

اثر تنش شوری بر فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز، نشت پذیری غشای سلولی و رشد گیاهیچه ارقام کلزا

روزبه فرهودی*

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شوشتر، ایران

چکیده:

این آزمایش به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی و رشد گیاهیچه ارقام کلزا به تنش شوری به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل شش رقم کلزا (فورنکس، آلیس، اورینت، کنسول، اکامر و اکاپی) و فاکتور دوم چهار سطح شوری صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک NaCl بود. نتایج نشان داد که تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر، شاخص بنیه گیاهیچه، فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز و وزن تر گیاهیچه ارقام کلزا شد، اما میانگین زمان جوانه‌زنی، غلظت مالون دی‌آلدئید و نشت پذیری غشا سلولی تحت تاثیر شوری افزایش یافت. در بالاترین سطح تنش شوری ارقام اورینت و فورنکس در مقایسه با سایر ارقام بیشترین درصد جوانه زنی (به ترتیب ۸۴ و ۸۰ درصد)، فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز (به ترتیب ۹/۳ و ۹/۴ نانومول بر بذر در دقیقه) و وزن تر گیاهیچه (به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۷ میلی‌گرم) را داشتند و نشت پذیری غشا سلولی در این ارقام کمتر از سایر ارقام بود (به ترتیب ۳۰ و ۲۳ درصد). همبستگی مثبت و معنی داری بین وزن گیاهیچه و فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز مشاهده شد، اما همبستگی میان وزن گیاهیچه با نشت پذیری غشا سلولی و غلظت مالون دی‌آلدئید منفی بود. نتایج این آزمایش نشان داد تنش شوری با تخریب غشا سلولی و اختلال در فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز سبب کاهش جوانه زنی و رشد گیاهیچه کلزا شد و ارقام اکامر و اکاپی حساس‌تر از سایر ارقام بودند.

کلمات کلیدی: شوری، کلزا، مالون دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز

مقدمه:

پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی به عنوان ابزاری برای مطالعه و شناخت سازوکارهای مقاومت در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرآیند جوانه‌زنی و استقرار گیاهیچه از جمله مراحل مهم رشد گیاهان زراعی است که تحت تاثیر شوری آب و خاک زراعی قرار می‌گیرد. اختلال در فرآیند جذب آب توسط گیاهان، تجمع املاحی نظیر سدیم در بافت گیاهی و عدم توازن یون‌ها در خاک و گیاه از اثرات تنش شوری

تنش‌های محیطی منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند، لذا بررسی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی اهمیت زیادی دارد. درک پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر شوری، خشکی، سرما و گرما جهت تولید و اصلاح ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی کاملاً ضروری است. از آنجا که شرایط تنش‌زای محیطی سبب اختلال در فعالیت‌های گیاهی می‌شوند لذا بررسی

* نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: rfarhoudi@gmail.com

گیاهچه و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز ارقام کلزا تحت تاثیر تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در آبان ماه سال ۱۳۸۹ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل (دو فاکتور) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از سه سطح شوری شامل محلول ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار نمک (NaCl) به همراه شاهد (آبیاری با آب مقطر). و ارقام کلزا پاییزه شامل ارقام فورنکس، آلیس، اورینت، کنسول، اکامر و اکاپی.

برای انجام آزمایش جوانه‌زنی بذر بیست و پنج عدد بذر ضدعفونی شده از رقم مورد نظر در ظروف پتری روی یک عدد کاغذ صافی واتمن قرار گرفت و ۹ میلی لیتر آب مقطر یا آب شور (با توجه به تیمار آزمایش) به محیط جوانه زنی اضافه شد. جهت ضدعفونی نمودن بذرها آنها را در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت سه دقیقه خیسانده و سپس توسط آب مقطر به خوبی شسته شدند. برای اعمال تنش شوری از نمک کلرید سدیم آزمایشگاهی استفاده شد. زمان آزمایش هشت روز بود و در این مدت بذرها در دستگاه جوانه‌زنی استاندارد (دمای ۲۲ درجه سانتیگراد، رطوبت ۷۰ درصد و تاریکی) قرار داده شدند. شمارش بذرهای جوانه زده و یادداشت برداری آزمایش هر روز رأس ساعت ۱۰ صبح انجام می‌شد (Huang and Redman, 1995).

در این آزمایش درصد جوانه زنی، میانگین زمان جوانه زنی، شاخص بنیه گیاهچه، وزن تر گیاهچه، طول ریشه چه، طول ساقه چه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، غلظت مالون دی آلدهید و نشت‌پذیری غشای سلولی گیاهچه مورد

