علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره سوم/ ۱۴۰۰ (۲۹۲ - ۲۷۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5230

ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی، مورفوفیزیولوژیک و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت ارقام جو در تحمل به شوری طبیعی

خدیجه احمدی[۱*]، حشمت امیدی[۲]، محسن مهرنیا[۳]، عاطفه شجاعیان[۴]، علی قادری[۵]، حسین صبوری فرد[۶]

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/۱۴

چکیده

شناسایی و توسعه کشت ارقام متحمل به شوری، یکی از راهکارهای بهبود عملکرد است. به‌منظور بررسی تأثیر شوری بر صفات کمی و کیفی ارقام دیم و آبی جو، این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل ارقام جو (ریحان، جلگه، خرم و ایذه) در واکنش به چهار سطح شوری (عدم اعمال شوری به‌عنوان شاهد و شوری ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با نمک دریاچه قم) بودند. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری شامل شاخص‌های جوانه‌زنی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، ترکیبات محلول و دو آنزیم آنتی‌اکسیدانت بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان مؤلفه‌های جوانه‌زنی همچون درصد جوانه‌زنی (۷۹/۷۱ درصد)، سرعت جوانه‌زنی (۵/۱۸ بذر در روز)، طول ریشه‌چه (۶/۵۵ سانتی‌متر)، طول ساقه‌چه (۸/۴۶ سانتی‌متر)، شاخص طولی (۷۰/۱) و وزنی بنیه گیاهچه (۱۶۵/۱۷) در عدم تنش شوری به‌دست آمد. با افزایش سطوح شوری، محتوای نسبی آب، شاخص پایداری غشاء و محتوای پروتئین ارقام کاهش یافت و محتوای کاروتنوئید، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز در بالاترین سطح شوری به‌دست آمد. در بین ارقام جو مورد مطالعه رقم خرم در بالاترین سطح شوری، بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی و هم‌چنین صفات فیزیولوژیک را داشت. به‌نظر می‌رسد این رقم دیم در شرایط تنش شوری جوانه‌زنی و رشد قابل توجهی داشته باشد. در مراحل بعد می‌توان ارقام جلگه و ایذه را نیز توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدانت، پرولین، جو، شوری، کلروفیل، مالون‌دی‌آلدئید

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. kh.ahmadi612@gmail.com
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. omidih@shahed.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. mohsen.mehrnia1991@gmail.com
۴- کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران. a.shojaeeyan@gmail.com
۵- دپارتمان مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای خراسان رضوی، خراسان رضوی، خراسان، ایران. ghaderi885@yahoo.com
۶- دپارتمان مهندسی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای خراسان رضوی، خراسان رضوی، خراسان، ایران. hosseinsabourifard@gmail.com
*نویسنده مسئول: kh.ahmadi612@gmail.com

مقدمه

شوری از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که تولیدات گیاهان زراعی را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و این موضوع در اقلیم خشک و نیمه‌خشک مانند ایران دارای اهمیت بیش‌تری است (Moameni, 2010). ۲۰ تا ۲۷ درصد از اراضی تحت آبیاری جهان، در معرض خطر شوری قرار دارند (Molazem and Azizi, 2011). ایران با ۲۷ میلیون هکتار اراضی شور دارای رتبه نخست در آسیاست (Molazem and Azizi, 2011). بررسی اثر شوری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد گیاهچه در بسیاری از گیاهان زراعی نشان داده است که اعمال تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی یک آزمون قابل اطمینان در ارزیابی تحمل بسیاری از گونه‌های گیاهی است، زیرا تنش شوری باعث کاهش خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌شود (Karnejadi *et al*., 2004). محققین گزارش دادندکه سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر در شرایط تنش شوری، نقش مهمی در کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذرهای چاودار دارد (Moradi and Seyed Sharifi, 2020). آزمایش انجام گرفته بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه جو نشان داد که تنش شوری موجب کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی و درصد سبزشدن گیاهچه ارقام جو شد (Reyhanpour *et al*., 2020). در مطالعه‌ای بر روی خصوصیات جوانه‌زنی ارقام جو تحت تنش شوری گزارش شد که کاهش درصد و سرعت جوانه-زنی ممکن است یک راهکار جهت سازگاری بذر تحت شرایط تنش محیطی برای استقرار بهتر گیاهچه باشد (Tabatabaei *et al*., 2013). تنش‌های محیطی علاوه بر این که سبب کاهش در شاخص‌های جوانه‌زنی می‌شوند، در روند مصرف مواد ذخیره‌ای و کاهش در وزن خشک گیاهچه نیز اثر گذار هستند (Ansari *et al*., 2012). گیاهان راه‌های متعددی را جهت مقابله با تنش شوری و یونی برای داشتن وضعیت مناسبی از نظر توزیع یون در سطح گیاه و سلول مورد استفاده قرار می‌دهند. پرولین به-عنوان یک اسمولیت مهم در تعدیل فشار اسمزی سلول تحت تنش‌هایی مانند شوری، خشکی، فلزات سنگین و اسیدیته بالا نقش اساسی دارد. تولید زیاد پرولین با افزایش فشار اسمزی داخل سلول از تأثیر اختلالات شوری در فرآیند طبیعی سلولی ممانعت به‌عمل می‌آورد. نقش مثبت پرولین در تعدیل فشار اسمزی نسبت به شوری توسط محقیقن در گیاهان مختلف مانند ذرت (Molazem and Bashirzadeh, 2018)، جو (Masoumiasl *et al*., 2014) و سویا (Mansouri Gandomani *et al*., 2019) گزارش شده است.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در شرایط تنش‌های مختلف و هنگام تولید رادیکال‌های آزاد، نقش دفاعی بارزی دارند و افزایش فعالیت آن‌ها موجب بهبود شرایط تنش در سلول می‌گردد (Ahmadi and Omidi, 2019). در آزمایشی افزایش غلظت کلرید سدیم در محیط جوانه‌زنی با کاهش جذب آب سبب آسیب به غشاء و در نتیجه افزایش میزان نشت الکترولیتی شد و به دنبال آن کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی رخ داد و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گیاهچه‌های جو شد (Karami and Sepehri, 2018). مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت کمی آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز گیاهچه‌های جو (Masoumiasl *et al*., 2014) و فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت گندم (Chamaani *et al*., 2011) تحت تنش شوری قرار گرفتند. جو به‌دلیل مقاوم بودن به خشکی، تحمل خاک‌های شور و قلیا، سهولت کشت و کار، قابلیت انبارداری بالا، برخورداری از عملکرد زیاد و مرغوبیت علوفه، ساده‌تر بودن کاشت، داشت و برداشت، دارا بودن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد در مقایسه با زراعت‌های دیگر، از اهمیت قابل توجهی در تغذیه دام و طیور برخوردار است (Seyed Sharifiand and Hakim Alipour, 2011). اگرچه جو، گیاه زراعی متحمل به شوری است، تنوع قابل توجهی در بین ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد (Munns and Tester, 2008). در حال حاضر استفاده از ارقام متحمل به شوری یکی از مهم-ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و کم‌شور نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Ekiz and Yilmaz, 2003). ارقام ریحان و جلگه، ارقام جو آبی و مناسب مناطق معتدله و سرد می‌باشند و رقم‌های جو دیم خرم و ایذه از ارقام مناسب مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر می‌باشند که در این پژوهش مورد آزمایش قرار گرفتند. یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه جو تحت تنش شوری مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه است. بنابراین هدف از اجرای این آزمایش بررسی مقدماتی واکنش چهار رقم جو به تنش شوری و اثر ناشی از تنش شوری بر مؤلفه‌های

جوانه‌زنی، ترکیبات محلول و برخی صفات بیوشیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد در سال ۱۳۹۷ انجام شد. عوامل آزمایش شامل چهار رقم جو شامل ریحان، جلگه، خرم و ایذه تحت شوری طبیعی در پنج سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و آب مقطر به عنوان شاهد قرار گرفتند. ارقام جو از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۹۷ تهیه شدند. جهت تهیه محیط شوری نیز از نمک طبیعی دریاچه قم استفاده گردید. این نمک شامل ۹۰ درصد کلرید سدیم و مواد دیگری مانند اکسیدها، سولفات‌ها، رسوبات وخاک آهک‌دار است و میزان منیزیم آن ۱۲ گرم در لیتر می‌باشد. در هر پتری‌دیش ۳۰ عدد بذر سالم قرار گرفت. بذرها قبل از کاشت با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی و پس از شست‌شو با آب مقطر، به پتری‌دیش منتقل شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات جوانه‌زنی

شمارش بذرهای جوانه‌زده در هر روز به‌صورت روزانه و بر اساس خروج ریشه‌چه دو میلی‌متری بود. درصد و سرعت جوانه‌زنی طبق (روابط ۱ و ۲) محاسبه گردید (Omidi *et al*., 2015).

$$GP = \frac{S}{T} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$\sum_{I=1}^{N} \frac{Si}{Di} = GR \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این روابط GP، درصد جوانه‌زنی، S، تعداد بذرهای جوانه‌زده، T، تعداد کل بذرها، GP، سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز)، Si، تعداد بذر جوانه‌زده در هر روز، Di، تعداد روز تا شمارش nام و N، تعداد دفعات شمارش است.

