



Evaluation of the Allelopathic Effects of *Eucalyptus globulus* Labill. Seed and Leaf Extracts on Germination and Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and *Capsella bursa-pastoris*

Mohammad Saeed Vaghar^{ID} Assistant Professor, Department of Agriculture, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran. saeed.vaghar@iauuksh.ac.ir

Abstract

Objective: Weeds are integral yet detrimental components of agricultural and non-agricultural ecosystems, threatening crop yield and quality. To achieve economically viable weed control with minimal chemical herbicide use, integrated management strategies combining environmentally compatible methods are essential.

Materials and Methods: A greenhouse experiment (randomized complete block design) and a laboratory study (completely randomized design) were conducted in 2023. Treatments included aqueous extracts of *Eucalyptus globulus* seeds and leaves at concentrations of 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%, alongside a control (distilled water).

Findings: Both seed and leaf extracts significantly inhibited all studied traits in a concentration-dependent manner. *Capsella bursa-pastoris* exhibited greater sensitivity to allelopathic compounds than wheat. Seed extracts at 80% and 100% concentrations completely suppressed germination percentage, germination rate, shoot length, root length, shoot dry weight, and root dry weight in *Capsella bursa-pastoris*. Similar inhibition occurred with 100% leaf extract. The lowest total chlorophyll content in the weed was observed under 100% seed and leaf extracts, with an 86.3% reduction at 80% seed extract.

Conclusion: The dicotyledonous *Capsella bursa-pastoris* is more sensitive to *Eucalyptus* allelopathy than the monocotyledonous wheat. Aqueous *Eucalyptus* extracts, particularly from seeds, contain potent allelochemicals that could serve as eco-friendly bioherbicides. These findings support their integration into future weed management programs targeting *Capsella bursa-pastoris*.

Keywords: Allelopathy, *Eucalyptus globulus*, Germination, Chlorophyll, wheat, *Capsella bursa-pastoris*.

Received: 2024/03/30 ; Revised: 2024/05/14 ; Accepted: 2024/06/01 ; Published online: 2024/06/22

Cite: Vaghar, M.S. (2024). Evaluation of the Allelopathic Effects of *Eucalyptus globulus* Labill. Seed and Leaf Extracts on Germination and Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.) and *Capsella bursa-pastoris*. *Applied Biology*, 14(2), p. 85-108. <https://doi.org/10.71504/SJOAPB.2024.1190478>

Article type: Research Article

© the authors

Publisher: Qom Islamic Azad University





ارزیابی اثر آللوپاتی عصاره دانه و برگ اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill.) بر جوانه‌زنی و رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) و علف‌هرز کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris*)

محمد سعید وقار¹ | استادیار، گروه زراعت، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران. saeed.vaghar@iauuksh.ac.ir

چکیده

هدف: علف‌های هرز جزء جدایی‌ناپذیر اکوسیستم‌های زراعی و غیرزراعی است که کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی را تهدید می‌کند. بنابراین، برای دستیابی به یک سطح اقتصادی با حداقل استفاده از سموم شیمیایی، بایستی کنترل مناسب علف‌های هرز براساس برنامه مدیریت تلفیقی و با هدف ترکیب روش‌های مختلف سازگار با محیط‌زیست باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش گلخانه‌ای در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایشگاهی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۴۰۲ انجام شد. تیمارها شامل عصاره دانه و برگ اکالیپتوس در غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به همراه شاهد (آب مقطر) بود.

یافته‌ها: غلظت عصاره دانه و برگ اکالیپتوس، همه صفات مورد مطالعه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. با افزایش غلظت عصاره، میزان بازدارندگی روند افزایشی داشت. علف‌هرز کیسه‌کشیش بیشتر از گندم تحت تأثیر مواد دگرآسیب قرار گرفت و کاهش بیشتری داشت. غلظت ۸۰ و ۱۰۰ درصد عصاره دانه درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول اندام‌های هوایی، طول ریشه‌چه، وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن خشک ریشه‌چه علف‌هرز کیسه‌کشیش را به‌طور کامل متوقف کرد. چنین شرایطی نیز در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره برگ ایجاد شد. کمترین محتوای کلروفیل کل در علف‌هرز کیسه‌کشیش تحت تأثیر غلظت ۱۰۰ درصد عصاره دانه و برگ مشاهده شد. این کاهش در غلظت ۸۰ درصد عصاره دانه ۸۶/۳ درصد برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: گیاه دولپه‌ای کیسه‌کشیش نسبت به گیاه تک‌لپه‌ای گندم به اثرات دگرآسیبی اکالیپتوس حساس‌تر است. بنابراین، عصاره آبی اکالیپتوس به‌ویژه دانه، حاوی ترکیبات دگرآسیبی فراوانی است که می‌توان آن را به‌عنوان یک علف‌کش زیستی و همراه با طبیعت معرفی کرد و در آینده در برنامه‌های مدیریتی تلفیقی علف‌های هرز به‌خصوص علف‌هرز کیسه‌کشیش قرار داد.

کلیدواژه‌ها: آللوپاتی، اکالیپتوس، جوانه‌زنی، کلروفیل، گندم، علف‌هرز کیسه‌کشیش.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۱ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲ ؛ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲
استاد به این مقاله: وقار، محمدسعید (۱۴۰۳). ارزیابی اثر آللوپاتی عصاره دانه و برگ اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill.) بر جوانه‌زنی و رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) و علف‌هرز کیسه‌کشیش (*Capsella bursa-pastoris*). *بیولوژی کاربردی*، ۱۴(۲)، ۸۵-۱۰۸. <https://doi.org/10.71504/SJOAPB.2024.1190478>

نوع مقاله: پژوهشی

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم



۱. مقدمه

علف‌های هرز به عنوان گیاهان ناخواسته در رقابت با گیاهان زراعی، موجب مشکلات بسیار زیادی از جمله افزایش نهاده‌ها و هزینه‌های تولید و افت کمی و کیفی محصولات زراعی می‌شوند (۱، ۲)، که کاهش ۲۰ تا ۶۵ درصدی محصولات کشاورزی را به همراه دارد (۳). در این خصوص مدیریت و کنترل علف‌های هرز، از طریق روش‌های مکانیکی، به‌زراعی و شیمیایی، نقش مؤثری در حفظ سلامت مزرعه و بهبود تولیدات سیستم‌های کشاورزی دارد (۱، ۴). در کشاورزی کنونی کاربرد سموم شیمیایی ساده‌ترین، سریع‌ترین و مؤثرترین روش کنترل علف‌های هرز است، اما یکی از منابع آلودگی محیط‌زیست محسوب می‌شود (۵، ۶). استفاده گسترده و نامتعارف علف‌کش‌های شیمیایی، باعث ایجاد مشکلاتی از جمله مقاوم شدن گیاهان هرز به سموم شیمیایی و تأثیر نامناسب این علف‌کش‌ها بر سلامت انسان و محیط‌زیست شده است (۷). بنابراین، برای کنترل علف‌های هرز ضروری است از روشی استفاده شود که نه تنها تهدیدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست نباشد، بلکه از لحاظ اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه باشد (۸، ۹، ۱۰). در این میان، بهره‌گیری از خواص دگرآسیبی گیاهان برای کنترل علف‌های هرز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴).

پدیده آلوپاتی^۱ (دگرآسیبی) فرصت‌هایی را برای دستیابی به مدیریت پایدار علف‌های هرز ارائه می‌دهد. مفهوم دگرآسیبی به اثرات مستقیم یا غیرمستقیم، تولید مواد آلووشیمیایی^۲ رها شده از یک‌گونه گیاهی به گونه گیاهی دیگر است که می‌تواند محرک و یا بازدارنده باشد (۱۴، ۱۵). این ترکیبات شیمیایی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه توسط گیاهان، میکروب‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها تولید می‌شود و نقش فیزیولوژیکی مؤثری بر رشد، نمو و سیستم ایمنی گیاه دارند (۱۶، ۱۷، ۱۸). فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز تحت تأثیر مواد آلووشیمیایی قرار دارد. در برخی موارد، آلووشیمیایی‌ها باعث کاهش شده و در مواردی هم فعالیت آنزیم را افزایش می‌دهند و باعث تغییراتی در فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز، کاتالاز، اکسین اکسیداز، پراکسیداز سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز می‌شود (۲۱، ۲۰، ۱۹). آلووشیمیایی‌ها بر سنتز پروتئین تأثیر می‌گذارند و محتوای پروتئین را افزایش و یا کاهش می‌دهند (۱۴، ۲۲). همچنین در نفوذپذیری غشاء (۲۳)، روابط آب و گیاه (۲۴)، تقسیم سلولی (۲۵)، بیوسنتز و انتقال هورمون (۲۶)، جذب و انتقال مواد معدنی (۲۷، ۲۸)، روزنه گیاه (۲۹)، فتوسنتز (۳۰، ۳۱)، تنفس (۳۲) اختلال ایجاد می‌کنند. با تخریب و تجزیه

1. Allelopathic

2. Allelochemicals

رنگ‌دانه‌های فتوستتزی، کیفیت و کمیت فتوستتزر را کاهش می‌دهند (۳۳، ۳۴). با کاهش فتوستتزر و ذخیره فرآورده‌های آن (ATP^1 و $NADPH^2$) واکنش‌های نوری در فتوستتزر و عملکرد کواتومی فتوسیستم کاهش شدیدی می‌یابد (۳۵). کاهش میزان فلورسانس متغیر به دلیل مهار الکترون و جلوگیری از انتقال الکترون از سمت دهنده فتوستتزر II به محل پذیرنده الکترون توسط مولکول‌های کوئینون (QA و QB) و ممانعت از فتواکسیداسیون فتوستتزر II است (۳۶، ۳۷).

