بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات زراعی و فیزیولوژیک جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش شوری

Investigation of Daljin Growth Regulator (*Ascophyllum nodosum* Extract) under Salt Stress Conditions on Agronomic and Physiological Traits of Barley (*Hurdeum vulgare* L.)

آتنا سیدرضوی [۱*]، میثم اویسی [۲]، پورنگ کسرایی [۲].

۱- گروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، تهران، ایران.
۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا، ورامین، تهران، ایران.

*نویسنده مسوول مکاتبات: Zaraban_91@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات زراعی و فیزیولوژیک جو تحت تنش شوری، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا در سال ۹۶-۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمارها شامل تنش شوری در سه سطح صفر (شاهد)، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در چهار سطح صفر (شاهد)، ۰/۵، یک و دو در هزار بود. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته، محتوای نسبی آب برگ و افزایش درصد پروتئین دانه، کاتالاز و پرولین شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی توانست موجب افزایش وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته، محتوای نسبی آب برگ و پرولین گردد. در شرایط مطلوب حداکثر عملکرد تک‌بوته به مقدار ۹/۷۱ گرم در تیمار یک در هزار عصاره جلبک دریایی مشاهده شد، همچنین در شرایط شوری ۷۵ میلی‌مولار بیش‌ترین عملکرد تک بوته مربوط به تیمارهای یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی (به‌ترتیب ۸/۴۹ و ۸/۹ گرم) بود. در تیمار شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نیز بین سطوح ۰/۵، یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نگردید. نتایج کلی این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه جو، باعث بهبود تحمل گیاه به شوری و کاهش اثر منفی تنش شوری و عملکرد دانه جو می‌شود.