برای اندازه‌گیری و محاسبه صفات مربوط به جوانه‌زنی و بنیه بذر ابتدا از هر پتری‌دیش به‌صورت تصادفی پنج گیاهچه انتخاب شد و اندازه‌گیری صفات طولی (طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه) با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر و توزین آن‌ها با استفاده از ترازو بر حسب گرم صورت گرفت. در این آزمایش، وزن خشک گیاهچه با قرار دادن نمونه‌ها در درون آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت تعیین گردید (Parmoon *et al*., 2013). شاخص‌های بنیه گیاهچه (SVI1، شاخص طولی بنیه گیاهچه، SVI2، شاخص وزنی بنیه گیاهچه) از روابط زیر به‌دست آمدند (ISTA, 2010).

$$SVI(1)=(SL+RL) \times G \quad \text{(رابطه ۳)}$$

SL، میانگین طول ساقه‌چه، RL، میانگین طول ریشه‌چه و G، جوانه‌زنی نهایی

$$SVI(2)=DW \times G \quad \text{(رابطه ۴)}$$

DW، وزن خشک گیاهچه و G، درصد جوانه‌زنی نهایی

اندازه‌گیری صفات کیفی

محاسبه محتوای نسبی آب[1] (RWC)، با استفاده از رابطه ۵ و روش لویت (Levitt, 1980) به دست آمد:

$$RWC=\left(\frac{FW-DW}{TW-DW}\right) \times 100 \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در این رابطه،FW وزن‌تر برگ‌ها، DW وزن خشک برگ‌ها، TW وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوی نسبی آب محاسبه شد.

محتوای کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) و محتوای کارتنوئید برگ با استفاده از روش گو و همکاران (Gu *et al*., 2008) انجام گرفت.

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین بافت برگ از روش (Bates *et al*., 1973) استفاده شد. از لایه فوقانی حاوی تولوئن و پرولین، برای اندازه‌گیری محتوای پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر در برابر شاهد تولوئن خالص استفاده گردید. برای رسم منحنی استاندارد از پرولین خالص با غلظت‌های ۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده گردید. سپس منحنی استاندارد پرولین رسم و مقدار پرولین محلول با کمک این نمودار در گرم وزن تر گیاه به‌دست آمد.

اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید بافت برگ **با** سنجش پراکسیداسیون لیپید و با استفاده از روش هلث و پاکر (Heath and Packer, 1968) توسط واکنش با تیوباربیوتریک اسید (TBA) اندازه‌گیری شد. ۰/۱ گرم از بافت برگ تازه در پنج میلی‌لیتر محلول تری کلرواستیک اسید (TCA) ۰/۱ درصد کاملاً هموژنیزه گردید، سپس

[1]Relative water content

همگن حاصل در g ×۱۰۰۰۰ در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانترفیوژ شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی با دو میلی-لیتر از محلول ۲۰ درصد TCA به‌همراه ۰/۵ TBA درصد اضافه شد. سپس مخلوط به حمام آب گرم در دمای ۹۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۳۰ دقیقه منتقل، و بعد از طی این زمان بلافاصله به درون یخ انتقال داده شد. پس از سردشدن مخلوط، به‌مدت ۱۵ دقیقه در g ×۱۰۰۰۰ در دقیقه سانترفیوژ شد و میزان جذب نوری توسط دستگاه نانودراپ (Denovix Spectrophotometer DS- 11) در طول موج ۵۳۲ نانومتر و برای اصلاح کدورت نامشخص در محلول، جذب در طول موج ۶۰۰ نانومتر نیز اندازه-گیری شد و از عدد جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر کم شد. محتوای مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از ضریب خاموشی (۱۵۵mM-1 cm-1) $\mu = \varepsilon$ محاسبه شد.

برای تعیین شاخص پایداری غشای سلولی، ۰/۱ گرم برگ از هر تیمار برداشت، توزین و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر گذاشته شد. یک گروه از لوله‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۴۰ درجه سلسیوس و گروه دیگر لوله‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله دستگاه EC meter مدل (Jenway) اندازه‌گیری شد (Sairam et al., 1997). سپس شاخص پایداری غشاء از رابطه زیر به‌دست آمد:

(رابطه ۶) شاخص پایداری غشاء =1-(EC1 / EC2)

که در آن EC1، هدایت اکتریکی آب در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و EC2، هدایت اکتریکی آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

سنجش میزان پروتئین محلول گیاهچه به‌روش برادفورد (Bradford, 1976) اندازه‌گیری شد. برای تهیه محلول برادفورد: ۲۵ میلی‌گرم از کوماسی بریلیانت بلو در ۱۲/۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد حل شد. ۲۵ میلی‌لیتر اسید اتوفسفریک ۸۸ درصد غلیظ به آن اضافه گردید. سپس ۱۲ ساعت روی شیکر قرار داده شد و حجم نهایی آن با آب مقطر به ۲۵۰سی‌سی رسانده و بعد از کاغذ صافی عبور داده شد. غلظت پروتئین (جذب ۵۹۵ نانومتر) بر حسب میکروگرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز از روش (Giannopolitis and Ries, 1977) انجام گرفت. فسفات پتاسیم با pH=7.8 (که شامل ۴۰۰KH_2PO_4 میلی‌مولار در ۵۰ سی‌سی تهیه شد و ۴۰۰ K_2HPO_4 میلی‌مولار در ۵۰ سی‌سی آب مقطر تهیه شد) ۲۵ سی‌سی از فسفات پتاسیم با pH=7.8، متیونین ۱۳ میلی‌مولار، NBT ۷۵ میکرومولار، ریبوفلاوین ۲ میکرومولار و EDTA ۰/۱ میلی‌مولار به حجم ۲۵۰ سی-سی رسید. جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر دنبال گردید. سنجش آسکوربات پراکسیداز از روش ناکانو و آسادا (Nakano and Asada, 1981)، ۰/۲ گرم نمونه منجمد گیاهی از بخش هوایی با ۳ میلی‌لیتر بافر سدیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار با pH ۷/۸ حاوی EDTA ۵ میلی-مولار، دی‌تیوتریتول ۵ میلی‌مولار، کلرید سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار و پلی‌وینیل پیرولیدن ۲ درصد (وزنی به حجمی)، در هاون روی یخ ساییده و عصاره با استفاده از کاغذ صافی صاف شد. محلول‌های همگن حاصل در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد و محلول رویی برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز استفاده شد. مخلوط واکنش شامل بافر سدیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۴۴ میکرومولار، آسکوربات ۵ میلی‌مولار و عصاره آنزیمی بود. کاهش جذب آسکوربات در طول موج ۲۹۰ نانومتر تعیین و به ازای هر میلی‌گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید. از میانگین ± اشتباه معیار برای مقایسه داده‌ها استفاده شد. رسم شکل و نمودارها با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس رقم، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین، در بین ارقام جو دیم و آبی، رقم دیم خرم در شرایط عدم تنش (۹۱/۱۱ درصد) و رقم ایذه در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر (۵۷/۷۷ درصد) بالاترین

درصد جوانه‌زنی را داشتند. در بین ارقام آبی، رقم ریحان با میانگین (۲۲/۲۲ درصد) کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد. ارقام آبی ریحان و جلگه نسبت به ارقام دیم خرم و ایذه در شرایط عدم تنش و تنش دارای درصد جوانه‌زنی کم‌تری بودند، به‌نظر می‌رسد ارقام آبی به تنش شوری حساس‌تر می‌باشند (شکل ۱-الف). سرعت جوانه‌زنی نیز تحت رقم، تنش و اثر متقابل رقم × تنش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). سرعت جوانه-زنی طی افزایش سطوح تنش شوری کاهش یافت، به-طوری که در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس در ۴ رقم جو نسبت به عدم تنش سرعت جوانه‌زنی دارای کم‌ترین مقادیر بود. بذور رقم‌های دیم خرم و ایذه به‌ترتیب با میانگین‌های (۶/۳ بذر در روز) و (۶/۱۱ بذر در روز) در عدم تنش شوری (شاهد) بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند و نسبت به ارقام آبی ریحان و جلگه دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتری بودند (شکل ۱-ب).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

طبق نتایج به‌دست آمده، رقم، شوری و اثر متقابل آن-ها تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۱). واکنش طول ریشه-چه و ساقه‌چه تحت تنش شوری در ارقام جلگه، خرم و ایذه ابتدا افزایشی بود و در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد کاهش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین طول ریشه‌چه به‌ترتیب در شرایط تنش ۵ (با میانگین ۱۱/۶۵ سانتی‌متر) و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر (با میانگین ۴/۰۲ سانتی‌متر) مربوط به ارقام آبی ریحان و جلگه می باشد (شکل ۱-پ). رقم ایذه با میانگین (۱۳/۳۱ سانتی‌متر) در تنش ۵ دسی‌زیمنس بر متر و رقم ریحان با میانگین (۲/۰۳ سانتی‌متر) در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به-ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه‌چه را داشت (شکل ۱-ت).

