علوم و تحقیقات بذر ایران

سال اول/ شماره دوم/ ۱۳۹۳ (۵۵ - ۳۸)

ارزیابی توان دگرآسیبی علف‌هرز خردل وحشی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی چهار رقم گندم با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (GC- MS)

حسین رضوانی*[۱]، جعفر اصغری[۲]، سید محمدرضا احتشامی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات دگرآسیبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام گندم با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی، آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عوامل آزمایش شامل عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی در سه سطح ۲/۵ ، ۵ و ۷/۵ درصد به همراه شاهد (آب مقطر) و ارقام گندم (شامل مروارید، مغان، تجن و آرتا) بود. همچنین به‌منظور تفکیک اثرات اسمزی غلظت‌های عصاره آبی خردل وحشی با اثرات مواد دگرآسیب از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ نیز استفاده شد. پتانسیل آبی غلظت‌های ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد عصاره آبی خردل وحشی به ترتیب ۰/۱۳- بار، ۰/۳- بار و ۰/۵۴- بار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی اندام‌های خردل وحشی درصد جوانه-زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه ارقام گندم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در بالاترین غلظت، رقم مروارید کمترین میزان تأثیرپذیری و رقم تجن بیشترین میزان تأثیرپذیری را نشان دادند، ضمن آن‌که اثرات پلی‌اتیلن گلایکول بر صفات مذکور بی تأثیر بود. همچنین نتایج مشخص نمود که مهم‌ترین ترکیب اسانس خردل وحشی از ایزوتیوسیانات‌ها و گلیکوزینولات‌ها می‌باشد و از آنجایی‌که میزان این ترکیبات به‌طور فزاینده‌ای در اسانس اندام هوایی بیشتر بود، بنابراین به‌نظر می‌رسد اثر بازدارندگی بیشتر اندام هوایی نسبت به ریشه را می‌توان به بیشتر بودن حجم اسانس این ترکیب در اندام هوایی دانست.

واژه‌های کلیدی: آللوکمیکال، اسانس، عصاره آبی، گلیکوزینولات، گیاهچه

۱- دانشجوی دکترای زراعت دانشگاه گیلان

۲و۳- اعضای هیأت علمی دانشگاه گیلان

* نویسنده مسئول: hosinrezvani@yahoo.com

مقدمه

یکی از دلایل عمده کاهش محصول در گیاهان زراعی هجوم علف‌های هرز است. علف‌های هرز با رقابت بر سر منابع، مانع از دسترسی مطلوب گیاه زراعی به این منابع شده و در نتیجه باعث کاهش تولید و افزایش هزینه آن می‌شوند. خسارت علف‌های هرز به کلیه محصولات کشاورزی حدود ۵۰ درصد تولید جهانی محاسبه شده است (FAO, 2010). در بیشتر مطالعات انجام شده این کاهش محصول به اشکال مختلف رقابت بین علف‌های هرز و گیاهان زراعی نسبت داده شده و برهم‌کنش دگرآسیبی بین آن‌ها مورد توجه واقع نشده است. در بین گونه‌های زیادی از علف‌های هرز که به مزارع گندم خسارت وارد می‌کنند، خردل وحشی یکی از متداول‌ترین و شایع‌ترین علف‌های هرز می‌باشد که سبب کاهش عملکرد و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (Johnson *et al*., 2006). خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) گیاهی یک‌ساله و از خانواده شب بو (*Brassicaceae*) بوده که فقط توسط بذر تکثیر می‌یابد. این علف‌هرز به دامنه وسیعی از دما (۴۸– ۱۵ درجه سانتی‌گراد) سازگاری داشته و به آسانی در اثر یخبندان از بین نمی‌رود (Warwick *et al*., 2005). مطالعه در زمینه دگرآسیبی در دهه‌های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است که در راستای چندین هدف از جمله مدیریت علف‌هرز، حفظ تنوع گونه‌ای، اصلاح و افزایش عملکرد گیاهان زراعی و حفاظت از محیط زیست می‌باشد. نکته مهم در بررسی پدیده دگرآسیبی، توجه به تفاوت اساسی میان این پدیده با رقابت و نیز تفکیک اثرات مستقیم ناشی از حالت دگرآسیبی از اثرات غیرمستقیم ناشی از سایر موجودات و نیز تغییرات محیطی می‌باشد (Muller, 2002). طبق تعریف، دگرآسیبی شامل هرگونه اثرات مضر یا مفید به صورت مستقیم یا غیر مستقیم است که توسط یک گیاه (به انضمام ریزموجودات زنده) روی گیاهی دیگر از طریق تولید مواد شیمیایی (آللوکمیکال‌ها) صورت می‌گیرد (Rice, 2002). اسماعیل و چونگ and (Ismail Chong, 2002) معتقدند مواد دگرآسیب در غلظت‌های پایین ممکن است اثرات مثبت یا منفی بر گیاهان هدف داشته باشند، اما در غلظت‌های بالا همواره باز دارنده‌اند. علف‌های هرز با آزاد کردن فیتوتوکسین (سموم با منشاء گیاهی) از بقایای تخریب شده، مواد شسته شده، تراوه‌ها و مواد فرّار، گیاهان زراعی را متأثر می‌سازند. وقتی گیاهان حساس در معرض ترکیبات دگرآسیب قرار می‌گیرند، جوانه‌زنی و رشد و نمو آنها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Bais *et al*., 2003). کاهش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه برنج تحت تأثیر عصاره آبی بخش‌های مختلف علف هرز سوروف گزارش شده است (Berenji *et al*., 2008). در رابطه با اثر دگرآسیبی علف‌های هرز روی گندم مطالعات متعددی انجام شده است. مثلا گزارش‌هایی از کاهش رشد اولیه، کاهش وزن گیاهچه و کاهش ۲۱ درصدی محصول دانه گندم تحت اثر عصاره تریتی‌کاله وجود دارد (Wall *et al*., 2006). همچنین مطالعه روی برخی گیاهان تیره کلم (*Cruciferae*) نشان داده است که دارای اثر دگرآسیبی به‌ویژه در مهار رشد گیاهان و ریزجانداران دارند (Wall *et al*., 2006). مطالعات مولر (Muller, 2002) نشان داد که جوانه‌زنی و رشد دانه رست تعدادی از گندمیان در مجاورت خردل سیاه (*Brassica nigra*) کاهش می‌یابد. بسیاری از گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده خردل دارای مواد بازدارنده قوی فرّاری هستند که از جوانه‌زنی و رشد جلوگیری می‌کنند. این ترکیبات که اصطلاحا روغن‌های خردل (آلیل ایزوتیوسیانات و β فن اتیل ایزوسیانات) نامیده می‌شوند، عموماً در بافت‌های جنس خردل (*Sinapis*) وجود داشته و بازدارنده‌های بالقوه جوانه‌زنی می‌باشند (Mason *et al*., 2005). وی‌کل و دوب روتا (Vicol and Dobrota, 2008) در مطالعات خود در خصوص اثر دگرآسیب خردل وحشی دریافتند که عصاره آبی این گیاه از رشد ختمی (*Malva parviflora* L.) جلوگیری به عمل می‌آورد. آنها همچنین گزارش نمودند خردل سیاه (*Brassica nigra* L.) که در زمین‌های تحت پوشش علف‌های هرز یک‌ساله سواحل جنوبی کالیفرنیا وارد گردید، با آزاد کردن بازدارنده‌هایی از برگ‌ها و ساقه‌های در حال تجزیه خود مانع جوانه‌زنی و رشد سایر گیاهان یک‌ساله نظیر بروموس (*Bromus* Sp.) گردید و در نتیجه توانست پوشش گیاهی یکنواختی را به وجود آورد. ماسون و همکاران (Mason *et al*., 2005) طی مطالعات گلخانه‌ای مشاهده نمودند که تعداد گیاهان شیرپنیر (*Galium aparin* L.)، اسفناج وحشی (*Chenopdium album* L.) و بابونه (*Matricari indora* L.) در حضور خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) به شدت کاهش می‌یابد. این آزمایش با هدف بررسی توان دگرآسیبی چهار رقم گندم در غلظت‌های مختلف عصاره

