اثر دگرآسیبی خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، مورفولوژیک و بیوشیمیایی جو (*Hordeum vulgare*)

یاسر علیزاده [۱]، احسان زیدعلی [۱]، حمید حسنیان خوشرو [۲،*]

چکیده مبسوط

مقدمه: استفاده از تناوب در مدیریت زراعی یک روش برای کاهش اثرات مضر تک‌کشتی می‌باشد، ولی مواد به‌جامانده از بسیاری گیاهان ممکن است اثرات دگرآسیبی برای گیاه بعدی داشته و میزان عملکرد را کاهش دهد. در میان گیاهان مختلف، گیاهان خانواده شب‌بوئیان به دلیل داشتن گلوکوزینولات، اثرات دگرآسیبی قوی را از خود نشان می‌دهند. خردل وحشی به‌عنوان علف هرز ۳۰ محصول زراعی در ۵۲ کشور جهان، دارای یکسری اثرات آللوپاتیک می‌باشد که مانع از جوانه‌زنی گیاهان دیگر می‌گردد. در گلوکوزینولات ترشح شده از خردل وحشی موادی مانند تیوسیانات یونیک وجود دارد که مانع از رشد ریشه و اندام هوایی در بسیاری از گیاهان می‌گردد. همچنین ترکیبات فرار مانند ایزوپرونیدها و بنزوئید آزاد شده از تجزیه بافت گیاهان خانواده براسیکاسه ممکن است باعث کاهش رشد بسیاری از گیاهان شود. در بسیاری از مطالعات مشخص شده است که مواد دگرآسیبی در غلظت‌های بالا قادر به مهار رشد بسیاری از گیاهان می‌باشند، ولی در غلظت‌های پایین می‌توانند حتی نقش تحریک‌کنندگی رشد گیاهان را هم به دنبال داشته باشند. مطالعه حاضر به بررسی اثر عصاره آبی اندام‌های هوایی و ریشه خردل وحشی روی خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه جو می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر دگرآسیبی خردل وحشی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه جو، آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه گیاه‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۵ غلظت عصاره آبی (صفر، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد) حاصل از اندام هوایی و زمینی خردل وحشی بود که در دو آزمایش جداگانه در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای گیاه جو رقم آبیدر مورد مطالعه قرار گرفت. در بخش جوانه‌زنی بذر صفات سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاه جو تحت تأثیر عصاره آبی خردل مورد ارزیابی قرار گرفت. در بررسی اثر عصاره آبی خردل بر گیاهچه جو نیز صفات وزن و اندازه ریشه و ساقه، میزان کلروفیل برگ، تغییرات پرولین و تغییرات قندهای محلول اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه جو (به ترتیب با ۱۰۰ درصد و ۱۹/۵ بذر در روز) در تیمار شاهد و کمترین آن‌ها (به ترتیب با ۴۰ درصد و ۹/۵ بذر در روز) در اثر عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی با غلظت ۷۰ درصد مشاهده گردید. بیشترین کاهش در طول و وزن بخش هوایی و زمینی گیاه جو در بالاترین غلظت عصاره مشاهده شد. میزان کلروفیل a از ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم بافت تر گیاه در تیمار شاهد به ۱/۶۶ میلی‌گرم در گرم بافت تر گیاه در تیمار غلظت ۷۰ درصد کاهش یافت. بیشترین میزان پرولین اندام هوایی گیاه جو (۶۶/۸ میکرمول بر گرم وزن‌تر) در تیمار ۷۰ درصد عصاره مشاهده شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که خاصیت دگرآسیبی خردل وحشی می‌تواند به‌عنوان یک سامانه کنترل کننده مهم در جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشدی گیاه جو در بوم نظام‌های زراعی باشد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت عصاره خردل وحشی اثر سمی بر جوانه‌زنی و رشد جو دارد، بطوریکه عصاره آبی خردل تقریباً بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده گیاه جو تأثیر منفی می‌گذارد. اثرات مضر دگرآسیبی گیاه خردل وحشی، تحت تأثیر غلظت عصاره، متغیر است، بطوریکه بیشترین آسیب در گیاه جو در بالاترین غلظت عصاره آبی (۷۰٪) مشاهده گردید. به‌هرحال به‌منظور شناسایی ترکیبات دگرآسیب خردل وحشی و اثر آن در ارقام مختلف گیاه جو نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پرولین، پروتئین، درصد جوانه‌زنی، قندهای محلول، کلروفیل

جنبه‌های نوآوری:

۱- عصاره آبی گیاه خردل وحشی، درصد جوانه‌زنی و رشد گیاه جو را کاهش داد.

۲- عصاره آبی گیاه خردل وحشی باعث افزایش میزان پرولین و قندهای محلول در گیاه جو شده و میزان کلروفیل در این گیاه را کاهش داد.

[۱] استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام

[۲] استادیار سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، ایران

[*] رایانامه نویسنده مسئول: h.hosnian@areeo.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۲)

DOR: 98.1000/2383-1251.1397.5.59.10.2.32.41

DOI: 10.29252/yujs.5.2.59

CrossMark

مقدمه

علف‌های هرز به روش‌های مختلف رشد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و همواره مشکلات زیادی چون کاهش عملکرد، کاهش کیفیت محصول تولیدی و افزایش هزینه‌های تولید را به دنبال دارند در طی چند دهه گذشته کاربرد مداوم علف‌کش‌ها باعث کاهش کیفیت گیاهان زراعی، هزینه‌های بالای کنترل، بروز مشکلات زیست‌محیطی و تهدید سلامتی انسان شده است (عزیزی[1] و همکاران، ۲۰۰۶)؛ بنابراین چالش‌هایی که در روش‌های مرسوم کنترل علف‌های هرز وجود دارد، استفاده از روش‌هایی جایگزین برای کنترل علف‌های هرز را ناگزیر ساخته است. هزینه‌های اکولوژیکی روش‌های شیمیایی، ما را ناگزیر به استفاده از روش‌های دیگری مانند استفاده از دگرآسیبی در مدیریت علف‌های هرز کرده است (جبران[2] و همکاران، ۲۰۱۵).

