مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۳، پاییز ۱۴۰۰ / صفحات: ۴۸-۳۵
Doi: 10.30495/iper.2021.679562 ***Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.7.9***

بررسی اثر آللوپاتیکی علف هرز خربزه وحشی .*Cucumis melo* L بر رشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی دو گیاه کلزا (.*Brassica napus* L) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)

نشاط نوروزی[۱]، مریم نیاکان[۱*]، مهدی عبادی[۲]، معصومه یونس آبادی[۳]

[۱]گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۲]گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۳]مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰٤

چکیده

اثر آللوپاتیک علف‌های هرز یکی از عوامل مهم محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر عصاره آبی اندام هوایی (برگ و ساقه) خربزه وحشی .*Cucumis melo* L بر شاخص‌های رشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه کلزا و علف هرز همراه آن یعنی خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) بود. این پژوهش بصورت اسپلیت‌اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سطح مزرعه انجام شد. پلات اصلی نوع گیاه هدف در دو سطح (کلزا رقم RGS و علف هرز خردل وحشی) و پلات فرعی نوع اندام در دو سطح (عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی) و پلات فرعی فرعی غلظت عصاره در چهار سطح ((شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصد) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت عصاره برگ خربزه وحشی، اکثر پارامترهای رشد در هر دو اندام گیاهان هدف کاهش یافت و شدت این کاهش بر رشد *Sinapis arvensis* در مقایسه با کلزا بیشتر بود، درحالی که عصاره ساقه خربزه وحشی موجب کاهش شدیدتر پارامترهای رشد کلزا در مقایسه با *Sinapis arvensis* گشت. همچنین عصاره ساقه خربزه وحشی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم کاتالاز و کاهش پراکسیداز در کلزا نسبت به شاهد شد، درحالیکه فعالیت آنزیم پراکسیداز در خردل وحشی افزایش یافت. همچنین روند افزایشی ترکیبات فنولی و کاهش ترکیبات فلاونوئیدی برگ کلزا با افزایش غلظت عصاره از نظر آماری به صورت معنی‌دار بیشتر از خردل وحشی بود. با توجه به نتایج این تحقیق حساسیت گیاه زراعی کلزا و علف هرز همراه آن به عصاره دو اندام خربزه وحشی یکسان نبوده که این مسئله می‌بایست در مدیریت استفاده از توان آللوپاتی گیاهان به‌عنوان علف کش در سطح مزرعه مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، خربزه وحشی، خردل وحشی، رشد، فلاونوئید، فنول، کاتالاز، کلزا

مقدمه

در حال حاضر، تهاجم بیولوژیکی علف‌های هرز باعث تغییرات قابل توجه‌ای در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های بومی شده است، از آنجایی که اکثر علف‌های هرز دارای خاصیت آللوپاتی می‌باشند با آزادسازی ترکیبات دگرآسیب و سمی، جوانه‌زنی بذر و رشد گونه‌های بومی و بهره‌وری آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Wang et al., 2017 ., Ashraf et al., 2017). اثرات متعدد ناشی از ترکیبات دگرآسیب شامل تأثیر بر تقسیم سلولی، تولید هورمون‌های

*نویسنده مسئول: neda.niakan@gmail.com

گیاهی، نفوذپذیری غشا، جذب مواد معدنی، حرکت روزنه‌ها، سنتز رنگدانه‌ها، فتوسنتز، تنفس، سنتز پروتئین، تثبیت نیتروژن و فعالیت‌های آنزیمی می‌باشد (Gulzar and Siddiqui, 2017). تحقیقات نشان داده است ترکیبات دگرآسیب می‌توانند از طریق ایجاد تنش اکسیداتیو شاخص‌های رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان دیگر را تحت تاثیر قرار دهند (Bogatek et al., 2006).

گیاهان اغلب برای مقابله با شرایط تنش اکسیداتیو، سیستم‌های حذف‌کننده Reactive Oxygen Species (ROS) را توسط سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی نظیر پراکسیداز و کاتالاز در خود توسعه داده‌اند. کاتالاز آنزیمی است که باعث تجزیه H_2O_2 به H_2O و O_2 می‌شود. پراکسیدازها آنزیم‌های متعلق به گروه اکسیدوردوکتازها هستند و نقش آنها کاتالیز اکسیداسیون پراکسیدهیدروژن یا پراکسیدهای آلی است (De Mattos Ribeiro et al., 2017). آنزیم پراکسیداز نقش مهمی در کاتابولیسم اکسین، اکسیداسیون فنولیک‌ها، تولید و تجزیه هیدروژن‌پراکسید و سایر گونه‌های فعال اکسیژن دارد و می‌تواند عاملی مهم در پاسخ دفاعی یکپارچه گیاهان به انواع تنش‌ها باشد (Gulzar and Siddiqui, 2017).

همچنین تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر فلاونوئیدها و سایر ترکیبات فنولی یکی از پاسخ‌های کلی به تنش‌های غیرزیستی و زیستی در گیاهان است. این ترکیبات به عنوان یک سیستم ثانویه مهارکننده ROS در گیاهان در نظر گرفته می‌شوند (Rezayian et al., 2018).

Canola (*Brassica napus* L.) یک محصول روغنی متعلق به خانواده Brassicaceae می‌باشد (Asaduzzaman et al.,2020). تحقیقات نشان داده است علف‌های هرز کلزا می‌توانند باعث کاهش قابل ملاحظه محصول کلزا شوند همچنین می‌توانند بر روی کمیت و کیفیت روغن آن نیز اثر منفی بگذارند. گزارش شده است علف‌های هرز خانواده Brassicaceae یک تهدید جدی بر روی کیفیت محصول زراعی کلزا محسوب می‌شوند (Asaduzzaman et al., 2020).

خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) معروف ترین علف هرز متعلق به خانواده Brassicaceae است (Gidik et al., 2016) که علف هرزی غالب در بسیاری از مزارع زراعی از جمله کلزا می‌باشد که می‌تواند باعث از بین رفتن عمده محصول و همچنین کاهش کیفیت آن شود. دانه‌های کلزای آلوده به خردل وحشی، می‌توانند میزان لینولنیک‌اسید و اروسیک‌اسید، روغن و محتوای گلوکوزینولات را افزایش داده و از این طریق بر روی کیفیت روغن دانه کلزا اثر گذارند (Al-Qudah et al., 2011).

