

Evaluation of the Allelopathic Effects of some Plant Species on the Germination and Growth of Lettuce Seedlings (*Lactuca sativa* var. Great Lakes 366) using the Sandwich Method

S. Amini^{1,2*}, M. Shamshirkesh Shahri³

1- Badiiee Saffron Production Agricultural Company, Mashhad, Iran

2- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran

3- Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran

(*- Corresponding author's Email: s.amini@gau.ac.ir)

Received: 08 September 2024
Revised: 06 March 2025
Accepted: 22 March 2025
Available Online: 22 March 2025

How to cite this article:

Amini, S., & Shamshirkesh Shahri, M. (2026). Evaluation of the allelopathic effects of some plant species on the germination and growth of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* var. Great Lakes 366) using the sandwich method. *Journal of Horticultural Science*, 39(4), 597-610. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.89712.1376>

Introduction

Invasion of weeds is one of the major factors in the reduction of yield of agricultural crops in the field conditions. The use of allelopathic plants is one of the methods for weed control. To date, numerous laboratory and field techniques have been developed to evaluate allelopathy in various plant species. Recently, advancements in allelopathy research have emerged with the introduction of innovative techniques and more effective bioassays. Researchers have shown that many challenges in allelopathy studies can be addressed through these improved methods. Traditional approaches have increasingly been replaced by newer techniques, such as the Sandwich method, which allows the allelopathic properties of different plants to be evaluated in a very short time using only a minimal amount of plant material.

Materials and Methods

Considering that there is a significant evidence of the presence of allelopathic compounds in invasive weeds as well as medicinal plants, therefore, in the current research, the main focus was on these two groups of plants for the selection. In this research, the allelopathic activity of 57 plant species (60 samples including leaf, stem, seed, rhizome, flower, gum) of 18 families was investigated using the Sandwich method. In this method, plant samples were first dried at 40 degrees Celsius and then weighed in three replicates with amounts of 10 and 50 mg. Special containers with 6 well were used for cultivation. The diameter of each well was 3 cm. In one row of the wells, 10 mg and 50 mg of plant sample powder were placed in the other row. Then 5 ml of 0.5% agar solution was added to the samples and after the agar cooled and coagulated, another 5 ml of agar solution was added to each well. In this way, the plant sample was placed between two layers of agar. Then, in each well, 5 seeds of lettuce (*Lactuca sativa*) variety Great Lakes 366 were planted vertically on the agar surface. This variety of lettuce has been selected as an indicator due to its high sensitivity to metabolites. Then the containers were sealed and placed in an incubator with a temperature of 25 degrees Celsius in the dark conditions. After 3 days, the percentage of seed germination was checked by measuring the length of lettuce radicle and hypocotyl. To make it easier to compare plants, data clustering was performed using Minitab software.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.89712.1376>

Results and Discussion

Using this method, 59 plant samples were placed into 10 distinct clusters. The similarity of plants in each cluster was 85%. The findings revealed that the leaf residues of *Anethum graveolens* and a *Cynara cardunculus* clustered together based on their allelopathic activity, demonstrating the most significant growth-inhibitory effect at a concentration of 10 mg of the plant sample. The average percentage of inhibition of radicle and hypocotyl growth of lettuce seedlings caused by these two plants was reported to be 94.95 and 87.65 percent, respectively. Also, 13 plants including leaves of *Chenopodium album*, *Prangos ferulacea*, *Lepidium draba*, *Petroselinum crispum*, *Dianthus barbatus*, *Convolvulus arvensis*, *Narcissus tazetta*, *Heracleum persicum*, *Onosma dichroantha*, *Stellaria media*, *Brassica cretica*, *Ipomoea purpurea* and *Apium graveolense* Seeds were placed in one cluster. This group also had significant growth inhibitory effects. Although their inhibitory effects were always less than *Anethum graveolens* and a *Cynara cardunculus*. The average percentage of radicle and hypocotyl growth inhibition in these plants with 10 mg of dry plant sample was 79.76 and 62.27, respectively. This study demonstrated that both the leaf residue of *Hypericum perforatum* and *Hypericum scabrum* significantly enhanced the growth of lettuce seedlings. Even minimal amounts (10 mg of the dried plant sample) resulted in a remarkable increase in radicle growth by 14.65% and hypocotyl growth by 45.15%. Additionally, at amount of 50 mg, *Pistacia lentiscus* gum demonstrated exceptional efficacy, enhancing radicle growth by an impressive 90%. Among the plants studied in this study, *Cupressus sempervirens* leaf residues had an inhibitory effect on radicle growth but stimulated hypocotyl growth. *Centaurea behen* leaf residues only produced a growth-stimulating effect (43.3%) on hypocotyl growth at amount of 10 mg, and in other cases, they showed allelopathic effects in the form of growth inhibition.

Conclusion

This study confirms the reliability of the sandwich method for identifying allelopathic plants and assessing their properties. It efficiently evaluates a variety of plants with fewer samples and time. The results suggest that plant residues could be used in organic farming to control weeds. Further research is necessary to identify the specific allelopathic compounds involved.

Acknowledgement

The authors of this article would like to thank Mr. Mohammad Reza Joharchi, a faculty member of the Herbarium of Ferdowsi University of Mashhad, for his sincere cooperation in identifying the plants used in this study from a botanical perspective, confirming the Persian names, and matching them with scientific names.

Keywords: Growth inhibition, Growth stimulation, Medicinal plants, Weeds

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، ص. ۵۹۷-۶۱۰

ارزیابی اثرات دگرآسیبی برخی گونه‌های گیاهی بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌ها کاهو (*Lactuca sativa* var. Great lakes 366) با استفاده از روش ساندویچ

سمیه امینی^{۱،۲*} - مریم شمشیرکش شهری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۰۲

چکیده

در تحقیق حاضر، فعالیت دگرآسیبی ۵۶ گونه گیاهی متعلق به ۱۸ خانواده با استفاده از روش ساندویچ ارزیابی شد. در ابتدا، نمونه‌های گیاهی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. برای کشت از ظروف شش خانه‌ای مخصوص استفاده شد. به یک ردیف از خانه‌ها ۱۰ میلی‌گرم و به ردیف دیگر ۵۰ میلی‌گرم نمونه گیاهی پودر شده به همراه پنج میلی‌لیتر محلول آگار ۰/۵ درصد اضافه گردید. بعد از منعقد شدن آگار، با اضافه کردن پنج میلی‌لیتر محلول دیگر آگار، نمونه گیاهی بین دو لایه از آگار قرار گرفت. سپس بر روی سطح آگار منعقد شده در هر یک از خانه‌ها پنج عدد بذر کاهو (*Lactuca sativa* L.) واریته Great Lakes 366 به صورت عمودی کشت شدند. درب ظروف بسته شده و در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در تاریکی قرار گرفتند. بعد از گذشت سه روز، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌های کاهو اندازه‌گیری شد. سپس درصد بازدارندگی و درصد تحریک‌کنندگی رشد حاصل از هر گیاه محاسبه گردید. برای مقایسه راحت‌تر گیاهان، خوشه‌بندی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب انجام شد. با استفاده از این روش، ۵۶ گونه گیاهی در ۱۰ خوشه مجزا قرار گرفتند. بقایای برگ‌های گیاه شوید و کنگرفرنگی از نظر فعالیت دگرآسیبی در یک خوشه قرار گرفتند و بیشترین اثر بازدارندگی رشد را در غلظت ۱۰ میلی‌گرم نمونه گیاهی ایجاد کردند. میانگین درصد بازدارندگی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو که توسط این دو گیاه ایجاد شد، به ترتیب ۹۴/۹۵ و ۸۷/۶۵ درصد گزارش شد. همچنین ۱۳ گیاه شامل برگ‌های گیاهان سلمک، جاشیر، ازمک، جعفری، گل میخک، پیچک صحرایی، نرگس، گلپر، زنگوله‌ای رنگین، علف قناری، کلم، نیلوفر و بذر گیاه کرفس در یک خوشه قرار گرفتند. این گروه نیز اثرات بازدارندگی رشد قابل توجهی داشتند. گرچه اثر بازدارندگی آن‌ها همواره کمتر از شوید و کنگر فرنگی بود. میانگین درصد بازدارندگی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در این گیاهان با مقدار ۱۰ میلی‌گرم نمونه گیاه خشک، به ترتیب ۷۹/۷۶ و ۶۲/۲۷ بود. نتایج این تحقیق نشان داد که پیکر رویشی گیاه هوفاریقون و گل راعی دیهیمی اثر تحریک‌کنندگی رشد بر دانه‌ها کاهو داشتند. این گیاهان حتی در مقادیر کم (۱۰ میلی‌گرم نمونه گیاه خشک) رشد ریشه‌چه را ۱۴/۶۵ درصد و رشد ساقه‌چه را ۴۵/۱۵ درصد افزایش دادند. صمغ گیاه مصطکی نیز در مقدار ۵۰ میلی‌گرم، رشد ریشه‌چه را تا ۹۰ درصد تحریک کرد. از بین گیاهان بررسی شده در این تحقیق، بقایای برگ‌های گیاه سرو بر رشد ریشه‌چه اثر بازدارندگی داشت، ولی رشد ساقه‌چه را تحریک کرد. بقایای برگ‌های گیاه گل گندم طلایی فقط در مقدار ۱۰ میلی‌گرم اثر تحریک‌کنندگی رشد (۴۳/۳ درصد) بر ساقه‌چه را ایجاد کرد و در سایر موارد اثرات دگرآسیبی را به صورت بازدارندگی رشد نشان دادند. با توجه به اثرات بازدارندگی رشد مشاهده شده در این گیاهان، می‌توان به طور مستقیم از بقایای آن‌ها به منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز، در کشاورزی ارگانیک استفاده کرد. همچنین لازم است که در آینده تحقیقاتی در زمینه شناسایی دقیق نوع ترکیب یا ترکیبات دخیل در ایجاد پدیده دگرآسیبی در این گیاهان اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: بازدارندگی رشد، تحریک‌کنندگی رشد، علف‌های هرز، گیاهان دارویی

