مقاله پژوهشی

اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم جو

لیلا فهمیده*[1]، ایوب مزارعی[2]، پریسا پهلوان[2] و شهین مددی[2]

[1] گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[2] گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۸/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۱۲/۱۶)

چکیده

با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی مطلوب برای کشاورزی در دنیا استفاده از گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری که باعث کاهش اثرهای تنش شوری می‌شود اهمیت زیادی دارد. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی و مقایسه برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم جو (اکلیل و زهک) تحت شرایط تنش شوری (صفر (شاهد)، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه زابل انجام شد. با توجه به نتایج مشخص شد که تنش شوری در هر دو رقم جو مورد مطالعه، باعث کاهش برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی چون وزن تر (۶۸ ٪) و خشک (۶۹ ٪)، ارتفاع (۴۳ ٪)، کلروفیل a (۷۴ ٪)، b (۷۸ ٪)، کل (۷۶ ٪)، محتوی آب نسبی برگ (۳۵ ٪)، پروتئین (۴۹ ٪) و افزایش محتوی قندهای محلول (۵۸ ٪)، پرولین (۸ ٪)، کاروتنوئید (۶۲ ٪) و افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز (۷۳ ٪)، پلی‌فنول اکسیداز (۲۴ ٪) و آسکوربات پراکسیداز(۷۸ ٪) نسبت به شرایط شاهد شد. در شرایط نرمال و شوری ۳۰۰ میلی‌مولار، رقم اکلیل نسبت به رقم زهک بیشترین میزان شاخص‌های رشدی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوی آب نسبی برگ، کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و کاتالاز را داشت، در حالیکه بیشترین مقدار میزان پروتئین، آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز طی شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم زهک بود. بنابراین براساس نتایج مطالعه حاضر می‌توان این گونه بیان کرد که رقم اکلیل کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته است و عکس-العمل بهتری نسبت به رقم زهک داشته است.

کلمات کلیدی: پروتئین‌های محلول، رنگیزه‌های فتوسنتزی، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، محتوی آب نسبی برگ

مقدمه

شوری خاک و آب یکی از عمده‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان بوده (Mane, 2011) به طوریکه بیش از هفت درصد زمین‌های جهان (Yang and Guo, 2018) و بیش از ۳۵ میلیون هکتار اراضی کشور ایران با درجات مختلفی تحت تأثیر شوری قرار دارد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۶). تنش شوری تمام مراحل رشد از جوانه‌زنی تا تولید توده زنده گیاه، دانه و میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Arif *et al.*, 2020) و با تحت تأثیر قراردادن رشد گیاه، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم لیپیدها، تنفس و تولید انرژی موجب تغییرات مورفولوژیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی متعدد در گیاهان می‌شود (Darko *et al.*, 2017) و از طرفی با تأثیر سوء بر فرآیند جوانه‌زنی، توزیع

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: l.fahmideh@gau..ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

یون‌ها، فتوسنتز، قابلیت دسترسی به آب برای گیاه و اختلال در فرآیندهای آنزیمی و بیوشیمیایی درنهایت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Pakar *et al*., 2016). در بین گیاهان زراعی، جو چهارمین گیاه مهم در جهان است و بنا به نظر بسیاری از پژوهشگران یکی از متحمل‌ترین گیاهان زراعی به تنش شوری است (Noreen *et al*., 2020). با این وجود تنش شوری تولید این گیاه را در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود می‌کند (Noreen *et al*., 2020).

بررسی پاسخ گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی به جهت کاهش رشد و عملکرد آن‌ها طی شرایط نامساعد محیطی اهمیت زیادی دارد و لذا درک پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی جهت تولید و اصلاح ارقام متحمل به تنش کاملاً ضروری است. از آنجا که شرایط تنش‌زای محیطی سبب اختلال در فعالیت‌های گیاهی می‌شوند از این‌رو بررسی واکنش‌های گیاهان به تنش‌های محیطی به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعه و شناخت مکانیسم‌های تحمل در گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Maksimovic *et al*., 2013). از آنجا که کلرید سدیم فراوان‌ترین و محلول‌ترین نمک موجود است، وجود آن در خاک سبب تنش اسمزی، از بین رفتن تعادل یونی و ایجاد محدودیت‌هایی برای رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Noreen *et al*., 2020).

یکی از مهمترین واکنش‌های گیاهان به تنش شوری، تنظیم اسمزی محیط داخلی گیاه از طریق افزایش تجمع محلول‌های سازگار نظیر پرولین و قندهای محلول در سیتوپلاسم است (Regni *et al*., 2019). تجمع پرولین آزاد، پاسخی متداول به تنش در گیاهان عالی است به‌طوریکه در بعضی از موارد گزارش شده است که این مقدار ممکن است ۲۰-۱۰ درصد وزن خشک گیاه را تشکیل دهد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقاتی Noreen و همکاران (۲۰۲۰) و توکلی و همکاران (۱۳۹۵) اثر تنش شوری را بر گیاه جو بررسی و بیان کردند طی تنش شوری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در ارقام جو کاهش، ولی میزان قندهای محلول و پرولین افزایش یافت.

تجمع گونه‌های فعال اکسیژن یکی دیگر از پیامدهای بیوشیمیایی و محصول اجتناب‌ناپذیر متابولیسم طبیعی سلول است که طی تنش در گیاهان ایجاد می‌شود (El Ghazali, 2020). گیاهان برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن و تنش اکسیداتیو از سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی استفاده می‌کنند (Farooq *et al*., 2017). افزایش فعالیت این آنزیم‌های به‌عنوان سریع‌ترین واحدهای مقابله‌کننده در برابر حمله اکسیژن‌های فعال در شرایط تنش است (Farooq *et al*., 2015). در پژوهشی Noreen و همکاران (۲۰۲۰) اثر تنش شوری را بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه جو بررسی و اظهار کردند که طی تنش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی چون کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز افزایش می‌یابد. همچنین در مطالعه دیگری اثر تنش شوری را بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه جو بررسی و نتایج نشان داد فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز طی تنش شوری و با افزایش شدت شوری افزایش می‌یابد (Pakar *et al*., 2016).

مقاومت گیاهان به تنش به‌علت پیچیده‌بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و نیز تنوع پدیده‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مؤثر بر رشدونمو گیاه بسیار پیچیده است (Razmjoo *et al*., 2008) بنابراین فهم بیشتر سازوکارهای مقاومت به تنش در گیاهان و دستیابی به منابع ژنتیکی خاص بررسی تغییرات درون سلولی ایجادشده طی شرایط نامساعد محیطی، شناخت آثار تنش و انتخاب ارقام مقاوم به تنش امری ضروری است (Pardo *et al*., 2000). از این‌رو این تحقیق به‌منظور بررسی و مقایسه اثر تنش شوری بر برخی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم جو (اکلیل و زهک) انجام شد.

