

مقاله پژوهشی

## اثر بازدارندگی عصاره ریشه گیاه آلاله داسی (*Ceratocephalus falcata*) بر برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیمی بذر گندم

رحیم ترپالی<sup>۱</sup>، علی‌اصغر علیلو<sup>۲\*</sup>، منوچهر فرجامی‌نژاد<sup>۳</sup>

چکیده مبسوط

مقدمه: یکی از دلایل عمده کاهش محصول در گیاهان زراعی هجوم علف‌های هرز است. دگرآسیبی یکی از توانایی‌های علف‌های هرز است که معمولاً با اثرات بازدارندگی، بر رفتار جوامع گیاهی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین بررسی تأثیر دگرآسیبی بر گیاهان زراعی از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین استفاده از گیاهان دگرآسیب و شناسایی ترکیبات زیست‌فعال آن‌ها می‌تواند راه‌کارهای مناسبی برای مدیریت علف‌های هرز نشان دهد؛ بنابراین در این تحقیق ضمن بررسی تأثیر مواد دگرآسیب موجود در ریشه گیاه آلاله داسی روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گندم، نحوه عمل آن بر برخی از فعالیت‌های آنزیمی مطالعه و ترکیبات احتمالی شرکت‌کننده در دگرآسیبی این گیاه، شناسایی و گزارش شده است.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر گندم رقم سرداری تحت تأثیر تیمار عصاره آبی ریشه آلاله داسی در پنج سطح، شاهد (آب مقطر)، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد عصاره به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه پژوهشی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه طی سال ۱۳۹۷ انجام شد. هم‌زمان با بررسی اثر تیمار بر مجموعه صفات جوانه‌زنی و گیاهچه، تغییر در فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز، کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و فنل اکسیداز نیز در این مرحله بررسی شدند. همچنین، شناسایی ترکیبات شیمیایی عصاره متانولی ریشه توسط GC/MS انجام شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج، با افزایش غلظت عصاره ریشه آلاله داسی درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گندم به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و در غلظت بیش از ۱۵ درصد جوانه‌زنی متوقف شد. نتایج رشد گیاهچه حاکی از بازدارندگی شدید عصاره ریشه بر رشد اندام‌های ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم بود که با کاهش معنی‌دار در طول و وزن این اندام‌ها همراه شد که در نهایت قدرت گیاهچه را کاهش داد. همچنین عصاره ریشه، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز را به‌طور معنی‌دار کاهش داد ولی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در سطوح پایین عصاره افزایش و در سطوح بالاتر کاهش یافتند. در تجزیه شیمیایی، ترکیبات Dihydro-4H-Octadecatrienal, Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-Hexadecanoic acid, pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one 1(hydroxymethyl)ethyl ester و Cyclohexanone با مقادیر بالا شناسایی شدند که بازدارنده جوانه‌زنی نیز هستند.

نتیجه‌گیری: عصاره ریشه آلاله داسی اثر بازدارندگی بسیار قوی روی قوه و قدرت نامیه بذر گندم داشت. بر اساس یافته‌های پژوهش نحوه عمل ترکیبات دگرآسیب آلاله داسی از طریق القاء تنش اکسیداتیو و ممانعت از تحرک مواد اندوخته بذری در هنگام جوانه‌زنی می‌باشد. حساسیت بالای فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به مواد دگرآسیب در این آزمایش ردیابی شد. همچنین کاهش فعالیت تمامی آنزیم‌های مورد مطالعه در غلظت‌های بالا قابل توجه بود. مشتقات مربوط به اسید استئاریک و اسید پالمیتیک در حدود ۳۰ درصد ترکیبات را به خود اختصاص دادند که با احتمال بسیار قوی تداخل آنها با فعالیت آنزیم‌ها وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: آلفا آمیلاز، تنش اکسیداتیو، دگرآسیبی، قدرت بذر، متابولیت ثانویه

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- تأثیر دگرآسیبی عصاره آبی ریشه آلاله داسی بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی گندم زراعی بررسی شد.
- ۲- شناسایی ترکیبات موجود در عصاره متانولی ریشه آلاله داسی صورت گرفت.
- ۳- القاء تنش اکسیداتیو توسط ترکیبات دگرآسیب مشاهده شد.



## مقدمه

دگرآسیبی شامل هرگونه اثرات مضر یا مفید به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم است که توسط یک گیاه (به انضمام ریز موجودات زنده) روی گیاهی دیگر از طریق تولید مواد شیمیایی صورت می‌گیرد (رایس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). اخیراً فرضیه دگرآسیبی ثابت کرده است ترکیبات ثانویه در گیاهان، به‌عنوان یک ابزار دفاعی عمل کرده و گیاهان را در برابر سایر گیاهان و موجودات مهاجم اطراف محافظت می‌کنند و سبب حفظ و بقا آن‌ها می‌گردند (امینی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). این ترکیبات معمولاً دارای وزن مولکولی پایینی (کمتر از ۱۵۰ کیلو دالتون) بوده که نقش خاصی در رشد و نمو گیاه ندارند ولی برای زنده ماندن گیاه در محیط لازم هستند. ترکیبات طبیعی نسبت به ترکیبات مصنوعی، اختصاصی‌تر عمل می‌کنند. این ترکیبات را می‌توان به‌طور مستقیم به‌عنوان علف‌کش استفاده کرد چرا که تولیدات طبیعی با منشأ گیاهی، از نظر زیستی قابل تجزیه بوده و از نظر ساختاری متنوع و پیچیده می‌باشند. همچنین در ساختار این ترکیبات، برخلاف ترکیبات شیمیایی، اتم‌های هالوژنی وجود ندارند (دوک<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۰) در نتیجه نسبت به علف‌کش‌های مصنوعی موجود، اثرات مخرب کمتری دارند (ماسیاس<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). از سوی دیگر، این ترکیبات بدلیل نیمه‌عمر پایین، آلودگی کمتری در مقایسه با علف‌کش‌های شیمیایی ساخته شده ایجاد می‌کنند (کیان<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). مواد دگرآسیب‌دارای نقاط عمل جدیدی می‌باشند که از این ویژگی می‌توان برای ساخت علف‌کش‌های جدید و کنترل علف‌های هرز مقاوم شده به علف‌کش‌ها استفاده کرد.

ترکیبات دگرآسیب گیاهی، دارای توانایی بالایی در تغییر عملکرد گیاهان، میکروب‌ها و حتی جانوران هستند (واسیلاکولو<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ ساکسنا<sup>۷</sup>

همکاران، ۲۰۱۶). اثرات آنها روی گیاهان در سطوح مولکولی، ساختمانی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی، فعالیت آنزیمی و تقسیم سلولی شناخته شده است. بسیاری از ترکیبات قادر به تغییر عملکرد برخی از آنزیم‌ها هستند که در بین آنها آنزیم‌های عمل‌کننده در جوانه‌زنی نیز بشدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند (کیارستمی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین رهایی مواد دگرآسیب توسط گیاهان می‌تواند تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد سایر گیاهان همجوار داشته باشد و از این طریق رشد و تراکم آن‌ها را محدود سازد که این امر می‌تواند در مدیریت علف‌های هرز مهم تلقی شود (راشدمحصل<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

ترکیبات دگرآسیب به گروه‌های شیمیایی مختلفی از جمله تری‌کتون‌ها، تریپن‌ها، بنزوکونین‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، تریپنوئیدها، استریگولاکتون‌ها، اسیدهای فنولی، لیگنین و اسیدهای چرب تعلق دارند (لی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در بسیاری موارد، تأثیر این موارد بر روی جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های علف‌های هرز و گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گرفته است. در مورد اثر این ترکیبات بر غلات و گندم نیز نتایج حاکی از حساس بودن این گیاهان به آنها است. برای مثال، اثرات بازدارندگی گیاهان خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، رزماری (*Rosmarinus officinalis*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*)، کاکوتی (*Ziziphora cliniopodiodes*) و علف پرستو (*Cynanchum acutum*) روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام مختلف گندم گزارش شده است (پیرسته‌انوشه<sup>۱۱</sup> و همکاران ۲۰۱۱؛ رضوانی<sup>۱۲</sup> و همکاران ۲۰۱۴؛ رسام<sup>۱۳</sup> و همکاران ۲۰۱۵؛ رفعت جو و مدحج<sup>۱۴</sup> ۲۰۱۵؛ فرید مرندی<sup>۱۵</sup> و همکاران ۲۰۱۳). همچنین گلیکوزیدهای جداشده از باقیمانده گیاه تونق (*Xanthium strumarium*) رشد گیاهچه‌های گندم و ذرت را سرکوب می‌نماید (شجیع و

