیداز ابتدا ۰/۱ گرم بافت گیاهچه در هاون چینی بوسیله نیتروژن مایع کاملاً پودر شد و سپس یک میلی مولار آسکوربات و یک میلی لیتر بافر ۱۰۰ میلی مولار فسفات پتاسیم (اسیدیته ۷) حاوی EDTA به آن اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه در سانترفیوژ با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانترفیوژ شد و در پایان ۵۰ میکرولیتر از قسمت بالایی این محلول برای بررسی فعالیت آنزیم به عنوان محلول پروتئینی برداشته شد. در ادامه بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار، یک میلی مولار آب اکسیژنه و ۵ میلی مولار آسکوربات با ۵۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده ترکیب شد و میزان جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر بررسی شد. برای بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز نیز ۵۰ میکرو مول از محلول پروتئینی استخراج شده از گیاهچه به ۱۰۰ میلی مول بافر فسفات اضافه و سپس ۳۰ میکرو لیتر پراکسید هیدروژن نیز به مخلوط افزوده شد. در نهایت این مخلوط در کووت اسپکتوفتومتر ریخته شد و در طول موج ۲۴۰ نانومتر فعالیت آنزیمی بر اساس تغییرات جذب قرائت شد (Chance and Maehly, 1995). جهت بررسی میزان فعالیت آنزیم گلاتیتینون ردکتاز نیز ۵۰ میکرولیتر از محلول پروتئینی با بافر فسفات ۲۰۰ میلی مولار (اسیدیته ۷)، ۵۰۰ میکرومولار گلوتاتیون اکسید شده، ۵۰ میکرومولار NADPH، ۱/۵ میلی مولار کلرید منیزیم ترکیب و پس از هم زدن میزان فعالیت آنزیم در طول موج ۳۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد (Oracz et al., 2007).

به منظور تعیین غلظت مالون دی آلدئید در برگ، نیم گرم برگ تازه از هر گیاه (دو نمونه از هر جعبه کشت) را در محلول ۲۰ درصد تیوکلرو استیک اسید که حاوی ۰/۵ درصد تیو باربیتوریک اسید بود کاملاً پودر کرده و آنگاه این مخلوط

به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد در حمام بن ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط را در حمام یخ سرد کرده و غلظت مالون دی آلدئید در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد (Valentovic et al., 2006).

جهت اندازه گیری فتوستتوز و تنفس از دستگاه سنجنش فتوستتوز و تنفس مدل LA-PO103 ساخت کره جنوبی استفاده شد. نمونه گیری ها بین ساعت ۱۲ ظهر تا یک بعد از ظهر از برگ بالغ انجام شد. به این منظور برگ در انبرک دستگاه قرار گرفت و پس از مدت ۶۰ ثانیه میزان فتوستتوز بر حسب میکرومول دی اکسیدکربن در مترمربع در ثانیه و تنفس بر حسب میکرومول اکسیژن در مترمربع در ثانیه قرائت شد (سه نمونه در هر جعبه کشت).

محاسبات آماری داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار Mstac و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن (در سطح آماری یک درصد) استفاده شد.

### نتایج و بحث:

نتایج آزمایش نشان داد کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر تنش شوری، ارقام نخود و برهمکش این دو فاکتور قرار گرفت (جدول ۱).

**فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز:** در شرایط نرمال کمترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در رقم MCC361 مشاهده شد که تفاوت معنی داری با ارقام MCC392 و MCC774 نداشت. تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذر ارقام نخود به استثنای رقم MCC78 (۸/۹ نانومول بر میلی گرم پروتئین بر دقیقه) شد. البته میزان فعالیت آلفا آمیلاز در این رقم در شرایط تنش شوری با ارقام MCC870، MCC392 و MCC10 تفاوت معنی داری نداشت. ارقام MCC776، MCC101 و MCC774 نیز کمترین میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در شرایط تنش شوری را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۳/۱، ۳/۱ و ۳ نانومول بر میلی گرم پروتئین بر دقیقه) (جدول ۲). آنزیم آلفا آمیلاز از آنزیم های حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات ها در فرایند جوانه زنی است که فعالیت آن تحت تأثیر عوامل محیطی