مواد و روش‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

در این تحقیق اثر تنش شوری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی رقم‌های جو، در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی مرکز زیست‌فناوری کشاورزی دانشگاه زابل مورد بررسی قرار گرفت. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۲۳ سانتیمتری و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر بودند و هر گلدان با مخلوطی از خاک، ماسه، و کود دامی با نسبت ۲:۱:۱ پر شدند. تیمارهای آزمایشی شامل دو رقم جو (اکلیل و زهک) و سطوح مختلف تنش شوری (سه سطح عدم تنش (شاهد)، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار NaCl) بود. بذرهای موردنظر از مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان زابل تهیه شدند. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر کاشته شد و بعد از رسیدن بوته‌ها به مرحله چهار برگی عمل تنک‌کردن انجام و درون هر گلدان پنج بوته یکسان نگه‌داری شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها و در مرحله هفت برگی (کد ۱۷ مقیاس زادوکس)، تیمارهای تنش شوری به مدت زمان سه هفته اعمال شد. نمونه‌برداری از همه برگ‌های گیاه در یک زمان مشخص انجام شد. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، وزن و خشک اندام هوایی، میزان پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید)، میزان کربوهیدرات محلول، محتوی آب نسبی برگ، میزان پروتئین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌های CAT، PPO و APX بود.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی: ارتفاع بوته با خط‌کش، وزن تر و خشک اندام هوایی با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری میزان پرولین: استخراج پرولین از برگ‌ها با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) صورت گرفت. بدین منظور ۰/۱ گرم بافت برگی در ۵ میلی‌لیتر اسید سولفو سالیسیلیک ۳ درصد سائیده و سانتریفیوژ گردید. سپس به ۱ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۱ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۱ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال خالص افزوده شد و بعد به حمام یخ منتقل شدند. مخلوط واکنش به‌شدت ورتکس گردید. مقدار جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ: با روش Prochazka و همکاران (۱۹۹۸) و از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{(19.3A_{663} - 0.86A_{663})V}{100W} \quad [۱]$$

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{(19.3A_{646} - 3.6A_{646})V}{100W} \quad [۲]$$

$$\text{Total Chlorophyll T} = \text{Chl. a} + \text{Chl. b} \quad [۳]$$

$$\text{Carotenoied} = \frac{((1000\times A_{663})-(3.27\times \text{mg chl. a})-(104\times \text{mg chl. b}))}{227} \quad [۴]$$

اندازه‌گیری میزان محتوی آب نسبی برگ (RWC): از روش Filella و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شد؛ بدین منظور از هر برگ چهار دیسک برگی به قطر یک سانتیمتر تهیه و سریعاً وزن تر (WF) آنها اندازه‌گیری شد. سپس تکه‌های برگ در پتری‌های درب‌دار داخل آب‌مقطر به‌مدت ۲۴ ساعت شناور و پس از گرفتن رطوبت سطحی آنها، وزن اشباع (WT) آنها اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند و وزن خشک آنها (WD) گرفته شد و درنهایت میزان محتوای آب نسبی برگ از رابطه زیر محاسبه شد.

(معادله ۱)

$$(\%)\ RWC = [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100$$

اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول (WSC): جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول ۰/۵ گرم بافت سبز گیاه را داخل ۵ میلی‌لیتر آب‌مقطر به‌وسیله هاون له گردید. سپس ۲ میلی‌لیتر عصاره حاصل با ۱ سی‌سی فنل ۵ درصد و ۵ سی‌سی اسید سولفوریک ۹۸٪ اضافه شد. درنهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV -۱۶۰ در طول‌موج ۴۸۳ نانومتر خوانده شد (Irrigoyen *et al.*, 1992).

اندازه‌گیری میزان پروتئین: برای سنجش میزان پروتئین به لوله‌های آزمایش ۵۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی و ۲/۵ میلی‌لیتر محلول برادفورد اضافه کرده و به‌سرعت هم‌زده و درنهایت جذب در طول‌موج ۵۹۵ خوانده شد. غلظت پروتئین برحسب میکروگرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید (Bradford, 1976).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، عصاره آنزیمی: تهیه عصاره آنزیمی به روش Sairam و همکاران (۲۰۰۲) انجام شد، بدین ترتیب ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه برگی با استفاده از هاون چینی کاملاً سرد و نیتروژن مایع هموژن شده و سپس به آن ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سرد (pH=۷/۵) محتوی ۰/۵ میلی‌مولار EDTA اضافه شد. نمونه‌ها پس از انتقال به لوله‌های آزمایش با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شدند. سپس بعد از تهیه عصاره آنزیمی میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (Aebi, 1974)، آسکوربات پراکسیداز (Sairam *et al.*, 2002) و پلی-فنل اکسیداز (Mishra and Kar, 2006) سنجش شد.

پس از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی، داده‌های حاصله به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با روش حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) انجام شد. برای این منظور از نرم‌افزار Excell و SAS ver 9.1 استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که میزان برخی از شاخص‌های رشدی در این آزمایش نظیر ارتفاع، وزن تر و خشک بوته تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری، رقم و اثر متقابل آنها قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر رقم و شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری از میزان شاخص‌های رشدی ارقام مورد بررسی کاسته شد به‌طوریکه بیشترین میزان ارتفاع، وزن تر و خشک هم در شرایط شاهد و هم تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم اکلیل بود (شکل ۱، ۲ و ۳).

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، اثر سطوح مختلف شوری (صفر، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار) بر وزن تر و خشک هر دو رقم جو مورد مطالعه کاهشی بود، به‌طوریکه بیشترین میزان وزن تر و خشک هر دو رقم در شرایط شاهد (عدم تنش شوری) مشاهده شد و با افزایش سطوح شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی‌مولار، وزن تر و خشک در رقم اکلیل به‌ترتیب ۶۵ و ۶۶ درصد و در زهک ۷۳ و ۷۰ درصد نسبت به سطح شاهد کاهش نشان دادند. از طرفی با مقایسه بین هر دو رقم در شرایط شوری و شاهد، مشخص شد که بیشترین وزن تر و خشک در هر دو شرایط مربوط به رقم اکلیل بود.

همچنین براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که طی تنش شوری و با افزایش سطوح شوری ارتفاع بوته نسبت به سطح شاهد کاهش یافت و بیشترین ارتفاع در هر دو شرایط تنش و شاهد مربوط به رقم اکلیل بود.

کاهش برخی شاخص‌های رشدی اعم از ارتفاع، وزن تر و خشک ارقام اکلیل و زهک طی تنش شوری در این مطالعه با نتایج مطالعه Elsawy و همکاران (۲۰۱۸) و He و همکاران (۲۰۱۹) در گیاه جو همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش شوری و با افزایش سطوح شوری ارتفاع، وزن تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد. همچنین در پژوهشی دیگر Hamzeh-Kahnoji و همکاران (۲۰۲۱) اثر سطوح شوری (صفر، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی‌مولار) را بر چهار ژنوتیپ جو (Afzal، Sahand، Reyhan و Fajr) بررسی و نتایج آن‌ها نشان داد که طی تنش شوری و با افزایش سطوح شوری طول و وزن تر گیاه کاهش می‌یابد که با نتایج این مطالعه مبنی بر اینکه تنش شوری سبب کاهش ارتفاع و وزن تر و خشک می‌شود همخوانی دارد.

کاهش ارتفاع طی تنش شوری براساس نظر Jose (۲۰۰۲) ممکن است ناشی از کاهش تکثیر سلولی و کاهش مدت تجمع مواد خشک باشد که این امر باعث کوتاه‌شدن میانگره‌ها و به‌تبع آن سبب کاهش ارتفاع می‌شود به‌عبارتی عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیشتر مواد سنتزشده جهت مقابله با تنش شوری و کوتاه‌شدن دوره رشد گیاه و نیز مکانیسم‌های فرار از تنش همگی می‌تواند مانع از رشد و توسعه عادی سلول‌ها و درنتیجه کاهش ارتفاع گیاه شوند. بدیهی است که کاهش ارتفاع گیاه باعث کاهش وزن آن و به‌تبع آن سبب کاهش ماده خشک می‌شود. یکی دیگر از دلایل کاهش وزن

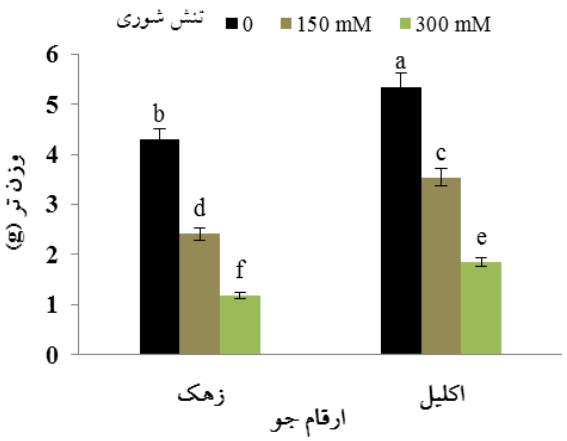
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

