نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۱۹-۱۰۱

Journal of Plant Protection
Vol. 32, No. 1, Spring 2018, P. 101-119

اثرات آللوپاتیک عصاره آبی سورگوم و تلخه بر رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در گندم، چغندرقند، سلمه‌تره و تاج خروس

اعظم حاتمی همپا[۱]- عبدالله جوانمرد[۲]*- محمدتقی آل ابراهیم[۳]- امید سفالیان[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۶

چکیده

امروزه در سیستم کشاورزی پایدار استفاده از توانایی آللوپاتیک گیاهان به‌عنوان روشی سودمند در مدیریت علف‌های هرز پیشنهاد شده است. در همین راستا، به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل گندم، چغندرقند، سلمه‌تره و تاج‌خروس به اثرات آللوپاتیک عصاره آبی اندام هوایی سورگوم و تلخه، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارها شامل عصاره آبی اندام هوایی تلخه و سورگوم و غلظت عصاره (شاهد، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) بودند. نتایج نشان داد وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گندم، وزن تر و خشک ریشه سلمه‌تره تحت تأثیر ترکیب تیماری نوع عصاره با غلظت قرار گرفتند. در حالی‌که صفات رشدی چغندرقند و تاج خروس فقط تحت تأثیر غلظت عصاره واقع شدند. علاوه بر این، کاهش صفات رشدی تاج‌خروس با کاربرد عصاره آبی سورگوم بیشتر از عصاره تلخه بود. در حالی‌که اثر بازدارندگی عصاره آبی تلخه روی صفات رشدی گندم، چغندرقند و سلمه‌تره بیشتر از عصاره سورگوم بود. همچنین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و پلی فنل اکسیداز، غلظت پرولین و میزان قند محلول تحت تأثیر غلظت عصاره آبی سورگوم و تلخه قرار گرفتند، به‌طوری‌که با افزایش غلظت عصاره فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت پراکسیداز، کاتالاز، پلی‌فنل‌اکسیداز و غلظت پرولین و قند محلول در همه گیاهان افزایش معنی‌داری پیدا کردند. بر اساس میانگین، کاربرد ۲۰ درصد عصاره آبی تلخه و سورگوم فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و غلظت پرولین گیاهان را به ترتیب ۱۰۰/۸۵، ۶۲/۰۲، ۲۴/۹۴ و ۱۴۳/۶۱ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف عصاره) افزایش داد. براساس کاهش رشد گیاهچه و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که عصاره آبی سورگوم و تلخه می‌توانند به کنترل رشد علف‌های هرز به عنوان علف‌کش زیستی کمک نمایند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، علف‌کش زیستی، غلظت عصاره، کاتالاز، کشاورزی پایدار

مقدمه

کاهش پتانسیل تولید گیاهان زراعی ناشی از رقابت مستقیم و غیرمستقیم علف‌های هرز بسته به شرایط اکولوژیکی در حدود ۹۵-۴۵ درصد می‌باشد، لذا وجود علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی بوده و بدون شک کاهش تولید نتیجه‌ی مستقیم رقابت، آللوپاتی و یا فعالیت توأم آن دو با هم می‌باشد (۲۹ و ۳۴). روش‌های متفاوتی برای کنترل علف‌های هرز وجود دارد که رایج‌ترین شیوه، استفاده از علف‌کش‌ها است. آنچه که موجب رواج علف‌کش‌ها شده کارآیی، صرفه‌جویی در وقت، نیروی انسانی و امکان استفاده از سیستم‌های شخم حداقل است، اما اعتماد بیش از حد به این روش، خطرناک بوده است. افزایش مقاومت علف های هرز به علف‌کش‌ها و مشکلات زیست‌محیطی نظیر آلودگی آب های زیرزمینی منجر به اتخاذ راهکارهای مدیریتی جهت کاهش مصرف علف‌کش‌های شیمیایی و تولید علف‌کش‌های جدید بر اساس مواد طبیعی شده است (۲۸). آللوکمیکال‌ها به عنوان متابولیت‌های ثانویه، معمولاً اثرهای سوئی بر گیاهان اطراف خود دارند. آللوکمیکال ها به‌روش‌های مختلفی مانند شستشو از برگ‌ها[5]، ترشح ریشه‌ای[6]، تجزیه توسط ریزجانداران[7] و تبخیر[1] از سطح تاج‌پوشش آزاد می‌شوند

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
(*- نویسنده مسئول: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir)
۳- دانشیار گروه علوم علف‌های هرز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۴- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

5- Leaching
6- Exudation
7- Decomposition

(۳۵). این پدیده غالباً بیشتر از رقابت برای نور، آب و مواد غذایی باعث کاهش رشد و نمو گیاهان اطراف می‌شود (۳۰). همچنین آللوکمیکال‌ها دارای اثرات عمدتاً منفی بر روی گیاهان شامل تأخیر و یا مهار جوانه‌زنی، کاهش تراکم بوته، کاهش توان گیاهچه، کاهش پنجه‌زنی، کلروزه شدن، پژمردگی و افزایش ابتلا به بیماری‌ها می باشد، این رویکرد می‌تواند عاملی برای حفاظت از محیط زیست و توسعه کشاورزی باشد (۳۸). متابولیت‌های ثانویه گیاهی به عنوان مواد آللوشیمیایی، تنها بر یک عمل فیزیولوژیک مؤثر نبوده، بلکه بر جنبه‌های متعددی از جمله میزان رنگدانه‌ها و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت اثر دارند و حتی تغییر ژنتیکی در گیاهان می‌تواند تحت تأثیر این مواد قرار گیرد (۲۹). ترکیبات دگرآسیب سبب تغییر در مسیر بیان ژن‌ها، بازدارندگی جوانه‌زنی، تقسیم میتوز و فتوسنتز در گیاهان اطراف خواهند شد. همچنین این ترکیبات با اختلال در فعالیت آنزیم های حیاتی گیاهان نظیر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، آلفا آمیلاز و ساکارز سنتتاز موجب آسیب‌پذیری سایر گیاهان می‌شوند (۱۸). آنزیم های آنتی‌اکسیدانی از جمله آنزیم‌هایی است که از سلول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کنند و برای برخی از سلول‌ها حتی در شرایط طبیعی ضروری است. کاتالاز نقش مهمی در کسب مقاومت در برابر تنش اکسایشی در واکنش‌های تطبیقی سلول‌ها بازی می‌کند و پراکسیداز در گیاهان دارای نقش‌های چندگانه‌ی فیزیولوژیک و بیوشیمیایی است و در ایجاد پیوند با مولکول‌های دیواره‌ی سلولی، اکسایش اکسین، تولید لیگنین و پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده دخالت دارد (۳۱). اوراسز و همکاران (۲۷) نتیجه گرفتند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز و کاتالاز تحت تأثیر ترکیبات دگرآسیب آفتابگردان در گیاهچه خردل وحشی کاهش یافت که منجر به عدم توانایی گیاهچه در دفع رادیکال‌های آزاد اکسیژن و در نتیجه تخریب غشای سلولی شد.

عملکرد آللوکمیکال‌ها به دو صورت می‌باشد: بعضی با تحریک فعالیت آنزیم‌های اکسیدکننده رادیکال‌های آزاد از افزایش صدمات جلوگیری می‌کنند و بعضی دیگر با مهار مستقیم آنزیم‌ها سبب آسیب شدید سلول‌های گیاهی می‌شوند. اهرابی و انتشاری (۱) مشاهده کردند کومارین به‌عنوان یک ماده دگرآسیب باعث کاهش جوانه‌زنی، میزان کلروفیل و رشد گیاهچه‌های کلزا شد. درحالی‌که میزان آنتی اکسیدان‌هایی با وزن مولکولی کم نظیر آنتوسیانین و کاروتنوئیدها افزایش معنی‌داری پیدا کردند. همچنین کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در حضور غلظت‌های کومارین از نظر آماری معنی‌دار نبود. فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز به عنوان یک آنزیم آنتی‌اکسیدان با افزایش غلظت این ترکیب فنلی افزایش نشان داد. نیاکان و همکاران (۲۶) مشاهده کردند فعالیت آنزیم‌های نیترات‌ردوکتاز، کاتالاز و پراکسیداز در ریشه و اندام هوایی سویا تحت تأثیر عصاره آبی کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ولی در گندم تنها از فعالیت آنزیم پراکسیداز کاسته شد و آنزیم کاتالاز با کاربرد عصاره کلزا روند افزایشی پیدا کرد. همچنین آللوکمیکال‌ها به عنوان بازدارنده فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، سلولاز، پلی‌گالاکتوروناز، آمیلاز و تعدادی آنزیم‌های دیگر می‌باشند. گزارش شده است که گونه‌های براسیکا محتوی یک نوع آللوکمیکال ویژه به‌نام گلوکوزینولات هستند که پس از هیدرولیز توسط آنزیم میروزیناز به ترکیبات بازدارنده مانند ایزوتیوسیانات، تیوسیانات و نیتریل تبدیل می‌شوند (۱۳).

سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) به‌عنوان پنجمین غله در رژیم غذایی به‌عنوان تولید کننده مواد آللوپتیک جهت کنترل علف‌های هرز استفاده می‌شود. سورگوم دارای ۹ ترکیب آللوکیمیکالی همچون اسید فرولیک، کافئیک اسید، گالیک اسید، فسفو کوماریک اسید، ام کوماریک اسید، کلروژنیک اسید، وانیلیک اسید، فنولیک و هیدروکسی بنزوئیک اسید است که جوانه‌زنی، سبز شدن، تراکم و بیوماس علف‌های هرزی همچون تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L)، ترشک (*Rumex dentatus* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.) را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۴). سورگولون موجود در سورگوم به‌عنوان بازدارنده فتوسنتز از طریق توقف چرخه انتقال الکترون عمل کرده و نقش بازدارندگی آن در فتوسیستم II بیشتر از علف‌کش آترازین می‌باشد (۴). کاربرد ۵ درصد محلول سورگاب ۳۰ روز بعد از کاشت گندم، عملکرد گندم را ۱۴ درصد افزایش و بیوماس علف‌های هرز را ۴۰–۲۰ درصد کاهش داد (۱۵). همچنین محلول‌پاشی سورگاب بطور قابل توجهی باعث کاهش ۳۹–۲۲ درصدی جمعیت سلمه تره، پیچک، خونی واش، جو دوسر و ترشک نسبت به تیمار شاهد گردید (۱۴). وستون و همکاران (۳۷) مشاهده کردند که بقایای سورگوم دارای اثرات آللوپاتی قوی در مهار علف‌های هرز در سیستم‌های تک کشتی و یا چندکشتی می‌باشد.

تلخه با نام علمی *Acroptilon repens* L.، گیاه چندساله علفی متعلق به خانواده آستراسه و بومی آسیا از جمله ایران می‌باشد. توان رقابتی بالای تلخه به‌دلیل داشتن ریزوم، ترکیبات آللوپتیک و سازگاری وسیع اکولوژیکی، این گیاه را به عنوان یک علف هرز مهاجم در جهان معرفی کرده است. تلخه دارای ترکیباتی همچون فلاونوئید و ۷–۸ بنزوفلاوین است که در غلظت‌های بالاتر از ۱۰۰ میکروگرم در لیتر اثر بازدارندگی بر گیاهان، باکتری‌ها و پستانداران دارند (۲ و ۳۰).

