Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment
Online ISSN: 2981-0280
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

Investigation of Secondary Metabolites and Allelopathic Potential of the Invasive Weed *Commelina communis* L. for the Development of Environmentally Friendly Herbicides

Fatemeh Ranjbar Nik Ghaleh[1], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[*1], Ziba Avarseji[1], Akram Taleghani[2]

[1] Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan province, Iran.
[2] Chemistry Department, Faculty of Basic Sciences and Engineering, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan province, Iran.

Article Info

Article type: Research Article

Article history:
Received 15September2024
Revised01March2024
Accepted10March 2024
Publishedonline29March2026

Keywords:
Aqueous extract
Seedling dry weight
Photosynthetic pigments
Oxidative stress
Total flavonoid

ABSTRACT

Objective: This study aimed to identify the secondary metabolites of the invasive weed *Commelina communis* and to evaluate its allelopathic potential on the germination, physiological, and biochemical traits, and the antioxidant activity of *Lepidium sativum*.

Materials and Methods: In this study, secondary metabolites of C. communis, including total phenolic, total flavonoid, and anthocyanin contents, as well as its antioxidant activity, were determined using standard phytochemical methods. A bioassay experiment was conducted in 2023 to evaluate the effect of Camelina aqueous extracts on L. sativum in a factorial arrangement within a completely randomized design with three replications. Root, stem, leaf, and flowering shoot were considered as the first factor, and aqueous extract concentrations of 25, 50, 75, and 100% as the second factor.

Results and discussion: According to the findings, germination percentage and rate, seedling growth, chlorophyll content, proline, soluble sugars, total phenolic, total flavonoid, and antioxidant activity of *L. sativum* were affected by aqueous extracts of different *C. communis* organs and their concentrations. Concentrations of 25 and 50% of root and stem extracts increased chlorophyll content and seedling dry weight, whereas concentrations above 50% reduced growth. The aqueous extract of the flowering shoot had the strongest inhibitory effect on germination and photosynthesis of *L. sativum*. The reduction in seedling dry weight, despite a relative increase in proline, soluble sugars, and antioxidant activity, indicates severe oxidative stress and cellular toxicity, further confirmed by the accumulation of allelochemicals, including total phenolics, total flavonoids, and anthocyanins, across different organs.

Conclusions: The high biomass of *Camelina* and its allelopathic potential, especially in flowering shoots, make it a suitable candidate for allelopathy studies and biological weed management.

*Corresponding author, Email:eg.alamdari@gonbad.ac.ir
Cite this Article: Ranjbar Nik Ghaleh, F., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z.., & Taleghani, A. (2026). Investigation of secondary metabolites and allelopathic potential of the invasive weed *Commelina communis* L. for the development of environmentally friendly herbicides. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*. http//doi.org/ 10.22034/nawee.2025.478651.1107.

© The Author(s).
Publisher: Gonbad Kavous University.
DOI: http//doi.org/10.22034/nawee.2025.478651.1107.

رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست
شاپا الکترونیکی ۲۹۸۱-۰۲۸۰
Homepage: https://nawee.gonbad.ac.ir

بررسی ترکیبات ثانویه و پتانسیل آللوپاتیک علف‌هرز مهاجم کاملینا (*Commelina communis* L.) با هدف توسعه علف‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست

فاطمه رنجبر نیک قلعه[۱]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[۱*]، زیبا اورسجی[۱]، اکرم طالقانی[۲]

[۱] گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، استان گلستان، ایران.
[۲] گروه آموزشی شیمی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، استان گلستان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۰۹

کلیدواژه‌ها:

تنش اکسیداتیو
رنگیزه‌های فتوسنتزی
عصاره آبی
فلاوونوئید کل
وزن خشک گیاهچه

چکیده

هدف: این مطالعه با هدف شناسایی ترکیبات ثانویه علف‌هرز مهاجم کاملینا و بررسی پتانسیل دگرآسیبی آن بر جوانه‌زنی، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاهی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، ترکیبات ثانویه کاملینا شامل فنل کل، فلاوونوئید کل و آنتوسیانین و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به روش‌های استاندارد فیتوشیمیایی اندازه‌گیری شد. آزمایش زیست‌سنجی اثر عصاره علف‌هرز کاملینا بر شاهی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۲ انجام گرفت. اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و سرشاخه گلدار به‌عنوان عامل اول و غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره آبی به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث: مطابق یافته‌ها، درصد و سرعت جوانه‌زنی، رشد گیاهچه، محتوای کلروفیل، پرولین، قندهای محلول، فنل کل، فلاوونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاهی تحت تأثیر عصاره آبی اندام‌های مختلف کاملینا و غلظت‌های آن‌ها قرار گرفت. غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره ریشه و ساقه باعث افزایش کلروفیل و وزن خشک گیاهچه شد، در حالی که غلظت‌های بالاتر از ۵۰ درصد باعث کاهش رشد شد. عصاره سرشاخه گلدار بیشترین اثر بازدارندگی را بر جوانه‌زنی و فتوسنتز شاهی داشت. کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها همراه با افزایش نسبی پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان‌دهنده شدت تنش اکسیداتیو و سمیت سلولی است و تجمع آللوکمیکال‌هایی نظیر فنل کل، فلاوونوئید کل و آنتوسیانین در اندام‌های مختلف این موضوع را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری: زیست‌توده بالای کاملینا و پتانسیل دگرآسیبی آن، به‌ویژه در سرشاخه‌های گلدار، آن را به گزینه‌ای مناسب برای مطالعات دگرآسیبی و مدیریت زیستی علف‌های هرز تبدیل می‌کند.

* نویسنده مسئول، Email: eg.alamdari@gonbad.ac.ir

استناد: رنجبر نیک قلعه، ف.، غلامعلی‌پور علمداری، ا.، اورسجی، ز. و طالقانی، ا. (۱۴۰۵). بررسی ترکیبات ثانویه و پتانسیل آللوپاتیک علف‌هرز مهاجم کاملینا (*Commelina communis* L.) با هدف توسعه علف‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*.
http//doi.org/ 10.22034/nawee.2025.478651.1107
ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© The Author(s).

مقدمه

علف‌هرز مهاجم کاملینا با نام علمی *Commelina communis* L. از خانواده *Commelinaceae* می‌باشد. گیاهی است یک‌ساله یا چندساله با ریشه افشان، گاهی ریزوم‌دار، ساقه رونده و خوابیده با انشعابات متعدد تا بیش از یک متر، بدون کرک، برگ‌ها دو ردیفه و غلاف‌دار، پهنک برگ سرنیزه‌ای تا تخم‌مرغی و گل آذین شامل ترکیبی از یک یا دو گرزن دم عقربی و دارای مسیر فتوسنتزی سه کربنه می‌باشد. همچنین به‌خاطر عمر کوتاه گل‌های حاصل از آن، گل روز نامیده می‌شود. این گیاه دارای توان ریشه‌زایی و رشد رویشی بالایی است که در ماه‌های خرداد تا شهریور گل و دانه‌ها از مرداد تا آبان ماه می‌رسند. هر گیاه کاملینا قادر است تعداد زیادی دانه زیستا تولید نماید (کهنه و همکاران، ۱۳۹۸).

برای جلوگیری از گسترش مقاومت علف‌های هرز، کاهش مشکلات زیست محیطی ایجاد شده در اثر مصرف علف‌کش‌ها و نیز کم کردن هزینه‌های تولید باید از استراتژی جایگزین مانند استفاده از روش‌های بیولوژیک و زراعی در کنار روش‌های شیمیایی استفاده کرد. یکی از این روش‌ها، استفاده از خاصیت دگرآسیبی گیاهان علیه گیاهان دیگر (علف‌های هرز) است. در بررسی خاصیت دگرآسیبی گیاهان بر یکدیگر به این نکته بایستی توجه نمود که اثر منفی این ترکیبات را به حداقل رسانده و در عین حال حداکثر کنترل علف‌هرز را حاصل نمود (Bhadoria, 2011؛Farooq et al., 2011). در حقیقت، آللوپاتی یا دگرآسیبی نوعی مداخله منفی در زندگی گیاه است که اثر زیان‌بار آن از طریق آزادسازی مواد شیمیایی گیاه دهنده صورت می‌گیرد (Mominul Islam et al., 2018). از جمله مواد شیمیایی مهم و قابل توجه در گیاهان شامل متابولیت‌های ثانویه مختلف نظیر آلکالوئیدها، مونوترپن‌ها، سسکوی ترپن‌ها، آلفاپینن‌ها که از اسانس گیاهان خاص تهیه شده (Badmus and Afolayan, 2012)، پلی‌فنل‌ها، کومارین‌ها، ترپنوئیدها، آلکالوئیدها، گلیکوزید سیانوژنیک و استروئیدها بوده که معمولاً مانع جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهان دیگر می‌شوند. این ترکیبات شامل دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی هستند. سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گایوکول پراکسیداز از جمله مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. هم‌چنین یک سری از ترکیبات نظیر فنل‌ها، فلاوونوئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها و غیره می‌باشند که آنزیم نیستند ولی مثل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌توانند باعث جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد یا سایر گونه‌های واکنش‌پذیر شود و با اهدای هیدروژن یا الکترون به رادیکال‌های واکنش‌دهنده یا گونه‌ها از سلول در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نمایند (Rice- Evans et al., 1997). معمولاً ترکیبات پلی‌فنلی، مشتق از گیاهان، دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی هستند. پلی‌فنل‌ها به‌دلیل پایداری و توانایی بالای آن‌ها در جداسازی‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های بسیار فعالی می‌باشند (Loliger, 1991). اصولاً کمیت و کیفیت متابولیت‌ها در گیاهان به عوامل متعددی از جمله اندام، سن گیاه، مرحله فنولوژیکی و عوامل محیطی وابسته است. استخراج این ترکیبات نیز وابسته به روش استخراج و حلال مورد نظر است. باقری و همکاران (۱۴۰۰) گزارش نمودند که میزان کمی و کیفی متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاهان در هر منطقه، تحت تأثیر شرایط اقلیمی، عوامل محیطی و تنش‌های اکولوژیکی در آن منطقه است. در این رابطه، عطایی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقی گزارش نمودند که اندام‌های شاتره (*Fumaria parviflora*) دارای مقادیر مناسبی از آلکالوئیدها و ترکیبات فنلی است. بازدارندگی بیشتر

عصاره آبی گل و برگ شاتره بر مؤلفه‌های رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی چچم (*Lolium rigidum* Guad) می‌تواند احتمالاً به‌دلیل مقادیر بیشتر متابولیت‌های ثانویه آلکالوئیدها و ترکیبات فنلی و سمیت ناشی از آن‌ها در اندام‌های ذکر شده باشد که رشته‌های دوک میتوزی را از فرم طبیعی خارج می‌نمایند و در نتیجه موجب برهم زدن استقرار ریزلوله‌های سانترومری و به‌دنبال آن مانع جدا شدن هسته‌های دختری از یکدیگر خواهند شد.

در مطالعه‌ای، Yang و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند که عصاره‌های آللوپاتیک با تأثیر بر محتوای کلروفیل برگ، محتوای فتوسنتز را کاهش و در نتیجه منجر به کاهش رشد و تضعیف بنیه گیاه می‌شوند. Mandel و همکاران (۲۰۱۲) نیز اظهار داشتند که تجمع مواد سمی و ترشح آن از گیاهان آللوپاتیک موجب کاهش جوانه‌زنی و شاخص طولی قدرت گیاهچه‌ها می‌شوند. در این تحقیق طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و سرعت جوانه‌زنی گیاهان زراعی با افزایش غلظت عصاره آللوپاتیک کاهش معنی‌داری یافت. در تحقیقی دیگر گزارش شده است که گیاهان دارای خاصیت آللوپاتیک قادرند از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه بر جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز تأثیر منفی داشته و باعث کاهش تراکم و رشد آن‌ها شوند (Zaman et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر، غلامعلی‌پور علمداری (۱۴۰۲) نیز گزارش نمودند که عصاره آبی اندام‌های مختلف اکالیپتوس بر جوانه‌زنی و رشد اولیه نخود اثر آللوپاتیک داشته است؛ به‌طوری که افزایش درصد عصاره منجر به تغییرات قابل‌توجه در صفات رشد شده است. میزان تأثیر وابسته به نوع اندام (برگ یا پوسته) و میزان غلظت عصاره بوده است، کریمی و همکاران (۱۴۰۴) بیان داشتند که کاربرد عصاره جلبک دریایی موجب بهبود صفات مورفولوژیک، عملکرد گل و درصد اسانس بابونه آلمانی گردید.