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات بررسی شده در ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد ظهور گیاهچه	میانگین زمان جوانه زنی	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز	وزن خشک اندام هوایی	فعالیت آنزیم کاتالاز
بلوک	۳	۱۸/۲ <sup>ns</sup>	۴۲/۱ <sup>**</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۳۷/۲ <sup>ns</sup>	۲/۹ <sup>ns</sup>
تنش شوری	۱	۲۵۴۱ <sup>**</sup>	۷۶/۳ <sup>**</sup>	۲۶ <sup>**</sup>	۴۱۵۶۸۴ <sup>**</sup>	۲۴۷ <sup>**</sup>
ارقام	۱۴	۲۰۰۲ <sup>**</sup>	۱۰۵/۶ <sup>**</sup>	۲۰/۲ <sup>**</sup>	۲۲۹۱ <sup>**</sup>	۴۱ <sup>**</sup>
تنش شوری×ارقام	۱۴	۲۳۰۵ <sup>**</sup>	۸۹/۹ <sup>**</sup>	۹/۸ <sup>**</sup>	۴۵۲۸ <sup>**</sup>	۲۱ <sup>**</sup>
خطای آزمایشی	۸۷	۱۸/۱	۷/۲	۱/۳	۳۷/۵	۰/۰۴
درصد ضریب تغییرات		۱۰/۹	۶/۱	۱۱/۲	۴/۲	۹/۹

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد

ادامه جدول ۱-

منابع تغییر	درجه آزادی	فعالیت آنزیم پراکسیداز	فعالیت آنزیم گلاتینین ردکتاز	غلظت مالون دی آلدئید	میزان فتوسنتز	میزان تنفس
بلوک	۳	۱۳ <sup>*</sup>	۰/۷ <sup>ns</sup>	۱/۱ <sup>ns</sup>	۱۳/۳ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
تنش شوری	۱	۲۶۱۲ <sup>**</sup>	۴۸۹ <sup>**</sup>	۸۲۸۹ <sup>**</sup>	۱۶۶۲ <sup>**</sup>	۳۵/۸ <sup>**</sup>
ارقام	۱۴	۱۶۸ <sup>**</sup>	۵۰ <sup>**</sup>	۵۷۲ <sup>**</sup>	۵۴ <sup>**</sup>	۱/۸ <sup>**</sup>
تنش شوری×ارقام	۱۴	۸۰ <sup>**</sup>	۱۵/۴ <sup>**</sup>	۱۵۴ <sup>**</sup>	۱۶/۵ <sup>**</sup>	۰/۶ <sup>**</sup>
خطای آزمایشی	۸۷	۱/۳	۰/۱۶	۰/۰۰۰۴	۰/۴۰	۰/۰۲
درصد ضریب تغییرات		۵/۱	۱۴/۲	۶/۴	۶/۴	۷/۱

<sup>ns</sup> و <sup>\*\*</sup> به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد

قرار می‌گیرد. این آنزیم در تأمین انرژی مورد نیاز برای مرحله جوانه‌زنی بذر گیاهان نقش اساسی دارد (Kato-Noguchi and Macias, 2008). در شرایط تنش شوری، تجمع املاح مضر و تخریب غشای سلولی و ماکروملکول‌ها سبب کاهش فعالیت و کارایی آنزیم آلفا آمیلاز در گیاهان می‌گردد که کاهش جوانه زنی و رشد گیاهچه را در پی دارد. فرهودی (۱۳۹۱) گزارش نمود تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر ارقام کلزا شد و میان کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و کاهش رشد گیاهچه ارقام کلزا تحت تأثیر تنش شوری رابطه مستقیمی وجود داشت. در تحقیق حاضر نیز ارقام MCC101، MCC776 و MCC774 که کمترین درصد ظهور گیاهچه بر سطح خاک را داشتند از کمترین میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری برخوردار بودند که بیانگر تأثیر منفی تنش شوری بر فعالیت‌های آنزیمی بذر و جوانه‌زنی آن است.

**درصد ظهور گیاهچه و میانگین زمان جوانه‌زنی:** نتایج نشان داد تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد ظهور گیاهچه نخود بر سطح خاک شد در حالیکه در شرایط عدم تنش تفاوت معنی‌داری میان درصد ظهور گیاهچه‌های ارقام نخود بر سطح خاک دیده نشد (جدول ۲). در شرایط تنش شوری ارقام MCC776 و MCC774 کمترین درصد ظهور گیاهچه نخود به میزان ۵۵/۲ و ۵۸/۲ درصد را داشتند در حالیکه ظهور گیاهچه ارقام MCC870، MCC392 و MCC78 به میزان ۸۷/۳، ۸۵/۴ و ۸۶ درصد در سطح آماری یک درصد تفاوت معنی‌داری با شرایط شاهد نداشت. تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار میانگین زمان جوانه‌زنی در تمام ارقام نخود شد (جدول ۲). در شرایط تنش شوری کمترین میانگین زمان

بر فعالیت‌های آنزیمی بذر و جوانه‌زنی آن است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل واکنش جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز ارقام نخود به تنش شوری