جستجو و توسعه برای علف‌کش‌های جدید، جداسازی، شناسائی و سنتز ترکیبات جدید از گیاهان دارای توان آللوپاتی سطح دیگری از تحقیقات می‌باشد که با شناسائی توان آللوپاتیک گیاهان آغاز می‌شود. از پتانسیل آللوپاتی گیاهان در تحقیقات برای یافتن علف‌کش‌های

1- Volatilization

طبیعی می‌توان استفاده نمود، بطوری‌که این ترکیبات اختصاصی‌تر عمل کرده و نسبت به علف‌کش‌های مصنوعی موجود، عوارض نامناسب زیست محیطی کمتری خواهند داشت. همچنین کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز روشی است که ضمن رعایت اصول اکولوژیکی می‌تواند تراکم علف‌های هرز را زیر سطح خسارت اقتصادی نگه بدارد (۲۹ و ۳۴). تقریباً همه گزارشات بر اثرات آللوپاتی روی پارامترهای جوانه‌زنی متمرکز شده است. در حالی‌که، چندین مطالعه نشان داده است جهت ارزیابی اثرات آللوپاتی، صفات رشدی در مرحله‌ی گیاهچه‌ای حساس‌تر از شاخص‌های جوانه‌زنی و در نتیجه پارامترهای مناسب‌تری جهت سنجش درجه سمی بودن مواد آللوکمیکال می‌باشد (۲۸). مهدوی‌کیا و همکاران (۲۵) بیان کردند رشد ریشه و ساقه حساس‌تر از مرحله جوانه‌زنی به عصاره آبی حاصل از گیاهان دارای توانایی آللوپاتیک می‌باشند و اظهار داشتند که حتی اگر گیاه در حضور عصاره آبی توانایی جوانه‌زنی داشته باشد در مراحل بعدی، رشد گیاهچه آن دچار مشکل خواهد شد. در همین راستا پژوهشی با هدف بررسی پتانسیل آللوپاتیک عصاره آبی بخش هوایی گیاه زراعی سورگوم و علف‌هرز تلخه به‌عنوان علف‌کش طبیعی بر خصوصیات فیزیولوژیکی گندم، چغندرقند، سلمه‌تره و تاج‌خروس در مرحله گیاهچه‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل ۲ فاکتوره در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در این آزمایش اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و تلخه (*Acroptilon repens*) به‌عنوان ماده دگرآسیب در چهار سطح صفر (آب مقطر)، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد روی دو گیاه زراعی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) و دو علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) و تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L) مورد بررسی قرار گرفتند. برای تهیه عصاره، اندام‌های هوایی تلخه و سورگوم از مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه جمع آوری و در سایه نگهداری شدند تا کاملاً خشک شوند. پودر نمونه‌های خشک شده به مقدار صفر (شاهد)، ۵۰ گرم (۵ درصد)، ۱۰۰ گرم (۱۰ درصد) و ۲۰۰ گرم (۲۰ درصد) بصورت جداگانه در یک لیتر آب مقطر حل و به مدت ۴۸ ساعت بر روی شیکر قرار داده سپس بوسیله کاغذ واتمن صاف و در دمای ۵- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۱۵). آزمایش‌های گلخانه‌ای در گلدان‌های یک بار مصرف به قطر ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه انجام شد. ابتدا بذرهای چغندرقند، گندم، تاج‌خروس و سلمه‌تره جوانه‌دار شده و از هرکدام ۲۵ جوانه به گلدان‌ها انتقال داده شد. بعد از ۲۰ روز آبیاری با آب و رشد گیاهچه‌ها، به‌مدت ۱۴ روز گلدان‌ها به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از سطوح عصاره آبی تلخه و سورگوم محلول‌پاشی شدند. ۱۰ روز بعد از محلول پاشی، نمونه‌برداری از برگ‌های توسعه یافته برای سنجش آنزیم‌های پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، کاتالاز، قند و پرولین صورت گرفت. بعد از جدا کردن ریشه‌ها از اندام هوایی، ۵ نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و طول ریشه، طول اندام هوایی، مجموع طول ریشه و اندام هوایی، وزن تر ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سپس جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد (۳۴).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش کار و میشرا (۲۲) اندازه گیری شد، به این ترتیب که ۶۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی را در ۲/۵ میلی لیتر بافر تریس ۵۰ میلی‌مولار با pH=۷ و ۰/۳ میلی‌لیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار در حمام یخ اضافه نموده و منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز نیز به روش کار و میشرا (۲۲) انجام شد به طوری‌که ۵۰ میکرولیتر عصاره پروتینی را در ۲/۵ میلی لیتر بافر استخراج که شامل بافر تریس ۱۰۰ میلی‌مولار و آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار و پیروگالل ۱۰ میلی‌مولار بود در حمام یخ افزوده و منحنی جذب تغییرات در طول موج ۴۲۵ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز

فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز نیز به روش کار و میشرا (۲۲) اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی را در ۱/۵ میلی‌لیتر تریس ۰/۲ مولار و ۰/۳ میلی‌لیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار حل نموده و سپس ترکیب حاصله را در حمام بن‌ماری با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه قرار داده و سپس میزان جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر یادداشت شد.

اندازه‌گیری پرولین

اندازه گیری پرولین از جوانترین برگ‌ها با استفاده از روش باتس و همکاران (۸) انجام گرفت. به این صورت که مقدار ۰/۱ گرم بافت برگی در دو میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳/۳ درصد سائیده شده و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس در لوله جداگانه دیگری، به ۲ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداسیتیک گلاسیال خالص اضافه شده و لوله‌ها به مدت یک ساعت

در بن‌ماری قرار گرفت. پس از اضافه کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها، به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس گردید. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و مقدار جذب در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد.

اندازه‌گیری مقدار قند محلول

برای اندازه‌گیری قند محلول طبق روش آریگون و همکاران (۲۳)، ابتدا عصاره الکلی از برگ‌ها تهیه شد. بدین صورت، ابتدا ۰/۵گرم از بافت برگی در هاون چینی کاملاً هموژن گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه و به لوله آزمایش دربدار منتقل شده و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد. مایع رویی جدا و به لوله ی دیگری منتقل شده و سپس دو بار و در هر بار پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و کاملاً شستشو گردید و بخش مایع رویی به لوله آزمایش منتقل شده و در نهایت ۱۵میلی‌لیتر از عصاره به دست آمد. عصاره‌ی حاصل، به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. بعد از جداسازی روشناور، ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره‌ی الکلی انتخاب و داخل لوله‌های آزمایشی ریخته شد. سپس سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده به آن اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه-ها در محیط آزمایشگاه، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها هم با استفاده از Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات رشدی گندم (جدول ۱) نشان داد که وزن تر و خشک اندام هوایی آن تحت تأثیر معنی‌دار غلظت و ترکیب تیماری عصاره با غلظت قرار گرفت. همچنین وزن تر و خشک ریشه گندم تحت تأثیر معنی‌دار نوع عصاره، غلظت و ترکیب تیماری عصاره با غلظت واقع شد. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) حاکی از آن است که با افزایش غلظت عصاره سورگوم و تلخه، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه گندم کاهش معنی‌داری پیدا می‌کنند. کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی گندم در غلظت ۲۰ درصد سورگوم و بعد از آن در غلظت ۲۰ درصد تلخه مشاهده شد، به‌طوری‌که وزن تر و خشک اندام هوایی گندم در غلظت ۲۰ درصد سورگوم نسبت به شاهد به‌ترتیب ۶۲/۵ و ۶۲/۴۷ درصد کاهش داشتند. بررسی رابطه رگرسیونی (شکل‌های ۱- الف و ۱- ب) نشان می‌دهد میزان این دو صفت گیاهچه گندم همزمان با افزایش غلظت عصاره آبی سورگوم و تلخه به صورت خطی کاهش یافته و در بالاترین غلظت به حداقل ممکن رسیدند. همچنین کمترین وزن تر و خشک ریشه گندم به غلظت ۲۰ درصد تلخه و بعد از آن به غلظت ۲۰ درصد سورگوم تعلق داشت (جدول ۲). بررسی روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و وزن تر و خشک ریشه (شکل‌های ۱- ج و ۱- د) این موضوع را تأیید می‌کنند که با کاربرد عصاره تلخه و همزمان با غلیظتر شدن آن، وزن تر و خشک ریشه گندم کاهش شدیدتری پیدا کردند.

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گندم تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 1- Analasis of variance of wheat growth indices as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
عصاره Extract	1	0.0009 ^{ns}	0.00011^{ns}	2.84*	0.044*
غلظت Concentration	3	23.47**	0.28**	21.45**	0.33**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	1.05**	0.013**	8.81**	0.137**
خطا Erorr	16	0.16	0.0019	0.15	0.002
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.48	6.48	5.99	5.99

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

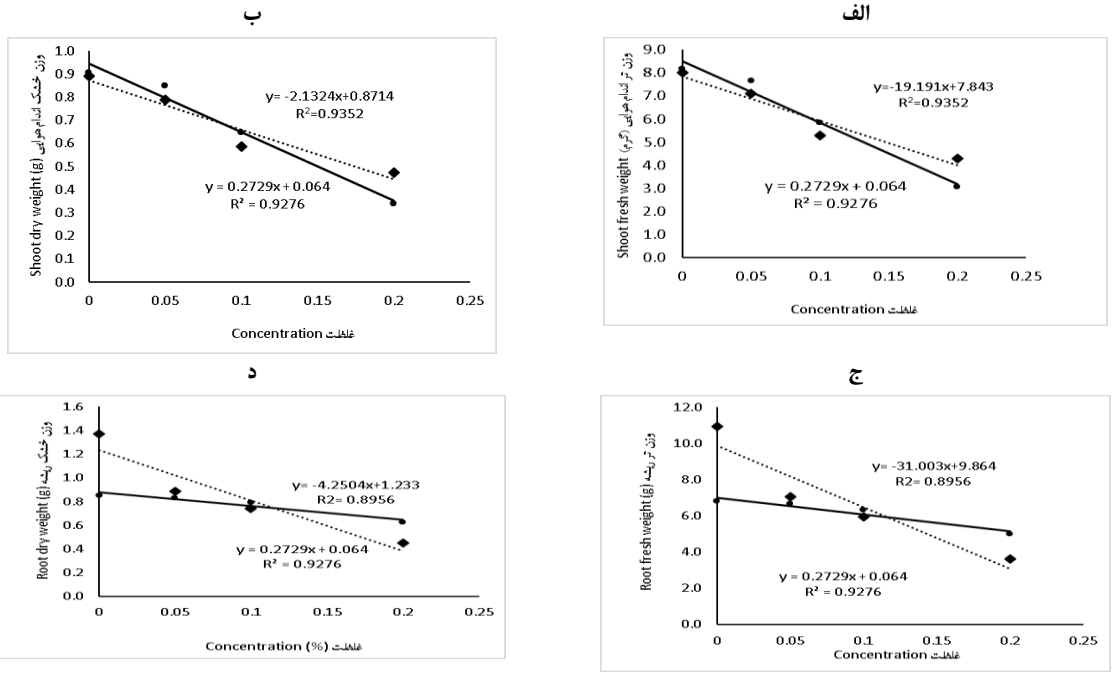
جدول ۲- میانگین شاخص‌های رشدی گندم (گرم) تحت تأثیر ترکیب تیماری نوع عصاره با غلظت

Table 2- Mean of wheat growth indices (g) as influenced by treatment combination of extract and concentration

عصاره Extract	غلظت Concentration	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
سورگوم Sorghum	0	8.16^{a}	0.906^{a}	10.6^{a}	1.22^{a}
	5%	7.64^{ab}	0.84^{ab}	6.65^{bc}	0.83^{bc}
	10%	5.84^{c}	0.64^{c}	6.35^{cd}	0.79^{cd}
	20%	3.06^{e}	0.34^{e}	5^{e}	0.62^{e}
تلخه Russian Knapweed	0	8.01^{a}	0.89^{a}	10.95^{a}	1.36^{a}
	5%	7.09^{b}	0.78^{b}	7.065^{b}	0.88^{b}
	10%	5.28^{c}	0.58^{c}	5.94^{d}	0.74^{d}
	20%	4.27^{d}	0.47^{d}	3.6^{f}	0.45^{f}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column



شکل ۱- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره با وزن تر اندام هوایی (الف)، وزن خشک اندام هوایی (ب)، وزن تر ریشه (ج) و وزن خشک ریشه (د) گندم. سورگوم (●)، تلخه (■)

Figure 1- Linear regression relationships between concentration with shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight of wheat. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

وزن تر و خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی چغندرقند فقط تحت تأثیر معنی‌دار غلظت عصاره قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات رشدی گیاهچه چغندرقند (جدول ۴) نشان داد که کمترین مقادیر صفات مورد مطالعه در غلظت‌های ۲۰ و ۱۰ درصد عصاره آبی سورگوم و تلخه مشاهده شد. با توجه به شکل‌های ۲- الف، ۲- ب، ۲- ج و ۲- د، اثر عصاره آبی تلخه بیشتر از عصاره آبی سورگوم بوده است، به‌طوری‌که با افزایش غلظت عصاره آبی تلخه، مقادیر صفات رشدی چغندرقند کاهش شدیدتری یافتند.

