علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هشتم/ شماره اول/ ۱۴۰۰ (۶۲ - ۴۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2021.5202

کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاهچه کنجد با استفاده از پیش‌تیمار و آبیاری‌کردن با عصاره‌های تفاله موم زنبور عسل و گیاه شیرین‌بیان

نسیبه پورقاسمیان[۱]، روح اله مرادی[۲*]

تاریخ دریافت: ۹۹/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۷/۱

چکیده

جهت بررسی اثر پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره‌های تفاله موم زنبور عسل و گیاه شیرین‌بیان بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی، مرفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. پیش‌تیمار در سه سطح (پیش‌تیمار با آب، پیش‌تیمار با عصاره تفاله موم زنبور عسل در غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، پیش‌تیمار با عصاره شیرین‌بیان در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام)، آبیاری با عصاره در سه سطح (آب، تفاله موم زنبور عسل با غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، عصاره شیرین‌بیان با غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام) و تنش خشکی در چهار سطح (۰، ۲-، ۴- و ۶- بار) مطالعه شدند. پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و فعالیت آنزیم‌های CAT و APX را در شرایط تنش خشکی افزایش معنی‌دار داد و سبب کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء و محتوای پرولین شد. برهمکنش تنش خشکی و آبیاری با عصاره‌ها نشان داد که آبیاری با عصاره شیرین‌بیان و تفاله موم زنبور عسل در شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار محتوای پرولین و فعالیت آنزیم‌های APX و CAT نسبت به آبیاری با آب شد که در نهایت وزن خشک گیاهچه و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را بهبود بخشید. برهمکنش پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره‌ها نیز نشان داد که بیشترین فعالیت CAT (۰/۳۷۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و APX (۰/۵۵۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین)، وزن خشک گیاهچه (۲۱/۵۳ میلی-گرم)، طول ریشه‌چه (۵۴/۵۳ میلی‌متر) و طول ساقه‌چه (۹/۳۳ میلی‌متر) مربوط به پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل و آبیاری با شیرین‌بیان بود. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که مناسب‌ترین تیمار برای کاهش اثرات منفی تنش خشکی در گیاه کنجد، پیش‌تیمار با عصاره تفاله موم زنبور عسل به‌همراه آبیاری با عصاره شیرین‌بیان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداسیون لیپیدها، پرولین، جوانه‌زنی، کاتالاز

۱- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران pourghasemian92@gmail.com
۲- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران r.moradi@uk.ac.ir
*نویسنده مسئول: r.moradi@uk.ac.ir

مقدمه

کنجد یکی از گیاهان زراعی کشور است که به‌دلیل دارابودن روغن با کمیت و کیفیت بالا اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در بین گیاهان روغنی دارد. سطح زیر کشت کنجد در ایران حدود ۴۲ هزار هکتار و تولید آن حدود ۲۹ هزار تن با متوسط عملکرد ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (FAO, 2018). این گیاه یک محصول خاص مناطق خشک و نیمه-خشک است و به‌دلیل وجود ریشه‌های منشعب و عمیق، نسبتاً به خشکی مقاوم است (Weiss, 2000). کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. مقدار کم و پراکنده‌بودن بارندگی و همچنین تبخیر زیاد باعث تجمع املاح در لایه سطحی خاک این مناطق شده است. این درحالی است که آب آبیاری هم که بیش‌تر از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود، در اکثر نقاط کشور محدود است. تنش خشکی منجر به تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و تأخیر و اختلال در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه شده که متعاقب آن رشد گیاهچه دچار اختلال می‌شود (Shakarami *et al.*, 2010). تنش خشکی همچنین موجب اختلال در تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها شده و تمام واکنش‌های متابولیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Esmailpour and Mojaddam, 2009).

یکی از روش‌هایی که برای القای مقاومت گیاه به تنش خشکی وجود دارد، پیش‌تیمار بذر با مواد مختلف می‌باشد. این عمل باعث بهبود تعدیل اسمزی و افزایش سنتز کربوهیدرات‌های محلول در برگ‌ها نسبت به گیاهان شاهد در شرایط تنش می‌شود (Rostami *et al.,* 2018). علاوه بر این، تایید شده است که در بذور تیمارشده مجموعه‌ای از تغییرات متابولیک و بیوشیمیایی به نفع جوانه‌زنی به وقوع می‌پیوند. در پی این امر میزان ATP و سنتز DNA و RNA افزایش یافته و بخشی از پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و سایر ترکیبات ذخیره‌ای در بذر بر اثر فعالیت آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی و تغذیه گیاهچه می‌گردد (Pedram *et al.,* 2017). امروزه استفاده از عصاره‌ها و مواد آللوپاتیک گیاهی نیز جهت پیش‌تیمار بذور در شرایط تنش قوت گرفته است (Moradi *et al.*, 2019).

عصاره‌های گیاهی شامل دامنه متنوعی از مواد شیمیایی هستند که می‌توانند منجر به فعالیت‌ها و واکنش‌های مختلفی شوند (Inderjit Duke, 2003). بسیاری از عصاره‌های گیاهی می‌توانند در فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی، رشد و نمو گیاهان مداخله نمایند (Weir *et al*., 2004; García-Sánchez *et al.*, 2012). گزارش شده است زمانی که گیاه در هر یک از مراحل رشد خود در معرض مواد آللوپاتیک عصاره‌های گیاهی قرار می‌گیرد، شروع به تولید گونه‌های اکسیژن فعال نموده و تنش اکسیداتیو رخ می‌دهد (Bais *et al*., 2003; Cruz-Ortega *et al*., 2007). مطالعات نشان داده است که القاء تنش اکسیداتیو به‌وسیله عصاره گیاهی می‌تواند منجر به تحریک فعالیت آنزیم‌های جاروب‌کننده گونه‌های اکسیژن فعال از قبیل CAT و APX و همچنین پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء در گیاه شود (Cruz-Ortega *et al.*, 2007; Lara-Núñez *et al*., 2009). فاروق و همکاران (Farooq *et al.*, 2009) تأثیر عصاره آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را در بهبود مقاومت گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش شوری مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر برنج با عصاره آفتابگردان باعث بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها در شرایط تنش شوری شد. همچنین، اثر تقویت‌کنندگی غلظت‌های مختلف عصاره‌های رازیانه، زیره سبز و نعناع بر خصوصیات فیزیولوژیک جوانه‌زنی بذر و عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش خشکی تایید شده است (Alivand and Farajzadeh Memari Tabrizi, 2018). امروزه، محلول‌پاشی عصاره‌های گیاهی به‌عنوان یک روش نوین و سازگار با محیط زیست جهت تعدیل اثرات منفی تنش‌های زیستی و غیر زیستی کاربرد دارد (Sharma *et al*., 2019). تفاله موم زنبور عسل که به‌عنوان یک پسماند آلی مطرح می‌باشد، غنی از مواد غذایی و بیوشیمیایی مختلف بوده و اثر مثبت آن در کاهش اثرات منفی تنش خشکی (Pourghasemian *et al.*, 2020) و آلودگی کادمیوم (Moradi et al., 2019) قبلا به اثبات رسیده است. عصاره گیاه شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza*

glabra) نیز سرشار از مولکول‌های فعال زیستی می‌باشد (Rady *et al.*, 2019) که تایید شده است باعث افزایش آنتی اکسیدانت‌های آنزیمی و غیر آنزیمی در گیاهان هنگام مواجهه با تنش‌های مختلف می‌شود (Pandey *et al.*, 2016).

