



مدیریت پایدار مگس های میوه

(Diptera : Tephritidae)

◀ | مانی جباری *

گروه گیاه پزشکی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

mani.jabbari.mp@gmail.com

◀ | میترا جباری

گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دریافت: ۱۲ بهمن ۱۴۰۴ ■ بازنگری: ۲۹ بهمن ۱۴۰۴ ■ پذیرش: ۳۰ بهمن ۱۴۰۴ ■ انتشار آنلاین: ۲۷ اردیبهشت ۱۴۰۵

<https://doi.org/10.22059/giahpzshsj.2026.410364.1051>





چکیده

مگس‌های میوه، به بسیاری از محصولات باغی (میوه‌ها و سبزیجات) آسیب اقتصادی شدیدی وارد می‌کنند. خسارات آن‌ها شامل پوسیدگی، رسیدن زودرس و ریزش میوه است که منجر به زیان‌های قابل توجه تولید، کاهش درآمد، افزایش فقر، کاهش حجم تجارت محصولات و ممنوعیت یا محدودیت صادرات محصولات باغی از کشورهای در حال توسعه و ... می‌گردد. میوه‌ها و سبزیجات، بخش‌های ضروری یک رژیم غذایی مغذی و متعادل برای انسان‌ها هستند که تحت تأثیر تورم مداوم هزینه‌های غذایی و شرایط آب و هوایی قرار دارند. با وجود پیشرفت در مدیریت و مهار آفات، مگس میوه، همچنان مشکل‌ساز هستند؛ بنابراین، برای کاهش جمعیت آفات، افزایش تجارت و درآمد، بهبود معیشت مردم در بخش باغبانی و تثبیت بازارها برای فروشندگان و مصرف‌کنندگان، یک رویکرد هماهنگ در سراسر کشور و سرمایه‌گذاری در تأسیسات پس از برداشت مورد نیاز است.

کلمات کلیدی: باغبانی، پایش، صادرکنندگان، مهار آفات.

مقدمه

تولید محصولات باغی با ارزش (میوه و سبزیجات) فرصت‌های بسیار خوبی برای اشتغال، درآمد و رشد اقتصادی فراهم می‌کند (Van Asselt et al., ۲۰۱۸) و به امنیت غذایی و تغذیه کمک می‌کند (Egyir et al., ۲۰۲۲) و اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی مثبتی بر کشورهای صادرکننده دارد (Van den Broeck and Maertens, ۲۰۱۶). بخش باغبانی، به دلیل استفاده فشرده از نیروی کار بامهارت کم در تولید و فعالیت‌های پس از برداشت و ارزش ذاتی بالای محصول، پتانسیل بالایی برای کاهش فقر دارد (Aksoy and Beghin, ۲۰۰۵).

مگس‌های میوه، تقریباً هر محصول باغی را که از نظر اقتصادی اهمیت دارد، نابود می‌کنند. علائم اصلی مرتبط با آسیب، پوسیدگی میوه‌ها است که رخ می‌دهد و در هنگام تخم‌گذاری، موجب زردی زودرس و ریزش میوه‌های آلوده می‌گردد (Huang et al., ۲۰۱۴). بیشتر مگس‌های میوه به جنس‌های *Bactrocera*، *Ceratitis*، *Dacus* و *Zeugodacus* تعلق دارند (White and Goodger, ۲۰۰۹). نمونه‌هایی از مخرب‌ترین گونه‌ها، شامل مگس میوه شرقی (*Bactrocera dorsalis*)، مگس میوه انبه (*Ceratitis cosyra*)، مگس میوه مدیترانه‌ای (*Ceratitis*

عملکرد داشته باشند (Vayssieres et al, ۲۰۰۹). چنین اتفاقاتی در بخش باغبانی به طور جدی معیشت، امنیت غذایی، تغذیه و درآمد میلیون ها نفر را تهدید می کند (Badii et al, ۲۰۱۵).
 Zeugodacus) و مگس میوه خربزه (capitata cucurbitae) است (شکل ۱) (Badii et al, ۲۰۱۵). تخمین زده می شود که اگر مگس میوه، به اندازه کافی مدیریت نشوند، بسته به محصول، رقم، محل و فصل می توانند بین ۳۰ تا ۹۵ درصد کاهش



شکل ۱- نمونه های از مخرب ترین گونه های مگس میوه



(Plá et al, ۲۰۲۱).