آبی اندام هوایی و زیرزمینی علف هرز خردل وحشی و تأثیر آن‌ها بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم در شرایط آزمایشگاهی طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثرات دگرآسیبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف هرز خردل وحشی بر ارقام گندم، آزمایشی در محیط پتری‌دیش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در آزمایشگاه فیزیولوژی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان در گرگان انجام شد. تیمارها شامل غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ درصد حجمی عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی به همراه تیمار پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در چهار رقم گندم بود. پتانسیل آبی غلظت‌های ۲/۵، ۵/۰ و ۷/۵ درصد حجمی عصاره آبی خردل وحشی به ترتیب ۰/۱۳- بار، ۰/۳- بار و ۰/۵۴- بار اندازه‌گیری شد (Michel and Kaufmann, 1973). اندام‌های خردل وحشی در مرحله گل‌دهی (Turk and Tawaha., 2002) و در اوایل فروردین ماه ۱۳۹۱ از مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان جمع‌آوری و با آب فراوان شسته شد و سپس اندام هوایی و زیرزمینی از یکدیگر جدا گردیدند. اندام‌های تفکیک شده گیاه خردل-وحشی به دور از نور خورشید و در دمای اتاق به مدت یک هفته قرار داده تا خشک شدند و سپس توسط آسیاب برقی پودر گردیدند. برای تهیه محلول ۱۰۰ درصد، ۱۰ گرم از پودر مذکور در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ریخته و به مدت ۱۲ ساعت روی شیکر قرار داده شد و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن شماره یک کاملاً زلال شدند. آنگاه مایع صاف شده به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۳۵۰۰ سانتریفیوژ شد. پس از جداسازی، دو فاز ایجاد شده از مایع فوقانی به عنوان ذخیره ۱۰ درصد استفاده گردید (Turk and Tawaha, 2002). سایر عصاره‌ها با غلظت‌های ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد حجمی از این محلول تهیه شدند. محیط کشت در این آزمایش ظروف پتری‌دیش به قطر ۹ سانتی‌متر بود. در هر ظرف و در هر تکرار تعداد ۲۵ عدد بذر سالم ضدعفونی شده ارقام گندم شمارش و در هر یک از پتری‌دیش‌ها به-طور یکنواخت بر روی کاغذ صافی قرار گرفت و به هر یک از آنها ۶ میلی‌لیتر عصاره آبی تهیه شده از اندام‌های خردل وحشی اضافه شد. شمارش بذرهای جوانه‌زده ارقام گندم به‌منظور تعیین سرعت جوانه‌زنی به‌صورت روزانه انجام گردید. به‌منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی بذر از روش ماکویر (Maquer) (رابطه ۱) استفاده شد (Hartman *et al.*, 1990).

$$R_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$ رابطه (۱)

که در آن R_s سرعت جوانه‌زنی بذر و S_i تعداد بذر جوانه-زده در شمارش i ام و D_i تعداد روز تا شمارش i ام می-باشد. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی بذر توسط برنامه Germin در محیط Excel محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2006). همچنین به‌منظور ارزیابی پتانسیل دگرآسیبی اندام خردل وحشی در کاهش درصد جوانه‌زنی ارقام گندم، از مدل لجستیک سه پارامتری استفاده شد (رابطه ۲):

$$Y=a/[1+(X/X_{50})^b]$$ رابطه (۲)

که در آن Y درصد جوانه‌زنی در غلظت عصاره آبی x، a حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_{50} غلظت عصاره آبی لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی و b نشانگر شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت عصاره آبی می‌باشد (Chauhan *et al.*, 2006). همچنین برای تفکیک اثرات پتانسیل اسمزی غلظت‌های مختلف عصاره آبی علف هرز خردل وحشی از اثرات مواد آللوکمیکال از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ به‌روش میشل (رابطه ۳) استفاده شد (Michel, 1972).

$$\varphi_s = -(1/18 \times 10^{-2})\, c - (1/18 \times 10^{-4})\, c^2 + (2/67 \times 0^{-4})\, ct - (8/39 \times 10^{-7})\, c^2$$ رابطه (۳)

در این رابطه φ_s پتانسیل اسمزی بر حسب بار، c مقدار پلی اتیلن گلایکول بر حسب گرم بر لیتر و T دما برحسب درجه ساتتی‌گراد می‌باشد. همچنین هم‌زمان با عصاره‌گیری، اسانس‌گیری اندام هوایی و زیرزمینی خردل وحشی نیز در مرحله گلدهی انجام شد. بدین صورت که نمونه‌های خشک شده، خرد شده و توسط دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به‌مدت ۲/۵ تا ۳ ساعت اسانس‌گیری انجام شد. اسانس‌ها پس از جداسازی، از سطح آب توسط

سدیم سولفات بدون آب، رطوبت‌زدایی شدند و پس از آن در ظروف شیشه‌ای دربدار تیره رنگ و دمای یخچال نگهداری شدند. در این آزمایش برای جداسازی و تعیین درصد هر یک از اجزای اسانس و برای تعیین هویت آللوکمیکال‌های خردل وحشی از روش کروماتوگرافی گازی[1] (GC-MS) استفاده شد. سپس اسانس توسط دستگاه GC-MS با استفاده از پارامترهای مختلف از قبیل زمان و شاخص بازداری (RI)، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه این طیف‌ها با ترکیبات استاندارد و اطلاعات موجود در کتابخانه‌ی رایانه دستگاه GC-MS مورد شناسایی کیفی قرار گرفتند. سپس، درصد نسبی هر کدام از ترکیبات تشکیل دهنده اسانس با توجه به سطح زیر منحنی آن در کروماتوگرام GC به روش نرمال کردن سطح و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ به‌دست آمد. برای شناسایی ترکیبات عصاره از دستگاه GC-MS (طیف‌سنج جرمی (Agilent –Technology) مدل ۵۹۷۵ مجهز به ستون HP-5ms به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرومتر، با گاز حامل هلیم (He) استفاده شد Sisodia and (Siddiqui, 2010). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD و در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel و Sigma plot انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که به‌طور کلی اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام گندم داشتند اما غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلایکول اثر معنی‌داری بر صفات مذکور نشان نداد (جدول ۲)، که این موضوع مؤید آن است که پتانسیل اسمزی غلظت عصاره در تشدید اثر آللوکمیکال‌ها دخیل نبوده و احتمال اثر اسمزی ضعیف به‌نظر می‌رسد.

اثر عصاره اندام هوایی خردل بر شاخص‌های رشد ارقام گندم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد عصاره آبی اندام هوائی خردل وحشی در کلیه صفات اندازه‌گیری شده اثر معنی-داری را در ارقام گندم مورد مطالعه نشان داد (جدول ۱). با توجه به جدول (۳) در تمامی ارقام، طول ساقه‌چه ارقام گندم در غلظت‌های صفر و ۲/۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، اما با افزایش غلظت عصاره، اثر بازدارندگی در ارقام مختلف مشخص گردید. اثر بازدارندگی عصاره آبی اندام هوائی خردل وحشی بر طول ساقه‌چه ارقام مختلف گندم در غلظت‌های ۵ و ۷/۵ درصد در رقم تجن به‌ترتیب (۴۶ درصد و ۷۳ درصد) بیشتر از رقم مغان (۳۷ درصد و ۵۹ درصد) بود (جدول۳). همچنین در تمامی ارقام، طول ریشه‌چه نیز با افزایش غلظت عصاره آبی اندام هوائی ارقام مختلف گندم روند کاهشی داشت. در غلظت‌های ۵ و ۷/۵ درصد حجمی از عصاره آبی اندام هوایی رقم مغان با کاهش ۴۱ درصد و ۶۵ درصد کمترین تأثیرپذیری و رقم تجن با ۵۳ درصد و ۷۵ درصد بیشترین تأثیرپذیری را نسبت به شاهد نشان دادند (جدول۳). کاهش بیشتر طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه در غلظت‌های یکسان عصاره آبی اندام هوائی خردل ممکن است بیانگر این نکته باشد که طویل شدن سلول‌های ریشه از طریق ممانعت از عمل جیبرلین و ایندول استیک اسید به‌وسیله عوامل دگرآسیبی استخراج شده در ریشه و اندام هوائی تحت تأثیر قرار گرفته باشد (Qasem, 2001). این موضوع می‌تواند مورد انتظار باشد، چون ریشه‌چه اولین اندامی است که مواد دگرآسیبی را به‌طور مستقیم از محیط جذب می‌کند و ممکن است بیشتر تحت تأثیر این مواد قرار گیرند. وزن خشک ریشه-چه، ساقه‌چه و گیاهه‌چه با بالارفتن غلظت‌های عصاره اندام هوائی روند مشابهی همانند صفات مذکور داشتند.