همان‌طور که می‌دانیم، علف‌هرز کاملینا یکی از گونه‌های مهاجم است که اخیراً در مزارع ایران، به‌ویژه در مزارع کلزا و چای مشاهده شده است. با توجه به تازگی این علف‌هرز، تاکنون هیچ علف‌کش انتخابی برای کنترل آن در بازار عرضه نشده است. از سوی دیگر، با توجه به آلودگی شدید خاک و منابع آب ناشی از علف‌کش‌های شیمیایی، نیاز به علف‌کش‌های با منشاء زیستی وجود دارد که ضمن هدف‌گیری فرآیندهای خاص سوخت و ساز سلولی، کم‌خطر برای محیط زیست بوده و از کارآیی بالایی برخوردار باشند. اصولاً جوانه‌زنی بذور یکی از مهم‌ترین مراحل موفقیت بسیاری از علف‌های هرز به شمار می‌رود، زیرا اولین گام برای رقابت آن‌ها در یک نیچ اکولوژیک است (Leon and Knapp, 2004). با توجه به کمبود اطلاعات درباره خاصیت آللوپاتیک علف‌هرز کاملینا، این تحقیق با هدف شناسایی و آنالیز برخی ترکیبات ثانویه و بررسی اثر عصاره آبی اندام‌های مختلف این علف‌هرز در غلظت‌های متفاوت بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه حساس به آللوکمیکال، شاهی (*Lepidium sativum* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

مختصات جغرافیایی محل جمع‌آوری نمونه گیاهی علف‌هرز کاملینا (*C. communis*) و شناسایی آن

در ابتدا، نمونه علف‌هرز کاملینا از سطح مزارع شهرستان کلاله استان گلستان در محدوده جغرافیایی به طول ۳۷ درجه، ۳۸ دقیقه و ۸ ثانیه و به عرض ۵۵ درجه، ۴۹ دقیقه و ۱۷ ثانیه طی مرحله گل‌دهی (مرداد ماه) سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری شدند. در ابتدا، نمونه

گیاهی مورد مطالعه با کمک فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۷۵) و کارشناس سیستماتیک گیاهی دانشگاه گنبدکاووس به‌طور دقیق مورد شناسایی گونه‌ای قرار گرفت. نمونه هرباریومی علف‌هرز کاملینا در آزمایشگاه هرباریوم دانشگاه گنبدکاووس به ثبت رسید.

آماده‌سازی نمونه علف‌هرز کاملینا

نمونه‌های علف‌هرز کاملینا پس از جمع‌آوری، اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و سرشاخه گلدار به‌طور جداگانه تفکیک شدند و سپس هر قسمت به مدت یک دقیقه با آب مقطر شسته شد. در مرحله بعد، نمونه‌ها در شرایط نور غیرمستقیم نیمه‌پژمرده و سپس با استفاده از آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت (۱۰ درصد وزن پایه تر) خشک شدند (Caceres, 2000). پس از خشک شدن، اندام‌های گیاهی با آسیاب برقی خرد شده و سپس از الک‌های با مش ۸ (تعداد مربع در هر اینچ) عبور داده شدند. در نهایت، نمونه‌های خرد شده اندام‌های مختلف تا شروع آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار و در شرایط یخچال نگهداری شدند.

شناسایی و آنالیز کمی ترکیبات ثانویه علف‌هرز کاملینا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن

اندازه‌گیری محتوای فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش استاندارد فیتوشیمیایی ذیل انجام شد. این آزمایش در سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری محتوای فنل کل

اندازه‌گیری محتوای فنل کل بر اساس روش فولین سیوکالتو انجام شد (Malick and Singh, 1980). بدین ترتیب که مقدار ۰/۱ گرم از پودر خشک هریک از اندام‌های علف‌هرز کاملینا با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول گرم ۸۰ درصد در هاون چینی در شرایط دمای اتاق ساییده شد. سپس مخلوط حاصل با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل NF 200) شد. پس از آن مخلوط رویی در حمام آب جوش قرار داده تا کاملاً غلیظ گردد. در ادامه، یک میلی‌لیتر از محلول تغلیظ شده با کمک آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله بعد، مجدداً نیم میلی‌لیتر از محلول حاصل با ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر به حجم سه میلی‌لیتر رسانده شد، سپس روی محلول حاصل، ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو ۵۰ درصد اضافه شد. در ادامه، دو میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰ درصد بعد از سه دقیقه به محلول حاصل نیز افزوده شد. محلول به‌دست آمده به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده و پس از سرد شدن، نقطه جذب نمونه حاصل به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Biochrom libera- S22) در طول موج ۶۵۰ نانومتر خوانده شد. در پایان، محتوای ترکیبات فنلی برحسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک گزارش شد.

اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل

محتوای فلاونوئید کل اندام با روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم تعیین شد (Miliauskas et al., 2004؛ Marinova et al., 2005). بدین منظور، محلول استوک کوئرستین با حل کردن ۵ میلی‌گرم کوئرستین در یک میلی‌لیتر متانول تهیه و سپس محلول‌های استاندارد با رقت‌های متوالی با متانول (۲۰۰-۵ میکروگرم در میلی‌لیتر) تهیه شد. در ادامه، ۰/۶ میلی‌لیتر محلول استاندارد رقیق شده کوئرستین یا عصاره (۱ میلی‌لیتر) به‌طور جداگانه با ۰/۶ میلی‌لیتر از کلرید آلومینیوم ۲ درصد مخلوط شد. پس از مخلوط

نمودن، محلول به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. سپس نقطه جذب مخلوط واکنش در ۴۲۰ نانومتر با کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Biochrom libera- S22) اندازه‌گیری شد. در پایان، محتوای فلاونوئید کل در نمونه‌های آزمایشی با کمک منحنی کالیبراسیون محاسبه و برحسب میلی‌گرم معادل کوئرستین به ازای هر گرم وزن خشک نمونه (mg QE/g) گزارش شد.

اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها

اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین با استفاده از روش Krizek و همکاران (۱۹۹۳) انجام شد. بدین منظور، مقدار ۰/۲ گرم از هر یک از اندام‌ها در متانول اسیدی (شامل متانول و اسید استیک گلاسیال به نسبت ۹۹ به ۱) به‌طور جداگانه سائیده شد و پس از سانتریفیوژ (به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۶۰۰ دور در دقیقه) محلول رویی به‌مدت یک شب در تاریکی قرار گرفت. نقطه جذب هریک از نمونه در ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. ضریب خاموشی $\varepsilon=3300\ Mm^{-1}\ cm^{-1}$ بوده و میزان آنتوسیانین برحسب میکرومول بر گرم وزن تازه نمونه گزارش گردید.

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

جهت انجام این آزمایش، ۳/۹ میلی‌لیتر از ۲-۲- دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل[1] استوک ساخته شده (۰/۰۰۰۴ گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول) در لوله آزمایش ریخته و سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره حاصل از هر یک از اندام‌های علف‌هرز کاملینا را به‌طور جداگانه به آن اضافه و به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد (Brand- Williams, et al., 1995)

$$I(\%) = 100 \times \frac{A0 - As}{A0} \qquad (۱)$$

A0: جذب کنترل (حاوی همه اجزا واکنشگر بدون نمونه) و As: جذب نمونه شاهد بود.

روش تهیه عصاره آبی غلظت‌های مختلف اندام‌های علف‌هرز کاملینا

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا ۵ گرم از پودر خشک هر یک از اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و سرشاخه گلدار علف‌هرز کاملینا (وزنی) با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (حجمی) به‌عنوان حلال به‌طور جداگانه عصاره‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت روی دستگاه لرزاننده[2] قرار داده شد. در ادامه، نمونه‌ها به‌مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه، سانتریفیوژ (مدل NF 200) شدند. این امر به‌منظور جلوگیری از بالا رفتن اصطکاک و شکستن احتمالی ساختار ترکیبات شیمیایی موجود در نمونه‌ها می‌باشد. از محلول پایه حاصل (عصاره)، غلظت‌های مختلف ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد با کمک آب مقطر تهیه گردید. از آب مقطر خالص به‌عنوان نمونه شاهد استفاده شد.

آزمایش‌های زیست‌سنجی

[1] 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

[2] Shaker

در ابتدا، بذور گواهی شده شاهی از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. اصولاً بذور شاهی از جمله بذوری است که به‌دلیل سرعت جوانه‌زنی بالا به‌عنوان گیاه رفرنس و مرجع در سنجش‌های زیستی استفاده می‌شود. گزارش شده است که بذور گونه‌هایی نظیر شاهی (Kocaçalikan and Terzi, 2001)، عدس (*Lense culinaris* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) (Salazar et al., 2020) به سرعت جوانه‌زده و حساس به آللوکمیکال‌ها می‌باشند. در ادامه، بذور شاهی با هیپوکلرید سدیم ۰/۱ درصد برای مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و به‌دنبال آن بذور برای چندین مرتبه با آب مقطر مورد شستشو قرار گرفتند. تعداد ۲۵ عدد بذور شاهی در پتری‌هایی با قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی کاغذ صافی کشت گردید. برای شروع آزمایش، ۵ میلی‌لیتر از غلظت‌های حاصل از هریک از اندام‌های علف‌هرز کاملینا به یک‌باره به محیط هریک از پتری‌ها به‌طور جداگانه اضافه شد. پتری‌های کشت شده در شرایط اتاقک رشد با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی ۸ ساعت، نور ۱۴۰۰۰ لوکس، دمای ۳ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۵ درصد قرار داده شدند. تعداد بذور جوانه‌زده از روز دوم به‌طور روزانه در ساعت معین تا پایان روز دهم (ثابت شدن جوانه‌زنی) ثبت گردید (ISTA, 2003). این آزمون زیست‌سنجی، به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه‌های علوم علف‌های هرز و گیاه‌شناسی دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. در پایان، پاسخ صفات جوانه‌زنی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاهی تحت غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های کاملینا به‌شرح ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

اندازه‌گیری خصوصیات جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی گیاه شاهی با استفاده از رابطه ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

$$GP = 100 \times \left(\frac{n}{N}\right) \qquad (۲)$$

در این رابطه، GP: درصد جوانه‌زنی، n: تعداد بذرهای جوانه‌زده و N: کل بذرهای کشت شده در پتری می‌باشد (Hardgree and Van Vactor, 2000).

سرعت جوانه‌زنی نیز با استفاده از رابطه ذیل محاسبه شد (Khandakar and Bradbeer, 1983).

$$GS = \sum_{i=I}^{n} \left(\frac{n}{t}\right) \qquad (۳)$$

GS: سرعت جوانه‌زنی، n: تعداد بذرهایی که در زمان t جوانه‌زده و t: تعداد روزها از شروع آزمایش.

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش میلی‌متری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز با ترازوی دیجیتال با دقت یک‌هزارم توزین گردید.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی

در پایان روز دهم، صفات فیزیولوژیکی بر اساس روش استاندارد فیتوشیمیایی ذیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

روش اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

اندازه‌گیری محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی بر اساس روش Arnon (۱۹۴۹) انجام شد. بدین منظور، مقدار ۰/۱ گرم از اندام‌های هوایی تازه شاهی در هاون چینی ریخته و با استفاده از نیتروژن مایع خرد گردید و در ادامه با ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد[3] ۸۰ درصد کاملاً له گردید. سپس عصاره حاصل در دستگاه سانتریفیوژ (مدل NF 200) با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. در مرحله بعد، عصاره فوقانی حاصل به بالن شیشه‌ای منتقل گردید و سپس مقداری از نمونه داخل بالن به کووت از جنس کوارتز منتقل شد. سپس نقاط جذب نمونه در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر به‌ترتیب برای رنگیزه‌های کلروفیل a، b و کاروتنوئید توسط اسپکتروفتومتر (مدل Biochrom libera- S22) به‌طور جداگانه خوانده شد. در پایان، با توجه به روابط ذیل، محتوای رنگیزه‌های کلروفیل a، b، کل (a+b) و کاروتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن نمونه تازه گزارش شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)\ V/100W \quad (۴)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)\ V/100W \quad (۵)$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227 \quad (۶)$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موجهای ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W= وزن تازه نمونه برحسب گرم

اندازه‌گیری محتوای پرولین

اندازه‌گیری محتوای پرولین بر اساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. بدین منظور، ۵۰۰ میلی‌گرم از اندام هوایی تازه شاهی با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳ درصد مخلوط و سپس مخلوط حاصل با کاغذ صافی، صاف گردید. در ادامه، ۲ میلی‌لیتر از محلول حاصل را در لوله آزمایش ریخته و سپس ۲ میلی‌لیتر اسید نین هیدرین به آن اضافه گردید. در مرحله بعد، ۴ میلی‌لیتر تولوئن به محلول حاصل افزوده و به‌مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه به‌خوبی تکان داده شد؛ به‌طوری که لایه رویی صورتی رنگ تولوئن نمایان گردد. سپس این لایه جدا و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدلBiochrom libera- S22) در نقطه جذب۵۲۰ نانومتر خوانده شد. در پایان، محتوای پرولین با استفاده از منحنی استاندارد پرولین برحسب میکرو مول بر گرم وزن تازه نمونه گزارش شد.

اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول

اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول بر اساس روش Kochert (۱۹۷۸) انجام شد. بدین منظور، ۰/۱ گرم از کل اندام خشک گیاه شاهی با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط شد. سپس به‌مدت یک هفته در یخچال نگهداری گردید تا قندهای محلول آن کاملاً آزاد شود. پس از یک هفته از محلول رویی نمونه، یک میلی‌لیتر برداشته و حجم آن با آب مقطر به دو میلی‌لیتر رسانده شد. در ادامه، یک میلی‌لیتر فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ به محلول حاصل اضافه شد. سپس بعد از گذشت ۴۵

[3] Chill aceton

دقیقه میزان جذب نمونه به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Biochrom libera- S22) در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد. در پایان، محتوای قندهای محلول با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه گزارش شد.

درصد تحریک‌کنندگی یا بازدارندگی صفات در مقایسه با شاهد با استفاده از رابطه ذیل به‌دست آمد (Amoo et al., 2008).

$$I = 100 \times \frac{R2 - R1}{R1} \qquad (۱۰)$$

که در آن، I: درصد بازدارندگی و یا تحریک کنندگی، R_1: پاسخ گیاه کنترل و R_2: پاسخ گیاه تیمار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال سنجی داده‌ها توسط نرم‌افزار Minitab با نسخه ۱۴ مورد ارزیابی قرار گرفت و داده‌های غیر نرمال با توجه به برقراری شروط تجزیه واریانس، نرمال گردید (سلطانی و ترابی، ۱۳۹۳). سپس تجزیه واریانس داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SAS با نسخه ۹/۳ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها (Mean ± std) نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حفاظت شده (در جایی‌که آماره F معنی‌دار) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آنالیز کمی برخی از متابولیت‌های ثانویه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در علف‌هرز کاملینا

نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار اندام‌های ریشه، ساقه، برگ و سرشاخه گلدار علف‌هرز کاملینا از لحاظ تجمع متابولیت‌های ثانویه نظیر فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱).

