نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره اول، بهار ۹۹
۶۷-۸۴
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2020.17273.2280

دگر آسیبی گیاه آلاله داسی (*Ceratocephalus falcata*) بر فعالیت‌های آنزیمی بذر برخی از گیاهان زراعی در مرحله جوانه‌زنی

رحیم تربالی[1]، علی‌اصغر علیلو[2*] و منوچهر فرجامی‌نژاد[3]

[1]دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
[2]دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
[3]استادیار گروه شیمی واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: علف‌های هرز دگر آسیب عمدتاً با انتشار مواد بازدارنده به محیط اطراف خود، رشد و نمو گیاهان هم‌جوار را متأثر می‌سازند. هر چند نحوه‌ی عمل این مواد بسیار پیچیده بوده و مراکز هدف آن‌ها متنوع می‌باشد ولی در غالب موارد بازداری جوانه‌زنی بذر یکی از اهداف مهم آن‌ها به‌شمار می‌رود. در این پژوهش ضمن بررسی توانایی دگر آسیبی گیاه آلاله داسی (*ceratocephalus falcata*) روی جوانه‌زنی گیاهان ذرت، گندم و آفتابگردان نحوه‌ی عمل آن روی سیستم‌های آنزیمی هیدرولیزگر و آنتی‌اکسیدانت نیز بررسی شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل سه رقم بذر گندم، ذرت و آفتابگردان و غلظت عصاره‌ی آبی آلاله داسی در پنج سطح شاهد (آب مقطر)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بود.

یافته‌ها: نتایج درصد جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش سطح غلظت عصاره‌ی آبی گیاه آلاله داسی درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. در تمامی گونه‌ها در غلظت‌های ۱۰ درصد و بالاتر جوانه‌زنی مشاهده نشد. بیشترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب از بذور گندم (۹۹/۸۸ درصد) و ذرت (۹۹/۳۶ درصد) از تیمار شاهد (آب مقطر) حاصل شد. در غلظت ۵ درصد عصاره در تمامی گونه‌های مورد مطالعه درصد جوانه‌زنی به زیر ۵۰ درصد کاهش یافت. همچنین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و آلفاآمیلاز نیز تحت تأثیر غلظت عصاره و گونه‌ی گیاهی قرار گرفت. در اغلب گونه‌ها فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تا غلظت ۱۰ درصد عصاره افزایش یافت ولی در غلظت ۲۰ درصد عصاره فعالیت آن‌ها به‌طور معنی‌دار کم شد. بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز در بذر ذرت و در سطوح متوسط عصاره‌ی آلاله داسی مشاهده شد در حالی‌که کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز در بذر آفتابگردان و در سطح تیماری ۲۰ درصد غلظت عصاره‌ی آبی حاصل گردید. غلظت ۲۰ درصد عصاره‌ی آبی نیز منجر به کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در بذر گندم شد. همچنین، بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ درصد در بذر گندم و غلظت ۲۰ درصد در بذر آفتابگردان بود. در تمامی گونه‌های مورد آزمایش با افزایش غلظت عصاره آلاله داسی فعایت آنزیم آلفاآمیلاز به تدریج کاهش یافت.

*مسئول مکاتبه: aliasghar.aliloo@gmail.com

نتیجه‌گیری: در کل نتایج نشان می‌دهد آلاله داسی دارای اثر دگر آسیبی بسیار قوی بر جوانه‌زنی گیاهان مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به نتایج جوانه‌زنی، گندم دارای حساسیت بالاتری نسبت به دو گیاه دیگر بود. همچنین، نتایج نشان می‌دهد مواد دگر آسیب موجود در عصاره‌ی آبی گیاه باعث القا تنش اکسیداتیو در بذور در حال جوانه‌زنی گیاهان می‌شود که افزایش سطوح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در غلظت‌های متوسط عصاره بیان کننده این اتفاق بود. همچنین، کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نشان دهنده‌ی تداخل مواد بازدارنده با انتقال مجدد اندوخته بذر برای جنین در حال رشد می‌باشد. در کل تجمع صدمات وارده‌ی ناشی از تنش اکسیداتیو به ساختارهای بذری و عدم انتقال مجدد اندوخته بذر از دلایل مهم کاهش شدید درصد جوانه‌زنی در بذور مورد مطالعه بود که می‌توان از عصاره‌ی آلاله داسی به‌عنوان علف‌کش زیستی جهت کنترل و مدیریت علف‌های هرز استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آلفاآمیلاز، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، جوانه‌زنی، دگر آسیبی.

مقدمه

دگر آسیبی عبارت است از رهاسازی ترکیبات شیمیایی به محیط توسط گیاهان که به شکل مستقیم یا غیرمستقیم روی دیگر گیاهان اثر منفی می‌گذارد (۲۷). مواد دگر آسیب، گروه گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه نظیر ترکیب‌های فنولیک، آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، گلوکوزینولات‌ها و ترپنوئیدها را شامل می‌شوند (۱۱). پدیده دگر آسیبی به سبب مولکول‌های فعال زیستی تولید شده توسط گیاهان در حال رشد یا همچنین، بقایای آن‌ها می‌باشد که احتمال دارد بعد از تغییر شکل و ورود به محیط پیرامون بر روی رشد و توسعه‌ی افراد همان گونه یا حتی گونه‌های دیگر تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم اعمال کند (۳۰). با این وجود، در اغلب بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با دگر آسیبی بیشتر به تأثیر منفی ترکیبات دگر آسیب پرداخته شده است. این ترکیبات یا تراوشات رها شده توسط گیاهان دارای خاصیت دگر آسیب بر روی مؤلفه‌های اساسی جوانه‌زنی، رشد، نمو و حتی استقرار گیاهان پذیرنده‌ی مواد دگر آسیب (گیاهان هدف) مؤثر بوده و نقش اساسی در تعیین پوشش گیاهی در یک منطقه و همچنین تولید محصولات زراعی در اراضی کشاورزی دارند (۱۰). در زمینه‌ی دگر آسیبی، زیست‌سنجی‌های گوناگونی وجود دارد که بیشترین آن در ارتباط با تغییر در سرعت جوانه‌زنی و همچنین رشد گیاهچه‌ی ناشی از توان دگر آسیبی گیاهان می‌باشد (۳۹). ترکیبات شیمیایی دگر آسیب ممکن است تورژسانس سلول، سرعت فتوسنتز، تعرق، فعالیت آنزیمی، انرژی متابولیسمی برای تنفس و فعالیت‌های نموی، تقسیمات میتوزی، همانندسازی DNA، تولید پروتئین و هورمون، جذب مواد معدنی و انتقال آن‌ها از ریشه به نقاط دیگر گیاه و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی را کاهش دهند و سبب تغییر در نفوذپذیری غشای کلروپلاست و میتوکندری و افزایش میزان اسیدآبسزیک شوند و نهایتاً رشد سلول را کاهش دهند (۵۸).

تعدادی از آنزیم‌های تحت تأثیر ترکیبات دگر آسیب، در طی دوره‌ی جوانه‌زنی و نیز رویش دانه وارد عمل می‌شوند. مثلاً کاهش جوانه‌زنی بذر کاهو به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در حضور مواد دگر آسیب استفاده شده گزارش گردیده است (۲۶). ترکیبات فنلی مواد دگر آسیب فعالیت آنزیم‌های مسیرهای گلیکولیز و اکسیداسیون مستقیم گلوکز که در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی وارد عمل می‌شوند را مهار نموده و بدین ترتیب از جوانه‌زنی دانه جلوگیری می‌نمایند (۳۲). ترکیبات دگر آسیب خارج شده از گیاهان دگر آسیب علاوه بر جلوگیری از جذب یون (۲۱) به‌طور چشم‌گیری خروج یون از ریشه‌ی گیاهان هدف را بالا برده، که این امر موجب مختل شدن

عملکرد غشای سلول‌های ریشه در گیاهان هدف خواهد شد (۳۷). پدیده‌ی دگر آسیبی در مراحل آغازین رشد تأثیرات منفی شدیدی را روی گیاه‌چه دارد (٥٤). به‌عبارت دیگر در اوایل رشد به‌دلیل آن‌که گیاه استقرار کامل پیدا نکرده و به‌عبارتی ضعیف می‌باشد، تأثیرات دگر آسیبی روی مراحل رشد و نمو که مبدأ اصلی تقسیم و تمایز سلولی می‌باشد مشهودتر می‌باشد. تأثیرات شناخته شده‌ی مواد دگر آسیب شامل ناهنجاری‌های آناتومیکی، کاهش جذب، کاهش جوانه‌زنی، کاهش رشد جوانه و کلروزه و نکروزه شدن می‌باشد که میزان بازدارندگی این مواد به غلظت عصاره‌ی آبی گیاه مورد آزمایش بستگی دارد (۳۳ و ۱۰). ترکیبات دگر آسیب همچنین، باعث کاهش رشد گیاهان از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک می‌شوند. مواد دگر آسیب ممکن است به‌وسیله‌ی تأثیر بر فرآیندهایی مانند تقسیم میتوزی ریشه و هیپوکوتیل، جذب عناصر غذایی، فتوسنتز و تنفس، تشکیل پروتئین، نفوذپذیری غشای سلول و فعالیت آنزیم‌ها، از رشد و نمو گیاهان ممانعت به‌عمل آورند (٤٣).