تعداد ریشه‌های فرعی

طی بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس رقم، تنش و اثر برهمکنش آن‌ها بر صفت تعداد ریشه‌های فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش شوری باعث کاهش تعداد ریشه‌های فرعی در رقم‌ها ریحان، جلگه و ایذه شد. در رقم خرم با افزایش سطوح تنش، تعداد ریشه‌های فرعی افزایش یافت به‌گونه‌ای که این رقم در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر دارای بیش‌ترین تعداد ریشه فرعی (۶/۰۳) بود. بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد ریشه‌های فرعی به‌ترتیب مربوط به شرایط تنش ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر در رقم ایذه با میانگین ۷/۴۶ و تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در رقم ریحان با میانگین ۲/۰۳ بود (شکل ۱-ث).

وزن تر و خشک گیاهچه

طبق نتایج به‌دست‌آمده، اثر رقم، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر وزن تر گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. صفت وزن خشک گیاهچه تحت اثر شوری و اثر متقابل رقم × شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن تر گیاهچه با افزایش تنش شوری کاهش یافت. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم دیم ایذه با میانگین (۱/۳۷ گرم) بیش‌ترین و رقم آبی ریحان با میانگین (۰/۶۸ گرم) کم‌ترین وزن تر گیاهچه را در عدم تنش شوری داشت. در شرایط تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر گیاهچه به‌ترتیب مربوط به رقم‌های جلگه با میانگین (۰/۵۲ گرم) و ریحان با میانگین (۰/۱۳ گرم) بود (شکل ۱-ج). باتوجه به این‌که تنش شوری باعث کاهش وزن خشک گیاهچه شد، وزن خشک گیاهچه در ارقام دیم خرم و ایذه با کاهش کم‌تری مواجه شد و رقم‌های آبی ریحان و جلگه در تمامی سطوح تنش دارای وزن خشک گیاهچه کم‌تری بودند. رقم ایذه با میانگین ۰/۰۹۲ گرم در عدم تنش شوری و در شرایط تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز با میانگین ۰/۰۴۸ گرم بیش‌ترین وزن خشک گیاهچه را داشت. هم‌چنین رقم ریحان در عدم تنش و تنش ۲۰ دسی‌زیمنس دارای کم‌ترین وزن خشک گیاهچه بین ارقام جو مورد بررسی بود (شکل ۱-چ).

شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه

طی بررسی نتایج تجزیه واریانس این آزمایش رقم، تنش و اثر برهمکنش آن‌ها بر صفات شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه تحت تأثیر تنش شوری کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات بر همکنش، در شرایط عدم تنش رقم جلگه بیش‌ترین و در تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر رقم ریحان کم‌ترین شاخص طولی بنیه گیاهچه مشاهده شد (شکل ۱-ح). ارقام ایذه و جلگه به‌ترتیب با میانگین (۲۵۱/۶۲) و (۲۳۰/۶۳) بیش‌ترین شاخص وزنی بنیه

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف ارقام جو تحت تأثیر تنش شوری

Table 1.Analysis of variance (mean square) the different characteristics of barely varieties under senility conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)									
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Rate of germination	طول ریشه‌چه Root Length	طول ساقه‌چه Shoot Length	تعداد ریشه‌های فرعی Number of sub-roots	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	شاخص طولی بنیه گیاهچه SVI 1	شاخص وزنی بنیه گیاهچه SVI 2	محتوی نسبی آب RWC
رقم(V) Variety	3	3052.50**	20.46*	20.18*	61.04*	22.18**	0.45*	0.005^{ns}	31254.15**	13624.47*	1051.06*
شوری(S) Salinity	4	2833.93**	33.35**	37.44*	66.41**	8.27**	0.79**	0.003**	33246.06**	12449.82**	1588.99*
V*S	12	107.31**	0.75*	6.70**	8.20**	2.56**	0.08**	0.002**	2965.38**	1121.13**	102.72**
خطا Error	40	9.63	0.05	0.01	0.009	0.02	0.01	0.01	58.03	138.02	1.05
ضریب تغییرات(%)CV		5.12	8.31	1.68	1.26	2.60	1.01	1.56	5.96	16.29	1.82

^{ns}،* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, *and**respectively non-significant and significant at 5% and 1%.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف ارقام جو تحت تأثیر تنش شوری

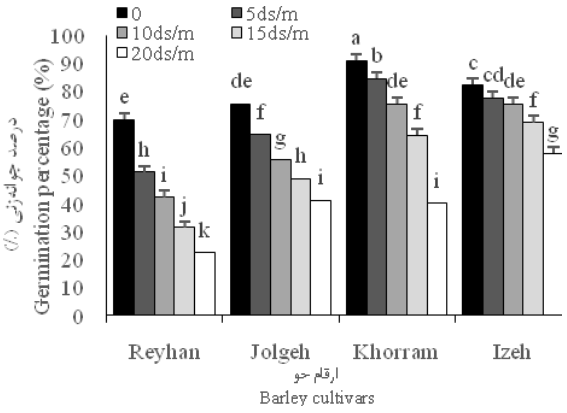
Table 2.Analysis of variance (mean square) the different characteristics of barely varieties under senility conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)									
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید carotenoid	پرولین Prolin	پایداری غشاء Ion leakage	مالون دی آلدئید MDA	محتوای پروتئین Protein content	آنزیم سوپراکسیددسمو تاز SOD	آنزیم آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
رقم Variety	3	29.96^{ns}	18.8^{ns}	86.31^{ns}	1.32*	0.48*	320.35*	109.33**	٭557.11*	1113.19*	49.80*
شوری Salinity	4	8.12*	6.82*	26.69*	1.39**	5.65**	538.33*	72.86**	71.60*	11270.10**	167.49**
V*S	12	12.80**	10.13**	39.43**	0.21**	0.10*	123.06*	47.54**	16.27*	114.09**	10.62**
خطا Error	40	0.62	0.29	1.01	0.02	0.007	0.45	0.90	0.23	11.54	0.70
ضریب تغییرات(٪)CV(%)		13.57	14.55	10.45	5.46	7.77	3.63	9.22	3.67	8.62	20.67

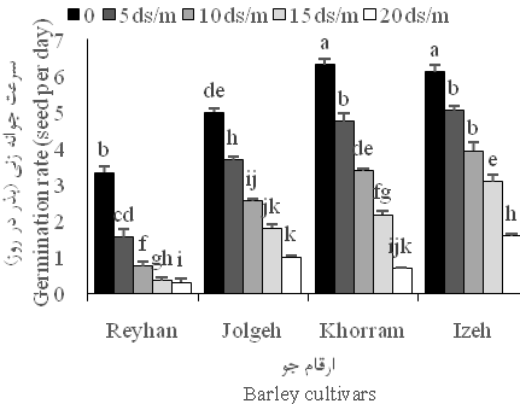
^{ns}،* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, *and**respectively non-significant and significant at 5% and 1%

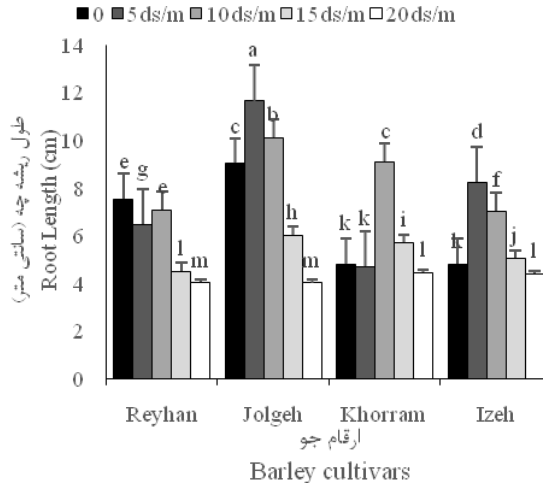
الف


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
درصد جوانه‌زنی (٪)
Germination percentage (%)
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

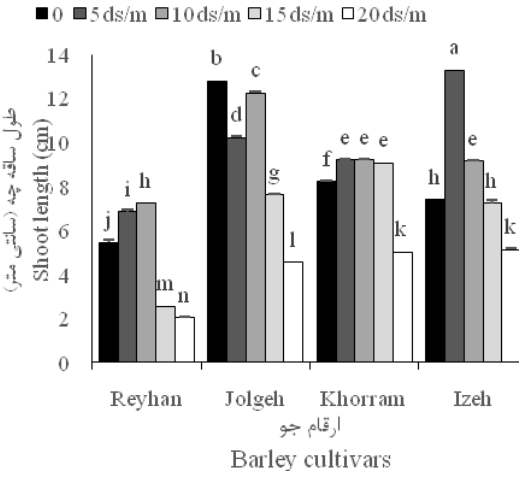
ب


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
سرعت جوانه زنی (بذر در روز)
Germination rate (seed per day)
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