بر طبق تعریف دگرآسیبی شامل هر گونه اثر زیان‌بار یا مفید به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم است که توسط یک گیاه روی گیاهی دیگر از طریق تولید ترکیبات شیمیایی صورت می‌گیرد (رایس[3] و همکاران، ۲۰۰۷). اثر دگرآسیبی تعدادی از گیاهان زراعی مانند یولاف، سورگوم، گندم، چاودار و جو، بر گیاهان زراعی دیگری که به‌طور هم‌زمان یا متوالی با آن‌ها کشت می‌شوند، به اثبات رسیده است. مواد دگرآسیب از اندام‌های گیاه به روش‌های متفاوتی آزاد می‌شوند که مهم‌ترین این روش‌ها، آبشویی و تجزیه بقایای گیاهی می‌باشد (آنت[4] و همکاران، ۲۰۱۴؛ لی‌تی[5] و همکاران، ۲۰۱۴؛ یوانگ[6] و همکاران، ۲۰۱۴). ترکیبات آللوپاتیک رشد و نمو گیاهان را از طریق تداخل در فرآیندهای مهم فیزیولوژیک مثل تغییر ساختار دیواره سلولی، نفوذپذیری و عمل غشاء، جلوگیری از تقسیم سلولی و سنتز پروتئین‌ها و برهم زدن تعادل هورمونی گیاه و طرق مختلف دیگر، مختل می‌سازند (یوانگ و همکاران، ۲۰۱۴). وقتی بقایای علف‌های هرز در مزارع باقی می‌ماند، می‌تواند مانع از جوانه‌زنی گیاهان زراعی شده و یا در طول فصل رشد بر رشد گیاه زراعی تأثیر محسوسی داشته باشد؛ بنابراین بایستی در مطالعات مختلف، اثرات آللوپاتیک گیاهان را شناسایی نمود که یکی از روش‌های معمول در این رابطه، استفاده از روش‌های زیستی می‌باشد (جبران و همکاران، ۲۰۱۵).

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) گیاهی یک‌ساله زمستانه، علفی، ایستا به ارتفاع ۳۰ تا ۲۵۰ سانتی‌متر است. این گیاه از خانواده شب بو و دارای الگوی رشد نامحدود می‌باشد و تاکنون این گیاه به‌عنوان علف هرز ۳۰ محصول زراعی در ۵۲ کشور جهان معرفی شده است (دول[7]، ۱۹۹۷). علاوه بر این در منابع عنوان شده است که عصاره بقایای گیاه خردل وحشی دارای یکسری اثرات آللوپاتیک می‌باشد که مانع از جوانه‌زنی گیاهان دیگر می‌گردد (رضوانی[8] و همکاران، ۲۰۱۴). بسیاری از گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده خردل دارای مواد بازدارنده قوی فرّاری هستند که از جوانه‌زنی و رشد گیاهان جلوگیری می‌کنند، این ترکیبات که در اصطلاح روغن‌های خردل (آلیل ایزوتیوسیانات و β فن اتیل ایزوسیانات) نامیده می‌شوند، در بافت‌های جنس خردل وجود داشته و بازدارنده‌های بالقوه جوانه‌زنی می‌باشند (ماسون[9] و همکاران، ۲۰۰۵). رضوانی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه اثر آللوپاتی خردل وحشی بر چهار رقم گندم عنوان کردند که آلیل ایزوتیوسیانات اسید (۲۸/۱ درصد)، دی متیل تریسولفید (۱۰/۲۳ درصد)، هگزا دکانوئیک اسید (۸/۳۱ درصد)، ۴-هیدروکسی بنزیل گلوکوزینولات (۸/۱۴ درصد)، دی متیل تتراسولفید (۵/۶۶ درصد) و هپتا دکان (۵/۴۷ درصد) بیشترین حجم ترکیبات اسانس را در اندام هوایی خردل وحشی تشکیل دادند؛ ترکیبات آلیل ایزو تیوسیانات اسید (۱۴/۲۸ درصد)، دی متیل تتراسولفید (۷/۹۱ درصد)، هگزا دکانوئیک اسید (۶/۲۳ درصد)، لوریک اسید (۴/۱۲ درصد) و دی متیل تری سولفید (۱/۸۵ درصد) بیشترین حجم ترکیبات اسانس را در

[1] Azizi
[2] Jabran
[3] Rice
[4] Annett
[5] Le-Thi
[6] Young
[7] Doll
[8] Rezvani
[9] Mason

اندام زیرزمینی (ریشه) تشکیل دادند. خردل وحشی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین علف‌های هرز پهن‌برگ در کشت‌های پائیزه نظیر گندم و جو در سطح کشور به شمار می‌رود که علاوه بر رقابت با گیاه زراعی برای عوامل محیطی، ممکن است از طریق ترشح ترکیبات دگرآسیب باعث کاهش عملکرد این دو گیاه زراعی شود؛ اما بیشتر مطالعات دگرآسیبی در کشور به بررسی اثر آن بر میزان جوانه‌زنی پرداخته و چندان در مراحل اولیه رشد و اثر مواد دگرآسیب بر خصوصیات موفولوژیک گیاه توجه نشده است. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این مطالعه بررسی اثرات دگرآسیبی گیاه خردل وحشی، بر گیاه زراعی جو در مرحله جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد می‌باشد. در این راستا، در مطالعه حاضر اثرات دگرآسیبی عصاره آبی اندام‌های هوایی و زمینی گیاه خردل وحشی بر خصوصیات جوانه‌زنی و مورفولوژیکی گیاه جو مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات دگرآسیبی گیاه خردل وحشی بر خصوصیات جوانه‌زنی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی جو رقم آبیدر آزمایشی فاکتوریل بر اساس طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه گیاه‌شناسی و زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۵ غلظت صفر، ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد عصاره آبی حاصل از اندام هوایی و زمینی خردل وحشی بود که در دو آزمایش جداگانه در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای گیاه جو رقم آبیدر مورد مطالعه قرار گرفت.

پس از جمع‌آوری بوته‌های خردل وحشی (بوته به‌صورت کامل و با ریشه جمع‌آوری گردید) و جداسازی ریشه از اندام هوایی، تمام بخش‌ها در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید و سپس پودر شدند. ۱۰۰ گرم پودر اندام هوایی و زمینی گیاه به‌طور جداگانه به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و به‌منظور عصاره‌گیری از دستگاه شیکر به مدت ۲۴ ساعت در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای صاف نمودن از صافی واتمن شماره دو استفاده گردید تا عصاره غلیظ آبی ۱۰ درصد وزنی- حجمی حاصل شود. از این عصاره به‌عنوان محلول پایه برای ساختن سایر غلظت‌ها استفاده شد. مراحل آزمایش‌ها به‌صورت زیر بود.

آزمایش در مرحله جوانه‌زنی

بذرهای جو با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و سپس سه مرتبه با آب مقطر آبشویی گردید. آنگاه تعداد ۲۵ عدد بذر در پتری قرار داده شد و به هر پتری مقدار هفت میلی‌لیتر از محلول تیمار موردنظر اضافه شد. برای اعمال تیمار شاهد (صفر درصد) از آب مقطر استفاده گردید. سپس ظروف پتری در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه تا روز دوازدهم انجام گرفت. درصد و سرعت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد (سرایی[1] و همکاران، ۲۰۱۲).

رابطه ۱: $Pg = ni/N \times 100$

که در این رابطه، Pg درصد جوانه‌زنی، ni، تعداد بذر جوانه‌زده تا روز i ام و N تعداد کل بذرها می‌باشد.