برای ارزیابی میزان دگرآسیبی گیاهان از آزمون‌های زیستی استفاده می‌شود. دراین خصوص باید تأثیر عصاره اندام‌های مختلف گیاه بر صفات مؤثر گیاه مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، ماده خشک، ارتفاع بوته و به‌طور کلی مراحل رشد و نمو گیاهان زراعی، باغی، علف‌های هرز، گیاهان جنگلی و مرتعی مورد مطالعه قرار گیرد (۳۸). بخش مهمی از مواد دگرآسیب در مراحل اولیه جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای اثرگذار است، مانند اختلال در تقسیم سلولی و متابولیسم گیاه (۳۹، ۴۰). بسیاری از مطالعات بیانگر آن است که آللوکسیمایی در تقسیم میتوزی تداخل ایجاد می‌کند و باعث اختلال در فرایند تغییرات مورفولوژیکی، سیتولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه می‌شوند (۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴). مواد دگرآسیب از طریق جلوگیری از انتقال اکسیژن و ممانعت از انتقال الکترون، فرایندهای فتوستتزی را مختل می‌سازد (۴۵، ۴۶، ۴۷). بنابراین، غلظت مواد آللوپاتی نکته بسیار مؤثری است و عملکرد و میزان فعالیت آن‌ها را تعیین می‌کند (۴۸، ۴۹). آللوکسیمایی‌ها با غلظت‌های بالا می‌توانند جوانه‌زنی و نمو بذر را مهار کنند و به عنوان علف‌کش‌های آلی در مدیریت علف‌های هرز استفاده شوند (۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳). همچنین در غلظت‌های پایین‌تر به عنوان محرک‌های رشد در گیاهان قابل استفاده است (۵۴، ۵۵).

بارتن گیاه‌شناس استرالیایی، اکالپیتوس را به عنوان گیاهی با بیشترین اثر دگرآسیبی در میان گونه‌های گیاهی معرفی کرد (۵۶). اکالپیتوس^۳ به خانواده Myrtaceae تعلق دارد. این گیاه از نظر گیاه‌شناسی حدود ۷۰۰ گونه گیاهی، درختی و درختچه‌ای دارد و منشأ آن استرالیا است (۵۷، ۵۸). اکالپیتوس از استرالیا به‌عنوان ماده اولیه صنایع کاغذسازی به کشورهای مختلف وارد شد (۵۹). این گیاه در ایران قدمت طولانی دارد و بیش از یک قرن است که در جنوب کشور که دارای شرایط اکولوژیکی مناسبی برای رشد آن است، پرورش داده می‌شود و به دلیل وجود ترکیبات ثانویه دارای

1. Adenosine triphosphate

2. Nicotinamid adenine dinucleotide phosphate

3. Eucalyptus globulus Labill

اثرات دگرآسیبی فراوانی است (۶۰). اکالیپتوس یک گیاه دارویی و اقتصادی است که می‌توان از آن به عنوان یک علف‌کش زیستی و همچنین یک حشره‌کش طبیعی استفاده کرد. مواد فنلی اصلی‌ترین ترکیب عصاره برگ اکالیپتوس است که خواص دگرآسیبی قوی دارد (۶۱). از تجزیه اسانس برگ اکالیپتوس، ۱۶ ترکیب شناسایی شده که مهم‌ترین آن‌ها ترکیب ۱ و ۸- سینئول است (۱۹). با توجه به اهمیت و نقش اثرات دگرآسیب برخی گیاهان در کنترل علف‌های هرز، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر آللوپاتی عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر تعدادی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه گندم و کیسه‌کشیش انجام شد. با این پیش‌زمینه که بتوان از عصاره این گیاه در جهت تولید علف‌کش‌های زیستی و سازگار با محیط‌زیست برای کنترل علف‌هرز کیسه‌کشیش استفاده کرد.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۴۰۲ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قصر شیرین با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۳۳۳ متر از سطح دریا اجرا شد. این شهرستان در ۱۶۶ کیلومتری غرب شهر کرمانشاه واقع شده است. اثر عصاره برگ و دانه اکالیپتوس^۱ بر جوانه‌زنی و رشد گندم و علف‌هرز کیسه‌کشیش به صورت دو آزمایش جداگانه (آزمایشگاه و گلخانه) به ترتیب در قالب طرح کاملاً تصادفی^۲ با سه تکرار و بلوک‌های کامل تصادفی^۳ در چهار تکرار، مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس در غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد بود.

ابتدا برگ و دانه اکالیپتوس از مزرعه دانشکده کشاورزی جمع‌آوری و به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک و با آسیاب الکتریکی پودر گردید. برای استخراج عصاره اندام‌های هوایی اکالیپتوس، ابتدا ۳۰ گرم پودر اندام هوایی گیاه (برگ و دانه) به طور جداگانه در ۳۰۰ میلی‌لیتر حلال (آب مقطر) مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد روی دستگاه تکان‌دهنده (شیکر)، با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. عصاره تهیه شده به وسیله کاغذ صافی واتمن شماره (۲) صاف گردید. در مرحله بعد عصاره به دست آمده به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت سه هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد تا ذرات نامحلول جدا شوند. در نهایت

1. Eucalyptus globules

2. Completely Randomized Design

3. Randomized Complete Block Design

عصاره آبی ۱۰ درصد وزنی تهیه گردید. عصاره تهیه شده به عنوان محلول پایه (عصاره ۱۰۰ درصد) در تهیه غلظت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد عصاره آبی برگ و دانه اکالیپتوس استفاده شد. محلول‌های آماده شده تا زمان استفاده در یخچال نگهداری شدند.

قبل از اجرای آزمایش گلخانه‌ای، بذرها ضدعفونی و با آب مقطر شسته شدند. برای کاشت از گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. در هر گلدان پر از خاک مزرعه که به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار (۱) اتمسفر اتوکلاو شده بود، تعداد ۲۰ بذر کاشته شد و ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره تیمارهای مورد مطالعه به صورت یکسان به گلدان‌ها اضافه گردید. در آزمایشگاه نیز بذر گندم و علف‌هرز کیسه کشیش با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (۵ سانتی‌متر مکعب آب ژاول در ۹۵ سانتی‌متر مکعب آب مقطر) به مدت ۷ دقیقه استریل شدند. سپس داخل پتری دیش‌های شیشه‌ای به قطر ۱۰۰ میلی‌متر، ۲۵ بذر بر روی کاغذ صافی (ضدعفونی شده در اتوکلاو) قرار داده شد و ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره‌ها به پتری دیش‌ها اضافه گردید. لازم به ذکر است که به پتری دیش شاهد آب مقطر افزوده شد. درب پتری دیش‌ها با پارافین پلمپ، و به اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد. به منظور اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر گندم و کیسه‌کشیش، روزانه از پتری دیش‌ها بازدید گردید و تعداد بذره‌ای جوانه‌زده شمارش شد. معیار جوانه‌زنی بذرها زمانی بود که ریشه‌چه ۲ میلی‌متر از پوسته خارج شود. پس از پایان روز هفتم، درصد جوانه‌زنی^۱ به روش ماگویر^۲ (۱۹۶۲) و رابطه (۱) (۶۲)، و سرعت جوانه‌زنی بذر^۳ از رابطه (۲) مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت (۶۳).

$$GP = \frac{N'}{N} \times 100$$

رابطه (۱)

GP: درصد جوانه‌زنی، N': تعداد بذره‌ای جوانه‌زده تا روز آخر، N: تعداد کل بذر

$$GR = \sum_i^n \frac{Si}{Di}$$

رابطه (۲)

GR: سرعت جوانه‌زنی، Si: تعداد بذره‌ای جوانه‌زده در هر شمارش، Di: روزهای سپری شده در

شمارش nام

به منظور بررسی اثر عصاره آبی اکالیپتوس بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه گندم و کیسه‌کشیش، گلدان‌های پلاستیکی کشت شده به فیتوترون با دمای 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد و