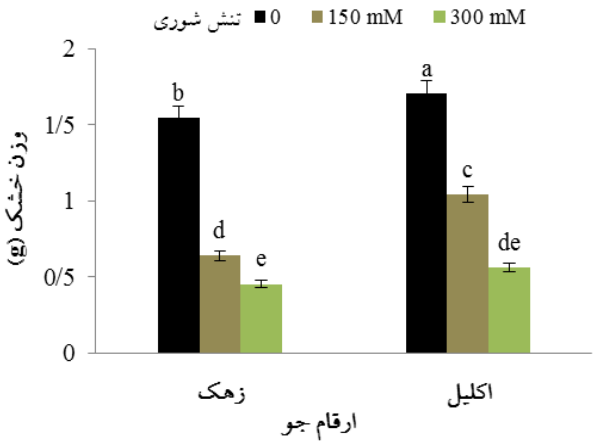
جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس رقم و تنش شوری بر میزان برخی شاخصه‌های رشدی ارقام جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک (گرم)	وزن تر (گرم)	ارتفاع (سانتی‌متر)
تنش شوری	۲	۱/۹۷۵**	۱۶/۵۷**	۳۶/۵۶**
رقم	۱	۰/۲۲۴**	۴/۰۲۶**	۲/۸۳**
تنش شوری × رقم	۲	۰/۰۳۶**	۰/۰۸۸**	۰/۱۲۷**
خطا	۱۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۰/۰۲۷
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳۸	۳/۷۷	۱۰/۹۴

ns، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



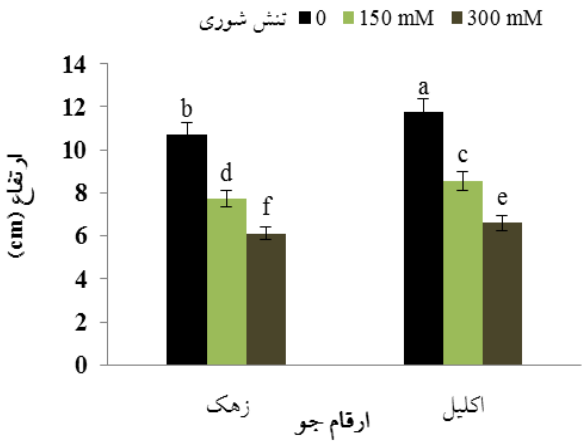
شکل ۱- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر وزن تر ارقام اکلیل و زهک



شکل ۲- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر وزن خشک ارقام اکلیل و زهک

گیاه تحت تنش شوری، کاهش غلظت کلروفیل، کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش طول‌مدت فعالیت فتوسنتزی برگ و کاهش انتقال مواد ذخیره‌ای از ریشه به اندام هوایی و درنتیجه کاهش ساخت مواد فتوسنتزی لازم جهت رشد است (Munns and Tester, 2008).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

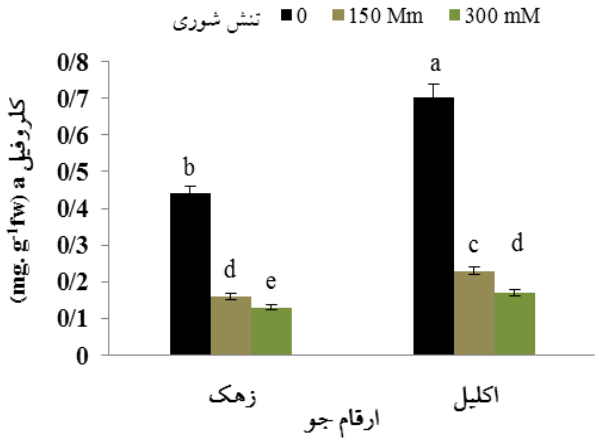


شکل ۳- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر ارتفاع ارقام اکلیل و زهک

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس رقم و تنش شوری بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین و محتوی آب نسبی برگ ارقام اکلیل و زهک

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پروتئین	محتوی آب نسبی برگ
تنش شوری	۲	۰/۳۱۸**	۰/۷۴۷**	۰/۹۵۳**	۰/۳۴۱**	۲/۲۴**	۱۹/۹۸۶**
رقم	۱	۰/۰۴۳**	۰/۰۶۷**	۰/۲۰۹**	۰/۱۴۷**	۱/۰۰۲**	۶۵/۰۱۳**
تنش شوری × رقم	۲	۰/۰۳۵**	۰/۰۰۲۹**	۰/۰۳۷**	۰/۰۴۹**	۰/۶۳۰**	۳/۷۴۲**
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱۹	۰/۹۵۳	۰/۰۰۳۴	۰/۸۲۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۸۹	۶/۴۳	۴/۵۶	۸/۹۱	۳/۸۲	۹/۵۵

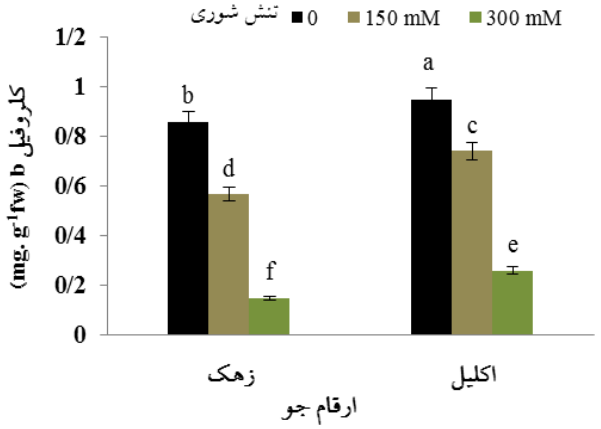
ns، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



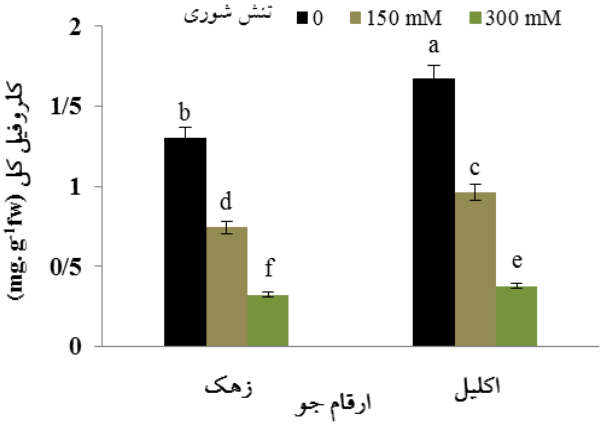
شکل ۴- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان کلروفیل a ارقام اکلیل و زهک

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که میزان برخی از رنگیزه‌های فتوسنتزی در این آزمایش از قبیل کاروتنوئیدها، کلروفیل a، b و کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری، رقم و اثر متقابل آنها قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر رقم و

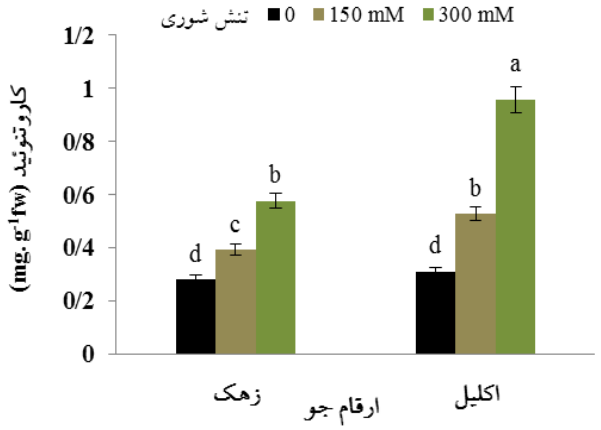
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]



شکل ۵- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان کلروفیل b ارقام اکلیل و زهک



شکل ۶- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان کلروفیل کل ارقام اکلیل و زهک



شکل ۷- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان کاروتنوئید ارقام اکلیل و زهک

شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری از میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ارقام مورد بررسی کاسته شد به‌طوریکه بیشترین میزان کلروفیل a، b و کل طی شرایط شاهد و تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم اکلیل بود (شکل ۴، ۵ و ۶) از طرفی با افزایش سطوح شوری بر میزان کاروتنوئید هر دو رقم زهک و اکلیل افزوده شد به‌طوریکه بیشترین مقدار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

کارتنوئید با میانگین ۰/۹۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به رقم اکلیل در شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بود (شکل ۷).

