The University of Tehran Press

Iranian Journal of Plant Protection Science

Online ISNN: 2008-4781

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

Investigation on the resistance of different growth stages of cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to spirotetramat

Majid Mohammad Nejad Havestin [1] | Qodatollah Sabahi [2]✉ | Alireza Bandani[3] Aziz Sheikhi Garjan[4]

1. Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: m.mohammadnejad@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: sabahi@ut.ac.ir
3. Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: abandani@ut.ac.ir
4. Iranian Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. E-mail: asheikhi48@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 25 January 2023

Revised: 1 May 2023

Accepted: 2 May 2023

Published online: 18 September 2023

ABSTRACT

The cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the important pests of agricultural products that causes great economic losses. In this research, the effect of spirotetramat on three different developmental stages of the pest was studied in several populations that were collected from different provinces of Iran. Bioassay was done by leaf disk method. The results showed a higher sensitivity of the 2nd nymph stage compared to the adult stage and the egg stage; while the adult stage showed the least sensitivity to spirotetramat. The highest rate of resistance in different developmental stages was observed in the Jiroft population The LC50 ratios of adults in Karaj, Yazd, Pishwa, and Jiroft populations to sensitive one (Marand) were 7.6, 6.2, 4.2, and 9.6, respectively. For second instar nymphs, the ratios were 2.0, 2.2, 2.1, and 5.5 respectively. The investigation on detoxification enzymes indicated the higher activity of monooxygenase enzyme in the resistant population of Jiroft (3.34-fold) compared to the Marand population, which indicates the effective role of these enzymes in creating resistance. According to the results, to prevent resistance development, it is necessary to use other chemical compounds with different modes of action to prevent the occurrence of cross-resistance while affecting different developmental stages of pests.

Keywords:

Cotton whitefly,

Metabolic detoxification,

Resistance,

Spirotetramat.

Cite this article: Mohammad Nejad Havestin, M., Sahahi, Q., Bandani, A., & Sheikhi Garjani, A. (2023). Investigation on the resistance of different growth stages of cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) to spirotetramat. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 54 (1), 59-75. DOI: http//doi.org/10.22059/IJPPS.2023.353642.1007017

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJPPS.2023.353642.1007017

Extended Abstract

Introduction

Cotton whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the important pests of agricultural plants that causes great economic loss. The main damages occur by sucking plant sap and transmission of the viral disease which causes severe economic losses to the hosts. Chemical compounds play an important role in controlling the pest. However, it showed high degrees of resistance to different groups of insecticides. Monitoring of the pest resistance to various insecticide compounds is necessary for the application of IPM. In this research, the effect of insecticide spirotetramat, on resistance development of cotton whitefly was studied in samples of populations collected from various provinces of Iran.

Materials and Methods

Adult whitefly samples were collected from five different provinces on different host plants during 2020 and 2021. The plant leaves contain nymphs and adult insects were gathered and placed into cages under controlled conditions. The nymphs and adults were reared on eggplants and then used for bioassay and detoxifying enzyme activity tests at different developmental stages. Data analysis was done using Polo Plus software. Statistical analysis was done using SPSS version 23 software.

Results and Discussion

The results of bioassays showed a higher sensitivity of cotton whitefly at the second nymphal stage. The adult insect stage showed the least sensitivity. The highest rate of resistance in different developmental stages was observed in the Jiroft population. The LC50 ratio for spirotetramat in the populations collected from Karaj, Yazd, Pishva, and Jiroft was 7.6, 6.2, 4.2, and 9.6, in the adult stage and 2, 2.2, 1.2, and 5.5 for 2nd nymphs respectively, compared to the sensitive population (Marand). The investigation on detoxifying enzymes indicated the higher activity of mono-oxygenase enzymes (3.43 fold) in the population of Jiroft compared to the sensitive one.

Conclusion

In this study, we observed a low level of resistance for cotton whiteflies to spirotetramat at different growth stages of various pest populations. We also showed the effective role of mono-oxygenase enzymes in occurring resistance to this insecticide. To prevent the development of resistance, it is necessary to use chemical compounds with different modes of action such as spirotetramat in a rotational program of insecticide use. This approach should prevent the development of resistance of pests at different growth stages.

نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، دوره ۵۴، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۶۸-۲۴۲۳

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

بررسی مقاومت مراحل مختلف رشدی سفید بالک پنبه *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) نسبت به حشره کش اسپیروتترامت

مجید محمد نژاد هاوستین[۱] | قدرت اله صباحی[۲]✉ | علیرضا بندانی[۳] | عزیز شیخی گرجان[۴]

۱. گروه گیاهپزشکی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه : m.mohammadnejad@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه گیاهپزشکی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه :sabahi@ut.ac.ir

۳. گروه گیاهپزشکی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه : abandani@ut.ac.ir

۴. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی، تهران، ایران. رایانامه: asheikhi48@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷

کلیدواژه‌ها:

اسپیروتترامات، سفیدبالک پنبه، سم‌زدایی متابولیکی، مقاومت.

چکیده

سفیدبالک پنبه بانام علمی *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) از آفات مهم محصولات کشاورزی است که خسارت اقتصادی زیادی ایجاد می‌کند. در این پژوهش اثر ترکیب اسپیروتترامات روی سه مرحله مختلف رشدی آفت در چند جمعیت آن، که از استان‌های مختلف کشور جمع‌آوری‌شده بود، مورد مطالعه قرار گرفت. زیست‌سنجی به روش غوطه‌وری دیسک برگی انجام شد. نتایج نشان‌دهنده حساسیت بیشتر مرحله پوره سن دو نسبت به مرحله حشره بالغ و مرحله تخم بود؛ درحالی‌که مرحله حشره کامل کمترین حساسیت را نسبت به اسپیروتترامات نشان داد. بیشترین نرخ مقاومت در مراحل مختلف رشدی، در جمعیت جیرفت مشاهده شد، نسبت مقاومت در حشرات کامل جمعیت های کرج، یزد، پیشوا و جیرفت به ترتیب ۷/۶، ۶/۲، ۴/۲ و ۹/۶ و در پوره سن دوم به ترتیب ۲ ، ۲/۲، ۲/۱ و ۵/۵ محاسبه شد. بررسی آنزیم‌های سم‌زدا حاکی از میزان فعالیت بیشتر آنزیم‌های مونواکسیژناز (۳/۴۳ برابر جمعیت پایه) در جمعیت مقاوم جیرفت نسبت به جمعیت مرند بود که نشان‌دهنده نقش مؤثر این آنزیم در ایجاد مقاومت به این حشره‌کش است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای جلوگیری از بروز مقاومت استفاده از ترکیبات شیمیایی با شیوه تأثیر متفاوت، که ضمن اثرگذاری بر مراحل مختلف رشدی، بتواند از بروز مقاومت تقاطعی جلوگیری کند، کاملاً ضروری است.

استناد: محمد نژاد هاوستین، مجید؛ صباحی، قدرت‌اله؛ بندانی، علیرضا و شیخی گرجان، عزیز (۱۴۰۲). بررسی مقاومت مراحل مختلف رشدی سفید بالک پنبه *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) نسبت به حشره‌کش اسپیروتترامت. *نشریه دانش گیاهپزشکی ایران*، ۵۴ (۱)، ۷۵-۴۷. DOI: http//doi.org/10.22059/IJPPS.2023.353642.1007017

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/IJPPS.2023.353642.1007017

مقدمه

سفیدبالک پنبه بانام علمی *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) یکی از آفات مهم محصولات کشاورزی است که در سراسر جهان خسارت‌های اقتصادی قابل‌توجهی ایجاد می‌کند. آسیب اصلی این آفت از طریق تغذیه حشرات کامل و پوره‌ها از شیره گیاه و نیز انتقال بیماری‌های ویروسی به گیاهان دیگر توسط حشرات کامل رخ می‌دهد که موجب خسارت‌های اقتصادی شدید در تولیدات کشاورزی می‌شود (Liu *et al.*, 2015, Wang *et al.*, 2020). ترکیبات شیمیایی نقش مهمی در کنترل مؤثر آفت دارند؛ هرچند کاربرد غیرمنطقی این ترکیبات سبب شده که آفت درجه بالایی از مقاومت را نسبت به گروه‌های رایج و جدیدتر حشره‌کش‌ها نشان دهد (Wang *et al.*, 2010, Wang *et al.*, 2020). سفیدبالک پنبه به‌عنوان یک مجموعه گونه با ترکیبی از حداقل ۳۶ گونه ناشناخته در نظر گرفته می‌شود (Wang *et al.*, 2020). در بین آن‌ها گونه *B. tabaci* (Middle East– Asia Minor 1)، (MEAM1 بیوتیپ B) و *B. tabaci* مدیترانه‌ای (MED بیوتیپ Q) مهم هستند و تفاوت‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی متعددی دارند؛ که از جمله سازگاری با میزبان (Morin *et al.*, 2002)، مقاومت در برابر حشره‌کش‌ها (Horowitz, 2005) و انتقال بیماری‌های ویروسی (Valverda *et al.*, 2004, Wang *et al*,. 2020) از اهم این تفاوت ها به شمار می رود؛ بنابراین شناسایی ترکیبات مناسب و روش‌های مؤثر در بروز مقاومت نقش بسیار مؤثری در کنترل آفت خواهد داشت. هدف از این مطالعه، ارزیابی سطوح مقاومت نسبت به حشره‌کش اسپیروتترامات در مراحل مختلف زیستی سفیدبالک پنبه *B. tabaci* و مقایسه سطوح گلوتاتیون اس- ترانسفرآزها و مونواکسیژناز و کربوکسیل استراز در جمعیت‌های مختلف آن در بعضی نقاط کشور شامل شهرستان‌های کرج، پیشوا، یزد، جیرفت و مرند بوده تا مؤثرترین مکانیسم‌های دخیل در بروز مقاومت آفت در برابر این ترکیب مورد بررسی قرار گیرد.

