نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۲۴۱-۲۳۴

Journal of Plant Protection
Vol. 28, No. 2, Summer 2014, P. 234-241

بررسی اثر ترکیبات آللوشیمیایی جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) بر جوانه زنی، رشد گیاهچه و فعالیت برخی آنزیم‌های گیاهچه سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)

روزبه فرهودی[۱]- عادل مدحج[۲*]- سیدرضا علوی نیا[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۹/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۲۷

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر مواد آللوشیمیایی جو بر جوانه زنی و فعالیت آنزیمی گیاهچه سلمه‌تره در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. مواد آللوشیمیایی استخراج شده از عصاره جو شامل ترکیبات فنلی و آلکالوییدهای آتروپین، استریکنین و کوئینین بودند. نتایج آزمایش نشان داد که آلکالوئیدهای آتروپین و استریکنین جو بیشترین اثر منفی را بر درصد و سرعت جوانه زنی، وزن تر، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آلفاآمیلاز گیاهچه سلمه‌تره داشتند. این ترکیبات باعث افزایش تخریب غشای سلولی و غلظت مالون دی آلدهید در بافت گیاهچه گیاه هدف نیز شدند. بیشترین غلظت مالون دی‌آلدهید گیاهچه سلمه‌تره در تیمار استریکنین، ۰/۰۷۶ نانومول بر گرم وزن تر گیاهچه بود. بیشترین فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیداز (به ترتیب ۶/۳ و ۱۷/۱ میلی گرم جذب در ۶۰ ثانیه) و آنزیم آلفاآمیلاز (۹ نانو مول بر بذر بر دقیقه) پس از شاهد در تیمار کونیئین مشاهده شد که نشان‌دهنده اثر کمتر این آلکالوئید بر گیاه هدف در مقایسه با سایر ترکیبات بود. اثر ترکیبات فنلی و آلکالوئیدی بر فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتر از پراکسیداز و آلفاآمیلاز بود. به طور کلی، مواد آللوشیمیایی موجود در اندام‌های هوایی جو اثر بازدارندگی معنی‌داری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه های سلمه‌تره داشتند و در بین تیمارهای مورد آزمایش، آلکالوئید آتروپین و استریکنین و فنل بیشترین اثر تخریبی را به خود اختصاص دادند.

واژه های کلیدی: آلفاآمیلاز، آلکالوییدها، آللوشیمیایی، دگرآسیبی، فنل، مالون دی آلدهید

مقدمه

تداخل علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود. روش‌های شیمیایی، زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی، برای کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش های کنترل شیمیایی در سال‌های اخیر بسیار توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته اند. اثر سریع، قابلیت انتخاب و همچنین امکان کاربرد علفکش در مقادیر کم و به همراه حجم کم آب از جمله مهمترین دلایل توسعهٔ سریع علف‌کش‌های شیمیایی است (۲۸). سالانه در حدود سه میلیون تن علف کش در سطح جهان مصرف می‌شود (۲۴). افزایش مصرف علف‌کش‌ها در سالهای اخیر، صدمات جبران ناپذیر زیست محیطی را به دنبال داشته و باعث افزایش مقاومت برخی علف‌های هرز به علف‌کش‌ها شده است. لذا، بکارگیری روش های جایگزین زراعی و بیولوژیکی مناسب جهت کنترل علف‌های هرز، ضروری به نظر می رسد. استفاده از توانایی دگرآسیبی مواد آللوشیمیایی بعضی از گیاهان، یکی از روش های بیولوژیکی کنترل علف‌های هرز است. در بسیاری از پژوهش‌ها، اثر دگرآسیبی برخی گیاهان زراعی بر علف‌های هرز به اثبات رسیده است (۲، ۱۰ و ۲۰). پتانسیل استفاده از مواد آللوشیمیایی موجود در اندام‌های این گیاهان به عنوان علف‌کش بیولوژیکی وجود دارد. اثر دگرآسیبی جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) بر رشد گیاهچه برخی از علف‌های هرز به دلیل ترشح ترکیبات فنلی و آلکالوئیدها در تحقیقات مختلف گزارش شده است (۱۷، ۱۹ و ۲۱). کرمر و بن‌حمود (۱۵) بیان کردند که مواد آللوشیمیایی اندام‌های جو زراعی از قبیل آلکالوئیدها، اسیدهای فنلی و فلاوونوئیدها باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سلمه‌تره، خردل وحشی و دم‌روباهی می‌شوند. تحقیقات اصغری و تواری (۱) نشان داد که رشد گیاهچه خردل وحشی تحت تاثیر عصاره آبی جو کاهش یافت. همچنین، گزارش شده که علف‌های هرز تیره شب بو بر گیاهان زراعی گندم و جو و همچنین علف‌های هرز سوروف اثر دگرآسیبی دارند (۸).