واژگان کلیدی: تنش شوری، پروتئین، پرولین، جو، دالجین، کاتالاز

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از اولین گیاهان زراعی اهلی شده به شمار می‌رود که علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، گیاه با ارزشی برای تناوب محصولات زراعی است و مزایای زیادی از نظر تنوع گونه‌ای، کنترل آفات و بیماری‌ها دارد، همچنین به‌عنوان یکی از گیاهان زراعی مهم بعد از گندم، ذرت و برنج مورد استفاده انسان و دام قرار می‌گیرد. (Abdollahi Sisi *et al*., 2012; Chakraborty and Newton, 2011). در بین تنش‌های محیطی، تنش شوری از اهمیت زیادی برخوردار است، به‌طوری‌که در حدود دو میلیون کیلومتر مربع از زمین‌های قابل استفاده در کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده و انتظار می‌رود ۳۰ درصد اراضی در ۲۵ سال آینده و بالغ بر ۵۰ درصد آن‌ها در سال ۲۰۵۰ به دلیل توسعه شوری از گردونه تولیدات کشاورزی خارج شوند (Wang *et al*., 2003). شوری در آب یا در خاک، یکی از تنش‌ها مهم به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک است. در ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشکی است، تنش شوری یکی از موانع تولید در کشاورزی محسوب می‌شود. این تنش از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد که شدت خسارت شوری بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است (Siringam *et al*., 2011). گزارش‌های گوناگونی در مورد اثر شوری بر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد جو وجود دارد (حسینی ابراهیمی، ۱۳۹۴؛ نیکخواه و همکاران، ۱۳۹۳). شوری پتانسیل آب برگ را کاهش می‌دهد؛ اما محتوای آب برگ فقط در غلظت‌های بالای شوری کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً مربوط به نحوه عمل روبیسکو بر فتوسنتز ایجاد شده می‌باشد (Ashraf *et al*., 2009). شوری بر تمام فرآیندهای اصلی گیاه مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پرولین، تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند کاتالاز، سوخت و ساز لیپید و انرژی موثر بوده، در نتیجه تمام مراحل زندگی گیاه از جوانه‌زنی تا تولید بیوماس و دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Parida *et al*., 2004). تنش شوری، باعث تسریع در تولید و فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن، می‌شود که برای سلول‌های گیاهی زیان آور است (Gill and Tuteja, 2010). گیاهان جهت کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، از یک سیستم پیچیده دفاعی آنتی‌اکسیدانی استفاده می کنند که می‌توان به کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز اشاره کرد. این آنزیم‌ها نقش مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهی دارند. بسته به گونه گیاهی و شدت تنش، میزان فعالیت این آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان تغییر می‌کند (Masoumi Zavariyan *et al*., 2015). عوامل محیطی اغلب با ایجاد تغییراتی در سوخت و ساز و پراکندگی هورمون در گیاه تأثیرات القایی آن را از بین می‌برند. گذشته از نقش تنظیم کننده‌ها در واکنش به تأثیرات القایی محیطی، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی عوامل اصلی هستند که ظهور توانایی درونی ژنتیک گیاهان را تنظیم می‌کنند (Pessarakli, 2008). از جمله این تنظیم کننده‌های مؤثر عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) به نام دالجین است. عصاره جلبک دریایی حاوی مواد مغذی اصلی، مواد مغذی فرعی، اسید آمینه‌ها، ویتامین‌ها، سایتوکنین‌ها، اکسین و مواد محرک رشد مشابه آبسیزیک اسید هستند که باعث تحریک رشد و عملکرد گیاهان، افزایش تحمل به تنش‌های محیطی (Zhang *et al*., 2003) و افزایش جذب مواد غذایی از خاک (Turan and Köse, 2004) می‌شوند. در پژوهشی با بررسی تأثیر عصاره جلبک دریایی بر رشد ریشه‌های گیاهچه سویا گزارش شد که عصاره جلبک دریایی در سطوح مختلف تأثیر مثبتی روی طول ریشه‌های گیاهچه سویا داشت. بالاترین اثر تحریکی عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱۰-۵ گرم در میلی‌لیتر مشاهده شده بود که طول ریشه حدود ۱۸ درصد بلندتر از ریشه‌های شاهد بود (Anisimov and Chaikina, 2014). با مطالعه تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و کیفیت سیب‌زمینی گزارش شد که با کاربرد عصاره جلبک دریایی در زمان‌های مختلف رشد، عملکرد و کیفیت غده سیب‌زمینی به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد غده با کاربرد عصاره جلبک دریایی در زمان های ۳۰ و ۶۰ روز پس از کاشت به‌دست آمده بود (Haider *et al*., 2012). بر پایه نتایج به دست آمده توسط غفاری و همکاران (۱۳۹۰)، مشخص شد تأثیر عصاره جلبک دریایی بر صفات تعداد دانه پر، تعداد دانه در طبق، کلروفیل، درصد روغن، عملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بود.

پژوهش حاضر، با هدف تأثیرگذاری محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفات زراعی و فیزیولوژیک جو در تنش شوری صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی سطوح مختلف محلول‌پاشی تنظیم کننده رشد عصاره جلبک دریایی بر خصوصیات فیزیولوژیک جو در شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین- پیشوا در سال ۹۶-۱۳۹۵ اجرا گردید. تیمارها شامل تنش شوری در سه سطح آب مقطر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با نام تجاری دالجین در چهار سطح آب مقطر، ۰/۵، ۱ و ۲ در هزار بود. محرک رشد دالجین حاوی ۲۵۰ گرم در لیتر عصاره خالص جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* و عناصر مفید جهت رشد و باروری گیاه می‌باشد، همچنین حاوی تمامی عناصر پرمصرف، کم‌مصرف، اسیدهای آمینه آزاد (۶/۷۲ درصد)، جیبرلین، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها ضروری گیاهی، چربی‌ها و مواد آلی می‌باشد. رقم مورد مطالعه جو، ریحان بود که یکی از ارقام اصلاح شده با سازگاری بالا است. کاشت بذور در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۳۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر که با ۱۰ کیلوگرم خاک با نسبت ۲، ۱، ۱ از خاک، کود برگ و شن شسته شده پر شده، صورت گرفت. طبق آزمون خاک (جدول یک) میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره و سوپرفسفات ترپیل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (بـــرای اوره و سوپرفسفات تریپل هر کدام برابر با ۰/۷ و ۰/۳۵ گرم سولفات پتاسیم برای هر گلدان) به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. در هر گلدان ۱۰ عدد بذر جوانه‌زده و ضد عفونی شده با هیپو کلریت سدیم ۱۰ درصد و قارچ کش بنومیل دو در هزار در عمق یک سانتی‌متری خاک قرار داده شد. حدود هفت روز پس از تاریخ کاشت، جوانه‌زنی عمومی در سطح گلدان‌ها مشاهده گردید. طی ده روز از زمان کشت تا سبزشدن فقط با آب شاهد آبیاری شد. مقدار نمک مورد نیاز برای هر یک از سطوح شوری همراه آب آبیاری اعمال شد. عملیات تنک کردن گیاهچه‌ها در مرحله سه برگی انجام گرفت و در هر گلدان ده گیاهچه نگه داشته شد. محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در مرحله ساقه-دهی و گلدهی انجام گرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک.

