

Inhibitory Impact of Infested Soil with Stem and Leaf Debris of Alien Cape Ivy (*Senecio angulatus* L.F.) on some Native Plants

M. Shahbazi^{1*}, S. Sohrabi², F. Jamal¹, M. Keshavarz Zeindalouei¹

1- Environmental Science Department, Fisheries and Environmental Sciences Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2-Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

*- Corresponding author's Email: maryam.shahbazi@gau.ac.ir

Received: 08-07-2025
Revised: 20-08-2025
Accepted: 27-08-2025
Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:

Shahbazi, M., Sohrabi, S., Jamal, F., & Keshavarz Zeindalouei, M. (2026). The inhibitory impacts of infested soil with stem and leaf debris of alien Cape ivy (*Senecio angulatus* L.F.) on some native plants. *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 403-417. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94302.1240>

Introduction

Invasive alien plants pose significant ecological and socio-economic threats due to their aggressive spread and disruption of native ecosystems. One mechanism aiding their success is allelopathy—the release of biochemicals (allelochemicals) that inhibits germination and growth of nearby native species. While the phenomenon is well-documented, its exact role in biological invasions remains underexplored. Recent studies reveal that approximately 72% of plant families, including many invasive species, possess allelopathic capabilities, challenging the earlier notion that it is restricted to a few plant lineages (Kalisz et al., 2021). *Senecio angulatus*, commonly known as Cape ivy or creeping groundsel, is a fast-growing, perennial vine native to South Africa. It has become an invasive species in several parts of the world including Europe, Australia, and Northern Africa (GBIF, 2023). It has recently been observed in the Golestan Province of Iran, particularly in the coastal areas of Bandar-e-Gaz (Sohrabi et al., 2025). Several studies identified the allelopathic potential of invasive plants of Asteraceae family (Silva et al., 2014; Perera et al., 2023). In order to investigate its allelopathic potential as an invasive and important plant in different parts of the world, the emergence and early growth of five native plant species were considered in stem and leaf debris of *S. angulatus*.

This study aimed to evaluate the allelopathic potential of *S. angulatus* through its decomposed above-ground biomass in soil, and its subsequent effect on germination and growth of native and indicator plant species.

Materials and Methods

The experiment was conducted in a greenhouse using a completely randomized design with four replications. Leaves and stems of *S. angulatus* collected from Gorgan were mixed with agricultural soil at 1:5 ratio and incubated for either 2 or 8 months to allow decomposition. The treated (contaminated) soil and control (uncontaminated) soil were used to grow five plant species: lettuce (*Lactuca sativa*), alfalfa (*Medicago sativa*), purslane (*Portulaca oleracea*), chicory (*Cichorium intybus*), and maize (*Zea mays*). Lettuce and maize considered as indicator species.

Seeds were sown in pots containing the treated or control soil. Germination rate, root and shoot length, and



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94302.1240>

dry biomass were recorded after four weeks. The Response Index (RI) was used to compare response of the species in the contaminated soil for which the inhibitory effect ranged from +1 to -1, where values close to -1 indicate strong inhibition.

Results and Discussion

- **Emergence:** The inhibitory effects were more pronounced after 8 months of soil incubation. Lettuce showed the most significant reduction in emergence, followed by purslane and chicory. Maize was least affected, possibly due to its larger seed size and stronger initial growth.
- **Root Length:** Although not consistently significant, the most notable reductions in root length occurred in lettuce and chicory after 8 months.
- **Shoot Growth:** Significant inhibitory effects on shoot length were recorded, especially for lettuce and purslane. In contrast, alfalfa, chicory, and maize exhibited varying degrees of resistance depending on the timing.
- **Root and Shoot Biomass:** Lettuce consistently showed the highest reduction in biomass, while maize showed the lowest. Chicory and purslane also showed considerable sensitivity.
- **Overall RI Analysis:** Lettuce exhibited the strongest allelopathic response, followed by purslane and chicory. Maize displayed the least sensitivity, suggesting its higher tolerance.

The response varied between species and time of sowing, with the greatest reduction in emergence observed when seeds were sown after eight months of mixing the soil. In addition, the lowest response index (most inhibitory effect) was observed in the dry weight roots and stems of five species. Comparison of the species' responses to the inhibitory effect of the contaminated soil showed that alfalfa and maize were less affected (-0.21 and -0.03, respectively), while chicory, purslane and lettuce were more affected (-0.31, -0.36 and -0.61, respectively).

Recent studies, including preliminary phytochemical analyses, have confirmed the presence of potent allelochemicals such as total phenols, flavonoids, chlorogenic acid, and cynarin in *S. angulatus*. These compounds are known for their allelopathic and antioxidant activities. The plant, being a member of the Asteraceae family, is also capable of producing pyrrolizidine alkaloids, known for their ecological toxicity.

Several related species in the Asteraceae family (e.g., *Solidago gigantea*, *Artemisia baimaensis*, *Senecio jacobaea*) have shown similar allelopathic effects, reinforcing the hypothesis that *S. angulatus* may exert strong inhibitory influence on native flora through both chemical and microbial soil interactions.

- Maize and other large-seeded or resilient species may serve as better alternatives in areas threatened by this invader.
- It is essential to manage and prevent the further spread of *S. angulatus*, especially in ecologically sensitive coastal regions.
- Removing plant residues and controlling its ornamental use are practical steps for early-stage management.
- Further studies on soil microbial changes and identification of specific allelochemicals are recommended for comprehensive ecological assessments.

Conclusion

The findings confirm that *S. angulatus* possesses significant allelopathic capabilities, capable of suppressing native plant growth through soil contamination. The consistent inhibitory effects on native and indicator species suggest a high allelopathic potential in *S. angulatus*, reinforcing its invasive risk. The implementing management program to monitor the plant cultivation at national level and eradicate established populations is considered to be particularly necessary in the northern parts of Iran.

Keywords: Allelopathy, emergence, invasive, management, response index

توان بازدارندگی خاک آلوده به بقایای گیاهی گونه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای (*Senecio angulatus* L.f.) بر برخی از گیاهان بومی

مریم شهبازی^{۱*} - سیما سهرابی^۲ - فاطمه جمال^۱ - مائده کشاورز زیندالوئی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵

چکیده

دگرآسیبی یک ابزار مهم در موفقیت استقرار گونه‌های بیگانه مهاجم محسوب می‌شود. زلف پیر برگ عشقه‌ای گیاهی چندساله متعلق به خانواده آفتابگردان و بومی آفریقای جنوبی است که با اهداف زینتی وارد کشور شده و در شهرهای شمالی دارای جمعیت‌های خودرو است. به‌منظور بررسی توان دگرآسیبی آن، رویش و رشد اولیه پنج گونه گیاهی بومی و محک (یونجه، ذرت، کاهو، خرفه و کاسنی) در خاک آلوده به این گیاه بررسی شد. برای این منظور، مخلوط خاک با ساقه و برگ زلف پیر برگ عشقه‌ای تهیه و به‌مدت دو و هشت ماه نگهداری شد و سپس گلدان‌ها با این مخلوط پر شد. نتایج مقایسه گونه‌های مورد بررسی با کمک شاخص پاسخ نشان داد که خاک آلوده اثر بازدارندگی بین ۰/۹۷+ تا ۰/۹۸- بر سبزشدن و رشد رویشی گونه‌ها داشت. پاسخ گیاهان به صفات مورد بررسی در دو زمان نگهداری خاک آلوده متفاوت بود و کاهش بیشتری در میزان سبزشدن در خاک آلوده به‌مدت هشت ماه مشاهده شد. همچنین بیشترین اثر بازدارندگی در وزن خشک ریشه و ساقه دیده شد. مقایسه گونه‌ها نشان داد که خاک آلوده بر گیاهان یونجه و ذرت به‌ترتیب با شاخص پاسخ ۰/۲۱- و ۰/۰۳- کمترین و بر کاسنی، خرفه و کاهو به‌ترتیب ۰/۳۱-، ۰/۳۶- و ۰/۶۱- بیشترین بازدارندگی را در هر دو زمان نگهداری دو و هشت ماه داشت. نتایج پژوهش حاضر بیانگر اثرات منفی این گیاه بر رویش گونه‌های بومی مورد بررسی بوده که می‌تواند تهدید بزرگی برای سایر گونه‌ها نیز محسوب شود. اعمال برنامه‌های مدیریتی، نظارت بر کشت و حذف جمعیت‌های خودروی این گیاه در سطح کشور امر ضروری محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دگرآسیبی، رویش، شاخص پاسخ، مدیریت، مهاجم