شناسایی مواد آللوشیمیایی و نحوه عمل آنها می‌تواند نقش مهمی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیاران و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، شوشتر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: adelmodhej2006@yahoo.com)

در استفاده و بکارگیری مدیریت بیولوژیکی علف‌های هرز داشته باشد. اثر مواد آللوشیمیایی در سطوح مختلف مولکولی، ساختمانی، بیوشیمیائی، فیزیولوژیکی، فعالیت آنزیمی و تقسیم سلولی شناخته شده است. بسیاری از آللوشیمیایی‌ها قادر به تغییر عملکرد برخی از آنزیم‌ها هستند. به عنوان مثال اسیدهای فنلی فعالیت آنزیم اکسین آکسیداز را تنظیم می‌کنند، مشتقات سینامیک اسید مانع فعالیت فنیل آلانین آمونیالیاز می‌شوند و در متابولیسم فنیل پروپانوئیدها نقش تنظیمی دارند و یا برخی از این آنزیم‌های متاثر از مواد آللوشیمیایی، در جوانه زنی بذر وارد عمل می شوند. به عنوان مثال کاهش جوانه زنی بذر کاهو با کاهش فعالیت آمیلاز در حضور مواد آللوشیمیایی گزارش شده است (۷). اویسی و همکاران (۲۱) با بررسی توان دگرآسیبی ارقام جو نشان دادند که عصاره آبی ارقام جو باعث کاهش جوانه زنی و طول ریشه چه بذر خردل وحشی شد و درصد جوانه زنی در حضور ارقام قدیمی تر جو کمتر از ارقام جدید بود. همچنین حسین زاده و همکاران (۳) در تحقیقی بیان کردند که آللوشیمیایی‌های عصاره جو وحشی باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های اسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و کاتالاز و افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز در دو رقم گندم تجن و شیرودی شد.

نظر به اهمیت آگاهی از سازوکار اثر مواد آللوشیمیایی موجود در جو بر جوانه زنی علف‌های هرز، این تحقیق با هدف بررسی اثر ترکیبات فنلی و آلکالوئیدی مستخرج از اندام‌های هوایی جو بر جوانه زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیمی سلمه‌تره انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر مواد آللوشیمیایی موجود در اندام‌های هوایی جو زراعی بر رشد گیاهچه و فعالیت آنزیمی سلمه‌تره در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبات فنلی، آلکالوئیدهای آتروپین، استریکنین و کونیئین بودند. جوانه زنی و رشد گیاهچه سلمه‌تره و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آلفاآمیلاز و غلظت مالون‌دی‌آلدهید در واکنش به مواد آللوشیمیایی جو زراعی ارزیابی شد. تیمار آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

ابتدا اندام‌های هوایی جو رقم جنوب، شامل ساقه و برگ‌ها در مرحله ظهور سنبله از مزرعه برداشت و در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب شدند. بذر سلمه‌تره از مرکز تحقیقات صفی آباد از مزارع شهرستان دزفول تهیه شد. جهت اعمال تیمارها ابتدا بذور سلمه تره ۳ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد ضدعفونی شدند. در هر پتری دیش ۲۵ بذر قرار گرفت. پس از آن، مواد آللوشیمیایی فنلی و آلکالوییدهای آتروپین، استریکنین و کوئینین (با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و یا آب مقطر (به عنوان شاهد) به میزان ۱۰ میلی‌لیتر به هر پتری اضافه گردید. مواد آللوشیمیایی در پژوهشکده گیاهان دارویی موسسه تحقیقات جنگل و مرتع تهران استخراج شدند. پتری دیش‌ها در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد و دوره نوری ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی قرار گرفتند (۶). بذور جوانه زده هر روز شمارش می شدند. درصد و سرعت جوانه زنی، وزن تر گیاهچه، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، آلفا آمیلاز و غلظت مالون‌دی‌آلدهید گیاهچه سلمه‌تره مورد بررسی قرار گرفتند.

تهیه عصاره آلکالوئیدی

کاه و کلش جو در دستگاه آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک، سپس آسیاب و پس از گذراندن از الک پودر یکنواختی از نمونه ها تهیه و تا زمان آزمایش در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (۱۲). برای استخراج آلکالوئیدها پودر خشک (۰/۵ گرم) کاه و کلش جو یک ساعت در ۱۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۰/۲ مول خیسانده شد. پس از گذراندن از صافی، محلول با افزایش یک میلی لیتر محلول آمونیاک غلیظ قلیایی و در ۱۵ میلی لیتر اتر جهت افزایش حلالیت به محلول فوق اضافه شد. هر مرحله برای اطمینان از استخراج کامل دو بار تکرار شد.