۱- شرکت کشاورزی تولیدی زعفران بدیعی، مشهد، ایران

۲- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*) نویسنده مسئول: (Email: s.amini@gau.ac.ir)<https://doi.org/10.22067/jhs.2025.89712.1376>

مقدمه

علف‌های هرز با روش‌های مختلفی از جمله روش مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مهار می‌شوند. رایج‌ترین این روش‌ها، استفاده از علف‌کش‌های سنتزی می‌باشد. متأسفانه استفاده مکرر از این علف‌کش‌ها علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی منجر به گسترش هر چه بیشتر علف‌های هرز مقاوم شده است (Macias et al., 2003; Ofosu et al., 2023). تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای برای یافتن جایگزینی مناسب برای این نوع از علف‌کش‌های صورت گرفته است. استفاده از ترکیبات طبیعی گیاهی یکی از این جایگزین‌ها می‌باشد. محققان بر این باورند که استفاده از آللوپاتی^۱ یا همان دگرآسیبی می‌تواند روشی جایگزین برای مدیریت علف‌های هرز باشد و در آینده با به‌کارگیری این روش، مصرف علف‌کش‌های سنتزی در خاک کاهش یافته و علف‌کش‌های زیستی جایگزین آن‌ها خواهند شد (Bais et al., 2003). تاکنون تعاریف متعددی از دگرآسیبی ارائه شده است، ولی جامع‌ترین تعریفی که می‌توان عنوان کرد عبارت است از: اثرات مثبت و منفی ترکیبات شیمیایی که عمدتاً در طی چرخه متابولیسم ثانویه در گیاهان، قارچ‌ها، ویروس‌ها و سایر ریزجانداران تولید شده و بر رشد و نمو بوم‌نظام‌های کشاورزی و بیولوژیکی (به‌استثنای پستانداران) مؤثر واقع می‌شوند (De' Albuquerque et al., 2011). مطالعه در زمینه دگرآسیبی با دشواری‌های ویژه‌ای همراه است. به‌عنوان مثال، یکی از رایج‌ترین روش‌های زیست‌سنجی به‌منظور بررسی دگرآسیبی، استفاده از روش پتری‌دیش می‌باشد. در این روش عصاره‌های گیاهی در شرایط آزمایشگاهی از نظر دگرآسیبی بررسی می‌شوند، ولی از آنجایی که طی فرآیند عصاره‌گیری، احتمالاً ترکیبات طبیعی به‌صورت تغییر یافته جمع‌آوری می‌شوند، مشخص نمی‌شود که ترکیبات استخراج‌شده دارای همان اثر و فعالیت باشند که ترکیبات اصلی دارا هستند. در نتیجه، ترکیبات دگرآسیب را نمی‌توان به‌درستی شناسایی کرد (Rashed Mohassel & Musavi, 2006). یکی دیگر از مشکلات اساسی در روش‌های آزمایشگاهی، عدم تطابق میزان فعالیت مواد دگرآسیب در شرایط آزمایشگاهی با شرایط محیطی است (Akhov et al., 2000). در تحقیقات مزرعه‌ای و گلدانی که یکی دیگر از روش‌های مطالعات دگرآسیبی می‌باشند، تداخل اثرات دگرآسیبی با عوامل رقابتی، مشکل‌ساز شده و تفکیک این عوامل بسیار دشوار می‌باشد (El-Khatib et al., 2004). در نتیجه به‌علت پیچیدگی مسئله، تحقیقات مزرعه‌ای کمی توانسته است به‌طور یقین دگرآسیبی را از انواع دیگر تداخل تفکیک کند (Bais & Kaushik, 2010). روش دیگر در مطالعات دگرآسیبی، استفاده از کشت هیدروپونیک می‌باشد. علی‌رغم اینکه این روش ابزار جالبی در زمینه

مطالعات دگرآسیبی محسوب می‌شود، اما از جمله مشکلات مربوط به آن، وقت‌گیر بودن و همچنین هزینه‌های راه‌اندازی تأسیسات آن می‌باشد (De' Albuquerque et al., 2011). اخیراً پیشرفت‌های فنی در زمینه مطالعات دگرآسیبی صورت گرفته است. به‌وسیله این روش‌ها، بسیاری از مشکلات موجود قابل حل می‌باشند (Fujii & Hiradate, 2007). از جمله این روش‌ها می‌توان به روش ساندویچ^۲، دیش‌پک^۳، پلنت باکس^۴ و ریزوسفر^۵ اشاره کرد. روش ساندویچ از جمله روش‌هایی است که برای بررسی اثرات دگرآسیبی بقایای گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این روش می‌توان تعداد زیادی گیاه را با در اختیار داشتن حداقل نمونه گیاهی در مدت زمانی کوتاه بررسی کرد. فوجی و همکاران (Fujii et al., 2003) با استفاده از این روش، بقایای ۲۳۹ گیاه دارویی را از نظر ویژگی‌های دگرآسیبی ارزیابی کردند. همچنین گروه دیگری از محققان، اثرات دگرآسیبی ۳۸ گونه گیاهی را با استفاده از روش ساندویچ، دیش‌پک و پلنت باکس مقایسه کردند (Fujii et al., 2003). در سال ۲۰۱۹ نیز از روش‌های ساندویچ و دیش‌پک برای ارزیابی ویژگی دگرآسیبی ۷۳ گونه گیاهی استفاده شد (Khan et al., 2019). امینی و همکاران (Amini et al., 2016) با استفاده از روش ساندویچ، اثرات دگرآسیبی ۶۸ گونه گیاهی را بررسی کردند. همچنین در تحقیقی دیگر با استفاده از این روش اثرات دگرآسیبی ۵۵ گونه گیاه دارویی و علف‌هرز مقایسه شدند (Amini et al., 2018). در پژوهش حاضر، ویژگی دگرآسیبی ۵۶ گونه گیاهی به‌خصوص گیاهان دارویی و معطر و همچنین علف‌های هرز و بعضی از گیاهان خودرو و زینتی متعلق به ۱۸ خانواده با استفاده از روش ساندویچ ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در تابستان ۱۳۹۹ در قالب روشی آزمایشگاهی تحت عنوان روش ساندویچ در آزمایشگاه گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. از آنجایی که شواهد قابل ملاحظه‌ای مبنی بر وجود ترکیبات دگرآسیب در علف‌های هرز مهاجم و همچنین گیاهان دارویی وجود دارد، بنابراین در این تحقیق برای انتخاب گیاهان مورد بررسی، بیشتر بر روی این دو گروه از گیاهان تمرکز شده است. ۵۶ گونه گیاهی مورد نظر در فصل بهار و تابستان از مناطق مختلف جمع‌آوری شد و پس از شناسایی، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک گردید. نام علمی، نام فارسی و اندام‌های

2- Sandwich method

3- Dish pack

4- Plant box

5- Rhizosphere

1- Allelopathy

به‌طور چشم‌گیری افزایش بازدارندگی رشد را بر دانه‌ها کاهو نشان دادند، یکی از احتمالاتی که می‌تواند در ایجاد این بازدارندگی قوی نقش داشته باشد، وجود غلظت بالای بعضی از عناصر و یا ترکیباتی دیگر غیر از ترکیبات دگرآسیب و یا تغییر pH محیط کشت و در نتیجه مرگ گیاهچه می‌باشد (Amini et al., 2016). بنابراین در گزارش این تحقیق به ارائه نتایج دگرآسیبی حاصل از ۵۰ میلی گرم نمونه گیاهی خشک پرداخته شده است، ولی برای خوشه‌بندی و معرفی نهایی گیاهان مشکوک به وجود ترکیبات دگرآسیب، بیشتر بر روی مقدار ۱۰ میلی گرم تأکید شده است.