اثر عصاره اندام زیرزمینی خردل بر شاخص‌های رشد ارقام گندم

تأثیرپذیری صفات اندازه‌گیری شده گیاهچه‌های گندم از نظر غلظت‌های مختلف عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی مشابه اندام هوایی آن بود (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد که در غلظت‌های پائین بین شاهد و غلظت ۲/۵ درصد اختلاف معنی‌داری از نظر آماری

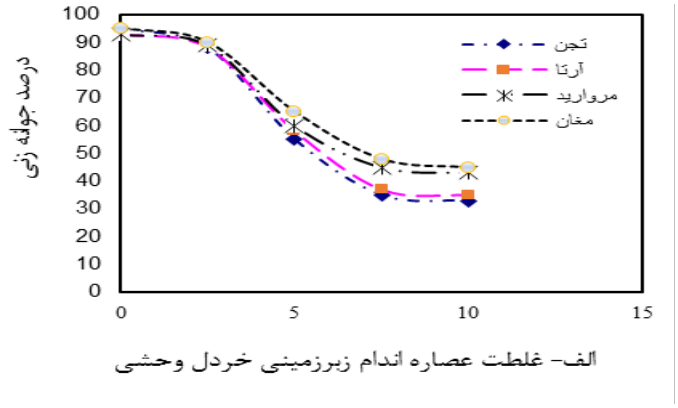
1- Chromatography-Mass Spectrometry

در کلیه صفات مشاهده نشد اما با افزایش غلظت عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی از ۲/۵ به ۷/۵ درصد میزان بازدارندگی آن در صفات اندازه‌گیری شده افزایش نشان داد (جدول ۳). این روند کاهشی رشد در ارقام مختلف گندم متفاوت بوده است، به‌طوری که طول ساقه‌چه رقم تجن با افزایش غلظت عصاره به ۷/۵ درصد نسبت به شاهد ۶۵ درصد کاهش نشان داد، در حالی‌که در رقم مغان و مروارید در همین غلظت به‌ترتیب ۵۴ و ۵۵ درصد کاهش داشت. همچنین برای صفت وزن خشک گیاهچه در میان ارقام مورد بررسی در حداکثر غلظت عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی رقم مغان و مروارید با ۵۰ و ۵۳ درصد کمترین تأثیرپذیری و رقم تجن و آرتا به‌ترتیب با ۵۹ و ۶۰ درصد بیشترین تأثیرپذیری را نشان دادند. جانسون و همکاران (Johanson *et al*., 2006) ترکیبات گلیکوزینولات تولید شده در ریشه خردل را یک بازدارنده فعال زیستی بر جوانه‌زنی و رشد سایر گونه‌ها معرفی کردند و معتقدند این ترکیبات غلات دانه‌ریز را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج این آزمایش با گزارش‌های ترک و تاوه (Turk and Tawaha., 2002) و چوهان و همکاران (Chauhan *et al*., 2006) مطابقت دارد.

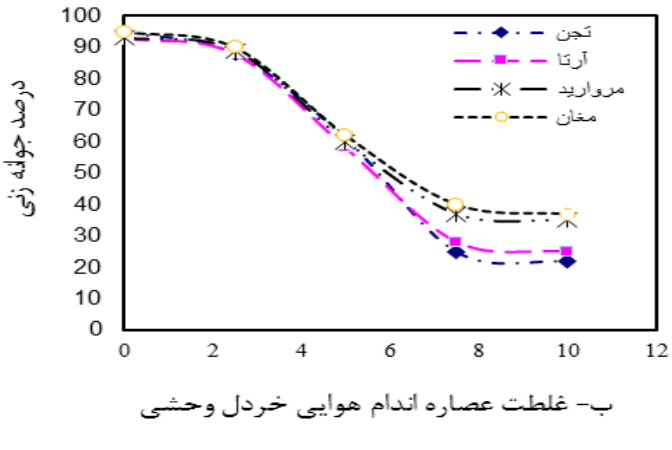
اثر عصاره اندام هوائی و زیرزمینی خردل بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام گندم

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که نوع اندام، غلظت عصاره و اثر متقابل آن‌ها بر ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام گندم در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. سرعت و درصد جوانه‌زنی از جمله شاخص‌هایی هستند که در آزمون‌های زیست‌سنجی مورد توجه قرار می‌گیرند. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار بین ارقام گندم در غلظت‌های مختلف از نظر سرعت جوانه‌زنی بود (جدول‌های ۵ و ۶)، به‌طوری که در بالاترین غلظت عصاره اندام هوایی (۷/۵ درصد) سرعت جوانه‌زنی در رقم تجن و آرتا به‌ترتیب به‌میزان ۷۱ درصد و ۷۴ درصد کاهش دارای بیشترین تأثیرپذیری و رقم مروارید با ۵۷ درصد کاهش در مقایسه با شاهد در همان غلظت، دارای کمترین میزان تأثیرپذیری بودند. در مورد درصد جوانه‌زنی نیز در بین ارقام نتایج مشابه سرعت‌جوانه زنی بود، به‌طوری که در بالاترین غلظت اندام زیرزمینی (۷/۵ درصد)، درصد جوانه‌زنی در رقم تجن و آرتا به‌ترتیب به‌میزان ۶۱/۹ درصد و ۶۱ درصد کاهش دارای بیشترین تأثیرپذیری و رقم مغان و مروارید با ۴۹ و ۵۱ درصد کاهش در مقایسه با شاهد در همان غلظت، دارای کمترین میزان تأثیرپذیری بودند. در آزمایش ریزوی و همکاران (Rizvi *et al*., 2000) که به ارزیابی توان دگرآسیبی ارقام گندم بر علف هرز یولاف وحشی پرداختند، مشخص شد، ارقام گندم تفاوت ژنتیکی معنی‌داری از نظر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دارند. به گزارش ترک و تاوه (Turk and Tawaha., 2002) با افزایش غلظت عصاره آبی اندام‌های خردل سیاه، درصد جوانه‌زنی عدس کاهش و سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. همچنین با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل اندام‌ها و غلظت‌های مختلف خردل وحشی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی (جدول ۱) و بر طبق شکل (۱، الف و ب) اندام هوائی بیشترین و ریشه کمترین میزان بازدارندگی را در غلظت‌های بالاتر در تمامی ارقام گندم داشتند. این موضوع می‌تواند بیانگر آن باشد که میزان یا نوع مواد دگرآسیبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی ممکن است متفاوت باشد، به‌گونه‌ای که این اختلاف توانسته است سبب بروز اثرات متفاوت شود. نتایج استخراج شده از اسانس اندام هوایی و زیرزمینی خردل وحشی در جدول (۷و ۸) مؤید این موضوع می‌باشد.

چونگ و همکاران (Chung *et al*., 2006) گزارش نمودند، برگ‌ها احتمالاً مخزن اصلی برای تولید مواد آللوکمیکال به‌شمار می‌آیند و ریشه مقادیر کمتری از این ترکیبات را داراست. یورچاک و همکاران Yurchak *et al*., (2005) مشاهده نمودند عصاره آبی بخش‌های مختلف شلغم روغنی، میزان جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت و گندم زمستانه را به‌میزان ۲۶/۵ تا ۷۹/۵ درصد کاهش دادند. در این گزارش مشخص گردید که عصاره آبی اندام هوایی اثر بازدارندگی بیشتری را اعمال نمودند و جوانه‌زنی را تا حدود ۶۰ درصد ممانعت نمودند، لیکن عصاره آبی اندام زیرزمینی (ریشه) ۲۰ تا ۳۰ درصد مانع جوانه‌زنی شد. در این خصوص همانند آن‌چه که چونگ و همکاران (Chung *et al*., 2006) گزارش نموده‌اند، احتمالاً برگ و گل خردل وحشی، مواد آللوشیمیایی بیشتری از ریشه تولید نموده است تا در جوانه‌زنی بذر گندم ممانعت بیشتری ایجاد کند.



a. Concentration of underground organ extract of wild mustard



b. Concentration of aboveground organ extract of wild mustard

شکل ۱- درصد نهایی جوانه‌زنی ارقام گندم تحت تأثیر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام زیرزمینی (الف) و اندام هوایی (ب) خردل وحشی

Figure 1. Final germination percentage of wheat cultivars under the influence of different concentrations of underground organ water extract (a) and aboveground organ (b) in wild mustard

بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی ارقام گندم

با توجه به اهمیت درصد نهایی جوانه‌زنی در مطالعات جوانه‌زنی بذر، تأثیرپذیری این شاخص از طریق مدل لجستیک سه پارامتری چوهان و همکاران (Chauhan *et al.*, 2006) مورد مطالعه قرارگرفت.