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، محتوی فنل کل در اندام‌های مختلف کاملینا بین ۱۷ و ۴۰/۰۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک بود. در بین اندام‌ها، سرشاخه گلدار حاوی بیشترین مقدار این متابولیت ثانویه بود، اگرچه از لحاظ آماری با اندام برگ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد در مقابل اندام ریشه علف‌هرز کاملینا از کمترین محتوای فنل کل برخوردار بود (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس تجمع متابولیت‌های ثانویه فنل کل، فلاوونوئید کل، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل کل	فلاوونوئید کل	آنتوسیانین	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
اندام‌ها	۳	۳۵۴/۸۰**	۵۰/۶۲**	۳۶۴/۵۳**	۱۱۵/۳۰**
خطا	۸	۲/۶۳	۰/۰۲	۰/۷۵	۰/۳۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۲۴	۲/۸۱	۶/۶۴	۲/۱۳

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲-مقایسه میانگین (میانگین ± انحراف از معیار) تجمع متابولیت‌های ثانویه فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*)

اندام‌های گیاهی	محتوای فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه خشک)	فلاوونوئید کل محتوای (میلی‌گرم کوئرستین به گرم وزن خشک نمونه)	محتوای آنتوسیانین (میکرومول بر گرم وزن تازه نمونه)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)
ریشه	۱۷/۰۰±۰/۰۳^{c}	۰/۸۷±۰/۰۲^{d}	۸/۵۴±۰/۲۵^{c}	۲۲/۴۱±۲/۴۵^{b}
ساقه	۲۷/۵۱±۰/۰۹^{b}	۲/۳۱±۰/۱۵^{c}	۱/۹۵±۰/۰۶^{d}	۲۳/۵۳±۴/۵۹^{b}
برگ	۳۹/۲۱±۰/۰۳^{a}	۸/۳۱±۰/۰۳^{b}	۱۳/۸۳±۰/۷۵^{b}	۳۳/۸۳±۵/۰۱^{a}
سرشاخه گلدار	۴۰/۰۳±۰/۰۲^{a}	۸/۹۳±۰۱^{a}	۲۷/۸۹±۱/۵۴^{a}	۳۳/۵۲±۱/۴۷^{a}
LSD 5%	۳/۰۵	۰/۲۷	۱/۶۳	۱/۱۴

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

دامنه تغییرات فلاوونوئید کل در عصاره آبی اندام‌های مختلف علف‌هرز کاملینا بین ۰/۸۷ و ۸/۹۳ میلی‌گرم کوئرستین به گرم وزن خشک نمونه متغیر بود. بیشترین و کمترین تجمع ترکیبات فلاوونوئیدی به‌ترتیب مربوط به سرشاخه گلدار و ریشه بوده است، اندام برگ با مقدار ۸/۳۱ میلی‌گرم کوئرستین به گرم وزن خشک نمونه در رتبه دوم از لحاظ تجمع این متابولیت ثانویه قرار گرفت (جدول ۲).

در مورد محتوای آنتوسیانین، بیشترین و کمترین مقدار معنی‌دار تجمع این ترکیب ثانویه به‌ترتیب مربوط به سرشاخه گلدار و ساقه با مقدار ۲۷/۹۹ و ۱/۹۵ میکرومول بر گرم وزن تازه نمونه بود (جدول ۲).

مطابق یافته‌ها، اندام‌های برگ و سرشاخه گلدار کاملینا از بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار به‌ترتیب ۳۳/۸۳ و ۳۳/۵۲ درصد برخوردار بودند. در مقابل، کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به اندام ریشه (۲۲/۴۱ درصد) تعلق داشت، اگرچه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار ساقه نشان نداد (جدول ۲). این نتیجه مطابق نتایج بهداد و همکاران (۱۳۹۴) می‌باشد. این محققین گزارش نمودند که اندام‌های مختلف درمنه در مراحل مختلف رشد و نمو از لحاظ تجمع متابولیت ثانویه فنلی متفاوت می‌باشند. در مطالعه‌ای، علیرضایی نقندر و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند که تجمع ترکیبات فیتوشیمیایی در طی مراحل مختلف نموی در بافت‌های مختلف ترشک‌وحشی (*Rumex turcomanicus* Czerep.)، از تنوع بالایی برخوردار بود. آن‌ها مشخص کردند که بیشترین مقادیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در بخش هوایی در مرحله بلوغ بذر مشاهده شد. این در حالی بود که مقادیر این ترکیبات در قسمت ریشه در مرحله ظهور ساقه گلدهنده بیشترین بود. جرجانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز با ارزیابی میزان تغییرات ترکیبات فنلی اندام‌های هوایی و زیرزمینی ماميران (*Chelidonium majus* L.) در مراحل مختلف فنولوژیکی بیان نمودند که بیشترین مقدار ترکیبات فنلی به اندام ریشه در مرحله گلدهی اختصاص داشت. در مقابل، اندام هوایی در مرحله میوه‌دهی از کمترین مقدار این ترکیب برخوردار بود که اختلاف آن با اندام هوایی در مرحله گلدهی و رویشی معنی‌دار نبود. Naghiloo و همکاران (۲۰۱۲) طی مطالعه‌ای بر گیاه مرتعی گون (*Astragalus compactus* Lam.) بیان نمودند که مقادیر ترکیبات فنلیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره این گیاه، به مرحله نموی گیاه بستگی داشته و بالاترین مقادیر در مرحله میوه‌دهی مشاهده شد.

ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرزکاملینا بر برخی از صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی غلظت‌های مختلف عصاره آبی علف‌هرز کاملینا و اندام‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر صفات جوانه‌زنی نظیر درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*) و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	وزن خشک گیاهچه
اندام	۳	۵۱۱/۳۸**	۱/۷۹**	۹/۵۲**	۱/۰۶**	۶۱/۸۷**	۰/۴۳**	۶۸/۰۵**
غلظت	۴	۴۰۸/۰۰**	۲/۲۳**	۳۶/۶۹**	۶/۷۴**	۵۷/۸۵**	۹/۴۴**	۹۹/۷۴**
اندام × غلظت	۱۲	۲۶۳/۶۷**	۰/۷۰**	۶/۲۳**	۰/۹۰**	۱۱/۹۰**	۰/۱۷**	۱۱/۹۶**
خطا	۴۰	۲۸/۲۰	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۰۹	۰/۴۴	۰/۰۷	۰/۶۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۵۵	۶/۳۷	۹/۰۹	۵/۴۶	۱۰/۰۱	۹/۹۳	۸/۵۲

** نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

مقایسه میانگین روند تغییرات اندام‌های کاملینا در غلظت‌های مختلف بر درصد جوانه‌زنی گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی نشان داد که این صفت تحت تأثیر غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره آبی سر شاخه گلدار کاملینا به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان ۶/۶۷، ۱۲/۶۷ و ۴۵/۳۳ درصد در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. اما اثر سایر غلظت‌ها و اندام‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). با توجه به عدم تاثیر پذیری شاهی در پاسخ به عصاره آبی اندام‌های ریشه، ساقه و برگ علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف و حتی سرشاخه گلدار در غلظت پایین می‌توان استنباط نمود که ترکیبات دگرآسیب موجود در عصاره در حدی نبودند که موجب کاهش درصد جوانه‌زنی در شاهی گردند.

مقایسه میانگین اثر متقابل اندام‌های علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی شاهی نشان داد که غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد عصاره آبی اندام برگ، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد سرشاخه گلدار و به‌علاوه ۱۰۰ درصد عصاره ساقه اثر بازدارندگی معنی‌داری بر این موٴلفه نشان دادند. بیشترین اثر معنی‌دار مربوط به غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی سرشاخه گلدار (۵۳/۴۰ درصد) بود. همچنین این مطالعه نشان داد که غلظت‌های مختلف اندام ریشه کاملینا اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی شاهی نداشتند (جدول ۴). این مطالعه نشان داد که سرعت جوانه‌زنی شاهی تحت عصاره آبی اندام‌های ساقه و سرشاخه گلدار در غلظت کامل بیشتر از درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر ترکیبات دگرآسیب موجود در علف‌هرز کاملینا در غلظت مشابه قرار گرفت. کاهش مکانیسم‌های مرتبط با جوانه‌زنی در حضور عصاره آبی برخی از اندام‌ها در یک غلظت خاص می‌تواند به‌واسطه توقف و یا کاسته شدن فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده (آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز و تجزیه کننده چربی‌ها)، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و یا محدودکنندگی پتانسیل اسمزی باشد. نقدی‌بادی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی اثر آللوپاتیک غلظت‌های مختلف اندام‌های اسپند

(*Peganum harmala* L.) بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) گزارش کردند که با افزایش غلظت عصاره از صفر به ۱۵ درصد، میزان جوانه‌زنی در هر دو علف‌هرز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به گونه‌ای که میزان جوانه‌زنی در خرفه و سلمه‌تره به‌ترتیب از ۹۷/۳ و ۸۸ درصد در تیمار شاهد به ۲۰/۱ و ۲۶ درصد کاهش یافت. در این مطالعه، بیشترین میزان جوانه‌زنی مربوط به عصاره ریشه و کمترین آن مربوط به عصاره میوه بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین (میانگین ± انحراف از معیار) اثر متقابل غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*) بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum*)

اندام‌های گیاهی	غلظت‌ها (درصد)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بر روز)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم در بوته)	وزن خشک گیاهچه (گرم در بوته)
	۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۹۷±۰/۶۴^{d}	۶/۵۹±۰/۲۲^{a}	۷/۷۵±۱/۰۵^{cd}	۴/۰۷±۰/۱۲^{a}	**۱۱/۸۲±۱/۱۶^{bc}**
	۲۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۹/۹۷±۰/۵۷^{b}	۵/۲۷±۰/۱۸^{b}	۱۰/۲۵±۰/۹۵^{b}	۲/۸۷±۰/۴۲^{b}	**۱۳/۱۲±۱/۳۵^{b}**
ریشه	۵۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۸۰±۰/۱۰^{ab}	۸/۹۰±۰/۶۶^{b}	۵/۳۸±۰/۰۶^{b}	۱۳/۰۰±۰/۳۰^{a}	۲/۹۰±۰/۱۰^{b}	**۱۵/۹۰±۰/۲۰^{a}**
	۷۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۹۰±۰/۰۰^{ab}	۶/۱۵±۰/۴۵^{f}	۵/۳۷±۰/۱۲^{b}	۸/۰۰±۰/۶۰^{cd}	۲/۱۳±۰/۲۳^{ef}	**۱۰/۱۳±۰/۸۱^{d}**
	۱۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۹۰±۰/۰۰^{ab}	۴/۸۰±۰/۵۳^{g}	۵/۵۸±۰/۱۳^{b}	۶/۹۵±۰/۸۵^{de}	۱/۶۱±۰/۲۴^{g}	**۸/۵۶±۱/۰۴^{e}**
	۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۹۷±۰/۶۴^{d}	۶/۵۹±۰/۲۲^{a}	۷/۷۵±۱/۰۵ ^{cd}	۴/۰۷±۰/۱۲^{a}	**۱۱/۸۲±۱/۱۶^{bc}**
	۲۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۱۲/۶۷±۰/۵۸^{a}	۵۰/۶۲±۰/۲۰^{b}	۱۲/۲۲±۰/۱۶^{ab}	۲/۶۳±۰/۲۵^{bcd}	**۱۴/۸۵±۰/۴۱^{a}**
ساقه	۵۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۳۳±۱/۱۶^{de}	۵/۷۶±۰/۱۹^{b}	۸/۰۵±۰/۳۵^{c}	۲/۸۰±۰/۲۶^{bc}	**۱۰/۸۵±۰/۶۱^{cd}**
	۷۵	۹۸/۰۰±۳/۴۶^{a}	۴/۹۰±۰/۱۷^{ab}	۵/۸۳±۰/۲۹^{ef}	۵/۶۸±۰/۱۶^{b}	۳/۸۵±۰/۰۵^{g}	۲/۵۸±۰/۴۰^{bcd}	**۶/۴۳±۰/۴۵^{f}**
	۱۰۰	۹۳/۳۳±۱/۱۵^{ab}	۴/۴۳±۰/۱۲^{bcd}	۳/۴۰±۰/۵۳^{h}	۵/۳۲±۰/۴۳^{b}	۱/۹۵±۰/۷۵^{h}	۲/۱۳±۰/۲۱^{ef}	**۴/۰۸±۰/۹۱^{h}**
	۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۹۷±۰/۶۴^{d}	۶/۵۹±۰/۲۲^{a}	۷/۷۵±۱/۰۵ ^{cd}	۴/۰۷±۰/۱۲^{a}	**۱۱/۸۲±۱/۱۶^{bc}**
	۲۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۷/۱۳±۰/۳۲^{d}	۵/۶۳±۰/۰۸^{b}	۷/۵۷±۰/۹۸^{cd}	۲/۸۰±۰/۲۶^{bc}	**۱۰/۳۷±۰/۷۲^{d}**
برگ	۵۰	۹۷/۳۳±۳/۰۶^{a}	۴/۵۷±۰/۳۱^{abc}	۶/۵۰±۰/۵۶^{de}	۵/۶۸±۰/۱۰^{b}	۵/۵۷±۰/۳۱^{f}	۲/۸۷±۰/۳۲^{b}	**۸/۴۳±۰/۴۵^{e}**
	۷۵	۹۳/۳۳±۳/۲۱^{ab}	۴/۱۷±۰/۱۲^{cd}	۶/۲۷±۰/۳۱^{def}	۵/۷۵±۰/۱۶^{b}	۵/۶۷±۰/۲۹^{f}	۲/۵۰±۰/۵۰^{bcde}	**۸/۱۷±۰/۷۶^{e}**
	۱۰۰	۹۶/۰۰±۲/۰۰^{ab}	۴/۱۷±۰/۲۵^{cd}	۵/۳۰±۰/۲۷^{fg}	۴/۰۱±۰/۵۷^{c}	۴/۲۳±۰/۲۱^{g}	۱/۷۳±۰/۲۳^{fg}	**۵/۹۶±۰/۴۱^{f}**
	۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۹۷±۰/۶۴^{d}	۶/۵۹±۰/۲۲^{a}	۷/۷۵±۱/۰۵ ^{cd}	۴/۰۷±۰/۱۲^{a}	**۱۱/۸۲±۱/۱۶^{bc}**
	۲۵	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۶/۲۳±۰/۴۰^{def}	۵/۳۴±۰/۰۸^{b}	۶/۰۳±۰/۵۱^{ef}	۲/۶۳±۰/۰۶^{bcd}	**۸/۶۷±۰/۵۰^{e}**
سرشاخه	۵۰	۹۳/۳۳±۳/۰۶^{b}	۴/۴۳±۰/۳۸^{bcd}	۶/۱۸±۰/۴۵^{def}	۵/۴۵±۰/۲۷^{b}	۳/۲۸±۰/۲۳^{g}	۲/۲۷±۰/۳۸^{de}	**۵/۵۵±۰/۴۸^{f}**
گلدار	۷۵	۸۷/۳۳±۶/۱۱^{b}	۴/۰۷±۰/۲۹^{d}	۴/۸۳±۱/۰۷^{g}	۵/۴۶±۰/۰۷^{b}	۳/۲۳±۰/۱۵^{g}	۲/۳۷±۰/۳۵^{cde}	**۵/۶۰±۰/۲۶^{f}**
	۱۰۰	۵۴/۶۷±۲۲/۰۳^{c}	۲/۳۳±۱/۱۴^{e}	۳/۵۲±۰/۴۳^{h}	۲/۹۹±۰/۹۱^{d}	۱/۰۴±۰/۰۱^{h}	۰/۹۸±۰/۰۸^{h}	**۲/۰۲±۰/۰۷^{h}**
	LSD 5%	۸/۷۶	۰/۴۹	۰/۹۹	۰/۵۰	۱/۱۰	۰/۴۴	**۱/۳۱**