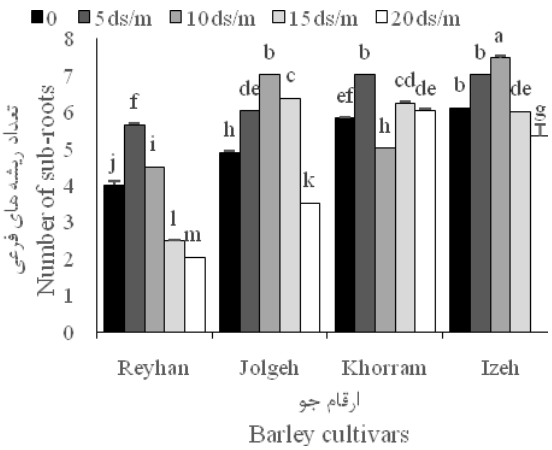
پ


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
طول ریشه چه (سانتی متر)
Root Length (cm)
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

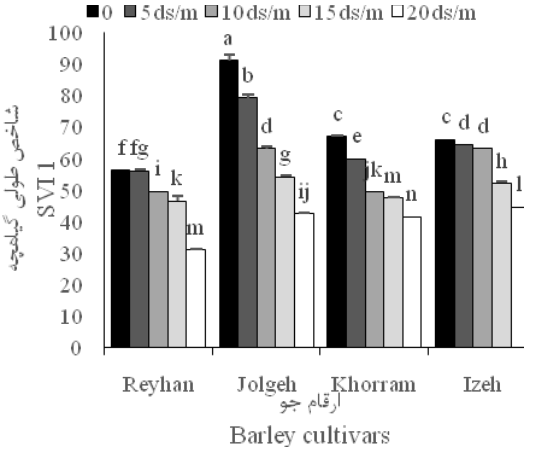
ت


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
طول ساقه چه (سانتی متر)
Shoot length (cm)
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

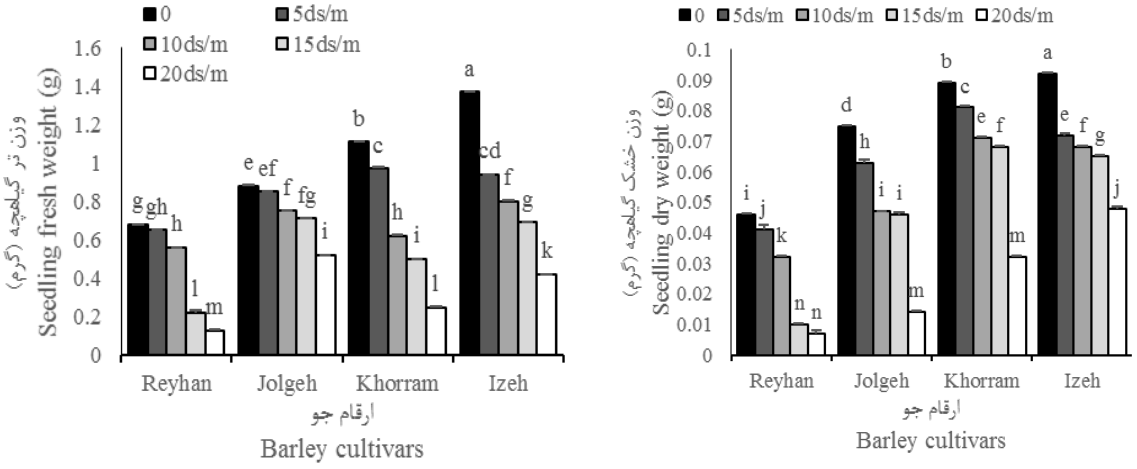
ث


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
تعداد ریشه های فرعی
Number of sub-roots
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

ج


0 5ds/m 10ds/m 15ds/m 20ds/m
شاخص طولی گیاهچه
SVI 1
Reyhan Jolgeh Khorram Izeh
ارقام جو
Barley cultivars

ح چ



شکل ۱- اثر رقم و تنش شوری بر: (الف) درصد جوانه‌زنی، (ب) سرعت جوانه‌زنی، (پ) طول ریشه‌چه، (ت) طول ساقه‌چه، (ث) تعداد ریشه‌های فرعی، (ج) وزن تر گیاهچه، (چ)وزن خشک گیاهچه و (ح) شاخص طولی بنیه گیاهچه

Figure 1. Effect cultivar and salinity stress on: (a)(A) germination percentage, (b) germination rate, (c) root length, (d) shoot length, (e) number of secondary roots, (f) seedling fresh weight, (g) weight Dry seedling and (h) Longitudinal index of seedling vigor.

گیاهچه را در شرایط عدم تنش داشتند. رقم آبی ریحان در هر دو شرایط دارای کم‌ترین شاخص وزنی بنیه گیاهچه بود (شکل ۲-الف).

محتوی نسبی آب

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار رقم، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر محتوی آب نسبی برگ در سطح احتمال پنج درصد است (جدول ۱). تنش شوری باعث کاهش محتوی آب نسبی برگ ارقام جو شد. بیش‌ترین کاهش در درصد محتوی آب نسبی برگ در رقم جلگه مشاهده شد. رقم آبی جلگه در شرایط بدون تنش با میانگین (۹۱/۰۱ درصد) و رقم خرم در تنش ۲۰ دسی-زیمنس بر متر با میانگین (۳۱/۴۵ درصد) به‌ترتیب بیش-ترین و کم‌ترین درصد محتوی آب نسبی برگ را داشت. در تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس محتوی آب نسبی برگ در رقم خرم با میانگین (۴۹/۴۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۲-ب).

محتوای کلروفیل a

نتایج حاصل نشان داد که تنش شوری بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد و اثر برهمکنش رقم × شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). پاسخ ارقام جو به تنش شوری در اثرات متقابل متفاوت است، به‌طوری که افزایش شوری سبب کاهش میزان کلروفیل a در رقم ریحان شد و دیگر ارقام جو میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی با افزایش تنش بیش‌تر شد. نتایج ترکیب تیماری اثر رقم و شوری نشان داد که، رقم خرم در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به عدم تنش دارای بیش‌ترین محتوای کلروفیل a بود. رقم ایذه در عدم تنش شوری کم‌ترین میزان کلروفیل a را داشت (شکل ۲-پ).

محتوای کلروفیل b و کل

تنش شوری بر محتوای کلروفیل b و کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام جو، بیش‌ترین میزان محتوای کلروفیل b مربوط به رقم جلگه با میانگین ۸/۹۷ میلی‌گرم برگرم در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. کم‌ترین محتوای کلروفیل b در تنش ۲۰ دسی-زیمنس بر متر در رقم ریحان و در عدم تنش شوری در رقم ایذه مشاهده شد (شکل ۲-ت). با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل کل در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۴/۶۴ میلی‌گرم برگرم در رقم ریحان کاهش یافت و در دیگر ارقام جو با افزایش میزان کلروفیل کل مواجه شدند. به‌طوری که ارقام خرم (۱۶/۴۸ میلی‌گرم برگرم) و

جلگه (۱۶/۷۴میلی‌گرم برگرم) در این سطح تنش دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل کل هستند (شکل ۲-ث).

محتوای کاروتنوئید

طبق نتایج رقم، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر محتوای کاروتنوئید تأثیر معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). میزان کاروتنوئید با افزایش شوری افزایش پیدا کرد. کم-ترین و بیش‌ترین میزان کاروتنوئید به‌ترتیب در رقم جلگه در عدم تنش با میانگین (۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم) و در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۷۴ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد. ارقام ایذه و ریحان نسبت به ارقام خرم و جلگه تغییرات کم‌تری در میزان کاروتنوئید در شرایط تنش نشان دادند (شکل ۲-ج).

محتوای پرولین

در این تحقیق با افزایش شوری محتوای پرولین برگ افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس رقم، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پرولین بافت برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین محتوای پرولین بافت برگ در رقم ایذه و تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۲/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده شد. در عدم تنش شوری همه ارقام رفتاری مشابه نشان دادند و با افزایش تنش شوری سه رقم ریحان، جلگه و خرم در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب دارای ۱/۷۲، ۱/۹۲ و ۱/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بودند (شکل ۲-چ).

پایداری غشاء و مالون‌دی‌آلدئید

نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار رقم، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص پایداری غشاء در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). شوری باعث کاهش شاخص پایداری غشاء سلول برگ گیاهچه‌های ارقام جو شد، به‌طوری‌که بیش-ترین و کم‌ترین آن به‌ترتیب مربوط به شاهد (عدم تنش) با ۴۱/۰۳ درصد و تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با ۶/۵۳ درصد بود. ارقام خرم و ایذه در شرایط اعمال آب مقطر (شاهد) دارای شاخص پایداری غشاء بیش‌تری بودند. با توجه به این‌که افزایش تنش شوری شاخص پایداری غشاء را در ارقام کاهش داد، رقم آبی جلگه در تمام سطوح تنش دارای تغییرات کم‌تری در این صفت بود (شکل ۲-ح).

