پژوهش‌های بذر ایران/ سال هفتم/ شماره دوم/ ۱۳۹۹/ صفحات: ۶۹-۵۵

مقاله پژوهشی

شناسایی ترکیب اسیدهای فنولیک در ارقام گندم و ارزیابی توان دگرآسیبی آن‌ها بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)

حسین رضوانی [۱،*]، سید فاضل فاضلی کاخکی [۲]

چکیده مبسوط

مقدمه: استفاده از مواد دگرآسیب یا ترشحات گیاهی که دارای پتانسیل بازدارندگی در برابر علف‌های‌هرز باشد یکی از روش‌های زیستی مهار علف‌های هرز است. مطالعات دگرآسیبی گندم شامل بررسی دگرآسیبی گندم در مقابل دیگر گیاهان زراعی، علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، جداسازی و شناسایی ترکیبات دگرآسیب، اثرات سمیت گندم روی خود گیاه و مدیریت بقایای گندم می‌باشد. علف هرز خردل وحشی (***Sinapis arvensis***) از علف‌های هرز مشکل‌ساز در کشور و به‌ویژه استان گلستان می‌باشند. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل دگرآسیبی چهار رقم گندم به‌منظور استفاده از آن ارقام در سامانه مدیریت تلفیقی کاهش علف هرز خردل وحشی اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان انجام شد. تیمارها شامل غلظت‌های ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی چهار رقم گندم (مروارید، مغان، تجن و آرتا) به همراه تیمار پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با سطوح غلظت‌های ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد بود. به‌منظور ارزیابی پتانسیل دگرآسیبی اندام‌های ارقام گندم در کاهش درصد جوانه‌زنی خردل وحشی، از مدل لجستیک سه پارامتری و برای تعیین نوع ترکیبات اسیدهای فنلی در عصاره ارقام گندم از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد.

یافته‌ها: عصاره اندام هوایی کلیه ارقام گندم در مقایسه با شاهد باعث کاهش طول ریشه‌چه خردل وحشی شد. ارقام مورد مطالعه گندم طول ساقه‌چه خردل وحشی را بین ۲۸ تا ۵۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش دادند. بیشترین کاهش طول ساقه‌چه از عصاره اندام هوایی رقم مروارید به دست آمد. افزایش غلظت عصاره اندام هوایی رقم آرتا به ۷/۵ درصد، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه خردل وحشی به میزان ۴۷ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد کاهش داد و رقم مغان در همان غلظت ۷/۵ درصد سبب ۶۸ درصد کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ۴۱ درصد وزن خشک ساقه‌چه شد. بیش‌ترین کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه خردل وحشی مربوطه به غلظت‌های بالای عصاره اندام هوایی گندم رقم مروارید و مغان بود. همچنین مشخص شد، با افزایش غلظت پلی‌اتیلن گلایکول شاخص‌های رشد و مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر خردل وحشی کاهش یافت، ولی این کاهش معنی‌داری نبود. این موضوع مؤید آن است که پتانسیل اسمزی غلظت عصاره در تشدید اثر آللوکمیکال‌ها دخیل نبوده و احتمال اثر اسمزی ضعیف به نظر می‌رسد. در مجموع رقم مروارید با ۲۵/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم محتوای اسید فنولیک بیشترین غلظت اسید فنولیک را داشت که این مقدار تقریباً سه برابر رقم تجن، ۱/۵ برابر رقم مغان و سه برابر رقم آرتا بود. رقم مروارید از نظر میزان اسید وانیلیک و اسید فرولیک غلظت بالاتری از سه رقم دیگر داشت. در مجموع در میان ارقام مورد مطالعه کمترین اثر دگرآسیبی در رقم تجن و بیشترین در رقم مروارید مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: از بین ارقام بررسی شده بیشترین بازدارندگی مربوط به رقم مروارید بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان بازدارندگی مربوط به عصاره اندام هوایی است که میزان بازدارندگی عصاره ریشه در برابر صفات مورد بررسی کمتر از اندام هوایی بود. به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که برخی ارقام گندم مانند رقم‌های مروارید پتانسیل بازدارندگی بیشتری در برابر علف هرز خردل وحشی دارند که این موضوع می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور ایجاد ارقام با پتانسیل دگرآسیبی بالا مورد استفاده قرار گیرد. آگاهی از این موضوع به‌ویژه در مدیریت پایدار علف‌های هرز اهمیت زیادی دارد. لذا شایسته است بررسی‌های جامعی روی پتانسیل دگرآسیبی 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 محیط‌زیست، ایمن و قابل‌تجزیه از نظر زیستی فراهم گردد.

واژه‌های کلیدی: اسید فرولیک، اسید وانیلیک، طول ساقه‌چه، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، وزن خشک گیاهچه

جنبه‌های نوآوری:

۱- توان دگرآسیبی ارقام گندم بر جوانه‌زنی بذر خردل وحشی بررسی شد.

۲- از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در تشخیص مواد بازدارنده و دگر آسیب ارقام گندم استفاده گردید.

۳- مهار زیستی علف هرز خردل وحشی بررسی شد.

[۱] استادیار آموزشی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[۲] استادیار آموزشی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

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

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1399.7.2.5.4

DOI: 10.29252/yujs.7.2.55

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰)

مقدمه

استان گلستان با وسعت ۲/۱ میلیون هکتار قطب مهم تولید بسیاری از محصولات راهبردی از جمله گندم می‌باشد. سطح زیر کشت گندم حدود ۴۰۰ هزار هکتار می‌باشد و میانگین برداشت گندم در این استان یک میلیون تن است که از این نظر رتبه سوم تولید را در کشور دارا می‌باشد. از میان ارقام زیادی که در استان کشت می‌گردند رقم‌های مروارید و مغان به دلیل داشتن ارتفاع بیشتر و دارا بودن پنجه بارور بیشتر و در نهایت عملکرد دانه بیشتر، کشت آن‌ها در استان متداول می‌باشد (راحمی[1] و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از دلایل عمده کاهش محصول در گیاهان زراعی هجوم علف هرز است. خسارت علف‌های‌هرز به کلیه محصولات کشاورزی حدود ۵۰ درصد تولید جهانی محاسبه شده است (فائو[2]، ۲۰۱۰). مدیریت کنترل علف‌های‌هرز از برنامه‌های به زراعی است که در افزایش عملکرد گیاهان زراعی نقش بسزایی دارد. چالش‌هایی که در روش‌های مرسوم مهار علف‌های‌هرز وجود دارد، استفاده از روش‌هایی جایگزین برای مهار علف‌های‌هرز را ناگزیر ساخته است. هزینه‌های اکولوژیکی روش‌های شیمیایی، ما را ناگزیر به استفاده از روش‌های دیگری مانند استفاده از دگرآسیبی در مدیریت علف‌های‌هرز کرده است (جبران[3] و همکاران، ۲۰۱۵). آللوپاتی معمولاً با برهمکنش بین گیاهان زنده همراه است و برای قرن‌ها در زمین‌های کشاورزی دیده شده است. با توجه به اهمیت سلامت عمومی و حفاظت محیط‌زیست، راه‌هایی برای کاهش مصرف علف‌کش‌ها و استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط‌زیست و ایمن موضوع اصلی پیشروی پژوهش‌گران علف‌های هرز بوده است. استفاده از بقایای گیاهان دگرآسیب و عصاره‌های آنان و هم‌چنین تولید گیاهان زراعی واجد خصوصیات دگرآسیبی از طریق فن نباتات از روش‌های نوین در مدیریت علف‌های‌هرز است (مین باشی[4] و همکاران، ۲۰۱۱).