پیشینه پژوهش

درک سازوکارهای بروز مقاومت در برابر آفت‌کش‌ها، به آسان شدن مدیریت صحیح مقاومت کمک می‌کند. مقاومت متابولیکی یکی از رایج‌ترین مکانیسم‌های مقاومت حشرات در برابر حشره‌کش‌ها است. آنزیم‌های سم‌زدای رایج شامل کربوکسیل استرازها، گلوتاتیون اس-ترانسفرآزها و اکسیدازهای چندگانه می‌باشند که در مقاومت متابولیکی نقش دارند. سازوکار متابولیکی بروز مقاومت در *B. tabaci* پیچیده است. مشخص شده که آنزیم های کربوکسیل استراز، با ایجاد مقاومت در برابر حشره‌کش‌های گروه فسفره آلی و پایروتروئیدی مرتبط هستند و همچنین در افزایش مقاومت نسبت به حشره کش ایمیداکلوپرید نقش دارند (Zheng *et al.*, 2018, Wang *et al.*, 2020). همچنین اکسیدازها آنزیم‌های دیگری هستند که باعث مقاومت به گروه‌های مختلف حشره‌کش‌ها، عمدتاً ترکیبات نیکوتینوئیدی، می‌شوند(Feng *et al.*, 2010, Yang *et al.*, 2013, Zheng *et al.*, 2018, and Wang *et al.*, 2020). برخی از مطالعات نقش گلوتاتیون اس- ترانسفرازها را در بروز مقاومت در *B. tabaci* نشان داده و بیان کرده‌اند که ممکن است در مقاومت به ترکیبات فسفره آلی، نقش مهمی داشته باشند (Rauch & Nauen, 2004, Wang *et al.*, 2020).

در ایران مطالعات قبلی روی سفیدبالک پنبه، *B. tabaci*، مقاومت شدید به ترکیبات نئونیکوتینوئیدی مانند ایمیداکلوپرید و استامی‌پرید را نشان داده است (Basij *et al.* 2017). همچنین در بررسی دیگر ، مشخص‌شد که فعالیت استرازی نقش مهمی در مقاومت سفیدبالک پنبه به آمیتراز و ایمیداکلوپرید ایفا می‌کند (Bahlool zadeh *et al.*, 2012). Salehi *et al*,. (2020) مقاومت به ایمیداکلوپرید و تیاکلوپرید را مورد بررسی قراردادند و نشان دادند که آنزیم‌های مونواکسیژناز و استراز نقش مهمی در سم‌زدایی این حشره‌کش‌ها در جمعیت‌های مقاوم ایفا می‌کنند. در بررسی سمیت اسپیروتترامات، سیانترانیل پرول و دینتوفوران در جمعیت‌های مدیترانه‌ای سفیدبالک پنبه شرق استرالیا ، با استفاده از غوطه‌وری برگ یا روش جذب سیستمیک، مشخص‌شده که همه جمعیت‌های جمع‌آوری‌شده نسبت به اسپیروتترامات (۱۲ مورد آزمایش‌شده از ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵)، سیانترانیل پرول (۲۳ مورد آزمایش از

۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷) و دینتوفوران (۱۶ مورد آزمایش‌شده از ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷) حساس بوده‌اند. بر اساس مقادیر LC_{50}، یک تفاوت ۲/۱ برابری در پاسخ جمعیت‌های مزرعه‌ای نسبت به اسپیروتترامات و یک تفاوت سه برابری در پاسخ به سیانترانیل پرول مشاهده‌شده است، درحالی‌که پاسخ به دینتوفوران در دو روش زیست‌سنجی متفاوت شامل محلول‌پاشی روی برگ و روش سیستمیک (قرار دادن ساقه داخل محلول سمی) ، ۱/۸ برابر در مقابل ۲/۶ برابر بود. آزمایش اسپیروتترامات و سیانترانیل پرول در برابر سویه مقاوم به پیری پروکسی فن، AY09-1R هیچ مدرکی دال بر مقاومت تقاطعی به پیری پروکسی فن نشان نداد. هنگامی‌که در برابر دینتوفوران آزمایش شد، AY09-1R دارای ضریب مقاومت دو بود که نشان‌دهنده مقاومت تقاطعی ضعیف احتمالی در برابر پیری پروکسی فن بود، اگرچه ممکن است این سویه با توجه به منشأ خود، انواع دیگری از مقاومت را نیز نشان دهد. هر سه حشره‌کش کارایی خوبی در برابر سفیدبالک پنبه نشان دادند (Hopkinson & Pumpa, 2019). برای ارزیابی اثر حشره‌کش اسپیروتترامات بر سویه‌های مزرعه‌ای *B. tabaci* ، بیوتیپ Q ، تغییرات مقاومت به حشره‌کش اسپیروتترامات، از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۶ در چین مورد بررسی قرار گرفت. زیست‌سنجی با تخم‌ها و پوره‌ها از پنج منطقه جغرافیایی نشان داد که مراحل پوره‌گی در مقایسه با مرحله تخم، نسبت به اسپیروتترامات بسیار حساس‌تر هستند. مهم‌تر از همه، مقاومت هر پنج جمعیت مزرعه‌ای سفیدبالک، از سطح مقاومت پایین در سال ۲۰۱۲ به سطح مقاومت متوسط تا بالا در سال ۲۰۱۶ افزایش‌یافته است (Peng *et al.*, 2017). Bielza *et al.* (2019) نشان دادند که‌یک مقاومت تقاطعی ۱۳۰ برابری در سفیدبالک پنبه نسبت به اسپیروتترامات، در جمعیت‌های مقاوم شده به اسپیرومسیفن مشاهده شده است (. مطالعات قبلی اشاره کردند که بیوتیپ MED به‌شدت در برابر حشره‌کش‌ها مقاوم است؛ بنابراین، استفاده گسترده از ترکیبات شیمیایی ممکن است یکی از دلایلی باشد که باعث شده است MED جایگزین MEAM1 در این زمینه شود (Horowitz *et al.*, 2005, Luo *et al.*, 2010, Wang *et al.*, 2010, Wang *et al.*, 2020).

اسپیروتترامات یک حشره‌کش جدید با قابلیت حرکت دوسویه در درون آوندهای آبکشی و چوبی می‌باشد. این حشره‌کش از گروه تترونیک اسیدها است که در گروه ۲۳ حشره‌کش‌ها توسط (IRAC)(Insecticides Resistance Action Committee) قرارگرفته است. دیگر ترکیبات این گروه شامل: اسپیرومسیفن و اسپیرودایکلوفن می‌باشند که هر دو به‌عنوان بازدارنده بیوسنتز چربی عمل می‌کنند و موجب کاهش باروری و زادآوری در هنگام تغذیه به‌وسیله مراحل نابالغ حشرات مکنده مانند شته‌ها، پسیل ها، شپشک ها، مینوزهای برگی، تریپس ها، شپشک‌های آردآلود و سفیدبالک ها می‌شوند (Mohammad Nejad & Sabahi, 2021).

در مطالعه حاضر، پنج جمعیت مختلف سفیدبالک پنبه *B. tabaci* از استان‌های مختلف کشور در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ جمع‌آوری و سطوح مختلف مقاومت به حشره‌کش اسپیروتترامات در مراحل مختلف زیستی سفیدبالک پنبه بررسی و سطوح کمی و کیفی آنزیم‌های گلوتاتیون اس- ترانسفرآزها و مونواکسیژناز و کربوکسیل استراز در جمعیت‌های مختلف این آفت اندازه گیری شد.

