

## Research Article

Efficacy of some insecticides on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in maize fieldsRoya Arbabtafti<sup>1</sup>, Afrooz Farsi<sup>✉2</sup>, Majid Mahmoudi<sup>3</sup>, Abdoolnabi Bagheri<sup>4</sup>

- <sup>1</sup> Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran  
<sup>2</sup> Plant Protection Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran  
<sup>3</sup> Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran  
<sup>4</sup> Plant Protection Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran

## Corresponding author

✉afrooz.fasri@yahoo.com

## Keywords

Chemical control, Corn, Damage, Fall armyworm, Insecticides

## Abstract

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* is an invasive pest with a global distribution that has caused significant damage to corn fields in several provinces of Iran. However, it is still listed as a foreign quarantine pest. Chemical control is an immediate measure to prevent its damage and spread. In this study, the efficacy of Chlorantraniliprole (150, 200, and 250 mL per hectare), Lufenuron + Emamectin benzoate (100 g per hectare), Lambda-cyhalothrin (150 mL per hectare), and Emamectin benzoate + Indoxacarb (400 mL per hectare) was evaluated in comparison with a control treatment, using a randomized complete block design with seven treatments and 4 replications in corn fields located in the provinces of Fars, Hormozgan, and Khuzestan. The number of live larvae was counted one day before, and at 1, 7, 14, and 21 days after spraying. Results showed that most of the treatments had significant effects in controlling the pest across all three provinces. However, in most of the sampling days, all three concentrations of Chlorantraniliprole exhibited a high level of efficacy in controlling the pest. The effectiveness range for Chlorantraniliprole over three weeks was 90.06 to 98.86% in Hormozgan, 71.52 to 90% in Fars and approximately 70% in Khuzestan during the first two weeks after spraying. Additionally, Lufenuron + Emamectin benzoate (88.96%) and Lambda-cyhalothrin (82.38%) were also effective in Hormozgan. Based on the results, a dosage of 150 mL per hectare of Chlorantraniliprole is recommended, and to prevent resistance, the other insecticides can be used in alternation.

Received: 13 December 2025

Revised: 15 May 2026

Accepted: 16 May 2026

Available online: 17 May 2026

## Cite this article:

Arbabtafti R, Farsi A, Mahmoudi M, Bagheri A, 2026. Efficacy of some insecticides on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in maize fields. *J Appl Res Plant Prot.* 15 (1): 15–23.<https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2026.21741>

Copyright© 2026 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.

This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

مقایسه کارایی چندحشره‌کش روی کرم برگ‌خوار پاییزه *Spodoptera frugiperda* در مزارع ذرترویا ارباب تفتی<sup>۱</sup>، افروز فارسی<sup>۲</sup>، مجید محمودی<sup>۳</sup> و عبدالنبی باقری<sup>۴</sup>

- <sup>۱</sup> مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- <sup>۲</sup> بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
- <sup>۳</sup> بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران
- <sup>۴</sup> بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

نویسنده مسئول: afrooz.fasri@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

## چکیده

کرم برگ‌خوار پاییزه، *Spodoptera frugiperda* یک آفت مهاجم با پراکنش جهانی بوده است که به مزارع ذرت در بسیاری از استان‌های کشور خسارت وارد می‌کند. اما همچنان، در فهرست آفات قرنطینه خارجی قرار دارد. یکی از راهکارهای فوری ممانعت از خسارت و گسترش این آفت، کنترل شیمیایی است. در این مطالعه کارایی حشره‌کش‌های کلرانترانیلی‌پرول (۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار)، لوفنورون + اممکتین بنزوات (۱۰۰ گرم در هکتار)، لامبداسای‌هالوترین (۱۵۰ میلی‌لیتر در هکتار)، اممکتین بنزوات + ایندوکساکارب (۴۰۰ میلی‌لیتر در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۴ تکرار در مزارع ذرت استان‌های هرمزگان، فارس و خوزستان ارزیابی شد. تعداد لاروهای زنده به‌ترتیب در یک روز قبل و ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از محلول‌پاشی شمارش شدند. نتایج نشان داد، در هر سه استان اغلب تیمارهای مورد بررسی برای کنترل آفت مؤثر بودند. اما در اکثر روزهای مذکور، هر سه غلظت کلرانترانیلی‌پرول تأثیر بالایی در کنترل این آفت داشتند. به‌طوری که دامنه اثرگذاری آن طی سه هفته در استان‌های هرمزگان (۹۸/۸۶-۹۰/۰۶٪)، فارس (۹۰-۷۱/۵۲٪) و در خوزستان طی دو هفته پس از محلول‌پاشی حدود ۷۰ درصد بود. همچنین در استان هرمزگان، دو حشره‌کش لوفنورون + اممکتین بنزوات (۸۸/۹۶ درصد) و لامبداسای‌هالوترین (۸۲/۳۸ درصد) در رده بعدی قرار گرفتند. بر این اساس، غلظت ۱۵۰ میلی‌لیتر در هکتار کلرانترانیلی‌پرول می‌تواند برای کنترل این آفت پیشنهاد شود و به‌منظور ممانعت از مقاومت آفت به کلرانترانیلی‌پرول، سایر حشره‌کش‌های مقایسه‌ای در این پژوهش می‌توانند در تناوب با آن قرار گیرند.