طبق بررسی نتایج تنش رقم، شوری و اثر بر همکنش آن‌ها بر محتوای مالون‌دی‌آلدئید تأثیر معنی‌داری نشان داد ($P\leq0.01$). تنش شوری باعث افزایش محتوای مالون-دی‌آلدئید شد. ارقام ایذه و خرم به‌ترتیب با میانگین (۲۰/۳۱ نانومول بر گرم) و (۱۸/۳۷ نانومول بر گرم) دارای بیش‌ترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بودند. با توجه به این‌که ارقام خرم و ریحان در عدم تنش دارای کم‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید بودند، رقم‌های جلگه و ریحان با تغییرات کم‌تری روبرو شدند (شکل ۳-الف).

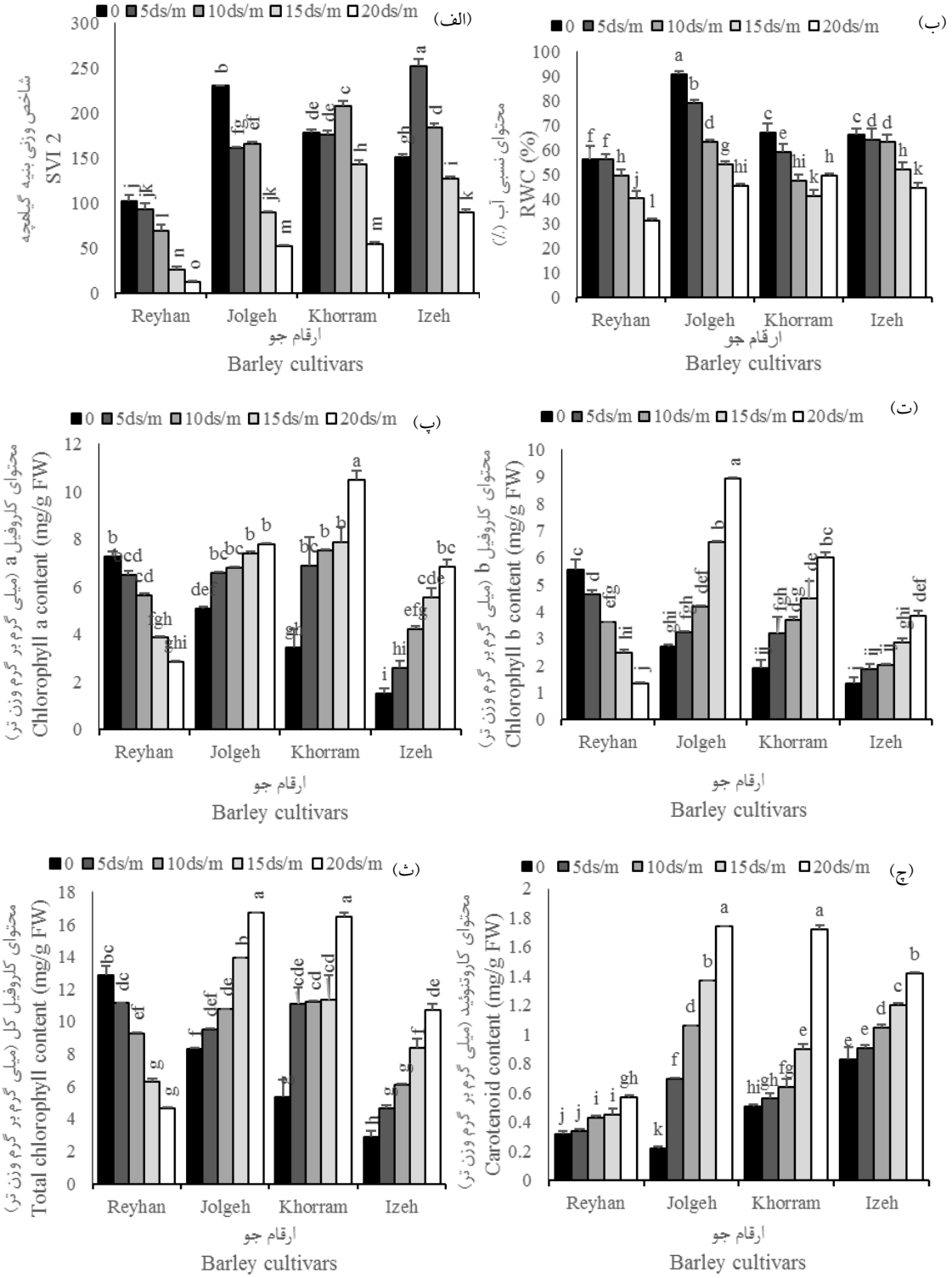
پروتئین محلول

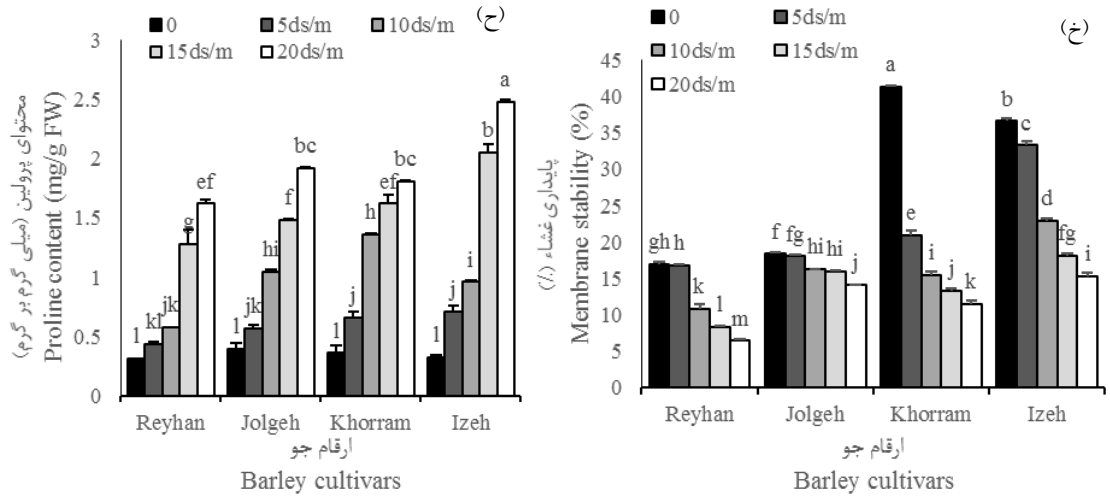
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای رقم، شوری و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر محتوای پروتئین محلول برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش شوری باعث کاهش محتوای پروتئین محلول برگ ارقام جو شد. در این بین رقم جلگه در عدم تنش شوری (با میانگین ۲۲/۹۷میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و رقم ریحان (با میانگین ۵/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بودند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، ارقام خرم و ایذه در سطوح تنش شوری با کم‌ترین تغییرات در میزان پروتئین مواجه شدند. رقم ریحان بیش‌ترین کاهش در محتوای پروتئین در افزایش تنش شوری نشان داد (شکل ۳-ب).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز

شوری یکی از عوامل مؤثر در افزایش فعالیت آنزیم-های آنتی‌اکسیدانت است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش رقم، شوری و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). در بین ارقام جو، رقم‌های جلگه و ایذه به‌ترتیب با میانگین ۸۶/۸۵ (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و ۸۴/۱۲ (تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) تغییرات جذب به میلی‌گرم بر پروتئین بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم را نشان دادند. در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر رقم جلگه بیش‌ترین و رقم ریحان کم‌ترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را داشتند (شکل ۳-پ). طی بررسی نتایج این آزمایش رقم، شوری و اثر برهمکنش آن‌ها بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ، همراه با افزایش تنش شوری افزایش نشان داد، به

طوری‌که تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر مترادارای بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم بود. در بین ارقام جو بیش‌ترین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در ایذه مشاهده شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر رقم ایذه (با میانگین ۱۴/۶۸ تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) و ریحان (با میانگین۷/۴۸ تغییرات جذب به میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت این آنزیم پاداکسایشی بود (شکل ۳-ت).