در این بررسی در اثر تنش شوری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی هر دو رقم اکلیل و زهک کاهش یافت، به‌طوریکه طی تنش شدید شوری ۳۰۰ میلی‌مولار میزان کلروفیل a، b و کل در رقم اکلیل به‌ترتیب ۷۵/۴، ۷۲/۵ و ۷۷/۳ درصد و در رقم زهک به‌ترتیب ۷۰/۴، ۸۲/۶ و ۷۵/۱ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد. کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) در این مطالعه با یافته‌های مطالعه Noreen و همکاران (۲۰۲۰)، مهدویان (۱۳۹۶) و اشرفی و همکاران (۱۳۹۲) در گیاه جو همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد. همچنین در تحقیق دیگری Allel و همکاران (۲۰۱۷) اثر سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار و شاهد شوری را بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی هشت ژنوتیپ جو بررسی و اظهار کردند که طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری از سطح شاهد به ۲۰۰ میلی‌مولار میزان کروفیل a، b و کل کاهش می‌یابد که با یافته‌های این مطالعه هم‌راستا است.

محتوای کلروفیل برگ شاخصی از قابلیت فتوسنتزی بافت‌های گیاهی است و کاهش آن طی تنش باعث کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (Wright *et al.*, 1994). کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی طی تنش شوری براساس نظر Qasim و همکاران (۲۰۰۳) را شاید بتوان این چنین توجیه کرد که کلروپلاست محل اصلی سنتز پرولین و کلروفیل است و از آنجا که اسید گلوتامیک پیش‌ماده لازم برای سنتز کلروفیل و پرولین است لذا این امکان وجود دارد که کلرید سدیم، اسید گلوتامیک را در جهت سنتز بیشتر پرولین در اندام‌های هوایی پییش ببرد. همچنن براساس نظر توکلی و همکاران (۱۳۹۵) تنش شوری ممکن است با تأثیر بر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و جداکردن زنجیره فیتولی از حلقه پورفرین در اثر افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن موجب تخریب مولکول کلروفیل و غشاء کلروپلاست گردد.

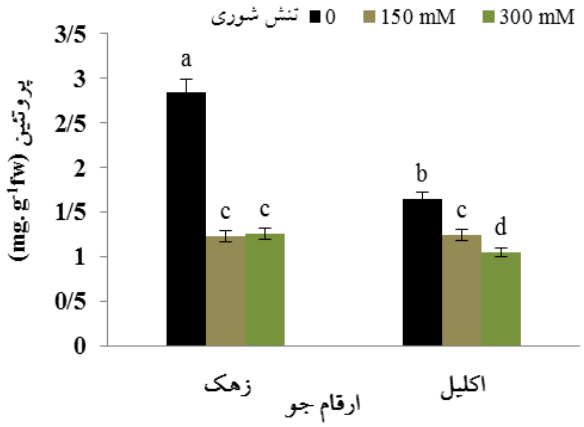
نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش شوری میزان کاروتنوئید در هر ارقام اکلیل و زهک طی تنش ۳۰۰ میلی‌مولار به‌ترتیب افزایش ۶۷/۵ و ۵۱ درصدی داشتند که با نتایج مطالعه داش‌آقا و همکاران (۱۳۹۳) در گندم مطابقت دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری میزان رنگیزه کاروتنوئید افزایش می‌یابد. کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرنوئیدی بوده و به‌عنوان حامی رنگیزه‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی شناخته و توسط تمام اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند و می‌توانند انرژی اضافی طول‌موج‌های کوتاه را بگیرند و نقش آنتی‌اکسیدانی از خود بروز دهند (Stahl and Sies, 2005). افزایش کاروتنوئیدها در شرایط تنش شوری ممکن است افزون بر نقش خود به‌عنوان رنگدانه‌های جمع‌آوری‌کننده نور و مشارکت در فرایند فتوسنتز، نشان‌دهنده نقش آنتی‌اکسیدانی بالای آن باشد (Ilektra and Michael, 2012).

پروتئین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که اثر سطوح مختلف تنش شوری، رقم و اثر متقابل آنها بر میزان پروتئین برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین برهمکنش اثرات متقابل رقم در هرسطح تنش نشان داد که با افزایش سطوح تنش از میزان پروتئین ارقام مورد بررسی کاسته شد به‌طوریکه بیشترین میزان پروتئین با میانگین ۲/۸۵ و ۱/۲۵ میلی‌گرم بر وزن تر طی شرایط شاهد و شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم زهک بود (شکل ۸).

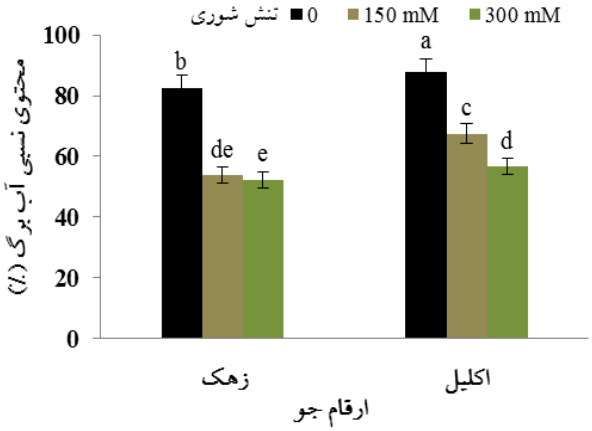
نتایج این مطالعه نشان داد که طی تنش شوری و با افزایش شدت شوری میزان پروتئین برگ در ارقام زهک و اکلیل نسبت به شاهد به‌ترتیب کاهش ۵۶/۴ و ۳۶/۲ درصدی داشتند که با یافته‌های مطالعه اشرفی و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد این محققین بیان کردند که طی تنش شوری میزان پروتئین کل در هر دو رقم حساس و متحمل کاهش یافت به‌طوریکه در رقم متحمل نسبت به رقم حساس کاهش کمتری در مقدار پروتئین مشاهده شد. پاسخ محتوی پروتئین برگ به تنش شوری متغییر بوده می‌تواند افزایشی، کاهشی یا بدون

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]



شکل ۸- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان پروتئین ارقام اکلیل و زهک



شکل ۹- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر محتوی نسبی آب برگ ارقام اکلیل و زهک

تغییر باشد (توکلی و همکاران، ۱۳۹۵؛ پیراسته‌انوشه و همکاران، ۱۳۹۵) اما براساس یافته‌های این مطالعه میزان پروتئین تحت شوری و با افزایش غلظت شوری کاهش یافت و این کاهش در میزان پروتئین با یافته‌های مطالعه سعیدپور (۱۳۹۶) در ژنوتیپ‌های برنج، که گزارش کردند طی تنش شوری میزان پروتئین در ژنوتیپ‌های IR29، موسی‌طارم و غریب کاهش می‌یابد همخوانی دارد. براساس نظر Parida و همکاران (۲۰۰۴) شاید بتوان این گونه توجیه کرد که گیاهان در شرایط تنش به‌واسطه آنزیم پروتئاز پروتئین‌های موجود را به‌منظور تنظیم اسمزی و تولید اسیدهای آمینه هیدرولیز می‌کنند که این امر سبب کاهش میزان پروتئین‌ها می‌شود.