امیدپناه و همکاران (۲۰۱۱) پتانسیل دگر آسیبی گیاه دارویی مورخوش (*Zhumeria majdae*) را بر رقم طلایه‌ی کلزا (*Brassica napus*) بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که محتوای رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت که ناشی از عکس‌العمل گیاه در جهت غلبه بر عوارض ترکیبات دگر آسیب است (۳۸). گیاهان ساز و کارهای مختلف آنزیمی و غیرآنزیمی را در جهت محافظت از غشاها و اندامک‌های خود در مقابل خسارت به‌وجود آمده در اثر انواع اکسیژن فعال دارا بوده، به‌گونه‌ای که این قابلیت را دارند که آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی یا آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی (بتاکاروتن‌ها، آلفا توکوفرول، آسکوربات و گلوتاتیون) را احیا کرده و باعث تولید دوباره‌ی مواد آنتی‌اکسیدانی می‌شوند که از بین آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی می‌توان به آنزیم‌های گلوتاتیون ردوکتاز و آسکوربات پراکسیداز اشاره کرد و یا حتی آنزیم‌هایی مانند سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز که به‌صورت کاملاً مستقیم در واکنش وارد می‌شوند (۱۳). در مورد آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز می‌توان گفت که نقش آن در تنش‌های طولانی مدت اثبات شده است (۳۵). آنزیم پلی فنل اکسیداز که منجر به تبدیل برخی از ترکیبات فنلی به کینون‌ها می‌شود، مهمترین نقش را در زنجیره‌ی انتقال الکترون تنفسی داشته و به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین اعضای سیستم اکسیداسیونی دانه‌ها و نیز گیاهچه‌های بذری گزارش شده است (۵۹). آنزیم آلفا آمیلاز نقش مهمی در فعالیت‌های مبتنی بر انرژی‌زایی گیاهان داشته و توسط این آنزیم مولکول‌های کوچک‌تر مانند دکسترین، مالتوز و گلوکز در اثر تجزیه‌ی نشاسته حاصل می‌شوند که کاهش فعالیت این آنزیم منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر خواهد شد. یکی از مهمترین علت‌های کاهش رشد گیاهان در مواجهه با مواد دگر آسیب، تولید انواع اکسیژن فعال در گیاهان پذیرنده‌ی تحت تأثیر سمیت مواد دگر آسیب است (٦٠). چرا که تجمع زیاد اکسیژن فعال ساختار اندامک‌های مهم درون سلولی مانند کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها را از بین برده و موجب مختل شدن فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود (۲۸). آلاله داسی گیاهی با نام علمی (*Ceratocephalus falcata* – curveseed butterwort) از تیره آلاله (*Ranunculaceae*) می‌باشد، گیاهی یک‌ساله بوده و غالباً نیز علفی می‌باشد. تیره‌ی آلاله یکی از تیره‌های بزرگ نهاندانگان است. این گیاهان بیشتر در نواحی معتدل و سرد و یا در نقاط کوهستانی می‌رویند. تعدادی از گونه‌های این تیره در آسیا، اروپا و آمریکا انتشار دارند. در ایران دو گونه از

جنس آلاله داسی وجود دارد که در دامنه‌های ارتفاعات البرز، آذربایجان، اصفهان، طاق‌بستان، نواحی شمال ایران و بسیاری از نقاط دیگر رشد می‌نمایند (۱٤). تاکنون گزارش دقیقی از نحوه‌ی عملکرد ترکیبات دگر آسیب آلاله داسی بر روی سیستم‌های آنزیمی ارائه نشده است. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر تأثیر مواد دگر آسیب موجود در گیاه آلاله داسی بر فعالیت‌های آنزیمی بذر برخی از گیاهان زراعی در مرحله‌ی جوانه‌زنی و نیز شناسایی توان جلوگیری از رشد و جوانه‌زنی عصاره آبی گیاه مورد بررسی بر روی بذر گندم، ذرت و آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره‌ی آبی: نمونه‌های گیاهی آلاله داسی در سال ۱۳۹۷ از مزارع اطراف دانشگاه مراغه واقع در ۱۳۵ کیلومتری جنوب مرکز استان آذربایجان شرقی با ارتفاع ۱٤۸۵ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه‌ی شمالی و در ٤٦ درجه و ۱٦ دقیقه‌ی طول شرقی و در دامنه‌های جنوبی سهند در شمال غربی ایران جمع‌آوری شد. کارهای آزمایشگاهی مربوط به آن در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه‌های زراعت گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه‌های مراغه و شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای مورد آزمایش شامل سه رقم بذر گندم، ذرت و آفتابگردان و همچنین، غلظت عصاره‌ی آبی آلاله داسی در پنج سطح شاهد (آب مقطر)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بود. گیاهان حاصل پس از جمع‌آوری با آب معمولی شستشو و خشک شده و اندام‌های ریشه، ساقه و میوه‌ی آن‌ها از یکدیگر جدا گردید. سپس، ۱۰۰ گرم از اندام‌های تر به‌طور کامل سابیده شد و به آن ٤۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گشت. ترکیب حاصل بعد از ۳۰ دقیقه بهم زده شدن، صاف گردید (عصاره ۲۰ درصد). از ترکیب حاصل، عصاره‌های با غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد تهیه و در یخچال نگهداری شد.

آزمون جوانه‌زنی: آزمون جوانه‌زنی در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. بذور گیاهان با هیپوکلرید سدیم (۵ درصد (حجمی-حجمی)) به مدت ۵-۳ دقیقه ضدعفونی و سپس توسط آب مقطر ۳ بار به مدت ۵ دقیقه شسته شد. از روش پتری‌دیش جهت آزمون جوانه‌زنی استاندارد استفاده گردید. در این راستا ۱۰۰ عدد بذر در ٤ تکرار ۲۵ تایی در داخل پتری‌دیش‌ها قرار گرفت و به هر یک از آن‌ها ۵ میلی‌لیتر از محلول صفر (شاهد آب مقطر)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد عصاره‌ی حاصل اضافه شد. سپس پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور منتقل و در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری گردید. درصد جوانه‌زنی بذور طبق قوانین ایستا (۲۰۰۹) (درصد جوانه‌زنی: نسبت تعداد بذور جوانه زده به تعداد کل بذور) انجام شد (۲۲).

استخراج آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان: همانند آزمون درصد جوانه‌زنی ٤ تکرار ۲۵ تایی از بذور گیاهان مورد مطالعه (۱۰۰ عدد) در غلظت‌های یاد شده به مدت سه روز قرار گرفت. سپس، بر حسب تصادف ۲۰ عدد از گیاهچه‌های حاصل جدا و ۰/۲ گرم از آن‌ها توزین و هموژن شد. در ادامه یک میلی‌لیتر بافر تریس-اسید کلریدریک ۵۰ میلی‌مولار (7/5 pH) اضافه گردید و نمونه‌های حاصل در دمای ٤ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول روشناور برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز مورد استفاده قرار گرفت (۵۱).

سنجش آنزیم‌های آنتی اکسیدان: آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و آلفاآمیلاز به‌ترتیب با روش جیانوپولیتیس و رایز (۱۵) اسکات و همکاران (٤٦) و هر سه آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز به روش کارو و میشرا (۲۵) انجام گرفت. تجزیه آماری داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS 9/1 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها نیز با استفاده از Excel 2013 انجام گرفت.

نتایج و بحث

الف- درصد جوانه‌زنی: بر اساس داده‌های به‌دست آمده از این پژوهش، مشخص گردید که اثر متقابل غلظت‌های مختلف عصاره آبی گیاه آلاله داسی و نوع گیاه در سطح احتمال یک درصد روی درصد جوانه‌زنی بذور گندم، ذرت و آفتابگردان معنی‌دار شد (جدول ۱).