<sup>8</sup> Kiarostami

<sup>9</sup> Rashed Mohassel

<sup>10</sup> Li

<sup>11</sup> Piraste Anoshe

<sup>12</sup> Rezvani

<sup>13</sup> Rasam

<sup>14</sup> Rafatjoo and Modhej

<sup>15</sup> Farid Marandi

<sup>1</sup> Rice

<sup>2</sup> Amini

<sup>3</sup> Duke

<sup>4</sup> Macias

<sup>5</sup> Qian

<sup>6</sup> Vasilakoglou

<sup>7</sup> Saxena

خشک گیاهچه کمتری باشند (زلاقی<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). از دلایل دیگر کاهش قوه و قدرت نامیه بذرهای در نتیجه مواد دگرآسیب، می‌توان به آسیب‌های وارده به غشای سلولی اشاره کرد. افزایش زوال و نابودی غشای سلول گیاهان هدف، در نهایت منجر به مرگ جنین و گیاهچه در حال رشد می‌شود. تأثیر مواد دگرآسیب روی فعالیت آنزیم‌های درگیر در پایداری غشاها (آنتی اکسیدانت‌ها) یکی از نشانه‌های بارز تداخل مواد دگرآسیب با غشاهای سلولی است. گیاهان دگرآسیب با توانایی تولید اسید فرولیک، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه، وزن تر و خشک شاخه و ریشه، فعالیت آمیلاز، مالتاز، انورتاز، اسید فسفاتاز، پروتئاز و پلی فنل اکسیداز را در بذر ذرت کاهش و فعالیت پراکسیداز، کاتالاز، ایندول استیک اکسیداز را افزایش می‌دهد. همچنین مواد دگرآسیب جذب فسفات توسط ریشه‌ها را محدود نموده و پراکسیداسیون لیپیدی را افزایش می‌دهد (رجیوسا و پدرول<sup>۹</sup>، ۲۰۰۲). با توجه به بررسی منابع به نظر می‌رسد هر گیاه به‌طور ویژه در تعامل با محیط خود عمل می‌کند و جهت مدیریت آن از مواد فعال‌زیستی منحصربه‌فرد استفاده می‌کند. بنابراین تجزیه شیمیایی گیاهان دگرآسیب هر اکوسیستم می‌تواند منجر به شناخت بیشتر نحوه عمل این گیاهان در درون اکوسیستم‌های تولیدی شود.

آلاله داسی (*Ceratocephalus falcata*) گیاهی است یک‌ساله که در مناطق سرد و معتدل یا کوهستانی ایران و به‌خصوص در آذربایجان رشد می‌کند. دو گونه از این جنس وجود دارد که به‌عنوان علف‌هرز دامنه‌های مناطق دیم که معمولاً به تولید غلات و بطور عمده گندم و جو اختصاص یافته است، رشد می‌کند (قهرمان و آتار<sup>۱۰</sup>، ۱۹۹۹). تاکنون گزارش دقیقی از دگرآسیبی آلاله داسی، نحوه عمل آن و ترکیبات ثانویه مؤثر آن ارائه نشده است؛ بنابراین در این تحقیق ضمن بررسی تأثیر مواد دگرآسیب موجود در ریشه گیاه آلاله داسی روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گندم و رشد گیاهچه آن،

صفاری<sup>۱</sup>، ۲۰۰۷). مطالعات سینگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که متابولیت ثانویه-4-dihydroxy-1,4-benzoxazin-3-one استخراج‌شده از برگ‌های نیشکر مانع جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی و غلات می‌شود. سورگونون حاصل از ریشه‌های سورگوم (دایان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹) و هلیانولز، آنولیدز، تامبولین و هلیانون‌های شناسایی‌شده در آفتابگردان (ویویان<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲) منجر به بازدارندگی روی جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز و گیاهچه‌های جوان آن‌ها شده است. مطالعات نشان می‌دهد که علف هرز آزمک (*Cardaria draba*) توانایی بالایی جهت تولید مواد دگر آسیب (گلوکوزینولات) و همچنین جلوگیری از جوانه‌زنی و نیز رشد و نمو غلات از خود نشان می‌دهد (مجاب و محمودی<sup>۵</sup>، ۲۰۰۹؛ کیمنج و مکینیس<sup>۶</sup>، ۲۰۰۲). به گزارش چونگ<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، مواد دگرآسیب گیاه مرغ (*Cynodon dactylon*)، جوانه زنی و رشد برنج را محدود می‌سازد.

ترکیبات دگر آسیب این توانایی را دارند که با مختل نمودن کارکرد آنزیم‌های حیاتی و کاهش رشد گیاهان مجاور مانند یک علف‌کش طبیعی عمل نمایند. در طی مرحله جوانه‌زنی، تغییرات متابولیکی اولیه که پس از جذب آب اتفاق می‌افتد، آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند آلفا آمیلاز و پروتئاز را افزایش می‌دهند. همبستگی کاهش درصد جوانه‌زنی کاهو با کاهش فعالیت آمیلاز در حضور ترکیبات دگر آسیب گزارش شده است (ماسیاس و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش فعالیت هورمون جیبرلین و همچنین آنزیم آلفا آمیلاز در طی فرآیند جوانه‌زنی سبب کاهش دو مؤلفه مؤثر بر رشد گیاهچه شامل وزن ذخایر بذری انتقال یافته و نیز کارایی تبدیل ذخایر انتقال یافته به بافت گیاهچه می‌گردد. مجموعه این وقایع باعث می‌شود که گیاهچه‌های به‌وجود آمده از بذرهای جوانه‌زده در محیط حاوی مواد دگر آسیب، دارای وزن

<sup>1</sup> Shajie and Saffari

<sup>2</sup> Singh

<sup>3</sup> Dayan

<sup>4</sup> Vyvan

<sup>5</sup> Mojab and Mahmoodi

<sup>6</sup> Kiemnec and Mcinnis

<sup>7</sup> Chung

<sup>8</sup> Zalaghi

<sup>9</sup> Regiosa and Pedrol

<sup>10</sup> Ghahreman and Attar

نحوه عمل آن بر برخی از سامانه‌های آنزیمی مطالعه و ترکیبات احتمالی شرکت‌کننده در دگرآسیبی این گیاه شناسایی و گزارش شد.

## مواد و روش‌ها

### آماده‌سازی نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های گیاه آلاله‌های داسی از محوطه دانشگاه مراغه (۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی) جمع‌آوری شدند. سپس، اندام ریشه گیاهان جدا و به مدت ۳۰ دقیقه با آب شستشو و بعد از آن در داخل هاون خرد شده و همگن شدند. هم‌زمان با آماده‌سازی نمونه‌های ریشه، محتوی آب آنها نیز بعد از خشک شدن در دمای ۷۶ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت در دو نمونه فرعی اندازه‌گیری شد که در آن ۹۰ درصد محتوی آب ثبت شد. برای تهیه محلول مادر (استوک) مقدار ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۱۰۰ گرم مواد همگن تازه اضافه گردید. بعبارت دیگر، محلول مادر از هضم ۲۵ گرم ریشه‌تر گیاه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاصل شد. محلول به مدت ۳۰ دقیقه توسط همزن مغناطیسی به هم زده شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در داخل یخچال در دمای  $4 \pm 2$  درجه سلسیوس نگهداری شد. این عمل باعث استخراج بهتر مواد دگرآسیب می‌شود. برای جدا کردن مواد زائد ابتدا محلول توسط کاغذ واتمن صاف و سپس به مدت ۱۰ دقیقه و با ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ماده رویی به آرامی جدا و بعنوان محلول مادر در دمای ۴ درجه سلسیوس برای استفاده‌های بعدی نگهداری شد. جهت آماده سازی غلظت‌های مختلف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد این عصاره (به ترتیب معادل: ۱/۲۵، ۲/۵، ۳/۷۵ و ۵ گرم وزن تر ریشه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، از آب مقطر استفاده شد (علیلو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۶).

### آزمون جوانه‌زنی

آزمون جوانه‌زنی بصورت کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. بذره‌های گندم رقم سرداری به‌وسیله محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم (آب ژاول) به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی و سپس توسط آب مقطر ۳ بار به مدت

۵ دقیقه شسته شدند. روش پتری جهت آزمون جوانه‌زنی استاندارد به‌کار برده شد. تعداد ۱۰۰ عدد بذر در هر پتری قرار داده شد. سپس محلول‌ها با غلظت‌های ۲۰، ۱۵، ۱۰ و ۵ درصد عصاره و آب مقطر (به‌عنوان شاهد) به اندازه ۵ میلی‌لیتر به هر پتری اضافه شدند. جوانه‌زنی در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سلسیوس انجام شد. ارزیابی درصد جوانه‌زنی طبق قوانین ایستا (درصد جوانه‌زنی: نسبت تعداد بذره‌های جوانه‌زده به تعداد کل بذرها) صورت گرفت (ایستا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹).