$$Y=a/[1+(X/X50\ )b$$

این مدل رابطه بین سطوح مختلف عصاره آبی اندام‌های خردل وحشی و درصد جوانه‌زنی ارقام گندم را به‌خوبی توجیه نمود، به‌طوری که ضریب تبیین (R^2) مدل برای عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی معنی‌دار بود (جدول۵ و ۶). پارامتر X_{50} مدل، غلظتی از عصاره که باعث ۵۰ درصد بازدارندگی می‌شود را نشان می‌دهد. پارامتر b مدل (که نمایانگر شیب کاهش درصد جوانه‌زنی در افزایش غلظت عصاره است) نشان داد که شیب کاهش درصد جوانه‌زنی در عصاره اندام زیرزمینی بیشتر از عصاره‌ی اندام هوایی می‌باشد که این موضوع در رقم تجن و آرتا با شدت بازدارندگی بیشتر و در رقم مغان و مروارید با شدت بازدارندگی کمتری نشان داده شد. بیشتر بودن این شیب نشانگر پاسخ شدیدتر جوانه‌زنی به سطوح مختلف عصاره آبی بوده و به نوعی نمایانگر حساسیت بیشتر به مواد آللوکمیکال است. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی ارقام گندم در هنگام رویارویی بذر با

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر عصاره آبی اندام‌های مختلف خردل وحشی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم

Table 1. Analysis variance the effect of water extract of different organs of wild mustard on germination and seedling growth of wheat cultivars

		میانگین مربعات Means of squares							
منبع تغییرات S.O.V	درجه ازادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی D_{50}	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
تکرار Replication (R)	2	0.00013^{ns}	0.00003^{ns}	0.0008^{ns}	0.000163^{ns}	0.0044^{ns}	0.00071^{ns}	0.00002^{ns}	0.000001^{ns}
رقم Cultivar (C)	3	439.47**	5.31**	452.72**	39.71**	16.39**	0.00035**	0.0054**	0.00037**
اندام خردل Wild mustard organ (Wo)	2	414.57**	3.12**	519.37**	185.03**	121.11**	0.0023**	0.41**	0.0069**
غلظت Concentration (Co)	3	18296.7**	123.12**	4481.01**	33.41**	15.22**	0.00039**	0.0087**	0.0011**
رقم * اندام خردل C×Wo	6	58.18**	0.635**	14.04**	1.871**	0.316**	0.000063**	0.0091**	0.00032**
رقم*غلظت C×Co	9	144.7**	0.197**	86.07**	0.063**	0.06**	0.000027**	0.85**	0.000093**
اندام*غلظت Co×Wo	6	68.71**	0.248**	63.27**	11.56**	4.69**	0.00015**	0.94**	0.0022**
رقم * اندام خردل*غلظت C× Co×Wo	18	17.07**	0.103**	7.85**	0.088**	0.0041**	0.0002**	0.0009**	0.00015**
اشتباه آزمایشی (E)	78	0.000031	0.00011	0.0007	0.002	0.0085	0.000061	0.000015	0.000011
ضریب تغییرات (CV)		3.63	1.65	2.36	2.56	3.83	1.23	2.28	1.85

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (PEG6000) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم

Table 2. Analysis of variance the effect of different concentrations of polyethylenglycol (PEG6000) on germination and seedling growth of wheat cultivars

منبع تغییرات S.O.V	درجه ازادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی D_{50}	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight
تکرار Replication (R)	2	0.00001^{ns}	0.00002^{ns}	0.00071^{ns}	0.0044 ^{ns}	0.00163 ^{ns}	0.00001^{ns}	0.00003^{ns}	0.00013 ^{ns}
رقم Cultivar (C)	3	0.00037**	0.0054**	0.00035**	16.39**	39.71**	32.72**	5.31**	39.47**
غلظت Concentration (Co)	3	0.636^{ns}	7.18^{ns}	0.023^{ns}	1.46^{ns}	0.64^{ns}	0.49^{ns}	0.23 ^{ns}	0.56 ^{ns}
رقم*غلظت C×Co	9	0.716 ^{ns}	9.18 ^{ns}	0.57^{ns}	8.38^{ns}	0.23^{ns}	0.12 ^{ns}	0.54 ^{ns}	0.37 ^{ns}
اشتباه آزمایشی(E)	16	0.0062	0.0021	1.12	1.96	1.96	0.61	1.04	0.76
ضریب تغییرات (CV)	-	2.94	2.83	8.81	14.65	4.65	8.30	12.96	7.65

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * و** به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی خردل وحشی بر مولفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه ارقام گندم

Table 3. Means comparison the effect of allelopathy of different concentrations of wild mustard aboveground extract on germination characteristics and seedling growth indices of wheat cultivars

ارقام Cultivars	غلظت عصاره Extract concentration (%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (Seed/day)	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی D_{50} (hour)	طول ریشه‌چه Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)
مغان Moghan	Control	95 a	47.2 a	62.11 c	12.18 a	9.02 a	0.033 a	0.038 a	0.072 a
	2.5	82 ab	6.98 ab	65.65 bc	11.69 ab	7.98 ab	0.029 ab	0.033 ab	0.067 ab
	5	56 b	4.11 b	77.41 b	7.12 b	5.63 b	0.017 b	0.021 b	0.04 b
	7.5	41 c	2.59 c	82.12 a	4.18 c	3.68 c	0.015 c	0.017 c	0.028 c
مروارید Morvarid	Control	95 a	7 a	61.52 c	11.89 a	8.92 a	0.032 a	0.037 a	0.071 a
	2.5	80 ab	6.59 a	64.43 c	10.95 ab	7.12 ab	0.027 ab	0.034 ab	0.062 ab
	5	53 b	3.73 b	80.15 b	6.41 b	5.16 b	0.017 b	0.019	0.037 b
	7.5	37 c	1.83 c	89.63 b	3.91 c	3.15 c	0.014 c	0.016 c	0.026 c
آرتا Arta	Control	93 a	6.23 a	64.12 c	10.78 a	8.89 a	0.028 a	0.036 a	0.06 a
	2.5	75 ab	5.74 ab	67.27 c	9.11 ab	6.13 ab	0.023 ab	0.03 ab	0.055 ab
	5	37 b	3.21 b	92.21 b	5.43 b	4.14 b	0.014 b	0.019 b	0.029 b
	7.5	20 c	1.52 c	102.14 a	3.12 c	2.22 c	0.01 c	0.014 c	0.019 c
تجن Tajan	Control	94 a	6.33 a	63.17 c	10.71 a	8.18 a	27.59 a	0.037 a	0.061 a
	2.5	79 ab	5.79 ab	66.21 c	9.21 ab	6.94 ab	0.024 ab	0.031 ab	0.057 ab
	5	39 c	3.11 b	92.25 b	5.01 b	4.34 b	0.016 b	0.03 b	0.027 b
	7.5	22 d	1.15 c	103.7 a	2.75 c	2.25 c	0.012 c	0.015 c	0.029 c

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی بر مولفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه ارقام گندم

Table 4. Means comparison the effect of allelopathy of different concentrations of wild mustard underground extract on germination characteristics and seedling growth indices of wheat cultivars

ارقام	غلظت عصاره Extract concentration (%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (Seed/day)	زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی D_{50} (hour)	طول ریشه‌چه Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight (g)	وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight (g)	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (g)
مغان Moghan	Control	95 a	8.52 a	59.11 c	7.41 a	9.06 a	0.034 a	0.038 a	0.071 a
	2.5	88.6 b	7.88 ab	62.25 c	6.91 ab	8.31 ab	0.031 ab	0.035 a	0.069 ab
	5	61.5 b	5.23 b	72.29 b	4.83 b	6.3 b	0.24 b	0.025 b	0.047 b
	7.5	48.4 c	3.63 c	77.66 a	3.12 c	4.11 a	0.018 c	0.2 c	0.035 c
مروارید Morvarid	Control	93.4 a	8 a	60.23 c	7.1 a	8.93 a	0.031 a	0.036 a	0.069 a
	2.5	88.7 ab	7.63 a	63.41 c	6.12 a	7.4 a	0.029 ab	0.033 a	0.067 ab
	5	58.9 b	4.83 b	76.81 b	4.1 b	5.97 b	0.02 b	0.023 b	0.043 b
	7.5	45.6 c	2.86 c	83.57 a	2.3 c	3.98 c	0.016 c	0.018 c	0.031 c
آرتا Arta	Control	91.5 a	7.25 a	61.53 c	6.93 a	8.79 a	0.029 a	0.032 a	0.061 a
	2.5	89 ab	6.76 ab	64.28 c	5.98 a	7.11 ab	0.025 ab	0.028 ab	0.059 a
	5	42.3 b	4.32 b	82.43 b	3.88 b	4.84 b	0.019 b	0.019 b	0.034 b
	7.5	29.1 c	2.55 c	92.65 a	1.93 c	2.73 a	0.014 c	0.014 c	0.024 c
تجن Tajan	Control	91.5 a	7.36 a	c63.17	7.3 a	8.13 a	0.029 a	0.033 a	0.063 a
	2.5	88.4 ab	6.82 ab	c65.25	6.87 a	7.22 ab	0.026 ab	0.029 a	0.061 a
	5	42.3 b	4.21 b	b82.11	3.86 b	4.83 b	0.017 b	0.021 b	0.036 b
	7.5	29.1 c	2.18 c	91.87 a	1.79 a	2.81 c	0.013 c	0.016 c	0.026 c

