



عنوان مقالات

- ارزیابی فرمولاسیون جدید ULV (حجم فوق‌العاده کم) حشره‌کش‌های لامبداسی هالوترین (AMIGO ULV 4%) و دلتامترین (DELROS ULV 1.25%) در مقایسه با مالاتیون (EC 57%) برای مهار ملخ مراکشی *Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae) ۳۳۳
احمد حیدری - مهران غزوی
- اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت® و ایندومکت® بر ویژگی‌های زیستی و رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) ۳۴۵
پرستو جلیلی - فریا مهرخو - مریم فروزان
- نقش کیتوزان در مدیریت بیماری‌های ویروسی گیاهی ۳۶۳
منصور صلاتی - آزاده انتظاری
- تأثیر دو قارچ‌کش گیاه-پایه میلدیوکات و آلسین در مهار بیماری سفیدک پودری (*Golovinomyces cichoracearum*) خیار (*Cucumis sativus*) گلخانه‌ای ۳۷۵
موسی نجفی‌نیا - احمدرضا اصلاحی - لاله دهقان
- اثر آرایش کاشت در تلفیق با وجین، علف‌کش و گیاه پوششی بر مهار علف‌های هرز و عملکرد بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) ۳۸۷
عباس نوبهار گیگلو - احمد توبه - سلیم فرزانه - رسول فخاری - کمال شهبازی هومونلو
- توان بازدارندگی خاک آلوده به بقایای گیاهی گونه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای (*Senecio angulatus* L.f.) بر برخی از گیاهان بومی ۴۰۵
مریم شهبازی - سیما سهرابی - فاطمه جمال - مائده کشاورز زیندالونی
- ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های یونجه باغی (*Coronilla varia*) به علف‌کش‌های مختلف پس‌رویشی در شرایط گلخانه‌ای با هدف امکان‌سنجی کشت زراعی ۴۲۱
رحیمه صابر فر - غلامرضا حیدری - فرزاد نظری - سیروان بابائی - ایوب ملااحمد تالوسی

نشریه پژوهشی های حفاظت گیاهان ایران

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ۲۱/۲۰۱۵ و درجه علمی - پژوهشی شماره ۲۶۵۲۴ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۶۸/۴/۱۱ ۷۳/۱۰/۱۹

جلد ۳۹ شماره ۴ زمستان ۱۴۰۴

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.
این نشریه به صورت فصلنامه (۴ شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

صاحب امتیاز:	دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول:	رضا ولی زاده
سر دبیر:	پریسا طاهری
اعضای هیئت تحریریه:	ایزدی دربندی، ابراهیم اعتصامی، حسن پور جم، ابراهیم جمالی، سالار حاجی بلند، رقیه حسینی، مجتبی خداپرست، سید اکبر راستگو، مهدی راشد محصل، محمد حسن شریف نبی، بهرام صابری ریشه، روح اله صادقی نامقی، حسین صبوری، علیرضا کریم مجنی، حسن کریمی، جواد مرعشی، سید حسن مصلی نژاد، هادی معصومی، حسین تاراسکو، استاکیو راشد محصل، آرش درویس، سبیل لهلالی، رشید ورا کروز، کاسیان
	استاد- تغذیه نشخوار کنندگان - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار- بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک - دانشگاه تهران استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه تربیت مدرس تهران استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه گیلان استاد- فیزیولوژی گیاهی - دانشگاه تبریز دانشیار- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- قارچ شناسی - دانشگاه گیلان استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه صنعتی اصفهان استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه ولی عصر رفسنجان استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه تهران دانشیار- تولید وژنتیک گیاهی - دانشگاه صنعتی اصفهان استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار پژوهش- موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور استاد- ویروس شناسی گیاهی - دانشگاه شهید باهنر کرمان دانشیار- حشره شناسی - دانشگاه باری آلدومورو-ایتالیا محقق- اکولوژی حشرات - نگراس استاد-بیماری شناسی گیاهی -دانشگاه آرتوکلوماردین ترکیه دانشیار- آسیب شناسی گیاهی و میکروبیولوژی-مدرسه ملی کشاورزی مکنس، مراکش استاد- بیماری شناسی گیاهی- موسسه بین المللی تحقیقات برنج و آسیب شناسی گیاهی، ماکاتی، فیلیپین

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴

آدرس سایت: <https://jpp.um.ac.ir>

پست الکترونیکی: jpp1@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://jpp.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۳۳۳ ارزیابی فرمولاسیون جدید ULV (حجم فوق العاده کم) حشره کش های لامبداسی هالوترین (AMIGO ULV 4%) و دلتامترین (DELROS ULV 1.25%) در مقایسه با مالاتیون (EC 57%) برای مهار ملخ مراکشی (*Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae))
احمد حیدری-مهران غزوی
- ۳۴۵ اثرات کشندگی و زیر کشندگی حشره کش های ایمونیت® و ایندومکت® بر ویژگی های زیستی و رشد جمعیتی شب پره مینوز گوجه-فرنگی (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae))
پرستو جلیلی-فریبا مهرخو-مریم فروزان
- ۳۶۳ نقش کیتوزان در مدیریت بیماری های ویروسی گیاهی
منصور صلاتی-آزاده انتظاری
- ۳۷۵ تأثیر دو قارچ کش گیاه-پایه میلیدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک پودری (*Golovinomyces cichoracearum*) خیار (*Cucumis sativus*) گلخانه ای
موسی نجفی نیا-احمد رضا اصلاحی-لاله دهقان
- ۳۸۷ اثر آرایش کاشت در تلفیق با وجین، علف کش و گیاه پوششی بر مهار علف های هرز و عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)
عباس نوبهار گیگلو-احمد توبه-سلیم فرزانه-رسول فخاری-کمال شهبازی هومونلو
- ۴۰۵ توان بازدارندگی خاک آلوده به بقایای گیاهی گونه بیگانه زلف پیر برگ عشقه ای (*Senecio angulatus* L.f.)
مریم شهبازی-سیما سهرابی-فاطمه جمال-مانده کشاورز زیندالوئی
- ۴۲۱ ارزیابی واکنش اکوتیپ های یونجه باغی (*Coronilla varia*) به علف کش های مختلف پس رویشی در شرایط گلخانه ای با هدف امکان سنجی کشت زراعی
رحیمه صابر فر-غلامرضا حیدری-فرزاد نظری-سیروان بابائی-ایوب ملا احمد نالوسی

Evaluation of New ULV Formulations (Ultra Low Volume) of the Lambda-Cyhalothrin (Amigo ULV 4%) and Deltamethrin (Delros ULV 1.25%) Compared with Malathion (EC 57%) for the Control of Moroccan Locust *Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae)A. Heidari^{1*}, M. Ghazavi²

1- Department of Pesticides Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2- Department of Agricultural Entomology Research, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(*- Corresponding author's Email: a_heidari@areeo.ac.ir)**How to cite this article:**Received: 05-05-2025
Revised: 05-11-2025
Accepted: 22-11-2025
Available Online: 10-02-2026Heidari, A., & Ghazavi, M. (2026). Evaluation of new ULV formulations (Ultra Low Volume) of the lambda-cyhalothrin (Amigo ULV 4%) and deltamethrin (Delros ULV 1.25%) compared with malathion (EC 57%) for the control of Moroccan Locust *Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae). *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 331-341. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93345.1228>**Introduction**

Almost every year, various types of native and migratory locusts attack pastures and agricultural crops. Unfortunately, to control these locusts, EC formulations of various insecticides are used, which are sprayed with various hydraulic sprayers (the amount of solution used is 200 to 400 liters per hectare) instead of ULV sprayers (one liter per hectare), which increases the cost of spraying and creates major problems in areas with water restrictions. In some cases, technical pesticides are used with ULV sprayers to apply various insecticides. This issue, in addition to causing damage to the sprayers, can also be the source of various health problems, especially for users, as well as environmental problems. Therefore, this experiment was conducted with the aim of introducing the insecticide with an ULV formulation and also diversity the basket of pesticides for harmful locusts.

Materials and Methods

To conduct the experiment, lambda-cyhalothrin (Amigo ULV 4%) and deltamethrin (Delros ULV 1.25%) were used at two application rates of 300 and 500 ml/ha compared to malathion (EC 57%) at application rate of one liter/ha against Moroccan Locust *Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae). This experiment was conducted in two regions of Iran, Lowshan (Gilan province) and Abbar (Zanjan province). The experiments were conducted in a randomized complete block design with 5 treatments (plus control) in 4 replications. The area of each experimental plot was 1000 m². A spinning disk sprayer was used for ULV formulation and hydraulic sprayer was used for spraying malathion. To determine the best time of spraying, areas susceptible to contamination were continuously monitored and spraying was initiated as soon as an appropriate density of locusts was encountered in the nymphal stages (the appropriate density for this group of locusts is 13 nymphs or adults inside the field or 25 outside the field). Spraying was performed on locust nymphs (3rd to 5th nymphal stages). Sampling of nymphs was done on the day before and on the first and third day after treatment. The

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/jpp.2025.93345.1228>

percentage of treatment efficiency was calculated using the Henderson-Tilton formula, and variance analysis was performed using SAS software. The means were compared using the Tukey test.

Results and Discussion

Results showed that mortality percentage in Loshan for lambda-cyhalothrin ULV 4% at 300 and 500 ml/ha, malathion EC 57% at 1 l/ha, deltamethrin ULV 1.25 at 300 and 500 ml/ha 3 days after treatment were $83.1 \pm 7.3\%$, $90.9 \pm 1.6\%$, $82.5 \pm 5.8\%$, 82.4 ± 3.1 and 62.1 ± 4.3 respectively. Mortality percentage in Abbar for lambda-cyhalothrin ULV 4% at 300 and 500 ml/ha, malathion EC 57% at 1 l/ha, deltamethrin ULV 1.25 at 300 and 500 ml/ha 3 days after treatment were $87.8 \pm 5.2\%$, $94.5 \pm 1.15\%$, $88.4 \pm 3.8\%$, 53.6 ± 4.8 and 92.2 ± 4.6 respectively. Comparison of means showed that in both regions, both lambda-cyhalothrin ULV doses were in a same statistical group. Therefore, in order to reduce the application of insecticides, the lambda-cyhalothrin ULV 4% with application rate of 300 ml / ha is recommended for short horned grasshoppers control. While only an application rate of 500 ml per hectare of deltamethrin ULV insecticide has been able to control the pest to an acceptable level and is recommended. The results of this study match with the report of the FAO Pesticide Review Group, which shows that pyrethroid insecticides are the fastest-acting insecticides in controlling harmful locusts (Anonymous, 2014). In a conducted study about evaluation of the efficacy of insecticides in controlling the Moroccan locust, it was shown that the insecticide lambda- cyhalothrin with EC, SC and CS formulations, deltamethrin with EC formulation and fipronil with EC formulation had acceptable efficacy in control. In mentioned study, the ULV formulation was not used due to its advantages in locust-infested with restricted water for spraying (Sheikhi garjan *et al.*, 2023). In a study conducted by Martin *et al.* 1998 on the efficacy of deltamethrin (Decis 5F) in locust control, they showed that this insecticide controls the pest by over 90%. In a study conducted to compare the use of low-volume and ultra-low-volume ULV applications of a number of insecticides on locusts, it was shown that despite the same efficacy of the insecticides, the use of LV insecticides produces larger droplets and the volume of solution used is much larger compared to ULV, which creates problems in the application of pesticides in areas with limited water (Abdelatef, 2021). The authors' field studies show that in Iran, sometimes ULV sprayers are used for technical application of insecticides instead of ULV formulations of insecticides in locust control. This mistake is highly toxic to users (acute and chronic) and very destructive to the environment. Another problem in spraying for locust control is the use of hydraulic sprayers (solution consumption 200 to 400 liters per hectare) instead of ULV sprayers (one liter per hectare), which increases the cost of spraying and creates major problems in areas facing water restrictions. Therefore, the introduction of ULV formulations of insecticides for locust control is very useful. It should be noted that planning for the production and import of ULV sprayers by the government is very necessary for locust control, which is a common pest.

Conclusion

Due to the good efficacy of the lambda-cyhalothrin (Amigo ULV 4%), this insecticide can be used with application rate of 300 ml/ha for locust control. This study showed that the insecticide deltamethrin (Delros ULV 1.25%) at rate of 300 ml/ha did not have acceptable efficacy in locust control. So, it is recommended to use it at rate of 500 ml/ha. It is emphasized that only ULV sprayers should be used for the application of these insecticides. In addition, these devices should not be used for technical application of pesticides under any circumstances.

Keywords: Chemical control, Locust, Pyrethroids, ULV

ارزیابی فرمولاسیون جدید ULV (حجم فوق‌العاده کم) حشره‌کش‌های لامبداسی هالوترین (AMIGO ULV 4%) و دلتامترین (DELROS ULV 1.25%) در مقایسه با مالاتیون (EC 57%) برای مهار

ملخ مراکشی (*Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae))

احمد حیدری^{۱*} - مهران غزوی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱

چکیده

ملخ‌ها در صورت طغیان به‌عنوان یکی از عوامل خسارت‌زای محصولات کشاورزی و مراتع محسوب می‌شوند که در این شرایط، مهار آن‌ها بسیار ضروری است. در ایران برای مهار ملخ‌ها عمدتاً از فرمولاسیون امولسیون‌شونده غلیظ (EC) و تکنیکال انواع حشره‌کش‌ها استفاده می‌شود که این مسئله منشأ انواع مشکلات بهداشتی به‌خصوص برای کاربران و همچنین مشکلات زیست‌محیطی است. بنابراین با هدف معرفی حشره‌کش‌های با فرمولاسیون حجم فوق‌العاده کم (ULV (Ultra-Low Volume)) به‌عنوان ترکیبی مؤثر با اثرات زیست‌محیطی کمتر، اقدام به آزمایش بررسی تأثیر حشره‌کش لامبداسی هالوترین (AMIGO ULV 4%) و دلتامترین (DELROS ULV 1.25%) با مقدار کاربرد ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار در مقایسه با مالاتیون (EC 57%) با مقدار کاربرد یک لیتر در هکتار گردید. نمونه‌برداری از حشرات زنده یک روز قبل، یک و سه روز بعد از سم‌پاشی در دو استان گیلان و زنجان روی ملخ مراکشی (*D. maroccanus*) انجام شد. از دستگاه ULV پاش (دیسک چرخشی (Spinning disc)) برای تیمار ULV و از سم‌پاش پشت تراکتوری لانس‌دار برای محلول‌پاشی مالاتیون استفاده گردید. درصد کارایی تیمارها به‌وسیله فرمول هندرسون تیلتون محاسبه و تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی انجام شد. نتایج نشان داد که میانگین مهار جمعیت آفت در منطقه لوشان (سه روز بعد از سم‌پاشی) در تیمارهای لامبداسی هالوترین ۵۰۰، مالاتیون یک لیتر، لامبداسی هالوترین ۳۰۰، دلتامترین ۵۰۰ و دلتامترین ۳۰۰ به‌ترتیب ۹۰/۱±۱/۶ درصد، ۸۲/۵±۵/۸ درصد، ۸۳/۱±۱/۳ درصد، ۸۲/۴±۳/۱ درصد و ۶۲/۱±۴/۳ درصد بود. میانگین مهار جمعیت آفت در منطقه آب بر در سه روز بعد از سم‌پاشی در تیمارهای لامبداسی هالوترین ۵۰۰، مالاتیون یک لیتر، لامبداسی هالوترین ۳۰۰، دلتامترین ۵۰۰ و دلتامترین ۳۰۰ به‌ترتیب ۹۴/۱±۱/۵ درصد، ۸۸/۳±۴/۸ درصد، ۸۷/۵±۵/۲ درصد، ۹۲/۲±۴/۶ درصد و ۵۳/۶±۴/۸ درصد بود. نتایج نشان داد که حشره‌کش لامبداسی هالوترین ULV با مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار قادر به مهار ملخ مراکشی می‌باشد، این در حالی است که تنها مقدار کاربرد ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار حشره‌کش دلتامترین ULV توانست آفت را در حد قابل قبول مهار کند و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: پیرتروئیدها، کنترل شیمیایی، ملخ، ULV

مقدمه

راسته راست‌بالان^۳ از شناخته‌شده‌ترین راسته‌های بالا راسته

Orthopteroidea است که با بیش از ۲۹۰۰۰ گونه شناخته شده، از موقعیت شایان توجهی در زمینه‌های تنوع زیستی و زیست رفتاری جمعی برخوردار است (Cigliano et al., 2021). اعضای این راسته براساس اندازه شاخک به دو زیرراسته ملخ‌های شاخک کوتاه^۴ و ملخ‌های شاخک بلند^۵ طبقه‌بندی می‌شود. تاکنون، براساس درگاه

۱- بخش تحقیقات آفت‌کش‌ها، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: a_heidari@areeo.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93345.1228>

3- Orthoptera

4- Caelifera

5- Ensifera

رسمی ملخ شناسی (OSF^۱) از زیرراسته ملخ‌های شاخک کوتاه پنج خانواده، ۲۱ زیرخانواده، ۳۷ قبیله و ۳۵۰ گونه در کشور شناسایی شده است (Cigliano et al., 2021).

ملخ‌ها در صدر عوامل خسارت‌زا به محصولات کشاورزی قرار دارند. طغیان و هجوم ملخ‌ها، پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراوانی به همراه داشته است. از جنبه اقتصادی، طغیان و هجوم ملخ‌ها علاوه بر خسارت به بخش کشاورزی و تهدید امنیت غذایی موجب بروز فقر، قحط‌سالی و افزایش هزینه‌های خرید مواد غذایی برای مصرف‌کنندگان می‌شود. بنابراین برای مهار آن‌ها، هزینه‌های هنگفتی به کشورهای هدف به‌منظور مبارزه با آفت و تأمین کمک‌های غذایی به مردم تحمیل می‌کند (Latchinsky et al., 2023; FAO, 2024).

تأثیر ملخ‌ها بسیار فراتر از تخریب محصولات کشاورزی است. حضور آن‌ها می‌تواند کل زنجیره غذایی را مختل کند. وقتی ملخ‌ها مقدار زیادی از پوشش گیاهی را می‌بلعند، بر گیاهخوارانی که برای غذا به آن گیاهان متکی هستند، تأثیر می‌گذارند. متعاقب آن شکارچی‌های این گیاهخواران نیز متأثر می‌شوند. این موضوع موجب از بین رفتن فون و فلور طبیعی منطقه و برهم خوردن تعادل زیستی در بوم‌نظام‌ها شده و در مواردی موجب انقراض گونه‌های نادر و کمیاب می‌گردد. از طرفی، مبارزه با آفت و استفاده از حجم وسیع سموم شیمیایی موجب تلفات شدید موجودات زنده حیات وحش می‌شود (Wang, 2025).

ملخ مراکشی (*Dociostaurus maroccanus* (Thunberg))، در شمال آفریقا، جنوب و شرق اروپا و غرب آسیا یافت می‌شود. در این مناطق، ملخ مراکشی به‌طور سنتی یکی از خطرناک‌ترین آفات کشاورزی محسوب می‌شود. این گونه به‌دلیل پلی‌فاژی (چندخواری) گسترده، باروری بالا و توانایی مهاجرت، به‌عنوان یک گونه آفت خطرناک در نظر گرفته می‌شود. ملخ مراکشی می‌تواند به تعداد زیادی از گروه‌های مختلف گیاهان زراعی و محصولات باغی حمله کند. خسارت محصول ناشی از *D. maroccanus* در بیش از ۲۵ کشور گزارش شده است (Aleksiev et al., 2019).

متأسفانه کاربرد حشره‌کش‌ها (کنترل شیمیایی) به‌عنوان اصلی‌ترین روش مهار ملخ‌ها بوده و هرساله سطوح وسیعی بر علیه آن‌ها سم‌پاشی می‌شود. این وضعیت کم‌وبیش در اکثر کشورهایی که با هجوم ملخ‌ها روبه‌رو هستند، اتفاق می‌افتد. عمده حشره‌کش‌های مورد استفاده در عملیات مهار ملخ‌ها شامل حشره‌کش‌های فسفره، کاربامات و پیرتروئیدها و سایر گروه‌های حشره‌کش‌ها مانند تنظیم‌کننده‌های رشد می‌باشند (Abd El-Wahed et al., 2025).

طبق آمار سازمان حفظ نباتات، فقط در سال ۱۴۰۳ حدود ۱۱۵ هزار هکتار بر علیه ملخ‌های بومی مبارزه شیمیایی شده است. این در حالی است که در صورت حمله ملخ‌ها این سطح سم‌پاشی به مراتب بیشتر است (Anonymous, 2024).

در حال حاضر، عملیات مبارزه با ملخ‌ها در سطح جهان با حشره‌کش‌های نسبتاً کم‌خطر ارگانوفسفره (فنیتروتیون)، کاربامات‌ها (بندیوکارب)، پیرتروئیدها (دلتامترین و لامبداسای‌هالوترین) و ترکیباتی مانند فیپرونیل و تنظیم‌کننده‌های رشد مانند دیمیلین و تریفلومورون صورت می‌گیرد (Abd El-Wahed et al., 2025). در ایران از حشره‌کش‌هایی مانند ترکیبات فسفره (فنیتروتیون و مالاتیون)، تنظیم‌کننده رشد (دیفلوزینورون یا دیمیلین) و پیرتروئید (دلتامترین) برای مهار ملخ‌ها استفاده می‌شود (Noorbakhsh, 2025).

تنظیم‌کننده‌های رشد^۲ (IGR) مانند تفلوبنزورون، تریفلومورون و دیفلوبنزورون در مهار دسته‌های پوره ملخ موفق عمل نموده‌اند (Scherer & Rakotonandrasana, 1993). ترکیبات IGR به‌کندی اثر نموده، ولی در طبیعت پایایی نسبتاً طولانی دارند. بقاء آن‌ها در محیط بین ۱۰ روز تا چند هفته متغیر است (Abdelatef, 2021; Gabar et al., 2019).

پیرتروئیدها، گروهی از حشره‌کش‌ها هستند که به‌عنوان جایگزین سموم پرخطر کلره در مهار ملخ‌ها معرفی شده‌اند. پیرتروئیدها، ترکیبات مشابه مصنوعی پیرترین هستند که از گل‌های گونه *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trev) Boccone می‌آید. خصوصیات ارزشمند حشره‌کشی پیرتروم (ترکیبی از پیرترین، سینرین و جاسمولین) در قرن نوزدهم شناخته شد و این مسئله محققان را بر آن داشت تا در ربع اول قرن بیستم، ترکیب شیمیایی استرهای فعال آن را شناسایی کنند (Ecobichon, 1996; Samih, 2025). با تغییر و تبدیل‌هایی که روی نمونه‌های اولیه پیرتروئیدها صورت گرفت، محصولاتی مانند پرمترین، فنوالریت، دلتا مترین و سایپرترین به بازار آمدند (Pap et al., 1996). پیرتروئیدهای نسل دوم مانند بای‌فتترین، سایفلوترین و لامبداسای هالوترین در دهه ۸۰ میلادی تولید شدند (Weston & Lydy, 2010). اگرچه بیشترین مصرف پیرتروئیدها در منازل و برای مهار حشرات خانگی می‌باشد، ولی این گروه طی سال‌های گذشته برای مهار ملخ‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای مثال در آفریقای جنوبی، دلتامترین تقریباً به‌طور کامل جایگزین سموم فسفره در مبارزه با ملخ قهوه‌ای (*Locustana pardalina* (Walker, F., 1870)) شده است. سمیت پایین این حشره‌کش برای پرندگان و پستانداران از

روی سن گندم ثبت شده است. حشره کش دلتامترین با نام تجاری دسیس EC 2.5% برای مینوز لکه گرد درختان میوه، سن گندم، پرودنیای چغندر قند و با نام تجاری کیمیا دلنا و دلتارال SC 2.5% روی سن گندم و با فرمولاسیون EC 10% روی سن گندم و SC 5% روی سن گندم ثبت شده است (Noorbakhsh, 2025).

با توجه به اینکه در ایران برای مهار ملخ ها عمدتاً از فرمولاسیون امولسیون شونده غلیظ (EC) و تکنیکال انواع حشره کش ها استفاده می شود که منشأ انواع مشکلات بهداشتی به خصوص برای کاربران و همچنین مشکلات زیست محیطی است. بنابراین با هدف معرفی حشره کش های با فرمولاسیون حجم فوق العاده کم (ULV) به عنوان فرمولاسیون مؤثر با اثرات زیست محیطی کمتر، و همچنین تنوع بخشی به سبد آفت کش های ملخ های زیان آور، این تحقیق انجام شده است. بر این اساس، کارایی ترکیب پیرتروئید لامبداسی هالوترین با نام تجاری AMIGO ULV 4% و دلتامترین با نام تجاری DELROS ULV 1.25% بررسی شد.

مواد و روش ها

این پژوهش روی گونه غالب منطقه (ملخ مراکشی) که حالت طغیانی داشت در دو منطقه لوشان (استان گیلان) با مشخصات جغرافیایی (عرض ۳۶،۶۲۹۳۸۳۳ و طول ۴۹،۵۱۴۰۰۱) با ارتفاع ۴۹۱ متر از دریا و آب (استان زنجان) با مشخصات جغرافیایی (عرض ۳۶،۹۲۸۴۹۴۵ و طول ۴۸،۹۴۷۹۹۵۹) با ارتفاع ۶۲۰ متر از دریا انجام شد. آزمایش ها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در پنج تیمار (به اضافه شاهد) با چهار تکرار در قطعات ۱۰۰۰ متری با فاصله ۳۰ متر از یکدیگر انجام گرفت. تیمارها شامل حشره کش Amigo^v ULV 4% (با ماده مؤثره لامبداسی هالوترین) و Delros^a ULV 1.25% (با ماده مؤثره دلتامترین) با دو دز ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار و ملاتیون^۹ EC 57% با دوز یک لیتر در هکتار بود (جدول ۱). برای انجام آزمایش ها، پلات هایی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع (۵۰ متر × ۲۰ متر) انتخاب شد. برای ارزیابی کارایی تیمارها، نمونه برداری از ملخ از قطعات مورد نظر حشرات زنده یک روز قبل از سم پاشی و یک و سه روز بعد از سم پاشی انجام گردید. برای تعیین زمان سم پاشی، از مناطق مستعد آلودگی بطور مستمر دیده بانی شد و به محض برخورد با تراکم مناسب ملخ (تراکم مناسب برای ملخ های مهاجر حداقل پنج عدد در هکتار است (Anonymus, 2020; Dobson, 2001) (شکل ۱)، در سنین پورگی نسبت به سم پاشی

یک سو و تأثیر کم آن روی مگس های پارازیتوئید مانند Wohlfahrtia pachytyli Townsend, 1919 از دلایل مقبولیت دلتامترین در آن منطقه می باشد (Brown & Keiser, 1997).

متأسفانه برای مهار این ملخ ها در مواردی از فرمولاسیون های رایج مانند امولسیون غلیظ^۱ (EC) در انواع حشره کش ها استفاده می شود. مواردی نیز از مواد مؤثره^۲ سموم با دستگاه های ULV^۳ پاش در انواع حشره کش ها مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد این گونه حشره کش ها، ضمن ایجاد خوردگی دستگاه های سم پاش، می تواند منشأ انواع مشکلات بهداشتی (مسمومیت) به خصوص برای کاربران و همچنین مشکلات زیست محیطی گردد (Beaumelle et al., 2023).

فرمولاسیون ULV (با حجم بسیار کم) آفت کش ها به صورت گسترده در جهان برای مهار انواع ملخ ها استفاده می شود. این فرمولاسیون ها از سال ۱۹۵۰ توسعه یافت و برخلاف بسیاری از فرمولاسیون های دیگر برپایه روغن می باشد. حجم محلول مصرفی در هکتار حدود یک لیتر بوده، در حالی که در فرمولاسیون های دیگر تا ۱۰۰۰ لیتر می باشد (با توجه به محدودیت دسترسی آب در مناطق، مهار ملخ یک مزیت محسوب می شود). آماده سازی این فرمولاسیون برای کاربرد سریع بوده و در شرایط کاربرد به زودی تبخیر نمی شود و دوام بیشتری دارد (Matthews et al., 2014). فرمولاسیون ULV نوعی از فرمولاسیون آفت کش هاست که بدون رقیق سازی می توان از آن ها در محلول پاشی استفاده کرد. لذا باید از دستگاه ULV پاش استفاده نمود. در این فرمولاسیون به همراه ماده مؤثره و حلال، عوامل فعال کننده سطحی^۴ و مواد مهار کننده بادبردگی وجود دارد (Abdelatef, 2021).

حشره کش لامبدا سای هالوترین و دلتامترین براساس گروه بندی IRAC^۵ از گروه ۳ زیرگروه 3A با نحوه عمل تأثیرگذاری بر کانال های سدیم (برهم زننده تعادل یونی)^۶ می باشند (IRAC, 2025). در ایران، حشره کش لامبداسای هالوترین با نام کاراته زئون CS 10% روی سن گندم و برگ خوار چغندر قند، با نام تجاری لارگین CS 25% روی سن گندم، با نام تجاری هف لامبدا SC5% روی سن گندم، موربانه و ملخ مراکشی و با فرمولاسیون CS 4.9% با نام تجاری جایام پلاس روی سن گندم و با نام تجاری ژوپتر CS 10%

1- Emulsifiable concentrate

2- Technical

3- Ultra-Low Volume

4- Surface-Active Agent

5- Insecticide Resistance Action Committee

6- Sodium channel modulators

7- Agro Chemical Industries Ltd.

۸- شرکت بصیر شیمی

۹- شرکت گیاه

گیاهی محل آزمایش عمدتاً شامل گرامینه‌های یک‌ساله بود که در بین آن‌ها، گل‌های بابونه و قاصدک نیز مشاهده می‌شد.



اقدام گردید. سم‌پاشی روی پوره‌های ملخ (مرحله ۳ تا ۵ پورگی) انجام شد. ظهور پوره‌های سن ۱ از اسفند ماه شروع شده و تا پایان فروردین پوره‌های سنین بالاتر بسته به شرایط محیطی ظاهر شدند. پوشش



شکل ۱- ملخ مراکشی و تراکم آن در محل سم‌پاشی (اصلی)

Figure 4- Moroccan locust and its density at spraying location (Original)

پلات‌های شاهد با پرچم آبی رنگ علامت‌گذاری شدند. درصد کارایی هر تیمار توسط فرمول هندرسون و تیلتون (Henderson & Tilton, 1955) تعیین گردید.

$$\text{درصد کارایی} = \left(1 - \frac{T_a \times C_b}{T_b \times C_a}\right) \times 100$$

که در آن، درصد کارایی: در حقیقت میانگین مهار جمعیت آفت یا درصد تلفات آفت با اعمال تیمار با کسر تلفات در شاهد می‌باشد، T_a : میانگین تعداد آفت در تیمار بعد از سم‌پاشی، T_b : میانگین تعداد آفت در تیمار قبل از سم‌پاشی، C_a : میانگین تعداد آفت در شاهد بعد از سم‌پاشی و C_b : میانگین تعداد آفت در شاهد قبل از سم‌پاشی است. پس از محاسبه درصد کارایی (میانگین تلفات) در هر تکرار از هر تیمار، مقادیر عددی مربوطه وارد نرم‌افزار SAS (v. 9.1) شد و تجزیه واریانس انجام گردید (جدول ۲ و ۴). داده‌ها در صورت لزوم با فرمول $\log x$ نرمال شدند. پس از آنالیز واریانس، با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف تیمارها، میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح یک درصد مقایسه گردید.

نتایج

نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای در منطقه لوشان

تحلیل نتایج به‌دست‌آمده در یک روز پس از سم‌پاشی

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میانگین مرگ‌ومیر ملخ در یک روز بعد از سم‌پاشی نشان داد که بین تیمارها ($P=0.0007$; $F_{(4,12)}=10.4$) در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). میانگین تأثیر در تیمارهای لامیداسی‌هالوترین ULV (۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار)، مالاتیون ۵۷٪ EC (یک لیتر در

برای تعیین تراکم ملخ‌ها در مترمربع از روش گاردینر و همکاران (Gardiner et al., 2005) استفاده شد، به این ترتیب که در هر پلات (۱۰۰۰ متر مربع) با تور حشره‌گیری با قطر دهانه ۴۰/۶ سانتی مترمربع ۴۰ تور ۱۸۰ درجه زده شد. برای جلوگیری از فرار ملخ‌های جمع‌آوری‌شده از توری استفاده شد که انتهای آن قابل باز شدن بود و از طریق همین خروجی، پوره‌ها به داخل ظرف‌های حاوی الکل ۷۰ درصد منتقل می‌شد تا بعد از انتقال به آزمایشگاه (مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی) شمارش شوند. تعداد ملخ‌های جمع‌آوری‌شده بر عدد ۱۰ تقسیم شد. عدد به‌دست‌آمده، تقریبی از تراکم ملخ در مترمربع بود.

از دستگاه سم‌پاش نوع دیسک چرخشی^۱ (مدل IF-5EU-1) برای اعمال تیمارهای ULV پاش استفاده شد و قبل از به‌کارگیری در شرایط مزرعه کالیبره شد. سم‌پاش ULV پاش (مدل IF-5EU-1) سم‌پاشی است که با ولتاژ ۱۲-۶ ولت کار می‌کند. میزان خروجی محلول ۲۰۰-۲۵ میلی‌لیتر در دقیقه و دارای سرعت دیسک چرخشی ۲۰۰۰ دور در دقیقه بوده و توان تولید قطرات با اندازه ۵۰-۱۵۰ نانومتر دارد. حجم مخزن آن پنج لیتر است. برای کالیبراسیون این سم‌پاش، مساحت ۱۰۰ مترمربع با سرعت حرکت متوسط کاربر سم‌پاشی شد و با محاسبه میزان حشره‌کش مصرفی در این مساحت، مقدار مصرف در واحد سطح متناسب با نیاز آزمایش محاسبه گردید. در صورت لزوم برای به دست آوردن مقدار مورد نیاز مصرف سم در واحد سطح، تغییراتی در سرعت حرکت کاربر و یا نازل مربوطه داده شد. برای کاربرد مالاتیون از سم‌پاش رایج پشت تراکتوری لانس‌دار استفاده گردید. پلات‌های سم‌پاشی‌شده با پرچم قرمز رنگ و

1- Spinning disk

۳۰۰ و دلتامترین ULV ۵۰۰ در یک گروه و بیشترین تأثیر را در مهار ملخ داشتند. این بررسی نشان داد که ترکیب دلتامترین ۳۰۰ و مالاتیون با اختلاف معنی دار، کارایی کمتری نسبت به سایر تیمارها در مهار آفت دارا بودند (جدول ۳).

هکتار)، لامبداسی هالوترین ULV (۳۰۰ میلی لیتر در هکتار)، دلتامترین ULV (۵۰۰ میلی لیتر در هکتار) و دلتامترین ULV (۳۰۰ میلی لیتر در هکتار) به ترتیب معادل $97/3 \pm 1/3$ ، $81/9 \pm 3/5$ ، $1/4 \pm 95/8$ و $90/6 \pm 1/4$ بود. مقایسه میانگین مرگ و میر نشان داد که تیمارهای لامبداسی هالوترین ۵۰۰، لامبداسی هالوترین

جدول ۱- مشخصات حشره کش ها و نوع فرمولاسیون مورد آزمایش با مقادیر مصرف آن ها روی ملخ مراکشی

Table 1- Characteristics of tested insecticides and their formulation and dosages on *Dociostaurus maroccanus*

Common name	Trade name	Formulation	Application rate (ml ha ⁻¹)
Lambda Cyhalothrin	Amigo	ULV 4%	500 ml ha ⁻¹
Malathion	-	EC 57%	1000 ml ha ⁻¹
Lambda Cyhalothrin	Amigo	ULV 4%	300 ml ha ⁻¹
Deltamethrin	Delros	ULV 1.25%	500 ml ha ⁻¹
Deltamethrin	Delros	ULV 1.25%	300 ml ha ⁻¹
Control			Water spraying

(۳)

تحلیل نتایج به دست آمده در سه روز پس از سم پاشی

تجزیه واریانس داده های مربوط به میانگین تلفات ملخ در سه روز بعد از سم پاشی نشان داد که بین تیمارها $(P=0.0249; F_{(4,12)}=4.13)$ در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی دار وجود دارد (جدول ۲). میانگین تأثیر در تیمارهای لامبداسی هالوترین ULV ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار، مالاتیون EC 57% یک لیتر در هکتار، لامبداسی هالوترین ULV ۳۰۰ میلی لیتر در هکتار، دلتامترین ULV ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار و دلتامترین ULV ۳۰۰ میلی لیتر در هکتار به ترتیب معادل $82/4 \pm 3/1$ ، $83/1 \pm 1/3$ ، $82/5 \pm 5/8$ ، $90/1 \pm 1/6$ و $62/1 \pm 4/3$ بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تلفات نشان داد که تیمارهای لامبداسی هالوترین ULV ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار، لامبداسی هالوترین ULV ۳۰۰ میلی لیتر در هکتار و دلتامترین ULV ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار و مالاتیون EC یک لیتر در هکتار در یک گروه و بیشترین تأثیر را در مهار ملخ داشتند. این بررسی نشان داد که ترکیب دلتامترین ULV ۳۰۰ میلی لیتر در هکتار با اختلاف معنی دار، کارایی کمتری نسبت به سایر تیمارها در مهار آفت نشان داد (جدول

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مورد مطالعه در روزهای مختلف پس از تیمار بر جمعیت ملخ مراکشی در استان گیلان

Table 2- Results of analysis variance of studied treatments in different days after treatment on Moroccan locust

(*Dociostaurus maroccanus*) in Gilan province

Source	df	Mean of squares	
		1 day	3 days
Treatment (insecticides)	4	771.11**	558.9*
Replication	3	111.57 ^{ns}	38.79 ^{ns}
Error	12	74.13	135.4
CV	-	10.3	14.3

* معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح یک درصد، ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی دار

*: Significant at the probability level of 5%, **: Significant at the probability level of 1%, ^{ns}: Non- Significant

جدول ۳- میانگین ($\pm$ خطای معیار) درصد تأثیر تیمارهای مختلف (فرمولاسیون) روی جمعیت ملخ مراکشی در روزهای مختلف پس از تیمار در استان گیلان

Table 3- Mean efficiency ($\pm$ SE) of different treatments (formulation) against Moroccan locust (*Dociosaurus maroccanus*) at different days after treatment in Gilan province

Treatment	Time	
	1 day after treatment	3 days after treatment
Amigo ULV 4%, (500 ml ha ⁻¹)	97.3 $\pm$ 1.3 a	90.1 $\pm$ 1.65 a
Malathion (EC 57%) (1000 ml ha ⁻¹)	81.9 $\pm$ 4.2 b	82.5 $\pm$ 5.8 a
Amigo ULV 4% (300 ml ha ⁻¹)	95.8 $\pm$ 1.4 a	83.7 $\pm$ 1.3 a
Delros ULV 1.25% (500 ml ha ⁻¹)	90.6 $\pm$ 1.4 a	82.3 $\pm$ 4.1 a
Delros ULV 1.25% (300 ml ha ⁻¹)	63.5 $\pm$ 6.8 c	62.1 $\pm$ 4.3 b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها می باشد (بر اساس آزمون توکی)

Means followed by same letters within column are not significantly different (according to Tukey's tests)

تیمارهای لامبداسی‌هالوترین ULV (۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار)، مالاتیون EC 57% (یک لیتر در هکتار)، لامبداسی‌هالوترین ULV (۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار)، دلتامترین ULV (۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) و دلتامترین ULV (۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) به ترتیب معادل ۹۴/۱۵، ۸۸/۳۴/۸ و ۸۷/۸۵/۲ و ۹۲/۲۴/۶ و ۵۳/۶۴/۸ بود (جدول ۵). مقایسه میانگین تلفات نشان داد که تیمارهای لامبداسی‌هالوترین ۵۰۰، لامبداسی‌هالوترین ۳۰۰ و دلتامترین ۵۰۰ و مالاتیون در یک گروه و بیشترین تأثیر را در مهار ملخ داشتند. این بررسی نشان داد که ترکیب دلتامترین ۳۰۰ با اختلاف معنی‌دار، کارایی کمتری نسبت به سایر تیمارها در مهار آفت نشان داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین تلفات نشان داد که تیمارهای لامبداسی‌هالوترین ۵۰۰، لامبداسی‌هالوترین ۳۰۰، دلتامترین ۵۰۰ و مالاتیون EC یک لیتر در هکتار در یک گروه و بیشترین تأثیر را در مهار ملخ داشتند. این بررسی نشان داد که ترکیب دلتامترین ۳۰۰ با اختلاف معنی‌دار، کارایی کمتری نسبت به سایر تیمارها در مهار آفت نشان داد (جدول ۵).

۲-۲- تحلیل نتایج به‌دست‌آمده در سه روز پس از سم‌پاشی

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میانگین تلفات ملخ در سه روز بعد از سم‌پاشی نشان داد که بین تیمارها ($P=0.002$; $F_{(4,12)}=$ 8.01) تفاوت آماری معنی‌دار وجود دارد (جدول ۴). میانگین تأثیر در

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تیمارها روی جمعیت ملخ مراکشی در روزهای بعد از اعمال تیمارها در استان زنجان

Table 4- Analysis variance table of treatment in different days after treatment on Moroccan locust (*Dociosaurus maroccanus*) in Zanjan province

Source	df	Mean of squares	
		1 day	3 days
Treatment (insecticides)	4	561.51*	498.5**
Replication	3	98.85 ^{ns}	42.69 ^{ns}
Error	12	46.7	76.9
CV	-	7.6	9.67

* معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح یک درصد، ^{ns} عدم وجود اختلاف معنی دار

* Significant at the probability level of 5%, ** Significant at the probability level of 1%, ^{ns} Non- Significant

جدول ۵- میانگین کارایی ($\pm$ خطای معیار) حشره‌کش‌های مختلف (فرمولاسیون) علیه جمعیت ملخ مراکشی در روزهای مختلف پس از تیمار در استان زنجان

Table 5- Mean efficiency ($\pm$ SE) of different insecticides (formulation) against Moroccan locust (*Dociosaurus maroccanus*) at different days after treatment in Zanjan province

Treatment	Time after application (days)	
	1 day after treatment	3 days after treatment
Amigo ULV 4%, (500 ml ha ⁻¹)	91.6 $\pm$ 2.6 a	94.1 $\pm$ 1.15 a
Malathion (EC 57%) (1000 ml ha ⁻¹)	89.5 $\pm$ 3.1 a	88.4 $\pm$ 3.8 a
Amigo ULV 4% (300 ml ha ⁻¹)	89.2 $\pm$ 2.9 a	87.8 $\pm$ 5.2 a
Delros ULV 1.25% (500 ml ha ⁻¹)	86.4 $\pm$ 4.6 a	92.2 $\pm$ 4.6 a
Delros ULV 1.25% (300 ml ha ⁻¹)	65.4 $\pm$ 3.7 b	53.6 $\pm$ 4.8 b

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بین میانگین‌ها می باشد (بر اساس آزمون توکی)

Means followed by same letters within column are not significantly different (according to Tukey's tests)

بحث

همان‌طور که از نتایج آزمایش‌ها در دو نقطه مختلف برمی‌آید، حشره‌کش لامبداسی هالوترین (Amigo ULV 4%) قادر به مهار (کاهش جمعیت) ملخ مراکشی می‌باشد. در بررسی مقایسه میانگین‌ها، بین دو مقدار کاربرد ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار این حشره‌کش اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد، بدین ترتیب می‌توان حشره‌کش لامبداسی هالوترین با مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار را برای مهار ملخ‌ها توصیه نمود.

ارزیابی کارایی نشان داد که حشره‌کش دلتامترین (Delros ULV 1.25%) قادر به مهار ملخ مراکشی می‌باشد. مقایسه میانگین کارایی‌های دو مقدار کاربرد ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار نشان داد که مقدار کاربرد ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار با اختلاف معنی‌دار، کارایی بالاتری نسبت به مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار داشت. به‌طوری‌که مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در سه روز پس از سم‌پاشی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد و مقدار کاربرد ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار بین ۸۰ تا ۹۹ درصد آفت را مهار کرده است. بدین ترتیب می‌توان حشره‌کش دلتامترین با دز ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار را برای مهار ملخ‌ها توصیه نمود.

نتایج این پژوهش با گزارش گروه دآوری آفت‌کش‌های فائو مطابقت دارد. این گزارش نشان می‌دهد که حشره‌کش‌های پیرتروئید سریع‌الاثربترین حشره‌کش‌ها در مهار ملخ‌های زیان‌آور می‌باشند. این حشره‌کش‌ها دارای اثر زیر کشنده و ناک داون سریع هستند که با فلج طولانی‌مدت حشره هدف همراه است. در ادامه، حشره تیمار شده یا می‌میرد یا تا حدی التیام می‌یابد. این گروه از حشرات نیز اغلب بدون اینکه تغذیه کنند پس از مدتی خواهند مرد (Anonymous, 2014).

در تحقیق انجام‌یافته برای ارزیابی کارایی حشره‌کش‌ها در مهار ملخ مراکشی نشان داده شد که حشره‌کش لامبدا س‌ای هالوترین با فرمولاسیون‌های EC، SC و CS و دلتامترین با فرمولاسیون EC و فیپرونیل با فرمولاسیون EC کارایی قابل قبولی در مهار داشته‌اند. در تحقیق مذکور از فرمولاسیون ULV با توجه به مزایای آن در مناطق طغیانی ملخ که با کمبود آب به‌منظور محلول‌پاشی روبه‌رو می‌باشد، استفاده نشده است (Sheikhi garjan et al., 2023).

در تحقیقی که توسط مارتین و همکاران (Martin et al., 1998) بر روی کارایی دلتامترین (Decis 5F) در مهار ملخ انجام شد، نشان دادند که این حشره‌کش، آفت را بالای ۹۰ درصد مهار می‌کند.

پایرتروئیدهای نسل دوم مانند لامبدا س‌ای هالوترین، بای‌فنترین و سایفلوترین در دهه ۸۰ میلادی تولید شدند. اگرچه بیشترین مصرف پایرتروئیدها در منازل و برای مهار حشرات خانگی می‌باشد، ولی این

گروه از حشره‌کش‌ها برای مهار ملخ‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lomer et al., 2001).

در تحقیقی که برای مقایسه کاربرد با حجم کم^۱ و حجم خیلی کم ULV تعدادی از حشره‌کش‌ها روی ملخ انجام شد، نشان دادند که علی‌رغم کارایی یکسان حشره‌کش‌ها، کاربرد LV حشره‌کش‌ها، قطرات با اندازه درشت‌تر تولید می‌کند و حجم محلول مصرفی نیز در مقایسه با ULV بسیار زیادتر است که در مناطق با محدودیت آب، مشکلاتی را در کاربرد سموم ایجاد می‌کند (Abdelatef, 2021).

تجهیزات مورد استفاده برای مهار ملخ‌ها شامل سم‌پاش‌ها کوچک و دستی مانند سم‌پاش‌های پشته‌ای هیدرولیک، اتومایزر و میکرونر تا سم‌پاش‌های پشته تراکتوری هیدرولیک و اگزوست می‌باشد (Khairov et al., 2024). بررسی‌های میدانی نویسندگان نشان می‌دهد که در ایران گاهی از سم‌پاش‌های ULV برای کاربرد تکنیکال حشره‌کش‌ها به‌جای فرمولاسیون ULV حشره‌کش‌ها در مهار ملخ‌ها استفاده می‌شود. این کار اشتباه برای کاربران سمیت زیاد (حاد و مزمن) و برای محیط زیست نیز بسیار مخرب است. مشکل دیگر در سم‌پاشی برای مهار ملخ‌ها، استفاده از سم‌پاش‌های هیدرولیک (مقدار محلول مصرفی ۲۰۰ تا ۴۰۰ لیتر در هکتار) به‌جای ULV پاش‌هاست (یک لیتر در هکتار) که هزینه سم‌پاشی را بالا برده و در مناطقی که با محدودیت آب روبه‌رو هستند، مشکلات اساسی ایجاد می‌کند. بنابراین معرفی فرمولاسیون ULV حشره‌کش‌ها برای مهار ملخ‌ها بسیار مفید می‌باشد. لازم به ذکر است برنامه‌ریزی به‌منظور تولید و واردات سم‌پاش‌های ULV پاش از طرف دولت برای مهار ملخ که جزء آفات عمومی است، بسیار ضروری می‌باشد.

در پایان، لازم به یادآوری است که برنامه‌ریزی برای توسعه مهار بیولوژیک ملخ‌ها در کشور نیز بسیار ضروری است. امروزه استفاده از آفتک‌ش‌های زیستی که از قارچ‌ها و باکتری تهیه شده برای مهار ملخ‌ها در جهان توسعه یافته است (Youssef, 2021; Mullié et al., 2023).

نتیجه‌گیری

با توجه به کارایی خوب حشره‌کش لامبداسی هالوترین (Amigo ULV 4%) از این حشره‌کش می‌توان با مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار برای مهار ملخ استفاده نمود. این تحقیق نشان داد که حشره‌کش دلتامترین (Delros ULV 1.25%) با مقدار کاربرد ۳۰۰ میلی‌لیتر در هکتار، کارایی قابل قبول در مهار ملخ نداشت، لذا با مقدار کاربرد ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار قابل توصیه است.

سپاسگزاری

تأکید می‌شود که برای کاربرد این حشره‌کش‌ها صرفاً از دستگاه ULV پاش استفاده شود. در ضمن به هیچ وجه از این دستگاه‌ها برای کاربرد تکنیکال آفتکش‌ها استفاده نگردد.