مقدمه

گیاه بیگانه و مهاجم، گونه‌ای است که در منطقه جدید، بومی شده و به‌سرعت در حال گسترش و اثرگذاری منفی بر جنبه‌های محیطی و اجتماعی-اقتصادی منطقه است. چنین گونه‌های گیاهی، به‌شدت بوم نظام‌های زراعی و غیرزراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند

(Sohrabi et al., 2023). گونه‌های مهاجم از طیف گسترده‌ای از راهبردها برای استقرار در بوم‌نظام‌های جدید برخوردارند. دگرآسیبی^۳ و ظرفیت تولید ترکیبات دگرآسیب^۴ یکی از روش‌هایی است که می‌تواند به‌طور مستقیم گیاهان بومی مجاور را مهار کند یا به‌طور غیرمستقیم گیاهان بومی را از طریق برهم زدن فلور میکروبی، فعالیت زیرزمینی مفید آن‌ها و یا تغییر منابع خاکی سرکوب کند (Silva et al., 2014). با وجود شناخت دگرآسیبی در میان گونه‌های گیاهی، فراگیر بودن آن در تهاجم‌های زیستی ناشی از گیاهان همچنان به‌طور کامل شناخته نشده است. بررسی کالیز و همکاران (Kalisz et al., 2021) نشان

۱- گروه محیط زیست، دانشکده شیلات- محیط زیست، دانشگاه کشاورزی و منابع

طبیعی دانشگاه گرگان، گرگان، ایران

۲- موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

*- نویسنده مسئول: maryam.shahbazi@gau.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94302.1240>

3- Allelopathy

4- Allelochemicals

داد که اغلب ۵۲۴ گونه گیاهی مهاجم جهان، ترکیبات دگرآسیب با پتانسیل تأثیر منفی بر عملکرد گیاه بومی تولید می‌نمایند. علاوه بر این، توان دگرآسیبی یک ویژگی تبارشناختی محسوب می‌شود، به‌طوری که تصور می‌شد اثرات دگرآسیبی در تعداد کمی از گونه‌های مهاجم عضو تیره شب‌بو^۱ وجود داشته باشد. اما تجزیه و تحلیل‌های اخیر نشان داد که دگرآسیبی در ۷۲ درصد از ۱۱۳ خانواده گیاهی وجود دارد که نشان می‌دهد که توان دگرآسیبی، با افزایش نرخ مهاجم در سراسر جهان، نیاز به توجه بیشتری دارد. این درحالی است که دگرآسیبی منفی پدیده‌ای است که در تقابل گیاهان بیگانه با گیاهان بومی کمتر شناخته شده است (Callaway & Ridenour, 2004). تعداد زیادی از گیاهان بیگانه قادر به تولید و آزادسازی ترکیبات دگرآسیب (مانند فنل‌ها، ترپنوییدها، آلکالوئیدها، کومارین‌ها، تانن‌ها، استروئیدها و کوئینین‌ها) از طریق ترشحات ریشه‌ای، مواد فرار، شستشوی برگ‌ها و دیگر قسمت‌های هوایی و تجزیه مواد گیاهی از گیاه به محیط می‌باشند (Diller et al., 2023). برای مثال در بسیاری از مطالعات دگرآسیبی، ترکیبات فنولیکی با جلوگیری از رشد بسیاری از گیاهان در ارتباط هستند. ترکیبات دگرآسیب همچنین به‌طور غیرمستقیم از طریق تغییر تنوع و فراوانی مایکوریزا، باکتری‌ها و یا دیگر ریزجانداران خاک عمل می‌کنند (Romeo & Callaway et al., 2008; Weidenhamer, 1998). مطالعات زیادی ثابت کرده است که گیاهان زینتی واردشده توان دگرآسیبی زیادی دارند و می‌توانند مانع رشد گونه‌های بومی شوند که در این بین می‌توان به گیاهان شاه‌پسند (*Lantana camara* L.) و لاله عباسی (*Mirabilis jalapa* L.) اشاره نمود (Alemayehu et al., 2024; Muhammad & Yoshiharu, 2013).

زلف پیر برگ عشقه‌ای (*Senecio angulatus* L.f) گیاهی چندساله، خزنده و بومی آفریقای جنوبی (استان کیپ) است که در شرایط مناسب یک توده گیاهی متراکم را تا ارتفاع ۲-۳ متر ایجاد می‌کند. این گیاه متعلق به تیره آفتابگردان^۲ می‌باشد که اغلب در نقاط خشک و باز در سواحل دریا رشد می‌کند (GBIF, 2023). این گیاه در دهه اخیر برای استفاده به‌عنوان یک گیاه زینتی و باغبانی به‌طور عمدی معرفی شده است (Farahmand, 2018) و می‌تواند به‌دلیل سرعت رشد بالا و تشکیل توده انبوه و فشرده، از رشد گیاهان بومی جلوگیری کند. این گیاه پتانسیل مهاجم بالایی دارد و در کشورهای مختلفی در اروپا، استرالیا و قسمت‌هایی از شمال آفریقا مهاجم شده است (<http://www.iucngisd.org>). رشد تهاجمی و ظرفیت زیاد برای پوشش کل فضا در این گیاه، امکان اشغال محیط‌هایی با حضور قوی انسانی را فراهم می‌کند. هم‌اکنون در استان گلستان

جمعیت‌های خودروی آن در حاشیه جاده‌های شهرستان بندر گز مشاهده شده است (شکل ۱- مشاهدات میدانی نویسندگان). مناطق ساحلی، صخره‌ای، لبه‌های بوته‌زار، جنگل‌های علفی، جنگل‌های خشک اسکروفیل^۳ و جنگل‌های باز در حال احیا، مناطق مستعد مهاجم این گونه است (Khamar & Bakhouch, 2024; Miara et al., 2018). رشد رویشی زیاد، تولید بذر زیاد همراه با ماندگاری بالا، پراکنش بذور توسط باد (به‌دلیل وجود کاکل^۴) و همچنین نقش رشد بالارونده و گسترده آن عوامل مهمی هستند که در گسترش و پراگندگی این گونه نقش مهمی دارند (Williams & Hayes, 2007). علاوه بر این احتمال می‌رود که دگرآسیبی نیز در این امر نقش مهمی داشته باشد. اطلاعات چندانی در مورد توان دگرآسیبی این گونه در دسترس نیست و مطالعه حاضر می‌تواند سرخ‌های مهمی در این زمینه ارائه دهد. گیاهان مهاجم زیادی از خانواده آفتابگردان نشان داده‌اند که با توان دگرآسیبی می‌توانند مانع رشد گیاهان بومی و بومزاد (انحصاری) منطقه جدید شوند (Ahmed & Wardle, 1994; Perera et al., 2023; La Iacona et al., 2024). یکی از روش‌های پیبردن به توان دگرآسیبی گیاهان، رشد دادن گیاه گیرنده با بقایای بافت گیاهی (مواد زنده، زیست‌توده خشک یا بستر برگ) گیاه دهنده است که معمولاً برای تعیین امکان تولید مواد دگرآسیب توسط گیاه دهنده استفاده می‌شود (Batish et al., 2009; Hassanpour et al., 2022). در این مطالعه، از این روش برای پی بردن به توان دگرآسیبی زلف پیر برگ عشقه‌ای استفاده شد. شناخت رفتار دگرآسیبی گیاه زلف پیر برگ عشقه‌ای و تأثیر باقی‌مانده ترکیبات دگرآسیب در خاک بر گونه‌های بومی منطقه می‌تواند در برنامه‌های مدیریتی به‌منظور جلوگیری از کاهش رشد گونه‌های بومی و کاهش تنوع زیستی منطقه مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی توان دگرآسیبی زلف پیر برگ عشقه‌ای بر گیاهان بومی، آزمایشی به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ انجام گرفت. برای این بررسی، رشد پنج گیاه بومی و محک در خاک آلوده‌شده به ساقه و برگ‌های این گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. عوامل آزمایش شامل گیاهان گیرنده و مدت زمان ماندگاری بقایای گیاهی در خاک بود. گونه‌های مورد ارزیابی در این مطالعه شامل کاهو، یونجه، خرفه،

۳- اسکروفیلی به گیاهانی اشاره دارد که دارای برگ‌های سخت برای تحمل شرایط خشکی هستند.

