فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد نوزدهم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۷۸-۱۶۷/ پاییز و زمستان ۹۸
DOI: 10.22084/ppt.2018.14878.1778

اثر سولفوسولفورون، مت‌سولفورون متیل و ترکیبات آللوشیمیایی آفتابگردان بر فعالیت آنزیم‌ها وآنتی‌اکسیدان‌های جودره (*Hordeum spantaneum*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*)

Effect of Sulfosulfuron, Metsulfuron-methyl and Sunflower Allelochemicals on Enzymes and Antioxidants Activities in *Hordeum spantaneum* and *Avena fatua*

روزبه فرهودی[۱]، آرزو صادقی[۲] و عادل مدحج[۳*]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۱
(مقاله پژوهشی)

چکیده

این پژوهش جهت بررسی اثر کاربرد دو علف‌کش شیمیایی و عصاره آبی بقایای گیاهی آفتابگردان بر رشد گیاهچه و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی علف‌های هرز جودره و یولاف‌وحشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد شوشتر در سال ۹۴-۱۳۹۳ و به‌صورت طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی عصاره اندام هوایی گیاه آفتابگردان با غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد سولفوسولفورون به میزان ۲۷/۷ گرم در هکتار، سولفوسولفورون ۷۵ درصد + مت‌سولفورون- متیل ۵ درصد (۴۰ گرم در هکتار) و پاشش با آب (شاهد) بودند. نتایج نشان داد، غلظت مالون‌دی‌آلدهید در هر دو علف‌هرز در تیمارهای علف‌کش و غلظت‌های ۱۰۰ و ۷۵ درصد آفتابگردان افزایش معنی‌دار یافت. محلول‌پاشی عصاره آفتابگردان ۷۵ و ۱۰۰ درصد و علف‌کش‌ها باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز شد. کم‌ترین فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز (۲/۷ نانومول در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) در برگ گیاهچه یولاف وحشی مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد عصاره آفتابگردان بود. در گیاهچه جودره کم‌ترین فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز در واکنش به علف‌کش سولفوسولفورون و ۱۰۰ درصد عصاره آفتابگردان مشاهده شد (به‌ترتیب ۲/۶ و ۲/۴ نانومول در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه). به‌طورکلی، محلول‌پاشی عصاره آفتابگردان با غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد همانند کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی باعث تخریب غشای سلولی، کاهش فتوسنتز و کاهش رشد گیاهچه‌های یولاف وحشی و جودره شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آنتی‌اکسیدان، ساکاروز سینتاز، فتوسنتز، مالون‌دی‌آلدهید

۱، ۳ و ۲. به‌ترتیب دانشیاران و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
*: نویسنده مسئول Email: adelmodhej2006@yahoo.com

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول به‌راهنمایی عادل مدحج می‌باشد.

مقدمه

علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شوند. رقابت علف‌های هرز برای منابع غذایی، خاک، آب و نور، مانع دسترسی مطلوب گیاهان زراعی به این منابع شده و موجب کاهش کمی و کیفی محصول و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (باغستانی و همکاران، ۱۳۹۲). امروزه به دلیل افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، عوارض زیست‌محیطی و آلودگی منابع آب ناشی از کاربرد آن‌ها، استفاده گسترده از علف‌کش‌ها باید مورد بازنگری قرار گیرد. بدین منظور پژوهشگران به دنبال روش‌های جایگزین برای کنترل علف‌های هرز هم‌زمان با کاهش کاربرد علف‌کش‌ها هستند. در این راستا، استفاده از ویژگی‌های دگرآسیبی گیاهان می‌تواند نقش مهمی در مدیریت و کنترل علف‌های هرز ایفا کند. ترکیبات آللوشیمیایی موجود در برخی گونه‌های گیاهی از طریق اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان مجاور موجب توقف رشد می‌شوند. لذا استفاده از این نوع گیاهان و یا بقایای آن‌ها می‌تواند موجب جایگزینی و کاهش مصرف علف‌کش‌ها شود (*ویلسون* و *رایس*[1]، 1968). برخی گیاهان دگرآسیب دارای مواد شیمیایی مختلفی مانند، فنول، آلکالوئید و فلاوئیدها می‌باشند که ویژگی‌های دگرآسیبی دارند و می‌توانند به‌عنوان علف‌کش یا آفت‌کش طبیعی عمل نمایند (*ماکیاس*[2] و همکاران، 2008).

آفتابگردان به‌عنوان یک گیاه روغنی مهم شناخته شده است و ویژگی‌های دگرآسیبی این گیاه نیز موردتوجه محققان قرار گرفته است به‌نحوی‌که تاکنون بیش از ۲۰۰ ترکیب آللوشیمیایی دگرآسیب در اندام‌های مختلف آفتابگردان شناسایی شده است (*اشرفی*[3] و همکاران، 2008؛ *کمال* و *بانو*[4]، 2008). ترکیبات دگرآسیب باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی همچون بازدارندگی و اختلال در رشد گیاهچه، جوانه‌زنی، تقسیم سلولی، فتوسنتز، سنتز پروتئین، متابولیسم اسیدهای آلی و فعالیت برخی آنزیم‌ها و تخریب غشای سلولی می‌شوند (*لی و پرسبیلا*[5]، 1997؛ *رایس*، 1984). آفتابگردان از دیرباز به‌عنوان یک گیاه دگرآسیبی موفق شناسایی شده است (*ویلسون و رایس*، 1968) به‌طوری‌که استفاده از آفتابگردان در تناوب به میزان قابل‌توجهی مصرف علف‌کش‌ها را کاهش می‌دهد و رشد علف‌های هرز را متوقف می‌کند (*کمال*[6]، 2011). در یک تحقیق، کاربرد عصاره آفتابگردان سبب بازدارندگی جوانه‌زنی و رشد ساقه‌چه علف‌های هرز شد (اروجی و همکاران، ۱۳۷۸). *انجام* و *باجوا*[7] (2005) با بررسی اثر عصاره آبی برگ‌های آفتابگردان بر رشد علف‌های هرز سلمه‌تره، ترشک و علف قناری مشاهده نمودند که ترکیبات دگرآسیبی موجود در برگ‌های آفتابگردان به علت دارا بودن اثر بازدارندگی از رشد علف‌هرز، می‌تواند در توسعه علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل این علف‌های هرز به کار گرفته شود. محققان گزارش نمودند که فعالیت آنزیم‌های دخیل در فرآیند فتوسنتز یا فرآوری ترکیبات فتوسنتزی در واکنش به ترکیبات دگرآسیب قرارگرفته و کاهش می‌یابد. به‌عنوان‌مثال، محلول‌پاشی عصاره جو بر گیاهچه یولاف وحشی سبب کاهش فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز و میزان فتوسنتز برگ یولاف وحشی شد که کاهش رشد گیاهچه این گیاه را در پی داشت (*فرهودی و لی*[8] 2012). ترکیبات دگرآسیب قادرند با اثر بر تنظیم‌کنندگان رشد گیاهی سبب کاهش رشد، کاهش فتوسنتز، تخریب غشاهای سلولی و در نتیجه آسیب‌پذیری عمل گیاهان هدف شوند (*زوان*[9] و همکاران، 2012).