مهار زیستی علف‌های‌هرز بدون استفاده از ترکیبات شیمیایی علف‌کش برای مدت‌ها است که مورد توجه متخصصان علف‌های هرز و گیاهان زراعی قرار گرفته است. دگرآسیب‌رسان‌های شیمیایی معمولاً به‌عنوان تولیدات ثانویه یا در مسیرهای اصلی متابولیسم در گیاهان تولید می‌شوند. این مواد به‌صورت محلول، در اثر شستشو از گیاه، ترشحات ریشه‌ای، به‌صورت گاز از سطح گیاه و تجزیه بقایای باقی‌مانده در سطح خاک در محیط آزاد می‌گردند (تیگر[5] و همکاران، ۲۰۱۲). مواد دگرآسیب از اندام‌های گیاه به روش‌های متفاوتی آزاد می‌شوند، که مهم‌ترین این روش‌ها، آبشویی و تجزیه بقایای گیاهی می‌باشد (لی تی[6] و همکاران، ۲۰۱۴؛ آنت[7] و همکاران، ۲۰۱۴، یوانگ[8] و همکاران، ۲۰۱۴).

گندم از مهم‌ترین گیاهان زراعی تأمین کننده غذای انسان است و مهار علف‌های‌هرز گندم بخش قابل توجهی از فعالیت‌های تولیدی آن را شامل می‌شود. مطالعات دگرآسیبی گندم شامل بررسی دگرآسیبی گندم در مقابل دیگر گیاهان زراعی، علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها، جداسازی و شناسایی ترکیبات دگرآسیب‌رسان، اثرات سمیت گندم روی خود گیاه[9] مدیریت بقایای گندم می‌باشد (وو[10] و همکاران، ۲۰۰۳). مقایسه و جداسازی ارقام گندم برای پتانسیل دگرآسیبی متفاوت به‌منظور استفاده از آن در مدیریت علف‌های‌هرز از جمله زمینه‌های مطالعه دگرآسیبی گندم است. مشاهده شده که اختلاف ژنتیکی قابل‌توجهی از نظر پتانسیل دگرآسیبی بین ارقام گندم وجود دارد (زو[11] و همکاران، ۲۰۰۷). گندم به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان یک گیاه پوششی برای کنترل علف‌های‌هرز در سامانه‌های زراعی مختلف استفاده شده است (هوانگ[12] و همکاران، ۲۰۰۵). زنگ[13] و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که بقایای گیاهی باقی‌مانده روی سطح زمین برای ۳۰ تا ۶۰ روز پس از خشک‌شدن گیاه پوششی تا ۹۵ درصد علف‌های هرز را مهار می‌کنند. مشاهده شده است که عصاره آبی بقایای گندم برای تعدادی از

[1] Rahemi
[2] FAO
[3] Jabran
[4] Min Bashi
[5] Tigre
[6] Le Thi
[7] Annett
[8] Young
[9] Autotoxicity
[10] Wu
[11] Zuo
[12] Huang
[13] Zeng

علف‌های‌هرز خاصیت دگرآسیبی داشته و به‌طور قابل‌توجهی ظهور و رشد علف‌های هرز را کاهش می‌دهد. تحت شرایط آزمایشگاهی عصاره آبی حاصل از بقایای گندم برای طیف وسیعی از گونه‌های علف‌هرز خاصیت دگرآسیبی داشت (وو و همکاران، ۲۰۰۳). علاوه بر این ریزوی[1] و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده کردند که ترکیبات دگرآسیب متفاوتی در ارقام مختلف گندم وجود دارد. مطالعات نشان داد که عصاره آبی گیاهچه‌ها و بقایای گندم بر رشد تعدادی از علف‌های‌هرز اثر دگرآسیبی دارند (وو و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین طی سال‌های گذشته با توسعه سریع مفاهیم و روش‌های کشاورزی حفاظتی که در آن معمولاً بقایای گندم به‌جای از بین بردن، حفظ می‌شوند، باعث انجام مطالعات زیادی روی دگرآسیبی بقایای گندم شده است. مشاهده شده است که عصاره آبی بقایای گندم برای تعدادی از علف‌های هرز خاصیت دگرآسیبی داشته و به‌طور قابل توجهی ظهور و رشد علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهد. زو و همکاران (۲۰۰۷) پتانسیل ژنتیکی دگرآسیبی در ۱۵ رقم گندم مورد کشت در مناطق خشک چین را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که اختلاف ژنتیکی معنی‌داری بین ارقام مختلف از نظر دگرآسیبی وجود داشت.

علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) از علف‌های‌هرز مشکل‌ساز مزارع کلزا و گندم در کشور و به‌ویژه استان گلستان می‌باشند که مهار شیمیایی آن در برخی شرایط به دلیل نبود علف‌کش‌های انتخابی مناسب یا نژادهای مقاوم به علف‌کش با مشکل مواجه می‌شود. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی پتانسیل دگرآسیبی چهار رقم گندم به‌منظور استفاده از آن ارقام در سامانه مدیریت تلفیقی علف‌هرز خردل وحشی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در محیط پتری به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه فیزیولوژی مرکز تحقیقات کشاورزی گلستان انجام شد. تیمارها شامل غلظت‌های ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی چهار رقم گندم (مروارید، مغان، تجن و آرتا) که پتانسیل اسمزی آن‌ها به‌ترتیب معادل ۰/۱۳-، ۰/۳- و ۰/۵۴- بار می‌باشند به همراه تیمار پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ با سطوح غلظت‌های معادل عصاره به میزان ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد بود. اندام‌های چهار رقم گندم از مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان با موقعیت جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی در اوایل فروردین سال ۱۳۹۵ در مرحله گل‌دهی جمع‌آوری و با آب فراوان شسته شده و سپس اندام هوایی و زیرزمینی از یکدیگر جدا گردید. اندام‌های تفکیک شده چهار رقم گندم به دور از نور خورشید و در دمای اتاق خشک شد و سپس توسط آسیاب برقی پودر گردید. برای تهیه محلول ۱۰۰ درصد، ۱۰ گرم از پودر مذکور در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ریخته و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار داده شد و پس از عبور از کاغذ صافی محلول‌های با غلظت موردنظر تهیه گردید (کسرس[2]، ۲۰۰۰). محیط کشت در این آزمایش ظروف پتری به قطر ۹ سانتی‌متر بود که در کف آن‌ها یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک استریل شده قرار گرفت. بذرهای خردل وحشی از مزارع ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و مزارع اطراف آن تهیه گردیدند. بذرها جهت ضدعفونی به مدت ۳۰ ثانیه در محلول هیپوکلریت ۱۰ درصد غوطه‌ور و بلافاصله با آب مقطر شستشو شدند (قربانلی[3] و همکاران، ۲۰۰۸). سپس در هر ظرف و در هر تکرار تعداد ۲۵ عدد بذر سالم ضدعفونی شده خردل وحشی شمارش قرار گرفت و به هر یک از آن‌ها ۶ میلی‌لیتر عصاره آبی تهیه شده از اندام‌های چهار رقم گندم اضافه شد. سپس مجموع آن‌ها به اتاقک رشد با رطوبت نسبی ۶۰ درصد و درجه حرارت ۲۰/۲۵°C (روز/شب) و با تناوب نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شد (کادهو و راجیندر[4]، ۱۹۹۵). ۱۹۹۵). شمارش بذرهای جوانه‌زده خردل وحشی

[1] Rizvi

[2] Caceres
[3] Ghorbanli
[4] Cadho and Rajender

به‌منظور تعیین سرعت جوانه‌زنی به‌صورت روزانه انجام گردید. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه ۲ میلی‌متری از بذر بود (ایستا[1]، ۲۰۰۵). شمارش تا زمانی که تعداد بذرهای جوانه‌زده در دو روز متوالی در هر نمونه ثابت ماند، ادامه یافت. برای اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد [هارتمن[2] و همکاران، ۱۹۹۰].