4- Pappus

1- Brassicaceae
2- Asteraceae

نسبت یک به پنج مخلوط شد و خاک به مدت دو و هشت ماه در شرایط دمای محیط قرار داده شد تا عمل تجزیه و آزاد شدن متابولیت‌های ثانویه فراهم شود. طی این مدت، هوادهی مرتب خاک در ابتدا روزانه و سپس به صورت هفتگی انجام شد.

کاسنی و ذرت بود (جدول ۱). گیاه کاهو و ذرت به عنوان گیاهان محک مدنظر قرار گرفتند (Qasim et al., 2019).

برای این منظور، ساقه و برگ‌های جمع‌آوری شده گیاه زلف پیر برگ عشقه‌ای از سطح شهر گرگان (۴۸° ۲۸' ۵۴" شمالی، ۴۸° ۳۶' ۵۴" شرقی) در بهار ۱۴۰۳، را با خاک زراعی رسی-لومی با



شکل ۱- حضور جمعیت استقرار یافته گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای در بندر گز، استان گلستان
Figure1: Presence of the established population of Cap ivy in Bandar-e Gaz, Golestan province

جدول ۱- گیاهان بومی و محک مورد بررسی برای آزمون توان دگر آسیمی زلف پیر برگ عشقه‌ای

Table 1: Native and indicator plants for testing the allelopathy potential of cape ivy

Scientific names of tested species	Family	Life cycle	English name
<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae	Annual	Lettuce
<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	Perennial	Alfalfa
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Annual	Purslane
<i>Cichorium intybus</i> L.	Asteraceae	Perennial	Chicory
<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	Annual	Corn

گیاه از شاخص پاسخ (RI)^۱ استفاده شد (معادله ۱).

$$\text{If } T < C \text{ then } RI = T/C - 1$$

(۱)

$$\text{If } T > C \text{ then } RI = 1 - C/T$$

که در آن، T: تیمار و C: شاهد است و بسته به پاسخ آن‌ها از یکی از توابع بالا استفاده شده تا شاخص پاسخ گیاه به دست آید. مقدار عددی آن بین مثبت یک تا منفی یک بود و هرچه عدد به منفی یک نزدیک باشد، اثر بازدارندگی بیشتر است (Perera et al., 2023). آنالیز داده‌ها در محیط R انجام گرفت و از نرم‌افزارهای agricolae و ggplot2 استفاده شد. آزمون مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون کمترین تفاوت معنادار (LSD^۲) در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

بعد از گذشت دو زمان نگهداری، خاک آلوده (خاک تیمار) و خاک بدون شاخ و برگ گیاه بیگانه (خاک شاهد) در گلدان‌های به اندازه ۱۰ در ۱۵ سانتی متر قرار گرفتند. بذر گونه‌های مورد بررسی در دو مرحله (مرحله اول: دو ماه بعد از مخلوط شدن خاک با شاخ و برگ، مرحله دوم: هشت ماه بعد از مخلوط شدن) در گلدان‌ها قرار داده شدند. در هر گلدان ۱۵ بذر قرار گرفت، آبیاری گلدان‌ها به طور منظم به صورتی انجام شد که آب اضافی به زیر گلدان‌ها به خصوص در مراحل اولیه رشد نرسد یا اگر رسید، این آب به گلدان برگردانده شد. شرایط نوری و دمایی گلدان‌ها متناسب با شرایط آب‌وهوایی مرسوم در منطقه گرگان در ماه‌های شهریور و اسفند بود. در طی آزمایش، درصد رویش گیاهان ثبت شد و در انتها (بعد از چهار هفته) صفاتی همچون درصد سبز شدن، طول ریشه، ساقه و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای مقایسه گونه‌ها از نظر میزان پاسخ‌دهی به توان دگرآسیمی

1- Response index

2- Least significant difference

نتایج و بحث

سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد. درحالی‌که برای طول ساقه اثر ساده زمان و گونه دارای تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بودند. در صفت وزن خشک ریشه و ساقه، گونه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نسبت به هم داشتند ($P \leq 0/001$)، درحالی‌که اثر زمان و اثر متقابل زمان و گونه معنی‌دار نشد (جدول ۲). در ادامه اثر تیمار خاک آلوده روی صفات به تفکیک ارائه خواهد شد.

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای صفات معنی‌دار شده در سطح پنج درصد در پنج گونه مورد بررسی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج جدول ۱ نشان داد که برای صفت رویش گیاهان، عامل گونه و زمان و اثر متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/001$) وجود داشت. برای طول ریشه، اثر متقابل زمان و گونه معنی‌دار ($P \leq 0/001$) شد و همچنین اثر ساده زمان در

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده پنج گونه گیاهی گیرنده در خاک آلوده به برگ و ساقه گیاه زلف پیر برگ عشقه‌ای در دو زمان کاشت (دو و هشت ماه پس از مخلوط کردن)

Table 1- Analysis of variance for the response index of all measured factors in five studied species in the soil contaminated with cape ivy after 2 and 8 months of mixing

	Factors	Df	Sum Sq	Mean Sq
Emergence	Species	4	2.772	0.693***
	Time	1	4.638	4.638***
	Species:Time	4	5.100	1.275***
Root length	Species	4	0.4195	0.1049*
	Time	1	0.0203	0.0203
	Species:Time	4	1.6962	0.4240***
Shoot length	Species	4	1.0403	0.2601**
	Time	1	0.7070	0.7070***
	Species:Time	4	0.0607	0.0152
Root dry weight	Species	4	3.931	0.9828***
	Time	1	0.389	0.3893
	Species:Time	4	0.998	0.2496
Shoot dry weight	Species	4	4.449	1.1122***
	Time	1	0.044	0.044
	Species:Time	4	0.488	0.1220
All-factors	Species	4	1.6473	0.4118***
	Time	1	0.1316	0.1316*
	Species:Time	4	0.6913	0.1728***

کدهای معنی‌داری به ترتیب: صفر ****، ۰.۰۰۱ ***، ۰.۰۱ ** و ۰.۰۵ *

Significant codes: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * 0.1 .

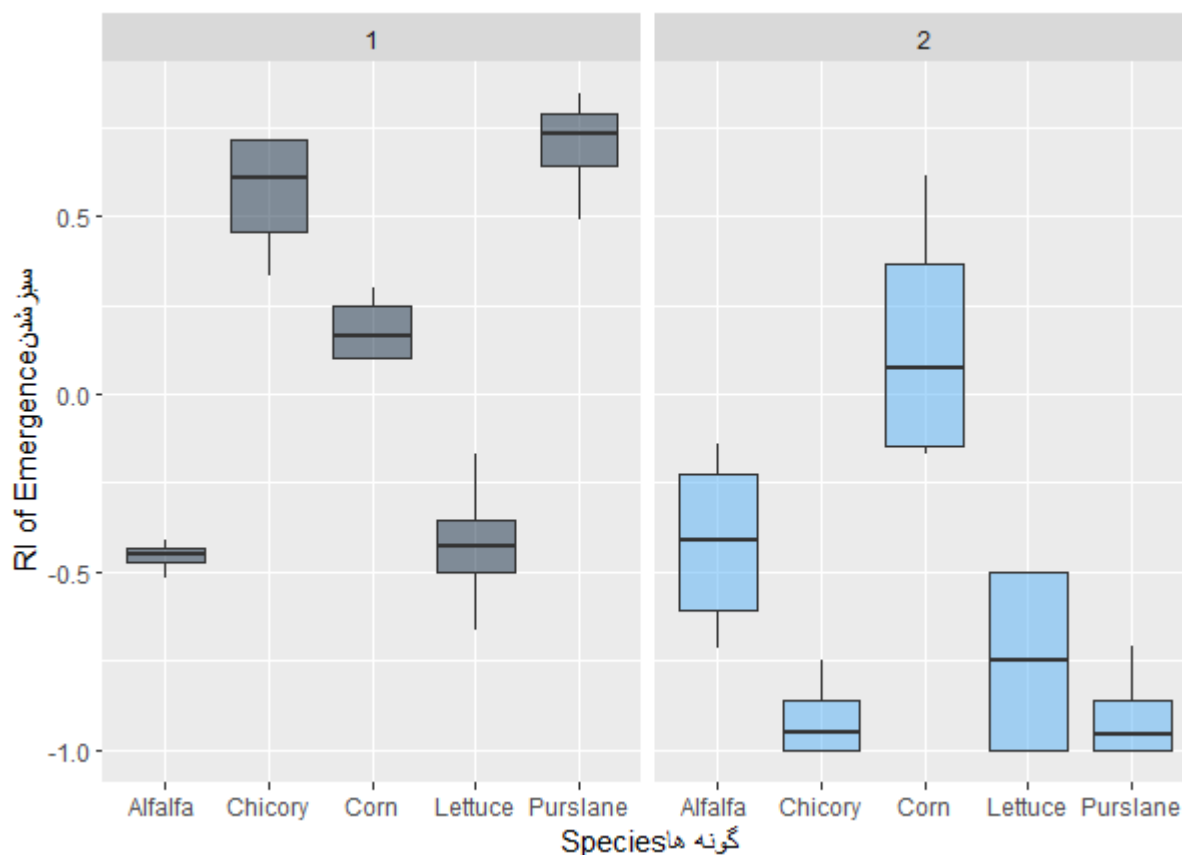
جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای صفات معنی‌دار شده در سطح پنج درصد برای پنج گونه گیاهی گیرنده (میانگین دو و هشت ماه نگهداری بقایای گیاهی در خاک)