ارقام	ظهور گیاهچه بر سطح خاک (درصد)		میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)		فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (نانومول بر میلی گرم پروتئین بر دقیقه)	
	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری
MCC870	۹۱/۲ <sup>a</sup>	۸۷/۳ <sup>ab</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۴/۰ <sup>bc</sup>	۱۱/۳ <sup>a</sup>	۸/۲ <sup>b</sup>
MCC392	۹۰/۳ <sup>a</sup>	۸۵/۴ <sup>ab</sup>	۲/۷ <sup>a</sup>	۳/۲ <sup>b</sup>	۹/۸ <sup>ab</sup>	۸/۳ <sup>b</sup>
MCC78	۹۱/۲ <sup>a</sup>	۸۶/۰ <sup>ab</sup>	۲/۰ <sup>a</sup>	۳/۷ <sup>b</sup>	۱۲/۲ <sup>a</sup>	۱۰/۱ <sup>a</sup>
MCC358	۹۴/۳ <sup>a</sup>	۷۲/۹ <sup>b</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۳/۵ <sup>b</sup>	۱۲/۱ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>c</sup>
MCC361	۹۱/۲ <sup>a</sup>	۷۰/۳ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>d</sup>	۸/۱ <sup>b</sup>	۶/۴ <sup>c</sup>
MCC759	۸۹/۴ <sup>a</sup>	۷۱/۲ <sup>b</sup>	۲/۹ <sup>a</sup>	۵/۳ <sup>d</sup>	۱۳/۳ <sup>a</sup>	۵/۸ <sup>c</sup>
MCC873	۹۱/۹ <sup>a</sup>	۸۴/۴ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>a</sup>	۴/۳ <sup>c</sup>	۱۱/۲ <sup>a</sup>	۸/۱ <sup>b</sup>
MCC537	۹۵/۲ <sup>a</sup>	۷۲/۵ <sup>b</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۵/۸ <sup>d</sup>	۱۰/۹ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>c</sup>
MCC774	۹۰/۰ <sup>a</sup>	۵۸/۳ <sup>c</sup>	۲/۷ <sup>a</sup>	۶/۱ <sup>d</sup>	۹/۴ <sup>ab</sup>	۳/۰ <sup>e</sup>
MCC39	۸۹/۰ <sup>a</sup>	۶۹/۴ <sup>b</sup>	۲/۳ <sup>a</sup>	۶/۳ <sup>d</sup>	۱۱/۲ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>d</sup>
MCC552	۹۲/۱ <sup>a</sup>	۷۵/۲ <sup>b</sup>	۲/۵ <sup>a</sup>	۶/۰ <sup>d</sup>	۱۱/۷ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>d</sup>
MCC588	۹۲/۲ <sup>a</sup>	۷۳/۱ <sup>b</sup>	۲/۱ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>d</sup>	۱۲/۳ <sup>a</sup>	۵/۱ <sup>cd</sup>
MCC101	۹۰/۶ <sup>a</sup>	۶۲/۳ <sup>bc</sup>	۲/۵ <sup>a</sup>	۵/۹ <sup>d</sup>	۱۲/۹ <sup>a</sup>	۳/۰ <sup>e</sup>
MCC776	۹۳/۲ <sup>a</sup>	۵۵/۲ <sup>c</sup>	۲/۲ <sup>a</sup>	۶/۲ <sup>d</sup>	۱۳/۱ <sup>a</sup>	۳/۱ <sup>e</sup>
MCC10	۹۰/۴ <sup>a</sup>	۸۶/۲ <sup>b</sup>	۲/۰ <sup>a</sup>	۴/۱ <sup>bc</sup>	۱۲/۰ <sup>a</sup>	۹/۱ <sup>ab</sup>

میانگین‌هایی که در هر صفت دارای حروف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام نخود شد زیرا در شرایط تنش شوری، تجمع املاح مضر نظیر سدیم و کلر در بافت گیاهچه سبب اختلال در فرآیند جوانه‌زنی می‌شود (الله دادی و همکاران، ۱۳۸۷). مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در گیاهان زراعی از مراحل حساس رشد به تنش شوری است و تجمع نمک در محیط پیرامون جوانه زنی بذر به دلیل اختلال در جذب آب و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، کاهش رشد گیاهچه‌ها را در پی دارد (Ashraf: Cavalanti et al., 2007) and McNeilly, 2004; Munns, 2002

**وزن خشک اندام هوایی:** نتایج آزمایش نشان داد وزن خشک اندام هوایی تمام ارقام نخود مورد مطالعه به استثنای رقم MCC588 در شرایط نرمال در یک گروه آماری قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد (جدول ۳). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در

جوانه‌زنی در ارقام MCC392، MCC358، MCC3 10، MCC870 و MCC78 مشاهده شد که بیانگر جوانه‌زنی سریعتر در این ارقام تحت تأثیر تنش شوری در مقایسه با سایر ارقام بود. بهبودیان و همکاران (۱۳۸۴)، اله دادی و همکاران (۱۳۸۷) و عباسی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی جوانه‌زنی ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری مشاهده نمودند تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی ارقام نخود شد. در پژوهش حاضر نیز تنوع قابل توجهی میان ارقام نخود از نظر درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی در شرایط تنش مشاهده شد (جدول ۲). تنش شوری با تأثیر گذاری بر میزان جذب آب و تجمع املاح مضر نظیر سدیم و کلر در لپه‌ها و گیاهچه جوان سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نخود (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۲) و سویا (باقری‌فرد و همکاران، ۱۳۹۳) شد. تنش شوری سبب کاهش شدید درصد