رابطه ۱: $$GR_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

که در آن GR_s سرعت جوانه‌زنی و S_i تعداد بذر جوانه‌زده در شمارش i ام و D_i تعداد روز تا شمارش i آم می‌باشد. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی بذور توسط برنامه Germin محاسبه شد (سلطانی[3] و همکاران، ۲۰۰۶). به‌منظور ارزیابی پتانسیل دگرآسیبی اندام‌های ارقام گندم در کاهش درصد جوانه‌زنی خردل وحشی، از مدل لجستیک سه پارامتری استفاده شد (رابطه ۲).

رابطه ۲: $$Y=a/[1+(X/X_{50})^b]$$

که در آن Y درصد جوانه‌زنی، x غلظت عصاره آبی، 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 (چوهان[4] و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین برای تفکیک اثرات پتانسیل اسمزی غلظت‌های مختلف عصاره آبی ارقام گندم از اثرات مواد آللوکمیکال از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ به روش (رابطه ۳) میشل استفاده شد (میشل و کافمن[5]، ۱۹۷۳).

رابطه ۳:
$$\Psi s = -(1.18\times10^{-2})\, C - (1.18\times10^{-4})\, C^2 + (2.67\times10^{-4})\, CT + (8.39\times10^{-7})\, C^2\, T$$

در این رابطه φ_s پتانسیل اسمزی بر حسب بار، c مقدار پلی‌اتیلن گلایکول بر حسب گرم بر لیتر و T دما بر حسب درجه سلسیوس می‌باشند. در پایان آزمایش با استفاده از ده نمونه تصادفی از هر تیمار پس از ۱۰ روز وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه اندازه‌گیری شد.

شناسایی آللوکمیکال‌ها با استفاده ازدستگاه HPLC:

به‌منظور شناسایی ترکیبات اسیدهای فنلی موجود در عصاره ارقام گندم از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) استفاده شد (چوانگ[6] و همکاران، ۲۰۰۶). برای این منظور جهت آماده‌سازی نمونه، یک گرم اندام هوایی و ریشه پودر شده با دقت یک‌هزارم توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه (۱:۱۰) در هاون سرد همگن شد و به مدت ۱۰ دقیقه در التراسوند قرار داده شد (لوله محتوی محلول کاملاً به‌وسیله فویل آلومینیومی در برابر نور محافظت شد) و به مدت ۱۲ ساعت روی شیکر قرار گرفت، سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور سانتریفیوژ شد. بخش فوقانی محلول بعد از گذشتن از فیلتر سرنگی، به ظروف مخصوص HPLC منتقل شد و آماده تزریق به دستگاه HPLC (مدل مرک- هیتاچی آل- ۷۱۰۰، با ستون هیتاچی آل- ۲۳۰۰) شد. نوع ستون نیز آر پی- ۱۸ با ابعاد ۴/۶ ×۲۵۰ میلی‌متر و اندازه ذرات ۵ میکرومتر بود. فاز متحرک شامل یک میلی‌لیتر اسید استیک، ۶۴ میلی‌لیتر آب مقطر دی یونیزه شده و ۳۵ میلی‌لیتر متانول با سرعت جریان یک میلی‌لیتر در دقیقه و دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در طول موج ۲۸۵ نانومتر بود. با مقایسه زمان تأخیر (مدت زمانی که طول می‌کشد تا ترکیب موردنظر از ستون خارج شود)، و سطح زیر منحنی نمونه با نمونه‌های استاندارد، میزان اسید فنلی تعیین و در نهایت بر اساس میلی‌گرم بر لیتر بیان گردید. به‌منظور رسم منحنی‌های استاندارد از استانداردهای اسیدهای فنلی در غلظت‌های متفاوت تهیه شد، سپس با تزریق ۲۰ میکرو لیتر از هر نمونه سطح زیر نمونه‌ها محاسبه شد (چوانگ و همکاران، ۲۰۰۶). هر یک از استانداردهای فوق سه بار به دستگاه تزریق شد تا از کالیبره بودن دستگاه اطمینان حاصل گردد. سپس با استفاده از مساحت سطح زیر منحنی هر یک از استانداردها نمودار کالیبراسیون مرتبط رسم و معادله خط به‌دست آمد. تجزیه آماری داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

[1] International Seed Test Association (ISTA)
[2] Hartmann
[3] Soltani
[4] Chauhan
[5] Michel and Kaufmann
[6] Chung

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی ارقام گندم و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و مؤلفه‌های جوانه‌زنی خردل وحشی داشتند. همچنین 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 به نظر می‌رسد.

اثر عصاره اندام هوایی ارقام گندم

طول ریشه‌چه

طول ریشه‌چه خردل وحشی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، غلظت عصاره اندام هوایی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). بین ارقام مختلف تفاوت قابل‌توجهی از نظر تأثیر بر طول ریشه‌چه وجود داشت (جدول ۳). عصاره اندام هوایی کلیه ارقام در مقایسه با شاهد باعث کاهش طول ریشه‌چه خردل وحشی شد. بیشترین کاهش طول ریشه‌چه خردل وحشی مربوط به رقم مغان و کمترین آن مربوط به رقم آرتا بود. نتایج به دست آمده با مشاهدات تاوا و ترک[1] (۲۰۰۳) روی جو همخوانی دارد.

طول ساقه‌چه

طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی و اثر متقابل آن قرار گرفت (جدول ۱). ارقام مورد مطالعه گندم طول ساقه‌چه خردل وحشی را بین ۲۸ تا ۵۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش دادند. بیشترین کاهش طول ساقه‌چه خردل از عصاره اندام هوایی رقم مروارید و کمترین آن از رقم تجن حاصل شد (جدول ۲).

وزن خشک ریشه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عصاره اندام هوایی ارقام گندم موجب کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه خردل وحشی شد و بین ارقام در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). در میان ارقام مورد مطالعه با افزایش غلظت عصاره اندام هوایی رقم آرتا به ۷/۵، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه خردل وحشی به میزان ۴۷ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و رقم مغان در همان غلظت ۷/۵ درصد سبب ۶۸ درصد کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ۴۱ درصد وزن خشک ساقه‌چه گردید (جدول ۳). تاوا و ترک (۲۰۰۳) گزارش کرد که وزن خشک تاج‌خروس تیمار شده با عصاره گندم، ۷۲ درصد کاهش یافت که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

اثر عصاره ریشه ارقام گندم

طول ریشه‌چه

اثر رقم، غلظت عصاره اندام زیرزمینی و اثر متقابل آن‌ها بر طول ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کلیه ارقام در مقایسه با شاهد باعث کاهش طول ریشه‌چه شد (جدول ۲). میزان کاهش طول ریشه‌چه برای ارقام مختلف بین ۳۱ تا ۶۹ درصد متفاوت بود. ارقام مغان و مروارید با ۶۷ و ۶۹ درصد کاهش در مقایسه با شاهد بیشترین کاهش را نشان دادند. هم‌چنین ارقام تجن و آرتا با ۳۳ و ۳۱ درصد کاهش در طول ریشه‌چه خردل وحشی کمترین بازدارندگی طول ریشه‌چه را موجب شد.