Table 1: soil physicochemical properties.

خصوصیات خاک Soil properties	بافت خاک Soil texture	روی Zinc ppm	آهن Iron ppm	فسفر Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم Potassium (mg/kg)	کلسیم Calcium (mg/l)	نیتروژن Nitrogen (٪)	شن Sand (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	اسیدیته Acidity
نتایج Results	رسی سیلتی	0.5	2.9	0.14	265.1	11	0.28	11	43.7	44.3	7.2

جهت اندازه‌گیری عملکرد تک‌بوته، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک پنج بوته از هر گلدان برداشت و میانگین آن به عنوان عملکرد تک‌بوته هر گلدان منظورگردید (حسینی ابراهیمی، ۱۳۹۴). به‌منظور محاسبه درصد پروتئین دانه، ۳۰ گرم از نمونه توزین شد و نیتروژن کل دانه نیز به روش گلن و همکاران (Glenn *et al.*, 1997) توسط دستگاه کجل‌تک (Auto Analyzer 2300 شرکت Foss) به دست آمد و در نهایت میزان نیتروژن در عدد ثابت ۶/۲۵ ضرب شده و از این طریق درصد پروتئین دانه مشخص گردید. میزان پرولین برگ بر طبق روش بیتس وهمکاران (Bates *et al*., 1973) مشخص شد. جهت ارزیابی آنزیم کاتالاز برگ‌ها از روش کاک ماک و هورست (Cakmak and Horst, 1991) استفاده شد.

به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) از فرمول ذیل استفاده گردید (اویسی و همکاران، ۱۳۸۹):

$$RWC=FW-DW/TW-DW\times100$$

که در رابطه فوق، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت اشباع است.

برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد تک‌بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد تک‌بوته تحت تأثیر اثرات اصلی تنش شوری و عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر متقابل دو عامل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول دو). براساس نتایج به دست آمده تنش شوری موجب کاهش عملکرد تک‌بوته و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی سبب بهبود و افزایش عملکرد تک‌بوته شد. بیش‌ترین عملکرد تک‌بوته در شرایط عدم تنش مربوط به تیمار دو در هزار عصاره جلبک دریایی (۹/۷۱ گرم)، در شرایط شوری ۷۵ میلی‌مولار مربوط به تیمارهای یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی (به‌ترتیب ۸/۴۹ و ۸/۹ گرم) و در شرایط شوری ۱۵۰ یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی (به‌ترتیب ۴/۶۳، ۴/۶۵ و ۴/۸۶ گرم) است، کمترین عملکرد تک‌بوته (۳/۸۹ گرم) در عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول پنج).