شناسایی سازوکارهای عمل مواد دگرآسیب در گیاهان می‌تواند نقش مهمی در معرفی، تولید و استفاده از این مواد به‌صورت عملی داشته باشد. یکی از جنبه‌های اثر ترکیبات دگرآسیبی بر گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن است و با حمله به ساختار غشای پروتئین و ماده وراثتی سلول سبب تخریب آن‌ها می‌شوند (*بوگاتک*[10] و همکاران، 2006). ترکیبات آنتی‌اکسیدان مجموعه‌ای از ترکیبات آنزیمی نظیر کاتالاز و پراکسیداز و یا ترکیبات غیرآنزیمی نظیر اسید آسکوربیک و کارتنوئید هستند که قادرند محیط سلول و غشای سلولی را از آسیب رادیکال‌های آزاد اکسیژن مصون دارند. در آزمایش *بوگاتک* و همکاران (2006) نیز مشاهده شد با افزایش غلظت عصاره‌ی آبی آفتابگردان، قدرت جوانه‌زنی بذر خردل وحشی کاهش یافت. این کاهش به دلیل زوال غشای سلول‌ها بود. در یک تحقیق، کاربرد عصاره آفتابگردان سبب کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی و رشد ۱۲ گونه علف‌هرز شد، زیرا ترکیبات دگرآسیب موجود در عصاره آفتابگردان تنش اکسیداتیو و افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در گیاهچه این علف‌های هرز را به دنبال داشت (*اوراکز*[11] و همکاران، 2008). گزارش شده است

1. Wilson and Rice
2. Macias
3. Ashrafi
4. Kamal and Bano
5. Lee and Prisbylla
6. Kamal
7. Anjum and Bajwa
8. Farhoudi and Lee
9. Zwan
10. Bogatek
11. Oracz

که استفاده از عصاره گیاه آفتابگردان باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف‌های هرز در مزرعه کلزا و کاهش دز موردنیاز علف‌کش‌ها شد زیرا ترکیبات دگرآسیب عصاره آفتابگردان قادر بودند رشد بسیاری از علف‌های هرز را محدود نماید (*زوان*، 2012).

در سال‌های اخیر دو علف‌کش از گروه سولفونیل اوره به نام-های سولفوسولفورون (با نام تجارتی آپیروس) و سولفوسولفورون ۷۵ درصد + مت‌سولفورون متیل ۵ درصد (با نام تجارتی توتال) برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ ازجمله یولاف وحشی و جودره در مزارع گندم و جو به بازار عرضه گردیده است. علف‌کش‌های سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون از علف‌کش‌های کارآمد در کنترل علف‌های هرز باریک برگ نظیر یولاف وحشی و جودره می‌باشند (باغستانی و همکاران، ۱۳۹۲). این پژوهش به‌منظور مقایسه اثر این دو علف‌کش و عصاره آفتابگردان بر شد گیاهچه و فرآیندهای فیزیولوژیکی علف‌های هرز جودره و یولاف وحشی به‌منظور شناسایی سازوکارهای خسارت‌زای ترکیبات دگرآسیبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش جهت بررسی اثر دگرآسیب عصاره آبی بقایای گیاهی آفتابگردان در مقایسه با کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی بر رشد گیاهچه علف‌های هرز جودره و یولاف وحشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد شوشتر در سال ۱۳۹۳-۹۴ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هفت تیمار برای هر کدام از علف‌های هرز یولاف وحشی و جودره به‌صورت جداگانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره اندام هوایی گیاه آفتابگردان، غلظت ۲۷/۷ گرم سولفوسولفورون (آپیروس) در هکتار، غلظت ۴۰ گرم مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون (توتال) در هکتار و پاشش با آب (شاهد) بود.

به‌منظور تهیه عصاره آبی آفتابگردان، بوته‌های آفتابگردان رقم آذر گل در مرحله گل‌دهی از حاشیه مزارع شهرستان شوشتر برداشت شده و برگ و ساقه‌ی آن‌ها به‌صورت مجزا در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شد. سپس برای تهیه عصاره ابتدا ۳۰۰ گرم پودر اندام هوایی آفتابگردان در سه لیتر آب مقطر ریخته شده و ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خیسانده شده و در ادامه پس از صاف کردن، با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ و عبور دادن از کاغذ صافی، عصاره‌ی ۱۰۰ درصد این گیاه تهیه شد. این عصاره به‌عنوان محلول پایه (۱۰۰ درصد) در نظر گرفته شده و عصاره‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد بر اساس آن تهیه گردید (*فرهودی و لی*، 2013). برای تهیه علف‌کش‌ها نیز از دستورالعمل کارخانه تولید سم پیروی شد.

جهت بررسی ترکیبات تشکیل‌دهنده عصاره آفتابگردان از دستگاه گازکروماتوگراف[1] (Agilent مدل ۶۸۹۰) با طول ستون ۳۰ متر و گاز هلیوم با سرعت دو میلی‌متر در دقیقه استفاده شد. دمای محل تزریق نمونه و ستون ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و دما آشکارکننده ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد بالای صفر بود. در هر مورد پس از تزریق یک میکرولیتر عصاره، کروماتوگرام به‌دست آمده و طیف‌های جرمی ترکی‌های مختلف موجود در آن بررسی شد. شناسایی طیف‌ها به کمک بانک اطلاعات جرمی، زمان بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی هر یک از اجزای عصاره و بررسی الگوهای شکست آن‌ها، مقایسه آن‌ها با طیف‌های استاندارد و استفاده از منابع معتبر انجام شد (*نیشیدا*[2] و همکاران، 2005).