است (Ashraf and McNielly, 2004). تنش شوری سبب تاخیر در ظهور گیاهچه، کاهش درصد جوانه زنی، کاهش رشد گیاهچه و تخریب غشا سلولی ارقام کلزا شد. (Huang and Redman, 1995; Farhoudi et al., 2007). نتایج تحقیقات روی نخود و خیار نیز نشان داد که شوری سبب کاهش درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، کاهش رشد گیاهچه و کاهش وزن گیاهچه نخود و خیار شد (Kaya et al., 2006, Okcu et al., 2005). یکی از اثرات بارز تاثیر تنش‌های محیطی بر سلامت گیاهان، تخریب غشاهای سلولی است. بررسی نشت پذیری غشا سلولی می‌تواند بیانگر میزان تخریب غشا سلولی باشد زیرا تخریب غشا سلولی منجر به افزایش نشت پذیری غشا سلولی می‌شود. بررسی تخریب غشا سلولی گیاهچه تحت تاثیر شوری می‌تواند یک صفت مناسب در زمینه بررسی واکنش گیاهان به تنش شوری باشد. تنش‌های محیطی با تاثیر گذاری بر سلامت غشاها که عمدتاً از اسیدهای چرب به همراه ترکیبات پروتینی و کربوهیدرات تشکیل شده اند، فرآیندهای گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Munns and James, 2003). بررسی واکنش ارقام برنج و کلزا به تنش شوری نشان داد که تنش شوری سبب تخریب غشاهای سلولی در گیاهچه‌های کلزا و برنج شد (Bhattacharjee and Mukherjee, 2004, Farhoudi et al., 2007). آنزیم آلفا آمیلاز از آنزیم‌های حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها در فرایند جوانه زنی است که فعالیت آن تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. تنش شوری سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و جوانه زنی بذر *Abelmoschus esculentus* شد (Dkhal and Denden, 2010). تأخیر در جوانه زنی و ظهور گیاهچه لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش شوری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بود (Oliveira-Neto et al., 1998). این تحقیق به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی، رشد

بررسی قرار گرفتند. درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه زنی بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه گردید (Scott *et al.*, 1984):

رابطه ۱

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = 100 \times \frac{\text{تعداد بذره‌های جوانه زده در دوره آزمایش}}{\text{تعداد کل بذره‌های مورد آزمایش}}$$

رابطه ۲

$$MGT = \frac{\sum f_i x_i}{N}$$

f_i : روز شمارش

x_i : تعداد بذر جوانه زده در روز f

N : کل بذره‌های جوانه زده

شاخص بنیه گیاهی که از رابطه زیر محاسبه شد (Abdul-Baki and Anderson, 1973):

رابطه ۳

$$\text{طول گیاهی} \times \text{درصد جوانه‌زنی} = \text{شاخص بنیه بذر}$$

طول ریشه چه و طول ساقه چه با استفاده از خط کش و بر اساس واحد میلی‌متر اندازه‌گیری شد. به این منظور خمیدگی گیاهیچه باز شده و طول ریشه چه و طول ساقه چه از انتها تا محل اتصال به بذر اندازه‌گیری شد. وزن تر گیاهیچه نیز به کمک ترازوی حساس و بر اساس واحد میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری نشت پذیری غشا سلولی از بافت تازه گیاهیچه استفاده شد. در این روش ۰/۳۰ گرم بافت گیاهیچه را پس از شستشو با آب مقطر در ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر در قوطی‌های فیلم استریل شده شناور شده و به مدت دو ساعت در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و پس از این مدت هدایت الکتریکی محلول اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی آب توسط هدایت سنج الکتریکی (Inob1, Japon) در دمای اتاق سنجیده شد. سپس نمونه‌ها به انکوباتور با دمای ۱۲۰

درجه سانتیگراد منتقل و به مدت ۲۰ دقیقه در این دما قرار گرفتند. پس از این مدت نمونه‌ها از انکوباتور خارج در دمای اتاق خنک شدند. در این زمان مجدداً هدایت الکتریکی نمونه‌ها را اندازه‌گیری شد و از رابطه زیر نشت پذیری غشا سلولی محاسبه شد (Valentovic *et al.*, 2006).

رابطه ۴

$$100 \times (E_1/E_2) = \text{نشت پذیری غشا سلولی}$$

E_1 : هدایت الکتریکی محلول قبل از جوشاندن

E_2 : هدایت الکتریکی محلول بعد از جوشاندن

به منظور اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدهید در گیاهیچه، ابتدا نیم گرم گیاهیچه تازه را در محلول ۲۰ درصد تیوکلوواسیتیک 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 سانتی‌گراد در حمام بن‌ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط را در حمام یخ سرد کرده و غلظت مالون‌دی‌آلدهید با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (Valentovic *et al.*, 2006).

دو گرم گیاهیچه جهت اندازه‌گیری فعالیت آلفا آمیلاز استفاده شد. برای تهیه عصاره ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH 6.8) به گیاهیچه‌ها اضافه شد و سپس گیاهیچه به مدت ۱۵ دقیقه سانترفیوژ 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 ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک 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

میلی لیتر رساننده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد مقایسه شد (Xiao et al., 2006). داده‌های حاصل از درصد جوانه زنی و درصد نشت پذیری غشا سلولی با استفاده از روش تبدیل زاویه‌ای تبدیل شده و سپس تجزیه و تحلیل شدند. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح یک درصد آماری استفاده شد. جهت محاسبه همبستگی میان صفات مورد نظر از نرم افزار آماری SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز بذر کلزا تحت تاثیر شوری، رقم و اثر متقابل شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر کلزا شد به طوری که کمترین درصد جوانه‌زنی در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد (جدول ۲). نتایج تحقیقات نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بذر ارقام کلزا شد (Hunag and Redman, 1995). نتایج جدول مقایسه میانگین تاثیر شوری و رقم بر درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط شاهد تفاوت معنی‌داری میان ارقام کلزا از نظر درصد جوانه‌زنی وجود ندارد. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین درصد جوانه‌زنی ارقام مورد مطالعه در ارقام فورنکس و اورینت و کمترین درصد جوانه‌زنی در رقم اکامر مشاهده شد (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl نیز ارقام فورنکس و اورینت بطور معنی‌داری بیشترین و ارقام اکامر و اکاپی کمترین درصد جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۳). مطالعه کلزا و سویا نشان داد که تنش شوری با تاثیر بر