شد. تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز شد بطوریکه ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870 و MCC392 به ترتیب بیشترین میزان فعالیت این آنزیم آنتی‌اکسیدان را داشتند (۴/۴، ۶/۴، ۹/۴، ۱/۴ و ۶/۴) جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتیین). مانند آنزیم کاتالاز در آنزیم گلاتیتین ردکتاز نیز در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری میان سطح فعالیت این آنزیم در ارقام نخود مشاهده نشد در حالیکه تنش شوری سبب تشدید فعالیت آنزیم گلاتیتین ردکتاز شد. در این شرایط ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 بیشترین فعالیت این آنزیم را داشتند. تخریب غشاهای سلولی و افزایش درصد اسیدهای چرب آزاد یکی از اثرات منفی تنش‌های محیطی نظیر شوری بر رشد گیاهان است (Ashraf and Ali, 2008). نتایج نشان داد فعالیت آنزیم‌های گوایکول پراکسیداز، گلاتیتین ردکتاز و کاتالاز تحت تأثیر تنش شوری در ارقام مورد بررسی افزایش یافت که بیانگر تحریک فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها برای دفاع از محیط سلول در مقابل اثرات تنش شوری است (جدول ۳) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان با پاکسازی سلول از انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن، موجب حفظ پایداری غشا سلولی و عملکرد مناسب آنزیم‌های گیاهی می‌شوند (Shirazi et al., 2005). در شرایط تنش‌های محیطی نظیر شوری، تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در محیط سلول موجب بروز تنش اکسیداتیو می‌شود و فعالیت مناسب آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در این شرایط به حفظ پایداری سلول در شرایط تنش کمک می‌کند. تأثیر مثبت فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تحمل تنش شوری در بسیاری از گیاهان زراعی نظیر نخود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳)، برنج (حبیب الهی و همکاران، ۱۳۹۱) و کلزا (Ashraf and Ali, 2008) گزارش شده است. در تحقیق حاضر نیز ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 در شرایط تنش شوری بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را داشتند از کمترین غلظت مالون دی‌آلدهید و تخریب غشاهای سلولی برخوردار بودند که بیانگر نقش مثبت

تمام ارقام نخود شد اما در این شرایط ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 بیشترین میزان وزن خشک را به خود اختصاص دادند و در همین حال ارقام MCC776 و MCC552 با وزن خشک ۰/۶۳ و ۰/۶۱ گرم بر بوته از کمترین وزن خشک بوته برخوردار بودند (جدول ۳). کاهش وزن گیاهچه نخود (بهبودی و همکاران، ۱۳۸۴؛ الله دادی و همکاران، ۱۳۸۷)، سویا (باقری فرد و همکاران، ۱۳۹۳) و کلزا (فرهودی، ۱۳۹۱) تحت تأثیر تنش شوری گزارش شده است. تنش شوری با تأثیر منفی بر فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی (Ashraf and McNeilly, 2004) و تخریب غشاهای سلولی و ایجاد تنش اکسیداتیو (Ashraf and Ali, 2008) سبب کاهش رشد گیاهان زراعی می‌گردد. بررسی وزن خشک در شرایط تنش شوری یکی از معیارهای مناسب انتخاب گیاهان متحمل به شوری است (Munns, 2002). در آزمایش حاضر نیز ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 که در شرایط تنش شوری از وزن خشک اندام هوایی بیشتری برخوردار بودند از فتوسنتز و پایداری غشای سلولی بیشتری نیز برخوردار بودند (جدول ۳) که بیانگر رابطه مستقیم بین وزن خشک و شرایط فیزیولوژیک گیاه در شرایط تنش است. تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی ارقام نخود شد (کافی و همکاران، ۱۳۸۹).

**فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: آنزیم کاتالاز در شرایط نرمال در کمترین میزان فعالیت خود بود و تفاوت معنی‌داری میان ارقام نخود از نظر سطح فعالیت این آنزیم مشاهده نشد (به استثنای رقم MCC774). تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام نخود شد و در این شرایط بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام MCC870، MCC392، MCC78، MCC873 و MCC10 مشاهده شد (جدول ۲). ارقام نخود در شرایط نرمال از تنوع بیشتری در فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز در مقایسه با آنزیم کاتالاز برخوردار بودند و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در رقم MCC552 به میزان ۲۰/۲ جذب در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتیین مشاهده**

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش واکنش وزن خشک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فتوستتوز و تنفس ارقام نخود به تنش شوری