*:اعداد هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD هستند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test

جدول ۵- پارامتر و ضرایب معادله لجستیک جهت پیش‌بینی درصد جوانه‌زنی بذر ارقام گندم در غلظت‌های مختلف عصاره اندام زیرزمینی خردل وحشی

Table 5. Parameter and logistic equation coefficients to predict germination percentage of wheat cultivars seeds in different concentrations of extract of underground organ of wild mustard

Cultivar رقم	1a±se	2b±se	se±3X50	Probability level سطح احتمال	4R2
Moghan مغان	92.23±2.15	2.53±0.05	5.01±0.13	0.0089	0.92
Morvarid مروارید	90.31±2.24	3.31±2.24	4.92±0.12	0.0001	0.96
Tajan تجن	85.64±2.39	6.6±0.03	4.63±0.05	0.0001	0.87
Arta آرتا	79.1±0.02	5.66±0.02	4.57±0.04	0.0001	0.85

جدول ۶- پارامتر و ضرایب معادله لجستیک جهت پیش‌بینی درصد جوانه‌زنی بذر ارقام گندم در غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی خردل وحشی

Table 6. Parameter and logistic equation coefficients to predict germination percentage of wheat cultivars seeds in different concentrations of extract of aboveground organ of wild mustard

Cultivar رقم	[1]a±se	[2]b±se	[3]X_{50}±se	Probability level سطح احتمال	[4]R^2
Moghan مغان	97.23+2.65	2.48+0.0145	5.024+0.341	0.0091	0.88
Morvarid مروارید	92.41+1.89	3.19+0.0124	4.29+0.213	0.0001	0.92
Tajan تجن	89.24+2.31	6.20+0.0262	4.495+0.051	0.0001	0.97
Arta آرتا	84+3.63	5.11+0.22	4.43+0.042	0.0001	0.92

۱- a، حداکثر درصد جوانه‌زنی؛ ۲- b، شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت عصاره آبی؛ ۳- X_{50}، غلظت عصاره آبی لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی؛ ۴- R^2، ضریب تبیین مدل برای عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی

1-a: Maximum of germination percentage; 2-b: Gradient of reduced germination in effect of increasing the concentration of the aqueous extract; 3-X_{50}: Required concentration of the aqueous extract for 50% inhibition of germination maximum; 4- R^2: Determination coefficient of the model for the aqueous extract of aboveground and underground organ of wild mustard

مواد دگرآسیبی افزایش یافت، ولی بر اساس نتایج مقایسه میانگین در هر دو اندام هوایی و زیرزمینی این زمان در غلظت ۲/۵ درصد عصاره اندام‌های مختلف خردل تفاوت معنی‌دار با شاهد نداشت (جداول ۳ و ۴). زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی در غلظت ۵ درصد عصاره اندام زیرزمینی در رقم مغان ۷۲/۲۹ ساعت، در رقم مروارید ۷۶/۸۱ ساعت و در رقم آرتا ۸۲/۴۳ ساعت بود (جدول ۵)، اما در شرایط استفاده از عصاره اندام هوایی زمان تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی به‌ترتیب در ارقام فوق ۷۷/۴۱، ۸۰/۱۵ و ۹۲/۲۱ ساعت برآورد شد (جدول ۶). این شاخص که با سرعت جوانه‌زنی بذر نسبت عکس دارد حاکی از کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی بذر ارقام گندم در رویارویی با غلظت ۵۰ درصد عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی بود. نتایج آنالیز اسانس استحصالی از اندام‌های هوایی و زیر زمینی خردل وحشی نشان داد (جداول ۷ و ۸) که ۳۴ ترکیب عمده مشتمل بر ۹۶/۲۶ درصد کل اسانس در اندام هوایی و ۲۷ ترکیب عمده مشتمل بر ۶۸/۴۱ درصد از کل اسانس در ریشه شناسایی شدند. همچنین بیشترین مقدار اجزای این اسانس را ترکیبات آلدهیدی تشکیل دادند که مقدار آن در اندام هوایی بیشتر از اندام زیرزمینی بود (جداول ۱ و ۲). همان‌طوری‌که جدول‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند، ترکیبات 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 تشکیل دادند. اما در ریشه خردل وحشی ترکیبات آلیل ایزوتیوسیانات اسید (۱۴/۲۸ درصد)، دی متیل تتراسولفید (۷/۹۱درصد)، 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 اندام زیرزمینی (ریشه) تشکیل دادند. اروميس و همکاران (Uremis *et al*., 2005) نیز در

بررسی اسانس واریته‌های مختلف خانواده براسیکاسه ترکیباتی از قبیل ایزوتیوسیانات، گلیکوزینولات، هپتا دکانوئیک اسید، پنتا دکانوئیک اسید و نونان را استخراج نمودند. در مطالعه دیگری که بر روی اسانس علف هرز خردل وحشی انجام شد، ترکیبات مختلفی از آلدهیدها، نیتریل‌ها، ترکیبات سولفوری و مونوسزکویی ترپن‌ها توسط GC-MS شناسایی شد که دارای اثرات دگرآسیبی بودند. عمده ترکیباتی که در این تحقیق گزارش گردید شامل دی متیل تری سولفید (۳۳/۶ درصد)، هپتا دکان (۱۰/۵ درصد)، دی متیل پنتادکان (۹/۱ درصد)، ۶-۱۰-۱۴- تری متیل پنتادکان (۸/۶ درصد) و دی متیل تتراسولفید (۷/۳ درصد) بودند (Brown and Morra, 1995). همچنین تاوا و ترک (Tawaha and Turk, 2003) دریافتند که ترکیبات گلوکوزینولات می‌تواند از جوانه‌زنی بذر جو جلوگیری نماید. در آزمایش دیگری ترکیبات گلوکوزینولات تولید شده در ریشه *Brassica* را یک بازدارنده فعال زیستی بر جوانه‌زنی و رشد سایر گونه-ها معرفی کردند و نتیجه گرفته شد که این ترکیبات، جوانه‌زنی غلات دانه‌ریز را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند (Tawaha and Turk, 2003). به‌طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره، صفات مورد بررسی به‌طور مشخص تحت تأثیر کاهنده عصاره‌ها قرار گرفتند که این امر می‌تواند ناشی از افزایش مقدار آللوکمیکال و افزایش سمیت آنها بر روی واکنش‌های گیاهان باشد. البته تا حدودی ممکن است مؤلفه پتانسیل اسمزی غلظت عصاره در تشدید اثر اللوکمیکال‌ها دخیل باشد، اما از آنجایی‌که غلظت‌های مورد استفاده در این بررسی با تیمار پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند و اثرات آنها در غلظت‌های مختلف معنی‌دار شد، بنابراین احتمال اثر اسمزی ضعیف به نظر می‌رسد.