طول ساقه‌چه

طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، غلظت‌های مختلف عصاره اندام زیرزمینی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). ارقام مورد آزمایش طول ساقه‌چه را بین ۳۵ تا ۵۷ درصد در مقایسه با شاهد کاهش دادند (جدول ۲). بیشترین کاهش طول ساقه‌چه خردل وحشی از عصاره اندام زیرزمینی رقم مروارید و کمترین آن از عصاره رقم تجن به دست آمد. نتایج این آزمایش با نتایج برنجی[2] و همکاران در برنج (۲۰۰۸) و تاوا و ترکروی جو (۲۰۰۳) که بیانگر توانایی بازدارندگی ارقام مختلف زراعی دارای توانایی دگرآسیبی متفاوت بر رشد ساقه‌چه هستند، هماهنگی دارد.

[1] Tawaha and Turk

[2] Berenji

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم، اندام و غلظت عصاره آبی اندام‌های مختلف ارقام گندم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خردل وحشی

Table 1. Results of analysis of variance (mean squares) effect of cultivar, organ and water extract concentration of different organs of wheat cultivars on germination and growth of wild mustard seedling

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی Time to 50% maximum germination	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight of radicle	وزن خشک ساقه چه Seedling dry weight
A: رقم (Cultivar)	3	321**	2.31**	352**	30.7**	10.3**	0.00005**	0.00001**
B: اندام (Organ)	1	114**	1.12**	219**	205**	101**	0.0023**	0.0002**
C: غلظت (Concentration)	3	32296**	23.1**	1481**	53.2**	25.2**	0.0001**	0.0003**
A × B	3	32.1 **	0.065**	24.0**	2.37**	0.316**	0.000006**	0.00001**
A × C	9	44.7**	0.107**	76.0**	1.01**	0.060**	0.00001**	0.00003**
B × C	3	28.7**	0.012**	53.2**	22.1**	4.69**	0.00001**	0.002**
A × B × C	9	27.0**	0.110**	8.85**	0.014**	0.004**	0.00003	0.0001*
خطا (Error)	56	73.2	1.08	124.1	7.87	3.68	0.000001	0.0000015
درصد ضریب تغییرات (CV%)	-	4.23	3.25	5.36	3.56	4.83	4.20	1.15

**،*: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **are significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه خردل وحشی

Table 2. Results of analysis of variance (mean squares) of the effect different concentration of PEG 6000 on germination and growth of wild mustard seedling

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی Time to 50% maximum germination	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Shoot length	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight of radicle	وزن خشک ساقه چه Seedling dry weight
A: رقم (Cultivar)	3	0.0002**	0.0001**	0.00005**	10.3**	9.07**	32.7**	19.4**
B: غلظتPEG (Concentration)	3	0.036 ns	2.18 ns	0.0003 ns	0.416 ns	0.164 ns	0.190 ns	0.050 ns
A × B	9	0.041 ns	3.18 ns	0.002 ns	5.38 ns	0.003 ns	0.100 ns	0.170 ns
خطا (Error)	16	0.0002	0.0002	1.52	1.96	1.10	0.210	0.060
درصد ضریب تغییرات (CV%)	-	5.94	3.04	9.81	11.6	6.12	6.30	8.12

ns and **: are non significant and significant in 1% probability levels, respectively

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره اندام زیرزمینی ارقام گندم بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه خردل وحشی

Table 3. Means comparison of theallelopathic effect of different concentrations of underground organles extract of wheat cultivars on germination components and growth indices of wild mustard seedling

ارقام Cultivar	غلظت عصاره (درصد) Concentration extract (%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)	زمان رسیدن به حداکثر ۵۰٪ جوانه‌زنی (ساعت) Time to 50% maximum germination (h)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Dry weight of radicle (g)	وزن خشک ساقه چه (گرم) Seedling dry weight (g)
مروارید Morvarid	0	95 a	6.32 a	52.1 c	6.41 a	7.06 a	0.024 a	0.041 a
	2.5	88 ab	5.78 ab	65.6 bc	5.91 ab	6.31 ab	0.021 ab	0.039 ab
	5	68 b	4.23 b	74.4 b	3.83 b	4.30 b	0.014 b	0.027 b
	7.5	55 c	1.49 c	79.1 c	2.12 c	2.11 a	0.011 c	0.015 c
مغان Moghan	0	93 a	6.00 a	51.5 c	6.10 a	6.39 a	0.021 a	0.039 a
	2.5	86 ab	5.39 a	54.4 c	5.12 a	5.40 a	0.019 ab	0.032 ab
	5	65 b	3.53 b	69.1 b	3.10 b	3.97 b	0.012 b	0.026 b
	7.5	53 c	1.73 c	71.6 b	2.30 c	1.98 c	0.010 c	0.002 c
آرتا Arta	0	93 a	5.33 ab	54.1 c	5.93 a	6.79 a	0.013 a	0.035 a
	2.5	89 a	6.64 a	59.2 c	4.98 a	5.11 ab	0.011 ab	0.021 a
	5	60 b	4.31 b	62.2 b	1.88 b	2.84 b	0.009 b	0.001 c
	7.5	45 c	1.52 c	65.1 a	0.930 c	1.73 a	0.004 c	0.008 b
تجن Tajan	0	92 a	6.33 a	53.1 c	5.30 a	6.13 a	0.019 a	0.023 a
	2.5	88 ab	5.79 ab	56.2 c	4.87 a	5.22 ab	0.015 ab	0.021 a
	5	62 c	3.11 b	70.2 b	1.86 b	2.83 b	0.007 b	0.008 b
	7.5	43 d	1.15 c	63.7 a	0.790 c	1.81 c	0.003 c	0.006 c

*: میانگین‌های هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

*: The means in each group and in each column that have at least one common letter do not have a statistical difference at the 5% probability levels based on the LSD test.

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

نتایج نشان داد که اثر عصاره اندام هوایی ارقام گندم اثر بازدارندگی بیشتری از عصاره اندام زیرزمینی بر وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه داشت (جداول ۱ و ۲). علت بیشتر بودن اثر بازدارندگی عصاره اندام هوایی ارقام گندم مورد مطالعه نسبت به عصاره اندام زیرزمینی به دلیل بیشتر بودن غلظت فنولیک اسیدهای عصاره این اندام‌ها می‌باشد (جداول ۵ و ۶).