Table 3- The mean comparison based on the least significant difference (LSD) for measured factors at 5% level

Species	Root length	Shoot length	Root DW	Shoot DW
Corn (<i>Zea mays</i> L.)	-0.198 ab	-0.135 a	-0.011 a	0.015 a
Purslane (<i>Portulaca oleracea</i> L.)	-0.183 a	-0.405 ab	-0.632 bc	-0.658 b
Chicory (<i>Cichorium intybus</i> L.)	-0.292 ab	-0.226 ab	-0.781bc	-0.582 b
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	-0.302 ab	-0.126 a	-0.330 ab	-0.153 a
Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.)	-0.470 b	-0.538 b	- 0.860 c	-0.773 b
LSD value	0.278	0.314	0.518	0.442

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم معنی‌داری تفاوت بین آن‌ها است

Similar letters indicate means which are not significantly different



شکل ۲- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس میزان رویش، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

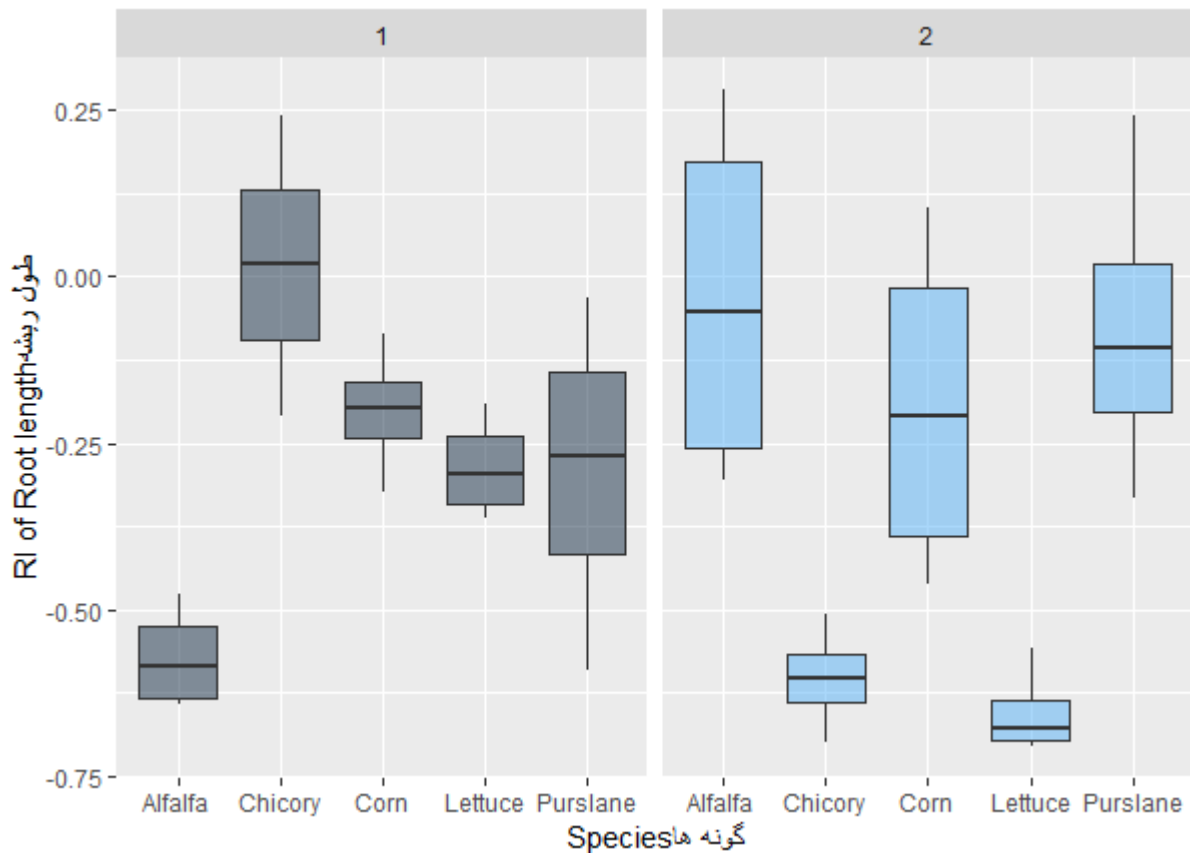
Figure 2- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for emergence; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy

آفتابگردان پتانسیل تهاجم دارند و می‌توانند مانع رشد گیاهان بومی شوند. برای مثال، گیاهان مهاجم *Solidago gigantea* و *S. canadensis* در اروپای مرکزی (Perera et al., 2023) و نوعی درمنه *Artemisia baimaensis* در چین (Yang et al., 2023) از طریق دگرآسیبی مانع رشد گیاهان بومی می‌شوند. ترکیبات دگرآسیب می‌توانند در خاک، جوانه‌زنی بذر گیاهان را مهار کنند. ترکیبات آلی ممکن است فرآیند رشد را مختل کنند و منجر به کاهش زیست‌توده و اختلال در متابولیسم فیزیولوژیکی دانه‌رست‌ها در شرایط مزرعه شوند (Yang et al., 2023).

طول ریشه: اثر بازدارندگی بر طول ریشه در دو مرحله کشت معنی‌دار نبود و تفاوت پاسخ گونه‌ها هم مشهود نبود، اما اثر متقابل زمان و گونه معنی‌دار شد، به‌طوری‌که در مرحله اول گیاه یونجه بیشترین کاهش را نشان داد و در مرحله دوم گیاه کاسنی و کاهو بیشترین کاهش در طول ریشه را نشان دادند (جدول ۱ و ۲ و شکل

درصد سبز شدن: داده‌های ارائه‌شده در شکل ۲ نشان داد که در دو مرحله کاشت، پاسخ گیاهان معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در مرحله دوم کاشت (هشت ماه بعد از مخلوط شدن) میزان اثر بازدارندگی بیشتر بود (شکل ۲) در مرحله اول کاشت، گیاه یونجه و کاهو بیشترین پاسخ را نشان دادند، درحالی‌که در مرحله دوم گیاه کاهو، خرفه و کاسنی بیشترین کاهش را نشان دادند (شکل ۲). در مجموع، میزان بازدارندگی سبز شدن در مرحله دوم کاشت (۰/۴۶۶-) بیشتر از مرحله اول (۰/۰۹۳-) بود. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد که گیاه بیگانه مورد بررسی اثر بازدارندگی زیادی روی رویش گیاه کاهو به‌عنوان گیاه محک در این آزمایش دارد و تفاوت آن با ذرت، کاسنی و خرفه معنی‌دار است (جدول ۳). همچنین در مجموع، گیاه ذرت دارای کمترین کاهش بود که این امر می‌تواند به دلیل اندازه بذر بزرگ‌تر و رشد اولیه قوی‌تر دانه‌رست باشد. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که گیاهان بیگانه خانواده گل

۳). مقایسه میانگین ذرت و کاهو تفاوت معنی‌داری آن‌ها را نشان داد، درحالی‌که بین خرفه و کاهو تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲).