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

روند تغییرات برهمکنش تنش آللوپاتیک عصاره آبی اندام‌های گیاه هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف بر طول ریشه‌چه شاهی نشان داد که غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره آبی اندام ریشه به‌همراه غلظت ۲۵ درصد ساقه اثر افزایشی معنی‌داری بر این صفت در مقایسه با شاهد نشان دادند. بیشترین اثر افزایشی بر طول ریشه‌چه شاهی مربوط به غلظت ۲۵ درصد عصاره آبی اندام ساقه (۸۱/۷۸ درصد) بود. در مقابل این صفت تحت تأثیر عصاره آبی سایر غلظت‌ها در اندام‌های مورد بررسی علف‌هرز کاملینا به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد. در بین اندام‌ها، ساقه در غلظت کامل (۵۱/۲۲ درصد) دارای بیشترین پتانسیل دگرآسیبی بر طول

ریشه‌چه شاهی در مقایسه با شاهد بود، اگرچه از لحاظ آماری با عصاره اندام سرشاخه گلدار در غلظت ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴).

رونـد تغییـرات طول ساقه‌چه شاهی در واکنش به تنش آللوپاتیک ناشی از اندام‌های علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف نشان داد که پتانسیل دگرآسیبی و کاهشی هر یک از اندام‌های ریشه و ساقه در غلظت‌های مختلف بر طول ساقه‌چه یکسان بوده است. اثر غلظت‌های مختلف دو اندام برگ و سرشاخه گلدار علف‌هرز کاملینا بر طول ساقه‌چه شاهی مشابه اثر دو اندام ریشه و ساقه بجزء در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی بود، به‌طوری‌که طول ساقه‌چه شاهی در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی اندام برگ و سرشاخه گلدار کاملینا به‌ترتیب معادل ۳۹/۱۵ و ۵۴/۶۳ درصد در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد (جدول ۴). دلیل تفاوت در تأثیر افزایشی و یا بازدارندگی غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌ها بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شاهی را می‌توان به نوع و غلظت ترکیبات دگرآسیب موجود در اندام‌ها و تفاوت در پاسخ‌های رشدی و فیزیولوژی هریک از اندام‌ها نسبت داد. این نتیجه مطابق نتایج Ma و همکاران (۲۰۱۲) و Makoi و Nadakidemi (۲۰۱۱) می‌باشد. این محققین گزارش نمودند که اثرگذاری آللوکمیکال‌ها بر رشد گیاهان می‌تواند شامل هر دو اثر تحریک‌کننده و یا بازدارنده باشد. Ismail و Chong (۲۰۰۲) معتقدند که مواد آللوپاتیک در غلظت‌های پایین ممکن است اثرات مثبت و یا منفی بر گیاه هدف داشته باشند، اما در غلظت‌های بالا همواره بازدارنده هستند. نتایج آزمایش محمد دوست چمن آباد (۱۳۹۳) نشان داد که مواد آللوپاتیک اندام‌های تازه و خشک خردل‌وحشی و کنگروحشی (*Cirsium arvense*) تأثیر بازدارندگی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اندام‌های هوایی کلزا داشتند. شدت بازدارندگی وابسته به غلظت و نوع اندام مورد استفاده بود. نتایج مطالعه صابری و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه هریک از گیاهچه‌های علف‌پشمکی (*Bromus inermis*)و چمن‌گندمی‌بلند (*Agropyron elongatum*) با افزایش غلظت عصاره آویشن‌کوهی(*Thymus kotschyanus*) کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد این کاهش به‌دلیل ممانعت از تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها و یا کم شدن اثر هورمون‌های ایندول اسیتیک و جیبرلین، توسط آللوکمیکال‌ها باشد.

در این مطالعه، وزن خشک ریشه‌چه شاهی در پاسخ به عصاره آبی اندام‌های ریشه و ساقه در غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد کاملینا در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. بیشترین افزایش معنی‌دار در وزن خشک ریشه‌چه مربوط به تیمار ۵۰ درصد عصاره آبی اندام ریشه به‌میزان ۶۷/۷۴ درصد در مقایسه با شاهد بود. در مقابل، این صفت تحت سایر غلظت‌ها و به‌علاوه اندام‌ها در غلظت‌های مورد بررسی از روند کاهشی برخوردار بود. بیشترین اثر کاهشی معنی‌دار وزن خشک ریشه‌چه تحت غلظت کامل عصاره آبی سرشاخه گلدار (۸۶/۵۸ درصد) مشاهده شد، اما اختلاف آن با عصاره آبی اندام ساقه در غلظت ۱۰۰ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۴). در این مطالعه، طول ریشه‌چه شاهی تحت کاربرد غلظت ۵۰ درصد در مقایسه با غلظت ۲۵ درصد دارای وزن خشک بیشتری بود. این افزایش وزن احتمالاً به تفاوت در قطر گیاه مرتبط است؛ به عبارت دیگر، وزن مخصوص شاهی (وزن در واحد حجم) تحت کاربرد غلظت ۵۰ درصد بیشتر بوده است.

مقایسه میانگین برهمکنش اثر متقابل عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف بر وزن خشک ساقه‌چه گیاه شاهی نشان داد که اثر غلظت‌های مورد بررسی اندام‌ها بجزء در مورد سرشاخه گلدار در غلظت کامل به‌طور نسبی از روند کاهشی

مشابهی پیروی می‌نماید. به‌هر جهت، وزن خشک ساقه‌چه شاهی در واکنش به غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی سرشاخه گلدار به‌میزان ۷۵/۹۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).

در مجموع، مقایسه میانگین داده‌های حاصل از برهمکنش عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های مختلف نشان داد که اندام‌ها اثر متفاوتی بر وزن خشک گیاهچه‌های شاهی نشان دادند. در بین اندام‌ها، غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره آبی حاصل از ریشه به‌همراه غلظت ۲۵ درصد عصاره ساقه، اثر تحریک‌کنندگی معنی‌داری بر این صفت در مقایسه با شاهد نشان دادند. در مقابل وزن خشک گیاهچه شاهی تحت عصاره آبی اندام برگ و سرشاخه گلدار در غلظت‌های مشابه از روند کاهشی معنی‌دار برخوردار بودند. به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که سرشاخه گلدار در غلظت ۱۰۰ درصد عصاه آبی از بیشترین تأثیر دگرآسیبی بر وزن خشک گیاهچه‌های شاهی (۸۲/۹۱ درصد) در مقایسه با شاهد برخوردار بود (جدول ۴). این نتیجه مطابق با یافته‌های غلامعلی‌پور علمداری و همکاران (۱۴۰۲) می‌باشد. این محققین با ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.) بر خصوصیات جوانه‌زنی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه حساس به آللوکمیکال نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) گزارش نمودند که صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نخودفرنگی، با افزایش غلظت عصاره آبی در مقایسه با شاهد کاهش نشان دادند. در مقابل، محتوای اسمولیت‌های سازشی نظیر پرولین و قندهای محلول، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه‌چه و ساقه‌چه نخودفرنگی در کلیه تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. در مجموع، این محققین نتیجه‌گیری نمودند که کاهش وزن خشک گیاهچه‌های نخودفرنگی در اثر افزایش غلظت عصاره آبی گل راعی با وجود افزایش نسبی محتوای صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نشان‌دهنده شدت بالای تنش دگرآسیب ناشی از عصاره گل‌راعی و عدم کفایت آن‌ها است که منجر به سمیت سلولی در برابر تنش اکسیداتیو می‌شود.

در آزمایش دیگر نیز گزارش شده است که ترکیبات آللوپاتیک، بازدارندگان بالقوه وزن خشک گیاهان می‌باشند (Herro and Siddiqui and Zaman, 2005؛ Callaway, 2003). نتایج آزمایش حمامی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که اثر ممانعت‌کنندگی از جوانه‌زنی و رشد گیاه خرفه (*Portuleca oleracea*) تحت عصاره بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) بیشتر از عصاره برگ آن می‌باشد. حسنی و همکاران (۱۴۰۲) نیز گزارش نمودند که با افزایش میزان بقایای گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) به خاک، شاخص‌های رویشی کاسنی (*Cichorium intybus* L.) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کمترین و بیشترین اثر آللوپاتیک کاملینا بر صفات کاسنی، به‌ترتیب در مقدار ۲ و ۳۲ گرم بقایا در کیلوگرم خاک مشاهده شد. نتایج آزمایش غلامعلی‌پور علمداری و همکاران (۱۴۰۳) نیز نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، طول گیاهچه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، شاخص طولی بنیه بذر، وزن خشک ریشه‌چه، و ساقه‌چه و گیاهچه و شاخص وزنی بنیه بذر شاهی تحت تأثیر عصاره آبی اندام‌ها و غلظت‌های مختلف علف‌هرز مارتیغال (*Silybum marianum* Gaertn (L.)) کاهش یافت. در بین اندام‌ها، عصاره آبی اندام برگ از بیشترین اثر بازدارندگی بر خصوصیات جوانه‌زنی شاهی برخوردار بود، به‌طوری که تفاوت در تأثیر غلظت‌های مختلف اندام‌ها وابسته به حد آستانه غلظت آن‌ها بود.

ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا بر برخی از صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی اندام‌ها و غلظت‌های مختلف کاملینا به‌علاوه برهمکنش‌ها آن‌ها بر صفات فیزیولوژیکی نظیر رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید)، اسمولیت‌های سازشی (پرولین و قندهای محلول)، بیوشیمیایی (فنل و فلاوونوئید کل) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاهی معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*) و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه محک و حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای کلروفیل a	محتوای کلروفیل b	محتوای کلروفیل کل	محتوای کاروتنوئید	محتوای پرولین	محتوای قندهای محلول	محتوای فنل کل	محتوای فلاوونوئید کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
اندام	۳	۰/۰۳**	۰/۰۲**	۰/۰۹**	۰/۰۷**	۵۲۲۶۰/۰۸**	۳۰۳۷/۶۸**	۴۸/۸۵**	۰/۴۸**	۶۶۹/۳۳**
غلظت	۴	۰/۱۲**	۰/۰۵**	۰/۲۹**	۰/۰۹**	۴۳۹۵۲/۸۴**	۶۳۴۷/۵۸**	۲۳۲/۵۵**	۰/۵۶**	۵۲۳/۶۹**
اندام × غلظت	۱۲	۰/۰۴**	۰/۰۱**	۰/۰۷**	۰/۰۱**	۶۵۱۹/۹۸**	۱۱۳۱/۳۰**	۳۳/۴۳*	۰/۴۱**	۷۶/۳۰**
خطا	۴۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۲۳۸/۵۳	۴۲/۱۵	۱۳/۳۳	۰/۱۰	۵/۶۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۰/۹۰	۱۰/۶۳	۹/۸۲	۸/۷۳	۹/۹۸	۴/۵۴	۱۲/۶۵	۱۱/۰۸	۸/۳۶

**،*: به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

مطابق نتایج، محتوای رنگیزه کلروفیل a شاهی در پاسخ به غلظت ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره آبی اندام ریشه و ۲۵ درصد اندام ساقه علف‌هرز کاملینا به‌طوری معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. بیشترین اثر افزایشی بر این رنگیزه تحت کاربرد تیمار ۲۵ درصد عصاره آبی اندام ساقه (۴۸/۹۸ درصد) به‌دست آمد، اگرچه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با اندام ریشه در غلظت ۵۰ درصد نشان نداد. در مقابل محتوای رنگیزه کلروفیل a در سایر غلظت‌های اندام‌های مورد بررسی از روند کاهشی برخوردار بود. هم‌چنین مطالعه حاضر نشان داد که محتوای رنگیزه کلروفیل a تحت تأثیر عصاره اندام برگ و سرشاخه گلدار کاملینا در تمام غلظت‌های مورد بررسی کاهش یافت. نکته قابل توجه، میزان بازدارندگی بیشتر این رنگیزه شاهی در غلظت ۱۰۰ عصاره آبی سرشاخه گلدار در غلظت مشابه سایر اندام‌ها بود (جدول ۶).