اثر عصاره اندام هوایی و زیرزمینی ارقام گندم بر درصد جوانه‌زنی خردل وحشی

اثر عصاره اندام هوایی ارقام گندم بر درصد جوانه‌زنی خردل وحشی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که بین ارقام مختلف از نظر تأثیر بر درصد جوانه‌زنی اختلاف قابل‌توجهی وجود داشت (جدول ۱)، به‌طوری که ارقام رقیب گندم (مغان و مروارید) بیشترین تأثیرپذیری و ارقام غیر رقیب (تجن و آرتا)، کمترین تأثیرپذیری را بر درصد جوانه‌زنی علف هرز خردل وحشی نشان داد. با افزایش غلظت عصاره اندام هوایی درصد جوانه‌زنی خردل وحشی در ارقام مختلف کاهش یافت (جدول ۳ و شکل ۱). به‌طوری که جوانه‌زنی خردل وحشی در بیش‌ترین غلظت عصاره ارقام رقیب ۴۷ درصد و ارقام غیر رقیب ۶۷ درصد در مقایسه با شاهد آب مقطر کاهش یافت. در میان ارقام مورد مطالعه کمترین اثر دگرآسیبی در رقم تجن و بیشترین اثر دگرآسیبی در رقم مروارید مشاهده گردید. همچنین تأثیر عصاره اندام زیرزمینی ارقام گندم بر درصد جوانه‌زنی خردل وحشی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی از ۳۱ درصد در رقم تجن تا ۵۳ درصد در رقم مروارید متفاوت بود. وو و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی پتانسیل دگرآسیبی ارقام گندم بر روی چچم مشاهده کردند که

عصاره اندام زیرزمینی گندم باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی علف‌هرز چچم گردید. چونگ و همکاران (۲۰۰۶) نیز اختلاف بین ارقام یونجه از نظر توانایی تولید مواد دگرآسیب و تأثیر بر جلوگیری از رشد گیاهان هم‌جوار یا در تناوب را گزارش کردند.

نتایج حاصل از مدل لجستیک سه پارامتری

با توجه به اهمیت درصد نهایی جوانه‌زنی، تأثیرپذیری این صفت از طریق مدل لجستیک سه پارامتری (معادله ۲) بررسی شد. بر اساس ضرایب جدول ۵ و ۶ بیشتر بودن این شیب نشانگر پاسخ شدیدتر جوانه‌زنی خردل وحشی به سطوح مختلف عصاره آبی ارقام گندم بوده و به‌نوعی نمایانگر حساسیت بیشتر به مواد دگرآسیب‌رسان شیمیایی است. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی خردل وحشی در هنگام رویارویی بذرها با مواد دگرآسیبی ارقام گندم افزایش یافت. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی خردل وحشی در غلظت ۵۰ درصد عصاره اندام زیرزمینی ارقام آرتا، تجن، مغان و مروارید به ترتیب ۶۴، ۶۲، ۷۱ و ۷۴ ساعت بود (جدول ۵). اما در شرایط استفاده از عصاره اندام هوایی ارقام گندم زمان رسیدن تا ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی به ترتیب در ارقام فوق ۷۰، ۷۱، ۸۲ و ۸۴ ساعت برآورد گردید (جدول ۶). این شاخص که با سرعت جوانه‌زنی بذر نسبت عکس دارد، حاکی از کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی بذرها خردل وحشی در رویاروی با غلظت ۵۰ درصد عصاره آبی اندام‌های زیرزمینی و هوایی ارقام مورد مطالعه گندم بود.

نتایج حاصل از کروماتوگرافی مایع (HPLC)

بعد از بهینه‌سازی و تعیین بهترین وضعیت و حالت برای کروماتوگرافی، مقادیر مختلفی از استانداردهای تهیه شده از هر اسید فنولیک برای کالیبره شدن منحنی‌های خروجی، به دستگاه تزریق گردید. شناسایی اسیدهای فنولیک بر اساس زمان جذب در ستون‌ها انجام شد و بر اساس آن بازداری هیدروکسی اسید بنزوئیک در دقیقه ۵/۴۰، بازداری اسید وانیلیک در دقیقه ۶/۱۲، بازداری اسید پی کوماریک در دقیقه ۱۲/۴۵ و بازداری اسید فرولیک در دقیقه ۱۸/۵۵ نمایش داده شد (جدول ۷). با توجه به نتایج مندرج در جدول (۸)، رقم تجن از نظر غلظت اسید پی‌کوماریک (۳/۴۰ میلی‌گرم) در عصاره اندام هوایی بالاتر از بقیه ارقام بود و رقم مغان از نظر غلظت پی- هیدروکسی اسید بنزوئیک و رقم آرتا از نظر اسید فرولیک بیشتر از ارقام مورد مطالعه بودند.

در حالی که رقم مروارید از نظر میزان اسید وانیلیک و اسید فرولیک غلظت بالاتری از سه رقم دیگر داشت. علاوه بر این در عصاره اندام هوایی ارقام مغان، تجن، و آرتا اسید فرولیک مشاهده نگردید. همچنین با توجه به نتایج مندرج در جدول (۹)، در عصاره ریشه نیز رقم مغان از نظر میزان پی هیدروکسی بنزوئیک اسید و رقم مروارید از نظر میزان اسید وانیلیک، و ارقام آرتا و تجن از نظر میزان اسید پی‌کوماریک و اسید فرولیک غلظت بیش‌تری از سه رقم دیگر داشتند.

در مجموع، رقم مروارید با ۲۵/۳۴ میلی‌گرم محتوای اسید فنولیک بیشترین غلظت اسید فنولیک را داشت که این مقدار تقریباً سه برابر رقم تجن، ۱/۵ برابر رقم مغان و سه برابر رقم آرتا بود. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بین ارقام مختلف گندم از نظر پتانسیل بازدارندگی دگرآسیبی اختلاف قابل‌توجهی وجود دارد، به‌طوری‌که برخی ارقام به میزان قابل‌توجهی جوانه‌زنی و رشد علف هرز خردل وحشی را کاهش دادند.

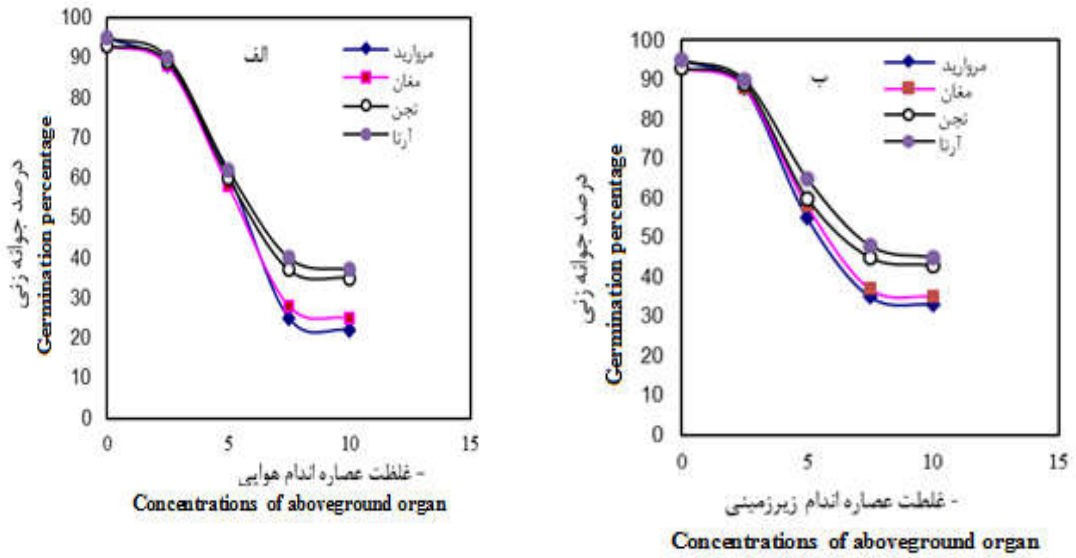
جدول ۴. مقایسه میانگین اثر دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره اندام هوایی ارقام گندم بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه خردل وحشی

Table 4. Means Comparison of allelopathic effect of different concentrations of wild mustard extract on germination components and seedling growth indices of wheat cultivars