شوری با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. محققان علت کاهش عملکرد دانه را کاهش فتوسنتز جاری در اثر کاهش بخش فتوسنتز کننده دانستند. با توجه به اینکه گیاهان بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را در معرض شوری گذراندند، احتمالا میزان یون‌های سمی سدیم و کلر در برگ‌ها با افزایش شوری افزایش یافته و سبب کاهش عملکرد در گیاه گردیده است (Kaya *et al*., 2001 & Ashraf and McNeielly, 2004). افزایش اجزای عملکرد و عملکرد با مصرف مواد غذایی می‌تواند علل مختلفی داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین و افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل دانست (Pasian, 2001). یک رابطه خطی معنی‌دار بین غلظت عناصر غذایی و عملکرد گیاه وجود دارد، به‌طوری‌که در اثر مصرف عناصر مغذی، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه توت فرنگی افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن گیری و در نتیجه میزان عملکرد در گیاه می‌گردد (Amaliotis *et al*., 2002).

عصاره جلبک دریایی حاوی میزان زیادی پروتئین و اسید آمینه می‌باشد (Anantharaj and Venkatesalu, 2001). مطالعات نشان دادند اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten *et al*., 2010). سایر محققان نیز به نتایج مشابهی در زمینه افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در گندم دست یافتند. آن‌ها دلیل این امر را افزایش سنتز کلروفیل و نقش آن در تولید پروتئین‌ها و اثر کلات‌کنندگی عناصر ریزمغذی توسط اسید آمینه اعلام کردند (حبیبی، ۱۳۹۰). براساس نتایج می‌توان بیان نمود به‌دلیل وجود اسیدهای آمینه در عصاره جلبک دریایی، با کاربرد آن به خاطر اثرات تغذیه‌ای مثبت بر رشد و نمو، عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. اسیدهای آمینه به عنوان منبعی از نیتروژن یک ترکیب اساسی در تولید پروتئین گیاهی و کلروفیل می‌باشند (Al-Said and Kamal, 2008).

وزن هزار دانه

براساس نتایج تنش شوری و عصاره جلبک دریایی تأثیر معنی‌داری (سطح احتمال یک درصد) بر وزن هزار دانه داشت. اثر متقابل تنش شوری و عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال پنج درصد روی وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول دو). با اعمال تنش شوری وزن هزار دانه کاهش و با محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی وزن هزار دانه افزایش پیدا کرد، حداکثر وزن هزار دانه در شرایط مطلوب مربوط به تیمار یک در هزار عصاره جلبک دریایی (۳۸/۴۸ گرم)، در شرایط شوری ۷۵ میلی‌مولار مربوط به تیمار دو در هزار عصاره جلبک دریایی (۳۳/۹۲ گرم)، در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مربوط به تیمار یک در هزار عصاره جلبک دریایی (۳۰/۳ گرم) بود همچنین کمترین وزن هزار دانه به مقدار ۲۶/۴۶ گرم در عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به دست آمد (جدول پنج).

به عقیده محققان تنش شوری وزن دانه را از طریق کوتاه کردن دوره پر شدن دانه و تسریع در رسیدگی دانه‌ها کاهش می‌دهد (اویسی و همکاران، ۱۳۸۹). حسینی ابراهیمی (۱۳۹۴) علت کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش شوری را تغییر در تسهیم مواد پرورده به‌منظور مقابله با اثر تنش شوری عنوان کرد. دلیل افزایش وزن هزار دانه وجود مواد مغذی و ترکیبات تنظیم کننده رشد است. به‌دلیل افزایش رشد و استقرار ریشه، در نتیجه گیاهان قادر به جذب مواد مغذی بیشتری هستند. فعالیت‌های گیاهی زیستی فیزیولوژیک، که در مجموع

منجر به حفظ بالاتر فعالیت فتوسنتزی می‌شود موجب افزایش وزن هزار دانه خواهد شد (Singh and Usha, 2003). وجود مواد ریزمغذی باعث افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌ها و همچنین افزایش غلظت فتوسنتز و دوام سطح برگ و در نتیجه مقدار فتوسنتز گیاه می‌گردد که رشد گیاه و افزایش وزن هزار دانه را در پی دارد (Pessarakli, 2008).