این تحقیق براساس درخواست و حمایت سازمان حفظ نباتات برای تکمیل سبد حشره‌کش‌های با فرمولاسیون ULV انجام شده که بدینوسیله از حمایت‌های لجستیکی و مالی آن سازمان تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Abd El-Wahed, S.M.N., Mahdy, N.M., & Said, S.M. (2025). Evaluation of some biorational insecticides against locust and grasshoppers. *Indian Journal of Entomology*, 88: 579-584 (2026) e25178. <https://doi.org/10.55446/IJE.2025.3178>.
2. Abdelatef, G.M. (2021). Effectiveness of some new water-based insecticides against locust and grasshoppers applied As LV and UV spray techniques in Egypt. *Journal of Plant Protection and Pathology, Mansoura University*, 12(4), 307-311. <https://doi.org/10.21608/jppp.2021.171269>
3. Alekseev, A., Tyurin, M., Khairov, K., Kotina, O., Odeyanko, V., Danilov, V., Kryukov, V., & Glupov, V. (2019). Characterization and biological action of Avermectin Granules on the Moroccan locust, *Dociostaurus maroccanus* (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Economic Entomology*, 112(6), 2663–2669. <https://doi.org/10.1093/jee/toz206>.
4. Anonymous. (2014). Evaluation of Field Trials Data on the Efficacy and Selectivity of Insecticides on Locusts and Grasshoppers. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report to FAO by the Pesticide Referee Group. Tenth meeting. Gammarth (Tunisia). 10-12 December 2014.
5. Anonymous. (2024). <https://www.irna.ir/news/85545595>.
6. Anonymus.(2020). Main Technical Measures for Locust Control. https://www.kingquenson.com/Industry_News/east_africa_Locust_Control.html.
7. Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., & Thouvenot, L., Phillips, H. (2023). Pesticide effects on soil fauna communities—a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 60(2023). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437>.
8. Brown, H.D., & Keiser, M.E. (1997). Locust control with deltamethrin. In S. Krall, R. Peveling, and D. Ba Diallo (Eds). *New strategies in Locust Control*. Birkhauser Verlag Basel/Switzerland.
9. Cigliano, M.M., Braun, H., Eades, D.C., & Otte, D. (2021). Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. Retrieved from orthoptera.speciesfile.org. On: 22 May 2021.
10. Dobson, H.M. (2001). Desert Locust Guidelines, Control. Food and Agriculture Organization of the United Nations Press. Rome, Italy, 88 pp.
11. Ecobichon, D.J. (1996). Toxic effects of pesticides. In C. D. Klaassen, M. O. Amdur and J. Doull (Eds). *Casarett & Doull's Toxicology: The basic science of poisons*. McGraw–Hill, Health Professions Division. New York, NY. 1996. p. 643-690.
12. Food and Agricultural Organization (FAO) Desert Locust. (2024). Available online: <https://www.fao.org/locusts/en> (accessed on 10 October 2024).
13. Gabar, M.A.M., Moustafa, M.A.M., Ibrahim, N.M., Shamseldean, M.S.M., & Rabia, M.M. (2019). Toxicological and biochemical impacts of spinetoram on juvenile stages of the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera: Acrididae). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 9(1), 25-39.
14. Gardiner, T., Hill, J., & Chesmore, D. (2005). Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland Ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, 9(3), 151–173. <https://doi.org/10.1007/s10841-005-2854-1>.
15. Henderson, C.F., & Tilton, E.W. (1955). Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 48, 157-161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
16. IRAC. (2025). IRAC Mode of Action Working Group. WWW. Irac-online.org. Version 11.4, May 2025.
17. Khairov, Kh.S., Lazutkaite, E., & Latchininsky, A.V. (2024). Distribution, population dynamics, and management of Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Acrididae) in Tajikistan. *Insects*, 15, 684. <https://doi.org/10.3390/insects15090684>.
18. Latchininsky, A.V., Sergeev, M.G., Fedotova, A.A., Childybaev, M.K., Temreshev, I.I., Gapparov, F.A., & Kokanova, E.O. (2023). Moroccan locust *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815): Morphology, distribution, ecology, population management; FAO: Rome, Italy.

19. Lomer, C.J., Bateman, R.P., Jhonson, D.L., Langewald, J., & Thomas, M. (2001). Biological control of locusts and grasshoppers. *Annual Review of Entomology*, 46, 667-702. <https://doi.org/1146/annurev.ento.46.1.667>.
20. Martin, P.A, Johnson, D.L, Forsyth, D.J., & Hill, B.D. (1998). Indirect effects of the pyrethroid insecticide, deltamethrin on reproductive success of chestnut collared longspurs. *Ecotoxicology*, 7, 89-97. <https://doi.org/10.1023/a:1008815903340>
21. Matthews, G., Bateman, R., & Miller, P. (2014): Pesticide Application Methods, 4th edition. Wiley-Blackwell. pp. 536.
22. Mullié, W.C., Prakash, A., Müller, A., & Lazutkaite, E. (2023). Insecticide use against desert locust in the Horn of Africa 2019–2021 Reveals a Pressing Need for Change. *Agronomy*, 13, 819. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030819>.
23. Noorbakhsh, S. (2025). List of important pests, diseases and weeds of major agricultural crops, pesticides and recommended methods to control them. Plant Protection Organization Press (In Farsi). Tehran, Iran, 218 pp.
24. Pap, L., Bajomi, D., & Szekely, I. (1996). The pyrethroids, an overview. *International Pest Council*, 38(1), 15-19.
25. Samih, M. A. (2025). Impact of some pesticides on *Diaeretiella rapae* and *Diadegma semiclausum* in cabbage production. Iranian Plant Protection Research. Vol. 39, No. 3, 229-248. <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.87745.1184> .
26. Scherer, R., & Rakotonandrasana, M.A. (1993). Barrier treatment with benzoyl urea insect growth regulator against *Locusta migratoria* (Sauss) hopper bands in Madagascar. *International Journal of Pest Management*, 39, 411-417. <https://doi.org/10.1080/09670879309371832>.
27. Sheikhi garjan, A., Marouf, A., Ghazavi, M, Jokarshoorijeh, F., & Mohammadipour, A. (2023). The effectiveness of different formulations of insecticides against Moroccan locust. *Arthropod Management Tests*, 48(1), 1–2. <https://doi.org/10.1093/amt/tsad033>.
28. Wang, Z. (2025). Effects of locusts on ecological balances. Proceedings of the 3rd International Conference on Environmental Geoscience and Earth Ecology. International School of Shandong Province, Qingdao, China. <https://doi.org/10.54254/2753-8818/2025.22946>
29. Weston, D.P., & Lydy, M.J. (2010). Urban and agricultural sources of pyrethroid insecticides to the Sacramento–San Joaquin Delta of California. *Environmental Science & Technology*, 44(5), 1833-1840. <https://doi.org/10.1021/es9035573>.
30. Youssef, A. (2021). Modern trends for the application of biological control and modern technologies in agricultural projects. *International Journal of Modern Agriculture and Environment*, 1, 26–53. <https://doi.org/10.21608/ijmae.2023.215953.1013>



Lethal and Sublethal Effects of Imunit[®] and Indomect[®] Insecticides on the Biological and Population Growth Characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)

P. Jalili¹, F. Mehrkhou^{1*}, M. Forouzan²

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

2- Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

(*- Corresponding author's Email: f.mehrkhou@urmia.ac.ir)

Received: 07-05-2025

Revised: 04-06-2025

Accepted: 10-06-2025

Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:

Jalili, P., Mehrkhou, F., & Forouzan, M. (2026). Lethal and sublethal effects of Imunit[®] and Indomect[®] insecticides on the biological and population growth characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 343-359. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93383.1230>

Introduction

The tomato leafminer moth, *Tuta absoluta*, (Meyrick), is one of the most important pests in greenhouses and tomato-growing regions in Iran and the world, which resulting in up to 100% yield losses during serious outbreaks. The tomato leafminer moth is known as an oligophagous pest damaging solanaceous crops, including eggplant, pepper, potato, sweet pepper, and tobacco, as well as solanaceous weeds. It causes quantitative and qualitative damages in the yield of greenhouse products. In direct damage, all parts of host plants are damaged by larvae, and indirect damage occurs through wounds that prepare the entrance of pathogens. In the other hand, some biological properties (leaf mining habit, short life span and high reproductive rates) of the tomato leafminer moth resulted in development of insecticide resistance. In the present study, we used selective, harmless, and eco-friendly insecticides to study the lethal and sublethal (LC₂₅) effects of two insecticides, Indomect[®] and Imunit[®] through the life table parameters and population projection of *T. absoluta* under laboratory conditions. Indomect is known as a non-systemic insecticide, that is a combination of two insecticides, indoxacarb and emamectin benzoate. This disrupts the nervous system and kills target insects by keeping the chlorine channel open. Additionally, its contact effect is short and causes the death of target pest through digestion and nerves. Imunit[®] is combination of Teflubenzuron and Alphacypermethrin (Teflubenzuron 75 G/L + Alphacypermethrin 75 G/L SC). Teflubenzuron is classified under IRAC - Group 15, which controls insects by inhibiting formation and growth of the cuticle (exoskeleton). Alphacypermethrin is classified under IRAC - Group 3, which controls insects by contact and ingestion of applied residues. Our results may increase *T. absoluta* control efficiency in greenhouses through using reduced concentration rates of the studied insecticides, which in turn may be led to delay in pest resistance and reduction of their residuals on greenhouse crops.

Materials and Methods



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/jpp.2025.93383.1230>

The colony of tomato leafminer moth was collected on tomato crops at the greenhouse in Department of Plant Protection at Urmia University. The gathered *T. absoluta* population was released into cages (90×60×50 cm on tomato (var. Vania) pots under controlled greenhouse conditions ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70\% \pm 5\%$ RH, and a photoperiod of 16: 8 L: D h). To obtain dose-mortality response for adult stage of greenhouse whitefly, we followed the bioassay methods described by Ebneabbasi *et al.* (2023). The leaf dipping method was used in bioassays. For this purpose, the tomato leaf containing three days old of *T. absoluta* (15 eggs) was dipped in five different concentrations (in the ranges of 83–750 ppm) for each insecticide for 20 s. The treated leaves were air-dried for 20 min at room temperature, then put into the ventilated plastic containers (4 cm in height and 2 cm in diameter) containing the treated leaflet. Distilled water was used as a control. Four replicates were set up for each of the insecticides and controls. Percentage adult's mortality was counted 24 h after treatment. To prevent the desiccation of the leaves, basal ends of the tomato leaflets were wrapped in moistened cotton wicks. The lethal (LC_{50}) and sublethal (LC_{25}) concentrations, and 95% confidence limits in each treatment were obtained using the Probit analysis (Finney, 1971), which conducted by SPSS software (Ver. 20, 2011). To study the sublethal effects (LC_{25}) of both used insecticides, 53, 49, 59 same-aged of the eggs were selected from the insect colony and then dipped in above mentioned sublethal concentrations of insecticides. The treated eggs were transferred into plastic containers until the first instar larvae of *T. absoluta* were appear, then they were used for life table studies. The age stage, two-sex life table method was used to analyze the collected data. We used the bootstrap technique with 100,000 iterations to estimate the variance and standard errors of the biological and population parameters and Sigma Plot software used to draw graphs. The growth of the pest population over 60 days was analyzed with Timing-MsChart software.

Results and Discussion

The results showed that Imunit[®] (LC_{50} : 239.412 ppm) was more toxic than Indomect[®] (LC_{50} : 247.541 ppm) on the *T. absoluta* eggs. The sublethal concentration (LC_{25}) of Imonit insecticides affected life table parameters of *T. absoluta* significantly compared with control, and it prolonged the incubation period of eggs (3.04 ± 0.03 d), pupal (6.33 ± 0.11 d) and total pre-adult developmental time (20.67 ± 0.25 d) of the tomato leaf miner moth, significantly more than control treatment. Although, there was no significant difference in terms of population growth parameters (intrinsic rate of increase, finite population growth and net reproductive rate) between the used insecticides. The rate of these parameters decreased in insects whose parents were treated with sublethal concentrations of aforementioned insecticides compared to the control. The results also demonstrated that population growth of the leaf miner moth in different treatments was exactly consistent with the estimated population growth parameters. For example, moths treated with the used insecticides, had slower growth rate and, thereby prolonged mean generation time (T).

Conclusion

The overall results of this study showed that both of the insecticides can be used alternately as an integrated management program for tomato leaf miner moth.

Keywords: Chronic toxicity, Fecundity, Insecticide, Leaf miner moth, Life table

اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت® و ایندومکت® بر ویژگی‌های زیستی و

رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)پرستو جلیلی^۱ - فریبا مهرخو^{۱*} - مریم فروزان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۰

چکیده

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick)، یکی از مهم‌ترین آفات مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در ایران و سرتاسر جهان می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات کشندگی و زیرکشندگی (LC₂₅) دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومکت بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی و پیش‌بینی سرعت رشد مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی بود. روش مورد استفاده برای انجام زیست‌سنجی‌ها، غوطه‌ورکردن برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در غلظت‌های مورد نظر بود. داده‌های به‌دست‌آمده از جدول زندگی، به‌روش جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی تجزیه شدند. نتایج حاصل از مطالعات اثرات کشندگی نشان داد که تخم‌های شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی حساسیت بیشتری به ایمونیت (۲۳۹/۴۱۲ پی‌پی‌ام LC₅₀) نسبت به ایندومکت (۲۴۷/۵۴۱ پی‌پی‌ام LC₅₀) داشتند. استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش ایمونیت باعث افزایش طول دوره تخم ($3/04 \pm 0/03$ روز)، شفیرگی ($6/33 \pm 0/11$ روز) و کل دوره مراحل نابالغ ($20/67 \pm 0/25$ روز) نسبت به حشره‌کش ایندومکت گردید. اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی (نرخ ذاتی، متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثلی) بین حشره‌کش‌های مورد استفاده وجود نداشت، ولی میزان این فراسنجه‌ها در حشراتی که والدین آن‌ها با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها تیمار شده بودند، نسبت به شاهد کاهش یافت. نتایج حاصل از پیش‌بینی روند رشد جمعیتی نشان داد که رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در تیمارهای مربوطه با فراسنجه‌های رشد جمعیت مطابقت داشت، به‌طوری‌که حشرات تیمار شده با حشره‌کش‌های مذکور، سرعت رشد کمتر و در نتیجه مدت زمان یک نسل (*T*) طولانی‌مدت داشتند. مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو حشره‌کش می‌توانند به‌طور متناوب در قالب برنامه مدیریت تلفیقی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: باروری، جدول زندگی، حشره‌کش، سمیت مزمن، شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

مقدمه

(Cocco et al., 2015; 2019). این آفت در سال‌های اخیر به یک تهدید جدی برای تولید گوجه‌فرنگی تبدیل شده است. اگرچه گیاه گوجه‌فرنگی میزبان ترجیحی برای تخم‌گذاری *T. absoluta* است (Bogorni et al., 2003)، با این حال گیاهان دیگر مانند بادمجان (*Solanum melongena* L.)، سیب‌زمینی (*S. tuberosum* L.) و انگور فرنگی (*Ribes uva-crispa* L.) نیز تغذیه می‌کند (IIIakwahhi et al., 2017; Negi et al., 2018; Cherif et al., 2019). علف‌های هرز گیاهان خانواده سولاناسه از جمله تاجریزی سیاه (*S. nigrum* L.) و تنباکو درختی (*Nicotiana glauca*) از جمله میزبان‌های دیگر شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی محسوب می‌شوند (Desneux et al., 2010; Garcia & Espul,

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae)) آفتی الیگوفاز با چرخه زندگی کوتاه و ظرفیت تولیدمثلی بالا است که در ایران برای اولین بار از استان آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۹ گزارش شده است (Cherif et al.,

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: f.mehrkhrou@urmia.ac.ir)<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.93383.1230>

(1982).

این آفت، به تمام مراحل رشدی گیاه گوجه‌فرنگی از قبیل برگ، میوه و ساقه خسارت وارد کرده و در صورت عدم وجود برنامه‌های مدیریتی، خسارت این آفت می‌تواند به ۸۰-۱۰۰ درصد نیز برسد (Nitin et al., 2019; Balzan & Moonen, 2012). نحوه خسارت به‌صورت سوراخ‌های ریز و تونل‌مانند در سطح برگ با توده‌هایی از فضولات لاروی، توقف رشد، خشکیدگی انتهایی بوته و تغذیه لارو از گوشت میوه که همراه با فضولات لاروی و کوتاه شدن بوته است، می‌باشد (Desneux et al., 2010). همچنین تونل‌های ایجادشده در میوه ممکن است مورد حمله ریزجانداران ثانویه قرار بگیرد و موجب پوسیدگی میوه شود.

مدیریت مینوز گوجه‌فرنگی همچنان یک محدودیت عظیم در صنعت تولید گوجه‌فرنگی بوده است و از روش‌های مختلفی برای مدیریت این آفت از جمله روش‌های زراعی، تله‌های فرمونی، عوامل بیولوژیک و فیزیکی استفاده می‌شود (Illakwahhi & Srivastava, 2017). اما با این حال یکی از راهکارهای اصلی مهار مینوز گوجه‌فرنگی، استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی است. به‌دلیل بروز مقاومت به تعدادی زیادی از حشره‌کش‌ها، محققان درصدد استفاده از گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها با نحوه اثر متفاوت نظیر ایتیم، پیریدالیل، ایندوکساکارب، کارباریل و آزینفوس متیل برآمدند (Monserrat, 2009; Siqueira et al., 2000, 2001; Lietti et al., 2005; Silva et al., 2011; Sadeghinassab et al., 2017; Nozad-Bonab et al., 2017; Moeini-Naghade et al., 2020). از طرف دیگر، مصرف تازه‌خوری گوجه‌فرنگی و رعایت دوره کارنس برای حشره‌کش‌های مورد استفاده، یکی دیگر از مواردی است که باید در مدیریت آفت مذکور مد نظر قرار گیرد. لذا برای رفع مشکلات مذکور، استفاده از حشره‌کش‌های کم‌خطر و سازگار با محیط زیست، راهکاری است که می‌تواند در قالب مدیریت تلفیقی برای آفت مذکور مورد استفاده قرار گیرد (Souza & Reis, 1986). حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت برای مهار تمام مراحل رشدونمو آفات راسه‌های بال‌پولکداران و دوبالان روی محصولات نظیر برنج (*Oryza sativa* L.)، سیب‌زمینی، سبزیجات و میوه توصیه شده‌اند (Liu et al., 2016; Adams et al., 2016). در این پژوهش از حشره‌کش‌های مذکور به‌دلیل خاصیت حشره‌کشی بالا و سمیت پایین برای پستانداران جهت مهار مینوز گوجه‌فرنگی استفاده گردید.

ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی خصوصیات مختلف زیستی حشرات آفت، برای آگاهی از اثربخشی کلی آن‌ها بر مهار جمعیت آفات و کمترین آسیب به موجودات غیرهدف بسیار مهم می‌باشد (Biondi et al., 2012). بهترین روش برای ارزیابی اثرات کلی یک آفت‌کش، علاوه بر اثرات کشندگی، تجزیه و تحلیل جداول زیستی یا سم‌شناسی دموگرافیک می‌باشد (Taheri-Sarhozaki & Safavi,

2020; Mahmoodi et al., 2014). برآورد آماره‌های رشد جمعیت و تعیین نحوه تغییر جمعیت حشرات از طریق مطالعه اثر آفت‌کش روی توانایی تولیدمثلی، می‌تواند در انتخاب یک حشره‌کش مناسب بسیار مفید باشد. یک مزیت مهم برای ارزیابی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای برنامه‌های مؤثرتر و سازگار با محیط‌زیست در برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد (Desneux et al., 2007; Lashkari et al., 2007). کاهش طول دوره زندگی، میزان رشد جمعیت، باروری، تغییر در نسبت جنسی، رفتار تغذیه‌ای، جستجوی تخم‌گذاری، عقیم‌کنندگی و دورکنندگی از اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها روی حشرات محسوب می‌شوند (de França et al., 2017).

اغلب مطالعات انجام‌شده، به مطالعه اثر حشره‌کش‌ها در مرحله لاروی مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته‌اند و مطالعات کمی در مورد تأثیر حشره‌کش‌ها بر مرحله تخم این آفت وجود دارد (Radwan & Taha, 2012; Sheikhi Garjan et al., 2013; Sadeghi Nasab et al., 2012; Ebneabbasi et al., 2019; Alikhani et al., 2021). مهار شیمیایی مینوز گوجه‌فرنگی به‌دلیل اینکه لاروها در قسمت درونی دالان قرار دارند، دشوار است، لذا در این تحقیق، مرحله تخم آفت مذکور جهت تأثیر بهتر حشره‌کش‌های مورد مطالعه، انتخاب گردید. به‌دلیل وجود اطلاعات محدود در خصوص اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر آماره‌های زیستی و تحلیل کمی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی با استفاده از جدول زندگی دوجنسی، اهمیت این نوع مطالعات نمایان می‌شود (Atlihan et al., 2017; Özgoökçe et al., 2018a,b). بنابراین هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثرات کشندگی و غیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر فراسنجه زیستی، تولیدمثلی و پیش‌بینی روند رشدی جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی است.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه گوجه‌فرنگی و پرورش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

کاشت بذرهاي گوجه‌فرنگی (رقم وانیا) داخل سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس انجام شد. سپس نشاها در مرحله چهاربرگی، به گلدان‌های اصلی با قطر ۱۵ سانتی‌متر که با ترکیبی از خاک، ماسه و کود حیوانی پر شده بودند (به‌نسبت برابر)، انتقال داده شدند. جهت جلوگیری از آلوده شدن گلدان‌ها به آفات، پرورش و نگهداری آن‌ها در اتاق رشد داخل قفس‌های چوبی صورت گرفت. در طول مدت آزمایش‌ها، کاشت گلدان‌ها هر دو تا سه ماه یک بار تجدید گردید. همچنین هیچ‌گونه سم‌پاشی در طی کشت گلخانه‌ای صورت نگرفت. پرورش گیاهان در گلخانه با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد،

داخل غلظت‌های مورد نظر فرو برده شدند و از سطح پستی در داخل ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع چهار سانتی‌متر و قطر دو سانتی‌متر) قرار داده شده‌اند. برای حفظ شادابی و رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که دور دمبرگ پیچانده شده بود، استفاده گردید. برای تهویه این ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل، روی درپوش آن‌ها منفذ ایجاد شده و با توری ارگانزا پوشانده شد. در شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. ظهور لاروهای سن اول و نفوذ آن‌ها به برگ‌ها، معیاری جهت زنده‌مانی تخم‌های تیمار شده در نظر گرفته شد (Nozad-Bonab et al., 2017; Ziaee & Sohrabi, 2021).

تأثیر غلظت زیرکشنده (LC₂₅) حشره‌کش‌های ایندومتک و ایمونیت بر فراسنجه‌های زیستی و رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

جهت مطالعه فراسنجه‌های جدول‌زندگی از غلظت‌های زیرکشنده (LC₂₅) ۱۵۲/۱۸۲ و ۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام به‌ترتیب برای حشره‌کش‌های ایندومتک و ایمونیت استفاده گردید. بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی حاوی تخم‌های سه روزه به‌مدت ۳۰ ثانیه در غلظت‌های مذکور فروبرده شدند. با ظهور لاروهای سن اول، لاروها به ظروف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (ارتفاع چهار سانتی‌متر و قطر دو سانتی‌متر) حاوی برگ، که در آن‌ها با توری مسدود شده بود، به‌صورت انفرادی منتقل گردید. برگ‌ها از سطح پستی داخل ظروف پلاستیکی قرار گرفتند و برای حفظ رطوبت برگ‌ها از پنبه آغشته به آب که به دور دمبرگ پیچانده شده بود، استفاده گردید. از ۴۹، ۵۳، ۴۹ و ۵۹ عدد تخم سه روزه مینوز گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برای تیمارهای ایمونیت، ایندومتک و شاهد در مطالعات آماره‌های جدول‌زندگی استفاده گردید. بدین ترتیب میزان بقا، مرگ‌ومیر روزانه، طول دوره پیش از بلوغ، مراحل نابالغ به‌طور روزانه ثبت گردید. سپس با ظهور حشرات کامل، تفکیک جنسیتی (براساس شکل ظاهری شکم و لکه‌های موجود در سطح شکمی) (Fera, 2009; Bloem & Spaltenstein, 2011) شدند و در ظروف پلاستیکی به‌طور جفت جهت مطالعات طول عمر و میزان باروری به‌طور روزانه مورد بازبینی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که در تفکیک جنسیتی، شب‌پره‌های ماده درشت‌تر از نرها بوده و حشرات نر دارای شکم باریک‌تر و نوک‌تیزتر از ماده‌ها می‌باشند و لکه‌های سطح زیرین شکم نامنظم‌تر و پخش به نظر می‌رسد، درحالی‌که در ماده‌ها، قسمت شکم پهن‌تر و خطوط مورب زیر شکم وضوح بیشتری دارد. بدین ترتیب طول عمر حشرات کامل نر و ماده، طول دوره‌های تخم‌ریزی (پیش از تخم‌ریزی، دوره تخم‌ریزی و پس از تخم‌ریزی) و میزان باروری روزانه حشرات کامل ماده شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تا زمان مرگ همه آن‌ها به‌صورت روزانه ثبت شد. در طول انجام آزمایش‌ها، برگ‌های خشک‌شده هر ۳-۴ روز یک بار،

رطوبت نسبی $5 \pm 70\%$ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام گرفت (Sadeghinasab, 2017). جهت تشکیل کلنی، حشرات کامل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه جمع‌آوری شده و به داخل قفس (به ابعاد $90 \times 60 \times 50$ سانتی‌متر) روی بوته‌های گوجه‌فرنگی رهاسازی شدند. برای هم‌سن‌سازی، حشرات کامل مینوز گوجه‌فرنگی با اسپراتور از کلنی جمع‌آوری شده و در قفس چوبی دیگری که در آن بوته‌های سالم گوجه‌فرنگی قرار داشت، رهاسازی شدند و بعد از گذشت ۲۴ ساعت، گلدان‌های سالم جایگزین گلدان‌های آلوده شده و بدین ترتیب حشرات هم‌سن ایجاد گردید و زمینه برای استفاده از تخم‌های هم‌سن برای انجام آزمایش‌ها فراهم گردید. پرورش حشرات در اتاقک رشد با شرایط کنترل‌شده (دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی $5 \pm 70\%$ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت تاریکی و روشنایی) صورت گرفت. پرورش حشرات به‌مدت دو نسل قبل از انجام آزمایش‌های اصلی ادامه یافت.

حشره‌کش‌های مورد استفاده

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق ایمونیت و ایندومتک بودند. حشره‌کش ایمونیت® یک حشره‌کش تماسی-گوارشی با نام عمومی آلفاسایپرمترین $7/5$ درصد +تفلوبنزورون $7/5$ درصد است که محصول کشور آلمان از شرکت {BASF} می‌باشد. حشره‌کش ایندومتک®، حشره‌کش غیرسیستمیک (تماسی-گوارشی) با نام عمومی امامکتین بنزوات $5/1$ گرم در لیتر و ایندوکساکارب $5/7$ گرم در لیتر (محصول کشور چین شرکت هیلیر) به‌صورت سوسپانسیون استفاده شد.

زیست‌سنجی مقدماتی برای تعیین LC₂₅ و LC₅₀

غلظت توصیه‌شده روی برچسب حشره‌کش‌ها، برای حشره‌کش‌های ایمونیت (300 میلی‌لیتر در هکتار) و برای ایندومتک (250 گرم در هکتار) است (Keihanian et al., 2014). ابتدا در آزمایش مقدماتی، غلظت‌هایی که در حشرات مورد آزمایش، تلفاتی در محدوده ۱۰-۹۰ درصد را ایجاد نمودند، انتخاب شد (Robertson et al., 2007). سپس سه غلظت حدواسط نیز براساس فاصله لگاریتمی محاسبه گردید. بنابراین از پنج غلظت‌های نهایی (۸۳، ۱۴۳/۹، ۲۴۹/۵، ۴۳۲/۶ و ۷۵۰ پی‌پی‌ام) در آزمون نهایی زیست‌سنجی برای هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومتک استفاده شد (Abdollahzadeh-Bovani et al., 2025). روش زیست‌سنجی مورد استفاده، غوطه‌ور کردن برگ‌های حاوی تخم سه روزه بود (Ebneabbasi et al., 2023). بدین ترتیب که برگ‌های گوجه‌فرنگی، حاوی ۱۵ عدد تخم سه روزه حشره به‌مدت ۲۰ ثانیه

با برگ‌های تازه و تیمارنشده جایگزین شدند. در شاهد نیز از آب مقطر استفاده گردید. شرایط دمایی و رطوبتی آزمایش‌ها مشابه بخش زیست‌سنجی بود.

در دوره زمانی ۶۰ روزه با استفاده از نرم‌افزار TIMING-MSChart انجام شد (Chi, 2021b). ترسیم نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار سیگما پلات انجام گرفت (SigmaPlot 2012, Ver. 14).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای محاسبه مقادیر LC_{25} و LC_{50} پروبیت به‌روش فینی (Finney, 1971) در برنامه آماری SPSS 19 انجام شد. داده‌های حاصل از جدول زندگی و روند رشد جمعیتی، براساس جدول زندگی دوجنسی سن-مرحله رشدی با استفاده از نرم‌افزار Twosex- MsChart تجزیه گردید (Chi, 1988; Chi & Liu, 1985; Chi, 2021a). میانگین و خطای استاندارد آماره‌های جدول زندگی، با استفاده از روش Bootstrap با ۱۰۰۰۰۰ تکرار محاسبه شده و جهت مقایسه تیمارها از Paired bootstrap در سطح احتمال آماری پنج درصد موجود در این برنامه استفاده گردید. پیش‌بینی روند رشد جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در تیمارهای مختلف مورد مطالعه

نتایج

اثرات کشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت روی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

غلظت‌های LC_{25} و LC_{50} حاصل از نتایج زیست‌سنجی برای مقادیر غلظت-پاسخ برآوردشده تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ظهور لاروهای سن اول، برای حشره‌کش‌های ایمونیت به‌ترتیب ۲۳۹/۴۱۲ و ۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام و ایندومت ۲۴۷/۵۴۱ و ۱۵۲/۱۸۲ پی‌پی‌ام بود (جدول ۱). براساس مقادیر به-دست‌آمده، تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی حساسیت بیشتری به حشره‌کش ایمونیت نسبت به ایندومت داشتند.

جدول ۱- آنالیز پروبیت ناشی از سمیت تماسی ایندومت و ایمونیت روی تخم‌های سه روزه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

Treatments	LC_{25} (ppm)	LC_{50} (ppm)	Slope±SE	$\chi^2(df)$	No.
Indomect	152.182 16.43 mg ai L ⁻¹ (73.85-217.62)	247.541 26.73 mg ai L ⁻¹ (163.95-373.75)	3.192±03	9.157(3)	300
Imunit	147.416 22.11 µl ai L ⁻¹ (72.90-209.66)	239.412 35.91 µl ai L ⁻¹ (159.85-357.62)	3.203±0/301	8.881(3)	300

مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشترین و کمترین طول دوره تفریح تخم‌ها مربوط به حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بود. همچنین استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه منجر به افزایش کل دوره مراحل نابالغ نسبت به شاهد گردید.

اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تجزیه آماری داده‌های مربوط به بررسی اثر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومت روی طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره

جدول ۲- اثرات زیرکشنده (LC₂₅) ایمونیت و ایندومت بر طول دوره زیستی مراحل نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

Table 2- Sublethal effects (LC₂₅) of Imunit® and Indomect® on the developmental time of *Tuta absoluta*

Developmental stage	Control	Imunit	Indomect
Egg (days)	3.0±0.0 ^{ab*}	3.04±0.03 ^a	2.96±0.03 ^b
L1 (days)	2.02±0.02 ^a	2.02±0.02 ^a	2.0±0.0 ^a
L2 (days)	2.02±0.02 ^b	2.2±0.06 ^a	2.11±0.05 ^a
L3 (days)	2.91±0.05 ^b	3.14±0.07 ^a	3.36±0.09 ^a
L4 (days)	3.1±0.11 ^b	3.67±0.11 ^a	3.41±0.12 ^{ab}
Pupa (days)	5.59±0.18 ^b	6.33±0.11 ^a	6.0±0.21 ^{ab}
Pre-adult duration (days)	18.59±0.3 ^b	20.67±0.25 ^a	20.06±0.28 ^a

* The means followed by different letters in each row are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 bootstrap resampling).

جدول ۳- اثرات زیرکشندگی (LC₂₅) ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره تخم‌ریزی و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

Table 3- Sublethal effects (LC₂₅) of Imunit® and Indomect® on adult longevity, oviposition period and fecundity of *Tuta absoluta*

Biological stages	Treatments		
	Control	Imunit	Indomect
Male longevity (days)	11.31±0.43 ^{a*}	10.36±0.24 ^a	9.0±0.38 ^b
Total male longevity (days)	29.62±0.51 ^b	31.18±0.44 ^a	29.12±0.69 ^b
Female longevity (days)	10.69±0.18 ^a	9.9±0.46 ^{ab}	9.56±0.44 ^b
Total female longevity (days)	29.5±0.56 ^a	30.4±0.52 ^a	29.56±0.69 ^a
Adult pre-reproductive period (days)	0.62±0.2 ^b	1.5±0.22 ^a	1.89±0.31 ^a
Total pre-reproductive period (days)	19.44±0.66 ^b	22.0±0.37 ^a	21.86±0.45 ^a
Reproductive days (days)	7.81±0.23 ^a	6.0±0.33 ^b	6.0±0.37 ^b
Fecundity (eggsg female ⁻¹)	115.56±10.16 ^a	53.4±7.34 ^b	49.33±4.61 ^b

* حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح پنج درصد براساس روش بوت استرپ جفت‌شده با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند.

* The means followed by different letters in each row are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 resampling).

تیمار ایندومت تا ۳۱/۳۳ تخم به‌ازای هر ماده در شاهد متغیر بود، که حاکی از تأثیر منفی بیشتر این تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. همچنین بیشترین میزان نرخ ناخالص تولیدمثلی مربوط به شاهد (۹۶/۱۷) نتاج به‌ازای هر ماده) بود. در این فراسنجه نیز بین تیمارهای ایمونیت و ایندومت (به‌ترتیب ۲۵/۵۶ و ۲۸/۵۲ نتاج به‌ازای هر ماده) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). مقدار فراسنجه نرخ ذاتی افزایش جمعیت نیز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش کاهش پیدا کرد. بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در شاهد (۰/۱۵۲) بر (روز) به دست آمد. براساس نتایج حاصل، مقدار فراسنجه نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) تحت تأثیر حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد (۱/۱۶۴ بر روز) کاهش یافت، به‌طوری‌که در حشره‌کش ایمونیت (۱/۰۹۹ بر روز) و در حشره‌کش ایندومت (۱/۰۹۲ بر روز) مشاهده گردید. در فراسنجه مدت زمان یک نسل (T) بیش‌ترین مقدار این فراسنجه در تیمار ایندومت (۲۴/۸۵ روز) ثبت شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده حشره‌کش ایندومت باعث افزایش معنی‌داری در مقدار این فراسنجه نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر نرخ بقاء، زادآوری ناخالص، زادآوری خالص، امید به زندگی و نرخ تولیدمثلی ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

منحنی‌های مربوط به نرخ زنده‌مانی ویژه سن-مرحله زیستی مینوز گوجه‌فرنگی (s_{xj}) تحت تأثیر غلظت غیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در شکل ۱ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که نرخ بقاء ویژه سنی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در زمان ورود به مرحله حشره کامل ماده، با شاهد و تیمارهای ایمونیت، ایندومت به‌ترتیب ۴۹ درصد، ۳۹ درصد و ۳۴ درصد بود. به‌طوری‌که کاهش میزان نرخ بقاء مرحله ماده بالغ در غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد آزمایش نسبت به شاهد مشاهده گردید.

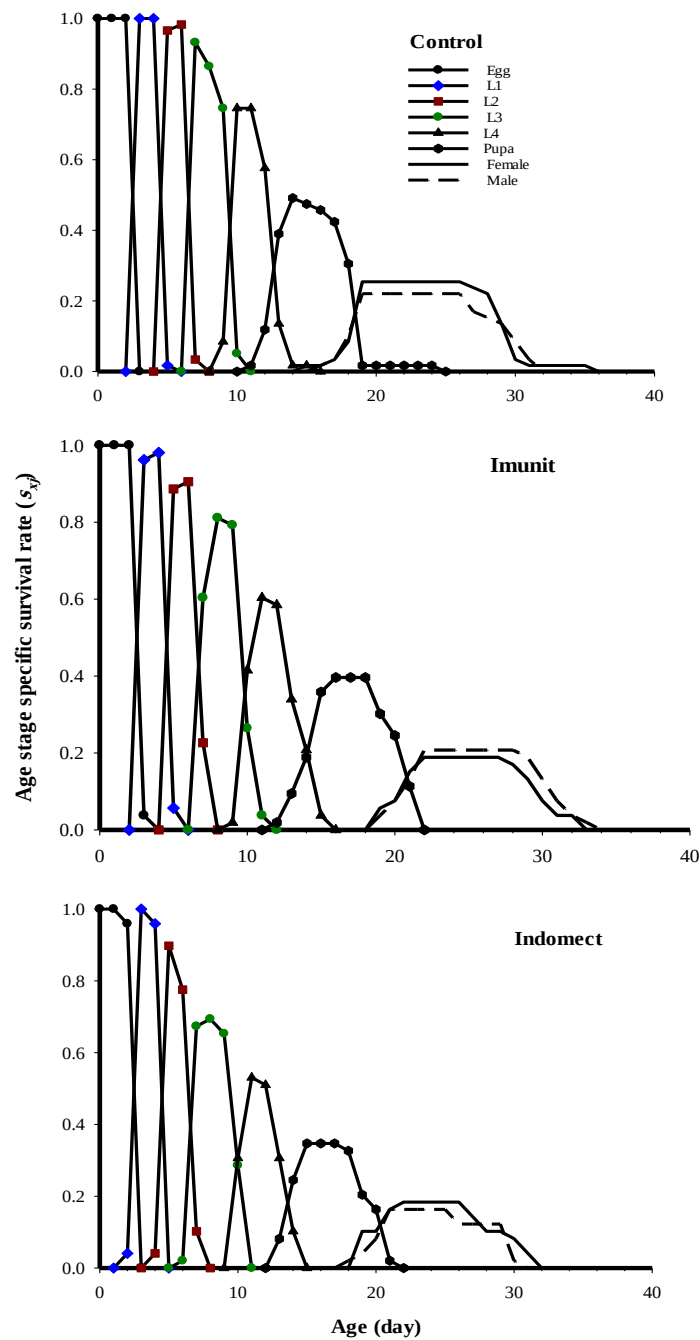
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر طول عمر حشرات کامل، طول دوره مراحل تخم‌گذاری و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به بررسی طول دوره پیش از تخم‌گذاری، کل دوره پیش از تخم‌گذاری، تخم‌گذاری و طول دوره تخم‌گذاری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت باعث افزایش طول دوره‌های پیش از تخم‌گذاری^۱ (APRP) گردید. همچنین هر دو حشره‌کش باعث کاهش دوره تخم‌ریزی نسبت به شاهد شدند و بین تیمارها و شاهد از این لحاظ تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). نتایج مربوط به میزان باروری حشرات کامل F1 بیانگر تأثیر غلظت زیرکشنده بود، به‌طوری‌که ماده‌های حاصل از نسل اول تیمار شده با ایمونیت، ایندومت و شاهد به ترتیب $53/4 \pm 7/34$ ، $49/33 \pm 4/61$ و $115/56 \pm 10/16$ نتاج در طول عمر داشتند.

اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر آماره‌های رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

نتایج مقایسه میانگین آماره‌های رشد جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که بین حشره‌کش‌های ایندومت و ایمونیت اختلاف معنی‌داری از نظر فراسنجه‌های رشد جمعیتی وجود نداشت، اگرچه استفاده از غلظت زیرکشنده منجر به کاهش فراسنجه‌های رشد جمعیتی نظیر نرخ خالص تولیدمثلی (R_0)، نرخ ناخالص تولیدمثلی (GRR)، نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r) و نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ) نسبت به شاهد شدند. میزان نرخ خالص تولیدمثلی از ۹/۰۶ تخم به‌ازای هر ماده در

1- Adult pre reproductive period



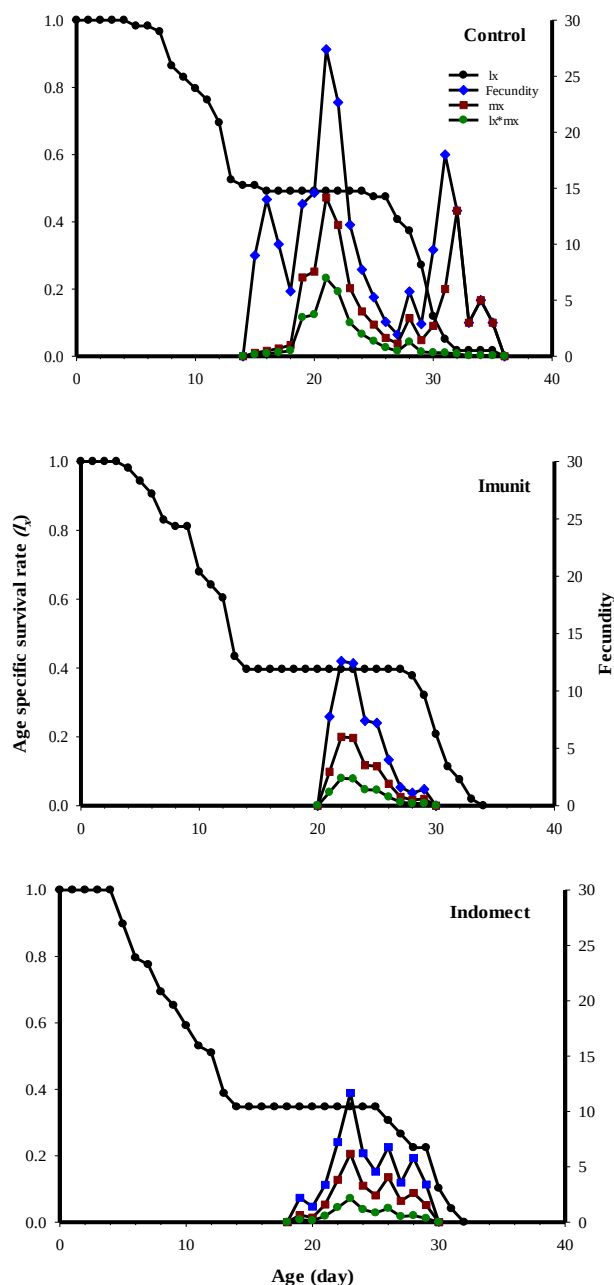
شکل ۱- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت بر نرخ بقا و ویژه سن-مرحله‌ای (s_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)
Figure 1- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-stage specific survival rate (s_{xj}) of *Tuta absoluta*

تیمار شده با حشره‌کش تکامل یافته بودند با تأخیر وارد مرحله تولیدمثلی شدند که این مقدار در تیمارهای ایمونیت و ایندومکت به ترتیب ۱/۵ و ۱/۸۹ روز عمر بود، درحالی‌که شاهد سریع‌تر از سایر تیمارها وارد این مرحله از زندگی ۶۲/۰ روز عمر شد. بیشترین نرخ زادآوری ناخالص و زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ به ترتیب

بررسی منحنی زادآوری ناخالص ویژه سنی (m_x) و زادآوری خالص ویژه سنی ($l_x m_x$) نشان داد که تیمار با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت باعث اثرات سوء روی حشرات بالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی داشته و شروع تخم‌ریزی را در آن‌ها نسبت به شاهد به تأخیر انداخته است. حشرات کاملی که از تخم‌های

عمر بوده و در تیمار ایمونیت نیز فراسنجه مذکور معادل $l_x m_x = 2/37$ نتاج در روز عمر می‌باشد (شکل ۲).

$m_x = 14/17$ ماده و $l_x m_x = 6/96$ نتاج در روز عمر، در شاهد نسبت به سایر حشره‌کش‌ها بیشترین میزان را داشت. کمترین زادآوری خالص ویژه سنی حشرات بالغ در تیمار ایندومکت، $l_x m_x = 2/14$ نتاج در روز



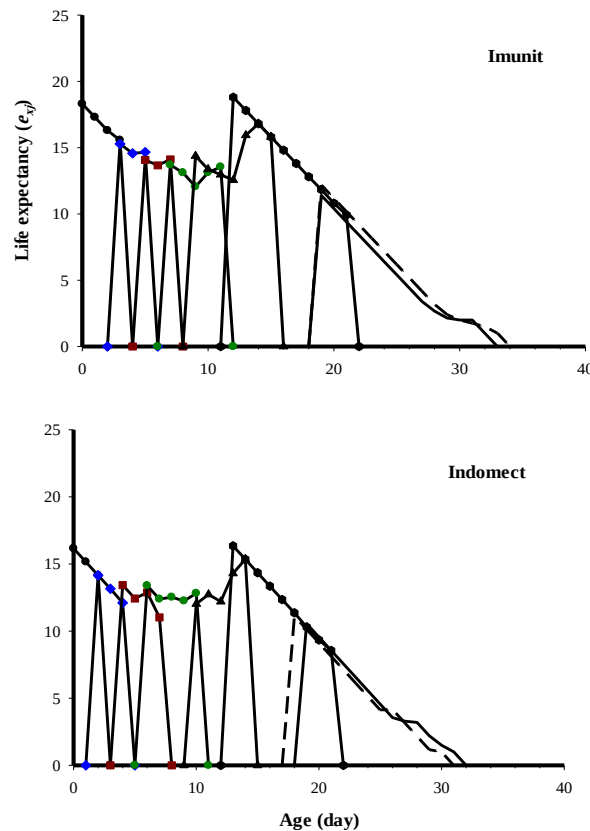
شکل ۲- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت زنده‌مانی ویژه سنی (l_x)، باروری ویژه سن-مرحله‌ای (m_x) و باروری خالص روزانه ($l_x m_x$) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)

Figure 2- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility ($l_x m_x$) of *Tuta absoluta*

نیز در تیمار زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومکت نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش طول دوره را نشان دادند.

منحنی امید به زندگی ویژه سن-مرحله رشدی مینوز گوجه‌فرنگی در شکل ۳ نشان داده شده است. روز صفر امید به زندگی مرحله تخم

به‌طوری‌که در روز صفر، میزان امید به زندگی شاهد ۲۰/۰۸ روز در صورتی‌که در تیمارهای ایمونیت و ایندومت به‌ترتیب این مقدار به ۱۸/۱۶۵ و ۱۶/۱ روز کاهش یافت.



شکل ۳- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر امید به زندگی سن-مرحله‌ای (e_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)

Figure 3- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-specific survival (l_x), age-stage specific fertility (m_x) and age-specific fertility ($l_{xxm_{xx}}$) of *Tuta absoluta*

جدول ۴- اثرات زیرکشنندگی (LC_{25}) ایمونیت و ایندومت بر آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی

Table 4- Sublethal effects (LC_{25}) of Imunit and Indomect on the population growth parameters of *Tuta absoluta*

Parameter	Treatment (mean $\pm$ standard error)		
	Control	Imunit	Indomect
Net reproductive rate (R_0) (offspring individual ⁻¹)	31.33 $\pm$ 7.19 a*	10.07 $\pm$ 3.14 b	9.06 $\pm$ 2.84 b
Gross Reproductive Rate (GRR) (offspring individual ⁻¹)	96.17 $\pm$ 24.34 a	25.56 $\pm$ 6.51 b	28.52 $\pm$ 7.16 b
Intrinsic rate of population growth (r) (day ⁻¹)	0.152 $\pm$ 0.011 a	0.094 $\pm$ 0.014 b	0.088 $\pm$ 0.013 b
Finite rate of increase (λ) (day ⁻¹)	1.164 $\pm$ 0.012 a	1.099 $\pm$ 0.015 b	1.092 $\pm$ 0.015 b
Mean generation time (T) (day)	22.57 $\pm$ 0.053 b	24.33 $\pm$ 0.31 a	24.85 $\pm$ 0.53 a

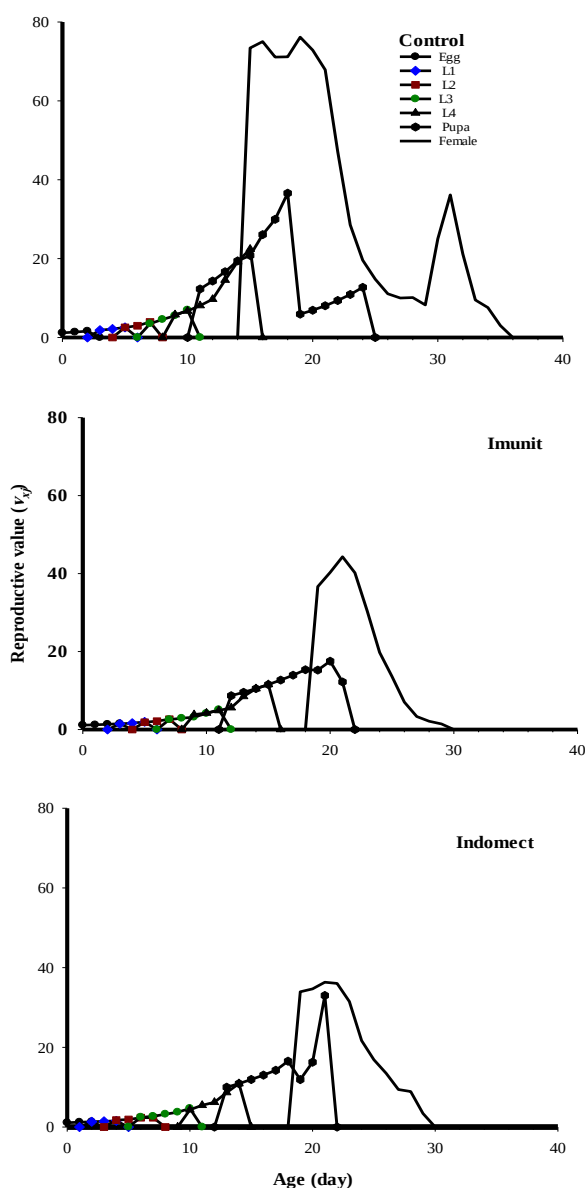
* حروف مختلف در هر ردیف اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در سطح پنج درصد براساس روش بوت استرپ جفت‌شده با ۱۰۰۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند.

* The means followed by different letters in each row are significantly different (paired bootstrap at 5% significance level by 100,000 resampling).

ارزش تولیدمثلی در شاهد (۷۶/۱۶ تخم/نوزدهمین روز) به دست آمد. بیشترین نرخ تولیدمثلی در هر دو حشره‌کش ایمونیت و ایندومت در بیست و یکمین روز، به‌ترتیب ۴۴/۳۳ تخم و در تیمار ایندومت

ارزش تولیدمثلی (v_{xj}) عبارت است از تعداد نتاجی که انتظار می‌رود توسط یک فرد در سن x و در مرحله رشدی z در باقی‌مانده عمرش تولید کند. نمودارها بیانگر این مطلب است که بیشترین نرخ یا

تخم بود. نتایج نشان داد که این حشره‌کش‌ها روی میزان زادآوری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی تأثیر داشته و میزان این فراسنجه نسبت به شاهد کاهش پیدا کرده است (شکل ۴).



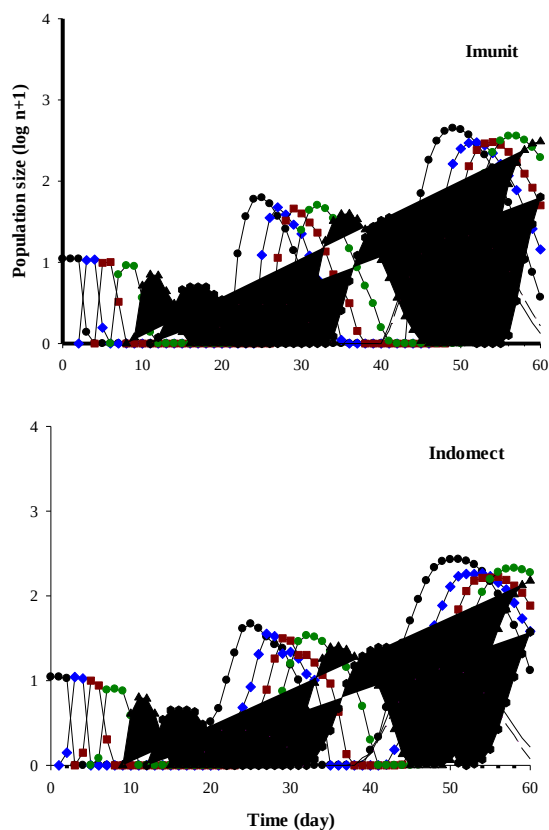
شکل ۴- اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر ارزش تولیدمثلی ویژه سن-مرحله‌ای (v_{xj}) شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)

Figure 4- Sublethal effects of Imunit and Indomect on the age-stage-specific reproductive value (v_{xj}) of *Tuta absoluta*

(شکل ۶). این مسئله نشان می‌دهد که با کاهش غلظت توصیه‌شده یک حشره‌کش و استفاده از غلظت‌های زیرکشنده، ضمن کاهش میزان مصرف آفت‌کش، می‌توان سرعت رشدونمو آفت را نیز کاهش داد.