رابطه ۲: $Rs = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di}$

که در این رابطه Rs، سرعت جوانه‌زنی و ni، تعداد بذر جوانه‌زده تا روز i ام و di، تعداد روز تا شمارش N ام می‌باشد.

آزمایش در مرحله گیاهچه‌ای

به‌منظور بررسی اثر عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه خردل وحشی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه‌های جو، تعداد ۱۰ عدد بذر جو در گلدان‌های پلاستیکی (ابعاد گلدان‌ها: ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱۵ سانتی‌متر) درون خاک کاشته شده و هر دو روز یک‌بار با ۲۰ میلی‌لیتر از محلول‌های تهیه شده آبیاری شدند. حدوداً ۲۱ روز پس از کاشت خصوصیات مورفولوژیک شامل: طول و وزن ریشه و اندام هوایی و همچنین نسبت ریشه به اندام هوایی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه پس از جداسازی و شست‌وشو به

[1] Saraei

مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون خشک شده و سپس توزین شدند. متغیرهای پرولین و قندهای محلول نیز از هردو بخش هوایی و زیرزمینی اندازه‌گیری شدند. میزان کلروفیل برگ گیاه نیز بر اساس روش آرنون تعیین شد (آرنون[1]، ۱۹۶۷). برای استخراج و تعیین پرولین از روش بیتس[2] و همکاران (۱۹۷۳) و برای اندازه‌گیری قندهای محلول از روش دوبیوس[3] و همکاران (۱۹۹۰) استفاده شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

از آنجایی که اثرات متقابل در این آزمایش در تمامی صفات مورد ارزیابی، معنی‌دار نبود، نتایج ساده آزمایش در تمامی بخش‌ها بیان گردید.

درصد جوانه‌زنی

اثر تیمارهای اعمال شده بر روی درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (شکل ۱). این فاکتور تا میزان ۱۰ درصد عصاره اندام هوایی و ریشه کاهش معنی‌داری نداشت و در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ درصد روندی کاهشی در پیش گرفت و با افزایش مقدار غلظت عصاره آبی اندام هوایی و ریشه درصد جوانه‌زنی بطور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین میزان آن مربوط به شاهد با ۱۰۰ درصد جوانه‌زنی و کمترین آن مربوط به تیمار ۷۰ درصد عصاره، با ۴۵ درصد جوانه‌زنی بود (شکل ۱).

عزیزی و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی اثر گیاه زیره سبز بر جوانه‌زنی چند نوع علف هرز بیان کردند که عصاره گیاه زیره سبز پس از تماس با بذر به درون جنین نفوذ کرده و با تأثیر بر آنزیم آلفا آمیلاز از جوانه‌زنی جلوگیری می‌کند. همچنین گزارش شده است که عصاره استخراج شده از کلزا درصد جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز تاج‌خروس، علف پشمکی و کیسه چوپان را کاهش داده و با افزایش میزان عصاره، درصد کاهش در جوانه‌زنی افزایش یافت (مورا و کیگارد[4]، ۲۰۰۲؛ رایس و همکاران، ۲۰۰۷). به نظر می‌رسد ایزو تیوسیانات‌های حاصل از هیدرولیز گلیکوزینولات‌ها تحت تأثیر آنزیم میروزیناز مهم‌ترین نقش را در مهار جوانه‌زنی ایفا می‌کنند و اولین هدف این ترکیبات آنزیم‌های مسیر گلیکولیز و همچنین تنفس است. غلظت‌های بالای این ترکیبات قدرت جوانه‌زنی را کند و یا مهار می‌کند درحالی‌که بذر زنده مانده و قادر به ادامه حیات می‌باشد. در غلظت‌های بالا این ترکیبات در بذر نفوذ کرده به نحوی که بذر قدرت حیات خود را از دست می‌دهد، زیرا واکنش این ترکیبات با آنزیم غیرقابل برگشت می‌باشد (بریس و کازینسی[5]، ۲۰۰۰).

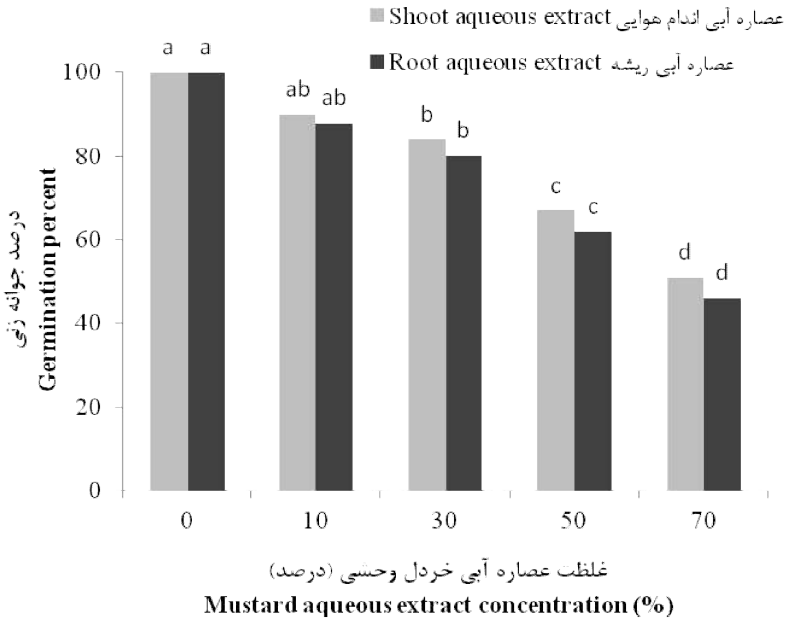
سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش، اختلاف معنی‌داری را نشان داد؛ اما میزان این فاکتور با افزایش میزان عصاره آبی اندام‌های هوایی تا ۳۰ درصد تغییر معنی‌داری نداشت و با افزایش میزان آن به بالاتر از ۳۰ درصد کاهش یافت و این روند با افزایش غلظت عصاره آبی ادامه یافت. در بین درصدهای مختلف عصاره اندام هوایی، بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد با ۱۹/۵ بذر در روز و کمترین آن مربوط به غلظت ۷۰ درصد به میزان ۱۰/۵ بذر در روز بود (شکل ۲).

عصاره اندام زیرزمینی تا تیمار ۱۰ درصد منجر به کاهش در سرعت جوانه‌زنی نگردید و پس از آن با افزایش درصد عصاره، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. در بین درصدهای مختلف عصاره اندام زیرزمینی، تیمار شاهد با ۱۹/۵ بذر در روز بیشترین و تیمار ۷۰ درصد با ۹/۱ بذر در روز کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (شکل ۲). به نظر می‌رسد که دلیل عمده کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرهای رشد یافته در تیمارهای حاوی عصاره، مربوط به اختلال در جذب آب بذرها تحت این شرایط باشد (آنت[6] و همکاران، ۲۰۱۴).