جدول ۷-ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اندام زیرزمینی علف هرز خردل وحشی

Table 7. Identified major compounds in essence of underground organ of wild mustard

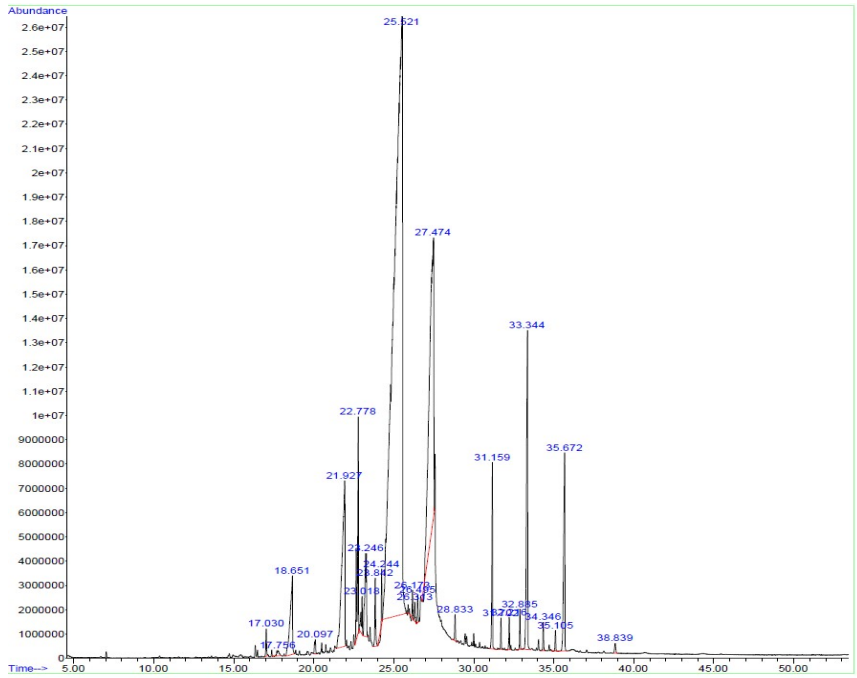
ردیف Row	نام ترکیب The name of combination	درصد (Area)	زمان بازداری (RT)
۱	β -Ionone	0.23	17.03
۲	Tricyclo[5.3.2.0(1,6)]dodecan-7-ol	0.14	17.75
۳	Dodecanoic acid	2.22	18.65
4	Dimethyl tetrasulphide	۷.91	18.94
٥	Galacturonique acid	2.15	19.23
٦	Thiocyanate	2.18	19.85
۷	Phenylethylensenevol	1.19	20.11
۸	Tetradecanoic acid	3.74	21.92
۹	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl	1.40	22.77
۱۰	Sinapine Glucosinolate	2.65	23.02
۱۱	Pentadecanoic acid	1.71	23.24
۱۲	Farnesyl Acetonec	0.64	23.84
۱۳	Isophytol	0.16	24.24
١٤	Hexadecanoic acid	6.23	25.5
١٥	Heptadecanoic acid	8.14	26.17
١٦	1-Hexacosene	0.20	26.49
۱۷	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester	3.17	27.45
۱۸	Lauric acid	4.12	28.14
۱۹	4- hydroxybenzil Glucosinolat	2/21	29.32
۲۰	Pentacosane	1.62	30.15
۲۱	Allyl-Isothiocyante acid	14.28	31.25
۲۲	Sinigrine	1.82	32.85
۲۳	Tetracosane	2.27	32.88
۲۴	Heptacosane	2.22	33.34
۲۵	Octacosane	0.82	35.67
۲٦	Dimethyl trisulphide	1.85	37.12
۲۷	Nonadecane	0.14	38.83

به‌طور کلی در همه ارقام، ویژگی‌های ریشه‌چه گندم نسبت به ساقه‌چه آن بیشتر مهار گردید. این نتیجه گزارش‌های پیشین مبنی بر این که رشد ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه حساس‌تر بوده و بیشتر تحت تأثیر اثرات دگرآسیبی قرار می‌گیرند را تأیید می‌کند. همچنین نباید این نکته را فراموش کرد که به‌خاطر تماس مستقیم ریشه گیاهان با عصاره‌ها، بالطبع این اندام گیاه بیشتر در معرض مواد اللوکمیکال قرار گرفته و اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازدارنده بیشتری روی آن اعمال می‌گردد. این مشاهده با یافته‌های ماسون و همکاران [Mason *et al*., 2005] مطابقت دارد.

جدول ۸- ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اندام هوایی علف هرز خردل وحشی

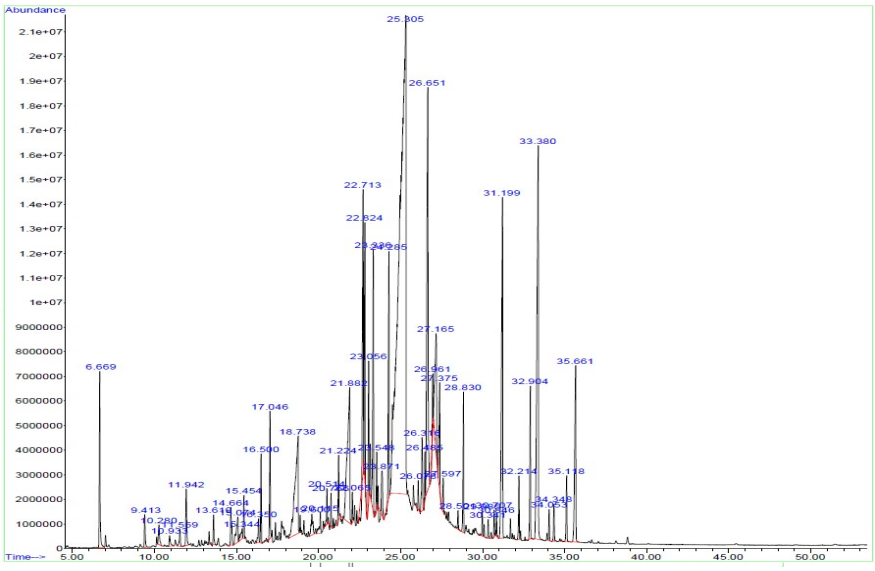
Table 8. Identified major compounds in essence of aboveground organ of wild mustard

ردیف Row	نام ترکیب The name of combination	درصد (Area)	زمان بازداری (RT)
۱	4-Trithiapentane	1.70	6.67
۲	Nonanal	0.36	9.4
۳	3,5-Dimethyl-1,2,4-trithiolane	0.29	10.28
٤	1,1- Methyl mercaptoetane	0.17	10.93
٥	Decanal	0.22	11.56
٦	Dimethyl tetrasulphide	5.66	11.94
۷	4- hydroxyl benzil Glucosinolat	8.14	12.32
۸	Undecanal	0.26	13.61
۹	Naphthalene, 1,2-dihydromethyl	0.47	14.66
۱۰	Caprinic acid	0.56	15.07
۱۱	4-butyl glucosinolate (methylsulfinyl)	2.24	16.35
۱۲	Tridecane	0.65	16.5
۱۳	β –Ionone	1.08	17.04
۱٤	Lauric acid	2.78	18.74
۱٥	Galacturonique acid	3.36	18.95
۱٦	β- sitosterol	0.87	19.08
۱۷	Erysoline	0.30	20.11
۱۸	Tetradecanal	0.20	20.76
۱۹	Tetradecanoic acid	1.15	21.88
۲۰	Neophytadiene	2.70	22.71
۲۱	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl	0.29	22.82
۲۲	Dimethyl trisulphide	10.23	23.11
۲۳	Isophytol	2.42	24.28
۲٤	Hexadecanoic acid	8.31	25.31
۲٥	Octadecanoic acid	0.22	26.07
۲٦	9,12-Octadecadienoic acid	2.63	27.16
۲۷	Allyl-Isothiocyante acid	28.11	28.23
۲۸	Sulforaphane	1.23	28.69
۲۹	Methyl sulfonylbutyl isothiocyanate	2.23	29.11
۳۰	Tetracosane	0.20	30.98
۳۱	Pentacosane	0.92	31.19
۳۲	Eicosane	0.51	32.21
۳۳	Hexacosane	0.33	32.91
۳٤	Heptadecane	5.47	33.38



شکل ۲- کروماتوگرام ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اندام زیرزمینی علف هرز خردل وحشی

Figure 2. Chromatogram of identified major compounds in essence of underground organ of wild mustard



شکل ۳-کروماتوگرام ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اندام هوایی علف هرز خردل وحشی

Figure 3. Chromatogram of identified major compounds in essence of aboveground organ of wild mustard

بحث

به‌طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره، صفات مورد بررسی به طور مشخص تحت تأثیر کاهندگی عصاره‌ها قرار گرفتند که این امر می‌تواند ناشی از افزایش مقدار آللوکمیکال و افزایش سمیت آنها روی واکنش‌های ارقام گندم باشد. البته تا حدودی ممکن است مؤلفه پتانسیل اسمزی غلظت عصاره در تشدید اثر اللوکمیکال‌ها دخیل باشد، اما از آنجایی‌که غلظت‌های مورد استفاده در این بررسی با تیمار پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند و اثرات آنها در غلظت-