تجزیه واریانس صفات تاج‌خروس (جدول ۵) نشان داد که صفات رشدی آن فقط تحت تأثیر معنی‌دار غلظت عصاره واقع شدند. کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی گیاهچه تاج‌خروس در غلظت ۲۰ درصد عصاره بدون تفاوت معنی‌دار با غلظت ۱۰ درصد مشاهده شد. همچنین کمترین وزن تر و خشک ریشه تاج‌خروس به غلظت ۲۰ درصد عصاره آبی سورگوم و تلخه تعلق داشت و بعد از آن به غلظت

۱۰ درصد عصاره مربوط بود (جدول ۶). بررسی روابط رگرسیونی خطی (شکل‌های ۳- الف، ۳- ب، ۳- ج و ۳- د) نشان داد که اثر بازدارندگی عصاره آبی سورگوم روی صفات رشدی تاج‌خروس بیشتر از عصاره تلخه بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی چغندرقند تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 3- Analasis of variance of sugar beet growth indices as influenced by sorghum and knapweed extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares			
		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
عصاره Extract	1	0.809^{ns}	0.00002^{ns}	0.0024^{ns}	0.00004^{ns}
غلظت Concentration	3	6.41**	0.0782**	0.67**	0.0137**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.0082^{ns}	0.00008^{ns}	0.026^{ns}	0.00049^{ns}
خطا Erorr	16	0.22	0.0028	0.023	0.00049
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.26	7.37	11.97	12.12

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- میانگین شاخص‌های رشدی چغندرقند (گرم) تحت تأثیر غلظت عصاره

Table 4- Mean of sugar beet growth indices (g) as influenced by concentration of extract

غلظت Concentration	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
0	7.68^{a}	0.85^{a}	1.72^{a}	0.244^{a}
5%	7.11^{a}	0.78^{b}	1.38^{b}	0.195^{b}
10%	5.87^{b}	0.65^{c}	1.12^{c}	0.159^{c}
20%	5.48^{b}	0.607^{c}	0.94^{c}	0.133^{c}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی تاج خروس تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 5- Analasis of variance of redroot pigweed growth indices as influenced by sorghum and knapweed extract

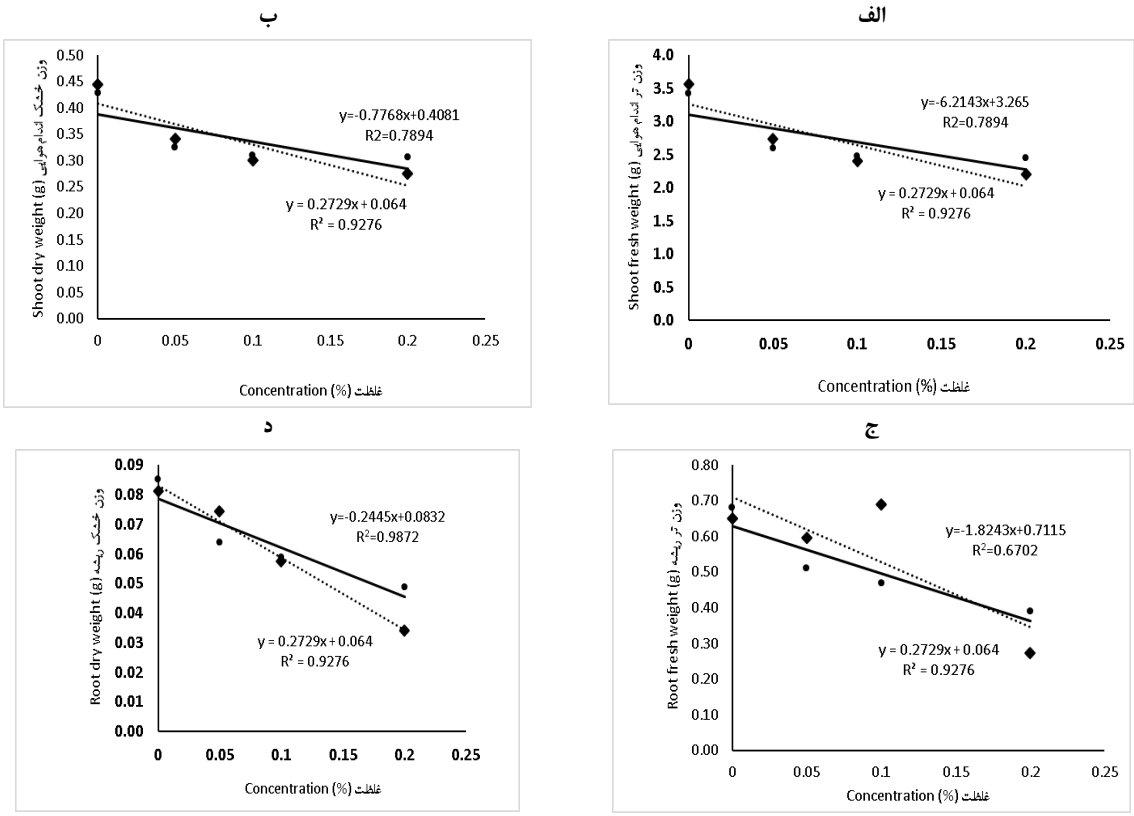
منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares			
		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
عصاره Extract	1	0.89^{ns}	0.011^{ns}	0.0013^{ns}	0.000037^{ns}
غلظت Concentration	3	2.62*	0.032*	0.17**	0.0049**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.049^{ns}	0.0006^{ns}	0.0033^{ns}	0.00009^{ns}
خطا Erorr	16	0.351	0.0043	0.0023	0.000064
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.8	13.8	4.39	4.39

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

وزن تر و خشک اندام هوایی سلمه‌تره فقط تحت تأثیر اثرات اصلی نوع عصاره و غلظت قرار گرفتند. ولی وزن تر و خشک ریشه آن علاوه بر اثر عصاره و غلظت تحت تأثیر ترکیب تیماری نوع عصاره با غلظت هم واقع شدند (جدول ۷). با توجه به شکل‌های ۴-

الف و ۴- ب و ۴- ج و ۴- د، اثر بازدارندگی عصاره آبی تلخه روی وزن تر و خشک اندام هوایی بیشتر از عصاره سورگوم بوده است و با افزایش غلظت عصاره اثر بازدارندگی هر دو عصاره به ویژه عصاره تلخه بیشتر شده است. طبق مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸)، کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی سلمه‌تره به غلظت ۲۰ درصد عصاره آبی سورگوم و تلخه تعلق داشت. به‌طوری‌که در غلظت ۲۰ درصد عصاره، وزن تر و خشک اندام هوایی سلمه‌تره به‌ترتیب ۲۷/۱۶ و ۲۶/۹۵ درصد کاهش یافتند. همچنین با توجه به این‌که کمترین وزن تر و خشک ریشه سلمه‌تره در غلظت ۲۰ درصد عصاره آبی تلخه و ۲۰ درصد عصاره سورگوم بدون تفاوت معنی‌دار با غلظت‌های ۱۰ و ۵ درصد عصاره تلخه مشاهده شد (جدول ۹)، می‌توان بیان کرد که اثر بازدارندگی عصاره تلخه بیشتر از عصاره سورگوم بوده است. روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و وزن تر و خشک ریشه (شکل‌های ۴- و و ۴- ه) این مطلب را تأیید می‌کند.



شکل ۲- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و وزن تر اندام هوایی (الف)، وزن خشک اندام هوایی (ب)، وزن تر ریشه (ج) و وزن خشک ریشه (د) چغندرقند. سورگوم (●)، تلخه (■)

Figure 2- Linear regrission relationships between concentration with shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight of sugar beet. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

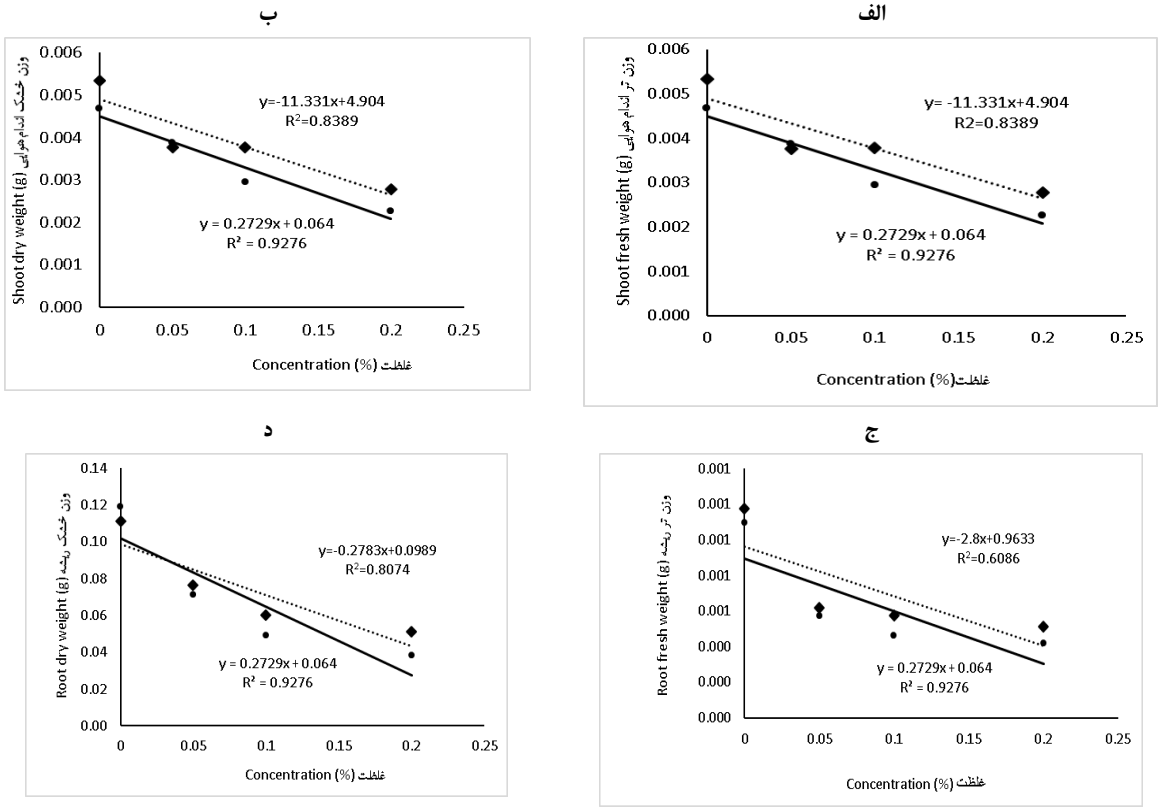
جدول ٦- میانگین شاخص‌های رشدی تاج خروس (گرم) تحت تأثیر غلظت عصاره