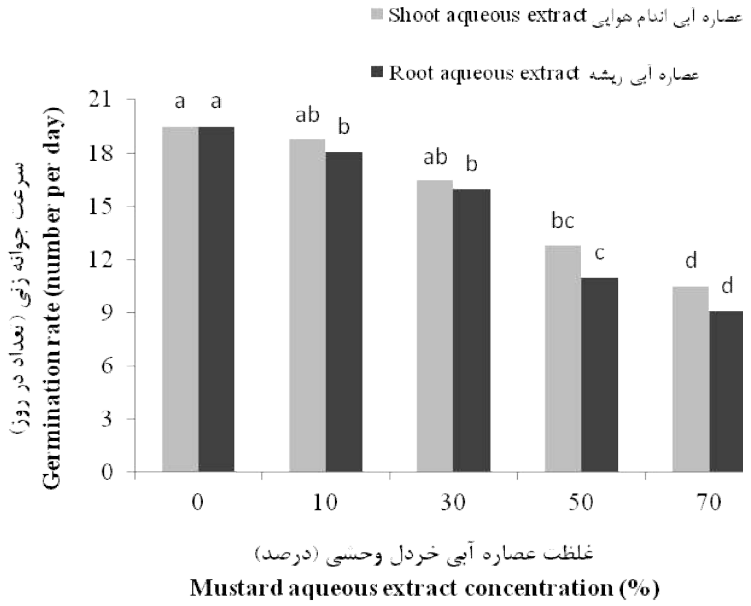
---

[1] Arnon
[2] Bates
[3] Dubois
[4] Morra and Kirkegaard
[5] Beres and Kazinczi
[6] Annett



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره خردل وحشی بر درصد جوانه‌زنی جو رقم آبیدر. حروف مشترک ستون‌ها در هر نوع عصاره، نشان‌دهنده عدم معنی‌داری از نظر آماری می‌باشد.

Figure 1. Effect of different concentrations of mustard extract on germination percentage of barley. Columns with similar letters in each type of extract do not have a significant difference.



شکل ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره خردل وحشی بر سرعت جوانه‌زنی جو رقم آبیدر. حروف مشترک ستون‌ها در هر نوع عصاره، نشان‌دهنده عدم معنی‌داری از نظر آماری می‌باشد.

Figure 2. Effect of different concentrations of mustard extract on germination rate of barley. Columns with similar letters in each type of extract do not have a significant difference.

جدول ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی و زیرزمینی خردل وحشی بر خصوصیات رشد گیاهچه جو در مرحله گیاهچه‌ای.

Table 1. Effect of different concentrations of shoot and root mustard extract on seedling growth characteristics of barley

غلظت عصاره آبی (درصد) Aqueous extract concentration (%)		طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	طول ریشه‌چه Radicle length (cm)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)	وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight (mg)	نسبت وزن ریشه به اندام هوایی Root: Shoot weight ratio
اندام هوایی Shoot	0	30^{a}	16^{a}	52.0^{a}	30.3^{a}	0.58^{a}
	10	30^{a}	15^{a}	50.0^{ab}	28.9^{a}	0.57^{a}
	30	26^{ab}	14^{ab}	47.1^{b}	23.0^{b}	$.0.48^{ab}$
	50	22^{bc}	12^{b}	40.2^{c}	16.4^{c}	0.40^{bc}
	70	19^{c}	9^{c}	33.4^{d}	12.1^{d}	0.36^{c}
اندام زمینی Root	0	30^{a}	16^{a}	52.0^{a}	30.3^{a}	0.58^{a}
	10	29^{a}	15^{a}	51.4^{a}	27.4^{a}	0.53^{ab}
	30	27^{a}	14^{ab}	46.0^{b}	21.3^{b}	0.46^{b}
	50	20^{b}	11^{b}	38.6^{c}	14.0^{c}	0.36^{bc}
	70	18^{b}	8^{c}	29.9^{d}	10.0^{d}	0.33^{c}

*در هر ستون و هر بخش میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*In each column and in each section, means with similar letters do not have a significant difference.

جذب آب کافی برای جوانه‌زنی ضروری است، چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا با تأخیر همراه شود، مدت خروج ریشه‌چه افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (اسمول و کوانسکی[1]، ۱۹۹۳).

طول ساقه‌چه

نتایج به دست آمده نشان داد که با افزایش غلظت عصاره اندام هوایی گیاه خردل وحشی، طول ساقه‌چه جو کاهش‌یافته و این کاهش از تیمار ۳۰ درصد به بالا نسبت به شاهد معنی‌دار شد. بیشترین طول ساقه‌چه جو در تیمار شاهد به میزان ۳۰ سانتی‌متر و کمترین آن مربوط به تیمار ۷۰ درصد غلظت عصاره با میزان ۱۹ سانتی‌متر بود (جدول ۱).

عصاره اندام زیرزمینی نیز تا میزان ۳۰ درصد تغییر معنی‌داری در میزان طول ساقه‌چه ایجاد نکرد و پس از آن مقدار آن کاهش یافت و بیشترین اثر در غلظت عصاره ۷۰ درصد با کاهش حدود ۱۲ سانتی‌متر نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۱). احتمالاً تأثیر منفی این عصاره بر جذب آب توسط بذر و همچنین فرآیندهای فیزیولوژیکی در هنگام جوانه‌زنی دارد منجر به کاهش سرعت رشد و در نتیجه کاهش طول ساقه‌چه می‌گردد. عصاره حاصل از گیاه درمنه باعث کاهش طول ساقه‌چه یولاف وحشی شد و با افزایش غلظت این عصاره طول ساقه‌چه کاهش یافت (صمدانی و باغستانی[2]، ۲۰۰۵).

طول ریشه‌چه

طول ریشه‌چه جو تحت تیمارهای صفر، ۱۰ و ۳۰ درصدی کاهش معنی‌داری را نشان نداد، اما در تیمارهای ۵۰ و ۷۰ درصد غلظت عصاره اندام هوایی، به شکل معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین طول ریشه‌چه جو در تیمار شاهد با ۱۶ سانتی‌متر و کمترین طول در تیمار ۷۰ درصد با ۹ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۱). طول ریشه‌چه تحت تأثیر عصاره اندام زیرزمینی خردل نیز قرار گرفت، به طوری که با افزایش مقدار عصاره طول ریشه‌چه کاهش یافت. بیشترین مقدار کاهش در طول ریشه‌چه با ۴۸ درصد در مقایسه با شاهد در تیمار ۷۰ درصد عصاره اندام زیرزمینی مشاهده گردید (جدول ۱).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

افزایش غلظت عصاره آبی باعث کاهش میزان وزن ساقه‌چه گردید (جدول ۱). در این فاکتور بیشترین

[1] Smol and Chojnawoski

[2] Samdani and Baghestani

مقدار مربوط به شاهد با میزان ۵۲ میلی‌گرم و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۷۰ درصد با ۳۳ میلی‌گرم بود (جدول ۱). در ریشه‌چه نیز بین تیمار شاهد و ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی در بین بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار بود و افزایش میزان غلظت باعث کاهش وزن خشک ساقه‌چه شد (جدول ۱). تیمار شاهد با ۵۲ و تیمار ۷۰ درصد با ۲۹/۹ میلی‌گرم به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار وزن خشک ساقه‌چه را داشتند (جدول ۱).