کلمات کلیدی: آفت‌کش‌ها، خسارت، ذرت، کرم برگ‌خوار پاییزه، کنترل شیمیایی

## مقدمه

برای اولین بار در مزارع ذرت ارزوئیه واقع در استان کرمان مشاهده شد (Naseri et al. 2024). اگرچه این آفت در حال حاضر از تعداد زیادی از استان‌های دارای کشت ذرت نظیر هرمزگان، فارس، خوزستان، بوشهر، اصفهان، البرز، گلستان گزارش شده است. ولی، در ایران هنوز به‌عنوان آفت قرنطینه خارجی محسوب می‌شود (Arbabafti & Alipanah 2024). این آفت، به‌دلیل نداشتن دیپوز، در فصول سرد سال به مناطق گرم‌تر مهاجرت کرده و برای این منظور معمولاً از دوره طبیعی ۳-۴ روزه پیش از تخم‌گذاری خود استفاده کرده و تا چندین کیلومتر و گاهی بیش از ۵۰۰ کیلومتر پرواز می‌کنند. شب‌پره‌های بالغ می‌توانند در ارتفاع چند صد متر از سطح زمین پرواز کنند و به همین دلیل قادرند به‌راحتی توسط باد جابجا شوند (Niassy et al. 2021). تغذیه لاروهای آفت از پارانشیم برگ آن‌ها را به‌صورت مشبک و تورمانند درمی‌آورد، گاهی برگ‌های گیاه میزبان به

کرم برگ‌خوار پاییزه، (Lepidoptera: Noctuidae) *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith یکی از جدی‌ترین آفات کشاورزی در جهان محسوب می‌شود که تاکنون از ۱۳۱ کشور جهان گزارش شده است. این آفت، رفتار تهاجمی زیادی دارد و به‌واسطه پرواز قوی در فواصل طولانی و جابه‌جایی لاروها توسط انسان‌ها، می‌تواند خیلی سریع وارد مناطق مختلف شده و به‌دلیل تولیدمثل بالا، مستقر شود. این آفت خطرناک در سرتاسر دنیا بیش از ۳۵۰ میزبان گیاهی دارد. انواع ذرت، سورگوم، نیشکر، گندم، برنج، ارزن، زنجبیل، سویا، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، آفتابگردان، پنبه، کلم، بادام‌زمینی، موز و گیاهان مرتعی، از جمله مهم‌ترین میزبان‌های آن در آسیا هستند. از این رو، یکی از نگرانی‌های جدی سلامت و امنیت غذایی در دنیا به‌شمار می‌رود (Sagar et al. 2020). کرم برگ‌خوار پاییزه در مهرماه سال ۱۴۰۲

فیورونیل، محلول‌پاشی با کلرانترانیلی‌پرول، امامکتین بنزوات، ایندوکساکارب، تیودی‌کارب، اسپینتورام، مالتودکسترین، فلوبندیامید، آلفاسی‌پرمترین و مالاتین (Fernandes et al. 2019; Chimweta et al. 2020; Deshmukh et al. 2020; Nboyine et al. 2021; Niassy et al. 2021; Paredes-Sanchez et al. 2021; Bortolotto et al. 2022; Palanivel et al. 2024) بر اساس نتایج Mallapur et al. (2019) حشره‌کش‌های اسپینتورام، امامکتین بنزوات و اسپینوساد به ترتیب ۹۸، ۹۶ و ۹۶ درصد باعث کاهش جمعیت کرم برگ‌خوار پاییزه شدند. (Sisay et al. 2019) گزارش نمودند، اسپینتورام و لامبداسای-هالوترین به ترتیب باعث ۱۰۰ و ۹۷ درصد مرگ و میر لاروهای *S. frugiperda* شدند. بررسی‌های (Fareed et al. 2024) نیز در پاکستان نشان داد، اسپینوساد باعث بیش از ۹۰ درصد مرگ و میر لاروهای *S. frugiperda* در مزارع ذرت شد، در حالی که مخلوطی از خاک اره و کلرپایرفوس فقط ۲۰ درصد از آفت را کنترل کرد.

نوظهور بودن آفت در کشور، خطرناک بودن آن به دلایل ذکر شده در فوق و عدم وجود هر گونه پژوهش در کشور، بررسی و معرفی حشره‌کش‌های مؤثر در کنترل این آفت را برای پیشگیری از مصرف خودسرانه و بیش از حد در مزرعه ذرت ضروری می‌سازد. براین اساس در این پژوهش، حشره‌کش‌هایی نظیر کلرانترانیلی‌پرول، لوفنورون + امامکتین بنزوات، لامبداسای-هالوترین، امامکتین بنزوات + ایندوکساکارب در مزارع ذرت سه استان فارس، هرمزگان و خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه می‌تواند در برنامه‌های کنترل تلفیقی این آفت کاربرد داشته باشد.

### مواد و روش‌ها

#### ارزیابی مزرعه‌ای کارایی آفت‌کش‌ها

پژوهش حاضر طی سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۴ در مزارع ذرت استان‌های هرمزگان ( $X = 42^{\circ} 15' 15.06''$ ,  $Y = 31^{\circ} 15' 9.57''$ )، فارس ( $X = 54^{\circ} 57' 28.23''$ ,  $Y = 28^{\circ} 68' 49.71''$ ) و خوزستان ( $X = 48^{\circ} 27' 95.31''$ ,  $Y = 32^{\circ} 32' 59.58''$ ) انجام شد.

این بررسی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با هفت تیمار و چهار تکرار انجام گرفت و برای این منظور رقم سینگل کراس ۷۰۴ ذرت کشت شد. تیمارهای مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. ابعاد هر کرت ۵ در ۶ متر در نظر گرفته شد و برای جلوگیری از بادبردگی، بین کرت‌های تیمار، ۴ متر حایل بدون کرت‌بندی در نظر گرفته شد. پس از آن، کرت‌ها تصادفی شدند. جهت پایش آفت، یک عدد تله فرومونی در هر مزرعه نصب