قابلیت دسترسی بذر به آب و تاثیر سمی یون‌ها بر فرآیند می‌شود (Khajeh-Hosseini et al., 2003, Farhoudi et al., 2007). تنش شوری سبب افزایش معنی‌دار میانگین زمان جوانه‌زنی بذر ارقام کلزا شد بطوریکه بیشترین میانگین زمان جوانه‌زنی در سطح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد (جدول ۲). بررسی تاثیر شوری و رقم بر میانگین زمان جوانه‌زنی ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری تفاوت معنی‌داری میان ارقام کلزا از نظر میانگین زمان جوانه‌زنی مشاهده نشد اما در سطوح شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl رقم اورینت بطور معنی‌داری کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی را داشت (جدول ۳). تحقیقات بیانگر افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی بذر گیاهان و تاخیر در ظهور گیاهچه تحت تاثیر تنش شوری است (Abdel-Samad and Shaddad, 1997, Kaya et al., 2006).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز بذر کلزا شد (جدول ۲). تنش شوری ۴۰ میلی‌مولار NaCl فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز را در مقایسه با شاهد کاهش داد اما تفاوت معنی‌داری میان ارقام کلزا در این سطح شوری دیده نشد. در هر دو سطح تنش شوری ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl کمترین فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز در ارقام اکاپی و اکامر دیده شد. کاهش جوانه زنی و رشد گیاهچه *Abelmoschus esculentus* تحت تاثیر تنش شوری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز بود (Dkhil and Denden, 2010).

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که هرچند در شرایط عدم وجود تنش شوری تفاوت معنی‌داری میان ارقام مورد مطالعه از نظر صفات درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی دیده نشد (جدول ۳) اما در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی بذر کلزا در ارقام اورینت و اکامر دیده شد (جدول ۳). در

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام کلزا*

| منبع تغییر | درجه آزادی | فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز | نشست پذیری غشاء سلولی | غلظت مالون دی آلدهید | درصد جوانه‌زنی | میانگین زمان جوانه‌زنی | شاخص | | وزن تر گیاهچه |
|-------------|------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | | | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | |
| رقم | ۵ | ۱۱۸/۰** | ۱/۱** | ۰/۰۰۱۷** | ۲۱۸۰/۶** | ۹۴/۲** | ۲۵/۹** | ۱۰۴/۱** | ۳۴۹/۱** |
| شوری | ۳ | ۹۸/۸** | ۱/۰۵** | ۰/۰۰۲۴** | ۶۰۹/۰** | ۳۷** | ۱۵/۰** | ۸۳** | ۱۵۳** |
| رقم* شوری | ۱۵ | ۷۶/۶** | ۰/۹۲** | ۰/۰۰۲۶** | ۷۰۵/۹** | ۲۹/۳** | ۱۷/۲** | ۷۹/۷** | ۱۰۳** |
| خطای آزمایش | ۷۲ | ۹/۶ | ۰/۰۷ | ۰/۰۰۰۱ | ۶۳/۸ | ۲/۴ | ۳/۲ | ۱۱ | ۱۳/۲۱ |

** و * : معنی دار در سطح یک درصد و پنج درصد آماری ^{ns}: معنی دار نیست

جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام کلزا

| سطوح تنش شوری (میلی مولار NaCl) | فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (نانومول بر بذر در دقیقه) | غلظت مالون دی آلدهید (نانومول بر گرم وزن گیاهچه) | نشست پذیری غشاء سلولی (%) | وزن تر گیاهچه (میلی گرم) | طول ریشه‌چه (میلی متر) | طول ساقه‌چه (میلی متر) | میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) | شاخص بنیه گیاهچه | درصد جوانه‌زنی |
|---------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------|-------------------|
| صفر | ۱۴/۳ ^a | ۰/۰۱۱ ^d | ۲۵/۲ ^d | ۲/۱ ^a | ۷۵/۳ ^a | ۳۰/۱ ^a | ۱/۷ ^c | ۸/۹ ^a | ۹۰/۸ ^a |
| ۴۰ | ۱۲/۷ ^a | ۰/۱۶ ^c | ۳۰/۵ ^c | ۱/۷ ^b | ۵۶/۵ ^b | ۲۳/۹ ^b | ۲/۰۷ ^b | ۶/۴ ^b | ۸۰/۶ ^b |
| ۸۰ | ۸/۰ ^b | ۰/۳۵ ^b | ۳۸/۰ ^b | ۰/۸۸ ^c | ۳۹/۳ ^c | ۱۷/۲ ^c | ۲/۳ ^a | ۳/۶ ^c | ۶۷/۸ ^c |
| ۱۲۰ | ۳/۵ ^c | ۰/۶۱ ^a | ۴۲/۵ ^a | ۰/۵۸ ^d | ۲۰/۴ ^d | ۱۲/۲ ^d | ۲/۴ ^a | ۱/۸ ^d | ۵۹/۰ ^d |