1. Germination Percentage

2. Maguire

3. Germination Rate

فتوپریود ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انتقال داده شد. هر دو روز يك بار آبیاری تیمارها به صورت یکسان با ۲۰ میلی لیتر از غلظت‌های مختلف عصاره اکالیپتوس انجام شد و برای آبیاری تیمار شاهد از آب مقطر استفاده گردید. پس از گذشت چهار هفته، صفات مورفولوژیکی از جمله طول گیاهچه، طول ریشه‌چه، وزن تر و وزن خشک اندام‌های مختلف گندم و کیسه‌کشیش اندازه‌گیری شد. به همین منظور تعداد ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی انتخاب و طول گیاهچه با خط‌کش برحسب سانتی متر برآورد گردید. سپس اندام هوایی و ریشه هر دو گیاه تفکیک شد و وزن تر ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سپس ریشه و اندام‌های هوایی پس از شستشو با آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک شد. وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌چه به طور جداگانه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردید. محتوای کلروفیل به روش آرنون اندازه‌گیری شد (۶۴). در ابتدا ۰/۵ گرم از قسمت‌های تازه گیاه به همراه نیتروژن مایع داخل هاون چینی ریخته و نمونه به خوبی ساییده شد. بعد از آن ۲۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. عصاره فوقانی جدا شده به بالن منتقل گردید. مقداری از عصاره در کووت ریخته شد و با استفاده از دستگاه اسپکتروفیومتر^۱ میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۶ نانومتر ثبت شد. در نهایت، محتوای کلروفیل a، b و کل برحسب میلی گرم بر گرم بافت تر برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{Chl a} = 12.25 \times A_{663.2} - 2.79 \times A_{646.8} \quad \text{Chl b} = 21.50 \times A_{663.2} - 5.1 \times A_{646.8}$$

$$\text{Chl T} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

محاسبات آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS^۲ با نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن^۳ در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه گردید. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

۳. نتایج و بحث

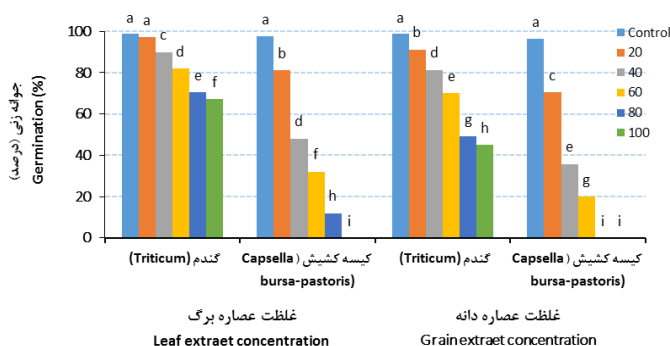
عصاره آبی برگ و دانه اکالیپتوس به طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر گندم و علف‌هرز کیسه‌کشیش را کاهش داد. با افزایش میزان غلظت عصاره، شیب کاهشی درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر شدیدتر شد (شکل ۱ و ۲). نتایج نشان داد که اثر بازدارندگی عصاره آبی اکالیپتوس جوانه‌زنی بذر کیسه‌کشیش را بیشتر از گندم تحت تأثیر قرار داده است، غلظت ۸۰ و

1. Unico, 2000, Germany

2. Statistical Analysis System

3. Duncan

۱۰۰ درصد عصاره دانه و غلظت ۱۰۰ درصد عصاره برگ اکالیپتوس به طور کامل از جوانه زنی بذر کیسه کشیش جلوگیری کرد. در حالی که درصد جوانه زنی گندم در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره برگ، به میزان ۳۱/۶۳ درصد و در غلظت ۸۰ و ۱۰۰ درصد عصاره دانه ۵۰/۳ و ۶۴/۴ درصد در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش داشت (شکل ۱). دلیل اصلی تأخیر و یا ممانعت از جوانه زنی و کاهش سرعت جوانه زنی بذرهای تیمار شده، به اختلال در جذب آب توسط بذر ارتباط دارد، موارد آللوپاتیک از رشد مناسب ریشه های موئین جلوگیری می کند (۶۵، ۶۶). جذب آب کافی برای جوانه زنی بذر ضروری است. در صورت قطع یا تأخیر در جذب آب، فعالیت های متابولیکی جوانه زنی در بذر به کندی انجام می گیرد، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه چه افزایش یافته و سرعت جوانه زنی بذر کاهش می یابد (۶۷). ترکیبات آللوپاتی با تأثیر بر تنفس، تغییر نفوذپذیری غشای سلولی، بازدارندگی رشد سلولی و ممانعت از فعالیت آنزیم ها، باعث کاهش جوانه زنی بذر می شود (۶۸). گزارش مطالعه گورمو^۱ و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که عصاره آبی برگ اکالیپتوس به ویژه در غلظت های بالاتر از ۴۰ و ۵۰ درصد، اثر بسیار معنی داری بر جوانه زنی لوبیا و ذرت^۲ دارد. مشابه این نتایج توسط آوادالا^۳ و امان (۲۰۱۷) گزارش شده است که در شرایط مزرعه، وجود درختان اکالیپتوس کاهش درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم را به همراه دارد و در آزمایشگاه عصاره آبی برگ اکالیپتوس از جوانه زنی بذر سورگوم، گندم و ارزن^۴ جلوگیری می کند.

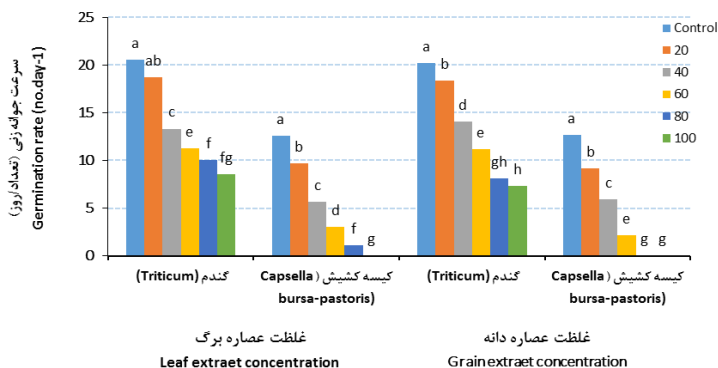


شکل ۱- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر درصد جوانه زنی بذر گندم و علف هرز کیسه کشیش

Fig. 1. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on germination percentage of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*

1. Gurmu
2. Phaseolus vulgaris L. & Zea mays L.
3. Awadallah and Eman
4. Sorghum bicolor, Triticum aestivum & Pennisetum glaucum

همان طور که در شکل (۱) ملاحظه می شود عصاره ۲۰ درصد برگ اکالیپتوس تأثیر معنی داری بر جوانه زنی گندم ندارد، و درصد جوانه زنی بذر در این تیمار تقریباً مشابه تیمار شاهد است. در حالی که اثر بازدارندگی غلظت یاد شده بر علف هرز کیسه کشیش بیشتر بود؛ به طوری که جوانه زنی را ۱۶/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت های ۸۰ و ۱۰۰ درصد عصاره آبی برگ اکالیپتوس، سرعت جوانه زنی بذر کیسه کشیش را به ترتیب ۹۱/۴ و ۱۰۰ درصد و بذر گندم را ۵۱/۲ و ۵۸/۵ درصد نسبت به گروه شاهد کاهش داده است (شکل ۲). مطالعه دیگری بر تأثیر عصاره برگ اکالیپتوس بر درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی گیاهچه ماش^۱ نشان می دهد که افزایش غلظت عصاره اکالیپتوس باعث کاهش درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی این گیاه می شود (۷۱، ۷۲). عصاره اکالیپتوس حاوی ترکیبات فنلی نظیر کوماریک، گالیک، جنتسیک، کاتکول، هیدروکسی بنزونیك سیرینجیک و اسید وانیلیک است که با کاهش فعالیت α -آمیلاز (۷۳، ۷۴)، باعث اختلال در برخی فرایندهای فیزیولوژیکی مهم همانند فتوسنتز، تنفس، فعالیت های هورمونی و مهار جوانه زنی بذر برنج (۷۵، ۷۶) می شوند. بررسی نتایج مؤید آن است که وجود این مواد دگرآسیب علاوه بر کاهش جوانه زنی بذر می تواند رویش گیاهچه را دچار تأخیر کند. مهار یا تأخیر در جوانه زنی و رویش گیاهچه ها تحت تأثیر مواد دگرآسیب در گیاهانی مانند تاج ریزی^۲ (۷۷)، سورگوم (۷۰)، جو^۳ (۷۸)، آفتابگردان^۴ (۷۹) و ذرت (۸۰) گزارش شده است.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر سرعت جوانه زنی گندم و علف هرز کیسه کشیش

Fig. 2. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on germination rate of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*

1. *Vigna radiate* L.
2. *Solanum nigrum* L.
3. *Hordeum vulgare* L.
4. *Helianthus annuus* L.