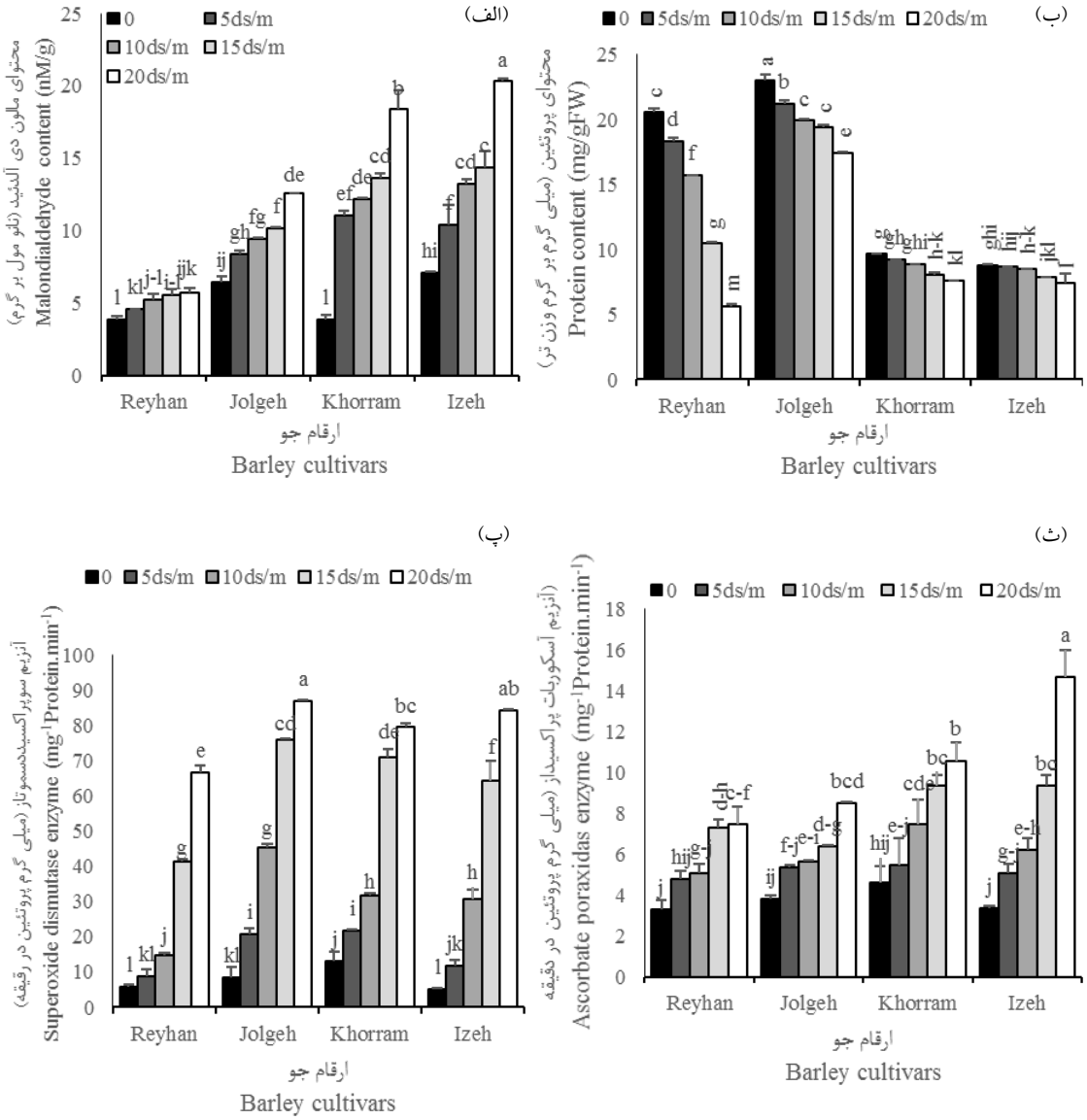


شکل ۲- اثر رقم و تنش شوری بر: (الف) شاخص وزنی بنیه گیاهچه، (ب) محتوای نسبی آب، (پ) کلروفیل، (ت) کلروفیل، (ث) کلروفیل کل، (ج) کاروتنوئید، (چ) پرولین و (ح) شاخص پایداری غشاء.

Figure 2. Effect cultivar and salinity stress on: (a) Seedling vigor weight index, (b) relative water content, (c) chlorophyll, (d) chlorophyll, (e) total chlorophyll, (f) carotenoid, (g) proline, and (h) membrane stability index.

بحث

در بسیاری از گیاهان مرحله جوانه‌زنی بذر به شوری حساس است. شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب توسط بذر و همین‌طور از طریق اثرات سمی یون‌های سدیم و کلر جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش جوانه‌زنی بذرها در شرایط شوری را می‌توان به کاهش میزان و سرعت جذب آب نسبت داد (Fidalgo *et al*., 2004). مطالعه اثر شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر ارقام جو نشان داد که بیش‌ترین کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطح شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود (Tabatabaei *et al*., 2013). هم‌چنین بررسی تأثیر تنش شوری بر روی جوانه‌زنی بذر در گیاه ذرت (Shahid *et al*., 2011) نشان داد که جوانه‌زنی در غلظت‌های بالای نمک کاهش یافته است. نتایج ما نشان داد ارقام جو در در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی روبرو شد. بذور خرم، ایذه و جلگه تحمل بیش‌تری به تنش شوری دارند و رقم ریحان به تنش شوری حساس می‌باشد. در بین ارقام رقم جلگه با افزایش تنش شوری جوانه‌زنی آن تا ۲۲ درصد کاهش یافت و در رقم ایذه در بالاترین سطح تنش ۵۷ درصد جوانه‌زنی داشت. به‌نظر می‌رسد ارقام متحمل قادر به جوانه‌زدن در تنش‌های بیش از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر نیز باشند. در تحقیق حاضر، شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه را در ارقام جو کاهش داد. کاهش در طول و وزن گیاهچه در تنش ۲۰ دسی-زیمنس بر متر در ارقام جو مورد بررسی مشاهده شد و رقم ریحان دارای کم‌ترین مقدار شاخص‌های مورفولوژیک بود. مطالعات نشان داد که شوری باعث کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گیاهچه‌های ارقام جو شد (Masoumiasl *et al*., 2014). در گیاه گندم بیش‌ترین مقدار طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در شوری صفر میلی‌مولار بوده و با بالارفتن سطح شوری تأثیر منفی شوری بر طول گیاه افزایش یافت (Babaei *et al*., 2015). کاهش وزن خشک و تر ممکن است ناشی از صرف انرژی متابولیک برای سازگاری به شرایط تنش، کاهش نرخ فتوسنتز در واحد سطح برگ، کاهش جذب کربن، صدمه به بافت‌ها و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد یون‌ها، به‌ویژه سدیم باشد که گیاه آن را تحمل می‌کند (Meneguzzo *et al*., 2000).



شکل ۳- اثر رقم و تنش شوری بر: (الف) مالون‌دی‌آلدئید، **(ب) پروتئین، (پ) آنزیم سوپراکسیددسموتاز، (ت) آنزیم آسکوربات پراکسیداز.**

Figure 3. Effect cultivar and salinity stress on: (a) Malondialdehyde, (b) protein, (c) superoxide dismutase enzyme, and (d) ascorbate peroxidase enzyme.

طی پژوهشی که بر روی گیاه جو (Khosh Kholgh Sima *et al*., 2013) انجام شد گزارش دادند که با افزایش میزان شوری درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه کاهش پیدا کرد. شاخص بنیه گیاهچه را می‌توان به‌عنوان صفاتی در نظر گرفت که با توجه به نحوه محاسبه آن دارای ارزش بیش‌تری در مطالعات جوانه‌زنی است و شاید بیش از صفاتی چون وزن یا طول دانه‌رست به تنهایی بیانگر شرایط توده بذری باشد. در ارقام جو مشخص شد سطوح مختلف شوری باعث کاهش بنیه طولی گیاهچه شدند، و در گیاه کنجد اثر منفی تنش شوری بر شاخص جوانه‌زنی بذر، بنیه گیاهچه و محتوای نسبی آب اثبات شده است (Fathi *et al*., 2018)، که با مطالعات ما همخوانی داشت. در این پژوهش مشاهده شد که با افزایش شوری محتوای نسبی آب کاهش یافت و کم‌ترین محتوای نسبی آب در سطح شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و رقم حساس به شوری

ریحان مشاهده گردید. از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی که نمایانگر وضعیت آبی گیاه است می‌توان به محتوای نسبی آب و پتانسیل آب گیاه اشاره کرد. پاسخ اولیه در گیاهان تحت تنش شوری، کاهش پتانسیل آب است که منجر به کاهش راندمان مصرف آب می‌شود. کنترل محتوای آب در بافت-های گیاه در شرایط شوری قسمتی از فرآیند مقاومت به شمار می‌آید (Chaum and Kirdmanee, 2009). اثر تنش شوری بر محتوای نسبی آب بسیاری از گیاهان مورد مطالعه قرار گرفته است. یافته‌های پژوهشی نشان از کاهش محتوای نسبی آب در غلظت‌های بالای نمک در گیاه ذرت داشت (Tuna *et al*., 2008).

دلیل اصلی افزایش مقدار کلروفیل b تحت تنش شوری، در نتیجه افزایش کلروپلاست برگ است که برای حفظ فتوسنتز گیاه رخ می‌دهد و از نشانه‌های مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. افزایش مقدار کلروفیل در شرایط تنش بیان‌کننده مقاومت گیاه در مقابل آسیب‌های نوری کلروپلاست است، درحالی‌که رابطه مثبتی بین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و سرعت حفظ کلروفیل گزارش شده است (Rahdari *et al*., 2012). تنش شوری با افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن باعث تحریک آنزیم کلروفیلاز شده و بر اثر آن کلروفیل‌ها تجزیه می‌شوند (Orabi *et al*., 2010). تجمع یون‌های سدیم و کلر در برگ‌ها در شرایط شوری نیز بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی اثر منفی دارد (Stepien and Klobus, 2006). تنش شوری با اختلال در جذب برخی عناصر دخیل در سنتز کلروفیل مانند آهن و منیزیم، باعث کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ می‌شود. این کاهش می‌تواند با تخریب ساختار کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، تخریب پیش‌ماده‌های سنتز کلروفیل و جلوگیری از بیوسنتز کلروفیل‌های جدید و فعال‌شدن آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل از جمله کلروفیلاز و اختلالات هورمونی مرتبط باشد (Neocleous and Vasilakakis, 2007). در این پژوهش نیز ارقام خرم، ایذه و جلگه در شرایط تنش شوری افزایش میزان کلروفیل را در پی داشتند و رقم ریحان با کاهش در محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی روبرو شد.