تحقیقات نشان داده است که بدون مدیریت، *Bactrocera dorsalis* می‌تواند برای صنعت مرکبات در چین ۲۵ میلیارد دلار هزینه داشته باشد (Ullah et al, ۲۰۲۳). به‌طور مشابه، ضرر و زیان مربوط به *Bactrocera zonata* در صنعت هلو در چین ۳/۰۷-۰/۸۲ میلیارد دلار برآورد شده است (Qin et al, ۲۰۲۱). در فلوریدا، تلفات مستقیم ناشی از پروتکل قرنطینه ناشی از حمله *B. dorsalis* در سال ۲۰۱۵ بین ۴ تا ۲۳ میلیون دلار برآورد شد (Alvarez et al, ۲۰۱۶).

در جایی که از تکنیک حشره نر عقیم^۱ (SIT) برای مدیریت مگس میوه استفاده می‌شود، تخمین زده می‌شود که هزینه سالانه محیط تغذیه لارو برای تولید هفتگی ۱۸۰ میلیون حشره نر عقیم *C. capitata* و *B. dorsalis* به ترتیب ۱/۳ و ۴/۲۳ میلیون دلار است (USDA-APHIS; ۲۰۲۱, So). سایر تلفات غیرمستقیم، ناشی از مگس میوه شامل هزینه بالای برنامه‌های بررسی و پایش، مهار و ریشه‌کنی است (Ekesi and Billah, ۲۰۰۶). مطالعات نشان داده‌اند که به‌ندرت بیش از ۱ درصد انبه تولیدشده در کشور مالی، به دلیل آلودگی به مگس میوه صادر می‌شود (Vayssieres et al, ۲۰۰۷). تولیدکنندگان در تلاش برای برآوردن نیازهای کشورهای واردکننده، اقدام به تیمارهای

۱. Sterile Insect Technique (SIT)

مگس میوه، از اهمیت قرنطینه‌ای برخوردار است. هنگامی که این آفات در یک کشور وجود دارند، به دلیل محدودیت‌های قرنطینه‌ای سخت (کشورهای واردکننده) به‌عنوان یک مانع مهم برای صادرات محصولات باغی عمل می‌کنند. کشورهای در حال توسعه، اغلب نمی‌توانند این الزامات را برآورده کنند و در نهایت به مانعی برای تجارت تبدیل می‌شوند، محدودیت‌های قرنطینه، اغلب بر حجم تجارت محصولات باغبانی تأثیر منفی می‌گذارد.

■ خسارات اقتصادی

بسیاری از کشورها، به دلیل هجوم مگس میوه درآمد خود را از دست می‌دهند، دو کشور کنیا و موزامبیک، به ترتیب ۱/۹ و ۱۷۵/۵ میلیون دلار درآمد از دست دادند که دلیل آن محدودیت قرنطینه *Bactrocera dorsalis* توسط آفریقای جنوبی است (Cugala et al, ۲۰۱۲; José et al, ۲۰۱۳). همچنین در سال ۲۰۰۵، اوگاندا کاهش ۳۷ درصدی در صادرات میوه را به دلیل آلودگی مگس میوه ثبت کرد (Isabirye et al, ۲۰۱۶). خسارات اقتصادی ناشی از مگس میوه بیش از ۲ میلیارد دلار در سراسر آفریقا تخمین زده می‌شود (Niassy et al, ۲۰۲۰). خسارات واردشده به دلیل ممنوعیت واردات کلمانتین اسپانیایی توسط ایالات متحده پس از رهگیری مگس میوه (*Ceratitis capitata*) ۳۰۰ میلیون یورو برآورد شد

تولیدکنندگان میوه و سبزیجات، روش‌های مقرون به صرفه‌ای برای کاهش تلفات و درعین حال رعایت استانداردهای کیفیت ارائه می‌کند. به‌عنوان مثال می‌توان به مهار باغی و زراعی، ضد عفونی خاک، روش‌های جلب و نابودی (MAT^۵)، کاربرد طعمه مسموم (BAT^۶) و استفاده از عوامل زیستی و آفت‌کش‌ها اشاره کرد (Rwomushana, ۲۰۰۸).