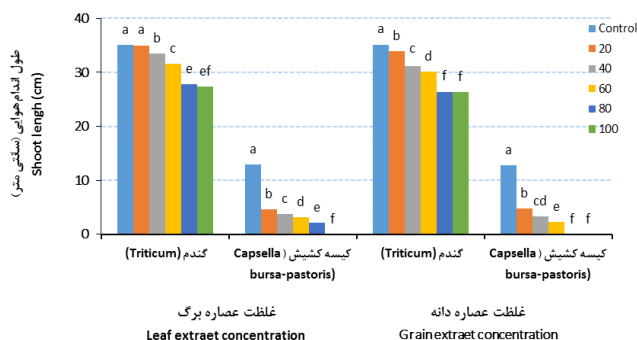
ترکیبات آللوپاتی عصاره آبی دانه و برگ اکالپتوس، باعث کاهش معنی دار طول اندام هوایی^۱، طول ریشه چه^۲، وزن خشک اندام هوایی^۳ و وزن خشک ریشه چه^۴ گندم و علف هرز کیسه کشیش شد (شکل ۳ - ۶). این نتایج با گزارش دیگر پژوهشگران مبنی بر کاهش رشد طولی اندام های هوایی و ریشه، در اثر تنش مواد دگرآسیبی گیاهان مطابقت دارد، به عنوان مثال، بررسی بقایای برگ اکالپتوس بر روی پیچک صحرایی^۵ و اوپارسلام^۶ نشان داد که رشد رویشی این گیاهان به شدت محدود شده است (۸۱).

کمترین طول اندام های هوایی در اثر کاربرد عصاره آبی برگ اکالپتوس در غلظت ۱۰۰ درصد مشاهده شد. در حالی که تیمارهای شاهد و عصاره ۲۰ درصد برگ اکالپتوس بیشترین طول گیاهچه را به خود اختصاص دادند.

مطابق نتایج مندرج در شکل (۳)، طول اندام های هوایی گیاه کیسه کشیش در حضور غلظت های ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد عصاره برگ اکالپتوس به ترتیب به میزان ۷۰/۹، ۷۵/۸، ۸۳/۷ و ۱۰۰ درصد نسبت به تیمار شاهد، کاهش نشان داد. میزان کاهش اندام هوایی گیاه گندم در مقایسه با کیسه کشیش کمتر بود (۴/۵، ۱۰، ۲۰/۷ و ۲۲/۲ درصد). بنابراین، می توان استنباط کرد که برآیند عوامل متعددی نظیر کاهش تقسیمات میتوزی در مریستم ریشه، کاهش فعالیت آنزیم هایی که فرایندهای حیاتی را کاتالیز می کنند، باعث اختلال در جذب یون های معدنی می شوند، کاهش سنتز و کاهش فتوسنتز با تخریب کلروفیل، در نهایت موجب کاهش سرعت رشد گیاهچه می شود. علاوه بر این، غلظت و مدت زمان مواد دگرآسیب تأثیر بسزایی بر میزان و شدت بازدارندگی دارد. کاهش فعالیت آنزیم ها با کاهش هورمون های گیاهی نظیر اکسین و اسید جیبرلیک می توانند رشد اندام های گیاهی را کاهش دهند (۲۳).

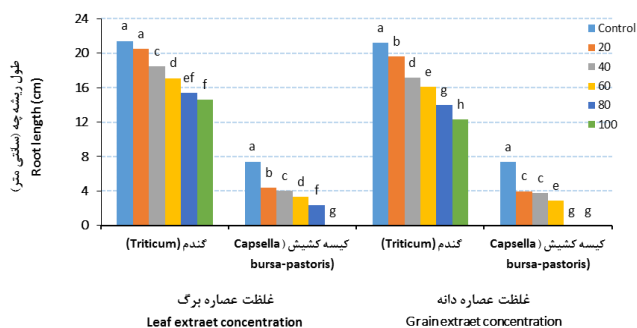
نتایج مشابهی از تأثیر عصاره اکالپتوس بر روی گیاه ارزن (۸۲) و گل همیشه بهار^۷ (۸۳) گزارش شده است.

1. Soot Lengh
2. Root Lengh
3. Shoot Dry Weight
4. Root Dry Weight
5. *Convolvulus arvensis* L.
6. *Cyprus rotundus* L.
7. *Calendula officinalis*



شکل ۳- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر طول اندام هوایی گندم و علف‌هرز کیسه کشیش

Fig. 3. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on shoot length of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*

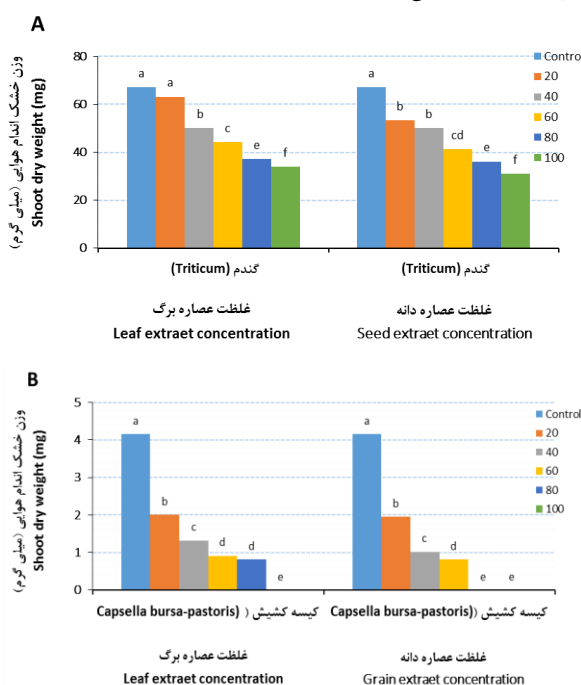


شکل ۴- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر طول ریشه‌چه گندم و علف‌هرز کیسه کشیش

Fig. 4. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on root length of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*

نتایج مندرج در شکل (۵ و ۶) گویای آن است که وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌چه هر دو گیاه کیسه‌کشیش و گندم تحت تأثیر غلظت عصاره آبی برگ و دانه اکالیپتوس قرار دارد و به طور قابل توجهی کاهش یافته است. غلظت ۱۰۰ درصد عصاره برگ اکالیپتوس، وزن خشک اندام‌های هوایی کیسه‌کشیش را ابتدا کاهش، سپس به طور کامل متوقف کرد. اما عصاره دانه اکالیپتوس علاوه بر غلظت ۱۰۰ درصد، در غلظت ۸۰ درصد هم باعث متوقف شدن کامل وزن خشک اندام‌های هوایی کیسه‌کشیش شد (شکل B ۵). از نتایج حاصل استنباط می‌شود که اثر بازدارندگی عصاره برگ و دانه اکالیپتوس در غلظت ۸۰ درصد وزن خشک اندام‌های هوایی گندم را به ترتیب ۴۴/۵ و ۴۶/۱ درصد کاهش داده است. در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره، روند کاهشی کمی شدیدتر و به ۴۹/۳ و ۵۰/۸ درصد رسید. علت این امر پتانسیل بازدارندگی غلظت بالای ترکیبات عصاره اکالیپتوس به ویژه

عصاره دانه بر وزن خشک اندام‌های هوایی است (شکل A ۵). ترکیبات دگرآسیب از طریق تخریب رنگریزه‌ها باعث کاهش فتوسنتز می‌شود و از سوی دیگر با بسته نگه داشتن روزنه‌ها منجر به کاهش مقدار کربوهیدرات‌ها و در نهایت کاهش تجمع ماده خشک گیاه کیسه‌کشیش و گندم شده است. تیمار شاهد به دلیل عدم وجود مواد بازدارنده با جذب رطوبت، عناصر ریز مغذی و افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه، شرایط مطلوبی را برای رشد و نمو گیاهان فراهم کرده است. مشابه این نتایج را دیگر محققین گزارش دادند که تنش دگرآسیبی می‌تواند رشد طولی اندام‌های هوایی و طول ریشه‌چه را در سورگوم، ارزن و گندم (۸۴)، لوبیا و ذرت (۷۱)، بادام زمینی^۱ (۸۵) و شیرتیغک^۲، خردل وحشی^۳ و تاتوره^۴ (۸۶) کاهش دهد.

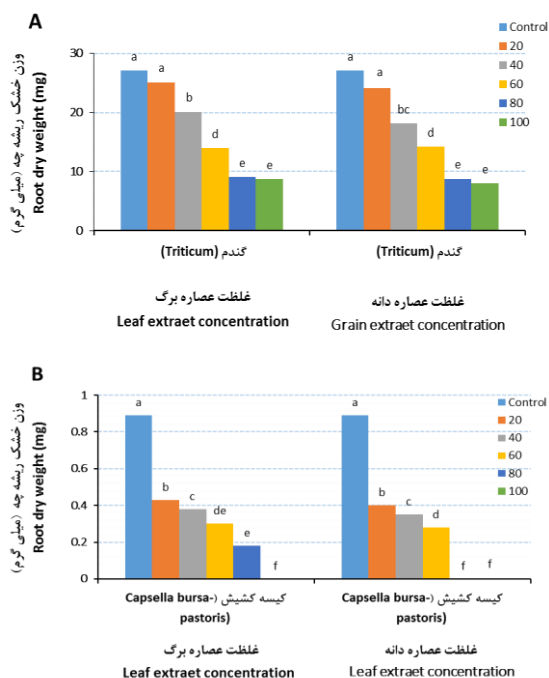


شکل ۵- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر وزن خشک اندام‌های هوایی گندم (A) و علف‌هرز کیسه‌کشیش (B)

Fig. 5. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on shoot dry weight of *Triticum aestivum* (A) and *Capsella bursa-pastoris* (B)

1. *Arachis hypogaea*
2. *Sonchus asper*
3. *Sinapis arvensis*
4. *Datura stramonium*

کاهش وزن خشک گیاه توسط عصاره اکالیپتوس می‌تواند به دلیل وجود مقادیر بالایی از مواد دگرآسیب‌فرار مانند α -پنین، β -پنین، α فلاندرون و سینئول و یا فنول‌هایی از قبیل الاژیک، کلروژنیک، P-کوماریلکوئینیک، اسید جنتسیک و اسید گالیک باشد (۸۷، ۸۸). ترکیبات فنلی فوق‌ممكن است در مسیر فسفریلاسیون تداخل نمایند و یا فعال‌سازی Mg^{+2} و فعالیت ATPase را مهار کنند (۸۹). این ترکیبات ممکن است با کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک DNA^۱ و RNA^۲ و یا با تأثیر بر فرایندهایی مانند تقسیم سلولی، جذب عناصر غذایی و سایر فرایندهای بیوسنتزی، در رشد و نمو گیاه ایجاد اختلال کنند (۸۳، ۹۰).