### سرعت جوانه‌زنی

با کمی تغییر در روش آزمون استاندارد جوانه‌زنی از آن برای ارزیابی سرعت جوانه‌زنی نیز استفاده شد. تغییر صورت گرفته شامل تعداد بازدید و ادامه آزمون تا زمان تثبیت جوانه‌زنی بود. هرروز نمونه‌ها بازدید و بذره‌های جوانه‌زده شمارش و از محیط خارج شدند. این کار تا جایی ادامه پیدا کرد که هیچ جوانه‌زنی در نمونه‌ها رخ نداد. جهت محاسبه سرعت جوانه‌زنی از عکس رابطه میانگین مدت جوانه‌زنی<sup>۳</sup> (MGT) استفاده شد:

$$MGT = \sum(Di \times Ni) / \sum Ni \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$\text{رابطه ۲:} \quad \text{سرعت جوانه‌زنی} = 1/MGT$$

$Di$ : زمان شمارش (روز)

$Ni$ : تعداد بذره‌های جوانه‌زده در روز مشخص

### آزمون رشد گیاهچه

به‌منظور ارزیابی تأثیر عصاره ریشه گیاه آلاله داسی روی رشد گیاهچه گندم از روش حوله‌ای استفاده شد. این روش معمولاً نسبت به سایر روش‌های موجود رطوبت مناسب‌تری را در اختیار بذرها قرار می‌دهد. برای این منظور از حوله کاغذی دولایه در ابعاد (۲۲×۲۵ سانتی‌متر) استفاده شد. تعداد ۲۵ عدد بذر روی حوله کاغذی با فاصله مناسب قرار داده شدند و سپس تیمارهای عصاره‌های گیاهی حاوی مواد دگرآسیب همراه با شاهد روی بستر کشت اعمال شد. برای این منظور ۱۴ میلی‌لیتر عصاره توسط پمپ به آرامی به بستر اضافه شد. جهت جلوگیری از تبخیر و تغییرات احتمالی در

<sup>2</sup> ISTA

<sup>3</sup> Mean Germination Time

<sup>1</sup> Aliloo

### فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز

از دستور العمل کار و میشر<sup>۴</sup> (۱۹۷۶) برای سنجش فعالیت این دو آنزیم استفاده شد.

### فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز از روش کریسپیل و وارنر<sup>۵</sup> (۱۹۶۷) استفاده شد.

### آماده‌سازی نمونه‌ها برای مطالعه GC/MS

برای تزریق نمونه‌های آماده‌شده به دستگاه GC/MS مقدار ۵۰ میلی‌لیتر از عصاره آبی موجود داخل یک لوله آزمایش ریخته شده و سپس با سرعت ۸۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ماده رویی با یک سمپلر به آرامی برداشته شده و درون یک لوله اپندورف ۲۰ میلی‌لیتری منتقل شد. محلول به دست آمده دوباره به مدت ۴ دقیقه با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در نهایت مقدار ۵ میلی‌لیتر متانول روی مایع رویی ریخته شده و پس از ۲ دقیقه عمل شیکر نمودن نمونه برای آنالیز به دستگاه GC/MS منتقل شد.

### شناسایی ترکیبات شیمیایی

شناسایی طیف‌ها توسط تکه‌تکه شدن طیف جرم با نمونه‌های ذخیره‌شده در نسخه Wiley 7n انجام شد. برای تعیین درصد ترکیب نیز از نرم‌سازی منطقه رأس استفاده شد.

### تجزیه‌های آماری

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و در سطح احتمال آماری ۵ درصد استفاده شد. به دلیل عدم جوانه‌زنی بذرها در غلظت ۲۰ درصد عصاره آلاله داسی، این تیمار از آزمایش‌های سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه حذف شد.

### نتایج و بحث

#### الف- جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

با توجه به نتایج، اثر غلظت عصاره ریشه گیاه آلاله داسی روی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر

غلظت عصاره‌ها، بسترهای رول شده در داخل کیسه فریزر قرار داده شدند. آزمایش در دمای ۲۰ درجه سلسیوس با استفاده از ژرمیناتور تحت نور انجام گرفت. بذرهای کشت‌شده برای این منظور پس از ۷ روز بررسی شدند. شاخصه‌های رشدی مانند طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و همچنین شاخص قدرت گیاهچه اندازه‌گیری و محاسبه شد. برای محاسبه قدرت گیاهچه از رابطه ۳ استفاده شد (علیلو و دارابی‌نژاد<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳).

رابطه ۳:

وزن خشک گیاهچه × طول گیاهچه = قدرت گیاهچه

### اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌ها

#### استخراج عصاره کل

برای سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ابتدا ۰/۲ گرم نمونه بذر مورد نظر از هر تیمار (روز سوم) در هاون چینی در مجاورت نیتروژن مایع پودر شد و با ۱ میلی‌لیتر بافر تریس-کلریدریک ۰/۰۵ مولار با اسیدیته ۷/۵ هموژن گردید. همگنای حاصل به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفیوژ شده و محلول شناور رویی برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنول اکسیداز مورد استفاده قرار گرفت.

#### استخراج پروتئین کل

استخراج پروتئین کل با استفاده از روش برادفورد<sup>۲</sup> (۱۹۷۶) صورت گرفت. فعالیت ویژه آنزیمی بصورت میکرومول بر دقیقه بر میلی گرم پروتئین گزارش شد.

### فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنول اکسیداز

از روش گیانوپولیتیس و ریس<sup>۳</sup> (۱۹۷۷) برای سنجش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پلی‌فنول اکسیداز استفاده شد.

<sup>1</sup> Aliloo and Darabinejad

<sup>2</sup> Bradford

<sup>3</sup> Giannopolitis and Ries

<sup>4</sup> Kar and Mishra

<sup>5</sup> Chrispeels and Varner

گندم رقم سرداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذر گندم در تیمار شاهد (آب مقطر) و با ۹۹/۴۴ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۵ درصد غلظت عصاره داشت. میزان کاهش درصد جوانه‌زنی در اولین غلظت عصاره ۵۹/۳ درصد بود که با ادامه افزایش غلظت درصد جوانه‌زنی بیشتر کاهش یافت و در غلظت عصاره ۲۰ درصد ریشه آلاله داسی جوانه‌زنی گندم متوقف شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد سرعت جوانه‌زنی نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر مواد دگرآسیب‌قرار گرفت ( $p \leq 0.05$ ). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، تیمار ۵ درصد آلاله داسی سرعت جوانه‌زنی را نسبت تیمار شاهد کاهش داد (جدول ۱). در این صفت نیز افزایش غلظت باعث بازدارندگی بیشتری شد به‌طوری‌که کمترین سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۱۵ درصد عصاره به دست آمد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر عصاره ریشه گیاه آلاله داسی روی صفات طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه در سطح احتمال آماری یک درصد و روی صفت طول ریشه‌چه و نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۱) عصاره ریشه آلاله داسی باعث کاهش معنی‌دار در طول اندام ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه می‌شود. کاهش معنی‌دار رشد از پایین‌ترین غلظت شروع شد و با افزایش غلظت عصاره بر شدت بازدارندگی افزوده شد. همچنین اثر بازدارندگی عصاره روی وزن تر و خشک اندام‌های مورد مطالعه دارای روندی مشابه به صفات طول گیاهچه بود (جدول ۱) و بیشترین بازدارندگی در غلظت ۱۵ درصد عصاره حاصل شد. با توجه به نتایج، اثر مواد دگرآسیب‌روی نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه نیز معنی‌دار بود و با افزایش غلظت عصاره به این نسبت به‌طور معنی‌دار افزوده شد. نتایج قدرت گیاهچه نشان داد اثر تیمار آلاله داسی روی قدرت گیاهچه در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار است. با توجه به مقایسه میانگین این صفت، با افزوده شدن عصاره به محیط رشد گیاهچه، قدرت گیاهچه به‌صورت معنی‌دار

کاهش یافت (جدول ۱) و با افزایش غلظت عصاره روند کاهش به‌طور معنی‌دار ادامه یافت. یافته‌های اخیر در مورد اثر مواد دگرآسیب آلاله داسی بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم مشابه با گزارش‌های سایر محققین در مورد سایر گیاهان دگرآسیب‌روی این گیاه می‌باشد. به نظر می‌رسد گیاه گندم دارای حساسیت بالا به مواد دگرآسیب‌می‌باشد. برای مثال رضوانی و همکاران (۲۰۱۴) توان دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) بر روی ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد چهار رقم گندم گزارش کردند. پیرسته‌انوشه و همکاران (۲۰۱۱) دگرآسیبی رزماری (*Rosmarinus officinalis*) را روی برخی صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه زراعی گندم و علف‌هرز یولاف وحشی (*Avena fatua*) ارائه کردند. تأثیر دگرآسیبی عصاره کاکوتی (*Ziziphora clinopodiodes*) بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم پیشتاز، پیشگام و سایونز نیز گزارش شده است (رسام و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین رفعت‌جو و مدحج (۲۰۱۵) نشان دادند غلظت‌های مختلف عصاره خردل وحشی باعث کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه گندم و جو می‌شود. آن‌ها اثر متقابل دگرآسیبی گندم و جو روی خردل وحشی را هم ثابت کردند. آزمایش فرید مرندی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان می‌دهد بقایای گیاهی علف پرستو (*Cynanchum acutum* L.) اثرات دگرآسیب‌روی خصوصیات جوانه‌زنی و همچنین رشد گیاهچه گندم دارد. به‌طوری‌که افزایش غلظت عصاره گیاه باعث افزایش درصد ممانعت از جوانه‌زنی در گندم شد. در مورد سایر گیاهان خانواده غلات نیز اثرات مواد دگرآسیب باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آن‌ها شده است. به‌عنوان مثال اسمعیلی کناری<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) اثر معنی‌دار