ارقام	وزن خشک اندام هوایی (گرم بر بوته)		فعالیت آنزیم کاتالاز (میلی‌گرم جذب در دقیقه)		فعالیت آنزیم پراکسیداز (فعالیت آنزیم گلاتینین ردکتاز (نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه))		تنش شوری
	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری	
MCC870	۲/۳ <sup>a</sup>	۱/۴۱ <sup>b</sup>	۱/۳ <sup>efg</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۱۵/۱ <sup>j-m</sup>	۴۱/۴ <sup>b</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>
MCC392	۲/۷ <sup>a</sup>	۱/۴۳ <sup>b</sup>	۱/۶ <sup>fg</sup>	۴/۱ <sup>a</sup>	۱۲/۹ <sup>k-n</sup>	۴۰/۶ <sup>b</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>
MCC78	۲/۱ <sup>a</sup>	۱/۴۱ <sup>b</sup>	۱/۴ <sup>efg</sup>	۴/۲ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>n</sup>	۴۱/۹ <sup>b</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>
MCC358	۱/۹ <sup>ab</sup>	۱/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۲ <sup>fg</sup>	۲/۳ <sup>c</sup>	۱۲/۸ <sup>lmn</sup>	۳۰ <sup>d</sup>	۲/۴ <sup>bcd</sup>
MCC361	۲/۳ <sup>a</sup>	۰/۹۱ <sup>d</sup>	۱/۳ <sup>efg</sup>	۱/۵ <sup>efg</sup>	۱۳/۸ <sup>j-n</sup>	۲۰/۶ <sup>ghi</sup>	۲/۴ <sup>bcd</sup>
MCC759	۲/۴ <sup>a</sup>	۰/۹۲ <sup>d</sup>	۱/۴ <sup>efg</sup>	۱/۸ <sup>de</sup>	۱۲/۵ <sup>mn</sup>	۲۳/۲ <sup>efg</sup>	۱/۶ <sup>g</sup>
MCC873	۱/۹ <sup>ab</sup>	۱/۴۳ <sup>b</sup>	۱/۱ <sup>g</sup>	۴/۵ <sup>a</sup>	۱۱/۴ <sup>n</sup>	۴۴/۴ <sup>a</sup>	۴/۷ <sup>a</sup>
MCC537	۲/۳ <sup>a</sup>	۱/۱۸ <sup>bc</sup>	۱/۵ <sup>d-g</sup>	۳/۳ <sup>b</sup>	۱۳/۱ <sup>k-n</sup>	۳۶/۵ <sup>c</sup>	۴/۶ <sup>a</sup>
MCC774	۲/۲ <sup>a</sup>	۰/۸۱ <sup>de</sup>	۱/۶ <sup>d-g</sup>	۱/۸ <sup>de</sup>	۱۱/۳ <sup>n</sup>	۲۲/۹ <sup>efg</sup>	۲/۸ <sup>b</sup>
MCC39	۲/۳ <sup>a</sup>	۰/۷۰ <sup>e</sup>	۱/۵ <sup>d-g</sup>	۲ <sup>cd</sup>	۱۵/۱ <sup>j-m</sup>	۲۴/۴ <sup>ef</sup>	۱/۶ <sup>g</sup>
MCC552	۲/۱ <sup>a</sup>	۰/۶۱ <sup>f</sup>	۱/۸ <sup>de</sup>	۱/۶ <sup>def</sup>	۲۰/۲ <sup>hi</sup>	۲۱/۹ <sup>fgh</sup>	۱/۸۵ <sup>b-f</sup>
MCC588	۱/۸ <sup>ab</sup>	۰/۷۲ <sup>e</sup>	۱/۶ <sup>d-g</sup>	۱/۸ <sup>def</sup>	۱۵/۷ <sup>ijk</sup>	۲۲/۹ <sup>efg</sup>	۱/۹ <sup>b-e</sup>
MCC101	۲/۱ <sup>a</sup>	۰/۸۷ <sup>d</sup>	۱/۵ <sup>d-g</sup>	۱/۸ <sup>def</sup>	۱۲/۴ <sup>mn</sup>	۲۴/۷ <sup>e</sup>	۲/۶ <sup>bc</sup>
MCC776	۲/۴ <sup>a</sup>	۰/۶۳ <sup>ef</sup>	۱/۶ <sup>d-g</sup>	۱/۷ <sup>def</sup>	۱۶/۱ <sup>j</sup>	۱۸/۹ <sup>i</sup>	۲/۶ <sup>bc</sup>
MCC10	۲/۳ <sup>a</sup>	۱/۵۳ <sup>b</sup>	۱/۶ <sup>d-g</sup>	۴/۴ <sup>a</sup>	۱۲/۶ <sup>mn</sup>	۴۱/۶ <sup>b</sup>	۴/۸ <sup>a</sup>