های مختلف معنی‌دار نشد، بنابراین احتمال اثر اسمزی ضعیف به‌نظر می‌رسد. به‌طور کلی در همه ارقام، ویژگی-های ریشه‌چه گندم نسبت به ساقه‌چه آن بیشتر مهار گردید. این نتیجه گزارش‌های پیشین مبنی بر این‌که رشد ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه حساس‌تر بوده و بیشتر تحت تأثیر اثرات آللوپاتیک قرار می‌گیرند را تأیید می‌کند. همچنین نباید این نکته را فراموش کرد که به‌خاطر تماس مستقیم ریشه گیاهان با عصاره‌ها، بالطبع این اندام گیاه بیشتر در معرض مواد اللوکمیکال قرار گرفته و اثرات مستقیم و غیرمستقیم بازدارنده بیشتری روی آن اعمال می‌گردد. این مشاهده با یافته‌های ماسون و همکاران (Mason *et al*., 2005) درخصوص وجود پتانسیل آللوپاتیک در گونه تیره خردل مورد بررسی هماهنگی نشان می‌دهد. علت این بازدارندگی را می‌توان به وجود گلیکوزینولات‌ها و به‌ویژه به مشتقات آن‌ها یعنی ایزوتیوسیانات‌ها و دیگر ترکیبات شناخته شده (جداول ۷ و ۸) نسبت داد که در این گیاه و دیگر اعضای تیره *Brassicaceae* کم و بیش وجود دارند. در بین ارقام مورد مطالعه در مجموع صفات، رقم مغان و مروارید کمترین میزان تأثیرپذیری را داشتند. همچنین مشاهده گردید، اندام هوایی خردل دارای اثر بازدارندگی بیشتری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد ارقام گندم نسبت به اندام‌زیرزمینی آن می‌باشد. در مورد تأثیر مواد دگرآسیب (از جمله مشتقات ایزوتیوسیانات و گلیکوزینولات) بر ویژگی‌هایی نظیر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه گندم و درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر این گیاه توسط بسیاری از محققان نشان-دهنده اثرات بازدارنده این ترکیبات می‌باشد. با توجه به این‌که هر یک از ایزوتیوسیانات‌های شناخته شده اثرات متفاوتی روی گیاه هدف دارند و دارای نحوه اثر متفاوتی هستند، به‌نظر می‌رسد برای ایجاد بازدارندگی در صفات فیزیولوژیک نیاز به غلظت‌های بیشتری از این مواد است یا این‌که اصولاً بازدارندگی توسط برخی دیگر از متابولیت-های ثانویه اتفاق افتاده است. کاتوناگوچی (Kato-Noguchi, 2004) نیز دریافت که در بین متابولیت‌های ثانویه خارج شده از گیاه علاوه بر ایزوتیوسیانات‌ها که بازدارندگی آنها به اثبات رسیده است، مواد دیگری با خاصیت دگرآسیب وجود دارند که در مقادیر کم، قدرت بازدارندگی بالایی نشان داده‌اند. بنابراین احتمال دارد در شرایط مزرعه و محیط طبیعی نیز با وجود موانع زنده و غیرزنده پیرامون گیاه که باعث کاهش بازدارندگی می-شوند، بازدارندگی به‌دلایل دیگری نیز اتفاق افتد. با توجه به اینکه مهم‌ترین ترکیبات اسانس خردل وحشی از ایزوتیوسیانات‌ها می‌باشد، و از آنجایی‌که میزان این ترکیب به‌طور مشخص و فزاینده‌ای در اسانس استحصالی از اندام هوایی این گیاه نسبت به ریشه بیشتر بود (تقریباً دو برابر)، بنابراین به‌نظر می‌رسد اثر بازدارندگی بیشتر اندام هوایی آن بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام گندم نسبت به ریشه را می‌توان به بیشتر بودن حجم اسانس این ترکیب در اندام هوایی دانست. اسانس‌ها ترکیبات معطری هستند که در اندام‌های مختلف گیاه یافت می‌شوند، و به علت تبخیر در اثر مجاورت با هوا، آنها را روغن‌های فرار یا روغن‌های اسانسی می‌نامند. روغن‌های اسانسی از مخلوط ترپن‌ها، آلدهیدها، فنل‌ها، سزکویی‌ترپن‌ها و.....می باشند. کاتوناگوچی (Kato-Noguchi, 2004) گزارش کرد که در روغن فرار خردل ترکیباتی از قبیل آلدهیدها، سزکویی‌ترپن‌ها، مشتقات سولفور، الکالوئیدها و دیگر ترکیبات وجود دارد. در همین رابطه ماسون و همکاران (Mason *et al*., 2005) ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده اسانس را در اندام هوایی خردل به روش کروماتوگرافی گازی GC-MS شناسایی کردند، که ترکیبات اصلی آن: آلیل ایزو تیوسیانات اسید ۲۲/۹۸ درصد، بوتینیل (۲۹ درصد)، ۵- متیل تیوپنتانیتریل (۱۰/۰۷ درصد)، ۲، ۳ دی متیل فوماریک اسید (۹/۸۲ درصد)، بوتیل ایزوتیوسیانات اسید (۹/۳۹) و ایزو تیوسیانات اسید (۸/۱۹ درصد) بودند. بر اساس تحقیقات انجام شده، ترکیباتی نظیر ایزوتیوسیانات‌ها که در اثر هیدرولیز گلوکوزینولات‌ها تحت تأثیر آنزیم میروزیناز تولید می‌شوند مهمترین نقش را در مهار و کاهش سرعت جوانه‌زنی بازی می‌کنند (Senatore *et al*., 2003). مطالعات بیس و همکاران (Bais *et al*., 2002) نشان داد برخی از علف‌های هرز خانواده (*Brassicaceae*) دارای سیستم دفاعی با ارزشی تحت عنوان سیستم گلوکوزینولات‌ها و گروهی از متابولیت‌های ثانویه بوده که در شرایط خاصی نظیر صدمات مکانیکی، جراحت، حمله حشرات و در نتیجه تخریب سلولی از واکوئل آزاد شده و تحت آنزیم میروزیناز به مواد بازدارنده-ای نظیر ایزوتیوسیانات، تیوسیانات و نیتریل تبدیل می-شود. گلوکوزینولات‌ها که محتوی سولفور و نیتروژن می-

باشند نه‌تنها در سیستم دفاعی خردل بلکه در رشد و نمو این گیاه نیز شرکت می‌کنند (Inderjit *et al*., 2002). از سوی دیگر اورمیس و همکاران (Uremis *et al*., 2005) دریافتند از شش گونه *Brassica* مورد مطالعه هر شش گونه به‌طور جدی از جوانه‌زنی سایر بذرها جلوگیری نمودند. در دیگر مطالعات انجام شده مشخص گردید در ترشحات ریشه‌ای گیاه (*Roripa indica*) از تیره شب بو، ترکیباتی به نام ایزوتیوسیانات‌ها شناسایی شده است که از رشد هیپوکوتیل و ریشه کاهو جلوگیری می‌کند و میزان این ترکیبات در اندام هوایی به مراتب بیشتر از ریشه است (Bertin *et al*., 2003). مطالعات انجام شده نشان داد معمولا مواد دگرآسیبی در اندام زیرزمینی خردل و گیاهان خانواده براسیکا به میزان کمتری وجود دارد (Brown and Morra, 2008). براساس اظهارت لوک‌وود و بلخیری (Lockwood and Belkhiri, 1991) ۴- هیدروکسی بنزیل گلیکوزینولات مهم‌ترین و تأثیرگذارترین ماده دگرآسیب علف هرز ازمک (*Cardaria draba*) از جنس *Brassica* می‌باشد که میزان این ماده در برگ و گل‌های آن در بالاترین سطح و در اندام زیرزمینی ریشه در پایین‌ترین میزان است. اصولاً ترکیبات دگرآسیب از طریق تداخل در فرآیندهای مهم فیزیولوژیک همچون جلوگیری از تقسیم سلولی و فعالیت برخی آنزیم‌ها، بر هم زدن تعادل هورمون‌های گیاهی، اخلال در جذب عناصر غذایی، تنفس و تغییر ساختار RNA و DNA می‌تواند باعث کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه شوند (Zeng *et al*., 2008).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد وجود گیاهان تیره *Brassicaceae* در محیط‌های رشد گیاهان زراعی به علت داشتن اثرات اللوپاتیک منفی روی جوانه‌زنی، رشد دانه رست‌ها و احتمالاً مراحل پیشرفته‌تر رشد و نمو به‌طور مؤثری خسارت‌بار است و چون مراحل اولیه رشد، در استقرار گیاهان بسیار مهم است، بنابراین بایستی هرچه سریع‌تر و زودتر نسبت به مدیریت و کنترل این گیاهان اقدام کرد. البته این احتمال در مورد گیاهان دیگر این تیره از قبیل کلم و خردل هندی نیز با توجه به وجود گلیکوزینولات‌ها و به‌ویژه ایزوتیوسیانات‌ها (فرآورده‌های مهم حاصل از تخریب آنزیمی) در آنها وجود دارد. لذا شایسته است بررسی‌های جامعی روی پتانسیل آللوپاتیک آن‌ها صورت گیرد تا امکان استفاده از آن‌ها در عرصه کشاورزی اعم از مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی، اصلاح گیاهان زراعی و باغی و طراحی تولید علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های سازگار با محیط زیست، ایمن و قابل‌تجزیه از نظر زیستی فراهم گردد. در همین راستا شناخت توانایی اثرات دگرآسیبی علف‌هرز خردل وحشی در ممانعت از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های ارقام گندم از جمله اقدامات مدیریتی مهم و ضروری در جهت مبارزه با علف هرز به‌شمار می‌رود.