جهت رویش علف‌های هرز، ۲۴ عدد بذر این گیاهان در گلدان‌های پلاستیکی به طول، عرض و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر حاوی ترکیب خاک رس و کود پوسیده حیوانی کاشته شد. بذر علف‌های هرز از بخش حفظ نباتات اداره جهاد کشاورزی خوزستان تهیه گردید و پیش از آزمایش جوانه‌زنی آن‌ها بررسی شد. هر تیمار آزمایشی از دو گلدان تشکیل شده بود. پس از استقرار گیاهچه با حذف بوته‌های اضافی تعداد آن‌ها به ۱۲ بوته در هر گلدان رسید. دو هفته پس از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز و در مرحله‌ی چهار برگی آن‌ها، محلول‌پاشی توسط عصاره‌های آفتابگردان و تیمارهای علف‌کشی انجام شد. چهارده روز پس از پایان محلول‌پاشی، برداشت گیاهچه‌های جودره و یولاف وحشی جهت بررسی صفات وزن و ارتفاع گیاهچه انجام گردید. سایر صفات در روز ششم پس از محلول‌پاشی تیمارها بررسی شدند.

جهت بررسی وزن خشک و ارتفاع گیاهچه علف‌های هرز، شش گیاهچه از هر گلدان انتخاب و بعد از ثبت ارتفاع، گیاهچه‌ها در پاکت کاغذی به آون دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند.

جهت بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز[3]، گلوتاتیون ردکتاز[4] و پراکسیداز[5]، ابتدا پروتئین گیاهچه علف‌هرز

1. Gas Chromatograph
2. Nishida
3. Catalase
4. Glutathione Reductase
5. Peroxidase

استخراج شد (*اگراوال*[1] و همکاران، 2005). برای بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز مخلوط واکنش شامل بافر فسفات[2] ۱۰ میلی‌مولار، هشت میلی‌مولار گویاکول[3] (خلوص ۹۸ درصد، شرکت مرک)، ۲/۷۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن[4] (خلوص ۳۵ درصد، شرکت مرک) و ۵۰ میکرولیتر محلول پروتئینی استخراج شده در ابتدای آزمایش بود. پس از اضافه کردن پراکسید هیدروژن بلافاصله افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه قرائت شد. برای بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز نیز ۵۰ میکرومول از محلول پروتئینی استخراج شده از گیاهچه به ۱۰۰ میلی‌مول بافر فسفات اضافه و سپس ۳۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن نیز به مخلوط افزوده شد. در نهایت این مخلوط در کووت اسپکتوفتومتر[5] (مدل AM202) ریخته شد و در طول موج ۲۴۰ نانومتر فعالیت آنزیمی براساس تغییرات جذب در ۶۰ ثانیه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین قرائت شد (*بوهم*[6] و همکاران، 2006).

برای بررسی فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز ۵۰ میکرولیتر محلول پروتینی استخراج شده از گیاهچه با بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار، محلول 2′-NADPH، ۱۰ میلی‌مولار گلوتاتیون[7] (ساخت شرکت مرک) و سه میلی‌مول کلرید منیزیم (ساخت شرکت مرک) با هم ترکیب شد. میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز به مدت شش دقیقه و هر ۳۰ ثانیه یک بار در طول موج ۳۴۰ نانومتر بررسی شد (*اوراکز* و همکاران، 2007).

جهت بررسی فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز ابتدا یک محلول حاوی ۵۰ میلی‌مول بافر فسفات، ۰/۱ میلی‌مول EDTA، ۰/۱ میلی‌مول کلرید منیزیم و ۱۰ میلی‌لیتر محلول پروتینی برگ تهیه شد و اسیدیته محیط به ۸/۴ رسانده شد. در ادامه با اضافه کردن گلوکز دهیدروژناز[8] (ساخت شرکت مرک) و در دمای اتاق فعالیت ساکاروز سینتاز در طول‌موج ۳۵۰ نانومتر (اسپکتوفتومتر مدل AM202) بررسی شد (*کونس* و *گراویس*[9]، 2006).

به‌منظور تعیین غلظت مالون‌دی‌آلدهید گیاهچه، ابتدا نیم گرم بافت گیاهچه را در محلول ۲۰ درصد اسید تیوکلرو استیک[10] (خلوص ۹۵ درصد، شرکت سیگما) که حاوی ۰/۵ درصد اسید تیو باربیتوریک[11] (خلوص ۹۸ درصد، شرکت سیگما) بود کاملاً پودر کرده و آن‌گاه این مخلوط به‌مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام بن‌ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط در حمام یخ سرد شد غلظت مالون‌دی‌آلدئید در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری گردید (*والنتویچ*[12] و همکاران، 2006).

جهت بررسی میزان فتوسنتز از دستگاه تحلیل‌گر گاز مادون قرمز[13] مدل LCA4 استفاده شد. به این منظور نمونه‌گیری‌ها بین ساعت ۱۲ ظهر تا یک بعدازظهر انجام شد. به این منظور برگ پایینی هر گیاهچه در انبرک دستگاه قرار گرفت و پس از مدت ۶۰ ثانیه میزان فتوسنتز بر حسب میکرومول بر دی‌اکسیدکربن بر سانتی‌مترمربع بر ثانیه قرائت شد (*لورنزو*[14] و همکاران، 2011).

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام گرفت.