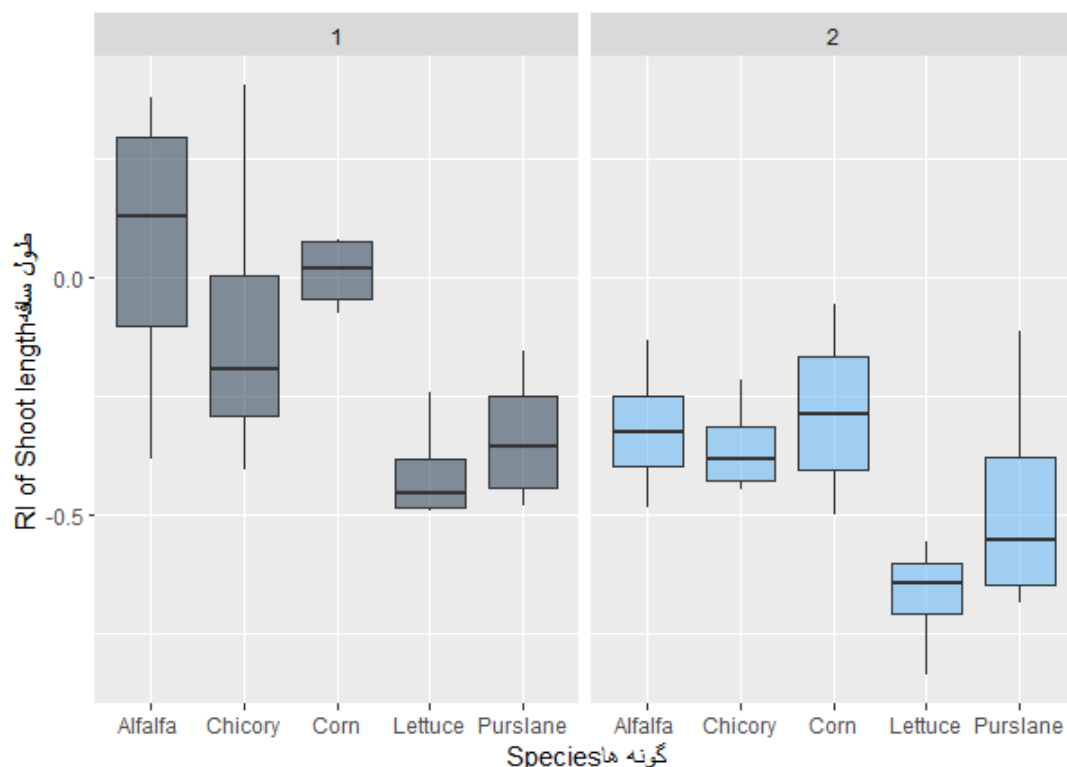


شکل ۳- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس طول ریشه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

Figure 3- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for root length; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy

داشتند (شکل ۴). براساس آزمون LSD، دو مرحله کاشت تفاوت معنی‌داری نسبت به هم داشتند و بیشترین کاهش (-0.365) در مرحله دوم مشاهده گردید. در مجموع در مرحله دوم کاشت، بیشترین بازدارندگی در گیاه کاهو و کمترین بازدارندگی رشد ساقه در گیاه یونجه دیده شد (جدول ۲).

رشد ساقه: اثر بازدارندگی خاک آلوده بر رشد ساقه بسته به گونه و زمان کاشت متفاوت بود. در هر دو مرحله، گیاه کاهو و خرفه بیشترین کاهش در طول ساقه را نسبت به شاهد خود نشان دادند. در مرحله دوم بین سه گیاه یونجه، کاسنی و ذرت تفاوت معنی‌داری دیده نشد. درحالی‌که در مرحله اول این سه گونه با هم تفاوت معنی‌داری



شکل ۴- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس طول ساقه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

Figure 4- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for shoot length; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy

می‌توانند از طریق کاهش میتوز بر بافت‌های راسی ریشه گیاهان تأثیر بگذارند که می‌تواند منجر به تخریب رشد ریشه و کاهش طول ریشه شود (Soln & Dolenc Koce, 2021).

برای درک بهتر فرآیند گونه‌های مهاجم، تجزیه و تحلیل راهبردهای کلونیزاسیون آن‌ها، به‌ویژه توانایی دگرآسیبی آن‌ها، اساسی است (Chengxu et al., 2011). دگرآسیبی تعاملی است که شامل متابولیت‌های ثانویه عمدتاً فنل‌ها می‌شود، بنابراین دانستن مقدار فنل کل و فلاونوئیدهای موجود در این گونه‌ها یک فرآیند اولیه و ضروری است. براساس جدیدترین اطلاعات، میزان فنل کل و فلاونوئید عصاره ساقه زلف پیر برگ عشقه‌ای به‌ترتیب ۰/۰۰۰۷۹۹ و ۰/۰۰۲۴۹ میلی‌گرم بر میلی‌گرم وزن خشک گزارش شد که این مقادیر بالای ترکیبات می‌عامل بازدارندگی موجود در عصاره بخش هوایی این گیاه بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌رست‌های گیاهان بومی مورد آزمایش شامل خرفه، خارمریم^۱، علف گندمی پابلند^۲، یونجه و کاهو در پتری‌دیش بوده است (Sohrabi et al., 2025). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی

وزن خشک ریشه: در بررسی وزن خشک ریشه، نتایج نشان

داد که پاسخ گیاهان در هر دو مرحله کاشت متفاوت بود و اثر بازدارندگی تحت تأثیر زمان کاشت قرار نگرفت. بیشترین بازدارندگی در گیاه کاهو و خرفه مشاهده شد (شکل ۵). در مجموع، در دو مرحله کاشت گیاه کاهو بیشترین بازدارندگی و گیاه ذرت کمترین بازدارندگی را نشان داد (جدول ۲).

وزن خشک ساقه: در دو مرحله کاشت، تفاوت معنی‌داری در

پاسخ گیاهان دیده نشد، ولی گونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که گیاه کاهو، کاسنی و خرفه بیشترین کاهش را نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند (شکل ۶). در مجموع دو مرحله کاشت، گیاه کاهو بیشترین بازدارندگی و گیاه ذرت کمترین بازدارندگی را نشان داد (جدول ۲).

در مجموع، اثر زمان بر رویش و طول ساقه معنی‌دار بود. ماندگاری بیشتر بقایای گیاهی در خاک ممکن است فرصت بیشتری برای رهاسازی مواد دگرآسیب در بقایای گیاهی را فراهم سازد. تأثیر سمیت گیاهی ممکن است به‌دلیل تولید اکسیژن فعال باشد که بر تخریب سلول‌های گیاهی تأثیر می‌گذارد و منجر به تنش اکسیداتیو در سلول گیاهی می‌شوند (Voegelé et al., 2012). مواد دگرآسیب

1- *Silybum marianum* (L.) Gaertn.

2- *Agropyron elongatum* (Host) P.Beauv.

(et al., 2014).