منابع

Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Ragan, M. and Vivanco, M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion, from molecules and genes to species interactions. Science, 31: 1377-1380. **(Journal)**

Berenji, S., Asghari, B.J., and Matin, A.A. 2008. Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa*) varieties on seedling growth of barnyardgrass (*Echinochloa crus- galli*). Journal of Plant Interaction, 3: 175–180. **(Journal)**

Bertin, C., Yang, X. and Weston, L.A. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant and Soil, 256: 67-83.

Brown, P.D. and Morra, M.J. 1995. Glucosinolate containing plant tissues as bioherbicides. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 43: 3070-3074.

Chauhan, B.S., Gill, G. and Preston, C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. Weed Science, 54: 854-860. **(Journal)**

Chung, I.M., Kim, J. and Kim, S. 2006. Evaluation of allelopathic potential and quantification of momilactone A, B from rice hull extracts and assessment of inhibitory bioactivity on paddy field weeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 2527-2536. **(Journal)**

FAO. 2010. The Lurking menace of weeds. http://www.fao.org/news/story/en/item/29402/icode/. 30. **(Web site)**

Hartmann, H., Kester, D. and Davis, F. 1990. Plant propagation, principle and practices. Hall International Editions. 647p. **(Book)**

Ismail, B.S. and Chong, T.V. 2002. Effect of aqueous extract and decomposition of *Mikania micrantha* on selected agronomic crops. Weed Biological Management, 2: 31-38. **(Journal)**

Johanson, H., Ascard, J. and Oleszek, W. 2006. Brassicaceae as alternative plants for weed control in sustainable agriculture. In: Allelopathy in pests management for sustainable agriculture. Eds. S.S. Narwal and P. Tauro. Scientific publishers, India. pp. 3-22. **(Book)**

Kato-Noguchi, H. 2004. Allelopathic substance in rice root exudates: Rediscovery of momilactone B as an allelochemical. Journal of Plant Physiology, 161: 271-276. **(Journal)**

Lockwood, G.B. and Belkhiri, A. 1991. Plant systematics and evolution. 11: 167.

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: 3-16. **(Journal)**

Michel, B.E. 1972. Solute potential of sucrose solutions. Plant Physiology, 50: 196-198. **(Journal)**

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916. **(Journal)**

Muller, C.H. 2002. Allelopathy as a factor in ecological process. Vegetatio, 18: 348-357. **(Journal)**

Qasem, J.R. 2001. Allelopathic potential of white top and syrian sage on vegetable crops. Agronomy Journal, 93: 64-71. **(Journal)**

Rice, E.L. 2002. Allelopathy. 2nd ed. Academic press. Orlando, FL.

Rizvi, S.J.H., Rizvi, V., Tahir, M., Rahimian, M.H., Shimi, P. and Atri, A. 2000. Genetic variation in allelopathic activity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Wheat Information Service, 91: 25-29. **(Journal)**

Senatore F., Rigano D., Grassia A. and Randazzo, A. 2003. 4-Hydroxybenzyl glucosinolate form *Cardaria draba* (Cruciferae). Biochemical Systematics and Ecology, 31: 1205-1207.

Sisodia, S. and Siddiqui, M.B. 2010. Allelopathic effect by aqueous extracts of different parts of *Croton bonplandianum* Baill. on some crop and weed plants. Journal of Agricultural. Extension Rural Dev. 2, 22-28. **(Journal)**

Soltani, A., Robertson, M.J., Rahemi-Karizaki, A., Poorreze, J. and Zarei. H. 2006. Modeling biomass accumulation and partitioning in chickpea (*cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science, 192: 379-389. **(Journal)**

Tawaha, A.M. and Turk, M.A. 2003. Allelopathic effects of black mustard (*Brassica nigra*) on germination and growth of wild barley (*Hordeum spontaneum*). Journal of Agronomy and Crop Science,189: 298-303. **(Journal)**

Turk, M.A. and Tawaha, A.M. 2002. Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 1: 28-30. **(Journal)**

Uremis, I., Arslan, M. and Uludag, A. 2005. Allelopathic effects of some *Brassica* species on germination and growth of cutleaf ground cherry (*Phyolis angulata* L.). Journal of Biological Science, 5(5): 661-665.

Vicol, A. and Dobrota, C. 2008. Lettuce, lambsquarters and country mallow callus culture bioassays in the study of allelopathy. Stud. Univ. Babes- Bolyai Bilo. 39(1): 69-73. **(Journal)**

Wall, D.A., Friesen, G.H. and Bhati, T.K. 2006. Wild mustard interference in traditional and semi-leafless field peas. Canadian Journal of Plant Science, 71: 473-480. **(Journal)**

Warwick, S.I., Beckie, H.J., Thomas A.G. and Mcdonald, T. 2005. The biology of canadian weeds. 8. *sinapis arvensis*. L. (updated). Canadian Journal of Plant Science, 55: 171-183. **(Journal)**

Yurchak, L.D., Uteush, Y.A. and Omelchenko, T.V. 2005. Microflora and specific allelopathic properties of fodder plants from the crocifera family in plant-microorganism interaction in phytocoenoses. Naukova Dumk. Kive, pp:161-168. **(Journal)**

Zeng, R.S., Mallik, A.V. and Luo, S.M. 2008. Allelopathy in sustainable agriculture and forestry, Springer-Verlag, Germany, 412p.

Evaluation the allelopathic power of wild mustard on germination characteristics of four wheat cultivars using Gas chromatography (GC- MS)

Hosein Rezvani*[1], Jafar Asghari[2], Seyed MohammadReza Ehteshami[3]

Received: January 1, 2014 Accepted: July 12, 2014

Abstract

In order to evaluate the allelopathic effects of shoot and root water extract of wild mustard (*Sinapis arvensis*) on germination properties and seedling growth of wheat cultivars, an experiment was conducted in factorial based on completely randomized design with three replications at the physiology laboratory of Golestan Agriculture and Natural Resources Research Center, Iran in 2011. Experimental treatments were different consentations of water extract of shoot and root Wild mustard(0, 2.5, 5 and 7.5%) and wheat cultivars (Morvarid, Moghan, Tajan and Arta). Also, in order to separate the osmotic effects of different concentrations of wild mustard water extract from allelochemicals effects, the polyethylene glycol 6000was used. The results showed that with increasing the concentration of shoot and root water extract of wild mustard, percentage and rate of germination, shoot and root length, shoot and root dry weight and seedling dry weight of different wheat cultivars decreased significantly., and it was different among the wheatvcultivars, whereas in the highest concentration, Moghan and Morvarid cultivars showed the least influence and Tajan and Arta cultivars showed the highest influence. Furthermore the different concentrations of polyethylene glycol had no effect on the traits mentioned above. This confirms that the osmotic potential of extracts had no influence in intensifing of allelochemicals effects. Fitting of three-parameter logistic model provided a successful estimation of the relationship between different levels of water extract and germination percentage. Generally, wild mustard shoot showed more inhibitory effect than the root.

Key words: Allelopathy; Germination; Water extract; Wheat; Wild mustard

1: Ph.D Candidate of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan,

2,3:Faculty members, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

*Corresponding author: hosinrezvani@yahoo.com