بررسی منابع نشان می‌دهد که هنوز هیچ تحقیقی تاثیر کاربرد توام پیش‌تیمار و محلول‌پاشی تفاله موم زنبور عسل و عصاره شیرین‌بیان را جهت تعدیل اثرات منفی تنش خشکی بر گیاهان را بررسی نکرده است. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تفاله موم زنبور عسل و عصاره شیرین‌بیان بر خصوصیات جوانه‌زنی، رشدی، بیوشیمیایی و آنتی-اکسیدانت گیاه کنجد تحت شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تأثیر پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره‌های گیاه شیرین‌بیان و تفاله موم زنبور عسل بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی، مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه‌های کنجد (رقم ورامین) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل پیش‌تیمار در سه سطح (پیش‌تیمار با آب، پیش‌تیمار با عصاره تفاله موم زنبور عسل در غلظت۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، پیش‌تیمار با عصاره شیرین‌بیان در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام)، آبیاری با عصاره در سه سطح (آب، تفاله موم زنبور عسل در غلظت۲۰۰۰ پی‌پی‌ام، عصاره شیرین‌بیان در غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام) و تنش خشکی در چهار سطح (۰، ۲-، ۴- و ۶- بار) مطالعه شدند. مشخصات عصاره حاصل از تفاله موم زنبور عسل و شیرین‌بیان در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای آماده‌سازی عصاره شیرین بیان، ریشه‌های شیرین بیان از اطراف بردسیر کرمان جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها پس از این‌که در محیط بیرون به‌طور کامل خشک شدند، توسط آسیاب برقی مدل (IKA, A11B) پودر شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در شیکر با نسبت یک به پنج در متانول ۸۰ درصد قرار گرفتند. پس از آن، نمونه‌ها دو بار توسط کاغذ واتمن شماره یک فیلتر شده و سپس در دستگاه روتاری مدل (Heidolph-VAP value, Germany) در درمای ۳۰ درجه سلسیوس، جهت جداسازی الکل از نمونه گیاهی قرار گرفتند. تا زمان مصرف نمونه‌های خشک در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. در هنگام مصرف نمونه‌های خشک حاصل از روتاری با آب مقطر به غلظت ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام رسانده شدند. غلظت مورد نظر با توجه به مطالعه قبلی (Pourghasemian *et al.*, 2018) که در آن نه سطح از عصاره شیرین‌بیان بر جوانه‌زنی کنجد مورد مطالعه قرار گرفته بود، انتخاب شد.

جهت آماده سازی عصاره تفاله موم زنبور عسل، نمونه‌ها از اصفهان تهیه و خشک شدند. سپس توسط آسیاب برقی مدل (IKA, A11B) پودر شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در شیکر با نسبت یک به پنج و در متانول ۸۰ درصد قرار گرفتند. نمونه‌های خارج‌شده از شیکر دو بار توسط کاغذ واتمن شماره یک فیلتر شده و سپس در دستگاه روتاری مدل (Heidolph-VAP value, Germany) در درمای ۴۵ درجه سلسیوس، جهت جداسازی الکل از نمونه گیاهی قرار گرفتند. تا زمان مصرف نمونه‌های خشک در دمای ۴ درجه سلسیوس در یخچال نگهداری شدند. در هنگام مصرف نمونه‌های خشک حاصل از روتاری با آب مقطر به غلظت ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام رسانده شدند. غلظت مورد نظر بر پایه تست اولیه‌ای انتخاب شد که در آن تست، غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام روی گیاهچه‌های کنجد در اتاقک رشد مورد بررسی قرار گرفتند (اعداد نشان داده نشده است).

تیمارهای پیش از کاشت بذر در سه سطح شامل پیش‌تیمار با آب، پیش‌تیمار با عصاره شیرین‌بیان و پیش‌تیمار با عصاره تفاله موم زنبور عسل در نظر گرفته شدند. جهت پیش‌تیمار با آب، بذور به‌مدت هشت ساعت در آب قرار داده شدند. در پیش‌تیمار با عصاره تفاله موم زنبور عسل، بذور کنجد به‌مدت ۱۲ ساعت در عصاره تفاله موم زنبور عسل قرار گرفتند و برای پیش‌تیمار با عصاره شیرین-بیان به‌مدت هشت ساعت در عصاره شیرین‌بیان قرار گرفتند. بذرها پس از این‌که مدت زمان لازم را داخل محلول‌های پیش‌تیمار مذکور سپری کردند. در محلی تاریک قرار داده شدند تا خشک شوند، سپس با هیپوکلریت سدیم سه

درصد به‌مدت ۶۰ ثانیه ضدعفونی شده و سپس سه تا پنج مرتبه با آب مقطر شسته شدند. ۳۰ عدد از این بذرها به پتری‌دیش‌های استریل با قطر نه سانتی‌متر که حاوی کاغذ واتمن بودند، منتقل گردیدند. جهت اعمال تنش خشکی به هر پتری‌دیش، پنج میلی‌لیتر ازغلظت‌های مشخص پلی-اتیلن‌گلیکول به همراه آب یا عصاره‌های مورد مطالعه، اضافه شد. برای ایجاد تنش خشکی ۰، ۲-، ۴- و ۶- بار به‌ترتیب از ۰، ۱۱۹/۵۷، ۱۷۸/۳۴ و ۲۲۳/۶۶ گرم پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ در کیلوگرم حلال (آب یا عصاره مورد مطالعه) استفاده شد (Michel and Kafman, 1973).

جدول ۱- ویژگی‌های عصاره تفاله موم زنبور عسل و شیرین‌بیان

Table 1. Chemical characteristics of the beeswax waste (BWE) and licorice (LE) extracts

Parameter (units)	BWE	LE
نیتروژن Nitrogen (%)	7.9	1.8
فسفر Phosphorus (ppm)	440	7.4
پتاسیم Potassium (ppm)	671	194
کلسیم Calcium (ppm)	812	141
منیزیم Magnesium (ppm)	253	51
آهن Fe (ppm)	96.7	27
روی Zn (ppm)	75.2	9.4
مس Cu (ppm)	23.3	1.14
منگنز Mn (ppm)	11.8	-
فلاونوئید کل Total flavenoid (%)	24	26
آمینو اسید کل Total aminoacid (%)	22	20
فنول کل Total phenol (%)	1.9	27
کربوهیدرات کل Total carbohydrate (%)	13	9
آسکوبیک اسید Vitamin C; Ascorbic acid (ppm)	88	13
ویتامین Vitamin E (ppm)	54	-

پتری‌دیش‌ها در اتاقک رشد (SG600-AX- نور صنعت فردوس) با دمای ۲۵ درجه سلسیوس در روز و دمای ۲۰ درجه سلسیوس در شب به‌مدت ۱۴شبانه روز قرار داده شدند. طول روز ۱۲ ساعت و طول شب نیز ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد. بذرهای جوانه‌زده روزانه و به‌مدت ۱۴ روز مورد شمارش قرار گرفتند. بذرهایی جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها دو میلی‌متر یا بیش‌تر بود. روز چهاردهم پس از شروع آزمایش، پنج عدد از بذرهای جوانه‌زده را از پتری‌دیش خارج کرده و ریشه‌چه و ساقه‌چه جهت اندازه‌گیری طول، از یکدیگر جدا شدند. طول ساقه‌چه از یقه تا جوانه انتهایی و طول ریشه‌چه از یقه تا نوک ریشه اصلی در نظر گرفته شد. وزن تر و همچنین وزن خشک گیاهچه بعد از خشک‌شدن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت با استفاده از ترازوی دیجیتال دقیق بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. روابطی که در بررسی فرایند جوانه‌زنی مورد استفاده قرار گرفتند، به‌صورت زیر می‌باشند .درصد جوانه‌زنی از رابطه زیر بدست می‌آید (Maguire, 1962).

$$GP= (n/N) \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن GP درصد جوانه‌زنی، n تعداد نهایی بذرهای جوانه‌زده و N تعداد بذرهای کشت‌شده می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه زیر محاسبه گردید (Maguire, 1962).

$$GR = X1/Y1+ (X2–X1)/Y2+ \ldots+ (Xn–Xn\text{-}1)/Yn \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن GR سرعت جوانه‌زنی، X1 تا Xn تعداد بذرهای جوانه‌زده در شمارش یکم تا nام و Y1 تا Yn زمان از ابتدای کاشت تا شمارش nام بر حسب روز است.

مقدار پرولین در برگ با روش بیتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت مالون-دی‌آلدئید (MDA) به روش هیت و پاکر (Heath and Packer, 1968) انجام شد.