نتایج حاصل از مرحله تجزیه خوشه‌ای، در شکل ۱ و جدول ۲ ارائه شده است. در شکل ۱، محلی که خط افقی روی نمودار، خطوط عمودی را قطع کرده است، یک خوشه محسوب می‌شود و گیاهان مشترک با آن نقطه در یک خوشه قرار می‌گیرند. گیاهان قرارگرفته در هر خوشه از نظر ویژگی‌های دگرآسیبی به‌میزان ۸۵ درصد به یکدیگر شبیه می‌باشند. نتایج حاصل از خوشه‌بندی نشان داد که ۵۹ نمونه گیاه بررسی‌شده در این تحقیق با مقایسه رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو در ۱۰ خوشه مجزا قرار گرفتند.

همان‌طور که در جدول ۲ ارائه شده است، گیاهان موجود در خوشه ۵ دارای بالاترین درصد بازدارندگی رشد می‌باشند. این خوشه شامل بقایای برگی دو گیاه شوید (*Anethum graveolens*) و کنگر فرنگی (*Cynara cardunculus*) است (شکل ۱). بقایای برگ‌های خشک‌شده این گیاهان در هر دو مقدار ۱۰ و ۵۰ میلی گرم، اثرات بازدارندگی شدیدی بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو اعمال کردند. این دو گیاه حتی در مقادیر بسیار کم (۱۰ میلی گرم گیاه خشک)، اثرات بازدارندگی شدیدی بر رشد ریشه‌چه (۹۴/۹۵ درصد) و ساقه‌چه (۸۷/۶۵) نشان دادند (جدول ۲). علاوه بر خوشه ۵، گیاهان موجود در خوشه ۴ شامل بقایای برگی گیاهان سلمک (*Chenopodium album*)، جاشیر (*Prangos ferulacea*)، از مک (*Lepidium draba*)، جعفری (*Petroselinum crispum*)، گل میخک (*Dianthus barbatus*)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*)، نرگس (*Narcissus tazetta*)، گلپر (*Heracleum persicum*)، زنگوله‌ای رنگین (*Onosma dichroantha*)، علف قناری (*Stellaria media*)، کلم (*Brassica cretica*)، نیلوفر (*Ipomoea purpurea*) و بذر گیاه کرفس (*Apium graveolense*) نیز اثرات بازدارندگی رشد قابل توجهی داشتند، اگرچه اثر بازدارندگی آن‌ها همواره کمتر از خوشه ۵ بود. میانگین درصد بازدارندگی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو تحت تأثیر این گیاهان با مقدار ۱۰ میلی گرم نمونه گیاه خشک، به‌ترتیب ۷۹/۷۶ و ۶۲/۲۷ گزارش شد.

استفاده‌شده از هر گیاه در جدول ۱ ذکر شده است. برای انجام آزمایش از ظروف شش خانه‌ای پلاستیکی که قطر هر خانه آن ۳/۵ سانتی‌متر بود، استفاده گردید. در یک ردیف از خانه‌ها، ۱۰ میلی گرم و در ردیف دیگر، ۵۰ میلی گرم نمونه گیاه خشک قرار گرفت. سپس پنج میلی لیتر آگار (۰/۵ درصد وزنی/حجمی) با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد روی نمونه‌ها ریخته شد. بعد از گذشت ۴۵ دقیقه که آگار سرد و منعقد شد، پنج میلی لیتر دیگر آگار به نمونه‌ها اضافه گردید. با این روش، نمونه گیاهی در بین دو لایه آگار قرار گرفته و مواد مؤثره آن به درون آگار انتقال یافت. سپس به آرامی و به کمک پنس در هر یک از خانه‌ها پنج عدد بذر کاهو (*Lactuca sativa* Var. Greate Lack 366) به‌صورت عمودی در آگار فرو برده شد، به‌صورتی که یک سوم انتهایی بذرها در آگار قرار گرفت. این رقم از کاهو به‌علت حساسیت بالا به مواد شیمیایی، شاخص مناسبی برای تحقیقات دگرآسیبی می‌باشد. در نهایت، درب ظروف بسته شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در درون انکوباتور و در شرایط تاریکی به مدت سه روز قرار گرفتند. برای تهیه نمونه شاهد از آگار بدون نمونه گیاهی استفاده شد. بعد از سه روز، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذور کاهو با استفاده از کاغذ میلی‌متری اندازه‌گیری و ثبت شد (Fujii et al., 2003; Amini et al., 2016; Amini et al., 2018).

آنالیز آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. نتایج اولیه مربوط به درصد بازدارندگی یا تحریک‌کنندگی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهو با استفاده از نرم‌افزار اکسل به دست آمد (جدول ۱). سپس برای مقایسه راحت‌تر گیاهان با یکدیگر، خوشه‌بندی (کلاستر کردن) آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب^۱ به‌روش Average انجام شد (جدول ۲ و شکل ۱). گیاهان قرارگرفته در هر خوشه از میزان شباهت ۸۵ درصد برخوردار می‌باشند.

نتایج و بحث

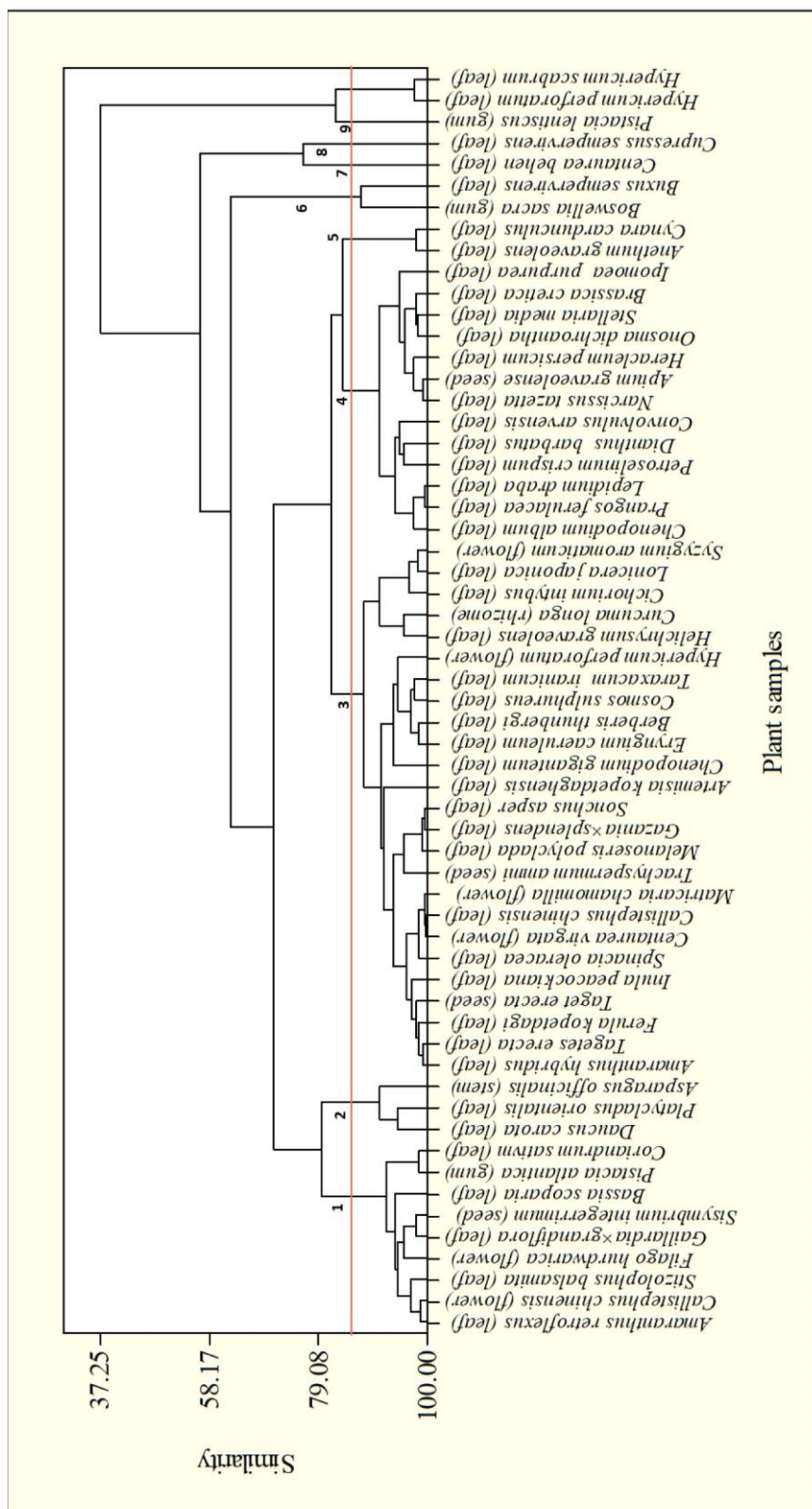
جدول ۱ شامل نتایج اولیه مربوط به گیاهان بررسی‌شده در این تحقیق می‌باشد. در این جدول، اثرات دگرآسیبی اندام یا اندام‌های گیاهان مختلف (برگ، ساقه، بذر، ریزوم، گل و صمغ) به‌مقدار ۱۰ و ۵۰ میلی گرم نمونه گیاهی خشک، بر رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه دانه‌ها کاهو به‌صورت درصد ارائه شده است. اعداد منفی ارائه‌شده در این جدول نشان‌دهنده اثرات دگرآسیبی به‌صورت تحریک‌کنندگی رشد و اعداد مثبت بیانگر اثرات دگرآسیبی به‌صورت بازدارندگی می‌باشند. از آنجایی که تعداد بسیار زیادی از گیاهان، در غلظت ۵۰ میلی گرم