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ادرصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخص بنیه گیاهچه کلزا تحت تاثیر معنی دار رقم، شوری و برهمکنش شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش بنیه گیاهچه کلزا شد (جدول ۲). بررسی تاثیر تنش شوری و رقم بر بنیه گیاهچه کلزا نشان داد در شرایط عدم تنش شوری تفاوت معنی داری بین بنیه گیاهچه‌ها دیده نشد اما با افزایش تنش شوری شاخص بنیه گیاهچه نیز کاهش یافت. در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl بیشترین شاخص بنیه گیاهچه در رقم اورینت و کمترین آن در ارقام اکامر و اکاپی مشاهده شد (جدول ۳). بررسی واکنش ارقام کلزا به تنش شوری

آزمایش حاضر نیز کمترین درصد جوانه زنی ارقام اکامر و اکاپی تحت تاثیر تنش شوری می‌تواند ناشی از کاهش شدید فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و افزایش تخریب غشاهای سلولی در این دو رقم در مقایسه با سایر ارقام باشد. نتایج جدول ۴ همبستگی منفی و معنی داری بین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و درصد جوانه زنی کلزا با نشست پذیری غشاسلولی نشان داد. کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تاثیر تنش شوری یکی از دلایل کاهش جوانه زنی و رشد گیاهچه است (Oliveira-Neto et al., 1998). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن تر گیاهچه و

جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر رقم و شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه ارقام کلزا