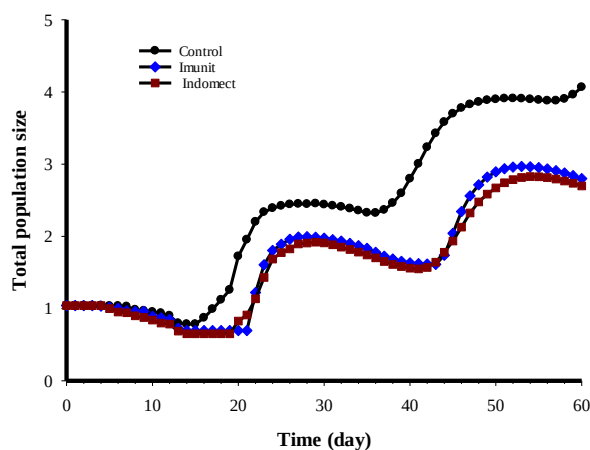
اثرات زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت بر رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی

تغییرات و پیش‌بینی رشد جمعیت و رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به تفکیک مرحله سنی آفت بعد از گذشت شصت روز تحت تأثیر غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. بالاترین سرعت رشدونمو در شاهد و کم‌ترین آن در حشره‌کش ایندومت مشاهده گردید



شکل ۵- پیش‌بینی پتانسیل رشد جمعیت و ساختار مرحله شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)، تیمار شده با غلظت LC_{25} حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومت در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 5- Projection of population growth potential and stage structure of *Tuta absoluta* treated with LC_{25} of Imunit and Indomect



شکل ۶- رشد جمعیت کل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta*)، تیمار شده با غلظت LC_{25} ایمونیت و ایندومت در مقایسه با شاهد در طول ۶۰ روز

Figure 6- Population projection of *Tuta absoluta* (total stage) treated with LC_{25} of Imunit and Indomect in comparison to control treatment during 60 days

بحث

در این مطالعه، اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتک روی مینوز گوجه‌فرنگی بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو حشره‌کش مذکور دارای سمیت حاد برای *T. absoluta* بوده و در غلظت‌های زیرکشنده نیز باعث کاهش ظرفیت تولیدمثلی این حشره می‌شوند. غلظت کشنده LC_{50} حشره‌کش ایمونیت (۲۳۹/۴۱۲ پی‌پی‌ام: LC_{50}) تأثیر بیشتری نسبت به حشره‌کش ایندومتک (۲۴۷/۵۴۱ پی‌پی‌ام: LC_{50}) روی تخم‌های سه روزه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی داشت. همان‌طوری که در مقدمه ذکر گردید، اغلب مطالعات انجام‌شده توسط محققان، اثرات کشندگی حشره‌کش‌های شیمیایی را روی مرحله لاروی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی مورد مطالعه قرار دادند و تعداد معدودی از آن‌ها تأثیر حشره‌کش‌ها را در مرحله تخم مورد بررسی قرار دادند. به‌عنوان مثال، مقایسه خاصیت حشره‌کشی آلفاسیپرومترین + تفلوبنزورون (ایمونیت) روی مرگومیر لاروهای سن دوم شب‌پره مینوز در پژوهش صورت گرفته توسط خان محمدی و همکاران (Khanmohammadi et al., 2023) روی ارقام گوجه‌فرنگی ارلی‌اوربانا Y (۴۵۰۹ پی‌پی‌ام: LC_{50} پی‌پی‌ام) و سوپرسترین B (۵۵۹۵ پی‌پی‌ام: LC_{50} پی‌پی‌ام)، نشان از حساسیت بیشتر تخم‌های سه روزه به حشره‌کش مشابه نسبت به لاروهای سن دوم دارد. در تحقیق معزی‌پور و همکاران (Moezzi-pour et al., 2022) روی سرخرطومی برگ یونجه (*Hypera postica* Gyllenhal (Col.: Curculionidea)) LC_{50} ایمونیت ۱۱/۹۴ میلی‌گرم در ۶۰ لیتر مربع بود که از LC_{50} ایمونیت در این تحقیق کمتر بود. علت این اختلاف را می‌توان به تفاوت در میزان حساسیت مراحل مختلف زیستی، شرایط فیزیولوژیکی حشره (Mahmoodi et al., 2020)، جمعیت‌های گونه مورد مطالعه (Nozad-Bonab et al., 2017)، نوع رقم و میزبان گیاهی (Giustolin et al., 2001) ربط داد. مقایسه نتایج حاصل از اثرات کشندگی صورت‌گرفته توسط ابن عباسی و همکاران (Ebneabbasi et al., 2023) با تحقیق حاضر، در استفاده از دو حشره‌کش تیوسیکلام هیدروژن اکسالات (۱۷۵/۳۲۷ پی‌پی‌ام: LC_{50}) و فلون‌دی‌آمید با (۲۱۹/۷۵۹ پی‌پی‌ام: LC_{50})، بیانگر حساسیت بیشتر تخم‌های آفت به حشره‌کش‌های مورد استفاده آن‌ها نسبت به هر دو حشره‌کش مورد مطالعه در این تحقیق دارد. همچنین در مطالعه نوزادبناب (Nozad-Bonab et al., 2017) که به مطالعه اثرات کشندگی و زیرکشندگی چندین حشره‌کش شیمیایی و بیولوژیکی بر روی مراحل تخم و لاروهای نئونات مینوز گوجه‌فرنگی پرداخته بودند، حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول (۰/۰۲ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر: LC_{50}) مؤثرتر از حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق بود.

تفاوت در ساختار شیمیایی و سازوکار عمل حشره‌کش‌ها و جمعیت‌های گونه مورد مطالعه می‌توانند دلیلی بر این اختلافات باشد (Teixeira & Andaloro, 2013; IRAC, 2014). در مطالعه خانی و همکاران (Khani et al., 2020)، اثربخشی غلظت‌های کشندگی چندحشره‌کش شامل اسپینوسد، کلرانترانیلی‌پرول، ایندوکساکارب، ایمکتین و زتا-سایپرمترین روی تخم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که LC_{50} هر کدام به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۹، ۸/۱۰، ۲۹/۰ و ۲۳۲/۲ میلی‌گرم ماده مؤثره در لیتر به دست آمدند که در بین آفت-کش‌های مورد آزمایش، کلرانترانیلی‌پرول و اسپینوسد بیشترین اثر تخم‌کشی را نشان دادند. طبق مطالعه صورت‌گرفته (Ziaee & Sohrabi, 2021)، اثرات کشندگی حشره‌کش ایمکتین بنزوات بر روی لارو سن دوم مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی انجام شد که (۱۴/۵۰ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر: LC_{50}) پس از ۲۴ ساعت به دست آمد.

در مطالعه حاضر، علاوه بر اثرات کشندگی حشره‌کش‌های ایمونیت و ایندومتک، اثرات زیرکشندگی آن‌ها نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت زیرکشنده حشره‌کش ایمونیت (۱۴۷/۴۱۶ پی‌پی‌ام: LC_{25}) تأثیر بیشتری نسبت به حشره‌کش ایندومتک (۱۵۲/۱۸۲ پی‌پی‌ام: LC_{25}) روی تخم‌های سه روزه پروانه مینوز گوجه‌فرنگی داشت. در پژوهش انجام‌گرفته توسط ضیائی و سهرابی (Ziaee & Sohrabi, 2021)، مقدار غلظت‌های زیرکشنده LC_{10} (۰/۰۷ پی‌پی‌ام) و LC_{30} (۱/۶۱ پی‌پی‌ام)، حشره-کش ایمکتین بنزوات روی لارو سن دوم *T. absoluta* کمتر از زیرکشندگی حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق است. در مطالعه کبیری رئیس‌آباد (Kabiri Raeisabad, 2019)، میزان LC_{30} حشره‌کش‌های تنداکسیر® Tondexir و ایندوکساکارب® Avaunt روی تخم مینوز گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۷۶۲/۴ و ۸۸۶/۳ پی‌پی‌ام گزارش کردند که مقایسه نتایج آن‌ها با پژوهش اخیر، بیانگر تأثیر بیشتر حشره‌کش‌های مورد مطالعه در پژوهش اخیر می‌باشد. LC_{25} حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این تحقیق، طول دوره رشد مراحل نابالغ را در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش طول دوره رشد افراد نابالغ باعث می‌شود که این افراد مدت زمان بیشتری در معرض عوامل مهار بیولوژیک از جمله دشمنان طبیعی قرار بگیرند که این امر کارایی دشمنان طبیعی را در مهار جمعیت آفت افزایش می‌دهد (Erb et al., 2001; Sedartian et al., 2013). استفاده از غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه، به موازات تأثیر بر مراحل رشدی نابالغ شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، طول عمر مراحل بالغ و باروری شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی را نیز تحت تأثیر قرار دادند، به‌طوری که متوسط کل طول عمر و تخم‌گذاری افراد

بالغ تحت تأثیر غلظت‌های LC₂₅ به‌طور چشمگیری نسبت به شاهد کاهش یافت. در مطالعه حاضر، غلظت‌های زیرکشنده حشره‌کش‌های مربوطه با افزایش تلفات و کاهش طول عمر و تولیدمثل حشرات بالغ باعث کاهش معنی‌دار مقدار نرخ ذاتی افزایش جمعیت در مقایسه با شاهد شد. به‌طور مشابهی، در پژوهش صورت گرفته توسط کیبری رئیس آباد (Kabiri Raeisabad 2019)، استفاده از غلظت زیرکشنده LC₃₀ حشره‌کش‌های تنداکسیر و ایندوکساکارب روی تخم *T. absoluta* منجر به کاهش نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولیدمثل شد. نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ تغییرات جمعیت حشره به‌ازای هر فرد در هر روز را نشان می‌دهد و مهم‌ترین آماره زیستی جمعیت حشرات است که تخمین دقیق‌تری از تأثیر حشره‌کش‌ها بر روی جمعیت آفات را ارائه می‌دهد (Walshall & Stark, 1997; Stark et al., 1997; Forbes & Calow, 1999). همچنین هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر، مطالعات انجام‌شده توسط اسماعیلی و همکاران (Esmaily et al., 2015) در بررسی اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌های امامتین بنزوات و ایندوکساکارب روی لارو سن دوم مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که غلظت LC₃₀ به‌ترتیب ۰/۰۵۸ و ۲/۴۶ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر هر دو حشره‌کش باروری، طول عمر حشرات کامل، طول دوره لاروی و شفیرگی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. در مطالعه کندیل و همکاران (Kandil et al., 2020)، اثرات زیرکشنده باسیلوس تورینجیس، اسپینوساد و بنزوات امامتین به‌عنوان حشره‌کش زیستی در مقایسه با حشره‌کش‌های شیمیایی کلرپیریفوس و ایندوکساکارب علیه لارو سن دو نشان داد که غلظت زیرکشنده فرمولاسیون Bt به‌طور قابل توجهی مرگومیر شفیره را افزایش داد. علاوه بر کارایی، فرمولاسیون Bt و بنزوات امامتین دوره رشد لارو را افزایش داد. تمامی حشره‌کش‌های زیستی از جمله Bt، اسپینوساد و امامتین بنزوات باعث ایجاد ناهنجاری در مراحل مختلف زندگی مینوز گوجه‌فرنگی شدند.

نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه اختلاف معنی‌داری بین حشره‌کش‌های مورد مطالعه از نظر آماره‌های جمعیتی ((نرخ خالص تولیدمثل (R_0))، مدت زمان یک نسل (T))، نرخ ذاتی (r) و نرخ متناهی (λ) افزایش جمعیت وجود نداشت، ولی حشره‌کش‌های مذکور، این آماره‌ها را در نتایج حاصله نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش

دادند. در پژوهش صورت گرفته توسط طلعه و همکاران (Taleh et al., 2022) اثر بخشی غلظت‌های زیرکشنده چند حشره‌کش شامل آزادیراکتین، امامتین بنزوات، ایمیداکلوپرید، لامبدا سی هالوترین و تیاکلوپرید روی لارو سن دوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد که امامتین بنزوات و آزادیراکتین آماره‌های جمعیتی را به‌طرز چشم‌گیری نسبت به شاهد تحت تأثیر قرار دادند. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی روند جمعیتی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با فراسنجه‌های رشد جمعیت مطابقت داشت. به‌عنوان مثال، با افزایش مدت زمان یک نسل حشره (T)، در نتایج که والدین آن‌ها با غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌ها تیمار شده بودند، سرعت رشد جمعیتی کمتری نسبت به شاهد داشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که هر دو حشره‌کش استفاده‌شده، آماره‌های رشد جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی را کاهش دادند، به‌طوری‌که به‌عنوان حشره‌کش‌های انتخابی و سازگار با محیط‌زیست می‌توانند به‌صورت متناوب برای مهار شیمیایی در قالب برنامه مدیریت تلفیقی آفات مورد استفاده قرار گیرند. یافته‌های حاصل از این تحقیق بیانگر این نکته مهم است که غلظت زیرکشنده حشره‌کش‌های ایندومکت و ایمونیت قادرند که اثرات منفی قابل توجهی بر پتانسیل رشد جمعیت *T. absoluta* داشته باشند. نکته قابل توجه اینکه کاربرد غلظت زیرکشنده علاوه بر اینکه سبب کاهش پتانسیل رشد جمعیت آفات می‌شود، احتمالاً امکان استفاده از این ترکیبات را در تلفیق با دشمنان طبیعی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی فراهم می‌آورد، اگرچه در برخی مطالعات به خواص انتخابی و غیرسمی بودن آن‌ها برای دشمنان طبیعی اشاره شده است، ولی برای دستیابی به اطلاعات کاربردی‌تر، بهتر است غلظت کشنده و زیرکشنده حشره‌کش‌های مورد مطالعه در این پژوهش بر روی دشمنان طبیعی مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه‌ای و گلخانه‌ای ارزیابی شود. مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو حشره‌کش مورد استفاده می‌توانند به‌عنوان حشره‌کش‌های مؤثر در مدیریت آفت مذکور مدنظر قرار گیرند.

References

1. Abdollahzadeh-Bovani, M., Mehrkhou, F., & Forouzan, M. (2025). Sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and spiromesifen, on life table and population projection of *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Iranian Plant Protection Research*, 39(2), 133-152. (In Persian with English abstract).
2. Adams, A., Gore, J., Catchot, A., Musser, F., Cook, D., Krishnan, N., & Irby, T. (2016). Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) neonates to diamide insecticides in the mid southern and southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 109(5), 2205-2209. <https://doi.org/10.1093/jee/tow175>
3. Alikhani, M., Safavi, S.A., & Iranipour, S. (2019). Effect of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*

- (Metschnikoff) Sorokin, on demographic fitness of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0121-0>
4. Atlihan, R., Kasap, İ., Özgöçke, M.S., Polat-Akköprü, E., & Chi., H. (2017). Population growth of *Dysaphis pyri* (Hemiptera: Aphididae) on different pear cultivars with discussion on curve fitting in life table studies). *Journal of Economic Entomology*, 110, 1890-1898. <https://doi.org/10.1093/jee/tox174>
5. Balzan, M.V., & Moonen, A.C. (2012). Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). *EPPO Bulletin*, 42, 217-225. <https://doi.org/10.1111/epp.2558>
6. Bloem, S., & Spaltenstein, E. (2011). New pest response guidelines: Tomato leafminer (*Tuta absoluta*). USDA-APHIS-PPQ-EDP-Emergency Management, Riverdale, Maryland.
7. Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Viñuela, E., Zappalà, L., & Desneux, N. (2012). The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest Management Science*, 68(12), 1523-1536. <https://doi.org/10.1002/ps.3396>
8. Bogorni, P.C., Silva, R.A.D., & Carvalho, G.S. (2003). Consumo de mesofilo foliar por *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) (Lepidoptera: Gelechiidae) em três cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciência Rural*, 33, 07-11. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100002>
9. Chi, H.S.I.N., & Liu, H.S.I. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology Academia Sinica*, 24 (2), 225-240.
10. Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, 17(1), 26-34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
11. Chi, H. (2021a). TWOSEX-MSChart: A computer program for age stage, two-sex life table analysis. National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan; available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar>.
12. Chi, H. (2021b). TIMING-MSChart: A computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Taichung, Taiwan: National Chung Hsing University; Available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/TimingMSChart.rar>.
13. Cherif, A., Attia-Barhoumi, S., Mansour, R., Zappalà, L., & Grissa-Lebdi, K. (2019). Elucidating key biological parameters of *Tuta absoluta* on different host plants and under various temperature and relative humidity regimes. *Entomologia Generalis*, 39(1), 1-7. <https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0685>
14. Cocco, A., Deliperi, S., Lentini, A., Mannu, R., & Delrio, G. (2015). Seasonal phenology of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in protected and open-field crops under Mediterranean climatic conditions. *Phytoparasitica*, 43, 713-724. <https://doi.org/10.1007/s12600-015-0486-x>
15. de França, S.M., Breda, M.O., Barbosa, D.R.S., Araujo, A.M.N., & Guedes, C.A. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. In: Shields, V.D.C. (eds.) *Biological Control Pest Vector Insect*, 23-39. <https://doi.org/10.5772/63274> <https://doi.org/10.5772/66461>
16. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, González-Cabrera, J., Ruescas, D.C., Tabone, E., Frandon, J., Jeannine Pizzol, J., Christine P., Cabello, T., & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83(3), 197-215. <https://doi.org/10.1007/s10340-010-0321-6>
17. Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
18. Ebneabbasi, S., Mehrkhah, F., & Fourouzan, M. (2023). Lethal and sublethal effects of thiocyclam hydrogen oxalate and flubendimide on the population growth parameters and population projection of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 43(3), 219-231 (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.61186/jesi.43.3.3>
19. Erb, S.L., Bouchier, R.S., van Frankenhuyzen, K., & Smith, S.M. (2001). Sublethal effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner subsp. kurstaki on *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and the tachinid parasitoid *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology*, 30, 1174-1181. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1174>
20. Esmaily, M., Saber, M., Bagheri, M., & Gharekhani, G. (2015). Effect of emamectin benzoate and indoxacarb on tomato leaf minor, *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) in laboratory conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 4(2), 161-169.
21. FERA. (2009). Managing *Tuta absoluta* infestations at packing sites in the UK: Best practice guidelines to mitigate the risk of spread of this pest in the UK. Food and Environment Research Agency, Department for Environment Food and Rural Affairs.
22. Finney, D.J. (1971). Probit Analysis 3rd Edition, Cambridge University, London, 333 pp.
23. Forbes, V.E., & Calow, P. (1999). Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology? *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18, 1544-1556. <https://doi.org/10.1002/etc.5620180729>
24. Garcia, M.F., & Espul, J.C. (1982). Bioecología de la polilla Del tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza,

- República Argentina. Rev. Invest. Agropecuarias INTA (Argentina), 18, 135–146.
25. Giustolin, T.A., Vendramim, J.D., Alves, S.B., Vieira, S.A., & Pereira, R.M. (2001). Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) reared on two species of *Lycopersicon* to *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki. *Journal of Applied Entomology*, 125(9-10), 551-556. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00579.x>
26. IRAC. (2014). IRAC MoA Classification Scheme (Version 7.3.1). <http://www.irac-online.org>. Accessed October 2014.
27. Illakwahhi, D.T., & Srivastava, B.B.L. (2017). Control and management of tomato leafminer-*Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). A review. *Journal of Applied Chemistry*, 10, 14-22. <https://doi.org/10.9790/5736-1006011422>
28. Kabiri Raeisabad, M. (2019). Lethal and sublethal effects of botanical insecticide, tondexir (Tondexir®) and chemical insecticide, indoxacarb (Avaunt®) on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 42(1), 45-64. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22055/ppr.2019.14443>
29. Kandil, M.A., Abdel-Kerim, R.N., & Moustafa, M.A. (2020). Lethal and sub-lethal effects of bio-and chemical insecticides on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00278-1>
30. Keihanian, A.A., Barari, H., Amin, G.H. A., Farhangi, V., Khormali, S., & Sheikhi Garjan, A. (2014). Investigating the effectiveness of Imunite for *Helicoverpa armigera* Hub. control. Final Report of the Iraninan Research Plant Protection Institute. 2014. 26 pp. No. 47257. (In Persian with English abstract).
31. Khani, S., Hejazi, M.J., & Karimzadeh, R. (2020). Susceptibility of eggs and larvae of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) to some insecticides. *Journal of Entomological Society of Iran*, 39(4), 393-402. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22117/jesi.2019.126109.1308>
32. Khanmohammadi, P., Rafiee, D.H., Razmjou, J., Hassanpour, M., & Ebadollahi, A. (2023). Effects of alpha-cypermethrin+ teflubenzuron on the mortality, biological features and life-table parameters of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), on two varieties of tomato. *Plant Pest Research*, 13 (4), 35-51. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22124/iprj.2024.26467.1556>
33. Lashkari, M.R., Sahragard, A., & Ghadamyari, M. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Journal of Insect Science*, 14, 207-212. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x>
34. Lietti, M.M.M., Botto, E., & Alzogaray, R.A. (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(1), 113-119. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100016>
35. Liu, L.L., Dai, R.H., Yang, H., & Jin, D.C. (2016). Sublethal effects of triazophos on the life table parameters of *Sogatella furcifera* (Hemiptera: Delphacidae). *Florida Entomologist*, 99(2), 292-296. <https://doi.org/10.1653/024.099.0221>
36. Mahmoodi, L., Mehrkhou, F., Guz, N., Forouzan, M., & Atlihan, R. (2020). Sublethal effects of three insecticides on fitness parameters and population projection of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 113(6), 2713-2722. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa193>
37. Monserrat, A. (2009). La polilla Del tomate *Tuta absoluta* en la Region de Murcia: Bases para su control. Serie Tecnica y de Estudios No. 43. Conserjería de Agricultura y Agua.
38. Moeini-Naghade, A., Sheikhi garjan, A., Moeini-Naghade, N., & Zamani, A. (2020). Effect of different insecticides on egg, larva and adult of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep. Gelechiidae). *Journal of Crop Protection*, 9(3), 439–446. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.48311/jcp.2020.1491>
39. Moezzi-pour, M., Gholamzadeh Chitgar, M., Sadat Shojaei, Sh., & Fatehi, F. (2022). Efficacy of several insecticides against alfalfa leaf weevil *Hypera postica* Gyllenhal (Cl.: Curculionidae) under field condition. *Journal of Forage and Feed Extension*, 3(1), 75-81. (In Persian).
40. Negi, S., Sharma, P.L., Sharma, K.C., & Verma, S.C. (2018). Effect of host plants on developmental and population parameters of invasive leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Phytoparasitica*, 46, 213-221. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0661-y>
41. Nitin, K.S., Chakravarthy, A.K., Mehmet Salih Özgoökçe, M.S., & Atlihan, R. (2019). Population growth potential of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato, potato, and eggplant. *Journal of Applied Entomology*, 143 (5), 518-526. <https://doi.org/10.1111/jen.12622>
42. Nozad-Bonab, Z., Hejazi, M.J., Iranipour, Sh., & Arzanlou, M. (2017). Lethal and sublethal effects of some chemical and biological insecticides on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs and neonates. *Journal of Economic Entomology*, 110(3), 1138-1144. <https://doi.org/10.1093/jee/tox079>
43. Özgoökçe, M.S., Chi, H., Atlihan, R., & Kara, H. (2018a). Demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Phytoparasitica*, 46, 153-167. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0651-0>

44. Özgoökçe, M.S., Chi, H., Atlıhan, R., & Kara, H. (2018b). Correction to: Demography and population projection of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hemiptera: Aphididae) on five pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Phytoparasitica*, 46, 169. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0658-6>
45. Radwan, E.M., & Taha, H.S. (2012). Toxic and biochemical effects of different insecticides on the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2012.17272>
46. Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., & Savin, N.E. (2007). Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press. Boca raton, USA, 224.
47. Sadeghinasab, F. (2017). Effect of different varieties of tomato on susceptibility, metabolic detoxification mechanisms and physiology of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) larvae in response to flubendiamide and thiocyclam hydrogen oxalate insecticides. (thesis). Urmia University, Urmia, Iran. 176 p.
48. Sadeghinasab, F., Safavi, S.A., Ghadamyari, M., & Hosseini Naveh, V. (2017). Biochemical characterization of digestive carbohydrases of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae in response to feeding on six tomato cultivars. *Journal of Crop Protection*, 6 (3), 377-389. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.48311/jcp.2017.1341>
49. Sadeghinasab, F., Safavi, S.A., Ghadamyari, M., & Hosseini Naveh, V. (2021). Cellular energy allocation of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) treated with Flubendiamide and Thiocyclam Hydrogen Oxalate on different tomato cultivars. *Neotropical Entomology*, 50(3), 398-407. <https://doi.org/10.1007/s13744-021-00856-4>
50. Sedaratian, A., Fathipour, Y., Talaei-Hassanloui, R., & Jurat-Fuentes, J.L. (2013). Fitness costs of sublethal exposure to *Bacillus thuringiensis* in *Helicoverpa armigera*: A carryover study on offspring. *Journal of Applied Entomology*, 137, 540-549. <https://doi.org/10.1111/jen.12030>
51. Sheikhi Garjan, A., Baniamery, V., & Mohammadipour, A. (2013). Efficiency of two new insecticides Flubendiamide (Takomi wg20%) and Thiocyclam (Evisect SP 50%) against the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*, (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Project No, 4-16-16-92160. (In Persian)
52. Souza, J.C., & Reis, P.R. (1986). Controle da traça-do-tomateiro em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 21, 343-354.
53. Silva, G.A., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Rosado, J.F. & Guedes, R.N.C. (2011). Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 67(8), 913-920. <https://doi.org/10.1002/ps.2131>
54. Siqueira, H.A.A., Guedes, R.N.C., & Picanco, M.C. (2000). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 2, 147-153. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00062.x>
55. Siqueira, H.A.A., Gudes, R.N.C., Fragoso, D.B., & Magalhaes, L.C. (2001). Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *International Journal of Pest Management*, 47, 247-251. <https://doi.org/10.1080/09670870110044634>
56. Stark, J.D., Tanigoshi, L., Bounfour, M., & Antonelli, A. (1997). Reproductive potential, its influence on the susceptibility of the species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 273-279. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1552>
57. Taheri-Sarhozaki, M., & Safavi, A. (2014). Population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae), exposed to sublethal doses of thiacloprid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(4), 464-471. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.812314>
58. Taleh, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Ebadollahi, A., & Alkan, M. (2022). Comparative lethal and sublethal toxicity of some conventional insecticides against tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 24(1), 89-101. <https://doi.org/10.51963/jers.v24i1.2028>
59. Teixeira, L.A., & Andalora, J.T. (2013). Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 106, 76-78. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.01.010>
60. Walthall, W.K., & Stark, J.D. (1997). A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 37, 45-52. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1521>
61. Ziaee, M., & Sohrabi, F. (2021) Lethal and sublethal effects of emamectin benzoate on the tomato leafminer, *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 10(4), 91-97. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/ARPP.2021.14162>

Review Article

Vol. 39, No. 4, 2026, p. 361-372



The Role of Chitosan in Management of Plant Viral Diseases

M. Salati^{1*}, A. Entezari²

1- Faculty of Plant Protection, Agricultural Research Center of Khorasan Razavi Province, Mashhad, Iran

2- Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*- Corresponding author's Email: m.salati@areeo.ir)

Received: 02-07-2025

Revised: 27-08-2025

Accepted: 30-08-2025

Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:Salati, M., & Entezari, A. (2026). The role of chitosan in the management of plant viral diseases. *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 361-372. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94223.1237>

Introduction

Chitosan is a natural polymer industrially derived from the deacetylation of chitin. Chitosan is recognized as a safe and biocompatible biological compound that acts by stimulating plant growth, inducing the plant's general defense response, and increasing plant resistance to pathogens, including bacteria, fungi, nematodes and especially viruses. This compound has demonstrated significant efficacy as an elicitor of plant resistance to viral infections. Unlike other plant pathogens, effective treatments for viral infections are currently lacking. Two main strategies in managing plant viral diseases are the use of resistant cultivars and induction of plant defense mechanisms using elicitors.

Elicitors are physical or chemical stimuli derived from biotic or abiotic sources that can induce physiological, morphological responses and the accumulation of phytoalexins in plant cells. Chitin is a linear polysaccharide that is known as the most abundant natural polymer after cellulose. Chitosan is obtained by removing the amide group from the chitin chain. The extraction of chitosan from natural sources containing chitin depends on various steps including deproteinization, deacetylation and demineralization. The chemical structure of chitosan depends on the molecular weight, deacetylation degree (DD) and its pattern. Unlike chitin, chitosan is a positively charged polymer and is very strongly cationic and readily soluble in acidic conditions. The higher degree of deacetylation of chitosan, the more positive charges is formed on its surface.

Chitosan contributes to the reduction of plant diseases through two primary mechanisms. The first is direct antimicrobial action against pathogens, such as damage to the plasma membrane, interaction with DNA and RNA (electrostatic interactions), and deposition on the microbial surface and the second is induction of plant defense responses resulting from downstream signaling, transcription factor activation gene transcription and ultimately cellular activation. Chitosan has the ability to inhibit viral infections both locally and systemically. Efficacy of chitosan depends on the dose and method of its application and the molecular structure of chitosan especially the molecular weight and degree of acetylation. However, the antiviral activity of chitosan decreases with increasing molecular weight. The possible reason for this may be the ability of small chitosan molecules to better penetrate into plant tissue. Chitosan also prevents the replication of viruses and viroids and enhances the host's hypersensitivity response during infection. Increasing plant cell resistance as a result of using chitosan in plants such as potatoes, tomatoes, and cucumbers has been proven by various researchers. Regarding the antiviral effect of chitosan, it should be noted that it is also able to suppress viral infections in many different

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/jpp.2025.94223.1237>

plant families which affects the occurrence of a hypersensitivity response (HR) to viral infections and prevents the systemic spread of viruses in the plant. Some reports indicate that it stimulates the plant's defense response and improves its general defense mechanisms. These results have been proven in mung bean, pea and peanut plants by foliar spraying against their viruses. Studies show that several pathways are activated after chitosan application, most of which are related to activation of the plant's innate immunity, for example accumulation of salicylic acid (SA) and activation of systemic acquired resistance (SAR) in the plant. The SA acts as a signaling molecule that activates multiple pathways and initiates various changes in plant cell physiology and gene expression. This phytohormone has a negative effect on viral replication. Translocation of the virus within the host plant plays a very important role in replication of the virus. This translocation may be local intercellular or systemic transmission in the host. Since chitosan also induces the formation of calloses, cell-to-cell movement of the virus is also reduced by deposition of calloses around the plasmodesmata and reduction of their permeability. One of the nanoparticles that has received great attention today is nanoparticles composed of chitosan. Due to the large positive charge on the surface of this molecule, it can target the virus coat protein and also increase growth parameters in the plant.

Conclusion

Chitosan and its derivatives are regarded as powerful tools for activating various plant defense pathways. Based on the results of research and extension experiments conducted on the farms, this compound showed high efficiency as an inducer of plant resistance against viral infections. In addition to reducing infection severity, it contributed to improved crop yield. Therefore, the use of this polymer and nanoparticle products based on it can be considered as suitable alternative to traditional chemical pesticides, which is an important step towards reducing the use of chemical pesticides and establishing sustainable agriculture.

Keywords: Chitin, Defense response, Elicitor, Viral agents

نقش کیتوزان در مدیریت بیماری‌های ویروسی گیاهی

منصور صلاتی^{۱*} - آزاده انتظاری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸

چکیده

القای واکنش‌های دفاعی در گیاه، راهکاری مؤثر برای مهار بیماری‌ها، کاهش خسارات محصول و حفاظت از محیط زیست محسوب می‌شود. بنابراین، شناخت تعامل میان میزبان، بیمارگر و محرک‌های دفاعی اهمیت ویژه‌ای دارد. کیتوزان یک پلیمر طبیعی است که به صورت صنعتی از استیل زدایی کیتین تولید می‌شود. کتین بعد از سلولز به عنوان فراوان‌ترین پلیمر طبیعی در طبیعت در جایگاه دوم قرار دارد که طی فرآیند شیمیایی به ترکیبی با ارزش افزوده بسیار بالاتری به نام کیتوزان تبدیل می‌گردد. کیتوزان به دلیل خواص منحصر به فردی نظیر غیرسمی بودن، تجزیه پذیری زیستی و خواص ضد میکروبی آن، در مهار آلودگی، تصفیه آب، تولید کاغذ و عکاسی در صنایع مختلفی مانند کشاورزی، پزشکی و صنایع غذایی استفاده می‌شود. این ترکیب به عنوان یک ترکیب زیستی ایمن و زیست سازگار شناخته شده است که با تحریک رشد گیاه، القای واکنش دفاعی عمومی گیاه، افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، نماتدها و به خصوص ویروس‌ها عمل می‌کند. همچنین کیتوزان به عنوان القاکنده مقاومت گیاه در برابر آلودگی‌های ویروسی کارایی بالایی را نشان داده است. کیتوزان قادر به سرکوب آلودگی‌های ویروسی در بسیاری از خانواده‌های گیاهی بوده، که بر وقوع واکنش فوق حساسیت (hypersensitivity response- HR) به آلودگی‌های ویروسی و جلوگیری از انتشار سیستمیک ویروس‌ها در گیاه تأثیرگذار می‌باشد. در این مطالعه، تلاش می‌گردد که ضمن معرفی این ترکیب و مشتقات آن به عنوان یک محرک زیستی طبیعی، با خواص و کاربردهای کیتوزان بیشتر آشنا شده و سازوکارهای عمل آن در طول فعل و انفعالات گیاه که منجر به القای واکنش دفاعی سلول در فرآیند آلودگی‌های ویروسی می‌شود، به عنوان یک ابزار مدیریتی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: الیسیاتور، پاسخ دفاعی، کیتین، عوامل ویروسی

مقدمه

قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها منشأ بیماری‌های مهم متعددی در محصولات کشاورزی و عامل خسارت‌های اقتصادی فراوانی در مراحل تولید تا برداشت محصول و کیفیت آن در سراسر جهان هستند. بنابراین برای حفظ کیفیت و سلامت محصولات کشاورزی باید مدیریت عوامل خسارت‌زای گیاهی مورد توجه قرار گیرد. در طول صد سال گذشته، استفاده بیش از حد آفت‌کش‌ها باعث ایجاد جدایه‌های مقاوم عوامل بیماری‌زا شده و اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست داشته است. به همین علت، امروزه شناخت و به کارگیری روش

های جایگزین نظیر القاء مقاومت به وسیله پلیمرهای طبیعی می‌تواند نقش مهمی در حل این مشکل ایفا کند. همچنین استفاده از دفاع طبیعی گیاه می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های شیمیایی، به عنوان روشی امن‌تر برای مهار عوامل خسارت‌زا باشد (Saber *Riseh et al.*, 2022). از طرف دیگر، محرک‌های زیستی یا الیسیاتورهایی مانند اسید سالیسیلیک، الیگوساکاریدها و پلی ساکاریدهایی مانند کیتین و کیتوزان می‌توانند مقاومت میزبان در برابر بیمارگرها را افزایش دهند (Salati *et al.*, 2016; Saberi Riseh *et al.*, 2022). الیسیاتورهای الیگوساکاریدی بیولوژیک به دنبال آسیب یا حمله بیمارگرهای گیاهی و تخریب دیواره‌های سلولی گیاهی ایجاد می‌شوند که منجر به بروز پاسخ دفاعی موضعی و سیستمیک گردیده و از رشد و تکثیر قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها جلوگیری می‌کنند. این خاصیت الیسیاتورها ممکن است موجب القای مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی شود. به عنوان مثال، درمان گیاهان با کیتوزان به عنوان یکی از مشتقات شناخته شده کیتین منجر به مهار انتشار

۱- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی، مشهد، ایران

گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: m.salati@areeo.ir)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94223.1237>

سیستمیک ویروس‌ها و ویروئیدها در گیاه میزبان و بروز پاسخ‌های فوق حساسیت گیاهان به آلودگی‌های ویروسی می‌شود (Salati & Bananej, 2021; Salati et al., 2021). برای بیمارگرهای ویروسی در مقایسه با سایر عوامل بیماری‌زا هیچ روش معالجه مؤثری در دسترس نیست. در نتیجه در مهار بیماری‌های ویروسی گیاهی، برنامه‌های پیشگیرانه از طریق شیوه‌های مدیریت یکپارچه به‌منظور کنترل منبع ویروس، مدیریت جمعیت ناقلین و اختلال در انتقال و جابه‌جایی ویروس درون میزبان مورد توجه قرار می‌گیرد (Salati & Bananej, 2021; Salati et al., 2021). همچنین استفاده از ارقام مقاوم و تحریک سازوکارهای دفاعی گیاه از طریق الیسیتورها به‌عنوان دو راهبرد مؤثر در مواجهه با ویروس‌های گیاهی اهمیت دارد (Salati et al., 2016). هدف این مقاله، بررسی نقش کیتوزان به‌عنوان القاکننده مقاومت ضدویروسی در گیاهان است.

الیسیتورها و معرفی کیتوزان

الیسیتورها^۱ به محرک‌هایی با منشأ زیستی یا غیرزیستی گفته می‌شود که می‌توانند باعث القای پاسخ‌های فیزیولوژیکی، ریخت‌شناختی و تجمع فیتوالکسین‌ها^۲ در سلول‌های گیاهی شوند. در طی پاسخ به سیگنال الیسیتور، سیستم دفاعی گیاه فعال و در نتیجه بیان ژن‌های دفاعی رخ داده و متابولیت‌های ثانویه تجمع می‌یابند. به‌طور کلی، الیسیتورها به دو دسته زیستی^۳ و غیرزیستی^۴ تقسیم‌بندی می‌شوند (Wong et al., 2014). کیتوزان^۵ به‌عنوان یک پلیمر طبیعی، ایمن و ارزان است که از کیتین، ماده اصلی تشکیل‌دهنده اسکلت بیرونی بندپایان، دیواره سلولی قارچ‌ها و پوسته سخت‌پوستانی نظیر خرچنگ و میگو تولید می‌شود. امروزه با توجه به فراوانی بالای آن در طبیعت، خاصیت قارچ‌کشی، غیرسمی بودن و توانایی القای مقاومت علیه بیمارگرها مورد توجه بیماری‌شناسان گیاهی قرار گرفته است (Malerba & Cerana, 2016).

ساختار کیتین و کیتوزان

کیتین با فرمول شیمیایی $(C_8H_{13}NO_5)_n$ ، با نام علمی بتا ۱-۴، ۲- استامیدو-۲-داکسی-D-گلوکوپیرانوز، خانواده‌ای از پلی‌ساکاریدهای خطی بوده که بعد از سلولز، به‌عنوان فراوان‌ترین پلیمر طبیعی شناخته می‌شود. سلولز و کیتین هر دو نقش حفاظتی دارند، به‌طوری‌که گیاهان سلولز را در دیواره سلولی و همچنین سخت پوستان، حشرات، جلبک‌ها و قارچ‌ها کیتین را در دیواره سلولی خود

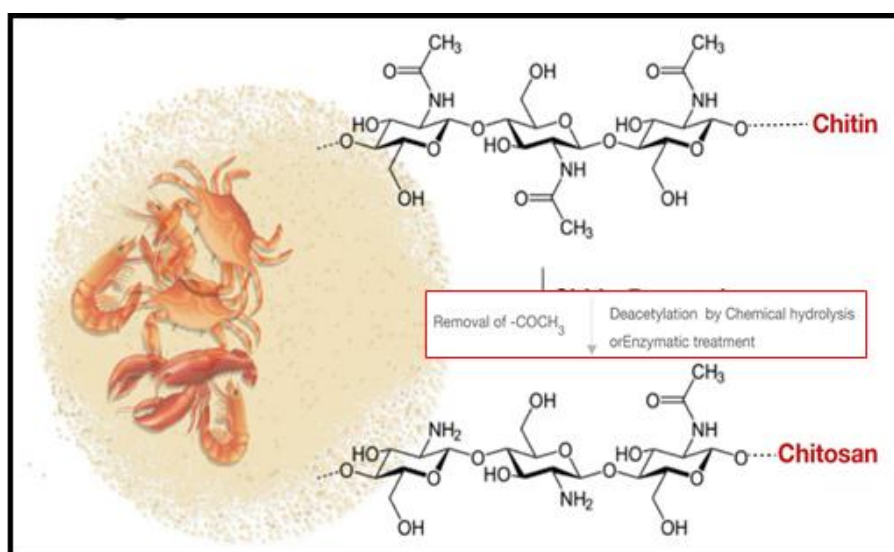
تولید می‌کنند. کیتین که عمدتاً از پوسته سخت‌پوستانی نظیر خرچنگ و میگو به دست می‌آید، با استخراج شیمیایی و بیولوژیکی، با حذف پروتئین و رسوبات کلسیم خالص می‌شود (Gangireddygar et al., 2021). از نظر شیمیایی، کیتوزان یک پلی‌ساکارید خطی با فرمول شیمیایی $(C_6H_{11}NO_4)_n$ و با نام علمی بتا ۱-۴، ۲- آمینو-۲-داکسی-D-گلوکوپیرانوز بوده که پیوندهای بتا ۴-۱ به‌صورت تصادفی بین دی‌گلوکزآمین و آن استیل دی‌گلوکز آمین^۶ توزیع شده‌اند (شکل ۱) و از دی‌استیلاسیون قلیایی نیتروژن کیتین، به دست می‌آید. تعداد گروه‌های استیل موجود بر روی زنجیره کیتین و کیتوزان، نشانگر تفاوت بین این دو پلی‌ساکارید بوده، به‌طوری‌که پلیمری که ۱۰۰ درصد گروه‌های آمین آن استیل‌دار شده باشد را کیتین و پلیمر بدون گروه‌های آمیدی (۱۰۰ درصد گروه آمین) را کیتوزان خالص با درجه داستیلاسیون ۱۰۰ درصد می‌نامند. طول زنجیره کیتوزان متغیر بوده و اکثر فرآورده‌ها برپایه کیتوزان دارای وزن مولکولی بین ۳۸۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ دالتون می‌باشند (Jaber et al., 2022). کیتوزان در طبیعت کمتر دیده می‌شود و اغلب نمونه‌های تجاری کیتوزان از طریق تیمار قلیایی (به‌عنوان مثال: NaOH) و استیل‌زدایی شیمیایی کیتین به‌دست‌آمده از اسکلت بیرونی سخت‌پوستان سنتز می‌شود (Iriti & Varoni, 2015; Jaber et al., 2022). هر چند که به‌طور فزاینده‌ای، کیتوزان را می‌توان از کیتین دیواره سلولی قارچی، که در مقادیر صنعتی رشد یافته‌اند نیز سنتز کرد (Iriti & Varoni, 2015). برخلاف سایر پلی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت، کیتین و کیتوزان به‌صورت بازی در طبیعت یافت می‌شوند. به همین دلیل، قادر هستند که به‌صورت شیمیایی با DNA، RNA، چربی‌ها، پروتئین‌ها و یون‌های فلزی پیوند تشکیل دهند. کیتوزان تنها پلی‌کاتیون موجود در طبیعت است که چگالی آن به درجه استیل‌زدایی و pH محیط و حلالیت آن به درجه استیل‌زدایی و وزن مولکولی بستگی دارد. کیتوزان در محلول اسیدی رقیق با pH کمتر از شش قابل حل می‌باشد (Iriti & Varoni, 2015).

خصوصیات شیمیایی کیتین و کیتوزان و مشتقات آن

استخراج کیتوزان از منابع طبیعی حاوی کیتین به مراحل مختلفی از جمله پروتئین‌زدایی^۸، استیل‌زدایی^۹ و دمینرالیزیشن یا کاهش مواد معدنی^{۱۰} بستگی دارد. دمینرالیزیشن با اسیدهای قوی و پروتئین‌زدایی در شرایط قلیایی و با استفاده از آنزیم‌های پروتئولیتیک انجام می‌شود.

- 6- D-glucosamine
- 7- N-acetyl D-glucosamine
- 8- Deproteinization
- 9-Deacetylation
- 10- Demineralization

- 1- Elicitors
- 2- Phytoalexin
- 3- Biotic
- 4- Abiotic
- 5- Chitosan



شکل ۱- ساختار کیتین و کیتوزان

Figure 1- Structure of chitin and chitosan

استیل‌زدایی کیتین از طریق هیدرولیز قلیایی گروه‌های استامید ($-\text{NHCOCH}_3$)، که در مولکول کیتوزان دی‌استیل‌ه می‌شوند

Chitin N-deacetylation through alkaline hydrolysis acetamido ($-\text{NHCOCH}_3$) groups are deacetylated in chitosan molecule

(*al.*, 2019). ان- متیلن فسفونیک کیتوزان^۳، یک مشتق آنیونی بوده که تا حدی خاصیت آمفوتریک را نشان می‌دهد. این ترکیب در آب در محدوده وسیعی از pH محلول بوده و کارایی بالایی در تشکیل کمپلکس با فلزات سنگین و فلزات واسطه را دارد. همچنین به‌عنوان یک حامل ژنی غیروبروسی عمل کرده و ظرفیت بالایی در کاربردهای بالینی دارد (*Mesas et al.*, 2021). کربوکسی متیل کیتوزان^۴، فراوان‌ترین مشتق کیتوزان بوده که به‌طور کامل شناسایی شده است. این ترکیب در واقع یک پلیمر آمفوتریک بوده که میزان حالیت آن بستگی به pH محیط داشته و به‌عنوان یک ماده زیستی همه‌کاره برای طیف گسترده‌ای از کاربردها نظیر مهندسی بافت، بهبود زخم و غیره مورد توجه قرار گرفته است (*Jain et al.*, 2013; *Shariatnia, 2018; Mesas et al.*, 2021). تری متیل کیتوزان^۵ یکی دیگر از مشتقات کیتوزان بوده که حالیت آن در آب از طریق متیلاسیون گروه آمین نوع اول و تبدیل آن به آمونیوم افزایش پیدا کرده است (*Jain et al.*, 2013). سنتز مشتق تری‌متیل کیتوزان دو مرحله‌ای بوده، به‌طوری‌که ابتدا دی متیل کیتوزان سنتز شده و سپس به تری متیل کیتوزان تبدیل می‌شود (*Jain et al.*, 2013). تیمار گیاه باقلا (*Vicia faba*) با مشتق تری متیل کیتوزان، با تحریک مقاومت میزبان علیه ویروس موزائیک زرد لوبیا (*Bean*

استیل‌زدایی آخرین مرحله در تبدیل کیتین به کیتوزان است که از طریق تیمار با سدیم هیدروکسید^۱ غلیظ انجام می‌شود. خواص و کیفیت کیتوزان حاصل، به زمان، غلظت و دما در هر مرحله بستگی دارد. مولکول‌های کیتوزان دارای وزن مولکولی متغیری هستند که به درجه پلیمریزاسیون آن بستگی دارد. طول هر پلیمر بیان‌کننده ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی کیتوزان بوده و زمینه کاربرد عملی آن را مشخص می‌کند. لازم به ذکر است که فعالیت کیتوزان بسته به روش تولید آن می‌تواند متفاوت باشد (*Román-Doval et al.*, 2024; *al.*, 2023; *Komarova et al.*, 2024). ساختار شیمیایی کیتوزان علاوه بر وزن مولکولی به درجه استیل‌زدایی^۲ و الگوی آن بستگی دارد. برخلاف کیتین، کیتوزان پلیمری با بار مثبت است و کاتیونی بسیار قوی بوده و در شرایط اسیدی به‌راحتی حل می‌شود. هرچه درجه استیل‌زدایی کیتوزان بالاتر باشد، بارهای مثبت بیشتری بر روی سطح آن به‌وجود می‌آید (*Aranaz et al.*, 2021; *Boroumand et al.*, 2021; *Komarova et al.*, 2024). متأسفانه یکی از چالش‌های استفاده گسترده از کیتوزان در کشاورزی، حالیت ضعیف آن در آب است. به همین علت، مشتقات کیتوزان، در مقایسه با کیتوزان اصلاح نشده از نظر حالیت، افزایش زیست‌سازگاری و در کل بهبود خواص فیزیکوشیمیایی در آن‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند (*Shahid Ul et*

3-N-methylene phosphonic chitosans

4- Carboxymethyl chitosans- CM-chitosan

5- Trimethyl chitosan ammonium

1-NaOH

2- Deacetylation degree- DD

فرنگی تیمارشده با کیتوزان، علاوه بر بروز مقاومت در برابر ویروس موزائیک گوجه‌فرنگی (Tomato mosaic virus- ToMV)، افزایش رشد رویشی گیاه نیز مشاهده شد (جدول ۱) (Chakraborty et al., 2020). همچنین نتایج مشابهی نیز در تیمار گیاه خیار با کیتوزان، در برابر ویروس موزائیک خیار (Cucumber mosaic virus- CMV) نیز مشاهده گردید (Salati et al., 2016).

کیتوزان به عنوان القاکننده واکنش دفاعی در گیاه

گمان بر این است که کیتوزان به گیرنده‌های غشایی سلول متصل شده و موجب تجمع فیتوالکسین‌ها و مواد آنتی‌بیوتیکی با وزن مولکولی کم در بافت‌های گیاهی می‌شود. در نتیجه این فرآیند، سنتز کالوز نیز القاء می‌شود که در دیواره سلولی رسوب کرده و به عنوان مانعی در مقابل نفوذ جانداران بیماری‌زا عمل می‌کند. سرکوب آنزیم‌های پروتئولیتیک آزاد شده توسط بیمارگرها برای نفوذ به بافت‌های گیاهی نیز تحت تأثیر کیتوزان افزایش می‌یابد. همچنین کیتوزان با هدف حفاظت از گیاهان، به صورت پوشش بر روی بذر، برگ و میوه، به عنوان کود در کنترل آزادسازی مواد شیمیایی، افزایش میزان محصول، تحریک جوانه‌زنی و رشد گیاه و کاهش‌دهنده تعرق با تأثیر بر روی روزنه‌ها و بسته شدن آن‌ها نیز کاربرد دارد (Chirkov, 2001; Iriti & Varoni, 2015; Ghasemi Nejad Rasyeni et al., 2025). کیتوزان به دلیل ماهیت پلی‌کاتیونی خود باعث تخریب ساختمان سلولی و تراوش الکترولیت‌ها و پروتئین‌ها شده و بدین ترتیب می‌تواند از رشد بیمارگر مانع نماید (Iriti & Chirkov, 2001; Iriti & Varoni, 2015). مجموع این ویژگی‌ها، کیتوزان را به ترکیبی مؤثر برای تقویت ایمنی گیاه و جایگزینی مناسب برای مواد شیمیایی مضر در مدیریت بیماری‌های گیاهی تبدیل کرده است.

فعالیت ضدویروسی کیتوزان

مطالعات متعددی اثربخشی کیتوزان در مهار بیماری‌های ویروسی گیاهان را تأیید کرده‌اند. چیرکوف (Chirkov, 2001)، داویدوا و همکاران (Davydova et al., 2011) و هی و همکاران (He et al., 2019) گزارش کردند که کیتوزان با مهار انتشار سیستمیک ویروس‌ها و تحریک واکنش فوق حساسیت^۱، می‌تواند آلودگی‌های ویروسی را در خانواده‌های مختلف گیاهی سرکوب کند. برخی یافته‌ها نیز نشان دادند که کیتوزان اگرچه فاقد اثر مستقیم ضدویروسی است، اما با تقویت پاسخ‌های ایمنی گیاه، مقاومت آن را در برابر عوامل ویروسی افزایش می‌دهد (Iriti & Varoni, 2015). برخی گزارش‌ها نشان دادند که کیتوزان هیچ‌گونه فعالیت ضدویروسی مستقیمی ندارد، اما در

BYMVyellow mosaic virus-)، شدت بیماری را در مقایسه با گیاهان با قلا تیمار نشده به شدت کاهش داد (جدول ۱) (Sofy et al., 2020).