جدول ۱- اثرات دگرآسیبی ۵۶ گونه گیاهی (۵۹ نمونه) بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌های کاهو (*Lactuca sativa* L.)
Table 1- Allelopathic effects of 56 plant species (59 samples) on *Lactuca sativa* L. seedling radicle and hypocotyl growth

ردیف Row	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نمونه گیاهی Plant sample	۱۰ میلی گرم نمونه خشک گیاه 10 mg of dried plant sample			۵۰ میلی گرم نمونه خشک گیاه 50 mg of dried plant sample			معیار Criteria
					درصد یازداری Inhibitory percentage of radicle growth	رشد ریشه‌چه Inhibitory percentage of hypocotyl growth	درصد یازداری Inhibitory percentage of hypocotyl growth	درصد یازداری Inhibitory percentage of radicle growth	رشد ریشه‌چه Inhibitory percentage of hypocotyl growth	درصد یازداری Inhibitory percentage of hypocotyl growth	
1	Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	تاج‌خروس هرز	Leaf	48.3	15.7	79.3	79.3	57.3	57.3	
		<i>Amaranthus hybridus</i>	تاج‌خروس رنگین	Leaf	68.7	46.3	79.3	79.3	59.3	59.3	
		<i>Bassia scoparia</i>	چاروی فروزی	Leaf	36.7	15.3	75.3	75.3	53.7	53.7	
		<i>Chenopodium album</i>	سلمک	Leaf	79.7	62.7	95.7	95.7	86.3	86.3	*
		<i>Chenopodium giganteum</i>	سلمک درخت	Leaf	73.3	26.7	92.0	92.0	61.7	61.7	
2	Amaryllidaceae	<i>Spinnacia oleracea</i>	اسفناج	Leaf	71.0	41.0	90.0	90.0	64.0	64.0	
		<i>Narcissus tazetta</i>	نرگس	Leaf	75.3	61.7	96.7	96.7	89.7	89.7	*
		<i>Pistacia atlantica</i>	بنه	Gum	30.7	25.0	50.7	50.7	48.0	48.0	
3	Anacardiaceae	<i>Pistacia lentiscus</i>	مصطکی	Gum	-12.3	-10.7	-90.0	-90.0	-30.0	-30.0	R++
		<i>Anethum graveolens</i>	شوید	Leaf	93.3	87.0	96.0	96.0	95.0	95.0	**
		<i>Apium graveolense</i>	کرفس	Seed	75.0	63.0	95.7	95.7	92.7	92.7	*
4	Apiaceae	<i>Trachyspermum ammi</i>	زیتان	Seed	57.0	50.3	86.0	86.0	81.7	81.7	
		<i>Coriandrum sativum</i>	گشنیز	Leaf	32.6	27.0	70.7	70.7	49.0	49.0	
		<i>Daucus carota</i> L. var <i>Sativus</i>	هویج فرنگی	Leaf	26.3	-23.3	68.7	68.7	37.0	37.0	
		<i>Ferula kopetdagi</i>	کهای که دانی	Leaf	67.0	49.3	92.0	92.0	82.0	82.0	
		<i>Eryngium caeruleum</i>	بوقناق	Leaf	65.6	35.6	34.7	34.7	57.0	57.0	
		<i>Heracleum persicum</i>	گلبر	Leaf	77.6	58.3	92.3	92.3	92.7	92.7	*
		<i>Petroselinum crispum</i>	جعفری	Leaf	92.0	74.0	97.0	97.0	97.0	97.0	*
		<i>Prangos ferulacea</i>	چاشیر	Leaf	83.6	65.6	92.0	92.0	81.7	81.7	*
		<i>Asparagus officinalis</i>	مارچوبه	Stem	23.7	0.0	70.7	70.7	52.7	52.7	
		<i>Helichrysum graveolens</i>	اقستلین	Leaf	48.6	48.6	83.3	83.3	69.6	69.6	
5	Asparagaceae	<i>Artemisia kopetdaghensis</i>	درمنه که دانی	Leaf	78.6	40.6	92.6	92.6	76.0	76.0	
		<i>Sizolophus balsamita</i>	گل گندم مرهمی	Leaf	43.0	19.6	80.0	80.0	56.7	56.7	
		<i>Centaurea belen</i>	گل گندم طالایی	Leaf	45.0	-43.3	91.6	91.6	79.3	79.3	H+
		<i>Centaurea virgata</i>	گل گندم بوتانی	Flower	68.6	40.6	92.7	92.7	80.3	80.3	
		<i>Melanosotis polyclada</i>	کاهو منقاری پرشانی	Leaf	60.0	43.6	85.3	85.3	66.0	66.0	
		<i>Cichorium intybus</i>	کاستی	Leaf	54.0	30.7	84.0	84.0	59.9	59.9	
		<i>Callistephus chinensis</i>	گل مینا	Flower	46.6	17.3	57.0	57.0	35.0	35.0	
		<i>Callistephus chinensis</i>	گل مینا	Leaf	68.3	40.6	86.6	86.6	71.6	71.6	
		<i>Cynara cardunculus</i>	ککثر فرنگی	Leaf	96.6	88.3	95.3	95.3	91.3	91.3	**
		<i>Inula peacockiana</i>	سوزنگی	Leaf	70.3	52.0	66.3	66.3	50.0	50.0	

	<i>Filago hurdwarica</i>		Flower	45.6	27.3	78.6	54.0
	<i>Gaillardia × grandiflora</i>	رستا زیا	Leaf	39.6	27.0	75.0	57.3
	<i>Gazania × splendens</i>	گازیا	Leaf	61.3	42.6	81.3	56.0
	<i>Cosmos sulphureus</i>	گل ستاره‌ای	Leaf	65.3	28.0	77.0	51.6
	<i>Matricaria chamomilla</i>	بابونه آلمانی	Flower	68.6	39.6	91.0	65.3
	<i>Sonchus asper</i>	شیرتیگ	Leaf	61.6	41.6	93.0	82.0
		گل جعفری	Leaf	68.0	47.3	88.0	78.6
	<i>Tagetes erecta</i>	فاسدک	Seed	70.7	45.7	82.3	58.6
	<i>Taraxacum officinale</i>	زرنک ژاپنی	Leaf	62.0	30.6	78.6	61.6
7	<i>Berberidaceae</i>		Leaf	66.0	32.7	69.3	40.7
8	<i>Boraginaceae</i>	زنگوله‌ای رنگین	Leaf	75.7	51.0	66.3	40.7
	<i>Onosma dichroantha</i>	کلم	Leaf	78.0	53.7	86.0	67.3
	<i>Brassica cretica subsp. cretica</i>	آرمک	Leaf	82.7	66.0	93.3	67.7
9	<i>Brassicaceae</i>	خاکشیر خراسانی	Seed	38.0	23.0	42.3	24.3
	<i>Sisymbrium integririmum</i>	کندر	Gum	20.7	93.0	36.7	13.3
10	<i>Burseraceae</i>	شمشاد	Leaf	40.0	97.0	26.3	22.0
11	<i>Buxaceae</i>	پیچ امین‌الدوله ژاپنی	Leaf	53.3	39.3	91.7	82.0
12	<i>Caprifoliaceae</i>	غلف قاری	Leaf	74.3	54.0	93.6	79.0
13	<i>Caryophyllaceae</i>	گل میخک	Leaf	89.6	65.3	93.7	93.0
	<i>Dianthus barbatus</i>	میخک (قرنفل)	Flower	52.3	35.6	85.3	73.3
14	<i>Myrtaceae</i>	نیلوفر	Leaf	68.7	59.3	74.7	69.0
15	<i>Convulvaceae</i>	پیچک صحرایی	Leaf	84.7	75.0	90.0	81.0
	<i>Convolvulus arvensis</i>	سرو	Leaf	80.0	-28.0	15.0	-13
16	<i>Cupressaceae</i>	سرو خمری	Leaf	24.7	-12.3	63.0	47.0
	<i>Cupressus sempervirens</i>	هوفارئون	Leaf	-16.3	-46.3	14.3	-23.7
17	<i>Hypericaceae</i>	گل راعی دیهیمی	Flower	62.0	21.0	86.3	67.7
	<i>Hypericum perforatum</i>	زردچوبه	Leaf	-13	-44.0	-53	-40.7
18	<i>Zingiberaceae</i>		Rhizome	41.7	51.3	76.3	64.7
	<i>Curcuma longa</i>						

***: very intense inhibitory effect, *: inhibitory effect of growth, H⁺: stimulation of hypocotyl growth, ++: intense stimulation of growth, R⁺⁺: very intense stimulation of radical growth