| رقم | سطوح تنش شوری (میلی مولار NaCl) | فعالیت آنزیم آلfa (نانومول بر بذر در دقیقه) | غلظت مالون دی آلدهید (نانو مول بر گرم وزن گیاهچه) | نشست پذیری غشاء سلولی (%) | وزن تر گیاهچه (میلی گرم) | طول ریشه چه (میلی متر) | طول ساقه چه (میلی متر) | میانگین زمان جوانه زنی (روز) | شاخص بنیه گیاهچه | درصد جوانه زنی |
|--------|---------------------------------|---|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------|----------------|
| فورنکس | ۱۴/۱ ^a | ۰/۰۰۱۵ ^f | ۲۳/۰ ^k | ۱/۲۴ ^b | ۷۶/۰ ^b | ۳۰/۵ ^{bc} | ۱/۷۵ ^{gh} | ۹/۱ ^a | ۹۱ ^{ab} | |
| آلیس | ۱۴/۲ ^a | ۰/۰۰۱۳ ^f | ۲۸/۳ ^{h-k} | ۱/۱۲ ^{de} | ۶۶/۹ ^d | ۲۷/۲ ^d | ۱/۷۷ ^{gh} | ۸/۴ ^a | ۹۲ ^{ab} | |
| اورینت | ۱۴/۲ ^a | ۰/۰۰۱۶ ^f | ۲۳/۰ ^k | ۱/۲۱ ^{bc} | ۸۱/۷ ^a | ۳۳/۱ ^a | ۱/۶۷ ^h | ۱۰/۱ ^a | ۸۹ ^{ab} | صفر |
| کنسول | ۱۴/۶ ^a | ۰/۰۰۱۲ ^f | ۲۵/۰ ^{jk} | ۱/۳۷ ^a | ۷۶/۳ ^b | ۳۳/۰ ^c | ۱/۷۵ ^{gh} | ۹/۳ ^a | ۹۱ ^{ab} | |
| اکامر | ۱۴/۳ ^a | ۰/۰۰۱۱ ^f | ۲۷/۵ ^{i-k} | ۱/۱۷ ^{cd} | ۷۱/۱ ^c | ۲۷/۸ ^d | ۱/۷۵ ^{gh} | ۹/۲ ^a | ۹۴ ^a | |
| اکاپی | ۱۴/۶ ^a | ۰/۰۰۱۳ ^f | ۲۳/۸ ^k | ۱/۲۵ ^b | ۷۹/۷ ^{ab} | ۳۲/۳ ^{ab} | ۲/۰۵ ^{d-h} | ۹/۶ ^a | ۸۸ ^{ab} | |
| فورنکس | ۱۲/۸ ^b | ۰/۰۱۲ ^e | ۲۶/۸ ^{i-k} | ۱/۱۳ ^d | ۶۴/۸ ^{de} | ۲۶/۹ ^d | ۲/۰۵ ^{d-h} | ۷/۸ ^b | ۸۷ ^{ab} | |
| آلیس | ۱۲/۶ ^b | ۰/۰۱۴ ^e | ۳۱/۹ ^{g-j} | ۱/۰۳ ^f | ۶۰/۹ ^e | ۲۶/۰ ^d | ۲/۰۷ ^{d-h} | ۷/۹ ^b | ۹۳ ^a | |
| اورینت | ۱۲/۶ ^b | ۰/۰۱۵ ^e | ۲۸/۳ ^{h-k} | ۱/۱۰ ^{de} | ۴۶/۳ ^g | ۲۷/۱ ^d | ۱/۸۵ ^{fgh} | ۶/۱ ^b | ۹۲ ^{ab} | ۴۰ |
| کنسول | ۱۲/۷ ^b | ۰/۰۱۸ ^{ed} | ۳۲/۷ ^{f-i} | ۱/۱۲ ^{de} | ۶۲/۶ ^e | ۲۱/۵ ^f | ۲/۰۲ ^{d-h} | ۶/۶ ^b | ۸۰ ^{bcd} | |
| اکامر | ۱۲/۴ ^b | ۰/۰۲۷ ^d | ۳۴/۱ ^{e-i} | ۱/۰۳ ^f | ۵۱/۱ ^f | ۲۱/۹ ^g | ۲/۲۷ ^{b-f} | ۵/۴ ^{bc} | ۷۵ ^{cd} | |
| اکاپی | ۱۲/۵ ^b | ۰/۰۲۸ ^d | ۲۹/۳ ^{h-k} | ۱/۰۲ ^f | ۵۳/۲ ^f | ۲۴/۰ ^b | ۲/۱۵ ^{c-g} | ۶/۸ ^b | ۸۹ ^{ab} | |
| فورنکس | ۱۲/۳ ^b | ۰/۰۱۹ ^{ed} | ۳۵/۵ ^{e-h} | ۰/۸۷ ^h | ۴۴/۳ ^{gh} | ۲۰/۹ ^{fg} | ۲/۶۵ ^{ab} | ۵/۸ ^b | ۹۱ ^{ab} | |
| آلیس | ۱۰/۴ ^c | ۰/۰۱۷ ^{ed} | ۳۷/۰ ^{d-g} | ۰/۸۳ ^h | ۴۲/۷ ^{gh} | ۱۹/۱ ^g | ۲/۴۲ ^{bcd} | ۴/۲ ^c | ۷۰ ^{bc} | |
| اورینت | ۹/۳ ^c | ۰/۰۲۷ ^d | ۲۸/۵ ^{h-k} | ۱/۰۶ ^{ef} | ۴۱/۴ ^h | ۲۰/۶ ^{fg} | ۱/۹۵ ^{e-h} | ۵/۳ ^c | ۸۷ ^{ab} | ۸۰ |
| کنسول | ۹/۷ ^c | ۰/۰۲۶ ^d | ۴۳/۰ ^{b-d} | ۰/۸۸ ^h | ۳۵/۱ ⁱ | ۱۳/۵ ^{hi} | ۲/۰۷ ^{d-h} | ۳/۵ ^c | ۷۴ ^{cd} | |
| اکامر | ۵/۴ ^d | ۰/۰۴۱ ^b | ۴۸/۳ ^b | ۰/۸۳ ^h | ۳۷/۶ ⁱ | ۱۵/۰ ^h | ۲/۶۷ ^{ab} | ۱/۷ ^e | ۴۱ ^{fg} | |
| اکاپی | ۵/۸ ^d | ۰/۰۴۶ ^b | ۳۵/۶ ^{e-h} | ۰/۸۳ ^h | ۳۴/۸ ⁱ | ۱۴/۴ ^h | ۲/۵۵ ^{abc} | ۲/۵ ^d | ۴۴ ^f | |
| فورنکس | ۹/۴ ^c | ۰/۰۲۳ ^d | ۲۳/۰ ⁱ | ۰/۷۰ ⁱ | ۲۳/۸ ^j | ۱۴/۱ ^h | ۲/۸۷ ^a | ۲/۹ ^d | ۸۰ ^{bcd} | |
| آلیس | ۶/۰ ^d | ۰/۰۲۶ ^d | ۳۹/۴ ^{c-f} | ۰/۶۱ ^j | ۱۴/۱ ^k | ۱۳/۶ ^{hi} | ۲/۳۵ ^{b-e} | ۱/۷ ^e | ۶۳ ^e | |
| اورینت | ۹/۳ ^c | ۰/۰۳۷ ^c | ۳۰/۱ ⁱ | ۰/۹۵ ^g | ۳۴/۲ ⁱ | ۱۱/۳ ^j | ۲/۰۷ ^{d-h} | ۳/۲ ^c | ۸۴ ^{abc} | ۱۲۰ |
| کنسول | ۵/۹ ^d | ۰/۰۳۵ ^c | ۴۵/۵ ^{bc} | ۰/۴۶ ^k | ۱۷/۲ ^k | ۱۱/۸ ^{ij} | ۲/۵۲ ^{abc} | ۱/۷ ^e | ۶۲ ^e | |
| اکامر | ۴/۰ ^e | ۰/۰۶۳ ^a | ۵۷/۱ ^a | ۰/۳۴ ^l | ۱۵/۸ ^k | ۱۱/۲ ^j | ۲/۴۷ ^{a-d} | ۰/۸ ^f | ۳۱ ^g | |
| اکاپی | ۳/۷ ^e | ۰/۰۶۸ ^a | ۴۰/۴ ^{c-e} | ۰/۴۱ ^k | ۱۷/۳ ^k | ۱۱/۰ ^j | ۲/۶۵ ^{ab} | ۰/۹ ^f | ۳۴ ^{fg} | |

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ادرصد اختلاف معنی داری ندارند.

کاهش شاخص بنیه گیاهچه کلزا شد به طوری که ارقام اکامر و اکاپی که کمترین درصد جوانه زنی و وزن تر گیاهچه را در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار نمک NaCl داشتند از کمترین شاخص بنیه گیاهچه نیز برخوردار بودند. نتایج

نشان داد تنش شوری با تخریب غشای سلولی گیاهچه کلزا سبب کاهش بنیه گیاهچه و رشد گیاهچه ارقام کلزا شد (Farhoudi et al., 2007). در آزمایش حاضر کاهش درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه کلزا منجر به

جدول ۴ نشان داد همبستگی منفی و معنی‌داری میان شاخص بنیه گیاهیچه با نشت پذیری غشای سلولی و غلظت مالون دی آلدئید وجود دارد که بیانگر اثر مخرب تخریب غشای سلولی بر رشد گیاهیچه کلزا است.