ارقام Cultivar	غلظت عصاره (درصد) Concentration extract (%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)	زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر جوانه‌زنی (ساعت) Time to 50% maximum germination (h)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Dry weight of radicle (g)	وزن خشک ساقه چه (گرم) Seedling dry weight (g)
مروارید Morvarid	0	95.0 a	8.52 a	59.1 c	4.18 a	5.02 a	0.013 a	0.026 a
	2.5	88.6 b	7.88 ab	62.2 c	3.69 ab	3.98 ab	0.019 ab	0.031 ab
	5	68.5 b	5.23 b	82.2 b	2.12 b	1.03 b	0.015 b	0.023 b
	7.5	48.4 c	3.63 c	87.6 a	1.18 c	0.550 c	0.010 c	0.014 c
مغان Moghan	0	93.4 a	8.00 a	60.2 c	6.89 a	4.92 a	0.022 a	0.036 a
	2.5	87.7 a	7.63 c	63.4 c	6.95 ab	2.12 ab	0.020 ab	0.032 ab
	5	68.9 b	4.83 b	84.8 b	2.41 b	1.16 b	0.012 b	0.017 b
	7.5	45.6 c	2.86 c	86.5 a	0.910 c	0.350 c	0.010 c	0.013 c
آرتا Arta	0	91.5 a	7.25 a	61.5 c	5.78 a	4.89 a	0.016 a	0.027 a
	2.5	81.0 ab	6.76 ab	64.2 c	4.11 ab	2.13 ab	0.013 ab	0.025 ab
	5	52.3 b	4.32 b	70.0 b	4.43 b	0.740 b	0.004 b	0.009 b
	7.5	35.1 c	2.55 c	73.6 a	0.520 c	0.620 c	0.001 c	0.004c
تجن Tajan	0	91.5 a	7.36 a	63.1 c	4.71 a	4.18 a	0.017 a	0.031 a
	2.5	78.4 ab	6.82 ab	65.2 c	3.21 ab	3.94 ab	0.014 ab	0.027 ab
	5	50.3 b	4.21 b	71.1 b	1.01 b	1.04 b	0.006 b	0.001 b
	7.5	37.1 c	2.18 c	75.8 a	0.480 c	0.550 c	0.002 c	0.006 b

*: میانگین‌ها در هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار هستند.

*: The means in each group and in each column that have at least one common letter do not have a statistical difference at the 5% probability levels based on the LSD test.



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

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

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

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

Cultivarرقم	[1]a±se	[2]b±se	[3]X_{50}±se	سطح احتمال Probability level	[4]R^2
Morvaridمروارید	89.53±2.15	3.33±0.044	4.24±0.128	0.0092	0.82
Moghan مغان	83.31±2.23	3.56±3.54	4.23±0.118	0.0001	0.86
Tajanتجن	80.64±3.29	5.63±0.089	5.63±0.037	0.0001	0.91
Arta آرتا	81.1±0.023	6.32±0.018	4.97±0.055	0.0001	0.93

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

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

Cultivarرقم	[1]a±se	[2]b±se	[3]X_{50}±se	سطح احتمال Probability level	[4]R^2
Morvarid مروارید	92.43±3.65	2.23±0.0218	4.64±0.341	0.0092	0.85
Moghan مغان	90.61±5.89	3.49±0.0424	4.49±0.213	0.0001	0.93
Tajanتجن	88.22±3.31	5.45±0.0362	5.99±0.051	0.0001	0.95
Arta آرتا	89.15±2.63	5.47±0.44	5.43±0.042	0.0001	0.91

1-a: Maximum of germination percentage; 2-b: Gradient of reduced germination in effect of increasing the concentration of the aqueous extract; 3-X50: Required concentration of the aqueous extract for 50% inhibition of germination maximum; 4- R2: Determination coefficient of the model for the aqueous extract of aboveground and underground organ of wheat cultivars.

جدول ۷. زمان جذب فنولیک اسیدهای استاندارد در دستگاه کروماتوگرافی مایع (HPLC)

Table 7. Absorption time of standard phenolic acids in liquid chromatography apparatus (HPLC)

مواد مورد تجزیه (Analytical Materials)	زمان جذب (دقیقه) Absorbtion time (min)
پی- هیدروکسی بنزوئیک اسید (p-hydroxybenzoic acid)	5.40
وانیلیک اسید (Vanilic acid)	6.12
پی کوماریک اسید (p-coumaric acid)	12.45
فرولیک اسید (Ferulic acid)	18.55

جدول ۸. غلظت هر یک از فنولیک اسیدهای عصاره اندام هوایی ارقام گندم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Table 8. Concentration of phenolic acids of shoot organ extract of wheat cultivars (mg/kg)

رقم Cultivar	پی- هیدروکسی بنزوئیک اسید P-hydroxybenzoic acid	وانیلیک اسید Vanilic acid	پی- کوماریک اسید P-coumaric acid	فرولیک اسید Ferulic acid	مجموع Total
آرتا (Arta)	3.12	7.35	2.37	ND	12.48
تجن (Tajan)	1.67	5.05	3.40	ND	8.37
مغان (Moghan)	5.63	11.18	1.65	ND	17.21
مروارید (Morvarid)	4.15	19.82	2.05	4.37	26.34

ND: شناسایی نشد (Not Identify)

جدول ۹. غلظت هر یک از فنولیک اسیدهای عصاره اندام زیرزمینی (ریشه) ارقام گندم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

Table 9. Concentration of phenolic acids of underground organlesextract (Root) of wheat cultivars (mg/kg)

رقم Cultivar	پی- هیدروکسی بنزوئیک اسید P-hydroxybenzoic acid	وانیلیک اسید Vanilic acid	پی- کوماریک اسید P-coumaric acid	فرولیک اسید Ferulic acid	مجموع Total
آرتا (Arta)	1.25	2.30	0.22	0.86	4.63
تجن (Tajan)	0.97	2.87	0.09	1.42	4.95
مغان (Moghan)	2.43	2.10	0.12	0.97	5.62
مروارید (Morvarid)	1.72	4.55	0.19	1.05	7.51

بحث

وجود تنوع از نظر بازدارندگی دگرآسیبی بین ارقام گندم در مطالعات متعدد مورد تأکید قرار گرفته است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بین ارقام مختلف گندم از نظر پتانسیل بازدارندگی دگرآسیبی اختلاف قابل‌توجهی وجود دارد، به‌طوری‌که برخی ارقام به میزان قابل‌توجهی جوانه‌زنی و رشد علف هرز خردل وحشی را کاهش دادند. از بین ارقام بررسی شده بیشترین بازدارندگی مربوط به رقم مروارید بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان بازدارندگی مربوط به عصاره اندام هوایی است که میزان بازدارندگی ریشه در برابر صفات مورد بررسی کمتر از اندام هوایی بود. در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است که غلظت بازدارنده‌ها در برگ گندم بیش از دیگر اندام‌ها است (اوسلاتی[1]، ۲۰۰۳).

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی ارقام گندم درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌گونه‌ای که در بیش‌ترین غلظت عصاره ارقام گندم، رقم مغان و مروارید بیشترین میزان تأثیرپذیری و رقم تجن و آرتا کمترین میزان تأثیرپذیری را نشان دادند. در بین صفات اندازه‌گیری شده طول ریشه‌چه خردل وحشی نسبت به طول ساقه‌چه و درصد جوانه‌زنی حساسیت بیشتری نسبت به حداکثر غلظت عصاره اندام هوایی و زیرزمینی ارقام گندم نشان داد. در مطالعات متعدد گزارش شده است که حساسیت ریشه‌چه به مواد بازدارنده بیش از ساقه‌چه یا درصد جوانه‌زنی است (وو و همکاران، ۲۰۰۷). در همین زمینه برخی از محققان پیشنهاد کردند که برای چنین مطالعاتی اندازه‌گیری طول ریشه‌چه می‌تواند شاخص بهتری نسبت به طول ساقه‌چه و درصد جوانه‌زنی باشد (ناکانو[2] و همکاران، ۲۰۰۶).