درصد پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تنش شوری و عصاره جلبک دریایی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر درصد پروتئین دانه داشته است و اثر متقابل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول دو). مشاهده شد که تنش شوری سبب افزایش درصد پروتئین و عصاره جلبک دریایی موجب کاهش درصد پروتئین می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که کمترین درصد پروتئین در شرایط شاهد و شوری ۷۵ میلی‌مولار مربوط به تیمارهای دو در هزار عصاره جلبک دریایی و در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مربوط به تیمار ۰/۵ در هزار عصاره جلبک دریایی بود، بیش‌ترین درصد پروتئین به مقدار ۱۶/۶ درصد را تیمار عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به خود اختصاص داد (جدول پنج).

به احتمال زیاد تشکیل پروتئین در شرایط شوری به جهت تنظیم اسمزی و در نهایت ممانعت از کاهش آب گیاه باشد (Parida *et al*., 2004). به بیان دیگر افزایش میزان پروتئین احتمالاً به علت افزایش سنتز پروتئین‌های جدید ناشی از بروز زن‌های مقاومت به تنش و یا کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین می‌باشد.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج نشان داد اثرات اصلی تنش شوری و عصاره جلبک دریایی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی صفت مذکور تحت اثر متقابل تنش شوری و جلبک قرارنگرفت (جدول دو). تنش شوری موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ شد، بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۷۲/۵۹ درصد مربوط به تیمار شاهد و کمترین محتوای نسبی آب برگ به میزان ۴۴/۳۴ درصد مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری بود که بیانگر کاهش ۳۸/۹۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد بود (جدول سه). محتوای نسبی آب برگ با محلول پاشی ۰/۵، یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی به‌ترتیب به مقدار ۲۲/۷۲، ۲۳/۵۴ و ۱۸/۴۴ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد، بین سطوح ۰/۵، یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و هر سه تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول چهار).

محتوای آبی برگ‌ها به عنوان عاملی برای تعیین سطح آب گیاه شناخته شده است که منعکس کننده فعالیت‌های متابولیک در بافت‌ها است (اویسی و همکاران، ۱۳۸۹). کاهش در محتوای نسبی آب برگ سبب کاهش آب مورد نیاز برای فرآیندهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک از قبیل طویل‌شدن سلولی، باز شدن روزنه‌ها و فرآیندهای وابسته به فتوسنتز است (Farkhonded *et al*., 2012). سایر محققان نیز بیان نمودند کاربرد عصاره جلبک باعث افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه و جذب آب بیشتر و افزایش محتوای نسبی آب برگ‌ها می‌شود (Ludwig-Muller, 2000).

پرولین

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده تنش شوری بر میزان پرولین گیاه در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده محلول‌پاشی جلبک بر صفت یاد شده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثرات متقابل دو عامل بر میزان پرولین معنی‌دار نبود (جدول دو). با اعمال تنش شوری، میزان پرولین نسبت به شاهد یا عدم تنش شوری افزایش یافت، بیش‌ترین مقدار پرولین در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری (۶/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به دست آمد (جدول سه). کاربرد عصاره جلبک دریایی با افزایش پرولین همراه بود، بالاترین پرولین را تیمار یک در هزار عصاره جلبک دریایی به مقدار ۱۰/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر دارا بود که نشان از افزایش ۲۲/۵۳ درصدی پرولین نسبت به شاهد داشت (جدول چهار). پرولین اسید آمینه‌ی آزاد است که در شرایط تنش‌های مختلف

محیطی به‌منظور تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاهان زراعی تولید و تجمع می‌یابد (Pessarakli, 2008). دلایل افزایش محتوای پرولین در شرایط تنش، احتمالاً با تولید رادیکال‌های آزاد و اشکال مختلف اکسیژن فعال در ارتباط است؛ این امر می‌تواند موجب تنش اکسیداتیو شود که حیات سلولی را به خطر می‌اندازد. به این ترتیب، از جمله پاسخ‌های گیاهان در برابر این نوع تنش، افزایش سطح پرولین و القای فعالیت آنزیم‌های ضد اکسیداسیون است (Parida and Das, 2005). نتایج پژوهشگران نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز و افزایش تجمع پرولین در شرایط آبیاری کامل و همچنین قطع آبیاری شد (تقدسی و همکاران، ۱۳۹۱).