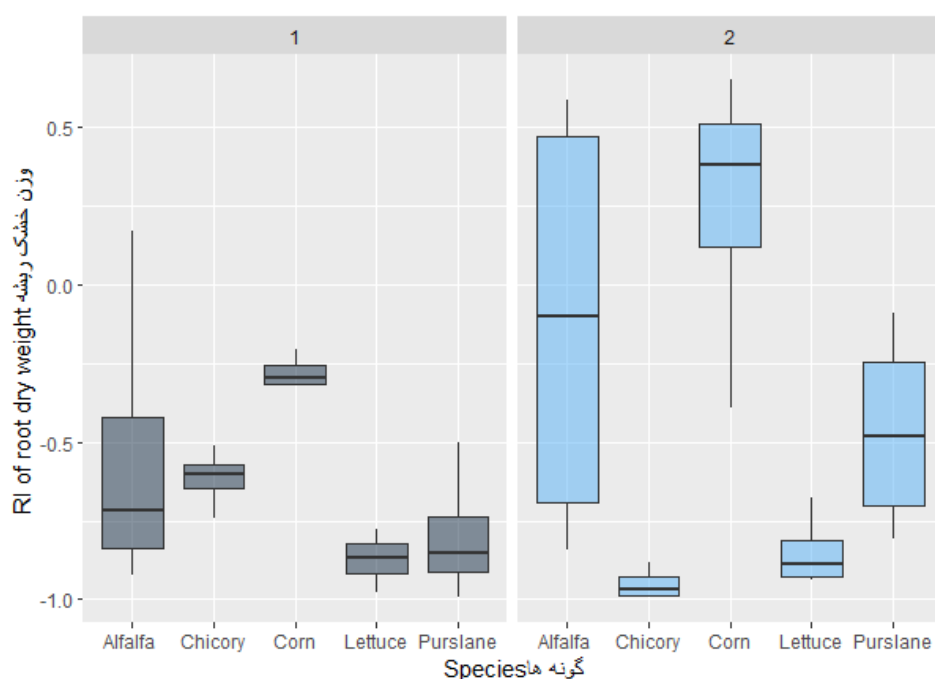
تجزیه و تحلیل فیتوشیمیایی *Senecio glaucus* فراوانی فنل‌ها و فلاونوئیدهای کل را در شاخه‌های آن نشان داد، درحالی‌که ترپنوئیدها در گل‌های آن بیشترین مقدار را داشتند. تمام بخش‌های اجزای گیاهی به‌طور کامل از جوانه‌زنی بذره‌های منداب *Eruca sativa* جلوگیری کردند، اما میزان بازدارندگی متفاوتی بر جوانه‌زنی گندم *Triticum aestivum* اعمال کردند (Ramadan et al., 2022). بررسی‌های بیشتر به‌خصوص با طیف وسیع‌تری از گونه‌های بومی می‌تواند شواهد بیشتری برای یافتن گونه‌های متحمل‌تر را در اختیار قرار دهد. کشت گیاهان متحمل در مناطق تحت تهاجم این گیاه، یک راهکار برای کاهش اثر منفی این گیاه و مدیریت آن است. همچنین از آنجاکه مواد دگرآسیبی این گیاه بیشتر در برگ‌ها و ساقه‌های آن قرار دارد، حذف کامل و جمع‌آوری بقایای آن در سطح خاک از ورود بقایا به خاک و رهاسازی مواد دگرآسیب احتمالی جلوگیری خواهد کرد. تجزیه بقایای گونه‌های زلف پیر (*Senecio*) در خاک در تغییر ویژگی‌های زیستی و غیرزیستی خاک نقش مهمی دارند، به‌خصوص اگر گونه زلف‌پیر چندساله باشد. در نتیجه این امر ممکن است که در تسریع تهاجم آن‌ها در مناطق جدید کمک‌کننده باشد (Van De Walle et al., 2022). تهاجم گونه‌هایی مانند *S. angulatus* و *inaequidens* در مناطق ساحلی می‌تواند به‌دلیل رقابت و دگرآسیبی باعث تغییر پوشش گیاهی شوند و این تغییرات منجر به تغییر در دینامیک شن و ماسه شود و به‌نوبه خود توالی طبیعی پوشش گیاهی تپه‌های شنی را تسریع می‌کند. این امر می‌تواند تنوع زیستی مناطق ساحلی را به خطر بیندازد (Van De Walle et al., 2022; Yildiz & Yasayacak, 2025).

قبلاً به‌عنوان گروه‌های اصلی متابولیت‌های ثانویه مؤثر در دگرآسیبی گونه‌های مختلف *Senecio* گزارش شده‌اند (Tan et al., 2010). غربالگری فیتوشیمیایی عصاره‌های *S. angulatus* مقدار بیشتری از سینارین و اسید کلروژنیک را به‌عنوان ترکیبات فنلی نشان داد (Bousetla et al., 2023). قبیله *Senecioneae* به تولید آلکالوئیدهای پیرولیزیدین معروف هستند. ترکیبات فنلی با هیدروکسیل ساختار خود، در گیاه زلف پیر برگ عشقه‌ای ممکن است به‌طور قابل توجهی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن نقش داشته باشد (Bousetla et al., 2023).

تفاوت پاسخ گونه‌ها: در بررسی تفاوت گونه‌ها، میانگین شاخص پاسخ (RI) همه فاکتورها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که گونه‌ها تفاوت معنی‌داری دارند و اثر زمان نگهداری مخلوط خاک و اثر متقابل زمان نگهداری و گونه معنی‌دار نشد (شکل ۷). از پنج گونه مورد بررسی، حداکثر پاسخ (کاهش رشد) مربوط به گیاه کاهو شد. آزمون مقایسه میانگین (LSD) نشان داد که گیاه کاهو و ذرت در دو گروه جداگانه قرار گرفتند و گیاه خرفه، کاسنی و یونجه تفاوت معنی‌داری نداشتند و به‌ترتیب کمترین و بیشترین پاسخ در گیاه ذرت و کاهو دیده شد (شکل ۸).

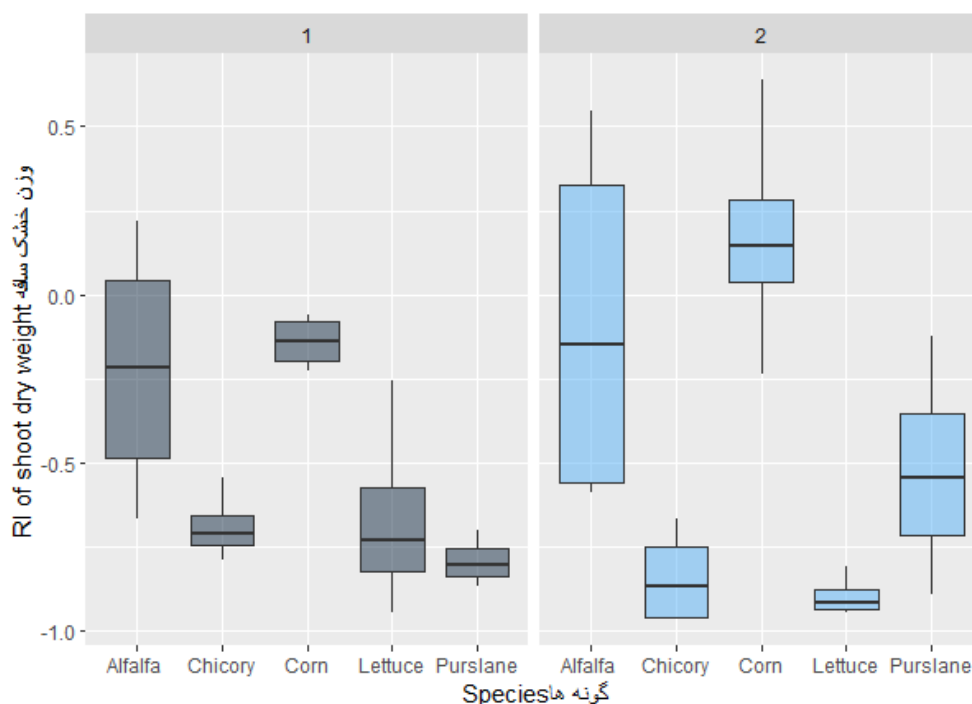
در یک بررسی، اثر ترکیبات دگرآسیب گیاه مهاجم *Ligularia sagitta* رشد اولیه گیاه یونجه بیشتر از سایر گونه‌ها بود (Wang et al., 2024). در بررسی توان دگرآسیبی گیاه *Senecio jacobaea* L. بر چند گونه (چشم چندساله و چهار گونه لگوم) در مراتع نیوزیلند، عصاره آبی و بقایای گیاهی در خاک مانع رشد گیاهان مرتع شد، ولی حساسیت گونه‌ها یکسان نبود به‌طوری‌که چشم چندساله (*Lolium perenne* L.) حساسیت کمتری به دگرآسیبی ناشی از *S. jacobaea* داشت (Ahmed & Wardle, 1994). کاشت گیاهان متحمل‌تر به ترکیبات دگرآسیب گیاهان بیگانه راهکاری برای کاهش اثر بازدارندگی آن‌ها است. به نظر می‌رسد که گیاهان خانواده گندمیان تحمل بیشتری به مواد دگرآسیبی نشان می‌دهند. در مطالعه جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهان بومی در عصاره آبی گیاه بیگانه زلف پیرخننده، گیاه علف گندمی پابلند *Agropyron elongatum* تحمل بیشتری را نشان داد (Sohrabi et al., 2025). در این مطالعه، گیاه ذرت گونه متحمل‌تر بود، شاید اندازه بذر آن رابطه‌ای با تحمل بیشتر مواد دگرآسیب داشته باشد. گیاهانی با بذر بزرگ‌تر، دانه‌رست‌های قوی‌تری تولید می‌کنند و می‌توانند بهتر تنش‌ها را تحمل کنند (Hanley et al., 2007; Steiner et al., 2019). آپلوتاکسن^۱ به‌عنوان یک ترکیب دگرآسیب بالقوه در گیاه مهاجم *Carduus nutans* L. می‌تواند در غلظت‌های بالا مانع رشد گیاه کاهو در خاک شود (Silva