ادامه جدول ۳-

ارقام	غلظت مالون دی‌آلدئید ریزوم (نانومول بر گرم بافت تازه)		فتوستتوز (میکرومول دی‌اکسید کربن در متر مربع سطح برگ در ثانیه)		تنفس (میکرومول اکسیژن در سانتی‌متر مربع سطح برگ در ثانیه)	
	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری	شاهد	تنش شوری
MCC870	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۳۳ <sup>d</sup>	۱۳/۷ <sup>a-d</sup>	۹/۴ <sup>e</sup>	۰/۸۶ <sup>g</sup>	۱/۷ <sup>f</sup>
MCC392	۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۰/۲۹ <sup>e</sup>	۱۲/۸ <sup>bcd</sup>	۸/۴ <sup>e</sup>	۰/۸۵ <sup>g</sup>	۱/۸ <sup>f</sup>
MCC78	۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۰/۳۲ <sup>d</sup>	۱۲/۷ <sup>cd</sup>	۸/۴ <sup>e</sup>	۰/۹۱ <sup>g</sup>	۱/۸ <sup>f</sup>
MCC358	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۹ <sup>b</sup>	۱۴/۲ <sup>a-d</sup>	۵/۳ <sup>f</sup>	۰/۹۵ <sup>g</sup>	۳/۵ <sup>bc</sup>
MCC361	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۹۴ <sup>ab</sup>	۱۳/۲ <sup>bcd</sup>	۵ <sup>fg</sup>	۰/۸۲ <sup>g</sup>	۳/۳ <sup>c</sup>
MCC759	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۱۲/۵ <sup>d</sup>	۴/۸ <sup>fg</sup>	۰/۹۵ <sup>g</sup>	۳/۵ <sup>bc</sup>
MCC873	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۳۱ <sup>d</sup>	۱۳ <sup>bcd</sup>	۸/۹ <sup>e</sup>	۰/۸۵ <sup>g</sup>	۲/۰ <sup>e</sup>
MCC537	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۳۳ <sup>d</sup>	۱۳/۹ <sup>a-d</sup>	۸/۸ <sup>e</sup>	۰/۸۶ <sup>g</sup>	۲/۱ <sup>e</sup>
MCC774	۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۰/۷۹ <sup>c</sup>	۱۳ <sup>bcd</sup>	۴/۴ <sup>fg</sup>	۰/۸۶ <sup>g</sup>	۳/۶ <sup>abc</sup>
MCC39	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۸۴ <sup>c</sup>	۱۵/۲ <sup>a</sup>	۴/۳ <sup>fg</sup>	۰/۹۴ <sup>g</sup>	۳/۸ <sup>a</sup>
MCC552	۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۰/۸۳ <sup>c</sup>	۱۴/۳ <sup>abc</sup>	۴/۶ <sup>fg</sup>	۰/۸۹ <sup>g</sup>	۳/۵ <sup>bc</sup>
MCC588	۰/۰۰۴ <sup>f</sup>	۰/۸۲ <sup>c</sup>	۱۳/۴ <sup>bcd</sup>	۴/۵ <sup>fg</sup>	۰/۹۵ <sup>g</sup>	۳/۶ <sup>ab</sup>
MCC101	۰/۰۰۵ <sup>f</sup>	۰/۹۲ <sup>ab</sup>	۱۲/۸ <sup>bcd</sup>	۴/۵ <sup>fg</sup>	۰/۹۳ <sup>g</sup>	۲/۹ <sup>d</sup>
MCC776	۰/۰۰۶ <sup>f</sup>	۰/۸۴ <sup>c</sup>	۱۳ <sup>bcd</sup>	۳/۵ <sup>g</sup>	۰/۸۴ <sup>g</sup>	۲/۰ <sup>e</sup>
MCC10	۰/۰۰۳ <sup>f</sup>	۰/۳۴ <sup>d</sup>	۱۴/۴ <sup>ab</sup>	۹/۸ <sup>e</sup>	۰/۹۱ <sup>g</sup>	۱/۵ <sup>f</sup>

میانگین‌هایی که در هر صفت دارای حروف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.