سازوکار عمل کیتوزان

کیتوزان به دلیل دارا بودن خواص باکتری‌کشی، قارچ‌کشی و نماتدکشی می‌تواند برخی از بیمارگرها را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد. همچنین کیتوزان سرعت رشد باکتریایی و قارچی را کاهش داده و باعث باروری کمتر و مرگومیر بیشتر آفات می‌شود. مطالعات متعددی در زمینه القای مقاومت در آلودگی‌های ویروسی گیاهان انجام شده است (Salati et al., 2023; Komarova et al., 2024). کیتوزان با به کارگیری دو سازوکار مهم شامل: (۱) عملکرد مستقیم ضد میکروبی در برابر عوامل بیماری‌زا، نظیر آسیب به غشاء پلاسمایی، برهم‌کنش با DNA و RNA (برهم‌کنش‌های الکترواستاتیک) و رسوب بر روی سطح میکروبی و (۲) القای پاسخ‌های دفاعی گیاه ناشی از سیگنال‌دهی پایین دست، فعال‌سازی فاکتور رونویسی، ژن رونویسی و در نهایت فعال‌سازی سلولی پس از شناسایی و اتصال کیتین و کیتوزان توسط گیرنده‌های سطح سلولی، نقش مهمی در کاهش بیماری‌های گیاهی دارد (Saberi Riseh et al., 2022). کیتوزان هم به صورت موضعی و هم سیستمیک قابلیت مهار آلودگی‌های ویروسی را دارد (Komarova et al., 2024). میزان کارایی کیتوزان به دوز کیتوزان، نحوه کاربرد آن و ساختار مولکولی کیتوزان به ویژه وزن مولکولی و درجه استیل‌اسیون بستگی داشته و علاوه بر این موارد، زمان، غلظت و نحوه تیمار گیاه نیز تأثیر قابل توجهی بر تجلی فعالیت ضدویروسی CHT دارد، به طوری که فعالیت ضدویروسی کیتوزان با افزایش وزن مولکولی آن کاهش می‌یابد. شاید بتوان دلیل این امر را توانایی نفوذ بهتر مولکول‌های کوچک کیتوزان در داخل پوشش گیاهی دانست (Komarova et al., 2024). توانایی کیتوزان در مقابله با ویروس‌های گیاهی به دلیل توانایی این پلیمر در تحریک پاسخ دفاعی گیاه میزبان است. کیتوزان قادر به القای مقاومت در برابر تعدادی از آلودگی‌های موضعی و سیستمیک ویروس در میزبان‌های مختلف از خانواده‌های مختلف گیاهی است. فعالیت کیتوزان در خانواده گیاهی Fabaceae بیشتر از سایر خانواده‌ها است (Pospieszny et al., 1991; Komarova et al., 2024). کیتوزان از تکثیر ویروس‌ها و ویروئیدها جلوگیری می‌کند و واکنش فوق حساسیت میزبان در زمان وقوع آلودگی را افزایش می‌دهد (Komarova et al., 2024). چیرکوف (Chirkov, 2002) مشاهده کرد که کاربرد کیتوزان بر روی گیاهان سیب‌زمینی مایه‌زنی شده با ویروس ایکس سیب‌زمینی (Potato virus X, PVX)، مقاومت این گیاهان در برابر ویروس را افزایش داد (جدول ۱). در گیاهان گوجه

های گیاهی اعمال می‌شود، در هسته جایگزین شده و می‌تواند ژن‌های خاصی را در گیاهان فعال کند (Pospieszny et al., 1991). برخی از پلی‌ساکاریدها می‌توانند به‌طور مستقیم وارد سلول میزبان آلوده شده و ویروس‌ها را در همان‌جا از بین ببرند. همچنین برهم‌کنش الکترواستاتیکی بین بار مثبت پلی‌کاتیونی کیتوزان و بار منفی سطح ویروس می‌تواند توانایی آلوده‌کنندگی ویروس را مهار کرده و یا با مختل کردن پوشش پروتئینی^۲ ویروس به‌طور مستقیم آن را از بین ببرد. تشکیل کمپلکس میان کیتوزان و S-protein ویروس، مانع ورود ویروس به داخل سلول میزبان می‌شود (Rendina et al., 2019). نتایج حاصل از محلول‌پاشی نمونه‌های گوجه‌فرنگی با کیتوزان قبل از مایه‌زنی ویروس موزائیک خیار (Cucumber mosaic virus- CMV) به‌منظور بررسی اثربخشی آن به‌عنوان یک روش درمان پیشگیرانه قبل از تلقیح ویروس، نشانگر کاهش قابل توجه (تا ۱۰۰ درصد) تجمع CMV در گیاهان تیمارشده با کیتوزان در مقایسه با نمونه‌های تیمار نشده بود. همچنین عدم وجود علائم زیان‌آور در گیاهان آلوده به CMV، که به‌صورت متوالی تحت تیمار کیتوزان قرار گرفتند، نشان‌دهنده این است که کیتوزان می‌تواند به عنوان یک عامل مهار قوی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه‌بر آن، کاربرد پیشگیرانه کیتوزان در گوجه‌فرنگی‌ها قادر به برانگیختن پاسخ‌های دفاعی در میزبان با هدف مهار آلودگی CMV بود که چنین یافته‌ای ممکن است برای محافظت از عملکرد میوه گوجه‌فرنگی و همچنین سایر محصولات کشاورزی توصیه شود (Rendina et al., 2019).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که کیتوزان پس از کاربرد، مسیرهای متعددی را در گیاه فعال می‌کند که عمدتاً با ایمنی ذاتی و مقاومت اکتسابی مرتبط هستند (Wong et al., 2014). یکی از اجزای مهم این پاسخ، تحریک تجمع اسید سالیسیلیک و فعال‌سازی مسیر مقاومت اکتسابی سیستمیک است. این پاسخ گیاه به‌طور قابل‌توجهی بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. بنابراین، تشخیص اینکه کدام یک از این فرایندها به‌طور ویژه زمینه‌ساز مقاومت اکتسابی در برابر ویروس‌ها است، امری دشوار است. همچنین کیتوزان باعث تحریک تجمع اسید سالیسیلیک^۳ شده و مقاومت اکتسابی سیستمیک را در گیاه فعال می‌کند. میزان مقاومت ایجادشده بستگی به ترکیب میزبان و ویروس و نوع آلودگی دارد. به نظر می‌رسد که SAR در سیستم‌های ویروس-میزبان با آلودگی‌های موضعی، مؤثرتر از آلودگی‌های سیستمیک باشد (Komarova et al., 2024). نشان داده شده است که اسید سالیسیلیک نقش مهمی در دفاع ضدویروسی ایفا می‌کند (Salati et al., 2016). در واقع اسید سالیسیلیک یک

مقابل، پاسخ ایمنی گیاه را تحریک کرده و سازوکارهای دفاع عمومی آن را بهبود می‌بخشد (Iriti & Varoni, 2015). محلول‌پاشی گیاهان ماش (*Vigna radiata*) و نخود (*Pisum sativum*) با کیتوزان از سیستمیک شدن ویروس‌هایی نظیر موزائیک یونجه (*Alfalfa mosaic virus- AMV*)، موزائیک طلایی لوبیا (*Bean golden mosaic virus- BGMV*) و ویروس کوتولگی بادام زمینی (*Peanut stunt virus- PSV*) جلوگیری می‌کند (Pospieszny et al., 2001; Chirkov et al., 1991). درحالی که در گیاه گوجه فرنگی، مانع از توسعه آلودگی سیستمیک ناشی از ویروس موزائیک توتون (*Tobacco mosaic virus- TMV*) و ویروس ایکس سیب‌زمینی (*Potato virus X-PVX*) و ویروئید دوکی شدن غده سیب‌زمینی (*Potato spindle tuber viroid- PSTV*) می‌شود (جدول ۱) (Surguchova et al., 2000; Chirkov et al., 2001). تیمار گیاهان سیب‌زمینی با کیتوزان (یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر)، از آلودگی آن‌ها با PVX و ویروس وی سیب‌زمینی (*Potato virus Y- PVY*) جلوگیری کرد، زیرا در اکثر گیاهان مورد بررسی، ویروس فراتر از برگ‌های تلقیح‌شده حرکت نکرد (جدول ۱) (Surguchova et al., 2000; Chirkov et al., 2001; Komarova et al., 2024). در بررسی کارایی کیتوزان در مهار بیمارگرهای ویروسی، تیمار برگ‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) با پلیمر کیتوزان، تعداد لکه‌های موضعی نکروده‌شده ناشی از ویروس موزائیک یونجه (*Alfalfa mosaic virus- AMV*) را با تحریک مقاومت اکتسابی سیستمیک^۱ کاهش داد (جدول ۱) (Iriti & Varoni, 2015). مطالعات متعددی در مورد القای مقاومت کیتوزان در آلودگی‌های موضعی و سیستمیک گیاهان مختلف به ویروس‌ها انجام شده است (Iriti & Varoni, 2015). لازم به ذکر است که کیتوزان از آلودگی‌های ناشی از ویروس‌ها با ساختارها و سازوکارهایی متفاوت، از طریق ممانعت از بیان ژنوم ویروسی، جلوگیری کرده که می‌تواند نشانگر این احتمال باشد که کیتوزان بدون توجه به نوع ویروس، آلودگی را با تحریک سیستم دفاعی گیاه سرکوب می‌کند (Chirkov, 2002). با وجود اینکه ابهاماتی پیرامون سازوکار اثر ضدویروسی کیتوزان و گلوکان بر آلودگی ویروس‌های گیاهی دیده می‌شود، اما این مشاهدات بر نقش گونه‌های میزبان در القای واکنش دفاعی ضدویروسی اشاره دارد. کیتوزان نه‌تنها در مراحل ابتدای آلودگی ویروسی اثرگذار هست، بلکه ممکن است یکی از مراحل تولیدمثلی ویروس را نیز مسدود کند (Pospieszny et al., 1991). همچنین کیتوزان می‌تواند از تکثیر RNA ویروس جلوگیری کرده، سنتز یک پروتئین خاص ویروسی را مهار کند یا با افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی به پروتوپلاست آسیب رساند. هنگامی که کیتوزان روی سلول

2-Coat protein

3- Salicylic acid-SA

1- Systemic acquired resistance- SAR

مولکول سیگنال است که مسیرهای متعددی را فعال کرده و تغییرات مختلفی را در فیزیولوژی سلول‌های گیاهی و بیان ژن‌ها آغاز می‌کند. اسید سالیسیلیک تأثیر منفی روی تکثیر ویروسی، گسترش بین‌سلولی و حرکت سیستمیک دارد. این نوع تأثیر منفی به ترکیب ویروس-میزبان بستگی دارد. بنابراین، می‌توان میزان تفاوت در فعالیت کیتوزان در مقابل ترکیب‌های مختلف ویروس-میزبان را تا حدی با ویژگی دفاع ضد ویروسی با واسطه SA توضیح داد (Komarova et al., 2024). لازمه وقوع آلودگی‌های ویروسی سه مرحله اصلی، نفوذ به درون سلول میزبان، تکثیر و انتقال ویروس است، که کیتوزان می‌تواند با هر یک از این فرایندها تداخل داشته باشد (شکل ۲) (Komarova et al., 2024). کیتوزان در ابتدا می‌تواند از نفوذ به سلول جلوگیری کند، زیرا هنگامی که از کیتوزان به‌صورت محلول‌پاشی استفاده می‌شود، غشایی بر روی سطح برگ تشکیل می‌دهد و احتمالاً لایه تشکیل‌شده به‌صورت مکانیکی تا حدی از ورود ویروس به درون برگ جلوگیری می‌کند. در مرحله دوم، واکنش‌های ناشی از کیتوزان باعث اختلال در عملکرد ویروس در داخل سلول میزبان می‌شود. تکثیر ویروس شامل چندین رویداد است که کارایی آن به تکثیر RNA ویروسی، ثبات و در دسترس بودن فاکتورهای ضروری سلولی و شدت پاسخ‌های دفاع سلولی بستگی دارد. در نهایت، مرحله‌ای که برای تکثیر کارآمد ویروس بسیار مهم است، جابه‌جایی ویروس در داخل گیاه میزبان می‌باشد. این جابه‌جایی ممکن است به‌صورت گسترش موضعی بین سلولی یا انتقال سیستمیک در میزبان باشد. از آنجایی که کیتوزان سبب تشکیل کالوز نیز می‌شود، در نتیجه رسوب کالوزها در اطراف پلاسمودسماتا^۱ و کاهش نفوذپذیری آن‌ها، حرکت سلول به سلول ویروس نیز کاهش می‌یابد (Komarova et al., 2024). در مجموع، کیتوزان با تحریک ایمنی گیاه و مداخله در فرایندهای کلیدی چرخه ویروس، گزینه‌ای پایدار، زیست‌سازگار و مؤثر در مدیریت بیماری‌های ویروسی گیاهی محسوب می‌شود.

کاربرد نانوذرات کیتوزان در مدیریت بیمارگرهای

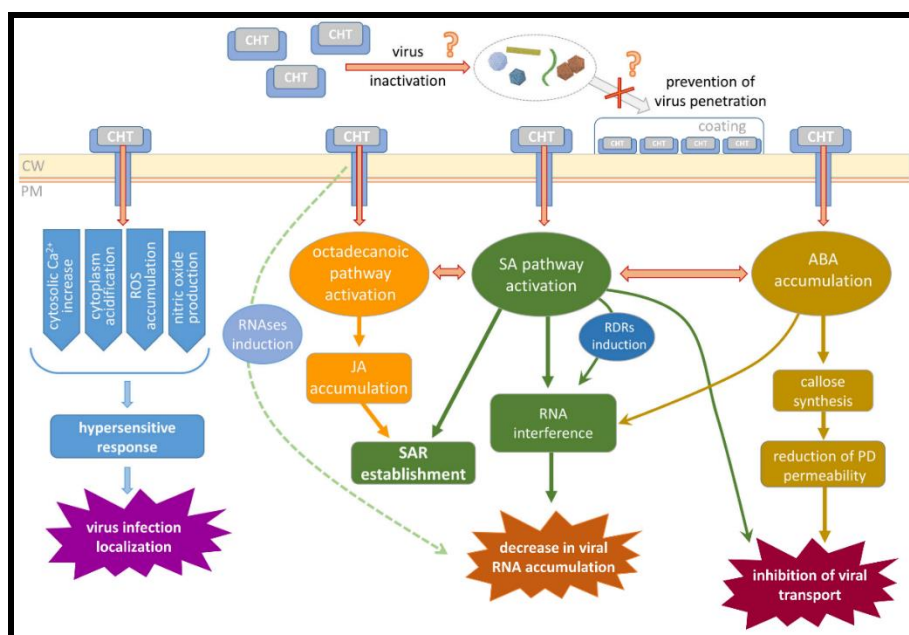
ویروسی گیاهی

نانوذرات کیتوزان^۲ به‌دلیل ساختار نانو و بار سطحی مثبت خود، توانایی بالایی در تقابل با ویروس‌های گیاهی دارند. این نانوذرات با ایجاد اختلال در چرخه تکثیر ویروس، افزایش ایمنی ذاتی گیاه و فعال‌سازی پاسخ‌های دفاعی، به‌عنوان یک ابزار نوین در مهار بیماری‌های ویروسی شناخته شده‌اند. مطالعات مربوط به استفاده از نانوذرات به‌عنوان مواد حامل برای dsRNAها به‌منظور القای مقاومت ویروس

نیز نتایج مثبتی به همراه داشته است (Warghane et al., 2024). اولین مطالعه جامع به‌منظور بررسی توانایی ضدویروسی نانوذرات کیتوزان در برابر ویروس‌های گیاهی توسط ال جمال و همکاران (El Gamal et al., 2022) انجام شد و این در حالی است که در گزارش‌های پیشین به نقش نانوذرات کیتوزان در افزایش قابلیت‌های ضدویروسی در برابر ویروس‌های انسانی مانند ویروس هپاتیت C (Hepatitis C virus) و HIV (Human immunodeficiency virus) اشاره شده است (El Gamal et al., 2022; Warghane et al., 2024). نانوذرات با اندازه‌های بین یک تا ۱۰۰ نانومتر، به‌دلیل نسبت سطح به حجم زیادشان ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی برتری را در مقایسه با مواد بزرگ‌تر از خود ایجاد می‌کنند. از آنجایی که همه ویروس‌های گیاهی ذرات بیولوژیکی در اندازه نانو هستند، منطقی است که استدلال کنیم کیتوزان در شکل مبتنی بر نانو می‌تواند فعالیت ضدویروسی را با هدف قرار دادن ذرات ویروس و متوقف کردن فرآیند تکثیر آن‌ها در بافت‌های میزبان باعث شود (El Gamal et al., 2022). علاوه بر این، نانوذرات کیتوزان یکپارچگی ویروس را با تولید ذرات ویروسی ناقص و معیوب تغییر می‌دهد. ممکن است نانوذرات کیتوزان سنتز شده دارای سطحی با بارهای مثبت باشد و باعث تجمع آمینوها با بار مثبت بر روی زنجیره‌های پلیمری کیتوزان گلوکزآمین شود. از آنجایی که همه پروتئین‌های ویروسی دارای دسته‌هایی از پروتئین‌های گلیکول با بار منفی هستند، فرض بر این است که نانوذرات با بار مثبت می‌توانند پروتئین پوشش ویروس را نیز هدف قرار دهند. این امر می‌تواند نشان‌دهنده نقش نانوذرات کیتوزان در مهار ویروس‌های گیاهی باشد (El Gamal et al., 2022). نتایج نشان می‌دهد که کاربرد این نانوذرات با کاهش بیماری‌زایی ویروس و افزایش مشخصه‌های رشدی در گیاه، مانع از وقوع کوتولگی می‌شود (El Gamal et al., 2022). همچنین نانوذرات کیتوزان به‌عنوان تقویت‌کننده رشد گیاه مورد بررسی قرار گرفته‌اند (شکل ۳) (El Gamal et al., 2022).

1- Plasmodesmata

2- Chitosan Nanoparticles (ChiNPs)

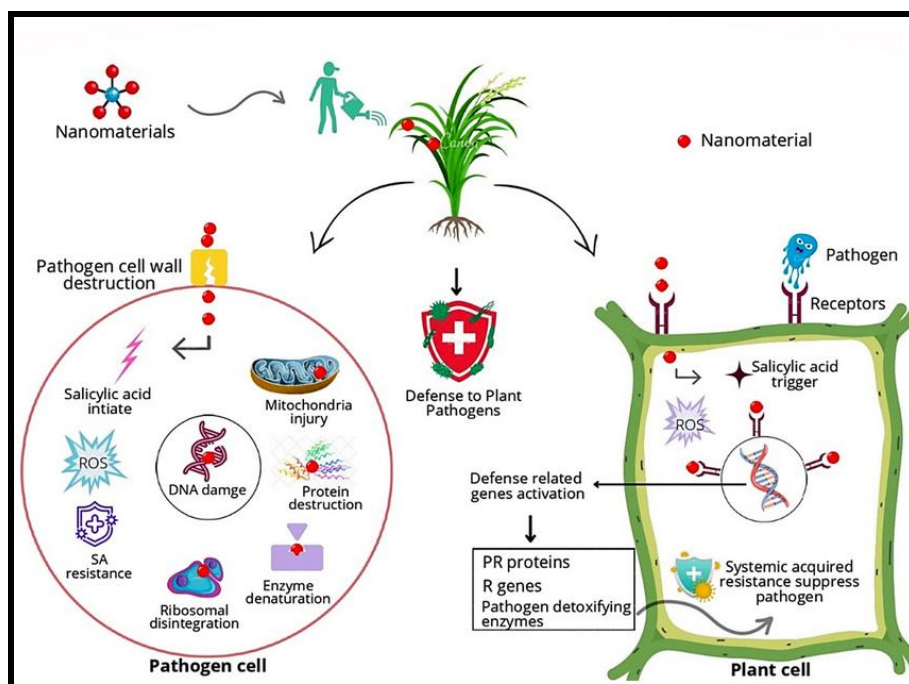


شکل ۲- نمایش شماتیک سازوکارهای احتمالی مربوط به مقاومت گیاه با واسطه کیتوزان در آلودگی‌های ویروسی

Figure 2- Schematic representation of the putative mechanisms related to CHT-mediated plant resistance to viral infection

CW: دیواره سلولی؛ PM: غشای پلاسمایی؛ ROS: گونه‌های فعال اکسیژن؛ RNA: ریبونوکلائزها؛ SA: اسید سالیسیلیک؛ RDRs: RNA وابسته به RNA پلیمرازها؛ SAR: مقاومت اکتسابی سیستمیک؛ PD: پلاسمودسماتا

CW, cell wall; PM, plasma membrane; ROS, reactive oxygen species; RNases, ribonucleases; SA, salicylic acid; RDRs, RNA-dependent RNA polymerases; SAR, systemic acquired resistance; PD, plasmodesmata



شکل ۳- نقش نانوذرات در فعال کردن پاسخ‌های ایمنی و سرکوب بیمارگرهای گیاهی

Figure 3- The role of nanoparticles in activating immune responses and suppressing plant pathogens

جدول ۱- کاربرد کیتوزان به منظور القای مقاومت گیاه در برابر آلودگی‌های ویروسی
Table 1- Chitosan application for induction of plant resistance to viral infections.

Plant	Virus	Type of chitosan	Effect	References
<i>Phaseolus vulgaris</i> (bean)	AMV	CHT from krill and crab	Treatment of Bean leaves with chitosan reduced the number of local necrotic spots caused by AMV by inducing systemic acquired resistance.	Iriti & Varoni, 2015
	BYMV	Nanochitosan	This formulation led to the stimulation of genes involved in resistance including PR-1	El Gamal <i>et al.</i> , 2022
<i>Vicia faba</i> (faba bean)	BYMV	CHT from krill and crab	By inducing host resistance against BYMV, disease severity was reduced compared to untreated plants.	Sofy <i>et al.</i> , 2020
<i>Solanum tuberosum</i> (potato)	PVX, PVY	CHT from krill and crab	Chitosan (1mg/ml) prevented infection with PVX and PVY as the virus did not move beyond the inoculated leaves in most of the plants tested.	Chirkov, 2002; Komarova <i>et al.</i> , 2024
<i>Solanum lycopersicum</i> (tomato)	ToMV	CHT from krill and crab		Chakraborty <i>et al.</i> , 2020
	PVX	CHT from krill and crab	Inducing resistance against TOMV and increasing plant vegetative growth	Komarova <i>et al.</i> , 2024
			Reducing in the number of plants systemically infected with PVX.	
	PSTV	CHT from krill and crab	Prevents the development of systemic infection caused by PSTV	Komarova <i>et al.</i> , 2024
	CMV	CHT from krill and crab	The use of chitosan as a preventive treatment before CMV inoculation was able to prevent its accumulation in the plant by 100% and prevented the development of systemic infection.	
			Prevents the development of systemic infection	Rendina <i>et al.</i> , 2019
		CHT from krill and crab		Komarova <i>et al.</i> , 2024
	TMV			
<i>Cucumis melo</i> (melon)	CMV, CYSDV, CABYV	CHT from krill and crab	Development of resistance to viral infections and increased plant vegetative growth	Salati <i>et al.</i> , 2023
<i>Capsicum annuum</i> (pepper)	CMV, PMMV	Nanochitosan	Leads to increased expression of resistance causing genes NPR1 and cysteine protein inhibitor	Gangireddygari <i>et al.</i> , 2021
		Nanochitosan	The application of chitosan nanoparticles 24 hours after artificial infection with AMV had an inhibitory effect of up to 90%.	El-Ganainy <i>et al.</i> , 2023
	AMV			
<i>Nicotiana glutinosa</i>	AMV	Nanochitosan	In greenhouse conditions, it reduced disease severity and reduced virus accumulation. In addition, it induced genral acquired resistance, increased total carbohydrates and total phenolic content.	Abdelkhalek <i>et al.</i> , 2021

CYSDV: ویروس کوتولگی زرد کدوئیان، CABYV: ویروس زردی شته‌زاد کدوئیان، PMMV: ویروس موزائیک خفیف فلفل (پیسک)

CYSDV: Cucurbit yellow stunting disorder virus, CABYV: Cucurbit Aphid-Borne Yellows Virus, PMMV: Pepper mild mottle virus

نتیجه‌گیری

مدنظر قرار گیرد. نکته مهم در به‌کارگیری این ترکیب توجه به وزن مولکولی کیتوزان اولیه می‌باشد و جنبه کاربردی دیگر آن حفظ شرایط استفاده پایدار آن در اختلاط با سایر مواد شیمیایی که باعث تغییر pH محلول می‌شوند، می‌باشد. از طرف دیگر به‌کارگیری این پلیمر و محصولات نانوذره مبتنی بر آن، جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی سنتی بوده، که این امر گامی مهم در جهت کاهش مصرف سموم شیمیایی و برقراری کشاورزی پایدار می‌باشد. در نهایت، انجام تحقیقات بیشتر در زمینه تعیین دوز بهینه، زمان‌بندی مصرف، و هم‌افزایی با سایر ترکیبات زیستی، می‌تواند نقش کیتوزان را در سیستم‌های مدیریت تلفیقی بیماری تقویت کند.

کیتوزان و مشتقات آن، به‌عنوان ترکیبات زیستی فعال، توانایی چشم‌گیری را در تحریک مسیرهای دفاعی گیاه و افزایش مقاومت در برابر آلودگی‌های ویروسی نشان داده‌اند. بررسی‌های آزمایشگاهی و میدانی، به‌ویژه مطالعات اجراشده در مزارع کشاورزی استان خراسان رضوی، مؤید آن است که استفاده از کیتوزان می‌تواند شدت آلودگی‌های ویروسی را کاهش داده و هم‌زمان منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاه شود. بنابراین، این پلیمر می‌تواند به‌عنوان یک عنصر مهم برای توسعه فرمولاسیون‌های فعال زیستی با هدف حفاظت از گیاهان در مقابل عوامل بیماری‌زای مختلف، به‌ویژه در برابر آلودگی‌های ویروسی

References

1. Abdelkhalek, A., Qari, S.H., Abu-Saied, M.A.A.R., Khalil, A.M., Younes, H.A., Nehela, Y., & Behiry, S.I. (2021). Chitosan nanoparticles inactivate alfalfa mosaic virus replication and boost innate immunity in *Nicotiana glutinosa* plants. *Plants*, 10(12), 2701. <https://doi.org/10.3390/plants10122701>
2. Aranaz, I., Alcántara, A.R., Civera, M.C., Arias, C., Elorza, B., Heras Caballero, A., & Acosta, N. (2021). Chitosan: An overview of its properties and applications. *Polymers*, 13, 3256. <https://doi.org/10.3390/polym13193256>
3. Boroumand, H., Badie, F., Mazaheri, S., Seyedi, Z.S., Nahand, J.S., Nejati, M., Baghi, H.B., Abbasi-Kolli, M., Bاده‌نووش, B., Ghandali, M., Hamblin, M.R., & Mirzaei, H. (2021). Chitosan-based nanoparticles against viral infections. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, 643953. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.643953>
4. Chakraborty, M., Hasanuzzaman, M., Rahman, M., Khan, M.A., Bhowmik, P., Mahmud, N.U., Tanveer, M., & Islam, T. (2020). Mechanism of plant growth promotion and disease suppression by chitosan biopolymer. *Agriculture*, 10(12), 624. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120624>
5. Chirkov, S.N., Il'ina, A.V., Surgucheva, N.A., Letunova, E.V., Varitsev, Y.A., Tatarinova, N.Y., & Varlamov, V.P. (2001). Effect of chitosan on systemic viral infection and some defense responses in potato plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 48(6), 774–779. <https://doi.org/10.1023/A:1012508625017>
6. Chirkov, S.N. (2002). The antiviral activity of chitosan (review). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(1), 1–8. <https://doi.org/10.1023/A:1013206517442>
7. Davydova, V.N., Nagorskaya, V.P., Gorbach, V.I., Kalitnik, A.A., Reunov, A.V., Solov'eva, T.F., & Yermak, I.M. (2011). Chitosan antiviral activity: Dependence on structure and depolymerization method. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 47(1), 103–108. <https://doi.org/10.1134/S0003683811010042>
8. El Gamal, A.Y., Atia, M.M., El Sayed, T., Abou-Zaid, M.I., & Tohamy, M.R. (2022). Antiviral activity of chitosan nanoparticles for controlling plant-infecting viruses. *South African Journal of Science*, 118(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.17159/sajs.2022/10693>
9. El-Ganainy, S.M., Soliman, A.M., Ismail, A.M., Sattar, M.N., Farroh, K.Y., & Shafie, R.M. (2023). Antiviral activity of chitosan nanoparticles and chitosan silver nanocomposites against alfalfa mosaic virus. *Polymers*, 15(13), 2961. <https://doi.org/10.3390/polym15132961>
10. Gangireddygar, V.S.R., Chung, B.N., Cho, I.S., & Yoon, J.Y. (2021). Inhibitory effect of chitosan and phosphate cross-linked chitosan against cucumber mosaic virus and pepper mild mottle virus. *The Plant Pathology Journal*, 37(6), 632–640. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.10.2021.0155>
11. Ghasemi Nejad Rayeni, H., Pahlavan Yali, M., & Bozorg Amir-Kalaei, M. (2025). Evaluation of chitosan, gamma-aminobutyric acid and potassium silicate on some biochemical parameters of pistachio tree to induce resistance against pistachio psyllid (*Agonoscyta pistaciae*). *Iranian Plant Protection Research*, 39(3), 269–282. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.91135.1212>
12. He, X., Xing, R., Liu, S., Qin, Y., Li, K., Yu, H., & Li, P. (2019). The improved antiviral activities of amino-modified chitosan derivatives on Newcastle virus. *Drug and Chemical Toxicology*, 44(4), 335–340. <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1620264>
13. Iriti, M., & Varoni, E.M. (2015). Chitosan-induced antiviral activity and innate immunity in plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(4), 2935–2944. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3571-7>

14. Jaber, N., Al-Remawi, M., Al-Akayleh, F., Al-Muhtaseb, N., Al-Adham, I.S.I., & Collier, P.J. (2022). A review of the antiviral activity of chitosan, including patented applications and its potential use against COVID-19. *Journal of Applied Microbiology*, 132(1), 41-58. <https://doi.org/10.1111/jam.15202>
15. Jain, A., Gulbake, A., Shilpi, S., Jain, A., Hurkat, P., & Jain, S.K. (2013). A new horizon in modifications of chitosan: Syntheses and applications. *Critical Reviews™ in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 30(2), 91-181. <https://doi.org/10.1615/critrevtherdrugcarriersyst.2013005678>
16. Komarova, T., Shipounova, I., Kalinina, N., & Taliansky, M. (2024). Application of chitosan and Its derivatives against plant viruses. *Polymers*, 16(22), 3122. <https://doi.org/10.3390/polym16223122>
17. Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan effects on plant systems. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 996. <https://doi.org/10.3390/ijms17070996>
18. Mesas, F.A., Terrile, M.C., Silveyra, M.X., Zuñiga, A., Rodriguez, M.S., Casalongué, C.A., & Mendieta, J.R. (2021). The water-soluble chitosan derivative, N-methylene phosphonic chitosan, Is an effective fungicide against the phytopathogen *Fusarium eumartii*. *Plant Pathology Journal*, 37(6), 533-542. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.06.2021.0090>
19. Pospieszny, H., Chirkov, S., & Atabekov, J. (1991). Induction of antiviral resistance in plants by chitosan. *Plant Science*, 79, 63–68. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(91\)90070-O](https://doi.org/10.1016/0168-9452(91)90070-O)
20. Rendina, N., Nuzzaci, M., Scopa, A., Cuypers, A., & Sofo, A. (2019). Chitosan-elicited defense responses in cucumber mosaic virus (CMV)-infected tomato plants. *Journal of Plant Physiology*, 234-235, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.01.003>
21. Román-Doval, R., Torres-Arellanes, S.P., Tenorio-Barajas, A.Y., Gómez-Sánchez, A., & Valencia-Lazcano, A.A. (2023). Chitosan: Properties and its application in agriculture in context of molecular weight. *Polymers*, 15, 2867. <https://doi.org/10.3390/polym15132867>
22. Saberi Riseh, R., Hassanisaadi, M., Vatankhah, M., Abdani Babaki, S., & Ait Barka, E. (2022). Chitosan as a potential natural compound to manage plant diseases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 220, 998-1009. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.109>
23. Salati, M., Bananej, K., Kazemi Moghdam, M., Housseini, M., Vahid Housseinnia, S., Hadizadse, M.H., & Afzali, H. (2016). Evaluation of chitosan and salicylic acid application in reducing severity of two main cucumber viral diseases. Agriculture Research, Education and Promotion Organization. Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Training Center, 49534.
24. Salati, M., & Bananej, K. (2021). Feasibility study on application of different polyethylene mulch types to control of important virus diseases and sucking pests in melon. *Applied Field Crops Research*, 34(2), 99–119. <https://doi.org/10.22092/aj.2021.341671.1452>
25. Salati, M., Bananej, K., & Rastegar, A. (2021). Identification of viral agent associated in yellowing symptoms in melon seed fields in Khorasan Razavi province. Agriculture Research, Education and Promotion Organization. Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and Training Center, 59549.
26. Salati, M., Bananej, K., Gharouni, S., Houseini, M.R., & Gholampou, Z. (2023). Enhancing melon tolerance to cucurbit aphidborne yellows virus and cucurbit yellow stunting disorder virus using defense activator. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 13(2), 167–177. <https://doi.org/10.22034/arpp.2024.17688>
27. Shahid Ul, I., Butola, B.S., & Verma, D. (2019). Facile synthesis of chitosan-silver nanoparticles onto linen for antibacterial activity and free-radical scavenging textiles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 1134–1141. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.186>
28. Shariatnia, Z. (2018). Carboxymethyl chitosan: properties and biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120(Pt B), 1406–1419. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.131>
29. Sofy, A.R., Hmed, A.A., Alnaggar, A.E.A.M., Dawoud, R.A., Elshaarawy, R.F.M., & Sofy, M.R. (2020). Mitigating effects of bean yellow mosaic virus infection in faba bean using new carboxymethyl chitosan-titanium nanobiocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 1261-1275. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.066>
30. Surguchova, N.A., Varitsev, Yu. A., & Chirkov, S.N. (2000). The inhibition of systemic viral infections in potato and tomato plants by chitosan treatment. *Journal of Russian Phytopathological Society*, 1, 59-62.
31. Warghane, A., Saini, R., Shri, M., Andankar, I., Ghosh, D.K., & Chopade, B.A. (2024). Application of nanoparticles for management of plant viral pathogen: current status and future prospects. *Virology*, 592, 109998. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2024.109998>
32. Wong, M., Salati, M., & Kwan, Y. (2014). Nitric Oxide in Relation to Plant Signaling and Defense Responses. In M. Nasir Khan, J. C. Francisco, & M. Firoz, (eds.) *Nitric Oxide in plants: metabolism and role in stress physiology*. (pp.265-281). Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06710-0_16

Research Article

Vol. 39, No. 4, 2026, p. 373-384



Efficacy of Two Plant-Base Fungicides, Mildew Cut, and Allicin Against Powdery Mildew (*Golovinomyces cichoracearum*) of Greenhouse Cucumber (*Cucumis sativus*)

M. Najafiniya^{1*}, M. R. Eslahi², L. Dehghan³

1- Plant Disease Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran

2- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khuzestan Province, AREEO, Ahvaz, Iran

3- Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Tehran, AREEO, Varamin, Iran

(*- Corresponding author's Email: m.najafinia@areeo.ac.ir)

Received: 15-07-2025
Revised: 10-09-2025
Accepted: 20-09-2025
Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:

Najafiniya, M., Eslahi, M.R., & Dehghan, L. (2026). The efficacy of two plant-base fungicides, mildew cut, and allicin against powdery mildew of greenhouse cucumber. *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 373-384. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94438.1242>

Introduction

Cultivation of vegetable crops under greenhouse conditions is an important strategy to increase productivity and total production in Iran. Environmental conditions (high humidity and proper temperature) are favorable for the emergence and spread of diseases. Sometimes, despite of good agricultural operations, the incidence of downy and powdery mildew may have resulted a severe economic loss. So, the application of fungicides to control fungal diseases is inevitable. Several airborne diseases have affected the cultivation of greenhouse cucumbers. Powdery mildew disease, caused by *Golovinomyces cichoracearum* is one of the most important diseases of cucumber (*Cucumis sativus*). Due to the importance of producing a healthy crop, extensive research has been conducted to reduce the use of chemical pesticides and find alternatives to these substances in various plants. Given the fresh consumption of cucumbers and the importance of pesticide residues, and in order to produce a healthier crop, the need to use effective, low-cost and low-risk fungicides is doubly urgent. Microbial and plant-based fungicides are promising alternate for chemical fungicides. This study was conducted to investigate efficacy of the plant-based fungicides, Mildew cut and Allicin in controlling powdery mildew disease in cucumber. Mildew Cut fungicide contains 10% garlic oil (0.03% allicin) and 3% clove essential oil (2.2% ozonol) and has an EC formulation of 13%. This is a protective fungicide and the presence of oil in its formulation causes formation of a protective layer on the surface of the host leaf and prevents attachment, germination of fungal spores and entry of the spore tube and mycelium causing superficial powdery mildew into the host. Allicin fungicide is a biological fungicide based on plant extract, with the trade name Allicin and with a microcapsule formulation (ME 5%).

Materials and Methods

In this research, efficacy of two plant base fungicides including Mildew cut (EC 13%) at the rates of 4, 5, 6 g



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/jpp.2025.94438.1242>

L⁻¹ and Allicin (ME 5%) at the rates of 0.5, 1 and 1.5 g L⁻¹ was evaluated to control cucumber powdery mildew disease in greenhouse conditions. Their effectiveness was compared with Cidely Top and a water-treated control. This research was conducted in the form of randomized complete block design with eight treatments and three replications, conducted across two provinces, Tehran and Khuzestan. Each experimental plot was four meters long and consisted of two rows of plants with a row spacing of 25 to 30 cm and a plant spacing of 30 to 35 cm in each row. In each experimental plot, 10 plants were randomly selected and marked. When the first signs of disease were observed, the desired treatments were applied using a 20-liter backpack sprayer. The sprays were repeated at 7 to 10 day intervals until disease severity in the control plots exceeded 50%. Evaluation of the disease severity was performed before each spraying by Horsfall and Barratt method using a scoring system of one to seven (Horsfall and Barratt, 1945)

Results and discussion

The obtained data from both regions showed that Allicin, at concentrations of 1 and 1.5 g L⁻¹ exhibited 83 and 88.08% control efficiency, respectively. Similarly, Mildew cut, at concentrations of 5 and 6 g L⁻¹ provided control efficiencies of 84.6% and 86.6%, that were comparable to the Cidely Top as the control treatment (0.75 g L⁻¹) with 82.7% efficiency. Results of the current research indicated that the plant-based fungicides, Mildew cut at a concentration of 5 g L⁻¹ and Allicin at a concentration of 1 g L⁻¹ can be suggested as a substitute or alternately with chemical fungicides to control powdery mildew disease of cucumber. Following appearance of disease symptoms, foliar spraying begins and repeat for two to three times at an interval of 7 to 10 days. The use of fungicides as a complement to the management strategies of airborne diseases such as powdery mildew is necessary. Moreover, emergence of resistance to fungicides and the need to replace high-risk fungicides with safe and plant-based products, continuous evaluation of new fungicides is crucial. Results of the present study showed that the plant-based compounds, including Mildew cut (5 g L⁻¹) and Allicin (1 g L⁻¹), can be used as substitutes or in alternation with chemical fungicides in integrated management of cucumber powdery mildew.

Conclusion

Our findings indicated that the plant-based fungicides Allicin (1 g L⁻¹) and Mildew Cut (5 g L⁻¹) exhibit control potency comparable to that of the chemical fungicide Cidely Top. These products can be used as complementary options in integrated management strategies against cucumber powdery mildew.

Keywords: Chemical control, Cucurbits, Powdery mildew, Resistance

تأثیر دو قارچ کش گیاه-پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک پودری (*Golovinomyces cichoracearum*) خیار (*Cucumis sativus*) گلخانه‌ای

موسی نجفی نیا^{۱*} - محمدرضا اصلاحی^۲ - لاله دهقان^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۹

چکیده

یکی از بیماری‌های مهم خیار (*Cucumis sativus*)، بیماری سفیدک پودری است که توسط گونه قارچی *Golovinomyces cichoracearum* ایجاد می‌شود. در این تحقیق، کارایی دو قارچ کش گیاه-پایه میلدیوکات (EC 13%) در دُزهای چهار، پنج و شش گرم در لیتر و آلیسین (ME 5%) در دُزهای ۰/۵، یک و ۱/۵ گرم در لیتر علیه بیماری سفیدک پودری خیار در شرایط گلخانه ارزیابی و با قارچ کش سیدلی تاپ با دُز ۰/۷۵ گرم در لیتر و شاهد (آب) مقایسه گردید. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در دو استان تهران و خوزستان اجرا شد. اعمال تیمارها با مشاهده علائم بیماری آغاز و به فاصله هفت تا ۱۰ روز یک بار تکرار شد. ارزیابی شدت بیماری به روش هورسفال و بارات و با سیستم نمره‌دهی یک تا هفت انجام شد. میانگین داده‌های هر دو منطقه نشان داد که قارچ کش آلیسین در غلظت‌های یک و ۱/۵ گرم در لیتر به ترتیب کارایی مهار ۸۳ و ۸۸/۰۸ درصد و قارچ کش میلدیوکات در غلظت‌های پنج و شش گرم در لیتر، به ترتیب کارایی مهار ۸۴/۶ و ۸۶/۶ درصد و قارچ کش سیدلی تاپ کارایی مهار ۸۲/۷ درصد داشتند. با توجه به نتایج این تحقیق، ترکیبات گیاه-پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آلیسین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار مورد استفاده قرار گیرند. شروع محلول‌پاشی به محض مشاهده علائم بیماری و طی دو تا سه نوبت و به فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سفیدک حقیقی، جالیز، مهار شیمیایی، مقاومت

مقدمه

با توجه به ضرورت افزایش بهره‌وری و افزایش میزان تولید به‌ازای آب مصرفی و از طرف دیگر با توجه به خشکسالی‌های پی‌درپی در کشور ایران، توسعه کشت‌های گلخانه‌ای مورد توجه هستند. شرایط گلخانه از نظر رطوبت و دما برای ظهور و گسترش

بیماری‌ها مساعد بوده و در برخی از فصول، علی‌رغم رعایت بهداشت و اصول زراعی، استفاده از قارچ کش‌ها برای مدیریت برخی بیماری‌ها مانند سفیدک پودری خیار اجتناب‌ناپذیر است و در صورت عدم تشخیص به‌موقع و عدم پیشگیری، ممکن است خسارت اقتصادی شدیدی وارد آید (McGrath, 2005). سفیدک پودری از بیماری‌های مهم کدوئیان در مناطق خشک و معتدل است (Sirous et al., 2012). تا سال ۱۹۵۸ گونه *Erysiphe cichoracearum* DC. به‌عنوان عامل اصلی بیماری سفیدک پودری در دنیا محسوب می‌شد، ولی تحقیقات بعدی نشان داد که گونه *Sphaerotecha fuliginea* Pollacci (Schlechtend.:Fr.) ته‌اجم بالاتری نسبت به گونه قبلی برخوردار است (McGrath, 2011). در ایران، بابایی اهری و همکاران (Babai-Aharai et al., 2012) گونه غالب عامل بیماری سفیدک پودری خیار را *Golovinomyces cichoracearum* (U. Braun) V.P. Heluta

۱- بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۳- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران

(*)- نویسنده مسئول: Email: m.najafinia@areeo.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94438.1242>

معرفی نمودند. خداپرست (Khodaparast, 2016) در شمال کشور، گونه *Podosphaera xanthii* را همچنین به عنوان عامل سفیدک سطحی روی کدوئیان معرفی نموده است. گونه *E. cichoracearum* از نظر زیست‌شناسی، درجه حرارت‌های پایین‌تری را نسبت به گونه *S. fuliginea* دوست دارد و لذا در فصل بهار و نیز اوایل تابستان‌های خنک، شیوع بیشتری دارد، درحالی‌که *S. fuliginea* در ماه‌های گرم گسترش بیشتری دارد (McGrath, 2011). شرایط بهینه برای گسترش بیماری، دمای ۲۴ تا ۲۹ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ تا ۹۵ درصد می‌باشد. تابش مستقیم آفتاب در کاهش شدت بیماری مؤثر است (Hector et al., 2006). پیشرفت‌های مولکولی باعث ایجاد تغییراتی در رده‌بندی و شناسایی قارچ‌های عامل بیماری سفیدک پودری خیار شده است و در حال حاضر، اسامی دو گونه *S. fuliginea* و *E. cichoracearum* به ترتیب به نام‌های (Castagne) *Podosphaera fusca* (synonym= U. Braun & Shishkoff) و *P. xanthii* و *Golovinomyces cichoracearum* تغییر یافته است (Pérez-Garcia, 2009; Braun & Cook, 2012; Braun et al., 2019). بروز بیماری سفیدک سطحی و گسترش علائم بیماری روی اندام‌های مختلف خیار مانند برگ، جوانه و میوه گزارش شده است (Zitter et al., 1996). بیماری سفیدک سطحی خیار از طریق کاهش تعداد و اندازه میوه باعث کاهش عملکرد می‌شود (Mossler & Nesheim, 2005). روش‌های مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز برای گونه‌های مختلف عامل بیماری و نژادهای مختلف آن‌ها مشابه بوده و متکی به روش‌های تلفیقی و تشخیص به موقع بیماری است (McGrath, 2005). به دلیل قابلیت بالای انتشار کنیدیوم بیمارگر و جوانه‌زنی آن‌ها در رطوبت نسبی پایین، روش‌های زراعی مثل تناوب، کارایی چندانی در مهار بیماری نداشته و یا بی‌اثر است (McGrath, 2005). راهکارهای متکی بر استفاده از ارقام متحمل و مقاوم به بیماری، استفاده از ترکیبات غیرسمی برای میزبان مثل روغن‌های طبیعی و معدنی، سیلیکون، نمک‌های سدیم، آمونیوم و پتاسیم که با سازوکارهای ناشناخته‌ای بروز بیماری را کاهش می‌دهند و همچنین عوامل زیستی و ترکیبات شیمیایی مانند اسیدآسکوربیک و کیتوزان که موجب القاء مقاومت می‌شوند از اجزای مدیریت بیماری سفیدک پودری جالیز هستند (Hector et al., 2006). گوگرد یکی از قارچ‌کش‌های طبیعی است که سالیان طولانی برای مبارزه با طیف وسیعی از بیماری‌های سفیدک پودری محصولات مختلف مورد استفاده قرار گرفته و تحقیقات نشان داده است که قارچ‌کش‌های غیرسیستمیک مثل ترکیبات گوگردی و مسی دارای اثر نسبی در مهار بیماری سفیدک پودری هستند (Hector et al., 2006). براساس گزارش موجود، ترکیبات گوگردی دارای اثر کامل در مهار بیماری سفیدک پودری به‌خصوص روی میزبان کدو نیستند (Mossler & Nesheim, 2005). بررسی‌ها نشان داده است

که برخی از گونه‌های کدوئیان مثل طالبی به ترکیبات گوگردی حساس هستند (Hector et al., 2006). تاکنون برای مهار بیماری سفیدک پودری جالیز، قارچ‌کش‌های متعددی از جمله آزوکسی استروبین + دیفنو کونازول (ارتیواتاپ 32.5% SC)، دیفنو کونازول + سیفلوفنامید (سیدلی تاپ)، اسینزولر-اس-متیل (بیون، اکتی گارد و بندیکار)، کلروتالونیل (داکونیل)، هگزا کونازول (آنویل)، پنکونازول (توپاس)، تتراکونازول (دومارک 10% EC)، تریادیمفون (بایلتون)، کروکسیم متیل (استروبی 50% WG)، بیکرنات پتاسیم (کالیبان)، ایمونکادین تریس (بلکیوت 40% WP)، تریفلوکسی استروبین (فلینت 50% WG)، میلدیوکیور 80% L، سولفور با نام‌های تجاری تیوویت، کومولوس و سولفولاک 80% WP برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار در ایران به ثبت رسیده‌اند (Azimi, 2012; 2014, 2016; Shikhi et al., 2015; Gerami et al., 2019). تأثیر عصاره برخی از گیاهان دارویی مانند ریواس (*Rheum ribes* L)، ریشه ترشک (*Rumex palmatum* L)، فریون (*Euphorbia humifusa* L) و اقاقیای سفید (*Robinia pseudoacacia* L) در مهار بیماری سفیدک پودری خیار مؤثر گزارش شده است (Tang et al., 2003; Kim et al., 2004). تأثیر عصاره گیاهان اسفناج (*Spinacia oleracea* L)، چغندر (*Beta vulgaris* L)، ترب (*Raphanus sativus* L)، شلغم (*Brassica rapa* L) و فلفل (*Capsicum annuum* L) با غلظت پنج درصد در کاهش شدت بیماری سفیدک پودری خیار مؤثر گزارش شده است، ولی هیچ اشاره‌ای به مواد مؤثره عصاره گیاهان مذکور نشده است (Siros et al., 2012).

در ایران، بیماری سفیدک پودری خیار عمدتاً توسط قارچ *G. cichoracearum* ایجاد می‌شود و در اغلب مناطقی که خیار کشت می‌شود، این بیماری شایع است (Siros et al., 2012). با توجه به اهمیت تولید محصول سالم، تحقیقات متعددی برای کاهش مصرف سموم شیمیایی و یافتن جایگزین‌هایی برای این مواد در گیاهان مختلف صورت گرفته است (Newman et al., 2012; Marchese et al., 2016; Gholamzadeh-Bazar Bash et al., 2025).

با توجه به مصرف تازه‌خوری خیار و اهمیت باقی‌مانده سموم و در راستای تولید محصول سالم‌تر، ضرورت استفاده از قارچ‌کش‌های مؤثر قارچ‌کش‌های با پایه عوامل کم‌مصرف و کم‌خطر دوچندان است میکروبی و عصاره‌ها و ترکیبات گیاهی در صورت داشتن کارایی و اثربخشی مهار بیماری، می‌توانند جایگزین سالمی برای قارچ‌کش‌های شیمیایی بوده و یا حداقل در تناوب با برخی از آن‌ها استفاده شده و میزان مصرف قارچ‌کش‌ها را کاهش دهند. این تحقیق به منظور بررسی کارایی قارچ‌کش‌های گیاه‌پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک پودری خیار انجام شده است. قارچ‌کش میلدیوکات

قبل از هر نوبت اعمال تیمارها انجام و تکرار محلول پاشی بعد از هفت تا ۱۰ روز بوده و تا رسیدن آلودگی در شاهد به بالای ۵۰ درصد، ادامه یافت. ارزیابی شدت بیماری براساس سیستم نمره دهی هورسفال و بارات (نمره یک تا هفت) انجام گردید. جهت ارزیابی، در هر کرت آزمایشی، تعداد ۱۰ برگ از ۱۰ بوته نشان گذاری شده انتخاب گردید (برگ ها در سه منطقه شامل یک سوم انتهایی، یک سوم میانی و یک سوم ابتدایی هر بوته انتخاب شدند).