نتایج و بحث

شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده عصاره آفتابگردان

بررسی ترکیبات عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان نشان داد ترکیباتی نظیر آلفا-بیسبولول[15]، سابینین[16]، ۱ و ۸ سینیول[17]، بتا پنین[18]، کامفور[19] و آلفا پنین[20] بیش‌ترین ترکیبات تشکیل‌دهنده عصاره آفتابگردان می‌باشند (جدول ۱). ترکیبات منوترپن نظیر ۱ و ۸ سینیول آلفا پنین، کامفور و بتاپنین دارای پتانسیل بالای دگرآسیبی بوده و موجب بازدارندگی رشد گیاهچه‌های گیاهان هدف می‌شوند (*اوراکز* و همکاران، 2007). در تحقیق حاضر نیز رشد گیاهچه جودره و یولاف وحشی در واکنش به عصاره ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد آفتابگردان کاهش یافت که به نظر می‌رسد به‌دلیل حضور این ترکیبات دگرآسیب در عصاره آفتابگردان است. تحقیقات دیگر نیز نشان داده است که ترکیباتی نظیر کامفور و آلفاپنین با اثر منفی بر فتوسنتز، تقسیم میتوز و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی گیاهان مانع از رشد مطلوب آن‌ها می‌شوند (*ماکیاس* و همکاران، 2008؛ *اوراکز*

1. Agrawal
2. Phosphate Buffered
3. Guaiacol
4. Hydrogen Peroxide
5. Spetophotometer
6. Bohm
7. Glutathione
8. Glucose Dehydrogenase
9. Counce and Gravios
10. Thio Chloroactic Acid
11. Thiobarbituric Acid
12. Valentovic
13. Infrared Carbon Dioxide Analyzer
14. Lorenzo
15. ά-bisabolol
16. Sabinene
17. 1,8-Cineole
18. β-pinene
19. Camphor
20. α –Pinene

و همکاران، 2008). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایشی کلیه صفات موردبررسی علف‌هرز یولاف وحشی و جودره به استثنای صفت ارتفاع بوته در گیاهچه یولاف وحشی را تحت تأثیر قرار داد (جداول ۲ و ۳).

مالون‌دی‌آلدهید و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید بیانگر تشدید تخریب غشای سلولی و آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد از پیکره غشای سلولی است و به‌عنوان معیاری برای آسیب‌پذیری غشا در واکنش به تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (*اوراکز* و همکاران، 2008؛ *والنتویچ* و همکاران، 2006). براساس نتایج این پژوهش، افزایش غلظت عصاره آفتابگردان و علف‌کش‌ها باعث افزایش مالون‌دی‌آلدهید به دلیل تخریب غشاهای سلولی بافت گیاهچه یولاف وحشی و جودره شد. کم‌ترین غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهچه یولاف وحشی در تیمار شاهد (۰/۰۰۸۷ میکرومول برگرم وزن‌تر) مشاهده شد که تفاوت آن با تیمار عصاره ۲۵ درصد آفتابگردان معنی‌دار نبود.

بیش‌ترین غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهچه یولاف وحشی در تیمار علف‌کش مت‌سولفورون متیل+سولفوسولفورون به‌دست آمد که تفاوت آن با تیمار عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان معنی‌دار نبود (جدول ۴). در گیاهچه جودره نیز بیش‌ترین غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهچه در تیمارهای علف‌کش مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و سولفوسولفورون به‌ترتیب با ۰/۹۱ و ۰/۸۷ میکرومول بر گرم وزن‌تر به‌دست آمد که با دیگر تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان غلظت مالون‌دی‌آلدهید بافت گیاهچه جودره را افزایش داد. در هر دو گیاهچه علف‌هرز با افزایش غلظت عصاره‌ی آفتابگردان غلظت مالون‌دی‌آلدهید نیز روند صعودی پیدا کرد که بیانگر اثر منفی ترکیبات دگرآسیبی عصاره آفتابگردان بر سلامت غشای سلولی یولاف وحشی و جودره بود.

گزارش شده است که محلول‌پاشی عصاره جو سبب تشدید تخریب غشاهای سلولی و افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید گیاهچه یولاف وحشی شد که کاهش رشد گیاهچه یولاف وحشی را در پی داشت (*فرهودی* و *لی*، 2013). در گیاهچه یولاف وحشی بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۱/۶۹ میلی‌گرم جذب در دقیقه در تیمار کاربرد علف‌کش سولفوسولفورون مشاهده شد که با تیمار علف‌کشی مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). پس از این تیمارها، تیمارهای غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره‌ی آفتابگردان قرار داشتند که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. در گیاهچه جودره نیز بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار علف‌کشی سولفوسولفورون مشاهده شد.

جدول ۱: درصد ترکیبات شیمیایی تشکیل‌دهنده عصاره آبی آفتابگردان

Table1: Chemical composition percentage of the sunflower extract

RI*	درصد ترکیب Compound percentage	نام ترکیب Compound name	RI*	درصد ترکیب Compound percentage	نام ترکیب Compound name
1443.1	0.74	ά-Humulene	920.9	0.51	α-Thujene
1471.6	0.22	ά-Muurolene	924.2	18.3	1,8-Cineole
1482.4	0.68	Germacrene D	934.8	0.21	Tricyclene
1505.1	0.29	β-Bisabolene	955.9	0.21	Thuja-2,4(10)-diene
1548.4	0.36	cubebol	971.6	4.0	β-pinene
1559.6	0.17	Elemol	977.1	20.1	Sabinene
1581.6	0.22	Spathulenol	1003.6	0.51	α-Phellandrene
1591.5	0.46	Germacrene-D	1012.5	0.90	ά-Terpinene
1600.7	0.16	Salvial-4(14)-en-1-one	1020.2	3.21	Camphor
1607.4	0.12	Humulene epoxide II	1027.4	0.78	β-Phellandrene
1657.8	0.15	Cedryl acetate	1038.1	5.1	α-Pinene
1673.9	2.1	Chamazulene	1045.7	0.29	Cis- β-ocimene
1698.2	0.21	(E, E)-Farnesyl acetate	1058.0	0.83	Trans- β -ocimene
1702.1	0.61	manoyl oxide	1067.5	0.76	Cis-sabinene hydrate
1711.4	0.23	ά-Cadinol	1087.4	2.13	Linalool
1725.1	10.6	ά-bisabolol	1117.3	0.34	Cis-p-menth-2-en-1-ol
1759.0	0.34	γ-Eudesmol acetate	1184.9	0.64	α-Terpineol
1402.7	0.15	Trans-β-caryophyllene	1195.6	0.11	Cis-dihydrocarvone
1419.5	0.86	Camphor	1202.7	0.23	Trans-dihydrocarvone
1421.1	1.73	Borneol	1241.7	0.98	Piperitone
1425.0	8.6	Terpinen-4-ol	1275.3	0.39	Nerylformate
1325.1	0.44	Eugenol	1314.6	1.74	Carvacrol