فتوستتزر ارقام MCC870، MCC358، MCC552 و MCC10 نداشت. تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار فتوستتزر در تمام ارقام نخود مورد مطالعه شد اما در این شرایط ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 در مقایسه با سایر ارقام مورد مطالعه از سطح فتوستتزر بالاتری برخوردار بودند (جدول ۳). این نتایج نشان داد ارقام فوق‌الذکر در شرایطی از وضعیت فتوستتزی بهتری برخوردار بودند که میزان پایداری غشای سلولی آنها در مقایسه با سایر ارقام از ثبات بیشتری برخوردار بود. تنش شوری سبب تشدید میزان تنفس در برگ کلیه ارقام نخود شد. کمترین میزان تنفس در شرایط تنش شوری به ارقام MCC10، MCC78، MCC870 و MCC392 تعلق داشت (به ترتیب ۱/۵، ۱/۸، ۱/۸ و ۱/۷ اکسیژن در متر مربع سطح برگ). پس از این ارقام، ارقام MCC873، MCC537 و MCC776 کمترین میزان تنفس را داشتند. کاهش فتوستتزر تحت تأثیر تنش شوری یک فرآیند قابل پیش‌بینی است که دلایل مختلفی چون تخریب کلروفیل (Munns, 2002)، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوستتزی و اختلالات روزنه‌ای (Jacob et al., 2005) و تجمع یون‌های مضر در اندام‌های فتوستتزر کننده (حبیب الهی و همکاران، ۱۳۹۱) از دلایل آن است. گیاهان متحمل به تنش شوری با حفظ پایداری سلول‌ها و در نتیجه حفظ سطح بالایی از توانایی فتوستتزی، در شرایط تنش شوری از فتوستتزر بیشتری برخوردارند (Cavalanti et al., 2007). Munns (۲۰۰۲) بیان نمود افزایش میزان تنفس تحت تأثیر تنش شوری یک فرآیند طبیعی برای تأمین انرژی مورد نیاز برای فعال‌سازی سازوکارهای تحمل تنش شوری نظیر ساخت متابولیت‌های سازگار، ساخت آنتی‌اکسیدان‌ها و فعال کردن پمپ‌های یونی است، اما افزایش بی‌رویه تنفس گیاهی در شرایط تنش شوری یک فرآیند نامطلوب است و کاهش ذخایر غذایی گیاه را در پی دارد. در پژوهش حاضر نیز ارقام MCC10، MCC78، MCC870 و MCC392 که از توانایی فتوستتزی بالاتری برخوردار بودند از شدت تنفس کمتری برخوردار بودند (به استثنای ارقام MCC537 و MCC537 که در سطح

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کاهش اثرات تخریبی تنش شوری است.

در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری میان غلظت مالون دی‌آلدئید گیاهچه ارقام نخود مشاهده نشد اما تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید در بافت گیاهچه این گیاهان گردید. بیشترین میزان غلظت مالون دی‌آلدئید که بیانگر تخریب غشا سلولی گیاهچه است در ارقام MCC759، MCC361 و MCC101 به میزان ۰/۹۵، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ نانومول بر گرم وزن تر گیاهچه مشاهده شد در حالیکه رقم MCC392 کمترین غلظت مالون دی‌آلدئید در شرایط تنش شوری را داشت (۰/۲۹ نانومول بر گرم وزن تر گیاهچه) (جدول ۳). تنش‌های محیطی با تأثیر گذاری بر سلامت غشاهای سلولی که عمدتاً از اسیدهای چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات‌ها تشکیل شده‌اند، فرآیندهای گیاهی و سلامت سلول‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Cavalanti et al., 2007). اندازه‌گیری میزان نشت پذیری غشای سلولی و میزان تخریب اسیدهای چرب غشا (از طریق اندازه‌گیری غلظت مالون دی‌آلدئید) از جمله راه‌های تعیین پایداری غشا در شرایط تنش می‌باشد.

محققین تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش شوری را در گیاه ذرت گزارش نمودند. افزایش تجمع یون سدیم در بافت گیاه و تأثیر منفی آن بر ساختار غشا سلولی را عامل تخریب غشا سلولی و کاهش رشد گیاهچه ذرت بیان کردند (Gunes et al., 2007) تنش شوری سبب تشدید تخریب غشای سلولی در گیاهچه برنج شد. تخریب غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش شوری و تولید مالون دی‌آلدئید برگ که ناشی از تخریب و تجزیه چربی‌های غشا سلولی است می‌تواند به عنوان یک معیار مناسب برای بررسی واکنش گیاه برنج به تنش شوری بررسی شود (Bandeoglu et al., 2004).

**فتوستتزر و تنفس:** نتایج نشان داد فتوستتزر ارقام نخود در شرایط نرمال متفاوت بود و بیشترین میزان فتوستتزر در رقم MCC39 مشاهده شد (۱۵/۲ میکرومول دی‌اکسید کربن در متر مربع سطح برگ در ثانیه) که تفاوت معنی‌داری با میزان

تنفس بعدی قرار داشتند) که نشانگر حفظ قابلیت فتوسنتزی این ارقام در شرایط تنش شوری است.

### نتیجه گیری:

نتایج نشان داد تنش شوری سبب تأخیر در جوانه زنی و کاهش رشد گیاهچه ارقام نخود شد. ارقام MCC776، MCC101 و MCC774 که کمترین درصد ظهور گیاهچه بر سطح خاک را داشتند از کمترین میزان فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری نیز برخوردار بودند که بیانگر تأثیر منفی تنش

### منابع:

شوری بر فعالیت های آنزیمی بذر و جوانه زنی آن است. در شرایط تنش شوری ارقام MCC873، MCC10، MCC78، MCC870، MCC537 و MCC392 دارای بیشترین فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و غلظت های کمتر مالون دی آلدئید بودند که منجر به حفظ سطح بالاتری از میزان فتوسنتز و وزن خشک گیاهچه در شرایط تنش شوری در مقایسه با سایر ارقام شد. این نتایج نشان داد فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در تحمل شوری ارقام نخود و کاهش تخریب غشاهای سلولی نقش موثری دارد.