محتوی آب نسبی برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای آب نسبی برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری، رقم و برهمکنش آنها قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش اثرات متقابل رقم در هر سطح تنش نشان داد که بیشترین میزان محتوی آب نسبی برگ طی شرایط شاهد و تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به اکلیل بود (شکل ۹).

بررسی وضعیت آب نسبی بـرگ ارقام موردمطالعه جو نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری تا سطح ۳۰۰ میلی‌مولار، محتوای آب نـسبی برگ هر دو رقم زهک و اکلیل نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۵ و ۳۷ درصد کاهش نشان داد که با نتایج Chen و همکاران (۲۰۰۵) که بیان کردند طی تنش شوری محتوی نسبی آب برگ جو کاهش می‌یابد، مطابقت دارد. در تحقیقی He و همکاران (۲۰۱۹) اثر غلظت‌های مختلف شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌مولار)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس رقم و تنش شوری بر میزان برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ارقام اکلیل و زهک

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربوهیدرات	پرولین	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز	پلی‌فنول اکسیداز
تنش شوری	۲	۱۲/۳۶**	۵۰/۲۵**	۴۳/۸۰**	۵۹/۱۲**	۰/۳۳**
رقم	۱	۲/۳۲**	۲۱/۶۷**	۵/۷۹**	۴/۵۹**	۲/۳۶**
تنش شوری × رقم	۲	۰/۱۶۲**	۰/۶۶**	۱/۸۱**	۹/۹۷**	۰/۰۰۲**
خطا	۱۲	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۴۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲۱	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۸۴	۴/۹۶	۳/۰۱	۲/۶۸	۴/۱۵

ns، * و **: به‌ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

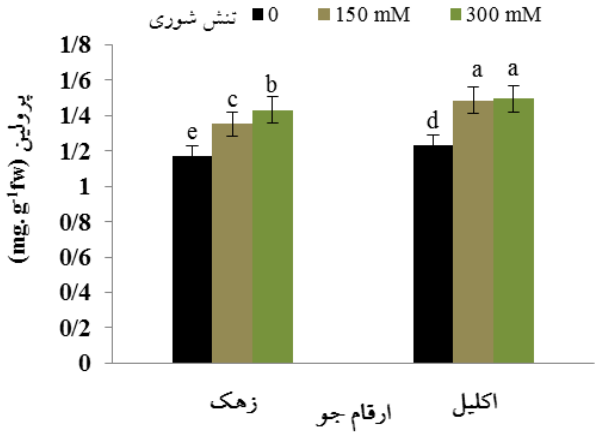
را بر میزان RWC ارقام Kunlun14 و Ganpi6 جو بررسی و اظهار کردند که طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری میزان RWC ارقام مورد بررسی نسبت به سطوح شاهد روندی نزولی نشان دادند به‌طوریکه طی تنش شوری ۴۰۰ میلی‌مولار میزان RWC ارقام Kunlun14 و Ganpi6 به‌ترتیب ۷/۳ و ۲۰/۸ درصد کاهش نشان دادند که با نتایج این مطالعه مبنی بر اینکه طی تنش شوری میزان RWC ارقام مورد بررسی کاهش می‌یابد، هم‌راستا است. محتوی نسبی آب برگ از جمله پاسخ‌های اولیه گیاهان تحت شرایط تنش است و به‌عنوان فاکتوری برای تعیین سطح آب گیاه شناخته شده است که منعکس‌کننده فعالیت‌های متابولیکی در بافت‌هاست (He *et al.*, 2019). کاهش محتوای نسبی آب برگ طی تنش شوری یک پاسخ عمومی به شرایط تنش اسمزی است و ممکن است به دلیل کاهش مقدار جذب آب در اثر افزایش پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک در خاک باشد که با به‌هم‌خوردن تعادل بین دو فرایند جذب آب و تعرق، سبب کاهش محتوی آب نسبی گیاه می‌گردد (زراعی و همکاران، ۱۳۹۶).

تظیم اسمزی: نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۳ نشان داد که سطوح مختلف تنش شوری، رقم و اثر متقابل رقم و تنش بر میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثرات رقم و تنش شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول ارقام مورد بررسی نسبت به سطوح شاهد افزایش یافت، به‌طوریکه در شرایط شاهد و شرایط تنش ۳۰۰ میلی‌مولار رقم اکلیل بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول را نسبت به زهک دارا بود (شکل ۱۰ و ۱۱).

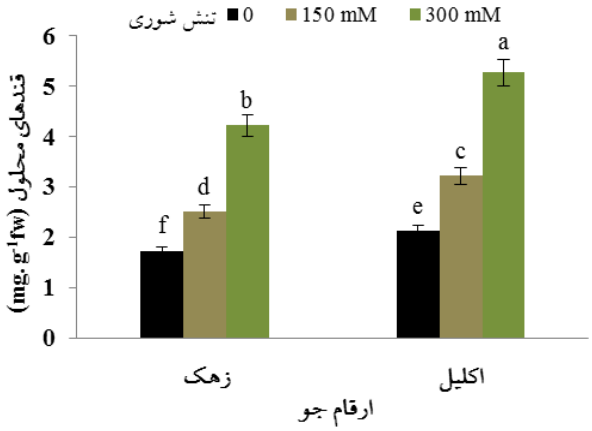
نتایج این مطالعه نشان داد که میزان پرولین طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری در هر دو رقم افزایش یافت بطوریکه طی تنش ۳۰۰ میلی‌مولار میزان پرولین در ارقام زهک و اکلیل به‌ترتیب ۱۳/۳۷ و ۱۷/۴۴ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. افزایش میزان پرولین در این تحقیق با نتایج مطالعه توکلی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه جو مطابقت دارد. این محققین بیان کردند که طی تنش شوری و با افزایش غلظت شوری میزان پرولین افزایش می‌یابد. همچنین در گزارشاتی جداگانه Noreen و همکاران (۲۰۲۰) و معصومی‌اصل و همکاران (۱۳۹۳) اثر سطوح تنش شوری را بر روی گیاه جو بررسی و بیان کردند که طی تنش شوری میزان پرولین در تمام ارقام مورد بررسی افزایش یافت که تأییدی بر نتایج مطالعه فوق مبنی بر اینکه طی تنش شوری و با افزایش شدت شوری میزان پرولین در ارقام مورد بررسی افزایش می‌یابد، است. پرولین یکی از اسید آمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی است که در هنگام تنش به جهت تنظیم اسمزی، حفظ ساختار پروتئین‌ها و از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد در گیاه، مقدار آن به بالاترین حد خود می‌رسد و از اثرات مخرب تنش بر گیاهان می‌کاهد. افزایش مقدار پرولین طی تنش ممکن است ناشی از تحریک ژن‌های سنتزکننده آنزیم‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]



شکل ۱۰- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان پرولین ارقام اکلیل و زهک



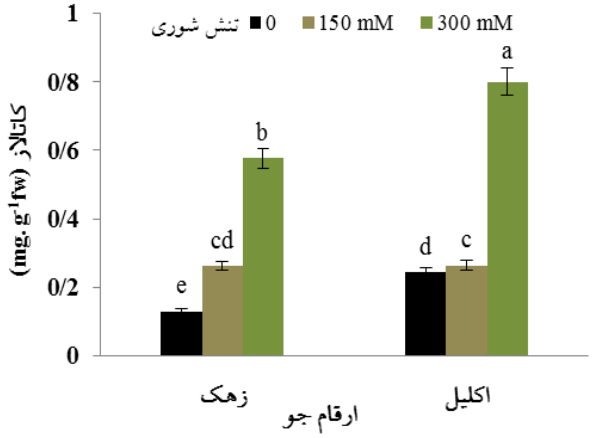
شکل ۱۱- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان قندهای محلول ارقام اکلیل و زهک

مسیر گلوتامات باشد که طی تنش شوری فعال و سبب افزایش سنتز پرولین می‌شوند (عطار و همکاران، ۱۳۹۳).