گزارش شده است که در شرایط شوری، گیاه به‌منظور ادامه جذب آب از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین، پتانسیل اسمزی خود را کاهش داده و باعث بروز پدیده تنظیم اسمزی می‌شود (Demiral and Turkan, 2005). این کار باعث می‌شود که گیاهان با حفظ آماس برگ در شرایط پتانسیل پایین آب، به رشد خود ادمه داده و با استفاده از پدیده اسمزی، تا حدودی از اثر سوء تنش اجتناب کنند (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2016). در شرایط سطوح بالای تنش شوری میزان پرولین بافت برگ ارقام جو افزایش یافت و در رقم دارای بیش‌ترین میزان بود. افزایش ۲/۵ برابری میزان پرولین آزاد برگ در تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در گیاه جو رقم نصرت مشاهده شد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2017)، که هم‌راستا با نتایج این آزمایش بود. طبق نتایج تنش شوری باعث افزایش میزان پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و کاهش پایداری غشا ارقام ذرت شد. رقم‌های ایذه و خرم بیشترین میزان این ترکیبات محلول را داشتند، رقم ریحان حساس به تنش شوری در شرایط تنش کم‌ترین میزان ترکیبات محلول و پایداری غشاء را داشت. گسترش آسیب اکسیداتیو با کاهش شاخص پایدرای غشاء و افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید که یکی از محصولات پراکسیداسیون لیپیدها است، مشخص می‌شود (Masoumiasl*et al*., 2014). رادیکال‌های سوپراکسید ایجادشده در شرایط تنش شوری باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و افزایش محتوای مالون‌دی‌آلدئید و در نتیجه آسیب به غشاهای سلولی می‌شود (Sairam *et al*., 2002). در گندم با افزایش تنش شوری مقدار مالون‌دی-آلدئید حاصل از تنش اکسیداتیو در گیاهچه افزایش یافت. تنش شوری سبب کاهش یکپارچگی غشاء سلولی و آزاد شدن الکترولیت‌ها و مواد درون سلول و افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلول می‌شود، حاصل پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء ترکیباتی مانند مالون‌دی-آلدئید، پروپانال، بوتانال، دی‌متیل‌استال و غیره می‌باشد. این مواد به‌عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری مقدار پراکسیداسیون لیپیدها استفاده می‌شود (Movahhedi Dehnavi *et al*., 2017).

گزارش شده است که سطوح شوری بالاتر از حد آستانه گیاه سورگوم، به‌طور مستقیم با کاهش سنتز پروتئین و یا به‌طور غیر مستقیم با القای تنش اکسیداتیو و تخریب پروتئین‌ها به وسیله گونه‌های اکسیژن واکنشگر، باعث کاهش پروتئین‌های محلول گیاه می‌شود

(Razavizadeh and Talaei Salavati, 2016). طبق نتایج این آزمایش شوری باعث کاهش محتوای پروتئین بافت برگ ارقام جو شد، که در راستای نتایج پژوهش در گیاه جو (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2017) و گیاه ذرت (Azooz *et al*., 2009) تحت تنش شوری بود. در تنش ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر رقم جلگه بیش‌ترین و رقم ریحان کم‌ترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را داشتند که می‌توان به نقش ژنتیک در پاسخ به تنش در بین ارقام اشاره کرد. هنگامی که گیاهان با شرایط تنش-های محیطی مانند شوری روبرو می‌شوند، تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها به هم می‌خورد که اغلب نتیجه آن آسیب اکسیداتیو است. گیاهانی که دارای سطوح بالایی از آنتی‌اکسیدانت‌های ساختمانی یا القایی هستند، مقاومت بیش‌تری به این آسیب اکسیداتیو دارند و اغلب یک همبستگی بین سطوح این آنزیم‌ها و تحمل شوری در گیاهان وجود دارد (Parida and Das, 2005). سطوح ROSها در شرایط تنش به وسیله شبکه‌ای از آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتت از جمله پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و مولکول‌های کوچک که در بخش‌های مختلف سلولی وجود دارند کنترل می‌شود. گاهی در شرایط تنش ممکن است قدرت آنتی‌اکسیداتت به‌منظور کاهش اثر آسیب‌های اکسیداتیو کافی نباشد لذا تولید مولکول‌های سیگنال در گیاهان یک گام مهم در پاسخ آن‌ها به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (Ahmadi and Omidi, 2019). تحقیقات انجام‌یافته در مورد فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت در جو تحت تنش شوری نشان داد است که فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز گیاهچه‌های رقم جو افضل افزایش یافت (Karami and Sepehri, 2018.).

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌ها نشان داد که شوری می‌تواند با ایجاد تغییرات مورفولوژیک نظیرکاهش درصد و سرعت جوانه-زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه شود و اثرات معنی‌دار در شاخص‌های فیزیولوژیک شامل کاهش محتوای نسبی آب، شاخص نشت یونی و محتوای پروتئین داشت. هم‌چنین تنش شوری صفات کیفی مانند محتوای کلروفیل، کاروتنوئید، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت تأثیر قرار داد و باعث افزایش میزان این صفات شد. ارقام خرم، جلگه و ایذه به-ترتیب تحمل بهتری به تنش شوری داشتند و در مرحله بعد رقم ریحان قرار گرفت. همچنین پیشنهاد می‌شود که صفات کمی و کیفی ارقام جو مورد بررسی در شرایط مزرعه تحت تنش شوری تا مراحل عملکرد و اجزای عملکرد مورد ارزیابی قرار گیرد. تا بتوان با اطمینان بیش-تری ارقام مناسب کشت در مناطق دارای خاک شور را توصیه کرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Ahmadi, K. and Omidi, H. 2019. Evaluation of morphological characteristics, yield components and catalase enzymes activity of *Lallemantia royleana* Benth. Under drought stress. Agro ecology, 11(2): 757-774. (In Persian)**(Journal)**

Ansari, O., Choghazardi, H.R., Sharif Zadeh, F. and Nazarli, H. 2012. Seed reserve utilization and seedling growth of treated seeds of mountain rye (*Secale montanum*) as affected by drought stress. Cercetări Agronomice în Moldova, 2(150): 43-48. (InPersian)**(Journal)**

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly phenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24 (1):1 -150. **(Journal)**

Azooz, M.M., Ismail, A.M. and Abou Elhamd, M.F. 2009. Growth, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzyme Activities as a Selection Criterion for the Salt Tolerance of Maize Cultivars. International Journal of Agriculture and Biology, 11(1): 21–26. **(Journal)**

Babaei, A., Fallahi, N., Asadi, F. and Hatami, N. 2015. Effect of osmotic pretreatment on wheat germination index under salinity stress. Journal of Crop Ecology, 4: 34-25. (In Persian)**(Journal)**

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teave, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207. **(Journal)**

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annual Review of Biochemistry, 72: 248-254. **(Journal)**

Chamaani, F., Habibi, D., Khodabandeh, N., Davodifard, M. and Asgharzadeh, A. 2011. Effects of salinity stress on growth and antioxidant enzyme activity of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria (*Azotobacter chroocccum*, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonase putida*) and humic acid. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(3): 39-55. (In Persian)**(Journal)**

Chaum, S. and Kirdmanee, C. 2009. Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Botanical Journal. 41: 87-98. **(Journal)**

Demiral, T. and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environment Expel Botany, 53: 247-257. **(Journal)**

Fathi, A.R., Baradaran Firoozabadi, M. and Amerian, M.R. 2018. The effect of nitric oxide on seed germination and activities of some antioxidant enzymes in sesame under salt stress. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(3): 77-88. (In Persian)**(Journal)**

Fidalgo, F., Santos, A., Santos, I. and Salema, R. 2004. Effects of long-term salt stress on antioxidant defence systems, leaf water relations and chloroplast ultrastructure of potato plants. Annals of Applied Biology, 145:185-192. **(Journal)**

Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants.Journal of Plant Physiology, 59: 309-314. **(Journal)**

Gu, Z., Chen, D., Han, Y., Chen, Z. and Gu, F. 2008. Optimization of carotenoids extraction from *Rhodobactersphaeroides*. Learning With Technologies, 41: 1082–1088. **(Journal)**

Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. 1. Kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation, Arch Biochemistry Biophysics, 125. 189– 198. **(Journal)**

International Seed Testing Association (ISTA), 2010. International Rules for Seed Testing, Bassersdorf, Switzerland.