وزن خشک ریشه‌چه در تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد عصاره اندام هوایی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما در سایر تیمارها این اختلاف معنی‌دار بود. تیمار شاهد با ۳۰/۳ و تیمار ۷۰ درصد با ۱۲/۱ میلی‌گرم بیشترین و کمترین وزن خشک را داشتند (جدول ۱). عصاره اندام زیرزمینی نیز در تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری از این نظر ایجاد نکرد، اما در تیمارهای ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد اختلاف معنی‌دار بود و بیشترین وزن خشک مربوط به تیمار شاهد با ۳۰/۳ و کمترین مقدار با ۱۰ میلی‌گرم مربوط به تیمار ۷۰ درصد بود (جدول ۱).

نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه

این نسبت با افزایش میزان عصاره اندام هوایی تا ۳۰ در صد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما با افزایش میزان عصاره به ۵۰ و ۷۰ درصد این نسبت کاهش‌یافته و شاهد با ۵۸ و تیمار ۷۰ درصد با ۳۶ بیشترین و کمترین مقدار را از این نظر داشتند (جدول ۱). این نسبت تحت تأثیر عصاره اندام زیرزمینی در تیمار شاهد و ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد اما در سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار بود. در بین سطوح مختلف عصاره اندام زیرزمینی، تیمار شاهد با ۰/۵۸ و تیمار ۷۰ درصد با ۰/۳۳ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را از این نظر دارا بودند (جدول ۱).

احتمالاً مواد دگر آسیب به دلیل کاهش تقسیمات میتوزی در مریستم ریشه، کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده فعالیت‌های حیاتی و همچنین اختلال در جذب یون‌های معدنی، باعث کاهش میزان رشد گیاه شده است (فاروق[1] و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش رشد بخش هوایی به‌وسیله خردل وحشی ممکن است به علت حضور مقادیر بالای مواد دگرآسیب فرار مانند α-فلاندرون، β-پینن و α-پینن و یا سینئول و یا فنولهایی از قبیل الاژیک، کلروژنیک، P- کوماریل کوئینیک، اسید جنتسیک و اسید گالیک باشد (برتولدسون[2] و همکاران، ۲۰۱۲؛ دیدون[3] و همکاران، ۲۰۱۴؛ ماسیس[4] همکاران، ۲۰۱۴). ترکیبات فنولی فوق ممکن است در مسیر فسفریلاسیون دخالت کنند و یا فعال‌سازی Mg^{2+} و فعالیت ATPase را مهار کنند. این ترکیبات نیز ممکن است از طریق کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک یا از طریق تأثیر بر فرآیندهایی مانند تقسیم سلولی، جذب عناصر غذایی و سایر فرایندهای بیوسنتزی در رشد و نمو گیاه دخالت داشته باشند (میرسکی[5] و همکاران، ۲۰۱۳؛ تریپاتی[6] و همکاران ۱۹۹۹).

رنگدانه‌های فتوسنتزی

میزان کلروفیل a برگ گیاهچه‌های جو با افزایش عصاره اندام هوایی روند کاهشی داشت (جدول ۲). در بین تیمارها، تیمار شاهد با میزان ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم بافت تر بیشترین و تیمار عصاره آبی با غلظت ۷۰ درصد با ۱/۶۶ میلی‌گرم بر گرم بافت تر کمترین مقدار کلروفیل a را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

همچنین مقدار کلروفیل a با افزایش میزان عصاره آبی اندام زیرزمینی نیز روند کاهشی نشان داد، به‌طوری که بیشترین مقدار کلروفیل a مربوط به شاهد با میزان ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم بافت تر و کمترین میزان مربوط به تیمار ۷۰ درصد به میزان ۱/۷۶ میلی‌گرم بر گرم بافت تر بود (جدول ۲). مقدار کلروفیل b نیز تحت تأثیر عصاره آبی اندام هوایی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۲). بیشترین مقدار این پارامتر با ۱/۱۸ میلی‌گرم بر گرم بافت تر مربوط به شاهد و کمترین مقدار آن با ۰/۴۷

[1] Farooq
[2] Bertholdsson
[3] Didon
[4] Macias
[5] Mirsky
[6] Tripathi

میلی‌گرم بر گرم بافت تر متعلق به تیمار ۷۰ درصد عصاره اندام هوایی بود (جدول ۲). در عصاره اندام زیرزمینی نیز شرایط مشابه اندام هوایی بوده و با افزایش مقدار عصاره آبی روند کاهشی بود و بیشترین کاهش مربوط به تیمار ۷۰ درصد غلظت با کاهش ۶۶ درصدی غلظت کلروفیل b بود (جدول ۲).

با توجه به نتایج به دست آمده میزان کلروفیل کل با افزایش میزان عصاره آبی اندام هوایی و زیرزمینی کاهش‌یافته و این مقدار در هر دو عصاره گرفته شده از اندام‌های زیرزمینی و هوایی تقریباً برابر بود (جدول ۲). به عبارتی در این آزمایش عصاره حاصل از خردل وحشی بیش از ۴۰ درصد غلظت کلروفیل را در برگ گیاهچه‌های جو کاهش داد که این مقدار کاهش در رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی می‌تواند اثر محسوسی بر میزان فتوسنتز گیاهچه‌های جو داشته باشد.

به‌طور کلی مواد دگر آسیب زیادی شناخته شده‌اند که میزان کلروفیل را کاهش می‌دهند. به‌طور مثال در گیاهچه سویا تیمار شده با اسیدوانیلیک، فرولیک و پاراکوماریک کاهش معنی‌داری در محتوای کلروفیل برگ‌ها مشاهده شد (چی- مینگ[1] و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیق دیگری بیان شد که چهار اسید فنولی در بقایای گیاهی سلمه تره وجود دارد که موجب کاهش محتوای کلروفیل در جو می‌شوند (دایزی[2] و همکاران، ۲۰۰۷). احتمالاً کاهش میزان کلروفیل به دلیل تشدید فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش نیز ممکن است باشد. از طرف دیگر در هنگام بروز تنش غلظت مواد تنظیم‌کننده رشد از جمله اسید آبسیزیک و اتیلن افزایش می‌یابند و این مواد سبب تحریک فعالیت کلروفیلاز می‌شوند. آنزیم کلروفیلاز با جدا کردن فیتول از کلروفیل و جدا کردن منیزیم از کلروفیلید و تشکیل فئوفوربید و در نهایت انهدام حلقه تتراپیرولی، موجب تجزیه کلروفیل می‌گردد (ژو[3] و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به همه این توضیحات نتایج این آزمایش نیز مشخصاً نشان داد که عصاره اندام‌های هوایی و زمینی خردل وحشی به‌صورت بسیار معنی‌داری میزان کلروفیل‌ها را در برگ‌های گیاهچه‌های جو کاهش می‌دهد که نتیجه این امر کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی گیاهچه‌های جو و در نتیجه کاهش رشد و نمو آن خواهد بود.