*: شاخص نگهداری

*: Retention indice

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی موردبررسی گیاهچه یولاف وحشی در واکنش به تیمارهای آزمایشی

Table 2: Analysis of variance of *Avena fatua* physiological traits influenced by experimental treatments

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	غلظت مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde concentration	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity	فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز Glutathione reductase activity	فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز Sucrose synthase	ارتفاع بوته Shoot height	وزن خشک Dry weight	میزان فتوسنتز Photosynthesis rate
تکرار Repeat	2	0.0018^{ns}	0.053^{ns}	0.32^{ns}	2.92^{**}	2.03^{ns}	13.18^{**}	7.49^{ns}	2.18^{*}
تیمار Treatment	6	0.386^{**}	0.496^{**}	67.31^{**}	5.25^{**}	25.31^{**}	4.61^{ns}	12.67^{**}	8.05^{**}
خطا Error	12	0.0042	0.0334	1.02	1.52	7.14	5.25	8.128	2.01
درصد ضریب تغییرات CV (%)		5.7	11.7	10.7	6.2	7.0	8.2	7.1	3.3

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و غیرمعنی‌دار

**, * and ns: Significant at 1%, 5% level of probability and Not significant, respectively

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی موردبررسی گیاهچه جودره، در واکنش به تیمارهای آزمایشی

Table 3: Analysis of variance of *Hordeum spantaneum* physiological traits influenced by experimental treatments

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	غلظت مالون‌دی‌آلدهید Malondialdehyde concentration	فعالیت آنزیم کاتالاز Catalase activity	فعالیت آنزیم پراکسیداز Peroxidase activity	فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز Glutathione reductase activity	فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز Sucrose synthase	ارتفاع بوته Shoot height	وزن خشک Dry weight	میزان فتوسنتز Photosynthesis rate
تکرار Repeat	2	0.0008^{ns}	0.003^{ns}	1.51^{ns}	1.06^{**}	3.21^{**}	5.11^{**}	5.168^{ns}	0.12^{ns}
تیمار Treatment	6	0.537^{**}	0.812^{**}	70.42^{**}	4.18^{**}	7.41^{**}	17.07^{**}	21.51^{**}	6.14^{**}
خطا Error	12	0.003	0.015	0.703	0.23	0.51	3.0	7.042	1.19
درصد ضریب تغییرات CV (%)		1.3	9.7	10.3	10.1	3.1	6.4	9.7	3.8

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و غیرمعنی‌دار

**, * and ns: Significant at 1%, 5% level of probability and Not significant, respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای آزمایش بر رشد گیاهچه، فتوسنتز و فعالیت‌های آنزیمی گیاهچه جو دره و یولاف

Table 4: Means comparison of the effect of treatments on seedling growth, photosynthesis rate and enzymes activities in *Avena fatua* and *Hordeum spantaneu*m seedlings

فتوسنتز (میکرومول CO_2 در سانتی‌مترمربع در ثانیه) Photosynthesis (µmol $CO_2/cm^2/s$)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight (g $plant^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Shoot height (cm)	فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز (نانومول بر میلی‌گرم بر دقیقه) Sucrose synthase (nmol mg pro^{-1} min^{-2})	فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز (نانومول NAPDH بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) Glutathione reductase activity (nmol NAPDH mg^{-1} protein min^{-2})	فعالیت آنزیم پراکسیداز (واحد در میلی‌گرم پروتئین) Peroxidase activity (unit mg^{-1} pro)	فعالیت آنزیم کاتالاز (نانومول H_2O_2 در میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) Catalase activity (nmol H_2O_2 mg^{-1} protein min^{-2})	غلظت مالون‌دی‌آلدهید (میکرومول در گرم وزن‌تر) MDA concentration (µmolgr^{-1}FW)	تیمارها Treatments	علف‌هرز Weed
5.21^{a}	2.6^{a}	19.3^{a}	8.0^{a}	1.2^{c}	2.49^{b}	0.56^{c}	0.0087^{d}	شاهد Control	یولاف وحشی *Avena fatua*
5.30^{a}	2.4^{a}	18.4^{a}	7.4^{a}	1.4^{c}	2.43^{b}	0.58^{c}	0.0086^{d}	غلظت ۲۵ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 25%	
3.90^{b}	2.4^{a}	18.8^{a}	7.2^{a}	1.2^{d}	3.93^{b}	0.93^{b}	0.09^{d}	غلظت ۵۰ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 50%	
2.71^{c}	1.4^{b}	21.2^{a}	3.8^{c}	2.9^{b}	11.8^{a}	1.04^{b}	0.287^{c}	غلظت ۷۵ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 75%	
1.60^{d}	1.1^{b}	19.3^{a}	2.7^{d}	2.3^{c}	11.5^{a}	1.03^{b}	0.73^{ab}	غلظت ۱۰۰ درصد Sunflower extract 100%	
1.11^{d}	0.98^{b}	20^{a}	3.9^{c}	2.2^{c}	12.4^{a}	1.69^{a}	0.66^{b}	سولفوسولفورن Sulfosulfuron	
1.30^{d}	0.98^{b}	19.3^{a}	4.4^{b}	3.7^{a}	11.3^{a}	1.38^{a}	0.83^{a}	سولفوسولفورون+مت‌سولفورون متیل Sulfosulfuron + Metsulfuron-methyl	
4.9^{a}	3.25^{a}	22.7^{a}	7.8^{a}	1.5e	2.6^{c}	0.36^{d}	0.0071^{d}	شاهد Control	جودره *Hordeum spantaneum*
4.7^{a}	3.21^{a}	18.5^{abc}	7.8^{a}	1.8^{d}	2.4^{c}	0.59^{d}	0.0086^{d}	غلظت ۲۵ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 25%	
3.18^{b}	3.2^{a}	16.1^{bc}	8.2^{a}	2.9^{c}	4.1^{b}	0.97^{c}	0.0072^{d}	غلظت ۵۰ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 50%	
3.11^{b}	1.91^{b}	19.4^{ab}	4.1^{b}	2.7^{b}	11.3^{a}	1.04^{c}	0.29^{c}	غلظت ۷۵ درصد عصاره آفتاب‌گردان Sunflower extract 75%	
1.38^{c}	1.23^{c}	18.7^{abc}	2.4^{c}	2.9^{c}	12.2^{a}	1.06^{c}	0.71^{b}	غلظت ۱۰۰ درصد Sunflower extract 100%	
1.48^{c}	0.99^{c}	16^{bc}	2.6^{c}	3.2^{b}	12.7^{a}	1.89^{a}	0.897^{a}	سولفوسولفورن Sulfosulfuron	
1.22^{c}	0.99^{c}	14.1^{c}	3.9^{b}	4.2^{a}	11.9^{a}	1.59^{b}	0.91^{a}	سولفوسولفورون+مت‌سولفورون متیل Sulfosulfuron + Metsulfuron-methyl	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و هر علف هرز تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند