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت آسکوربات پراکسیداز (APX) و کاتالاز (CAT) ۰/۱ گرم برگ توسط ازت مایع پودر شده و به‌همراه یک میلی‌لیتر بافر استخراج شامل فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار با PH=8/7، EDTA ۰/۱ مولار و PVP (پل وینیل‌پیرولیدون) یک درصد روی یخ هموژنایز گردید. عصاره‌های حاصل به‌مدت ۳۰ دقیقه در دور ۱۴۰۰۰g و دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شد و محلول رویی حاصل جمع‌آوری گردید. محلول‌های رویی به‌دست آمده به‌عنوان عصاره‌های آنزیمی جهت اندازه‌گیری فعالیت CAT و APX مورد استفاده قرار گرفتند.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)(EC 1.11.1.6) با استفاده از محاسبه کاهش جذب H_2O_2 (کاهش مقدار H_2O_2) در ۲۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Beckman Du 530) و با روش ابی (Aebi, 1984) انجام شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) و پراکسیدهیدروژن ۱۵ میلی‌مولار بود. با اضافه کردن ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی به مخلوط ذکر شده، واکنش شروع شد. فعالیت آنزیم به‌صورت واحد آنزیمی بر حسب مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره (به‌دست‌آمده از روش بردفورد (Bradford, 1976)، در یک دقیقه محاسبه گردید. یک واحد آنزیمی کاتالاز مقدار آنزیمی است که یک میلی‌مول H_2O_2 را در یک دقیقه تجزیه می‌کند.

فعالیت آنزیم APX در یک میلی‌لیتر از مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار PH=7، آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، آب اکسیژنه ۱/۲۵ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اندازه‌گیری شد. کاهش جذب آسکوربات پراکسیداز اثر فعالیت APX در طول موج ۲۹۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Beckman Du, 530) به‌مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که ضریب خاموشی آسکوربات برابر ۲/۸ ($mM^{-1}cm^{-1}$) و فرمول $A= \varepsilon bc$، میزان آسکوربات برجای مانده پس از یک دقیقه انجام واکنش آنزیمی محاسبه شد. یک واحد آنزیمی APX مقدار آنزیمی است که یک میلی‌مول آسکوربات را در یک دقیقه اکسید می‌کند. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) موجود در ۵۰ میکرولیتر عصاره به‌دست‌آمده از روش بردفورد (Bradford, 1976) گزارش شد.

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی

درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور کنجد تحت تاثیر تنش خشکی (P≤1%)، پیش‌تیمار (P≤1%)، آبیاری با عصاره‌ها (P≤5%) و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار (P≤1%) قرار گرفت، با این‌حال اثرات متقابل خشکی با عصاره، پیش‌تیمار با عصاره و پیش‌تیمار با خشکی و پیش‌تیمار با عصاره تاثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت (جدول ۲).

آبیاری بذور با عصاره شیرین‌بیان نسبت به تفاله موم زنبور عسل و آب درصد جوانه‌زنی را به‌ترتیب ۴/۵ و ۵/۵ درصد افزایش داد. درصد جوانه‌زنی در آبیاری با آب و شیرین‌بیان تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی در پاسخ به آبیاری با تیمارهای مورد مطالعه، روندی کاملا شبیه با درصد جوانه‌زنی را دنبال کرد (جدول ۳). با افزایش میزان خشکی از صفر به ۶- بار، درصد جوانه‌زنی از ۹۹/۶ درصد به ۳۸/۱ درصد کاهش یافت و سرعت جوانه‌زنی از ۲۹/۰۵ بذر در روز به ۱۱/۰۹ بذر در روز کاهش یافت (جدول ۳). با این‌حال، پیش‌تیمار بذور با عصاره‌ها سبب کاهش اثرات منفی تنش خشکی شد (جدول ۴). در شرایط عدم تنش، مواد مصرفی مختلف (آب، شیرین-بیان و تفاله موم) به‌عنوان پیش‌تیمار بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تاثیر متفاوتی نداشتند (جدول ۴). درحالی‌که در شرایط تنش خشکی بیش‌ترین و کم‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب در بذور پرایم‌شده با تفاله موم و آب مشاهده شد. درصد جوانی زنی بذور پرایم‌شده با تفاله موم نسبت به بذور پرایم‌شده با آب در سطوح خشکی ۲-، ۴- و ۶- بار به‌ترتیب حدود ۲۳، ۳۴ و ۳۸ درصد افزایش نشان داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در کنجد تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی، پیش‌تیمار و آبیاری

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) of studied traits of sesame as affected by drought stress, priming and irrigation

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry matter	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry metter	وزن خشک گیاهچه Plant dry matter	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	محتوای مالون دی آلدهید MDA	محتوای Proline	کاتالاز CAT	آسکوربات پراکسیداز APX
تنش خشکی(A) Drought	3	18121.2**	1612.**	109.74**	606.8**	1232.6**	11003.1**	366.5**	4758.5**	233.4**	1.31**	1.53**
پیش‌تیمار(B) Priming	2	1472.9**	122.4**	3.50**	19.13**	38.9**	295.4**	7.22**	149.5**	6.30**	0.034**	0.066**
آبیاری(C) Irrigation	2	165.1*	13.76**	4.10**	21.64**	44.6**	181.6**	7.54**	174.4**	9.08**	0.043**	0.083**
A× B	6	222.4**	17.94**	0.420ns	2.31ns	4.69**	65.20**	0.934**	22.10*	1.61**	0.012**	0.023**
A× C	6	39.52ns	2.93ns	0.491ns	2.72ns	5.52**	44.90**	0.885**	27.62**	1.68**	0.010**	0.015**
B× C	4	24.34ns	2.47ns	0.489ns	2.55ns	5.27**	36.19**	0.910**	33.08**	2.09**	0.009**	0.018**
A×B×C	12	7.88ns	1.00ns	0.249ns	1.26ns	1.63ns	16.06ns	0.338ns	17.93ns	0.370ns	0.003ns	0.015**
اشتباه Error	108	34.46	2.46	0.337	1.54	0.983	7.39	0.198	8.05735	0.281	0.001	0.0005
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.08	7.02	3.09	2.53	9.30	5.54	5.07	7.41	9.37	10.45	5.06

*، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد و عدم معنی‌داری

ns = Non-significant. * = Significant at 5% level. ** = Significant at 1% level

جدول ۳- اثر ساده تیمارهای مختلف مورد بررسی بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه کنجد

Table 3. Simple effect of different treatments on some germination indices of sesame

تیمار Treatment		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (Seed day^{-1})	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry matter (mg)	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry metter (mg)
تنش خشکی Drought (bar)	0	99.60a	29.05a	7.74a	17.99a
	- 2	82.35b	25.08b	6.38b	14.85b
	- 4	70.46c	20.45c	5.57c	12.93c
	- 6	38.18d	11.09d	2.95d	6.75d
پیش‌تیمار Priming	BWE	78.85a	23.20a	6.01a	13.95a
	LE	73.02b	21.54b	5.55b	12.87b
	W	66.07c	19.52c	5.42b	12.56b
آبیاری Irrigation	BWE	71.70b	21.13b	5.51b	12.97b
	LE	75.10a	22.12a	6.04a	14.02a
	W	71.15b	20.99b	5.41b	12.57b

BWE، LE و Wبه‌ترتیب نشان‌دهنده عصاره تفاله موم زنبور عسل، عصاره شیرین‌بیان و آب می‌باشد.

BWE, LE and W represent Beeswax waste extract, Licorice extract and Water, respectively

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

In each column, means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p\leq 0.05$)

این افزایش برای سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب حدود ۲۴، ۳۶ و ۶۷ درصد مشاهده شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد با افزایش تنش، تاثیر عصاره‌ها به‌عنوان پرایم در کاهش اثرات خشکی موثرتر باشند.