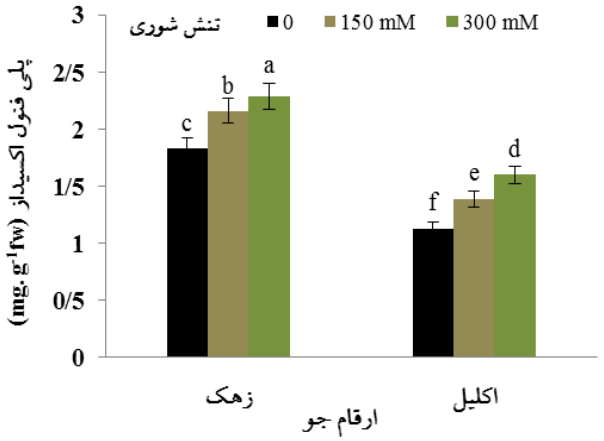
نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان کربوهیدرات‌های محلول ارقام اکلیل و زهک افزایش ۵۹ و ۵۸/۵ درصدی نسبت به سطوح شاهد نشان داد. در تأیید نتایج این آزمایش، نتایج مطالعه زارع و همکاران (۱۳۹۴) و فرهودی (۱۳۹۲)، نشان داد که اعمال تنش شوری موجب افزایش قندهای محلول در برگ‌های گندم و ذرت شده است، که یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش، مبنی بر اینکه تنش شوری موجب افزایش میزان قندهای محلول می‌شود همخوانی دارد. افزایش غلظت قندهای محلول به‌عنوان یکی از ماده‌های حل‌شونده سازگار، یکی از پاسخ‌های معمول گیاه به تغییر در پتانسیل اسمزی محیط است (Munns and Tester, 2008) و این افزایش در میزان قندهای محلول تحت تنش شوری براساس نظر محققین ممکن است به‌علت کاهش انتقال ساکارز از برگ‌ها به سایر قسمت‌های گیاه (Shao *et al.*, 2004)، هیدرولیز نشاسته و کربوهیدرات‌های مرکب به قندهای ساده (Chaves *et al.*, 2010) باشد که سبب تجزیه نشاسته به ساکارز و سپس به مولکول‌های کوچک‌تری مانند گلوکز و فروکتوز می‌شود (صراحی‌نوبر و همکاران، ۱۳۸۹).

ترکیبات آنتی‌اکسیدانی: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که میزان برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در این آزمایش نظیر کاتالاز، پلی‌فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، تحت تأثیر سطوح مختلف تنش شوری، رقم و اثر متقابل آنها قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین

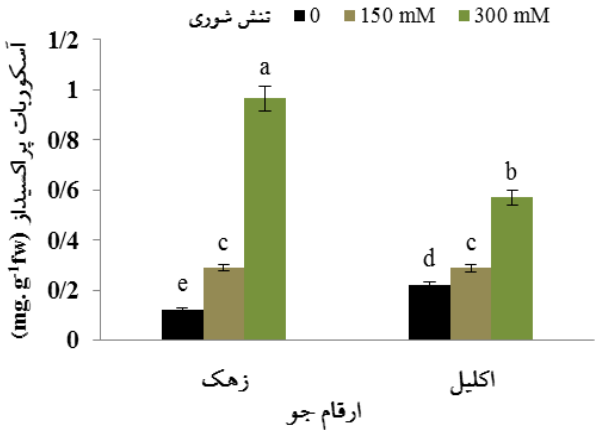
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]



شکل ۱۲- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان آنزیم کاتالاز ارقام اکلیل و زهک



شکل ۱۳- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان آنزیم پلی‌فنول اکسیداز ارقام اکلیل و زهک



شکل ۱۴- اثر متقابل تنش شوری و رقم بر میزان آنزیم آسکوربات پراکسیداز ارقام اکلیل و زهک

برهمکنش اثر رقم و شوری نشان داد که با افزایش سطوح شوری بر میزان فعالیت آنزیم‌های ارقام مورد بررسی افزوده شد به‌طوریکه بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز طی شرایط شاهد و تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار مربوط به رقم اکلیل با میانگین ۰/۷۹۹ mg. g-1fw بود (شکل ۱۲) اما بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز و آسکوربات پراکسیداز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۲۹ و ۰/۹۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به رقم زهک بود که طی شوری سطح ۳۰۰ میلی‌مولار حاصل شد (شکل ۱۳ و ۱۴).

در این مطالعه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش شوری در مقایسه با شاهد روند افزایشی داشتند، این افزایش در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت با نتایج مطالعه He و همکاران (۲۰۱۹) و Elsawy و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه جو مبنی بر اینکه تحت تنش شوری فعالیت آنها افزایش می‌یابد، مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در هر دو رقم اکلیل و زهک در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد افزایش چشمگیری داشت، به‌طوریکه براساس نتایج اثر متقابل مشخص شد طی تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار میزان فعالیت این آنزیم در دو رقم اکلیل و زهک نسبت به سطوح شاهد به‌ترتیب ۶۱ و ۸۶/۳ درصد افزایش داشت که با نتایج رسول‌نیا و همکاران (۱۳۹۱) در جو مبنی بر اینکه طی تنش شوری میزان فعالیت آنزیم APX افزایش می‌یابد، هم‌راستا است. آسکوربات پراکسیداز نقش چشمگیری در تعدیل میزان ROS تولیدشده طی تنش در سلول دارد (Yong *et al*., 2006) دامنه فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز طی تنش شوری متغییر بوده، به‌طوریکه دامنه فعالیت این آنزیم در ارقام متحمل افزایشی (Ashrafi *et al*., 2015) و در ارقام حساس کاهشی (Shalata *et al*., 2001) یا بدون تغییر (Demiral and Turkan, 2005) گزارش شده است. در مطالعه‌ای که Noreen و همکاران در سال ۲۰۲۰ بر روی گیاه جو تحت تنش شوری انجام دادند نتایج آن‌ها نشان داد که میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نسبت به سطح شاهد افزایش یافت. این افزایش در میزان فعالیت آنزیم APX، با نتایج این مطالعه هم‌راستا می‌باشد.

براساس نتایج اثر متقابل طی شوری ۳۰۰ میلی‌مولار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام اکلیل و زهک به‌ترتیب ۶۹/۵ و ۷۷/۶ درصد نسبت به سطوح شاهد افزایش داشتند. Pakar و همکاران (۲۰۱۶) و Elsawy و همکاران (۲۰۱۸) در گزارشاتی جداگانه اثر تنش شوری را بر گیاه جو بررسی و بیان کردند طی شرایط تنش و با افزایش شدت شوری میزان فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز نسبت به سطوح شاهد افزایش می‌یابد که با نتایج این مطالعه مبنی بر اینکه میزان فعالیت آنزیم کاتالاز طی تنش شوری افزایش می‌یابد، همخوانی دارد. آنزیم کاتالاز از جمله مهمترین آنزیم‌های دخیل در فرآیند جمع‌آوری و خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن است و زمانی‌که مقدار ROS تحت تنش افزایش می‌یابد در سم‌زدایی شرکت و فرآیند تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن را در پراکسیزوم‌ها کاتالیز و سلول‌ها را ازآسیب اکسیداتیو ناشی از H_2O_2 و OH حفظ می‌کند (Sunkar, 2010).