Means followed by the same letter(s) in each weed and each column are not significantly different at P = 0.05 according to Duncan multiple test

کم‌ترین میزان کاتالاز در تیمار شاهد بود که تفاوت آن با تیمار عصاره ۲۵ درصد آفتابگردان معنی‌دار نشد (جدول ۴). نتایج بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد کاربرد علف‌کش‌ها و افزایش غلظت عصاره آفتابگردان سبب تشدید فعالیت این آنزیم شد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار سولفوسولفورون مشاهده شد اما با فعالیت این آنزیم در تیمارهای مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون، غلظت ۱۰۰ و ۷۵ درصد آفتابگردان تفاوت معنی‌داری نداشت. از سوی دیگر سه تیمار شاهد، عصاره ۲۵ و ۵۰ درصد آفتابگردان به‌ترتیب با ۲/۴۹، ۲/۴۳ و ۳/۹۳ میلی‌گرم جذب در دقیقه در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴).

محلول‌پاشی عصاره آفتابگردان سبب تشدید فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز در بافت گیاهچه‌های جودره و یولاف وحشی شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم آنتی‌اکسیدان در هر دو گیاهچه در تیمار مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون مشاهده شد (به‌ترتیب ۳/۷ و ۴/۲ نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتین بر دقیقه برای یولاف حشی و جودره). در گیاهچه یولاف وحشی تیمار کاربرد عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان در مقایسه با عصاره ۷۵ درصد، فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز را کاهش داد اما در گیاهچه جودره تفاوت معنی‌داری میان سطوح فعالیت این آنزیم بین تیمارهای عصاره ۵۰ الی ۱۰۰ درصد آفتابگردان مشاهده نشد.

افزایش مالون‌دی‌آلدهید در این تحقیق نشان‌دهنده تخریب غشای سلولی و تشدید فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه‌های جودره و یولاف وحشی در واکنش به کاربرد عصاره آفتابگردان و هم‌چنین علف‌کش‌های مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و سولفوسولفورون بود. یکی از اثرات منفی ترکیبات دگرآسیبی بر گیاهان، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است. رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند آب اکسیژنه، یون هیدروکسیل و سوپراکسید با حمله به ذخایر ژنتیکی، آنزیم‌ها، غشای سلولی و اندامک‌های سلولی نظیر کلروپلاست و میتوکندری سبب اختلال در عملکرد سلول و در نهایت مرگ آن می‌شوند (*مونس*[1]، 2002). در یک تحقیق، ترکیبات دگرآسیب عصاره گلرنگ با اثر منفی بر سلامت غشای سلولی و القای تنش اکسیداتیو در گیاهچه خردل وحشی سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد این گیاه شده است (*فرهودی* و *لی*، 2012). گیاهان قادرند با تولید انواع ترکیبات آنزیمی آنتی‌اکسیدان نظیر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون ردکتاز و آسکوربات پراکسیداز و ترکیبات آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی نظیر کارتنوئید و آلفا توکوفرول رادیکال‌های آزاد اکسیژن را حذف و اثر مضر آن‌ها را کم کنند (*یو*[2] و همکاران، 2003). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در محیط سلول الزاماً به معنی حفظ شرایط مطلوب زیستی در محیط سلول نیست زیرا در بسیاری از موارد مشاهده شده است که با وجود افزایش فعالیت ترکیبات آنتی‌اکسیدان در محیط سلول، تخریب غشای سلولی و تولید مالون‌دی‌آلدهید به‌دلیل تنوع ترکیبات مضر و سازوکارهای چندگانه آسیب‌رسانی که عمدتاً غشای سلولی و زیرساخت‌های سلولی را درگیر می‌کنند به‌صورت افزایشی ادامه می‌یابد (*لورنزو* و همکاران، 2011؛ *اوراکز* و همکاران، 2007) که با نتایج آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت عصاره آفتابگردان تا ۱۰۰ درصد و هم‌چنین حضور علف‌کش‌های مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و سولفوسولفورون منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در راستای حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن شد. اگرچه در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است که فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها در واکنش به ترکیبات آللوشیمیایی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد (*بوهم* و همکاران، 2006؛ *یو* و همکاران، 2003). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که آنزیم‌های گیاه به‌تنهایی توانایی مقابله با اثر مخرب این ترکیبات دگرآسیبی را نداشتند به‌نحوی‌که تخریب سلولی افزایش یافته و در نتیجه‌ی آن رشد گیاه گیاهچه‌ها دچار اختلال شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد عصاره آفتابگردان به‌ویژه در غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد با تخریب غشای سلولی مشابه کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی عمل کرد و منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو ناشی از حضور ترکیبات سمی در محیط رشد جودره و یولاف وحشی شد. *فرهودی* و *لی* (2013) گزارش دادند محلول‌پاشی گیاهچه یولاف وحشی و جودره توسط عصاره جو زراعی سبب تحریک فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه این علف‌های هرز شد اما افزایش غلظت عصاره جو سبب کاهش شدید فعالیت این دو آنزیم آنتی‌اکسیدان و آسیب‌پذیری گیاهچه‌ها گردید.

فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز

افزایش غلظت عصاره آبی آفتابگردان سبب کاهش شدید فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز در برگ گیاهچه یولاف وحشی شد و کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در واکنش به عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان به میزان ۲/۷ نانومول بر میلی‌گرم پروتئین بر دقیقه مشاهده شد. در گیاهچه جودره کم‌ترین فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز در واکنش به علف‌کش

1. Munns

2. Yu

سولفوسولفورون و عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان مشاهده شد. میزان فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز تحت تأثیر علف‌کش مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و عصاره ۷۵ درصد آفتابگردان در مرحله بعد قرار داشت (جدول ۴). این نتایج نشان داد مصرف سموم شیمیایی و عصاره‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد آفتابگردان با اثر منفی بر فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز منجر به کاهش تولید ترکیبات فتوسنتزی و قند موردنیاز گیاه و درنهایت منجر به کاهش رشد گیاهچه علف‌های هرز جودره و یولاف وحشی شد (جدول ۴). ساکاروز سینتاز یک آنزیم حیاتی است که در تبدیل مواد فتوسنتزی به ساکاروز و رشد گیاه نقش اساسی دارد لذا هرگونه اختلال در فعالیت آن منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (*وو*[1] و همکاران، 2000). *فرهودی* و *لی* (2013) کاهش رشد گیاهچه یولاف وحشی و جودره در واکنش به عصاره جو را ناشی از کاهش فتوسنتز، تخریب غشاهای سلولی و کاهش فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز دانستند.

وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و میزان فتوسنتز

نتایج نشان داد که تیمارهای علف‌کشی مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و سولفوسولفورون و غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آفتابگردان باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته علف هرز جودره نسبت به تیمار شاهد گردیدند (جدول ۴). سایر تیمارها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار با تیمار شاهد بودند. کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی یولاف وحشی در تیمارهای علف‌کشی سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون به میزان ۰/۹۸ گرم در بوته به‌دست آمد که با وزن خشک این علف هرز در واکنش به غلظت‌های ۱۰۰ و ۷۵ درصد عصاره آفتابگردان تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در واقع می‌توان بیان داشت که محلول‌پاشی غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره‌ی آفتابگردان، وزن خشک علف هرز یولاف وحشی را همچون دو علف‌کش سولفوسولفورون و مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی علف هرز جودره در تیمارهای علف‌کشی مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و سولفوسولفورون به‌دست آمد که با عصاره‌ی ۱۰۰ درصد آفتابگردان تفاوت معنی‌داری نداشت. تحقیقات بیانگر کاهش رشد گیاهچه علف‌های هرز تحت تأثیر عصاره آبی آفتابگردان است زیرا عصاره آفتابگردان با تخریب غشاهای سلولی و القاء تنش اکسیداتیو سبب اختلال در رشد گیاهچه علف‌های هرز شد (*اوراکز* و همکاران، 2007؛ *اوراکز* و همکاران، 2008).

فتوسنتز گیاهچه یولاف وحشی تحت تأثیر افزایش غلظت عصاره آفتابگردان و کاربرد علف‌کش‌ها قرار گرفت و کاهش یافت. کم‌ترین میزان فتوسنتز گیاهچه یولاف وحشی در تیمار عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان و مصرف علف‌کش مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون مشاهده شد و پس از این تیمارها کم‌ترین میزان فتوسنتز یولاف وحشی در واکنش به کاربرد علف‌کش سولفوسولفورون مشاهده شد. هم‌چنین کم‌ترین میزان فتوسنتز گیاهچه جودره در تیمارهای کاربرد علف‌کش سولفوسولفورون، مت‌سولفورون متیل + سولفوسولفورون و محلول‌پاشی عصاره ۱۰۰ درصد آفتابگردان مشاهده شد. اثر منفی کاربرد عصاره‌های ۵۰ درصد و ۷۵ درصد آفتابگردان بر میزان فتوسنتز جودره معنی‌دار نبود. این نتایج بیانگر کاهش میزان فتوسنتز برگ و رشد گیاهچه جودره و یولاف وحشی در واکنش به علف‌کش‌ها و عصاره آفتابگردان است. محققان کاهش رشد گیاهچه سویا در اثر ترکیبات دگرآسیبی را ناشی از کاهش فتوسنتز، تخریب غشای کلروپلاست و کاهش تقسیم میتوز بیان نمودند. کاهش رشد گیاه در حضور ترکیبات آللوشیمیایی با توقف شدید تقسیم میتوز در سلول‌های مریستمی ریشه‌چه و ساقه‌چه و هم‌چنین کاهش توانایی فتوسنتزی گیاه همراه بود که منجر به کاهش رشد گیاهچه شد (*بوهم* و همکاران، 2006). براساس نتایج پژوهش حاضر، کاهش میزان فتوسنتز و فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز در کنار تخریب غشاهای سلولی گیاهچه یولاف وحشی و جو دره تحت تأثیر کاربرد عصاره‌های ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد آفتابگردان مانند مصرف علف‌کش‌های شیمیایی منجر به بازدارندگی رشد این علف‌های هرز شد.

نتیجه‌گیری

افزایش غلظت عصاره آفتابگردان به ۷۵ و ۱۰۰ درصد موجب تخریب شدید غشاهای سلولی و القای تنش اکسیداتیو در گیاهچه‌های جودره و یولاف وحشی شد که منجر به کاهش میزان فتوسنتز و فعالیت آنزیم ساکاروز سینتاز این گیاهان شد. درحالی‌که علی‌رغم افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان که شاهد دیگری بر تنش اکسیداتیو ناشی از ترکیبات دگرآسیبی است، این افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نتوانست از تخریب غشاهای سلولی جلوگیری نماید. نتایج نشان داد وزن خشک بوته علف‌های هرز جودره و یولاف وحشی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت به‌نحوی‌که با افزایش غلظت عصاره آفتابگردان از وزن خشک یولاف وحشی و جودره نیز کاسته شد. بین تیمارهای علف‌کش (کنترل شیمیایی) و غلظت‌های ۱۰۰ و ۷۵ درصد عصاره آفتابگردان در علف‌هرز

1. Wu

یولاف وحشی و تیمار ۱۰۰ درصد عصاره آفتابگردان در علف‌هرز جودره به لحاظ اثر بر صفت وزن خشک علف هرز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره آفتابگردان پتانسیل مناسبی در کنترل علف‌های هرز داشته و می‌توانند برای تولید علف‌کش‌های زیستی در تحقیقات آینده مورداستفاده قرار گیرند.