کاتالاز

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات ساده تنش شوری و عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال پنج درصد بر فعالیت کاتالاز معنی‌دار بود (جدول دو). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد پایین‌ترین فعالیت کاتالاز در شرایط مطلوب مربوط به تیمار یک در هزار عصاره جلبک دریایی و در شرایط شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار مربوط به تیمار دو در هزار عصاره جلبک دریایی بود. بیش‌ترین فعالیت کاتالاز را تیمار عدم محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نشان داد. کاتالاز یک آنزیم دفاعی آنتی-اکسیدانت است که نقش بسیار مهمی در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد تخریبی اکسیژن فعال در طیف وسیعی از گیاهان زراعی دارد (تقدسی و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج این تحقیق نشان داد شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شد و مقدار افزایش آن با شدت تنش رابطه داشت؛ تنش‌های محیطی موجب افزایش تولید گونه‌های آزاد اکسیژن در بسیاری از گیاهان زراعی می‌شود (Emam and Niknejad, 2011). گیاهان برای کم کردن تأثیرات مضر گونه‌های آزاد اکسیژن از سازوکارهای دفاعی متنوعی از جمله تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی برخوردارند که در این میان کاتالاز در غیر فعال‌سازی پراکسید هیدروژن مؤثر است (Zhang e*t al*., 2003). نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داد محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در شرایط آبیاری کامل و همچنین قطع آبیاری در سورگوم علوفه‌ای شد (تقدسی و همکاران، ۱۳۹۱).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری با ایجاد تغییرات فیزیولوژیک باعث افت عملکرد دانه جو شد. چنین استنباط می‌شود که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به خصوص در شرایط تنش شوری موجب کاهش اثرات منفی ناشی از آن تنش در گیاه می‌گردد. بنابراین با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح یک و دو در هزار عصاره جلبک دریایی و با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، کاربرد یک در هزار عصاره جلبک دریایی برای تعدیل بخشیدن اثرات منفی ناشی از تنش شوری پیشنهاد می‌گردد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط تنش شوری

Table 2: Analysis of variance of yield of a plant, 1000-grain weight, seed protein content, relative leaf water content, proline and catalase under Daljin foliar application in salt stress

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	عملکرد تک بوته Yield of a plant	وزن هزار دانه 1000 grain weight	درصد پروتئین دانه Grain protein percentage	محتوای آب نسبی برگ RWC	پرولین Prolin	کاتالاز Catalase
شوری (a) Salt	2	43.28^{**}	162.4^{**}	32.92^{**}	2452.1^{**}	581.1^{**}	5674.9^{**}
دالجین (b) Daljin	3	10.5^{9**}	21.69^{**}	15.56^{**}	288.6^{**}	5.68^{*}	2363.6^{**}
اثر متقابلa*b	6	1.62^{*}	6.18^{*}	4.33^{*}	31.46^{ns}	2.84^{ns}	395.2^{*}
خطا Error	24	0.64	2.23	1.68	53.1	1.84	146.1
CV%		12.07	4.75	9.94	10.1	14.57	14.58

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دارو معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1 % level of probability, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش شوری بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 3. Mean comparison of main effects the salt stress on measured traits

شوری (میلی‌مولار) Salt (mmol)	محتوای آب نسبی برگ (درصد) RWC (%)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Prolin (mg/gFW)
۰ (0)	72.58[a]	2.27[c]
۷۵ (75)	62.25[b]	9.79[b]
۱۵۰ (150)	44.34[c]	16.17[a]

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The mean of the same letters based on the Duncan test at 5% is not significant.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌اثرات ساده عصاره جلبک دریایی بر صفات