Cucumis melo L. (خربزه وحشی) متعلق به خانواده Cucurbitaceae بومی اوراسیاست و در بسیاری از نقاط جهان یک گونه مهاجم است و یکی از علف‌های هرز اصلی این خانواده محسوب می‌شود. تحقیقات نشان داده است که اعضای خانواده Cucurbitaceae پتانسیل آللوپاتی قوی دارند. Pramanik و همکاران در سال ۲۰۰۰ اسیدبنزوئیک، اسیدسینامیک و مشتقات آنها را از *Cucumis sativus* به عنوان مواد دگرآسیب با خاصیت اتوتوکسیسیتی شناسایی کردند (Jabran and Farooq, 2013). در این راستا عنوان شده است این اتوتوکسین‌ها بر روی جذب یون، نفوذپذیری غشاء، فتوسنتز و تعادل فیتوهورمون تأثیر معنی‌داری می‌گذارند (Yu, 2001). عنوان شده است تراوشات ریشه برخی از اعضای Cucurbitaceae موجب مهار جذب یون‌ها شده و اسیدسینامیک و p–هیدروکسی بنزوئیک موجود در این ترشحات اثر مهارکنندگی بر روی فعالیت آنزیم-

هـای دهیـدروژنازی و نیتـرات ردوکتـاز و ATPase ریشه داشته و از این طریق بـر رشـد و نمـو گیـاه اثـر منفـی مـی‌گـذارد (Cheng and Cheng, 2015). در مطالعه دیگری نشـان داده شـد کـه روغـن حاصـل از بذرهای *Cucumis melo* حـاوی اسـیدلینولئیک (۷۰-۶۰٪)، لسیتین، سفالین و سربروزید می‌باشد. ترکیبـات گوگردی (عمدتا تیواسترها) مسئول عطر میـوه خربـزه وحشی هسـتند. همچنـین گـزارش شـده اسـت میـوه خربزه وحشی حـاوی اسـیدهای فرولیـک، کافئیـک و کلروژنیـک مـی‌باشـد (Fahamiya et al., 2016). در مطالعـه‌ای متابولیـت‌هـای ثانویـه موجـود در عصـاره اتـــانولی میـــوه *Cucumis Melo* بـــا اســـتفاده از کروماتوگرافی گـازی- طیـف سنجـی جرمـی (GC-MS) شناسایی شد. تجزیـه و تحلیـل GC-MS نشـان داد که این عصاره شامل متابولیـت‌هـای ثانویـه ماننـد آلکالوئیـدها، فلاونوئیـدها، ترپنوئیـدها، اسـترول‌هـا، کربوهیدرات‌ها، ساپونین‌ها و ترکیبات فنلی موجود در میوه *Cucumis melo* مـی‌باشـد (Sasi Kumar et al., 2014).

امروزه اسـتفاده بـیش از حـد از علـف‌کـش‌هـای سنتتیک (شیمیایی) بـر روی محـیط زیسـت، سـلامت انسان و مـواد غـذایی اثـر گذاشـته و باعـث افـزایش چشمگیر مقاومت علف‌هـای هـرز بـه علـف‌کـش‌هـا گشته و موجب نگرانی زیادی در این زمینه شده است (Lebecque et al., 2018). بنابراین استفاده از گیاهانی که دارای پتانسیل آللوپاتی بوده و بتوانند با کمترین اثر بازدارندگی بر گیاهان زراعی، بالاترین اثر مهارکنندگی را بر روی علف‌های هرز داشـته باشـند مـورد توجـه محققین قرار گرفته است. لذا با توجه به مطالب فـوق هدف اصلی از تحقیق حاضـر بررسـی اثـر آللوپاتیـک عصاره اندام‌هـای رویشـی (بـرگ و سـاقه) *Cucumis melo* رقم آگرستیس بـر دو گیـاه کلـزا و علـف هـرز همراه آن (*Sinapis arvensis*) بود تا چگونگی پاسـخ رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه زراعی کلزا و علـف هرز آن به عصاره حاوی ترکیبـات دگرآسـیب خربـزه وحشی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری، سایه‌خشک کردن و تهیه عصاره آبی از برگ و ساقه علف هرز خربـزه وحـش: بـرای ایـن مطالعه برگ و ساقه علف هرز خربزه وحشـی واریتـه agrestis در مرحله گلدهی، از مزرعه سویای ایسـتگاه تحقیقـات کشـاورزی و منـابع طبیعـی واقـع در شـهر گرگان، استان گلستان در ایران (با عـرض جغرافیـایی ″۳۳ ′۵۰ °۳۶ و طول جغرافیایی ″۳۸ ′۲۶ °۵۴) جمع‌آوری شد و پس از خشک شدن در سایه، به کمک دستگاه- خردکن، پودر گردید. سپس از برگ و ساقه علف هرز خربزه وحشـی، در غلظـت‌هـای ۲/۵، ۵ و ۱۰ درصـد عصاره آبی تهیه شد و از آب‌مقطـر بـه عنـوان شـاهد استفاده گردید (Ashraf et al., 2017).

شکستن خواب بذور: به منظور رفع خفتگی بـذرهای *Sinapis arvensis*، ابتدا بذور در محلول ژیبرلیک‌اسید (۲۰۰۰ ppm) بـه مـدت ۲٤ سـاعت غوطـه‌ور شـده، سپس در پتری‌دیش‌هایی حاوی کاغذ صافی مرطـوب، به‌مدت ۲٤ ساعت نگهداری شدند. هـر دو مرحلـــه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد انجام شد (Gherekhloo et al., 2018).

آزمایشات مزرعه‌ای: این آزمایش در قطعه‌زمینـی بـه مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در مرکز تحقیقات و آمـوزش کشاورزی و منابع طبیعـی اسـتان گلسـتان (بـا عـرض جغرافیایی ″۳۰ ′۸۴ °۳۶ و طول جغرافیایی ″۶۵ ′۴۵ °۵۴) بصورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایـه بلـوک‌هـای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شـد. پـلات اصـلی نوع گیاه هدف در دو سطح (کلزا رقـم RGS و علـف هرز *Sinapis arvensis*) و پلات فرعی نـوع انـدام در دو سطح (عصاره آبی برگ و ساقه خربـزه وحشـی) و

پلات فرعی فرعی غلظت عصاره در چهار سطح (۰ (شاهد)، ۲/۵، ۵ و ۱۰٪) بود. پیش از اجرای آزمایش، از خاک زمین مورد نظر نمونه‌برداری تصادفی جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی انجام گرفت که نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است. ابتدا بذور کلزا و خردل وحشی به صورت دستپاش در مزرعه کشت شدند و آبیاری سطحی با سیستم مه‌پاش در فواصل زمانی معین انجام گرفت، سپس عصاره آبی اندام برگ و ساقه خربزه وحشی واریته آگرستیس با غلظت‌های مختلف در حجم ۴۰۰ لیتر در هکتار در مرحله روزت بر روی گیاهان کشت شده محلول‌پاشی شدند. پس از گذشت تقریبا یک ماه، ده بوته از هر تیمار جمع‌آوری گردیده و جهت بررسی شاخص‌های رشد و ارزیابی سیستم آنتی‌اکسیدانی در دو اندام ریشه و برگ به آزمایشگاه منتقل گردید.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	اسیدیته	هدایت الکتریکی	ازت کل	کربن-آلی	آهک	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	رس	سیلت	شن	بافت خاک
۰-۳۰	۷/۶	۰/۶۶	۰/۱۷	۱/۷۷	۲۰/۰	۲/۲	۱۹۷	٪۲۴	٪۶۲	۱۴	Silt Loam

سنجش‌های مورفولوژیکی: پس از جدا نمودن اندام هوایی گیاهان هدف از ریشه، طول ساقه و ریشه آنها توسط خط‌کش بر حسب سانتی‌متر و وزن تر اندام هوایی و ریشه با ترازوی آزمایشگاهی AND مدل GF600 با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. برای تعیین وزن خشک ابتدا اندام هوایی و ریشه گیاهان هدف در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و سپس وزن خشک آنها توسط ترازوی دیجیتال مدل Sartorius TE214S با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. تعداد برگ و خورجین دو گیاه کلزا و خردل وحشی نیز با شمارش در سه بوته تعیین شد. سطح برگ نیز توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Leaf Area CID, Bio-Science, USA Meter CI-202, اندازه گیری شد (Bharwana et al., 2014).