وزن خشک

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تاثیر اثرات ساده تنش خشکی، پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره‌ها قرار گرفت (P≤1%)، درحالی‌که این صفات تحت تاثیر هیچ یک از اثرات متقابل قرار نگرفتند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی از صفر به ۲-، ۴- و ۶- وزن خشک ریشه‌چه به‌ترتیب حدود ۱۷، ۲۸ و ۶۱ درصد کاهش معنی‌دار یافت، این کاهش برای وزن خشک بخش هوایی به‌ترتیب حدود ۱۸، ۲۸ و ۶۲ درصد گزارش شد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان وزن خشک ریشه‌چه (۶/۰۱ گرم) و بخش هوایی (۱۳/۹۵ گرم) در شرایط پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل مشاهده شد. بین پیش‌تیمار با آب و شیرین‌بیان در وزن خشک ریشه‌چه و بخش هوایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. وزن خشک ریشه‌چه و بخش هوایی در هنگام آبیاری با شیرین‌بیان بیش‌ترین مقدار را نشان داد، ولی بین آبیاری با آب و تفاله موم زنبور عسل تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۳). وزن خشک کل گیاه تحت تاثیر تنش خشکی، پیش‌تیمار، آبیاری با عصاره‌ها و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار، خشکی در آبیاری با عصاره و پیش‌تیمار در آبیاری با عصاره در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). در شرایط عدم تنش پیش‌تیمار بذور و آبیاری با عصاره، هیچ یک تاثیر معنی‌داری در وزن خشک کل گیاهچه نداشت (جدول ۴ و ۵) در سطح تنش ۲-، ۴- و ۶- بار، پیش‌تیمار بذور با شیرین‌بیان نسبت به پیش‌تیمار با آب وزن خشک کل گیاه را به‌ترتیب، ۱/۹، ۶/۶ و ۲/۹ درصد افزایش داد، درحالی‌که پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل نسبت به آب، وزن خشک کل گیاه را به‌ترتیب، ۱۱/۳، ۱۸/۴ و ۱۱/۴۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان وزن خشک گیاه در همه سطوح تنش در هنگام آبیاری با شیرین‌بیان مشاهده شد و بین آبیاری با تفاله موم زنبور عسل و آبیاری با آب خالص در صفت مذکور تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۵). در هنگام پیش‌تیمار با سه تیمار آب، تفاله موم زنبور عسل و شیرین-بیان، بیش‌ترین وزن خشک گیاه در هنگامی مشاهده شد که بذور با شیرین‌بیان آبیاری شدند (جدول ۶).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه

این دو شاخص تحت تاثیر تنش خشکی (P≤1%)، پیش‌تیمار (P≤1%)، آبیاری با عصاره‌ها (P≤1%) و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار (P≤1%)، خشکی در آبیاری با

جدول ۴- برهمکنش تنش خشکی و پیش‌تیمار بر صفات مورد بررسی در کنجد

Table 4. Interaction of drought stress and priming on studied traits of sesame

Treatment سطوح خشکی Drought level (Bar)	پیش‌تیمار Priming	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (Seed day^{-1})	وزن خشک گیاهچه Plant dry matter (mg)	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	محتوای مالون دی آلدهید MDA (µmol g^{-1} FW)	محتوای Proline (mol g^{-1} FW)	کاتالاز CAT (unit mg^{-1} protein)	آسکوربات پراکسیداز APX (unit mg^{-1} protein)
0	W	99.77a	29.10a	25.76a	65.56a	12.97a	25.39g	2.30f	0.138fg	0.269f
	LE	99.47a	29.01a	25.70a	64.82a	12.83a	25.55g	2.21f	0.132g	0.258f
	BWE	99.57a	29.05a	25.75a	66.39a	12.93a	25.35g	2.37f	0.142fg	0.277f
- 2	W	72.80d	22.17d	20.32c	60.40b	9.21c	34.43e	3.56de	0.162efg	0.284
	LE	83.99c	25.57c	20.72c	60.88b	9.44c	32.14e	3.29de	0.194def	0.340d
	BWE	90.27b	27.49b	22.66b	62.30ab	10.40b	28.42f	2.85ef	0.203de	0.355d
- 4	W	59.23e	17.35f	17.08d	43.17d	7.89d	41.79c	5.02c	0.212de	0.307e
	LE	70.30d	20.43e	18.21d	46.98d	8.26d	40.13c	4.07d	0.232d	0.336d
	BWE	81.87c	23.58d	20.22c	55.58c	9.27c	37.80de	3.53de	0.340c	0.493c
- 6	W	32.48g	9.46i	8.80f	18.07f	3.77e	57.78a	9.24a	0.566b	0.723b
	LE	38.37f	11.13h	9.06f	19.40f	3.73e	58.18a	9.42a	0.660a	0.835a
	BWE	43.69f	12.69g	11.24e	24.76e	4.53e	52.31b	8.08b	0.647a	0.817a

BWE، LE و Wبه‌ترتیب نشان‌دهنده عصاره تفاله موم زنبور عسل، عصاره شیرین‌بیان و آب می‌باشد.

BWE, LE and W represent Beeswax waste extract, Licorice extract and Water, respectively

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

In each column, means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p \leq 0.05$)

جدول ۵- برهمکنش تنش خشکی و آبیاری با عصاره‌های مختلف بر صفات مورد بررسی در کنجد

Table 5. Interaction of drought stress and irrigation with various extracts on studied traits of sesame

Treatment سطوح خشکی Drought level (bar)	آبیاری Irrigation	وزن خشک گیاهچه Plant dry matter (mg)	طول ریشه‌چه Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه Plumule length (mm)	محتوای مالون دی آلدهید MDA (µmol g^{-1} FW)	محتوای Proline (mol g^{-1} FW)	کاتالاز CAT (unit mg^{-1} protein)	آسکوربات پراکسیداز APX (unit mg^{-1} protein)
0	LE	25.85a	66.17a	13.03a	25.32gh	2.25f	0.135f	0.264g
	W	25.90a	65.60a	12.96a	25.73gh	2.29f	0.137f	0.268g
	BWE	25.45a	64.99ab	12.73a	25.23h	2.34f	0.140ef	0.274fg
- 2	LE	22.55b	62.08abc	10.34b	28.75fg	2.84ef	0.165def	0.289efg
	W	20.19c	61.05bc	9.20c	34.27e	3.43de	0.196de	0.342def
	BWE	20.96c	60.44c	9.51c	31.97ef	3.43de	0.199d	0.348de
- 4	LE	20.44c	54.66d	9.35c	37.88d	3.41de	0.201d	0.291efg
	W	17.03d	46.36e	7.89d	42.10c	5.00c	0.319c	0.462c
	BWE	18.04d	44.70e	8.17d	39.75cd	4.21cd	0.264c	0.382d
- 6	LE	11.42e	23.09f	4.47e	51.42b	7.87b	0.551b	0.703b
	W	8.88f	20.79fg	3.87ef	58.43a	9.46a	0.662a	0.840a
	BWE	8.80f	18.34g	3.70f	58.42a	9.41a	0.659a	0.833a

BWE، LE و Wبه‌ترتیب نشان‌دهنده عصاره تفاله موم زنبور عسل، عصاره شیرین‌بیان و آب می‌باشد.

BWE, LE and W represent Beeswax waste extract, Licorice extract and Water, respectively

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

In each column, means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p \leq 0.05$)

جدول ۶- برهمکنش پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره‌های مختلف بر صفات مورد بررسی در کنجد

Table 6. Interaction of priming and irrigation with various extracts on studied traits of sesame

Treatment		وزن خشک گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	محتوای مالون دی آلدهید	محتوای	کاتالاز	آسکوربات پراکسیداز
Prim	irrigation	Plant dry matter (mg)	Radicle length (mm)	Plumule length (mm)	MDA (µmol g^{-1} FW)	Proline (mol g^{-1} FW)	CAT (unit mg^{-1} protein)	APX (unit mg^{-1} protein)
	LE	19.44b	51.01b	9.16a	37.27bc	4.48cd	0.329b	0.480b
W	W	16.46c	44.21d	7.82c	43.02a	5.66a	0.205d	0.312e
	BWE	18.05bc	45.17d	8.40b	39.25b	4.95b	0.289cd	0.420d
	LE	19.21b	48.96c	8.91ab	38.10b	4.57cd	0.317bc	0.458c
LE	W	18.13b	48.78c	8.50b	39.49b	4.74bc	0.302c	0.441c
	BWE	17.91bc	46.32cd	8.29b	39.41b	4.93b	0.295cd	0.428d
	LE	21.53a	54.53a	9.82a	32.16c	3.23d	0.377a	0.551a
BWE	W	19.40b	52.37b	9.13a	37.89bc	4.73c	0.306c	0.442c
	BWE	18.96b	49.87c	8.90ab	37.86bc	4.67c	0.300c	0.440c

BWE، LE و Wبه ترتیب نشان دهنده عصاره تفاله موم زنبور عسل، عصاره شیرین‌بیان و آب می‌باشد.