صورت بریده و سوراخ شده مشاهده می‌شوند. خسارت آفت، در آلودگی شدید با حذف کامل برگ‌های گیاه میزبان همراه است، تمام قسمت‌های گیاه ذرت از جمله لابل و دانه آن مورد حمله آفت قرار می‌گیرند. آثار خسارت آفت همواره با خروج فضولات لاروی همراه است. گاهی همانند کرم‌های طوقه‌بر، باعث قطع ساقه گیاه میزبان و نشاءهای تازه می‌شوند. خسارت آفت مزبور در ایران تا این زمان علاوه بر ذرت از روی گیاهان سیب‌زمینی و آفتابگردان، گندم، چغندرقد، گندم، جو، کلزا، یونجه، کرفس، بادمجان، گوجه‌فرنگی و فلفل دلمه‌ای گزارش شده است (Arbabtafti & Alipanah 2024). این آفت در ۱۲ کشور آفریقایی، باعث کاهش عملکرد ۹ الی ۲۱ میلیون تن ذرت در سال شده است که می‌تواند سالانه ۱۰۱-۴۱ میلیون نفر را تغذیه کند (Prasanna et al. 2018). به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۷ ضرر اقتصادی در آفریقا، سه میلیارد دلار تخمین زده شد (Day et al. 2017). این شب‌پره در برزیل نیز، باعث کاهش قابل توجه ۳۴-۴۰ درصد در تولید شده است و سالیانه ۶۰۰ میلیون دلار صرف مدیریت آن می‌شود (Bortolotto et al. 2022). کرم برگ‌خوار پاییزه، علاوه بر اثر اقتصادی منفی، به دلیل افزایش معنی‌دار کاربرد حشره‌کش‌ها برای مهار آن روی سلامتی انسان و محیط زیست اثرات زیان‌باری به جا می‌گذارد. اقدامات کنترلی برای کرم برگ‌خوار پاییزه بسته به نوع محصول و مرحله رشدی آن متفاوت است. به‌طور کلی، گیاهچه‌ها نسبت به گیاهان بزرگ تر حساس‌تر بوده و با تعداد لارو در واحد سطح کمتری آسیب اقتصادی می‌بینند. استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی روش مرسوم کنترل *S. frugiperda* در بسیاری از کشورها است (Sisay et al. 2019; Nboyine et al. 2022). حشره‌کش‌های مصرفی علیه این آفت هنگامی مؤثر هستند که در زمان مناسب استفاده شوند که شامل محلول‌پاشی در اوایل صبح یا بعدازظهر یعنی زمان فعالیت لاروهای جوان و هدایت محلول حشره‌کش به داخل جوانه انتهایی گیاه آلوده است (Assefa, 2018; Sagar et al. 2020). حشره‌کش‌هایی نظیر کلرپایرفوس، کربوسولفان و بتا سایپرترین به‌طور گسترده برای کنترل *S. frugiperda* در آفریقا استفاده شده‌اند (Sagar et al. 2020). همچنین آفت‌کش‌هایی نظیر کلرانترانیلی‌پرول، امامکتین بنزوات و اسپینتورام به عنوان گزینه‌هایی برای مدیریت تلفیقی کرم برگ‌خوار پاییزه در مزارع ذرت هند قابل توصیه است (Deshmukh et al. 2020). سایر حشره‌کش‌هایی که معمولاً توسط کشاورزان علیه این آفت استفاده می‌شود، عبارتند از: ایمیدکلوپراید، کلرپایرفوس، استامی‌پرید، پرمترین، سایپرترین، دلتامترین، کارباریل،

آغشته شود. بعد از اعمال هر تیمار، سمپاش به خوبی با آب و محلول شوینده مناسب شسته شده و مجدداً برای محلول آفت-کش بعدی استفاده شد. با مشاهده لاروهای سن یک گیاهچه‌های ۲ تا ۴ برگی، از هر کرت ۱۰ بوته ذرت با استفاده از الگوی W یا زیگزاک به طور تصادفی انتخاب و تعداد لاروهای زنده یک روز قبل از سمپاشی و به ترتیب ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی شمارش شدند (Prasanna et al. 2018). لازم به ذکر است در استان خوزستان، کشاورز بعد از نمونه برداری روز چهاردهم اقدام به سمپاشی نموده و نتایج روز بیست و یکم برای این استان غیر قابل استناد بود.

شد. تله فرومونی شامل یک کیف سبز رنگ تیره با دهانه پایینی ۳/۲ سانتی متر بود که در بالای یک سطل قرار گرفت و با پوششی به قطر ۱۶ سانتی متر پوشانده شد (تله فونل یا کیفی). کپسول فرومون اختصاصی این گونه از مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه و به تعداد یک عدد در هر تله نصب شد. به منظور کشتن شب پره‌های به دام افتاده، از مخلوط آب و مایع ظرفشویی پنج درصد استفاده شد. به منظور محلول پاشی، از سمپاش ۱۰۰ لیتری فرغونی که پیش از محلول پاشی کالیبره شده بود، استفاده شد. محلول پاشی در اوایل صبح یا بعد از ظهر زمانی که لاروها فعال تر هستند، و با هدایت محلول حشره کش به داخل جوانه انتهایی به شکلی انجام شد که کل بوته به محلول حشره کش

جدول ۱. مشخصات حشره کش‌های مورد آزمایش همراه با مقادیر مصرف آن‌ها روی کرم برگخوار پاییزه.

**Table 1.** Characteristics of tested insecticides and their dosages on the *Spodoptera frugiperda*.

| Common name                     | Trade name   | Formulation | Manufacturer             | (ml(g)/ha) |
|---------------------------------|--------------|-------------|--------------------------|------------|
| Lufenuron + Emamectin Benzoate  | Proclaim fit | WDG50%      | Sinjenta                 | 100        |
| Lambda-cyhalothrin              | Hef-Lambda   | SC5%        | Ariashimi                | 150        |
| Indoxacarb + Emamectin Benzoate | Avant xtra   | SC9%        | Raha Andish Karoon       | 400        |
| Chlorantraniliprole             | -            | SC20%       | Rahpak Mehr Beinol Melal | 150        |
| Chlorantraniliprole             | -            | SC20%       | Rahpak Mehr Beinol Melal | 200        |
| Chlorantraniliprole             | -            | SC20%       | Rahpak Mehr Beinol Melal | 250        |