سنجش میزان ترکیبات فنولی کل: این سنجش براساس روش (Singleton and Rosi, 1965) با استفاده از معرف Folin Ciocalteu انجام شد. از گالیک‌اسید به عنوان استاندارد استفاده شد و در نهایت میزان ترکیبات فنولی کل در طول موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتری بر حسب میلی‌گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر بدست آمد (et Ali al., 2014).

سنجش میزان فلاونوئید کل: این سنجش براساس روش (Quettier et al., 2000) استفاده از معرف Quercetin به‌عنوان محلول استاندارد انجام شد و جذب هر ترکیب واکنشی در طول موج ۴۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده و بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن تر اعلام گردید (M'barek et al., 2019).

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز: این سنجش با استفاده از روش (Koroi, 1989) انجام شد به این ترتیب که پس از استخراج عصاره آنزیمی، جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر خوانده شد و مقدار فعالیت آنزیم بر حسب واحد جذب در دقیقه به ازاء هر میلی‌گرم پروتئین در گرم وزن تر محاسبه گردید (Niakan et al., 2011).

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز: این سنجش با استفاده از روش (Chanes and Maehly, 1995) انجام شد و

میزان جذب نور در طول موج ۲٤۰ نانومتر هر پنج ثانیه به مدت ۵ دقیقه جهت تعیین فعالیت آنزیمی ثبت و میزان فعالیت آنزیم به صورت pr, $^{-1}$ g^{-1} min^{-1} ۲٤۰ Δ OD بیان گردید (Niakan et al., 2011).

محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9.0) انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون LSD در سطوح پنج و یک درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

اثر آللوپاتی عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی شاخص‌های رشد کلزا و خردل وحشی: نتایج تجزیه واریانس مربوط به بررسی تأثیر عصاره‌ها بر روی رشد گیاهان هدف در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که نشان داده شده است اثرات متقابل نوع عصاره برگ و ساقه خربزه وحشی در غلظت‌های مختلف در هر دو گیاه هدف بر روی طول، وزن تر و خشک ریشه، همچنین تعداد و وزن خشک برگ معنی‌دار نبود اما بر روی وزن تر و خشک ساقه، سطح و وزن تر برگ و همچنین تعداد خورجین در سطح یک درصد و بر روی طول ساقه در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر عصاره‌ها بر روی پارامترهای رشد نیز در جداول ۳ و ٤ نشان داده شده است.

نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی برگ خربزه وحشی، اکثر پارامترهای رشد در هر دو گیاه هدف کاهش یافت و شدت این کاهش بر روی طول ساقه، وزن تر ساقه و وزن تر برگ خردل وحشی در مقایسه با کلزا بیشتر بود، در حالیکه این اثر کاهشی بر روی تعداد خورجین کلزا بیشتر از خردل وحشی بود. همچنین براساس نتایج مربوط به جدول مقایسه میانگین داده‌ها در تمام غلظت‌های عصاره ساقه خربزه وحشی اثر بازدارندگی و کاهش پارامترهای رشد کلزا در مقایسه با خردل وحشی بیشتر بود که بیانگر حساسیت بیشتر گیاه زراعی کلزا در مقایسه با علف هرز خردل وحشی می‌باشد.

اثر آللوپاتی عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی سیستم آنتی‌اکسیدانی کلزا و خردل وحشی: نتایج تجزیه واریانس مربوط به بررسی تأثیر عصاره‌ها بر روی سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان هدف در جدول ۵ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اثرات متقابل عصاره برگ و ساقه خربزه وحشی در غلظت‌های مختلف در هر دو گیاه هدف بر روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ معنی‌دار نبوده اما میزان فعالیت این آنزیم در ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، همچنین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و محتوای فنول و فلاونوئید کل در برگ و ریشه در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود.

تاثیر عصاره‌های آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ریشه و برگ کلزا و خردل وحشی: براساس مقایسه میانگین داده‌ها، طبق جدول ٦ افزایش غلظت عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی باعث افزایش معنی‌دار و قابل ملاحظه فعالیت آنزیم کاتالاز در ریشه کلزا نسبت به شاهد در مقایسه با ریشه خردل وحشی شد، بااینحال بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به غلظت ۲/۵ ٪ عصاره آبی برگ در کلزا می‌باشد، همانطور که در این نمودار مشاهده می‌شود این اثرات در مورد عصاره آبی ساقه بسیار قابل ملاحظه می‌باشد و بیشترین میزان افزایش فعالیت این آنزیم در غلظت ۵٪ عصاره آبی ساقه مشاهده شد.

لازم به ذکر است فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ دو گیاه خردل وحشی و کلزا تغییرات معنی‌داری را در غلظت‌های مختلف عصاره آبی خربزه وحشی نداشت، بااینحال در جدول ٦ آورده شده است.

جدول ۲: آنالیز واریانس اثر پارامترهای رشد تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد برگ	وزن تر برگ	سطح برگ	وزن خشک برگ	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	طول ساقه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	تعداد خوشچین
تکرار	۲	۱۲/۷۷ ns	۸/۸۹ ns	۱۰۲۴۳/۲۹ ns	۱/۹۶*	۲/۳۵ ns	۲/۱۹ ns	۰/۱۵۴ ns	۴۷/۵۱*	۵۶/۳۸*	۶/۶۹**	۱۸۳/۹۱**
نوع عصاره	۱	۶۳/۰۲**	۹۵۱/۴۱**	۱۱۶۶۸۶۴/۷۴**	۴/۶۹**	۰/۰۱ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۰۲ ns	۱۵۰/۵۲**	۴۵۴۱/۵۸**	۰/۷۸ ns	۳۵۹/۳۸**
تکرار× نوع عصاره	۲	۴/۵۲ ns	۰/۱۱ ns	۱۵۸/۶۴ ns	۰/۰۲ ns	۱/۶۸ ns	۳/۲۹ ns	۰/۰۳۸ ns	۴۶/۳۰ ns	۲۰/۲۳ ns	۱/۱۱ ns	۲۹/۵۹ ns
غلظت	۳	۴۹/۲۴**	۷۸۵/۳۷**	۹۸۷۳۹۲/۹۹**	۴۲/۲۱**	۱۴/۶۳**	۲۲۲/۶۰**	۷/۹۱۵**	۱۵۳/۳۷**	۲۹۵۸/۴۳**	۵۸/۸۷**	۲۳۸۰/۹۳**
نوع عصاره × غلظت	۳	۵۸/۰۸**	۶۹/۲۰**	۹۱۴۳۲/۵۴**	۴/۷۰**	۵/۷۷ ns	۳/۳۲ ns	۰/۰۸۷ ns	۵۷/۴۷*	۳۷۶/۸۳**	۱/۵۱*	۳۹/۲۴ ns
تکرار × غلظت (نوع عصاره)	۱۲	۲/۷۸ ns	۳/۶۷ ns	۴۴۶۷/۱۴ ns	۰/۵۳ ns	۱/۴۸ ns	۲/۱۹ ns	۰/۰۶۷ ns	۱۳/۷۲ ns	۴/۳۷ ns	۰/۶۸ ns	۱۶/۱۴ ns
گیاه هدف	۱	۸۷۵/۵۲**	۵۳۶/۶۷**	۲۳۲۹۱۷۴/۶۴**	۷/۲۱**	۰/۰۶ ns	۲/۲۱ ns	۰/۶۳۰*	۱/۹۴ ns	۱۰۰۱۹/۶۳**	۰/۹۴ ns	۱۱۳۵۵۳/۰۰**
نوع عصاره × گیاه هدف	۱	۱/۰۲ ns	۰/۳۲ ns	۷۸۶۲/۵۳ ns	۱۰/۴۵**	۰/۵۲ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۴۰*	۷/۰۱ ns	۲۸/۰۶ ns	۲۲/۸۳**	۲۲۳/۰۰**
غلظت × گیاه هدف	۳	۲۷/۳۵**	۴۵/۵۰*	۸۵۷۷۷/۸۵**	۵/۰۶**	۱۱/۱۹**	۲/۹۵ ns	۰/۰۶۵ ns	۶۶/۴۴*	۲۷/۵۰ ns	۹/۹۱**	۶۷۲/۴۳**
نوع عصاره × غلظت × گیاه هدف	۳	۱۰/۴۱ ns	۱۳۴/۵۸**	۱۷۱۱۰۰/۵۲**	۰/۲۵ ns	۱/۰۲ ns	۰/۸۵ ns	۰/۳۰۰ ns	۵۴/۰۴*	۲۱۹/۶۶**	۱۹/۱۴**	۹۸/۷۷**
خطا	۱۶	۴/۹۲	۹/۴۵	۱۱۴۳۸/۷۷	۰/۴۷	۱/۹۵	۰/۹۹۱	۰/۱۰۲	۱۲/۷۸	۱۲/۹۹	۰/۴۱۴	۱۴/۰۶
ضریب تغییرات		۷/۴۹	۱۰/۴۹	۱۰/۲۹	۱۳/۳۵	۱۰/۷۷	۱۲/۶۵	۱۷/۵۵	۴/۵۰	۶/۰۷۶	۱۰/۹۰	۵/۱۹
کل	۴۷											