پرولین ساقه‌چه و ریشه‌چه

پرولین ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاه جو با غلظت عصاره آبی رابطه مستقیمی داشت و با افزایش غلظت عصاره آبی افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین مقدار پرولین ساقه‌چه با ۶۶/۸ میکرومول در گرم وزن‌تر مربوط به تیمار ۷۰ درصد حاصل از اندام زیرزمینی خردل بود و کمترین مقدار با ۲۹/۲ میکرومول در گرم وزن‌تر مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). همچنین نتایج آزمایش نشان می‌دهد که تجمع پرولین تحت تأثیر آللوپاتی، در ساقه‌چه جو بیشتر از ریشه‌چه این گیاه بود (جدول ۳). در بخش ریشه‌چه گیاه جو بیشترین مقدار پرولین مربوط به تیمار ۷۰ درصد با مقدار ۱۶/۹ و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد به مقدار ۱۳/۶ میکرومول بر گرم وزن‌تر بود (جدول ۳).

مواد دگرآسیب موجود در برگ گیاه آفتاب‌پرست موجب افزایش معنی‌داری در میزان پرولین گیاه تربچه گردید (کلانتر و نقش‌بندی[4]، ۲۰۰۸). همچنین در بررسی اثر دگرآسیبی عصاره گیاه اکالیپتوس بر دو گیاه جو و خاکشیر گزارش کردند که تحت تأثیر عصاره گیاه اکالیپتوس در هر دو گیاه جو و خاکشیر میزان پرولین گیاه افزایش یافت بطوریکه این افزایش در اندام‌های هوایی گیاهان بیش از اندام‌های زیرزمینی آن‌ها بود (سرایی و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طور کلی باید عنوان داشت که علاوه بر نقش پرولین به‌عنوان یک اسمولیت، این اسیدآمینه در محافظت از آنزیم‌ها در برابر تخریب شدن، حفظ حلالیت پروتئین‌ها، تثبیت فسفولیپیدهای غشایی (حفظ غشای سلولی)، تنظیم‌کننده اسید سیتوپلاسمی، مهارکننده رادیکال‌های آزاد، تنظیم و توازن $NADH/NAD^+$، تنظیم پتانسیل ردوکس سلول نیز نقش مؤثری دارد به عبارت دیگر می‌توان چنین بیان داشت که تجمع پرولین تحت تنش می‌تواند پیامد تنظیم دوجانبه یا معکوس دو مسیر شامل افزایش بیان

[1] Chi-Ming
[2] Daizy
[3] Zuo
[4] Kalantar and Naghashbandi

جدول ۲- اثر غلظت‌های مختلف عصاره اندام‌های هوایی و زمینی گیاه خردل بر میزان کلروفیل در گیاه جو (میلی‌گرم بر گرم بافت تر)

Table 2. Effect of different concentrations of mustard shoot and root extract on chlorophyll of barley

غلظت عصاره آبی (درصد) Aqueous extract concentration (%)		کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل کل Total Chlorophyll ($mg.gFW^{-1}$)
اندام هوایی Shoot	0	2.39^{a}	1.18^{a}	3.57^{a}
	10	2.35^{ab}	1.08^{a}	3.43^{a}
	30	2.16^{b}	0.9^{b}	3.06^{b}
	50	1.9^{c}	0.7^{c}	2.6^{c}
	70	1.66^{d}	0.47^{d}	2.17^{d}
اندام زمینی Root	0	2.39^{a}	1.18^{a}	3.57^{a}
	10	2.33^{a}	1.06^{b}	3.39^{a}
	30	2.05^{b}	0.85^{c}	2.9^{b}
	50	1.83^{c}	0.65^{d}	2.48^{c}
	70	1.76^{c}	0.4^{e}	2.16^{d}

*در هر ستون و نوع عصاره، میانگین‌های داری حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

*In each column and type of extract, means with similar letters do not have a significant difference.

آنزیم‌های سنتزی پرولین و جلوگیری از فعالیت تخریبی پرولین باشد البته مسیر تخریبی وابسته به موقعیت فیزیولوژیکی بافت گیاهی است (ورما و هانگ[1]، ۲۰۰۰).

قندهای محلول ساقه‌چه و ریشه‌چه

تحت تأثیر عصاره اندام هوایی خردل میزان قندهای محلول ساقه‌چه جو تغییرات معنی‌داری داشته و با افزایش میزان عصاره مقدار قندهای محلول افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین مقدار این پارامتر (۵ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به تیمار ۷۰ درصد و کمترین آن (۳/۱ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). قندهای محلول ساقه‌چه تحت تأثیر عصاره اندام زیرزمینی نیز تغییرات معنی‌داری داشت. هر چند این تغییرات در تیمارهای شاهد و ۱۰ درصد معنی‌دار نبود، اما در تیمارهای بالاتر معنی‌دار شد به طوری که بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر به ترتیب با ۵/۶ و ۳/۱ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک در تیمار ۷۰ درصد و شاهد مشاهده گردید (جدول ۳).

قندهای محلول ریشه‌چه نیز تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی خردل اختلاف معنی‌داری نشان دادند به‌طوری که با افزایش درصد عصاره، مقدار این پارامتر افزایش یافت. هرچند، این افزایش تا تیمار ۳۰ درصد منجر به اختلاف معنی‌داری از این نظر نگردید. بیشترین مقدار قندهای محلول با ۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک مربوط به تیمار ۷۰ درصد و کمترین مقدار با ۱/۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). میزان این فاکتور تحت تأثیر عصاره زیرزمینی خردل نیز معنی‌دار شد و این معنی‌داری در تیمارهای ۳۰ درصد به بالا وجود داشت به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار از این نظر به ترتیب با ۲/۴ و ۱/۲ گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک به تیمارهای ۷۰ درصد و شاهد تعلق داشت (جدول ۳).

نتایج این مطالعه نشان داد که بعضی آنزیم‌های تنفسی احتمالاً به‌وسیله مواد دگرآسیب موجود در برگ‌های این گیاه غیرفعال می‌شوند در نتیجه، مصرف قندهای محلول در گیاهان تحت تیمار عصاره خردل وحشی، کاهش و این کاهش منجر به افزایش سطح قندهای محلول در گیاه خواهد شد.