شاخص شدت بیماری (DSI) با سیستم نمره دهی چشمی یک تا هفت به شرح (جدول ۲) انجام شد (Horsphal & Barratt, 1945). شاخص شدت بیماری برای هر کرت از طریق معادله (۱) محاسبه گردید.

$$DS = \sum \left(\frac{n_i \times v_i}{n \times v} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در آن، DS: شدت بیماری، Ni: تعداد گیاهان آلوده با نمره مشابه، Vi: نمره بیماری از ۱ تا ۷، N: تعداد کل برگ های مورد ارزیابی و V: بالاترین نمره بیماری (۷) است. داده های حاصل به وسیله نرم افزار آماری SAS ارزیابی شد و میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. اثربخشی تیمارها در کاهش بیماری در مقایسه با شاهد با استفاده از معادله (۲) برای داده ها محاسبه شد.

$$\text{کاهش بیماری تیمار} = \frac{\text{شدت بیماری تیمار} - \text{شدت بیماری شاهد}}{\text{شدت بیماری شاهد}} \times 100 = \text{کارایی مهار}$$

(Allium sativum L. ۰/۰۳) حاوی ۱۰ درصد اسانس روغنی سیر (Syzygium درصد آلیسین) و سه درصد اسانس میخک (EC 13% (۲/۲ درصد اوزنول) و با فرمولاسیون aromaticum L. است. این قارچ کش محافظتی بوده و وجود اسانس روغنی در فرمولاسیون آن باعث تشکیل یک لایه محافظ در سطح برگ میزبان شده و مانع اتصال، جوانه زنی اسپور قارچ و ورود لوله تندش و میسلیم عامل بیماری سفیدک سطحی به داخل میزبان می شود. قارچ کش آلیسین یک قارچ کش بیولوژیک و بر پایه عصاره گیاهی و با نام است. ME 5% و با فرمولاسیون میکروکپسول (Allicin) تجاری

مواد و روش ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در استان های تهران (ورامین) و خوزستان در شرایط گلخانه اجرا شده است. تیمارها شامل قارچ کش میلدیوکات در غلظت های چهار، پنج و شش در هزار و نیز قارچ کش آلیسین در غلظت های ۰/۵، یک و ۱/۵ در هزار بودند. قارچ کش دیفنو کونازول + سیفلوفنامید (سیدلی تاپ DC ۱۴ درصد)، با غلظت ۰/۷۵ در هزار به عنوان قارچ کش مرجع و شاهد (آب) جهت مقایسه، مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). هر کرت آزمایشی به طول چهار متر شامل دو ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۲۵ تا ۳۰ سانتی متر و فاصله بوته ها روی هر ردیف ۳۰ تا ۳۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. در هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و نشان گذاری شدند. با مشاهده اولین علائم بیماری، تیمارهای مورد نظر با استفاده از سم پاش شارژی پستی ۲۰ لیتری اعمال شدند. آماربرداری و ارزیابی شدت بیماری،

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده علیه بیماری سفیدک پودری خیار در این تحقیق
Table 1- Treatments used against powdery mildew of cucumber in this study

Treatment	Rate (g.L ⁻¹)
Allicin ME 5%	0.5
Allicin ME 5%	1
Allicin ME 5%	1.5
Mildew cut Ec 13%	4
Mildew cut Ec 13%	5
Mildew cut Ec 13%	6
Cidly top DC 14%	0.75
Control	Water

جدول ۲- سیستم نمره دهی جهت محاسبه شاخص بیماری سفیدک پودری خیار (Horsphal & Barratt, 1945)

Table 2- The scoring system to calculate disease index in powdery mildew of cucumber

Infection rate%	Score
No infection	1
0.1 - 0.3	2
3.1 - 6	3
6.1 - 12	4
12.1 - 25	5
25.1 - 50	6
>50	7

نتایج

علائم بیماری

علائم و نشانه‌های بیماری سفیدک سطحی خیار، به‌صورت لکه‌های سفید متشکل از ریشه و کنیدیوم‌های قارچ عامل بیماری روی سطح رویی و زیرین برگ‌ها مشاهده شد (شکل ۱). پراکنش علائم بیماری روی برگ‌های پایینی، میانی و در برخی موارد برگ‌های جوان بالایی بوته‌ها مشاهد شد. در موارد پیشرفته بیماری، علائم روی دمبرگ، ساقه و میوه نیز مشاهده گردید. اثربخشی کاربرد قارچ‌کش‌ها در کاهش شدت بیماری در شکل‌های (۲ و ۳) نشان داده شده است.



شکل ۱- علائم بیماری سفیدک سطحی در مرحله میوه‌دهی خیار در منطقه ورامین (عکس اصلی)
Figure 1- Powdery mildew symptoms on cucumber (original)



شکل ۲- مقایسه علائم سفیدک سطحی خیار در بوته سم‌پاشی نشده (a) و بوته سم‌پاشی شده با میلدیوکات (b) (عکس اصلی)
Figure 2- Comparison of powdery mildew symptoms in untreated (a) and treated plant with mildew cut fungicide(b) (original)



شکل ۳- مقایسه علائم بیماری سفیدک سطحی قبل (a) و بعد از کاربرد قارچ‌کش آلیسین (b) (عکس اصلی)
Figure 3- Comparison of powdery mildew symptoms before (a) and after (b) treatment with allicin (original)

نتایج آزمایش گلخانه‌ای در منطقه ورامین

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های حاصل از انجام آزمایش در منطقه ورامین به ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سطح آماری پنج درصد، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و شاهد وجود دارد. میان بلوک‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج ارزیابی اول (قبل از اعمال تیمارها) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. میانگین شدت بیماری در ابتدای شروع پروژه و قبل از اعمال تیمارها، ۲۸/۴ درصد برآورد شد. داده‌های ارزیابی اول اگرچه ارزش آماری ندارند، ولی بیانگر یکنواختی نسبی شرایط انجام آزمایش و بروز علائم بیماری قبل از اعمال تیمارها است. در منطقه ورامین در مجموع سه نوبت محلول‌پاشی انجام شد. ارزیابی اول قبل از اعمال تیمارها و ارزیابی‌های دوم تا چهارم به فاصله هفت تا ۱۰ روز بعد از هر نوبت محلول‌پاشی صورت گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها بعد از ارزیابی دوم نشان داد که تیمارهای آلیسین یک، ۱/۵ در هزار، میلدیوکت شش در هزار و سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار به ترتیب با ۹/۸، ۱۱ و ۱۳/۳ درصد بیماری، کمترین شدت بیماری را نشان دادند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). از نظر درصد کارایی مهار تیمارها بعد از اولین نوبت سم‌پاشی، تیمارهای آلیسین یک، ۱/۵ در هزار، سیدلی تاپ ۰/۷۵ و میلدیوکت شش در هزار به ترتیب با کارایی مهار ۷۵/۷، ۷۳/۵، ۷۰/۴ و ۶۴/۲ درصد، تیمارهایی بودند که بالای ۵۰ درصد مهار نشان دادند (جدول ۴). در ارزیابی سوم بعد از نوبت دوم اعمال تیمارها، نتایج نشان داد که تیمارهای میلدیوکت شش در هزار، آلیسن یک در هزار، سیدلی تاپ ۰/۷۵ و آلیسین ۱/۵ در هزار به ترتیب با شدت بیماری ۴/۸، ۵/۸، ۷ و ۸/۳ درصد، تیمارهایی بودند که شدت بیماری را به کمتر از ۱۰ درصد کاهش دادند و

به ترتیب کارایی مهار ۹۲/۳، ۹۰/۳، ۸۸/۳ و ۸۶/۲ درصد را نشان دادند. در ارزیابی نوبت چهارم (بعد از سومین مرحله اعمال تیمارها)، تیمارهای آلیسین یک در هزار، میلدیوکت پنج در هزار، سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار و آلیسین ۱/۵ در هزار به ترتیب با کارایی ۹۴/۳، ۹۳/۱ و ۹۳/۱ درصد بالاترین درصد مهار را داشته، شدت بیماری را به کمتر از ۱۰ درصد کاهش داده و از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۴). شدت بیماری در شاهد در نوبت چهارم ارزیابی، ۸۶/۶ درصد گزارش شد. میانگین درصد شدت بیماری قارچ‌کش‌های آلیسین، میلدیوکت و سیدلی تاپ (میانگین هر سه دُز مصرفی) به ترتیب در ارزیابی سوم ۸/۰۳، ۱۰/۹ و ۷ درصد، و در ارزیابی چهارم ۷/۱۵، ۱۰/۴ و ۶ درصد محاسبه شد. میانگین درصد شدت بیماری در تمامی تیمارها در ارزیابی نوبت سوم اعمال تیمارها (با میانگین شدت بیماری ۹/۲ درصد) و ارزیابی نوبت چهارم (با میانگین شدت بیماری ۸/۴ درصد) برآورد شد و نشان داد که تفاوت چشمگیری نداشته و با دو نوبت محلول‌پاشی، شدت بیماری به کمتر از ۱۰ درصد خواهد رسید.

نتایج آزمایش در منطقه خوزستان

نتایج اجرای آزمایش در منطقه خوزستان در جداول ۵ و ۶ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در ارزیابی اول (قبل از اعمال تیمارها) اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. داده‌های ارزیابی اول اگرچه ارزش آماری نداشت، ولی نشان داد که میانگین درصد شدت بیماری قبل از اعمال تیمارها ۷/۵ بود و همه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و بیانگر یکنواختی شرایط آلودگی قبل از اجرای آزمایش است (جدول ۵ و ۶).

جدول ۳- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص شدت بیماری سفیدک پودری خیار در تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در چهار نوبت ارزیابی در منطقه ورامین

Table 3- Analysis of variance of disease severity index in applied treatments against cucumber powdery mildew in four rounds of assessment in Varamin

S.O.V	df	1 st assessment	2 nd assessment	3 rd assessment	4 th assessment
		Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares
Block	2	24.3 ^{ns}	36.7 ^{ns}	3.26 ^{ns}	6.78 ^{ns}
Treatment	7	117 ^{ns}	1650 ^{**}	2493 ^{**}	2326 ^{**}
Error	14	53.8	1066	9.2	1.90
Total	23				
CV		19.5	13.5	15.7	7.60

***: اختلاف در سطح یک درصد معنی‌دار است. ns: اختلاف معنی‌دار نیست.

** = significant at level of 1%, ns = non-significant

جدول ۴- مقایسه میانگین شدت بیماری و کارایی مه‌ار سفیدک پودری خیار در حضور تیمارهای مختلف در منطقه ورامین (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)

Table 4- The mean comparison of disease severity and control efficiency of treatments against cucumber powdery mildew in the Varamin (Duncan test at 5% level)

Treatment	1 st assessment	2 nd assessment	Control efficiency %	3 rd assessment	Control efficiency %	4 th assessment	Control** efficiency %
Allicin 0.5 g L ⁻¹	24.1 ^a	21.6 ^{bc}	41.8	10 ^{bc}	83.3	10.5 ^b	87.9
Allicin 1 g L ⁻¹	30.3 ^a	9 ^d	75.7	5.8 ^c	90.3	4.9 ^c	94.3
Allicin 1 5 g L ⁻¹	28.9 ^a	9.8 ^d	73.5	8.3 ^{bc}	86.2	6.05 ^c	93.01
Mildew cut 4 g L ⁻¹	29.8 ^a	24.3 ^b	34.6	16.6 ^b	72.3	13.6 ^b	84.3
Mildew cut 5 g L ⁻¹	32.2 ^a	23.6 ^b	36.5	11.6 ^{bc}	8.7	11.7 ^b	86.4
Mildew cut 6 g L ⁻¹	33.9 ^a	13.3 ^{cd}	64.2	4.6 ^c	92.3	6 ^c	93.1
Cidly top 0.75 g L ⁻¹	27.1 ^a	11 ^d	70.4	7 ^c	88.3	6 ^c	93.1
Control	24 ^a	37.2 ^a	-	60 ^a	-	86.6 ^a	-

* ستون با میانگین دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌دار ندارند. ** براساس داده‌های ارزیابی چهارم

* = column with at least one similar letter are not significant, ** = based on 4th assessment data

قارچ‌کش میلدیوکات نیز با افزایش غلظت از دُز چهار در هزار به پنج در هزار، کارایی مه‌ار، افزایش نشان داد، ولی از دُز پنج در هزار به شش در هزار، کاهش نشان داد، اگرچه در یک گروه آماری قرار گرفتند. لذا براساس نتایج این تحقیق، آلیسین ۱/۵ در هزار و میلدیوکات پنج در هزار به‌عنوان تیمارهای برتر معرفی می‌شوند و می‌توانند برای مه‌ار بیماری سفیدک سطحی خیار استفاده شوند. نتایج درصد شدت بیماری در ارزیابی نوبت چهارم اعمال تیمارها (با میانگین شدت بیماری ۲۰/۷ درصد) و ارزیابی نوبت پنجم (با میانگین شدت بیماری ۲۲/۸ درصد) تفاوت چشمگیری نداشته و لذا با سه نوبت محلول‌پاشی، مه‌ار بیماری در سطح قابل قبول مشاهده شد، اگرچه شرایط محیطی در سال‌های زراعی متفاوت و تعیین‌کننده است.

بحث

کاربرد قارچ‌کش‌ها به‌عنوان تکمیل‌کننده راهبردهای مدیریت بیماری‌های هوابرد به‌ویژه سفیدک‌های سطحی و داخلی، امری اجتناب‌ناپذیر است (Hollomon & Wheeler, 2002). از طرفی بروز مقاومت به قارچ‌کش‌ها و از طرف دیگر ضرورت جایگزین نمودن قارچ‌کش‌های شیمیایی با قارچ‌کش‌های گیاه-پایه و کم‌خطر، اهتمام به انجام مداوم آزمایش قارچ‌کش جدید با هدف جایگزینی و یا کاربرد تناوبی قارچ‌کش‌ها به‌خصوص در شرایط گلخانه را دوچندان ساخته است. امروزه در دنیا، به استفاده از ترکیبات طبیعی، عصاره‌های گیاهی و قارچ‌کش‌های گیاه-پایه که هم خاصیت قارچ‌کشی داشته و هم

درصد شدت بیماری تیمار شاهد (بدون اعمال مه‌ار) در مدت زمان اجرای آزمایش از ۸/۵ درصد به ۸۷/۸ درصد افزایش نشان داد. در ارزیابی دوم تا پنجم از نظر شدت بیماری، بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دیده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها بعد از ارزیابی دوم نشان داد که تیمار آلیسین ۰/۵ در هزار کمترین کارایی مه‌ار (۴۵/۵) را نشان داد و بقیه تیمارها اگرچه کارایی مه‌ار بالای ۵۰ درصد را نشان دادند، ولی همه در یک گروه آماری قرار گرفتند و تیمار میلدیوکات پنج در هزار با کارایی مه‌ار ۶۸/۱ درصد بیشترین درصد مه‌ار را نشان داد. مقایسه میانگین درصد شدت بیماری در ارزیابی سوم نشان داد که کمترین درصد کارایی مه‌ار (۴۷/۹) مربوط به تیمار آلیسین ۰/۵ در هزار بود و بقیه تیمارها کارایی مه‌ار بالای ۶۰ درصد نشان دادند و تیمار آلیسین ۱/۵ در هزار با کارایی مه‌ار ۷۵/۸ درصد بیشترین بود، اگرچه با بقیه تیمارها در گروه آماری مشترک قرار گرفت. ارزیابی چهارم نشان داد که تیمارهای آلیسین ۱/۵ در هزار و میلدیوکات پنج در هزار به‌ترتیب با کارایی مه‌ار ۸۰/۴ و ۸۰/۱ درصد برتر و در یک گروه آماری قرار گرفتند، آلیسین ۰/۵ در هزار با کارایی مه‌ار ۵۵/۳ درصد کمترین بود و بقیه در میان این دو گروه قرار گرفتند. در ارزیابی پایانی (پنجم)، نتایج مقایسه میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تیمار میلدیوکات شش در هزار، میلدیوکات پنج در هزار و آلیسین ۱/۵ در هزار به‌ترتیب با کارایی مه‌ار ۸۰/۶، ۸۲/۷ و ۸۳/۱۴ درصد، تیمارهای برتر بودند و در گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). در قارچ‌کش آلیسین با افزایش غلظت، کارایی مه‌ار، افزایش نشان داد. در

درجه سمیت و خطر کمتری دارند، توجه ویژه‌ای شده است

(Newman et al., 2012; Marchese et al., 2016).

جدول ۵- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص شدت بیماری سفیدک پودری خیار در تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در پنج نوبت ارزیابی در منطقه خوزستان

Table 5- Analysis of variance of disease severity index in applied treatments against cucumber powdery mildew in five rounds of assessment in Khuzestan

		1 st assessment	2 nd assessment	3 rd assessment	4 th assessment	5 th assessment
S.O.V	df	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares	Mean of squares
Block	2	0.33 ^{ns}	0.94 ^{ns}	2.36 ^{ns}	9.78 ^{ns}	7.04 ^{ns}
Treatment	7	2.21 ^{ns}	141 ^{**}	404 ^{**}	989 ^{**}	1455 ^{**}
Error	14	0.38	1.6	2.02	4.98	5.06
Total	23					
CV		7.1	9.01	7.24	8.79	7.3

***: اختلاف در سطح یک درصد معنی دار است. ns: اختلاف معنی دار نیست.

** = significant at level of 1%, ns = non-significant

جدول ۶- مقایسه میانگین شدت بیماری و کارایی مهار سفیدک پودری خیار در حضور تیمارهای مختلف در منطقه خوزستان (آزمون دانکن در سطح پنج درصد)

Table 6- The Mean comparison of disease severity and control efficiency of treatments against cucumber powdery mildew in Khuzestan (Duncan test at 5% level)

Treatme nt	1 st assessme nt	2 nd assessme nt	Control efficiency %	3 rd assessme nt	Control efficiency %	4 th assessme nt	Control efficiency %	5 th assessme nt	Control** efficiency %
Allicin 0.5 g L ⁻¹	6.8 ^{ab}	16.5 ^b	45.3	23.7 ^b	47.9	30.3 ^b	55.3	38 ^b	56.7
Allicin 1 g L ⁻¹	6.3 ^b	12.8 ^c	57.6	17.8 ^c	60.9	20.5 ^{cd}	69.8	24.8 ^c	71.7
Allicin 1.5 g L ⁻¹	6.6 ^{ab}	9.8 ^c	67.5	11 ^e	75.8	13.3 ^e	80.4	14.8 ^d	83.14
Mildew cut 4 g L ⁻¹	8.3 ^a	11.3 ^c	62.5	17.6 ^c	61.3	22.3 ^c	67.1	25.8 ^c	70.6
Mildew cut 5 g L ⁻¹	7.8 ^{ab}	9.6 ^c	68.1	12 ^{de}	73.6	13.5 ^e	80.1	15.2 ^d	82.7
Mildew cut 6 g L ⁻¹	8.3 ^a	10.5 ^c	65.2	12.6 ^{de}	72.3	14.6 ^{de}	78.5	17 ^d	80.6
Cidly top 0.75 g L ⁻¹	7 ^a	11.5 ^c	61.9	15.5 ^{cd}	65.9	20.5 ^{cd}	69.8	24.3 ^c	72.3
Control	8.5 ^a	30.16 ^a	-	45.5 ^a	-	67.8 ^a	-	87.8 ^a	-

ستون دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی دار ندارند

* = column with at least one similar letter are not significant

تشکیل یک لایه محافظ در سطح برگ میزبان شده و مانع اتصال، جوانه‌زنی اسپور قارچ و ورود لوله تندش و میسلیم عامل بیماری سفیدک سطحی به داخل میزبان می‌شود. اگرچه قارچ کش میلدیوکات از نظر نام مشابه قارچ کش میلدیوکیور است، ولی از نظر ترکیبات ماده مؤثره و فرمولاسیون تفاوت دارند. قارچ کش میلدیوکیور (Mildew cure WP 83%) قارچ کشی با اثر محافظتی بر پایه اسانس گیاهی است. این قارچ کش از ۳۰ درصد روغن پنبه، ۳۰ درصد روغن ذرت و

در این تحقیق، کارایی قارچ کش‌های جدید گیاه-پایه میلدیوکات و آلیسین در مهار بیماری سفیدک سطحی خیار تحت شرایط گلخانه در دو منطقه خوزستان (گرم و مرطوب) و ورامین (معتدل و نسبتاً خنک) مورد ارزیابی قرار گرفت. قارچ کش میلدیوکات حاوی ۱۰ درصد روغن سیر (۰/۰۳ درصد آلیسین) و سه درصد اسانس میخک (۲/۲ درصد اوزنول) و با فرمولاسیون ۱۳ EC است. این قارچ کش محافظتی بوده و وجود اسانس روغنی در فرمولاسیون آن باعث

۲۳ درصد اساس سیر تشکیل شده و برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار به میزان هفت تا ۱۰ میلی‌لیتر در لیتر توصیه شده است (Shikhi et al., 2015). قارچ کش آل‌سین یک قارچ کش زیستی و بر پایه عصاره گیاهی و با نام تجاری Allicin و با فرمولاسیون میکروکپسول (ME 5%) است. ماده آل‌سین با نام شیمیایی S-(2-propenyl)-2-propene-1-sulfinothioate که به‌طور طبیعی در عصاره گیاه سیر یافت می‌شود، از واکنش آل‌سین در حضور آنزیم آلیناز تولید می‌شود و دارای خاصیت ضدقارچی و ضد میکروبی وسیعی است (Li et al., 2022). تحقیقات نشان داده است که یکی از سازوکارهای اثر آل‌سین، تخریب غشاء سلولی قارچ و همچنین ایجاد تغییر در میزان نفوذپذیری غشاء سلولی است (Li et al., 2022). سازوکار بعدی آل‌سین، ایجاد اختلال در مسیری سنتز GPI (glycosylphosphatidylinositol) می‌باشد. آل‌سین یک ترکیب گوگردی و با فرمول $C_6H_{10}OS_2$ است که در چربی حل می‌شود و این خاصیت آن باعث افزایش دامنه تأثیر آن بر روی انواع ریزجانداران شده است (Omar & Al-Wabel, 2010). کاربرد ترکیب آل‌سین و کیتوزان علیه بیماری سفیدک سطحی رز (*Sphaerotheca* sp.) در چین باعث مهار بیماری شده و علاوه بر خاصیت قارچ کشی باعث افزایش میزان فتوسنتز و تشکیل کلروفیل در گیاه نیز شد. نتیجه این تحقیق نشان داده است که کارایی همزمان این دو ترکیب در مقایسه با کاربرد هر کدام به تنهایی، در مهار بیماری سفیدک سطحی رز بیشتر بود (Li et al., 2021). تحقیقات نشان داده است که ترکیبات گیاه-پایه با خاصیت قارچ کشی در مقایسه با قارچ کش‌های شیمیایی و آنتی بیوتیک‌ها، خطر کمتری داشته و به نسبت ایمن هستند. به عنوان مثال، محلول آبی اسیدآسکوربیک و کیتوزان، به عنوان محرک رشد و ترکیبات القاء کننده مقاومت گیاه در برابر برخی از بیمارگرهای قارچی مورد استفاده قرار گرفتند (Li et al., 2021). ترکیب آل‌سین به عنوان قارچ کش علیه بسیاری از قارچ‌ها، برخی باکتری‌ها و شبه قارچ‌ها مانند *Plectosphaerella cucumerina*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans*, *Xanthomonas axonopodis*, *Magnaporthe grisea* و *Alternaria brassicicola* استفاده شده است (Curtis et al., 2004; Slusarenko et al., 2008).

با توجه به اهمیت بیماری سفیدک سطحی خیار در کشور ایران، تاکنون قارچ کش‌های متعددی مانند آزوکسی استروبین + دینوکونازول (ارتیواتاپ 32.5% SC)، دینوکونازول + سیفلوفنامید (سیدلی تاپ)، اسینزولر اس متیل (بیون، اکتی گارد و بندیکار)، کلروتالونیل (داکونیل)، هگزاکونازول (آنویل)، پنکونازول (توپاس)، تتراکونازول (دومارک 10% EC)، تریادیمفون (بایلتون)، کروکسیم متیل (استروبی 50% WG)، بیکربنات پتاسیم (کالیبان)، ایمونکتادین تریس (بلیکوت 40% WP) تریفلوکسی استروبین (فلینت WG

50%)، سولفور تحت نام‌های تجاری تیوویت، کومولوس و سولفولاک 80% WP برای مهار بیماری سفیدک پودری خیار به ثبت رسیده‌اند (Shikhi et al., 2015). اگرچه مهار شیمیایی، راهکار اصلی مهار بیماری‌های برگی در خیار است، ولی ظهور جمعیت‌های مقاوم به قارچ کش‌ها به عنوان یک چالش بزرگ پیش روی کشاورزان است. مقاومت به گروه‌های مختلف قارچ کش به دفعات در محصولات مختلف گزارش شده است (Myresiotis et al., 2007; Fernández-Ortuño et al., 2013). همچنین مقاومت همزمان به چندین گروه قارچ کشی مختلف نیز گزارش شده است (Fernández-Ortuño et al., 2016). از این رو اختلاط چند قارچ کش مربوط به کلاس‌های قارچ کشی مختلف برای غلبه بر مقاومت و مهار بیماری به عنوان یک راهبرد کنترلی رواج پیدا کرده است (Leroux, 2007; Fernández-Ortuño et al., 2016). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ترکیبات گیاه پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آل‌سین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار مورد استفاده قرار گیرند. تعداد دفعات محلول پاشی، دو تا حداکثر سه نوبت به فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت در مناطق اجرای آزمایش، در منطقه ورامین که آب‌وهوای خنک‌تر و معتدل‌تر در مقایسه با خوزستان دارد، در صورت نیاز به مهار شیمیایی سفیدک سطحی در این منطقه، توصیه می‌شود که محلول پاشی حداکثر دو نوبت انجام شود، اگرچه شدت بیماری ممکن است در سال‌های زراعی مختلف تحت تأثیر عوامل محیطی و ارقام، متغیر باشد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده در دو منطقه، قارچ کش آل‌سین در غلظت‌های یک و ۱/۵ در هزار به ترتیب کارایی مهار ۸۳ و ۸۸/۰۸ درصد نشان داد. قارچ کش میلدیوکات در غلظت‌های پنج و شش در هزار، به ترتیب کارایی مهار ۸۴/۶ و ۸۶/۶ درصد نشان داد. قارچ کش مرجع (سیدلی تاپ ۰/۷۵ در هزار)، کارایی مهار ۸۲/۷ درصد نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که ترکیبات گیاه-پایه میلدیوکات در غلظت پنج گرم در لیتر و آل‌سین با غلظت یک گرم در لیتر می‌توانند به عنوان جایگزین یا در تناوب با قارچ کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری سفیدک سطحی خیار مورد استفاده قرار گیرند. تعداد دفعات محلول پاشی، دو تا حداکثر سه نوبت به فاصله هفت تا ۱۰ روز توصیه می‌شود.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی پژوهشکده گیاهان دارویی وابسته به

جهاد دانشگاهی جهت ارزیابی کارایی قارچ کش گیاه-پایه میلدیوکت و همچنین شرکت گیاه پرنیان اطلس برای ارزیابی کارایی قارچ کش گیاه پایه با نام تجاری آلیسین و فرمولاسیون میکرو-کپسول

امولسیون شونده 5% ME با ماده مؤثره (دی آلیل دی سولفید + دی آلیل تری سولفید) در مهار بیماری سفیدک پودری خیار در شرایط گلخانه اجرا شده است.

References

1. Azimi, H. (2012). Effect of kresoximmethyl and tetraconazole fungicides in combination with potassium bicarbonate for controlling powdery mildew disease of cucurbits under greenhouse conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 1(1), 57-65. (in Persian with English abstract)
2. Azimi, H. (2014). Controlling effects of potassium bicarbonate on the powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum* dc.) of cucurbits under field and greenhouse conditions. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, 1(1), 62-75. (in Persian with English abstract)
3. Azimi, H. (2016). Investigation on the efficacy of iminoctadine tris (wp 40%) in the control of cucumber powdery mildew disease, *Golovinomyces cichoracearum* (dc.) v.p. Heluta. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, 3(1), 50-61. (in Persian with English abstract)
4. Babai-Ahari, A., Khoshkalam, N., & Valizadeh, M. (2012). Identification of cucumber powdery mildew agents and determination of their race in East Azarbaijan province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 35(1), 55-68. (In Persian with English Abstract).
5. Braun, U., & Cook, R.T.A. (2012). Taxonomic Manual of the Erysiphales (powdery mildews). *CBS Biodiversity Series, No. 11*. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands.
6. Braun, U., Shin, H.D., Takamatsu, S., Meeboon, J., Kiss, L., Lebeda, A., Kitner, M. and Götzet, M. (2019). Phylogeny and taxonomy of *Golovinomyces orontii* revisited. *Mycological Progress*, 18, 335-357. <https://doi.org/10.1007/s11557-018-1453-y>
7. Curtis, H., Noll, U., Störmann, J., & Slusarenko, A.J. (2004). Broad-spectrum activity of the volatile phytoanticipin allicin in extracts of garlic (*Allium sativum* L.) against plant pathogenic bacteria, fungi and Oomycetes. *Physiological and molecular plant pathology*, 65, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2004.11.006>
8. Fernández-Ortuño, D., Chen, F., & Schnabel, G. (2013). Resistance to cyprodinil and lack of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea* isolates from strawberry in North and South Carolina. *Plant disease*, 97(1), 81-85. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-12-0539-RE>
9. Fernandez-Ortuno, D., Torés, J. A., Chamorro, M., Pérez-García, A., & de Vicente, A. (2016). Characterization of resistance to six chemical classes of site-specific fungicides registered for gray mold control on strawberry in Spain. *Plant Disease*, 100(11), 2234-2239. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-16-0280-RE>
10. Gerami, E., Azimi, H., & Eslahi, M.R. (2019). Evaluation of the efficacy of the fungicide difenoconazole + cyflufenamid (cidelytop® dc 140) against *Golovinomyces cichoracearum*, causal agent of cucumber powdery mildew disease. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, 7(2), 118-133. (in Persian with English abstract).
11. Gholamzadeh-Bazar Bash et al., 2025, A., Qoli Toloui, S., Allahverdipour, T., & Salehzadeh, M. (2025). Control of tomato early blight (*Alternaria solani*) disease by aqueous extract of thyme (*Thymus vulgaris*). *Iranian Plant Protection Research*, 39(1), 61- 83. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/JPP.2025.87475.1183>.
12. Hector, G., Palenius, N., Hopkins, D., & Cantiffe, D.J. (2006). Powdery Mildew of Cucurbits in Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/hs321>, Accessed on 12 February 2015. <https://doi.org/10.32473/edis-hs321-2006>
13. Hollomon, D. W., & Wheeler, I. E. (2002). The powdery mildews: a comprehensive treatise (249-255) In: Bélanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A.J., Carver, T.L.W (Eds.). Controlling powdery mildews with chemistry. English, Book chapter, USA, 0-89054-291-0, St. Paul, American Phytopathological Society (APS Press). <https://doi.org/10.1017/s0269915x03233127>
14. Horsfall, J.G., & Barratt, R.W. (1945). An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology*, 115, (8). <https://doi.org/10.1094/Phyto-35-655>
15. Kim, J.C., Choi, G.J., Lee, S.W., Kim, J.S., Chung, K.Y., & Cho, K.Y. (2004). Screening for antifungal extracts against various plant pathogenic fungi and control of powdery mildew with extracts of *Achyranthes japonica* and *Rumex crispus*. *Pest Management Science*, 60, 803-808. <https://doi.org/10.1002/ps.811>
16. Khodaparast, S.A. (2016). Molecular identification of some anamorphic powdery mildews (Erysiphales) in Guilan province, north of Iran. *Mycologia Iranica*, 3(2), 127-133. <https://doi.org/10.22043/mi.2017.68336.1095>
17. Leroux, P. (2007). Chemical control of Botrytis and its resistance to chemical fungicides. In Botrytis: Biology, pathology and control (pp. 195-222). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3_12
18. Li, J., Li, R., Zhang, C., Guo, Z., Wu, X., & An, H. (2021). Co-application of allicin and chitosan increases resistance of *Rosa roxburghii* against powdery mildew and enhances its yield and quality. *Aantibiotics Basel*,

- 10(12), 1449. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10121449>
19. Li, Z., Li, Z., Yang, J., Lu, C., Li, Y., Luo, Y., Cong, F., Shi, R., Wang, Z., Chen, H., Li, X., Yang, J., & Ye, F. (2022). Allicin shows antifungal efficacy against *Cryptococcus neoformans* by blocking the fungal cell membrane. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1012516. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1012516>.
20. Marchese, A., Barbieri, R., Sanches-Silva, A., Daglia, M., Nabavi, S.F., Jafari, N.J., Izadi, M., Ajami, M., & Nabavi, S.M. (2016). Antifungal and antibacterial activities of allicin: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.010>
21. McGrath, M.T. (2005). Guidelines for managing cucurbit powdery mildew with fungicides. Department of Plant Pathology, Cornell University. Long Island Horticultural Research and Extension Center, Riverhead, USA. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Cuc_PM_Update
22. McGrath, M.T. (2011). Powdery mildew of cucurbits fact sheet. Department of Plant Pathology, Cornell University. Long Island Horticultural Research and Extension Center, Riverhead, USA. pp. 730-732. http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Cucurbits_PM.htm
23. Mossler, M.A., & Nesheim, O.N. (2005). Florida Crop/Pest Management Profile: Squash Electronic Data Information Source of UF/IFAS Extension (EDIS). CIR 1265. <https://doi.org/10.32473/edis-pi050-2009>
24. Myresiotis, C. K., Karaoglanidis, G. S., & Tzavella-Klonari, K. (2007). Resistance of *Botrytis cinerea* isolates from vegetable crops to anilino-pyrimidine, phenylpyrrole, hydroxylanilide, benzimidazole, and dicarboximide fungicides. *Plant Disease*, 91(4), 407-413. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-4-0407>
25. Newman, D.J., & Cragg, G.M. (2012). Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. *Journal of natural products*, 75, 311–335. <https://doi.org/10.1021/np200906s>.
26. Omar, S.H., & Al-Wabel, N.A. (2010). Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2009.12.007>.
27. Pérez-García, A., Romero, D., Fernández-Ortuño, D., López-Ruiz, F., De Vicente, A., & Torés, J.A. (2009). The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. *Molecular plant pathology*, 10(2), :153-60. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00527.x>.
28. Shikhi, A., Najafi, H., Abbasi, S., Moradi, M., Saber, F., & Rashid, M. (2015). Guide to Chemical and Organic Pesticides of Iran. 5th edition, Nashr Ketab Paytakht, Tehran, Iran. 412 pp.
29. Sirous, A., Jamalizavareh, A.H., & Fadaei Tehrani, A.A. (2012). An investigation on the effectiveness of some plant extracts for the control of cucumber powdery mildew. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 48(3), 433-437. (in Persian with English abstract).
30. Slusarenko, A.J., Patel, A., & Portz, D. (2008). Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. *European Journal of Plant Pathology*, 121, 313–322. <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9232-7>
31. Tang, R., Zhang, X.H., Hu, T.L., & Cao, K.Q. (2003). Control effect of the extracts from *Rheum palmatum* on powdery mildew of cucumber. *Journal of Anhui Agricultural College*, 30(4), 363–366.
32. Zitter, T.A., Hopkins, D.L., & Thomas, C.E. (1996). Compendium of Cucurbit Diseases. APS
33. Press, St. Paul, Minn. USA. 120 pp.



Effect of Planting Pattern Combined with Weeding, Herbicide, and Cover Crop on Weed Control and Peanut Yield

A. Nobahar Ghighlo¹, A. Tobeh¹, S. Farzaneh¹, R. Fakhari^{2*}, K. Shahbazi Homounlou³

1- Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Plant Protection Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran

3- Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran

(*- Corresponding author's Email: r.fakhari68@gmail.com)

Received: 10-01-2025

Revised: 08-04-2025

Accepted: 17-05-2025

Available Online: 10-02-2026

How to cite this article:

Nobahar Ghighlo, A., Tobeh, A., Farzaneh, S., Fakhari, R., & Shahbazi Homounlou, K. (2026). The effect of planting pattern combined with weeding, herbicide, and cover crop on weed control and peanut yield. *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 385-402. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2025.91533.1216>

Introduction

Global population growth, currently at 1.6–1.7% annually (approximately 90 million people), necessitates a substantial increase in agricultural production to meet escalating food demands. *Arachis hypogaea* L. (peanut), a valuable legume in the Fabaceae family, serves as both an oilseed crop and a vital nutritional resource for humans and livestock. Peanut yield is significantly influenced by a complex interplay of factors, including agronomic practices, cultural techniques, and pest management. Planting pattern, specifically plant density and row spacing, critically affects canopy architecture, impacting key physiological processes such as radiation use efficiency and light interception. Square planting configurations can optimize canopy structure, improve light penetration and airflow, and thereby enhance crop growth. While high plant density can exacerbate size-asymmetric competition, favoring dominant plants and potentially suppressing weeds, a more uniform spatial distribution can mitigate early-season interspecific competition, promoting more effective weed suppression through enhanced collective shading. This ecological weed management strategy offers an environmentally sustainable alternative to conventional methods like mechanical weeding and herbicide application. This study investigated the impact of planting pattern, in conjunction with weeding, herbicide application, and cover cropping, on weed control efficacy and peanut yield.

Materials and Methods

A split-plot experiment, arranged in a randomized complete block design with three replications, was conducted at the Moghan Agricultural and Natural Resources Research Center during the 2021-2022 and 2022-2023 cropping seasons. The main plot factor was the peanut planting pattern, evaluated at three levels: single



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/jpp.2025.91533.1216>

row, two parallel rows, and two zigzag rows. The subplot factor was weed management, comprising seven treatments: 1- crimson clover (*Trifolium incarnatum*) cover crop and 2- villous vetch (*Vicia villosa*) cover crop, 3- the combination of bentazone herbicide (SL%48) at the rate of 2 liters per hectare + haloxy-fop-R methyl ester (EC%10.8) at the rate of 0.7 liters per hectare, 4- single hand weeding (20 days after planting), 5- double hand weeding (20 and 40 days after planting), 6- hand weeding all season of weeds and 7- control (no management). Weed density and biomass, by species, were assessed 50 days after planting using randomly placed 0.25 m² (0.5 × 0.5 m) quadrats. One hundred seeds were randomly selected from a 1 m² area within each plot, dried at 75°C, and weighed to determine the 100-seed weight (accuracy: 0.001 g). Peanut kernel oil content was determined by Soxhlet extraction (45°C, dry diethyl ether solvent) of ground, peeled kernels.

Results and Discussion

This study investigated the effects of weed control methods and planting patterns on peanut yield and quality. Measured variables included the number of single- and double-seeded pods, total pod number, pod yield, biological yield, seed protein percentage, 100-seed weight, seed yield, weed density, and weed biomass. The two-row zigzag planting pattern, combined with various weed control strategies (weeding, vetch or clover cover crops, and herbicide application), resulted in the highest values for most measured traits. Conversely, the single-row planting pattern with no weed control exhibited the lowest values. Analysis of the interaction between planting pattern and weed management revealed the highest weed density and biomass in the single-row, no-control treatment and the lowest weed biomass in the two-row zigzag pattern with two weedings or a vetch cover crop. The highest 100-seed weight was observed in the two-row zigzag pattern with weeding, followed by vetch and clover cover crops, while the lowest was in the single-row, no-control treatment. The two-row zigzag pattern likely improved light utilization due to better plant distribution, leading to increased allocation of photoassimilates to reproductive structures and, thus, higher 100-seed weight. The highest seed protein content was also associated with the two-row zigzag planting pattern, while the lowest was found in the single-row pattern.

Conclusions

Considering the climatic conditions of the Moghan region and having economic justification, a two-row zigzag planting arrangement and two weedings (20 and 40 days after planting) will be the best option for controlling peanut weeds. In this treatment, the number of single-seed pods (23.2%), total number of pods (44.3%), pod yield (26.8%), hundred-seed weight (8.1%), and grain yield (13.7%) were higher than the two-row zigzag planting arrangement × control without control. The next priority will be the use of cover crops and sustainable farm management. Using the results of such experiments, it is possible to increase crop yields at the same level, as well as community health and sustainable agriculture. Using a mixture of herbicide 2 liters in the soil + haloxy-fop-R methyl ester to 0.7 liters is recommended if labor is used for weeding and no cover crops are cultivated.

Keywords: Bentazone, Clover, Integrated weed management, Vetch

اثر آرایش کاشت در تلفیق با وجین، علف‌کش و گیاه پوششی بر مهار علف‌های هرز و عملکرد بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.)

عباس نوبهار گیگلو^۱ - احمد توبه^۱ - سلیم فرزانه^۱ - رسول فخاری^{۲*} - کمال شهبازی هومونلو^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۷

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی اثر آرایش کاشت در تلفیق با وجین، علف‌کش و گیاه پوششی بر مهار علف‌های هرز و عملکرد بادام‌زمینی، در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل نوع آرایش کاشت (تک‌ردیفه، دوردیفه موازی و دوردیفه زیگزاگی) روی پشته ۷۵ سانتی‌متری و کرت‌های فرعی، هفت سطح مدیریت علف‌های هرز شامل ۱- گیاه پوششی شبدر لاک (Trifolium incarnatum) و ۲- گیاه پوششی ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa*)، ۳- ترکیب علف‌کش بنتازون (SL%48) به میزان دو لیتر در هکتار + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (EC%10.8) به میزان ۰/۷ لیتر در هکتار، ۴- یک بار وجین دستی (۲۰ روز پس از کاشت)، ۵- دو بار وجین دستی (۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت)، ۶- وجین دستی تمام فصل علف‌های هرز و ۷- شاهد (بدون مدیریت) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تعداد غلاف تک دانه، تعداد کل غلاف، عملکرد غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر روش‌های مهار علف‌های هرز و آرایش کاشت معنی‌دار بودند. بیش‌ترین مقدار صفات اندازه‌گیری شده بادام‌زمینی در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و در سه سطح وجین دستی علف‌های هرز و پس از آن در تیمارهای گیاه پوششی ماشک، شبدر و کاربرد علف‌کش به دست آمد و کم‌ترین مقادیر صفات ذکر شده در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار علف‌های هرز حاصل گردید. بیش‌ترین تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار علف‌های هرز و کم‌ترین زیست‌توده علف‌های هرز در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و در تیمارهای دو بار وجین علف‌های هرز و کشت گیاه پوششی ماشک گل‌خوشه‌ای به دست آمد. با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه مغان، آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و انجام دو بار وجین علف‌های هرز بهترین گزینه برای مهار علف‌های هرز بادام‌زمینی خواهد بود. در این تیمار، تعداد غلاف تک دانه (۲۳/۲ درصد)، تعداد کل غلاف (۴۴/۳ درصد)، عملکرد غلاف (۲۶/۸ درصد)، وزن ۱۰۰ دانه (۸/۱ درصد) و عملکرد دانه (۱۳/۷ درصد) نسبت به تیمار آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و شاهد بدون مهار بیشتر بود. استفاده از گیاه پوششی ماشک و شبدر و اختلاط علف‌کش بنتازون + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر در اولویت بعدی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بنتازون، شبدر، ماشک، مدیریت تلفیقی علف هرز

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

۳- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: r.fakhari68@gmail.com

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.91533.1216>

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی بوته‌ای، یک‌ساله، مخصوص مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر است که به‌دلیل کیفیت روغن و پروتئین دانه، در ۱۰۹ کشور جهان کشت می‌شود (Zhao et al., 2021). میزان روغن دانه در گیاه بادام‌زمینی ۴۴ تا ۵۶ درصد است (Dinh et al., 2013). بادام‌زمینی در ایران به‌صورت عمده در استان‌های گیلان، گلستان، اردبیل، کرمان و شمال خوزستان کشت می‌شود (Abdzadeh-Gohari, 2021). سطح زیر کشت بادام‌زمینی در جهان ۲۵ میلیون هکتار (FAO, 2023) و در ایران ۱۰ تا ۱۵ هزار هکتار گزارش شده است (Ministry of Agricultural Jihad, 2023). امروزه صنعت روغن‌کشی جزء صنایع راهبردی محسوب می‌شود و در ایران نیز اراضی قابل کشت وسیع و زمینه‌های مساعدی برای کشت دانه‌های روغنی وجود دارد، اما متأسفانه براساس آمارهای موجود هنوز بیش از ۴۵ درصد روغن مورد نیاز کشور از خارج تأمین می‌شود (Kahrizi et al., 2018). با توجه به واردات بیش از ۵۵ درصدی روغن مورد نیاز کشور به‌عنوان یک کالای اساسی در سبد خانوار (Helali, 2018) و همچنین اهمیت دانه‌های روغنی به‌عنوان دومین ذخایر غذایی جهان پس از غلات، انجام تحقیقات گسترده در زمینه انواع دانه‌های روغنی ضروری می‌باشد.

در تولید محصولات زراعی، علف‌های هرز از عمده‌ترین عوامل محدود کننده به‌شمار می‌روند و برای آب، مواد غذایی، فضا و نور با گیاه زراعی رقابت کرده و سبب کاهش معنی‌دار عملکرد آن می‌گردند (Kumar et al., 2018; Ghosh et al., 2017). در حال حاضر، استفاده از علف‌کش اصلی‌ترین روش مهار علف‌های هرز در تولید اکثر محصولات کشاورزی است. اما استفاده از علف‌کش‌ها باعث آلودگی محیط زیست، آب‌وخاک، اثرهای نامطلوب بر سلامت انسان (Blair et al., 2015)، باقی‌مانده در خاک، ایجاد علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها و از بین بردن ثبات و تعادل بوم‌نظام‌های زراعی شده است (Powles, 2018). نگرانی‌ها در مورد هزینه‌های اقتصادی و اثرهای زیست‌محیطی عملیات رایج مهار، بسیاری از محققان علف‌های هرز و تولیدکنندگان محصولات کشاورزی را بر آن داشته است تا در جست‌وجوی راهکارهای جایگزین در مهار علف‌های هرز باشند (Kurstjens, 2007). به‌کارگیری برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بهترین روش برای از بین بردن علف‌های هرز می‌باشد. این روش بر استفاده صحیح از تمام روش‌های ریشه‌کنی، پیش‌گیری و مهار اعم از مهار زراعی، فیزیکی، مکانیکی، بیولوژیکی و شیمیایی، جهت کاهش خسارت ناشی از علف‌های هرز تأکید دارد. اولاینکا و اتجیره (Olayinka & Etejere, 2015) با تجزیه و تحلیل رشد و عملکرد دو رقم بادام‌زمینی در واکنش به روش‌های مختلف مهار

علف‌های هرز، کم‌ترین عملکرد و اجزای عملکرد را در رقابت با علف‌های هرز ثبت کردند. کوراو و همکاران (Korav et al., 2018) با بررسی اثر علف‌های هرز بر رشد و عملکرد بادام‌زمینی در هند گزارش نمودند که علف‌های هرز در مرحله اولیه رشد با گیاه رقابت بیش‌تری دارند، زیرا در ابتدا رشد گیاه کندتر بوده و در نتیجه علف‌های هرز از منابع، بهتر استفاده می‌کنند. جانسون و همکاران (Johnson et al., 2010) نیز بیان کردند که وجین دستی متداول‌ترین شیوه مهار علف‌های هرز در مزارع بادام‌زمینی است، اما هزینه بالای کارگری برای وجین دستی، از نظر اقتصادی به‌صرفه نیست (Hossenli et al., 2011).

آزمایش‌های زیادی نشان داده است که انتخاب آرایش کاشت مطلوب، توانایی رقابتی گیاه زراعی با علف‌های هرز را افزایش، نیاز به کاربرد علف‌کش‌ها را کاهش و عملکرد گیاه زراعی را افزایش می‌دهد (Grichar et al., 2004; Hock et al., 2006). همچنین آرایش مطلوب بوته‌ها سبب می‌شود که شروع گل‌دهی زودتر از زمان مقرر رخ دهد که دلیل آن، رقابت بین بوته‌ها بر سر منابع موجود است (Eskandari Torbaghan & Eskandari Torbaghan, 2016). اسکندری و همکاران (Eskandari et al., 2005) گزارش نمودند که آرایش دوردیفه ذرت روی پشته‌هایی به عرض ۷۵ سانتی‌متر به‌دلیل افزایش قدرت رقابتی ذرت، مصرف علف‌کش‌ها را کاهش داد. دلیل این امر، افزایش سطح برگ ذرت و در نتیجه سایه‌اندازی بیشتر بر روی علف‌های هرز بود. یدوی و همکاران (Yadavi et al., 2007) گزارش نمودند که با ترویج کشت دوردیفه ذرت و به‌کارگیری تراکم‌های بالاتر می‌توان بدون کاربرد علف‌کش‌ها و از طریق تقویت توان رقابتی گیاه زراعی، شاخص‌های رشد تاج‌خروس را تضعیف نمود. استفاده از گیاهان پوششی بین ردیف‌های گیاهان زراعی، یکی از روش‌های زراعی مناسب دیگر برای مهار علف‌های هرز است که رهیافتی هم‌گام با طبیعت محسوب می‌شود (Uchino et al., 2012) که موجب افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار خواهد شد. گیاهان پوششی قادر هستند از طریق ایجاد رقابت برای جذب منابع (Lemessa & Wakjira, 2015)، خاصیت دگرآسیبی (Sturm et al., 2018)، جذب مواد شیمیایی محرک جوانه‌زنی و تغییر در شرایط میکروبی خاک به‌نفع گیاه زراعی موجب مهار علف‌های هرز شوند (Schonbeck, 2005). تولید سریع زیست‌توده و قدرت رقابتی گیاهان پوششی برای کسب نور، آب و مواد مغذی باعث کاهش رشد علف‌های هرز می‌شود (Smith et al., 2011). با توجه به گزارش‌های متعدد در خصوص تفاوت در طیف علف‌کشی علف‌کش‌های بادام‌زمینی و کارایی پایین برخی از آن‌ها (Tokasi et al., 2023)، ضرورت تلفیق روش‌های شیمیایی با سایر روش‌های مهار (حذف فیزیکی) علف‌های هرز بادام‌زمینی

را ضروری می سازد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر آرایش کاشت، استفاده از گیاهان پوششی، علف کش و وجین دستی در جهت مدیریت علف های هرز مزارع بادام زمینی انجام گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان) اجرا شد.

تیمارهای آزمایشی

کرت های اصلی شامل آرایش کاشت (تک ردیفه، دوردیفه موازی و دوردیفه زیگزاگی) روی پشته ۷۵ سانتی متری و کرت های فرعی، هفت سطح مدیریت علف های هرز شامل ۱- گیاه پوششی شیدر لاک (Trifolium incarnatum) و ۲- گیاه پوششی ماشک گل خوشه ای (Vicia villosa)، ۳- ترکیب علف کش بنتازون (SL%48) به میزان دو لیتر در هکتار + هالوکسی فوپ-آر متیل استر

ویژگی های خاک محل آزمایش

به منظور مطالعه وضعیت خاک مزرعه آزمایشی از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، قبل از آزمایش، نمونه هایی به صورت تصادفی از عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی متری سطح مزرعه، جمع آوری و پس از مخلوط کردن به آزمایشگاه خاک شناسی منتقل گردید. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ بیان شده است.