بررسی روند تغییرات محتوای رنگیزه کلروفیل b در واکنش به ترکیبات آللوشیمیایی موجود در اندام‌های کاملینا نشان داد که غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره آبی ریشه و ساقه اثر افزایشی معنی‌داری بر این رنگیزه مورد بررسی داشتند. اثر عصاره اندام برگ و سرشاخه گلدار در غلظت ۲۵ درصد نیز بر محتوای کلروفیل b برگچه‌های شاهی معنی‌دار بود. بیشترین اثر تحریک‌کنندگی معنی‌دار تحت کاربرد تیمار ۲۵ درصد اندام ریشه (۱۶۳/۱۶ درصد) مشاهده شد. در مقابل، محتوای کلروفیل b شاهی تحت تأثیر سایر غلظت‌ها در اندام‌های مورد بررسی از روند کاهشی متفاوتی برخوردار بود. در بین اندام‌ها، عصاره آبی سرشاخه گلدار بیشترین پتانسیل تأثیر منفی بر این رنگیزه را نشان داد، اگرچه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد عصاره آبی این اندام مورد بررسی نشان نداد (جدول ۶).

جدول ۶-مقایسه میانگین (میانگین ± انحراف از معیار) اثر متقابل غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های علف‌هرز کاملینا (*Commelina communis*) بر خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum*)

اندام‌های گیاهی	غلظت‌ها (درصد)	محتوای کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	محتوای کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	محتوای کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	محتوای کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه)	محتوای پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تازه نمونه)	محتوای قندهای محلول (میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه)	محتوای فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه)	محتوای فلاوونوئید کل (میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک نمونه)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد)
ریشه	۰	۰/۴۹±۰/۰۲^{cd}	۰/۱۹±۰/۰۳^{de}	۰/۶۷±۰/۰۲^{def}	۰/۴۳±۰/۰۲^{def}	۶۴/۱۶±۵/۰۳^{h}	۱۱۶/۱۰±۱/۶۲^{ij}	۳۱/۶۷±۲/۴۵^{fg}	۳/۴۵±۰/۰۷^{def}	**۱۱/۳۵±۰/۰۲^{f}**
	۲۵	۰/۵۷±۰/۰۲^{b}	۰/۵۰±۰/۰۹^{a}	۱/۱۱±۰/۱۵^{a}	۰/۵۲±۰/۰۳^{c}	۷۲/۹۶±۳/۰۰^{gh}	۱۱۲/۹۴±۸/۶۶^{i}	۲۷/۹۴±۴/۵۹^{g}	۳/۶۱±۰/۳۳^{def}	**۱۲/۰۲±۱/۲۵^{f}**
	۵۰	۰/۷۰±۰/۰۳^{a}	۰/۲۶±۰/۰۴^{bc}	۰/۹۷±۰/۰۳^{b}	۰/۵۶±۰/۰۷^{bc}	۱۲۷/۵۶±۲/۷۰^{f}	۱۲۸/۸۱±۳/۳۹^{hj}	۳۱/۵۵±۵/۰۱^{fg}	۳/۹۱±۰/۵۴^{bcd}	**۱۲/۴۶±۰/۴۹^{f}**
	۷۵	۰/۳۹±۰/۰۱^{efg}	۰/۱۴±۰/۰۲^{efg}	۰/۵۳±۰/۰۱^{ghi}	۰/۴۵±۰/۰۳^{d}	۱۶۴/۱۵±۱۸/۲۷^{cd}	۱۲۲/۷۴±۵/۳۳^{hij}	۳۵/۴۳±۱/۴۷^{cdef}	۴/۲۰±۰/۵۸^{bc}	**۱۱/۷۹±۱/۰۶^{f}**
	۱۰۰	۰/۳۵±۰/۰۲^{fgh}	۰/۱۱±۰/۰۲^{g}	۰/۴۶±۰/۰۳^{i}	۰/۳۵±۰/۰۴^{gh}	۲۵۵/۲۳±۱۷/۹۲^{b}	۱۴۳/۹۷±۱۱/۸۶^{ef}	۳۸/۳۴±۶/۲۹^{bcd}	۴/۳۶±۰/۶۴^{ab}	**۱۲/۱۸±۰/۶۱^{f}**
ساقه	۰	۰/۴۹±۰/۰۲^{cd}	۰/۱۹±۰/۰۳^{de}	۰/۶۷±۰/۰۲^{def}	۰/۴۳±۰/۰۲^{def}	۶۴/۱۶±۵/۰۳^{h}	۱۱۶/۱۰±۱/۶۲^{ij}	۳۱/۶۷±۲/۴۵^{fg}	۳/۴۵±۰/۰۷^{def}	**۱۱/۳۵±۰/۰۲^{f}**
	۲۵	۰/۷۳±۰/۰۶^{a}	۰/۲۸±۰/۰۱^{b}	۱/۰۰±۰/۰۷^{ab}	۰/۵۹±۰/۰۵^{ab}	۷۲/۴۴±۳/۹۲^{gh}	۱۲۱/۵۰±۱۲/۷۱^{hji}	۲۹/۵۰±۵/۴۶^{fg}	۳/۵۰±۰/۱۲^{def}	**۱۸/۸۸±۰/۷۵^{e}**
	۵۰	۰/۴۹±۰/۰۳^{cd}	۰/۲۶±۰/۰۳^{bc}	۰/۷۵±۰/۰۳^{cd}	۰/۶۳±۰/۰۳^{a}	۷۰/۵۶±۲۵/۲۹^{gh}	۱۲۲/۲۴±۱/۵۳^{hji}	۳۱/۵۸±۳/۸۳^{fg}	۳/۶۱±۰/۲۰^{def}	**۲۱/۲۱±۱/۷۳^{e}**
	۷۵	۰/۳۵±۰/۰۴^{fgh}	۰/۱۶±۰/۰۲^{ef}	۰/۵۱±۰/۰۶^{hi}	۰/۴۲±۰/۰۳^{def}	۱۳۵/۶۶±۲۱/۰۴^{ef}	۱۳۵/۰۱±۶/۲۵^{fg}	۳۸/۶۴±۳/۱۸^{bcd}	۳/۶۱±۰/۳۴^{def}	**۲۸/۹۳±۱/۷۱^{cd}**
	۱۰۰	۰/۳۲±۰/۰۴^{gh}	۰/۱۸±۰/۰۲^{de}	۰/۵۰±۰/۰۴^{hi}	۰/۳۵±۰/۰۵^{gh}	۱۵۶/۳۶±۳۸/۲۵^{de}	۲۰۱/۰۱±۳/۱۲^{a}	۴۵/۷۹±۰/۶۸^{a}	۳/۷۱±۰/۳۸^{cde}	**۲۷/۸۵±۴/۲۲^{d}**
برگ	۰	۰/۴۹±۰/۰۲^{cd}	۰/۱۹±۰/۰۳^{de}	۰/۶۷±۰/۰۲^{def}	۰/۴۳±۰/۰۲^{def}	۶۴/۱۶±۵/۰۳^{h}	۱۱۶/۱۰±۱/۶۲^{ij}	۳۱/۶۷±۲/۴۵^{fg}	۳/۴۵±۰/۰۷^{def}	**۱۱/۳۵±۰/۰۲^{f}**
	۲۵	۰/۴۶±۰/۰۴^{de}	۰/۲۵±۰/۰۱^{bc}	۰/۷۰±۰/۰۵^{cde}	۰/۵۷±۰/۰۵^{bc}	۹۲/۰۱±۸/۶۷^{g}	۱۲۳/۶۶±۰/۸۶^{hi}	۳۲/۲۲±^{ٲ}/۱۴^{efg}	۳/۶۳±۰/۳۰^{def}	**۲۲/۲۳±۱/۳۱^{e}**
	۵۰	۰/۴۵±۰/۰۳^{de}	۰/۱۷±۰/۰۲^{ef}	۰/۶۲±۰/۰۳^{efg}	۰/۴۳±۰/۰۷^{def}	۱۸۸/۴۲±۱۶/۷۱^{c}	۱۵۴/۵۲±۶/۷۳^{de}	۳۳/۸۱±۲/۶۳^{defg}	۳/۷۱±۰/۱۱^{cde}	**۲۷/۰۴±۳/۲۸^{d}**
	۷۵	۰/۲۷±۰/۰۵^{h}	۰/۲۳±۰/۰۳^{cd}	۰/۵۰±۰/۰۸^{hi}	۰/۳۸±۰/۰۳^{efg}	۱۸۸/۵۸±۱۸/۴۱^{c}	۱۷۸/۴۴±۷/۰۱^{b}	۳۳/۲۳±۵/۰۱^{defg}	۳/۵۸±۰/۱۲^{def}	**۳۳/۲۴±۴/۷۴^{b}**
	۱۰۰	۰/۲۷±۰/۱۴^{h}	۰/۱۸±۰/۰۱^{de}	۰/۴۵±۰/۱۴^{i}	۰/۳۷±۰/۰۳^{fgh}	۱۸۶/۵۳±۱۵/۲۷^{c}	۱۸۱/۱۷±۶/۷۹^{b}	۴۰/۵۴±۰/۸۰^{abc}	۳/۱۵±۰/۰۹^{f}	**۳۲/۶۴±۰/۴۲^{bc}**
سرشاخه گلدار	۰	۰/۴۹±۰/۰۲^{cd}	۰/۱۹±۰/۰۳^{de}	۰/۶۷±۰/۰۲^{def}	۰/۴۳±۰/۰۲^{def}	۶۴/۱۶±۵/۰۳^{h}	۱۱۶/۱۰±۱/۶۲^{ij}	۳۱/۶۷±۲/۴۵^{fg}	۳/۴۵±۰/۰۷^{def}	**۱۱/۳۵±۰/۰۲^{f}**
	۲۵	۰/۴۷±۰/۰۷^{cd}	۰/۲۵±۰/۰۳^{bc}	۰/۷۲±۰/۱۰^{cde}	۰/۴۴±۰/۰۴^{de}	۲۹۱/۳۹±۴/۵۲^{a}	۱۴۴/۶۸±۹/۴۱^{ef}	۳۴/۱۲±۴/۱۶^{def}	۳/۲۱±۰/۲۱^{ef}	**۲۰/۷۴±۱/۱۱^{e}**
	۵۰	۰/۴۵±۰/۰۷^{de}	۰/۱۳±۰/۰۰^{fg}	۰/۵۸±۰/۰۷^{fgh}	۰/۳۲±۰/۰۲^{h}	۲۷۰/۳۸±۲۱/۴۹^{ab}	۱۵۸/۸۲±۹/۸۴^{de}	۳۷/۹۱±۰/۹۸^{bcde}	۳/۶۸±۰/۰۸^{de}	**۳۰/۱۶±۳/۴۸^{bcd}**
	۷۵	۰/۴۲±۰/۰۲^{def}	۰/۱۴±۰/۰۰^{efg}	۰/۵۶±۰/۰۲^{ghi}	۰/۲۵±۰/۰۴^{i}	۲۷۶/۳۰±۵/۱۹^{ab}	۱۶۶/۹۸±۲/۲۲^{c}	۴۰/۴۸±۵/۶۲^{abc}	۳/۵۵±۰/۴۶^{def}	**۳۲/۸۵±۵/۸۶^{bc}**
	۱۰۰	۰/۱۳±۰/۰۶^{i}	۰/۱۰±۰/۰۱^{g}	۰/۲۳±۰/۰۵^{j}	۰/۱۸±۰/۰۲^{j}	۲۸۹/۷۹±۱/۳۷^{a}	۲۰۰/۰۴±۵/۷۵^{a}	۴۲/۰۴±۳/۵۹^{fgab}	۴/۸۱±۰/۱۹^{a}	**۳۹/۰۴±۱/۵۸^{a}**
	LSD 5%	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۶	۲۵/۴۹	۱۰/۷۱	۶/۰۳	۰/۵۱	**۳/۹۲**

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار

نتایج در مورد محتوای رنگیزه کلروفیل کل مشابه محتوای رنگیزه کلروفیل b بود (جدول ۶). همچنین همان‌طوری که از جدول ۶ مشاهده می‌شود غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد عصاره آبی اندام‌های ریشه و ساقه و به‌علاوه ۲۵ درصد برگ علف‌هرز کاملینا موجب افزایش معنی‌دار محتوای رنگیزه کاروتنوئیدی شاهی شدند. در بین اندام‌ها، عصاره آبی ساقه در غلظت ۵۰ درصد دارای بیشترین اثر افزایشی بر محتوای رنگیزه کاروتنوئیدی (۴۶/۵۱ درصد) بود، اگرچه از لحاظ آماری با غلظت ۲۵ درصد در همان اندام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در مقابل این رنگیزه حفاظتی در سایر غلظت‌های اندام‌های مورد بررسی به‌طور متفاوتی کاهش نشان داد. بیشترین کاهش محتوای کاروتنوئیدها مربوط به غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی در سرشاخه گلدار (۵۸/۱۴ درصد) بود (جدول ۶). افزایش محتوای رنگیزه کلروفیل کل و به‌دنبال آن افزایش رشد گیاهچه‌ای شاهی در غلظت پایین عصاره آبی اندام‌های کاملینا به‌ویژه ۲۵ درصد، احتمالاً نشان‌دهنده غلظت کافی از حفاظت کننده‌های نوری نظیر رنگیزه کلروفیل b و کاروتنوئید در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از آن می‌باشد. در مقابل کاهش رنگیزه کلروفیلی در غلظت‌های بالا بیانگر شدت تنش اکسیداتیو عصاره آبی ناشی از اندام‌ها می‌باشد که منجر به تخریب رنگیزه‌های حفاظتی کلروفیل b و کاروتنوئید و به‌دنبال آن شکل‌گیری تریپلت کلروفیل (کلروفیل برانگیخته) و رادیکال‌های آزاد نظیر اکسیژن یکتایی، سوپراکسید، آب اکسیژنه و هیدروکسیل و در نهایت پراکسیداسیون غشای سلولی می‌شود.