استان هرمزگان: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد کارایی در این استان نشان داد که بین تیمارها در یک هفت ( $P \leq 0.0007$ ;  $F_{(5,15)} = 8.14$ )، هفت ( $P \leq 0.0005$ ;  $F_{(5,15)} = 8.56$ )، ۱۴ ( $P \leq 0.0001$ ;  $F_{(5,14)} = 21.51$ ) (در روز چهاردهم یک تکرار مربوط به یکی از تیمارها حذف شده است) و ۲۱ ( $P \leq 0.0001$ ;  $F_{(5,15)} = 16.88$ ) روز پس از محلول پاشی اختلاف آماری معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. مقایسه میانگین کارایی آفت کش‌ها نشان داد، در اولین روز پس از محلول پاشی تیمارهای لوفنورون + امامتین بنزوات، لامبداسای هالوترین، کلرانترا نیلی - پرول ۲۵۰ و ایندوساکارب + امامتین بنزوات از کارایی بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بوده‌اند (جدول ۲). هر چند در هفت، ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی همه تیمارها از کارایی مناسبی برای کنترل این آفت برخوردار بودند، اما تیمار کلرانترا نیلی پرول در هر سه مورد بررسی کارایی بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشتند و در روز ۲۱ ام دو حشره کش لوفنورون + امامتین بنزوات (۸۸/۹۶ درصد) و لامبداسای هالوترین (۸۲/۳۸ درصد) در رده بعدی قرار گرفتند (جدول ۲).

درصد کارایی تیمارها بر اساس فرمول هندرسون - تیلتون به صورت زیر محاسبه شد (Handerson & Tilton 1955):

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

در این فرمول  $T_a$ ، تعداد لارو در کرت تیمار بعد از محلول پاشی  $C_a$ ، تعداد لارو در کرت شاهد بعد از محلول پاشی،  $T_b$ ، تعداد لارو در کرت تیمار قبل از محلول پاشی و  $C_b$ ، تعداد لارو در کرت شاهد قبل از محلول پاشی است.

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Ryan-Joiner مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های دو استان خوزستان و فارس با تبدیل لگاریتمی نرمال شدند. سپس تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از رویه GLM و مقایسه میانگین کارایی تیمارها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد و نرم افزار SAS 9.4 انجام شد.

## نتایج

ارزیابی مزرعه‌ای کارایی آفت کش‌ها

جدول ۲. میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد کارایی تیمارهای مختلف روی کرم برگ‌خوار پاییزه در استان هرمزگان.

**Table 2.** Means ( $\pm$ SE) of efficacy percentage of different treatments on the *Spodoptera frugiperda* in Hormozgan province.

| Treatments (ml (g)/ha)                | Days after treatment           |                                 |                                 |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                       | +1                             | +7                              | +14                             | +21                            |
| Lufenuron + Emamectin Benzoate (100)  | 92.5 $\pm$ 1.60 <sup>a*</sup>  | 90.69 $\pm$ 2.80 <sup>bc</sup>  | 88.41 $\pm$ 1.78 <sup>bc</sup>  | 88.96 $\pm$ 1.70 <sup>ab</sup> |
| Lambda-cyhalothrin (150)              | 92.31 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>  | 92.35 $\pm$ 2.70 <sup>abc</sup> | 86.56 $\pm$ 3.22 <sup>c</sup>   | 82.38 $\pm$ 2.26 <sup>bc</sup> |
| Indoxacarb + Emamectin Benzoate (400) | 90.48 $\pm$ 3.35 <sup>a</sup>  | 86.78 $\pm$ 2.26 <sup>c</sup>   | 76.61 $\pm$ 1.40 <sup>d</sup>   | 74.88 $\pm$ 4.35 <sup>c</sup>  |
| Chlorantraniliprole (150)             | 75.05 $\pm$ 4.17 <sup>b</sup>  | 95.56 $\pm$ 1.06 <sup>ab</sup>  | 93.10 $\pm$ 0.75 <sup>abc</sup> | 90.06 $\pm$ 2.06 <sup>ab</sup> |
| Chlorantraniliprole (200)             | 81.74 $\pm$ 3.04 <sup>ab</sup> | 97.96 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup>   | 97.64 $\pm$ 0.30 <sup>ab</sup>  | 96.80 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup>  |
| Chlorantraniliprole (250)             | 90.60 $\pm$ 1.60 <sup>a</sup>  | 98.95 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>   | 99.49 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>   | 98.86 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>  |

\* Means with the same letters in each column are not significantly different at 1% level (Tukey test).

بالایی برخوردار بوده‌اند. در روز هفتم، هر سه غلظت کلرانترانیلی-پرو و ترکیب ایندوکساکارب + امامتین بنزوآت در یک گروه قرار گرفتند. اگرچه، بیشترین کارایی در تیمار کلرانترانیلی-پرو ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار به میزان ۹۱/۶۶ درصد مشاهده شد. همین روند بعد از گذشت سه هفته در میزان کارایی تیمارها ثبت گردید. ولی بیشترین کارایی در تیمار کلرانترانیلی-پرو ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار به میزان ۹۰ درصد مشاهده شد (جدول ۳).

استان فارس: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد کارایی در این استان اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در هفت (F<sub>(5,15)</sub> = 21.58; P < 0.0001) و ۲۱ (P < 0.0064) روز پس از محلول‌پاشی در سطح یک درصد نشان داد. این در حالی است که اختلاف بین تیمارها در یک (P < 0.97) و ۱۴ (F<sub>(5,15)</sub> = 2.25; P < 0.1) روز پس از محلول‌پاشی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین کارایی آفت‌کش‌ها نشان داد، در اولین و ۱۴ روز پس از محلول‌پاشی همه تیمارها از کارایی

جدول ۳. میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد کارایی تیمارهای مختلف روی کرم برگ‌خوار پاییزه در استان فارس.