روش‌شناسی پژوهش

کشت گیاهان

به‌منظور پرورش حشرات، از گیاهان بادنجان رقم قلمی مشکی به‌عنوان میزبان پرورشی استفاده و پس از تهیه نشاء درون گلدان‌های پلاستیکی با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر کشت شد. بستر کشت حاوی کوکو پیت و پرلیت با نسبت ۳ به ۱ مورد استفاده قرار گرفت. همه گیاهان در درون گلخانه پرورشی گروه گیاه‌پزشکی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران و در دمای ۲۷ درجه سلسیوس و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

جمع‌آوری حشرات

جمعیت‌های سفیدبالک *B. tabaci* از پنج استان مختلف شامل آذربایجان شرقی، کرمان، یزد، البرز و تهران (جدول ۱) از روی گیاهان میزبان متفاوت در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد (جدول ۱). برگ‌های حاوی پوره و حشرات بالغ، جمع‌آوری و در گلخانه درون قفس پارچه‌ای به ابعاد ۶۰×۶۰×۶۰ سانتی‌متر روی گیاهان بادنجان رهاسازی شدند. برای بررسی مقاومت به حشره‌کش پوره‌ها و حشرات کامل روی گیاهان بادنجان پرورش یافته، سپس آزمون های زیست‌سنجی انجام شد. پس از پرورش ۳ تا ۵ نسل از هر جمعیت آفت در اتاقک رشد، آزمایش‌های مقاومت به حشره‌کش و بررسی فعالیت آنزیم‌های سم‌زدایی مراحل مختلف زیستی، انجام شد. کلیه آزمایش ها، در شرایط دمایی ۲±۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد با دوره نوری ۱۶:۸ بود.

جمعیت مرند با توجه به اینکه به مدت طولانی زیر فشار سم‌پاشی نبوده و حساسیت بیشتری نسبت به ترکیب مورد بررسی داشت به‌عنوان جمعیت پایه در نظر گرفته شد.

جدول ۱– اطلاعات مکانی، زمانی، میزبانی و سابقه مصرف حشره‌کش‌ها برای جمعیت‌های مورد استفاده در زیست‌سنجی

ردیف	نام جمعیت	محل جمع‌آوری	تاریخ جمع‌آوری	میزبان	حشره‌کش‌های مصرفی
۱	مرند	آذربایجان شرقی	۱۳۹۹	گوجه‌فرنگی	----------***
۲	جیرفت	کرمان	۱۴۰۰	بادنجان	کنفیدور، اوبرون، آبامکتین
۳	یزد	یزد	۱۴۰۰	خیار	کنفیدور، آبامکتین، دی کلروس
۴	کرج	البرز	۱۴۰۰	بادنجان	موونتو، دی کلروس، کنفیدور
۵	پیشوا	تهران	۱۴۰۰	بادنجان	دی کلروس، آبامکتین

*بدون اطلاعات اولیه در مورد سابقه سم‌پاشی

حشره‌کش شیمیایی

از حشره‌کش اسپیروتترامات بانام تجاری موونتو (Movento® EC 10%) ساخت شرکت بایر[1] برای انجام این مطالعه استفاده شد. این حشره‌کش در ایران برای کنترل آفات مکنده به‌ویژه سفیدبالک در سال ۱۳۹۵ ثبت گردیده است.

زیست‌سنجی‌ها

حشرات بالغ

از روش غوطه‌وری دیسک برگی برای زیست‌سنجی حشرات بالغ استفاده شد (He *et al.*, 2018). در ابتدا ، با استفاده از روش سری رقت، غلظت‌های مختلف حشره‌کش تهیه شد و سپس همانند آزمایشات اصلی، برگ‌های گیاه بادنجان به مدت ۱۰ثانیه غوطه‌ور شد و بعد از خشک شدن در محیط اتاق، بر روی محیط کشت آگارز در درون ظروف منتقل شدند. برای هریک از تکرارها ۲۰ عدد حشره بالغ استفاده و برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. سپس بر اساس نتایج ثبت‌شده بعد از ۷۲ ساعت، دامنه غلظت کشنده بین ۱۰ و ۹۰ درصد برای ترکیب اسپیروتترامات به دست آمد (آزمایش براکتینگ). با استفاده ازنرم افزار پولوپلاس و آنالیز پروبیت، مقادیر دز کشنده بین ۲۵ تا ۷۵ درصد مشخص و با استفاده از روش لگاریتمی و رعایت دامنه لگاریتمی مناسب تعداد ۵ غلظت برای ترکیب موردنظر محاسبه‌شد و در مرحله بعد این غلظت‌ها تهیه شدند. بعد از آماده‌سازی غلظت‌های مورد آزمایش، برگ‌های بادنجان از گیاهانی که در گلخانه رشد کرده بودند، تهیه شدند. برگ‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در محلول حشره‌کش اسپیروتترامات غوطه‌ور شده و به مدت ۳۰ دقیقه در محیط اتاق قرار گرفتند تا قطرات و آب سطحی آنها

1 Bayer Crop Science

تبخیر شود. برگ‌های تیمار شده به ظروف آزمایش ادرار با قطر ۳۵ میلی‌متر و ارتفاع ۴۵ میلی‌متر منتقل شد. ۲۰ تا ۳۰ عدد حشره بالغ (نر و ماده) هم سن در هر ظرف رها گردید. برای جلوگیری از خشک شدن برگ‌ها و تأمین رطوبت موردنیاز درون ظروف از محلول آگارز ۲ درصد استفاده شد و برگ‌ها روی محیط آگارز قرار داده شدند به‌طوری‌که سطح‌رویی برگ‌ها بر روی محیط کشت آگارز و سطح پشتی برگ به سمت بالا بوده و حشرات بالغ بر روی آن‌ها رهاسازی شدند. همه ظرف‌ها به‌صورت معکوس و در ژرمیناتور با دمای ۲ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. میزان مرگ‌ومیر پس از ۷۲ ساعت ثبت شد. حشراتی که با تحریک قلم مو فاقد حرکت بودند، به‌عنوان مرده در نظر گرفته شدند. برای هر تیمار و شاهد سه تکرار انجام شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر و توئین استفاده شد.

مرحله پوره سن دو

روش ذکرشده در بالا برای زیست‌سنجی مرحله پورگی هم استفاده شد. گیاهان بادنجان به داخل قفس پرورش حشرات فاقد آلودگی، منتقل شدند. حدود ۱۰۰ عدد حشره بالغ سفیدبالک در قفس رهاسازی شده و به مدت ۲۴ ساعت اجازه داده شد تا تخم‌گذاری کنند و سپس خارج شدند. هنگامی‌که پوره‌ها وارد سنین مرحله دوم پورگی شدند (۱۳ روز بعد از تیمار)، تعداد پوره‌ها در هر برگ به کمک بینوکولار شمارش شد. برگ‌های شامل پوره‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های تعیین‌شده حشره‌کش غوطه‌ور شدند و بقیه مراحل مانند زیست‌سنجی حشرات بالغ انجام شد. در این آزمون تعداد ۲۰۶۲ عدد پوره سن دو مورد استفاده قرار گرفت. مرگ‌ومیر پس از گذشت ۶ روز از زمان آزمایش و در هنگامی‌که پوره‌ها به مرحله شفیرگی رسیده بودند ثبت شد. هر برگ یک تکرار به عنوان یک تکرار و برای هر غلظت سه تکرار در نظر گرفته شد. برای تیمار شاهد از آب مقطر بعلاوه توئین استفاده شد. پوره‌هایی که چروکیده بودند و نمی‌توانستند تبدیل به شفیره شوند مرده به حساب آمد. همه نمونه‌ها تحت شرایط مشابه زیست‌سنجی حشرات بالغ نگهداری شدند.

مرحله تخم

روش غوطه‌وری توصیف‌شده توسط Horowitz *et al.* (2004) برای زیست‌سنجی مرحله تخم مورداستفاده قرار گرفت. یک گیاه بادنجان کامل با ۳-۲ برگ واقعی در یک قفس پرورش حشره قرار داده شد. حدود ۱۰۰ عدد حشره بالغ سفیدبالک به قفس منتقل شده و پس از ۲۴ ساعت خارج شدند. تعداد تخم‌های حشره در هر برگ شمارش شدند. سپس برگ‌های حاوی حداقل ۲۰ تخم به مدت ۱۰ ثانیه در غلظت‌های تهیه‌شده از حشره‌کش غوطه‌ور شدند. گیاهان تا زمانی که تخم‌های باقی‌مانده به پوره‌های سن یک تفریخ شوند (۱۰ روز)، در قفس نگهداری شدند. تخم‌های تفریخ نشده و پوره‌های سن یک بی‌حرکت یا با تحرک کم به‌عنوان مرده تلقی شدند. سه تکرار (یک برگ) برای هر تیمار و شاهد مورد آزمایش قرار گرفت. کلیه شرایط آزمایشی برای تیمار شاهد همانند سایر تیمارها بود و از آب مقطر بعلاوه توئین به‌جای ترکیب حشره‌کش برای تیمار شاهد استفاده شد.