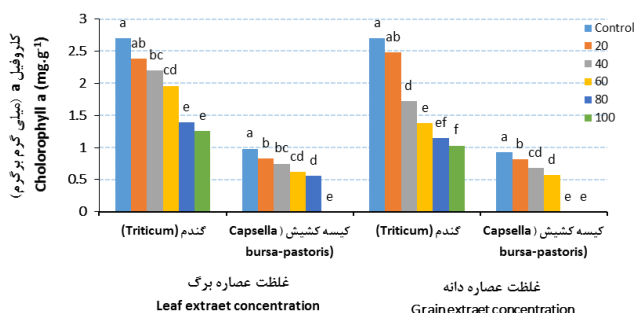


شکل ۶- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر وزن خشک ریشه‌چه گندم (A) و علف‌هرز کیسه کشیش (B)

Fig. 6. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on root dry weight of *Triticum aestivum* (A) and *Capsella bursa-pastoris* (B)

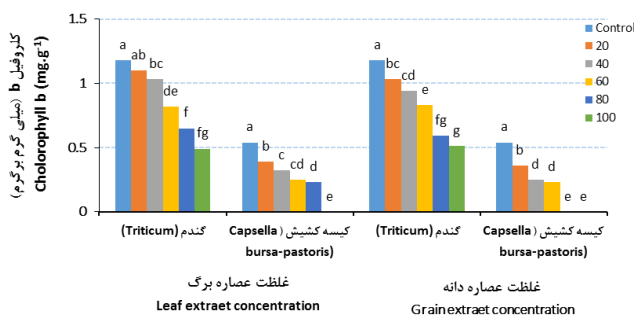
همچنین تصاویر (۷ الی ۹) بیانگر کاهش شدید میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل گیاه گندم و کیسه کشیش می‌باشد که تحت تأثیر غلظت‌های بالای عصاره دانه و برگ اکالیپتوس قرار گرفته

است. میزان کاهش کلروفیل b بیشتر از کلروفیل a بود. به نظر می‌رسد این کاهش می‌تواند به دلیل تبدیل کلروفیل b به کلروفیل a در شرایط بروز تنش حاصل از کاربرد عصاره برگ و دانه اکالیپتوس باشد. کاهش محتوای کلروفیل در برخی از گیاهان به دلیل استفاده از عصاره‌های گیاهی با خاصیت آلوپاتی در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (۹۱، ۹۲، ۹۳). در یک مطالعه، عصاره آبی برگ اکالیپتوس موجب کاهش طول ریشه‌چه، طول اندام‌های هوایی، وزن تر، وزن خشک و محتوای کلروفیل برگ گوجه‌فرنگی^۱ و ارزن انگشتی^۲ شد (۹۴). عصاره آبی برگ آفتابگردان در غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ درصد اثر بازدارندگی شدیدی بر میزان کلروفیل برگ گیاه نخود فرنگی^۳ دارد (۷۹).



شکل ۷- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر محتوای کلروفیل a گندم و علف‌هرز کیسه‌کشیش

Fig. 7. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on chlorophyll a of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*



شکل ۸- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر محتوای کلروفیل b گندم و علف‌هرز کیسه‌کشیش

Fig. 8. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on chlorophyll b of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*

1. *Solanum lycopersicum*
2. *Eleusine coracana* L.
3. *Pisum sativum* L.

با مراجعه به شکل (۹) به وضوح دیده می‌شود که اثر بازدارندگی عصاره دانه و پس از آن برگ اکالیپتوس بر محتوای کلروفیل علف‌هرز کیسه‌کشیش بیشتر از گندم است. غلظت ۸۰ و ۱۰۰ درصد عصاره دانه به طور کامل میزان کلروفیل کل گیاه کیسه‌کشیش را متوقف کرد و کمترین میزان کلروفیل به دست آمد. در حالی که غلظت‌های یاد شده، محتوای کلروفیل گندم را به ترتیب ۴۹/۲ و ۶۰/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. بیشترین محتوای کلروفیل کل به تیمار شاهد تعلق داشت. نکته حائز اهمیت آن است که علف‌هرز کیسه‌کشیش حساسیت بالایی به مواد آللوپاتی عصاره اکالیپتوس دارد و محتوای کلروفیل به شدت کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش محتوای کلروفیل تحت تأثیر مواد آللوشیمیایی و بسته شدن روزنه‌ها باشد.

مواد دگرآسیب با تولید گونه‌های فعال اکسیژن،^۱ بیوسنتز کلروفیل را مختل کرده و باعث تخریب رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، ساختار سلولی و کاهش سنتز کربوهیدرات‌ها، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها می‌شود که در نهایت اختلال در تقسیم سلولی و جذب و انتقال آب و مواد غذایی را به همراه دارد (شکل ۹).

بسیاری از مواد دگرآسیب شناسایی شده‌اند که میزان کلروفیل را در گونه‌های گیاهی کاهش می‌دهند. در گزارش چای مینگ^۲ و همکاران (۲۰۰۲) کاهش معنی‌داری در محتوای کلروفیل گیاهچه‌های سویا تیمار شده با اسیدهای وانیلیک، فرولیک و پارا-کوماریک مشاهده شد. چهار اسید فنولی در بقایای گیاه سلمه‌تره^۳ وجود دارد که به‌عنوان توکسین‌های گیاهی باعث کاهش میزان کلروفیل گیاه جو شده است (۹۶).

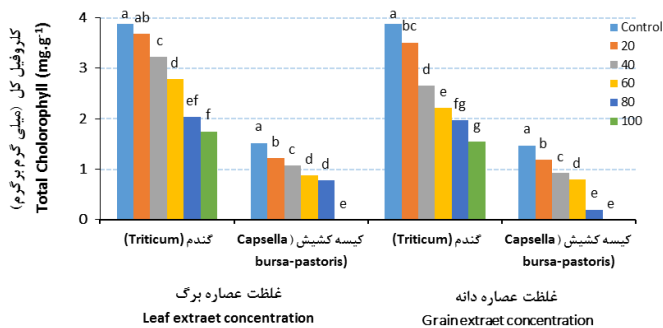
کاهش میزان کلروفیل گیاه عدسک آبی^۴ در حضور مواد دگرآسیب ژوگلون گزارش شده است (۹۷). کاهش محتوای کلروفیل گیاهان نیز می‌تواند به دلیل تشدید فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد. از سوی دیگر، هنگامی بروز تنش و اثر مواد آللوشیمیایی بر گیاه غلظت مواد تنظیم‌کننده‌های رشد مانند آبسزیک اسید و اتیلن افزایش می‌یابد و این مواد فعالیت کلروفیلاز را تحریک می‌کنند (۹۸). کلروفیلاز با جدا کردن فیتول از کلروفیل و جداسازی منیزیم از کلروفیلید و تشکیل فتوفورید، منجر به تخریب حلقه تتراپیرولی کلروفیل می‌شود (۹۹).

1. Reactiv Oxygen Species

2. Chi-Ming

3. *Chenopodium album* L.

4. *Lemna minor* L.



شکل ۹- اثر سطوح مختلف عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس بر محتوای کلروفیل کل گندم و علف‌هرز کیسه‌کشیش

Fig. 9. Effect of different levels of grain and leaf aqueous extract of eucalyptus on total chlorophyll of *Triticum aestivum* and *Capsella bursa-pastoris*.