علف های هرز مورد مطالعه

در این آزمایش، علف های هرز پهن برگ همچون ختمی سهرنگ، تاج خروس ریشه قرمز، گاوپنبه، تاجریزی و علف های هرز باریک برگ همچون قیاق، سوروف و ارزن وحشی، علف های هرز غالب مزرعه را تشکیل داده بودند (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physicochemical characteristics of the soil where the experiment was carried out

Texture	Total N (%)	Available P (ppm)	Available K (ppm)	EC (dS.m ⁻¹)	pH	Organic carbon (%)
Loam	0.09	19.75	276.55	1.96	7.87	0.75

جدول ۲- علف های هرز موجود در مزرعه آزمایشی

Table 2- Weeds in the experimental field

Persian name	Scientific name	Family	Average density per m ²
تاج خروش ریشه قرمز	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	14.36
ختمی سهرنگ	<i>Hibiscus trionum</i> L.	Malvaceae	6.82
گاوپنبه	<i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	Malvaceae	7.36
تاجریزی	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	3.33
قیاق	<i>Sorghum halepense</i> L. (Pers).	Poaceae	7.00
سوروف	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	11.54
ارزن وحشی	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	8.56

عملیات زراعی و اجرای طرح آزمایشی

برای انجام آزمایش، قطعه زمینی که به مدت دو سال زیر آیش بوده و سابقه کاربرد علف کش ها را حداقل به مدت سه سال نداشت، انتخاب گردید. جهت تهیه بستر کاشت، قطعه زمین مورد نظر در فروردین ماه، شخم زده شد و پس از انجام دیسک و حذف علف های هرز، کرت بندی شد. برای تأمین نیاز غذایی بادام زمینی براساس تجزیه خاک محل آزمایش ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه (از

منبع اوره)، ۱۵۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه (از منبع سولفات پتاسیم) به وسیله دیسک (یک سوم از کود نیتروژنه و کل کودهای فسفره و پتاسه قبل از کشت) با خاک مخلوط شد و مابقی کود نیتروژنه در مراحل چهار تا شش برگی بادام زمینی به صورت سرک به خاک اضافه شد.

بذر بادام زمینی (آجیلی) مورد استفاده از رقم گلی انتخاب و از شهرستان آستانه اشرفیه تهیه گردید. پس از ضد عفونی بذرها با

قارچ‌کش کربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار، عملیات کاشت به فواصل ۱۵ سانتی متر از یکدیگر روی ردیف‌ها به عمق پنج سانتی متر توسط فوکا انجام گرفت و بعد از سبز شدن و استقرار بوته‌ها به فاصله ۳۰ سانتی متر رسانده شد. مساحت هر کرت $5 \times 3 = 15$ مترمربع و مساحت کرت قابل برداشت ۱۵ مترمربع بود. در هر کرت، چهار ردیف پنج متری از بوته‌های بادامزمینی کشت شد. فواصل بین کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر، به ترتیب ۰/۵ و ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. نخستین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه انجام شد.

میزان بذر مصرفی گیاهان پوششی به ترتیب برای ماشک گل خوشه‌ای رقم بومی استان اردبیل ۴۵ کیلوگرم در هکتار و شیر لاکه رقم کرج ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. کاشت گیاهان پوششی هم‌زمان با گیاه بادامزمینی در دو طرف پشته‌ها به صورت شیاری در سال اول در هشتم خردادماه ۱۴۰۱ و در سال دوم در ۱۲ خرداد ماه ۱۴۰۲ انجام گرفت. بذر گیاهان پوششی از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید. در بیمارهای مدیریت شیمیایی علف‌های هرز در مرحله ۳-۴ برگی علف‌های هرز (اواسط خردادماه)، سم‌پاشی مطابق با غلظت‌های توصیه شده علف‌کش‌های بنتازون (با نام تجاری بازگران 48% SL به میزان دو لیتر در هکتار) + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (با نام تجاری سوپرگالانت 10.8% EC به میزان ۰/۷ لیتر در هکتار) توسط سم‌پاش پستی ماتابی و به میزان آب ۳۵۰ لیتر در هکتار انجام شد. در بیمارهای وجین دستی علف‌های هرز، به ترتیب ۲۰ و ۴۰ پس از کاشت بادامزمینی به جمعیت طبیعی علف‌های هرز اجازه رقابت داده شد و پس از طی زمان مورد نظر، کرت‌های مورد نظر به صورت دستی و با فوکا وجین شدند.

نمونه برداری و اندازه‌گیری صفات

نمونه برداری از تراکم و زیست توده علف‌های هرز به تفکیک گونه در زمان ۵۰ روز پس از کاشت بوته‌های بادامزمینی توسط کوادرات تصادفی ۰/۲۵ مترمربع (0.5×0.5) انجام شد. علف‌های هرز موجود در کوادرات‌های آزمایشی پس از شمارش و کف‌بر نمودن به تفکیک گونه در پاکت‌های مجزا و به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از آن با ترازوی ۰/۰۱ گرم، زیست توده آن‌ها توزین شد. به منظور اندازه‌گیری تعداد غلاف‌های تک دانه و دو دانه، تعداد غلاف‌های موجود در پنج بوته تصادفی هر کرت شمرده شد و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد غلاف در بوته در نظر گرفته شد. برای به دست آوردن وزن ۱۰۰ دانه، از سطحی به مساحت یک مترمربع در هر کرت، ۱۰۰ دانه به طور تصادفی از هر تیمار آزمایشی انتخاب و پس از خشک شدن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد وزن آن‌ها با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم

اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن غلاف و عملکرد دانه، سطحی به مساحت یک مترمربع در هر کرت برداشت گردید. سپس دانه‌ها پس از جدا شدن از غلاف‌ها در داخل آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن دانه و وزن غلاف به صورت مجزا توزین و به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. برای تعیین درصد روغن، مغز بادامزمینی بعد از پوست‌گیری، آسیاب شد. پودر مغز بادامزمینی با استفاده از روش سوکسله (دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حلال دیاتیل‌اتر خشک) روغن‌گیری شد. حلال موجود در روغن استخراج شده با استفاده از آون تحت خلاء در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد جداسازی و میزان روغن آن تعیین گردید. برای اندازه‌گیری پروتئین خام دانه بادامزمینی و کل نیتروژن موجود آن، از روش کج‌لدال استفاده شد (Kjeldahl, 1883). مقدار پروتئین کل موجود در نمونه‌ها با استفاده از روش هضم، تقطیر، جمع‌آوری و تیتراسیون کج‌لدال اندازه‌گیری شد و برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از ضریب ۶/۵۲ استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در آزمایش حاضر، داده‌ها به دلایل مختلفی از جمله ساده‌سازی تحلیل داده‌ها، کاهش اثرات تغییرات سالانه آب‌وهوا، کاهش اثرات موضعی ناشی از تفاوت‌های کوچک در خاک، افزایش دقت و اطمینان نتایج به صورت مرکب تجزیه شدند. برای ثبت داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS ver 9.1 استفاده شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تراکم علف‌های هرز

آنالیز مرکب داده‌ها بیانگر این نکات است که برای تراکم علف‌های هرز، اثر اصلی آرایش کاشت، اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم‌کنش دو جانبه سال در آرایش کاشت و آرایش کاشت در مدیریت علف هرز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۳). نتایج میانگین برهم‌کنش دو جانبه آرایش کاشت در مدیریت علف هرز نشان داد که بیش‌ترین تراکم علف‌های هرز در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار علف‌های هرز به دست آمد و کم‌ترین تراکم علف‌های هرز در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و در شرایط دو بار وجین علف‌های هرز به دست آمد (جدول ۴). از نتایج چنین استنباط می‌شود که در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار، فضای مناسبی برای رشد و رقابت علف‌های هرز

وجود داشته است. بررسی های محققان نیز نشان می دهد که وجود فضاهای خالی زیادتر موجب می شود که علف های هرز رقابت بیش تری با گیاه زراعی در استفاده از نور و مواد غذایی داشته باشند (Palmer et al., 2013) از آنجایی که علف های هرز فلش های مختلف جوانه زنی دارند، لذا در تیمارهای دوره کوتاه مدت عاری از علف های هرز (همانند یک بار وجین علف های هرز و یا کاربرد علف کش)، دوباره شاهد سبز شدن علف های هرز خواهیم بود و چون در این تیمارها دیگر مهار علف های هرز صورت نگیرد، به طور قابل توجهی عملکرد دانه بادام زمینی را کاهش دادند. علت اختلاف آماری بین وجین کامل با سایر تیمارها را می توان به کاهش رقابت برای جذب عوامل محیطی با حذف کامل علف های هرز نسبت داد. گسترده بودن فاصله بوته روی ردیف ها ضمن اتلاف فضای مزرعه، به علف های هرز امکان رشد و توسعه داده و در نهایت عملکرد محصول دچار کاهش می گردد. تعادل رقابتی بین گیاهان زراعی و علف های هرز در واکنش به آرایش کاشت گیاه زراعی قرار می گیرد (Najafi, 2014). فیشر و میلز (Fischer & Miles, 1973) گزارش کردند که هر چه آرایش کاشت گیاه زراعی به سمت مستطیل پیش می رود، میزان اشغال زمین توسط علف های هرز بیشتر خواهد شد. در آزمایش تقی نژاد (Taghinejad, 2022) با کشت دوردیفه بادام زمینی روی پشته ۷۵ سانتی متر مشخص شد که در این روش انجام عملیات ماشینی وجین، سله شکنی و خاک دادن پای بوته ها با سهولت بیش تری انجام می گیرد.

زیست توده علف های هرز

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تراکم کل علف های هرز در واکنش به اثر اصلی آرایش کاشت، اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم کنش دو جانبه سال در آرایش کاشت و آرایش کاشت در مدیریت علف هرز در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۳).

مقایسه میانگین برهم کنش دو جانبه آرایش کاشت در مدیریت علف هرز نشان داد که بیش ترین زیست توده علف های هرز در آرایش کاشت تک ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار به دست آمد و کم ترین زیست توده علف های هرز در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و به طور مشترک در تیمارهای دو بار وجین علف های هرز و کشت گیاه پوششی ماشک به دست آمد (جدول ۴). از نتایج فوق می توان ادعا داشت که وجود فضاهای خالی زیاد در شرایط کشت تک ردیفه بادام زمینی موجب شده است که علف های هرز رقابت بیش تری نسبت به گیاه زراعی داشته و به تبع آن زیست توده علف های هرز بیشتر شده است. با توجه به اینکه دو علف کش بنتازون و هالوکسی فوپ-آر متیل استر هر دو در اوایل دوره کاشت بادام زمینی مورد استفاده قرار می گیرند، انجام دو بار وجین یا عملیات مهار مکانیکی به مراتب اثر بیش تری بر مهار علف های هرز خواهد داشت و از این رو، جمعیت علف های هرز در این تیمار کمتر بود. به طور معمول، مصرف علف کش ها در اول فصل زمینه کاهش رشد و جمعیت علف های هرز را فراهم می آورند و مهار مکانیکی در دوره های زمانی نزدیک به مصرف علف کش ها، اثر تکمیلی و مهاری بیشتری بر این گیاهان خواهد داشت، اما چنانچه فاصله انجام این عملیات با زمان سم پاشی زیاد شود، رشد علف های هرزی که از مهار شیمیایی فرار کرده اند و یا پس از اتمام دوره اثر علف کش ها جوانه زده اند، بیشتر شده و حساسیت آن ها به ابزارهای مکانیکی کاهش خواهد شد (Najafi, 2014). در آزمایشی با بررسی اثر آرایش فضایی و مدیریت علف های هرز (استفاده از علف کش نیکوسولفورن، توفوردی، یک بار وجین و وجین کامل) بر ذرت مشخص گردید که در آرایش کاشت مربعی و تیمارهای وجین کامل و تیمار مصرف علف کش توفوردی به ترتیب حداکثر و حداقل عملکرد و اجزای عملکرد را داشتند (Gheyratmand et al., 2016).

جدول ۳- تجزیه مرکب تراکم و زیست توده علف های هرز

Table 3- Combined analysis of variance for weed density and biomass

S.O.V	df	Mean square	
		Total weed density	Total weed biomass
Year	1	0.049 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Repetition/year	4	0.564 ^{ns}	0.491 ^{ns}
Planting pattern	2	9.649 ^{**}	10.395 ^{**}
Year × planting pattern	2	3.690 [*]	3.966 ^{ns}
Main error	8	8.877	7.296
Weed management	5	43.958 ^{**}	67.474 ^{**}
Year × weed management	5	0.87 ^{ns}	1.343 ^{ns}
Planting pattern × weed management	10	6.732 ^{**}	13.455 ^{**}
Year × planting pattern × weed management	10	0.154 ^{ns}	0.263 ^{ns}
Error	60	1.020	1.563
(%)CV	-	14.55	18.90

ns, *, **: به ترتیب اختلاف غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج و یک درصد

ns, *, **: non-significant difference, significant at 5% and 1% level

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت و روش‌های مدیریت علف‌های هرز روی تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز

Table 4- Mean interaction of planting patterns × weed management on weed density and biomass

Planting pattern	Weed management	Total weed density (NO.m ⁻²)	Total weed biomass (g.m ⁻²)
Double row zigzag	Weeding twice	5.04 ^{g*}	2.98 ^j
	Weeding once	5.54 ^{fg}	5.04 ^{gh}
	Hairy vetch	5.42 ^{fg}	3.79 ^{ij}
	Clover	5.21 ^{fg}	5.37 ^{fgh}
	Herbicide	10.87 ^c	6.59 ^{def}
	Control	12.12 ^{abc}	7.92 ^{abc}
Double row parallel	Weeding twice	6.67 ^{fg}	3.68 ^{ij}
	Weeding once	8.71 ^{de}	7.07 ^{cde}
	Hairy vetch	6.58 ^{fg}	5.25 ^{gh}
	Clover	6.83 ^{efg}	6.68 ^{cde}
	Herbicide	11.67 ^{bc}	8.50 ^{ab}
	Control	12.95 ^{ab}	8.41 ^{ab}
Single row	Weeding twice	6.37 ^{fg}	4.67 ^{ghi}
	Weeding once	7.08 ^{ef}	6.92 ^{cde}
	Hairy vetch	6.50 ^{fg}	4.43 ^{hi}
	Clover	7.08 ^{ef}	5.89 ^{efg}
	Herbicide	10.37 ^{cd}	7.38 ^{bcd}
	Control	14.08 ^a	8.64 ^a
LSD	-	1.98	1.24

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

به دلیل صفر بودن تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در تیمار وجین کامل امکان تجزیه واریانس در این تیمار برای صفات مذکور وجود نداشت.

* The averages of common letters in each column do not have a significant difference.

Due to zero weed density and biomass in the complete weeding treatment, it was impossible to analyze variance in this treatment for the mentioned traits.

بار وجین (۲۳ درصد)، یک بار وجین (۱۷ درصد)، ماشک (۱۳ درصد)، شبدر (۱۳ درصد) و بنتازون + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (۳ درصد) نسبت به شاهد (بدون مه‌ار) غلاف تک دانه بیش‌تری تولید کرد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که در روش کشت دوردیفه توزیع بهتر نور، بهبود جریان هوا و دسترسی بهتر به مواد غذایی سبب شروع زود هنگام فرآیند فتوسنتزی و تسریع گل‌دهی و تخصیص مواد فتوسنتزی بیش‌تری به گل‌های در حال تلقیح شده است، در نتیجه غلاف‌های بزرگ‌تری تشکیل شده و تعداد دانه در غلاف افزایش یافته است، اما در روش کشت تک‌ردیفه، به دلیل تأخیر در شروع گل‌دهی بخش قابل توجهی از مواد فتوسنتزی گیاه صرف رشد رویشی شده و به دنبال آن تعداد گل‌های تشکیل‌شده و تبدیل آن‌ها به غلاف‌های بالغ کاهش و عملکرد دانه با افت مواجه شده است. بدین ترتیب، براساس نتایج به‌دست‌آمده انتظار می‌رفت که با افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه بادیام‌زمینی افزایش یابد. در پژوهشی مشخص شد که افزایش دوره‌های رقابت علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف باقلا (*Vicia faba*) شد (Kavurmaci et al., 2010). همچنین در آزمایشی در کشت مخلوط سویا (*Glycine max*)، لوپین (*Lupinus angustifolius*) و برخی از گیاهان علوفه‌ای با ذرت عدم تفاوت معنی‌دار از نظر تعداد دانه در ردیف بلال بین کشت مخلوط و تک‌کشتی ذرت گزارش شده است

در آزمایشی دیگر به‌منظور تعیین دوره بحرانی خسارت علف‌های هرز در بادیام‌زمینی، بالاترین مقدار عملکرد دانه بادیام‌زمینی به‌ترتیب از تیمارهای وجین تمام‌فصل و ۷۵ روز تداخل علف‌های هرز به دست آمد (Kavosi et al., 2015). در آزمایشی نیز به‌منظور تعیین اثر گیاهان پوششی چاودار، ماشک گل خوشه‌ای، شبدر قرمز، شبدر سفید، شبدر زیرزمینی، یونجه زرد، شبدر ایرانی و شبدر برسیم بر علف‌های هرز ذرت انجام شد، مشخص شد که گیاهان پوششی، زیست‌توده علف‌های هرز را به‌میزان ۷۸ درصد کاهش داد (Abdin et al., 2000).

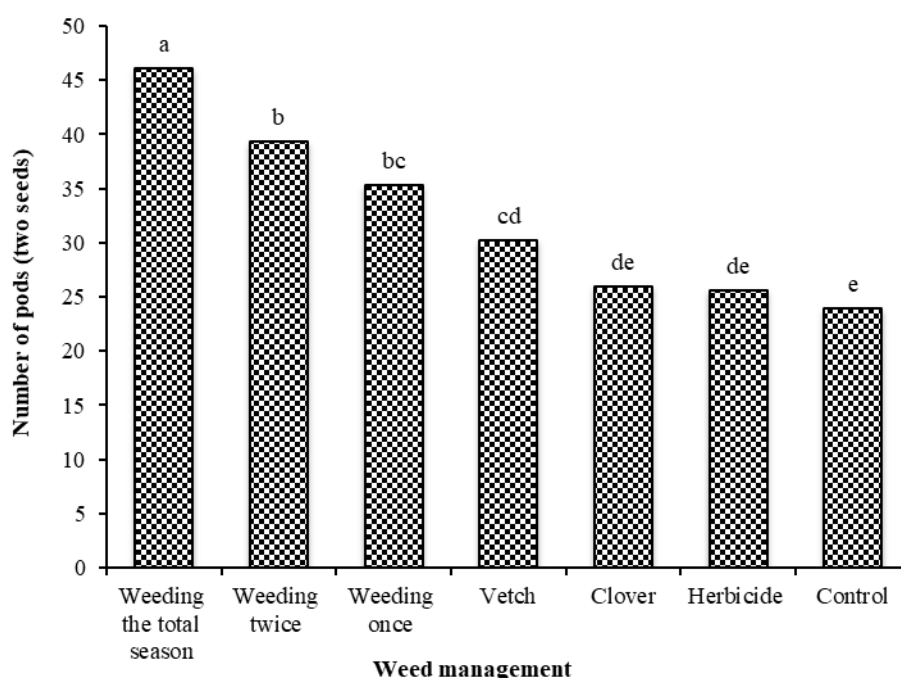
تعداد غلاف تک دانه

آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد که اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم‌کنش سال در آرایش کاشت و آرایش کاشت در مدیریت علف هرز بر تعداد غلاف تک دانه معنی‌دار است (جدول ۵). در این آزمایش در سال دوم تعداد غلاف تک دانه بیش‌تری تولید شد. بیش‌ترین تعداد غلاف تک دانه (۲۶ غلاف در بوته) در آرایش کاشت دوردیفه زیگزگی و در تیمار وجین تمام‌فصل علف‌های هرز حاصل گردید. کم‌ترین تعداد غلاف تک دانه (۵/۵ غلاف در بوته) در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط کاربرد شاهد بدون مه‌ار علف‌های هرز حاصل گردید. در کشت دوردیفه زیگزگی، وجین تمام‌فصل (۵۷/۵ درصد)، دو

(Carruthers et al., 2000).

تعداد غلاف دو دانه

تجزیه مرکب داده های حاصل از آزمایش نشان می دهد که برای صفت تعداد غلاف دو دانه در بوته، اختلاف معنی داری از نظر اثر اصلی مدیریت علف هرز وجود داشت (جدول ۵). با توجه به نتایج اثرهای اصلی مدیریت علف هرز در این آزمایش می توان اذعان داشت که بیشترین تعداد غلاف دو دانه (۴۶/۱۳) غلاف در بوته در تیمار وجین تمام فصل علف های هرز حاصل گردید و کمترین تعداد غلاف دو دانه (۲۳/۹۰) غلاف در بوته در شرایط کاربرد شاهد بدون مهار علف های هرز حاصل گردید (شکل ۱). گزارش شده است که تعداد



شکل ۱- اثر اصلی روش های مدیریت علف هرز بر تعداد غلاف دو دانه در بوته بادام زمینی

Figure 1 - The main effect of weed management on the number of two-seed pods per plant in peanut

تعداد کل غلاف

نتایج نشان می دهد که اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم کنش آرایش کاشت در مدیریت علف هرز بر صفت تعداد کل غلاف معنی دار بود (جدول ۵). بیشترین تعداد کل غلاف در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و به طور مشترک در کل تیمارهای وجین علف های هرز و تیمارهای گیاه پوششی ماشک و شبدر حاصل گردید (جدول ۶). در کشت دوردیفه زیگزاگی، وجین تمام فصل (۵۳/۵ درصد)، دو بار وجین (۴۴/۳ درصد)، یک بار وجین (۲۵ درصد)، ماشک (۲۱/۷ درصد)، شبدر (۲۱ درصد) و بنتازون + هالوکسی فوپ-آر متیل استر (۱۱/۳ درصد)

نسبت به شاهد (بدون مهار) تعداد کل غلاف بیش تری تولید کرد. کمترین تعداد کل غلاف در آرایش کاشت تک ردیفه و در شرایط کاربرد شاهد بدون مهار علف های هرز حاصل گردید. از نتایج چنین می توان استنباط کرد که با کاهش رقابت علف های هرز، تعداد دانه ها در غلاف افزایش یافت، علت این امر می تواند به افزایش تشعشع در درون پوشش گیاهی در آرایش کاشت زیگزاگی شکل باشد که منجر به افزایش تعداد دانه در غلاف گردید، به طوری که بیشترین تعداد دانه در غلاف برای عامل وجین کامل ۸۳ دانه و حداقل آن برای شاهد بدن مهار ۲۰ دانه در ردیف به دست آمد (جدول ۶). تعداد

عملکرد غلاف

تجزیه مرکب داده‌ها بیانگر این نکات است که اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم‌کنش آرایش کاشت در مدیریت علف هرز بر صفت عملکرد غلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). بر این اساس، بیش‌ترین عملکرد غلاف (۵۰۱۷ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت دو ردیف زیگزاگی و در تیمار وجین تمام‌فصل علف‌های هرز و حاصل‌گردید و کم‌ترین عملکرد غلاف (۲۲۲۱ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط کاربرد شاهد بدون مهار علف‌های هرز حاصل گردید. در کشت دوردیفه زیگزاگی، وجین تمام‌فصل (۴۸/۵ درصد)، دو بار وجین (۲۶/۸ درصد)، یک بار وجین (۲۰/۶ درصد)، ماشک (۲۰/۴ درصد)، شبدر (۲۰ درصد) و بتنازون + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (۱۰/۹ درصد) نسبت به شاهد (بدون مهار) عملکرد غلاف بیش‌تری شد (جدول ۶). برخی محققان نشان دادند که فواصل ردیف کاشت بالاتر از ۴۰ سانتی‌متر اثر چندانی در افزایش عملکرد غلاف بادام‌زمینی ندارد و حتی می‌تواند سبب کاهش ۱۵ درصدی عملکرد بادام‌زمینی گردد و علت این امر، کاهش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد غلاف بادام‌زمینی در فواصل ردیف کاشت بالاتر از ۴۰ سانتی‌متر گزارش شده است (Hauser & Buchanan, 1981). در آزمایشی با بررسی اثر آرایش فضایی و مدیریت علف‌های هرز (استفاده از علف‌کش نیکوسولفورن، توفوردی، یک بار وجین و وجین کامل) بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت مشخص گردید که در آرایش کاشت ۳۵ در ۳۵ سانتی‌متر نسبت به آرایش کاشت ۶۵ در ۱۹ سانتی‌متر، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Gheyratmand et al., 2016). در آزمایشی با بررسی آرایش‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب زمینی (*Solanum toberusum*) مشخص گردید که بیش‌ترین عملکرد غده (۶۶/۸۰ تن در هکتار) و تعداد غده‌های بذری تولیدشده در آرایش کاشت چهار ردیفه حاصل شد. در آزمایش آن‌ها در شاهد، عملکرد غده ۳۰/۱۹ تن در هکتار بود که کاهش ۵۵ درصدی عملکرد نسبت به آرایش کاشت چهار ردیفه را به دنبال داشت (Hasanpanah et al., 2019).

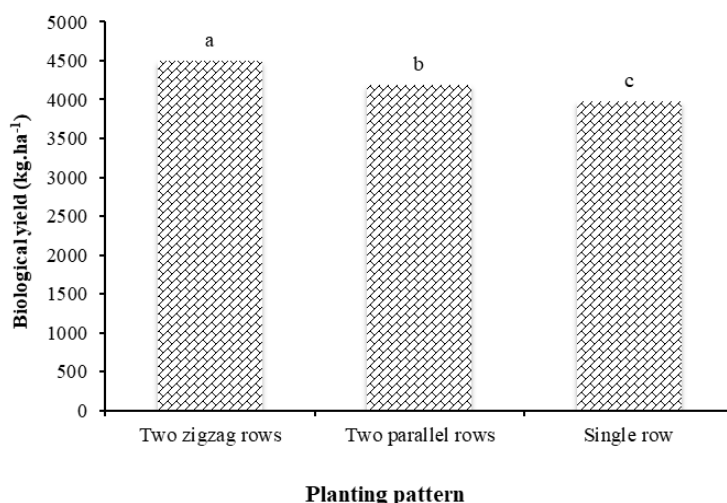
عملکرد بیولوژیک

نتایج حاکی از آن است که اثر اصلی آرایش کاشت و اثر اصلی مدیریت علف هرز بر عملکرد بیولوژیک بادام‌زمینی اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی بادام‌زمینی (۴۵۰۵ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی به دست آمد و کم‌ترین آن (۳۹۷۷ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت تک‌ردیفه حاصل گردید (شکل ۲). بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک بادام‌زمینی (۶۶۸۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار وجین تمام‌فصل علف‌های هرز

غلاف شاید از این نظر حائز اهمیت باشد که اگر مقدار عددی آن بیشتر باشد، احتمالاً حاوی تعداد دانه بیشتر و یا دانه‌های بزرگ‌تر خواهد بود. استقرار فضایی بهتر بوته‌ها در تیمار زیگزاگی احتمالاً باعث توزیع مناسب ریشه‌ها در خاک شده که متعاقب آن بهره‌برداری از عناصر غذایی خاک به‌نحو مطلوب صورت پذیرفته و در پی آن، توان گیاه جهت داشتن غلاف‌های درشت‌تر که تضمین‌کننده عملکرد بالا می‌باشد، بیشتر شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که یک‌بار وجین علف‌های هرز که عرف زارعین محلی است، اثربخشی بهتری نسبت به علف‌کش داشت. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که با توزیع مطلوب فاصله روی ردیف و بین ردیف‌های کاشت، رقابت بین بوته‌ها برای جذب نور، تشعشع فعال فتوسنتزی و مواد غذایی بیشتر شده و تعداد غلاف در چنین شرایطی افزایش می‌یابد. تعداد دانه در غلاف یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد محسوب می‌شود که در رقابت تحت اثر قرار می‌گیرد و علت کاهش آن در اثر تراکم علف‌های هرز را می‌توان به عدم تلقیح مناسب بادام‌زمینی یا کاهش تولیدات فتوسنتزی گیاه نسبت داد (El-Bially, 1995). بدیهی است که مهار کامل علف‌های هرز طی دوره رشد و نمو، گیاه را از آثار رقابت برون گونه‌ای با انواع علف‌های هرز رها می‌سازد، لذا با توجه به تیمارهای موجود جهت افزایش تعداد دانه در غلاف که یکی از شاخص‌های افزایش عملکرد می‌باشد، می‌توان با دو بار وجین و یا حتی کشت گیاهان پوششی این صفت را بهبود بخشید. در آزمایشی با بررسی کشت نشائی و بذری و فواصل مختلف کاشت بادام‌زمینی مشخص گردید که دلیل افزایش تعداد غلاف در بوته بادام‌زمینی در کشت نشائی، تولید گل‌های بیشتر در شرایط محیطی مناسب اول فصل و تبدیل تعداد آن‌ها به غلاف‌های بالغ می‌باشد (Mostafavi Rad et al., 2020). پژوهشگران کاهش تعداد غلاف در بوته را به‌علت محدودیت مواد غذایی در هنگام رشد زایشی در اثر رقابت علف هرز با گیاه بادام‌زمینی بیان نمودند (MelNaim et al., 2011). با توزیع نامناسب بوته‌ها در ردیف‌های کاشت، ظهور گل‌ها به تعویق می‌افتد و تعداد تخمک‌های تلقیح‌شده (دانه) کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر ظرفیت ذخیره‌سازی مخزن کمتر شده و باعث کاهش تعداد دانه در هر غلاف می‌گردد (Saberi et al., 2006). پژوهشگران گزارش کردند که افزایش فاصله ردیف کاشت باعث افزایش رقابت درون گونه‌ای و کاهش طول بلال در ذرت شده که به‌تبع آن تعداد دانه در بلال نیز کاهش یافته است (Turgut, 2000; Konuskan, 2000). در پژوهشی گزارش شده است که تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد ردیف دانه در بلال ذرت در شرایط استفاده از گیاه پوششی ماشک گل خوشه‌ای در بین ردیف‌های ذرت وجود نداشت (Uchino et al., 2009).

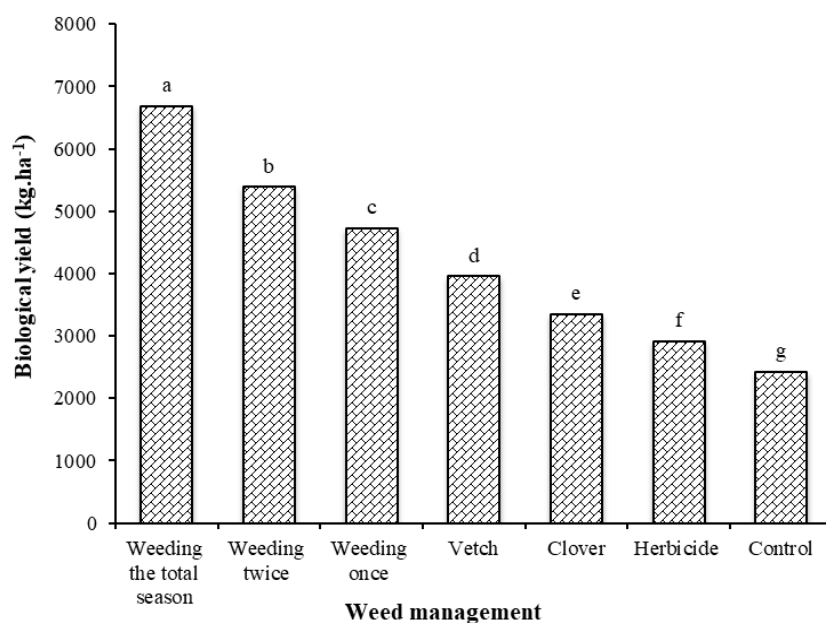
بررسی اثر علف کش هالوکسی فوپ-آر متیل استر بر عملکرد کمی و کیفی بادام زمینی مشخص گردید که اثر علف کش بر عملکرد بیولوژیک، غلاف و دانه معنی دار بود (Saber et al., 2023). همچنین در آزمایشی، استفاده از گیاه پوششی گندم و جو نسبت به شاهد عملکرد بیولوژیک کلزا را کاهش داد (Edalat et al., 2017).

حاصل گردید و کمترین عملکرد بیولوژیک بادام زمینی (۲۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) در شرایط کاربرد شاهد بدون مهار علف های هرز حاصل گردید (شکل ۳). در پژوهشی اظهار داشتند که کاهش فتوسنتز در برگ های زیرین کانوپی، کاهش تجمع ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) را به دنبال دارد (Hashemi et al., 2018). در آزمایشی با



شکل ۲- اثر اصلی آرایش کاشت تک ردیفه، دور ردیفه و زیگزاگی بر عملکرد بیولوژیک بادام زمینی

Figure 2- The main effect of single-row, double-row, and double-row zigzag planting arrangements on the biological yield of peanut.



شکل ۳- اثر اصلی روش های مدیریت علف هرز بر عملکرد بیولوژیک بادام زمینی

Figure 3 - Main effect of weed management on peanut biological yield

وزن ۱۰۰ دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر اصلی آرایش کاشت، اثر اصلی مدیریت علف هرز و برهم‌کنش آرایش کاشت در مدیریت علف هرز بر صفت وزن ۱۰۰ دانه بادام‌زمینی معنی‌داری بود (جدول ۵). بیش‌ترین وزن ۱۰۰ دانه بادام‌زمینی در آرایش کاشت دوردیفه زیگزازی و در تیمارهای وجین تمام‌فصل (۸۲/۳۳ گرم)، دو بار وجین (۷۹/۸۳ گرم) و یک‌بار وجین (۷۷/۸۳ گرم) علف‌های هرز و پس از آن در تیمارهای گیاه پوششی ماشک (۷۶/۵ گرم) و شبدر (۷۶ گرم) حاصل گردید و کم‌ترین وزن ۱۰۰ دانه بادام‌زمینی (۴۹/۵ گرم) در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط شاهد بدون مهار علف‌های هرز حاصل گردید. در کشت دوردیفه زیگزازی، وجین تمام‌فصل (۱۱/۵ درصد)، دو بار وجین (۸ درصد)، یک بار وجین (۵/۴ درصد)، ماشک (۳/۶ درصد)، شبدر (۲/۹ درصد) و بنتازون + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (۰/۶۵ درصد) نسبت به شاهد (بدون مهار) وزن ۱۰۰ دانه بیش‌تری تولید کرد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که استفاده از آرایش دوردیفه زیگزازی به دلیل توزیع بهتر بوته‌ها در سطح خاک موجب افزایش بهره‌گیری بوته‌ها از نور شده است و باعث توزیع بیشتر مواد فتوسنتزی در مخازن زایشی و افزایش وزن ۱۰۰ دانه شده است. فتحی (Fathi, 2005) افزایش وزن هزار دانه ذرت در الگوی کاشت مربعی و لوزی را به کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای نسبت داد. همچنین نظر به اینکه وزن ۱۰۰ دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در بادام‌زمینی است، لذا کاهش این جزء منجر به کاهش تولید محصول خواهد شد. با توجه به اینکه رقابت در زمان پر شدن دانه به‌میزان زیادی بر وزن دانه مؤثر است، لذا با توجه به نتایج به‌دست آمده چنین به نظر می‌رسد که در اثر رقابت علف‌های هرز، احتمالاً از مقدار مواد غذایی که باید صرف تشکیل دانه‌ها شود، کاسته شده است. نتایج محققان نشان داد که از دلایل وزن ۱۰۰ دانه بالا در تراکم‌های کم علف هرز، تعداد کم دانه در غلاف، رقابت کمتر بین مخازن و در نتیجه تشکیل دانه‌های بزرگ‌تر می‌باشد (MelNaim et al., 2011). در آزمایشی بیان شد که بیش‌ترین وزن ۱۰۰ دانه در بادام‌زمینی در حالت بدون علف هرز و مصرف علف‌کش با دوز ۰/۶ لیتر در هکتار به دست آمد (Sahoo et al., 2017). در پژوهشی، کاشت گیاهان پوششی ماشک گل خوشه‌ای، یونجه، شبدر برسیم و چاودار در بین ردیف‌های ذرت، تفاوت معنی‌داری از نظر وزن ۱۰۰ دانه بین تیمارهای گیاهان پوششی و شاهد (بدون گیاه پوششی) مشاهده نشد (Mohammadi & Ghobadi, 2010).

عملکرد دانه

نتایج حاکی از آن است که اثر اصلی آرایش کاشت، اثر اصلی

مدیریت علف هرز و برهم‌کنش آرایش کاشت در مدیریت علف هرز بر صفت عملکرد دانه بادام‌زمینی معنی‌داری بود (جدول ۵). بیش‌ترین عملکرد دانه (۱۷۸۶ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت دوردیفه زیگزازی و وجین تمام‌فصل علف‌های هرز حاصل گردید و بعد از آن اثر آرایش کاشت دوردیفه زیگزازی همراه دو بار وجین، یک‌بار وجین، گیاه پوششی ماشک و شبدر در رتبه‌های بعدی بودند. کم‌ترین عملکرد دانه بادام‌زمینی (۵۱۸ کیلوگرم در هکتار) در آرایش کاشت تک‌ردیفه و در شرایط کاربرد شاهد بدون مهار علف‌های هرز حاصل گردید. در کشت دوردیفه زیگزازی، وجین تمام‌فصل (۱۹/۸ درصد)، دو بار وجین (۱۳/۸ درصد)، یک بار وجین (۱۳/۵ درصد)، ماشک (۷/۲ درصد)، شبدر (۴/۷ درصد) و بنتازون + هالوکسی‌فوپ-آر متیل استر (۰/۵ درصد) نسبت به شاهد (بدون مهار) عملکرد دانه بیش‌تری تولید کرد (جدول ۶). بیشینه عملکرد دانه زمانی حاصل می‌شود که اجتماع گیاهی، حداکثر سطح برگ را برای دریافت نور در مرحله رشد زایشی تولید کند که خود متأثر از فاصله آرایش کاشت بوته‌های بادام‌زمینی می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد که برای کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای و حصول حداکثر محصول، نحوه توزیع بوته در واحد سطح از طریق تنظیم آرایش فضایی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. این نتیجه با نتایج آندرد و همکاران (Andrade et al., 1999) و جودوسکی و همکاران (Jadoski et al., 2000) مطابقت داشت. نتایج آزمایشی نشان داد که کشت دوردیفه ذرت با افزایش جذب نیتروژن، تلفات نیتروژن را کاهش داده و باعث افزایش عملکرد نسبت به تک‌ردیفه ذرت شده است (Sharratt & McWilliams, 2005). در پژوهشی نشان داده شد که میزان شاخص برداشت در بادام‌زمینی با استفاده از علف‌کش بوتاکلر افزایش یافت و میزان آن با افزایش ۵۹/۹ درصدی نسبت به شرایط عدم استفاده از علف‌کش همراه بود (Sahoo et al., 2017). استفاده از گیاهان پوششی ماشک گل خوشه‌ای و چاودار عملکرد دانه ذرت را نسبت به شاهد بدون گیاه پوششی افزایش داد (Kuo & Jellum, 2002). محققان گزارش کردند که گیاهان پوششی از طریق بهبود حاصلخیزی خاک و مهار علف‌های هرز سبب افزایش رشد و عملکرد سبب زمینی شدند (Campiglia et al., 2009). استفاده از گیاهان پوششی ماشک گل خوشه‌ای و خلر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت نسبت به شرایط عدم کشت گیاه پوششی شدند. این افزایش عملکرد را به سرکوبی علف‌های هرز توسط گیاه پوششی و تثبیت نیتروژن توسط آن‌ها و افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس برای ذرت دانستند (Hamzei & Borbor, 2014).

درصد روغن دانه

نتایج حاصل از آزمایش بیانگر این امر بود که درصد روغن دانه بادام زمینی به صورت معنی داری در واکنش به اثر تیمارهای مختلف آزمایش قرار نگرفت (جدول ۵). در مطالعه ای بیان شد که تراکم بوته علف هرز در واحد سطح بر درصد روغن بادام زمینی اثر گذاشته و تراکم بالای علف هرز موجب کاهش روغن دانه شد (Onat et al., 2017). گزارش شده است که در شرایط وجود تنش های محیطی نظیر رقابت بین بوته های مجاور در تراکم های بالا (فاصله ردیف کاشت کمتر) درصد روغن دانه کاهش و درصد پروتئین دانه افزایش می یابد. در نتیجه، هر گونه افزایش در سنتز پروتئین می تواند به بهای کاهش سنتز روغن تمام شود (Basalma, 2008). در اکثر تحقیقات، فواصل مختلف کاشت بر ویژگی های کیفی دانه بادام زمینی اثری نداشت (Choy et al., 1982)؛ بنابراین گیاه بادام زمینی ممکن است سازوکارهای تطبیقی داشته باشد که تحت تنش های محیطی، ترکیب روغن را تا حدی ثابت نگه می دارد تا بقاء خود را تضمین کند.

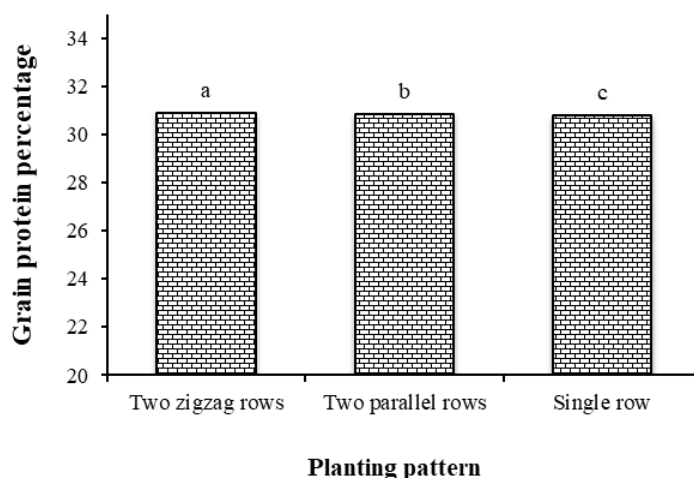
درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه تحت اثر اصلی آرایش کاشت قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر اصلی آرایش کاشت نشان داد که بیش ترین میزان پروتئین دانه (۳۰/۸۹۷ درصد) برای آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و کم ترین مقدار آن (۳۰/۷۹۵ درصد) در شرایط آرایش کاشت تک ردیفه حاصل شد (شکل ۴). پژوهشگران گزارش کردند که رقابت علف هرز با گیاه ذرت باعث کاهش معنی دار پروتئین دانه شد (Randawa et al., 2002). در پژوهش دیگر نشان داده شد که تداخل علف های هرز سبب کاهش پروتئین دانه در گندم گردید (Mason & Madin, 1996) کاهش در میزان پروتئین های

محللول طی تنش را می توان به کاهش سنتز پروتئین و یا افزایش هیدرولیز آنزیمی پروتئین ها به علت افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز و همچنین تجمع اسید آمینه پرولین نسبت داد (Arzani & Yazdani, 2004). نتایج آزمایش حاضر با نتایج سایر محققان همسو است و مشخص شد که آرایش کاشت بر تراکم علف های هرز اثر دارد و در صورتی که آرایش کاشت مناسب باشد، تداخل علف های هرز کم تر شده و درصد پروتئین دانه افزایش می یابد.

نتیجه گیری

با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه مغان و داشتن توجیه اقتصادی، آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی و انجام دو بار وجین علف های هرز (۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت) بهترین گزینه برای مهار علف های هرز بادام زمینی خواهد بود. در این تیمار، تعداد غلاف تک دانه (۲۳/۲ درصد)، تعداد کل غلاف (۴۴/۳ درصد)، عملکرد غلاف (۲۶/۸ درصد)، وزن ۱۰۰ دانه (۸/۱ درصد) و عملکرد دانه (۱۳/۷ درصد) نسبت به تیمار آرایش کاشت دوردیفه زیگزاگی در شاهد بدون مهار بیشتر بود. اولویت بعدی، استفاده از گیاهان پوششی و مدیریت پایدار مزرعه خواهد بود. با استفاده از نتایج چنین آزمایش هایی می توان به سمت افزایش عملکرد محصولات زراعی در واحد سطح، سلامت جامعه و کشاورزی پایدار گام برداشت. استفاده از اختلاط علف کش بنتازون به میزان دو لیتر در هکتار + هالوکسی فوپ-آر متیل استر به میزان ۰/۷ لیتر در هکتار در صورت کمبود نیروی کار برای وجین و عدم کشت گیاهان پوششی در اولویت بعدی قابل توصیه می باشد.