Table 6- Mean of redroot pigweed growth indices (g) as influenced by concentration of extract

غلظت Concentration	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
0	5.07^{a}	0.563^{a}	1.31^{a}	0.218^{a}
5%	4.53^{ab}	0.504^{ab}	1.15^{b}	0.191^{b}
10%	4.04^{bc}	0.448^{bc}	1.007^{c}	0.167^{c}
20%	3.53^{c}	0.392^{c}	0.917^{d}	0.152^{d}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column



شکل ۳- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و وزن تر اندام هوایی (الف)، وزن خشک اندام هوایی (ب)، وزن تر ریشه (ج) و وزن خشک ریشه (د) تاج خروس. سورگوم (●)، تلخه (■)

Figure 3- Linear regression relationships between concentration with shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight of redroot pigweed. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

نتایج یک پژوهش نشان داد که شاخص سطح برگ و وزن انـدام هوایی در نتیجه وجود مواد آللوکمیکال در عصاره به‌دلیل جلـوگیری از تقسیم و توسعه سلولی کاهش معنی‌داری پیدا کرد (۳). کاهش صفات رشدی در گیاهان بر اثر تنش‌های زیستی و غیر زیستی را می‌توان بـه کاهش میزان پروتئین کـل و تجزیـه آن بـه آمینواسـیدها نسـبت داد (۲۹). همچنین پژوهشگران علت کاهش رشد گیاهان تحت تاثیر مواد آللوپاتیک را ناشی از کاهش فتوسـنتز، تخریـب غشـای کلروپلاسـت سلول و کاهش تقسیم میتوز بیان نمودند که در نهایت منجر به توقف شدید میتوز در سلول‌های مریستمی ریشه‌چـه، سـاقه‌چـه و در نهایـت کاهش وزن ریشه و ساقه می‌گردد (۱۲ و ۳۶). آمو و همکاران (۶) هم بیان کردند بر اثر مصرف آللوکمیکال، توانایی گیاهان برای رشد نرمال در نتیجه کاهش طویل شدن ریشه‌چـه و نکـروزه شـدن آن بـه‌طـور معنی‌داری کاهش می‌یابد و بیـان کردنـد کـه طـول ریشـه شـاخص حساسی نسبت به فیتوتوکسین‌ها می‌باشـد. پودلکـو و همکـاران (۲۹) نتیجه گرفتند در غلظت‌های بیش از ۵ درصد عصـاره، گیاهچـه‌هـای لوپن حالت غیرنرمال (کاهش طول ریشه و ساقه، زمین‌گرایـی منفـی، عدم رشد ریشه‌های اولیه و برگ‌های لپه‌ای) پیدا می‌کننـد. همچنـین به دلیل نبود مواد مترشحه از کلاهک ریشه و در نتیجـه کمـی لعـاب نوک ریشه، مواد آللوکمیکال به‌راحتـی بـه دیـواره‌هـای سـلولی نفـوذ می‌کنند. مواد آللوکمیکال علاوه بر اینکه مانع جذب یون می‌شوند، به طور معنی‌داری تراوش یون از ریشه را افزایش داده، که این بر اختلال در عملکرد غشای سلولی سلول‌های ریشه دلالت دارد (۲۸). علاوه بر ایـــن، آللوکمیکال‌ها می‌توانند از طریق واکنش مستقیم با جزء اصلی غشا یا اختلال در برخی از کارکردهای ضروری متابولیسم محافظ کننده کارکرد غشاء، به غشای سلولی خسارت بـــــــرسانند. از طرفی ممکن است مواد آللوپاتی مانع از رشد و نمو اندام هوایی و همین طور اختلال در عملکرد روزنه‌ها شده که نهایتاً فرآیند فتوسنتز و تنفس مختل خواهد شـد (۲۹). پـژوهش دسـترس و همکـاران (۱۷) بیـانگر عکس‌العمل متفاوت وزن تر و خشک گیاهان زراعی بـه غلظـت‌هـای مختلف عصاره پیچک صـحرایی و تلخـه‌بیـان بـود. در بـین گیاهـان زراعی، جو با ۸۷/۲۱ درصد و ذرت بـا ۳۰/۸۷ درصـد بازدارنـدگی بـه ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین بـه عصـاره آبـی پیچـک صـحرایی

بودند. همچنین سلام و همکاران (۳۳) گزارش دادند پاسخ صفات گیاهان مختلف به ترکیبات اللوپاتیک متفاوت می‌باشد و شدت و تاثیر آن بر برخی از صفات بیشتر و در برخی از صفات کمتر می‌باشد. برای مثال در آزمایش پدالکو و همکاران (۲۹) بیشترین طول ریشه گندم به تیمار شاهد تعلق داشت و با افزایش غلظت عصاره کنف (*Cannabis sativa* L.) به بیشتر از ۵ درصد طول ریشه گندم کاهش معنی‌داری یافت. در حالی‌که طول ریشه چاودار و لوپن تا غلظت ۱۰ درصدی عصاره کنف تحت تأثیر واقع نشدند. از اثرات مهم ترکیبات اللوکمیکال‌ها می‌توان به مهار یا توقف سرعت جوانه‌زنی، تیرگی و تورم بذر، کاهش طول ریشه و ساقه، تورم یا نکروزه شدن ریشه، پیچش محور ریشه، تغییر رنگ و عدم تولید ریشه‌های مؤیین، کاهش وزن خشک و در نتیجه کاهش ظرفیت تولید مثل اشاره کرد (۹). الگندابی و الداریر (۳) نتیجه گرفتند که وزن خشک گیاهچه *Medicago polymorpha* تحت تأثیر عصاره آبی *Achilla santolina* L.، *Artemisia monosperma* Del.، *Pituranthus tortuosus* L. و *Thymus capitatus* L در همه غلظت‌ها به دلیل وجود مواد آللوکمیکال در عصاره کاهش معنی‌داری یافت. گزارش‌های فراوانی از اثر مواد آللوکمیکال بر آنزیم‌های متصل به غشا مانند پمپ H^+-ATP_{as} که در غشای پلاسمایی واقع شده است، وجود دارد. این پمپ مسئول تولید شیب الکتروشیمیایی پروتون بوده، بنابراین نیروی لازم برای جذب و برون شارش یون‌ها و متابولیت‌ها را از خلال غشای پلاسمایی فراهم می‌کند. ممانعت از عمل پمپ H^+-ATP_{asa} موجب کاهش در جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه‌ها شده که نتیجه آن اثر بر فرآیندهای ضروری گیاهان مانند فتوسنتز، تنفس یا سنتز پروتئین و در نهایت ممانعت از رشد ریشه و اندام هوایی خواهد بود (۱۹).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز

طبق تجزیه واریانس (جداول ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶) فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل‌اکسیداز گیاهان مورد مطالعه فقط تحت تأثیر غلظت عصاره واقع شدند. مشاهده می‌شود با افزایش غلظت عصاره بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز در همه گیاهان افزوده شده است. به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز گندم در غلظت ۲۰ درصد عصاره مشاهده شد و کمترین فعالیت به تیمار شاهد و بعد از آن به غلظت ۵ درصد عصاره مربوط بود (جدول ۱۱).

جدول ۷- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی سلمه تره تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 7- Analasis of variance of common lambsquarters growth indices as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares			
		وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
عصاره Extract	1	0.307*	0.0037*	0.075*	0.0011*
غلظت Concentration	3	1.39**	0.017**	0.213**	0.0033**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.031ns	0.00039ns	0.0221*	0.00034*
خطا Erorr	16	0.011	0.00014	0.0061	0.00009
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.08	3.08	5.69	5.69

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

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۸- میانگین شاخص‌های رشدی سلمه‌تره (گرم) تحت تأثیر غلظت عصاره

Table 8- Mean of common lambsquarters growth indices (g) as influenced by concentration of extract

غلظت Concentration	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
0	4.16a	0.46a
5%	3.63b	0.403b
10%	3.34c	0.371c
20%	3.03d	0.336d

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

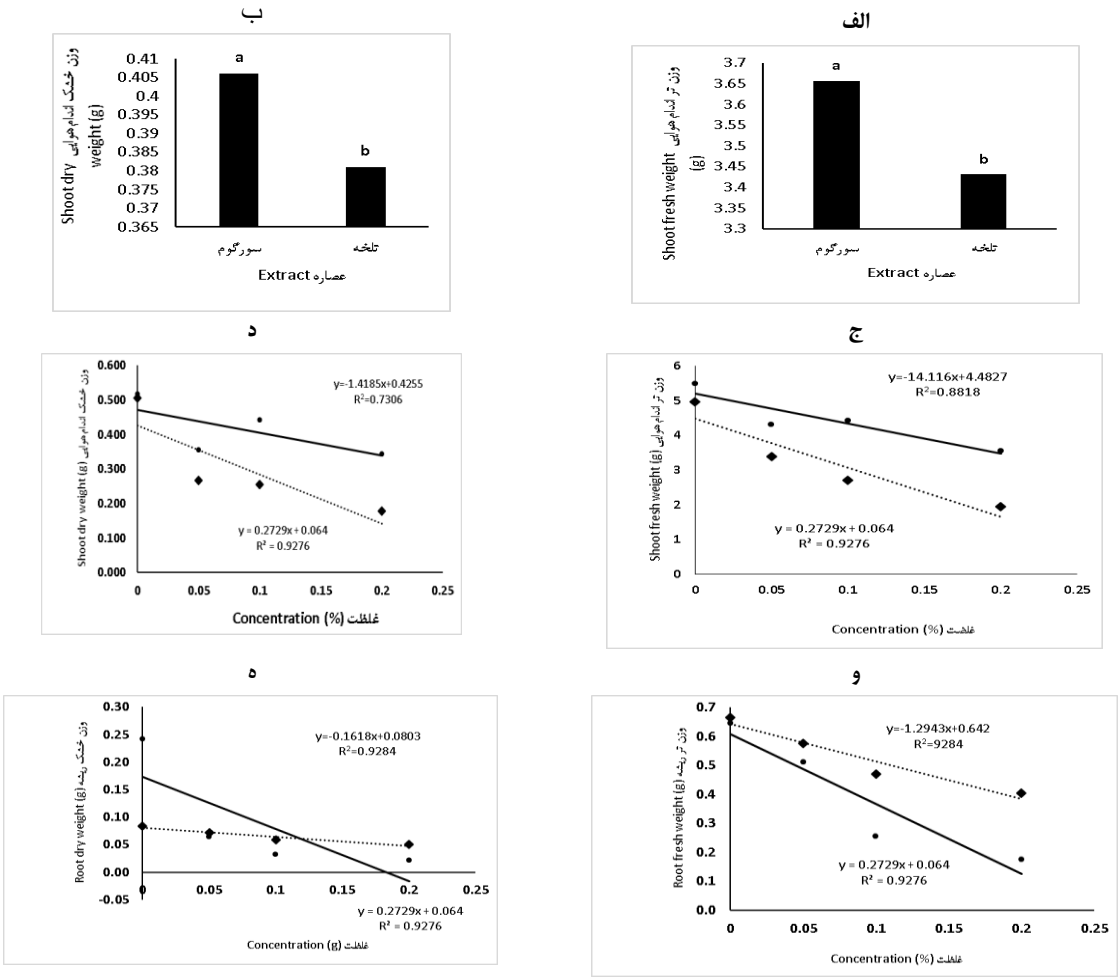
جدول ۹- میانگین وزن تر و خشک ریشه سلمه‌تره (گرم) تحت تأثیر ترکیب تیماری نوع عصاره و غلظت