همچنین، طبق نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که بیشترین درصد جوانه‌زنی بذور در دو گیاه گندم و ذرت در تیمار شاهد به‌ترتیب با ۹۹/۸۸ و ۹۹/۳٦ درصد حاصل شد و در تیمار ۵ درصد غلظت عصاره نیز درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد (آب مقطر) به شدت کاهش یافت و در حدود نصف مقدار تیمار شاهد به‌دست آمد. اما کمترین درصد جوانه‌زنی نیز در سطوح تیماری ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد غلظت عصاره‌ی آبی آلاله‌داسی در هر سه بذر مورد بررسی و با مقدار صفر درصد به‌دست آمد که از این لحاظ تفاوتی بین تیمارها وجود نداشت. در طی جوانه‌زنی بذور هر گونه تأخیر و یا توقف در تحرک مواد ذخیره‌ای معمولاً به سرعت رخ داده که این امر می‌تواند منجر به کمبود فرآورده‌های تنفسی و در نهایت کمبود مستمر ATP در بذوری شود که در حضور مواد دگر آسیب قرار گرفته‌اند که در نهایت بی‌نظمی در میزان تنفس باعث کاهش جوانه‌زنی و نیز رشد گیاهچه‌ها خواهد شد (۲۳). همچنین، پس از جذب آب و آماس در طی مرحله جوانه‌زنی، سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک و نیز ترشح هورمون جیبرلین توسط جنین بذر آغاز شده که با فعالیت آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز، مواد ذخیره‌ای به مواد قابل انتقال از قبیل ساکارز و گلوکز تبدیل شده و به جنین انتقال یافته که عامل رشد جنین به‌حساب می‌آیند (٤۱). مهمترین عامل انتقال ترکیبات محلول، توانایی حلالیت آن‌ها در آب می‌باشد که در اثر کاهش میزان رطوبت قابل دسترس به‌علت غلظت بالای عصاره، انتقال این مواد به جنین امکان‌پذیر نمی‌باشد (۵۵).

ب- آنزیم آلفا آمیلاز: نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان داد که اثر متقابل غلظت عصاره‌ی آبی گیاه آلاله داسی و نوع گیاه بر میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مطالعه بیانگر آن است که میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در هر سه گیاه مورد مطالعه یعنی گندم، ذرت و آفتابگردان متفاوت از همدیگر بوده به‌گونه‌ای که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در میان سه گیاه مورد مطالعه، در گیاه ذرت و در تیمار شاهد به‌میزان ۰/٦ نانومول در گرم بذر در دقیقه حاصل شد در حالی‌که کمترین میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نیز در گیاه گندم و در تیمار غلظت عصاره آبی ۲۰ درصد و به‌میزان ۰/۱۳ نانومول در گرم بذر در دقیقه به‌دست آمد. همچنین، بر طبق نتایج مقایسات میانگین به‌دست آمده از پژوهش مشاهده شد که در مورد گیاه گندم و ذرت به‌ترتیب بیشترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در تیمار شاهد (آب مقطر) و به‌میزان ۰/۳۵ و ۰/٦ نانومول در گرم بذر در دقیقه به‌دست آمد و کمترین فعالیت نیز در غلظت ۲۰ درصد و به‌ترتیب به‌میزان ۰/۱۳ و ۰/۲۸ نانومول در گرم بذر در دقیقه حاصل شد در حالی‌که در مورد گیاه آفتابگردان بیشترین و کمترین فعالیت آنزیمی در غلظت‌های ۵ درصد به‌میزان ۰/۲۸ و ۲۰ درصد به‌میزان ۰/۱۵ نانومول در گرم بذر در دقیقه به‌دست آمد (شکل ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر مواد دگر آسیب گیاه آلاله داسی (*Ceratocephalus falcata*) روی سیستم‌های آنزیمی هیدرولیزگر و آنتی‌اکسیدانت.

Table 1- Variance analysis of the effect of allelopathic *Ceratocephalus falcata* on hydrolyzing enzyme systems and antioxidant.

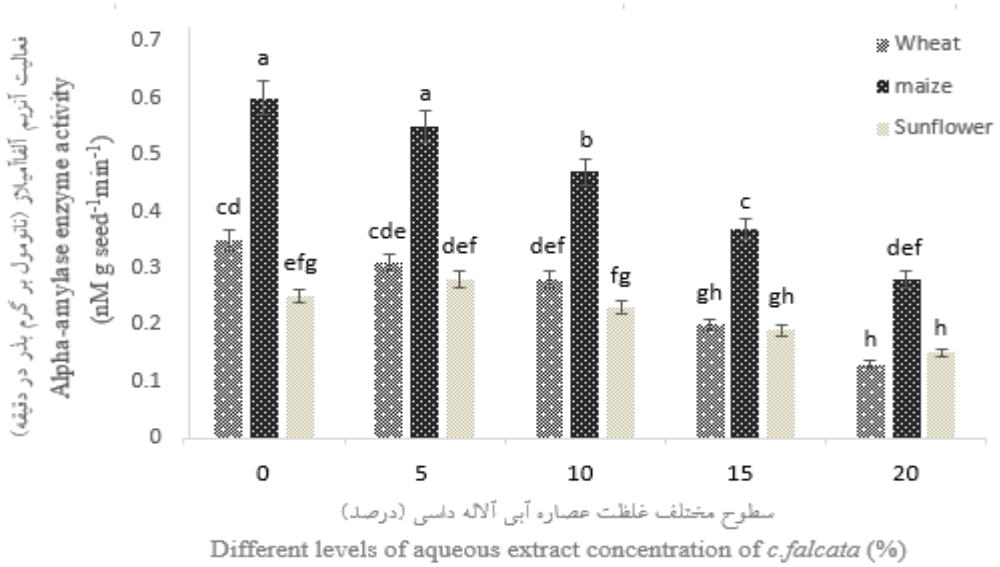
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase enzyme activity	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase enzyme activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme activity	فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز Polyphenol oxidase enzyme activity	فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز Alpha Amylase enzyme activity
a (plant specie) گونه گیاهی	2	8.73**	9.153**	12.5182**	141.9543**	6.6182**	0.2443**
b (of Extract Concentration) غلظت عصاره	4	16503.06**	5.1784**	8.0172**	92.7585**	14.1189**	0.0716**
a*b (specie*concentration) گونه*غلظت	8	42.82**	1.1556**	2.9538**	21.32**	0.5185**	0.005**
Error (خطای آزمایش)	30	2.52	0.3881	0.1319	0.9304	0.1384	0.0015
CV (٪) درصد ضریب تغییرات	-	3.04	12.74	16.9	10.83	14.19	12.35

**: Statistically significant at 1% level of probability.

**: نشانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد .

گزارش شده است که مواد دگر آسیب گیاه تاتوره (*callicarpa acuminata*) با تأثیر منفی بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز منجر به کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ی لوبیا، ذرت و نیز گوجه‌فرنگی شد (٦). ترکیبات دگر آسیب این توانایی را دارند که با مختل نمودن کارکرد آنزیم‌های حیاتی و کاهش رشد گیاهان مجاور مانند یک علف‌کش طبیعی عمل نمایند (٢٩). در طی مرحله جوانه‌زنی، تغییرات متابولیکی اولیه که پس از جذب آب اتفاق می‌افتد، آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند آلفا آمیلاز و پروتئاز را افزایش می‌دهند. آنزیم آلفا آمیلاز یک آنزیم مهم و اساسی تجزیه کننده‌ی نشاسته است که در آندوسپرم دانه‌های غلات وجود دارد. محصولات واکنش این آنزیم، سوبسترا و منبع انرژی لازم را برای جنین بذر در زمان جوانه‌زنی ایجاد می‌کنند (٢). کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و همچنین، آنزیم آلفا آمیلاز در طی فرآیند جوانه‌زنی سبب کاهش دو مؤلفه مؤثر بر رشد گیاهچه شامل وزن ذخایر بذری انتقال یافته و نیز کارآیی تبدیل ذخایر انتقال یافته به بافت گیاهچه می‌گردد.

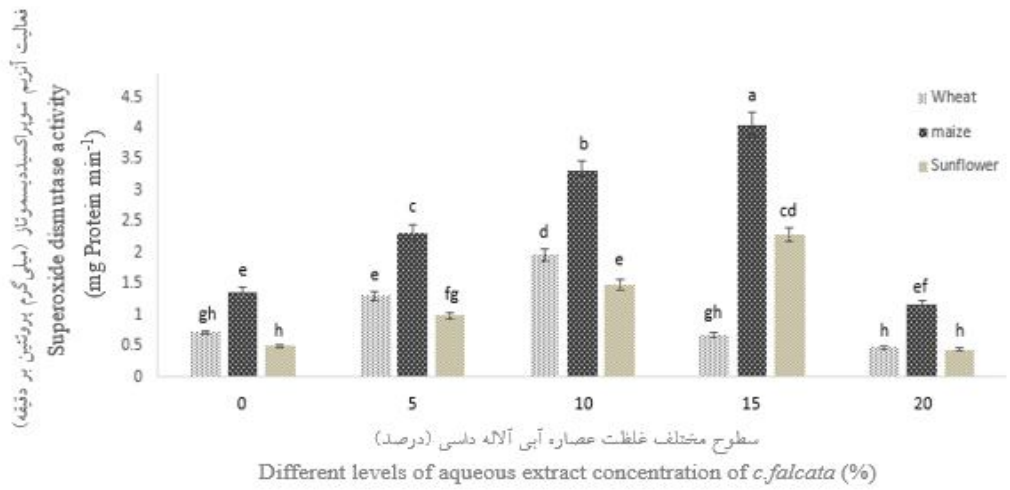
مجموعه‌ی این وقایع باعث می‌شود که گیاهچه‌های به‌وجود آمده از بذرهای جوانه‌زده در محیط حاوی مواد دگر آسیب، دارای ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌هایی کوتاه‌تر و گیاهچه‌هایی با وزن خشک کمتر بوده و یا این‌که اصلاً جوانه نزنند (٥٠ و ٤٢). دلایل مختلفی برای کاهش و یا حتی عدم جوانه‌زنی بذور مختلف گیاهی در حضور ترکیبات دگر آسیب بیان شده است. مثلاً کاهش درصد جوانه‌زنی در نتیجه‌ی اعمال ترکیبات دگر آسیب موجود در اندام‌های گیاهان مختلف ممکن است به‌دلیل افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی این گیاهان باشد که می‌تواند به‌علت افزایش زوال و نابودی غشای سلول این گیاهان، در نهایت منجر به مرگ این گیاهان شود و یا این‌که ممکن است به‌علت تأثیرات منفی این مواد دگر آسیب بر انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای و تولید انرژی در مرحله‌ی کاتابولیک جوانه‌زنی و در نتیجه عدم تأمین یا تأمین ناکافی کربوهیدرات‌ها و اختلال در مرحله‌ی آنابولیک جوانه‌زنی باشد (٤).