شکل ۱- دندروگرام حاصل از انجام تجزیه خوشه‌ای به روش Average برای ۵۹ نمونه گیاهی با میزان شباهت ۸۵ درصد
Figure 1- Dendrogram of cluster analysis by Average method for 59 plant samples with 85% similarity

جدول ۲- نتایج حاصل از خوشه‌بندی ۵۶ گونه گیاهی (میزان شباهت گیاهان قرارگرفته در یک خوشه معادل ۸۵ درصد می‌باشد)

Table 2- Results of clustering for 56 plant species (similarity level between plants in each cluster is 85%)

Cluster	تعداد گیاه در هر خوشه Number of plants per cluster	میانگین درصد بازدارندگی رشد ریشه‌چه Average percentage of radicle growth inhibition (10 mg plant samples)	میانگین درصد بازدارندگی رشد ساقه‌چه Average percentage of hypocotyl growth inhibition (10 mg plant samples)	میانگین درصد بازدارندگی رشد ریشه‌چه Average percentage of radicle growth inhibition (50 mg plant samples)	میانگین درصد بازدارندگی رشد ساقه‌چه Average percentage of hypocotyl growth inhibition (50 mg plant samples)
1	9	39.9	21.91	67.65	48.36
2	3	24.9	-11.86	67.46	45.56
3	25	63.32	40.04	382.19	66.44
4	13	79.76	62.27	89.76	79.83
5	2	94.95	87.65	95.65	93.15
6	2	30.35	95	31.5	17.65
7	1	45	-43.3	91.6	79.3
8	1	80	-28	15	-13
9	1	-12.3	-10.7	-90	-30
10	2	-14.65	-45.15	-19.35	-32.2

دگرآسیبی بقایای برگی این گیاه در شرایط مزرعه‌ای گزارش شده است (Pakhshan & Maulood Shireen, 2012). در شرایط آزمایشگاهی نیز عصاره پیکر رویشی این گیاه در غلظت ۲/۵ درصد محرک رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها ذرت بود، درحالی‌که در غلظت پنج درصد اثرات بازدارندگی بر رشد این گیاه داشت (Dorina, 2019). گروهی از محققان، اثر دگرآسیبی پودر حاصل از بذر گیاه شوید را بر مهار علف هرز گل جالیز^۱ (*Orobancha crenata*) به اثبات رساندند. نتایج این تحقیق نشان داد که اضافه کردن پودر بذر این گیاه به خاک می‌تواند به‌صورت انتخابی از رشد این علف هرز مهاجم ممانعت کند و حتی قدرت مهارکنندگی آن در مقادیر ۳۵ تا ۴۰ گرم پودر بذر شوید به هر کیلوگرم خاک در مقایسه با استفاده از علف‌کش گلیفوسات^۲ (با غلظت ۰/۳۷۵ میلی‌لیتر در لیتر) مؤثرتر خواهد بود. محققان اثرات دگرآسیبی مشاهده‌شده در این گیاه را به ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی نسبت دادند (Messiha et al., 2024). به‌طور کلی، اسانس به‌دست‌آمده از پیکره رویشی این گیاه حاوی ۱۳ ترکیب شناخته‌شده است. اصلی‌ترین اجزاء موجود در اسانس این گیاه به‌ترتیب شامل کارون^۳، ترانس دی‌هیدروکارون^۴، آلفا‌فلاندرن^۵ و لیمون^۶ می‌باشند (Sharopov et al., 2013). مایریستیسین^۷ نیز از دیگر ترکیبات شناخته‌شده موجود در این گیاه می‌باشد (Vokk et al., 2011) و جالب اینکه مایریستیسین، در لیست ترکیبات دگرآسیب قرار دارد (Ilori & Ilori, 2012; Zhao et al., 2020). در تحقیقی،

گیاهان موجود در خوشه‌های ۷ و ۸ اثرات دگرآسیبی را هم به‌صورت تحریک‌کنندگی و هم بازدارندگی رشد دانه‌ها کاهو نشان دادند. هر یک از این خوشه‌ها حاوی یک گیاه بود. بقایای برگی گیاه گل گندم طلایی (*Centaurea behen*) که در خوشه ۷ قرار گرفت، در مقدار ۱۰ میلی‌گرم نمونه گیاهی اثرات تحریک‌کنندگی رشد را بر ساقه‌چه دانه‌ها کاهو اعمال کرد (۴۳/۳ درصد) و در بقیه موارد، مقدار ۵۰ میلی‌گرم بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین مقدار ۱۰ میلی‌گرم بر رشد ریشه‌چه، اثر بازدارندگی داشت. بقایای برگی گیاه سرو (*Cupressus sempervirens*) که در خوشه ۸ قرار گرفته است، اثر تحریک‌کنندگی رشد را فقط بر ساقه‌چه دانه‌ها کاهو نشان داد و بر ریشه‌چه اثر ممانعت‌کنندگی رشد داشت. خوشه‌های ۹ و ۱۰ اثرات دگرآسیبی را در هر دو مقدار ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم به‌صورت تحریک‌کنندگی رشد نشان دادند. صمغ گیاه مصطکی (*Pistacia lentiscus*) از نظر ویژگی‌های دگرآسیبی در خوشه ۹ قرار گرفت. این نمونه گیاهی هم بر رشد ریشه‌چه و هم رشد ساقه‌چه اثر تحریک‌کنندگی داشت. به‌خصوص صمغ این گیاه در مقدار ۵۰ میلی‌گرم توانست رشد ریشه‌چه دانه‌ها کاهو را تا ۹۰ درصد افزایش دهد. بقایای برگی دو گیاه هوفاریقون (*Hypericum perforatum*) و گل راعی دیهیمی (*Hypericum scabrum*) در خوشه ۱۰ قرار گرفتند. این دو نمونه گیاهی در هر دو مقدار ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم هم بر رشد ریشه‌چه و هم بر رشد ساقه‌چه دانه‌ها کاهو اثر تحریک‌کنندگی رشد داشتند. این دو گیاه حتی در غلظت بسیار کم (۱۰ میلی‌گرم نمونه گیاه خشک) توانایی تحریک رشد ریشه‌چه (۱۴/۶۵ درصد) و ساقه‌چه (۴۵/۱۵ درصد) را به‌مقدار زیادی داشتند.

یکی از گیاهانی که در این تحقیق اثر بازدارندگی شدیدی بر رشد دانه‌ها کاهو نشان داد، گیاه شوید بود. شوید یا شبت، گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده چتریان می‌باشد (Al-Snafi, 2014). اثرات

- 1- Broomrape
- 2- Glyphosate
- 3- Carvone
- 4- Trans dihydrocarvone
- 5- α -phellandrene
- 6- Limonene
- 7- Myristicin

اثرات دگرآسیبی چهار جزء اصلی اسانس برخی از گیاهان دارویی که قبلاً اثرات علف‌کشی آن‌ها ثابت شده بود، مورد بررسی قرار گرفت. این اجزاء شامل کارواکرول^۱، تیمول، کارون و لیمون بودند. محققان در این تحقیق گزارش کردند که کارواکرول، تیمول و کارون می‌توانند حتی در غلظت‌های بسیار پایین از رشد علف‌های هرز جلوگیری کنند، درحالی‌که لیمون از جمله ترکیباتی بود که اثرات علف‌کشی نشان نداد (Azirak & Karaman, 2008). اگرچه گروه دیگری از محققان، اثرات بازدارندگی رشد علف‌های هرزی که در مجاورت اسانس به‌دست‌آمده از پوست میوه مرکبات قرار گرفته بودند را ناشی از وجود لیمون در اسانس مرکبات معرفی کردند (Ribeiro & Lima, 2012; El Sawi et al., 2019). لیمون یک مونوترپن می‌باشد که در گیاهانی غیر از خانواده مرکبات نیز یافت شده و اثرات دگرآسیبی آن به‌صورت جلوگیری از رشد علف‌های هرز ثابت شده است (Miri et al., 2013). از دیگر ترکیبات شناسایی‌شده در پیکر رویشی گیاه شوید، ترکیب آلفا‌فلاندرون می‌باشد. این ترکیب در درخت دارویی *Sassafras albidum* نیز شناسایی شده است. این درخت بومی آمریکای شمالی است که محققان علت رشد یک‌دست و یکپارچه آن را در مناطق رشدیافته، وجود ترکیبات دگرآسیب در ریشه و بقایای برگ‌های این درخت معرفی کرده‌اند. یکی از این ترکیبات، آلفا‌فلاندرون می‌باشد که از جوانه‌زنی و رشد بذور سایر درختان جنگلی جلوگیری می‌کند (Gant & Clebsch, 1975). آلفا‌فلاندرون از جمله ترکیباتی است که در بقایای برگ‌های گیاه اوکالیپتوس (*Eucalyptus globulus*) نیز شناسایی شده است و اثر دگرآسیبی آن بر جوانه‌زنی بذر کاهو به اثبات رسیده است (Puig et al., 2018).