تعیین نسبت مقاومت (Resistance Ratio)

به‌منظور تعیین نرخ مقاومت در جمعیت‌های مختلف، از روش(Robertson & Preisler (1992) استفاده شد . بدین ترتیب که میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50}) جمعیت‌های گلخانه‌ای نسبت به جمعیت پایه با فرمول زیر محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفت:

غلظت کشنده ۵۰ درصد جمعیت پایه/ غلظت کشنده ۵۰ درصد جمعیت گلخانه‌ای = نرخ مقاومت

1 Urine bottle

سطح مقاومت به حشره‌کش‌ها بر اساس معیارهای گزارش‌شده طبقه‌بندی‌شده است. بدین ترتیب که نرخ مقاومت در جمعیت‌های مختلف، حساس(RR <3.0) ، مقاومت جزئی (3.0≤ RR < 5.0)، مقاومت کم (5.0 ≤ RR < 10.0)، مقاومت متوسط (10.0 ≤ RR <40.0) مقاومت بالا (40.0≤ RR <160.0)، مقاومت بسیار بالا* .(RR ≥ 160.0) را شامل می‌شود (Shen & Wu, 1995).

سنجش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا

سنجش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا با استفاده از نمونه‌های تهیه شده در مرحله بالغ حشره و بدون قرار گرفتن در معرض حشره‌کش برای همه جمعیت‌ها انجام شد.

تعیین غلظت پروتئین

پیش از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا، غلظت پروتئین موجود در هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین توسط روش (Bradford (1976 با اندکی تغییرات با استفاده از سرم آلبومین گاوی (BSA) به‌عنوان استاندارد، در جذب نوری ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فعالیت استراز کل

استرازها (CarEs) با استفاده از سوبستراهای آلفا–نفتیل استات و بتا نفتیل استات اندازه‌گیری شدند (Van Aspern, 1962). از هر جمعیت، ۵۰ عدد حشره بالغ در ۳۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم سرد (۰/۲ مولار، اسیدیته۷، حاوی ۰/۱ درصد ترایتون X-100) همگن شدند. نمونه های هموژن شده در ۱۲۰۰۰g و دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. از مایع رو نشین به‌عنوان منبع آنزیمی استفاده شد. جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم ۳۰ میکرولیتر مایع رو نشین به ۲۰۰ میکرولیتر بافر فسفات (۰/۱مولار، اسیدیته هفت) و ۲۰۰ میکرولیتر از سوبسترا (۶۴ میلی‌مولار در استون) اضافه شد. سپس ۱۲۰ میکرولیتر Fast Blue RR (۱/۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در آب مقطر) به مخلوط واکنش اضافه شد. درنهایت مقدار آلفا نفتول حاصل در ۴۵۰ نانومتر (در مورد سوبسترا الفا نفتیل استات) و بتا نفتول حاصل در طول موج ۵۴۰ نانومتر (در مورد سوبسترا بتا نفتیل استات) در دستگاه میکروپلیت ریدر قرائت شدند. سنجش استرازهای عمومی به روش مذکور در سه تکرار انجام شد (Wang *et al.*, 2004).

فعالیت گلوتاتیون اس ترانسفرآزها (GST)

فعالیت گلوتاتیون اس ترانسفرآزها با استفاده از (CDNB[1]) و گلوتاتیون کاهش‌یافته به‌عنوان سوبسترا اندازه‌گیری شد (Habig *et al.*, 1974). حجم کل واکنش شامل ۳۰ میکرولیتر مایع رویی که به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده بود و ۲۰۰ میکرولیتر CDNB (۱/۲ میلی‌مولار) و ۲۰۰ میکرولیتر گلوتاتیون احیاشده (۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در آب مقطر) بود. تغییر جذب به‌طور مداوم به مدت ۵ دقیقه در ۳۴۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر با حداقل ۳ تکرار برای هر جمعیت تعیین شد. تغییرات جذب در دقیقه با استفاده از ضریب جذب ۹/۶ میلی‌مولار در سانتی‌متر محاسبه شد.

1 1-Chloro-2,4-dinitrobenzene

فعالیت مونواکسیژناز وابسته به سیتوکروم P450

فعالیت سیتوکروم P450 با اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز آهن بر اساس روش Pragdon (1967) برآورد شد. حجم کل واکنش ۶۵۰ میکرولیتر، حاوی ۴۰ میکرولیتر محلول آنزیمی، ۱۶۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۰/۶۲۵ مولار بااسیدیته هفت، ۴۰۰ میکرولیتر محلول TMBZ[1] و ۵۰ میکرولیتر پر اکسید هیدروژن (۳ درصد) بود. میکرو تیوپ‌ها در دمای اتاق به مدت ۲ ساعت قبل از خواندن در ۴۵۰ نانومتر به‌عنوان نقطه پایانی در اسپکتروفتومتر، انکوبه شدند. منحنی استاندارد برای سنجش فعالیت پراکسیداز آهن با استفاده از غلظت‌های مختلف سیتوکروم C، رسم شد. سطوح مونواکسیژناز به‌عنوان واحدهای معادل پروتئین سیتوکروم $P450\ mg^{-1}$ با استفاده از منحنی استاندارد سیتوکروم C بیان شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل نتایج با استفاده از نرم‌افزار Polo- Plus ورژن ۲ و نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۳ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excell ورژن ۲۰۱۳ صورت گرفت.

یافته‌های پژوهش

نتایج زیست‌سنجی مرحله حشره کامل سفیدبالک

نتایج زیست‌سنجی حشرات کامل در جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که در بین جمعیت‌های مورد مطالعه، جمعیت جیرفت کمترین حساسیت را نسبت به اسپیروتترامات در مقایسه با جمعیت پایه داشت و میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50}) برای جمعیت جیرفت ۲۲۲/۴۷۳ به دست آمد. همچنین مقادیر غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50}) برای جمعیت‌های کرج، یزد و پیشوا به ترتیب ۱۷۶/۰۷۳، ۱۴۴/۹۳۱ و ۱۰۰/۳۷ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. مقایسه نتایج زیست‌سنجی غلظت کشنده ۵۰ درصد با استفاده از نسبت غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50} Ratio) محاسبه شد. نرخ مقاومت در جمعیت‌های جیرفت، کرج، یزد و پیشوا به ترتیب ۹/۶، ۷/۵۹۸، ۶/۲۵۴ و ۶/۳۳۱ بود که بر اساس طبقه‌بندی گفته شده در بالا، نشان دهنده مقاومت کم، با نرخ مقاومت (۱۰-۵) جمعیت‌های مختلف مورد آزمایش نسبت به ترکیب اسپیروتترامات می‌باشد. همه تیمارها در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با جمعیت پایه داشتند.

نتایج زیست‌سنجی مرحله پوره سن دو

نتایج حاصل از زیست‌سنجی پوره سن دو نشان داد که جمعیت جیرفت با غلظت کشنده ۵۰ درصد ۱۸/۳۱ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر، کمترین حساسیت را نسبت به ترکیب اسپیروتترامات در مقایسه با جمعیت پایه نشان داد. میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد برای جمعیت‌های کرج، یزد و پیشوا نیز به ترتیب ۷/۳۴،۱۰/۱۵۱ و ۷/۱۸۵ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر به محاسبه شد. مقایسه نتایج زیست‌سنجی دز کشنده ۵۰ درصد با استفاده از (LC_{50} Ratio) صورت گرفت و نرخ مقاومت در جمعیت‌های جیرفت، کرج، یزد و پیشوا به ترتیب ۵/۴۷، ۳/۰۴، ۲/۱۹ و ۲/۱۵ به دست آمد که بیان‌کننده مقاومت کم در جمعیت جیرفت با نرخ مقاومت بین (۱۰-۵) و مقاومت جزئی در جمعیت کرج با نرخ مقاومت (۵-۳) و حساسیت در جمعیت‌های یزد و پیشوا با نرخ مقاومت (کمتر از ۳) در برابر ترکیب اسپیروتترامات می‌باشد. همه تیمارها در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با جمعیت پایه داشتند(جدول ۲).

1 3,3,5,5-tetramethyl benzidine

مرحله تخم

نتایج حاصل از زیست‌سنجی مرحله تخم نشان داد که جمعیت جیرفت با میزان LC_{50}، ۴۶/۹۴۷ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر، کمترین حساسیت را نسبت به ترکیب اسپیروتترامات در مقایسه با جمعیت پایه دارد. میزان LC_{50} برای جمعیت‌های کرج، یزد و پیشوا نیز به ترتیب ۲۷/۵۲۹،۳۸/۴۱۶ و ۲۳/۲۸۲ میلی‌گرم ماده مؤثره بر لیتر به دست آمد. مقایسه نتایج زیست‌سنجی با استفاده از نسبت غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC_{50} Ratio) صورت گرفت و نرخ مقاومت در جمعیت‌های جیرفت، کرج، یزد و پیشوا به ترتیب ۴/۲۵۹، ۳/۴۸۵، ۲/۴۹۸ و ۲/۱۱۲ به دست آمد که بیان‌کننده مقاومت جزئی (نرخ مقاومت بین ۵-۳) در جمعیت‌های جیرفت و کرج، حساسیت (نرخ مقاومت کمتر از ۳) در جمعیت‌های یزد و پیشوا نسبت به ترکیب اسپیروتترامات می‌باشد. همه تیمارها در سطح احتمال ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با جمعیت پایه داشتند(جدول ۲).