شکل ۴- اثر اصلی آرایش کاشت بر درصد پروتئین دانه بادام زمینی

Figure 4 - Main effect of planting pattern on peanut seed protein percentage

جدول ۵- تجزیه مرکب صفات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی
Table 5- Combined analysis of biochemical traits, yield, and yield components of peanut

S.O.V	df	Number of single-seed pods	Mean square					Grain yield	Oil percentage	Protein percentage
			Number of double-seed pods	Total number of pods	Pod yield	Biological yield	Hundred-seed weight			
Year	1	15.365 ^{ns}	23.142 ^{ns}	0.793 ^{ns}	651169.56 ^{ns}	401207.11 ^{ns}	4.198 ^{ns}	46287.520 ^{ns}	0.032 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Repetition/year	4	60.539 ^{ns}	73.325 ^{ns}	47.888 ^{ns}	1859580.06 ^{ns}	332025.42 ^{ns}	9.960 ^{ns}	31478.92 ^{ns}	0.271 ^{ns}	0.005 ^{ns}
Planting pattern	2	8 ^{ns}	9.388 ^{ns}	10.341 ^{ns}	2161887.71 ^{ns}	2954148.47 ^{**}	134.865 ^{**}	194656.13 [*]	0.332 ^{ns}	0.110 ^{**}
Year × planting pattern	2	57.554 [*]	555.880 ^{ns}	846.103 ^{ns}	575166.70 ^{ns}	179945.28 ^{ns}	0.626 ^{ns}	1757.24 ^{ns}	0.379 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Main error	8	72.384	393.772	599.222	1319731.06	69899.21	2.115	1438.59	0.087	0.0007
Weed management	6	319.378 ^{**}	2157.322 ^{**}	4033.624 ^{**}	5478840.42 ^{**}	42414136.53 ^{**}	1237.476 ^{**}	2371976.64 ^{**}	0.039 ^{ns}	0.003 ^{ns}
Year × weed management	6	12.420 ^{ns}	364.809 ^{ns}	492.349 ^{ns}	391198.07 ^{ns}	154068.31 ^{ns}	1.105 ^{ns}	2304.06 ^{ns}	0.117 ^{ns}	0.008 ^{ns}
Planting pattern × weed management	12	51.481 ^{**}	416.953 ^{ns}	698.461 [*]	2017206.57 [*]	185559.53 ^{ns}	13.615 ^{**}	23578.78 ^{**}	0.299 ^{ns}	0.003 ^{ns}
Year × planting pattern × weed management	12	18.442 ^{ns}	227.742 ^{ns}	328.186 ^{ns}	363269.99 ^{ns}	159.561.92 ^{ns}	1.284 ^{ns}	5973.04 ^{ns}	0.129 ^{ns}	0.002 ^{ns}
Error	72	16.553	246.126	333.925	837944.2	184169.21	1.146	5210.74	0.349	0.001
(%)CV	-	17.83	21.74	24.78	27.91	10.15	1.54	15.80	1.31	0.13

^{ns}: به ترتیب اختلاف غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج و یک درصد
ns, *, **: non-significant difference, significant at 5% and 1% level

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت × مدیریت علف های هرز روی صفات بیوشیمیایی، عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی

Table 6- Comparison of the mean interaction effect of planting pattern × weed management on biochemical traits, yield, and yield components of peanut						
Planting pattern	Weed management	Number of single-seed pods (NO.plant ⁻¹)	Total number of pods (NO.plant ⁻¹)	Pod yield (kg.ha ⁻¹)	Hundred-seed weight (g)	Grain yield (kg.ha ⁻¹)
Double row zigzag	Weeding all season	26 ^{a*}	83.67 ^a	5016.7 ^a	82.33 ^a	1786 ^a
	Weeding twice	20.33 ^b	78.67 ^{ab}	4284.3 ^{ab}	79.83 ^b	1696.33 ^b
	Weeding once	19.33 ^{bc}	68.17 ^{abc}	4075 ^{abc}	77.83 ^c	1693.17 ^b
	Hairy vetch	18.66 ^{bcd}	66.33 ^{a-d}	4070 ^{abc}	76.5 ^d	1597.83 ^c
	Clover	18.66 ^{bcd}	66 ^{a-d}	4053.7 ^{abc}	76 ^d	1560.83 ^{cd}
	Herbicide	17 ^{b-e}	60.67 ^{b-e}	3747 ^{bcd}	74.33 ^e	1498 ^d
Double row parallel	Control	16.50 ^{b-e}	54.5 ^{c-f}	3378.3 ^{b-e}	73.83 ^{ef}	1491 ^{de}
	Weeding all season	15.83 ^{b-f}	51.83 ^{c-g}	3360.7 ^{b-e}	72.67 ^{fg}	1403 ^{ef}
	Weeding twice	15.16 ^{b-f}	51.5 ^{c-h}	3322 ^{b-e}	72 ^{gh}	1368.5 ^{fg}
	Weeding once	14.83 ^{c-g}	49.83 ^{ch}	3264 ^{cde}	70.83 ^{ij}	1300 ^{gh}
	Hairy vetch	14.50 ^{c-g}	47 ^{c-h}	3200.3 ^{c-f}	70.33 ^{ij}	1231 ^{hi}
	Clover	14.33 ^{c-g}	45.17 ^{d-h}	3199 ^{c-f}	69.17 ^{jk}	1204.83 ^{ij}
Single row	Herbicide	13.33 ^{d-h}	44.83 ^{d-h}	3177 ^{c-f}	68.5 ^{kl}	1158 ^{ijk}
	Control	13.16 ^{e-h}	44.50 ^{d-h}	2823.3 ^{def}	67.83 ^l	1140.5 ^{jk}
	Weeding all season	12.83 ^{e-h}	44.5 ^{d-h}	2790.3 ^{def}	66 ^m	1102.5 ^k
	Weeding twice	12.5 ^{e-h}	39.5 ^{e-i}	2759 ^{def}	64.33 ⁿ	996 ^l
	Weeding once	10.66 ^{f-i}	34.67 ^{f-i}	2627.7 ^{ef}	63.66 ⁿ	989.67 ^l
	Hairy vetch	9.66 ^{ghi}	31.83 ^{ghi}	2536.3 ^{ef}	62 ^o	894.83 ^m
LSD	Clover	9.66 ^{ghi}	30.33 ^{ghi}	2492 ^{ef}	59.33 ^p	887.33 ^m
	Herbicide	8.5 ^{hi}	29.83 ^{hi}	2471.3 ^{ef}	56 ^q	575 ⁿ
	Control	5.5 ⁱ	20 ⁱ	2221 ^f	49.5 ^r	518.83 ⁿ
	-	5.35	21.84	1014.3	1.274	88.25

* میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی داری باهم ندارند

* The averages of common letters in each column do not have a significant difference

References

1. Abdin, O., Zhou, X., Cloutier, D., Coulman, D., Faris, M., & Smith, D. (2000). Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). *European Journal of Agronomy*, 12(2), 93-102. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(99\)00049-0](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00049-0)
2. Abdzad Gohari, A. (2021). Investigation of the effect of deficit irrigation and two irrigation methods on yield and yield components of two peanut cultivars. *Journal of Water Research in Agriculture*, 35(1), 61-72. (in Persian with English abstract)
3. Andrade, C.D.B., Constantin, J., Scapim, C., Lucca e Braccini, A.D., & Angelotti, F. (1999). Effect of weed competition in different spacing upon yield of three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Ciência e Agrotecnologia*, 23, 529-539. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.791.81>
4. Arzani, K., & Yazdani, N. (2004). The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of proteins in olive (*Olea europaea* L.) cultivars Bladi and Mission, V *International Symposium on Olive Growing*, 791, 527-530. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.791.81>
5. Basalma, D. (2008). The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) cultivars. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4, 120-125.
6. Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C., & Freeman, L.B. (2015). Pesticides and human health, BMJ Publishing Group Ltd. 130 pages. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102454>
7. Campiglia, E., Paolini, R., Colla, G., & Mancinelli, R. (2009). The effects of cover cropping on yield and weed control of potato in a transitional system. *Field Crops Research*, 112, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.01.010>
8. Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R., & Smith, D. (2000). Intercropping corn with soybean, lupin and forages: Yield component responses. *European Journal of Agronomy*, 12, 103-115. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(99\)00051-9](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(99)00051-9)
9. Choy, C., Stone, J., Matlock, R., & McCauley, G. (1982). Plant population and irrigation effects on Spanish peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut Science*, 9, 73-76. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-9-2-7>
10. Dinh, H., Kaewpradit, W., Jogloy, S., Vorasoot, N., & Patanothai, A. (2013). Biological nitrogen fixation of peanut genotypes with different levels of drought tolerance under mid-season drought. *Sabao Journal of Breeding and Genetics*, 45, 491-503.
11. Edalat, M., Shahrsebi, S., Kazemeini, S.A., & Emam Y. (2017). Influence of undersown wheat and barley on weed control, growth and yield of rapeseed at various levels of nitrogen. *Journal of Crop Production and Processing*, 6, 93-104. <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.22.93>
12. El-Bially, M. (1995). Weed control treatments under different density patterns in maize. *Annals of Agricultural Science*, 40, 697-708.
13. Eskandari Torbaghan, M., & Eskandari Torbaghan, M. (2016). The effect of seed rate on grain yield and some agronomic traits of spring sown canola under dryland farming conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 8(2), 149-158. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.2016.211>
14. Eskandari, A., Zand, E., & Akbari, G.H. (2005). The effect of herbicide and corn planting pattern on yield and harvest index of grain corn under competition conditions. The First Iranian Weed Science Conference. Tehranm Iran. p. 1-3. (in Persian with English abstract)
15. FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT database for agriculture. <http://fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed 01 April 2022).
16. Fathi, Q. (2005). Examination of the effect of planting pattern and density on light depreciation coefficient, radiate assimilation on grain yield of corn SC 402. *Agricultural Sciences and Natural Resources, Special Crop*, 14(1), 131-143. (in Persian with English abstract).
17. Fischer, R., & Miles, R. (1973). The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Mathematical Biosciences*, 18, 335-350. [https://doi.org/10.1016/0025-5564\(73\)90009-6](https://doi.org/10.1016/0025-5564(73)90009-6)
18. Gheytratmand, M., Mousavi Anzabi, H., & Reza Doost, S. (2016). Effect of spatial patterns and weed management on grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Research in Field Crop Journal*, 3(2), 34-45. (in Persian with English abstract).
19. Ghosh, D., Singh, U., Brahmachari, K., Singh, N., & Das, A. (2017). An integrated approach to weed management practices in direct-seeded rice under zero-tilled rice-wheat cropping system. *International Journal of Pest Management*, 63, 37-46. <https://doi.org/10.1080/09670874.2016.1213460>
20. Grichar, W.J., Besler, B.A., & Brewer, K.D. (2004). Effect of row spacing and herbicide dose on weed control and grain sorghum yield. *Crop Protection*, 23, 263-267. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.08.004>
21. Hamzei, J., & Borbor, A. (2014). Effect of different soil tillage methods and cover crops on yield and yield components of corn and some soil characteristics. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 24, 35-47.
22. Hasanpanah, D., Akhavan, K., & Pour Musa Ghorje, A. (2019). Proper cropping pattern in drip irrigation to increase yield and water use efficiency in seed potato production fields. *Journal of Applied Potato Sciences*, 1(2),

- 17-22. (in Persian with English abstract)
23. Hashemi, S.S., Zaefarian, F., Farahmandfar, E., & Bagheri-Shirvan, M. (2018). Effect of sowing dates and types of cover crops on soybean (*Glycine max* L.) and weeds interaction. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 28, 167-183. (in Persian with English abstract).
24. Hauser, E., & Buchanan, G. (1981). Influence of row spacing, seeding rates and herbicide systems on the competitiveness and yield of peanuts. *Peanut Science*, 8, 74-81. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-8-1-18>
25. Helali, A. (2018). Studying the contribution of domestically produced and imported oilseeds in providing household oil. first Ed. Institute for Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development. 16 pp. (in Persian).
26. Hock, S.M., Knezevic, S.Z., Martin, A.R., & Lindquist, J.L. (2006). Soybean row spacing and weed emergence time influence weed competitiveness and competitive indices. *Weed Science*, 54, 38-46. <https://doi.org/10.1614/WS-05-011R.1>
27. Hosseini, M., Ghorbani, R., Bazoobandi, M., & Bagheri, A. (2011). Efficacy of different herbicides on weed control of garlic (*Allium Sativum*). *Crop Production*, 9(3), 463-473. (in Persian with English abstract)
28. Jadoski, S.O., Carlesso, R., Petry, M.T., Woischick, D., & Cervo, L. (2000). Plant population and row spacing for irrigated drybean. I: Plant morphological characteristics. *Ciência Rural*, 30, 559-565. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000400001>
29. Johnson, H.J., Colquhoun, J.B., Bussan, A.J., & Rittmeyer, R.A. (2010). Feasibility of organic weed management in sweet corn and snap bean for processing. *Weed Technology*, 24, 544-550. <https://doi.org/10.1614/WT-09-052.1>
30. Kahrizi, D., Rostami Ahmadvand, H., Lorestani, T., & Yari, P. (2018). Cultivation and development of the medicinal oil plant *Camelina*, an action towards sustainable development and environmental protection of Kermanshah province. National Conference on Sustainable Development of Kermanshah Province. Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran. p. 1-6. (in Persian with English abstract).
31. Kavosi, S., Abbasi, R., Farahmandfar, E., & Mansoori, I. (2015). Critical period of weed damage in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Sari. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 1(1), 87-97. (in Persian with English abstract)
32. Kavurmaci, Z., Karadavut, U., Kökten, K., & Bakoğlu, A. (2010). Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 318-320.
33. Kjeldahl, J. (1883). A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Z Analytical Chemistry*, 22, 366-382. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151>
34. Kochaki, A., & Sarmadnia, G.H. (2002). Crop Plant Physiology. Mashhad University Jihad Publications, Mashhad, Iran. 400 p. (in Persian).
35. Konuskan, O. (2000). Effects of plant density on yield and yield related characters of some maize hybrids grown in hatay conditions as second crop. M.Sc. Thesis. Plant Production Faculty, Kenya University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Thika, Kenya.
36. Korav, S., Ram, V., Ray, L.I., Krishnappa, R., Singh, N., & Premaradhya, N. (2018). Weed pressure on growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Meghalaya, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7, 2852-2858. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.328>
37. Kumar, M., Ghosh, D., & Singh, R. (2018). Effect of crop establishment and weed management practices on growth and yield of wheat. *Indian Journal of Weed Science*, 50, 129-132. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2018.00032.1>
38. Kuo, S., & Jellum, E.J. (2002). Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn. *Agronomy Journal*, 94, 501-508. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.5010>
39. Kurstjens, D.A. (2007). Precise tillage systems for enhanced non-chemical weed management. *Soil and Tillage Research*, 97, 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.06.011>
40. Lemessa, F., & Wakjira, M. (2015). Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 18, 123-135. <https://doi.org/10.1007/s12892-014-0085-2>
41. Mason, M., & Madin, R. (1996). Effect of weeds and nitrogen fertiliser on yield and grain protein concentration of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 36, 443-450.
42. MelNaim, A., Eldouma, M., A Ibrahim, E., & Zaid, M. (2011). Influence of plant spacing and weeds on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Rain-fed of Sudan. *Advances in Life Sciences*, 1, 45-48. <https://doi.org/10.5923/j.als.20110102.08>
43. Ministry of Agricultural Jihad of Iran. (2023). Annual Report of Agricultural Production. Retrieved on April 15. From. <https://www.maj.ir>
44. Mohammadi, G.R., & Ghobadi, M.E., (2010). The effects of different autumn-seeded cover crops on subsequent irrigated corn response to nitrogen fertilizer. *Agricultural Sciences*, 1, 148. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2010.13018>
45. Mostafavi Rad, M., Nobahar, A., Gholami, M., Jahansaz, H., Akbarzadeh, E., & Adibi, S. (2020). Two Sowing and transplanting method effect on peanut (*Arachis hypogaea* L.) growth as affected by different row distance in Rasht.

- Crop Production*, 13(2), 117-130. (in Persian with English abstract).
46. Najafi, H. (2014). Non-Chemical Methods of Weed Management. Pak Pendar Publications, Iran, 318 p. (in Persian).
47. Olayinka, B.U., & Etejere, E.O. (2015). Growth analysis and yield of two varieties of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as influenced by different weed control methods. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20, 130-136. <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0151-x>
48. Onat, B., Bakal, H., Gulluoglu, L., & Arioglu, H. (2017). The effects of row spacing and plant density on yield and yield components of peanut grown as a double crop in Mediterranean environment in Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 22, 71-80. <https://doi.org/10.17557/TJFC.303885>
49. Palmer, J., Dunphy, E.J., & Reese, P.F. (2013). Managing Drought-Stress Soybeans in the Southeast. NC Cooperative Extension Service.
50. Powles, S.B. (2018). Herbicide resistance in plants: Biology and biochemistry. CRC Press. 260 pages.
51. Rabiee, M., & Jilani, M. (2015). Effect of row spacing and seed rate on yield and yield component of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Guilan province. *Iranian Journal of Pulses Research*, 6(1), 9-20. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v1394i1.24537>
52. Randawa, M., Cheema, Z.A., & Anjam, M. (2002). Influence of triantema portulacastrum infestation and nitrogen on quality of maize grain. *International Journal of Agriculture and Biology*, 4, 513-514.
53. Saber Hamishegi, M., Doroudian, H., Mohammadian Rowshan, N., & Bidarigh, S. (2023). Effect of herbicide Haloxifhop-R-methyl application and foxtail weed on quantitative and qualitative yield of peanut. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 4(2), 577- 590. (in Persian with English abstract)
54. Saberi, A., Mazaheri, D., & Abad, H. (2006). Effect of density and planting on yield and some agronomic characteristics of maize KSC647. *Agricultural and Natural Resources Science*, 1, 67-76. (in Persian with English abstract).
55. Sahoo, S.K., Pradhan, J., Kuruwanshi, V., Guhey, A., Rout, G., & Dash, R. (2017). Phytotoxic effect of pre-emergence herbicides on oil content and yield components of groundnut (*Arachis hypogaea*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6, 1738-1748. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.215>
56. Schonbeck, M. (2005). Cover cropping: On-farm, Solar-powered Soil Building. Virginia cooperative extension. Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic.
57. Sharratt, B.S., & McWilliams, D.A. (2005). Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. *Agronomy Journal*, 97, 1129-1135. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0292>
58. Smith, A.N., Reberg-Horton, S.C., Place, G.T., Meijer, A.D., Arellano, C., & Mueller, J.P. (2011). Rolled rye mulch for weed suppression in organic no-tillage soybeans. *Weed Science*, 59, 224-231. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00112.1>
59. Sturm, D., Peteinatos, G., & Gerhards, R. (2018). Contribution of allelopathic effects to the overall weed suppression by different cover crops. *Weed Research*, 58, 331-337. <https://doi.org/10.1111/wre.12316>
60. Taghinejad, J. (2022). Types of Mechanized Peanut Planting Pattern. Agricultural Education Publication. 20 p. (in Persian with English abstract)
61. Tokasi, S., Sharifiziveh, P., Younesabadi, M., Habibian, L., & Didehbaz Moghanlo, Ghorban. (2023). The efficacy of quizalofop-P-ethyl herbicide to control of grass-weeds in groundnut fields. *Crop Production Journal*, 15(4), 139-158. (in Persian with English abstract).
62. Turgut, I. (2000). Effects of plant populations and nitrogen doses on fresh ear yield and yield components of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt.) grown under Bursa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 341-348.
63. Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Ichiyama, K., Sugiura, E., Yudate, T., Nakamura, S., & Gopal, J. (2012). Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression under an organic and rotational cropping system: 1. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. *Field Crops Research*, 127, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.10.007>
64. Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yudate, T., & Nakamura, S. (2009). Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. *Field Crops Research*, 113, 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.013>
65. Yadavi, A., Zand, E., Ghalavand, A., & AghaAlikhani, M. (2007). Effect of density and planting pattern on yield and yield components of maize under redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(1), 187-199. (in Persian with English abstract).
66. Zhao, S.C., Lü, J.L., Xu, X.P., Lin, X.M., Luiz, M.R., Qiu, S.J., Ciampitti, I., & Ping, H. (2021). Peanut yield, nutrient uptake, and nutrient requirements in different regions of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20, 2502-2511. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63253-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63253-1)

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، ترپنویدها، 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 پیردن 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' شمالی، ۵۴° ۴۸' شرق) 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).

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

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

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 به‌طور منظم به‌صورتی انجام شد که آب اضافی به زیر گلدان‌ها به‌خصوص 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 .

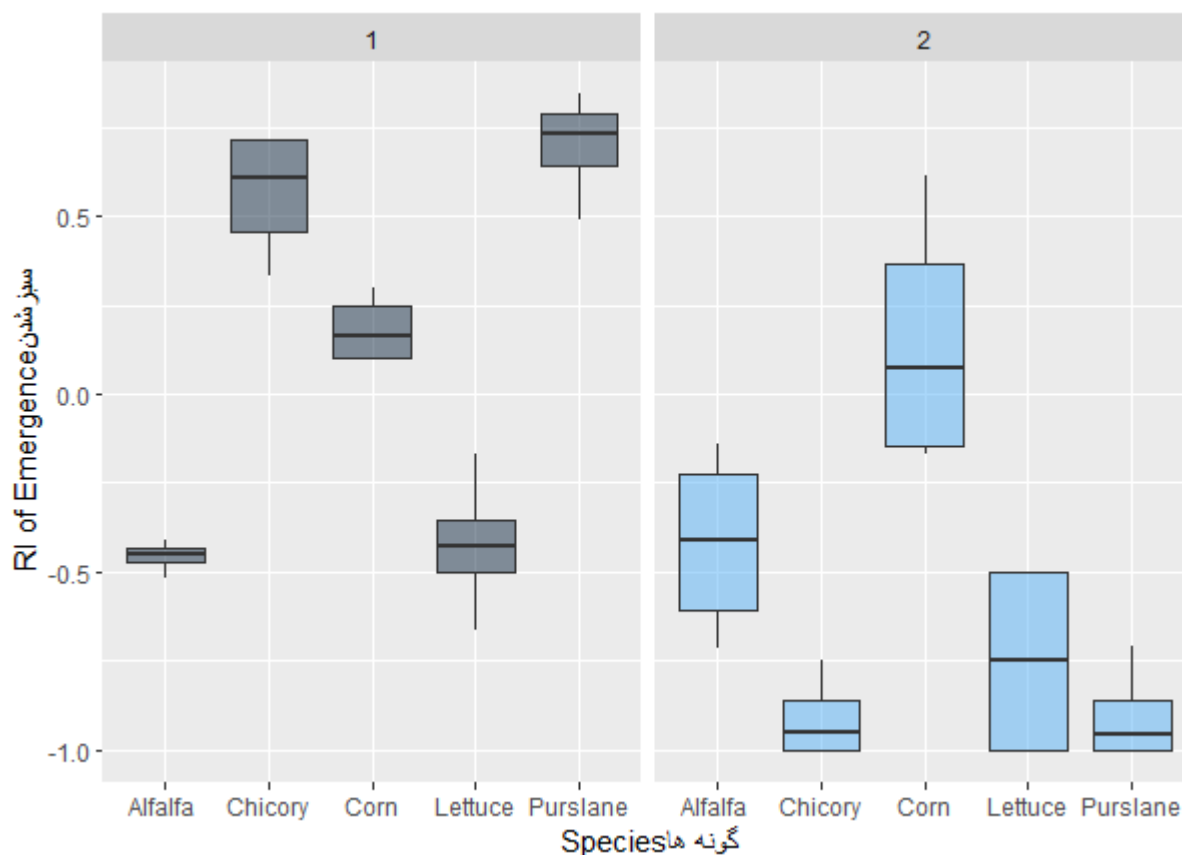
جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین داده‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای صفات معنی‌دار شده در سطح پنج درصد برای پنج گونه گیاهی گیرنده (میانگین دو و هشت ماه نگهداری بقایای گیاهی در خاک)

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

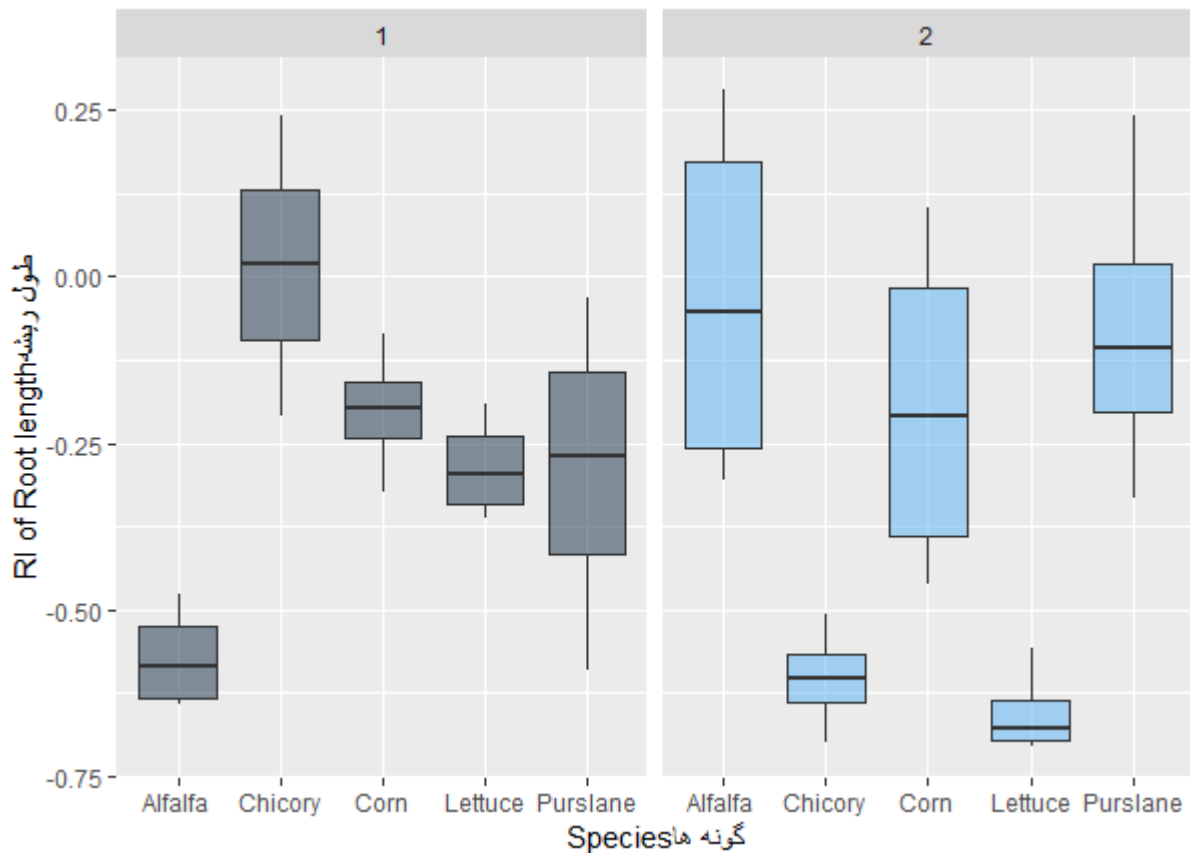
Figure 2- The response of species in contaminated soil by Cape ivy for emergence; 1= planting after 2 months of mixing soil with Cape ivy, 2= planting after 8 months of mixing soil with Cape ivy

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).

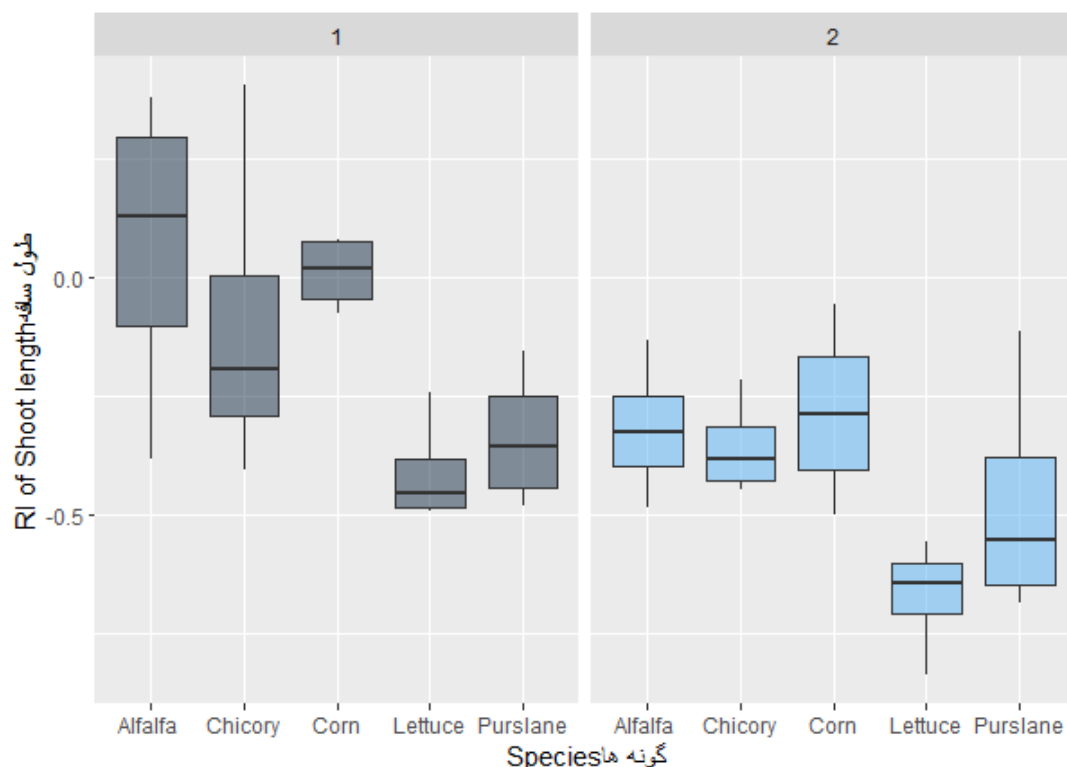


شکل ۳- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس طول ریشه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

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 می‌گذارند 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).

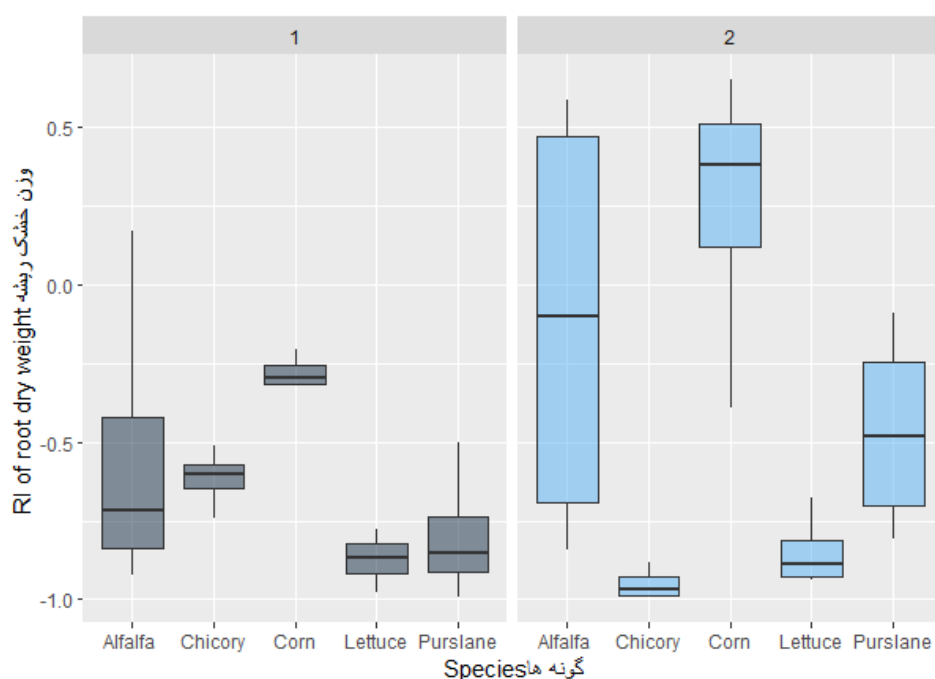
تجزیه و تحلیل فیتوشیمیایی *Senecio glaucus* فراوانی فنل‌ها و فلاونوئیدهای کل را در شاخه‌های آن نشان داد، درحالی‌که ترپنوئیدها در گل‌های آن بیشترین مقدار را داشتند. تمام بخش‌های اجزای گیاهی به‌طور کامل از جوانه‌زنی بذره‌های منداب *Eruca sativa* جلوگیری کردند، اما میزان بازدارندگی متفاوتی بر جوانه‌زنی 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). قبیلۀ *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).

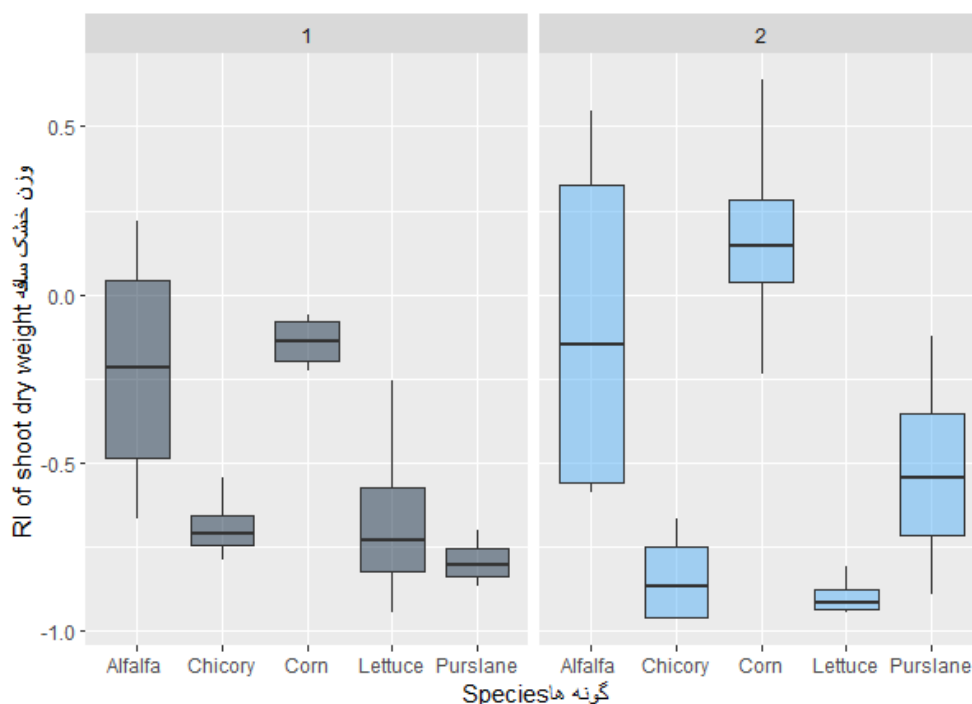
در یک بررسی، اثر ترکیبات دگرآسیب گیاه مهاجم *Ligularia sagitta* رشد اولیه گیاه یونجه بیشتر از سایر گونه‌ها بود (Wang et al., 2024). در بررسی توان دگرآسیبی گیاه *Senecio jacobaea* L. بر چند گونه (چشم چندساله و چهار گونه لگوم) در مراتع نیوزیلند، عصاره آبی و بقایای گیاهی در خاک مانع رشد گیاهان مرتع شد، 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



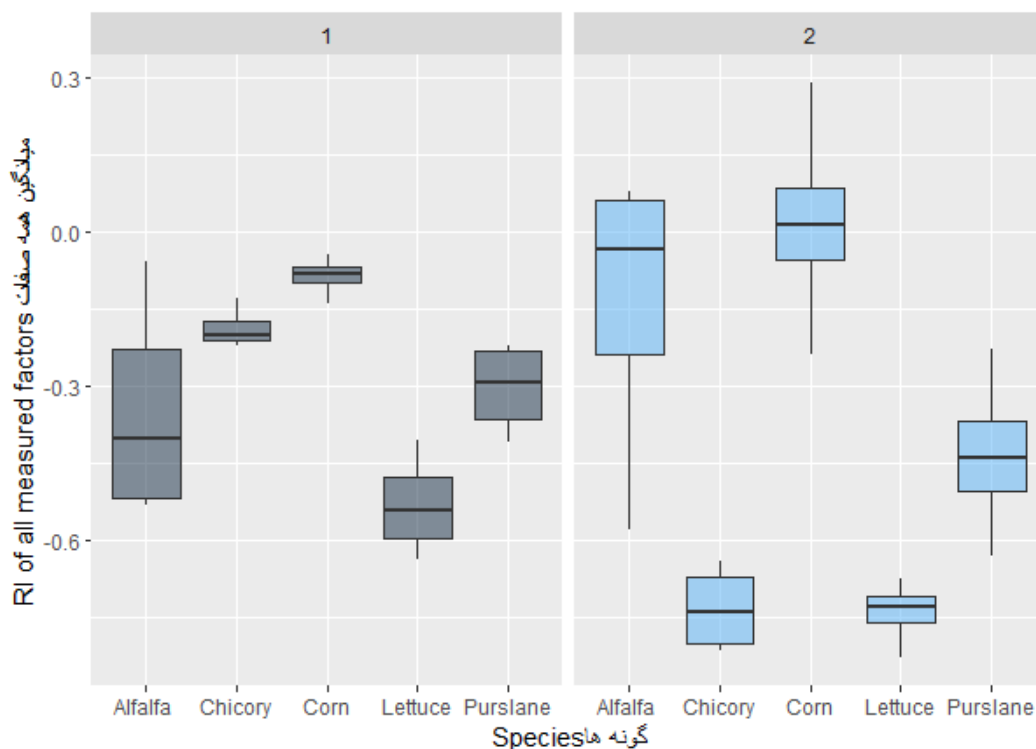
شکل ۵- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس وزن خشک ریشه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

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



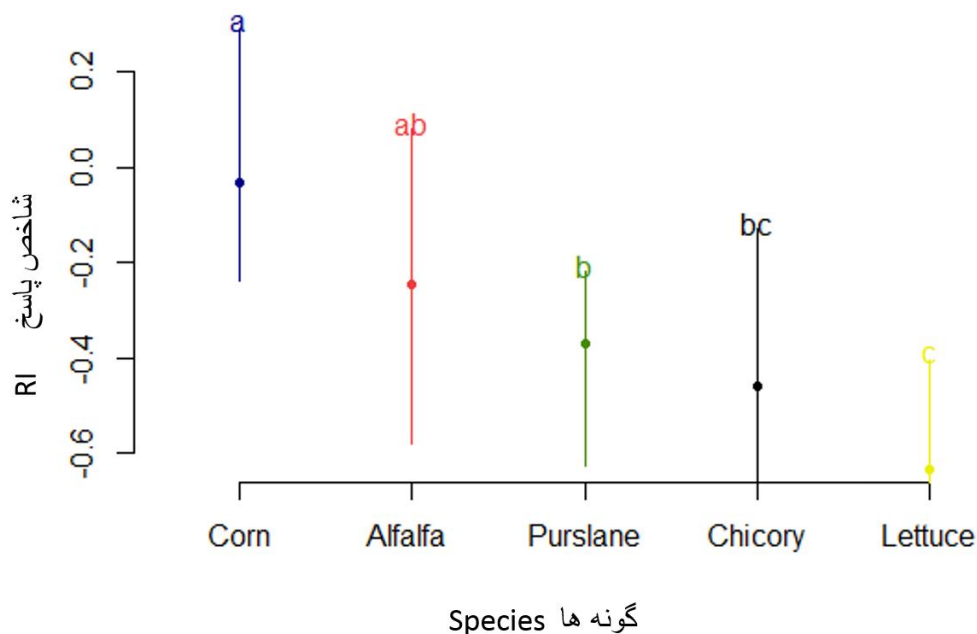
شکل ۶- پاسخ گیاهان مورد بررسی به خاک آلوده به گیاه بیگانه زلف پیر برگ عشقه‌ای براساس وزن خشک ساقه، به ترتیب ۱: کاشت در خاک آلوده بعد از دو ماه و ۲: کاشت در خاک آلوده بعد از هشت ماه

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 اندازه‌گیری‌شده 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 مایکوبیوتای 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/10.1590/1983-40632019v4954353>
 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.

Investigation of the Response of Crown Vetch (*Coronilla varia*) Ecotypes to Various Post-Emergence Herbicides under Greenhouse Conditions, with the Aim of Assessing the Feasibility of Cultivating It

R. Saberfar¹, Gh.R. Heidari^{1*}, F. Nazari², S. Babaei¹, A. Molaahmad Nalouisi²

1- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

2- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

(*- Corresponding author's Email: g.heidari@uok.ac.ir)

How to cite this article:

Received: 18-06-2025

Revised: 20-08-2025

Accepted: 14-09-2025

Available Online: 10-02-2026

Saberfar, R., Heidari, Gh.R., Nazari, F., Babaei, S., & Molaahmad Nalouisi, A. (2026). Investigation of the response of crown vetch (*Coronilla varia*) ecotypes to various post-emergence herbicides under greenhouse conditions, with the aim of assessing the feasibility of cultivating it. *Iranian Plant Protection Research*, 39(4), 419-431. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94023.1236>

Introduction

Crown vetch (*Coronilla varia*) is a perennial tetraploid leguminous plant ($2n=24$) belonging to the Fabaceae family. Widely used as a decorative ground cover and in erosion control along roadsides, it also plays a vital role in nitrogen fixation, environmental improvement, and soil microclimate enhancement. Native to Central and Southern Europe, its cultivation has expanded to the Mediterranean, Russia, Middle East, and the United States. In Iran, it is found in various provinces such as Mazandaran, Ilam, Lorestan, Guilan, Qom, Kermanshah, Golestan, Kurdistan, and Chaharmahal and Bakhtiari, primarily in pastures, orchards, and field margins. Although primarily valued as forage with nutritional quality comparable to alfalfa, Crown vetch contains toxic compounds like cyanogenic glycosides, notably "croneoline", which pose risks to non-ruminant animals, especially horses. The herbicide 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) is used post-emergently for controlling broadleaf weeds in various crops, particularly in no-till systems. Common broadleaf herbicides used in alfalfa fields in Iran include chlorotoluron, paraquat, glyphosate, imazethapyr, topramezone, and bentazone, along with grass herbicides such as fluazifop-p-butyl and haloxyfop-methyl. Atlantis is a herbicide containing methylsulfuron-methyl and iodosulfuron-methyl-sodium from the sulfonyleurea active ingredient group; it is widely used for controlling broadleaf weeds as well as some annual weeds in wheat fields. The use of Crown vetch as a cultivated crop in Iran remains limited, and its potential as a weed or a cover crop warrants further investigation.

Materials and Methods

To evaluate the effects of herbicides on different ecotypes of *Medicago sativa* subsp. *falcata*, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four replications in the greenhouse of the University of Kurdistan in 2024. The experimental factors included ten ecotypes (collected from Hamadan,

© 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.2025.94023.1236>

Kermanshah, Kurdistan, Ilam, and Semnan provinces) and five herbicide treatments (control without herbicide, Totril, 2,4-DB, Granstar, and Atlantis). Seeds were germinated using the top-paper method, and uniform seedlings were transplanted into pots under controlled greenhouse conditions. At the four-leaf stage, plant density was thinned to two plants per pot, and herbicides were applied at the recommended wheat dosages during the branching stage. Spraying was carried out at 22 ± 2 °C, 60–65% relative humidity, and a spray volume of 300 L.ha⁻¹. After 21 days, visual injury ratings were recorded, and shoot dry weight was measured after oven-drying samples at 72 °C for 48 h. Plant height and leaf area index (LAI) were also recorded. Changes in LAI were measured using an LAI meter and analyzed by fitting a logistic growth model. Data were subjected to ANOVA using SAS (version 9.4), mean comparisons were performed by LSD test at the 1% level, and data normality was checked using Minitab. Graphs were prepared using Microsoft Excel.

Results and Discussion

In the evaluation of leaf area index, the highest value was observed in the control treatment of the Paveh ecotype (1.45), while the lowest value was recorded in the 2,4-DB treatment of the Marivan ecotype (0.24). Overall, the average reduction in leaf area index compared with the control treatment for the herbicides 2,4-DB, Totril, Granstar, and Atlantis was 58.03%, 48%, 41.4%, and 21.03%, respectively. Visual assessment results indicated that the herbicides 2,4-DB (99%) and Totril (95.5%) had the greatest effect on controlling the *Medicago sativa* ecotypes, whereas Atlantis (53.7%) showed the lowest control efficiency. The highest percentage reduction in plant height compared to the control treatment was observed as follows: 2,4-DB (68.52% in the Hamedan ecotype), Totril (58.68% in the Saez ecotype), Granstar (38.71% in the Nahavand ecotype), and Atlantis (26.02% in the Hamedan ecotype). In the evaluation of leaf area index (LAI), the highest value was recorded in the control treatment of the Paveh ecotype (1.45), and the lowest value in the 2,4-DB treatment of the Marivan ecotype (0.24). Overall, the average reduction in LAI compared with the control for 2,4-DB, Totril, Granstar, and Atlantis was 58.03%, 48%, 41.4%, and 21.03%, respectively. Regarding shoot dry weight, the highest value was observed in the control treatment of the Paveh ecotype (28.67 g), and the lowest in the 2,4-DB treatment of the Saez ecotype (5.11 g). In general, Totril and 2,4-DB caused the greatest reduction in shoot dry weight of *Medicago sativa*, whereas Atlantis had the least reduction compared to the other herbicides.

Conclusion

The study demonstrated that Totril and 2,4-DB herbicides were the most effective in controlling *Medicago sativa* as a weed, while Granstar and Atlantis showed lower efficacy. Considering the potential phytotoxicity of 2,4-DB in orchards, Totril is recommended as a safer option for weed management in such environments. Furthermore, the Paveh and Semnan ecotypes, with higher shoot dry weight and leaf area index, were identified as herbicide-resistant and high-performing, making them suitable for cultivation purposes. Pre-emergence application of effective herbicides like Totril is advised to control weeds without reducing crop performance.

Keywords: Atlantis, Dry weight, Herbicide efficacy, Totril, Visual assessment

ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های یونجه باغی (*Coronilla varia*) به علف‌کش‌های مختلف پس‌رویشی در شرایط گلخانه‌ای با هدف امکان‌سنجی کشت زراعی

رحیمه صابر فر^۱ - غلامرضا حیدری^{۲*} - فرزاد نظری^۲ - سیروان بابائی^۱ - ایوب ملااحمد نالوسی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

به منظور بررسی واکنش اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی (*Coronilla varia*) نسبت به علف‌کش‌ها، آزمایشی در سال ۱۴۰۳ در گلخانه دانشگاه کردستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل ۱۰ اکوتیپ مختلف یونجه باغی (همدان، نهاوند، پاوه، سمنان، سنندج، سروآباد، سقز، کرمانشاه، مریوان و ایلام) و عامل دوم پنج سطح علف‌کش (شامل شاهد بدون علف‌کش، توتریل (ایوکسینیل)، توفوردی بی (۲ و ۴- دی کلرو فنوکسی دی هیدروکسی)، گرانتار (تری بنورون متیل) و آتلاتیس (یدوسولفورون متیل + مزوسولفورون متیل + ایمن‌کننده مفن پیر دی اتیل) بود. صفات مورد ارزیابی شامل خسارت چشمی، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک بودند. نتایج حاصل از ارزیابی چشمی نشان داد که علف‌کش‌های توفوردی بی (۹۹ درصد) و توتریل (۹۵/۵ درصد) بیشترین تأثیر را در مهار اکوتیپ‌های یونجه باغی داشتند، در حالی که آتلاتیس (۵۳/۷ درصد) کمترین میزان مهار را نشان داد. بیشترین درصد کاهش ارتفاع نسبت به شاهد به ترتیب در علف‌کش‌های توفوردی بی (۶۸/۵۲ درصد در اکوتیپ همدان)، توتریل (۵۸/۶۸ درصد در اکوتیپ سقز)، گرانتار (۳۸/۷۱ درصد در اکوتیپ نهاوند) و آتلاتیس (۲۶/۰۲ درصد در اکوتیپ همدان) مشاهده شد. در بررسی شاخص سطح برگ، بیشترین مقدار مربوط به شاهد پاوه (۱/۴۵) و کمترین مقدار مربوط به تیمار توفوردی بی در اکوتیپ مریوان (۰/۲۴) بود. به طور کلی، میانگین کاهش شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد برای علف‌کش‌های توفوردی بی، توتریل، گرانتار و آتلاتیس به ترتیب ۵۸/۰۳، ۴۸، ۴۱/۴ و ۲۱/۰۳ درصد بود. در خصوص وزن خشک، بیشترین مقدار به شاهد در اکوتیپ پاوه (۲۸/۶۷ کیلوگرم) و کمترین مقدار به تیمار توفوردی بی در اکوتیپ سقز (۵/۱۱ کیلوگرم) اختصاص داشت. به طور کلی، علف‌کش‌های توتریل و توفوردی بی بیشترین تأثیر کاهش در وزن خشک یونجه باغی را نشان دادند، در حالی که آتلاتیس کمترین کاهش را در مقایسه با سایر علف‌کش‌ها ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: آتلاتیس، ارزیابی چشمی، توتریل، کارایی علف‌کش، وزن خشک

مقدمه

مهار علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن جوی، افزایش فعالیت‌های آنزیمی و بهبود شرایط خرد اقلیمی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. یونجه باغی به‌ویژه در حاشیه جاده‌ها و بزرگراه‌ها، با هدف کاهش فرسایش خاک و استحکام بخشی به بسترهای کناری کاشت می‌شود (Molano-Flores, 2014). این گیاه از طریق بذر یا ریزوم تکثیر می‌یابد و در خاک‌هایی با شوری ۰/۵ درصد رشد می‌کند (et al., Wu, 2011).

یونجه باغی بومی اروپای مرکزی و جنوبی است و در حال حاضر، کشت آن در منطقه مدیترانه، روسیه، خاورمیانه و ایالات متحده رایج است (Gustine & Moyer, 1990). در ایران، در مراتع و باغات و

یونجه باغی (*Coronilla varia*) گیاهی چندساله، تتراپلوئید (2n=24) و متعلق به خانواده Fabaceae است. این گونه به عنوان یک گیاه پوششی زینتی و مرتعی، به طور گسترده‌ای برای

۱- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج،

ایران

(Email: g.heidari@uok.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/jpp.2025.94023.1236>

حاشیه مزارع استان‌های مازندران، ایلام، لرستان، گیلان، قم، کرمانشاه، گرگان، کردستان و چهارمحال و بختیاری گزارش شده است (Salehi Shanjani et al., 2023). یونجه باغی عمدتاً به‌منظور تولید علوفه کشت می‌شود و از نظر ارزش غذایی، قابل مقایسه با یونجه معمولی (*Medicago sativa*) است. با این حال، به دلیل وجود ترکیبات نیتروگلیکوزیدی در بافت‌های گیاه، مصرف آن برای اسب‌ها و سایر حیوانات غیرنشخوارکننده می‌تواند سمی و خطرناک باشد. مصرف بیش از حد یونجه باغی می‌تواند موجب بروز عوارضی نظیر کندی رشد، بروز سکتة مغزی و در موارد شدید، مرگ شود. این گیاه حاوی ترکیب سمی گلیکوزیدی به نام «کرونیلین» است که عامل اصلی این اثرات سمی شناخته می‌شود (Al-Snafi, 2016). در ایران، یونجه باغی به عنوان گیاه مرتعی و گاهی علف‌هرز باغات شناخته می‌شود، اما تاکنون به عنوان گیاه علوفه‌ای زراعی کشت نشده است. چنانچه یونجه باغی با هدف علوفه‌ای کشت گردد، باتوجه به اینکه رشدونمو گیاهان علوفه‌ای چندساله، در سال اول استقرار به آهستگی صورت می‌گیرد، به همین دلیل در رقابت با علف‌های هرز به شدت آسیب می‌بیند (Sowinski, 2014). بنابراین با توجه به اینکه یونجه در سال اول استقرار رشد کندی دارد، در رقابت با علف‌های هرز به شدت آسیب‌پذیر است و مهار شیمیایی علف‌های هرز در چنین مرحله‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین، تعیین حساسیت یا مقاومت یونجه باغی نسبت به علف‌کش‌های پس‌رویشی برای ارزیابی امکان کشت زراعی این گونه ضروری است. علف‌های هرز شدیدترین و گسترده‌ترین محدودیت بیولوژیکی در سیستم‌های تولید کشاورزی به شمار می‌روند و به اراضی زراعی و غیرزراعی خسارت وارد می‌کنند. آن‌ها عملکرد و کیفیت محصول را کاهش و هزینه تولید را افزایش می‌دهند. کشاورزی فشرده در دوران انقلاب سبز، استفاده از کودهای شیمیایی و رقم‌های پاکوتاه و روش‌های نوین کشت و آبیاری را توسعه داد که باعث افزایش رشد علف‌های هرز در مزارع و استفاده گسترده از علف‌کش‌ها برای مهار آن‌ها شد (Nath et al., 2024).

علف‌کش توفوردی بی (۲-۴ دی کلروفنوکی دی‌هیدروکسی) یک علف‌کش پس‌رویشی با اثر اختصاصی بر علف‌های هرز پهن‌برگ است که در مدیریت علف‌هرز بسیاری از محصولات زراعی، به‌ویژه در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی^۱ به کار می‌رود (Minbashi moeini et al., 2022; Gazola et al., 2022). از علف‌کش‌های پهن‌برگ متداول مزارع یونجه در ایران داکتال، گراماکسون، راندآپ، پرسوئیت، توفوردی و بازگران و باریک‌برگ‌کش فوزیلید فورته و گالانت سوپر را می‌توان نام برد (Zand et al., 2019). توتربیل، گرانتار و آتالانتیس از ترکیبات فعال گروه سولفونیل اوره هستند، مواد مؤثره از طریق برگ‌های علف‌های هرز جذب می‌شوند و با مهار آنزیم‌های

استولاکتاک سنتاز^۲، رشد آن‌ها را متوقف می‌کنند (Said & Jaff, 2020). توتربیل، علف‌کشی پس‌رویشی است که در مزارع پیاز (*Allium cepa* L.) ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد و قادر به مهار تاج‌خروس (*Celosia argentea*)، خرفه (*Portulaca oleracea*)، پنیرک (*Malva neglecta*)، پیچک (*Parthenocissus* spp.)، هوپ‌وحشی (*Daucus carota*) و شاه‌تره (*Bunium persicum*) می‌باشد (Rouzkhush et al., 2024). علف‌کش گرانتار به دلیل سمیت پایین برای پستانداران، خطر زیست‌محیطی اندک، قابلیت استفاده در دزهای پایین، قیمت مناسب و توانایی مهار طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ به‌طور گسترده در مدیریت علف‌های هرز مزارع گندم در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tahmasebi et al., 2024). استفاده مکرر گندم کاران و نارضایتی از مهار بهینه و مؤثر علف‌کش گرانتار منجر به بررسی مقاومت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران شده است. طی فراخوانی ملی در سال ۱۳۹۷، در مجموع ۲۴۰ جمعیت علف‌های هرز پهن‌برگ متعلق به ۱۳ گونه و هفت خانواده گیاهی از ۱۵۳ مزرعه گندم در ۷۲ شهرستان در ۱۴ استان مشکوک به مقاوم بودن به علف‌کش گرانتار جمع‌آوری شد و به‌طور کلی، نتایج نشان داد که ۵۱/۷ درصد از جمعیت‌های غربال‌شده (۱۲۴ جمعیت) در برابر گرانتار مقاومت داشتند (Tahmasebi et al., 2024). در فرآیند مدیریت علف‌های هرز، استفاده از دزهای پایین علف‌کش به دلیل خطر کمتر برای محیط زیست توصیه می‌شود، به‌ویژه آن‌هایی که دارای سولفونیل اوره هستند (Kovach et al., 1992; Polkhani et al., 2023). آتالانتیس، علف‌کشی حاوی مزوسولفورون‌متیل و یدوسولفورون‌متیل سدیم که از ترکیبات فعال گروه سولفونیل اوره هستند، می‌باشد و به‌طور گسترده برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ و همچنین برخی از علف‌های هرز یکساله در مزارع گندم استفاده می‌شوند (Said & Jaff, 2020). در یک مطالعه، تأثیر نمک سدیم توفوردی در غلظت‌های مختلف بر گندم و علف‌های هرز *Rumex dentatus* L. و *Medicago polymorpha* L. بررسی شد. نتایج نشان داد که دزهای ۵ تا ۲۰ گرم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد گندم نداشت، ولی استفاده از دزهای پایین توفوردی موجب کاهش پتانسیل تولید بذر علف‌های هرز شد (Kaur & Kaur, 2019). در یک پژوهش به‌منظور مهار علف‌های هرز *Medicago sativa* L.، بازگران و علف‌کش‌های مختلفی شامل ارادیکان، سنکور، توفوردی بی، بازگران و پرسوئیت استفاده شدند. نتایج نشان داد که در مهار علف‌های هرز پهن‌برگ، علف‌کش سنکور با ۹۹ و ۹۷ درصد و پس از آن پرسوئیت با ۹۱ و ۹۰ درصد کارایی، بیشترین تأثیر را داشتند، در مقابل ارادیکان با ۳۶ و ۴۴ درصد، ضعیف‌ترین عملکرد را در این گروه از علف‌های

کافی درباره حساسیت یونجه باغی (*Coronilla varia*) به علف‌کش‌های پس‌رویشی، هدف این پژوهش ارزیابی واکنش اکوتیپ‌های مختلف این گیاه به علف‌کش‌های متداول است تا امکان‌سنجی استفاده زراعی آن به‌عنوان گیاه علوفه‌ای بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر علف‌کش‌ها بر اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه دانشگاه کردستان در سال ۱۴۰۳ اجرا شد. عامل اول در این طرح، اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی (همدان، نهاوند، پاوه، سمنان، سنج، سروآباد، سقر، کرمانشاه، مریوان و ایلام) و عامل دوم سموم علف‌کش (شاهد (بدون علف‌کش)، توتریل (ایوکسینیل)، توفوردی-بی (۲ و ۴- دی کلروفونوکسی-دی‌هیدروکسی)، گرانستار (تری‌بنورون متیل) و آتالانتیس (یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + ایمن‌کننده مفن پیر دی اتیل) بود. بذر اکوتیپ-های مختلف یونجه باغی از مراتع، باغات و حاشیه مزارع استان‌های همدان، کرمانشاه، کردستان، ایلام و سمنان جمع‌آوری گردید. برای تهیه بوته‌های یکسان، براساس روش تاپ پیپیر، تعداد ۵۰ عدد بذر از هر اکوتیپ پس از ضدعفونی بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در پتری دیش‌هایی به‌قطر ۹ سانتی‌متر در ژرمیناتور (مدل MLR-350H، شرکت الکتریک سانپو ژاپن) در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در شرایط هشت ساعت نور و ۱۶ ساعت تاریکی قرار داده شد (Vivanco et al., 2021). پس از جوانه‌زنی، بذره‌های یکنواخت هر اکوتیپ انتخاب و به‌تعداد پنج عدد در گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع و قطر دهانه ۲۱ سانتی‌متر و سطح مقطع ۱۷۵ سانتی‌مترمربع در بستر کاشت ترکیب خاک زراعی، ماسه و کود دامی پوسیده به‌نسبت حجمی یکسان کشت شدند. شرایط رشد گیاه در گلخانه شامل دمای روز/شب ۳/۲۵±۱۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۰±۵ درصد، شدت شار نوری فتوسنتزی ۷۰۰-۹۰۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه و یک فتوپریود ۱۴ ساعته بود. پس از استقرار گیاه و رسیدن به مرحله چهار برگی، تراکم گیاهی از طریق تنک‌سازی به دو بوته در هر گلدان کاهش یافت. با شروع مرحله تشکیل انشعابات فرعی (تقریباً دو ماه پس از کاشت)، در یک نوبت تیمار علف‌کش‌ها با دز توصیه‌شده برای گندم (توتریل ۱/۵ لیتر در هکتار)، توفوردی-بی (دو لیتر در هکتار)، گرانستار (۲۰ گرم در هکتار) و آتالانتیس (۱/۵ لیتر در هکتار)) اعمال شد. محلول‌پاشی با سم‌پاش پشته جکتو برزیل مدل PJH مجهز به نازل مخروطی توخالی در فشار سه بار و حجم پاشش معادل ۳۰۰ لیتر در هکتار انجام گردید. عملیات سم‌پاشی در گلخانه با دمای ۲۲±۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۶۵ درصد انجام شد. سم‌پاش پشته جکتو ساخت برزیل، مدل PJH مورد استفاده قرار گرفتند. پس

هرز نشان داد. برای مهار علف‌های باریک‌برگ، ارادیکان با اثربخشی ۱۰۰ درصد و سنکور با اثربخشی ۸۷ و ۹۱ درصد، به‌عنوان مؤثرترین علف‌کش‌ها شناسایی شدند (Norouzi et al., 2023). در مراتع طبیعی، کاربرد توفوردی با غلظت ۱/۵ لیتر در هکتار در اواسط ماه جولای، علف‌های هرز پهن‌برگ را به‌طور مؤثر مهار کرد، بدون اینکه تأثیر قابل‌توجهی بر کیفیت علوفه داشته باشد (Faji et al., 2022). استفاده از علف‌کش‌های گرانستار، فلوروکسی پیر (استاران) و ترکیب هر دو (تاگون) بر علف‌های هرز مزارع گندم مصر بیانگر کاهش تراکم و زیست‌توده تازه و خشک علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم بود. تاگون منجر به حداکثر کاهش وزن تر علف‌های هرز پهن‌برگ شد و بالاترین راندمان مهار علف‌های هرز را به همراه داشت (Khozimy et al., 2023). ارزیابی اثر ترکیب علف‌کش‌های تاپیک و گرانستار با نسبت‌های مختلف (به‌ترتیب ۰، ۱۲۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار برای تاپیک و ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ گرم در هکتار برای گرانستار) نشان داد که تیمار ترکیبی تاپیک با دز ۲۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار همراه با ۶۰ گرم در هکتار گرانستار بیشترین میزان کاهش رشد کل علف‌های هرز را به دنبال داشته است (Hussain et al., 2018). در پژوهشی جهت بررسی اثر علف‌کش‌های پیش‌رویشی و پس‌رویشی بر عملکرد گندم، از علف‌کش استامپ + آتالانتیس و ترفلان + آتالانتیس استفاده شد که علف‌کش ترفلان به‌صورت پیش‌کاشت و استامپ به‌صورت پیش‌رویشی مصرف شد. استفاده از علف‌کش پیش‌کاشتی استامپ به‌همراه علف‌کش آتالانتیس منجر به افزایش عملکرد نسبت به شاهد و مصرف علف‌کش ترفلان گردید (Moghaddam et al., 2023). در مطالعه‌ای دیگر، اثرات چهار علف‌کش تاپیک، بازگران، اکسیال و آتالانتیس بر رشد، عملکرد دو رقم گندم (وافیه و اوزکان) و ویژگی‌های علف‌های هرز بررسی شد. علف‌کش تاپیک با اکسیال، وزن خشک علف‌های هرز را به ۵۳/۶۰ گرم در مترمربع کاهش داد و کمترین تأثیر مربوط به علف‌کش آتالانتیس بود. کمترین عملکرد دانه (۳۸۴/۶۰ گرم در مترمربع) با اکسیال در گندم وافیا مشاهده شد (Al-Hashemi & Al-Obaidi, 2024).