<sup>1</sup> Farid Marandi

<sup>2</sup> Esmaily Kenary

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف ریشه گیاه آلاله داسی روی برخی صفات گیاهچه‌ای گندم رقم سرداری

**Table 1.** Mean comparison of different concentrations of *Ceratocephalus falcata* on some seedling traits of wheat (var. Sardary)

غلظت عصاره	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی (روز <sup>-۱</sup> )	وزن تر گیاهچه (میلی گرم)	وزن تر ساقه (میلی گرم)	وزن تر ریشه (میلی گرم)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)
Extract concentration	Germination (%)	Germination rate (1/day)	Seedling fresh weight (mg)	Shoot fresh weight (mg)	Radicle fresh weight (mg)	Seedling length (cm)	Shoot length (cm)	Radicle length (cm)
Control	99.4 a	0.67 a	565 a	290 a	276 a	14.58 a	5.85 a	8.73 a
5%	40.1 b	0.58 b	300 b	205 b	94 b	10.23 b	4.68 b	5.56 b
10%	19.5 c	0.54 b	302 b	215 b	87 bc	8.52 b	4.08 b	4.43 b
15%	6.6 e	0.38 c	63 c	50 c	12 c	4.13 c	2.34 c	1.78 c
20%	0 f †							

تجزیه واریانس ANOVA

تیمار	**	**	**	**	**	**	**	*
Treatment	**	**	**	**	**	**	**	*

میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد ندارند. †، میانگین درصد جوانه زنی برای تیمار ۲۰ درصد عصاره. \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد و پنج درصد.

Means with the same letters are not significant at  $p \leq 0.05$ . †, mean of germination percentage for 20% treatment. \*\* \* : indicate significance at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

جدول ۱. ادامه

**Table 1. Continued**

غلظت عصاره	شاخص قدرت گیاهچه (میلی گرم×سانتی‌متر)	نسبت طول ساقه چه به طول ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه (میلی گرم)	وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم)
Extract concentration	Seedling vigor index (cm×mg)	Shoot length:radicle length	Seedling dry weight (mg)	Shoot dry weight (mg)	Radicle dry weight (mg)
Control	13.99 a	0.67 c	96 a	39 a	57 a
5%	7.61 b	0.81 bc	70 b	31 ab	39 b
10%	4.17 c	0.95 b	49 b	24 b	25 c
15%	0.45 d	1.38 a	11 c	8 c	3 d

تجزیه واریانس ANOVA

تیمار	**	*	**	**	**
Treatment	**	*	**	**	**

میانگین‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد ندارند. \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد و پنج درصد.

Means with the same letters are not significant at  $p \leq 0.05$ . \*\* \*; indicate significance at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$  levels, respectively.

به شاهد کاهش معنی‌داری می‌دهد و همچنین از طول اندام هوایی برنج می‌کاهد.

دگرآسیبی عصاره‌های آبی ۵۰ و ۱۰۰ درصد اندام زیرزمینی و اندام هوایی اوپارسلام (*Cyperus esculentus*) بر مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای برنج را گزارش کرده‌اند.

### ب- فعالیت آنزیمی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر تیمار عصاره ریشه آلاله داسی روی فعالیت تمامی آنزیم‌های مورد مطالعه در سطح احتمال آماری یک درصد

یافته‌های آن‌ها نشان داد عصاره‌های اوپارسلام درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک کل را نسبت

و پروتئاز افزایش می‌یابد (لانهان<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۲). آنزیم آلفا آمیلاز یک آنزیم مهم و اساسی تجزیه‌کننده نشاسته در آندوسپرم دانه‌های غلات است. محصولات واکنش این آنزیم، سوبسترا و منبع انرژی لازم را برای جنین بذر در زمان جوانه‌زنی ایجاد می‌کنند و هرگونه اختلال در کارکرد این آنزیم توسط مواد دگرآسیب از توانایی جوانه‌زنی بذرها و قدرت گیاهچه می‌کاهد (آیاز خان<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین کاهش فعالیت هورمون جیبرلین در اثر مواد دگرآسیب می‌تواند از عوامل تأثیرگذار بر جوانه‌زنی و انتقال مواد ذخیره‌ای باشد (اورکز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). مجموعه این وقایع باعث می‌شود که گیاهچه‌های به وجود آمده از بذرهای جوانه‌زده در محیط حاوی مواد دگرآسیب یا سایر تنش‌ها، دارای ریشه‌چه‌ها و ساقه‌چه‌هایی کوتاه‌تر و گیاهچه‌هایی با وزن خشک کمتر باشند و حتی در حالت‌های بحرانی جوانه‌زنی متوقف شود (سلطانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). دلایل مختلفی برای کاهش و یا حتی عدم جوانه‌زنی بذور مختلف گیاهی در حضور ترکیبات دگر آسیب بیان شده است. کاهش درصد جوانه‌زنی در نتیجه اعمال ترکیبات دگر آسیب موجود در اندام‌های گیاهان مختلف ممکن است به دلیل افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی در نتیجه تنش اکسیداتیو، باشد که می‌تواند با افزایش زوال و نابودی غشای سلول‌ها منجر به مرگ سلول‌ها و جنین در حال رشد شود (بوگاتک<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). در این آزمایش نیز شواهد کافی از القا تنش اکسیداتیو توسط مواد دگرآسیب آلاله داسی به دست آمد. در حضور این مواد آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز افزایش‌های معنی‌داری را در سطوح پایین و متوسط عصاره از خود نشان دادند که حاکی از وجود تنش اکسیداتیو بود. ولی در غلظت‌های بالاتر تمامی آنزیم‌ها به دلیل شدت تخریب گسترده احتمالی در

معنی‌دار بود. مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نشان می‌دهد حضور ترکیبات دگرآسیب در محیط جوانه‌زنی به شدت فعالیت این آنزیم را کاهش داد (شکل ۱). روند کاهش متناسب با افزایش غلظت عصاره بود بطوری که بیشترین میزان کاهش در غلظت ۲۰ درصد عصاره حاصل شد. نکته قابل توجه اینکه غلظت ۵ درصد عصاره، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز را به‌طور معنی‌دار نسبت به شاهد کاهش داد و این روند در غلظت‌های بعدی نیز ادامه یافت؛ اما در مورد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز روند تغییرات یکسان نبود (شکل ۱). در اغلب موارد فعالیت این آنزیم‌ها در غلظت‌های پایین و متوسط عصاره نسبت به شاهد افزایش نشان داد اما در غلظت‌های بالاتر فعالیت آن‌ها کاهش یافت. در مورد آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) افزایش فعالیت در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد عصاره نسبت به سطح شاهد معنی‌دار بود ( $p \leq 0.05$ ). با افزایش غلظت به سطح ۱۵ درصد عصاره فعالیت این آنزیم‌ها کاهش یافت و تقریباً به سطح تیمار شاهد رسید و با افزایش غلظت عصاره به سطح ۲۰ درصد سطح فعالیت نسبت به شاهد کاهش یافت که این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۱). در مورد آنزیم پراکسیداز (POX) هرچند روند تغییرات فعالیت این آنزیم مشابه آنزیم‌های بالا بود ولی افزایش فعالیت این آنزیم در سطوح ۵ و ۱۰ درصد عصاره نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. با وجود این، در غلظت ۲۰ درصد عصاره کاهش معنی‌دار در فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۱). در مورد فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) نیز تقریباً روند شبیه به تغییرات آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بود با این تفاوت که روند افزایش معنی‌دار در سطح فعالیت این آنزیم در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد عصاره نسبت به شاهد چشمگیرتر بود. همچنین در غلظت‌های ۱۵ و ۲۰ درصد عصاره کاهش فعالیت نسبت به شاهد معنی‌دار شد (شکل ۱). مواد دگرآسیب توانایی تغییر در فعالیت آنزیم‌ها را دارند که در سایر تحقیقات نیز به آن اشاره شده است. در این آزمایش از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در حضور مواد دگرآسیب آلاله داسی کاسته شد. در طی مرحله جوانه‌زنی آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند آلفا آمیلاز