منابع

اروجی، ک.، خزایی، ح.، راشدمحصل، م.، قربانی، ر.، عزیزی، م. ۱۳۸۷۳. بررسی اثرات آللوپاتی آفتابگردان (*Helianthus annuus*) بر جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و سلمه تره(*Chenopodium album*) . نشریه حفاظت گیاهان، ۲۲ (۲): ۱۲۸-۱۱۹.

باغستانی، م. ع.، زند، ا.، لطفی ماوی، ف.، ممنوعی، ا. و شریفی زیوه، ش. ۱۳۹۲. بررسی امکان اختلاط علف‌کش‌های اولتیما (نیکوسولفورون+ ریم سولفورون) و بروموایسید ام آ (برموکسینیل+ ام سی پی‌آ) در کنترل علف‌های هرز. مجله علوم زراعی ایران، ۱۵ (۲): ۱۸۰-۱۶۶.

Agrawal, S., Sairam, R. K., Srivastavea, G. C. and Tyagi, A. 2005. Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science, 169: 559-570.

Anjum, T. and Bajwa, R. 2005. A bioactive annuionone from sunflower leaves. Photochemistry, 66: 1919-1921.

Ashrafi, Y. Z., Sadeghi, S., Mashhadi, R. H. and Hassan, A. M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). Journal of Agricultural Technology, 7 (2): 219-229.

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.

Bohm, P. A. F., Zanardo, F. M. L. and Ferrarese, O. 2006. Peroxidase activity and lignification in soybean root growth-inhibition by Juglone. Biologia Plantarum, 50 (2): 315-317.

Counce, P. A. and Gravois, K. A. 2006. Sucrose synthase activity as a potential indicator of high rice grain yield, Crop Science, 46: 1501-1508.

Farhoudi, R. and Lee, D. 2012. Evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius* L. cv. Koseh) extract on germination and induction of α-amylase activity of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) seeds. Seed Science and Technology, 40 (1): 135-139.

Farhoudi, R. and Lee, D. 2013. Allelopatic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontoneum* and *Avena ludoviciana*. Proceedings of the National Academy of Science, 83: 447-452.

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: 14465-14477.

Kamal, J. and Bano, A. 2008. Potential allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on microorganisms. African Journal of Biotechnology, 7 (22): 4208-4211.

Lee, P. L. and Prisbylla, M. P. 1997. The discovery and structural requirements of inhibitors of p-hydroxy pyruvat dioxygenase. Weed Science, 45: 601-609.

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.

Macías, F. A., Galindo, J. C. G., Castellano, D. and Velasco, R. F. 2008. Sesquiterpene lactones with potential use as natural herbicide models (I): Trans, trans-germacranolides. Journal of Agriculture Food Chemistry, 47: 4407-4414.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.

Nishida, N., Tamotsu, S., Nagata, N., Saito, C. and Sakai, A. 2005. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by Salvia leucophylla: Inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of Brassica campestris seedlings. Journal of Chemistry Ecology, 31 (5): 1187-203.

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 Chemistry Ecology, 33: 251-264.

Oracz, K., Gniazdowska, A. and Bogatek, R. 2008. Effect of sunflower extract on seed germination and seedling growth of 12 weed species. Journal of Botany, 12: 211-218.

Rice, E. L. 1984. Allelopathy, 2nd Ed. Academic Press, New York.

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: 186-191.

Wilson, R. E. and Rice, E. L. 1968. Allelopathy as expressed by *Helianthus annuu*s L. and its role in old-field succession. Buellton Botany, 95: 432-448.

Wu, H., Pratley, J. and Haig, T. 2000. Laboratory screening for allelopathic potential of wheat accessions against annual ryegrass (*Luliom rigidum*). Australian journal of Agriculture Research, 51: 259-266.

Yu, J. Q., Fy, S., Zhang, M. F. and Hu, W. H. 2003. Effects of root exudates and aqueous root extract of cucumber and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber. Biological Systems and Ecology, 31: 129-139.

Yang, G. Q., Wan, F. H., Liu, X. and Guo, L. 2008. Influence of two allelochemicals from *Ageratina adenophora* Sprengel on ABA, IAA and ZR contents in roots of upland rice seedlings. Allelopathy Journal, 21: 253-262.

Zwan, I. U., Khan, M. A., Zareef, M. and Khan, E. A. 2012. Weed management in Canola with sunflower allelopathic water extract and reduce dose of herbicide. Pakistan Journal of Weed Science Research, 15: 19-30.

Effect of Sulfosulfuron, Metsulfuron-methyl and Sunflower Allelochemicals on Enzymes and Antioxidants Activities in *Hordeum spantaneum* and *Avena fatua*

Farhoudi[1], R., Sadeghi[2], A. and Modhej[3*], A.

Abstract

In order to evaluate the effect of sunflower aqueous extract, Sulfosulfuron and Sulfosulfuron Metsulfuron-methyl on seedling growth and Some physiological and biochemical traits of *Avena fatua* and *Hordeum spantaneum*, this study was conducted in the Agricultural Faculty of Islamic Azad University (Shooshtar Branch) in a completely randomized design with 3 replications. Treatments included concentrations of 25, 50, 75 and 100% sunflower aerial organs aqueous extracts, Sulfosulfuron (27.7 $g.ha^{-1}$), Sulfosulfuron 75% + Metsulfuron-methyl 5% (40 $g.ha^{-1}$) and the control (nontreated plants). Results indicated that the weed dry weight, weed height, peroxidase, catalase and glutathione reductase activities, malondialdehyde concentration, sucrose synthase activity and photosynthesis rate of *Avena fatua* and *Hordeum spantaneum* influenced by experimental treatments. The lowest sucrose synthase activity (2.7 nmol/mg pro/ min) was observed in 100% sunflower extract. Sulfosulfuron and 100% sunflower extract had the lowest sucrose synthase in *Avena fatua* (2.6 and 2.4 nmol/mg pro/ min, respectively). In general, 75 and 100% sunflower extracts, and also the use of herbicides, caused cell membrane degradation, photosynthesis alleviation, and *Avena fatua* and *Hordeum spantaneum* seedlings growth reduction.

Keywords: Sucrose synthase, Catalase, Photosynthesis, Malondialdehyde

1, 3 and 2. Associate Professors and Master Graduate, Respectively, Weed Identification and Control Department, Islamic Azad University, Shoushtar Branch, Shoushtar, Iran

※: Corresponding author Email: adelmodhej2006@yahoo.com

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Adel Modhej