BWE, LE and W represent Beeswax waste extract, Licorice extract and Water, respectively

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نمی‌باشد.

In each column, means with the same letter are not significantly different by LSD test ($p \leq 0.05$)

عصاره (P≤1%) و پیش‌تیمار در آبیاری با عصاره (P≤1%) قرار گرفت (جدول۲). در شرایط عدم تنش، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تاثیر پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره قرار نگرفت (جدول ۴ و ۵). طول ریشه‌چه در سطح تنش خشکی ۲- بار نیز تحت تاثیر پیش‌تیمار و آبیاری با عصاره قرار نگرفت. در بقیه سطوح تنش، آبیاری با عصاره شیرین-بیان و پیش‌تیمار با تفاله موم باعث ایجاد بیش‌ترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد (جدول ۵ و ۶). طول ریشه‌چه زمانی که بذور کنجد با شیرین‌بیان پیش‌تیمار شد تحت تاثیر آبیاری با عصاره قرار نگرفت ولی زمانی که پیش‌تیمار بذور با تفاله موم و یا آب صورت گرفت، بیش‌ترین طول ریشه‌چه متعلق به گیاهچه‌هایی بود که با شیرین‌بیان آبیاری شدند و کم‌ترین آن‌ها به گیاهان آبیاری‌شده با تفاله موم زنبور عسل تعلق گرفت (جدول ۶).

طول ساقه‌چه تنها زمانی که بذور کنجد با آب پرایم شدند تحت تاثیر آبیاری با عصاره قرار گرفت و زمانی که با شیرین‌بیان و موم پرایم شدند تحت تاثیر آبیاری با عصاره قرار نگرفت. بیش‌تربن طول ساقه‌چه در این شرایط متعلق به گیاهچه‌هایی بود که با شیرین‌بیان آبیاری شدند (جدول ۶).

MDA

میزان مالون‌دی‌آلدئید گیاه تحت تاثیر تنش خشکی، پیش‌تیمار، آبیاری با عصاره‌ها و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار، خشکی در آبیاری با عصاره و پیش‌تیمار در آبیاری با عصاره در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). پراکسیداسیون لیپیدها با افزایش تنش خشکی افزایش می‌یابد. با این‌حال پیش‌تیمار بذور و آبیاری با عصاره‌های مختلف به‌میزان متفاوتی سبب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید در سطوح مختلف تنش خشکی شد (جدول ۴و۵). پیش‌تیمار در شرایط عدم تنش تاثیری بر میزان مالون‌دی‌آلدئید نداشت و کم‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید (۲۵/۳۵ میکرومول در گرم ماده تر) در شرایط عدم تنش با پیش‌تیمار تفاله موم زنبور عسل مشاهده شد که البته تفاوت معنی‌داری با شیرین‌بیان (۲۵/۵۵ میکرومول در گرم ماده تر) و آب (۲۵/۳۹ میکرومول در گرم ماده تر) نشان نداد (جدول ۴). در شرایط تنش برهمکنش تنش و پیش‌تیمار نشان داد که پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل به‌طور قابل توجهی میزان پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش می‌دهد، بین پیش‌تیمار با آب و یا شیرین‌بیان در هیچ‌یک از سطوح تنش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل نسبت به پیش‌تیمار با آب، میزان پراکسیداسیون لیپیدها را در سطوح تنش ۲-،۴- و ۶- بار را به‌ترتیب ۱۷/۴۵، ۹/۵۴ و ۹/۴۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). در شرایط عدم تنش میزان مالون‌دی‌آلدئید تحت تاثیر آبیاری با عصاره‌های مختلف قرار نگرفت، درحالی‌که در همه سطوح تنش کم‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید به آبیاری گیاه با شیرین‌بیان تعلق داشت و بین آبیاری با آب و تفاله موم زنبور عسل تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). آبیاری با شیرین‌بیان نسبت به آبیاری با آب در سطوح تنش ۲، ۴ و ۶ به‌ترتیب میزان مالون‌دی‌آلدئید را حدود ۱۹، ۱۰ و ۱۲ درصد کاهش داد (جدول ۵). بررسی اثر متقابل پیش‌تیمار در آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید (۴۳/۰۲ میکرومول در گرم ماده تر) در شرایط پیش‌تیمار با آب و آبیاری با آب و کم‌ترین (۳۲/۱۶ میکرومول در گرم ماده تر) آن در شرایط پیش‌تیمار با تفاله موم و آبیاری با شیرین‌بیان مشاهده شد (جدول ۶).

پرولین

محتوای پرولین گیاه تحت تاثیر تنش خشکی، پیش‌تیمار، آبیاری با عصاره‌ها و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار، خشکی در آبیاری با عصاره و پیش‌تیمار در آبیاری با عصاره در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). در شرایط عدم تنش و تنش در سطح ۲- بار محتوای پرولین تحت تاثیر پیش‌تیمار و آبیاری قرار نگرفت (جدول ۴ و ۵) و بین انواع مختلف پیش‌تیمار و بین آبیاری با انواع مختلف عصاره تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴)، درحالی‌که در سطوح تنش ۴- و ۶- بار میزان پرولین در بذور پیش‌تیمارشده با تفاله موم زنبور عسل نسبت به پیش‌تیمار با آب به‌ترتیب حدود ۲۹ و ۱۲ درصد کاهش یافت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل با کاهش اثرات منفی تنش خشکی نیاز به تولید مواد سازگاری مانند پرولین را کاهش داده است. در سطوح مذکور (۴- و ۶- بار) میزان پرولین در بذور آبیاری

شده با شیرین‌بیان نسبت به بذور آبیاری‌شده با آب به‌ترتیب حدود ۳۱و ۱۶ درصد کاهش نشان داد. لازم به ذکر است که به لحاظ میزان پرولین در سطوح مختلف تنش، بین آبیاری با آب و تفاله موم زنبور عسل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در تمام انواع پیش‌تیمار، بیش‌ترین میزان پرولین به آبیاری با آب و کم‌ترین آن به آبیاری با شیرین‌بیان تعلق یافت (جدول ۶).

فعالیت آنزیمی

میزان فعالیت آنزیم‌های CAT و APX گیاه تحت تاثیر تنش خشکی، پیش‌تیمار، آبیاری با عصاره‌ها و اثر متقابل خشکی در پیش‌تیمار، خشکی در آبیاری با عصاره و پیش‌تیمار در آبیاری با عصاره در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول۲). با افزایش تنش خشکی، میزان فعالیت آنزیم‌های CAT، APX افزایش یافت. در شرایط عدم تنش و تنش در سطح ۲- بار، پیش‌تیمار با مواد مختلف تاثیری در فعالیت آنزیم‌های مذکور نداشت (جدول ۴). در سطح تنش ۴- بار، بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم‌های CAT و APX در پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل و به‌ترتیب ۰/۳۴۰ و ۰/۴۹۳ واحد در میلی گرم پروتئین و کم‌ترین آن در پیش‌تیمار با آب و به‌ترتیب ۰/۲۱۲ و ۰/۳۰۷ واحد در میلی گرم پروتئین گزارش شد. در سطح تنش ۶- بار نیز برای هر دو آنزیم بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فعالیت به‌ترتیب مربوط به تفاله موم زنبور عسل و پیش‌تیمار با آب بود.