در پژوهشی جهت مهار علف‌های هرز پهن‌برگ مزرعه پیاز، استفاده از علف‌کش‌های توتریل، گل و استامپ از نظر کارایی مهار علف‌های هرز و افزایش عملکرد نتایج مشابهی را به دست آوردند (Mamnooei & Atari, 2020). برای مهار علف‌هرز گل‌قاصدک (*Taraxacum officinale*) در چمن فریزکنک‌تاک‌ای از دو علف‌کش یو-۴۶-کمی فلوئید و دوپلوسان سوپر و برهم‌کنش آن‌ها با توتریل استفاده شد. نتایج نشان داد که ترکیب دو لیتر در هکتار یو-۴۶-کمی فلوئید و توتریل و همچنین ۲/۵ لیتر در هکتار دوپلوسان سوپر و توتریل بهترین کارایی را در کاهش وزن علف‌هرز و بهبود کیفیت چمن داشتند (Mesbahi et al., 2023). با توجه به اهمیت مدیریت علف‌های هرز در استقرار گیاهان علوفه‌ای چندساله و نبود اطلاعات

اکوتیپ نسبت به علف‌کش‌ها، اکوتیپ مریوان با ۶۹/۳ درصد خسارت بود و بیشترین خسارت، معادل ۹۳/۷ درصد، در اکوتیپ سروآباد مشاهده شد (شکل ۱).

توفوردی بی یک پیش‌علف‌کش است که در گیاه از طریق بتاکسیداسیون تبدیل به توفوردی می‌شود و بر گیاهان هدف اثرگذار است. گیاهان خانواده حبوبات به دلیل نگهداری کمتر علف‌کش توفوردی بی روی برگ، جذب و انتقال کمتر و تجزیه سریع‌تر از طریق بتا-اکسیداسیون، نسبت به علف‌های هرز پهن‌برگ مقاومت بیشتری دارند. از این رو برای مهار علف‌های هرز پهن‌برگ حبوبات قابل استفاده خواهد بود (Hawf et al., 1974; Zimdahl, 2012). در مطالعه نوروزی و همکاران (Norouzi et al., 2023)، توفوردی بی تأثیر منفی بر عملکرد یونجه نداشت و حتی در برخی تیمارها باعث افزایش عملکرد شد که نشان‌دهنده مقاومت یونجه به این علف‌کش است، با این حال در تحقیق حاضر، توفوردی بی بیشترین خسارت را به یونجه باغی وارد کرد که نشان‌دهنده حساسیت این اکوتیپ‌ها به این علف‌کش است. یکی از دلایل احتمالی این حساسیت، تحریک تولید اتیلن در گیاهان حساس توسط توفوردی بی است که منجر به بروز علائم سمیت و کاهش رشد می‌شود (Grossmann, 2010). کاربرد نمک سدیم توفوردی بی در دُزهای زیر کشنده (۵-۵۰ گرم در هکتار) هیچ علائم سمیت گیاهی بر علف‌های هرز *Rumex dentatus* L. و *Medicago polymorpha* L. نشان نداد، درحالی که بالاترین دُز آن (۵۰۰ گرم در هکتار) در ۲۱ روز پس از کاشت، بر رشد هر دو گونه علف‌هرز تأثیر منفی گذاشت، اما نتوانست باعث مهار کامل آن‌ها شود و نشان‌دهنده اثربخشی ضعیف علف‌کشی در برابر این علف‌های هرز دولپه‌ای است (Kaur & Kaur, 2019).

در مطالعه‌ای از علف‌کش‌های بنتازون، توفوردی بی و ایمازتاپیر در بهار در مرحله شش تا هشت برگی یونجه و اوایل رشد علف‌های هرز در همدان و یزد استفاده شد. توفوردی بی سبب مهار ۱۰۰ درصدی علف‌هرز *Convolvulus arvensis* و سایر علف‌های هرز پهن‌برگ در مزرعه یونجه زراعی همدان شد و بر روی یونجه زراعی در یزد در دُزهای ۳/۱ و ۳/۵ لیتر در هکتار سبب گیاه‌سوزی جزئی یونجه گردید و مناسب‌ترین علف‌کش در مقایسه با بازاگران ایمازتاپیر از لحاظ افزایش وزن خشک یونجه شد (Mighani et al., 2010). در پژوهشی دیگر، ارزیابی چشمی مهار علف‌هرز *Boreava orientalis* Jaub. and Spach توسط علف‌کش‌ها نشان داد که علف‌کش‌های پس‌رویشی توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و گرانتستار بالاترین سطح مهار جمعیت این علف‌هرز را داشتند و در مقابل، سایر تیمارهای علف‌کشی تأثیری ضعیف تا بسیار ضعیف در مهار *Boreava orientalis* Jaub. and Spach نشان دادند، همچنین تیمارهای پس‌رویشی آتلانتیس و توتال کمترین اثربخشی را در کاهش جمعیت این علف‌هرز داشتند (Adeli et al., 2024).

از گذشت ۲۱ روز از اعمال تیمارها، درصد خسارت به صورت چشمی در مقیاس صفر (عدم خسارت) و ۱۰ (نابودی کامل گیاه) ارزیابی گردید (Hamill, 2002; Abbasi & Alizadeh, 2012; Donald, 1977).

طبق روش ارزیابی ادکینز و همکاران (Adkins et al., 1977)، چهار هفته پس از مصرف علف‌کش، جمعیت‌های گیاهی براساس وزن خشک نسبت به شاهد به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: جمعیت‌هایی با بیش از ۸۰ درصد وزن خشک نسبت به شاهد به عنوان مقاوم، جمعیت‌هایی با حداقل ۵۰ درصد وزن خشک به عنوان احتمالاً مقاوم و جمعیت‌هایی با کمتر از ۵۰ درصد وزن خشک، به عنوان مستعد (حساس) در نظر گرفته می‌شوند. برای برآورد وزن خشک اندام‌های هوایی، پس از برداشت اکوتیپ‌های مختلف، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس نمونه‌ها توزین شدند. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش برآورد گردید. شاخص سطح برگ در هر گلدان نیز برای اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ (مدل C/202-USA) قبل از سم‌پاشی و در طی دوره ۲۱ روزه هر سه روز نیز اندازه‌گیری شد و سپس مقادیر روزانه شاخص سطح برگ از برازش تابع لوجستیکی از معادله (۱) محاسبه گردید (Yusuf, 1999).

$$LAI = a + b \times 4 \times \frac{\left(\exp\left(-\frac{(t-c)}{d}\right)\right)}{1 + \exp\left(-\frac{(t-c)}{d}\right)} \quad (1)$$

که در آن، LAI: شاخص سطح برگ، b: حداکثر شاخص سطح برگ، c: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d: ضرایب معادله و t: روز پس از سبز شدن می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح یک درصد صورت گرفت. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزار Minitab انجام گردید. نمودارهای گرافیکی نتایج با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شد.

نتایج و بحث

ارزیابی چشمی

ارزیابی چشمی ۲۱ روز پس از مصرف علف‌کش‌ها نشان داد که بین نوع علف‌کش، اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی و اثر متقابل آن‌ها، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی با علف‌کش‌ها نشان داد که علف‌کش‌های توفوردی بی، توتریل و سپس گرانتستار، بیشترین خسارت را به یونجه باغی وارد کردند، درحالی که علف‌کش آتلانتیس کمترین خسارت را در بین تمام اکوتیپ‌ها داشت. مقاوم‌ترین

گرانستار ممکن است باعث گیاه‌سوزی گردد. بنابراین، کاربرد این علف‌کش‌ها برای مهار علف‌های هرز در مزارع یونجه باغی به‌صورت پس‌رویشی توصیه نمی‌شود و باید از روش‌های جایگزین یا زمان‌بندی متفاوت استفاده کرد.

نتایج ارزیابی چشمی اثر علف‌کش‌های توفوردی بی و توتریل بر اکوتیپ‌های یونجه باغی نشان داد که این دو علف‌کش بالاترین میزان مهار را داشتند، درحالی‌که علف‌کش آتلانتیس کمترین اثر مهاری را نشان داد. در صورتی‌که یونجه باغی به‌عنوان گیاه زراعی کشت شود، کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی توفوردی بی، توتریل و

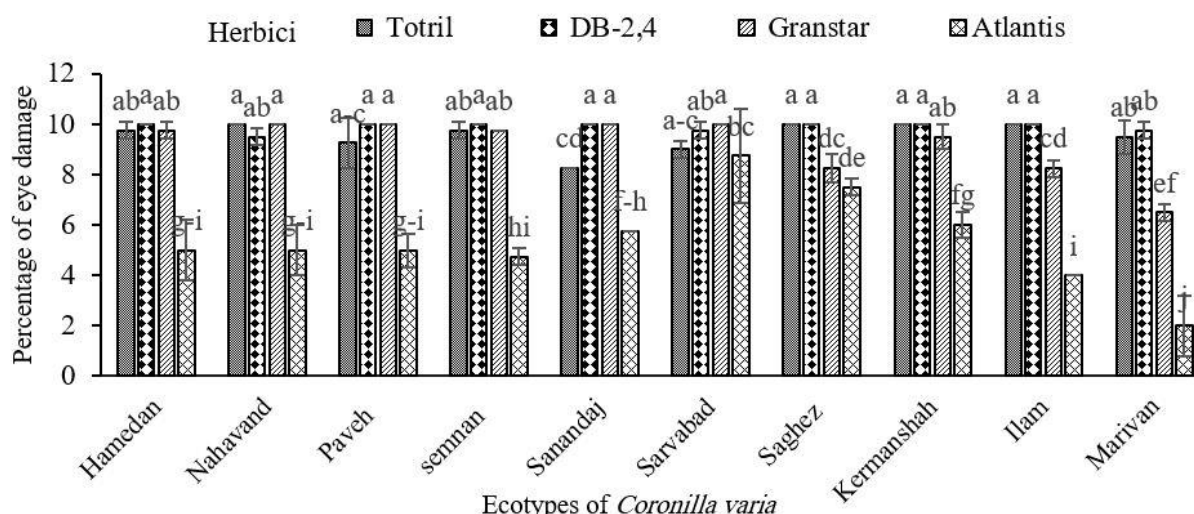
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد خسارت چشمی، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی تحت تأثیر علف‌کش‌های مختلف

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for visual damage percentage, plant height, fresh and dry weight of aerial parts of different orchard *Coronilla varia* ecotypes under the influence of applied herbicides

S.O.V	df	Mean of squares			
		Visual score (%)	Plant height	Leaf area index	Shoot dry weight
Ecotype	9	5.36	173*	0.737*	286*
Herbicide	4	712*	1385*	2.20*	861*
Ecotype × herbicide	36	3.78*	43.3*	0.096*	37.7*
Error	147	0.668	15.3	0.003	7.44
CV (%)	-	12	15.4	8.81	20.7

* معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

* Significant at 1% probability level



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سموم علف‌کش در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر درصد خسارت چشمی میله‌ها نشان‌دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SE) براساس چهار تکرار (n=4) هستند

Figure 1- Comparison of the mean effect of herbicides on visual damage percentage among different orchard *coronilla varia* ecotypes Bars represent the mean $\pm$ SE (n=4)

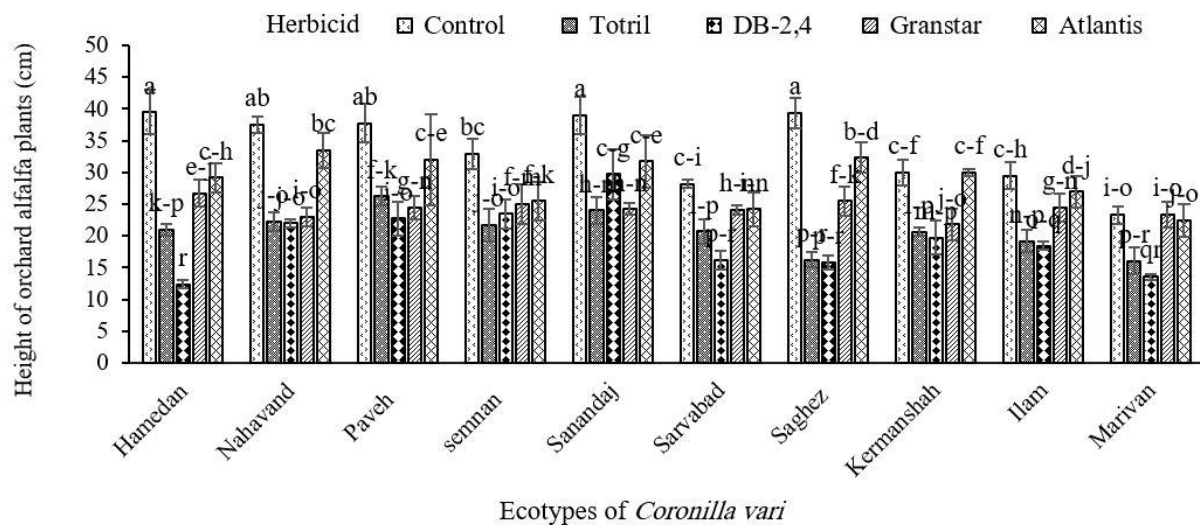
کش‌ها، علف‌کش توفوردی بی بیشترین اثر و علف‌کش آتلانتیس کمترین اثر را بر کاهش ارتفاع داشت. کمترین (۱۲/۴۲ سانتی‌متر) و بیشترین (۳۹/۴۶ سانتی‌متر) ارتفاع بوته مربوط به علف‌کش توفوردی بی و نمونه شاهد در اکوتیپ همدان بود. علف‌کش توتریل بیشترین تأثیر در کاهش ارتفاع را در اکوتیپ سقز با ۵۸/۶۸ درصد نسبت به شاهد ایجاد کرد و کمترین کاهش ارتفاع در اکوتیپ مریوان با ۲۳/۳۴ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین درصد کاهش ارتفاع

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس بیانگر آن بود که ارتفاع بوته‌های اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سموم علف‌کش قرار گرفته است و اختلاف معنی‌داری بین علف‌کش‌ها، اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی و اثر متقابل علف‌کش بر اکوتیپ وجود دارد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بین علف-

استفاده از ترکیب سموم (ایزوپروتورون و توفوردی)، همچنین توفوردی خالص سبب افزایش ارتفاع محصول گردید که بیانگر تأثیر این سموم در مهار علف‌های هرز و عدم رقابت علف‌های هرز با محصول می‌باشد (Sharma et al., 2024). بیشترین ارتفاع ساقه در خردل برگ‌مومی (*Brassica juncea*) در تیمار علف‌کش آتلانتیس و کمترین آن در علف‌کش توفوردی مشاهده شد. علف‌کش توفوردی از علف‌کش‌های هورمونی محسوب می‌گردد که سبب اختلال در رشد و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته می‌شود (Adeli et al., 2024).

نسبت به شاهد در علف‌کش توفوردی بی‌مربوط به اکوتیپ همدان با ۶۸/۵۲ درصد کاهش و کمترین درصد کاهش ارتفاع مربوط به اکوتیپ سندانج با ۲۳/۷۷ درصد کاهش بود. علف‌کش گرانتستار بیشترین تأثیر در کاهش ارتفاع را در اکوتیپ نهاوند با ۳۸/۷۱ درصد نسبت به شاهد داشت و اکوتیپ مریوان نسبت به شاهد کاهش ارتفاعی نداشت. علف‌کش آتلانتیس ۲۶/۰۲ درصد کاهش ارتفاع نسبت به شاهد در اکوتیپ همدان را نشان داد و در اکوتیپ کرمانشاه، کاهش ارتفاع نسبت به شاهد نشان داده نشد (شکل ۲). در تحقیقی،



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر سموم علف‌کش در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر ارتفاع بوته میله‌ها نشان‌دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SE) براساس چهار تکرار ($n=4$) هستند

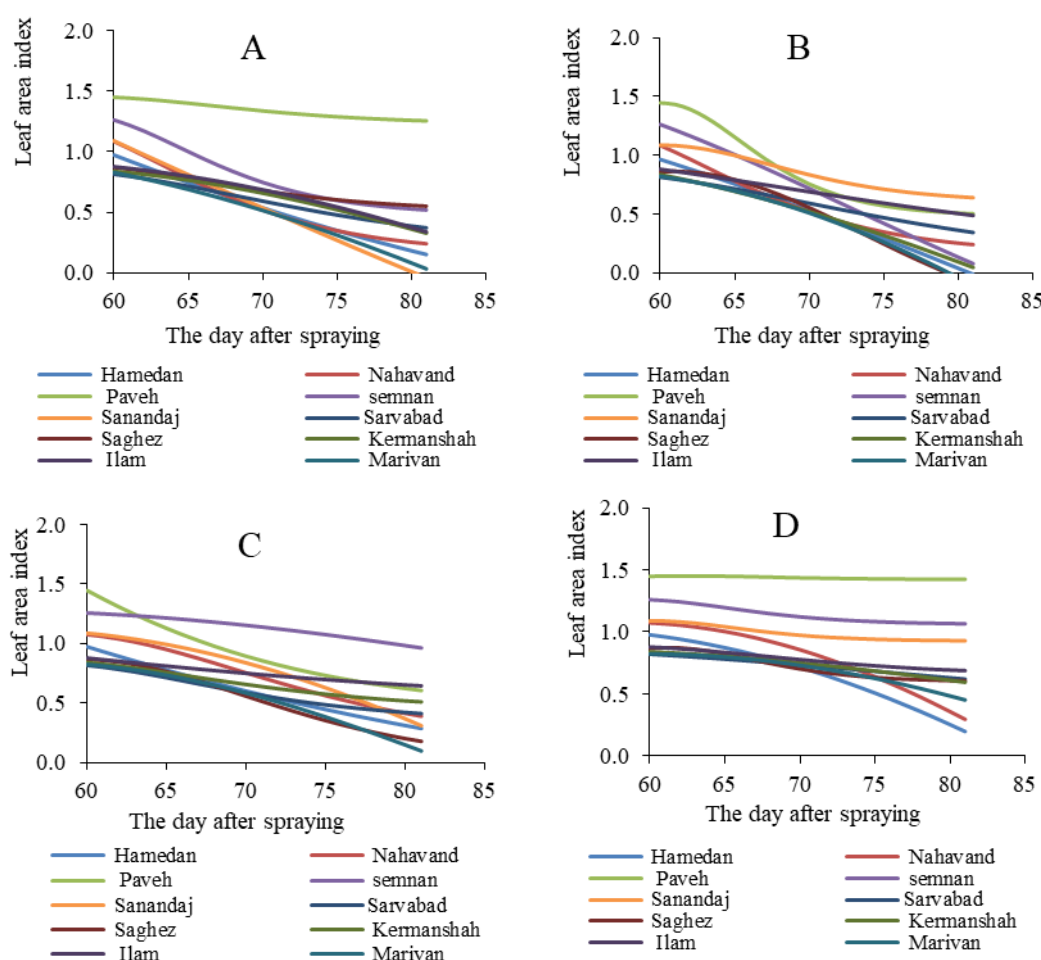
Figure 2- Comparison of the average effect of herbicides on plant height in different *coronilla varia* ecotypes Bars represent the mean $\pm$ SE ($n=4$)

کاهش شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد برای علف‌کش‌های توفوردی بی، توتریل، گرانتستار و آتلانتیس به ترتیب ۴۸/۵۸، ۴۸/۴۱، ۴۸/۵۸ و ۲۱/۰۳ درصد بود (شکل ۳).

در یک بررسی، بالاترین مقدار شاخص سطح برگ (LAI) در تیمار با علف‌کش آتلانتیس (۰/۷۷) مشاهده شد، درحالی‌که پایین‌ترین مقدار شاخص سطح برگ مربوط به تیمار با گرانتستار در دو برابر دُز توصیه‌شده بود (Adeli et al., 2024). توتریل علف‌کشی است که با مهار فتوسنتز و توقف رشد گیاه، علف‌های هرز را مهار می‌کند. کاربرد غلظت‌های مختلف توتریل می‌تواند موجب کاهش طول ریشه و برگ در گیاه شود (Gomurgen et al., 2023). در بررسی دیگر، استفاده از سم متسولفورون، ترکیب سموم (ایزوپروتورون و توفوردی) و همچنین توفوردی خالص سبب افزایش شاخص سطح برگ محصول بر اثر مهار علف‌های هرز پهن‌برگ مزرعه گندم گردید (Sharma et

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ (LAI) یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین رشد گیاه است. بیشترین شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث می‌شود (Campbel & Kondra, 1978). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ یونجه باغی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سموم علف‌کش قرار گرفته است و اختلاف معنادار بین اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی، سموم علف‌کش و اثر متقابل اکوتیپ‌های مختلف و سموم علف‌کش مشاهده شد (جدول ۱). قبل از سم‌پاشی توسط علف‌کش، شاخص سطح برگ هر اکوتیپ بالاترین مقدار خود را داشت و سپس به‌دلیل اثر سموم و خشک شدن و از بین رفتن برگ‌ها سیر نزولی پیدا کرد. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به شاهد اکوتیپ پاوه (۱/۴۵) و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار توفوردی بی اکوتیپ مریوان (۰/۲۴) بود. به‌طور کلی، میانگین



شکل ۳ - اثر سموم علف‌کش توتریل (الف)، توفوردی بی (ب)، گرانستار (ج) و آتلانتیس (د) در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی ۲۱ روز پس از سم‌پاشی

Figure 3- Effect of herbicides Totril (A), 2,4 DB (B), Granstar (C) and Atlantis (D) in different *coronilla varia* ecotypes on changes in leaf area index during 21 days after spraying

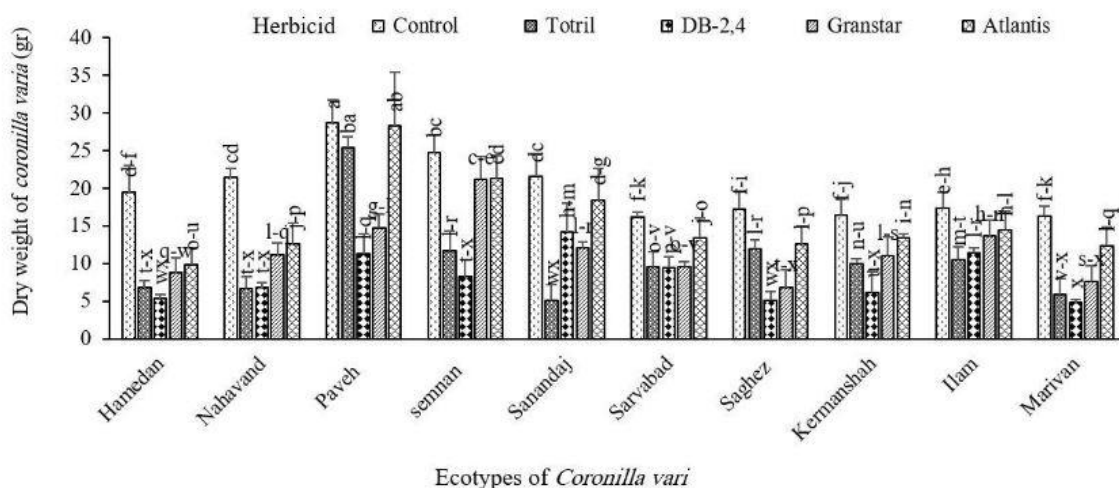
وزن خشک اندام‌های هوایی

وزن خشک اندام‌های هوایی یونجه باغی در این آزمایش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سموم علف‌کش قرار گرفت و بین اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی، سموم علف‌کش و اثر متقابل اکوتیپ‌های مختلف و سموم علف‌کش اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۱). یکی از اجزای فیزیولوژیک عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ است که با جذب تابش خورشیدی، تعیین‌کننده میزان تولید ماده خشک گیاه می‌باشد، به‌طوری‌که در بسیاری از گونه‌ها با به حداکثر رسیدن سطح برگ، تولید ماده خشک نیز به اوج خود می‌رسد (Sarmadnia & Kochak, 2013). در بین علف‌کش‌های مورد استفاده، گرانستار و آتلانتیس بازدارنده

استولاکتات سنتاز بوده و با مهار مسیر سنتز اسیدهای آمینه شاخه‌دار، تشکیل برگ‌های جدید را محدود می‌کند و در نتیجه شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد (Al-Hashemi & Al-Obaidi, 2024). سایر علف‌کش‌ها مانند توتریل و توفوردی بی سازوکار اثر از طریق استولاکتات سنتاز ندارند کاهش شاخص سطح برگ و وزن خشک آن‌ها عمدتاً ناشی از اختلال در رشد طولی و تقسیم سلولی برگ و ریشه بروز است. بیشترین وزن خشک مربوط به شاهد اکوتیپ پاه (۲۸/۶۷ کیلوگرم) و کمترین وزن خشک مربوط به تیمار توفوردی بی اکوتیپ سقر (۵/۱۱ کیلوگرم) بود. به‌طور کلی، علف‌کش توتریل و توفوردی بی و سپس گرانستار سبب کاهش خشک یونجه باغی شدند و علف‌کش آتلانتیس کمترین کاهش خشک را

علف‌های هرز پهن‌برگ داشت و تأثیر منفی قابل توجهی بر رشد و عملکرد یونجه نشان نداد (Arregui et al., 2001). بنابراین برخلاف نتایج تحقیق حاضر، توفوردی بی می‌تواند برای مدیریت رقابت علف‌های هرز پهن‌برگ در مزارع یونجه به‌طور مؤثر استفاده شود و باعث حفظ یا افزایش وزن خشک گیاه شود. زمان و دُز مناسب کاربرد توفوردی بی، نقش کلیدی در به حداکثر رساندن مهار علف‌های هرز و حداقل کردن اثرات جانبی بر محصول دارد (Sharif et al., 2024). در مطالعه دیگر، از علف‌کش توفوردی بی ۳ و ۳/۵ لیتر در هکتار پس-رویشی استفاده شد و سبب ۷۴ و ۷۵ درصد وزن خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد گردید (Norouzi et al., 2023). در این مطالعه نیز توفوردی سبب کاهش وزن یونجه باغی در تمام اکوتیپ‌ها نسبت به نمونه شاهد شد (شکل ۴).

نسبت به سایر علف‌کش‌ها نشان داد (شکل ۴). طبقه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف نسبت به علف‌کش‌های مورد استفاده براساس روش ادکینز و همکاران (Adkins et al., 1977) در (جدول ۲) نشان داده شده است. نتایج تحقیق ال-هاشمی و ال-عبیدی (Al-Hashemi & Al-Obaidi, 2024) نشان داد که کمترین تأثیر در مهار علف‌های هرز گندم مربوط به سم آتلانتیس می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. استفاده از علف‌کش آتلانتیس جهت مهار خردل وحشی با افزایش دُز آن سبب کاهش وزن خشک شد (Adeli et al., 2024). در پژوهشی، کاربرد برخی علف‌کش‌ها، با وجود اثر مؤثر بر علف‌های هرز پهن‌برگ، می‌توانند به یونجه (*Medicago sativa*) آسیب زده و وزن خشک آن را کاهش دهند. در میان علف‌کش‌های مورد بررسی، توفوردی بی فعالیت پس‌رویشی انتخابی مؤثری علیه



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر سموم علف‌کش در اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی بر وزن خشک میله‌ها نشان‌دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد (SE) براساس چهار تکرار (n=۴) هستند

Figure 4- Comparison of the average effect of herbicides on dry weight in different *coronilla varia* ecotypes
Bars represent the mean $\pm$ SE (n =4)

جدول ۲- طبقه‌بندی اکوتیپ‌های مختلف یونجه باغی براساس واکنش آن‌ها به علف‌کش‌های پس‌رویشی مطابق روش (Adkins et al., 1977)
Table 2- Classification of different *Coronilla varia* ecotypes based on their response to post-emergence herbicides according to (Adkins et al., 1977)

Ecotype	Herbicide			
	Tutrial	2-4-D,B	Granstar	Atlantis
Hamdean	(S)	(S)	(S)	(PR)
Nahavand	(S)	(S)	(PR)	(PR)
Paveh	(R)	(S)	(PR)	(R)
Semnan	(S)	(S)	(R)	(R)
Sanandaj	(S)	(PR)	(PR)	(R)
Sarvaabd	(PR)	(PR)	(PR)	(R)
Saghez	(PR)	(S)	(S)	(PR)
Kermanshah	(PR)	(S)	(PR)	(R)
Ilam	(PR)	(PR)	(PR)	(R)
Marivan	(S)	(S)	(S)	(PR)

R: مقاوم، RR: احتمالاً مقاوم و S: حساس

R: resistant, PR: probably resistant and S: susceptible

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که علف‌کش‌های توتریل و توفوردی بی بیشترین کارایی را در مهار یونجه باغی به‌عنوان علف‌هرز نشان دادند، درحالی‌که گرانستار و آتلاتنیس تأثیر کمتری داشتند. با این حال، با توجه به اینکه توفوردی بی می‌تواند در باغات میوه موجب آسیب به درختان پهن‌برگ شود، کاربرد آن در چنین محیط‌هایی محدود و نیازمند رعایت دقیق فاصله ایمن، دما و شرایط وزش باد است. از این رو، توتریل به‌عنوان گزینه ایمن‌تر و مؤثر برای مهار یونجه باغی در باغات توصیه می‌شود. همچنین اکوتیپ‌های پاه و سمنان به‌دلیل داشتن وزن خشک و شاخص سطح برگ بالاتر نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، به‌عنوان اکوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش و دارای عملکرد مطلوب، گزینه‌های مناسبی برای کشت زراعی محسوب می‌شوند. به‌طور کلی، برای کشت زراعی یونجه باغی، استفاده از تیمارهای پیش‌رویشی با علف‌کش‌های مؤثر مانند توتریل می‌تواند مهار مؤثر علف‌هرز را بدون کاهش عملکرد فراهم کند.

در پژوهشی دیگر، استفاده از سم زیستی آلایل‌ایزوتیوسیانات سبب کاهش ۱۰۰ درصدی تعداد غده و بیشترین کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی اوپارسلام (*Portulaca oleracea*) را داشت و سپس علف‌کش‌های توتریل و توفوردی جهت مهار علف‌هرز اوپارسلام در مزارع پیاز سبب کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی و تعداد غده اوپارسلام شد (Rouzkhush et al., 2024). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که در میان فرمولاسیون‌های تجاری تری‌بنورون‌متیل، علف‌کش گرانستار (Granstar) در مهار علف‌های هرز گندم بیشترین کارایی را داشت و در گروه سولفونیل‌اوره‌ها گزینه مناسبی برای استفاده در گندم محسوب می‌شود. گرانستار پس از اکسیال (Axial)، کش‌کول (Cash Cool) و تریبونات (Tribunat) بیشترین تأثیر را در کاهش زیست‌توده علف‌های هرز نشان داد. همچنین گرانستار، اسکایلا (Skylia) و کش‌کول بیشترین کاهش تراکم علف‌های هرز را ایجاد کردند و گرانستار با کارایی مهار علف‌هرز (WCE) معادل ۹۸/۳۲ درصد برترین عملکرد را داشت (El-Kholly & El-Tawil, 2019).

References

- Abbasi, R., & Alizadeh, H. (2012). Control of redroot pigweed in greenhouse with oxyflourfen and determining the rate and time of this herbicide in controlling soybean weeds. *Iranian Journal of Field Crops Science*, 43(1), 1–9. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.24873>
- Adkins, E. K. (1977). Effects of diverse androgens on the sexual behavior and morphology of castrated male quail. *Hormones and Behavior*, 8(2), 201–207. [https://doi.org/10.1016/0018-506X\(77\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0018-506X(77)90037-X)
- Adeli, T., Tahmasebi, I., & Babaei, S. (2024). Response of waxy leaved mustard weed (*Boreava orientalis* Jaub. and Spach.) to different herbicides in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Weed Science*, 19(2), 1–12. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22034/ijws.2023.361442.1432>
- Al-Hashemi, A. T. H. S., & Al-Obaidi, M. A. A. (2024). Comparison of the effect of four types of chemical herbicides on the growth characteristics and yield of wheat and the weeds that grow with it. 5th International Conference of Modern Technologies in Agricultural Sciences, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1371, 5, 052086. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/5/052086>
- Al-Snafi, A. E. (2016). The pharmacological and toxicological effects of *Coronilla varia* and *Coronilla scorpioides*: A review. *The Pharmaceutical and Chemical Journal*, 3(2), 105–114.
- Arregui, M., Sanchez, D. O., & Scotta, R. R. (2001). Weed control in established alfalfa (*Medicago sativa*) with postemergence herbicides. *Agricultural and Food Sciences*, 15(3), 424–431. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0424:WCIEAM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0424:WCIEAM]2.0.CO;2)
- Campbel, D. C., & Kondra, Z. P. (1978). Relationships among growth patterns, yield components, and yield of rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*, 58, 87–93. <https://doi.org/10.4141/cjps78-016>
- Donald, W. W. (2002). Estimating relative crop yield loss resulting from herbicide damage using crop ground cover or rated stunting, with maize and sethoxydim as a case study. *Weed Research*, 38(6), 425–431. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1998.00110.x>
- El-Kholly, R. M. A., & El-Tawil, M. F. (2019). Efficacy of certain tribenuron-methyl formulations for the control of broad-leaved weeds in wheat under field conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 10(6), 303–309. <https://doi.org/10.21608/jppp.2019.48296>
- Faji, M., Kebede, G., Feyissa, F., Mohammed, K., Mengistu, G., & Terefe, G. (2022). Doses and timing of 2,4-D application for broadleaf weed control, botanical compositions, productivity, and nutritive value of natural pasture. *Advances in Agriculture*, 2022, Article ID 6913488. <https://doi.org/10.1155/2022/6913488>
- Gazola, T., Costa, R. N., Carbonari, C. A., & Velini, E. D. (2022). Dynamics of 2,4-D and dicamba applied to corn straw and their residual action in weeds. *Plants*, 11(20), 2800. <https://doi.org/10.3390/plants11202800>

12. Gomurgen, A. N., Furtana, G. B., & Tipirdamaz, R. (2023). Cytophysiological impacts of tribenuron-methyl herbicide on *Allium cepa*. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 16(2), 51–60.
13. Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: Current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science*, 66(2), 113–120. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>
14. Gustine, D. L., & Moyer, B. G. (1990). Crownvetch (*Coronilla varia* L.). p. 341–354. In Y.P.S. Bajaj (Ed). *Biotechnology in Agriculture and Forestry* 10. Legumes and Oilseed Crops I. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 682P. https://doi.org/10.1007/978-3-642-74448-8_15
15. Hamill, A. S., Marriage, P. B., & Friesen, G. (1977). A method for assessing herbicide performance in small plot experiments. *Weed Science*, 25(5), 386–389. <https://doi.org/10.1017/S0043174500033713>
16. Hawf, L. R., & Behrens, R. (1974). Selectivity factors in the response of plants to 2,4-DB. *Weed Science*, 22(3), 245–249. <https://doi.org/10.1017/S0043174500036997>
17. Hussain, M. A., Khether, A. A., & Mohammed, M. O. (2018). Influence of combine application of topic, granstar herbicides and phosphor levels on weeds and bread wheat yield and its components. *Journal of Duhok University*, 21(1), 45–56. <https://doi.org/10.26682/avuod.2019.21.1.6>
18. Khozimy, A. M., Hamada, S. H., & Abuzeid, M. A. S. (2023). Efficacy of tribenuron-methyl, fluroxypyr and their combinations in controlling broad-leaved weeds in wheat. *Alexandria Science Exchange Journal*, 44(4), 739–749. <https://doi.org/10.21608/asejaigjsae.2023.331365>
19. Kovach, J., Petzoldt, C., Degnil, J., & Tette, J. (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. IPM Program, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station.
20. Kaur, A., & Kaur, N. (2019). Effect of sub-lethal doses of 2,4-D sodium salt on physiology and seed production potential of wheat and associated dicotyledonous weeds. *Indian Journal of Weed Science*, 51(4), 352–357. <https://doi.org/10.5958/0974-8164.2019.00074.1>
21. Mamnooei, A., & Atari, A. (2020). Efficacy comparison of pendimethalin herbicide with some registered herbicides in the weed control of onion in south Kerman. *Journal of Crop Improvement*, 22(2), 307–317. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2019.283455.2233>
22. Mesbahi, S. M., Ghasemi Ghahsareh, M., & Esmaeili, S. (2023). Chemical control of dandelion (*Taraxacum* sp.) weed in kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Plant Productions*, 46(1), 1–13. <https://doi.org/10.22055/ppd.2023.41710.2055>
23. Mighani, F., Mirvakili, S. M., Jahedi, A., Baghestani, M. A., & Shimi, P. (2010). Evaluation of 2,4-DB herbicide (Butress) efficacy for weed control in established alfalfa. *Iranian Weed Science Journal*, 6(2), 67–77. (In Persian with English abstract)
24. Minbashi Moeini, M., Hadizadeh, M., Karaminejad, M., Sabet Zangeneh, H., Jamali, M., Haghighi, A. (2022). Efficacy of fluroxypyr compared with common broadleaf herbicides in the wheat fields. *Iranian Plant Protection Research*, 36(3), 367–384. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2022.74981.1074>
25. Moghaddam, N., Monsefi, A., & Ayneband, A. (2023). Investigation of the effect of combined application of pre- and post-emergence herbicides on wheat yield and yield components. *Journal of Plant Production Research*, 30(3), 123–140. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22069/jopp.2023.20748.2978>
26. Molano-Flores, B. (2014). An invasive plant species decreases native plant reproductive success. *Natural Areas Journal*, 34(4), 465–470. <https://doi.org/10.3375/043.034.0410>
27. Nath, C. P., Singh, R. G., Choudhary, V. K., Datta, D., Nandan, R., & Singh, S. S. (2024). Challenges and alternatives of herbicide-based weed management. *Agronomy*, 14(1), 126. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010126>
28. Norouzi, M., Dadashi, M. R., Mighani, F., & Ajam Norouzi, H. (2023). Effectiveness of various herbicides on weed control, growth indices, and forage yield of alfalfa. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 69(1), 99–114. (In Persian with English abstract).
29. Polkhani, R., Kazemeini, S., Edalat, M. (2023). Evaluation of foramsulfuron + idosulfuron (MaisTer OD) herbicide efficacy on weed control, growth and yield of maize. *Iranian Plant Protection Research*, 36(4), 467–479. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2022.75776.1083>
30. Rouzkhush, M., Rastgoo, M., Hajmohammadniaqalybaf, K., Tahmasebi, B. Kh., & Aein, A. (2024). The effect of different herbicides on the control of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) in onion (*Alium cepa* L.). *Iranian Journal of Weed Science*, 19(2), 141–158. (In Persian with English abstract).
31. Said, I. A., & Jaff, D. M. A. (2020). Evaluation of Chevalier WG and Atlantis OD herbicides to control weeds in winter wheat fields. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, 51, 96–100. <https://doi.org/10.36103/ijas.v51iSpecial.886>
32. Salehi Shanjani, P., Rasoulzadeh, L., & Javadi, H. (2023). Evaluation of morphological traits in the populations of *Coronilla varia* L. *Journal of Rangeland Science*, 13(1), 52–71.
33. Sarmadnia, G. H., & Kochaki, A. (2013). *Physiology of Field Crops* (2nd ed.). Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract).
34. Sharif, Y. O. N. A., Al-Mafrajy, A. S. H., & Albarzenje, Z. M. M. (2024). Evaluation of the effectiveness of 2,4-D

- 72% herbicide in combating weedy leaves associated with different varieties of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and its effect on growth characteristics. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1371(5), 052020. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/5/052020>
35. Sharma, N., Pandey, B. K., & Tiwari, A. (2024). Growth and yield parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by different herbicides on different weeds in the field. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(2), 24–28. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i2a.275>
36. Sowinski, J. (2014). The effect of companion crops management on biological weed control in the seeding year of lucerne. *Biological Agriculture and Horticulture*, 30(2), 107–108. <https://doi.org/10.1080/01448765.2013.864571>
37. Tahmasebi, B. K., Zand, E., Yousefi, A., Babaei, S., & Sadeghpour, A. (2024). Surveillance and mapping of tribenuron-methyl-resistant weeds in wheat fields. *Scientific Reports*, 14(1), 28626. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75308-1>
38. Vivanco, P., Oliveira, J. A., & Martín, I. (2021). Optimal germination conditions for monitoring seed viability in wild populations of fescues. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(3), e0703. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-18025>
39. Wu, C., Wang, Q., Xie, B., Wang, Z., Cui, J., & Hu, T. (2011). Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10(78), 17954–17961. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2018>
40. Yusuf, R. I., Siemens, J. C., & Bullock, D. G. (1999). Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage systems. *Agronomy Journal*, 91, 928–933. <https://doi.org/10.2134/agronj1999.916928x>
41. Zand, E., Baghestani, M. A., Nezam Abadi, N., Shimi, P., & Mousavi, S. K. (2019). Chemical Weed Control Guide in Iran (6th ed.). Jihad Daneshgahi Press, Mashhad Iran. (In Persian with English abstract).
42. Zimdahl, R. L. (2012). *Weed Science: A Plea for Thought—Revisited*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7935-4>

Contents

Evaluation of New ULV Formulations (Ultra Low Volume) of the Lambda-Cyhalothrin (Amigo ULV 4%) and Deltamethrin (Delros ULV 1.25%) Compared with Malathion (EC 57%) for the Control of Moroccan Locust <i>Docostaurus maroccanus</i> (Orth. Acrididae)	331
A. Heidari, M. Ghazavi	
Lethal and Sublethal Effects of Imunit[®] and Indomect[®] Insecticides on the Biological and Population Growth Characteristics of <i>Tuta absoluta</i> (Lepidoptera: Gelechiidae)	343
P. Jalili, F. Mehrkhou, M. Forouza	
The Role of Chitosan in Management of Plant Viral Diseases	361
M. Salati, A. Entezari	
The Efficacy of Two Plant-Base Fungicides, Mildew Cut, and Allicin Against Powdery Mildew (<i>Golovinomyces cichoracearum</i>) of Greenhouse Cucumber (<i>Cucumis sativus</i>)	373
M. Najafiniya, M. R. Eslahi, L. Dehghan	
The Effect of Planting Pattern Combined with Weeding, Herbicide, and Cover Crop on Weed Control and Peanut Yield	385
A. Nobahar Ghighlo, A. Tobeh, S. Farzaneh, R. Fakhari, K. Shahbazi Homounlou	
The Inhibitory Impact of Infested Soil with Stem and Leaf Debris of Alien Cape Ivy (<i>Senecio angulatus</i> L.F.) on some Native Plants	403
M. Shahbazi, S. Sohrabi, F. Jamal, M. Keshavarz Zeindalouei	
Investigation of the Response of Crown Vetch (<i>Coronilla varia</i>) Ecotypes to Various Post-Emergence Herbicides under Greenhouse Conditions, with the Aim of Assessing the Feasibility of Cultivating It	419
R. Saberfar, Gh.R. Heidari, F. Nazari, S. Babaei, A. Molaahmad Nalousi	

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 39

No. 4

2026

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
Editor in charge: Valizadeh, R. (Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad
General Chief Editor: Taheri, P. (Plant Pathology) Prof. Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board:

Izadi Darbandi, E.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Etesami, H	Soil biology and biotechnology	Asso. Prof. University of Tehran.
Pourjam, E.	Plant Pathology	Prof. Tarbiat Modarres University.
Jamali, S.	Plant Pathology	Prof. University of Guilan
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Hajiboland, R	Plant physiology	Prof. University of Tabriz
Khodaparast, S. A.	Mycology	Prof. University of Guilan
Rastgoo, M.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, M.H.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sharifnabi, B	Plant Pathology	Prof. Isfahan University of Technology
Saberi riseh, R	Plant Pathology	Prof. Vali Asr University of Rafsanjan
Sadeghi Namaghi, H.	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Saboori, A.	Agricultural Entomology	Prof. Tehran University
Karim Mojeni ,H	Production and Plant Genetics	Asso. Prof. Isfahan University of Technology
Karimi, J	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Marashi, S.H.	Biotechnology & Plant Breeding	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mosallanejad, H	Entomolog	Asso. Prof. of Research. Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP)
Masumi, H	Plant Virology	Prof. Shahid Bahonar University of Kerman
Tarasco, Estacu	Entomology	Asso. Prof. University of Bari Aldo Moro - Italia
Rashed- Mohassel, A.	Insect Ecology	Assistant prof. Erzurum Teknik University
Derviş, Sibel	Plant Pathology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service
Lahlali, Rachid	Phytopathology & Microbiology	Prof. Artoklomardin University, Türkiye
Vera Cruz, Casiana	Plant Pathology	Asso. Prof. National School of Agriculture of Meknes (ENAM), Morocco
		Prof. International Rice Research InstituteThis link is disabled., Makati, Philippines

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.
Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
P.O.BOX: 91775- 1163
Fax: +98 -0511- 8787430
E-Mail: Jpp1@um.ac.ir
Web Site: <https://jpp.um.ac.ir/>

Contents

- Evaluation of New ULV Formulations (Ultra Low Volume) of the Lambda-Cyhalothrin (Amigo ULV 4%) and Deltamethrin (Delros ULV 1.25%) Compared with Malathion (EC 57%) for the Control of Moroccan Locust *Dociostaurus maroccanus* (Orth. Acrididae) 331**
A. Heidari, M. Ghazavi
- Lethal and Sublethal Effects of Imunit[®] and Indomect[®] Insecticides on the Biological and Population Growth Characteristics of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) 343**
P. Jalili, F. Mehrkhoh, M. Forouza
- The Role of Chitosan in Management of Plant Viral Diseases 361**
M. Salati, A. Entezari
- The Efficacy of Two Plant-Base Fungicides, Mildew Cut, and Allicin Against Powdery Mildew (*Golovinomyces cichoracearum*) of Greenhouse Cucumber (*Cucumis sativus*) 373**
M. Najafiniya, M. R. Eslahi, L. Dehghan
- The Effect of Planting Pattern Combined with Weeding, Herbicide, and Cover Crop on Weed Control and Peanut Yield 385**
A. Nobahar Ghighlo, A. Tobeh, S. Farzaneh, R. Fakhari, K. Shahbazi Homounlou
- The Inhibitory Impact of Infested Soil with Stem and Leaf Debris of Alien Cape Ivy (*Senecio angulatus* L.F.) on some Native Plants 403**
M. Shahbazi, S. Sohrabi, F. Jamal, M. Keshavarz Zeindalouei
- Investigation of the Response of Crown Vetch (*Coronilla varia*) Ecotypes to Various Post-Emergence Herbicides under Greenhouse Conditions, with the Aim of Assessing the Feasibility of Cultivating It 419**
R. Saberfar, Gh.R. Heidari, F. Nazari, S. Babaei, A. Molaahmad Nalousi