**Table 3.** Means ( $\pm$ SE) of efficacy percentage of different treatments on the *Spodoptera frugiperda* in Fars province.

| Treatments (ml (g)/ha)                | Days after treatment           |                                 |                                |                                  |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
|                                       | +1                             | +7                              | +14                            | +21                              |
| Lufenuron + Emamectin Benzoate (100)  | 95.00 $\pm$ 5.00 <sup>a*</sup> | 24.72 $\pm$ 4.50 <sup>c</sup>   | 72.21 $\pm$ 9.96 <sup>a</sup>  | 43.05 $\pm$ 15.12 <sup>bc</sup>  |
| Lambda-cyhalothrin (150)              | 89.05 $\pm$ 4.26 <sup>a</sup>  | 64.85 $\pm$ 2.85 <sup>b</sup>   | 34.44 $\pm$ 3.08 <sup>a</sup>  | 34.07 $\pm$ 9.34 <sup>c</sup>    |
| Indoxacarb + Emamectin Benzoate (400) | 96.25 $\pm$ 3.75 <sup>a</sup>  | 90.74 $\pm$ 6.54 <sup>ab</sup>  | 50.00 $\pm$ 18.00 <sup>a</sup> | 57.41 $\pm$ 5.14 <sup>abc</sup>  |
| Chlorantraniliprole (150)             | 92.18 $\pm$ 7.81 <sup>a</sup>  | 85.25 $\pm$ 0.03 <sup>ab</sup>  | 71.11 $\pm$ 15.25 <sup>a</sup> | 71.52 $\pm$ 13.90 <sup>abc</sup> |
| Chlorantraniliprole (200)             | 93.75 $\pm$ 6.25 <sup>a</sup>  | 87.50 $\pm$ 12.50 <sup>ab</sup> | 76.87 $\pm$ 14.90 <sup>a</sup> | 87.29 $\pm$ 4.50 <sup>ab</sup>   |
| Chlorantraniliprole (250)             | 92.00 $\pm$ 5.65 <sup>a</sup>  | 91.66 $\pm$ 5.89 <sup>ab</sup>  | 88.33 $\pm$ 11.70 <sup>a</sup> | 90.00 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>    |

\* Means with the same letters in each column are not significantly different at 1% level (Tukey test).

یک گروه قرار گرفتند و از نظر عددی، تیمار کلرانترانیلی-پرو ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در همه روزهای محلول‌پاشی بیشترین کارایی (۹۴/۰۸ - ۶۸/۸۹ درصد) را در مقایسه با سایر تیمارها به خود اختصاص داد (جدول ۴).

استان خوزستان: تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد کارایی در این استان نشان داد که بین تیمارها در یک (P < 0.5) و هفت (F<sub>(5,14)</sub> = 0.96; P < 0.13) و ۱۴ (P < 0.11; F<sub>(5,14)</sub> = 0.62) روز پس از محلول‌پاشی اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود ندارد. به‌طوری که همه تیمارها در

جدول ۴. میانگین ( $\pm$  خطای معیار) درصد کارایی تیمارهای مختلف روی کرم برگ‌خوار پاییزه در استان خوزستان.

**Table 4.** Means ( $\pm$ SE) of efficacy percentage of different treatments on the *Spodoptera frugiperda* in Khuzestan province.

| Treatments (ml (g)/ha)                | Days after treatment           |                                |                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                                       | +1                             | +7                             | +14                            |
| Lufenuron + Emamectin Benzoate (100)  | 96.65 $\pm$ 3.34 <sup>a*</sup> | 58.98 $\pm$ 10.67 <sup>a</sup> | 46.78 $\pm$ 11.70 <sup>a</sup> |
| Lambda-cyhalothrin (150)              | 81.05 $\pm$ 4.50 <sup>a</sup>  | 51.56 $\pm$ 6.40 <sup>a</sup>  | 47.43 $\pm$ 10.91 <sup>a</sup> |
| Indoxacarb + Emamectin Benzoate (400) | 82.32 $\pm$ 7.90 <sup>a</sup>  | 49.66 $\pm$ 7.42 <sup>a</sup>  | 25.00 $\pm$ 9.19 <sup>a</sup>  |
| Chlorantraniliprole (150)             | 81.36 $\pm$ 10.89 <sup>a</sup> | 35.08 $\pm$ 13.81 <sup>a</sup> | 28.40 $\pm$ 18.10 <sup>a</sup> |
| Chlorantraniliprole (200)             | 88.59 $\pm$ 5.20 <sup>a</sup>  | 54.19 $\pm$ 17.42 <sup>a</sup> | 48.36 $\pm$ 14.83 <sup>a</sup> |
| Chlorantraniliprole (250)             | 94.08 $\pm$ 3.50 <sup>a</sup>  | 71.05 $\pm$ 12.69 <sup>a</sup> | 68.89 $\pm$ 16.74 <sup>a</sup> |

\* Means with the same letters in each column are not significantly different at 5% level (Tukey test).

## بحث

در کنترل کرم برگ‌خوار پاییزه شیوه‌های مختلف کنترل شیمیایی شامل استفاده از ضدعفونی بذری، طعمه مسموم و محلول‌پاشی به کار گرفته می‌شود (Lunagariya et al. 2020; Kumar et al. 2022; Sinha & Deole 2023; Yao et al. 2023). حشره‌کش‌هایی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند، عبارتند از: لوفنورون و امامتین بنزوات که هنگامی که در فرمولاسیون گرانول قابل حل در آب (WDG) با غلظت ۵۰ درصد ترکیب می‌شوند، یک محلول حشره‌کش قدرتمند ارائه می‌دهند و با فعالیت تماسی و گوارشی برای کنترل طیف گسترده‌ای از آفات مختلف، از جمله لاروهای بالپولکداران، مینوزهای برگ و کنه‌ها استفاده می‌شوند.

مقدار توصیه شده این ترکیب علیه مینوز گوجه فرنگی *Tuta absoluta* M. ۱۰۰ گرم در هکتار می‌باشد (Sheikhi Garjan et al. 2023). لامبدا-سی‌هالوترین (۵٪ SC) یک حشره‌کش مصنوعی از خانواده پائروتروئیدها است که برای کنترل طیف وسیعی از آفات مکنده جونده در محصولات مختلف استفاده می‌شود. مقدار توصیه شده این ترکیب علیه کرم برگ‌خوار چغندر *S. exigua* H. ۲۰۰ میلی‌لیتر در هکتار می‌باشد (Sheikhi Garjan et al. 2023). ایندوکساکارب (۹٪ SC) یک حشره‌کش غیرسیستمیک با نحوه اثر تماسی و گوارشی است. مقدار توصیه شده این ترکیب علیه کرم طوقه‌بر چغندر *Agrotis. Segetum* S. ۴۰۰ گرم در هکتار می‌باشد. کلرانترانیلی پرول (۹٪ SC) برای حشرات جونده از طریق تماسی و گوارشی اثرگذار می‌باشد. مقدار توصیه شده این ترکیب علیه کرم پبله‌خوار نخود *Helicoverpa armigera* Hunber. ۱۰۰ میلی‌لیتر در هکتار می‌باشد (Sheikhi Garjan et al. 2023).