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر پارامترهای رشد تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی (برای صفاتی که اثر معنی‌دار مشاهده شد)

عصاره	غلظت (درصد)	گیاه هدف	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	وزن تر برگ(گرم)	تعداد خورجین	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن تر ساقه (گرم)	طول ساقه (سانتی‌متر)
برگ	۰	خردل وحشی	۲۰۴۳/۲۳ a	۵۲/۹۳ a	۱۴۳/۱۱ a	۱۰/۰۳ b	۱۱۵/۰۳ a	۸۸/۳۳ a
		کلزا	۱۱۴۳/۸۹ cd	۳۶/۲۳ c	۳۸/۵۵ f	۷/۱۳ c	۹۳۷۶ c	۸۶/۸۹ ab
	۲/۵	خردل وحشی	۱۶۷۹/۱۰ b	۴۳/۵۰ b	۱۳۷/۶۶ ab	۵/۱۳ def	۸۳/۳۷ b	۷۹/۴۴ cdef
		کلزا	۱۱۱۴/۴۲ de	۳۵/۳۰ c	۲۲/۸۹ hi	۴/۶۳ efg	۶۳/۹۳ d	۸۵/۸۹ abc
	۵	خردل وحشی	۹۳۲/۸۳ fg	۲۴/۱۷ f	۱۱۶/۰۰ c	۵/۶۳ de	۷۴/۲۷ c	۷۲/۶۶ g
		کلزا	۸۵۸/۷۰ gh	۲۷/۲۰ ef	۱۸/۷۸ hij	۵/۰۷ def	۴۳/۲۰ f	۸۰/۸۸ bcde
	۱۰	خردل وحشی	۱۰۵۸/۹۳ def	۲۷/۴۳ ef	۱۰۶/۶۶ d	۵/۶۳ de	۵۸/۲۳ e	۸۱/۷۸ bcde
		کلزا	۷۳۲/۴۲ h	۲۳/۲۰ f	۱۶/۱۱ j	۲/۹۷ h	۳۷/۳۷ g	۷۳/۲۲ fg
ساقه	۰	خردل وحشی	۱۲۸۶/۶۷ c	۳۳/۳۳ cd	۱۳۹/۶۶ ab	۶/۱۳ cd	۷۴/۱۰ c	۷۸/۶۶ defg
		کلزا	۱۱۴۴/۹۴ cd	۳۶/۲۷ c	۲۹/۸۹ g	۱۳/۵۰ a	۵۷/۰۷ e	۸۴/۶۶ abcd
	۲/۵	خردل وحشی	۱۱۹۴/۰۳ cd	۳۰/۹۳ de	۱۳۳/۸۸ b	۵/۳۳ def	۶۵/۱۷ d	۷۵/۳۳ efg
		کلزا	۵۴۱/۹۵ i	۱۷/۱۷ g	۲۴/۲۲ gh	۴/۳۰ fg	۲۷/۲۳ h	۷۳/۰۰ fg
	۵	خردل وحشی	۹۰۰/۶۷ g	۲۳/۳۳ f	۱۰۳/۱۱ d	۵/۱۳ def	۶۳/۷۷ d	۷۷/۱۱ efg
		کلزا	۵۴۴/۰۶ i	۱۷/۲۳ g	۲۱/۳۳ hij	۴/۷۳ efg	۲۸/۵۰ h	۷۶/۵۵ efg
	۱۰	خردل وحشی	۹۸۳/۰۱ efg	۲۵/۴۷ f	۸۶/۸۹ e	۵/۳۳ def	۵۶/۱۷ e	۸۰/۰۰ cde
		کلزا	۴۷۳/۵۵ i	۱۵/۰۰ g	۱۷/۰۰ ij	۳/۸۰ gh	۲۴/۷۰ h	۷۵/۴۴ efg

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر پارامترهای رشد تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی (برای صفاتی که اثر معنی‌دار مشاهده نشد)

عصاره	غلظت (درصد)	گیاه هدف	طول ریشه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه (گرم)	تعداد برگ	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)
برگ	۰	خردل وحشی	۱۴/۳۸ abc	۱۳/۲۳ b	۴۳/۶۷ a	۳/۵۳ a	۹/۱۷ a
		کلزا	۱۵/۵۰ a	۱۳/۷۰ ab	۲۹/۶۷ de	۲/۵۳ c	۹/۰۷ a
	۲/۵	خردل وحشی	۱۱/۶۶ de	۶/۴۷ cd	۳۱/۳۳ cde	۱/۶۳ de	۵/۲۳ cde
		کلزا	۱۱/۴۴ de	۶/۳۰ cde	۲۸/۰۰ ef	۱/۴۷ def	۳/۷۳ fghi
	۵	خردل وحشی	۱۱/۸۹ de	۶/۴۰ cd	۳۲/۳۳ cd	۱/۵۳ de	۶/۳۳ c
		کلزا	۱۴/۵۵ abc	۶/۲۰ cde	۲۳/۶۷ g	۱/۴۰ def	۲/۷۰ i
	۱۰	خردل وحشی	۱۳/۶۱ abcd	۵/۷۳ cde	۳۳/۳۳ bc	۱/۴۰ def	۴/۴۷ efg
		کلزا	۱۰/۶۱ e	۴/۲۳ e	۲۴/۰۰ g	۱/۰۰ f	۲/۸۷ hi
ساقه	۰	خردل وحشی	۱۳/۲۲ bcd	۱۴/۳۰ ab	۳۳/۰۰ bcd	۲/۸۷ bc	۵/۶۷ cd
		کلزا	۱۳/۲۲ bcd	۱۵/۸۰ a	۲۴/۰۰ g	۳/۱۷ ab	۷/۶۰ b
	۲/۵	خردل وحشی	۱۳/۳۹ abcd	۵/۹۳ cde	۳۰/۰۰ cde	de۱/۵۰	۴/۸۳ def
		کلزا	۱۲/۱۶ de	۵/۰۰ de	۲۴/۳۳ g	۱/۱۷ ef	۴/۶۰ defg
	۵	خردل وحشی	۱۳/۳۹ abcd	۷/۲۷ c	۳۶/۰۰ b	۱/۵۷ de	۴/۷۷ def
		کلزا	۱۵/۱۶ ab	۵/۷۷ cde	۲۴/۶۷ fg	۱/۶۷ d	۳/۹۰ fgh
	۱۰	خردل وحشی	۱۲/۵۰ cde	۵/۳۳ cde	۳۱/۳۳ cde	۱/۴۳ def	۳/۷۰ fghi
		کلزا	۱۰/۸۳ e	۴/۲۳ e	۲۴/۳۳ g	۱/۲۳ def	۳/۵۰ ghi