شناسایی آلکالوئیدها در عصاره های اتانولی کاه و کلش جو با کروماتوگرافی لایه نازک انجام شد. سیلیکاژل استفاده شده از نوع ۶۰ گرم و معرف آشکارساز، معرف دراژندورف بود. سیستم حلال استفاده شده آمونیاک غلیظ: آب: استون به نسبت به ترتیب ۹۰ : ۷ : ۳ بود (۱۶).

سنجش ترکیبات فنلی

به منظور سنجش ترکیبات فنلی، ۰/۲ گرم از پودر گیاهی در ۱۰ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد قرار داده و ۱۵ دقیقه در بن ماری جوشانده شد. نمونه‌ها ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. محلول فوقانی جدا و با الکل ۸۰ درصد به حجم ۱۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس ۵ میلی لیتر از این محلول را برداشته و ۵ میلی لیتر فولن رقیق شده (۱:۳) و ۱۰ میلی لیتر کربنات سدیم اشباع به آن اضافه شد. با افزودن کربنات سدیم، محلول رویی از نمونه سانتریفوژ شده جدا و جذب آن در طول موج ۶۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. برای یافتن غلظت ترکیب‌های فنلی از منحنی استاندارد و با استفاده از کاتکول با غلظتهای مختلف، مقدار این ترکیب‌ها بر حسب میلی‌گرم در گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (۲۶).

نحوه سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

برای سنجش فعالیت این آنزیم از روش جیاو (۲۶) استفاده شد

میزان جذب رنگ با استفاده از اسپکتوفوتومتردر طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد (محلول نشاسته با ید، بدون آنزیم) مقایسه شد. جذب نمونه با استفاده از فرمول ۱ محاسبه شد:

$$ODs - ODc = ABS \quad (۱)$$

در این فرمول، ABS، ODs و ODc به ترتیب جذب، جذب رنگ توسط نمونه و میزان جذب رنگ توسط شاهد هستند.

استخراج آنزیم پراکسیداز و کاتالاز

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز ابتدا پروتئین گیاهچه سلمه‌تره از روش آگراوال و همکاران (۱۱) سنجیده شد.

برای بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش چنس استفاده شد. جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه قرائت شد. فعالیت ویژه آنزیم به صورت مایکرومول تتراگویاکول تشکیل شده در دقیقه در میلی گرم پروتئین بیان شد (۵). پروتئین در طول موج ۲۴۰ نانومتر فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس تغییرات جذب در ۶۰ ثانیه به ازای هر میلی گرم خوانده شد (۵).

اندازه گیری غلظت مالون دی آلدهید

برای اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدهید از روش والنتوویک و همکاران (۲۵) استفاده شد. غلظت مالون دی آلدهید در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه گیری شد (۵). فرمول ۲ برای اندازه گیری درصد جوانه زنی بذر سلمه‌تره مورد استفاده قرار گرفت (۲۲):

(۲) ۱۰۰×(کل بذرهای کاشته شده / تعداد بذور جوانه زده شده در طول دوره آزمایش)= درصد جوانه زنی

معادله ۲ برای اندازه گیری میزان جوانه زنی از معادله ۳ استفاده شد (۱۸):

$$R_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

(۳)

Rs= میزان جوانه زنی (تعداد بذور در روز)

Si = تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش

Di = تعداد روز تا شمارش n ام

وزن گیاهچه سلمه‌تره بر اساس میلی گرم سنجیده شد. داده های حاصل با استفاده از نرم افزار SASVer.9.1 تجزیه واریانس شد و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان جوانه زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر میزان جوانه زنی سلمه‌تره در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان جوانه زنی در تمامی تیمارها کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). بیشترین میزان جوانه زنی مربوط به شاهد و کمترین آن مربوط به آلکالوئیدهای استریکنین و آتروپین و فنل بود. کاهش این صفت در واکنش به ترکیبات آتروپین، کونئین، استریکنین و فنل به ترتیب ۹۰/۲، ۲۳/۵، ۹۰/۲ و ۹۰/۱ درصد بود (شکل ۱الف). لیو و لووت (۱۷) اثر بازدارنده ترکیبات آلکالوئیدی و فنلی مستخرج از جو را بر رشد گیاهچه خردل وحشی گزارش نمودند.