Table 9- Mean of root fresh and dry weight of common lambsquarters as influenced by treatment combination of extract and concentration

عصاره Extract	غلظت Concentration	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weigh
سورگوم Sorghum	0	1.64[a]	0.205[a]
	5%	1.55[a]	0.193[a]
	10%	1.37[b]	0.171[b]
	20%	1.16[c]	0.145[c]
تلخه Russian Knapweed	0	1.58[a]	0.197[a]
	5%	1.26[bc]	0.158[bc]
	10%	1.27[bc]	0.157[bc]
	20%	1.15[c]	0.144[c]

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column



شکل ٤- مقایسه میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی با کاربرد عصاره آبی تلخه و سورگوم (٤- الف و ٤- ب) و روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و وزن تر اندام هوایی (الف)، وزن خشک اندام هوایی (ب)، وزن تر ریشه (ج) و وزن خشک ریشه (د) سلمه‌تره. سورگوم (●)، تلخه (■)

Figure 4- Mean comparison of shoot fresh weight, shoot dry weight by application of sorghum and knapweed aqueous extract. Linear regression relationships between concentrations with shoot fresh weight, shoot dry weight, root fresh weight, root dry weight of lambsquarters. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

همچنین بیشترین فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز و کاتالاز گیاهچه گندم به غلظت‌های ۲۰ و ۱۰ درصد عصاره مربوط بودند. روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره با فعالیت این آنزیم‌ها این مطلب را تأیید می‌کند که با افزایش غلظت عصاره بر میزان فعالیت این آنزیم‌ها در گندم افزوده شده است و نشان می‌دهد که اثر هر دو عصاره مشابه بوده است (شکل‌های ۵- الف، ۵-ب و ۵- ج). در گیاهچه چعندرقند میزان آنزیم پراکسیداز فقط در غلظت ۲۰ درصد با بقیه سطوح متفاوت بود و میزان آنزیم پلی فنل اکسیداز روندی مشابه گیاهچه گندم داشت ولی آنزیم کاتالاز آن نسبت به گندم افزایش معنی‌داری با افزایش غلظت پیدا کرد (جدول ۱۳ و شکل ۶- الف، ۶- ب و ۶- ج). روند افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در تاج خروس و سلمه تره مشابه گندم و چغندرقند بود. به‌طوری‌که آنزیم‌های پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز و کاتالاز گیاهچه تاج خروس در غلظت ۲۰ درصد عصاره نسبت به شاهد به ترتیب ۶۴/۰۵، ۲۲/۳۴ و ۱۱۸/۲۱ درصد افزایش داشتند (جدول ۱۵) و در گیاهچه سلمه‌تره هم میزان این آنزیم‌ها در غلظت ۲۰ درصد نسبت به شاهد به‌ترتیب ۶۵/۹۷، ۲۵/۰۷ و ۱۱۱/۷ درصد بودند (جدول ۱۷). بررسی روابط رگرسیونی خطی در گیاهچه تاج خروس (شکل ۷- الف، ۷- ب و ۷- ج) نشان داد که اثر عصاره تلخه در افزایش کاتالاز کمی بیشتر از عصاره سورگوم بوده ولی در مورد آنزیم پراکسیداز اثر عصاره تلخه در غلظت‌های بالا بیشتر بوده است. همچنین اثرگذاری عصاره سورگوم در افزایش میزان آنزیم کاتالاز سلمه‌تره بیشتر از عصاره تلخه بوده است (شکل ۸-الف). ولی روند افزایش آنزیم‌های پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز مشابه بقیه گیاهان بود (شکل ۸- ب و ۸- ج). بیان شده که سمیت‌زدایی مواد دگرآسیب جذب شده توسط سلول‌های گیاهی منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شود (۲۵ و ۴۰). همچنین برخی از مواد آللوکمیکال به طور مستقیم در تولید ROS دخالت دارند و افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌تواند پاسخ ثانویه در برابر افزایش رادیکال‌های آزاد باشد (۲۵). یو و همکاران (۳۹) مشاهده کردند عصاره حاصل از برگ و ریشه خیار میزان هدایت روزنه‌ای، تعرق برگی و فتوسنتز خالص را کاهش ولی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را افزایش داد. به‌طوری که میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز به ترتیب ۹۱-۱۰ و ۱۱۹-۶۱ درصد با افزایش تدریجی غلظت عصاره افزایش یافتند. همچنین میزان آنیون سوپراکسید در ریشه خیار با افزایش غلظت عصاره افزایش پیدا کرد. گزارش شده برخی از آللوکمیکال‌ها فعالیت آنزیم‌هایی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز را افزایش و برخی از فعالیت این آنزیم‌ها می‌کاهند (۲۵). کاهش فعالیت آنزیم‌ها ممکن است باعث افزایش تجمع اکسیژن فعال (ROS) در گیاه شود که این عمل موجب پراکسیداسیون لیپید و در انتها منجر به تخریب سیستم‌های غشایی و از هم پاشیده شدن رشته های DNA می‌گردد (۷). مشاهدات فرهودی و همکاران (۱۸) بیانگر کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز و پراکسیداز یولاف وحشی تحت محلول‌پاشی عصاره آبی گندم بود. البته غلظت ۲۵ درصد عصاره آبی گندم سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم پراکسیداز در مقایسه با شاهد گردید. لورنز و همکاران (۲۴) مشاهده نمودند که محلول پاشی عصاره گیاه آکاسیا موجب کاهش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تخریب غشاهای سلولی گیاهچه و در انتها کاهش وزن تر می‌گردد.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین و قند گیاه گندم تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 10- Analasis of variance of wheat antioxidant enzymes, proline and carbohydrate as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares				
		قند Soluble sugar	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas	پراکسیداز Peroxidase
عصاره Extract	1	0.0002^{ns}	0.000012^{ns}	0.00027^{ns}	0.015^{ns}	0.00032^{ns}
غلظت Concentration	3	0.0044**	0.0089**	0.108*	0.123**	0.0313**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.00027^{ns}	0.000074^{ns}	0.00018^{ns}	0.0014^{ns}	0.00043^{ns}
خطا Erorr	16	0.00028	0.00031	0.013	0.0082	0.00031
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		9.55	16.15	25.14	6.37	4.36

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۱- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی سورگوم و تلخه بر صفات فیزیولوژیک گندم

Table 11- Effect of different concentrations of sorghum and knapweed aqueous extract on wheat physiological characteristics

غلظت Concentration	قند Soluble sugar (µmolg^{-1}FW)	پرولین Proline (µgg^{-1}FW)	کاتالاز Catalase (µgg^{-1}FW)	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas (µgg^{-1}FW)	پراکسیداز Peroxidase (µgg^{-1}FW)
0	0.143c	0.071c	0.308c	1.26b	0.329d
5%	0.165b	0.86c	0.392bc	1.34b	0.368c
10%	0.193a	0.122b	0.504ab	1.49a	0.437b
20%	0.203a	0.157a	0.616a	1.58a	0.491a

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

جدول ۱۲- تجزیه واریانس برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین و قند گیاه چغندرقند تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 12- Analasis of variance of sugar beet antioxidant enzymes activity, proline and carbohydrate as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares				
		قند Soluble sugar	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas	پراکسیداز Peroxidase
عصاره Extract	1	0.00006^{ns}	0.000096^{ns}	0.0075*	0.001^{ns}	0.0037^{ns}
غلظت Concentration	3	0.0028**	0.012**	0.076**	0.142*	0.0452*
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.000057^{ns}	0.000044^{ns}	0.0017^{ns}	0.0014^{ns}	0.0017^{ns}
خطا Erorr	16	0.000026	0.00028	0.00084	0.011	0.0048
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.97	13.88	5.79	7.65	18.74

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۱۳- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی سورگوم و تلخه بر صفات فیزیولوژیک چغندرقند

Table 13- Effect of different concentrations of sorghum and knapweed aqueous extract on sugar beet physiological characteristics

غلظت Concentration	قند Soluble sugar (µmolg^{-1}FW)	پرولین Proline (µgg^{-1}FW)	کاتالاز Catalase (µgg^{-1}FW)	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas (µgg^{-1}FW)	پراکسیداز Peroxidase (µgg^{-1}FW)
0	0.056^{d}	0.072^{d}	0.376^{d}	1.266^{b}	0.289^{b}
5%	0.084^{c}	0.101^{c}	0.441^{c}	1.34^{b}	0.34^{b}
10%	0.094^{b}	0.139^{b}	0.559^{b}	1.51^{a}	0.374^{b}
20%	0.108^{a}	0.175^{a}	0.626^{a}	1.6^{a}	0.488^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

پرولین

تجزیه واریانس (جداول ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶) نشان داد که میزان پرولین برگ گیاهان مورد مطالعه فقط تحت تأثیر غلظت عصاره قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها (جداول ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۷) و روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره و میزان پرولین نشان دادند با افزایش غلظت عصاره تا ۲۰ درصد، میزان پرولین در همه گیاهان افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند. به‌طوری‌که کمترین و بیشترین میزان پرولین در همه گیاهان به‌ترتیب در تیمار شاهد و غلظت ۲۰ درصد عصاره آبی سورگوم و تلخه مشاهده شد. با توجه به شکل‌های ۵- د و ۶- د مشاهده می‌شود در گیاهان زراعی گندم و چغندرقند میزان اثرگذاری عصاره تلخه در افزایش پرولین به طور جزیی بیشتر از عصاره سورگوم است ولی در علف هرز سلمه‌تره (شکل ۸- د) و تا حدودی در تاج‌خروس (شکل ۷- د) در غلظت‌های پایین، اثر عصاره تلخه در افزایش میزان پرولین بیشتر از عصاره سورگوم بوده ولی با افزایش غلظت، تأثیر عصاره سورگوم بیشتر شده است. تجزیه پروتئین و تبدیل آن به آمینواسیدهایی از قبیل پرولین بر اثر مواد دگرآسیب را دلیل افزایش پرولین تحت شرایط تنش آللوپاتی ذکر شده است (۲۰).

همچنین مهدوی‌کیا و همکاران (۲۵) تجمع پرولین در گیاه تربچه

را نشانگر خسارت سلولی ایجاد شده توسط ROS با کاربرد عصاره آبی نعناع فلفلی می‌دانند. زیرا مواد آللوکمیکال حاصل از نعناع فلفلی تنش اکسیداتیو را از طریق تولید ROS و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بوجود می‌آورد. پرولین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی نقش مهمی در حفاظت گیاه داشته و نشانگری برای شرایط تنش در گیاهان در نظر گرفته می‌شود. پرولین در این شرایط یا از گلوتامات سنتز می‌شود و یا اینکه در اثر افزایش پروتئولیز میزان پرولین افزایش می‌یابد (۱۰).