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵: مقایسه اثر آللوپاتی غلظت‌های مختلف عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی (۰، ۵، ۱۰ و ۲/۵٪) بر میزان فعالیت کاتالاز، پراکسیداز، محتوای فنول و فلاونوئید در اندام هوایی و ریشه خردل وحشی و کلزا

نوع عصاره	غلظت (درصد)	گیاه هدف	فعالیت کاتالاز برگ (میکرومول پراکسیدهیدروژن مصرف شده در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین)	فعالیت کاتالاز ریشه (میکرومول پراکسیدهیدروژن مصرف شده در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین)	فعالیت پراکسیداز برگ (میکرومول بر گرم وزن تر)	فعالیت پراکسیداز ریشه (میکرومول بر گرم وزن تر)	فنول برگ (میلی‌گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر)	فنول ریشه (میلی‌گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن تر)	فلاونوئید برگ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	فلاونوئید ریشه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)
برگ	۰	خردل وحشی	۰/۰۰۰۴۰^{cd}	۰/۰۰۰۵۵^{bc}	۸/۴۰^{f}	۲۸/۹۵^{g}	۵۱/۷۶^{de}	۱۱۲/۵۶^{e}	۹/۳۲^{c}	۱۴/۲۵^{fg}
		کلزا	۰/۰۰۰۵۵^{bcd}	۰/۰۰۰۵۰^{bc}	۸/۴۷^{f}	۴۱/۱۳^{b}	۳۷/۴۹^{g}	۷۹/۷۶^{k}	۱۲/۱۶^{a}	۲۳/۵۵^{a}
	۲/۵	خردل وحشی	۰/۰۰۰۵۵^{bcd}	۰/۰۰۰۴۵^{bcd}	۱۵/۴۶^{b}	۴۰/۳۵^{b}	۷۳/۳۳^{bc}	۱۱۰/۰۳^{c}	۸/۶۳^{d}	۱۱/۳۶^{i}
		کلزا	۰/۰۰۰۶۰^{bc}	۰/۰۰۰۸۵^{a}	۱۷/۳۷^{a}	۳۱/۷۰^{c}	۳۸/۰۳^{g}	۱۵۰/۸۳^{c}	۴/۵۵^{g}	۱۳/۷۰^{g}
	۵	خردل وحشی	۰/۰۰۰۴۰^{cd}	۰/۰۰۰۶۰^{b}	۱۲/۴۳^{c}	۲۴/۲۴^{a}	۷۶/۸۳^{b}	۸۲/۲۹^{jk}	۶/۳۴^{f}	۳/۵۵^{k}
		کلزا	۰/۰۰۰۸۵^{a}	۰/۰۰۰۶۰^{b}	۱۲/۵۱^{c}	۱۶/۱۲^{k}	۴۸/۹۳^{ef}	۱۶۴/۹۳^{b}	۸/۰۳^{de}	۱۱/۳۶^{i}
	۱۰	خردل وحشی	۰/۰۰۰۴۵^{cd}	۰/۰۰۰۴۵^{bcd}	۱۵/۷۱^{b}	۳۲/۹۳^{d}	۷۵/۲۳^{b}	۹۷/۳۶^{g}	۴/۸۰^{g}	۴/۲۰^{j}
		کلزا	۰/۰۰۰۶۵^{ab}	۰/۰۰۰۵۰^{bcd}	۹/۹۸^{e}	۲۶/۵۲^{h}	۵۴/۹۶^{d}	۲۰۱/۲۳^{a}	۹/۶۷^{c}	۱۲/۵۶^{h}
برگ	۰	خردل وحشی	۰/۰۰۰۴۵^{bcd}	۰/۰۰۰۵۵^{bcd}	۷/۶۴^{g}	۲۶/۱۹^{hi}	۴۳/۷۶^{f}	۹۰/۶۹^{h}	۸/۰۸^{de}	۱۲/۷۶^{h}
		کلزا	۰/۰۰۰۷۰^{ab}	۰/۰۰۰۲۵^{d}	۷/۳۷^{g}	۳۲/۵۸^{de}	۲۹/۸۹^{h}	۶۷/۳۶^{l}	۱۰/۷۲^{b}	۲۱/۶۶^{b}
	۲/۵	خردل وحشی	۰/۰۰۰۶۰^{bc}	۰/۰۰۰۵۰^{bc}	۰۰۱۰^{e}	۳۰/۲۳^{f}	۶۸/۶۹^{c}	۱۰۵/۲۳^{f}	۶/۴۴^{f}	۱۶/۶۴^{c}
		کلزا	۰/۰۰۰۲۵^{cd}	۰/۰۰۰۲۵^{bcd}	۱۶/۸۴^{b}	۲۵/۲۴^{i}	۴۶/۵۶^{f}	۸۵/۷۶^{ij}	۹/۶۷^{c}	۱۹/۲۷^{c}
ساقه	۵	خردل وحشی	۰/۰۰۰۳۵^{cd}	۰/۰۰۰۵۵^{bc}	۱۱/۱۰^{d}	۳۲/۱۱^{de}	۸۶/۱۶^{a}	۸۷/۶۳^{hi}	۲/۰۱^{h}	۱۷/۹۳^{d}
		کلزا	۰/۰۰۰۵۵^{bcd}	۰/۰۰۰۹۵^{bcd}	۸/۳۲^{f}	۲۳/۶۱^{j}	۳۸/۱۶^{gh}	۱۲۹/۷۶^{d}	۷/۸۳^{e}	۱۶/۹۴^{e}
	۱۰	خردل وحشی	۰/۰۰۰۳۵^{d}	۰/۰۰۰۹۵^{bcd}	۱۰/۴۵^{c}	۳۴/۴۶^{c}	۸۲/۶۹^{a}	۹۵/۶۳^{g}	۰/۵۲^{i}	۱۲/۷۱^{h}
		کلزا	۰/۰۰۰۷۰^{ab}	۰/۰۰۰۹۵^{bcd}	۱۳/۱۶^{c}	۲۶/۶۷^{h}	۴۷/۴۹^{ef}	۱۶۳/۷۶^{b}	۶/۷۹^{f}	۱۴/۸۵^{f}

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

تاثیر عصاره‌های آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ و ریشه کلزا و خردل وحشی: براساس مقایسه میانگین داده‌ها، طبق جدول ٦ عصاره آبی برگ خربزه وحشی در تمام غلظت‌ها باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در خردل وحشی نسبت به شاهد شد، درحالیکه سبب کاهش میزان فعالیت این آنزیم در کلزا گشت، اما عصاره آبی ساقه خربزه وحشی در تمام غلظت‌ها باعث افزایش فعالیت این آنزیم در خردل وحشی در مقایسه با شاهد شد، درحالیکه این عصاره سبب کاهش میزان فعالیت این آنزیم در کلزا نسبت به شاهد شد که می‌توان این عامل را یکی از دلایل حساس بودن کلزا نسبت به عصاره آبی ساقه خربزه وحشی دانست.