بررسی اثر متقابل تنش و آبیاری با عصاره بر فعالیت آنزیم‌های CAT وAPX نیز نشان داد که در شرایط عدم تنش و تنش ۲- بار بین آبیاری با مواد مختلف تفاوتی وجود ندارد و تفاوت بین آبیاری‌های مختلف در سطوح تنش ۴- و ۶- بار مشاهده شد. در شرایط تنش در سطوح۴- و ۶- بار بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فعالیت هر دو آنزیم به‌ترتیب در آبیاری با آب و شیرین‌بیان گزارش شد (جدول ۵). بررسی اثر متقابل پیش‌تیمار و آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم‌های CAT و APX حکایت از این داشت که بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های فوق در هر سه نوع پیش‌تیمار (آب، شیرین‌بیان و تفاله موم) در شرایط آبیاری با شیرین‌بیان مشاهده شده است (جدول ۶).

بحث

مرحله جوانه‌زنی در گیاه به شدت به کمبود آب حساس است و طی‌کردن موفق آمیز این مراحل، تضمین‌کننده استقرار موفق و عملکرد مطلوب گیاه در مراحل بعدی است (Muscolo *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر تنش خشکی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش داد که این کاهش در سطوح تنش بالاتر، بیش‌تر بود (جدول ۳). هندریکز و همکاران (Hendricks *et al.*, 1956) مراحل مورفولوژیک و فیزیولوژیک بذر را به هشت مرحله تقسیم‌بندی کردند که این مراحل شامل، آماس و جذب آب، آب‌گیری بافت‌ها، جذب اکسیژن، فعالیت آنزیمی و هضم، انتقال مولکول‌های هیدرولیز شده به محور جنین، افزایش تنفس و ساختن مواد، شروع تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن و در نهایت ظاهر شدن جنین است. که در بین این مراحل، دو مرحله اول شامل آماس و جذب آب و آب-گیری بافت‌ها به شدت به کمبود آب حساس است. اگر در این مراحل آب به‌صورت کنترل‌شده در اختیار بذر قرار گیرد، اثر تنش کاهش یافته و بذر به‌خوبی جوانه می‌زند. در طی پیش‌تیمار بذر مراحل یک و دو جوانه‌زنی را کامل کرده و فقط به یک شیب مطلوب جذب آب به‌منظور شروع رشد ریشه‌چه نیازمند است (Aymen *et al.*, 2014). تغییرات فیزیولوژیک که در حین پیش‌تیمار در بذر اتفاق می‌افتند، معمولا شرایط را برای جوانه‌زنی بهتر و نگهداری آب توسط بذر فراهم می‌کند، برخی از این تغییرات فیزیولوژیک شامل افزایش سنتز پروتئین و RNA در جنین و همچنین افزایش فعالیت آنزیمی از قبیل فسفاتاز می‌باشند. این‌گونه فعالیت-های آنزیمی معمولا متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذرها را در پی دارند (Foti *et al.*, 2008).

در مطالعه اخیر نیز پیش‌تیمار بذور کنجد با عصاره‌های مختلف در شرایط تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه کنجد را افزایش داد. با این‌حال این افزایش در هنگام مصرف تفاله موم زنبور عسل به‌عنوان پیش‌تیمار، بیش از شیرین‌بیان است (جدول ۴). عصاره برخی گیاهان و ترکیبات زیستی می‌توانند ارزان‌ترین و مؤثرترین منبع کاربرد خارجی محرک رشد برای افزایش رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش، به‌صورت پایدار باشند

افزایش درصد جوانه‌زنی بذور و وزن خشک گیاهچه‌های لوبیا به واسطه مصرف عصاره بره موم و عصاره دانه‌های ذرت به دلیل وجود محرک‌های رشد در این عصاره‌ها گزارش شد. ترکیباتی مانند قندهای محلول، اسیدهای آمینه، فیتوهورمون‌ها، ترپنوییدها، مواد معدنی و برخی عناصر غذایی، عامل اصلی افزایش درصد جوانه‌زنی گیاهچه‌های لوبیا بود (Semida and Rady., 2014). ترکیبات موجود در عصاره تفاله موم زنبور عسل در جدول (۱) ارایه شده است. به نظر می‌رسد تفاله موم زنبور عسل علاوه بر این‌که به لحاظ مواد غذایی و اسیدهای آمینه قوی است، عناصر غذایی موجود در آن، محیط اسمزی مناسبی ایجاد می‌کند تا بذور بتوانند با سرعت بیش‌تری آب را جذب کرده و در نگهداری آب تواناتر باشند (Foti *et al.,* 2008).

سرعت و درصد جوانه‌زنی بالا و افزایش توان گیاه در استفاده از منابع، پیش‌نیاز افزایش رشد و عملکرد بالا در گیاه است. گیاهانی که با سرعت بیش‌تری مستقر می‌شوند و دارای سیستم ریشه‌ای توسعه یافته‌تری هستند، در شرایط محدودیت منابع، کارایی بیش‌تری در استفاده از آب و عناصر غذایی دارند (Miri *et al.,* 2013). در مطالعه حاضر نیز افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی به ازای پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل در شرایط تنش خشکی، منجر به افزایش وزن خشک گیاهچه شده و قدرت گیاهچه را در مقابله با تنش خشکی افزایش داده است (جدول ۴). این افزایش در سطح تنش خشکی ۴- بار بیش از سطح خشکی ۶- و ۲- بار است. به نظر می‌رسد کاربرد خارجی عصاره موم به‌عنوان پیش‌تیمار در سطح تنش متوسط کارآمدتر بوده است. اولین مرحله پاسخ گیاهان به تنش، فاز زنگ خطر است. در این مرحله اگر شدت تنش کم باشد یا تداوم نداشته باشد معمولا مرحله سازگاری (Adaptation) رخ می‌دهد. در تنش‌های متوسط، استفاده از محرک‌ها و عوامل کمک‌دهنده خارج سلولی می‌تواند، مرحله سازگاری را تقویت کرده و گیاه را وارد فاز مقاومت کند (Jalili Marandi., 2010).

در تمام سطوح تنش، آبیاری با شیرین‌بیان نسبت به آبیاری با آب و تفاله موم، وزن خشک گیاهچه را افزایش داد (جدول ۵). پورقاسمیان و همکاران (Pourghasemian *et al.*, 2020) نیز به تاثیر محلول‌پاشی با عصاره شیرین‌بیان و تفاله موم زنبور عسل بر رشد گیاهان کنجد و افزایش وزن خشک گیاهان تحت تنش خشکی اشاره کردند. آن‌ها به جذب بسیاری از عناصر غذایی (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn)، ویتامین‌ها (C و E) و فلاونوییدهای موجود در عصاره‌ها توسط برگ اشاره کردند و بیان داشتند این عناصر، متابولیت‌های ثانویه و برخی آنتی‌اکسیدانت‌ها به گیاهان کنجد در مواجهه با تنش یاری رسانده و سبب تنظیم تولید رادیکال‌های آزاد شده و گیاهان را مقاوم می‌کند. با این‌حال در مطالعه مذکور پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل بهتر از شیرین‌بیان در شرایط تنش خشکی کنجد را مقاوم ساخت، درحالی‌که تیمار آبیاری با عصاره شیرین‌بیان بهتر از آبیاری با عصاره تفاله موم در شرایط تنش خشکی عمل کرد. شاید بتوان دلیل این تفاوت را به دوره رشد گیاه نسبت داد. گیاهچه‌ها در مطالعه حاضر بسیار ضعیف و کوچک هستند، درحالی‌که در مطالعه قبلی، کنجد در مزرعه و در مرحله گیاهچه کامل در معرض محلول‌پاشی با عصاره‌ها قرار گرفت.

سِمیدا و ردی (Semida and Rady, 2014) به وجود ترپن‌ها و سزکویی ترپن‌ها به‌عنوان پیش‌سازهای فیتوهورمون‌ها در شیرین‌بیان اشاره کردند. وجود این فیتوهورمون‌ها برای رشد گیاه به‌خصوص در شرایط تنش حائز اهمیت است. متابولیت‌های ثانویه دیگر مانند ساپونین تری‌ترپن‌ها، فلاونوئیدها و ترکیبات دیگر مانند کومارین، پلی‌ساکاریدها، آمینواسیدها، تانن، نشاسته، کولین، فیتوسترول، اسید موالونیک (آغازگر سنتز جیبرلین)، ویتامین‌ها و بسیاری مواد معدنی دیگر می‌باشد (Azim *et al.,* 2017). ترکیبات موجود در عصاره شیرین‌بیان در مطالعه حاضر در جدول ۱ گزارش شده است.