۴. نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که عصاره‌های آبی دانه و برگ‌های جوان اکالیپتوس دارای خاصیت دگرآسیب بالایی هستند. اگرچه هر دو گیاه گندم و کیسه‌کشیش تحت تأثیر کاربرد عصاره آبی دانه و برگ اکالیپتوس قرار گرفتند، اما علف‌هرز کیسه‌کشیش حساسیت بیشتری نسبت به گیاه گندم نشان داد. به‌طوری که عصاره‌های با غلظت بالا (۸۰ و ۱۰۰ درصد)، اثر بازدارنده شدیدی بر جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و رشد فیزیولوژیکی علف‌هرز کیسه‌کشیش دارند. کاهش محتوای کلروفیل و اختلال در فتوسنتز گیاه به دلیل مختل شدن فعالیت ریشه گیاه و مکانیسم‌هایی مانند تقسیم سلولی، جلوگیری از عمل هورمون‌های اسیدجیرلیک و ایندول استیک و عدم جذب آب و مواد غذایی است که از رشد مناسب گیاهچه جلوگیری می‌کند. بنابراین، عصاره اکالیپتوس با خاصیت دگرآسیب بالقوه و قوی که دارد، می‌تواند با کنترل علف‌های هرز، به عملکرد محصولات کشاورزی، کاهش هزینه تولید، حفظ و سلامت اکوسیستم‌های کشاورزی کمک شایانی کنند. لذا شایسته است با بررسی و تحقیقات بیشتر روی گیاه اکالیپتوس برای تولید علف‌کش‌هایی با منشأ گیاهی و طبیعی ایمن و قابل تجزیه از نظر زیستی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، به‌ویژه کیسه‌کشیش استفاده کرد.

References

1. Rassaeifar M, Hosseini N, Haji Hasani Asl N, Zandi P & Moradi Aghdam A. Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* essential oil on seed germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cynodon dactylon*. *Trakia Journal of Sciences*. 2013; 1: 73-81.
2. Sardrood BP & Goltapeh EM. Weeds, herbicides and plant disease management. In: *Sustainable Agriculture Reviews*. 2018; 31: 41-178. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-94232-2-3>
3. Fried G, Chauvel B, Reynaud P & Sache I. Decreases in crop production by non-native weeds, pests, and pathogens. In: *Impact of biological invasions on ecosystem services*. 2017: 83-101. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3-6>
4. Zand A, Rahimian mashhadi H, Koochaki A, Khalghani J, Moosavi K & Ramezani K. Ecology of Weeds (*Management Applications*) (Translation). *Jahad Daneshgahi Press, Mashhad*. 2004: 560. [in persian]
5. Balbus JM, Boxall AB, Fenske RA, McKone TE & Zeise L. Implications of global climate change for the assessment and management of human health risks of chemicals in the natural environment. *Environ Toxicol Chem*. 2013; 32(1): 62-78. <http://doi.org/10.1002/etc.2046>
6. Weldelessie T, Naz H, Singh B & Oves M. Chemical contaminants for soil, air and aquatic ecosystem. In: *Modern age environmental problems and their remediation*. 2018: 1-22. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-64501-8-1>
7. Jabran K & Chauhan BS. Weed management in aerobic rice systems. *Crop Protection*. 2015; 78: 151-163. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.005>
8. Buchi L, Wendling M, Amosse C, Jeangros B & Charles R. Cover crops to secure weed control strategies in a maize crop with reduced tillage. *Field Crops Research*. 2020; 247: 107583. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107583>
9. Motmainna M, Juraimi AS, Uddin MK, Asib NB, Islam AKMM, Ahmad-Hamdani MS, Berahim Z & Hasan M. Physiological and biochemical responses of *Ageratum conyzoides*, *Oryza sativa* f. *spontanea* (weedy rice) and *Cyperus iria* to *Parthenium hysterophorus* methanol extract. *Plants*. 2021; 10: 1205. <http://doi.org/10.3390/plants1006120>
10. Medic A, Zamljen T, Slatnar A, Hudina M, Grohar MC & Veberic, R. Effect of Juglone and Other Allelochemicals in Walnut Leaves on Yield, Quality and Metabolites of Snack Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Foods*. 2023; 12: 371. <http://doi.org/10.3390/foods12020371>
11. Lamine C. Transition pathways towards a robust ecologization of agriculture and the need for system redesign. Cases from organic farming and IPM. *Journal of Rural Studies*. 2011; 27(2): 209-219. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2011.02.001>
12. Geng Y, Cao G, Wang L & Wang S. Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. *PLoS ONE*. 2019; 14(7): e0219512. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0219512>
13. Korres NE, Burgos NR, Travlos I, Vurro M, Gitsopoulos TK & Varanasi VK. New

- directions for integrated weed management: Modern technologies, tools and knowledge discovery. *Advances in Agronomy*. 2019; 155: 243-319.
<http://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.01.006>.
14. Mubeen K, Nadeem MA, Tanveer A & Zahir ZA. Allelopathic effects of sorghum and sunflower water extractson germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) and three weed species. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 2012; 22(3): 738-746.
 15. Cheng F & Cheng Z. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Front Plant Sciences*. 2015; 6: 1020. <http://doi.org/10.3389/fpls.2015.01020>
 16. Macias FA, Oliveros-Bastidas A, Marin D, Chinchilla N, Castellano D & Molinillo JM. Evidence for an allelopathic interaction between rye and wild oats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014; 62(39): 9450-9457. <http://doi.org/10.1021/jf503840d>
 17. Jabran K. Manipulation of allelopathic crops for weed control. *Springer, Cham*, 2017: 65-75.
 18. Aci MM, Sidari R, Araniti F & Lupini A. Emerging trends in allelopathy: A genetic perspective for sustainable agriculture. *Agronomy*. 2022; 12(9): 2043.
<http://doi.org/10.3390/agronomy12092043>
 19. Das CR, Mondal NK, Aditya P, Datta K, Banerjee A & Das K. Allelopathic potentialities of leachates of leaf litter of some selected tree species on gram seeds under laboratory conditions. *Asian Journal of Experimental Biological Science*. 2012; 3(1): 59-65.
 20. Harun MAYA, Robinson RW, Johnson J & Uddin MN. Allelopathic potential of *Chrysanthemoides monilifera* subsp. monilifera (boneseed): A novel weapon in the invasion processes. *South African Journal of Botany*. 2014; 93: 157-166.
<http://doi.org/10.1016/j.sajb.2014.04.008>
 21. Ullah N, Haq IU, Safdar N & Mirza B. Physiological and biochemical mechanisms of allelopathy mediated by the allelochemical extracts of *Phytolacca latbenia* (Moq.) H. Walter. *Toxicology and Industrial Health*. 2015; 31(10): 931-937.
<http://doi.org/10.1177/0748233713483205>
 22. Ashraf R, Sultana B, Yaqoob S & Iqbal M. Allelochemicals and crop management: A review. *Curr Science*. 2017; 3(1): 1-13.
 23. Poulin RX, Hogan S, Poulson-Ellestad KL, Brown E, Fernandez FM & Kubanek J. *Karenia brevis* allelopathy compromises the lipidome, membrane integrity, and photosynthesis of competitors. *Scientific Reports*. 2018; 8(1): 9572.
<http://doi.org/10.1038/s41598-018-27845-9>
 24. Araniti F, Sanchez-Moreiras AM, Grana E, Reigosa MJ & Abenavoli MR. Terpenoid trans-caryophyllene inhibits weed germination and induces plant water status alteration and oxidative damage in adult Arabidopsis. *Plant biology*. 2017; 19(1): 79-89.
<http://doi.org/10.1111/plb.12471>
 25. Goga M, Antreich SJ, Bačkor M, Weckwerth W & Lang I. Lichen secondary metabolites affect growth of *Physcomitrella patens* by allelopathy. *Protoplasma*. 2017; 254(3): 1307-1315. <http://doi.org/10.1007/s00709-016-1022-7>

26. Li P, Ding L, Zhang L, He J & Huan Z. Weisiensin B inhibits primary and lateral root development by interfering with polar auxin transport in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019; 139: 738-745.
<http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.020>
27. Lupini A, Araniti F, Mauceri A, Princi MP, Sorgona A, Sunseri F, Varanini Z & Abenavoli MR. Coumarin enhances nitrate uptake in maize roots through modulation of plasma membrane H⁺-ATPase activity. *Plant Biology*. 2018; 20(2): 390-398.
<http://doi.org/10.1111/plb.12674>
28. Mohammadkhani N & Servati M. Nutrient concentration in wheat and soil under allelopathy treatments. *Journal Plant Research*. 2018; 131(1): 143-155.
<http://doi.org/10.1007/s10265-017-0981-x>
29. Syahri R, Widaryanto E & Wicaksono KP. Bioactive compound from mangoes leaves extract as potential soil bioherbicide to control amaranth weed (*Amaranthus spinosus* Linn.). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2017; 4(3): 829-836.
<http://doi.org/10.15243/jdmlm.2017.043.829>
30. Bortolo TDSC, Marchiosi R, Vigano J, de Cassia S-S, Ferro AP, Barreto GE, de Souza BG, Abrahao J, dos Santos WD & Ferrarese-Filho O. Trans-aconitic acid inhibits the growth and photosynthesis of *Glycine max*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2018. 132: 490-496.
<http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.09.036>
31. Long M, Tallec K, Soudant P, Le GF, Donval A, Lambert C, Sarthou G, Jolley DF & Hegaret H. Allelochemicals from *Alexandrium minutum* induce rapid inhibition of metabolism and modify the membranes from *Chaetoceros muelleri*. *Algal Research*. 2018; 35: 508-518. <http://doi.org/10.1016/j.algal.2018.09.023>
32. Lelong A, Haberkorn H, Le Goic N, Hegaret H & Soudant P. A new insight into allelopathic effects of *Alexandrium minutum* on photosynthesis and respiration of the diatom *Chaetoceros neogracile* revealed by photosynthetic-performance analysis and flow cytometry. *Microbial Ecology*. 2011; 62(4): 919-930. <http://doi.org/10.1007/s00248-011-9889-5>
33. Yuliyani ED, Darmanti S & Hastuti ED. Allelochemical effects of *Chromolaena odorata* L. against photosynthetic pigments and stomata of *Ageratum conyzoides* L. leaves. *Journal of physics: conference series*. 2019; 1217(1): 012149.
<http://doi.org/10.1088/1742-6596/1217/1/012149>
34. Shahzad B, Rehman S, Bajwa AA, Hussain S, Rehman A, Cheema SA, Abbas T, Ali A, Shah L, Adkins S & Li P. Utilizing the allelopathic potential of Brassica species for sustainable crop production: A review. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019; 38(1): 343-356. <http://doi.org/10.1007/s00344-018-9798-7>
35. Dayan FE, Howell JL & Weidenhamer JD. Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. *Journal of Experimental Botany*. 2009; 60(7): 2107-2117.
<http://doi.org/10.1093/jxb/erp082>
36. Mehta P, Jajoo A, Mathur S, & Bharti S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2010; 48(1): 16-20. <http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.10.006>