نتایج این تحقیق حاضر نشان داد که با افزاش سطوح شوری از شاهد به ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار میزان آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در هر دو رقم اکلیل و زهک افزایش یافت و طی تنش شوری ۳۰۰ میلی‌مولار میزان آنزیم پلی‌فنول اکسیداز در ارقام زهک واکلیل به‌ترتیب ۲۰ و ۲۹/۳ درصد نسبت به سطوح شاهد افزایش نشان داد. در تحقیقاتی Ebtihal و همکاران (۲۰۱۴) و Misra و همکاران (۲۰۲۰) اثر تنش شوری را به ترتیب بر گندم و ذرت بررسی و گزارش کردند که میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز طی تنش شوری افزایش می‌یابد که با نتایج این مطالعه هم‌راستا است و این افزایش فعالیت در آنزیم PPO در شرایط تنش ممکن است به‌دلیل افزایش سوبسترای آن از جمله ترکیبات اکسیژن فعال باشد که نشان‌دهنده نقش مهم این آنزیم جهت مقابله با رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (Asada, 1992).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش شوری در هر دو رقم جو مورد مقایسه، سبب کاهش صفات مورفو فیزیولوژیکی چون وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوی نسبی آب برگ، پروتئین و افزایش محتوی کربوهیدرات‌های محلول، پرولین، کاروتنوئید و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شد، به‌طوریکه در شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

نرمال بیشترین میزان شاخص‌های رشدی، کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید، محتوی نسبی آب برگ، کربوهیدرات، پرولین و کاتالاز مربوط به رقم اکلیل بود. همچنین طی شوری ۳۰۰ میلی‌مولار هم بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، رنگیزه‌های فتوسنتزی محتوی نسبی آب برگ و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مربوط به رقم اکلیل بود درحالیکه در رقم زهک میزان پروتئین، آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز تحت شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بیشترین مقدار بود. درنهایت می‌توان این گونه بیان کرد که رقم اکلیل کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته است و عکس‌العمل بهتری نسبت به رقم زهک داشته است.

منابع

اشرفی، ش.، حسینی، ر.، گروسی، ق. ع.، حداد، ر. و مرادنژاد، م. (۱۳۹۲) بررسی تغییر در فعالیت آنزیم‌های نوکلئاز ترجیح‌دهنده DNA تک رشته‌ای، میزان پروتئین و کلروفیل طی تنش شوری در دو رقم حساس و متحمل گیاه جو. سلول و بافت ۴: ۱۹۵-۱۸۷.

پیرسته انوشه، ه.، امام، ی.، روستا، م. ج. و هاشمی، س. ا. (۱۳۹۵) اثر محلولپاشی اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو رقم نصرت در شرایط تنش شوری. مجله علوم زراعی ایران ۱۸: ۲۴۴-۲۳۲.

توکلی، ف.، وزان، س.، سرخه، ک. و شاکری، ا. (۱۳۹۵) اثر تنش شوری بر برخی از صفات فیزیولوژیک و الگوی الکتروفورزی پروتئین‌های برگی دو رقم جو. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۶: ۲۰۱-۱۹۱.

داش‌آقا، ز.، مظاهری تیرانی، م. و قاسمی خوراسگانی، م. (۱۳۹۳) اثر سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه گندم و ذرت تحت تنش شوری در شرایط آزمایشگاهی. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی ۴: ۲۱۵-۲۰۷.

رسول‌نیا، ع. ال. ر.، بی‌همتا، م. ر.، پیغمبری، س. ع.، علیزاده، ه.، تکلو، س. و کمالی‌زاده، م. (۱۳۹۱) بررسی الگوی پروتئوم و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت جو تحت تنش شوری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۳: ۲۴۱-۲۳۱.

زارع، ح. ر.، قنبرزاده، ز.، بهداد، ا. و محسن‌زاده، س. (۱۳۹۴) اثر سیلیکون و نانوسیلیکون در کاهش صدمات ناشی از تنش شوری بر گیاهچه ذرت. زیست‌شناسی گیاهی ایران ۷: ۷۴-۵۹.

زارعی، م.، عزیزی، م.، راحمی، م.، تهرانی‌فر، ع. و داورپناه، س. (۱۳۹۶) اثر تنش شوری بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی چهار دورگه انجیر. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۸: ۱۵۸-۱۴۳.

سعیدپور، س. (۱۳۹۴) بررسی تأثیر تنش شوری بر پتانسیل اسمزی، میزان غلظت قندها و پروتئین‌های محلول در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در مرحله گیاهچه‌ای. نشریه زراعت ۱۰۹: ۸-۱.

صراحی نوبر، م.، نیکنام، و. و مرادی، ب. (۱۳۸۹) اثر تنش شوری بر محتوای پروتئین، رنگیزه‌ها، قندها و ترکیبات فنلی در کشت‌بافت چند گونه از شنبلیله‌های ایران. مجله علوم دانشگاه تهران ۳۶: ۵۹-۵۳.

عطار، س. ف.، محمدخانی، ع. ال. و هوشمند، س. ا. (۱۳۹۳) اثر تنش شوری بر عملکرد دانه و روغن، میزان کلروفیل و پرولین در سه توده محلی کرچک در شرایط کنترل‌شده. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۴: ۲۲۶-۲۱۵.

فرهودی، ر. (۱۳۹۲) بررسی اثر تنش شوری بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیک نه رقم گندم در مرحله رشد رویشی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۵: ۸۶-۷۱.

معصومی اصل، ا.، امیری فهلیانی، ر. و پاک‌نیت، ح. (۱۳۹۳) بهبود سطح تحمل شوری گیاه جو با بهره‌گیری از هتروزیس. نشریه تولید گیاهان زراعی ۷: ۱۲۲-۱۰۹.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

ملکی، ط.، عطائیان، ب.، محمدپرست، ب. و اخضری، د. (۱۳۹۶) اثر تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه و تیور گراس در شرایط گلخانه‌ای. نشریه حفاظت زیست‌بوم گیاهان ۵: ۱۳۸-۱۱۹.

مهدویان، ک. (۱۳۹۶) اثر غلظت‌های متفاوت سالیسیلیک اسید بر تحمل شوری گیاهچه جو. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۹: ۱۳۶-۱۲۱.

Abd Elhamid, E. M., Sadak, M. S. and Tawfik, M. M. (2014) Alleviation of adverse effects of salt stress in wheat cultivars by foliar treatment with antioxidant 2—changes in some biochemical aspects, lipid peroxidation, antioxidant enzymes and amino acid contents. Agricultural Sciences 5: 1269.

Aebi, H. (1974) Catalase in vitro. Methods in Enzymology 105: 121-129.

Ajithkumarand, P. and Panneerselvam, R. (2013) Osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth ofvsetaria italica under droght stress. Asian Pacific Journal 2: 220-224.

Allel, D., Ben-Amar, A. and Abdelly, C. (2018) Leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ion content of barley (*Hordeum vulgare*) in response to salinity. Journal of Plant Nutrition 41: 497-508.

Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A. and Hayat, S. (2020) Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry 156: 64-77.

Asada, K. (1992) Acorbate peroxidase a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. Physiologia Plantarum 85: 235-241.

Ashrafi, E., Razmjoo, J. and Zahedi, M. (2015) The effect of salt stress on biochemical traits and relation with salt tolerant of alfalfa cultivars in field. Agronomy Journal 108: 43-56.

Bates, L. S., Waldern, R. P. and Teave, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-107.

Bohenert, H. J. and Shen, B. (1999) Transformation and compatible solutes. Scientia Horticulturae 78: 237-260.

Bradford, M. M. (1976) Analytical Biochemistry 72: 248-254.

Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J. M. and Lopes, C. M. (2010) Grapevine under deficit irrigation: Hints from physiological and molecular data. Annals of Botany 105: 661-676.

Chen, Z., Newman, I., Zhou, M., Mendham, J. N., Zhang, G. and Shabala, S. (2005) Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux: A case study for barley. Plant Cell and Environment 28: 1230-1246.