شکل ١- مقایسات میانگین اثر متقابل گونه × غلظت عصاره‌ی آبی مربوط به فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز (میانگین‌های دارای حروف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند).

Figure 1- Comparison of means for species × aqueous extract concentration interaction in terms of alpha-amylase enzyme activity (Means followed by the same letters are not significantly different at the 1% level of probability).

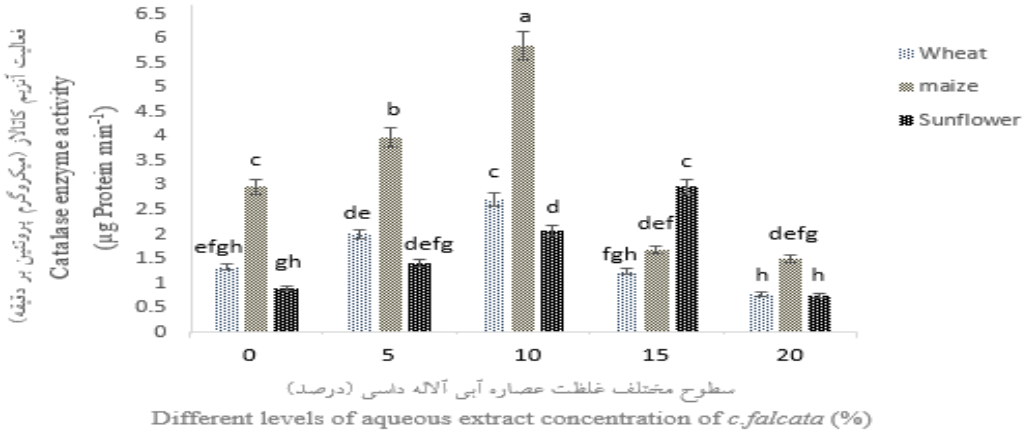
ج- آنزیم سوپراکسیددیسموتاز: نتایج نشان داد که اثر متقابل غلظت عصاره آبی گیاه آلاله داسی و نوع گیاه بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج حاصل بیانگر آن است که میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در هر سه گیاه مورد مطالعه یعنی گندم، ذرت و آفتابگردان متفاوت از همدیگر بوده به‌گونه‌ای‌که بیشترین افزایش فعالیت این آنزیم در بین گیاهان مورد مطالعه در گیاه ذرت و با غلظت عصاره‌ی آبی ۱۵ درصد به‌میزان ٤/٠٦ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه مشاهده شد و کمترین میزان فعالیت نیز در گیاه آفتابگردان و در غلظت عصاره‌ی آبی ۲۰ درصد به‌میزان ۰/٤٤ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد. همچنین، در داخل سطح گیاه گندم نیز بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در غلظت ۱۰ درصد به‌میزان ۱/۹٦ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه و کمترین میزان فعالیت نیز در سطح غلظت تیماری ۲۰ درصد به‌میزان ۰/٤۷ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه حاصل شد. در مورد گیاه ذرت و آفتابگردان نیز به‌ترتیب بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در غلظت‌های ۱۵ درصد به‌میزان ٤/٠٦ و ۲/۲۸ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه و کمترین فعالیت آنزیمی نیز در غلظت ۲۰ درصد و به‌میزان ۱/۱٦ و ۰/٤٤ میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد (شکل ۲). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز یک آنزیم مهم و کلیدی در جهت از بین بردن رادیکال سوپراکسید (O_2^-) است و آن را در سلول‌های گیاهی به H_2O و O_2 تبدیل می‌نماید، بنابراین نقش مهمی را در سیستم دفاعی گیاهان به‌منظور جلوگیری از بروز آسیب به آن‌ها در پاسخ به تنش‌های محیطی ایفا می‌کند (٤۹). گزارش شده برخی از مواد دگر آسیب فعالیت آنزیم‌هایی مانند سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز را افزایش داده و برخی دیگر نیز فعالیت این آنزیم‌ها را کاهش می‌دهند (۳۱). کاهش فعالیت آنزیم‌ها ممکن است موجب پراکسیداسیون لیپید و در نهایت منجر به تخریب سیستم‌های غشایی و از هم پاشیده شدن رشته‌های DNA در اثر افزایش تجمع اکسیژن فعال ROS در گیاه شود (۳). در پژوهشی که توسط طاهری (۲۰۱۵) روی بررسی مکانیزم دگر آسیبی عصاره آبی کمای بینالودی در بذور در حال جوانه‌زنی قدومه صورت گرفت، نتایج به‌دست آمده نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مواد دگر آسیب و زمان نمونه‌گیری قرارگرفت (۵۲). به‌طورکلی، بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بذور تیمارشده عصاره گیاهی و نمونه‌گیری شده بعد از ۱۲۰ ساعت اندازه‌گیری شد و با بیشترین مقدار تولید پراکسید هیدروژن همراه بود. علی‌رغم افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بذور تیمار شده با عصاره‌ی گیاهی و آلفا-پینن، افزایش انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن باعث بروز خسارت سلولی و کاهش قابلیت حیات بذور گردید. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی ناشی از افزوده شدن بر میزان تولید اکسیژن فعال نشان دهنده‌ی بروز نوعی تنش اکسیداسیونی القا شده توسط مواد دگر آسیب در این تحقیق است (۵۲).



شکل ۲- مقایسات میانگین اثر متقابل گونه × غلظت عصاره‌ی آبی مربوط به فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (میانگین‌های دارای حروف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند).

Figure 2- Comparison of means for species × aqueous extract concentration interaction in terms of superoxide dismutase enzyme activity (Means followed by the same letters are not significantly different at the 1% level of probability).

د- آنزیم کاتالاز: نتایج به‌دست آمده از پژوهش نشان داد که اثر متقابل غلظت عصاره آبی گیاه آلاله داسی و نوع گیاه بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) . نتایج حاصل نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در میان گیاهان مورد بررسی در این پژوهش در گیاه ذرت و در غلظت عصاره‌ی آبی ۱۰ درصد به‌میزان ۵/۸۶ میکروگرم پروتئین بر دقیقه مشاهده شد، در حالی‌که کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز در گیاه آفتابگردان و در تیمار غلظت عصاره‌ی آبی ۲۰ درصد به‌میزان ۰/۷۵ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد. همچنین، بر طبق نتایج مقایسات میانگین مشاهده شد که به‌ترتیب بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در مورد گیاه گندم و ذرت در غلظت‌های تیماری ۱۰ درصد به‌میزان ۲/۷۲ و ۵/۸۶ میکروگرم پروتئین بر دقیقه و کمترین فعالیت نیز در تیمار غلظت عصاره‌ی آبی ۲۰ درصد و به‌میزان ۰/۷۸ و ۱/۴۹ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد. در حالی‌که در مورد گیاه آفتابگردان به‌ترتیب بیشترین و کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در غلظت‌های عصاره‌ی آبی ۱۵ درصد به‌میزان ۲/۹۷ میکروگرم پروتئین بر دقیقه و غلظت ۲۰ درصد به‌میزان ۰/۷۵ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد (شکل ۳). حسین‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) براساس یافته‌های پژوهشی بیان کردند که ترکیبات دگر آسیب عصاره‌ی جو وحشی منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و اسکوربات پراکسیداز و افزایش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در دو رقم گندم تجن و شیرودی شد (۲۰). زنگنه و فرهودی (۲۰۱۱) بیان نمودند که افزایش غلظت عصاره‌ی جو سبب تخریب شدید غشای سلولی گیاهچه‌ی جو مورد بررسی شد، زیرا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاهش یافت و قادر به دفاع در مقابل تنش اکسیداتیو ناشی از ترکیبات دگر آسیب جو نبودند (۶۱).