افزایش وزن خشک گیاهچه به ازای آبیاری با شیرین‌بیان می‌تواند به تاثیر شیرین‌بیان بر افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاه کنجد تحت تنش خشکی نسبت داده شود. با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. در مطالعه‌ای که توسط علیوند و فراجزاده (Alivand and Farajzadeh Memari Tabrizi, 2017) بر تاثیر سطوح مختلف پلی‌اتیلن‌گلیکول بر رشد گیاهچه‌های گلرنگ صورت گرفت، مشخص شد که تاثیر کم آبی بر کاهش جوانه‌زنی و

کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ناشی از کم‌شدن فعالیت جیبرلین و ایجاد اختلال در فعالیت غشا است. این هورمون در شرایط عدم تنش، فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته را در بذر افزایش داده و سبب افزایش انتقال ترکیبات کربنی از بذر به گیاهچه و در نتیجه افزایش طول گیاهچه می‌شود. آبیاری با عصاره شیرین‌بیان نسبت به آب و یا تفاله موم زنبور عسل در تمام سطوح تنش به‌خصوص تنش در سطح ۴- بار، سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شد (جدول ۶). طبق مطالعات قبلی (Semiad and Rady., 2014) آغازگر جیبرلین (اسید موالونیک) جزء ترکیبات استخراجی از عصاره شیرین‌بیان است که می‌تواند سبب تولید این هورمون و افزایش رشد گیاهچه‌در شرایط تنش شود. همچنین در مطالعه حاضر افزیش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با پیش‌تیمار تفاله موم زنبور عسل نسبت به پیش‌تیمار با آب و یا پیش‌تیمار با شیرین‌بیان در شرایط تنش خشکی مشاهده شد (جدول ۵). بذور پرایم‌شده با تفاله موم زنبور عسل در شرایط تنش خشکی، سبب افزایش قدرت بذور در جذب آب و به‌دنبال آن افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی شد (جدول ۴). افزایش در سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به وسیله افزایش سرعت تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول‌ها و تحریک برخی فعالیتهای متابولیک درگیر در فاز اولیه جوانه‌زنی بذر، توجیه نمود. علاوه بر این، فعالیت‌های متابولیک انجام‌شده طی فرایند پیش‌تیمار، تولید ترکیباتی مانند آنتی‌اکسیدانت‌ها را در پی دارد که نقش مهمی در کاهش اثرات تنش و رشد بهتر گیاهچه خواهد داشت (Rostami *et al.,* 2018).

در مطالعه حاضر نیز پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل در شرایط تنش خشکی، سبب افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمیCAT و APX شد (جدول ۴). فعالیت آنزیم‌های مذکور سبب تنظیم تولید رادیکال‌های آزاد شده و به گیاه در رویارویی با تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی کمک می‌کند (Pourghasemian *et al.,* 2020; Trivedi *et al.,* 2018; Xu and Leskovar, 2015). به‌دنبال افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها در هنگام پیش‌تیمار بذور با تفاله موم زنبور عسل در شرایط تنش خشکی، میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا (MDA) کاهش یافته و به‌دنبال آن رشد گیاهچه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه افزایش می‌یابد (جدول ۴). این مساله ثابت شده است که ترکیبات خارج‌شده از عصاره‌های زیستی مانند فنول‌ها، فلاونوییدها، ویتامین E و ویتامین C سبب افزایش توان گیاه در خاصیت جاروب‌کنندگی رادیکال‌های آزاد شده و ظرفیت جذب اکسیژن‌های آزاد را بالا می‌برد که این مساله سبب کاهش آسیب‌های فیزیولوژیک و افزایش مقاومت به تنش می‌شود (Xu and Leskovar, 2015) وجود مقادیر بالای ویتامین C، ویتامین E، فنل‌ها و فلاونوییدها در تفاله موم زنبور عسل اثبات شده است (جدول ۱).

بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم‌های CAT (۰/۳۷۷) و APX (۰/۵۵۱) زمانی مشاهده شد که بذور کنجد با تفاله موم زنبور عسل پرایم شدند و با شیرین‌بیان آبیاری شدند (جدول ۶). پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل به‌عنوان یک سیگنال فیزیولوژیک، گیاه را از شرایط تنش آگاه می‌کند و همین مسئله سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و کاهش اثرات منفی تنش می‌شود. به‌دنبال این فرایند، آبیاری با عصاره شیرین‌بیان گیاه را در کم‌کردن اثرات تنش کمک کرده، بنابراین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت در این تیمار، نشان‌دهنده کاهش اثر تنش است. به موازات کاهش تنش، میزان پراکسیداسیون لیپیدها و محتوای پرولین کاهش یافته و وزن خشک گیاهچه افزایش یافته است.

نتیجه گیری کلی

از نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان دریافت که افزایش تنش خشکی تا ۶- بار سبب کاهش سرعت جوانه-زنی، درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کنجد شد. تنش خشکی همچنین سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها، محتوای پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت شد. با این‌حال پیش‌تیمار بذور به‌خصوص پیش‌تیمار با تفاله موم زنبور عسل به‌عنوان یک راهکار مفید فیزیولوژیک جهت کاهش اثرات حاصل از تنش خشکی و ایجاد مقاومت گیاهچه در مقابل تنش خشکی معرفی شد. همچنین آبیاری بذور و گیاهچه با عصاره شیرین‌بیان در شرایط تنش خشکی سبب افزایش بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی و افزایش رشد گیاهچه شد. به‌نظر می‌رسد وجود محرک‌های رشد و مواد

غذایی در این عصاره رشد گیاهچه را بهبود داده است. بیش-ترین رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی مربوط به بذوری است که با تفاله موم زنبور عسل پیش‌تیمار شده و با عصاره شیرین‌بیان آبیاری شدند. وجود عناصر غذایی زیاد و اسیدآمینه‌های قوی، محیط اسمزی مناسبی ایجاد کرده تا بذر در جذب و نگهداری آب تواناتر باشد. افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاهچه را در روبه‌روشدن با تنش قدرتمندتر می‌سازد. پس از آن مواجهه گیاه با عصاره شیرین‌بیان که منبعی غنی از مواد غذایی، ویتامین‌ها و برخی محرک‌های رشد است، سبب مقاوم سازی بیش‌تر گیاه شده و تنش ناشی از خشکی را بهتر تحمل می‌کند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان قدردانی می-گردد.

منابع

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105:121-126. (**Journal**)

Alivand, M. and Farajzadeh Memari Tabrizi, E. 2017. Strengthening effect of different concentrations of fennel extracts, cumin and mint, on the physiological characteristics of seed germination and seed yield of safflower under drought stress. Environmental stresses in crop science, 11 (3): 675-690. (In Persian)**(Journal)**

Alivand, M. and Farajzadeh Memari Tabrizi, E. 2018. Stimulatory effect of different concentrations of fennel, cumin and mint on germination and seed yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(3): 675-690. (In Persian)**(Journal)**

Aymen, E.M., Fredj Meriem, B., Kaouther, Z. and Cherif, H. 2014. Influence of NaCl seed priming on growth and some biochemical attributes of safflower grown under saline conditions. Reserarch on Crop Ecophysiology, 9: 13-20. **(Journal)**

Azim, A.B., Khater, W.M., Rania, M.R. and Badawy, M.Y.M. 2017. Effect of Bio-Fertilization and Different Licorice Extracts on Growth and Productivity of *Foeniculum vulgare*, Mill. Plant. Middle East Journal of Agriculture Research, 6(1): 1-12. **(Journal)**

Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M. and Vivanco, J.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. Science, 301: 1377–1380. **(Journal)**

Bates, L.S., Waldern, R.W. and Treare, L.D. 1973. Rapid determinatation of free proline for stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207. **(Journal)**

Bradford, M.M. 1976. A rapid sensitive metod for the question of microprogram quantities of protein utilizing the principle of protein – dye binding. Annual of Biochemistry, 72: 248 – 254. **(Journal)**