وزن تر گیاهیچه کلزا تحت تاثیر شوری کاهش یافت و کمترین وزن تر گیاهیچه کلزا در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد (جدول ۲). بررسی تاثیر شوری و رقم بر وزن تر گیاهیچه ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری بیشترین وزن تر گیاهیچه در رقم کنسول مشاهده شد در حالی که در سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار NaCl ارقام فورنکس، اورینت و کنسول در مقایسه با سایر ارقام وزن‌تر گیاهیچه بیشتری داشتند. در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl نیز بیشترین وزن گیاهیچه در ارقام اورینت و فورنکس و کمترین وزن‌تر گیاهیچه در رقم اکاپی دیده شد (جدول ۳). کاهش وزن تر گیاهیچه نخود تحت تاثیر تنش شوری ناشی از کاهش آب قابل دسترس گیاهیچه‌های نخود تحت تاثیر تنش شوری می‌باشد (Okcu et al., 2005). نتایج این آزمایش نشان داد که نشت پذیری غشاهای سلولی و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تاثیر تنش شوری با وزن گیاهیچه ارقام کلزا همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ۴). کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تاثیر تنش شوری سبب کاهش متابولیسم ذخایر غذایی بذر و در نتیجه کاهش رشد و طول گیاهیچه گیاهان می‌شود (Dkhil and Denden, 2010).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که طول ریشه‌چه و ساقه چه ارقام کلزا تحت تاثیر معنی‌دار رقم، شوری و اثر متقابل شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش طول ریشه چه و ساقه چه ارقام کلزا شد بطوریکه کمترین طول ریشه چه و ساقه چه در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl مشاهده شد (جدول ۲). نتایج جدول مقایسه میانگین تاثیر شوری و رقم بر طول

ریشه‌چه ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری بیشترین طول ریشه‌چه مربوط به ارقام اورینت و اکاپی بود در حالی که کمترین طول ریشه‌چه در رقم آلیس مشاهده شد. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl ارقام فورنکس، آلیس و اورینت بیشترین و ارقام کنسول، اکامر و اکاپی کمترین طول ریشه‌چه را داشتند (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl طول ریشه‌چه رقم اورینت به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام بود (جدول ۳). بررسی عدس نیز نشان داده است که تنش شوری سبب کاهش رشد ریشه‌چه عدس می‌شود. کاهش نگهداری آب در بافت‌های ریشه‌چه عدس که ناشی از تخریب غشای سلولی بود یکی از دلایل اصلی کاهش رشد گیاهیچه عدس تحت تاثیر تنش شوری بیان شد (Bandeoglu et al., 2004).

نتایج مقایسه میانگین طول ساقه‌چه ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری ارقام اورینت و اکاپی به طور معنی‌داری بیشترین طول ساقه‌چه را داشتند در حالی که در سطوح شوری ۸۰ و ۴۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین طول ساقه‌چه در ارقام فورنکس، آلیس و اورینت دیده شد و رقم اکامر کمترین طول ساقه‌چه را داشت (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین طول ساقه‌چه در ارقام فورنکس و آلیس مشاهده شد. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl ارقام فورنکس، آلیس و اورینت بیشترین و ارقام کنسول، اکامر و اکاپی کمترین طول ریشه‌چه را داشتند (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl طول ریشه‌چه رقم اورینت به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام بود (جدول ۳). بررسی عدس نیز نشان داده است که تنش شوری سبب کاهش رشد ریشه‌چه عدس می‌شود. کاهش نگهداری آب در بافت‌های ریشه‌چه عدس که ناشی از تخریب غشای سلولی بود یکی از دلایل کاهش رشد گیاهیچه عدس تحت تاثیر تنش شوری بیان شد (Bandeoglu et al., 2004).

جدول ۴- همبستگی میان خصوصیات گیاهچه ارقام کلزا تحت تاثیر تنش شوری *

| وزن تر گیاهچه | طول ساقه چه | طول ریشه چه | درصد جوانه زنی | شاخص بنیه گیاهچه | میانگین زمان زنی جوانه | نشت پذیری غشاء سلولی | فعالیت آنزیم آلfa | غلظت مالون دی آلدهید |
|---------------|-------------|-------------|--------------------|------------------|------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| ۱ | ۰/۸۲** | ۰/۹۰** | ۰/۲۱ ^{ns} | ۰/۵۴* | -۰/۴۸* | -۰/۷۷** | ۰/۶۱* | -۰/۸۱* |
| ۱ | ۱ | ۰/۴۱* | ۰/۱۳ ^{ns} | ۰/۶۲** | -۰/۶۲* | -۰/۷۵** | ۰/۷۱** | -۰/۷۹** |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۸۴** | -۰/۶۰* | -۰/۷۱** | ۰/۸۳** | -۰/۷۶** |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۷۸** | ۰/۲۳ ^{ns} | -۰/۷۲* | ۰/۹۲** | ۰/۲۸ ^{ns} |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۵۲* ^۸ | -۰/۳۲ ^{ns} | ۰/۴۸* | -۰/۲۸ ^{ns} |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۵۴* | ۰/۵۴* |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۷۱** | ۰/۷۱** |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | -۰/۷۰** |
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ |

** و * : معنی دار در سطح یک درصد و پنج درصد آماری ^{ns} : معنی دار نیست

و ساقه چه با فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز مشاهده شد در حالیکه بین رشد اجزای گیاهچه و فعالیت آلfa آمیلاز با غلظت مالون دی آلدهید و نشت پذیری غشا سلولی همبستگی منفی دیده شد (جدول ۴).