وجود فنل‌ها^۲ و فلاونوئیدها^۳ نیز در گیاه شوید گزارش شده است. اصلی‌ترین این ترکیبات در این گیاه شامل اسیدگالیک^۴ و کاتچین^۵ می‌باشد (Al-Snafi, 2014). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها جزء ترکیبات دگرآسیب طبقه‌بندی می‌شوند و گروه مهمی از این ترکیبات را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات به‌دلیل داشتن جایگاه‌های فعال و متنوع، توانایی به‌کارگیری در ساخت علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها را دارند و از آن‌ها به‌صورت صنعتی در راستای تولید آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها استفاده می‌شود (Li et al., 2010). اثرات دگرآسیبی کاتچین، به‌صورت علف‌کشی گزارش شده است. این ترکیب از طریق افزایش تولید رادیکال‌های آزاد منجر به مرگ سلول‌ها می‌گردد (Bais & Kaushik, 2010).

از دیگر گیاهانی که در این تحقیق اثرات دگرآسیبی شدیدی به‌صورت بازدارندگی رشد نشان داد، پیکر رویشی گیاه کنگر فرنگی بود. گزارش‌هایی پیرامون اثرات دگرآسیبی این گیاه بر جلوگیری از رشد برخی از علف‌های هرز ارائه شده است (Scavo et al., 2018; Chinchilla et al., 2014). کاربرد عصاره حاصل از پیکر رویشی این گیاه، اثر بازدارندگی بر جوانه‌زنی و رشد شش گونه علف‌هرز نشان داشت. محققان رابطه مستقیمی بین غلظت عصاره این گیاه و شدت مهار علف‌های هرز گزارش کردند. همچنین نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که میزان اثرگذاری عصاره این گیاه تحت تأثیر گونه علف‌هرز نیز قرار می‌گیرد. محققان، شناسایی ترکیبات دگرآسیب موجود در این گیاه را در راستای فرموله کردن علف‌کش‌های جدید بسیار امیدوارکننده توصیف کرده‌اند (Scavo et al., 2018). بیش از دو درصد برگ‌های این گیاه را ترکیبات فنلی تشکیل می‌دهند که عمدتاً شامل اسید کلروژنیک^۶، سینارین^۷ و اسید کافئیک^۸ می‌باشد (Miri et al., 2013). ترکیبات فنلی باعث افزایش نفوذپذیری غشاء شده و به‌دنبال آن محتویات درون سلول به خارج آن ترواش کرده و در نتیجه منجر به افزایش پراکسیداسیون غشاء سلولی می‌شود و در نهایت رشد بافت‌های گیاهی کاهش یافته و منجر به مرگ گیاه می‌شود. این ترکیبات همچنین مانع جذب مواد غذایی از محیط اطراف ریشه شده و از رشد طبیعی گیاه جلوگیری می‌کنند. ترکیبات فنلی با ایجاد تغییر در ساختار سلول‌ها، از تقسیم سلولی ممانعت کرده و در نتیجه مانع طولی شدن ریشه گیاهان می‌شوند. *Delonix regia* از جمله درختان زینتی است که محققان ویژگی‌های دگرآسیبی بسیار قوی مشاهده‌شده در آن را ناشی از وجود ترکیبات فنلی می‌دانند. از جمله این ترکیبات می‌توان به اسیدکافئیک اشاره کرد. اخیراً در برخی از مطالعات گزارش شده است که ترکیبات فنلی می‌توانند از غشاء سلولی عبور کرده و بر فعالیت برخی از آنزیم‌ها اثرگذار باشند. اسیدکافئیک از جمله ترکیباتی است که از فعالیت آنزیم فسفوریلاز^۹ ممانعت می‌کند. این ترکیب در غلظت بسیار پایین باعث افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تغییر در فعالیت برخی از آنزیم‌ها می‌گردد که در نتیجه باعث کاهش ریشه‌زایی و توقف رشد ریشه در گیاه می‌شود (Li et al., 2010). از دیگر ترکیبات شناسایی‌شده در گیاه کنگر فرنگی، اسید کلروژنیک می‌باشد، این ترکیب نیز از جمله ترکیبات فنلی است که در لیست ترکیبات دگرآسیب قرار دارد (Miri et al., 2013).

6- Chlorogenic acid
7- Cynarin
8- Caffeic acid
9- Phosphorylase

1- Carvacrol
2- Phenols
3- Flavonoids
4- Gallic acid
5- Catechin

لوتولین^۱ و آپی‌جینین^۲ نیز از جمله ترکیبات فنلی شناخته‌شده در این گیاه می‌باشند (Zhu et al., 2004). محققان اثرات دگرآسیبی این دو ترکیب را بر جوانه‌زنی بذر کاهو بررسی کرده‌اند. آن‌ها گزارش کردند که آپی‌جینین اثر دگرآسیبی را به‌صورت بازدارندگی نشان می‌دهد، درحالی‌که لوتولین اثر بازدارندگی نداشت (Liu et al., 2011).

برگ‌های گیاه نرگس یکی از ۱۳ نمونه گیاهی است که در خوشه ۴ قرار گرفت. این نمونه گیاهی اثرات بازدارندگی نسبتاً شدیدی بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو اعمال کرد. اثرات دگرآسیبی برگ و پیاز این گیاه در تحقیقی آزمایشگاهی-گلخانه‌ای به اثبات رسیده است. نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره آبی حاصل از برگ و پیاز این گیاه می‌تواند از جوانه‌زنی بذور و رشد دو گونه علف هرز *Agropyron repens* و *Avena fatua* ممانعت کند. طول ریشه، ارتفاع بوته و میزان کلروفیل در این علف‌های هرز تحت تأثیر غلظت عصاره حاصل از گیاه نرگس قرار گرفت (Bayat et al., 2020). پیاز این گیاه حاوی آلکالوئید ناریسیکلاسین^۳ می‌باشد که می‌تواند با تأثیرگذاری بر روی ناقلین هورمون‌های گیاهی از قبیل هورمون اکسین، بر مقدار هورمون‌های موجود در گیاهان مؤثر واقع شده و بدین طریق اثرات دگرآسیبی به‌صورت علف‌کشی ایجاد کند (Hu et al., 2015). با خوشه‌بندی اثرات دگرآسیبی حاصل از گیاهان بررسی‌شده در این تحقیق، بذر گیاه کرفس نیز در خوشه ۴ قرار گرفت. همان‌طور که ذکر شد، این خوشه اثرات بازدارندگی نسبتاً شدیدی بر دانه‌ها کاهو داشت. اثرات دگرآسیبی این گیاه در سال ۱۹۹۲ به اثبات رسیده است. محققان نشان دادند که بقایای رویشی شامل برگ‌ها و ریشه کرفس در شرایط مزرعه‌ای از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه کاهو ممانعت می‌کند و در ایجاد اثرات دگرآسیبی به‌صورت علف‌کشی نقش دارد. عواملی از جمله بافت خاک، نوع اندام و مقدار بقایای گیاه کرفس در اثربخشی دگرآسیبی این گیاه مؤثر می‌باشد (Shilling et al., 1992). در تحقیق حاضر، بقایای برگی گیاه گلپر نیز اثرات بازدارندگی نسبتاً شدیدی بر رشد دانه‌ها کاهو نشان داد. نتایج این تحقیق بر نتایج حاصل از تحقیق جونتیا (۲۰۰۶) منطبق است. نتایج این تحقیق نشان داد که چنانچه بذره‌های کاهو و بذره‌های گلپر در یک پتری‌دیش در کنار هم برای جوانه‌زنی قرار گیرند، جوانه‌زنی بذور کاهو کاهش یافته و چنانچه در مواردی جوانه‌زنی صورت گیرد نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌های کاهو به‌شدت کاهش خواهد یافت. مهار جوانه‌زنی در بذره‌های کاهو به حدی شدید