اله دادی، ا.، دشتی، ش.، عسکری، ح.، اکبری، غ. و حاجی هاشمی، ز. (۱۳۸۷) واکنش جوانه زنی و رشد گیاهچه به تنش شوری در ۲۴ رقم نخود ایرانی. پژوهش در علوم کشاورزی ۴: ۱۰-۱.

باقری فرد، گ.، رضایی، ع. م.، باقری فرد، ا. ا.، محمدی، ش. و باقری، ع. (۱۳۹۳) اثر تنش شوری بر خصوصیات جوانه زنی و شاخص های رشدی پنج رقم سویا. نشریه تحقیقات بذر ۴: ۵۱-۴۰.

بهبودیان، ب.، لاهوتی، م. و نظامی، ا. (۱۳۸۴) بررسی اثرات شوری بر جوانه زنی ارقام نخود. مجله علمی کشاورزی ۱۳۷: ۲۸-۱۲۷.

حبیب الهی، ن.، مهدیه، م. و امیرجانی، م. ر. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری بر رشد، پرولین، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و کارایی

فتوسیستم II در ارقام حساس و مقاوم برنج. زیست شناسی گیاهی ۱۳: ۹۶-۸۵.

فرهودی، ر. (۱۳۹۱) اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز، نشت پذیری غشا سلولی و رشد گیاهچه ارقام کلزا. فرآیند و کارکرد گیاهی ۱: ۲۴-۱۳.

قلی پور، م.، رحیم زاده خویی، ف.، قاسمی، ک. و مقدم، م. (۱۳۸۲) اثرات شوری بر ارقام نخود در مرحله هتروتروف. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰: ۱۰۷-۹۷.

عباسی، ع. ر.، انتصاری، م. و ابراهیمی، ا. (۱۳۹۳). اثر تنش شوری بر مؤلفه های جوانه زنی، مقدار کلروفیل و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در ژنوتیپ های نخود ایرانی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۵: ۴۷۲-۴۶۱.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۹۲) جایگاه حبوبات در کشاورزی ایران، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس حبوبات ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، ایران.

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

Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 63: 266-273.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M. and Oktem, H. A. (2004) Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl Salinity stress. *Plant Growth Regulation* 42:69-77.

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. (2002) Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. *Seed Science and Technology* 30:279-287.

Cavalanti, F. R., Lima, J., 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.

Chance, B. and Maehly, A. C. (1955) Assay of catalase and peroxidases. *Method of Enzymology* 2:764-775.

Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F., Guneri, E. and Cicek, N. (2007) Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize grown under salinity.

- Journal of Plant Physiology 164: 728-736.
- 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.
- Jakob, G., Ton, J., Flors, V., Zimmerli, L. J., Metraux, P. and Mauch-Mani, B. (2005) Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its ABA Response. *Plant Physiology* 139: 267-274.
- Kato-Noguchi, H. and Macias, F. A. (2008) Inhibition of germination and  $\alpha$ -amylase induction by 6-methoxy-2-benzoxazolinone in twelve plant species. *Biological Plantarum* 52:351-354.
- Mittler, R. and Zsiinskas, B. A. (1994) Regulation of pea cytosolic ascorbate peroxidase and other antioxidant enzymes during the progression of drought stress and following recovery from drought. *Plant Journal* 5: 397-405.
- Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25:239-250.
- Munns, R. and James, R. A. (2003) Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil* 253: 201-218.
- Okcu, G., Kaya, M. D. and Atak, M. (2005) Effect of salt and drought stress on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). *Turkish Journal of Agriculture* 29:137-243.
- Oliveira-Neto, B., Damasceno, A. T., Assis, F., Gomes-Filho, E., Enéas-Filho, J. and Tarquinio Prisco, J. (1998) Effect of NaCl salinity on the expression of a cotyledonary  $\alpha$ -amylase from *Vigna unguiculata*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 10:97-100
- Oracz, K., Bailly, C., Gniazdowska, A., Côme, D., Corbineau, D. and Bogatek, R. (2007) Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. *Journal of Chemistry Ecology* 33:251-264.
- Scott, S. J., Jones, R. A. and Williams, W. A. (1984) Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science* 24:1192-1199.
- 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.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobns, U. and Weschke, W. (2000) Different response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of foxtail millet. *Physiology Plantarum* 109: 435-442.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. (2006) Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. *Plant Soil Environment* 52: 186-191.