با توجه به اهمیت کمتر صفات وزن تر گیاهچه و طول ساقه چه و ریشه چه (در مقایسه با سایر صفات) و همچنین جهت جلوگیری از طولانی شدن مقاله، مطالب مربوط به صفات یاد شده خلاصه شوند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نشت پذیری غشا سلولی و غلظت مالون دی آلدهید گیاهچه ارقام کلزا تحت تاثیر شوری، رقم و اثر متقابل شوری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). تنش شوری سبب افزایش نشت پذیری غشا سلولی و غلظت مالون دی آلدهید گیاهچه کلزا شد و بیشترین میزان این صفات در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl مشاهده شد (جدول ۲). تنش شوری سبب تخریب غشای سلولی و افزایش نشت پذیری متابولیت های سلولی کلزا در مرحله جوانه زنی شد (Farhoudi et al., 2007). نتایج جدول مقایسه میانگین تاثیر شوری و رقم بر نشت پذیری غشا

نتایج مقایسه میانگین طول ساقه چه ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری ارقام اورینت و اکاپی به طور معنی داری بیشترین طول ساقه چه را داشتند در حالیکه در سطوح شوری ۸۰ و ۴۰ میلی مولار NaCl بیشترین طول ساقه چه در ارقام فورنکس، آلیس و اورینت دیده شد و رقم اکامر کمترین طول ساقه چه را داشت (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی مولار NaCl بیشترین طول ساقه چه در ارقام فورنکس و آلیس مشاهده شد و سایر ارقام از نظر آماری طول ساقه چه کمتری در مقایسه با این دو رقم داشتند (جدول ۳). محققین کاهش رشد گیاهچه گیاهان زراعی تحت تاثیر تنش شوری را ناشی از کاهش آب قابل دسترس و سمیت یون های طی فرآیند جوانه زنی بیان نمودند (Abdel-Samad and Kaya et al., 2006 , Shaddad, 1997).

با توجه به نتایج آزمایش می توان گفت تخریب غشا سلولی و افزایش غلظت مالون دی آلدهید منجر به کاهش فعالیت آنزیم آلfa آمیلاز شده و در نتیجه رشد گیاهچه کلزا کاهش یافت زیرا همبستگی مثبتی بین طول ریشه چه

معنی دار و منفی میان نشت پذیری غشا سلولی با وزن تر گیاهیچه، طول ساقه چه، طول ریشه چه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و درصد جوانه‌زنی بذر دیده شد. این نتایج نشان دهنده تاثیر منفی تخریب غشا سلولی بر رشد گیاهیچه کلزا است. محققین تخریب غشاهای سلولی تحت تاثیر تنش شوری را در گیاه ذرت گزارش نمودند. ایشان افزایش تجمع یون سدیم در بافت گیاه و تاثیر منفی آن بر ساختار غشا سلولی را عامل تخریب غشا سلولی و کاهش رشد گیاهیچه ذرت بیان نمودند (Gunes *et al.*, 2007). محققین افزایش غلظت مالون دی‌آلدئید برگ تحت تاثیر تنش شوری را در گیاهیچه‌های برنج را گزارش نمودند. ایشان بیان نمودند که تخریب غشاهای سلولی تحت تاثیر 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).

نتیجه‌گیری:

نتایج کلی آزمایش حاضر نشان داد تنش شوری سبب کاهش وزن تر گیاهیچه، رشد گیاهیچه، بنیه گیاهیچه و درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا شد، اما واکنش ارقام مورد بررسی به تنش شوری یکسان نبود. نتایج نشان داد که ارقام فورنکس و اورینت در بالاترین سطح تنش شوری بیشترین وزن تر گیاهیچه، شاخص بنیه گیاهیچه و درصد جوانه‌زنی و کمترین نشت‌پذیری غشا سلولی را داشتند و در مقایسه با سایر ارقام در مرحله جوانه‌زنی، شرایط تنش شوری را بهتر تحمل نمودند، در حالی که ارقام اکاپی و اکامر با کمترین وزن تر گیاهیچه و بیشترین درصد نشت‌پذیری غشا سلولی در میان ارقام مورد بررسی، حساس‌ترین رقم در مرحله جوانه‌زنی به تنش شوری شناخته شدند. نتایج نشان داد تنش شوری با تخریب غشا سلولی و اختلال در فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز سبب کاهش