اصولاً طیف وسیعی از ترکیبات آللوکمیکال قادرند با تغییر در محتوای کلروفیل، در فرآیند فتوسنتز گیاهان تحت تیمار اثر بگذارند. در اکثر گزارش‌های مربوط به آللوپاتی، مهار رشد با کاهش کلروفیل همراه است که ممکن است نسبت به خسارات دیگر سلولی، یک اثر ثانویه ناشی از عملکرد مواد آللوکمیکال ویژه باشد. معمولاً کاهش محتوای رنگیزه کلروفیل می‌تواند در اثر افزایش فرآیندهای متابولیسمی مربوط به سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی جدید باشد. علاوه بر این، کاهش کلروفیل ممکن است ناشی از آسیب‌هایی باشد که به سیستم‌های فتوسنتزی وارد شده است؛ آللوکمیکال‌ها ممکن است مسیر بیوسنتز کلروفیل را بلوکه و یا مسیر تخریب کلروفیل را تحریک کنند. این عمل ممکن است به‌طور همزمان نیز انجام شود (Babu and Kandasamy, 1997). میقانی (۱۳۸۲) گزارش نمود که احتمالاً کاهش محتوای کلروفیل به‌دلیل تشدید فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش باشد. از طرف دیگر، در هنگام بروز تنش غلظت مواد تنظیم کننده رشد از جمله اسید آبسیزیک و اتیلن افزایش می‌یابد، به‌طوری که این مواد موجب تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌شوند و این آنزیم با جدا کردن فیتول از کلروفیل و منیزیم از کلروفیلد تشکیل فئوفوربید داده و در نهایت انهدام حلقه تتراپیرولی، موجب تجزیه کلروفیل می‌شود. گزارش شده است که آللوکمیکال‌ها به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی، رشد و نمو گیاهان را مختل می‌کنند. این ترکیبات موجب کاهش خصوصیات جوانه‌زنی، رشد گیاهچه‌ها، سطح برگ، تولید ماده خشک، محتوای رنگیزه‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و در نهایت توقف رشد و نمو گیاهان می‌گردند (Reigosa et al., 2006). عده‌ای از محقق گزارش نمودند که غلظت مواد آللوکمیکال‌ها و اثر آن‌ها بسته به اندام گیاهی، مرحله فنولوژیکی از رشد و گونه گیاهی متفاوت می‌باشد (رجایی و همکاران، ۱۳۹۷؛ سیف‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Kobayashi, 2004).

مطابق نتایج، محتوای آمینواسید پرولین در واکنش به تنش ناشی از اندام‌ها در کلیه غلظت‌ها در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. بیشترین افزایش محتوای پرولین مربوط به سرشاخه گلدار به‌ویژه در غلظت کامل با مقدار ۲۸۹/۷۹ میکرومول بر گرم وزن تازه

نمونه بود، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سایر غلظت‌های این اندام مورد بررسی نشان نداد. این در حالی است که اندام ریشه در غلظت کامل در رتبه دوم از لحاظ تجمع پرولین قرار گرفت (جدول ۶). اصولاً در شرایط تنش پرولین در اثر پروتئولیز پروتئین‌ها و یا از مسیر گلوتامات سنتز می‌شوند. گلوتامات پیش‌ساز سنتز رنگیزه‌های کلروفیلی می‌باشد که در شرایط تنش، اسمولیت پرولین به جهت حفظ تراوایی و متعادل شدن فشار اسمزی سیتوزول سلول بجای رنگیزه‌های کلروفیلی تجمع می‌یابد. این امر کاهش رنگیزه‌های کلروفیلی و رشد گیاهچه‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. در حقیقت پرولین به‌عنوان یک اسمولیت و آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی نقش مهمی در حفاظت گیاهان داشته و نشانگری برای شرایط تنش در گیاهان می‌باشد (سخائی و همکاران، ۱۳۸۸). در تحقیقی گزارش شده است که عصاره برگ حاصل از آبشویی اکالیپتوس نیلی (*Eucalyptus globulus*) کاهش معنی‌داری در گیاهچه‌های برنج و سورگوم داشته است. در مقابل، محتوای پرولین از روند افزایشی برخوردار بود (Djanaguiraman et al., 2005). روند تغییرات محتوای قندهای محلول شاهی در پاسخ به تنش آللوپاتیک غلظت‌های مختلف اندام‌های علف‌هرز کاملینا نیز نشان داد که این اسمولیت سازشی تحت غلظت‌ها مختلف اندام‌ها نیز از روند افزایشی برخوردار بود. بیشترین اثر افزایشی تحت کاربرد اندام ساقه در غلظت کامل (۷۳/۱۴ درصد) در مقایسه با شاهد مشاهده شد، اما اختلاف آن با عصاره آبی سرشاخه گلدار در غلظت مشابه معنی‌دار نبود. به‌طور میانگین در بیشتر موارد، محتوای قندهای محلول شاهی تحت عصاره آبی غلظت‌های مختلف اندام‌های ریشه و سرشاخه گلدار به‌ترتیب از کمترین و بیشترین مقدار برخوردار بود (جدول ۶). کدخدایی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند که گونه‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی، اسمولیت‌های سازگاری مانند قندها، گلایسین بتائین، پرولین و دیگر اسیدهای آمینه را در سیتوپلاسم تجمع می‌دهند که به موجب آن فشار اسمزی در سلول تنظیم می‌گردد.

مطابق یافته‌ها، دامنه تغییرات محتوای فنل کل شاهی بین ۲۷/۹۴ و ۴۵/۷۹ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک نمونه بود. کمترین و بیشترین این مقدار به‌ترتیب مربوط به غلظت‌های ۲۵ و ۱۰۰ درصد عصاره آبی از اندام‌های ریشه و ساقه بوده است. در حقیقت، نتایج نشان داد که تنش آللوپاتیک ناشی از اندام‌های علف‌هرز کاملینا در غلظت‌های بالا موجب افزایش معنی‌دار محتوای فنلی شاهی شده است (جدول ۶).

مقایسه میانگین برهمکنش عصاره آبی اندام‌های مختلف کاملینا تحت تنش ناشی از غلظت‌های مختلف بر محتوای فلاوونوئید کل شاهی نشان داد که با افزایش غلظت عصاره، محتوای این صفت بیوشیمیایی نظیر ترکیبات فنلی افزایش یافت. بیشترین افزایش معنی‌دار تحت تأثیر غلظت ۱۰۰ درصد عصاره آبی سرشاخه گلدار با مقدار ۴/۸۱ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک نمونه مشاهده شد، اما اختلاف آن با عصاره اندام ریشه در غلظت مشابه معنی‌دار نبود. در مقابل، تیمار شاهد شاهی با مقدار ۳/۴۵ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک نمونه از کمترین تجمع فلاوونوئید کل برخوردار بود (جدول ۶). معمولاً ترکیبات فنلی و مشتقات آن با دارا بودن دو فاز قطبی و غیرقطبی و گروه‌های هیدروکسیلی موجب بلوکه شدن ملکول‌های پروتئین می‌شوند. این امر موجب جلوگیری و تأخیر در رشد طولی و تقسیم سلولی می‌شود. حضور مقادیر بالای ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و آنتوسیانین در علف‌هرز کاملینا موٴید این امر می‌باشد. در حقیقت، گیاهان در هنگام تنش، سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان قوی مانند ترکیبات فنلی، فلاوونوئیدی و آنتوسیانینی را به کار می‌اندازند که مسئول حذف یا غیرفعال کردن گونه‌های فعال اکسیژن[1] است که منجر به افزایش مقاومت گیاهان به این شرایط می‌شوند. کیانی‌پور و همکاران (۱۴۰۲) گزارش نمودند که ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی

[1] Reactive Oxygen Species

به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی محسوب می‌شوندکه در تحمل به تنش‌های محیطی در گیاهان موٴثر هستند. طی تحقیقی گزارش شده است که ترکیبات شیمیایی متعددی نظیر فنل‌ها، ترپن‌ها، فلاونوئیدها، پلی‌استیلن، اسیدهای چرب، استروئیدها و ... به‌عنوان عوامل دگرآسیبی در گیاهان بوده و در طول دوره رشد و نمو گیاهان می‌توانند از طریق مکانیسم‌های مختلفی از جوانه‌زنی و رشد آن‌ها ممانعت نمایند (Mushtaq et al., 2020).

روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به تنش آللوپاتیک عصاره آبی غلظت‌های مختلف اندام‌های ساقه، برگ و سرشاخه گلدار علف‌هرز کاملینا به‌صورت افزایشی بود. مطابق نتایج، عصاره آبی سرشاخه گلدار در غلظت ۱۰۰ درصد دارای بیشترین اثر افزایشی معنی‌دار (۲۴۳/۹۶ درصد) بر این صفت فیزیولوژیکی در شاهی بود. همچنین این مطالعه نشان داد که غلظت‌های مختلف اندام ریشه کاملینا اثر افزایشی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی شاهی در مقایسه با شاهد نشان دادند، اما این اثر معنی‌دار نبود (جدول ۶). از آنجایی‌که تنش آللوپاتی با تولید انواع اکسیژن‌های واکنشگر نوعی تنش اکسیداتیو ثانوی ایجاد می‌کند، ایجاد تنش آبی در پی آسیب‌دیدگی غشاها اجتناب‌ناپذیر است. به‌منظور حفظ بکپارچگی غشاء تحت شرایط تنش باید از دناتوره شدن پروتئین‌ها جلوگیری شود، پرولین با آنزیم‌ها برهمکنش کرده و به این ترتیب ساختار پروتئین‌ها و فعالیت مربوط به آن‌ها را حفظ می‌کند (قربانی و همکاران، ۱۳۸۸). حاتمی همپا و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی اثرات آللوپاتیک عصاره آبی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و تلخه (*Acroptilon repens* L.) بر رشد گیاهچه‌های گندم و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گندم گزارش نمودند که با افزایش غلظت عصاره‌ها، رشد گیاهچه‌های گندم کاهش و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش یافته است. نتایج مطالعه کوهستانی و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد که افزایش میزان بقایای شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) به‌طور معنی‌داری سبب کاهش موٴلفه‌های رشدی و رنگیزه‌های کلروفیلی در سیاهدانه (*Nigella* sativa L.) شد. در مقابل، محتوای اسمولیت‌های سازشی (قندهای محلول و پرولین)، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (کاتالاز) و غیرآنزیمی (فنل و فلاونوئید کل) افزایش یافت. افزایش حفاظت کننده‌های سلولی نشان‌دهنده تنش شدید اکسیداتیو ناشی از ترکیبات دگرآسیب شلمی می‌باشد که منجر به پاسخ ناقص در سیاهدانه گردیده است.

نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی پیرسون داده‌ها نشان داد که بین وزن خشک گیاهچه شاهی با محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. به‌طوری‌که این صفت بیشترین ضریب همبستگی را با محتوای رنگیزه کاروتنوئیدی ($r=0.769^{**}$) نشان داد. در مقابل رابطه وزن خشک گیاهچه شاهی با محتوای اسمولیت‌های سازشی پرولین ($r=-0.708^{**}$) و قندهای محلول ($r=-0.810^{**}$)، فنل کل ($r=-0.754^{**}$) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ($r=-0.789^{**}$) منفی و معنی‌دار بود. در این مطالعه، وزن خشک گیاهچه شاهی همبستگی معنی‌داری با محتوای فلاوونوئید کل نشان نداد (جدول ۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان استنباط نمود که احتمالاً اثر هم‌افزا آللوکمیکال‌هایی نظیر ترکیبات فنلی، آنتوسیانینی و فلاوونوئیدی به‌ویژه در غلظت‌های بالای علف‌هرز کاملینا منجر به بازداری خصوصیات جوانه‌زنی، رشد گیاهچه‌ای و به‌علاوه رنگیزه‌های فتوسنتزی شاهی شده است. در حقیقت ترکیبات فنلی و مشتقات آن بر تعادل یونی، فیتوهورمون‌ها، آنزیم‌ها، فتوسنتز و تنفس اثر می‌گذارند، به‌طوری‌که افزیش اسمولیت‌های سازشی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شاهی پاسخگوی شدت تنش اکسیداتیو ناشی از آللوکمیکال‌های موجود در عصاره آبی علف‌هرز کاملینا نبوده است.