بود که حتی استفاده از هورمون‌های محرک جوانه‌زنی از جمله اسید جیبرلیک (GA₃) و بنزیل‌آدنین (BA) نیز نتوانستند بذره‌های کاهو را به جوانه‌زنی تحریک کنند (Juntilla, 2006). اثرات دگرآسیبی گیاه گلپر به‌صورت نمادکشی نیز گزارش شده است. محققان قدرت نمادکشی این گیاه را به وجود کومارین‌ها نسبت داده‌اند (Wang et al., 2008). بقایای رویشی گیاه جعفری از دیگر نمونه‌های گیاهی بود که در این تحقیق اثرات بازدارندگی نسبتاً شدیدی بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دانه‌ها کاهو نشان داد. محققان اثرات علف‌کشی این گیاه بر علف‌هرز *Lippidium draba* را به اثبات رسانده‌اند (Ravlic et al., 2014). گیاه جاشیر که در این تحقیق اثر دگرآسیبی آن به‌صورت ممانعت‌کنندگی از رشد دانه‌ها کاهو با روش ساندویچ به اثبات رسید، اثرات علف‌کشی و قارچ‌کشی آن در دو مرحله رویشی و زایشی نیز توسط سایر محققان به اثبات رسیده است. محققان گزارش کردند که آلفا پاین^۴ از جمله ترکیباتی است که در این گیاه در مرحله رویشی در ایجاد پدیده دگرآسیبی نقش داشته و همچنین ترکیب آنتول^۵ در مرحله زایشی در ایجاد این پدیده مؤثر است (Razavi, 2012). از جمله نمونه‌های گیاهی که در این تحقیق به‌عنوان آللوپات قوی معرفی شد، برگ گیاه کلم بود. کلم متعلق به خانواده Brassicaceae می‌باشد. در حال حاضر، اثرات دگرآسیبی چندین گونه متعلق به این جنس گزارش شده است. محققان قدرت علف‌کشی گیاهان این جنس را وابسته به ترکیب ایزوتیوسیانات^۶ معرفی کرده‌اند (Uremis et al., 2009). گیاه ازمک که در این تحقیق جزء گیاهان دگرآسیب معرفی شده است، به‌عنوان یک علف‌هرز شناخته می‌شود و حاوی ترکیبات دگرآسیبی است که در ایجاد اثرات علف‌کشی نقش دارند (Miri et al., 2013). محققان ثابت کردند که پیکره رویشی اندام‌های هوایی این گیاه در مقایسه با ریشه‌ها، قدرت دگرآسیبی قوی‌تری دارند و از رشد گیاه زراعی *Hordeum vulgare* ممانعت می‌کنند. نتایج این گزارش پیشنهاد می‌کند که با توجه به اینکه میزان بازدارندگی رشد حاصل از بقایای این گیاه به‌شدت وابسته به غلظت عصاره حاصل از آن می‌باشد، بنابراین جمع‌آوری بقایای این علف‌هرز از سطح مزارع قبل از کشت در افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهان زراعی مؤثر می‌باشد (Azadbakht et al., 2018). علف هرز سلمک، علف قناری، پیچک‌صحرایی و نیلوفر از دیگر علف‌های هرزی بودند که در این تحقیق با استفاده از روش ساندویچ اثرات دگرآسیبی آن‌ها به‌صورت بازدارندگی رشد، ثابت شد. محققان ترکیبات فنلی موجود در علف قناری را مسئول ایجاد قدرت تهاجمی آن معرفی کرده‌اند. از

4- α-pinene
5- Anethol
6- Isotiosianat

1- Luteolin
2- Apigenin
3- Narciclasin

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که پیکر رویشی گیاه شوید و کنگرفرنگی، بیشترین بازدارندگی رشد را بر دانه‌های کاهو اعمال کردند. برگ‌های گیاهان سلمک، جاشیر، ازمک، جعفری، گل میخک، پیچک‌صحرایی، نرگس، گلپر، زنگوله‌ای رنگین، علف‌قناری، کلم، نیلوفر و بذر گیاه کرفس نیز بازدارندگی نسبتاً شدیدی داشتند. بقایای برگ‌های گیاهان هوفاریقون و گل‌راعی دهیمی و صمغ مصطکی، رشد دانه‌های کاهو را به‌شدت تحریک کردند. برگ‌های گیاه گل‌گندم طلایی و سرو، اثرات دگرآسیبی را هم به‌صورت تحریک‌کنندگی و هم به‌صورت بازدارندگی رشد نشان دادند. انطباق نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های سایر محققان، بیانگر دقت روش ساندویچ در شناسایی گیاهان دگرآسیب و بررسی ویژگی‌های دگرآسیبی آن‌ها می‌باشد. با این مزیت که با مصرف حداقل نمونه گیاهی در بازه زمانی کوتاه، ویژگی دگرآسیبی تعداد زیادی گیاه را می‌توان در مقایسه با سایر روش‌ها ارزیابی کرد. به‌طور کلی با توجه به اثرات فیتوتوکسینی گیاهان معرفی‌شده در این گزارش، لازم است در آینده تحقیقاتی در زمینه شناسایی دقیق نوع مواد دگرآسیب موجود در این گیاهان انجام شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان این مقاله از جناب آقای مهندس محمدرضا جوهرچی، عضو هیأت علمی هرباریوم دانشگاه فردوسی مشهد بابت همکاری صمیمانه در زمینه شناسایی گیاهان مورد استفاده در این تحقیق از منظر گیاهشناسی، تأیید اسامی فارسی و انطباق آن‌ها با اسامی علمی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

جمله عواملی که بر میزان این ترکیبات و در نتیجه قدرت بازدارندگی آن مؤثر بود، مرحله رشدی این علف‌هرز معرفی شد. نتایج این گروه تحقیقاتی نشان داد که علف‌قناری در مراحل اولیه رشد، ترکیبات فنلی کمتری به خاک اضافه می‌کند، درحالی‌که با افزایش سن، میزان این ترکیبات و در نتیجه قدرت دگرآسیبی و قدرت تهاجمی آن افزایش می‌یابد (Inderjit & Dakshini, 1998). اثر دگرآسیبی عصاره آبی حاصل از بقایای رویشی این علف‌هرز بر جوانه‌زنی بذر تربچه (*Raphanus sativus* var. *radicula*) در آزمایشگاه بررسی شده است. نتایج این تحقیق حاکی اثرات دگرآسیبی به‌صورت بازدارندگی از جوانه‌زنی بذور و رشد دانه‌های تربچه می‌باشد (Zandi et al., 2018). نتایجی از اثرات دگرآسیبی علف‌هرز سلمک نیز توسط محققان گزارش شده است. وجود ترکیبات دگرآسیب در این گیاه تأیید شده و علت قدرت تهاجمی مشاهده‌شده در این علف‌هرز، مرتبط با وجود این ترکیبات می‌باشد (Reinhardt et al., 2013). در یک آزمایش گلدانی، اثرات دگرآسیبی عصاره آبی حاصل از بقایای رویشی این علف‌هرز بر شاخص‌های رشدی گیاه گندم (*Triticum aestivum*) شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول سنبله و عملکرد دانه بررسی شد. نتایج نشان داد که کاربرد عصاره این علف‌هرز در غلظت‌های پایین (۲۵ درصد)، اثر محرک بر صفات مذکور داشته، درحالی‌که غلظت‌های بالا (۵۰ و ۷۵ درصد) باعث سرکوب این شاخص‌ها گردید (Majeed et al., 2012). ویژگی دگرآسیبی علف‌های هرز پیچک‌صحرایی و نیلوفر نیز توسط سایر محققان تأیید شده است. قدرت تهاجمی این گیاهان و ممانعت از رشد گیاهان زراعی به‌وجود ترکیبات دگرآسیب مرتبط می‌باشد (Gao et al., 2010; Golubanova & Ilieva, 2014).

References

- Akhov, L.S., Musienko, M.M., & Shakun, M. (2000). The activity of deltoside saponin form *Allium nutans* in model system. *Allelopathy Journal*, 7(1), 99-104.
- Al-Snafi, A.E. (2014). The pharmacological importance of *Anethum graveolens* review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(4), 11-13.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., & Moradinezhad, F. (2016). Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species in iran by sandwich method. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 243-253. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2016.62923>
- Amini, S., Hemmati, Kh., & Norouzi, H. (2018). Evaluation of allelopathic effects in some plant species by sandwich method. *International Journal of Plant Protection*, 32(1), 91-99. (In Persian with English abstract)
- Azadbakht, A., Fesahat, A., & Seyedi, M. (2018). Evaluation of germination characteristics and growth of barley (*Hordeum vulgare*) under the allelopathic effects of aqueous extracts of leaves and roots of weed pimperweed (*Lepidium draba* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 14(1), 49-61.
- Azirak, S., & Karaman, S. (2008). Allelopathic effect of some essential oils and components on germination of weed species. *Acta Agricultrae Scandinavica. Section B*, 58(1), 88-92. <http://dx.doi.org/10.1080/09064710701228353>
- Bais, H.P., & Kaushik, S.H. (2010). Catechin secretion and phytotoxicity. *Communicative & Integrative Biology*, 3(5), 468-470. <http://dx.doi.org/10.4161/cib.3.5.12559>