جدول ١٤- تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین و قند گیاه تاج خروس تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 14- Analasis of variance of redroot pigweed antioxidant enzymes, proline and carbohydrate as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		قند Soluble sugar	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas	پراکسیداز Peroxidase
عصاره Extract	1	0.0006**	0.0001^{ns}	0.00006^{ns}	0.0015^{ns}	0.0024^{ns}
غلظت Concentration	3	0.0014**	0.015**	0.137**	0.096**	0.045**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.00007*	0.00017^{ns}	0.0047^{ns}	0.0008^{ns}	0.00084^{ns}
خطا Erorr	16	0.000009	0.00014	0.007	0.0024	0.00083
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.92	10.56	17.44	3.38	7.38

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ١٥- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره سورگوم و تلخه بر صفات فیزیولوژیک تاج خروس

Table 15- Effect of different concentrations of sorghum and knapweed extract on redroot pigweed characteristics

غلظت Concentration	پرولین Proline ($\mu g g^{-1} FW$)	کاتالاز Catalase ($\mu g g^{-1} FW$)	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas ($\mu g g^{-1} FW$)	پراکسیداز Peroxidase ($\mu g g^{-1} FW$)
0	0.0655^{d}	0.302^{c}	1.32^{d}	0.306^{c}
5%	0.087^{c}	0.434^{b}	1.4^{c}	0.341^{c}
10%	0.126^{b}	0.534^{b}	1.508^{b}	0.146^{b}
20%	0.18^{a}	0.659^{a}	1.615^{a}	0.502^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

جدول ١٦- تجزیه واریانس آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین و قند گیاه سلمه‌تره تحت تأثیر عصاره آبی سورگوم و تلخه

Table 16- Analasis of variance of lambsquarters antioxidant enzymes, proline and carbohydrate as influenced by sorghum and knapweed aqueous extract

منابع تغییرات Source of variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares				
		قند Soluble sugar	پرولین Proline	کاتالاز Catalase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas	پراکسیداز Peroxidase
عصاره Extract	1	0.00057*	0.00004^{ns}	0.0041^{ns}	0.022^{ns}	0.00029^{ns}
غلظت Concentration	3	0.0027**	0.0127**	0.145**	0.116**	0.0466**
عصاره*غلظت Concentration* Extract	3	0.0005^{ns}	0.00002^{ns}	0.0012^{ns}	0.0011^{ns}	0.00012^{ns}
خطا Erorr	16	0.000046	0.00014	0.0046	0.0064	0.0032
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.95	9.31	14.6	5.63	14.99

^{ns}، *و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

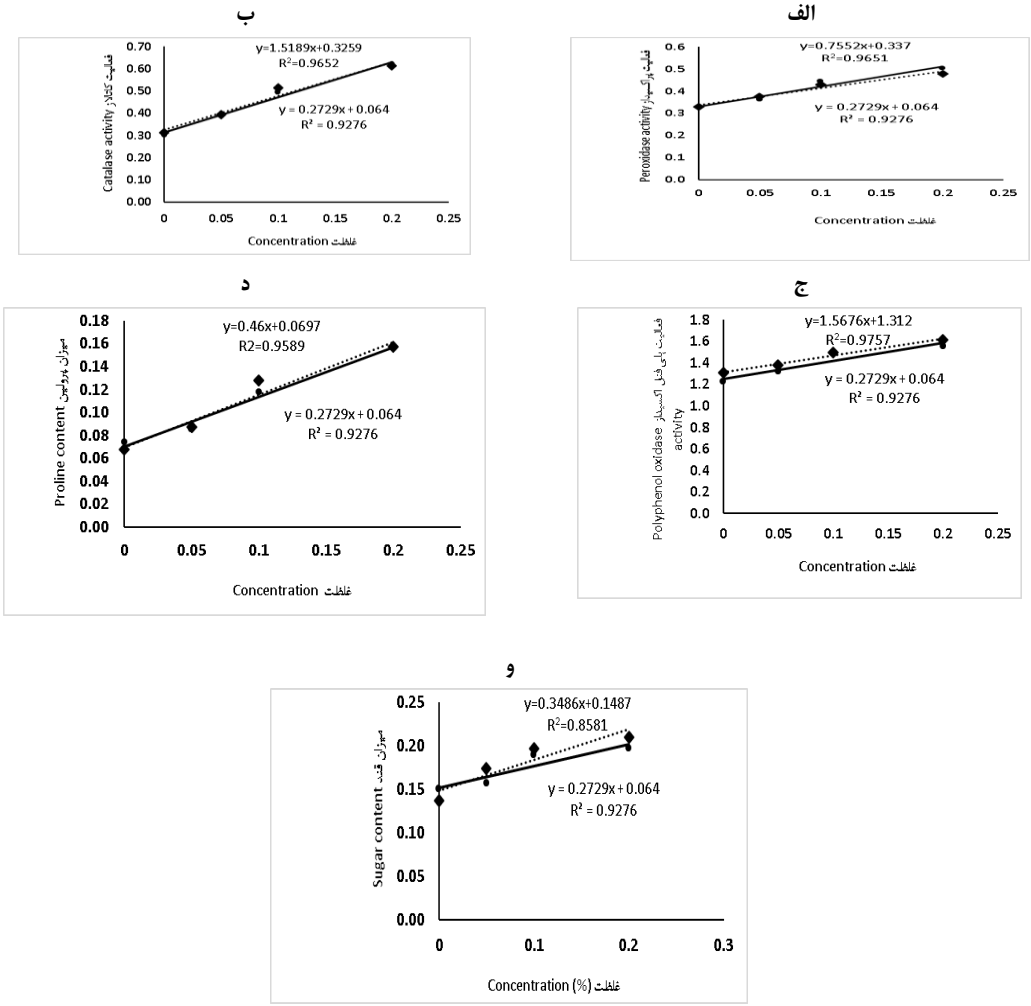
جدول ۱۷- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی سورگوم و تلخه بر صفات سلمه‌تره

Table 17- Effect of different concentrations of sorghum and knapweed aqueous extract on lambsquarters properties

غلظت Concentration	قند Soluble sugar (µmolg^{-1}FW)	پرولین Proline (µgg^{-1}FW)	کاتالاز Catalase (µgg^{-1}FW)	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidas (µgg^{-1}FW)	پراکسیداز Peroxidase (µgg^{-1}FW)
0	0.06^{d}	0.079^{d}	0.316^{c}	1.28^{c}	0.291^{b}
5%	0.077^{c}	0.106^{c}	0.379^{c}	1.34^{c}	0.329^{b}
10%	0.095^{b}	0.142^{b}	0.503^{b}	1.45^{b}	0.427^{a}
20%	0.109^{a}	0.186^{a}	0.669^{a}	1.601^{a}	0.483^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد است

Means with the same letters are not significantly different based on the LSD test ($p< 0.05$) in each column

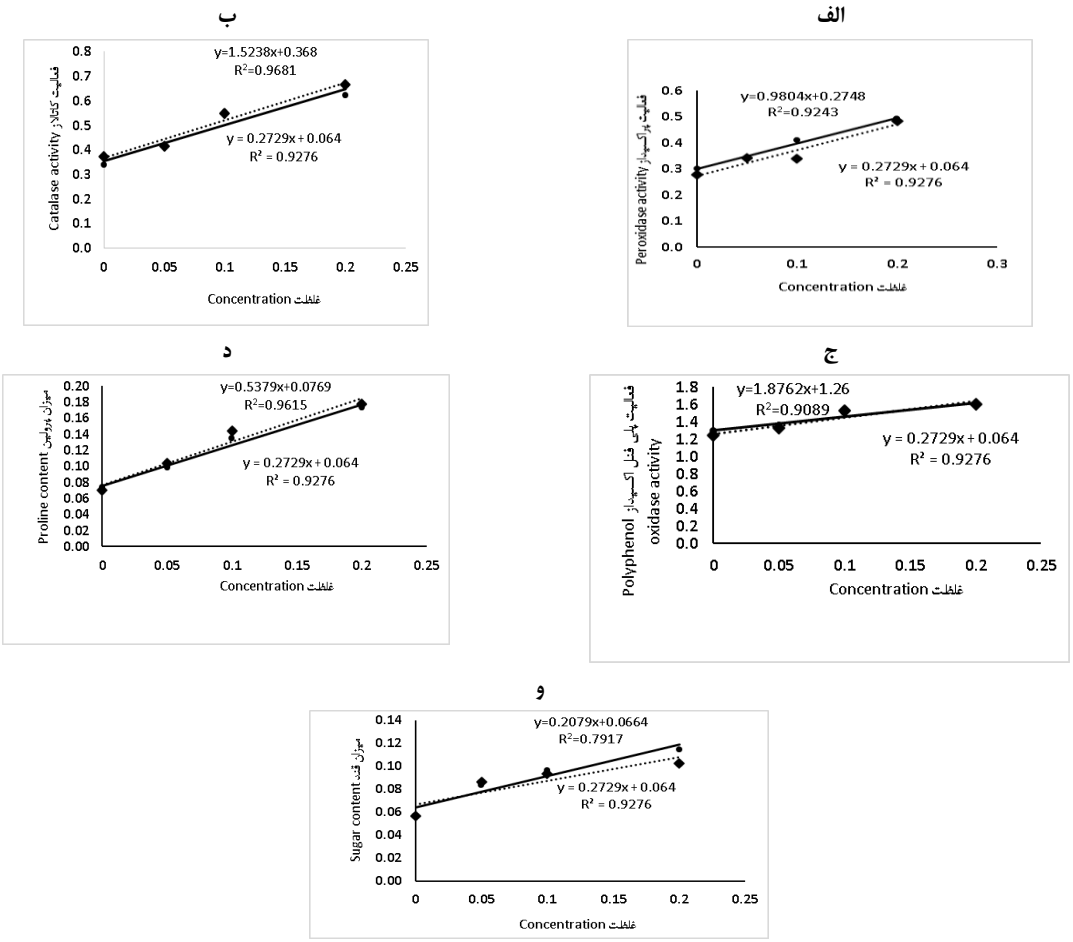


شکل ۵- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره با میزان پراکسیداز (الف)، کاتالاز (ب)، پلی فنل اکسیداز (ج)، پرولین (د)، قند محلول (و) در گندم. عصاره سورگوم (●)، عصاره تلخه (■)

Figure 5- Linear regression relationships between concentration with soluble sugar, proline, catalase, polyphenoloxidase and peroxidase of wheat. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

پرولین علاوه بر نقش اسمولیت، در محافظت از آنزیم‌ها در برابر تخریب شدن، حفظ حلالیت پروتئین‌ها، تثبیت فسفولیپیدهای غشایی، تنظیم کننده اسیدیته سیتوپلاسمی، از بین برنده رادیکال‌های آزاد و تنظیم پتانسیل ردوکس نقش مهمی دارد (۳۲). از آنجایی که استرس آللوپاتی با تولید انواع اکسیژن‌های واکنشگر نوعی تنش اکسیداتیو ثانوی ایجاد می‌کند، به منظور حفظ یکپارچگی غشا تحت شرایط تنش، باید از دناتوره شدن پروتئین‌ها جلوگیری شود، پرولین با آنزیم‌ها برهمکنش‌کرده و به این ترتیب ساختار پروتئین‌ها و فعالیت‌های

مربوط به آن‌ها را حفظ می‌کند (۳۲). پرولین به عنوان یک اسمولیت سازگار عمل می‌کند، زیرا می‌تواند بدون اینکه مولکول‌های بزرگ سلول را خراب کند، در غلظت‌های زیاد در سلول تجمع یابد. همچنین پرولین نقش حفاظتی را هم ایفا می‌کند، زیرا می‌تواند به عنوان پذیرنده الکترون عمل کند و در زمان بازدارندگی نوری ناشی از اکسیژن‌های فعال از آسیب سیستم نوری جلوگیری کند (۵).