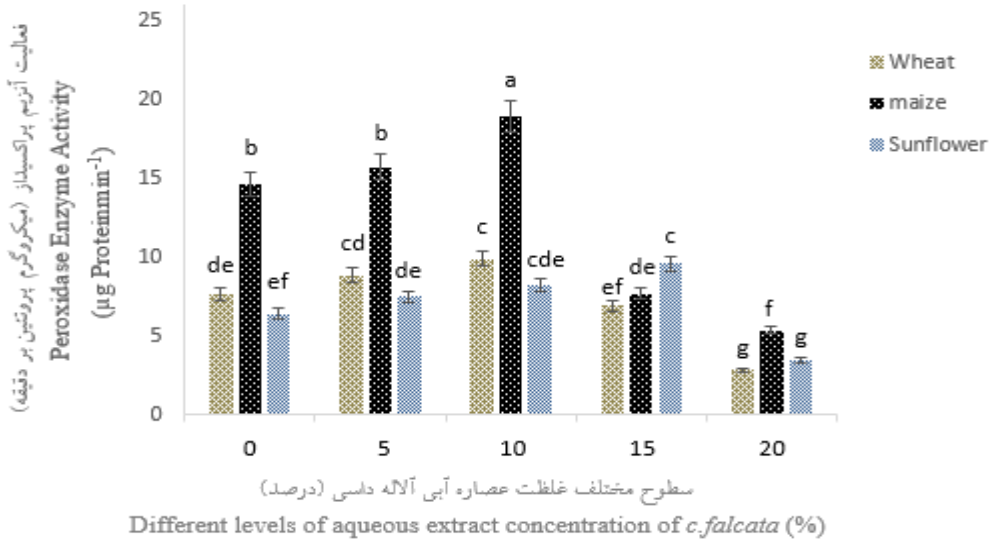


شکل ۳- مقایسات میانگین اثر متقابل گونه× غلظت عصاره آبی مربوط به فعالیت آنزیم کاتالاز (میانگین‌های دارای حروف مشترک، فاقد تفاوت معنی-دار در سطح احتمال یک درصد هستند).

Figure 3- Comparison of means for species × aqueous extract concentration interaction in terms of catalase enzyme activity (Means followed by the same letters are not significantly different at the 1% level of probability).

هـ- آنزیم پراکسیداز: بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده شد که اثر متقابل غلظت عصاره آبی آلاله‌داسی و نوع گیاه در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج حاصل شده بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مورد آزمایش و گیاهان می‌باشد به‌گونه‌ای‌که در بین گیاهان زراعی مورد مطالعه در این پژوهش، بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه ذرت و در تیمار غلظت عصاره‌ی آبی ۱۰ درصد به‌میزان ۱۸/۹۱ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد در صورتی‌که کمترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز در گیاه گندم و در تیمار غلظت عصاره‌ی آبی ۲۰ درصد به‌میزان ۲/۸۳ میکروگرم پروتئین بر دقیقه حاصل شد. همچنین، بر طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسات میانگین مشاهده شد که در مورد گیاه گندم و ذرت به‌ترتیب بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در غلظت‌های عصاره‌ی ۱۰ درصد به‌میزان ۹/۹ و ۱۸/۹۱ میکروگرم پروتئین بر دقیقه و کمترین فعالیت آنزیم به‌ترتیب در مورد گیاه گندم و ذرت نیز در غلظت ۲۰ درصد به‌میزان ۲/۸۳ و ۵/۳۵ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد. در حالی‌که در مورد گیاه آفتابگردان بیشترین و کمترین فعالیت آنزیمی به‌ترتیب در غلظت‌های ۱۵ درصد و ۲۰ درصد به‌میزان ۹/۵۷ و ۳/٤٦ میکروگرم پروتئین بر دقیقه حاصل شد (شکل ٤). گیاهچه‌های قرار گرفته در معرض ترکیبات دگر آسیب، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی آن‌ها افزایش می‌یابد، زیرا این آنزیم‌ها با حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن محیط سلول را از تأثیرات مخرب این رادیکال‌ها محافظت می‌نمایند ،اما بعد از مدتی این آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز مانند سایر ترکیبات پروتئینی تحت تأثیر غلظت بالای ترکیبات دگر آسیب قرار گرفته و در نهایت فعالیت آن‌ها کاهش می‌یابد. پراکسیدازها از مهمترین آنزیم‌های گروه اکسیدوردوکتاز بوده و از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شوند. در کلیه اعمال فیزیولوژیک و متابولیک گیاهان، آب اکسیژنه که یک نوع ماده سمی می‌باشد به‌وجود آمده که این ماده‌ی سمی در پاسخ به عوامل بیماری‌زا، ضعف‌های فیزیولوژیک و همچنین تنش‌های محیطی بیشتر از مقدار نرمال به‌وجود می‌آید که بنابراین گیاه برای مقابله با مقدار اضافی ماده‌ی سمی آب اکسیژنه به مقدار بیشتری آنزیم پراکسیداز احتیاج دارد (۵). زیرا آنزیم پراکسیداز مهمترین آنزیم

منعکس‌کننده تنش‌های محیطی اعمال شده است (۲۵). محققین گزارش دادند که محلول‌پاشی گیاهچه یولاف وحشی و جو دره توسط عصاره‌ی جو زراعی سبب تحریک فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه این علف‌های هرز شد اما افزایش غلظت عصاره‌ی جو سبب کاهش شدید فعالیت این دو آنزیم آنتی‌اکسیدان و آسیب‌پذیری گیاهچه‌های آن‌ها گردید (۱۲).

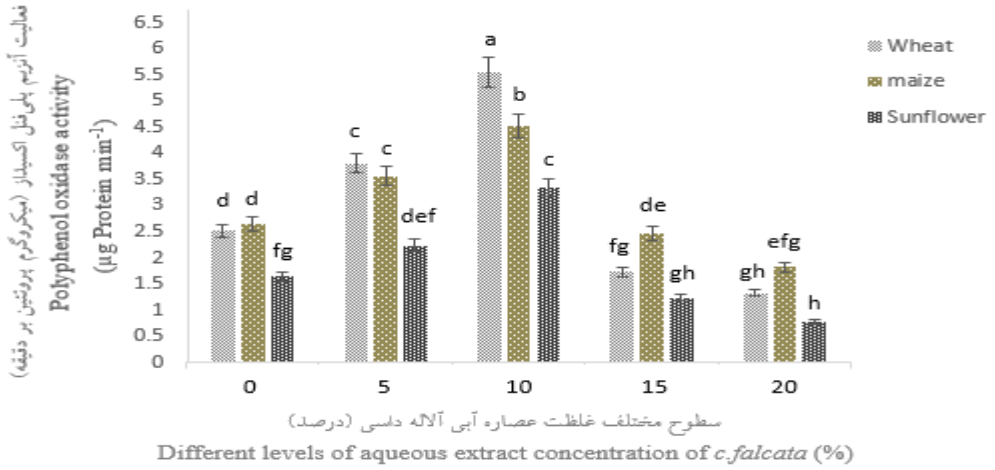


شکل ٤- مقایسات میانگین اثر متقابل گونه × غلظت عصاره‌ی آبی مربوط به فعالیت آنزیم پراکسیداز (میانگین‌های دارای حروف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند).

Figure 4- Comparison of means for species× aqueous extract concentration interaction in terms of peroxidase enzyme activity (Means followed by the same letters are not significantly different at the 1% level of probability).

ی- آنزیم پلی‌فنل اکسیداز: نتایج نشان داد که اثر متقابل غلظت عصاره آبی گیاه آلاله داسی و نوع گیاه بر میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد که این امر بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و تیمارهای غلظت عصاره‌ی آبی می‌باشد (جدول ۱). نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در گیاه گندم و در تیمار غلظت عصاره‌ی آبی ۱۰ درصد به‌میزان ۵/۵۵ میکروگرم پروتئین بر دقیقه حاصل شد در حالی‌که کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز در گیاه آفتابگردان و در غلظت عصاره‌ی آبی ۲۰ درصد به‌میزان ۰/۷۸ میکروگرم پروتئین بر دقیقه به‌دست آمد. همچنین، بر طبق نتایج مقایسات میانگین مشاهده شد که در مورد همه گیاهان گندم، ذرت و آفتابگردان به‌ترتیب بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در غلظت‌های عصاره‌ی آبی ۱۰ درصد به‌میزان ۵/۵۵، ٤/٥٣، ٣/٣٤ میکروگرم پروتئین بر دقیقه و کمترین فعالیت نیز در غلظت ۲۰ درصد عصاره‌ی آبی آلاله‌داسی به‌میزان ۱/۳۳، ۱/۸۲ و ۰/۷۸ میکروگرم پروتئین بر دقیقه حاصل شد (شکل ۵). در پژوهشی گزارش شد که فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی فنل اکسیداز، غلظت پرولین و میزان قند محلول تحت تأثیر غلظت عصاره‌ی آبی سورگوم و تلخه قرار گرفتند، به‌طوری‌که با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز، کاتالاز، پلی فنل اکسیداز، غلظت پرولین و میزان قند محلول در گیاهان گندم، چغندر قند، سلمه‌تره و تاج خروس افزایش معنی‌داری پیدا کردند (۱۹). در پژوهشی که

توسط صبورا و همکاران (۲۰۱۲) روی اثر برخی از ترکیبات فنولی مانند سینژیک، پاراکوماریک اسید، متاکوماریک اسید، پاراهیدروکسی بنزوئیک، وانیلیک و فرولیک اسید در غلظت‌های ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار روی محتوای پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه تاج‌خروس انجام گرفت، گزارش شد که ترکیبات با قدرت دگر آسیبی شدید (پاراکوماریک اسید، متاکوماریک اسید و وانیلیک اسید) باعث کاهش محتوای آب و درصد پروتئین شده و به‌علت صدمه دیدن کارکرد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به‌ویژه کاهش فعالیت کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز، فرآیند از بین بردن انواع اکسیژن فعال با اختلال مواجه شده و تقریباً در تمامی تیمارها فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نسبت به شاهد افزایش یافته که در جهت کاهش اثرات منفی ناشی از ترکیبات دگر آسیب بود (٤٤).