درصد جوانه زنی بذر سلمه‌تره

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر درصد جوانه زنی بذر سلمه‌تره در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تیمار بذرها با مواد آللوشیمیایی باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی شد (جدول ۲). ترکیبات آتروپین، استریکنین و فنل بیشترین اثر کاهنده را بر جوانه زنی داشتند. به نحوی که جوانه‌زنی بذر سلمه‌تره در واکنش به این تیمارها به ترتیب ۹۳/۴، ۹۳/۶ و ۹۳/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۱ب). اثر بازدارنده کونیئین (۱۹/۱ درصد) بر این صفت کمتر از سایر ترکیبات بود. اصغری و همکاران (۱) در آزمایشی توانایی دگرآسیبی ارقام جو بر جوانه زنی بذر خردل وحشی و دم روباهی را معنی‌دار ارزیابی کردند. در یک تحقیق گزارش شد که عصاره آبی جو زراعی باعث کاهش معنی دار درصد جوانه زنی و رشد ریشه چه چچم شد (۱۴).

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در ساقه‌چه سلمه‌تره تحت تاثیر ترکیبات عصاره جو

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی بذر	میزان جوانه‌زنی بذر	وزن ساقه‌چه	کاتالاز	پراکسیداز	مالون دی آلدهید	آلفا آمیلاز
تیمار	۴	۴۷۲۰**	۱۲/۸۹**	۰/۰۰۰۰۲**	۴۲/۱۹*	۱۱۲۶/۳۱**	۲/۵۳**	۸۷/۲۵**
خطا	۸	۳۲/۶	۰/۰۵۳	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۹۷	۲۰/۴۵	۰/۰۰۰۲**	۱/۵۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۲	۱۰/۹	۳/۱	۲۶/۰	۲۷/۰	۲۰/۰	۱۶/۴

**- معنی دار در سطح احتمال یک درصد ns: عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر ترکیبات عصاره جو بر جوانه زنی بذر و فعالیت های آنزیمی در ساقه‌چه سلمه‌تره

تیمار	درصد جوانه‌زنی بذر	میزان جوانه‌زنی بذر	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	فعالیت کاتالاز (میلی گرم جذب در ۶۰ ثانیه)	فعالیت پراکسیداز (میلی گرم جذب در ۶۰ ثانیه)	غلظت مالون دی آلدهید (نانومول بر گرم وزن تر گیاهچه)	فعالیت آلفا آمیلاز (نانومول بر بذر بر دقیقه)
آتروپین	۵ c	۰/۵ c	۰/۰۰۱ b	۱/۱ b	۱۱ b	۰/۰۶۶ b	۳/۳ c
استریکنین	۵ c	۰/۵ c	۰/۰۰۱ b	۱/۱ b	۱۱ b	۰/۰۷۶ a	۳/۳ c
کونیئین	۶۳ b	۳/۹ b	۰/۰۰۵ a	۶/۳ ab	۱۷ ab	۰/۰۳۸ C	۹/۰ b
فنل	۵ c	۰/۵ c	۰/۰۰۱ b	۱/۱ b	۱۱ b	۰/۰۶۶ b	۴/۰ c
شاهد	۷۸ a	۵/۱ a	۰/۰۰۵ a	۸/۹ a	۲۵ a	۰/۰۰۱۷ d	۱۵/۶ a

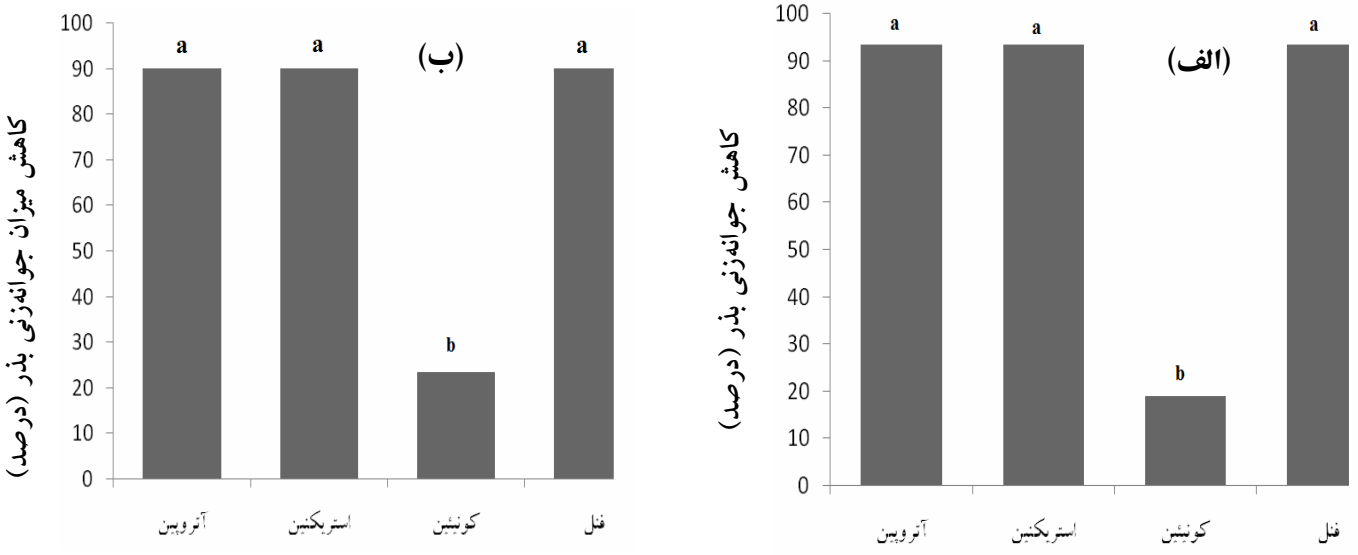
*- در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد به روش دانکن ندارند.