بررسی اثر دگرآسیبی سایر غلات نیز مؤید وجود تفاوت در توانایی دگرآسیبی ارقام مختلف آن‌ها است. به‌طوری که بررسی اثر دگرآسیبی ارقام مختلف برنج نشان داده است که ارقام مختلف این گیاه توانایی دگرآسیبی متفاوتی دارند. ارقام مؤثر برای یک نوع علف هرز ممکن است در مورد سایر علف‌های‌هرز مؤثر نباشند. این تفاوت ممکن است ناشی از اختلاف غلظت مواد آللوشیمیایی یا نوع مواد آن‌ها باشد (رایس[3]، ۱۹۸۴). محققان خواص دگرآسیبی گندم روی گیاهان زراعی از جمله پنبه، جو زراعی، یولاف، ذرت دانه‌ای، ذرت خوشه‌ای، شبدر، کلم، لوبیا معمولی و سایر غلات و همچنین روی علف‌های‌هرز از جمله تاج‌خروس، جو معمولی، یولاف وحشی، نیلوفر و چندین علف‌هرز دیگر گزارش کرده‌اند (سایسودیا و صیدیقی[4]، ۲۰۱۰). اثر دگرآسیبی گندم به دلیل وجود ترکیبات فنلی مختلف از جمله اسید فرولیک، اسید هیدروکسامیک، اسید وانیلیک، هیدروکسی بنزوئیک اسید، ۱ و ۲ بنزوکسازین- ۳ -وان، - اسید فرولیک و متوکسی - بنزوکسازولین -۲- وان) می‌باشد (وو و همکاران، ۲۰۰۳). فعالیت دگرآسیبی در مزرعه اغلب ناشی از عمل توأم ترکیبی از ترکیبات شیمیایی دگرآسیب می‌باشد

[1] Oueslati

[2] Nakano

[3] Rice

[4] Sisodia and Siddiqui

(نارووال[1]، ۲۰۰۴). در زمینه سازوکار عمل ترکیبات شیمیایی دگرآسیب تحقیقات کمتری صورت گرفته است و طبق تحقیقات انجام شده اسیدهای فنلی موجب کاهش هدایت آبی و جذب مواد غذایی می‌شوند (زنگ و همکاران، ۲۰۰۸). اسیدهای بنزوئیک، وانیلیک، سینامیک و فرولیک سنتز DNA و RNA و جذب فسفر را در گیاه سویا مهار می‌کنند (زو و همکاران، ۲۰۰۷). اصولاً ترکیبات دگرآسیب از طریق تداخل در فرآیندهای مهم فیزیولوژیکی مانند 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 (سایسودیا و صدیقی، ۲۰۱۰). اثر سمی اسیدهای فنلی بدون داشتن اهداف مولکولی مشخص شده است و اثرات فیزیولوژیکی حاصل از این اسیدها نسبت به سایر ترکیبات شیمیایی دگرآسیب گسترده‌تر است. برهمکنش هورمون‌های گیاهی، ساختمان غشاء و نابرابری ATPase، جذب یون، عمل روزنه‌ای و جنبه‌های تبادل آب، فتوسنتز، تنفس، نگهداری کلروفیل، الگوی جریان کربن و تعدادی از آنزیم‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند (زو و همکاران، ۲۰۱۴). فرولیک اسید از ترکیباتی است که به‌خوبی مطالعه شده و بر تمام فرآیندهای فوق‌الذکر اثر دارد. برحسب ترکیب و سنجش زیستی، سینامیک و اسید بنزوئیک با غلظت ۰/۱ تا ۱ میلی‌مول از رشد دانه زیست‌ها جلوگیری می‌کند و غلظت مؤثر آن‌ها بر گیاهان کامل هم در همان گستره قرار می‌گیرد (وو و همکاران، ۲۰۰۳). فرولیک اسید در ذرت درصد جوانه‌زنی دانه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن‌تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، فعالیت آمیلاز، مالتاز، اینورتاز، اسید فسفاتاز، پروتئتاز و پلی فنل اکسیداز را کاهش و فعالیت پراکسیداز کاتالاز و اندول استیک اکسیداز را افزایش می‌دهد. اسید فرولیک از جذب فسفات توسط ریشه‌ها جلوگیری نموده و پراکسیداسیون لیپید را افزایش می‌دهد (برتین[2] و همکاران، ۲۰۰۲).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عصاره آبی اندام‌های هوایی و زیرزمینی (ریشه) ارقام گندم بر علف هرز خردل وحشی اثر دگرآسیب داشتند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی اندام‌های ارقام مورد مطالعه گندم مؤلفه‌های جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه خردل وحشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌گونه‌ای که در بالاترین غلظت عصاره ارقام گندم، رقم مغان بیشترین میزان تأثیرپذیری و رقم آرتا کمترین میزان تأثیرپذیری را نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان بازدارندگی مربوط به عصاره اندام هوایی است که میزان بازدارندگی ریشه در برابر صفات مورد بررسی کمتر از اندام هوایی بود. در مجموع رقم مروارید با ۲۵/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم محتوای اسید فنولیک بیشترین غلظت را داشت که این مقدار تقریباً سه برابر رقم تجن، ۱/۵ برابر رقم مغان و سه برابر رقم آرتا بود. از بین ارقام بررسی شده بیشترین بازدارندگی مربوط به رقم مروارید بود.

به‌طورکلی نتایج آزمایش نشان داد که برخی ارقام گندم پتانسیل بازدارندگی بیشتری در برابر علف هرز خردل وحشی دارا می‌باشند که این موضوع می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور ایجاد ارقام با پتانسیل دگرآسیبی بالا مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی به دلیل تفاوت غلظت و نوع این ترکیبات در ارقام مختلف گندم شناسایی ارقام با خواص دگرآسیبی بیشتر و استفاده از این ارقام به‌منظور مهار علف‌های‌هرز نیازمند مطالعات بیشتر است. لذا شایسته است بررسی‌های جامعی روی پتانسیل دگرآسیبی 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 محیط‌زیست، ایمن و قابل‌تجزیه از نظر زیستی فراهم گردد. همچنین آگاهی از این موضوع به‌ویژه در مدیریت پایدار علف‌های هرز اهمیت زیادی دارد.

[1] Narwal
[2] Bertin

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

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 Interactions, 3(3): 175-180. https://doi.org/10.1080/17429140802032855

Bertin, C., Weston, L.A., Regosa, M. and Pedrol, N. 2002. Allelopathy from Molecules to Ecosystems. Science Publishers Inc. NH. USA, 12-195.

Caceres, A. 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. In Primer Congreso International FITO, 27-30.

Cadho, K.L. and Rajender, G. 1995. Advances in horticulture medicinal and aromatic plants. Medicinal and Aromatic Plants, 11: 1-43.

Chauhan, B.S., Gill, G. and Preston, C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. Weed Science, 54(5): 854-860. https://doi.org/10.1614/WS-06-047R.1

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(7): 2527-2536. https://doi.org/10.1021/jf052796x

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

Ghorbanli, M.L., Bakhshi Khaniki, Gh.R. and Sojahi, A.A. 2008. Study of allelopathic effect of Artemisia siberi on two seedlings of Avena lodoviciana and Amaranthus retrofexus. PajouheshVa-Sazandegi in Natural Resources, 79: 129-134. [In Persian with English Summary].