نکته مهم در کاربرد آفت‌کش‌ها به شیوه محلول‌پاشی، زمان کاربرد آن‌ها است. لاروهای کوچک این آفت که از برگ‌ها تغذیه می‌کنند، می‌توانند در معرض حشره‌کش‌ها قرار گیرند و از نظر فیزیولوژیکی حساس‌تر هستند. این در حالی است که استقرار و فعالیت اصلی لاروهای سنین بالا در بخش مرکزی گیاه می‌باشد و بدین ترتیب نه تنها از در معرض قرار گرفتن آفت‌کش‌ها محافظت می‌شوند، بلکه، از نظر فیزیولوژیکی در برابر حشره‌کش‌ها مقاوم‌تر نیز هستند (Prasanna et al. 2018). در این پژوهش زمان محلول‌پاشی در هر سه استان رعایت شده و در مرحله ۴ تا ۶ برگی بوته ذرت و هنگامی که ۲۰ درصد از گیاهچه‌ها آلوده بوده و دارای آلودگی فعال و تازه بودند، انجام شد (Prasanna et al. 2021). نتایج حاصل از این طرح به طور کلی حاکی از

تأثیرگذاری تلفات قابل قبول حشره‌کش‌های استفاده شده در کنترل جمعیت کرم برگ‌خوار پاییزه روی ذرت می‌باشد. تلفات ناشی از مصرف حشره‌کش در بیشتر تیمارها از روز اول پس از اعمال تیمار مشهود بوده است و اغلب آن‌ها برای کنترل این آفت مؤثر بودند، اما به طور کلی در هر سه استان و در بیشتر روزهای مورد بررسی، حشره‌کش کلرانترانیلی پرول، به واسطه خاصیت سریع در فلج کردن و به دنبال آن مرگ و میر بالای لاروها، تأثیر زیادی در کنترل این آفت داشته است. در مقایسه کلرانترانیلی-پرول با سایر تیمارها، این حشره‌کش تا سه هفته پس از کاربرد از کنترل خوبی برخوردار بود. به‌طوری که دامنه اثرگذاری آن طی سه هفته در استان‌های هرمزگان (۹۸/۸۶-۹۰/۰۶٪)، فارس (۹۰-۷۱/۵۲٪) و در خوزستان طی دو هفته پس از محلول‌پاشی حدود ۷۰ درصد بود. این اختلاف می‌تواند به تفاوت در اقلیم استان‌ها، اثر کاربر و نحوه کالیبراسیون سم‌پاش‌ها مرتبط باشد. با توجه به شرایط آب و هوایی بسیار گرم‌تر استان خوزستان نسبت به استان هرمزگان که آب و هوای شرجی و رطوبت بالاتری دارد، احتمال تبخیر حشره‌کش‌ها از روی سطح برگ بالاتر است. بنابراین، حتماً باید سمپاشی صبح زود یا غروب آفتاب که هوا خنک‌تر است، انجام شود تا از تبخیر قطرات پاشش و یا بادبردگی آفت‌کش‌ها جلوگیری شود و به نحو مؤثرتری در اختیار گیاه قرار گیرند (Arbabsafti et al. 2025). بررسی‌های (۲۰۱۱) Hardke et al. نشان داد که میزان آلودگی کرم برگ‌خوار پاییزه هنگام تیمار با حشره‌کش‌های مختلف در سورگوم بین ۱۰ تا ۴۵ درصد (سه روز پس از تیمار) متغیر بود. در نتایج آن‌ها، کاهش چشمگیری در میزان آلودگی آفت در حشره‌کش‌های جدیدتر نظیر کلرانترانیلی پرول (۱۰ درصد) و سیانترانیلی پرول (۱۲/۵ درصد) نسبت به حشره‌کش‌های سنتی نظیر نووالورون (۱۵ درصد)، متوکسی فنوزوید (۴۰ درصد) و لامبدا-سی‌هالوترین (۴۵ درصد) مشاهده شد. در هفت روز پس از تیمار، میزان آلودگی در تیمار لامبدا-سی‌هالوترین (۴۰ درصد) به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر حشره‌کش‌ها بود. در بررسی مذکور مشابه با نتایج این تحقیق، حشره‌کش‌های جدیدتر نظیر کلرانترانیلی پرول کارایی بسیار مؤثری نشان دادند. نتایج یک زیست‌سنجی همچنین نشان داد، کلرانترانیلی پرول روی لاروهای سن دوم (Lepidoptera: Noctuidae) *S. cosmioides* Walker بسیار مؤثر است. در این بررسی دزهای زیرکشنده کلرانترانیلی پرول باعث تغییراتی در سیکل زندگی حشراتی که در معرض آن قرار گرفته بودند، شد. به‌طوری که این دسته از حشرات به زمان بیشتری برای تکمیل تمام مراحل رشد (مرحله لارو، شفیرگی و بالغ) نیاز داشتند

اولین محلول‌پاشی با فواصل زمانی مشابه مشاهده شد. از طرفی، مشاهدات نشان داده است، این آفت در بسیاری از کشورها در برابر گروه‌های اصلی حشره‌کش‌ها مقاومت ایجاد کرده و همچنین، کاربرد مکرر حشره‌کش‌ها منجر به توسعه سریع‌تر مقاومت آفت شده است (Deshmukh et al. 2020; Paredes- Sanchez et al. 2021; Muraro et al. 2022). بنابراین، به دلیل وجود باقیمانده آفت‌کش‌ها و مشکلات مقاومت، نیاز اساسی به شیوه‌های کنترلی سازگار با محیط زیست می‌باشد (Lin et al. 2021). بر این اساس، بررسی کارایی حشره‌کش‌ها در غلظت‌های پایین‌تر به کاهش میزان حشره‌کش مورد استفاده کمک کرده و در نتیجه می‌تواند مشکلات باقی‌مانده آفت‌کش‌ها را در محصولات مختلف کاهش دهد. در نتیجه در این تحقیق، غلظت‌های پایین‌تر حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول نیز بررسی شد که در اغلب موارد از نظر میزان خسارت وارد شده با سایر تیمارهای مورد بررسی در یک گروه آماری قرار گرفت.

از نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد، غلظت ۱۵۰ میلی‌لیتر در هکتار کلرانترانیلی‌پرول می‌تواند برای کنترل این آفت در مرحله ۴-۶ برگی گیاه ذرت و زمانی که لاروها در سنین اولیه هستند، پیشنهاد شود. همچنین باید در نظر داشت برای جلوگیری از مقاومت ضروری است از کاربرد مداوم یک نوع حشره‌کش در مزارع ذرت خودداری گردد و در کنترل شیمیایی این آفت از حشره‌کش‌هایی با نحوه تأثیر متفاوت به‌طور متناوب استفاده شود. به منظور ممانعت از مقاومت کرم برگ‌خوار پاییزه به کلرانترانیلی‌پرول حشره‌کش‌های لوفنورون + امامکتین بنزوات با غلظت ۱۰۰ گرم در هکتار، لامبداسای‌هالوترین با غلظت ۱۵۰ میلی‌لیتر در هکتار و ایندوکساکارب + امامکتین بنزوات به غلظت ۴۰۰ میلی‌لیتر در هکتار می‌توانند در تناوب با این حشره‌کش به کار گرفته شوند.

### سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مقاله از مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور به خاطر حمایت‌های مالی و فنی از این پروژه تحقیقاتی و از مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های خوزستان، فارس و هرمزگان به جهت تأمین امکانات و تسهیلات کمال تشکر و قدردانی را دارند.

(Lutz et al., 2018). طی یک بررسی در هند اثر حشره‌کش‌های مختلف شامل کلرانترانیلی‌پرول، وپروس 1 HaNPV، اسپینوساد، روغن نیم، باکتری (*Bacillus thuringiensis* (Berliner) و قارچ *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Wuill. روی شب‌پره *H. armigera* بررسی شد (Barwa and Kumar, 2022). در بین تیمارهای مورد بررسی کلرانترانیلی‌پرول مؤثرترین تیمار به‌دست آمد و پس از آن اسپینوساد بیشترین تأثیر را روی کاهش خسارت این آفت نشان داد (Barwa & Kumar 2022). به منظور مدیریت کرم برگ‌خوار پاییزه در مزرعه ذرت، (Bhandari et al. (2025) نیز، حشره‌کش‌هایی نظیر اسپینوساد (SC ۰/۴۵) /۳ میلی‌لیتر، امامکتین بنزوات + آبامکتین (WDG ۰/۲) /۴ گرم و کلرانترانیلی‌پرول ۰/۴ میلی‌لیتر در لیتر آب را توصیه نمود. همچنین، نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی (Khanal et al. (2024) روی کارایی چندین حشره‌کش علیه کرم برگ‌خوار پاییزه در نیال نشان داد، دو حشره‌کش اسپینتورام و اسپینوساد باعث ۱۰۰ درصد مرگ و میر لاروها در ۲۴ ساعت اول پس از تیمار شدند. طبق گفته سازمان بهداشت جهانی، اسپینتورام و کلرانترانیلی‌پرول در گروه U قرار می‌گیرند که در استفاده عادی خطرناک نیستند، اسپینوساد در گروه III قرار می‌گیرد که خطر کمتری دارد. امامکتین بنزوات، تیامتوکسام، لامبدا سفلوتین نیز در گروه II قرار می‌گیرند که خطر متوسطی با دوره خیس شدن ۷ تا ۱۰ روز دارند (Naharki et al. 2020). بر اساس نتایج مطالعه حاضر، غلظت‌های مختلف حشره‌کش کلرانترانیلی‌پرول، لامبداسای‌هالوترین، لوفنورون + امامکتین بنزوات از کارایی بسیار بهتری نسبت به ایندوکساکارب + امامکتین بنزوات در کنترل مرحله لاروی کرم برگ‌خوار پاییزه ذرت به عنوان مرحله رشدی مخرب آفت برخوردار بودند. اگرچه تیمار ایندوکساکارب + امامکتین بنزوات در استان فارس در کنار غلظت‌های مختلف کلرانترانیلی‌پرول از کارایی خوبی برخوردار بود. مشابه با نتایج این تحقیق، نتایج (Deshmukh et al. (2019) نیز نشان داد، امامکتین بنزوات و لامبداسای‌هالوترین در آزمایش‌های میدانی باعث مرگ و میر قابل توجهی در جمعیت کرم برگ‌خوار پاییزه شدند. نتایج بررسی میدانی (Ahmad et al. (2023) روی *S. frugiperda* در مزارع ذرت پاکستان نشان داد، حداکثر مرگ و میر لاروی با اعمال حشره‌کش مونوموهیپو (۷۵ درصد) پس از ۱۰ روز از اولین محلول‌پاشی ثبت شد، در حالی که حداقل مرگ و میر در زمان استفاده از امامکتین بنزوات (۴۹ درصد) پس از