جدول ۲- نتایج زیست‌سنجی اسپیروتترامات سه مرحله رشدی سفیدبالک پنبه *B. tabaci* در جمعیت‌های انتخابی ایران

مرحله زیستی	جمعیت	تعداد حشرات	غلظت کشنده ۵۰ درصد (میلی گرم ماده موثره بر لیتر)	شیب ± خطای استاندارد	کای اسکوئر (درجه آزادی)	نسبت غلظت کشنده ۵۰ درصد
حشره بالغ	مرند	۳۷۰	۲۳/۱۷ ۲۰/۷۹ -۲۵/۶۷	۴/۳۲۶ ± ۰/۵۳	۳/۳۳ (۱۳)	*۱
	کرج	۳۵۴	۱۷۶/۰۷۳ ۱۴۳/۷۷ -۲۱۰/۰۴	۲/۷۹۶ ± ۰/۳۶	۲/۴۸۷ (۱۳)	**۷/۵۹۸ ۶/۱۲ -۹/۴۲
	یزد	۳۶۰	۱۴۴/۹۳۱ ۱۱۹/۳۴ -۱۷۰/۴۷	۳/۱۲۹ ± ۰/۴	۲/۱۴۸ (۱۳)	۶/۲۵۴** ۵/۱ -۷/۶۷
	پیشوا	۳۶۸	۱۰۰/۳۷ ۷۳/۱۰ -۱۲۹/۹۴	۱/۹۴۱ ± ۰/۲۸	۲/۱۸۶ (۱۳)	**۴/۳۳۱ ۳/۲۱ -۵/۸۴
	جیرفت	۳۶۰	۲۲۲/۴۷۳ ۱۹۱/۲۶ -۲۶۰/۸۱	۲/۵۷ ± ۰/۲۶	۵/۸۸ (۱۳)	**۹/۶ ۷/۹۶ -۱۱/۵۷
پوره سن ۲	مرند	۴۲۵	۳/۳۴۴ ۲/۸۳ -۳/۸۸	۲/۷۷۵ ± ۰/۳	۲/۳۵۷ (۱۳)	*۱
	کرج	۴۱۸	۱۰/۱۵۱ ۷/۸۴ -۱۲/۴۵	۲/۲۵۴ ± ۰/۳۹	۷/۷۹ (۱۳)	**۳/۰۳۶ ۲/۳۱ -۳/۹۸
	یزد	۳۸۷	۷/۳۴ ۵/۷۹ -۸/۹۹	۲/۵۳۳ ± ۰/۳۴	۱/۶۵ (۱۳)	**۲/۱۹۵ ۱/۶۸ -۲/۸۶
	پیشوا	۴۷۲	۷/۱۸۵ ۵/۹۹ -۸/۴۴	۲/۸۷۷ ± ۰/۳۵	۲/۳۳ (۱۳)	۲/۱۴۹** ۱/۷ -۲/۷۱
	جیرفت	۳۶۰	۱۸/۳۱ ۱۶/۰۹ -۲۰/۹۸	۳/۰۱۸ ± ۰/۳۵	۷/۹۲ (۱۳)	**۵/۴۷۶ ۴/۴۵ -۶/۷۳
مرحله تخم	مرند	۳۶۰	۱۱/۰۲ ۱۰/۰۱ -۱۲/۱۱	۴/۵۰۸ ± ۰/۵	۳/۹۳ (۱۳)	*۱
	کرج	۳۶۰	۳۸/۴۱۶ ۳۵/۵۵ -۴۱/۲۲	۶/۴۷ ± ۰/۷۹	۶/۹۳ (۱۳)	**۳/۴۸۵ ۳/۰۹ -۳/۹۲
	یزد	۳۶۰	۲۷/۵۲۹ ۲۴/۶۱ -۳۰/۴۲	۴/۷۱۹ ± ۰/۶۲	۵/۷۵ (۱۳)	**۲/۴۹۸ ۲/۱۶ -۲/۸۷
	پیشوا	۳۶۰	۲۳/۲۸۲ ۲۱/۲۵-۰۲/۴۷	۵/۱۷۶ ± ۰/۶۸	۵/۱۷ (۱۳)	**۲/۱۱۲ ۱/۸۴ -۲/۴۱
	جیرفت	۳۶۰	۴۶/۹۴۷ ۴۳/۱۴ -۵۱/۳۱	۴/۶۴۱ ± ۰/۴۶	۶/۴ (۱۳)	**۴/۲۵۹ ۳/۷۴ -۴/۸۴

* نرخ مقاومت در جمعیت پایه برابر ۱ می‌باشد. ** نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد می‌باشد.

نتایج سنجش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا

فعالیت کربوکسیل استرازهای کل

فعالیت کربوکسیل استراز کل در حشرات بالغ سفیدبالک با استفاده از دو سوبسترای آلفا و بتا نفتیل استات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بود ($F_{4,14}$=5.135, P=0.016). (شکل ۱). بیشترین میزان فعالیت آنزیم برای سوبسترا آلفا نفتیل استات مربوط به جمعیت کرج به میزان ۰/۱۹۱۷ نانو مول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بود. همچنین نرخ فعالیت این آنزیم در مقایسه با جمعیت پایه ۱/۴۹۳ بود. میزان فعالیت آنزیم کربوکسیل استراز برای سوبسترا بتا نفتیل استات نیز در جمعیت‌های مختلف متفاوت بوده و تیمارها دارای تفاوت معنی‌دار بودند ($F_{4,14}$=11.197, P=0.001). بیشترین میزان فعالیت آنزیم نیز مربوط به جمعیت کرج به مقدار ۰/۶۱۷ بود و نرخ فعالیت آن در مقایسه با جمعیت پایه نیز ۱/۷۱ برابر بود. نتایج فعالیت‌های آنزیمی در جدول شماره سه ارائه‌شده است. مقایسه میزان فعالیت آنزیم کربوکسیل استراز با دو سوبسترای متفاوت نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار($F_{9,29}$=15.209, P=0.000) بین دو سوبسترا در تیمارهای مختلف بود(شکل ۱).

فعالیت گلوتاتیون اس ترانسفرآز

بررسی نتایج آنزیمی فعالیت گلوتاتیون اس ترانسفرآزها در حشرات بالغ جمعیت‌های مختلف سفیدبالک نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بود ($F_{4,14}$=50.231, P=0.000). بیشترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به جمعیت جیرفت با میزان فعالیت ۱/۰۴۵۴۳۳ میکرو مول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بود و همچنین نرخ فعالیت آن برای جمعیت جیرفت ۱/۰۱۴ بود. در بین جمعیت‌های مختلف، تیمارهای مرند و کرج با سایر جمعیت‌ها تفاوت معنی‌دار داشتند(جدول ۳).

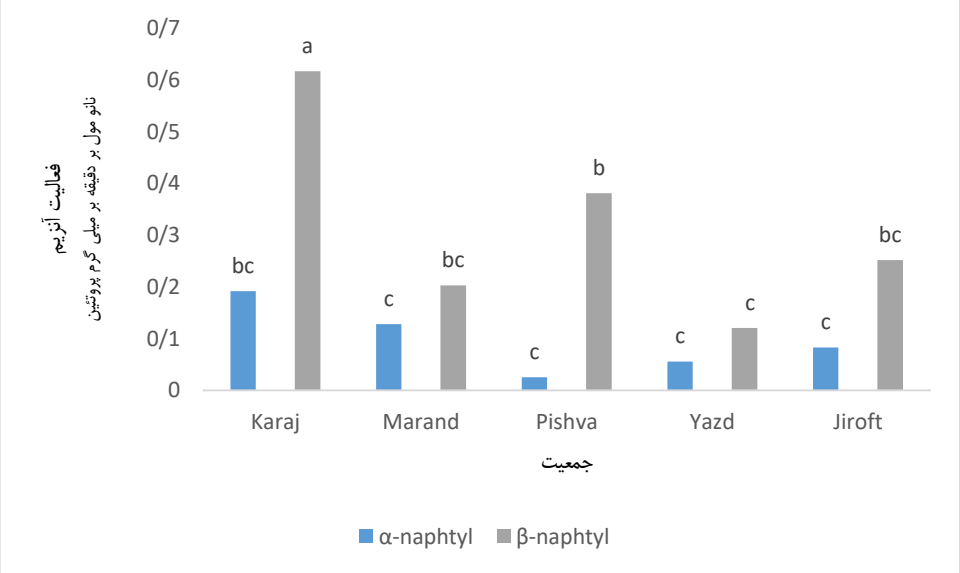
فعالیت مونواکسیژناز وابسته به سیتوکروم P450

نتایج میزان فعالیت مونواکسیژناز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود دارد ($F_{4,14}$=9.605, P=0.002). بیشترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به جمعیت جیرفت با مقدار ۰/۰۵۰۸۳۴ میلی مول بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بود. همچنین نرخ فعالیت آنزیم برای جمعیت جیرفت ۳/۴۲۷ میلی مول بر میلی‌گرم بر میلی‌گرم پروتئین به دست آمد. نتایج فعالیت‌های آنزیمی در جدول ۳ ارائه‌شده است.