وزن تر گیاهچه سلمه‌تره

اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر گیاهچه سلمه‌تره در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). وزن تر گیاهچه سلمه‌تره در واکنش به مواد آللوشیمیایی کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۲). تفاوت وزن تر گیاهچه سلمه تره در تیمارهای فنل، استریکنین و آتروپین معنی دار نبود. تفاوت این صفت در تیمارهای کونیئین و شاهد معنی‌دار نشد. به‌طوری که هر یک از ترکیبات فنلی، استریکنین و آتروپین، وزن تر گیاهچه را نسبت به شاهد، ۸۰ درصد کاهش دادند. اشرفی و همکاران (۹) گزارش دادند که عصاره اندام های جو باعث کاهش معنی‌دار وزن تر گیاهچه علف هرز دم روباهی شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز

اثر مواد آللوشیمیایی بر فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچهٔ سلمه‌تره معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شاهد (۸/۹ میلی گرم جذب در ۶۰ ثانیه) و کمترین آن در تیمارهای فنل و آلکالوئیدهای استریکنین و آتروپین (۱/۱ میلی گرم جذب در۶۰ ثانیه) مشاهده شد (جدول ۲). کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد در هر سه ترکیب فنل و آلکالوئیدهای استریکنین و آتروپین در حدود ۸۷/۷ درصد و در کونئین ۲۹/۷ درصد بود (شکل ۲ الف). به نظر می‌رسد که آسیب وارد شده در این تیمارها بر سیستم تولید این آنزیم آنتی‌اکسیدان بسیار زیاد بود و این آنزیم قادر به واکنش مناسب نیست. فرهودی و همکاران (۶) نتیجه گرفتند که افزایش غلظت عصاره آفتابگردان سبب کاهش معنی دار میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در خردل وحشی شد.



شکل۱- کاهش درصد (الف) و میزان جوانه‌زنی (ب) بذر سلمه‌تره در واکنش به مواد آللوشیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد آب مقطر

فعالیت آنزیم پراکسیداز

اثر مواد آللوشیمیایی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاهچه سلمه‌تره در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر مواد آللوشیمیایی بر پراکسیداز گیاهچه سلمه‌تره معنی‌دار نبود، اما این تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). درصد کاهش فعالیت پراکسیداز در واکنش به تیمارهای آتروپین، استریکنین، کونئین و فنل نسبت به شاهد به ترتیب ۵۶، ۲۸۵۷، ۳۳/۴ و ۵۷/۲ درصد بود (شکل ۲ ب). به نظر می‌رسد که مواد آللوشیمیایی با آسیب به سیستم تولید پراکسیداز، مانع فعالیت آن در حذف رادیکال‌های آزاد و از این طریق به سلول ها آسیب شدید وارد شد. این نتایج با گزارش یو و همکاران (۲۷) مبنی بر اثر بازدارنده ترکیبات فنلی جو بر تولید آنزیم ها مطابقت داشت. سلطانی پور (۴) بیان داشت که موادی نظیر آلفاپین در گوجه فرنگی و گندم تحت تنش، سبب افزایش فعالیت آنزیم های اکسیداتیو به میزان ۲ تا ۳ برابر نسبت به شاهد می‌شوند. در واقع موادی مانند آلفاپین که القا کننده تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن هستند سبب تخریب غشای سلولی و در نتیجه فعال شدن سیستم آنزیمی آنتی اکسیدانی می‌شوند. حسین زاده و همکاران (۳) با بررسی اثر آللوپاتیک عصاره آبی جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) بر فعالیت آنزیم های گندم نشان دادند فعالیت آنزیم پراکسیداز کاهش یافت. فرهودی و لی (۱۳) نیز اثر منفی عصاره جو زراعی را بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در یولاف وحشی و جو وحشی را گزارش نمودند.