<sup>1</sup> Lanahan

<sup>2</sup> Ayyaz Khan

<sup>3</sup> Oracz

<sup>4</sup> Soltani

<sup>5</sup> Bogatek



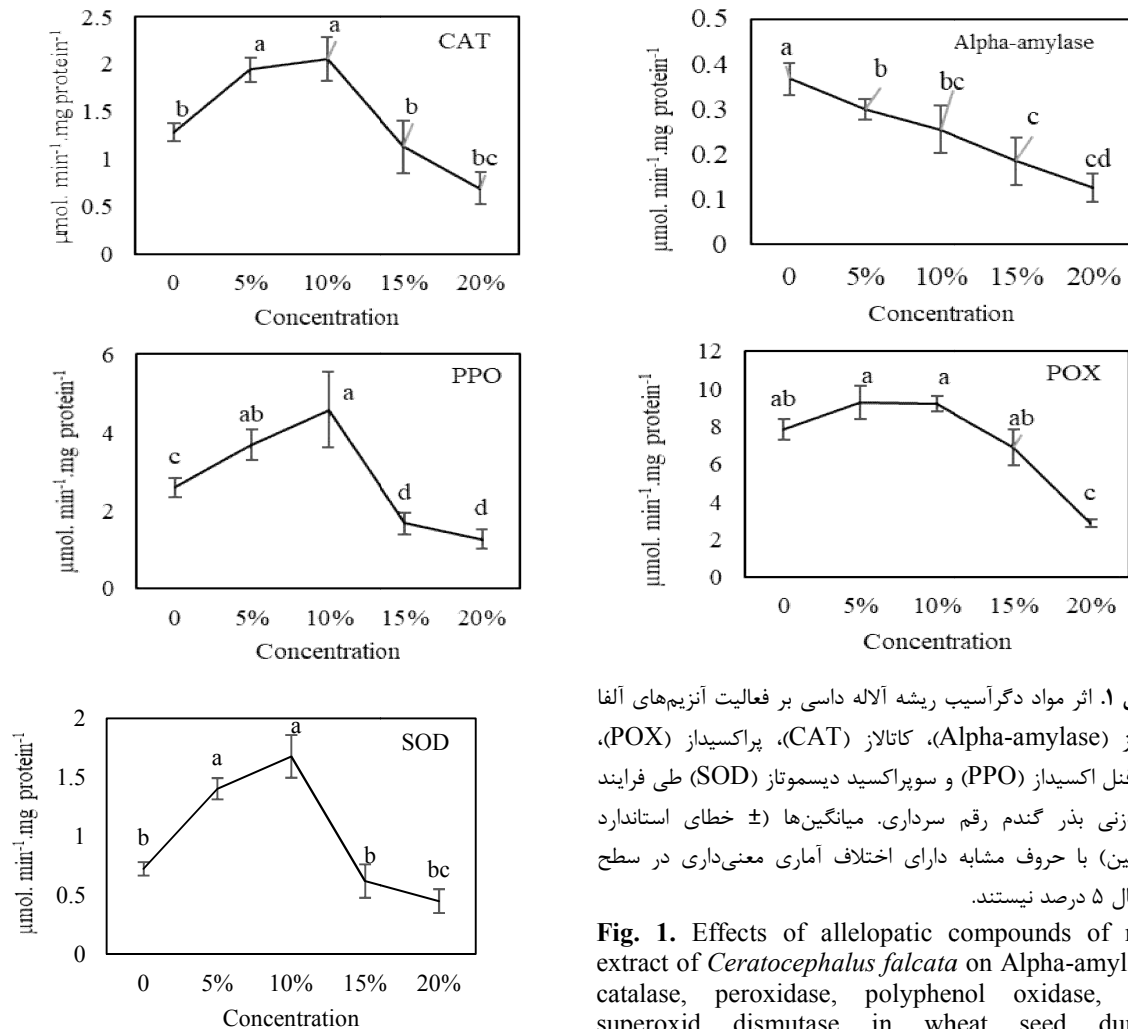
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر مواد دگرآسیب ریشه آلاله داسی بر فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز (Alpha-amylase)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POX)، پلی فنل اکسیداز (PPO) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) طی فرایند جوانه‌زنی بذر گندم رقم سرداری

**Table 2.** Effects of allelopathic compounds of root extract of *Ceratocephalus falcata* on enzyme activities of Alpha-amylase, catalase (CAT), peroxidase (POX), polyphenol oxidase (PPO), and superoxid dismutase (SOD) in wheat seed during germination process (var. Sardary)

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares				
		Alpha-amylase	CAT	POX	PPO	SOD
تیمار (Treatment)	4	0.035 **	1.58 **	28.2 **	7.59 **	1.14 **
اشتباه (Error)	15	0.001	0.20	0.65	0.84	0.7

\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری یک درصد و پنج درصد.

\*\*\*, \*; indicate significance at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$  levels, respectively.



شکل ۱. اثر مواد دگرآسیب ریشه آلاله داسی بر فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز (Alpha-amylase)، کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POX)، پلی فنل اکسیداز (PPO) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) طی فرایند جوانه‌زنی بذر گندم رقم سرداری. میانگین‌ها ( $\pm$  خطای استاندارد میانگین) با حروف مشابه دارای اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

**Fig. 1.** Effects of allelopathic compounds of root extract of *Ceratocephalus falcata* on Alpha-amylase, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase, and superoxid dismutase in wheat seed during germination process. Means ( $\pm$ Se) with same letters are not significant at  $p \leq 0.05$ .

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پلی فنل اکسیداز در مراحل اول افزایش یافت که ناشی از عکس‌العمل بذر در جهت

ساختمان و عملکرد سلول‌ها فعالیت قابل‌توجهی را نشان ندادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که فعالیت

Isopropyl و 1(hydroxymethyl)ethyl ester isothiocyanate دارای مقادیر بالا بودند. بیشتر ترکیبات شناسایی شده دارای اثرات بیواکتیو هستند که به‌طور بالقوه می‌توانند در متوقف کردن فرایند جوانه‌زنی شرکت کنند. Octadecatrienal از ترکیبات استروئیدی است که اثرات ضد میکروبی و اثر بر فرایند تقسیم سلولی آن شناخته شده است (پاسدارن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به درصد بالای این ماده در عصاره، احتمال اثر آن بر جوانه‌زنی بسیار بالاست. Cyclohexanone دارای کاربرد بالا در تولید پیش‌ساز علف‌کش‌ها است. همچنین این ترکیب از فنول‌ها مشتق می‌شود و بازدارندگی جوانه‌زنی مشتقات فنلی کاملاً مشخص شده است (اوریتانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۸۷؛ ایشیکورا<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین 2,4-Dihydroxy-5-methylpyrimidine به‌عنوان یکی از بازهای آلی ساختار DNA مطرح می‌باشد. بازدارندگی ترکیبات اسیدهای نوکلئیک به‌ویژه بازهای آلی پریمیدینی روی جوانه‌زنی بذر کاهو گزارش شده است (خان<sup>۶</sup>، ۱۹۶۶). فعالیت اکسیدازی Dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one روی گزانتین به اثبات رسیده است و علاوه بر این علف‌کش‌های مشتق شده از این ترکیب دارای بازدارندگی بالا بر رشد ریشه کلزا هستند (لو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین گزارش‌هایی مبنی بر ضد میکروب بودن ترکیب Hexadecanoic acid و Stearic acid hydrazide ارائه شده است که این ترکیبات از مشتقات اسید استئاریک بوده و اثرات بالقوه آن بر سلول و بازدارندگی آن بر جوانه‌زنی سورگوم در غلظت ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است (مارامبه<sup>۸</sup> و همکاران، ۱۹۹۳). همچنین تداخل این اسیدهای چرب را با فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گزارش کرده‌اند. در این آزمایش ترکیبات مربوط به اسید استئاریک و اسید پالمیتیک در حدود ۳۰ درصد مشتقات را به خود اختصاص دادند. با احتمال بسیار قوی کاهش فعالیت

غلبه بر تنش دگرآسیبی وارده بود. گیاهان روش‌های مختلفی (سازوکار آنزیمی و غیر آنزیمی) را در جهت محافظت از غشاها و اندامک‌های خودشان در مقابل خسارت به وجود آمده در اثر انواع اکسیژن فعال دارا هستند که معمولاً آنزیم‌هایی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز به‌صورت کاملاً مستقیم در واکنش وارد می‌شوند (فویر و نوکتر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). در این آزمایش این دو آنزیم به‌طور معنی‌دار در پاسخ به تنش افزایش یافتند. آنزیم پلی فنل اکسیداز که منجر به تبدیل برخی از ترکیبات فنلی به کینون‌ها می‌شود مهم‌ترین نقش را در زنجیره انتقال الکترون تنفسی داشته و به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین اعضای سامانه اکسیداسیونی دانه‌ها و نیز گیاهچه‌های بذری گزارش شده است. همچنین می‌توان گفت که این آنزیم تولید ATP را از طریق تولید کینون‌ها تحریک می‌نماید (کوکاگالیسکان و کابر<sup>۲</sup>، ۱۹۹۰). به‌نظر می‌رسد افزایش این آنزیم در آزمایش اخیر نمونه‌ای از تلاش بذر گندم برای القاء افزایش میزان ATP جهت جبران کمبود انرژی در داخل جنین در حال رشد باشد، چرا که به‌احتمال بسیار قوی تنفس هوازی تحت تأثیر مواد دگرآسیب آلاله داسی دچار اختلال شده است.