■ مهار باغی و زراعی

مهار باغی و زراعی (مانند بهداشت باغ، جمع‌آوری و تخریب میوه‌های افتاده و/یا آلوده، برداشت به‌موقع بسته به نوع میوه و بسته‌بندی میوه‌ها) به مهار و سرکوب جمعیت مگس‌های میوه کمک می‌کند (Rwomushana, ۲۰۰۸; USDA-APHIS, ۲۰۰۸). بهداشت باغ از رشد لارو مگس‌های میوه (Vargas et al, ۲۰۰۸). با این حال، برخی از تولیدکنندگان (مخصوصاً غیر صادرکنندگان) اغلب به دلیل نیازهای نیروی کار و هزینه مدیریت آن تمایلی به اتخاذ این استراتژی ندارند (Wangithi et al, ۲۰۲۱). علیرغم ماهیت پرزحمت بهداشت باغ، این یک روش بسیار مؤثر برای سرکوب مگس‌های میوه و یک جزء کلیدی مدیریت یکپارچه آفات

5. Male Annihilation Technique

6. Bait Application Technique

گیاهی گران قیمت می‌کنند (White and Elson-Harris, ۱۹۹۲). هزینه مدیریت مگس میوه، در غنابین ۶۸۸-۹۱۵/۲ دلار در هر هکتار در سال است (Banson and Egyir-Yawson, ۲۰۱۴). در مقایسه، سود بازگشتی ۹۳ دلار برای هر ۱ دلار سرمایه‌گذاری در مدیریت مگس میوه گزارش شده است (Agboka et al, ۲۰۲۴). همچنین مصرف میوه‌های آلوده باعث ایجاد آنتریت اپیزودیک^۲ در انسان می‌شود که منجر به دردهای شکمی و اسهال می‌گردد. این امر پس از مصرف میوه آلوده از گواوا توسط بیماران مبتلا آشکار و لارو B.dorsalis در مدفوع بیماران مبتلا مشاهده شد (Weng et al, ۲۰۰۴).

■ مدیریت مگس‌های میوه

■ اقدامات بهداشتی گیاهی

استانداردهای بین‌المللی اقدامات بهداشتی گیاهی و کنوانسیون بین‌المللی حفاظت از گیاهان (IPPC^۳) برخی از روش‌های پس از برداشت (مانند عملیات حرارتی بخار، انبار سرد و پرتودهی میوه‌ها) را برای مدیریت مگس‌های میوه‌ای تشریح می‌کند.

رویکرد مدیریت تلفیقی آفات (IPM^۴) به

2. Enteropathic Arthritis

3. Plant Protection Convention

4. Integrated Pest Management



است (Liquido, ۱۹۹۳). گاهی اوقات میوه‌ها را با روزنامه، کیسه‌های کاغذی و ورقه‌های پلی اتیلن (مخصوصاً برای موز) می‌پیچند تا از تخم‌ریزی آفت جلوگیری شود (Sarker et al, ۲۰۰۹). زیرا تله‌های فرمونی بیشتر در واحد سطح، معمولاً اثربخشی اقدامات مهارری را کاهش می‌دهد، زیرا مگس‌های نر، منبع بورا بسیار مشکل پیدا می‌کنند (Fezza et al, ۲۰۲۴).

