

**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: 10-02-2026

Heidari, 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 $90.1 \pm 1.6\%$ ، $82.5 \pm 5.8\%$ ، $83.1 \pm 1.3\%$ ، $82.4 \pm 3.1\%$ و $62.1 \pm 4.3\%$ درصد بود. میانگین مهار جمعیت آفت در منطقه آب‌بر در سه روز بعد از سم‌پاشی در تیمارهای لامبداسی هالوترین ۵۰۰، مالاتیون یک لیتر، لامبداسی هالوترین ۳۰۰، دلتامترین ۵۰۰ و دلتامترین ۳۰۰ به‌ترتیب $94.1 \pm 1.5\%$ ، $88.3 \pm 4.8\%$ ، $87.5 \pm 5.2\%$ ، $92.2 \pm 4.6\%$ و $53.6 \pm 4.8\%$ 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 هر ساله 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 (فنیپروتیون)، 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 (فنیپروتیون 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 بر (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^۷ ULV 4% (با ماده مؤثره لامبداسی هالوترین) و Delros^۸ ULV 1.25% (با ماده مؤثره دلتامترین) با دو دز ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی لیتر در هکتار و مالاتیون^۹ EC 57% با دوز یک لیتر در هکتار بود (جدول ۱). برای انجام آزمایش ها، پلات هایی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع (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، موریانه 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 ۳۰۰ EC 57% (یک لیتر در هکتار)، لامبداسی‌هالوترین 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 سایی 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 سایی 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 آفتک‌های 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>