8. Bais, H.P., Vepachedu, R., Gilroy, S., Callaway, R.M., & Vivanco, J.M. (2003). Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions. *Science*, 301, 1377–1380. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1083245>
9. Bayat, H., Naseri Moghaddam, A., & Aminifard, M.H. (2020). Allelopathic effects of narcissus (*Narcissus tazetta* L.) extract on germination, growth and physiological characteristics of couch grass (*Agropyron repens*) and wild oat (*Avena fatua*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 6(4), 457-469. (In Persian with English abstract). <http://dx.doi.org/10.22124/jms.2020.3925>
10. Chinchilla, N., Duraan, A.G., Carrera, C., Ayuso, J., & Macias, F.A. (2014). Operation allelopathy: an experiment investigating an alternative to synthetic. *Agrochemicals*, 91, 570–574. <http://dx.doi.org/10.1021/ed4000074>
11. De' Albuquerque, M.B., Santos, R.C.D., & Ima, L.M. (2011). Allelopathy an alternative tool to improve cropping systems a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31, 379–395. <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2010031>
12. Dorina, B. (2019). Allelopathic potential of dill on germination and growth parameters of maize seedlings. *Annals of the University of Craiova – Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, XLIX, 50-55.
13. El Sawi, S.A., Ibrahim, M.E., El-Rokiek, K.G., & El-Din, S.A.S. (2019). Allelopathic potential of essential oils isolated from peels of three citrus species. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(1), 89-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2019.04.003>
14. El-Khatib, A.A., Hegazy, A.K., & Gala, H.K. (2004). Does allelopathy have a role in the ecology of *Chenopodium murale*? *Annales Botanici Fennici Journal*, 41, 37-45.
15. Fujii, Y., & Hiradate, S. (2007). *Allelopathy New Concepts and Methodology*. Science Publisher, USA, 398 p.
16. Fujii, Y., Parvez, S.H. Parvez, M.M., Ohmae, Y., & Iida, O. (2003). Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. *Weed Biology and Management*, 3, 233–241. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1444-6162.2003.00111.x>
17. Gant, R.E., & Clebsch, E.E.C. (1975). The allelopathic influences of *Sassafras albidum* in old-field succession in tennessee. *Journal of Ecology*, 56(3), 604–615. <http://dx.doi.org/10.2307/1935494>
18. Gao, R.Y., Shi, L.R., & Guo, X.L. (2010). Study on allelopathic effects of *Ipomoea Purpurea* on wheat seeds. *Journal of Triticeae Crops*, 6, 1132-1134.
19. Golubinova, I., & Ilieva, A. (2014). Allelopathic effects of water extracts of *Sorghum halepense* (L) Pers *Convolvulus arvensis* L and *Cirsium arvense* Scop on early seedling growth of some leguminous crops. *Pesticides and Phytomedicine*, 29(1), 35-43. <http://dx.doi.org/10.2298/pif1401035g>
20. Hu, Y., Na, X., Li, J., Yang, L., You, J., Liang, X., Wang, J., Peng, L., & Bi, Y. (2015). Narciclasine a potential allelochemical affects subcellular trafficking of auxin transporter proteins and actin cytoskeleton dynamics in *Arabidopsis* roots. *Planta*, 242(6), 1349-1360. <http://dx.doi.org/10.1007/s00425-015-2373-6>
21. Ilori, O.J., & Ilori, O.O. (2012). Allelochemicals: Types activities and usage in pest control. *Science Education*, 3(1), 106–110.
22. Inderjit, & Dakshini, K.M.M. (1998). Allelopathic interference of chickweed *Stellaria media* with seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Canadian Journal of Botany*, 76(7), 1317-1321. <http://dx.doi.org/10.1139/b98-159>
23. Juntilla, O. (2006). Allelopathy in *Heracleum laciniatum*: Inhibition of lettuce seed germination and root growth. *Physiologia Plantarum*, 33(1), 22–27. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1975.tb03758.x>
24. Khan, S., Shinwari, M.I., Ali, Kh.W., Rana, T., Kalsoom, S., & Khan, S.A. (2019). Allelopathic potential of 73 weed species in Pakistan. *Revista de Biología Tropical*, 67(6), 1418-1430. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i6.34787>
25. Li, Zh., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.D., & Jiang, D.A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15, 8933-8952. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules15128933>
26. Liu, Y., Zhang, Ch., Wei, Sh., Cui, H., & Huang, H. (2011). Compounds from the subterranean part of Johnson grass and their allelopathic potential. *Weed Biology and Management*, 11(3), 160–166. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1445-6664.2011.00416.x>
27. Macias, F.A., Galindo, J.C.G., & Molinillo, J.M.G. (2003). *Allelopathy: Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*. CRC Press, United States, 410 p.
28. Majeed, A., Chaudhry, Z., & Muhammad, Z. (2012). Allelopathic assessment of fresh aqueous extracts of *Chenopodium album* L. for growth and yield of wheat (*triticum aestivum* L.), *Pakistan Journal of Botany*, 44(1), 165-167.
29. Messiha, N.K., Ahmed, S.A.A., El-Masry, R.R., & El-Dabaa, M.A.T. (2024). The allelopathic influence of *Anethum graveolens* seed powder in controlling *Orobanche crenata* infesting *Vicia faba* and its effect on the crop growth and yield. *Journal of Crop Protection*, 13(4), 361-371. <https://doi.org/10.48311/jcp.2024.1678>
30. Miri, A., Sharifi Rad, J., Sharifi Rad, M., & Teixeira da Silva, J.A. (2013). Allelopathic activity of medical plant *Cardaria draba* (*Lepidium draba* L.). *Annals of Biological Research*, 4(6), 76-79.

31. Ofosu, R., Agyemang, E.D., Marton, A., Paztor, G., Taller, J., & Kazinczi, G. (2023). Herbicide resistance: Managing weeds in a changing world. *Agronomy*, 13(6), 1-16. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy13061595>
32. Pakhshan, M., & Maulood Shireen, A.A., (2012). The Allelopathic effect of dill plant (*Anethum graveolens* L.) residues on the growth and chemical content of two types of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Journal of Cell Science*, 23(3), 1-12.
33. Puig, C.G., Goncalves, R., Valentao, P., Andrade, P., Roger, M.R., & Pedrol, N. (2018). The consistency between phytotoxic effects and the dynamics of allelochemicals release from *eucalyptus globulus* leaves used as bioherbicide green manure. *Journal of Chemical Ecology*, 44(5), 658-670. <http://dx.doi.org/10.1007/s10886-018-0983-8>
34. Rashed Mohassel, M., & Musavi, S.K. (2006). Weed Management Principles, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. 566 p. (In persian).
35. Ravlic, M., Balicevic, R., & Lucic, I. (2014). Allelopathic effect of parsley (*Petroselinum crispum* Mill) cogermination water extracts and residues on hoary cress (*Lepidium draba* (L.) Desv). *Journal Poljoprivreda/Agriculture*, 20(1), 22-26.
36. Razavi, S.M. (2012). Chemical composition and some allelopathic aspects of essential oils of (*Prangos ferulacea* L. Lindl) at different stages of growth. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14, 349-356.
37. Reinhardt, C.F., Meissner, R., & Wyk, L.J.V. (2013). Allelopathic effects of *Chenopodium album* L and *Chenopodium polyspermum* L. on another weed and two crop species. *South African Journal of Plant and Soil*, 14, 165-168. <http://dx.doi.org/10.1080/02571862.1997.10635102>
38. Ribeiro, J.P.N., & Lima, M.I.S. (2012). Allelopathic effects of orange (*Citrus sinensis* L.) peel essential oil. *Acta Botanica Brasiliica*, 26(1), 256-259. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062012000100025>
39. Scavo, A., Restuccia, A., Pandino, G., Onofri, A., & Mauromicale, G. (2018). Allelopathic effects of *Cynara cardunculus* L. leaf aqueous extracts on seed germination of some Mediterranean weed species. *Italian Journal of Agronomy*, 13(2), 119-125. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.1021>
40. Sharopov, F.S., Wink, M., Gulmurodov, I.S., Isupov, S.J., Zhang, H., & Setzer, W.N. (2013). Composition and bioactivity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. from tajikistan. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(2), 125-130.
41. Shilling, D.G., Dusky, J.A., Mossier, M.A., & Bewick, T.A. (1992). Allelopathic potential of celery residues on lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(2), 308-312. <http://dx.doi.org/10.21273/jashs.117.2.308>
42. Uremis, I., Arslan, M., Uludag, A., & Kemal Sangun, M. (2009). Allelopathic potentials of residues of 6 *Brassica* species on johnson grass (*Sorghum halepense* (L.) Pers). *American Journal of Botany*, 8(15), 3497-3501.
43. Vokk, R., Lougas, T., Mets, K., & Kravets, M. (2011). Dill (*Anethum graveolens* L) and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill) Fuss) from Estonia: Seasonal differences in essential oil composition. *Agronomy Research*, 9, 515-520.
44. Wang, X.B., Li, G.H., Li, L., Zheng, L.J., Huang, R., & Zhang, K.Q. (2008). Nematicidal coumarins from *Heracleum candicans*. *Natural Product Research*, 22(8), 666-671. <http://dx.doi.org/10.1080/14786410701766463>
45. Zandi, P., Barabasz-Krasny, B., Stachurska-Swakon, A., Pula, J., & Mozdzen, K. (2018). Allelopathic effects of *Stellaria media* (L.) Vill. on germination and early stages of growth of *Raphanus sativus* var. *Radicula*. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae*, 3, 90-99.
46. Zhao, Y., Yang, Y.H., Wang, K.B., Fan, L.M., Su, F.W., & Ye, M. (2020). Chemical composition and allelopathic potential of essential oil isolated from *Origanum vulgare*. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 31(7), 2257-2263. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202007.032>
47. Zhu, X., Zhang, H., & Lo, R. (2004). Phenolic compounds from the leaf extract of artichoke (*Cynara scolymus* L) and their antimicrobial activities bottom of form. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(24), 7272-7278. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0490192>