شکل ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل گونه × غلظت عصاره‌ی آبی مربوط به فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (میانگین‌های دارای حروف مشترک، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد هستند).

Figure 5- Comparison of means for species × aqueous extract concentration interaction in terms of polyphenol oxidase activity (Means followed by the same letters are not significantly different at the 1% level of probability).

در تمامی تنش‌های محیطی به نوعی، تعادل بین تولید و مصرف محصولات نوری فتوسنتز به‌هم خورده و با کاهش نسبت $NADP^+/NADPH,H^+$، زنجیره انتقال الکترون کلروپلاستی بسته می‌شود که برآیند آن افزایش تولید انواع اکسیژن فعال است. در تحقیق حاضر مشاهده شد که تنش دگر آسیبی ناشی از غلظت‌های مختلف عصاره‌ی آبی آلاله داسی سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز و همچنین، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در بذور گیاهان مورد مطالعه شد. به‌نظر می‌رسد که مواد شیمیایی دگر آسیب موجود در آلاله داسی با اختلال در سیستم تولید آنزیم آلفاآمیلاز و جلوگیری از تجزیه‌ی نشاسته به ترکیبات کوچکتر مانع جوانه‌زنی و عدم تأمین یا تأمین ناکافی انرژی مورد نیاز برای رشد گیاهچه‌های گیاهان هدف می‌شوند. آمیلازها نقش مهمی در جوانه‌زنی و رسیدگی بذر دارند و عامل تجزیه‌ی پلی ساکارید ذخیره‌ای (نشاسته) به قندهای ساده هستند (۱۷). در پژوهش حاضر مشاهده شد که فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز همزمان با کاهش درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر افزاش غلظت‌های مختلف عصاره‌ی آبی، کاهش پیدا کرد که مهمترین دلیل آن حضور انواع فعال اکسیژن در محیط سلولی می‌باشد که سبب تخریب مولکول‌های درشت سلولی مانند ماده‌ی وراثتی سلول

و پروتئین و آنزیم‌های حیاتی نظیر آلفا آمیلاز، ساکارز سنتتاز و روبیسکو است که در نتیجه‌ی عدم فعالیت آلفا آمیلاز، کاتابولیسم کربوهیدرات نیز رخ نخواهد داد که در نتیجه تولید انرژی و سوبسترای اولیه برای ساخت سایر مولکول‌های حیاتی سلول صورت نخواهد گرفت که همه‌ی این عوامل در نهایت منجر به کاهش تقسیم سلولی و یا عدم جوانه‌زنی بذر خواهد شد (٤٠).

افزایش در فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش قابل انتظار خواهد بود چرا که در اثر بالا رفتن میزان فعالیت آنزیم SOD، تولید H_2O_2 نیز افزایش خواهد یافت که در مراحل بعدی باید به‌وسیله‌ی این آنزیم‌ها سمیت‌زدایی شود تا وضعیت ردوکس سلولی حفظ شود. بنابراین، در شرایط تنش، بالا رفتن فعالیت SOD به تنهایی نمی‌تواند از گیاه در برابر شرایط تنش قوی ایجاد شده محافظت نماید که از این‌رو، افزایش فعالیت دیگر آنزیم‌ها مانند کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در سمیت زدایی H_2O_2 ضروری است (٤٧).

ماهیت اصلی فرآیند تنش‌ها در ایجاد عدم تعادل بین تولید انواع اکسیژن فعال و پاک‌سازی آن‌ها در سلول است که در هر دو نوع تنش زنده و غیرزنده رخ می‌دهد (٢٤). غلظت بالا و همچنین سمی رادیکال‌های فعال اکسیژن باعث آسیب شدید به ساختارهای پروتئینی، مهار فعالیت آنزیم‌های متعدد از مسیرهای متابولیک و در نتیجه اکسیداسیون ماکرومولکول‌هایی از جمله چربی‌ها و DNA می‌شود. تشدید و تداوم این رخدادهای نامطلوب ممکن است منجر به مرگ سلولی شود (٢٤ و ١٦). فعالیت عادی سوخت و ساز سلولی تحت شرایط رشد به‌طور منظم منجر به تولید انواع فعال اکسیژن می‌شود که سلول‌ها این افزایش تولید به‌صورت کنترل نشده را احساس کرده و از آن به‌عنوان یک سازوکار انتقال پیام برای فعال کردن پاسخ‌های محافظتی استفاده می‌کنند (٣٦). همان‌طور که در نتایج این تحقیق مشاهده شد میزان فعالیت آنزیم‌ها به‌دلیل افزایش انواع اکسیژن فعال با توجه به افزوده شدن سطح غلظت عصاره‌های آبی آلاله داسی افزایش یافت که این افزایش فعالیت با در نظر گرفتن نقش آن در تعدیل رادیکال سوپر اکسید توجیه‌پذیر است چرا که تبدیل رادیکال سوپراکسید (O_2^-) به آب اکسیژنه (H_2O_2) اولین پل ارتباطی در پاکسازی آنزیمی گونه‌های فعال اکسیژن است. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان مکانیسم دفاعی اولیه در برابر انواع اکسیژن فعال مطرح است (١) و غلظت سوپراکسید و پراکسید هیدروژن درون سلولی را تنظیم کرده و عاملی مهم در سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در نظر گرفته می‌شود (٤٨). آنزیم کاتالاز از دسته‌ی پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و زمانی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که مقدار ماده‌ی پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در محیط سلولی زیاد باشد. این آنزیم دارای ساختار پروتئینی پورفیرینی چهارتایی با آهن می‌باشد که وظیفه‌ی شکستن ترکیبات گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه پراکسید هیدروژن را دارد و در واقع از این ماده به‌عنوان یک سوبسترا استفاده کرده و با تجزیه‌ی سریع این ماده اثرات مخرب آن‌را مهار می‌کند (٥٧ و ٨). کاتالاز، پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل می‌کند (٩). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز نشان دهنده مهار کارآمد پراکسید هیدروژن تولید شده توسط آنزیم سوپراکسید دیسموتاز است (٥٦). پراکسید هیدروژن برای سلول‌های گیاهی به‌ویژه کلروپلاست بسیار سمی است، چرا که در غلظت‌های پایین باعث مهار فعالیت آنزیم‌های چرخه‌ی کلوین به‌خصوص آنزیم‌های دارای گروه سولفیدریل مانند گلیسر آلدهید ٣-فسفات دهیدروژناز و فروکتوز ١و٦ بیس فسفات می‌شود