براساس مقایسه میانگین داده‌ها، تقریباً در تمام غلظت‌های عصاره آبی دو اندام خربزه وحشی فعالیت آنزیم پراکسیداز در هر دو گیاه هدف نسبت به شاهد افزایش یافت. عصاره آبی ساقه در غلظت ۲/۵٪ بیشترین افزایش را بر میزان فعالیت این آنزیم در کلزا نسبت به خردل وحشی در مقایسه با شاهد نشان داد (جدول ٦). در واقع کلزا با افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز ریشه مقاومت بیشتری را در مقایسه با خردل وحشی از خود نشان داد.

تاثیر عصاره‌های آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی میزان ترکیبات فنولی در برگ و ریشه کلزا و خردل وحشی: طبق جدول ٦ عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی با افزایش غلظت سبب افزایش معنی‌دار ترکیبات فنولی در برگ کلزا در مقایسه با شاهد شد. درحالیکه این روند افزایشی در برگ خردل وحشی تنها در کاربرد عصاره ساقه به طور نسبی مشاهده شد. به‌طورکلی شدت افزایش ترکیبات فنولی در کلزا بیش از خردل وحشی بود.

طبق جدول ٦ با افزایش غلظت عصاره آبی خربزه وحشی میزان ترکیبات فنولی ریشه دو گیاه کلزا و خردل وحشی نیز روند صعودی یافت که شدت این افزایش در مورد خردل وحشی بیش از کلزا بود.

تاثیر عصاره‌های آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی میزان فلاونوئیدها در برگ و ریشه کلزا و خردل وحشی: مطابق با داده‌های بدست آمده در جدول ٦ با افزایش غلظت عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی میزان ترکیبات فلاونوئیدی در برگ کلزا کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت. در مورد خردل وحشی با افزایش غلظت عصاره آبی برگ میزان این ترکیبات نسبت به شاهد کاهش یافت، در حالیکه تحت تاثیر عصاره آبی ساقه این ترکیبات روند افزایشی نسبی را طی نمودند.

چنانچه در جدول ٦ مشاهده می‌شود ترکیبات فلاونوئیدی برگ کلزا با افزایش غلظت عصاره آبی برگ خربزه وحشی روند صعودی را طی نمودند، درحالیکه این روند در مورد عصاره آبی ساقه خربزه وحشی یک روند نزولی بود. در مورد خردل وحشی با افزایش غلظت عصاره آبی هم برگ و هم ساقه خربزه وحشی میزان این ترکیبات کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت.

بحث

اثر آللوپاتی عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی شاخص‌های رشد کلزا و خردل وحشی: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی برگ خربزه وحشی، میزان بازدارندگی در هر دو گیاه زراعی کلزا و علف هرز آن یعنی خردل وحشی افزایش یافت و شدت بازدارندگی بر اکثر پارامترهای رشد خردل وحشی در مقایسه با کلزا بیشتر بود. از سوی دیگر طبق داده‌های بدست آمده عصاره

آبی ساقه خربزه وحشی در تمام غلظت‌ها اثر بازدارندگی بیشتری بر روی پارامترهای رشد کلزا در مقایسه با خردل وحشی نشان داد که این مطلب نماینگر حساسیت بیشتر گیاه زراعی کلزا نسبت به عصاره آبی ساقه خربزه وحشی در مقایسه با علف هرز خردل وحشی می باشد.

در مطالعه‌ای در رابطه با اثر آللوپاتی خربزه وحشی واریته Agrestis بر روی گندم نشان داده شد که عصاره آبی اندام مختلف (شامل میوه، برگ، ساقه، ریشه و بذر) در غلظت‌های پایین دارای خاصیت تحریک‌کنندگی و در غلظت‌های بالا دارای خاصیت بازدارندگی بر روی شاخص‌های رشد نظیر طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک و وزن هزار دانه گندم بودند. در این بین عصاره اندام‌های ریشه و ساقه از خاصیت بازدارندگی قوی‌تری برخوردار بودند (Hadi et al., 2016). در تحقیق دیگری عصاره آبی اندام هوایی خردل وحشی باعث کاهش طول اندام هوایی و ریشه، سطح برگ و وزن تر کلزا شد (Haddadchi and Massoodi, 2006). همچنین در مطالعه El-Shora و Abd El-Gawad در سال ۲۰۱۵ اثر آللوپاتی عصاره آبی ریشه و برگ *P. oleracea* مانع از رشد *Brassica oleracea* شد و میزان مهارکنندگی وابسته به غلظت عصاره بود.

اثر آللوپاتی عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی سیستم آنتی‌اکسیدانی کلزا و خردل وحشی:

طبق نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر افزایش غلظت عصاره آبی ساقه خربزه وحشی باعث افزایش معنی‌دار و قابل ملاحظه فعالیت آنزیم کاتالاز در کلزا نسبت به شاهد در مقایسه با خردل وحشی شد. طبق جدول ۵ عصاره آبی برگ خربزه وحشی در تمام غلظت‌ها فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در خردل وحشی را نسبت به شاهد افزایش داد، در حالی که موجب کاهش میزان فعالیت این آنزیم در برگ کلزا گشت. از سوی دیگر عصاره آبی ساقه خربزه وحشی باعث افزایش فعالیت این آنزیم در برگ خردل وحشی در مقایسه با شاهد شد، در حالیکه این عصاره میزان فعالیت این آنزیم در برگ کلزا را نسبت به شاهد کاهش داد که می‌توان این عامل را یکی از دلایل حساس بودن کلزا نسبت به عصاره آبی ساقه خربزه وحشی دانست. براساس مقایسه میانگین داده‌ها، طبق جدول ۵ تقریباً در تمام غلظت‌های عصاره آبی دو اندام خربزه وحشی اثر تحریک کنندگی آنزیم در ریشه هر دو گیاه هدف نسبت به شاهد مشاهده شد.

مطالعات نشان داده‌اند که تنش آللوپاتی می‌تواند باعث ایجاد تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش ROS شود، هموستازی ROS به شدت توسط سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی در گیاه کنترل می‌شود که از اجزای آنزیمی (شامل آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات‌پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و گلوتاتیون‌ردوکتاز) و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی (شامل اسیداسکوربیک، گلوتاتیون و...) تشکیل شده است (Zhang et al., 2020).