Table 4. Comparison of Simple Effects of Daljin on Traits

دالجین (در هزار) Daljin (at 1000)	محتوای آب نسبی برگ (درصد) RWC (%)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) Prolin (mg/gFW)
۰ (0)	51.41[b]	8.39[b]
۰/۵ (0.5)	63.09[a]	9.69a[b]
۱ (1)	63.51[a]	10.28[a]
۲ (2)	60.89[a]	9.29a[b]

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The mean of the same letters based on the Duncan test at 5% is not significant.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل شوری و عصاره جلبک دریایی بر صفات اندازه‌گیری شده

Table 5. Comparison of Interactions between Salinity and Daljin Effects on Traits

شوری Salt (mmol)	دالجین Daljin (at 1000)	عملکرد تک بوته Y.one plant (gr)	وزن هزار دانه T.G.W (gr)	پروتئین دانه protein (%)	کاتالاز Catalase (unit/gFW)
۰ (0)	۰ (0)	6.57[c]	33.78[bc]	12.08[cde]	76.3[cd]
۰ (0)	۰/۵ (0.5)	8.04[b]	34.78[bc]	12.03[cde]	63.42[de]
۰ (0)	۱ (1)	8.18[b]	38.48[a]	9[f]	44.41[e]
۰ (0)	۲ (2)	9.71[a]	35.52[b]	10.23[ef]	60.92[de]
۷۵ (75)	۰ (0)	5.39[cd]	28.88e[fg]	14./15[bc]	107.6[b]
۷۵ (75)	۰/۵ (0.5)	6.45[c]	32.1[cd]	13.44[bcd]	75.35[cd]
۷۵ (75)	۱ (1)	8.49[ab]	30.7[de]	12.5[bcde]	89.94[bc]
۷۵ (75)	۲ (2)	8.9[ab]	33.92[bc]	11.14[def]	65.7[de]
۱۵۰ (150)	۰ (0)	3.89[e]	26.46[g]	16.6[a]	135.6[a]
۱۵۰ (150)	۰/۵ (0.5)	4.63[de]	27.67[fg]	13.03[bcd]	108.7[b]
۱۵۰ (150)	۱ (1)	4.65[de]	30.3d[ef]	12cd[e]	92.55[bc]
۱۵۰ (150)	۲ (2)	4.86[de]	28.82[efg]	14.88[de]	81.94[cd]

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

The mean of the same letters based on the Duncan test at 5% is not significant.

منابع مورد استفاده: **References**

اویسی، م.، میرهادی، م.ج.، مدنی، ح.، نورمحمدی، ق.، و ضرغامی، ر. ۱۳۸۹. تأثیر محدودیت منبع بر عملکرد و شاخصهای رشد ذرت دانه‌ای رقم ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی. مجله یافته های نوین کشاورزی ۵(۲):۱۲۴-۱۱۳.

تقدسی، م.، حسنی، ن.، و مسعودسینکی، ج. ۱۳۹۱. تنش قطع آبیاری و محلول‌پاشی با اسید هیومیک و عصاره جلبک بر میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پرولین در سورگوم علوفه‌ای. مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی ۴: ۱۲-۱.

حسینی ابراهیمی، م.، آذری، ا.، طباطبایی، س.ع.، و مداح حسینی، ش. ۱۳۹۴. تأثیر تنش شوری بر عملکرد کیفی و کمی لاین‌های امیدبخش جو. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۸ (۲): ۲۹۵-۲۸۵.

حبیبی، د. ۱۳۹۰. بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های به زراعی ۳ (۱): ۸۷-۷۱.

غفاری، س.، پوریوسف میانداواب، م.، و حسن‌زاده قورتتپه، ع. ۱۳۹۰. بررسی تاریخ کاشت مختلف و محلول‌پاشی با محرک‌های رشد و مواد هیومیکی بر روی خصوصیات فنولوژیکی و عملکرد روغن آفتابگردان رقم بومی آذربایجان. همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی. صفحه ۸۸.

نیکخواه، م.، شمسی، ح.، و رنجبر، غ. ۱۳۹۳. تأثیر شوری بر جوانه‌زنی، عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۱۶: ۷۸-۶۵.