Darko, E., Gierczik, K., Hudak, O., Forgo, P., Pal, M., Turkosi, E. and Molnar-Lang, M. (2017) Differing metabolic responses to salt stress in wheat-barley addition lines containing different 7H chromosomal fragments. PLOS one 12: e0174170.

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. Environmental and Experimental Botany 53: 247-257.

El Ghazali, G. E. B. (2020) Structural characteristics and adaptations to salinity and drought: A review. International Journal of Science 9: 28-33.

Elsawy, H. I., Mekawy, A. M. M., Elhity, M. A., Abdel-Dayem, S. M., Abdelaziz, M. N., Assaha, D. V. and Saneoka, H. (2018) Differential responses of two Egyptian barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 127: 425-435.

Farooq, M., Gogoi, N., Hussain, M., Barthakur, S., Paul, S., Bharadwaj, N. and Siddique, K. H. (2017) Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. Plant Physiology and Biochemistry 118: 199-217.

Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A. and Siddique, K. H. M. (2015) Salt stress in maize effects resistance mechanisms and management: A review. Agronomy for Sustainable Development 35: 461-481.

Filella, I., Llusia, J., Pin, J. O. and Pen, J. U. (1998) Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions. Environmental and Experimental Botany 39: 213-220.

Hamzeh-Kahnoji, Z., Ebrahimi, A., Sharifi-Sirchi, G. R. and Majidi-Hervan, E. (2021) Monitoring of morphological, biochemical and molecular responses of four contrasting barley genotypes under salinity stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.

He, Q., Wang, X., He, L., Yang, L., Wang, S. and Bi, Y. (2019) Alternative respiration pathway is involved in the response of highland barley to salt stress. Plant Cell Reports 38: 295-309.

Ilektra, S. and Michael, M. (2012) Interaction of proline, sugars and anthocyanins during photosynthetic acclimation of *Arabidopsis thaliana* to drought stress. Plant Physiology 169: 577-585.

Irigoyen, J. J., Emerrich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. Physiologia Plantarum 84: 55-60.

Jose, A. I. (2002) Package of Practices Recommendations: Crops 12th Ed. Kerala Agricultural University, Trichur, Kerala. India.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

Kar, M. and Mishra, D. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology 57: 315-319.

Maksimovic, J. D., Zhang, J., Zeng, F., Zivanovic, B. D., Shabala, L., Zhou, M. and Shabala, S. (2013) Linking oxidative and salinity stress tolerance in barley: Can root antioxidant enzyme activity be used as a measure of stress tolerance?. Plant and Soil 365: 141-155.

Mane, A. V., Saratale, G. D., Karadg, B. A. and Samant, J. S. (2011) Studies on the effects of salinity on growth, polyphenol content and photosynthetic response in *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. Emirates Journal of Food and Agriculture 23: 59-70.

Misra, S. and Chauhan, P. S. (2020) ACC deaminase-producing rhizosphere competent *Bacillus* spp. mitigate salt stress and promote *Zea mays* growth by modulating ethylene metabolism. 3 Biotech 10: 1-14.

Munns, R. and Tester, M. (2008) Mechanisms o f salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.

Noreen, S., Sultan, M., Akhter, M. S., Shah, K. H., Ummara, U., Manzoor, H. and Ahmad, P. (2021) Foliar fertigation of ascorbic acid and zinc improves growth, antioxidant enzyme activity and harvest index in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 158: 244-254.

Pakar, N., Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Pessarakli, M. (2016) Barley growth, yield, antioxidant enzymes, and ion accumulation affected by PGRs under salinity stress conditions. Journal of Plant Nutrition 39: 1372-1379.

Pardo, A., Amato, M. and Chiaranda, F. Q. (2002) Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 13: 39-45.

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

Parida, A. K., Das, A. B., Mittra, B. and Mohanty, P. (2004) Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove *Bruguiera parviflora*. Zeitschrift fur Naturforschung C. International Journal of Biosciences 59: 408-414.

Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. (1998) Plant Physiology. Academia Praha.

Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M. Y., Rehman, S. U. and Rha, E. S. (2003) Salt–induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. Biologia of Plantarum 46: 692-632.

Razmjoo, K., Heidarizadeh, P. and Sabzalian, M. R. (2008) Effect of salinity and drought stresses on growth parameter and essential oil content of *Matricaria chamomile*. Journal of Agriculture and Biology 10: 451-454.

Regni, L., Del Pino, A. M., Mousavi, S., Palmerini, C. A., Baldoni, L., Mariotti, R. and Proietti, P. (2019) Behavior of four olive cultivars during salt stress. Frontiers in Plant Science 867.

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 Science 163: 1037-1046.

Shalata, A., Mittova, V., Volokita, M., Guy, M. and Tal, M. (2001) Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative Lycopersicon pennellii to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system. Physiologia Plantarum 112: 487-494.

Shao, H. B., Liang, Z. S., Shao, M. A. and Sun, Q. (2005) Dynamic changes of anti-oxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. Colloids and Surfaces Biointerfaces 42: 187-195.

Stahl, W. and Sies, H. (2005) Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. Biochem. Biochimica Biophysica Acta 1740: 101-107.

Sunkar, R. (2010) Plant Stress Tolerance Methods and Protocols. Humana Press.

Wright, G. C., Nageswara, R. C. and Farquhar, G. D. (1994) Water use efficiency and carbon isotop discrimination in peanut under water deficit conditions. Crop Science 34: 92-97.

Yang, Y. and Guo, Y. (2018) Unraveling salt stress signaling in plants. Journal of Integrative Plant Biology 60: 796-804.

Yong, T., Zongsuo, L., Hongbo, S. and Feng, D. (2006) Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix astragali* at seeding stage. Colloids and Surfaces Biointerfaces 49: 60-65.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]

Effect of salinity stress on some morphophysiological and biochemical traits of two barley cultivars

Leila Fahmideh[1*], Ayoub Mazarie[2], Parisa Pahlavan[2], Shahin Madadi[2]

[1] Department of plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
[2] Department of Plant Breeding and Biotechnology, University of Zabol
(Received: 26/10/2021, Accepted: 07/03/2022)

Abstract

Considering the increasing trend of salinity development and the lack of suitable arable lands for agriculture in the world, the use of saline resistant species that reduce the effects of salinity stress in plants is very important. The aim of the present study was, investigation and comparison of morphophysiological and biochemical traits in leaf tissue of two barley cultivars (Aklyl and Zahak) under Salinity stress (0 (control), 150 and 300 mm NaCl). This experiment was performed as a factorial in a completely randomized design with three replications, conducted at the Institute for Biotechnological Research in the University of Zabol in 2021. According to the results of interactions, it was found that salinity stress in both barley cultivars reduced morphophysiological traits such as fresh weight (68%) and dry weight (69%), height (43%), Chlorophyll a (74%), b (78%), total (76%), relative water content of leaves (35%), protein (49%) but increased in soluble carbohydrates (58%), proline (8%), carotenoids (62%) and the activity of antioxidant enzymes catalase (73%), polyphenol oxidase (24%) and ascorbate peroxidase (78%) compared with the control treatment. In normal conditions and salt stress (300 mM), Aklyl cultivar compared to Zahak cultivar had the highest amount of chlorophyll a, b, total and carotenoids, relative content of leaf water, carbohydrates, proline and catalase, while the highest amount of protein and activity of antioxidant enzymes of ascorbate, polyphenol oxidase was related to Zahak cultivar at salinity of 300 mM. As a result, based on the results of the present study, it can be stated that Aklyl cultivar was less affected by salinity stress and had a better reaction than Zahak cultivar.

Keywords: Soluble proteins, Photosynthetic pigments, Antioxidant defense system, Relative leaf water content

Corresponding author, Email: l.fahmideh@gau.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.17.2]