1- apilotaxene, (Z,Z,Z)-heptadeca-1,8,11,14-tetraene



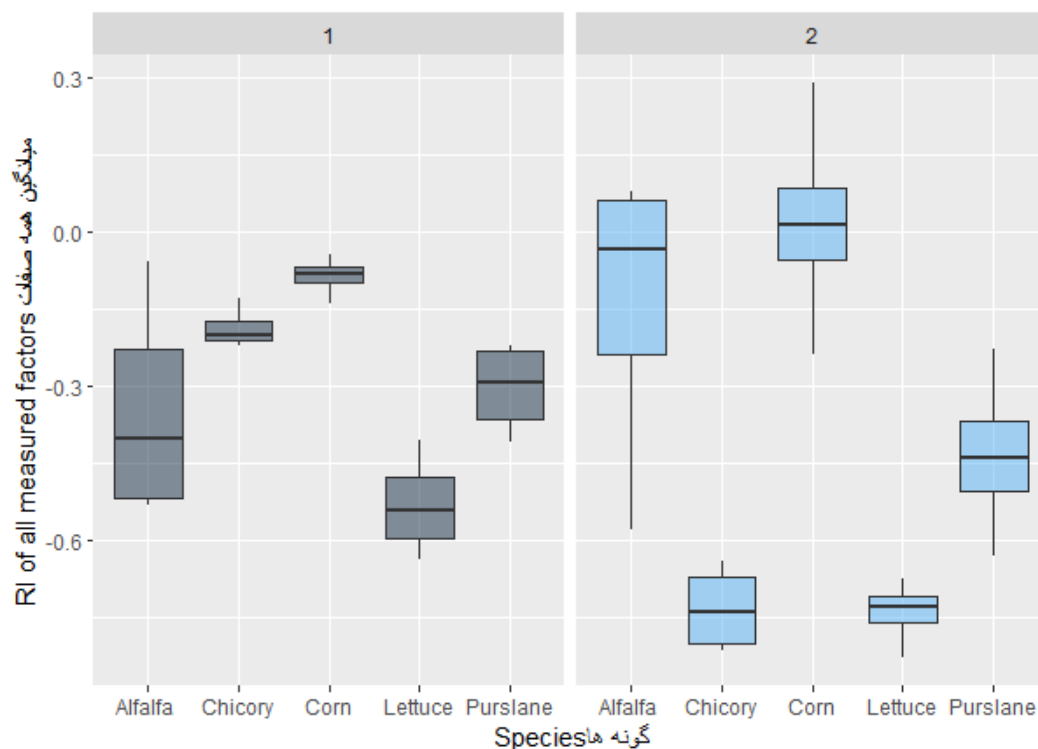
شکل ۵- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس وزن خشک ریشه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

Figure 5- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for root weight; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy



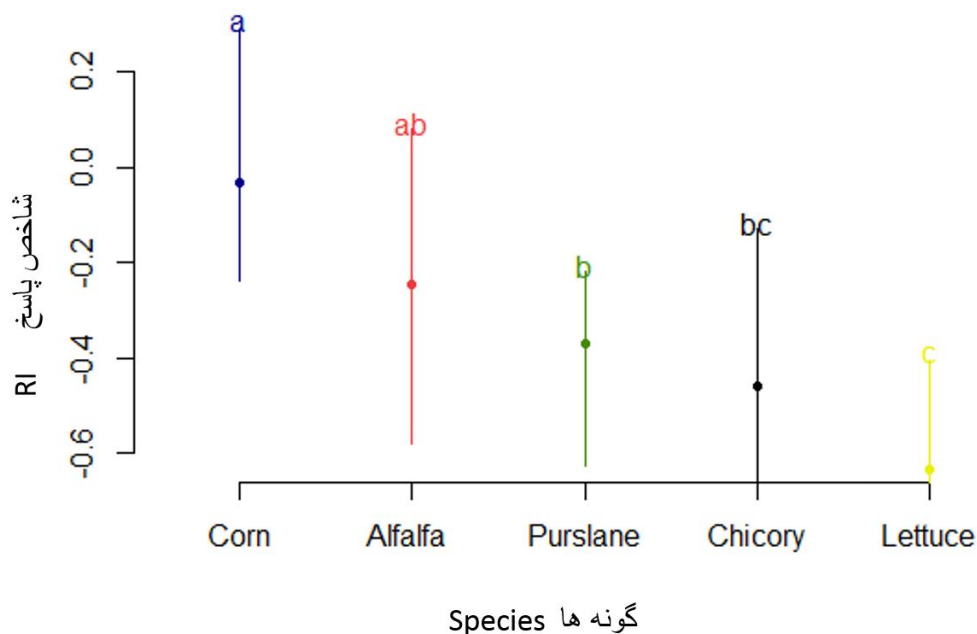
شکل ۶- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس وزن خشک ساقه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

Figure 6- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for shoot weight; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy



شکل ۷- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس میانگین شاخص پاسخ (اثر)، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

Figure 7- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for all measured factors; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy



شکل ۸- تفاوت میانگین شاخص پاسخ گونه‌ها در پاسخ به همه صفات اندازه‌گیری شده براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد (LSD=0.239)

Figure 8- The mean comparison of response Index for five studied species of all measured factors based on LSD test

دگرآسیبی است و می‌تواند رشد گونه‌های بومی را کاهش دهد. مطالعات بیشتر برای شناسایی ماده شیمیایی اصلی دخیل در این فرآیند ضروری می‌باشد. همچنین انجام مطالعاتی در رابطه با تغییر جمعیت میکروبی خاک در حضور این گیاه توصیه می‌شود که می‌تواند اطلاعات بیشتری در رابطه با اثرگذاری آن در محیط جدیدی که معرفی می‌شود، در اختیار قرار دهد. اطلاعات دگرآسیبی و سمیت گیاهان بیگانه در سیستم‌های ارزیابی خطر و ارزیابی اثرات نقش مهمی دارند. با توجه به خروجی این نتایج، نمره دگرآسیبی و سمیت آن برای گونه‌های بومی می‌تواند در دسته متوسط تا حداکثر قرار بگیرد. جمعیت‌های فرارکرده این گیاه در کشور هنوز محدود گزارش شده است بنابراین اعمال برنامه‌های مدیریت می‌تواند به‌موقع برای حذف گونه‌های استقرار یافته انجام گیرد و ضروری است در اسرع وقت از ورود و گسترش آن‌ها به عرصه‌های طبیعی جلوگیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که حتی‌الامکان از کشت این گیاه به‌عنوان گیاه زینتی در مناطق شهری خودداری شود و به‌جای آن از گونه‌های بومی با ظرفیت زینتی استفاده نمود.

زیست‌سنجی‌هایی که شامل خاک می‌شوند، دگرآسیب بودن ترکیب را بهتر تشخیص می‌دهند. بعضی از ترکیبات که در زیست‌سنجی بدون خاک کاملاً فعال بوده، ولی در خاک به‌طور کامل و عملاً غیرفعال شوند. عوامل مختلفی در خاک وجود دارند که می‌توانند فراهمی مواد دگرآسیب و نرخ تجزیه بقایای گیاهی را تحت تأثیر قرار دهند (Hassanpour et al., 2022). گیاهان بیگانه در مناطق جدید می‌توانند مواد فلاونوئیدی آزاد کنند که روی جمعیت مایکوریزاهای خاک اثر منفی بگذارند و باعث کاهش رشد گونه‌های بومی شوند (Callaway et al., 2008). سازوکارهای مختلفی برای اثرگذاری مواد دگرآسیب شناسایی شده است و این سازوکارها بسته به نوع ماده شیمیایی و شرایط خاک می‌توانند بر نفوذپذیری غشاء، فعالیت آنزیم‌ها و سطح هورمون‌ها تأثیر بگذارند و منجر به اختلالات فیزیولوژیکی مختلفی در گیاهان هدف شوند (Tena et al., 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج حاضر نشان داد که گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای همانند بعضی دیگر از اعضای تیره آفتابگردان دارای توانایی