Cruz-Ortega, R., Lara-Núñez, A. and Anaya, A.L., 2007. Allelochemical stress can trigger oxidative damage in receptor plants mode of action of phytotoxicity. Plant Signaling and Behavior, 2: 269–270. **(Journal)**

Esmailpour, N. and Mojaddam, M. 2009. Effect of seed hydropriming on improvement of seed germination and seedling sweet sorghum growth under salt stress conditions. Journal of Crop Physiology, 3: 51-59. (In Persian)**(Journal)**

FAO. 2018. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Foti, R., Abureni, K., Tigere, A., Gotosa, J. and Gere, J. 2008. The efficacy of different seed priming osmotica on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. Journal of Arid Environments, 72: 1127–1130. **(Journal)**

García-Sánchez, M., Garrido, I., Casimiro, I.J., Joaquín Casero, P., Espinosa, F., García-Romera, I. and Aranda, E. 2012. Defence response of tomato seedlings to oxidative stress induced by phenolic compounds from dry olive mill residue. Chemosphere, 89: 708–716. **(Journal)**

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

Hendricks, S.B., Borthwick, H.A. and Downs, R.J. 1956. Pigment conversion in the formativeresponses of plants to radiation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 42: 19-26. **(Journal)**

Inderjit, S. and Duke, S.O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. Planta, 217: 529– 539. **(Journal)**

Jalili Marandi, R. 2010. Physiology of environmental stress and resistance mechanisms in horticultural plants. Oromieh: Jahad daneshgahi. Press. P, 637. **(Book)**

Lara-Núñez, A., Sánchez-Nieto, S., Luisa Anaya, A. and Cruz-Ortega, R. 2009. Phytotoxic effects of Sicyos deppei (*Cucurbita ceae*) in germinating tomato seeds. Physiologia Plantarum, 136: 180–192. **(Journal)**

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177. **(Journal)**

Michel, B.E. and Kaufman, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene golycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916. **(Journal)**

Miri, Y.S., Kochebagh, B. and Mirshekari, B. 2013. Effect of inoculation with bio-fertilizers on germination and early growth, dill (*Anethum graveolens*), Fennel (*Foeniculum vulgare*), Cumin (*Cuminum cyminum*) and Marigold (*Calendula officinalis*). International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(1): 104-108. **(Journal)**

Moradi, R., Pourghasemian, N. and Naghizadeh, M. 2019. Effect of beeswax waste biochar on growth, physiology and cadmium uptake in saffron. Journal of Cleaner Production, 229: 1251-1261. **(Journal)**

Muscolo, A., Sidari, M., Anastasi, U., Santonoceto, C. and Maggio, A. 2014. Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. Journal of Plant Interactions, 9: 354–363. **(Journal)**

Pandey, V., Ansari, M.W., Tula, S., Sahoo, R.K., Bains, G., Kumar, J., Tuteja, N. and Shukla, A. 2016. *Ocimum sanctum* leaf extract induces drought stress tolerance in rice. Plant Signaling and Behavior, 11(5): e1150400. **(Journal)**

Pedram, A., Tajbakhsh, M., Fathollah Taleghani, D. and Ghiyasi, M. 2017. The assessment of seed priming effect on quantitative and qualitative yield of different sugar beet cultivars. Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(3): 113-123. (In Persian)**(Journal)**

Pourghasemian, N., Moradi, R., Naghizadeh, M. and Landberg, T. 2020. Mitigating drought stress in sesame by foliar application of salicylic acid, beeswax waste and licorice extract. Agricultural Water Management, 231: 1-10. **(Journal)**

Pourghasemian, N., Shamsoddin Saied, M. and Ilkhani, N. 2018. The Effect of medicinal plant extracts on some growth parameters and biochemical indices of sesame (*Sesamum indicum*). Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(4): 71-85. (In Persian)**(Journal)**

Rady, M.M., Desoky, E.S.M., Elrys, A.S. and Boghdady, M.S., 2019. Can licorice root extract be used as an effective natural biostimulant for salt-stressed common bean plants? South African Journal of Botany, 121: 294–305. **(Journal)**

Rostami, Gh., Moghadam. M., Narimani, R. and Mehdizadeh, L. 2018. The effect of different priming treatments on germination, morphophysiological and biochemical indicators of kashkani Lulu cultivation and tolerance to basil salinity. Environmental stresses in crop science, 11(4): 1107-1123. (In Persian)**(Journal)**

Semidaa, W.M. and Rady, M.M. 2014. Presoaking application of propolis and maize grain extracts alleviates salinity stress in common bean (Phaseolus vulgaris L.). Scientia Horticulture, 168: 210– 217. **(Journal)**

Shakarami, B., Dianati-Tilaki, Gh., Tabari, M. and Behtari, B. 2010. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. during seeds germination and early growth stages. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 18(2): 318-328. (In Persian)**(Journal)**

Sharma, S., Chen, Ch., Khatri, K., Rathore, S.M. and Pandey, Sh.P. 2019. *Gracilaria dura* extract confers drought tolerance in wheat by modulating abscisic acid homeostasis. Plant Physiol. Biochem, 136:143-154. **(Journal)**

Trivedi, Kh., Vijay Anand, K.G., Vaghela, P. and Ghosh, A. 2018. Differential growth, yield and biochemical responses of maize to the exogenous application of *Kappaphycus alvarezii* seaweed extract, at grainfilling stage under normal and drought conditions. Algal Research, 35, 236–244. **(Journal)**

Weir, T.L., Park, S.W. and Vivanco, J.M. 2004. Biochemical and physiological mechanisms mediated by allelochemicals. Current Opinion in Plant Biology, 7: 472–479. **(Journal)**

Weiss, E.A. 2000.Oilseed Crops. Blackwell Science Publications Limited, London pp. 131-164. **(Journal)**

Xu, C. and Leskovar, D. 2015. Effects of A. nodosum seaweed extracts on spinach growth, physiologyand nutrition value under drought stress. Scientai Horticultura, 183: 39–47. **(Journal)**

Alleviating drought stress in sesame seedling by priming and irrigation of beeswax waste and licorice extracts

Nasibeh Pourghasemian[1], Roohollah Moradi[2*]

Received: June 2, 2020 Accepted: September 22, 2020

Abstract

In order to study the effect of priming and irrigation with beeswax waste and licorice extracts on germination, morphological and biochemical characteristics of sesame in drought stress condition, an experiment was conducted as factorial arrangement based on completely randomized design with four replications. The experimental treatments were drought stress (0, -2, -4 and -8 bar), priming (priming with water, beeswax waste extract at 2000 ppm and licorice extract at 5000 ppm) and irrigation with the extracts (water, beeswax waste extract at 2000 ppm and licorice extract at 5000 ppm). The results showed that the priming with beeswax waste extract caused to increase in percentage and speed of germination, seedling dry matter, radicle and plumule length, and CAT and APX activitie in drought stress condition, but MDA and proline contents were significantly decreased by that. Interaction of drought and irrigation showed that in drought stress condition, irrigation with beeswax and licorice extract led to increasing CAT and APX activities that consequently resulted to increasing seedling dry matter and radicle and plumule length. Interaction of priming and irrigation showed that the highest values of seedling dry matter (21.53 mg), radicle length (54.53 mm), plumule length (9.33 mm), CAT (0.377 unit mg^{-1} protein) and APX (0.557 unit mg^{-1} protein) activities was assigned to interaction of priming with beeswax waste extract × irrigation with licorice extract. Therefore, it seems that the most appropriate treatment for alleviating the negative effects of drought stress on sesame is pre-treatment with beeswax waste extract and irrigation with licorice extract.

Key words: APX; CAT; Germination; MDA; Proline

How to cite this article

Pourghasemian, N. and Moradi, R. 2021. Alleviating drought stress in sesame seedling by priming and irrigation of beeswax waste and licorice extracts. Iranian Journal of Seed Science and Research, 8(1): 45-62. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2021.5202

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. Assistance Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. pourghasemian92@gmail.com

2. Assistance Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran. r.moradi@uk.ac.ir

*Corresponding author: r.moradi@uk.ac.ir