Karami, A. and Sepehri, A. 2018. Effect of Nano Titanium Dioxide and Sodium nitroprusside on seed germination, vigor index and antioxidant enzymes of Afzal barley seedling under salinity stress. . Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(3): 47-61. (In Persian)**(Journal)**

Khosh Kholgh Sima, N., Alitabar, R., Eghbalinejad, M., Babazadeh, P. and Taleahmad, S. 2013. Effect of Salinity on Germination and Threshold Salinity in Barley. Iranian Journal of Field CropsResearch, 11(1). 107-120. (In Persian)**(Journal)**

Kornejadi, A., Galeshi, S., Zeinali, A. and Rangi, M. 2004. Investigation of salinity tolerance of cotton seed in germination stage. Journal of Science and Agricultural Resources, 18(1): 109-126. (In Persian)**(Journal)**

Levitt, J. 1980. Response of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt and other Stresses. Collegiate Press, New Yourk. pp: 187-211. **(Book)**

Mansouri Gandomani, V., Omidi, H. and Bostani, A.A. 2019. Study on effects of pretreatment nanoparticlesilicon dioxide (SiO_2) on seed germination and biochemical indicate of soybean (*Glycinemax* L.) cultivars Williams under salinity. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(3): 299-315. (In Persian)**(Journal)**

Masoumiasl, A., Amiri-Fahliani, R. and Pakniyat, H. 2014. Improvement of salinity tolerance of barley by heterosis exploitation. Journal of Crop production, 7(3): 109-122. (In Persian)**(Journal)**

Meneguzzo, S., Navari-Izz, F. and Izzo, R. 2000. NaCl effects on water relations and accumulation of mineral nutrients in shoots, roots and cell sap of wheat seedling. Journal of Plant Physiology, 156: 711-716. **(Journal)**

Moameni, A. 2010. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Journal of Soil Research, 24: 203-215. (In Persian)**(Journal)**

Molazem, D. and Azimi, J. 2011. Effect of different levels of salinity on Leaf characteristics and chlorophyll content of commercial varieties of maize (*Zea mays* L.). Australian Journal of Basic and Applied Science, 5: 1718-1722. **(Journal)**

Molazem, D. and Bashirzadeh, A. 2018. Investigation of the antioxidant enzymes and proline in varieties of Maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. Journal of Molecular and Cellular Research, 1(30): 74-84. (In Persian)**(Journal)**

Moradi, L. and Seyed Sharifi, R. 2020. Effects of salinity stress and seed inoculation with bio fertilizers on germination parameters, K and Na content of rye (*Secale cereal* L.) seedling. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 8(2): 127-140. (In Persian)**(Journal)**

Movahhedi Dehnavi, M., Zarei, T., Khajeeyan, R. and Merajipoor, M. 2017. Drought and Salinity Impacts on Bread Wheat in a Hydroponic Culture: A Physiological Comparison. Journal of Plant Physiology and Breeding, 7(1): 61-74.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology, 59:651–681. **(Journal)**

Nakano, Y. and Asado, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology, 22: 867-880. **(Journal)**

Neocleous, D. and Vasilakakis, M. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (*Rubus idaeus* L. "Autumn Bliss"). Science Horticulture, 112: 282-289. **(Journal)**

Omidi, H., Naghdi Badi, H.A. and Jafarzadeh, L. 2015. Seeds of Medicinal Plants and Crops. Shahed University Press. Pp: 454. **(Book)**

Orabi, S.A., Salman, S.R. and Shalaby, A.F. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. World Journal Agriculture Science, 6: 252- 259. **(Journal)**

Parida, K.P. and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324–349. **(Journal)**

Parmoon, Gh., Ebadi, A., Jahanbakhsh Godahkahriz, S. and Davari, M. 2013. Effect of seed priming by salicylic acid on the physiological and biochemical traits of aging milk thistle (*Silybum marianum*) seeds. Europa Journal of Cancer Press. 7 (4): 223-234. (In Persian)**(Journal)**

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Rousta, M.J. and Hashemi, S.E. 2017. Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. Iranian Journal of Crop Sciences, 18(3): 232-244. (In Persian)**(Journal)**

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H. and Emam, Y. 2016. Physiological Mechanisms of Salt Stress Tolerance in Plants; an Overview. p. 141-160. *In:* Azooz, M.M. and P. Ahmad (Eds.). Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. John Wiley and Sons, London. **(Book)**

Rahdari, P., Tavakoli, S. and Hosseini, S.M. 2012. Studying of salinity stress effect on germination, proline, sugar, protein, lipid and chlorophyll content in Purslane (*Portulaca oleraceae* L) leaves. Stress Physiology and Biology Journal, 8(1):182–193. **(Journal)**

Razavizadeh, R. and Talaei Salavati, N. 2016. Evaluation of physiological and defense characteristics and ions contents of Red and Brooms cultivars of sorghum (*Sorghum biolor*) under salt stress stress *in vitro.* Iranian Journal of Plant Biology, 8(30): 55-74. (In Persian)**(Journal)**

Reyhanpour, S., Khodarahmpour, Z. and Soltani Hoveizeh, M. 2020. Study of barley varieties under salinity stress condition in early seedling growth stages via multivariate analysis. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(4): 527-538. (In Persian)**(Journal)**

Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sciences, 163: 1037-1046. **(Journal)**

Sairam, R.K., Deshmukh, P.S. and Shukla, D.S. 1997. Tolerance to drought stress in relation to increased antioxidant enzymes activity in beet. Journal of Agronomy and Crop Science, 178: 171–177. **(Journal)**

Seyed Sharifi, R. and Hakim Alipour, S. 2011. Forage Crop Farming. University of Mohaghegh Ardabili University and Tabriz Amidi Publications. Pp: 585. **(Book)**

Shahid, M., Pervez, M.A. and Ashraf, M.Y. 2011. Characterization of salt tolerant and salt sensitive pea (*Pisum sativum* L.) genotypes under saline regime. Pakistan Journal of Life Science, 9(2): 145-152. **(Journal)**

Stepien, P. and Klobus, G. 2006. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. Biology Plant, 50(4): 610-616. **(Journal)**

Tabatabaei, S.A., Kochaki, A.R. and Molla Sadeghi, J. 2013. Evaluation of salinity tolerance of barley cultivars under laboratory and field conditions. Crop Physiology, 5 (20): 101-87. (In Persian)**(Journal)**

Tuna, A., Kaya, L., Dikilitas, C. and Higgs, D.M. 2008. The combined effects of gibberellic acid and *salinity* on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany, 62(1): 1-9. **(Journal)**

Evaluation of germination, morphphysiological and antioxidant enzymes of barley cultivars in tolerance to natural salinity

Khadijeh Ahmadi[1]*, Heshmat Omidi[2], Mohsen Mehrnia[3], Atefeh Shojaeian[4], Ali Ghaderi[5], Hossein Sabouri Fard[6]

Received: March 16, 2020 Accepted: August 4, 2020

Abstract

Identification and development of salinity cultivation cultivars, one of the ways to improve performance. The development of salt-tolerant cultivars is a potentially effective approach for minimizing yield losses.In order to investigate the effects of salinity on the qualitative and quantitative traits of rainfed and irrigated barley cultivars, this experiment was conducted in Crop Physiology Laboratory of Shahed University in 2019. Experimental factors included barley cultivars (Reyhan, Jolgeh, Khorram and Izeh) in response to four salinity levels (no salinity as control and salinity of 5, 10, 15 and 20 ds/m with Qom lake salt).The experiment was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. The measured traits included germination indices, photosynthetic pigments, soluble compounds and two antioxidant enzymes. Results showed that the highest germination components such as germination percentage (79.71%), germination rate (5.18 seeds per day), root length (6.55 cm), stem length (8.46 cm), longitudinal index (70.1) and the weight of the seedlings (165.17) in the absence of salinity stress.. With increasing salinity levels, RWC, membrane stability index and protein content of cultivars decreased and the content of carotenoid, proline, MDA and antioxidant enzymes superoxide dismutase and ascorbate peroxidase were highest in salinity. Among the studied barley cultivars, Khorram had the highest percentage and rate of germination as well as soluble compounds at the highest salinity level. This cultivar appears to have significant germination and growth under salinity stress conditions. In the later stages it is possible to recommend flat and Izeh cultivars.

Keywords: Antioxidant; Barley; Chlorophyll; MDA; Proline; Salinity

How to cite this article

Ahmadi, Kh., Omidi, H., Mehrnia, M., Shojaeian, A., Ghaderi, A. and Sabouri Fard, H. 2021. Evaluation of germination, morphphysiological and antioxidant enzymes of barley cultivars in tolerance to natural salinity. Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(3): 275-292. (In Persian)(**Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2021.5230

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. PhD student in Plant Physiology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. kh.ahmadi612@gmail.com
2. Associate Professor and member of the faculty, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran Iran. omidih@shahed.ac.ir
3. PhD student in Plant Physiology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. mohsen.mehrnia1991@gmail.com
4. Master of Agroacology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran. a.shojaeeyan@gmail.com
5. Department of Plant Production Engineering, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University of Khorasan Razavi Province, Khorasan, Iran. ghaderi885@yahoo.com
6. Department of Plant Production Engineering, Faculty of Agriculture, Technical and Vocational University of Khorasan Razavi Province, Khorasan, Iran. hosseinsabourifard@gmail.com

*Corresponding author: kh.ahmadi612@gmail.com