گیاهان خانواده *Brassicasea* دارای پتانسیل دگرآسیبی بالایی هستند و این در درجه اول به دلیل ترشح مواد گلیکوزینولات از بخش‌های مختلف این گیاهان می‌باشد و از طرفی غلظت ترشح این مواد در اندام‌های مختلف گیاهان این خانواده متفاوت می‌باشد (فاهی[2] و همکاران، ۲۰۰۱). گزارش شده است که گلیکوزینولات هم به‌صورت مواد گازی و هم به‌صورت

[1] Verma and Hong

[2] Fahey

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف عصاره اندام‌های هوایی و زمینی گیاه خردل بر میزان پرولین و قندهای محلول در گیاه جو

Table 3. Effect of different concentrations of mustard shoot and root extract on proline and soluble sugars of barley

غلظت عصاره آبی (درصد) Aqueous extract concentration (%)		پرولین بخش هوایی Shoot proline (µmol. gFW^{-1})	پرولین ریشه Root proline (µmol.gFW^{-1})	قندهای محلول بخش هوایی Shoot soluble sugars (g.100gDW^{-1})	قندهای محلول ریشه Root soluble sugars (g.100gDW^{-1})
اندام هوایی Shoot	0	29.2^{d}	13.6^{c}	3.1^{d}	1.2^{b}
	10	30.9^{d}	14.1^{bc}	3.1^{d}	1.3^{b}
	30	38.8^{c}	14.9^{ab}	3.8^{bc}	1.6^{ab}
	50	52.7^{b}	15.9^{a}	4.2^{ab}	1.9^{a}
	70	61.3^{a}	16.2^{a}	5^{a}	2^{a}
اندام زمینی Root	0	29.2^{d}	13.6^{c}	3.1^{d}	1.2^{d}
	10	31.6^{d}	14.6^{bc}	3.3^{cd}	1.3^{cd}
	30	42.1^{c}	15.7^{ab}	3.6^{bc}	1.8^{bc}
	50	55.6^{b}	16.3^{a}	4.4^{b}	2^{ab}
	70	66.8^{a}	16.9^{a}	5.6^{a}	2.4^{a}

در هر ستون و نوع از عصاره، میانگین‌های داری حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنادار ندارند.

*In each column and type of extract, means with similar letters do not have a significant difference.

تجزیه بقایای گیاهی می‌تواند وارد محیط‌زیست گردد (مورا و کیگارد، ۲۰۰۲). به دلیل وجود همین ماده می‌توان از گیاهان خانواده *Brassicacea* به‌عنوان گیاهان پوششی و یا گیاهان همراه با گیاه اصلی به‌عنوان یک گیاه دگرآسیب قوی برای کنترل علف‌های هرز در مزارع استفاده نمود و یا عصاره آبی آن‌ها را در شرایط خاص بکار برد البته با رعایت شرایط لازم تا به گیاه زراعی اصلی آسیب نرساند (رایس و همکاران، ۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد که عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه خردل وحشی بر گیاه جو اثرات دگرآسیب داشت. عصاره آبی گیاه خردل تا ۶۰٪ سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذر گیاه جو را کاهش داد از طرفی بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و شیمیایی گیاهچه جو نیز نشان‌دهنده اثرات شدید دگرآسیبی گیاه خردل بر گیاه جو در مراحل اولیه رشد این گیاه بود. اندازه‌گیری میزان پرولین و قندهای محلول در گیاهچه جو نشان داد که عصاره خردل وحشی یک شرایط تنش‌زا را برای گیاه جو به وجود آورد که گیاه برای مقابله با این شرایط دچار هزینه‌های اضافه‌ای شد که این موضوع باعث کاهش رشد اندام‌های هوایی و زمینی گیاه جو شد. به‌هرحال به‌منظور شناسایی ترکیبات دگرآسیب خردل وحشی و بررسی اثر آن در ارقام مختلف گیاه جو نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد.

منابع

Annett, R. Habibi, H.R. and Hontela, A. 2014. Impact of glyphosate and glyphosate based herbicides on the freshwater environment. Journal of Applied Toxicology, 34(5): 458-479. https://doi.org/10.1002/jat.2997

Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Azizi, M., Alimardani, L., and Rashed Mohassel, M.H. 2006. Allelopathic effects of *Bunium persicum* and *Cuminum cyminum* on germination of some weed. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22: 198-208 [In Persian with English Summary].

Bates, L., Waldren, R., and Teare, I. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207. https://doi.org/10.1007/BF00018060

Beres, I., and Kazinczi, G. 2000. Allelopathic effects of shoot extracts and residue of weeds on field crops. Allelopathy Journal, 7: 93-98.

Bertholdsson, N.O., Andersson, S.C., and Merker, A. 2012. Allelopathic potential of *Triticum* spp., *Secale* spp. and *Triticosecale* spp. and use of chromosome substitutions and translocations to improve weed suppression ability in winter wheat. Plant Breeding, 131(1): 75-80. https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2011.01895.x

Chi-Ming, Y., Chyoung-Ni, L., and Chang-Hung, C. 2002. Effect of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedling: I. Inhibition of supply- orientation. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 43: 299-304.

Daizy, R.B., Lavanya, K., Singh, H.P., and Kohli, R.K. 2007. Phenolic allelochemicals released by *Chenopodium murale* affect the growth nodulation and macromolecule content in chickpea and pea. Plant Growth Regulator, 51(2): 119-128. https://doi.org/10.1007/s10725-006-9153-z

Didon, U.M., Kolseth, A.K., Widmark, D., and Persson, P. 2014. Cover crop residues effects on germination and early growth of annual weeds. Weed Science, 62(2): 294-302. https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00117.1

Doll, H. 1997. The ability of barley to compete with weeds. Biological Agriculture and Horticulture, 14(1): 43-51. https://doi.org/10.1080/01448765.1997.10749917

Dubois, D., Wizeler, M., and Nösnerger, J. 1990. Fructan accumulation and sucrose: sucrose fructosyl transferase activity in stem of spring wheat genotype. Crop Science, 30(2): 315-319. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000020014x

Fahey, J.W., Zalcmann, A.T., and Talalay, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. Phytochemistry, 56(1): 5-51. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00316-2

Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A., and Siddique, K.H. 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science, 67(5): 493-506. https://doi.org/10.1002/ps.2091

Jabran, k., Mahajan, G., Sardana, V., and Chauhan, B.S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. Crop Protection, 72: 57-65.