Zhang و همکارانش در سال ۲۰۲۰ مکانیسم پاسخ به اتوتوکسیسیتی در ریشه خربزه وحشی *Cucumis melo* L. را مطالعه کردند و گزارش نمودند که اتوتوکسیسیتی به طور جدی باعث مهار مورفوژنز ریشه گیاهچه‌ها، تجمع بیش از حد گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و پراکسیداسیون لیپیدها در ریشه شده و اکثر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را فعال می‌کند. با وجود شواهدی در مورد تنش اکسیداتیو ناشی از ترکیبات دگرآسیب که همراه با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشد، اما اطلاعات بسیار کمی در مورد مکانیسم اثر ترکیبات دگرآسیب بر تولید ROS وجود دارد. افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به تنش‌های مختلف قبلاً توسط Bor و همکاران

در سال ۲۰۰۳ نیز گزارش شده بود. افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در مطالعات دیگر نیز تحت تیمار با ترکیبات دگرآسیب گزارش شده، به عنوان مثال طی مطالعه Maffi و همکاران در سال ۱۹۹۹ نشان داده شد که اسیدبنزوئیک فعالیت آنزیم کاتالاز را در دانه‌های در حال جوانه‌زنی خیار افزایش داد (Farhoudi and Lee, 2013).

تاثیر عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر روی میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها در برگ و ریشه کلزا و خردل وحشی: براساس مقایسه میانگین داده‌ها، طبق جدول ۵ تقریبا عصاره آبی دو اندام خربزه وحشی در تمام غلظت‌ها سبب افزایش معنی‌دار ترکیبات فنولی در برگ کلزا در مقایسه با شاهد شد، در حالی که این افزایش تنها در مورد عصاره آبی ساقه خربزه وحشی بر ترکیبات فنولی برگ خردل وحشی مشاهده شد. در بررسی ترکیبات فنولی ریشه دو گیاه کلزا و خردل وحشی نیز عصاره آبی دو اندام خربزه وحشی در اکثر غلظت‌ها سبب افزایش میزان ترکیبات فنولی در هر دو گیاه هدف شد که این روند افزایشی در خردل وحشی بیشتر از کلزا بود.

ترکیبات فنولی گروه بزرگی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که بسته به ساختارشان می‌توان آنها را به فنول‌های ساده، اسیدهای فنولیک، مشتقات هیدروکسی سینامیک‌اسید و فلاونوئیدها طبقه بندی کرد. سنتز بیولوژیک و غلظت ترکیبات فنولی در گیاهان متعلق به خانواده براسیکاسه به عوامل محیطی و ژنتیکی بستگی دارد. از طرف دیگر متابولیت‌های ثانویه موجود در اعضای این خانواده نسبت به تغییر شرایط محیطی بسیار حساس بوده و محتوای فنولی تحت تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرند (Cartea et al., 2011). ترکیبات فنولی از طریق مسیر فنیل پروپانوئید با تبدیل اسیدآمینه فنیل‌آلانین به اسیدسینامیک توسط فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) سنتز می‌شوند (Rekha and Thiruvengadam, 2017). فنیل‌آلانیل‌آمونیالیاز (PAL) یک آنزیم کلیدی در مسیر فنیل‌پروپانوئید است که نقش مهمی در مکانیسم‌های دفاعی و همچنین در تولیدمثل و نمو گیاهان دارد. بیان PAL به‌عنوان نشانگر تنش محیطی در گونه‌های مختلف گیاهی در نظر گرفته می‌شود و تغییر در فعالیت آن، پاسخی به تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی است. مطالعه Macías و همکاران در سال ۲۰۰۸ ارتباط محکمی را بین فنول‌ها و فلاونوئیدها با پتانسیل آللوپاتی نشان داد (Ali et al., 2017).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی بر اکثر پارامترهای رشد دو گیاه زراعی کلزا و نیز علف هرز آن یعنی خردل وحشی خردل وحشی به‌طور مستقل دارای اثر آللوپاتیکی بوده و موجب کاهش این پارامترها نسبت به شاهد شد، ولیکن پاسخ و حساسیت گیاه زراعی کلزا در مقایسه با خردل وحشی نسبت به عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی یکسان نبود. بدین معنی که عصاره آبی برگ خربزه وحشی دارای اثر بازدارندگی بیشتری بر روی پارامترهای رشد گیاه خردل وحشی داشته در حالی که در مورد کلزا کاهش پارامترهای رشد در حضور عصاره آبی ساقه خربزه وحشی بیشتر بود. در مورد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز شدت تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز در کاربرد عصاره آبی ساقه خربزه وحشی در گیاه کلزا در مقایسه با خردل وحشی بیشتر بود. عصاره آبی برگ و ساقه خربزه وحشی موجب کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در برگ کلزا و افزایش آن در ریشه کلزا نسبت به شاهد شد که این روند افزایشی در فعالیت آنزیم پراکسیداز

خردل وحشی نیز دیده شد. همچنین روند افزایشی ترکیبات فنولی و کاهش ترکیبات فلاونوئیدی برگ کلزا در تمام تیمارهای بکار برده شده چشمگیرتر و شدیدتر از خردل وحشی بود، درحالیکه کاهش این ترکیبات در ریشه گیاه کلزا در مقایسه با خردل وحشی بیشتر بود.

References

Ali, J.S., ul Haq, I., Ali, A., Ahmed, M. and Zia, M. (2017). Onosma bracteatum Wall and Commiphora stocksiana Engl extracts generate oxidative stress in *Brassica napus*: An allelopathic perspective. Cogent Biology. 3(1): 1283875.

Ali, I.B.E.H., Bahri, R., Chaouachi, M., Boussaïd, M. and Harzallah-Skhiri, F. (2014). Phenolic content, antioxidant and allelopathic activities of various extracts of *Thymus numidicus* Poir. organs. Industrial Crops and Products. 62: 188-195.

Al-Qudah, M.A., Al-Jaber, H.I., Muhaidat, R., Hussein, E.I., Abdel, A.A. and Hamid, A.S. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Sinapis alba* L. and *Sinapis arvensis* L. (Brassicaceae) growing wild in Jordan. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2(4): 1136-1144.

Asaduzzaman, M., Pratley, J.E., Luckett, D., Lemerle, D. and Wu, H. (2020). Weed management in canola (*Brassica napus* L). a review of current constraints and future strategies for Australia. Archives of Agronomy and Soil Science. 66(4): 427-444.

Ashraf, R., Sultana, B., Yaqoob, S. and Iqbal, M. (2017). Allelochemicals and crop management: A review. Current Science. 3(1): 1-13.

Bharwana, S.A., Ali, S., Farooq, M.A., Iqbal, N., Hameed, A., Abbas, F. and Ahmad, M.S. A. (2014). Glycine betaine-induced lead toxicity tolerance related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. Turkish Journal of Botany. 38(2): 281-292.

Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K. and Gawronski, S.W. (2006). Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biologia Plantarum. 50(1): 156-158.

Bor, M., Özdemir, F. and Türkan, I. (2003). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. Plant Science. 164(1): 77-84.

Cartea, M.E., Francisco, M., Soengas, P. and Velasco, P. (2011). Phenolic compounds in Brassica vegetables. Molecules Journal. 16(1): 251-280.

Chance, B. and Maehly, A.C. (1995). Assay of Catalase and Peroxidase. Methods in Enzymology, Academic Press. New York. (2): 764-775.

Cheng, F. and Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. Frontiers in plant science. 6: 1020.