Abdollahi Sisi, N., Mohammadi S.A., Alavikia, S.S., and Sadeghzadeh, B. 2012. Efficiency of EST-SSR markers in determination of genetic diversity and relationships of barley landraces. Cereal Research 2(2):123-133. (In Persian).

Al-Said, M.A., and Kamal, A.M. 2008. Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids and some amino acids on flowering yield and quality of sweet pepper. Journal of Agriculture Science, Faculty of Agriculture, Mansoura University 33(10): 7403 - 7412.

Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S., and Karapetsas, N. 2002. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. Acta Horticulture, 567: 447-450.

Anisimov, M.M., and Chaikina, E.L. 2014. Effect of Seaweed extracts on the growth of seeding roots of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Seasonal changes in the activity 2(3): 19-23.

Anantharaj, M., and Venkatesalu, V. 2001. Effect of seaweed liquid fertilizer on *Vigna calajung*. Seaweed Research Utiln 23: 33-39.

Ashraf, M., Ozturk, M., and Athar, H.R .2009. Salinity and Water Stress. University of Osnabrueck, Germany. 238 pp.

Ashraf, M., and McNeielly, T. 2004. Salinity tolerance in *Brassica* oil seeds. Critical Review Plant Science 23: 157-174.

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.

Cakmak, I., and Horst, W. 1991. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysin max*). Plant Physiology, 83: 463-468.

Chakraborty, S., and Newton, A.C. 2011. Climate change, plant diseases and food security: An overview. Plant Pathology 60: 2-14.

Emam, Y., and Niknejad. M. 2011. An introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press. Shiraz. (In Farsi).

Farkhonded, R., Nabizadeh, E., and Jalilnezhad, N. 2012. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relation in two sugar beet cultivars. International Journal of Agricultural Science 2(5): 385-392.

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science 6(5): 583-588.

Gill, S.S., and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abioticstress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-30.

Glenn, E.P., Brown, J.J., and Khan, M.J. 1997. Mechanisms of salt tolerance in higher plants. In: Basra, A.S., and Basra, R.K. (Eds). Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Harwood Academic Publishers., pp. 83-110.

Haider, M.W., Ayub, Ch.M., Pervez, M.A., Asad, H.U., Manan, A., Raza, S.A., and Ashraf, I. 2012.

Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (*Solanum tubersoum* L.). Soil and Environment 31(2): 157-162.

Kaya, C., Higges, D., and Kirnak, H. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgican. Journal of Plant Physiology 27: 47-59.

Ludwig-Muller, J. 2000. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. Plant Growth Regulation 2-3: 219-230.

Masoumi Zavariyan, A., Yousefi Rad, M., and Asghari, M. 2015. Effect of seed priming by potassium nitrate on germination and biochemical indices in Silybum marianum L. under salinity stress. International Journal of Life Sciences 9(1): 23-29.

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* L .Naturforsch 59. 408–414.

Parida, A.K., Das, A.B., Yukika, S., and Prasanna, M. 2004. Effects of salinity on biochemical components of the mangrove, Aegiceras corniculatum. Aquatic Botany 80:77-87

Pasian, C. 2001. Micronutrient disorders. Ohaio state university fact sheet HYG. 1252-1259.

Pessarakli, M. 2008. Hand book of plant and crop stress. 4th edition. New York, Marcel Dekker Inc, 1254D.

Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Journal of Plant Growth Regulation, 39: 137–141.

Siringam, K., Juntawong, N., Cha-um, S., and Kirdmanee, C. 2011. Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. indica) roots under isoosmotic conditions. African Journal of Biotechnology, 10: 8.1340-1346.

Turan, M., and Köse, C. 2004. Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science, 54: 213-220.

Verkleij, F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. Biological Agriculture and Horticulture, 8:309-324.

Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plants responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta Heidelberg, 218 (1): 1-14.

Zhang, X., Ervin, E.H., and Schmidt, E.R. 2003. Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. Crop Science, 43: 952-956.