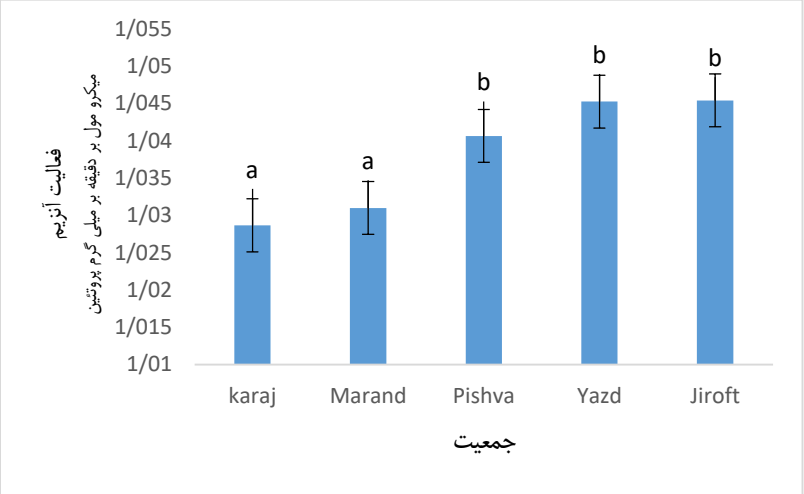
جدول ۳- میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در حشرات بالغ جمعیت‌های مختلف *B. tabaci*

جمعیت	فعالیت کربوکسیل استراز (نانو مول/ دقیقه/ میلی گرم پروتئین) [B]			فعالیت گلوتاتیون اس- ترانسفراز [C]		فعالیت مونواکسیژناز P450 [D]	
	آلفا نفتیل استات	نسبت فعالیت	بتا نفتیل استات	(میکرو مول/ دقیقه/ میلی گرم پروتئین)	نسبت فعالیت	میلی مول/ دقیقه/ میلی گرم پروتئین	نسبت فعالیت [E]
مرند	± /۰۰۹ab ۰/۱۲۸۳۲	۱*	± /۰۴۲۲b ۰/۳۶۰۱۸	۱/۰۲۱ ± /۰۰۱۲۵a	۱*	۰/۱۴۸ ± /۰۰۱۵c	۱*
کرج	± /۰۴۰۱۱۵a ۰/۱۹۱۷	۱/۴۹۳	± /۰۴۳a ۰/۶۱۷۰۰۹	۱/۰۲۸ ± /۰۰۰۵۵a	۱/۷۱	۰/۰۳۷۵ ± /۰۰۱۱ab	۲/۵۳
پیشوا	± /۰۰۸۸b ۰/۰۲۵۵۹	۰/۲	± /۰۷ab ۰/۳۸۰۹	۱/۰۴۰ ± /۰۰۱۵۱b	۱/۰۵	۰/۰۲۶۸ ± /۰۰۱۱bc	۱/۸
یزد	± /۰۰۸۶b ۰/۰۵۵۸۳	۰/۴۳	± /۰۱۳b ۰/۱۲۰۸	۱/۰۴۵ ± /۰۰۱۱۹b	۰/۳۳	۰/۰۲۳۵ ± /۰۰۱۸bc	۱/۵۸
جیرفت	± /۰۳ab ۰/۰۸۲۹۹۴	۰/۶۵	± /۰۴۶b ۰/۲۵۲	۱/۰۴۶ ± /۰۰۰۰۴b	۰/۶۹	۰/۰۵۰۸۳ ± /۰۰۷۷a	۱/۰۱۴	۳/۴۳

a حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.
B فعالیت هیدرولیزی الفا نفتیل و بتا نفتیل استات برحسب (nmol/min/mg protein).
C فعالیت اتصال گلوتاتیون با سوبسترای CDNB برحسب (µmol/min/mg protein).
D فعالیت او-دمتیلاسیون TMBZ به‌وسیله MFO برحسب (mmol/min/mg proteins).
E نسبت فعالیت آنزیمی در جمعیت‌های مختلف نسبت به فعالیت درجمعیت پایه
* نرخ فعالیت آنزیم در جمعیت پایه که برابر یک می‌باشد.

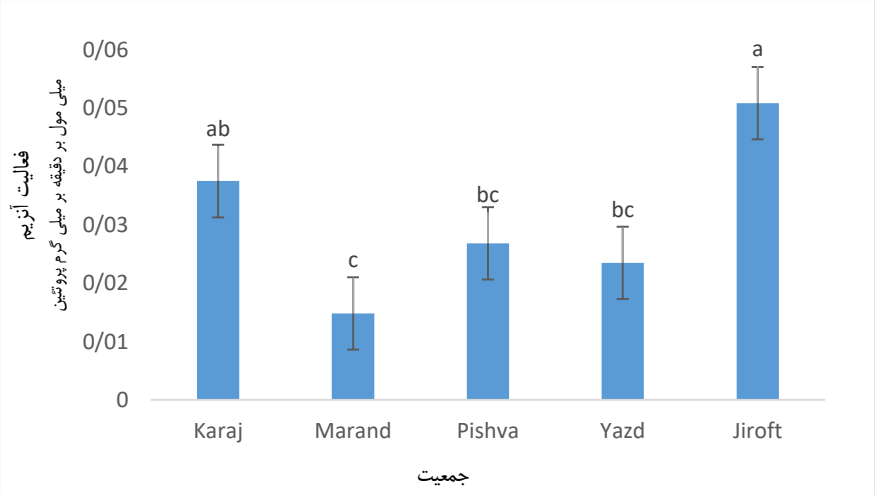


شکل ۱. مقایسه فعالیت آنزیم‌های استراز با استفاده از دو سوبسترای آلفا و بتا نفتیل استات- *حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار و حروف مشابه نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از آزمون توکی



شکل ۲. فعالیت آنزیم گلوتاتیون اس – ترانسفرآز با استفاده از سوبسترا CDNB

*حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار و حروف مشابه نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از آزمون توکی



شکل ۳. فعالیت آنزیم‌های **P450** با استفاده از سوبسترا TMBZ–

*حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار و حروف مشابه نشان‌دهنده اختلاف غیر معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ با استفاده از آزمون توکی

بحث

استفاده بی‌رویه از ترکیبات شیمیایی آفت‌کش، سبب افزایش سریع مقاومت آفات نسبت به گروه‌های وسیعی از آفت‌کش‌ها شده و از میزان اثربخشی این ترکیبات در کنترل آفات کلیدی کاسته است. این امر به ویژه در کشورهای در حال توسعه، که از ترکیبات با توانمندی بالا در القاء مقاومت بیشتر استفاده می شود و در بسیاری از موارد غلظت‌های بالای آفت‌کش در تکرارهای متعدد بکار می رود، حادتر است (Wilson & Otsuki, 2004). از این رو معرفی ترکیبات شیمیایی جدید که بتواند در کنترل آفات کلیدی یک منطقه مؤثر باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. اسپیروتترامات یک ترکیب شیمیایی جدید از گروه تترونیک

اسید می‌باشد که دارای خاصیت سیستمیک بوده و دارای شیوه تأثیر جدید برای کنترل حشرات مکنده در مرحله جوانی و نابالغ شامل شپشک‌ها، شته‌ها و سفیدبالک‌ها می‌باشد (Saleem *et al.*, 2021).در سال‌های اخیر کاربرد حشره کش اسپیروتترامات به عنوان یک ترکیب مناسب برای مبارزه با آفات مکنده به خصوص سفیدبالک‌ها مورد استقبال قرارگرفته است؛ با این وجود استفاده مکرر از این ترکیب، موجب بروز مقاومت در جمعیت‌های آفات شده است.