■ روش‌های جلب و نابودی

تولیدکنندگان محصولات میوه و سبزیجات از پارافرومون‌ها^۶ برای جذب و کشتن مگس‌های میوه استفاده می‌کنند (Lux et al, ۲۰۰۳). این فرمون جنسی، اجزای فراری هستند که توسط گیاهان میزبان آزاد می‌شوند و مختص گونه‌ها مگس میوه هستند؛ بنابراین، نیاز به دانش کافی در مورد شناسایی مناسب مگس‌های میوه در باغ است تا مشخص شود از کدام طعمه و ترکیب گونه‌ای در باغ استفاده شود. به عنوان مثال، متیل اوژنول (ME)^۷ و Cuelure (CUE) چندین گونه Bactrocera را جذب می‌کنند، Zingerone گونه‌های Bactrocera را که به متیل اوژنول و CUE پاسخ نمی‌دهند و Terpinyl Acetate (TA) و Trimedlure (TML) گونه‌های Ceratitis را جذب می‌کنند (Zain-ul-^۸ Aabdin et al, ۲۰۲۰; Park et al, ۲۰۲۰). مطالعات نشان داده‌اند که حداقل ۳۲۴ گونه از مگس نر به Cuelure (CUE) و ۱۲۳ گونه به متیل اوژنول جذب می‌شوند (Vargas et al, ۲۰۱۴). تعداد تله‌های توصیه‌شده معمولاً پنج عدد در هر جریب است؛

7. Parapheromones (Male Lures)

8. Methyl Eugenol

■ روش طعمه مسموم

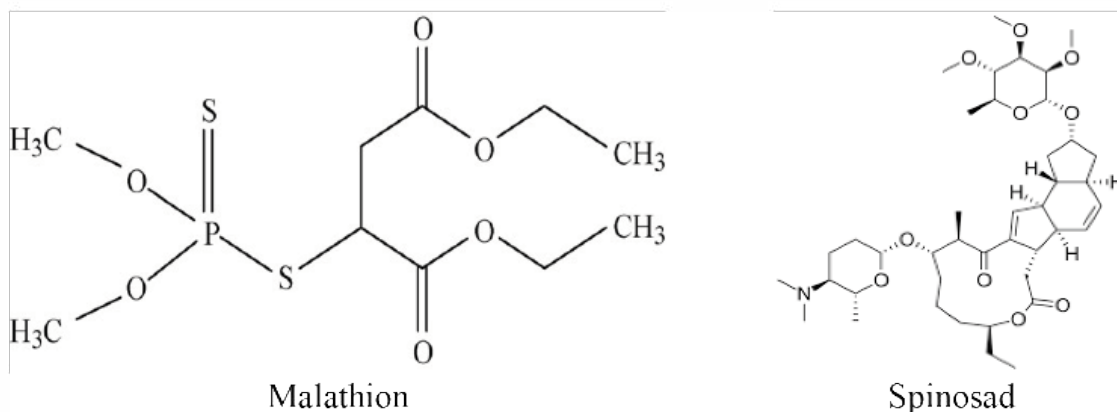
طعمه‌های غذایی مسموم^۹ (BAT) برای گونه خاص نیستند و مگس‌های میوه نر و ماده را جذب می‌کنند (White and Elson-Harris, ۱۹۹۲). مگس‌های بالغ پس از بیرون آمدن از شفیره، برای رشد و نمو به قند و پروتئین وابسته هستند (Zhang et al, ۱۹۹۸) و این منابع غذایی حاوی حشره‌کش می‌باشد که مگس‌های میوه را جذب کرده و از بین می‌برد. کشاورزان بدون طعمه‌های مسموم مصنوعی، از شیره نخل، مخلوط مخمر و شکر، به عنوان منابع غذایی برای طعمه‌گذاری مگس‌های میوه استفاده می‌کنند (Abraham et al, ۲۰۲۳).

■ مهار زیستی

استفاده از عوامل زیستی (مانند قارچ‌های بیماری‌زا یا حشرات شکارگر) و گیاهان دارویی برای مدیریت آفات نیز مورد توجه تولیدکنندگان میوه و سبزیجات قرار گرفته است. مورچه‌هایی مانند Oecophylla longinoda، در صورت وجود، تخم‌گذاری و آسیب میوه را با جلوگیری از مگس‌های میوه کاهش