References

- Ahmed, M. & Wardle, D.A. (1994). Allelopathic potential of vegetative and flowering ragwort (*Senecio jacobaea* L.) plants against associated pasture species. *Plant Soil*, 164, 61–68. <https://doi.org/10.1007/BF00010111>
- Alemayehu, Y., Chimdesa, M., & Yusuf, Z. (2024). Allelopathic Effects of *Lantana camara* L. Leaf Aqueous Extracts on Germination and Seedling Growth of *Capsicum annuum* L. and *Daucus carota* L. *Scientifica*, 9557081, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2024/9557081>
- Batish, D.R., Kaur, S., Singh, H.P., & Kohli, R.K. (2009). Nature of interference potential of leaf debris of *Ageratum conyzoides*. *Plant Growth Regulation*, 57, 137–144. <https://doi.org/10.1007/s10725-008-9329-9>
- Bousetla, A., Keskinaya, H.B., Bensouici, C., Lefahal, M., Atalar, M.N., & Akkal, S. (2023). LC-ESI/MS-phytochemical profiling with antioxidant and anti-acetylcholinesterase activities of Algerian *Senecio angulatus* L.f. extracts. *Natural Product Research*, 37(1), 123-129. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1947274>
- Callaway, R.M., & Ridenour, W.M. (2004). Novel weapons: Invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 436–443. <https://doi.org/10.2307/3868432>
- Callaway, R.M., Cipollini, D., Barto, K., Thelen, G.C., Hallett, S.G., Prati, D., Stinson, K., & Klironomos, J. (2008). Novel weapons: Invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe. *Ecology*, 89(4), 1043-55. <https://doi.org/10.1890/07-0370.1>
- Chengxu, W., Mingxing, Z., Xuhui, C., & Bo, Q. (2011). Review on allelopathy of exotic invasive plants. *Procedia Engineering*, 18, 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.038>
- Diller, J.G.P., Hüftlein, F., Lückner, D., Feldhaar, H., & Laforsch, Ch. (2023). Allelochemical run-off from the invasive terrestrial plant *Impatiens glandulifera* decreases defensibility in *Daphnia*. *Scientific Reports*, 13, 1207. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27667-4>
- Farahmand, H. (2018). Ornamental Climbing Plants (Ornamental Vines and Wall Shrubs). Jihad-e Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, 580 pp.
- GBIF. (2023). *Senecio angulatus* L.fil. in GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2025-08-05.
- Hanley, M.E., Cordier, P.K., May, O., & Kelly, C.K. (2007). Seed size and seedling growth: differential response of Australian and British Fabaceae to nutrient limitation. *New Phytologist*, 174, 381-388. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02003.x>
- Hassanpour, S., Gherekhloo, J., & Sohrabi, S. (2022). Scientific Methods in Weed Science. Jihad-E-Daneshgahi

- Mashhad Press, Mashhad, Iran, 444 pp. (In Persian)
13. Kalisz, S., Kivlin, S.N., & Bialic-Murphy, L. (2021). Allelopathy is pervasive in invasive plants. *Biological Invasions*, 23, 367–371. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02383-6>
14. Khamar, H., & Bakhouch, H. (2024). *Senecio angulatus* L.f. (Asteraceae) a new addition to the Moroccan flora. *Acta Botanica Malacitana*, 49, 168-171. <https://doi.org/10.24310/abm.49.2024.19692>
15. La Iacona, M., Lombardo, S., Mauromicale, G., Scavo, A., & Pandino, G. (2024). Allelopathic activity of three wild mediterranean Asteraceae: *Silybum marianum*, *Cynara cardunculus* var. *sylvestris*, *Galactites tomentosus*. *Agronomy*, 14, 575. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030575>
16. Miara, M.D., Boutabia, L., Salah, T., & Véla, E. (2018). Apparition de *Senecio angulatus* (Asteraceae) en Algérie. *Flora Mediterranea*, 28, 111-118. <https://doi.org/10.7320/FIMedit28.111>
17. Muhammad, I.S., & Yoshiharu, F. (2013). Allelopathic evaluation of shared invasive plants and weeds of Pakistan and Japan for environmental risk assessment. *Pakistan Journal of Botany*, 45, 467-474.
18. Perera, P.C.D., Chmielowiec, C., Szymura, T.H., & Szymura, M. (2023). Effects of extracts from various parts of invasive *Solidago* species on the germination and growth of native grassland plant species. *Plant Biology*, 11, e15676 <https://doi.org/10.7717/peerj.15676>
19. Qasim, M., Fujii, Y., Zaheer, M., Irfan Aziz, A., Watanabe, K.N., & Ajmal Khan, M. (2019). Phytotoxic analysis of coastal medicinal plants and quantification of phenolic compounds using HPLC. *Plant Biosystems -An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 153, 767–774. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1549607>
20. Ramadan, T., Zaher, A., Sultan, R., & Amro, A. (2022). Phytocoenoses and allelopathic potential of *Senecio glaucus* L. in new reclaimed areas of the Eastern Desert at Assiut Governorate, Egypt. *Phytocoenologia Band*, 51 Heft 3, p. 245–262. <https://doi.org/10.1127/phyto/2022/0394v>
21. Romeo, J.T., & Weidenhamer, J.D. (1998). Bioassays for Allelopathy in Terrestrial Plants. In: K.F. Haynes and J.G. Millar (eds). *Methods in Chemical Ecology Volume 2*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5411-0_4
22. Silva, F.M., Donega, M.A., Cerdeira, A.L., Corniani, N., Velini, E.D., Cantrell, C.L., Dayan, F.E., Coelho, M.N., Shea, K., & Duke, S.O. (2014). Roots of the invasive species *Carduus nutans* L. and *C. acanthoides* L. produce large amounts of Aplotaxene, a possible allelochemical. *Journal of Chemical Ecology*, 40(3), 276-84. doi: 10.1007/s10886-014-0390-8.
23. Sohrabi, S., Gherekhloo, J., Hassanpour, S., Ghaderifar, F., Siahmarguee, A., Taheri, M., & Atashi, S. (2025). Allelopathic potential impact of *Senecio angulatus* L.f. on native plants. *Plant Signaling & Behavior*, 20 (1), e2526886, 1-10. <https://doi.org/10.1080/15592324.2025.2526886>
24. Sohrabi, S., Gherekhloo, J., Zand, E., & Nezamabadi, N. (2023). The necessity of monitoring and assessing alien plants in Iran. *Iran Nature*, 8(1), 81-90 (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/irn.2023.360646.1487>
25. Šoln, K., & Dolenc Koce, J. (2021). Allelopathic root inhibition and its mechanisms. *Allelopathy Journal*, 52(2), 181-198. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2021-52-2-1315>
26. Steiner, F., Zuffo, A.M., Busch, A., Sousa, T.D.O., & Zoz, T. (2019). Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49, 1–9. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49s4353>
27. Tan, D., Chou, G., & Wang, Z. (2010). Phenolic compounds from *Senecio scandens*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 38(1), 122–124. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.12.032>
28. Tena, C., Santiago, A.D.R., Osuna, D., & Sosa, T. (2021) Phytotoxic activity of p-Cresol, 2-phenylethanol and 3-phenyl-1-propanol, phenolic compounds present in *Cistus ladanifer* L. *Plants*, 10(6), 1136, 1–12; <https://doi.org/10.3390/plants10061136>
29. Van De Walle, R., Massol, F., Vandegheuchte, M.L., & Bonte, D. (2022). The distribution and impact of an invasive plant species (*Senecio inaequidens*) on a dune building engineer (*Calamagrostis arenaria*). *NeoBiota*, 72, 1-23. <https://doi.org/10.3897/neobiota.72.78511>
30. Voegelé, A., Graeber, K., Oracz, K., Tarkowská, D., Jacquemoud, D., Turečková, V., Urbanová, T., Strnad, M., & Leubner-Metzger, G. (2012) Embryo growth, testa permeability, and endosperm weakening are major targets for the environmentally regulated inhibition of *Lepidium sativum* seed germination by myrigalone A. *Journal of Experimental Botany*, 63(14), 5337–5350. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers197>
31. Wang, S., Wang, C., Zhang, J., Jiang, K., & Nian, F. (2024). Allelopathy and potential allelochemicals of *Ligularia sagitta* as an invasive plant. *Plant Signaling & Behavior*, 19(1), e2335025, 1-13. <https://doi.org/10.1080/15592324.2024.2335025>
32. Williams, P.A., & Hayes, L. (2007). Emerging Weed Issues for the West Coast Regional Council and Their

Prospects for Biocontrol. Landcare Research, Nelson, New Zealand. 41 pp.

33. Yang, H., Song, J., & Yu, X. (2023). *Artemisia baimaensis* allelopathy has a negative effect on the establishment of *Elymus nutans* artificial grassland in natural grassland. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1), e2163349, 1-12. <https://doi.org/10.1080/15592324.2022.2163349>
34. Yıldız, K., & Haşayacak, H. (2025). Türkiye Florası İçin Yeni Bir İstilacı Tür Kaydı: Kap Sarmaşığı (*Senecio angulatus* / Asteraceae). *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 12(1), 1-7.