### ج- شناسایی ترکیبات

مطالعات فیتوشیمیایی انجام‌گرفته بر روی عصاره متانولی ریشه آلاله داسی نتایج قابل توجهی را نشان داد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش (جدول ۳، شکل ۲) مشخص شد که در ریشه گیاه آلاله داسی بیشترین مقدار ترکیب شناسایی شده مربوط به 9,12,15-Octadecatrienal با ۱۲/۸۴ درصد بود درحالی‌که کمترین مقدار ترکیب شناسایی شده نیز مربوط به ترکیب‌های 1-Octanol، 2-Methyl-2-vinylloxirane، cis-3,5-Dimethoxycyclohexanone و همچنین هر سه با ۰/۲ درصد در حداقل بودند. همچنین ترکیبات 2,4-Dihydroxy-5-methylpyrimidine، 1,5-Dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one، 2-hydroxy-Hexadecanoic acid، Stearic acid

<sup>3</sup> Pasdaran

<sup>4</sup> Oritani

<sup>5</sup> Ishikura

<sup>6</sup> Khan

<sup>7</sup> Luo

<sup>8</sup> Marambe

<sup>1</sup> Foyer and Nocter

<sup>2</sup> Kocaqaliskan and Kabar

قرنجیک<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نیز دگرآسیبی علف هرز هفت‌بند پیچ (*Polygonum convolvulus* L.) بر روی جوانه‌زنی گندم (*Triticum aestivum* L.) را به دلیل وجود ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، فلاوون‌ها و تانن‌های موجود در عصاره اعلام کردند. در مجموع، اثرات منفی بر روی برخی از مؤلفه‌های جوانه‌زنی در شرایط زیست‌سنجی ممکن است به دلیل پتانسیل قوی ترکیبات دگر آسیب باشد که بر روی فرآیندهای فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و آنزیمی آن‌ها اثر گذارند.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج پژوهش مشخص شد که عصاره ریشه گیاه آلاله داسی دارای اثر دگرآسیبی بالا روی جوانه‌زنی بذرها، گندم بود، بطوری‌که با افزایش غلظت عصاره، بر شدت بازدارندگی افزوده می‌شد. همچنین نتایج حاکی از حساسیت قدرت نامیه بذرها به مواد دگرآسیب گیاه است. فعالیت آنزیم حیاتی جوانه‌زنی یعنی آلفا آمیلاز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر عصاره ریشه قرار گرفت که می‌تواند از عوامل اولیه بازدارندگی در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم باشد. نتایج فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نشان‌دهنده القاء تنش اکسیداتیو بود که می‌تواند به‌عنوان موثرترین عامل بازدارندگی جوانه‌زنی و مرگ جنین گندم در این آزمایش باشد. به احتمال بسیار قوی از ۶۲ ترکیب شناسایی شده در ریشه این گیاه ترکیبات: Dihydro-4H-pyrazolo[3,4- Hexadecanoic acid, d]pyrimidin-4-one Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-Isopropyl 1, (hydroxymethyl)ethyl ester Cyclohexanone و isothiocyanate می‌توانند به‌عنوان مواد مؤثر بر کاهش جوانه‌زنی باشند.

آنزیم آلفا آمیلاز در آزمایش اخیر ناشی از اسیدهای چرب گزارش شده است. از ترکیبات بسیار مهم دیگر می‌توان به Butanedioic acid, hydroxy-, dimethyl ester اشاره کرد. مقدار این ماده فعال زیستی در عصاره در حدود سه و نیم درصد بود. این ماده توانایی تأثیر بر غشاهای سلولی را از خود نشان داده است. به نظر می‌رسد ترکیبات ذکر شده به‌تنهایی یا در ترکیب باهمدیگر جوانه‌زنی بذرها، مورد مطالعه را متوقف کرده باشند. نکته جالب توجه اینکه این ترکیب در غلظت‌های بالای ۱۰۰ میلی مول باعث کاهش جوانه‌زنی گندم می‌شود (ایشی باشی و لاوایانو، ۲۰۰۶). یکی از ترکیبات زیست فعال شناسایی شده دیگر در این آزمایش ایزوسیانات بود که توانایی مهار رشد آرابیدوپسیس توسط آن و یا مشتقات آن گزارش شده است (آور بانسوک<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). گزارش‌هایی از سایر علف‌های هرز هم وجود دارد که نشان می‌دهد ترکیبات دگرآسیب آن‌ها می‌توانند باعث تداخل در سیکل زندگی گیاهان زراعی شوند. در تحقیقی که توسط رضوانی و همکاران (۲۰۱۴) بر توان دگرآسیبی غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی بر روی ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد چهار رقم گندم و نیز شناسایی ترکیبات دگرآسیب خردل وحشی با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی (GC-MS) انجام گرفت ترکیبات isothiocyanate, Hexadecanoic acid و Heptadecanoic acid با مقدار بالا از اسانس اندام زیرزمینی آن به‌دست آمد که مشابه نتایج این آزمایش بود.

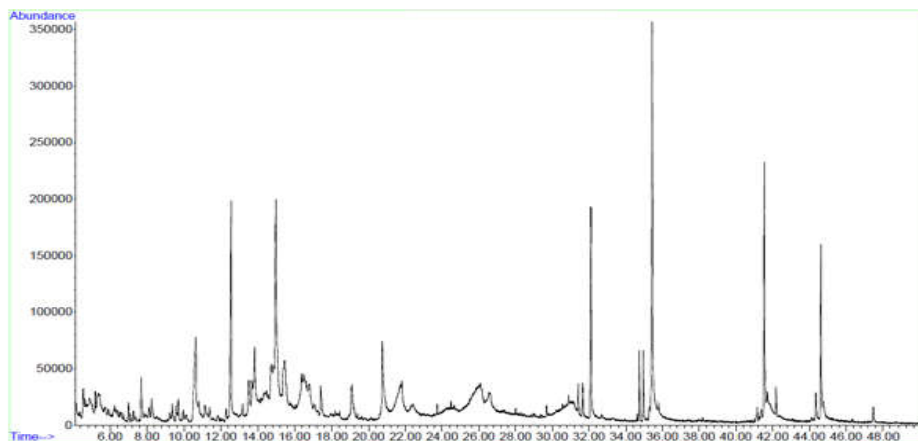
در مطالعه صدقی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) روی دگرآسیبی علف باغ (*Dactylis glomerata* L.) بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یونجه، ترکیبات دگرآسیب از گروه فنول‌های آلکیلی، اسیدوانیلیک، اسیدسالیسیلیک، اسید پی‌هیدروکسی بنزوئیک، اسیدسیرنژیک، مواد فنولی و اسیدکلروژنیک گزارش شد که مواد فنولی موجود در عصاره بیشترین ترکیبات دگر آسیب را تشکیل دادند.

<sup>1</sup> Ishibashi and Iwaya-Inoue

<sup>2</sup> Urbancsok

<sup>3</sup> Sedghi

<sup>4</sup> Gharanjic



شکل ۲- طیف GC/MS عصاره متانولی ریشه آلاله داسی

Fig. 2. GC / MS spectra of the methanol root extract in *Ceratocephalus falcata*

جدول ۳- ترکیبات شناسایی شده در عصاره متانولی ریشه آلاله داسی

Table 3. Compounds identified in methanolic extract of the root of *Ceratocephalus falcata*

ردیف	نام ترکیب شیمیایی	درصد Area	وزن مولکولی (g.mol <sup>-1</sup> )	زمان بازداری (RT)	فرمول شیمیایی
1	2-Furanmethanol	1.37	98.1	4.562	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
2	4,5-dihydro-2-thiazolamine	0.98	102.16	4.938	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> S
3	Protoanemonine	0.49	96.08	5.181	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>
4	2-propenylhydrazine	1.58	72.11	5.4	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub>
5	Pentaborane(11)	0.3	65.14	5.726	B <sub>5</sub> H <sub>11</sub>
6	1-nitroheptane	0.25	142.2	5.901	C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>2</sub>
7	2,3-dimethyl-2-pentene	0.97	98.18	6.27	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>
8	Cyclohexanone	0.41	98.15	6.564	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O
9	3-Cyclohexene-1-propanal	0.49	138.21	9.989	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O
10	1-Octanol	0.2	130.23	7.108	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O
11	5-methy-2-furancarboxaldehyde	0.25	110.11	7.265	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>
12	Isopropyl isothiocyanate	1.37	101.16	7.696	C <sub>4</sub> H <sub>7</sub> NS
13	1,3-Cyclohexanedione	0.37	112.12	8.109	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
14	1,2,3,6-Tetrahydropyridine	0.72	83.13	8.272	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> N
15	2-Methyl-2-vinyloxirane	0.2	84.11	9.229	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O
16	4-Ethyl-2-octanol	0.51	158.28	9.379	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O
17	Phenyloxirane	0.21	120.15	9.573	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O
18	N-ethyl-N-nitrosoethanamine	0.39	120.13	9.704	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O
19	5-n-Butyltetrahydropyran-2-one	0.29	226.35	9.949	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>
20	Levulinic acid	0.28	116.11	10.136	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>
21	2,4-Dihydroxy-5-methylpyrimidine	5.04	126.11	10.599	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
22	2,3,4,5-tetrahydropyridine	0.69	83.13	11.168	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> N
23	3-methyl-2-heptene	0.37	112.21	11.393	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>
24	8-Methyl-1,5-diazabicyclo{3.2.1}octane	0.54	140.23	11.837	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub>
25	N-methyl-N-nitroso-2-propanamine	0.35	102.13	12.281	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O
26	3,5-dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one	6.86	144.12	12.544	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>