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گیاهچه سلمه‌تره در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). فعالیت این آنزیم در تمامی تیمارها نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲ و شکل ۲ ج). بیشترین فعالیت این آنزیم به تیمار شاهد (۱۵/۶ نانومول بر بذر بر دقیقه) و کمترین آن به آکالوئیدهای استریکنین و آتروپین (۳/۳۳ نانومول بر بذر بر دقیقه) و سپس فنل تعلق داشت (جدول ۲). آمیلازها نقش مهمی در جوانه‌زنی و رسیدگی بذر دارند و عامل تجزیه پلی ساکارید ذخیره‌ای (نشاسته) به قندهای ساده هستند. به نظر می‌رسد که مواد شیمیایی جو زراعی با اختلال در سیستم تولید آلفا آمیلاز و ممانعت از تجزیه نشاسته مانع جوانه زنی و رشد گیاهچه های گیاه هدف می‌شوند. سینگ و همکاران (۲۳) گزارش دادند که عصاره علف هرز اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*) باعث کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در جوانه‌های گیاه موز شد که با نتایج بدست آمده در این آزمایش همخوانی دارد.

غلظت مالون دی آلدهید

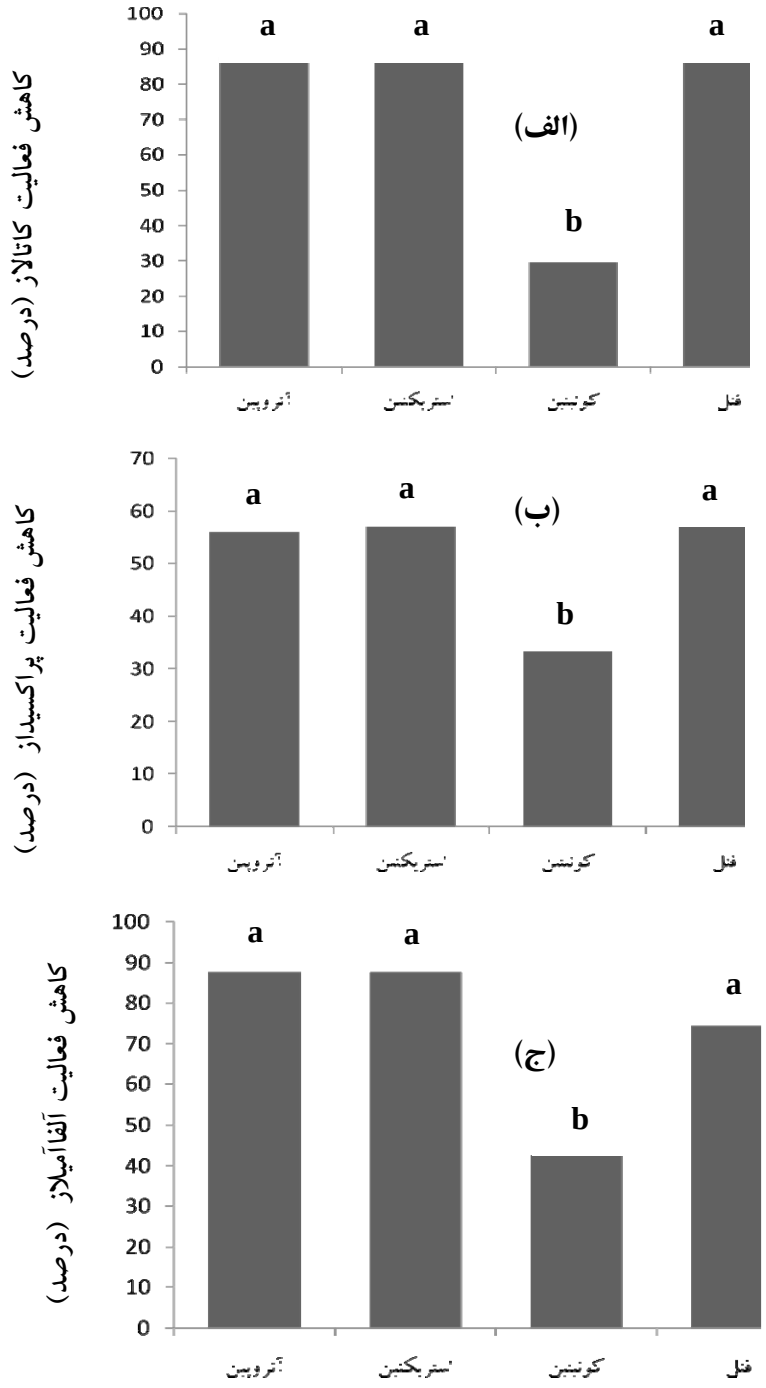
اثر مواد آللوشیمیایی بر غلظت مالون دی آلدهید بافت گیاهچه سلمه‌تره در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کمترین غلظت مالون دی آلدهید در شاهد (۰/۰۰۱۸ نانومول بر گرم وزن گیاهچه) و بیشترین آن در آلکالوئید استریکنین (۰/۰۷۶ نانومول بر گرم وزن گیاهچه) مشاهده شد (جدول ۲). تفاوت بین تیمارهای فنل و آتروپین معنی‌دار نبود.