## References

- Ahmad Sh, Umair M, Iqbal M, Javaid A, Bilal M, *et al.*, 2023. Chemical control of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under field conditions. *Plant Protection* 07 (03): 579–583. <https://doi.org/10.33804/pp.007.03.4969>
- Arbabafti R, Alipanah H, 2024. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae): Identification, symptoms and monitoring. Iranian Research Institute of Plant Protection press. Tehran. Registration No. 65055. 43 pp (in Persian).
- Arbabafti R, Farsi A, Bagheri A, Mahmoudi M, 2025. Chemical control of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize field. Iranian Research Institute of Plant Protection press. Tehran. Registration No. 68363. 36 pp (in Persian).
- Assefa F, Ayalew D, 2019. Status and control measures of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* infestations in maize fields in Ethiopia: a review. *Cogent Food & Agriculture* 5: 1–16. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641902>
- Bhandari N, Mehata DK, Bhandari A, Bhattarai AM, 2025. Evaluation of novel insecticides against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) via laboratory bioassay and field experiment findings. *Journal of Natural Pesticide Research* 14: 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.napere.2025.100159>
- Bortolotto OC, Pomari-Fernandes A, Souza GRBD, 2022. Grapevine defoliation by *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera, Noctuidae) in Brazil. *Ciencia Rural* 52(7): 1–5. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210168>
- Barwa J, Kumar A, 2022. Field efficacy of chlorantraniliprole with some biopesticides against pod borer [*Helicoverpa armigera* (Hubner)] on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Pharma Innovation Journal* 11(6): 1912–1916.
- Chimweta M, Nyakudya IW, Jimu L, Mashingaidze AB, 2020. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) damage in maize: management options for flood-recession cropping smallholder farmers. *International Journal of Pest Management* 66: 142–154. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1577514>
- Day R, Abrahams R, Bateman P, Beale M, Clotney T, *et al.*, 2017. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management* 28: 196–201.
- Deshmukh S, Pavithra HB, Kalleshwaraswamy CM, Shivanna BK, Maruthi MS *et al.*, 2020. Field efficacy of insecticides for management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in India. *Florida Entomologist* 103(2): 221–227.
- Fareed MA, Bashir S, Ali A, Imdad M, Ali AN, *et al.*, 2024. Comprehensive strategies for the integrated management of fall armyworm: a focus on biocontrol, cultural, and chemical methods. *Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2(2): 95–114.
- Fernandes FO, Abreu JA, Christ LM, Rosa APS, 2019. Efficacy of insecticides against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). *Journal of Agricultural Science* 11: 494–503.
- Hardke JT, Temple JH, Leonard BR, Jackson RE, 2011. Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* 94: 272–278. <https://doi.org/10.1653/024.094.0221>
- Khanal D, Subedi D, Banjade G, Lamichhane M, Shrestha S, *et al.*, 2024. Efficacy of different pesticides against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions in Rupandehi, Nepal. *International Journal of Agronomy* 2024: 1–9. <https://doi.org/10.1155/2024/7140258>
- Kumar RM, Gadratagi BG, Paramesh V, Kumar P, Madivalar Y, *et al.*, 2022. Sustainable management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Agronomy* 12(9): 2150.
- Lin S, Li S, Liu Z, Zhang L, Wu H, *et al.*, 2021. Using azadirachtin to transform *Spodoptera frugiperda* from pest to natural enemy. *Toxins* 13: 541–552. <https://doi.org/10.3390/toxins13080541>
- Lunagariya MV, Zala MB, Varma HS, Suthar MD, Patel MB, *et al.*, 2020. Efficacy of poison baits against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) infesting maize. *Journal of Entomology & Zoology Studies* 8(4): 2251–2256.
- Lutz A, Bertolaccinii I, Scotta RR, Curis MC, 2018. Lethal and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science* 74: 2817–2821.

<https://doi.org/10.1002/ps.5070>

- Mallapur CP, Naik AK, Hagari S, Praveen T, Naik M, 2019. Laboratory and field evaluation of new insecticide molecules against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize. *Journal of Entomology & Zoology Studies* 7(5): 729–733.
- Naharki K, Regmi S, Shrestha N, 2020. A review on invasion and management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). *Reviews in Food & Agriculture* 1(1): 6–11.
- Naseri M, Bemani M, Alipanah H, Noorbakhsh S, Zohdi H, 2024. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae: Noctuinae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran* 44 (1): 111–116 (in Persian with English abstract).
- Nboyine JA, Asamani E, Agboyi LK, Yahaya I, Kusi F, *et al.*, 2022. Assessment of the optimal frequency of insecticide sprays required to manage fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) in maize (*Zea mays* L.) in Northern Ghana. *Agriculture & Bioscience* 3: 1–11.
- Niassy S, Agbodzavu MK, Kimathi E, Mutune B, Abdel-Rahman EM, *et al.*, 2021. Bioecology of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), its management and potential patterns of seasonal spread in Africa. *PLoS One* 16(6):1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249042>.
- Palanivel S, Saravanakumar P, Nithiyapryia P, Anusha K, Prithiviraj K, *et al.*, 2024. Integrated pest management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in maize. *Journal of Entomology & Zoology Studies* 12(5): 206–211.
- Paredes-Sanchez FA, Rivera G, Bocanegra-Garcia V, Martinez-Padron HY, Berrones-Morales M, *et al.*, 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda* – a review. *Molecules* 26(18): 5587–5605. <https://doi.org/10.3390/molecules26185587>
- Prasanna BM, Huesing JE, Eddy R, Peschke VM, 2018. Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management. 1<sup>st</sup> edition, Mexico, CIMMYT, Mexico. 109 pp.
- Sagar GC, Aastha B, Laxman K, 2020. An introduction of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) with management strategies: A review paper. *Nippon Journal of Environmental Science* 1(4): 1–12. <https://doi.org/10.46266/njes.1010>
- Sheikhi Garjan A, Najafi H, Abbasi S, Azimi H, Moradi M, 2023. Organic and chemical pesticide guide of Iran 2023. 8<sup>th</sup> edition, Rahdan Press. 570 pp (in Persian).
- Sinha P, Deol S, 2023. Relative efficacy of different whorls application of poison baits against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize crop at Raipur (Chhattisgarh). *The Pharma Innovation Journal* 12(7): 2758–2761.
- Sisay B, Tadele T, Mulatu W, Gashawbeza A, Esayas M, 2019. The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in maize. *Insects* 10(2): 45–58. <https://doi.org/10.3390/insects10020045>
- Yao Y, Yanyan H, Zhang L, Wang K, Bin L, *et al.*, 2023. Management strategy for *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in mountain maize planting areas in China. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 26(4). <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102152>.