شکل ٦- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره با میزان پراکسیداز (الف)، کاتالاز (ب)، پلی فنل اکسیداز (ج)، پرولین (د)، قند محلول (و) در گیاه چغندرقند. عصاره سورگوم (●)، عصاره تلخه (■)

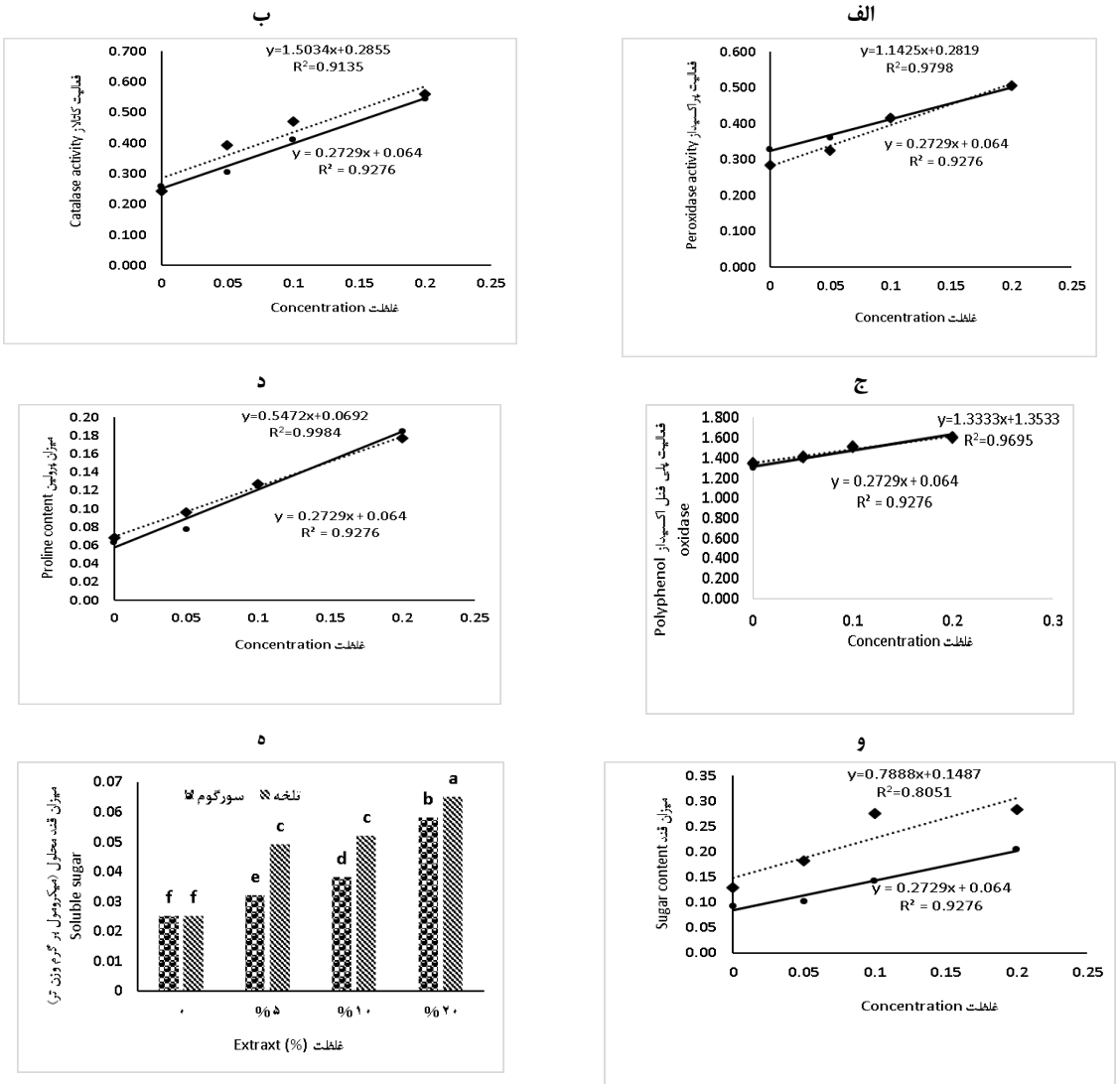
Figure 6- Linear regression relationships between concentration with soluble sugar, proline, catalase, polyphenoloxidase and peroxidase of sugar beet. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

قند محلول

میزان قندهای محلول در گیاهان زراعی گندم و چغندرقند فقط تحت تأثیر معنی‌دار غلظت عصاره قرار گرفتند (جداول ۱۰ و ۱۲) ولی میزان قند محلول در علف هرز تاج خروس تحت تأثیر نوع عصاره، غلظت و ترکیب تیماری عصاره با غلظت واقع شد (جدول ۱۴) و در سلمه تره هم تحت تأثیر نوع عصاره و غلظت قرار گرفت (جدول ۱۶). با توجه به جداول ۱۱ و ۱۳، با افزایش غلظت عصاره آبی تلخه و سورگوم، میزان قندهای محلول در گیاهان زراعی گندم و چغندرقند افزایش معنی‌داری پیدا کرده‌اند. به‌طوری‌که بیشترین میزان قند محلول در هر دو گیاه زراعی به غلظت ۲۰ درصد عصاره تعلق داشت. با توجه به شکل ۵- و مشاهده می‌شود با افزایش غلظت عصاره، اثرگذاری عصاره تلخه در افزایش قندهای محلول گندم بیشتر از عصاره سورگوم بوده است ولی در چغندرقند (شکل ۶- و) تأثیر عصاره سورگوم در افزایش قندهای محلول آن بیشتر بود.

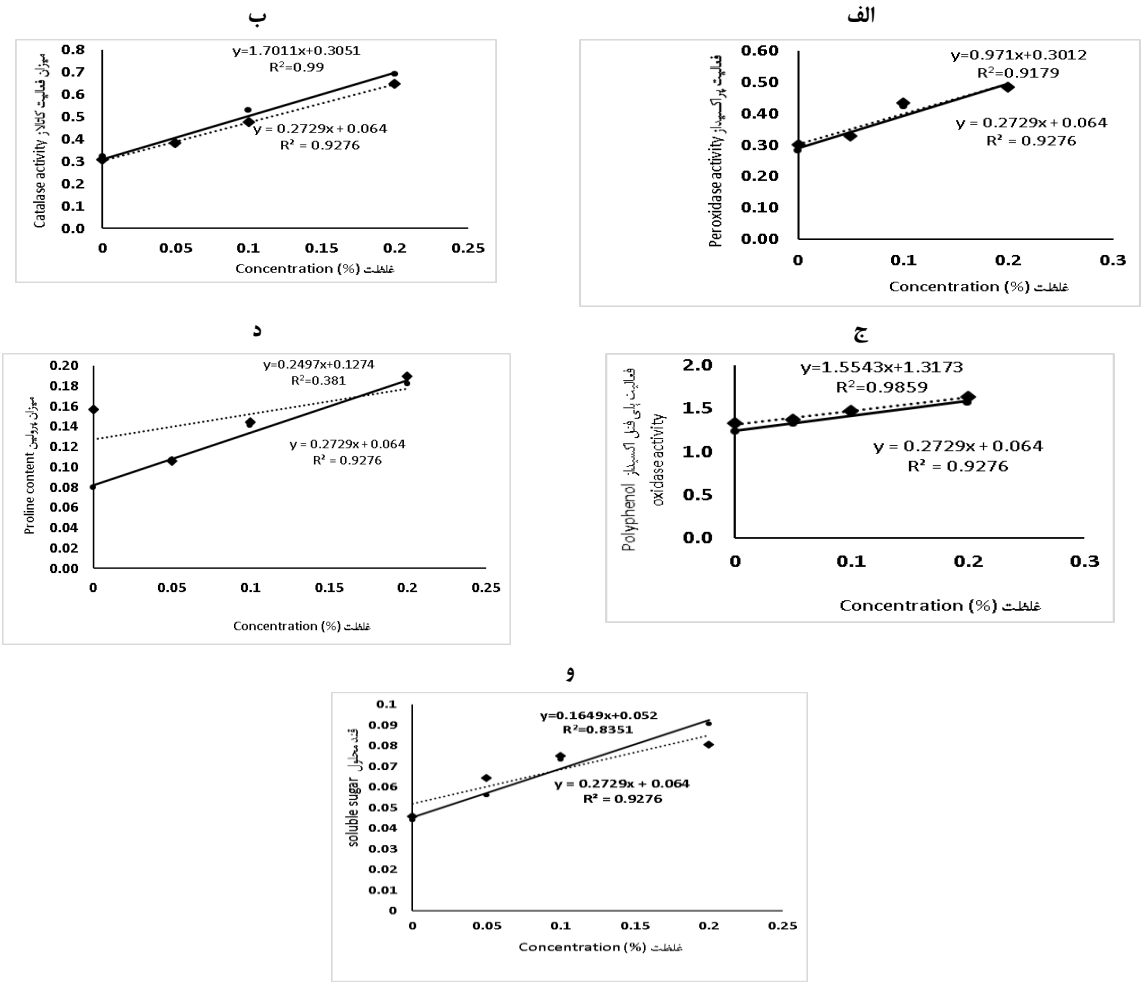
همچنین بیشترین میزان قند محلول تاج‌خروس به غلظت ۲۰ درصد عصاره تلخه و بعد از آن به غلظت ۲۰ درصد عصاره سورگوم تعلق داشت. غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد عصاره تلخه در رتبه سوم قرار گرفتند (شکل ۷- ه). مشاهده می‌شود در همه سطوح به استثنای شاهد، میزان قند محلول تاج‌خروس با کاربرد عصاره تلخه بیشتر از عصاره سورگوم بوده است. روابط رگرسیونی بین غلظت و میزان قند

محلول (شکل ۷- و) تأیید کننده این مطلب است که اثرگذاری عصاره تلخه در افزایش قند محلول تاج‌خروس بیشتر بوده است. در علف هرز سلمه‌تره هم با افزایش غلظت عصاره بر میزان قند محلول آن افزوده شده است (جدول ۱۷). روابط رگرسیونی (شکل ۸- و) نشان می‌دهد افزایش قند محلول سلمه‌تره با کاربرد عصاره تلخه بیشتر از کاربرد عصاره سورگوم است و با افزایش غلظت، اثرگذاری عصاره تلخه بیشتر شده است. افزایش میزان قندهای محلول در گیاه تربچه بر اثر کاربرد عصاره آبی نعناع‌فلفلی را به کاهش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های تنفسی و کاهش مصرف قند در شرایط تنش آللوپاتی می‌دانند (۲۵). همچنین افزایش قندهای محلول در تنش آللوپاتی ممکن است به دلیل اثرات مثبت ABA روی انتقال آسیمیلات‌ها باشد (۲۱). در تناقض با نتایج این آزمایش، الگندابی و الدارایر (۲) گزارش کردند که میزان کربوهیدرات‌های کل قابل دسترس گونه‌های مورد مطالعه با افزایش غلظت عصاره کاهش معنی داری پیدا می‌کنند.