غلظت مالون‌دی‌آلدهید در تیمار استریکنین، ۴۴/۷ برابر تیمار شاهد بود. به نظر می رسد که آسیب ایجاد شده توسط ترکیبات آللوشیمیایی جو باعث تولید رادیکال‌های آزاد، تخریب دیواره سلولی و در نتیجه تولید مالون‌دی‌آلدهید می شود. از سوی دیگر، سیستم آنزیمی آنتی‌اکسیدانتی گیاه هدف با توجه به آسیب وارد شده، قادر به حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن و اثرات سمی آنها نیست. فرهودی و لی (۱۳) گزارش دادند که افزایش غلظت عصاره جو زراعی باعث افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در یولاف وحشی شد.

به طور کلی، با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که آللوشیمیایی های موجود در جو بازدارنده شدید جوانه زنی و رشد گیاهچه های سلمه‌تره هستند و در بین تیمارهای مورد آزمایش، آلکالوئید آتروپین و استریکنین و فنل اثر تخریبی بیشتری نسبت به کونئین داشتند.

تخریب و اختلال فعالیت آنزیم‌های حیاتی از قبیل آنزیم کاتالاز، آلفا آمیلاز و پراکسیداز نیز می‌تواند یکی از مهمترین دلایل کاهش رشد و یا عدم جوانه زنی بذر سلمه‌تره باشد. اثر ترکیبات فنلی و الکالوئیدهای اندام‌های هوایی جو بر فعالیت آنزیم کاتالاز بیشتر از پراکسیداز و آلفاآمیلاز بود. به نحوی که فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آلفا آمیلاز و پراکسیداز در واکنش به ترکیبات مذکور به ترتیب ۷۳/۱، ۵۰/۹ و ۶۸/۶ نسبت به شاهد کاهش یافت.

تولید موادی مانند مالون دی آلدهید پس از تخریب غشای سلولی و تحت تاثیر آلکالوئیدها و فنل، بیانگر اثرات سوء این ترکیبات است. به نظر می رسد که تولید رادیکال‌های آزاد باعث تخریب دیواره سلولی و در نتیجه تولید مالون‌دی‌آلدهید می شود و سیستم آنزیمی آنتی اکسیدانی گیاه هدف با توجه به آسیب وارد شده، قادر به حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن و اثرات سمی آنها نیست. با توجه به نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد پتانسیل استفاده از مواد آللوشیمیایی جو جهت استفاده به عنوان علف‌کش های بیولوژیکی وجود و انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه ضرورت دارد.



شکل۲- کاهش فعالیت کاتالاز (الف)، پراکسیداز (ب) و آلفاآمیلاز (ج) گیاهچه سلمه‌تره تحت تاثیر مواد آللوشیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد آب مقطر

منابع

۱- اصغری ج.، و تواری جی. پی. ۱۳۸۴. بررسی توان دگرآسیبی ارقام جو (*Hordeum vulgare*) بر جوانه زنی بـذر خـردل وحـشی (*Brassica juncea*) و دم روباهی (*Setaria viridis*)، اولین همایش علوم علفهای هرز ایران: ۲۱۳-۲۱۷.

۲- بابایی س.، علیزاده ح.، نصرتی ا.، دیانت م. و فرخی ز. ۱۳۹۰. تاثیر آللوپاتیک عصاره چاودار روی مولفه های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه چند گونه علف هرز. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۲ (۳): ۴۸۳-۴۷۵.

۳- حسین زاده م.، کیارستمی خ. و ایلخانی م. ۱۳۸۸. بررسی اثر ترکیبات آللوپاتیک جو خود رو بر میزان پروتیینها، کربو هیدراتها و فعالیت برخـی از آنزیمهای گندم، مجله زیست شناسی ایران، ۲۲ (۳): ۴۰۶-۳۹۲.

۴- سلطانی پور م.ا.، مرادشاهی ع.، خلدبرین ب. و برازنده م.م. ۱۳۸۵. اثرات آللوپاتیک اسانس گیاه مورخوش بـر جوانـه زنـی بـذور و رشـد دانـه گیاهان زراعی گوجه فرنگی و گندم. مجله زیست شناسی ایران، ۹: ۲۱-۱۹.

۵- فرهودی ر. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تنش شوری بر رشد رویشی، فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت، و غلظت مالون دی آلدهیـد بـرگ ارقـام کلـزا. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۹ (۱):۱۳۰-۱۲۳.