Kalantar, A., and Naghashbandi, N. 2008. Chemical stress induced by heliotrope (*Helitropium europaeum* L.) allelochemicals and increased activity of antioxidant enzymes. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(6): 915-919. https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.915.919

Le-Thi, H., Lin, C.H., Smeda, R.J., Leigh, N.D., Wycoff, W.G., and Fritschi, F.B. 2014. Isolation and identification of an allelopathic phenylethylamine in rice. Phytochemistry, 108: 109-121. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.08.019

Macias, F.A., Oliveros-Bastidas, A., Marin Mateos, D., Chinchilla, N., Castellano, D., and Gonzalez Molinillo, J.M. 2014. Evidence for an allelopathic interaction between rye and wild oats. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 62(39): 9450-9457. https://doi.org/10.1021/jf503840d

Mason, W., Jessop, R.S., and Lovett, J.V. 2005. Differential phytotoxicity among species and cultivars of the genus brassica to wheat. I. laboratory and field screening of species. Plant and Soil, 93(1): 3-16. https://doi.org/10.1007/BF02377141

Mirsky, S.B., Ryan, M.R., Teasdal, J.R., Curran. W.S., Reberg-Horton, C.S., Spargo, J.T., Wells, M.S., Keene, C.L., and Moyer, J.W. 2013. Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States. Weed Technology, 27: 193-200. https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00078.1

Morra, M.J., and Kirkegaard, A. 2002. Isothiocyanate release from soil-incorporated Brassica tissues. Soil Biology & Biochemistry, 34: 1683-1690. https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00153-0

Rezvani, H., Asghari, J., and Ehteshami, M.R. 2014. Evaluation of allelopathy of wild mustard on germination characteristics of four wheat cultivars using gas chromatography (MS-GC). Iranian Journal of Seed Science and Research, 1(2): 38-55 [In Persian with English Summary].

Rice, A., Johnson-Maynard, J., Thill, D. and Morra, M. 2007. Vegetable crop emergence and weed control following amendment with different Brassicaceae seed meals. Renewable Agriculture and Food Systems 22(3): 204-212. https://doi.org/10.1017/S1742170507001743

Samdani, B., and Baghestani, M.A. 2005. Allelopathic effects of Artemisia (*Artemisia* spp.) On germination and seedling growth of wild oat (*Avena ludiviciana*). Journal of Research and Planning in Agriculture and Horticulture, 68: 69-74. [In Persian with English Summary].

Saraei, R., Lahooti, M., and Ganjali, A. 2012. Investigating the Allelopathy effects of Eucalyptus (*Globulus labill*) on characteristic of germination, morphology and biochemical of flixweed (*Descurainia sophia*) and barley (*Hordeum vulgare*). Journal of Agroecology, 4(3): 215-222 [In Persian with English Summary].

Smol, M., and Chojnawoski, A.M. 1993. Effect of osmotic treatment and sunflower seed germination in relation with-temperature and oxygen. Basic and Applied Aspects of Seed Biology, 3: 1033-1038.

Tripathi, S., Tripathi, A., and Kori, D.C. 1999. Allelopathic evaluation of *Tectona grandis* leaf, root and soil aqueous extracts on soybean. Indian Journal of Forestry, 22: 366-74.

Verma, D.P., and Hong, Z. 2000. Removal of feedback inhibition of Δl-pyrrolin-5carboxylate synthetase results in increased praline accumulation and protection of plants from osmotic stress, Plant Physiology, 122: 1129-1136. https://doi.org/10.1104/pp.122.4.1129

Young, S.L., Pierce, F.J., and Nowak, P. 2014. Introduction: Scope of the problem—rising costs and demand for environmental safety for weed control, in: Young, S.L., Pierce, F.J. (Eds.), Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 1-8. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7512-1_1 https://doi.org/10.1007/978-94-007-7512-1

Zuo, S., Li, X., Ma, Y., and Yang, S. 2014. Soil microbes are linked to the allelopathic potential of different wheat genotypes. Plant and Soil, 378: 49-58. https://doi.org/10.1007/s11104-013-2020-6

Allelopathic Effects of Mustard (*Sinapis arvensis*) on Germination, Morphological and Biochemical Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare*)

Yaser Alizadeh [1], Ehsan Zeidali [1], Hamid Hassaneian Khoshro [2, *]

Extended abstract

Introduction: Crop rotations are practiced to eliminate the effect of monoculture. However, the succeeding crop may be influenced by the phytotoxins released by the preceding crop. Among plants, Brassica species contain allelochemical compounds as glucosinolate, which is, under special conditions, released to the environment and affects seed germination and plant growth. Wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as a weed in 30 crops in 52 countries has a series of allelopathic effects that prevent germination of other plants. Products of glucosinolate- like ionic thiocyanate (SCN-) inhibit the root or shoot growth of many crop species. In addition, volatile compounds like isoprenoid and benzenoid released from Brassica tissue degradation may suppress many crops' growth. It was also found in many studies that allelochemicals, which inhibit the growth of some species at certain concentrations, might stimulate the growth of the same or different species at lower concentrations. The present research was conducted to evaluate the effects of aqueous extract concentration of various mustard parts on barley seed germination and seedling growth.

Materials and Methods: In order to evaluate the allelopathic effects of mustard on agro ecosystems, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was carried out in the Botany Laboratory of Agriculture Faculty, Illam University in 2014. Experimental treatments included five concentrations of mustards foliage and root aqueous extract (0, 10, 30, 50, and 70 percent) that were studied at germination and early growth stages of barley (cv. Abidar) in two separate experiments. In the seed germination phase, the effects of aqueous extract of mustard on germination rate and germination percentage of barley seed were measured. In the study of the effect of aqueous extract of mustard on barley seedlings, weight and length of root and shoot, leaf chlorophyll content, proline and soluble sugars content were measured.

Results: The results showed that the highest amount of barley seed germination percentage and germination rate (100 and 19.5, respectively) were observed in the control and the lowest amount (40 and 9.5, respectively) belonged to mustard root aqueous treatment with 70 percent concentration. The highest decrease in barley seedlings length and weight were observed at the highest concentration of aqueous extract. The amount of chlorophyll a decreased from 2.39 in the control to 1.66 mg per fresh weight in 70 percent concentration of aqueous extract treatment. The highest amount of proline (66.8 µM per fresh weight) in barley foliage was observed in 70 percent aqueous extract treatment. The results of this study showed that mustard allelopathic effect may be a possible mechanism controlling the barley germination and early growth stage in agro ecosystems.

Conclusion: Generally speaking, the findings suggest that in the short run, mustard extract has toxicity effects on barley germination and growth so much so that aqueous extract has adverse effects on almost all th characteristics measured. Depending on the concentrations of mustard extract, allelopathic activity will vary. Further investigations are also needed to determine the influence of cultivar variations, and to identify the active compounds involved in mustard auto toxicity and allelopathy.

Keywords: Chlorophyll, Germination percentage, Proline, Protein, Soluble sugar

***Highlights*:**

1- Mustard's aqueous extract reduced seed germination percentage and plant growth of barley.
2- Mustard's aqueous extract increased proline and soluble sugars in barley, but it reduced amount of chlorophyll in this plant.

[1] Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Ilam, Ilam, Iran.
[2] Assistant Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

* Corresponding author, E-mail address: h.hosnian@areeo.ac.ir

(Received: 02.02.2018; Accepted: 23.06.2018)

DOR: 98.1000/2383-1251.1397.5.59.10.2.32.41

DOI: 10.29252/yujs.5.2.59

CrossMark