جدول ۷- همبستگی بین صفات رشدی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum*)

صفات	وزن خشک گیاهچه	محتوای کلروفیل a	محتوای کلروفیل b	محتوای کلروفیل کل	محتوای کاروتنوئید	محتوای پرولین	محتوای قندهای محلول	محتوای فنل کل	محتوای فلاوونوئید کل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
وزن خشک گیاهچه	۱									
محتوای کلروفیل a	۰/۷۴۳**	۱								
محتوای کلروفیل b	۰/۵۵۶**	۰/۵۵۲**	۱							
محتوای کلروفیل کل	۰/۷۵۶**	۰/۹۲۸**	۰/۸۱۹**	۱						
محتوای کاروتنوئید	۰/۷۶۹**	۰/۶۷۴**	۰/۶۰۲**	۰/۷۲۷**	۱					
محتوای پرولین	-۰/۷۰۸**	-۰/۴۷۳**	-۰/۴۵۶**	-۰/۵۲۲**	-۰/۶۸۳**	۱				
محتوای قندهای محلول	-۰/۸۱۰**	-۰/۵۲۹**	-۰/۱۷۳^{ns}	-۰/۴۳۹**	-۰/۶۴۵**	۰/۶۰۸**	۱			
محتوای فنل کل	-۰/۷۵۴**	-۰/۵۱۲**	-۰/۵۱۸**	-۰/۵۷۶**	-۰/۶۳۰**	۰/۵۳۸**	۰/۶۱۳**	۱		
محتوای فلاوونوئید کل	-۰/۲۴۹^{ns}	-۰/۴۳۲**	-۰/۳۳۰**	-۰/۴۴۸**	-۰/۲۹۲*	۰/۲۸۳*	۰/۱۴۶^{ns}	۰/۲۲۴^{ns}	۱	
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	-۰/۷۸۹**	-۰/۴۲۴**	-۰/۳۰۷*	-۰/۴۲۸**	-۰/۵۰۳**	۰/۶۰۰**	۰/۷۷۸**	۰/۵۲۸*	۰/۱۳۵^{ns}	۱

**،*: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns}: عدم اختلاف معنی‌دار

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که عصاره آبی علف‌هرز کاملینا اثرات آللوپاتیک متفاوتی بر جوانه‌زنی، رشد، ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی دارد و این اثرات وابسته به نوع اندام و غلظت عصاره هستند. غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد باعث افزایش طول ریشه و ساقه، وزن خشک گیاهچه و محتوای کلروفیل شاهی شدند، در حالی که غلظت‌های بالاتر اثر بازدارنده داشتند. بیشترین تأثیر منفی بر رشد و محتوای رنگیزه‌ها با عصاره سرشاخه گلدار مشاهده شد. با وجود افزایش نسبی ترکیبات حفاظتی مانند پرولین، قندهای محلول و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها نشان‌دهنده اثر سمیت سلولی آللوکمیکال‌ها، به‌ویژه در غلظت‌های بالا، بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که زیست‌توده کاملینا، به ویژه سرشاخه گلدار، می‌تواند منبع بالقوه‌ای برای تولید علف‌کش‌های سازگار با محیط زیست باشد و مطالعات بیشتری برای شناسایی ترکیبات شیمیایی و بررسی پاسخ سایر گونه‌های گیاهی به عصاره آن لازم است.

منابع

باقری، ز.، فروزه م.ر.، مازندرانی، م.، شهیری طبرستانی، ه.، آتشی، ص.۱۴۰۰. اثر ارتفاع، حلال، نوع اندام گیاه و روش استخراج بر برخی ویژگی های فیتوشیمیایی گل ماهور تماشایی در مراتع چهار باغ استان گلستان. *نشریه مرتع*، ۱۵(۱)، ۹۷-۸۴.

بهداد، ا.، ابریشم‌چی، پ.، جنگجو، م. ۱۳۹۴. ارتباط فنولوژی، محتوای ترکیبات فنلی و خاصیت آللوپاتی در گیاه درمنه خراسانی (*Artemisia khorassanica* Krasch) و تأثیر آن بر رشد و فیزیولوژی گیاهچه بروموس کپه داغی (*Bromus kopetdaghensis* Drobov.). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)*، ۲۸(۲)، ۲۴۳-۲۵۶.

جرجانی، آ.، نیاکان، م.، غلامعلی‌پور علمداری، ا. ۱۳۹۷. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی، سنجش محتوای متابولیت‌های ثانویه و اسمولیت‌های اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه دارویی مامیران (*Chelidonium majus* L.) در مراحل مختلف فنولوژیکی. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۳(۵۱)، ۶۶-۵۱.

حاتمی همپا، ا.، جوانمرد، ع.، آل ابراهیم، م.، سفالیان، ا. ۱۳۹۸. اثرات آللوپاتیک عصاره آبی سورگوم و تلخه بر رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم، چغندرقند، سلمه‌تره و تاج‌خروس. *نشریه حفاظت گیاهان*، ۳۱(۴)، ۶۷۶-۶۸۹.

حسنی، م.، تدین، م.ر. ۱۴۰۲. کنترل علف‌هرز کاسنی (*Cichorium intybus* L.) با اثر دگرآسیبی (آللوپاتی) بقایای گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.). *مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران)*، انتشار آنلاین ۱۱ آذر ماه ۱۴۰۲.

حمامی، ح.، جهانی، م.، شوشتری، م.، نوفرستی، ف. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر دگرآسیبی و ضدقارچی غلظت‌های مختلف عصاره آبی برگ و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) بر گیاه خرفه و قارچ پنی‌سیلیوم. *مجله پژوهش‌های زعفران*، ۸(۲)، ۲۶۷-۲۵۵.

رجایی، و.، غلامعلی‌پور علمداری، ا.، اورسجی، ز.، نعیمی، م. ۱۳۹۷. ارزیابی پتانسیل دگرآسیبی عصاره آبی اندام‌های هوایی علف‌هرز تاتوره (*Datura stramonium*) بر صفات جوانه‌زنی و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی ارقام گندم. *مجله پژوهش‌های بذر ایران*، ۵(۲)، ۴۱-۲۹.

سخائی، م.، عصاره، م.ح.، شریعت، آ.، بخشی خانیکی، غ.ر. ۱۳۸۸. بررسی اثرات دگرآسیبی برگ‌های اکالیپتوس بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گندم (*Triticum aestivum*). *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۴(۴)، ۶۸-۵۸.

سلطانی، ا.، ترابی، ب. ۱۳۹۳. طرح و تجزیه آزمایش‌های کشاورزی (همراه با برنامه‌های SAS). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۳۱ صفحه.

سیف‌اللهی، ب.، غلامعلی‌پور علمداری، ا.، اورسجی، ز.، بیابانی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی توان دگرآسیبی علف‌هرز فرفیون (*Euphorbia maculata*) بر صفات جوانه‌زنی، رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی ارقام گندم. *مجله پژوهش‌های بذر ایران*، ۵(۱)، ۸۵-۷۱.

صابری، م.، شهریاری، ع.، جعفری، م.، ترنیان ف.ا.، صفری، ه. ۱۳۹۰ بررسی تأثیر آللوپاتیک آویشن‌کوهی (*Thymus kotschyanus*) بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه‌های علف‌پشمکی (*Bromus inermis*) و چمن‌گندمی‌بلند (*Agropyron elongatum*). *نشریه پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، ۲۴(۹۳)، ۲۵-۱۸.

علیرضایی نقندر، م.، عزیزی، م.، نعمتی، س.ح.، رضوانی مقدم، پ.، رضازاده، ش. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات برخی ترکیبات فیتوشیمیایی اندام هوایی و ریشه گیاه ترشک‌وحشی (*Rumex turcomanicus* Czerep) طی مراحل مختلف نمو گیاه. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۵ (۵۸)، ۳۶-۲۵.

عطایی، ع.، غلامعلی‌پور علمداری، ا.، اورسجی، ز.، راحمی کاریزکی، ر. ۱۳۹۹. بررسی محتوای برخی از متابولیت‌های ثانویه و اثر آللوپاتیک اندام‌های مختلف علف‌هرز شاتره (*Fumaria parviflora*) بر یولاف‌وحشی (*Avena ludoviciana*). *مجله زیست‌شناسی کاربردی*، ۳۲(۴)، ۹۶-۷۶.

غلامعلی‌پور علمداری، ا.، حبیبی، م.، معصومی، م.ه.، بابایانی، م.، سراوانی، ع.ا. ۱۴۰۲. ارزیابی تنش دگرآسیبی گل‌راعی (*Hypericum perforatum* L.) بر خصوصیات جوانه‌زنی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه محک و حساس به دگرآسیب‌رسان‌شیمیایی نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.). *مجله پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۰(۲)، ۱۸۶-۱۶۷.

غلامعلی‌پور علمداری، ا.، فراستی، م.، شکوهی، ص.، آستارایی، ع .۱۴۰۲. ارزیابی پتانسیل آللوپاتیک اندام‌های مختلف گیاه دارویی اکالیپتوس بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای گیاه حساس به آللوکمیکال نخود در جهت کاهش آلودگی آب و محیط زیست .*رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۲(۲)، ۲۱۶-۲۰۳.

غلامعلی‌پور علمداری، ا.، حبیبی، م.، پیردشتی، ه.ا.، بابایانی، م.، شجاع، ش. ۱۴۰۳. ارزیابی اثر تنش آللوپاتیک علف‌های هرز مارتیغال (*Silybum marianum* L. (Gaertn) و پنیرک (*Malva sylvestris* L.) بر گیاه حساس به آللوکمیکال شاهی (*Lepidium sativum* L.) در جهت کاهش آلودگی محیط زیست. *نشریه رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۳(۱)، ۱۱۰-۸۵.

قربانی ا.، زرین‌کمر، ف.، فلاح، ا. ۱۳۸۸. اثر تنش سرما بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهچه ای دو رقم برنج. نشریه پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۱(۳)، ۶۶ - ۵۰.

قهرمان، ا. ۱۳۷۵. کد عمومی خانواده‌ها و جنس‌های فلور ایران. ۱۳۷۵. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران، ۳۲۲ صفحه.

کریمی, ا.، نعیمی, م.، نخزری مقدم، ع.، غلامعلی پور علمداری، ا. ۱۴۰۳. بررسی تاثیر کودهای سازگار با محیط زیست بر ویژگی‌های کمی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.). رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط‌زیست، ۳(۲)، ۱۰۰-۹۰.

کدخدایی، ه.، سودایی‌زاده، ح.، مصلح آرایی، ا.، حکیم‌زاده، م.ع. ۱۳۹۵. بررسی نقش گلایسین بتائین در افزایش مقاومت به خشکی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)در شرایط مزرعه. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*، ۹(۲)، ۱۴۷-۱۳۹.

کوهستانی، ر.، آهنگر، ل.، زارعی، م.، غلامعلی‌پور علمداری، ا.، اورسجی، ز. ۱۴۰۲. ارزیابی پتانسیل آللوپاتیک علف‌هرز شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) بر موٴلفه‌های رشدی و فیزیولوژیکی سیاهدانه (*Nigella* sativa L.). *نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی*، ۷(۱۳)، ۶۲-۴۹.

کهنه، ا.، میرقاسمی، س.ت.، بیدارلرد، م.، ولایی، ا.، سراجی، ع.، پاداشت دهکائی، م.ت. ۱۳۹۸. معرفی گونه مهاجم (*Commelina communis*) از باغ‌های چای. نشریه فنی (شماره ۵۷۲۰۵ مورخه ۱۳۹۸/۱۲/۲۶)، انتشارات مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای، ۱۵ صفحه.

کیانی‌پور، آ.، بقایی‌فر، ز.، درویش‌نیا، ح.، سعیدیان، ش. ۱۴۰۲. مطالعه مقایسه‌ای میزان فنل کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مراحل مختلف نموی عصاره اندام‌های هوایی گیاه دارویی چوبر (*Ferulago angulata*). *نشریه پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۱۵(۴۷)، ۱۷۳-۱۶۵.

محمددوست چمن آباد، ح.ر.، سیاح، م.، اصغری، ع.، پورمراد کلیبر، ب. ۱۳۹۳. تأثیر آللوپاتی عصاره اندام‌های تازه و خشک خردل‌وحشی (*Sinapis arvensis*) و کنگروحشی (*Cirsium arvense*) بر جوانه‌زنی و جذب عناصر غذایی کلزا. *نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی*، ۲۷(۱۰۵)، ۴۷-۴۱.

میقانی، ف. ۱۳۸۲. آللوپاتی (دگرآسیبی): از مفهوم تا کاربرد. انتشارت پرتو واقعه، ۲۵۶ صفحه.

نقدی‌بادی ح.، امیدی، ح.، شمس، ه.، کیان، ی.، دهقانی مشکانی، م.ر.، سیف سهندی، م. ۱۳۸۸. اثرات بازدارنده عصاره آبی اسپند (*Peganum harmala* L.) بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های خرفه (*Portulaca oleracea* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۹(۳۳)، ۱۲۷-۱۱۶.

Alirezaie Noghondar, M., Azizi, M., Neamati, S.H., Rezvani Moghaddam, P., Rezazadeh, S.H. 2016. Variation of some phytochemical compound in shoot and root of *Rumex turcomanicus* Czerep. at different phenological stages. *Journal of Medicinal Plants*, 15(58), 25-36. (In Persian)

Amoo, S.O., Ojo, A.U., Van Staden, J. 2008. Allelopathic potential of *Tetrapleura tetraptera* leaf extracts on early seedling growth of five agricultural crops. *South African Journal of Botany*, 74, 149-152.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.