27	Cyclopentamin	0.57	141.25	13.157	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> N
28	Hexadeuterobenzene	1.39	84.15	13.52	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
29	Tetrahydro-2-methoxy-2H-pyran	0.44	116.16	13.70	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
30	Tetrahydro-6-propyl-2H-pyran-2-one	1.77	142.19	13.839	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>
31	2-chloro-1-propene	1.08	76.52	14.396	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> Cl
32	1,2,3-tris-trideuteriomethoxy-pentane	0.73	171.28	14.721	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> D <sub>9</sub> O <sub>3</sub>
33	5-methoxy-4(3H)-pyrimidinone	7.48	126.11	14.996	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
34	Butanedioic acid, hydroxy-, dimethyl ester	3.49	162.14	15.159	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>
35	O,O'-dideuterio-succinic acid	0.23	120.1	15.834	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> D <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
36	Epifluorhydrine	0.66	76.07	16.541	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> FO
37	3,3'-Thiodipropanol	0.76	150.24	16.816	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O
38	Lauryl glycidyl ether	0.38	242.40	17.129	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>
39	4-Hydroxy-2-methylacetophenone	1.26	150.17	17.490	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>
40	cis-3,5-Dimethoxycyclohexanone	0.2	158.19	17.949	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>
41	Methyl pyroglutamate	2.42	143.14	19.093	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO
42	1,5-Dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one	4.3	136.11	20.795	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> N <sub>4</sub> O
43	Cyclopentyl acetate	5.21	128.17	21.689	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>
44	octanoic acid, silver octanoate	1.45	251.07	22.434	C <sub>8</sub> H <sub>15</sub> AgO <sub>2</sub>
45	2,6-Dimethyl-3-(methoxymethyl)-p-benzoquinone	0.27	180.2	23.728	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>
46	3-Deoxy-d-mannonic lactone	2.07	162.14	26.593	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub>
47	3,4-dimethyl-2-hexanol	0.31	130.23	23.045	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O
48	1-Methoxy-3-(2-hydroxyethyl)nonane	0.3	202.33	29.696	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>
49	Inositol	0.25	180.16	30.872	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>
50	14-Methylpentadecanoic acid methyl ester	0.62	270.45	31.416	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>
51	Hexadecanoic acid	5.76	256.43	32.098	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>
52	Linolenic acid methyl ester	3.72	292.46	34.738	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>
53	Phytol	1.73	296.53	34.957	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O
54	Linoleic acid	0.22	280.45	35.288	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>
55	9,12,15-Octadecatrienal	12.84	262.43	35.445	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O
56	Bicyclo[3.3.1]non-6-en-2-one	0.26	136.19	35.879	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O
57	2-Methoxy-3-methyl-2-butenoic acid methyl ester	0.34	144.16	41.368	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O
58	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1(hydroxymethyl)ethyl ester	6.17	330.5	41.544	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>
59	Hexanoic acid butyl ester	0.63	172.26	41.781	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>
60	3-Nitrophthalic acid	0.64	211.12	42.182	C <sub>8</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>6</sub>
61	Stearic acid hydrazide	4.29	298.51	44.627	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub> N <sub>2</sub> O
62	Tritetracontane	0.55	605.17	47.474	C <sub>43</sub> H <sub>88</sub>

## منابع

- Aliloo, A.A. 2016. Allelopathy of *Heliotropium europaeum* (Boraginaceae): Influence on small grain cereals. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 10:71-78.
- Aliloo, A.A. and Darabinejad, S. 2013. Evaluation of different techniques for breaking seed dormancy of *Heliotropium europaeum* L. (Boraginaceae). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 7:87-91.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., Shafei, M.N., Moradinezhad, F. and Fujii, Y. 2014. Determination of allelopathic potential in some medicinal and wild plant species of Iran by dish pack method. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, 26(3): 189-199. <https://doi.org/10.1007/s40626-014-0017-z>

- Ayyaz Khan, M., Hussain, I. and Ahmad Khan, E. 2008. Allelopathic effect of Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* L.) on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research, 14: 9-18.
- Bogatek, R., Gniadzowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K. and Gawroski, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biology Plantarum, 50(1): 156-158. <https://doi.org/10.1007/s10535-005-0094-6>
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Chrispeels, M.J., and Varner, J.E. 1967. Gibberellic acid-enhanced synthesis and release of  $\alpha$ -amylase and ribonuclease by isolated barley and aleurone layers. Plant Physiology, 42(3): 398-406. <https://doi.org/10.1104/pp.42.3.398>
- Chung, I.M., Ahn, J.K. and Yun, S.J. 2001. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass on rice cultivars. Crop Protection, 20(10): 921-928. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00046-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00046-1)
- Dayan, F. E., Howell, J. L. and Weidenhamer, J. D. 2009. Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. Journal of Experimental Botany, 60(7): 2107-2117. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp082>
- Duke, S.O., Dayan, F.E., Romagni, J.G. and Rimando, A.M. 2000. Natural products as sources of herbicides: current status and future trends. Weed Research, 40(1): 99-111. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00161.x>
- Esmaeily Kenary, S., Hosseinzade Namin, M., Kiarostami, Kh. and Fallah, A. 2015. Investigation of allelopathic effects of umbrella sedge (*Cyperus difformis* L.) on germination and seedling stages of rice (*Oryza sativa* L.) Tarom mahalli of Iran. Journal of Plant Research, 28(3): 475-485. [In Persian with English Summary].
- Farid Marandi, N., Vazan, S., Mousavinia, H. and Gholzardi, F. 2013. Allelopathic effect of aqueous extract of two weed populations (*Cynanchum acutum* L.) on germination of Amaranthus weed seedling. National Conference of Passive Defense in Agriculture. [In Persian with English Summary].
- Foyer, C.H. and Noctor, G. 2005. Oxidant and antioxidant signaling in plants: A reevaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant Cell & Environment, 28(8): 1056-1071. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01327.x>
- Ghahreman, A. and Attar, F. 1999. Biodiversity of plant species in Iran. Central Herbarium of Tehran University. [In Persian].
- Gharanjic, A., Gholamalipour Alamdari, E., Biabani, A. and Haghghi, A. 2013. Evaluating the allelopathic potential of (*Polygonum convolvulus* L.) on *Triticum aestivum* L. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology, 1(1): 83-95. [In Persian with English Summary].
- Giannopolitis, C.N., and Ries, S.K. 1977. Superoxide dismutase: I. occurrence in higher plants. Plant Physiology, 59(2): 309-314. <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>
- Ishibashi, Y. and Iwaya-Inoue, M. 2006. Ascorbic acid suppresses germination and dynamic states of water in wheat seeds. Plant Production Science, 9(2): 172-175. <https://doi.org/10.1626/pp.9.172m>

- Ishikura, Y., Kojima, Y. and Terazawa, M. 2001. Effects of phenolic compounds on seed germination of Shirakamba birch, *Betula platyphylla* var. Japonica. Eurasian Journal of Forest Research, 2: 17-25.
- ISTA. 2009. Amendments to ISTA Handbook on Seedling Evaluation. 3rd Edition.
- Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activity during rice leaf senescence. Plant Physiology, 57(2): 315-319. <https://doi.org/10.1104/pp.57.2.315>
- Khan, A.A. 1966. Inhibition of lettuce seed germination and seedling growth by antimetabolites of nucleic acids, and reversal by nucleic acid precursors and gibberellic acid. Planta, 68(1): 83-87. <https://doi.org/10.1007/BF00385373>
- Kiarostami, Kh., Ilkhanizadeh, M. and Kazem negad, A. 2007. Study on allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) against *Hordeum spontaneum* and *Lolium rigidum*. Iranian Journal of Biology, 20(2): 214-207. [In Persian with English Summary].
- Kiemnec, G.L., and Mcinnis, M.L. 2002. Hoary cress (*Cardaria draba*) root extract reduces germination and root growth of five plant species. Weed Technology, 16: 231-234. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0231:HCCDRE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0231:HCCDRE]2.0.CO;2)
- Kocaqaliskan, I. and Kabar, K. 1990. Effect of salinity on polyphenol oxidase during seed germination. Doga Turkish Journal of Botany, 15: 41-49.
- Lanahan, M.B., Ho, T.H., Rogers, S.W. and Rogers, J.C. 1992. A gibberellin response complex in cereal alpha-amylase gene promoters. The Plant Cell, 4(2): 203-211. <https://doi.org/10.1105/tpc.4.2.203> ; <https://doi.org/10.2307/3869573>
- Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., and Jiang, D.A. 2010. Phenolics and plant allelopathy. Molecules, 15(12): 8933-8952. <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>
- Luo, J., Li, S., Kang, Q., Sun, Y. and Wang, T. 2019. Synthesis of some novel 5-substituted benzamido-6-arylamino-pyrazolo [3, 4-D] pyrimidin-4-one derivatives for herbicidal activity. Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements, 194(12): 1180-1186. <https://doi.org/10.1080/10426507.2019.1633529>
- Macias, F.A., Molinillo, J.M., Varela, R.M. and Galindo, J.C. 2007. Allelopathy-a natural alternative for weed control-Review. Pest Management Science, 63(4): 327-348. <https://doi.org/10.1002/ps.1342>
- Marambe, B., Nagaoka, T. and Ando, T. 1993. Identification and biological activity of germination-inhibiting long-chain fatty acids in animal-waste composts. Plant and Cell Physiology, 34(4): 605-612.
- Mojab, M. and Mahmoodi, S. 2009. Allelopathic effects of shoot and root water extracts of Hoary cress (*Cardaria draba*) on germination characteristic and seedling growth of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Journal of Crop Production, 4: 65-78. [In Persian with English Summary].
- Oracz, K., Voegelé, A., Tarkowská, D., Jacquemoud, D., Turečková, V., Urbanová, T., Strnad, M., Sliwinska, E. and Leubner-Metzger, G. 2011. Myrigalone A inhibits *Lepidium sativum* seed germination by interference with gibberellin metabolism and apoplastic superoxide production required for embryo extension growth and endosperm rupture. Plant and Cell Physiology, 53(1): 81-95. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcr124>
- Oritani, T., Kondo, H. and Yamashita, K., 1987. Preparation of chiral trans-2, 4-dimethyl-1-cyclohexanones, the key intermediates in cycloheximide synthesis, using microbial resolution.