37. Sowiński J, Dayan FE, Głab L & Adamczewska-Sowińska K. *Sorghum allelopathy for sustainable weed management*. In: Plant defence: Biological control. 2020: 263-288.
38. Seigler, DS. Chemistry and mechanisms of allelopathic interaction. *Agronomy Journal*. 1996; 88: 867. <http://doi.org/10.2134/agronj1996.00021962003600060006x>
39. Narwal, S. *Allelopathy in Crop Production*. Scientific Publishers. 2004: 303.
40. Teerarak M, Charoenying P & Laosinwattan C. Physiological and cellular mechanisms of natural herbicide resource from *Aglaia odorata* Lour. on bioassay plants. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2012; 34(4): 1277-1285. <http://doi.org/10.1007/s11738-011-0923-5>
41. Singh HP, Batish DR, Kaur S, Setia N & Kohli RK. Effects of 2-benzoxazolinone on the germination, early growth and morphogenetic response of mung bean (*Phaseolus aureus*). *Annals of Applied Biology*. 2005; 147(3): 267-274. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.00031.x>
42. Batish DR, Gupta P, Singh HP & Kohli RK. L-DOPA (L-3, 4-dihydroxyphenylalanine) affects rooting potential and associated biochemical changes in hypocotyl of mung bean, and inhibits mitotic activity in onion root tips. *Plant Growth Regulation*. 2006; 49(2): 229-235. <http://doi.org/10.1007/s10725-006-9114-6>
43. Gulzar A, Siddiqui MB & Shazia B. Allelopathic potential of rhizosphere powder amended soil (LPRS) and inorganic profiling of *Eclipta alba* (L.) Hassk. On Growth of Crops and Weeds. *Thai Journal of Agricultural Science*. 2014; 47(3): 133-139.
44. Mushtaq W, Ain Q & Siddiqui MB. Cytotoxic allelochemicals induce ultrastructural modifications in *Cassia tora* L. and mitotic changes in *Allium cepa* L.: A weed versus weed allelopathy approach. *Protoplasma*. 2019; 256(3): 857-871. <http://doi.org/10.1007/s00709018-01343-1>
45. Jilani G, Mahmood S, Chaudhry AN, Hassan I & Akram M. Allelochemicals: sources, toxicity and microbial transformation in soil-A review. *Annals of Microbiology*. 2008; 58(3): 351-357. <http://doi.org/10.1007/BF03175528>
46. Gatti AB, Ferreira AG, Arduin M & Perez SCGDA. Allelopathic effects of aqueous extracts of *Artisotolochia esperanzae* O. Kuntze on development of *Sesamum indicum* L. seedlings. *Acta Botanica Brasiliica*. 2010; 24(2): 454-461. <http://doi.org/10.1590/S0102-33062010000200016>
47. Uniyal AK & Chhetri S. An assessment of phytotoxic potential of promising agroforestry trees on germination and growth pattern of traditional field crops of Sikkim Himalaya, India. *American Eurasian Journal Scientific Research*. 2010; 5(4): 249-256.
48. Kobayashi K. Factors affecting phytotoxic activity of allelochemicals in soil. *Weed Biology and Management*. 2004; 4(1): 1-7. <http://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2003.00112.x>
49. Farooq N, Abbas T, Tanveer A & Jabran K. *Allelopathy for weed management*. In: Reference Series in Phytochemistry Co-Evolution of Secondary Metabolites. 2020: 505-519. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-6397-6-16>
50. Lambers H, Mougél C, Jaillard B & Hinsinger P. Plant-microbesoil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant and Soil*. 2009; 321(1): 83-115. <http://doi.org/10.1007/s11104-009-0042-x>

51. Jamil M, Cheema ZA, Mushtaq MN, Farooq M & Cheema MA. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. *Agronomy for Sustainable Development*. 2009; 29(3): 475-482. <http://doi.org/10.1051/agro/2009007>
52. Bhadoria PBS. Allelopathy: a natural way towards weed management. *American Journal of Experimental Agriculture*. 2011; 1(1): 7-20. <http://doi.org/10.9734/AJEA/2011/002>
53. Amb MK & Ahluwalia AS. Allelopathy: potential role to achieve new milestones in rice cultivation. *Rice Science*. 2016; 23(4): 165-183. <http://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.06.001>
54. Cheema ZA, Farooq M & Khaliq A. Application of allelopathy in crop production: Success story from Pakistan. Allelopathy: Current trends and future applications. *Springer, Berlin*. 2013; 113-143. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-30595-5-6>
55. Abbas T, Nadeem MA, Tanveer A & Chauhan BS. Can hormesis of plant-released phytotoxins be used to boost and sustain crop production? *Crop Protection*. 2017; 93: 69-76. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.020>
56. Gliessman SR. Allelopathic Effects of Crops. *Technology and Engineering, Santa Cruz*. 2007: 384.
57. Sani I, bdulhamid A & Bello F. *Eucalyptus camaldulensis*: Phytochemical composition of ethanolic and aqueous extracts of the leaves, stembark, root, fruits and seeds. *Journal of Scientific and Innovative Research*. 2014; 3(5): 523-526. <http://doi.org/10.31254/jsir.2014.3510>
58. Shayoub M El, Dawoud ADH, Abdelmageed MAM, Ehassan AM. & Ehassan AM. Phytochemical analysis of leaves extract of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Omdurman Journal of Pharmaceutical Science*. 2015; 2(1): 64-71.
59. Cossalter C & Pye-Smith C. *Fast-wood Forestry: Myths and Realities*. Center for International Forestry Research. *Indonesia*. 2003; 1: 54. <http://doi.org/10.17528/cifor/001257>
60. Assareh MH & Sardabi H. *Eucalyptus*, Description, Illustration and Propagation by Advanced Techniques. *Research Institute of Forests and Rangelands Publications*. 2007: 672.
61. Vecchio M, Loganes C & Minto C. Beneficial and Healthy Properties of Eucalyptus Plants: A Great Potential Use. *The Open Agriculture Journal*, 2016; 10(1): 52-57. <http://doi.org/10.2174/1874331501610010052>
62. Hartman H, Kester D & Davis F. *Plant Propagation, Principle and Practices*. Prentice Hall International Editions. 1990: 647.
63. Ikic I, Maricevic M, Tomasovic S, Gunjaca J, Sarcevic Z & Arcevic H. The effect of germination temperature on seed dormancy in creation-grown winter wheats. *Euphytica*. 2012; 188(1): 25-34. <http://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8>
64. Arnon DI. Copper enzymes is isolated chloroplasts pollyphenol oxidase in Beta vulgaris. *Plant physiology*. 1949; 24(1): 1-15.
65. Tanase C, Bujor OC & Popa VI. Phenolic natural compounds and their influence on physiological processes in plants. In *Polyphenols in Plants*, 2nd ed.; Watson, RR. Ed. Academic Press: Cambridge MA, USA, 2019: 45-58.