در مطالعه حاضر مقاومت نسبت به اسپیروتترامات در سه مرحله زیستی و در پنج جمعیت مختلف از سفیدبالک پنبه *B. tabaci* مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه جمعیت مرند به‌عنوان جمعیت پایه در نظر گرفته شد زیرا دارای کمترین میزان غلظت کشنده پنجاه‌درصد (LC_{50}) و بیشترین میزان حساسیت نسبت به اسپیروتترامات در مراحل مختلف رشدی بود. بر این اساس سطوحی از مقاومت نسبت به اسپیروتترامات در مراحل مختلف رشدی سفیدبالک و در جمعیت‌های مورد بررسی مشاهده شد که در این بین جمعیت جیرفت بیشترین نرخ مقاومت را در مراحل مختلف زیستی سفیدبالک در مقایسه با جمعیت پایه نشان داد. در کلیه جمعیت‌های مورد مطالعه، مرحله پوره سن دوم نسبت به مراحل تخم و حشره کامل حساسیت بسیار بیشتری در برابر اسپیروتترامات از خود نشان داد که با توجه به نحوه تأثیر ترکیب، از طریق اثر بر گیرنده‌های استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز در بیوسنتز بافت چربی، مورد انتظار بود. همچنین میزان LC_{50} برای مرحله تخم در همه جمعیت های مورد مطالعه نسبت به دیگر مراحل رشدی بیشتر بود که به نظر می رسد به وجود لایه کوریون در اطراف تخم، که از نفوذ ترکیب به درون آن جلوگیری می‌کند، مرتبط است. حساسیت پوره سن دوم می تواند به عدم توسعه کافی سامانه مقاومت در این مرحله رشدی از حشره آفت مرتبط باشد .

یافته های دیگر محققین نیز نتایجی همسو با یافته های این تحقیق داشته است. Gong *et al.*, (2016) در بررسی‌های خود نشان دادند که بیشترین تأثیر اسپیروتترامات بعد از روز چهارم سم‌پاشی اتفاق می‌افتد، تأثیر بسیار آرامی دارد و بیشترین تأثیر آن در مراحل نابالغ اتفاق می افتد. این ترکیب موجب مرگ‌ومیر مراحل نابالغ شته‌ها و سفیدبالک‌ها در فاصله زمانی دو الی ۱۰ روز بعد از سم‌پاشی شده و حساسیت مراحل نابالغ بیشتر از مراحل بالغ بوده است (Gong *etal.*, 2016). Bruck *et al.* (2009) گزارش کرده اند که سرعت عمل اسپیروتترامات بستگی به مرحله زیستی حشره هدف و برخی عوامل خارجی دارد و مراحل پورگی حشرات دو الی پنج روز بعد از تیمار کردن از بین می‌روند. . بررسی انجام‌شده با استفاده از روش‌های زیست‌سنجی با تخم‌ها و پوره‌ها از پنج منطقه جغرافیایی نشان داده که پوره‌ها نسبت به تخم‌ها به اسپیروتترامات بسیار حساس‌تر هستند. مهم‌تر از همه، سطوح مقاومت هر پنج جمعیت از سطح پایین در سال ۲۰۱۲ به سطح متوسط تا بالا در سال ۲۰۱۶ افزایش یافت (Peng *et al.*, 2017). در مطالعات صورت گرفته توسط سایر محققان، سطح خیلی پایینی از مقاومتبه اسپیروتترامات در پنجاب پاکستان مشاهده‌شده است که به همراه نتایج Bielza *et al.*, (2019) نشان‌دهنده این است که مقاومت به اسپیروتترامات توسعه‌یافته نیست (Saleem *et al.*, 2021). یکی از مهم‌ترین دلایل در عدم وجود مقاومت بالا نسبت به اسپیروتترامات، نحوه عملکرد بسیار متفاوت این ترکیب در مقایسه با ترکیبات فسفره و نئونیکوتینوئیدی می‌باشد که روی سیستم عصبی تأثیر می‌گذارند و باعث ایجاد مقاومت گروهی و تقاطعی در طیف وسیعی از ترکیبات حشره‌کش می‌شوند. در بررسی صورت گرفته در اسپانیا، مقاومت تقاطعی به اسپیروتترامات (۱۳۰ برابر) در جمعیت‌های مقاوم به اسپیرومسیفن سفیدبالک پنبه مشاهده شد که این اولین گزارش مقاومت تقاطعی نسبت به اسپیروتترامات در دنیا بود (Bielza *et al.*, 2019). مقاومت متابولیکی یکی از مؤثرترین روش‌ها برای دفع سموم در حشرات و مقاومت نسبت به حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها می‌باشد که به‌طورکلی دربرگیرنده سه آنزیم دخیل در سم‌زدایی می‌باشند که عبارت‌اند از سیستم اکسیدازی چندکاره، کربوکسیل استرازها و گلوتاتیون اس ترانسفرآزها. در مطالعه پیش رو میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در حشرات بالغ سفیدبالک اندازه‌گیری شد.. بیشترین نرخ فعالیت آنزیم استراز با سوبسترای آلفا نفتیل استات مربوط به جمعیت کرج بود و با سایر جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری داشت ($P>0/05$). در مورد سوبسترای بتا نفتیل استات نیز بیشترین میزان مربوط به جمعیت کرج بود و سایر جمعیت‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. اندازه‌گیری فعالیت گلوتاتیون اس ترانسفرآزها با استفاده از سوبسترا CDNB

انجام شد و بالاترین نرخ فعالیت آنزیمی مربوط به جمعیت جیرفت با مقدار ۱/۰۱۴ بود که با جمعیت یزد و پیشوا تفاوت معنی‌داری نداشت (P>0/05) ولی با سایر جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری داشت. در مورد میزان فعالیت مونواکسیژناز ، بالاترین نرخ فعالیت مربوط به جمعیت جیرفت و سپس جمعیت کرج بود که با سایر جمعیت‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند. در مطالعه حاضر نیز میزان فعالیت آنزیم مونواکسیژناز در جمعیت مقاوم بیشتر از سایر جمعیت‌ها بود. مونواکسیژناز ها یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های مؤثر در غیر سمی کردن ترکیبات شیمیایی و بروز مقاومت به حشره‌کش‌ها می‌باشند. مطالعات متعددی میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در سفیدبالک پنبه رو موردبررسی قراردادند. میزان فعالت آنزیم‌های سم‌زدا در جمعیت‌های مقاوم و حساس سفیدبالک پنبه را مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که افزایش فعالیت مونواکسیژناز ها تا ۱۷ برابر در جمعیت مقاوم (جیرفت) اتفاق افتاده است. بیشترین فعالیت مونواکسیژناز وابسته به سیتوکروم P450 با مقاومت به ایمیداکلوپرید و استامی‌پراید در ارتباط بود و نتایج نشان داد که سیتوکروم P450 تنها سیستم آنزیمی دخیل در مقاومت به نئونیکوتینوئیدها است(Basij et al., 2017).

Salehi et al., (2020) میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در جمعیت‌های مختلف سفیدبالک پنبه (شامل مونواکسیژناز وابسته به سیتوکروم P450 ، کربوکسیل استراز و گلوتاتیون اس- ترانسفرآزها را اندازه‌گیری کردند. افزایش در فعالیت سیتوکروم P450تا سه برابر در جمعیت گرگان و فعالیت کربوکسیل استراز در جمعیت کاشان تا دو برابر در مقایسه با جمعیت حساس مشاهده شد. بر اساس نتایج، سیتوکروم P450 و کربوکسیل استراز احتمالاً سیستم‌های آنزیمی مسئول مقاومت به ایمیداکلوپرید در جمعیت‌های مورد آزمایش*B. tabaci* هستند .Balkan, (2020) در بررسی‌های خود میزان فعالیت آنزیم مونواکسیژناز در جمعیت‌های مقاوم سفیدبالک را ۴/۳۷ تا ۳/۷۹ برابر گزارش کرد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که مونواکسیژنازها نقش مهمی در غیر سمی کردن ترکیبات شیمیایی و مقاومت به اسپیروتترامات در حشرات ایفا می‌کنند (Mohammad Nejad and Sabahi, 2022). در مطالعه حاضر سطوح فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا در جمعیت‌های مختلف در مقایسه با جمعیت پایه زیاد بود و تفاوت معنی‌داری داشت که خود یکی از دلایل اصلی بروز مقاومت نسبی در این جمعیت‌ها تلقی می شود. همچنین به دلیل اینکه میزان فعالیت این آنزیم‌ها در حشرات بالغ از سایر مراحل زیستی بیشتر است، این موضوع یکی از مهم‌ترین دلایل بروز مقاومت نسبی شدید در مرحله حشره کامل نسبت به سایر مراحل زیستی می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که بیشترین میزان مقاومت نسبت به ترکیب اسپیروتترامات در جمعیت جیرفت اتفاق افتاده و در هر سه مرحله زیستی سفیدبالک پنبه، جمعیت جیرفت بیشترین میزان مقاومت نسبت به جمعیت پایه را نشان داده است. نتایج زیست‌سنجی نشان داد که در بین جمعیت‌های مورد مطالعه، جمعیت جیرفت کمترین حساسیت را نسبت به اسپیروتترامات در مقایسه با جمعیت پایه داشت و میزان (LC_{50}) برای جمعیت جیرفت ۲۲۲/۴۷۳ میلی‌گرم ماده مؤثر بر لیتر به دست آمد. همچنین مقادیر (LC_{50}) برای جمعیت‌های کرج، یزد و پیشوا به ترتیب ۱۷۶/۰۷۳، ۱۴۴/۹۳۱ و ۱۰۰/۳۷ به دست آمد. در بین مراحل زیستی موردمطالعه، مرحله پورگی بیشترین حساسیت را نسبت به ترکیب اسپیروتترامات در مقایسه با جمعیت پایه نشان داد درحالی‌که مرحله حشره کامل، کمترین حساسیت را نسبت به این ترکیب داشت. همچنین در بررسی فعالیت‌های آنزیم‌های سم‌زدا بیشترین نرخ فعالیت آنزیمی در جمعیت مقاوم، برای مونواکسیژناز مشاهده شد که نشان‌دهنده نقش این آنزیم در غیر سمی کردن ترکیبات شیمیایی می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مدیریت استفاده از دیگر ترکیبات شیمیایی با نحوه تأثیر متفاوت که بتواند هم بر روی کلیه مراحل زیستی سفیدبالک پنبه تأثیرگذار باشد و هم از بروز مقاومت تقاطعی جلوگیری کند، کاملاً ضروری می‌باشد. با توجه به گزارش‌های قبلی صورت گرفته که مقاومت تقاطعی بین اسپیرومسیفن و اسپیروتترامات مشاهده‌شده است ، برنامه‌های مدیریت تلفیقی این آفت نیازمند توجه بیشتر به این موضوع می‌باشد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر، مستخرج از رساله دکتری می‌باشد که در گروه گیاه‌پزشکی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی تهران انجام‌شده است. بدین‌وسیله از همکارانی که در انجام این پژوهش ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