(۳٤). کار تجزیه‌ی پراکسید هیدروژن به مولکول آب و اکسیژن توسط آنزیم پراکسیداز هم صورت می‌گیرد. نقش هر دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز (علی‌رغم داشتن نقش موازی) تجزیه‌ی پراکسید هیدروژن تولیدی توسط آنزیم SOD بوده با این تفاوت که محل فعالیت آن‌ها متفاوت بوده و در مورد آنزیم پراکسیداز، بیشتر دیواره‌ی سلولی می‌باشد و نیز بیشترین تأثیر غیرمستقیم بر عملکرد کوانتومی را دارد و می‌توان گفت که افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز با مقدار پراکسید هیدروژن تولید شده در سلول رابطه‌ی مستقیمی دارد (٤٥). همچنین، در بذور در حال جوانه‌زنی فاقد کلروپلاست و یا در بخش‌های هتروتروف گیاه پتانسیل هیدروژن لازم برای احیای دوباره گلوتاتیون در چرخه‌ی گلوتاتیون-آسکوربات از انجام مسیر اکسیداسیون مستقیم گلوکز تأمین شده که فعالیت این مسیر تابع حضور گلوکز بوده که به‌دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز و عدم فعالیت آن در تجزیه‌ی نشاسته به ترکیبات کوچکتر مانند گلوکز، انرژی لازم برای این احیای گلوتاتیون در چرخه‌ی فوق وجود نخواهد داشت (۳۵). آنزیم پلی فنل اکسیداز نیز به‌عنوان یکی دیگر از آنزیم‌های آنتی اکسیدانی موجود در سلول، کار جاروب کردن باقی‌مانده‌ی انواع فعال اکسیژن را انجام می‌دهد که از تولید بیش از حد اجزای خطی انتقال الکترون در واکنش مهلر جلوگیری می‌کند (۵۳). پلی فنل اکسیداز که با نام‌های کاتکول اکسیداز، کاتکولاز و تریوزیناز نامیده می‌شود، در حضور اکسیژن دو نوع واکنش از خود نشان می‌دهد که این واکنش‌ها عبارتند از: هیدروکسی کردن ترکیبات مونو فنل و تبدیل آن‌ها به ترکیبات کوئینین (۷). همچنین، وظیفه‌ی اصلی این آنزیم کاتالیز نوعی کوئینون از فنل‌ها در مجاورت اکسیژن و تأثیر آن بر تشکیل ریشه‌های نابجا، سازمان-دهی و نمو ریشه است (۵۹). اما این تبدیل رادیکال سوپر اکسید در نهایت به آب و اکسیژن تا زمانی صورت می‌گیرد که بین تولید سوپراکسید و تجزیه‌ی آن به پراکسید هیدروژن و در آخر به مولکول آب و اکسیژن موازنه‌ای به‌وجود آید و به‌عبارتی سلول قادر به انجام آن باشد (۳٦). به‌عبارتی با افزایش سطح غلظت عصاره‌ی آبی از تیمار شاهد به ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد، به‌تدریج بر میزان تولید انواع اکسیژن فعال افزوده شده و بدین ترتیب سلول قادر به انجام تبدیل سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و در نهایت به مولکول آب و اکسیژن نخواهد بود تا این‌که منجر به توقف فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌شود و سبب از بین رفتن سلول و گیاه خواهد شد. بقای گیاه در شرایط تنش دگر آسیبی به سیستم فعال دفاعی گیاه بستگی دارد که به سم‌زدایی مواد شیمیایی دگر آسیب منجر می‌شود، بنابراین کاهش در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان را می‌توان به سمیت بالای مواد دگر آسیب و همچنین کاهش و یا در نهایت اختلال سیستم دفاعی سلول نسبت داد (۱۸). در این پژوهش به‌دنبال افزایش سطح غلظت عصاره‌ی آبی، میزان فعالیت آنزیم SOD در ابتدا به‌عنوان اولین چرخه‌ی دفاعی سلول افزایش یافت که به‌دلیل تولید پراکسید هیدروژن حاصل از فعالیت این آنزیم در مرحله‌ی بعد آنزیم کاتالاز و پراکسیداز جهت تبدیل آب اکسیژنه‌ی تولیدی وارد عمل شده و آن‌را به مولکول آب و اکسیژن تبدیل می‌نمایند. با افزایش میزان گونه‌های فعال اکسیژن، توان تبدیل آنزیم‌های آنتی اکسیدانی برای کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تبدیل نهایی آن به آب و اکسیژن به‌دلیل تولید بیش از حد این رادیکال‌ها کاهش یافته و در نهایت متوقف می‌شوند. حضور ترکیبات دگر آسیب در ابتدا سبب تغییر و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مورد بررسی شد زیرا این آنزیم‌ها با حذف انواع اکسیژن فعال محیط سلول را از اثرات زیان‌بار این رادیکال‌ها حفظ

می‌کنند، اما آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز مانند سایر ترکیبات پروتئینی تحت تأثیر غلظت بالای ترکیبات دگر آسیب قرار گرفته و فعالیت آن‌ها کاهش می‌یابد (٦٠ و ٤٠). رابطه‌ی مثبتی میان فعالیت سیستم‌های دفاعی آنتی اکسیدانی با توانایی گیاهان در تحمل شرایط تنش‌های محیطی مانند افزایش غلظت ترکیبات دگر آسیب دیده می‌شود، اما افزایش غلظت ترکیبات دگر آسیب با تخریب ساختار پروتئینی آنزیم‌های آنتی اکسیدان در نهایت ممکن است منجر به کاهش فعالیت آن‌ها گردد (٦٠).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق مشخص کرد که گیاه آلاله داسی خاصیت دگر آسیبی قوی داشته به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری در بذور گندم، ذرت و آفتابگردان کاهش داد و همچنین، باعث کاهش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در بذور مطالعه گردید که از این طریق باعث کاهش درصد جوانه‌زنی در بذور گردید. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره‌های مختلف آلاله داسی، بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز به‌دلیل افزایش تولید انواع اکسیژن فعال افزوده شده که در نهایت منجر به آسیب سیستم دفاع آنتی اکسیدانی گیاهان مورد مطالعه شده و با تخریب غشاها و پراکسیداسیون لیپیدها باعث بروز خسارت و مرگ سلولی و از بین رفتن گیاه خواهد شد. گیاهان برای مقابله با اثرات ROS دارای سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان می‌باشند که شامل دو قسمت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان آنزیمی و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی است. در شرایط طبیعی یا نرمال بین میزان تولید ROS و همچنین فعالیت مکانیسم‌های از بین برنده ROS یک تعادل وجود دارد، اما در شرایط تنش‌های محیطی و زنده این تعادل به‌هم خورده و منجر به تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شود که این امر نیز در نهایت منجر به عدم جوانه‌زنی و یا در سطح بوته باعث کاهش رشد و مرگ گیاه خواهد شد. بنابراین، با توجه به اثرات بازدارندگی در گیاهان مورد مطالعه می‌توان از عصاره آبی گیاه آلاله داسی به‌عنوان علف‌کش زیستی جهت کنترل و مدیریت علف‌های هرز در مزارع استفاده کرد.

منابع

1. Asada, K. 1999. The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 1. 601-639.
2. Ayyaz Khan, M., Hussain, I., and Ahmad Khan, E. 2008. Allelopathic effect of Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* L.) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan. J. Weed. Sci. Res. 14: 1-2. 9-18.
3. Bais, H.P., Vepechedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M., and Vivanco, J.M. 2003. Allelopathy and exatrac plant invasion: from molecules and genes to species interactions. Science. 301: 5638. 1377-1380.
4. Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., and Gawroski, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biol. Plant. 50: 1. 156-158.
5. Castillo, F.J., and Greppin, H. 1986. Balance between anionic and cationic extracellular peroxidase activities in sedum album leaves after ozone exposure. Physiol Plant. 68: 2. 201-208.
6. Cruz-Ortega, R., Ayala-Cordero, G., and Anaya, A.L. 2002. Allelochemical stress produced by the aqueous leachate of *Callicarpa acuminata*: effects on roots of

bean, maize and tomato. Physiol Plant. 116: 1. 20-27.

7.Ding, C., Chachin, K., Ueda, Y., and Wang, C.Y. 2002. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. Food Chem. 76: 2. 213- 218.

8.Du, Y.Y., Wang, P.C., Chen, J., and Song, C.P. 2007 .The comprehensive functional analysis of catalase gene family in *Arabidopsis thaliana*. N.S.F.C. 121: 1. 16-23.

9.Du, Y.Y., Wang, P.C., Chen, J., and Song, C.P. 2008. Comprehensive functional analysis of the catalase gene family in *Arabidopsis thaliana*. J. Integr. Plant Biol. 50: 10. 1318–1326.

10.El-Shora, H.M., and Abd El-Gawad, A.M. 2015. Physiological and biochemical responses of *Cucurbita pepo* L. mediated by *Portulaca oleracea* L. allelopathy. Fresenius Environ. Bull. 24: 1. 386-393.

11. Escudero, A., Maria, J., Albert, J., Pita, M., and Felix, P.J. 2000. Inhibitory effects of Artemisia herbaalba on the germination of the gypsophyte *Helianthemum squamatum*. Plant Ecol. 148: 1. 71-80.

12. Farhoudi, R., and Lee, D. 2013. Allelopatic Effects of Barley Extract (*Hordeum vulgare*) on Sucrose Synthase Activity, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymatic Activities of *Hordeum spontoneum* and *Avena ludoviciana.* Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 83: 3. 447-452.

13.Foyer, C.H., and Noctor, G. 2005. Oxidant and antioxidant signaling in plants: A reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant Cell Environ. 28: 8. 1056-1071.

14.Ghahreman, A. 1993. Iranian Cormophytes (Systematic Plant). TehranUniv. Press. 2: 31-34. (In Persian)

15.Giannopolitis, C.N., and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59: 2. 309-314.

16.Gill, SS., and Tuteja, N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Biochem. 48: 12. 909-30.

17.Glenn, A. 2008. Allelopathic Interference of Invasive *Acacia dealbata* on the rice seedling growth, 5th World Congress on Allelopathy, New York, USA.