شکل ۷- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره با میزان پراکسیداز (الف)، کاتالاز (ب)، پلی فنل اکسیداز (ج)، پرولین (د)، قند محلول (و) در علف هرز تاج خروس. عصاره سورگوم (●)، عصاره تلخه (■). میانگین قند محلول تاج خروس در ترکیب تیماری عصاره با غلظت (ه)

Figure 7- Linear regrission relationships between concentration with soluble sugar, proline, catalase, polyphenoloxidase and peroxidase of redroot pigweed. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)
Mean of redroot pigweed soluble sugar at treatment combination of extract with concentration.



شکل ۸- روابط رگرسیونی خطی بین غلظت عصاره میزان پراکسیداز (الف)، کاتالاز (ب)، پلی فنل اکسیداز (ج)، پرولین (د)، قند محلول (و) در علف هرز سلمه‌تره. عصاره سورگوم (●)، عصاره تلخه (■)

Figure 8- Linear regrission relationships between concentration with soluble sugar, proline, catalase, polyphenoloxidase and peroxidase of lambsquarters. Sorghum (●), Russian Knapweed (■)

آنها چنین کاهشی را به اثرات بازدارندگی مواد دگرآسیب بر سنتز پیگمان‌های فتوسنتزی نسبت دادند. همچنین برنات و همکاران (۱۱) مشاهده کردند کاهش کل کربوهیدرات‌های قابل دسترس[1] در *Sinapis albaunder* تحت تنش آللوپاتی به کاهش سطح برگ فتوسنتزی و فراوانی روزنه‌ای بر می‌گردد. به‌علاوه به اثرات بازدارندگی مواد آللوکمیکال بر آسیمیلاسیون و انتشار دی‌اکسیدکربن و کاهش انتقال مواد فتوسنتتاتی ناشی از اثرات تخریبی مواد دگرآسیب بر غشای پلاسمایی و عناصر آوندی نسبت داده می‌شود. همچنین کاهش کربوهیدرات‌های قابل دسترس در گیاهچه‌های ذرت تحت شرایط تنش آللوپاتی به مصرف اغلب مواد حاصل از فتوسنتز در تنفس برای تولید انرژی و حمایت از فرایندهای فیزیولوژیکی نسبت داده می‌شود (۱۹).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که اندام هوایی سورگوم و تلخه به دلیل دارا بودن ماده بازدارنده رشد موجب کاهش معنی‌دار صفات مورد بررسی در گیاهان زراعی و علف‌های هرز شدند. با افزایش غلظت عصاره اثرات بازدارندگی آن‌ها افزایش بیشتری پیدا کرد، به طوری‌که بیشترین اثر بازدارندگی به غلظت ۲۰ درصد عصاره تلخه و سورگوم مربوط بود. همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، پلی‌فنل اکسیداز و کاتالاز دلیل وجود مواد دگرآسیب در عصاره آبی سورگوم و تلخه می‌باشد. بنابراین با توجه به اثرات بازدارندگی در گیاهان مورد مطالعه می‌توان از عصاره آبی سورگوم و تلخه به‌عنوان علف‌کش زیستی جهت کنترل و مدیریت علف‌های هرز استفاده کرد. در ضمن جهت بهتر مشخص شدن کارآیی این گیاهان در مدیریت علف‌های هرز پیشنهاد می‌شود اجزای تشکیل دهنده عصاره گیاهان تعیین شده

1- Total available carbohydrates

و در شرایط مزرعه‌ای نیز اثرات آن‌ها به‌صورت جداگانه و ترکیبی بر رشد علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

1- Ahrabi F., and Enteshari S. 2012. Effect of coumarin on some biochemical and physiological responses of canola, Hyola 401 cultivar. Iranian Journal of Plant Biology, 3 (10): 23-36.

2- Alford E.R., Perry L.G., Qin B.O., Vivanco J.M. and Paschke M.V. 2007. A putative allolopathic agent of Russian knapweed occurs in invaded soild. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1812-1815.

3- Algandaby M.M., and El-Darier S.M. 2016. Management of the noxious weed; *Medicago polymorpha* L. via allelopathy of some medicinal plants from Taif region, Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences. In press.

4- Alsaadawi I.S., Al-Khateeb T.A., Hadwan H.A., and Lahmood N.R. 2015. A chemical basis for differential allelopathic potential of root exudates of *Sorghum bicolor* L. (Moench) cultivars on companion weeds. Journal of Allelochemical Interactions, 1 (1): 49-55.

5- Amini Z. 2014. Effectc of Water Deficit on Prolin Content and Activity of Antioxidant Enzymes among Three Olive (*Olea europaea* L.) Cultivas. Journal of Plant Researches, 27(2): 156- 167.

6- Amoo S.O., and Ojo A.U., and Staden J.V. 2008. Allelopathic potential of *Tetrapleura tetraptera* leaf extracts on early seedling growth of five agricultural crops. South African Journal of Botany, 74: 149-152.

7- Bais H.P., Epechedu R.V Gilroy S., Callaway R.M., and Vivanco J.M. 2003. Allelopathy and exatrac palnt invasion: from molecules and genes to species interactions. Science, 301: 1377-1380.

8- Bates L.S., Waldren R.P., and Teare I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil, 39: 205-207.

9- Bhadoria P.B.S. 2011. Allelopathy: A natural way towards weed management. American Journal of Experimental Agriculture, 1: 7-20.

10-Behdad A., Abrishamchi P., and Jankju M. 2016. Relation to phonology, phenolics content and alleopathic effect of *Artemisia khorassanica* Krash. On growth and physiology of *Bromus kopetdaghensis* Drobov. Journal of Plant Researches, 28(2): 243-256.

11- Bernat W., Gawronska H., and Gawronski S. W. 2004. Physiological effects of allelopathic activity of sunflower on mustard. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 496: 275–287.

12- Bohm P.A.F., Zanardo F.M.L., and Ferrarese O. 2006. Peroxidase activity and lignification in soybean root growth-inhibition by juglone. Biology Plantarum, 50: 315-317.

13- Bones A.M., and Rossiter J.T. 1996. The myrosinase-glucosinolate system.its organization and biochemistry. Physiologia plantarum, 97:194-208.

14- Cheema Z.A., Asim M., and Khaliq A. 2000. Sorghum allelopathy for weed control in cotton (*Gossypium arboreum* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 37-41.

15- Cheema Z.A., and Khaliq A. 2000. Use of sorghum allelopathic properties to control weed in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. Agriculture. Ecosystems and Environment, 79:105-112.

16- Chon S., Choi S., Jung S., Jang H., Pyo B., and Kim S. 2002. Effects of Alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemical on early seedling growth and root morphology of Alfalfa and Barnyard grass, Crop Protection, 21: 1077-1082.

17- Dastras, E., Safari, M., and maghsoudi, A.L. 2015. Allelopathic effects of aqueous extract of pagoda tree (*Sophora alopecuriodes.* L) and creeping jenny (*Convolvulus arvensis* L.) on five crop plants at seedling growth stage. Journal of Plant Process Function Iranin Sociiety of Plant Physiology, 4(11): 45-58.

18- Farhoudi R., Koreshnejad N., and Modhej A .2014. Effect of Wheat Aquatic Extract (*Triticum aestivum* cv. Chamran) on Germination, Vegetative Growth, Cell Membrane Damage, α-amylase Enzyme and Sucrose Synthetesis Enzymes Activity of Winter Wild Oat (*Avena ludoviciana*). Journal of Plant protection, 28: 147-150.

19- Gniazdowska, R.M., and Bogatek R. 2005. Allelopathic interactions between plants. Multisite action of allelochemicals. Acta Physiologiae Plantarum, 27: 395-407.

20- Hoque M.A., Banu M.N.A., Okuma E., Amako K., Nakamura Y., Shimoishi Y., and Murata Y. 2007. Exogenous proline and glycinebetaine increaseNaCl-induced ascorbate–glutathione cycle enzyme activities, and proline improves salt tolerance more than glycinebetaine in tobacco Bright Yellow-2 suspension-cultured cells. Journal of Plant Physiology, 164: 1457-1468.

21- Kamal J. 2011. Impact of allelopathy of sunflower (*Helianthus annuus* L.) roots extract on physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.). African Journal of Biotechnology, 10 (65), 14465–14477.

22- Kar M., and Mishra D. 1976. Catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology, 578: 315-319.

23-Irigoyen J.J., Emerich D.W., and Sanchez-Diaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline

and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants. Plant Physiology, 84: 55-60.
24- Lorenzo P., Palomera-Pe´rez A., Reigosa M.J., and Gonza´l L. 2011. Allelopathic interference of invasive Acacia dealbata Link on the physiological parameters of native understory species. Plant Ecology, 212:403-411.
25- 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.). Scientia Horticulturae, 214: 133–140.
26- Niakan M., and Saberi K. 2009. Effect of Eucalyptus allelopathy on growth characters and antioxidant enzyme activity in Phalaris weed. Asian Journal of Plant Sciences, 8(6): 440-446.
27- 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. Journal of Chemical Ecology, 33: 251-264.
28- Ozpinar H., Dag S., and Yigit E. 2017. Alleophatic effects of benzoic acid, salicylic acid and leaf extract of *Persica vulgaris* Mill. (Rosaceae). South African Journal of Botany 108: 102-109.
29- Pudełko K., Majchrzak L., and Narozna D. 2014. Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. Industrial Crops and Products 56: 191–199.
30- Quintana N., Weir T.L., Du J., Brockling C.D., Rieder J.P., Stermitz F.R., Pasckke M.W., and Vivanco J.M. 2008. Phytotoxic polyacetylenes from roots of Russian Knapweed (*Acroptilone repens* L.). Phytochemistry, 69: 2572–2578.
31- Quiroga M., Guerrero C., Botella M.A., Barcelo A., Amaya I., Medina M.I., Alonso F.J., De Forchetti S.M., Tigier H., and Valpuesta V. 2000. A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. Plant Physiology, 122: 1119-1127.
32- Rhodes D. 2004. Main pathway of praline synthesis in higher plants. Horticulture and Landscape Architecture.Purdue University School of Agriculture.
33- Salam I.U., Ahmed M., and Tariq-Ali S. 2011. Allelopathic effect of scarlet pimpernel (*Anagallis Arvensis*) on seed germination and radical elongation of mung bean and pearl millet. Pakistan Journal of Botany, 43 (1): 351-355.
34- Sturm D.J., Kunz C. and Grehards R. 2016. Inhibitory effects of cover mulch on germination and growth of *Stellaria media* (L.) Vill. *Chenopodium album* L. and *Matricaria chamomilla* L. Crop Protection, 90: 121-130 .
35- 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*. Ecotoxicology and Environmental safety, 84: 125 – 132.
36- Turk M. A., and Tawaha A. M. 2003. Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). Crop Protection 22: 673–677.
37- Weston L.A., Alsaadawi I.S., and Baerson S.R. 2013. Sorghum allelopathy – from ecosystem to molecule. Journal of Chemical Ecology, 39:142-153.
38- Yongqing M.A. 2005. Allelopathic studies of common wheat (*Triticum aestivum* L). Weed Biological Management, 5: 93104.
39- Yu J. Q., Ye S. F., Zhang M. F., and Hu W. H. 2003. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis sativus*), and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. Biochemical Systematics Ecology, 31:129-139.
40- Ziaebrahimi L., Khavari-Nejad R.A., Fahimi H., and Nejadsatari T. 2007. Effects of aqueous eucalyptus extracts on seed germination, seedling growth and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in three wheat cultivar seedlings (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10 (19), 3415–3419.