Hartmann, H., Kester, D. and Davis, F. 1990. Plant propagation, principle and practices. Hall Imitational Editions, 647p.

Huang, L.H., Ke, Q.M. and Lin, W.X. 2005. The theory analysis of ecological compensation mechanism. Review China Agriculture Science Technology, 7: 7-9.

International Seed Test Association (ISTA). 2005. International role for seed testing edition. Bassersdorf, Switzerland

Jabran, k., Mahajan, G., Sardana, V. and Chauhan, B.S. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. Crop Protection, 72: 57-65. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004

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

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914

Min Bashi, M., Zand, E. and Mighani, F. 2011. Non chemical management of weeds. Principals, concepts and technology (Translate). Jahad Daneshgahi of Mashhad, 334p. [In Persian].

Nakano, H., Morita, S., Shigemori, H. and Hasegawa, K. 2006. Plant growth inhibitory compounds from aqueous leachate of wheat straw. Plant Growth Regulation, 48(3): 215-219.

Narwal, S.S. 2004. Allelopathy in Crop Production. Scientific Publishers (India).

Oueslati, O. 2003. Allelopathy in two durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties. Agriculture, Ecosystems & Environment, 96: 161-163. https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00201-3

Rahemi, A., Galeshi, S., Soltani, A. and Kamkar, B. 2010. Variation of nitrogen use efficiency, grian protein concentration and yield in wheat cultivars in temperate sub humid. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 9(1), 8-15.

Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2nd (ed.) Acad. Press. Inc. Orlando. Florida, USA.

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.

Sisodia, S. and M.B. Siddiqui. 2010. Allopathic effect by aqueous extracts of different parts of *Croton bonplandianum* Baill. on some crop and weed plants. Journal of Agricultural Extension and Rural Development, 2(1): 022-028.

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 Agronomy Crop Science, 192: 379-389. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2006.00220.x

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(5): 298-303. https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00047.x

Tigre, R.C., Silva, N.H., Santos, M.G., Honda, N.K., Falcao, E.P.S. and Pereira, E.C. 2012. Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of lactuca sativa. Ecotoxicology and Environmental Safety, 84: 125-132. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.06.026

Wu, H., Partley, J., Lemerie, D., An, M. and Liu, L. 2007. Autotoxicity of wheat (*Triticum aestivum* L.) as determined by laboratory bioassays. Plant Soil, 296: 85-93. https://doi.org/10.1007/s11104-007-9292-7

Wu, H., Pratley, J., Ma, W. and Haig, T. 2003. Quantitative trait loci and molecular markers associated with wheat allelopathy. Theoretical and Applied Genetics, 107(8): 1477-1481. https://doi.org/10.1007/s00122-003-1394-x

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, 1-8. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7512-1_1

Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo, S.M. 2008. Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry, Springer Verlag, Germany, 412p. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77337-7

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

Zuo, S.P., Ma, Y.Q. and Inanaga, S. 2007. Allelopathy variation in dryland winter wheat (*Triticum aestivum* L.) accessions grown on the Loess Plateau of China for about fifty years. Genetic Resources and Crop Evolution, 54(6): 1381-1393. https://doi.org/10.1007/s10722-006-9123-3

Iranian Journal of Seed Research, 2021, 7(2): 55-69

Research Article

Quantification of Phenolic Compounds and Evaluation of Allelopathic Potential of Wheat Cultivars on Wild Mustard (*Sinapis arvensis*) Seed Germination Indices

Hossein Rezvani [1, *], Seyyed Fazel Fazeli Kakhki [2]

Extended Abstract

Introduction: One of the biological methods of weed control is the use of allelopathic substances or herbal secretions that have the potential to inhibit growth weeds. Wheat allelopathic studies include the study of wheat allelopathy against other crops, weeds, pests and diseases, isolation and identification of allelopathic compounds, the effects of wheat toxicity on self-storage and management of wheat residues. Wild mustard (*Sinapis arvensis*) is a problematic weed in the country, especially in Golestan province. The present study was conducted to investigate the allelopathic potential of four wheat cultivars to use those cultivars in integrated weed management system to reduction growth mustard weed.

Materials and methods: A factorial experiment was conducted in completely randomized design with three replications at Physiology Laboratory of Golestan Agricultural Research Center. Treatments included concentrations of 0, 2.5, 5 and 7.5% aqueous extract of aerial and underground organs of four wheat cultivars (Morvarid, Moghan, Tajan and Arta) with 6000 polyethylene glycol treatment in four concentration (zero, 2.5, 5 and 7.5 percent). Three-parameter logistic model was used to evaluate the allelopathic potential of wheat genotypes for reducing the percentage of wild mustard germination and liquid chromatography (HPLC) was used to determine the phenolic acids composition in wheat cultivar extract.

Results: Extract of shoot of all wheat cultivars reduced root length of wild mustard in comparison of control. Wheat cultivars reduced shoot length of wild mustard by 28% to 51% compared to control. The highest reduction in mustard shoot length was obtained from the Morvarid extract. Increase in shoot extract concentration of Arta to 7.5%, reduced root and shoot dry weight as 47 and 29% in compare of control treatment and Moghan cultivar in the same concentration (7.5%) caused reduction in root and shoot dry weight with 68 and 41% respectively. The highest reduction in germination indices of wild mustard was obtained from high concentrations of Morvarid and Moghan wheat extract. It was also found that with increasing concentration of polyethylene glycol (PEG) growth indices and germination components of wild mustard seed decreased, but this decrease was not significant. This confirms that the osmotic potential of the extract concentration is not involved in the exacerbation of the allelochemical effect and the likelihood of osmotic effect seems poor. In total, Morvarid cultivar with 25.34 mg phenolic acid content had the highest phenolic acid concentration, which was approximately three times more than that of Tajan, 1.5 times Moghan and three times of Arta cultivar. Morvarid cultivar had higher concentration of vanillic acid and ferulic acid than the other three cultivars. Overall, the least allelopathic effect was observed in Tajan cultivar and the most allelopathic effect was in Morvarid cultivar.

Conclusion: Among the cultivars studied, the highest inhibition was related to Morvarid cultivar. The results also showed that the highest amount of inhibition was related to shoot extract so that the root extract inhibition was less than the shoot on studied traits. In general, the results of the present study showed that some wheat cultivars have greater inhibitory potential against wild mustard weed, which can be used in breeding programs to produce cultivar with high allelopathic potential. Awareness of this issue is more important especially in sustainable weed-management. Therefore, it is suitable to perform comprehensive studies on their allelopathic potential so that they can be used in agriculture, including combating with weeds, pests and plant diseases, breeding crop and horticulture, design herbicides and pesticides that is provide environmentally friendly, safe, and biodegradable.

Keywords: High performance liquid chromatography, Phenolic acid, Seedling dry weight, Shoot length, Vanillic acid.

***Highlights*:**

1- The allelopathic potential of wheat cultivars was investigated on germination of wild mustard seeds.
2- High performance liquid chromatography was used to detect inhibitors and other allopathic substances of wheat cultivars .
3- Biological inhibition was investigation in wild mustard weed.

[1] Assistance Professor of Education of Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
[2] Assistant Professor of Education of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

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

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1399.7.2.5.4

DOI: 10.29252/yujs.7.2.55

(Received: 30.11.2019; Accepted: 09.06.2020)