۶- فرهودی ر.، صفاهانی لنگرودی ع. ر.، مکی زاده تفتی م.، کوچک پور م.م. و حسامی ع. ا. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر آللوپاتیک عصاره آبی آفتابگردان بر جوانه زنی و محتوی آنزیم کاتالاز در گیاهچه کلزا، خردل وحشی و پنیرک. دومین همایش علوم علفهای هرز ایران، مشهد، ۲: ۲۲۷-۲۲۴.

۷- کیارستمی خ.، ایلخانی زاده م. و کاظم نژاد ا. ۱۳۸۶. بررسی توان آللوپاتی برخی از ارقام گندم زراعی (*Triticum aestivum*) در مقابل چچـم سخت (*Lolium rigidum*) و جو وحشی (*Hordeum spontaneum*)، مجله زیست شناسی ایران. ۲۰ (۲): ۲۰۷-۲۱۴.

۸- میقانی ف. ۱۳۸۲. آللوپاتی (دگرآسیبی): ازمفهوم کاربرد، تهران : انتشارات پرتو واقعه. ۲۵۶ صفحه.

9- Ashrafi Z.Y., Sadeghi S., Mashhadi H.R. and Alizade H.M. 2008. Study of allelopathical effects of barley on inhibition of germination and growth of seedling green foxtail. Journal of SAT Agricultural Research 6.

10- An M., Liu D.L., Johnson I.R. and Lovett J.V. 2003. Mathematical modeling of allelopathy: II.The dynamics of allelochemicals from living plants in the environment. Ecol. Model. 161: 53–66.

11- Agrawl J., Sairam R.K., Srivasta G.C., Tyagi A. and Meena R.C. 2005. Role of ABA salisylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Planet science. 169:559-570.

12- Demeyer K. and Dejaegere R. 1992. Effect of the nitrogen from used in the growth medium on alkaloid production in *Datura stramunium* L., Plant and Soil,147: 79-86.

13- Farhoudi R. and Lee D. 2013. Allelopathic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontoneum* and *Avena ludoviciana*. Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci. 83(3):447–452.

14- Islam M.A. and Begum S. 2011. Evaluation of Allelochemical effects of *Hordeum vulgare* extracts. Bangladesh Res. Pub. J. 5 (4): 295-305.

15- Kremer R.J. and Ben-Hammoud M. 2009. Allelopathic Plants. 19. Barley (*Hordeum vulgare* L.). Allelopathy Journal 24 (2): 225-242.

16- Kitamura Y., Sato M. and Miura H. 1992. Differences of atropine esterase activity between intact roots and cultured roots of various tropane alkaloid producing plant. Phytochemistry, 31(4):1191-1194.

17- Liu D.L. and Lovett J.V. 1993. Biologically active secondary metabolites of barley: II. Phytotoxicity of barley allelochemicals. J. Chem. Ecol. 19:2231–2244.

18- Maguire J.D. 1962. Seed of germination and aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science. 2: 176-177.

19- Ma S.Y., Kim J.S. and Ryang H.S. 1999. Allelopathic effect of barley to red rice and barnyardgrass. Korean J. Weed Sci. 19, 228–235.

20- Nilsen E.T.,Walker J.F., Miller O.K., Semones S.W., Lei T.T. and Clinton B.D. 1999. Inhibition of seedling survival under Rhododendron maximum (Ericaceae): Would allelopathy be a cause? Am. J. Bot. 86: 1597–1605.

21- Oveisi M., Mashhadi H.R., Baghestani M.A., Alizadeh H.M., and Badri S. 2008. Assessment of the allelopathic potential of 17 Iranian barley cultivars in different development stages and their variations over 60 years of selection. Weed Biology and Management 8: 225–232.

22- Scott S.G., Jones R.A. and Williams W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24:1192-1199

23- Singh N.B., Pandey B.N. and Singh B.N. 2009. Allelopathic effects of *Cyperus rotundus* extract in vitro and ex vitro on banana. Acta Physiologiae Plantarum, 31 (3): 633-638.

24- Stephenson G.R. 2000. Herbicide use and world food production: Agric. 34:907–910. Risks and benefits. p. 240. In Abstracts of Int. Weed Sci. Congr., 3rd, Foz Do Iguassu, Brazil. 6–11 June 2000.

25- Valentovic P., Luxova M., Kolarovi L. and Gasparikora O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes

content, membrane stability and water relation in two maize. Plant, Soil and Environment. 52 (4):186-191.
26- Xiao Z., Storms R. and Tsang A. 2006. A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities, Analytical Biochemistry, 351:146-148.
27- Yu J., Vasanthan T. and Temelli F. 2001. Analysis of phenolic acids in barley by high-performance liquid chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49: 4352-4358.
28- Zimdahl R.L. 2004. Weed crop competition. Blackwell Publication. Canada. P22.