De Mattos Ribeiro, V., Spiassi, A., Marcon, T. R., de Lima, G.P., Corsato, J.M. and Fortes, A.M.T. (2017). Antioxidative enzymes of *Cucumis sativus* seeds are modulated by *Leucaena leucocephala* extracts. Acta Scientiarum. Biological Sciences. 39(3): 373-380.

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 Environmental Bulletin Journal. 24: 386-393.

Fahamiya, N., Aslam, M., Siddiqui, A. and Shiffa, M. (2016). Review on *cucumis melo*: Ethnobotany and unani medcine. World Journal of Pharmaceutical Sciences. 5: 621-636.

Farhoudi, R. and Lee, D.J. (2013). Allelopathic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and

antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontoneum* and *Avena ludoviciana*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. 83(3): 447-452.

Gherekhloo, J., Hatami, Z.M., Alcántara-de la Cruz, R., Sadeghipour, H.R. and De Prado, R. (2018). Continuous Use of Tribenuron-Methyl Selected for Cross-Resistance to Acetolactate Synthase – inhibiting Herbicides in Wild Mustard (*Sinapis arvensis*). Weed Science. 66(4):424-432.

Gidik, B., Onemli, F. and Cabi, E. (2016). Determination of wild plant species of Brassicaceae family in Turkish Thrace. Biological Diversity and Conservation. 9: 100-105.

Gulzar, A. and Siddiqui, M.B. (2017). Allelopathic effect of Calotropis procera (Ait.) R. Br. on growth and antioxidant activity of *Brassica oleracea* var. botrytis. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 16(4):375-382.

Hadadchi, G.R. and Masoudi, K.F. (2006). Allelopathic effects of aqueous extracts of *Sinapis arvensis* on growth and related physiological and biochemical responses of *Brassica napus*. Jornal of Science (university of Tehran). 23(1): 23-28.

Hadi, F., Bibi, H., Razzaq, A., Iqbal, A. and Ali, G. (2016). Allelopathic effect of *Cucumis melo* sub-species agrestis variety Agrestis on wheat. Pakistan Journal of Weed Science Research. 22(3): 471-480.

Jabran, K. and Farooq, M. (2013). Implications of potential allelopathic crops in agricultural systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.349-385.

Koroi, S.A. (1989). Gel electrophoresis tissue and spectrophotometrscho unter uchungen zomeinfiuss der temperature auf struktur der amylase and peroxidase isoenzyme. Physiology Review. 20:15-23.

Lebecque, S., Crowet, J.M., Lins, L., Delory, B.M., du Jardin, P., Fauconnier, M.L. and Deleu, M. (2018). Interaction between the barley allelochemical compounds gramine and hordenine and artificial lipid bilayers mimicking the plant plasma membrane. Scientific reports. 8(1): 1-13.

Macías, F.A., López, A., Varela, R.M., Torres, A. and Molinillo, J.M. (2008). Helikauranoside A, a new bioactive diterpene. Journal of chemical ecology. 34(1): 65-69.

Maffei, M., Bertea, C.M., Garneri, F. and Scannerini, S. (1999). Effect of benzoic acid hydroxyl and methoxy-ring substituents during cucumber (*Cucumis sativus* L.) germination. I.: Isocitrate lyase and catalase activity. Plant Science. 141(2): 139-147.

M'barek, K., Zribi, I., Ullah, M.J. and Haouala, R. (2019). The mode of action of allelochemicals aqueous leaf extracts of some Cupressaceae species on lettuce. Scientia Horticulturae. 252: 29-37.

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., Cazin, M., Cazin, J.C., Bailleul, F. and Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. Journal of ethnopharmacology. 72(1-2): 35-42.

Rekha, K. and Thiruvengadam, M. (2017). Secondary metabolite production in transgenic hairy root cultures of cucurbits. Springer International Publishing, Switzerland. 267.

Rezayian, M., Niknam, V. and Ebrahimzadeh, H. (2018). Differential responses of phenolic compounds of *Brassica napus* under drought stress. Plant Physiology. 8(3): 2417-2425.

Sasi Kumar, R., Priyadharshini, S., Nandha Kumar, K.P.L. and Nivedha, S. (2014). In vitro pharmacognostical studies and evaluation of bioactive constituents from the fruits of *Cucumis melo* L. (Muskmelon). International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 6(4): 936-941.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16(3): 144-158.

Wang, C., Liu, J. and Zhou, J. (2017). N deposition affects allelopathic potential

of Amaranthus retroflexus with different distribution regions. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 89(2): 919-926.

Yu, J.Q. (2001). Autotoxic potential of cucurbit crops: phenomenon, chemicals, mechanisms and means to overcome. Journal of Crop Production. 4(2): 335-348.

Zhang, Z., Zhang, Z., Han, X., Wu, J., Zhang, L., Wang, J. and Wang-Pruski, G. (2020). Specific response mechanism to autotoxicity in melon (*Cucumis melo* L.) root revealed by physiological analyses combined with transcriptome profiling. Ecotoxicology and Environmental Safety. 200: 110779.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 63, 16th year, Number 3, Autumn 2021
Doi: 10.30495/iper.2021.679562
Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.7.9

Evaluation of allopathic effects of wild melon (*Cucumis melo* L.) on the growth and antioxidant system of rapeseed (*Brassica napus* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis*)

Neshat Norouzi[1], Maryam Niakan[1*], Mehdi Ebadi[2], Masoumeh Younesabadi[3]
[1]Department of Biology, Islamic Azad University, Gorgan Branch, Gorgan, Iran
[2]Department of Chemistry, Islamic Azad University Gorgan Branch Gorgan, Iran
[3]Plant Protection Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

Received date: 2020/10/14 Accepted date: 2020/11/24

Abstract

Allelopathic effect of weeds is one of the important factors limiting the growth and yields in crops. The aim of this study was to investigate the effect of aqueous extract of shoots (leaves and stems) of wild melon (*Cucumis melo* L.) on growth indices and antioxidant system of rapeseed and its accompanying wild mustard (*Sinapis arvensis*). This study was conducted as a split-split plot in the form of a randomized complete block design with three replications at the field level. The main plot included the target plant type at two levels (rapeseed RGS cultivar and *Sinapis arvensis* weed), the sub-plot included the type of organ at two levels (leaf and stem extract of wild melon) and the sub-plot of extract concentration at four levels (0 (control)) 2.5, 5, and 10%). The results showed that with increasing the concentration of wild melon leaf extract, most of the growth parameters in both target plants decreased and the intensity of this decrease was higher on the growth of *Sinapis arvensis* compared to rapeseed, while wild melon stem extract caused a more severe decrease in rapeseed growth parameters compared with *Sinapis arvensis*. Also, wild melon stem extract significantly increased catalase activity in canola compared to control and decreased peroxidase while the activity of peroxidase enzyme increased in *Sinapis arvensis*. Also, the increasing trend of phenolic compounds and decreasing flavonoid compounds of rapeseed leaves with increasing the concentration of extract was more dramatic and intense than *Sinapis arvensis*. According to the results of this study, the sensitivity of rapeseed and its associated weeds to the extracts of two wild melon organs was not the same, which should be considered in managing the use of plant allelopathy as an herbicide at field level.

***Keywords*:** Catalase growth, Flavonoid peroxidase, Phenol, Rapeseed, Wild melon, Wild mustard.

*Corresponding author; neda.niakan@gmail.com