Ataei, A., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., Rahemi Karizaki, A. 2020. Study of some secondary metabolites content and allelopathic effect of various organs of *Fumaria parviflora* weed on of *Avena ludoviciana*. *Applied Biology*, 32(4), 76-96. (In Persian with English Abstract)

Babu, R.C., Kandasamy, O.S. 1997. Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* Labill on *Cyperus rotundus* L. and *Cynodon dactylon* L. Pers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179(2), 123-126.

Badmus, A., Afolayan, A. 2012. Allelopathic potential of *Arctotis arctotoides* (L.f.) O. Hoffm aqueous extracts on the germination and seedling growth of some vegetables. *African Journal of Biotechnology*, 47, 10711-10716.

Bagheri, Z., Foroozeh, M.R., Mazandarani, M., Shahiri Tabarestani, H., Atashi, S. 2021. The effect of height, solvent, plant organs and extraction method on some phytochemical properties of *Verbascum speciosum* Schard. In Chaharbagh rangelands, Golestan province. *Rangeland*, 15(1), 84-97. (In Persian with English Abstract)

Bates, L.S., Walderen, R.D., Taere, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.

Behdad, A., Jankju, M. 2015. Relation to phonology, phenolics content and alleopathic effect of Artemisia khorassanica Krash. on growth and physiology of *Bromus kopetdaghensis* Drobov. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), 28(2), 243-256. (In Persian with English Abstract)

Bhadoria, P.B.S. 2011. Allelopathy: a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*, 1, 7- 20.

Brand- Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C.L.W.T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*. 28(1): 25-30.

Caceres, A. 2000. Calidad de la material prima para la elaboracion de productos fitofarma ceuticas. Primer Congreso International FITO 2000 Por la investigacion, conservacion y diffusion del conocimiento de las plantas medicinals 27-30 de septiembre, Lima, Peru.

Djanaguiraman, M., Vaidynathan, R., Anniesheeba, J., Durgadevi, D., Bangarus, U. 2005. Physiological responses of *Eucalyptus globulus* leaf leachate on seedling physiology of rice, sorghum and black gram. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7, 35-38.

Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A., Siddique, K.H. 2011. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest Management Science*, 67, 493- 506.

Ghareman, A. 1996. General code of families and genera of flora of Iran. Publications of the Research Institute of Forests and Rangelands of the Country, 222 p. (In Persian)

Gholamalipour Alamdari, E., Habibi, M., Masoumi, M.H., Babayani M., Saravani, AA. 2024. Evaluation of allelopathic stress of St. John's wort (*Hypericum perforatum*) on the germination, physiological, and biochemical characteristics of green pea (*Pisum sativum*), the benchmark plant sensitive to allelochemicals. *Iranian Journal of Seed Research*, 10(2), 167-186. (In Persian with English Abstract)

Gholamalipour Alamdari, E., Habibi, M., Pirdashti, H., Babayani, M., Shoja, S. 2024. Evaluating the effect of allelopathic stress of *Silybum marianum* Gaertn (L.) and *Malva sylvestris* L. on the cress (*Lepidium sativum* L.) sensitive to allelochemicals in order to reduce environmental pollution. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(1), 84-110. (In Persian with English Abstract)

Gholamalipour Alamdari, E., Farasati, M., Shokohi, S., Asteraie, A. 2024. Evaluating the allelopathic potential of the medicinal plant of Eucalyptus on the characteristics of germination and seedling growth of the plant sensitive to allelochemicals of chickpea in order to reduce water and environmental pollution. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(2), 203-216. (In Persian with English Abstract)

Ghorbani, A., Zarinkamar, F., Fallah, A. 2009. The Effect of Cold Stress on the Morphologic and Physiologic Characters of Two Rice Varieties in Seedling Stage. *Journal of Crop Breeding*, 1(3), 66-50. (In Persian with English Abstract)

Hammami, H., Jahani, M., Shoshtary, M., Noferesti, F. 2020. Evaluation of allelopathic and antifungal effects of different concentrations of aqueous leaves and corm extracts of saffron (*Crocus sativus* L.) on common purslane and penicillium fungi. *Journal of Saffron Research*, 8(2), 255-267. (In Persian with English Abstract)

Hardgree, S.P., Van Vactor, S.S. 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. *Annals of Botany Journal*, 85, 379- 390.

Hasani, M., Tadayon, M.R. 2025. Chicory weed control (*Cichorium intybus* L.) with the allopathic effect of Camelina plant residues (*Camelina sativa* L.). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 38(2), 126-138. (In Persian with English Abstract)

Hatami Hampa, A., Javanmard, A., Alebrahim, M.T., Sofalian, O. 2018. Allelopathic effects of aqueous extracts from sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and Russian knapweed (*Acroptilon repens* L.) on seedling growth and enzymes activity of wheat, sugar beet, common lambsquarters and redroot pigweed. *Journal of Iranian Plant Protection Researc*, 32(1), 101-119. (In Persian with English Abstract)

Herro, J.L., Callawa, R.M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*, 256, 29- 39.

International Seed Testing Association. 2003. ISTA Handbook on Seedling Evaluation. 3rd edition. International Seed Testing Association publisher. 119 p.

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

Jorjani, A., Niakan, M., Gholamalipour Alamdari, E. 2018. Evaluation of antioxidant activity, secondary metabolites and osmolytes of aerial parts and root organs of *Chelidonium majus* L. in various phonological stages. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 13(3), 51-66. (In Persian with English Abstract)

Kadkhodaei, H., Sodaeizadeh, H., Mosleh Arany, A. Hakim Zadeh, M.A. 2016. The role of glycine betain in increasing drought resistance of Sorghum halopens under field condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *9*(2), 139-147. (In Persian with English Abstract)

Karimi, A., Nakhzari Moghadam, A., Gholamalipour Alamdari, E. 2025. Investigating the effect of eco-friendly fertilizers on the quantitative and qualitative characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 3(2), 90-100. (In Persian with English Abstract)

Khandakar, A.L., Bradbeer, J.W. 1983. Jute seed quality. Dhaka, Bangladesh Agricultural Research Council. Dhaka, Bangladesh.

Kianipour, A., Baghaeifar, Z., Darvishnia, H., Saeidian, SH. 2023. A comparative study of total phenolic, total flavonoid contents and antioxidant capacity of aerial parts extracts of *Ferulago angulata* in different developmental stages. *Journal of Crop Breeding*, *15*(47), 165-173. (In Persian with English Abstract)

Kobayashi, K. 2004. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management*, 4(1), 1-7.

Kocaçalikan, I., Terzi, I. 2001. Allelopathic effects of walnut leaf extracts and juglone on seed germination and seedling growth. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(4), 436-440.

Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method: 56-97. In: Helebust, J.A. and craig, J.S. (Eds.). Hand Book of Physiological Method. Cambridge University Press, Cambridge.

Kohneh, A., Mirghasemi, S.T., Bidarlord, M., Valaei, A., Seraji, A., Padasht Dehkāei, M.T. 2019. Introduction of invasive species (*Commelina communis*) from tea gardens. Technical publication (No. 57205 dated, March 16, 2020), Publications of the Horticultural Sciences Research Institute, Tea Research Center, 15 p. (In Persian with English Abstract)

Kouhestani, R, Ahangar, L., Zarei, M., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z. 2023. Allelopathic effect of *Rapistrum rugosum* L. on growth, physiological and biochemical parameters of *Nigella sativa* L. Applied Research of Plant Ecophysiology, 7(13), 49-62. (In Persian with English Abstract)

Krizek, D.T., Kramer, G.F., Upadyaya, A. 1993. Mirecki, R. M. UV-B response of cucumber seedling grown- under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiologia Plantarum*, 88(2), 350-358.

Leon, R.G., Knapp, A.D. 2004. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), giant foxtail (*Setaria faberi*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 52, 67-73.

Loliger, J. 1991. The use of antioxidants in food. Free radicals and food additives; Aruoma, O.I., Halliwell, B., eds.; Taylor and Francis: London, pp. 129-150.

Ma, L., Wu, H., Bai, R., Zhou, L., Yuan, X., Hou, D. 2011. Phytotoxic effects of *Stellera chamaejasme* extract. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 1170-1176.

Makoi, J.H., Ndakidemi, P.A. 2012. Allelopathy as protectant, defense and growth stimulants in legume cereal mixed culture systems. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural* Science, 40, 161- 186.

Malick, C.P., Singh, M.B. 1980. In plant enzymology and histo enzymologhy. Kalyani Publishers, New Dehli, 286 p.

Mandel, M.S.H., Masum, S.M.M.H. Ali, Haque, M.N., Mahto, A.K. 2012. Influence of *Parthenium hysterophorus*, *Chromolaena odorata* and PRH on seed germination and seedling growth of maize, soybean and cotton. *Bangladesh. Journal of Weed Science*, 3, 83-90.

Marinova, D., Ribarova, F., Atanassova, M. 2005. Total phenolic and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(3), 255-260.

Mighani, F. 2003. Allelopathy (hetrotoxicity): from concept to application. Parto-e- Vagheh Publisher, 256 p. (In Persian)

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. 2004. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Journal of Food Chemistry*, 85(2), 231- 237.

Mohammaddous, H. R., Sayaah, M., Asghari, A., Pourmorad Kaleibar, B. 2014. The allelopathic effects of fresh and dry residual extract of Wild mustard (*Sinapis arvensis*) and Canada Thistle (*Cirsium arvense*) on germination and nutrient uptake of canola (*Brassica napus*). *Applied Field Crops Research*, 27(105), 41-47. (In Persian with English Abstract)

Mohammaddoust Chamanabad, H.R., Sayaah, M., Asghari, A., Kaleibar Pourmorad, B. 2014. The allelopathic effects of fresh and dry residual extract of wild mustard (*Sinapis arvensis*) and Canada thistle (*Crisium arvense*) on germination and nutrient uptake of canola (*Brassica napus*). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 27(105), 41-47. (In Persian with English Abstract)

Mominul Islam, A.K.M., Yeasmin, S., Qasem, J.R., Juraimi, A.S. 2018. Allelopathy of medicinal plants: current status and future prospects in weed management. *Agricultural Sciences*, 9, 1569- 1588.

Mushtaq, W., Siddiqui, M.B., Hakeem, K.R. 2020. Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22, 471-524.

Naghiloo, S., Movafeghi, A., Delazar, A., Nazemiyeh, H., Asnaashari, S., Dadpour, M.R. 2012. Ontogenetic variation of volatiles and antioxidant activity in leaves of *Astragalus compactus* Lam. (Fabaceae). *Experimental and Clinical Sciences Journal*, 11, 436- 443.

Naqdi Badi, H., Omidi H., Shams, H., Kian Y., Dehghani Meshkani, M., Seif Sahandi, M. 2010. Inhibitory effects of Peganum harmala aqueous extract on seed germination and growth of *Portulaca oleracea* and *Chenopodium album* seeds. *Medicinal Plants*, 9(33), 116- 127. (In Persian with English Abstract)

Rajaee, V., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., Naeemi, M. 2019. Evaluating hetrotoxic potential of aqueous extract of *Datura stramonium* shoots on germination traits and content of photosynthetic pigments of wheat cultivars. *Iranian Journal of Seed Research, 5*(2), 29-41. (In Persian with English Abstract)

Reigosa, M.J., Pedrol, N., González, L. 2006. Allelopathy: a physiological process with ecological implications, Springer Science and Business Media, Netherlands, 565p.

Rice- Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2, 152–159.

Saberi, M., Shahriari, A.R., Jafari, M., Tarnian, F.A., Safari, H. 2012. Allelopathic Effect of *Thymus kotschyanus* on seed germination and initial growth of *Bromus inermis* and *Agropyron elongatum*. *Watershed Management Researches (Pajouhesh-Va-Sazandegi)*, 24(4), 18-25. (In Persian with English Abstract)

Sakhaee, M., Asareh, M.H., Shariat, A., Bakhshi Khaniki, G.R. 2010. The study of allelopathic effect of *Eucalyptus camaldulensis* on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Journal of Plant Environmental Physiology*, 4(4), 58-68. (In Persian with English Abstract)

Salazar, S., Quintero, J., Rojas, J. 2020. Cytogenotoxic effect of propanil using the *Lens culinaris* Medik and *Allium cepa* L. test. *Chemosphere*. 249, e 126193.

Seifolahi, B., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., Biabani, A. 2018. Evaluation of Allelopathic Effect of Euphorbia maculata Weed on Traits of Germination, Chlorophyll and Carotenoids Pigments of Wheat Cultivars. *Iranian Journal of Seed Research, 5*(1), 71-85. (In Persian with English Abstract)

Siddiqui, Z.S., Zaman, A.U. 2005. Effects of *Capsicum* leachates on germination, seedling growth and chlorophyll accumulation in *Vigna radiata* L. Wilczek seedlings. *Pakistan Journal of Botany*, 37, 941-947.

Soltani, A., Torabi, B. 2014. Design and Analysis of agricultural experiments (with SAS programs). 431 p. (In Persian)

Yang, C.M., Chang, F., Li, S.J., Chou, C.H. 2004. Effects of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedlings: II. Stimulation of consumption-orientation. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 45, 119- 125.

Zaman, S., Yaseen, T., Shah, A.M., Khan, M., Ahmad, M., Gul, R., Nawaz, G. 2020. Allelopathic effect of *Ficus carica* L. against *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., *Lactuca sativa* L. and *Trifolium repens* L. *Pure and Applied Biology*, 10(1), 1- 11.