بهلول زاده، مهدی، طالبی جهرمی، خلیل و حسینی نوه، وحید (۲۰۱۲). ارزیابی حساسیت سه جمعیت عسلک پنبه *Bemisia tabaci* (Hom.: Aleyrodidae) به حشره‌کش‌های ایمیداکلوپرید و آمیتراز. *دانش گیاه‌پزشکی ایران*، (۲)۴۳، ۳۵۶-۳۴۵.

محمد نژاد هاوستین، مجید و صباحی، قدرت اله (۱۴۰۰). بررسی آنزیمی حساسیت جمعیت‌های مختلف شته جالیز *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) نسبت به دو حشره‌کش اسپیروتترامت و فلونیکامید. *دانش گیاه‌پزشکی ایران*، (۱)۵۲، ۱۴۷-۱۳۵.

REFERENCES

Balkan, T. (2020). Neonicotinoid resistance in adults and nymphs of *Bemisia tabaci* (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations in tomato fields from Tokat, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, *44*(3), 319-331.

Basij, M., Talebi, K., Ghadamyari, M., Hosseininaveh, V., & Salami, S. A. (2017). Status of resistance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to neonicotinoids in Iran and detoxification by cytochrome P450-dependent monooxygenases. *Neotropical Entomology*, *46*(1), 115-124.

Bielza, P., Moreno, I., Belando, A., Grávalos, C., Izquierdo, J., & Nauen, R. (2019). Spiromesifen and spirotetramat resistance in field populations of *Bemisia tabaci* Gennadius in Spain. *Pest Management Science*, *75(1)*, 45-52.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*, 248–254.

Brück, E., Elbert, A., Fischer, R., Krueger, S., Kühnhold, J., Klueken, A. M., & van Waetermeulen, X. (2009). Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: biological profile and field performance. *Crop Protection*, *28*(10), 838-844.

Feng, Y., Wu, Q., Wang, S., Chang, X., Xie, W., Xu, B., & Zhang, Y. (2010). Cross-resistance study and biochemical mechanisms of thiamethoxam resistance in B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, *66*(3), 313-318.

Gong, Y., Shi, X., Desneux, N., & Gao, X. (2016). Effects of spirotetramat treatments on fecundity and carboxylesterase expression of *Aphis gossypii* Glover. *Ecotoxicology*, *25*(4), 655-663.

Habig, W. H., Pabst, M. J., & Jakoby, W. B. (1974). Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry*, *249*(22), 7130-7139.

He, C., Xie, W., Yang, X., Wang, S. L., Wu, Q. J., & Zhang, Y. J. (2018). Identification of glutathione S-transferases in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and evidence that GSTd7 helps explain the difference in insecticide susceptibility between *B. tabaci* Middle East-Minor Asia 1 and Mediterranean. *Insect Molecular Biology*, *27*(1), 22-35.

Hopkinson, J. E., & Pumpa, S. M. (2019). Baseline susceptibility of *Bemisia tabaci* MEAM 1 (Hemiptera: aleyrodidae) in Australia to spirotetramat, cyantraniliprole and dinotefuran, with reference to pyriproxyfen cross-resistance. *Austral Entomology*, *58*(4), 762-771.

Horowitz, A. R., Kontsedalov, S., & Ishaaya, I. (2004). Dynamics of resistance to the neonicotinoids acetamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, *97*(6), 2051-2056.

Horowitz, A. R., Kontsedalov, S., Khasdan, V., & Ishaaya, I. (2005). Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America*, *58*(4), 216-225.

Liu, Y. (2015). Biotype, the ratio of vector-bone disease and insecticide resisitance status of *Bemisia*

tabaci populations in China. *Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China*.

Luo, C., Jones, C. M., Devine, G., Zhang, F., Denholm, I., & Gorman, K. (2010). Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China. *Crop Protection*, *29*(5), 429-434.

Mohammad Nejad Havestin, M., & Sabahi, Q. (2021). Enzymatic susceptibility evaluation of different populations of melon aphid *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) to two insecticides: spirotetramat and flonicamid. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *52*(1), 135-147. (*In Persian*).

Morin, S., Williamson, M. S., Goodson, S. J., Brown, J. K., Tabashnik, B. E., & Dennehy, T. J. (2002). Mutations in the *Bemisia tabaci* para sodium channel gene associated with resistance to a pyrethroid plus organophosphate mixture. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *32*(12), 1781-1791.

Peng, Z., Zheng, H., Xie, W., Wang, S., Wu, Q., & Zhang, Y. (2017). Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to spirotetramat in China. *Crop Protection*, *98*, 243-247.

Rauch, N., & Nauen, R. (2004). Characterization and molecular cloning of a glutathione S-transferase from the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *34*(4), 321-329.

Robertson, J. L., & Preisler, H. K. (1992). Pesticide bioassays with arthropods CRC Press. *Boca Raton, FL*.

Salazar-López, N. J., Aldana-Madrid, M. L., Silveira-Gramont, M. I., & Aguiar, J. L. (2016). Spirotetramat–An alternative for the control of parasitic sucking insects and its fate in the environment. *Insecticides Resistance. InTech*, 41-54.

Salehi-Sedeh, F., Khajehali, J., Nematollahi, M. R., & Askari-Saryazdi, G. (2020). Imidacloprid resistance status and role of detoxification enzymes in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *22*(5), 1267-1277.

Saleem, M., Sagheer, M., & Atiq, M. (2021). Determination of insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from Punjab, Pakistan. *International Journal of Tropical Insect Science*, *41*(2), 1799-1808.

Shen, J. L., & Wu, Y. D. (1995). Insecticide resistance in cotton bollworm and its management. *Ð280. China Agricultural Press, Beijing, China*, 259.

Valverde, R. A., Sim, J., & Lotrakul, P. (2004). Whitefly transmission of sweet potato viruses. *Virus Research*, *100*(1), 123-128.

Van Asperen, K. (1962). A study of housefly esterases by means of a sensitive colorimetric method. *Journal of Insect Physiology*, *8*(4), 401-416.

Wang, Z., Yan, H., Yang, Y., & Wu, Y. (2010). Biotype and insecticide resistance status of the whitefly *Bemisia tabaci* from China. *Pest Management Science*, *66*(12), 1360-1366.

Wang, F., Liu, J., Chen, P., Li, H. Y., Ma, J. J., Liu, Y. J., & Wang, K. (2020). *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) Insecticide resistance in Shandong Province, China. *Journal of Economic Entomology*, *113*(2), 911-917.

William, G. B., & Janet, C. (1997). Heme peroxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association*, *13*(3), 233-237.

Wilson, J. S., & Otsuki, T. (2004). To spray or not to spray: pesticides, banana exports, and food safety. *Food policy*, *29*(2), 131-146.

Yang, N., Xie, W., Yang, X., Wang, S., Wu, Q., Li, R. & Zhang, Y. (2013). Transcriptomic and proteomic responses of sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci*, to thiamethoxam. *PLoS One*, *8*(5), e61820.

Zheng, Y., Yao, F., Ding, X., Zhao, J., & He, Y. (2018). Developmental trend of resistance of *Bemisia tabaci* to imidacloprid in laboratory and its biochemical mechanism. *Acta Agriculturae Jiangxi*, *30*(1), 70-73.