66. Li J, Evon P, Ballas S, Trinh HK, Xu L, Van Poucke C, Van Droogenbroeck B, Motti P, Mangelingckx S, Ramirez A, et al. Sunflower bak extract as a biostimulant suppresses reactive oxygen species in salt-stressed Arabidopsis. *Frontiers Plant Science*. 2022; 13: 837441. <http://doi.org/10.3389/fpls.2022.837441>
67. Rashid HU, Khan A, Hassan G, Khan SU, Saeed M, Khan SA, Khan SM & Hashim S. Weed suppression in maize (*Zea mays* L.) through the allelopathic effects of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Conard Moench.] sunflower (*Helianthus annuus* L.) and parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) plants. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2020; 18(4): 5187-5197. <http://doi.org/10.15666/aeer/1804-51875197>
68. Pula J, Zandi P, Stachurska-Swakori A, Barabasz-Krasny B, Mozdzen K & Wang Y. Influence of alcoholic extracts from *Helianthus annuus* L. roots on the photosynthetic activity of *Sinapis alba* L. cv. Barka plants. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*. 2019; 70: 8-13. <http://doi.org/10.1080/09064710.2019.1661509>
69. Gurmu WR. Effects of Aqueous *Eucalyptus* Extracts on Seed Germination and Seedling Growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *Zea mays* L. *Open Access Library Journal*. 2015; 2(9): 1-8. <http://doi.org/10.4236/oalib.1101741>
70. Awadallah B & Eman O. Allelopathic Effect of *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) Leaf on Seed Germination and Seedling Growth of some Poaceous Crops. *International Journal of Forest, Animal and Fisheries Research*. 2017; 1(4): 34-40. <http://doi.org/10.22161/ijfaf.1.4.4>
71. Sasikumar K, Vijayalakshmi C & Parthiban KT. Alleopathic effects of *Eucalyptus* on blackgram (*Phaseolus mungo* L.). *Allelopathy Journal*. 2002; 9(2): 205-214.
72. Shaddam MO, Aktar MM, Shiton AKR, Islam MS & Rahman M M. Allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis* on germination and seedling growth of mungbean. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 2020; 23(1): 1894-1900. <http://doi.org/10.18801/jbar.230120.233>
73. Oliveira A, Pereira S, Cândido A, Laura V & Peres M. Can al-lelopathic grasses limit seed germination and seedling growth of mutambo? A test with two species of *Brachiaria* grasses. *Planta Daninha*. 2016; 34(4): 639-648. <http://doi.org/10.1590/s0100-83582016340400003>
74. Alshahrani TS & Suansa NI. Application of biochar to alleviate effects of allelopathic chemicals on seed germination and seedling growth. *BioResources*. 2020; 15(1): 382-400. <http://doi.org/10.15376/biores.15.1.382-400>
75. Zohaib A, Tabassum T, Anjum SA, Abbas T & Nazir U. Allelopathic effect of some associated weeds of wheat on germinability and biomass production of wheat seedlings. *Planta Daninha*. 2017; 35(1): 1-12. <http://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100089>
76. Nishida N, Tamotsu S, Nagata N, Saito C & Sakai A. Allelopathic effects of volatile monoterpenoids produced by *Salvia leucophylla*: inhibition of cell proliferation and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* seedlings. *Journal of Chemical Ecology*. 2005; 31(5): 1187-1203. <http://doi.org/10.1007/s10886-005-4256-y>
77. Ataollahi R, Dejam M & Khaleghi SS. Phytotoxic effects of *Eucalyptus globulus* leaf extract on *Solanum nigrum*. *South-Western Journal. Horticulture Biology Environment*.

- 2014; 5(1): 43-53.
78. Morsi MM & Abdelmigid HM. Allelopathic activity of *Eucalyptus globulus* leaf aqueous extract on *Hordeum vulgare* growth and cytogenetic behaviour. *Australian Journal of Crop Science*. 2016; 10(11): 1551-1556. <http://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.11.PNE122>
 79. Janusauskaite D & Kadzien G. Influence of different intensities of tillage on physiological characteristics and productivity of crop-rotation plants. *Plants*; 2022; 11(22): 3107. <http://doi.org/10.3390/plants11223107>
 80. Ayalew A & Asfaw Z. Allelopathic Effects of *Gravellia Robusta*, *Eucalyptus Camaldulensis* and *Casuarina Equisetifolia* on Germination and Root Length of Maize and Wheat. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*. 2020; 6(11): 15-20. <http://doi.org/10.20431/2454-6224.0611004>
 81. Kandhro MN, Jogi Q, Buriro M, Soomro AA, Laghari GM & Khaskheli AN. Germination and seedling growth of *Convolvulus arvensis* L. and *Cyperus rotundus* L. under the allelopathic influence of *Eucalyptus camaldulensis* (L.) leaves. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2016; 32(3): 252-257. <http://doi.org/10.17582/journal.sja/2016.32.3.252.257>
 82. Sousa MV, Farias SGG, Castro DP, Silva RB, Silva DYBO, Dias BAS, Silva AF, Santos GNL, Matos DCP & Oliveira CVA. Allelopathy of the Leaf Extract of *Eucalyptus* Genetic Material on the Physiological Performance of Millet Seeds. *American Journal of Plant Sciences*. 2018; 9: 34-45. <http://doi.org/10.4236/ajps.2018.91004>
 83. Noor Mohamed MB, Shukla AK, Jangid BL & Vikas Khandelwal. Allelopathy effect of eucalyptus on seed germination and growth of calendula and marigold. *Indian Journal of Horticulture*. 2021; 73(3): 304-310. <http://doi.org/10.5958/0974-0112.2021.00044.X>
 84. Dafaallah AB & El-Twom EO. Allelopathic effect of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) leaf on seed germination and seedling growth of some poaceous crops. *International Journal of Forest, Animal and Fisheries Research (IJFAF)*. 2017; 1(4): 34-40. <http://doi.org/10.22161/ijfaf.1.4.4>
 85. Lwan SA, Suleiman K & Iortsuum DN. Effects of some allelochemicals of *Eucalyptus* species on germination and radicle growth of *Arachishypogya*. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. 2011; 4(1): 59-62. <http://doi.org/10.4314/bajopas.v4i1.13>
 86. Saeed JA, Al-Rawi ER & Ibraheem FK. The effect of aqueous leaves extracts of *Eucalyptus camaldulensis* on germination and growth of three weed species. *Rafidain Journal of Science*. 2013; 24(3): 1-10. <http://doi.org/10.33899/rjs.2013.71034>
 87. Boulekbache-Makhlouf L, Meudec E, Mazauric JP, Madani K & Cheynier V. Qualitative and semi-quantitative analysis of phenolics in *Eucalyptus globulus* leaves by high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection and electrospray ionisation mass spectrometry. *Phytochem Analysis*. 2013; 24(2): 162-170. <http://doi.org/10.1002/pca.2396>
 88. Yong WTL, Ades PK, Goodger JQ, Bossinger G, Runa FA, Sandhu KS & Tibbits JF. Using essential oil composition to discriminate between myrtle rust phenotypes in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus obliqua*. *Industrial Crops and Products*. 2019; 140: 111595. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111595>

89. Jaime MDI & Ferrer MAB. Post-emergent herbicidal activity of Eucalyptus globulus Labill. essential oil. *Nereis: Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*. 2018; 25-36. <http://doi.org/10.3390/mol2net-04-05374>
90. Vaghar MS, Sayfzadeh S, Zakerin HR, Kobraee S & Valadabadi SA. Foliar application of iron, zinc, and manganese nano-chelates improves physiological indicators and soybean yield under water deficit stress. *Journal Plant Nutrition*. 2020; 43(18): 2740-2756. <http://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793180>
91. Hussain I, Baloch MS, Khan EA & Khan AA. Morphological and physiological response of maize to some allelopathic plant extracts. *Pakistan Journal of Weed Science Research; Islamabad*. 2019; 25(2): 137-145.
92. Siyar S, Majeed A, Muhammad Z, Ali H & Inayat N. Allelopathic effect of aqueous extracts of three weed species on the growth and leaf chlorophyll content of bread wheat. *Acta Ecologica Sinica*. 2019; 39: 63-68. <http://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.05.007>
93. Nafees A & Abbas A. Bioassay test of allelopathic potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) against mung bean (*Vigna radiate* (L.) R.Wilczek). *Journal of Phytosciences*. 2021; 1(1): 70-79.
94. Pruthvi Raj HM, Dhananjaya BN, Maruthi Prasad BN, Raghunatha Reddy RL, Shankarappa TH & Ehsaullah Seraji. Allelopathic potentiality of eucalyptus tree parts on germination and seedlings growth of finger millet (*Eleusine coracana*) and tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 2022; 11(12): 4962-4969.
95. Chi-Ming Y, Chyoung-Ni L, & Chang-Hung C. Effect of three allelopathic phenolics on chlorophyll accumulation of rice (*Oryza sativa*) seedling: I. Inhibition of supply-orientation. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2002; 43: 299-304.
96. Daizy RB, Lavanya K, Singh HP, & Kohli RK. Phenolic allelochemicals released by *Chenopodium murale* affect the growth nodulation and macromolecule content in chickpea and pea. *Plant Growth Regulation*. 2007; 51(2): 119-128. <http://doi.org/10.1007/s10725-006-9153-z>
97. Gniazdowska A & Bogatek R. Allelopathic interactions between plants. Multi-site action of allelochemicals. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2005; 27(3): 395-407. <http://doi.org/10.1007/s11738-005-0017-3>
98. Taiz L & Zeiger E. *Plant Physiology*. 5th Ed. Artmed, Porto Alegre; 2013.
99. Radhakrishnan R, Alqarawi AA & Abd_Allah EF. Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2018; 158(2): 131-138. <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.018>