18. Gniazdowska, A., and Bogatek, R. 2005. Allelopathic interactions between plants. Multi-site action of allelochemicals. Acta. Physiol. planta. 27: 3. 395-407.

19.Hatami Hampa, A., Javanmard, A., Alebrahim, M.T., and Sofalian, O. 2018. Allelopathic effects of aqueous extract of *sorghum* and *Acroptilon repens* on seedling growth and antioxidant enzymes activity in wheat, Sugar beet, Chenopodium album and Amaranthus retroflexus. J. Plant. Protec. 32: 1. 101-119. (In Persian)

20.Hoseinzadeh, M., Kiarostami, M., Ilkhanizadeh, M., and Saboora, A. 2009. A study on allelopathic compounds derived from *Hordeum spontaneum* on carbohydrates, proteins andsome Enzymes of wheat (*Triticum aestivum* L.). Iran. J. Biol. 22: 3. 392-406. (In Persian)

21.Inderjit, S.O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy.Planta. 217: 4. 529-539.

22. ISTA: Amendments to ISTA Handbook on Seedling Evaluation. 2009. 3rd Edition.

23.Jabran, K. 2017. Manipulation of Allelopathic Crops for Weed Control. First Ed. New York: Springer International Publishing. Pp: 77-85.

24.Kar, R.K. 2011. Plant responses to water stress: role of reactive oxygen species. Plant Signal Behav. 6: 11. 1741-5.

25.Karo, M., Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activity during rice leaf senescence. Plant Physiol. 57: 2. 315-319.

26.Kato-Noguchi, H., and Macias, F.A. 2005. Effects of 6-methoxy-2 benzoxazoline on Germination and amylase activity in lettuce seeds. J. Plant physiol. 162: 12. 1304-1307.

27.Li, Zh., Wang, H., Ruan, Q.X., Pan, C.D., and Jiang, D.A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. Molecules. 15: 12. 8933-8952.

28.Lorenzo, P., Palomera-Pe´Rez A., Reigosa, M.J., and Gonzal, L. 2011. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* link on the physiological parameters of native understory species. Plant Ecol. 212: 3. 403-411.
29.Macías, F.A., Galindo, J.C.G., Castellano, D., and Velasco, R.F. 2008. Sesquiterpene Lactones with Potential use as Natural Herbicide Models (I): Trans, trans-germacranolides. J. Agr. Food. Chem. 47: 10. 4407-4414.
30. Machado, S. 2007. Allelopathic Potential of Various Plant Species on Downy Brome: Implications for Weed Control in Wheat Production. Agron J. 99: 1. 127-132.
31.Mahdavikia, F., Saharkhiz, M.J., and Karami, A. 2017. Defensive response phenolic compounds of radish seedlings to the oxidative stress arising from in the extract of peppermint (*Mentha piperita* L.). Sci. Hortic. 214: 1. 133-140.
32. Manikandam, R., Mobarack, H.M., Dhumal, K.N., and Murugesan, K. 2007. Influence of stanozolol and wedelia extracts on physiology of cotton var. Anjali. J. Maharashtra Agric. Univ. 32: 1. 76-79.
33.Mishra, A. 2015. Allelopathic properties of *Lantana camara*. Int. J. Basic Clin. Study. 3: 1. 13-28.
34.Mittler, R. 2004. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends. Plant. Sci. 7: 9. 405-410.
35.Mittler, R., and Poulos, T.L. 2005. Ascorbate peroxidase. In antioxidants and reactive oxygen species in plants N. Smirnoff (Ed.). Blackwell Publishing Ltd, Chennai, India. Pp: 87-100.
36.Moller, I.M., and Sweetlove, L.J. 2010. ROS signaling-specificity is required. Trends Plant Sci. 15: 7. 370-374.
37.Newman, E.I., and Rovira, A.D. 2005. Allelopathy among some British grassland species. Ecology. 63: 3. 727-737.
38.Omidpanah, N., Asrar, Z., and Moradshahi, A. 2011. Allelopathic potential of *Zhumeria majdae* essential oil on *Brassica napus* (Talaye cultivar). Iran. J. Plant. Biol. 7: 1. 1-9. (In Persian)
39.Omidpanah, N., Moradshahi, A., and Asrar, Z. 2012. Investigation on allelopathic potential of *Zhuceria majdae* Rech. Essential oil on two wheat cultivars. Iran. J. Med. Arom. Plant. 28: 3. 198-209. (In Persian)
40.Oracz, K., Bailly, C., Gniazdowska, A., Côme, D., Corbineau, D., and Bogatek, R. 2007. Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. J. Chem. Ecol. 33: 2. 251-264.
41.Parera, C., and Cantliffe, D. 1994. Dehydration rate after solid matrix alters seed performance of shrunken-2 corn. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 119: 3. 629-635.
42.Rassam, G.H., and Dadkhah, A. 2013. The effects of drought stress on germination and heterotrophic seedling growth characteristics of lentil (*Lens culinaris Medik.*). J. Agron. Sci. 5: 9. 13-24. (In Persian)
43.Saberi, M., Shahriar, R., Jafari, M., Tarnian, A., and Safari, H. 2011. Allelopathic effect of *Thymus kotschyanus* on seed germination and initial growth of *Bromus inermis* and *Agropyron elongatum*. J. Watershed. Manag. Res. 93: 1. 18-25. (In Persian)
44. Saboora, A., Amiri, N., and Kiarostami, Kh. 2012. Study allelopathic effect of some phenolic acids on the protein content and activity of some antioxidant enzymes of *Amaranthus retroflexus*. J. Appl. Biol. 25: 1. 53-73. (In Persian)
45. Sasaki, K., Iwai, T., Hiraga, S., Kuroda, K., Seo, S., Mitsuhara, I., Miyasaka, A., Iwano, M., Ito, H., and Matsui, H. 2004. Ten rice peroxidases redundantly respond to multiple stresses including infection with rice blast fungus. Plant .Cell. Physiol. 45: 10. 1442-1452.
46.Scott, S.J., Jones, R.A., and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24: 6. 1192-1199.
47. Shalini, V.R., and Dubey, S. 2003. Lead toxicity induced lipid per oxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plant. Plant Sci. 164: 4. 645-655.
48.Sharma, P., Jha, A., Dubey, R., and Pessarakli, M. 2012. Reactive oxygen

species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. J. Bot. 14: 1. 1-26.

49. Singh, H.P., Batish, D.R., Kaur, S., Arora, K., and Kohli, R.K. 2006. a-pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. Ann Bot. 98: 6. 1261-1269.

50. Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ. Exp. Bot. 55: 1. 195-200.

51. Sudhakar, C., Lakshmi, A., and Giridara, Kumar, S. 2001. Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus Alba* L.) under Naci salinity. Plant Sci. 161: 3. 613-619.

52. Taheri, Gh. 2015. The Study of allelopathic mechanism of aqueous extract of *Ferula flabelliloba* in germinating seeds of *Alyssum szowitsianum*. J. Plant. Protec. 29: 1. 134-143. (In Persian)

53. Thipyapong, P., Melkonian, J., Wolfe, D.W., and Steffens, J.C. 2004. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. Plant Sci. 167: 4. 693-703.

54. Tigre, R.C., Silva, N.H., Santos, M.G., Honda, N.K., Falcao, E.P.S., and Pereira, E.C. 2012. Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of *lactuca sativa*. Ecotoxicol. Environ. Saf. 84: 1. 125-132.

55. Varier, A., and Yaduraju, N. 1996. Field emergence of cabbage seed as affected by hydro and osmo priming treatment. Seed Res. 23: 2. 116-117.

56. Wen-Bin, W., Yun-Hee, K., Haeng-Soon, L., Ki-Yong, K., and Xi-Ping, D. 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. Plant Physiol. Biochem. 47: 7. 570-577.

57. Yang, T., and Poovaiah, B.W. 2002. Hydrogen peroxide homeostasis: Activation of plant catalase by calcium/calmodulin. Proc. National Acad. Sci. USA. 99: 6. 4097-4102.

58. Yarnia, M., Khorshidi Benam, M.B., and Farajzade Memari Tabrizi, E. 2009. Allelopathic effects of sorghum extracts on *Amaranranthys retroflexus* seed germination and growth. J. Food, Agri. Environ. 7: 3-4. 770-774.

59. Yilmaz, H., Taskin, T., and Otludil, B. 2003. Polyphenol oxidase activity during rooting in cuttings of grape (*Vitis vinifera* L.) varieties.Turk. J. Botany. 27: 6. 495-498.

60. Yu, J.Q., Fye, S., Zhang, M.F., and Hu, W.H. 2003. Effects of root exudates and aqueous root extract of *cucumber* and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. Biochem. Syst. Ecol. 31: 2. 129-139.

61. Zanganeh, H., and Farhoudi, R. 2011. Allelopathic Investigation of Barley Extract on Germination, Seedling Growth and Lipoxygenase Enzyme Activity of Cultivar Karun. Second National Seed Technology Conference. Pp. 123-127. (In Persian)