- Agricultural and Biological Chemistry, 51(1): 263-264.  
<https://doi.org/10.1080/00021369.1987.10867968>
- Pasdaran, A., Pasdaran, A., and Mamedov, N. 2017. Antibacterial and antioxidant activities of the volatile composition of the flower and fruit of *Solanum sisymbriifolium* (Litchi Tomato). *Pharmaceutical Sciences*, 23(1): 66-71. <https://doi.org/10.15171/PS.2017.10>
- Piraste Anoshe H., Emam Y. and Saharkhiz M.J. 2011. Use of allelopathic traits of several medicinal plants on some germination characteristics and early growth of wheat and wild oat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9: 95-102. [In Persian with English Summary].
- Qian, H., Xu, X., Chen, W., Jiang, H., Jin, Y., Liu, W. and Fu, Z. 2009. Allelochemical stress causes oxidative damage and inhibition of photosynthesis in *Chlorella vulgaris*. *Chemosphere*, 75(3): 368-375. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.12.040>
- Rafatjoo, A. and Modhej, A. 2015. Allelopathic effects of aqueous extracts of two crops (wheat and barley) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Journal of Plant Protection*, 28(4): 482-489. [In Persian with English Summary].
- Rasam, G., Torabi, B., Garosi, F. and Badri A. 2014. Allelopathic effects of *Ziziphora clinopodioides* L. on seed germination and seedling growth of wheat. *Seed Research*, 5: 66-77. [In Persian].
- Rashed Mohassel, M.H., Najafi, H. and Akbarzadeh, M. 2009. Weed biology and control. The Ferdowsi University of Mashhad. Press, 404p. [In Persian with English Summary].
- Regiosa, M. and Pedrol, N. 2002. Allelopathy from molecules to ecosystems. Science Publisher's gnc. NH. USA. 12-195.
- Rezvani, H., Asghari, J. and Ehteshami, S.M.R. 2014. Evaluation of the allelopathic power of wild mustard on germination characteristics of four wheat cultivars using gas chromatography (GC-MS). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 1(2): 38-55. [In Persian with English Summary].
- Rice, E.L. 2002. Allelopathy 2nd Ed. Acad. Press. Inc. Orlando, Florida, 422p.
- Saxena, R., Tomar, R.S. and Kumar, M. 2016. Allelopathy: A green approach for weed management and crop production. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 3(4): 43-50. <https://doi.org/10.20546/ijcrbp.2016.304.008>
- Sedghi, M., Gholi Toluie, S. and Rezaei, M. 2014. Study on the effect of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) allelopathy on germination and seedling growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Plant Protection*, 28(4): 532-538. [In Persian].
- Shajie, E., and Saffari, M. 2007. Allelopathic effects of Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) on germination and seedling growth of some crops. *Allelopathy journal*, 19(2): 501-506.
- Singh, P., Shrivastava, A.K., Suman, Arya, A.N., Tiwari, P., Rai, R.K., Singh, J. and Singh, A.K. 2009. Allelopathic effects of hydroxamic acids from sugarcane leaves on germination and growth of crops. *Allelopathy Journal*, 23(1): 203-212.
- Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 55: 195-200. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.10.012>
- Urbancsok, J., Bones, A. and Kissen, R. 2017. Glucosinolate-derived isothiocyanates inhibit *Arabidopsis* growth and the potency depends on their side chain structure. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11): 2372. <https://doi.org/10.3390/ijms18112372>



- 
- Vasilakoglou, I., Dhima, K., Paschalidis, K. and Ritzoulis, C. 2013. Herbicidal components and their synergy. *Journal of Essential Oil Research*, 25(1): 1-10. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.751054>
- Vyvyan, J. R. 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron*, 58(9): 1631-1646. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(02\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(02)00052-2)
- Zalaghi, S., Farhoudi, R. and Aryan Nia, N. 2011. The effect of allelopathic sunflower extract on germination, Alpha-amylase enzyme activity and antioxidants of panicum and sorghum seedlings. Second national seed technology conference, 26-27 October 2011, Mashhad, IRAN, 111-115. [In Persian with English Summary].

Research Article

## Inhibitory Effects of Root Extract of *Ceratocephalus falcata* on Some Germination Indices, Seedling Growth, and Enzymatic Activities of *Triticum aestivum* var. Sardary

Rahim Tarbali<sup>1</sup>, Ali Asghar Aliloo<sup>2,\*</sup>, Manoochehr Farjaminezhad<sup>3</sup>

### Extended Abstract

**Introduction:** The weed invasion is one of the main yield-reducing factors in crops. They are potent competitors on vital resources which limits the availability of the resources for crops. Allelopathy is one of the weeds' abilities that commonly with inhibitory influences, affects plant communities' behavior. Therefore, the evaluation of these compounds' effects is important on crop plants. Also, the identification of allelopathic plants and their bioactive compounds can be a suitable approach to weed management. Thus, the aim of this study was the evaluation of the allelopathic potential of *C. falcata* on germination indices of wheat seeds and the mode of action of the extract on some enzyme activities. Furthermore, secondary metabolites in methanolic root extract were identified and reported.

**Materials and methods:** Germination and seedling experiments of *Triticum aestivum* var. Sardary seeds were tested by 0, 5%, 10%, 15%, and 20% concentrations of *C. falcata* root extracts based on CRD with four replications at the research laboratory of Maragheh University during 2018-19. Also, the influence of the extract was studied on enzyme activities of alpha-amylase, catalase, peroxidase, superoxide dismutase, and polyphenol oxidase. Furthermore, chemical compounds of the root methanolic extract identified by GC/MS instruments.

**Results:** Germination percentage and germination rate decreased significantly with the increase in the concentration of the extract, and germination stopped at concentrations above 15%. The results of seedling growth showed severe inhibitory effects of the extract on radicle and shoot organs of wheat seedlings that associated with reducing of the lengths and weights of the organs, and consequently, the vigor of seedling declined. The extract significantly reduced the activity of alpha-amylase, however, the activities of antioxidant enzymes first increased at low and medium concentrations but at high concentrations, the activities declined. The phytochemical analysis identified 62 compounds in the root of this plant that Octadecatrienal, Dihydro-4H-pyrazolo [3, 4-d] pyrimidin-4-one, Hexadecanoic acid, Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1 (hydroxymethyl) ethyl ester, Isopropyl isothiocyanate, and Cyclohexanone could be effective compounds on seed germination.

**Conclusion:** *C. falcata* had a very strong inhibitory effect on the seed viability and seed vigor of the wheat seeds. According to the results, the mode of action of the allelopathic compounds is induced by induction of oxidative stress and inhibition of seed reserves remobilization during germination. The high sensitivity of alpha-amylase activity to allelochemicals was detected in this experiment. The decrease in the activity of all studied enzymes at high concentrations of *C. falcata* root extract was also significant. Stearic acid and palmitic acid derivatives accounted for about 30% of the compounds, which are very likely to interfere with the activity of the enzymes.

**Keywords:** Allelopathy, Alpha-amylase, Oxidative stress, Secondary metabolite, Seed vigour

### Highlights:

- 1- Allelopathy effects of *C. falcata* root extract on germination indices of wheat were studied.
- 2- Chemical compounds identified were in methanol extract of the plant roots of *C. falcata*.
- 3- Oxidative stress is induced by the allelochemicals of *C. falcata*.

<sup>1</sup> PhD student in Crop Physiology Maragheh University, Maragheh, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor Department of Plant Production and Genetics, Maragheh University, Maragheh, Iran <sup>3</sup> Department of chemistry, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

\* Corresponding author, E-mail: [aliasghar.aliloo@gmail.com](mailto:aliasghar.aliloo@gmail.com)