سلولی گیاهیچه ارقام کلزا (جدول ۳) نشان داد که در شرایط عدم تنش شوری و سطح شوری ۴۰ میلی‌مولار NaCl نشت پذیری غشا سلولی گیاهیچه ارقام کلزا تفاوت معنی داری نشان نداد. در سطح شوری ۸۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین نشت پذیری غشا سلولی گیاهیچه در ارقام کنسول و اکامر مشاهده شد در حالیکه رقم اورینت کمترین میزان این صفت را نشان داد (جدول ۳). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین میزان نشت پذیری غشا سلولی گیاهیچه در رقم اکامر دیده شد (جدول ۳). یکی از دلایل اصلی خسارت تنش‌های محیطی نظیر شوری بر گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. کلروپلاست و میتوکندری که دو محل عمده حضور چرخه‌های انتقال الکترون در سلول‌های گیاهی می‌باشند همواره در معرض خطر تولید گونه‌های فعال اکسیژن قرار دارند. حضور گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلولی، سبب تخریب ماکرومولکول‌های عمده سلولی نظیر RNA، DNA و آنزیم‌های حیاتی می‌شود همچنین یکی از اثرات بارز رادیکال‌های آزاد اکسیژن بر سلامت سلول‌ها تخریب غشاهای سلولی است. بررسی غلظت مالون دی‌آلدئید بافت گیاهی می‌تواند بیانگر میزان تخریب غشا سلولی باشد، زیرا این ترکیب تحت تاثیر تخریب و پراکسیده شدن غشا سلولی آزاد می‌شود (Sreenivasulu *et al.*, 2000). در سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار NaCl بیشترین غلظت مالون دی‌آلدئید بافت گیاهیچه کلزا در ارقام اکامر و اکاپی به میزان ۰/۶۳۰ و ۰/۶۸۰ نانومول بر گرم وزن تر گیاهیچه مشاهده شد. محققین گزارش دادند که تنش شوری سبب افزایش نشت پذیری غشا سلولی گندم شد. ایشان آسیب یونی ناشی از تنش شوری را یکی از عوامل اصلی تخریب غشا سلولی عنوان نمودند (Farooq and Azam, 2006). نتایج جدول ۴ نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان نشت پذیری غشا سلولی و غلظت مالون دی‌آلدئید با میانگین زمان جوانه‌زنی دیده شد در حالیکه همبستگی

- Farooq, S. and Azam, F. (2006) The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerance wheat varieties. *Journal of Plant Physiology* 163: 629-637.
- Gunes, A., Inal, A., Alpuslan, M., Fraslan, F. 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.
- Hunag, J. and Redman, R. E. (1995) Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. *Plant Science* 75: 815-819.
- Kaya, M.D, Okcu, G., Atak, M., Cıkkı, Y. and Kolsarıcı, O. (2006) Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A. A, Bingham, I. J. (2003) The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*. 31: 715-725.
- 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., Atak, M. (2005) Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 237-242.
- 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 α -amylase from *Vigna unguiculata*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 10: 97-100
- Scott, S. J., Jones, R. A. and Williams, W. A. (1984) Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science* 24: 1192-1199.

جوانه زنی و رشد گیاهچه کلزا شد، بطوریکه ارقام اکامر و اکاپی با کمترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تاثیر شوری، کمترین درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه را داشتند. با توجه به نتایج این آزمایش می‌توان گفت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌هایی مانند آلفا آمیلاز و نشت پذیری غشا سلولی نقش موثری در شناخت واکنش ارقام کلزا به تنش شوری دارند.

منابع:

- Abdel- Samad, H. M. and Shaddad, M. A. K. (1997) Salt tolerance of soybean cultivars. *Biologia Plantarum* 39:263-269.
- Ashraf. M. and McNeilly, T. (2004) Salinity tolerance in *Brassica* oilseeds. *Critical Review of Plant Science* 23:157-174.
- Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. (1973) Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigour in soybean seeds. *Crop Science* 13: 222-226.
- Bandeoglu, E., Eyidoga, F. 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. (2004) Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. *Seed Science and Technology* 30:279-287.
- Dkhil, B. B and Denden, M. (2010) Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) seeds. *African Journal of Agricultural Research* 5:1412-1418.
- Farhoudi, R., Sharifzadeh, F., Poustini, K., Makkizadeh, M.T. and Kochak pour, M. (2007) The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus*) seedlings grown under saline conditions. *Seed Science and Technology* 35: 754-759.

membrane stability and water relation in two maize. *Plant Soil Environment* 52: 186-191.

Xiao, Z., Storms, R. and Tsang, A. (2006) A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. *Analytical Biochemistry* 351: 146-148.

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,

Effect of salinity stress on α -amylase activity, cell membrane leakage and seedling growth of canola cultivars

Roozbeh Farhoudi*

Department of agronomy and plant breeding, shoushtsar Branch, Islamic
azad university, Shoushtar, Iran

* Corresponding Author: rfarhoudi@gmail.com

Abstract:

In this experiment, the response of canola cultivars to salinity stress in germination stage was evaluated using a factorial experiment with four replications in completely randomized design. Six canola cultivars (Fornex, Alice, Orient, Consoul, Okamer and Okapi) were subjected to four salinity levels (0, 40, 80 and 120 mMol NaCl) under room, greenhouse, field? Salinity reduced the percentage of seed germination, seedling vigor index, α -amylase activity and seedling fresh weight, but it increased the mean germination time, malondialdehyde concentration, and cell membrane leakage. At the highest salinity level, Orient and Fornex cultivars had the highest germination percentage (84% and 80%), α -amylase activity ($9.3 \text{ nmol seed}^{-1} \text{ min}^{-2}$ and $9.4 \text{ nmol seed}^{-1} \text{ min}^{-2}$) and seedling fresh weight (0.95 mg and 0.70 gr) compared to other cultivars. The electrical leakage of the seedling was lowest in the latter cultivars. Results showed a positive correlation of canola seedling weight with α amylase activity but negative correlations with the malondialdehyde concentration and cell membrane leakage. Salinity stress increased cell membrane damage and decreased α amylase activity, canola seed germination and seedling growth. Results indicated that under salt stress condition, Okamer and Okapi was sensitive canola cultivars compare with other cultivars.

Key words: Canola, α amylase activity, Malondialdehyde, Salt stress.