9. Bait Application Technique

- می دهند (Vayssiè res et al, ۲۰۱۶). متأسفانه، این مورچه‌ها تمایل به ترشح اسیدهای فرمیک دارند که باعث می‌شود میوه جذابیت کمتری داشته باشد و به دلیل ماهیت تهاجمی خود باعث ایجاد مزاحمت فیزیکی در هنگام برداشت میوه می‌شوند (Diamé et al, ۲۰۱۸).
- قارچ‌های بیماری‌زا مانند *Metarhizium anisopliae* و آفت‌کش‌های زیستی (مانند چریش) نیز برای هدف قرار دادن لارو/شفیره مگس میوه روی خاک اعمال می‌شوند. مطالعات نشان داده‌اند که *M. anisopliae* می‌تواند بیش از یک سال در خاک باقی بماند (Ouna, ۲۰۱۰) و لاروها و شفیره‌های *C. cosyra* و *B. dorsalis*, *Z. cucurbitae*, *C. capitata* را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ekesi et al, ۲۰۰۷). تحقیقات اخیر، دشمنان طبیعی دیگری مانند *Fopius caudatus* (Szé pligeti), *Psytalia cosyrae* (Wilkinson), *Psytalia concolor* (Szé pligeti), *Diachasmimorpha fullawayi* (Silvestri), *Aganapsis* sp., *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Eulophidae, Tetrastichinae), *Ealata clava* Quinlan (Figitidae, Eucoilinae), *Bracon* sp. (Braconidae, Braconinae), *Diachasmimorpha* sp. (Braconidae, Opiinae), *Alysiinae* sp. (Braconidae) و ... را شناسایی کرده است (Zida et al ; ۲۰۱۶, Badii et al, ۲۰۱۲, et al, ۲۰۲۱). مطالعات گزارش کرده‌اند که یک ماده
- Diachasmimorpha longinoda* تاده لاروسن ۲-۳ *B. dorsalis* را به ۵/۹۷ درصد افزایش داده است (Steck et al, ۱۹۸۶). مطالعات مشابه نیز نرخ انگلی ۵۷ درصدی را در نسبت ۳:۱ *Fopius arisanus* به *B. dorsalis* گزارش کرده‌اند (Liu et al, ۲۰۲۱). همچنین در ۱۰ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش داده‌اند که پرندگان و جوندگان با مصرف میوه‌های آلوده باعث مرگ و میر بالای لارو می‌شوند.
- مهار شیمیایی**
- مهار شیمیایی، بخشی از اقدامات مدیریت تلفیقی آفات است که توسط تولیدکنندگان میوه و سبزیجات استفاده می‌شود. حشره‌کش‌ها (مانند اسپینوساد، مالاتیون و ...) (شکل ۲) اغلب با مواد غذایی (مانند پروتئین‌ها، قندها و ...) و سایر مواد جاذب مخلوط می‌شوند و سپس به صورت محلول پاشی نقطه‌ای یا روی نوارهایی که مگس‌های میوه را جذب می‌کنند و از بین می‌برند، استفاده می‌شوند (Badii et al, ۲۰۱۵). اسپینوساد و مالاتیون به دلیل سمیت کم پستانداران و کاهش اثرات زیست‌محیطی بر دشمنان طبیعی به خوبی مورد توجه قرار گرفته‌اند که مالاتیون مقرون به صرفه و دارای سطوح پایینی از مقاومت در برابر مگس میوه را دارد (Guo et al, ۲۰۱۵).



شکل ۲- ساختار شیمیایی حشره‌کش اسپینوساد و مالاتیون

■ مدیریت نظارتی آفات

محموله‌های وارداتی، هر زمان که کشور واردکننده آفات را رهگیری کند یا محموله با الزامات بهداشت گیاهی کشور واردکننده مطابقت نداشته باشد، کشور صادرکننده اخطار دریافت می‌کند. متأسفانه باغات تولید میوه و سبزیجات برای بازارهای داخلی تحت این اقدامات مدیریتی سختگیرانه قرار نمی‌گیرند و تلاش صادرکنندگان برای مدیریت مگس‌های میوه را از بین ببرند. تخمین زده می‌شود که کشاورزان در مقیاس کوچک ۸۰ درصد میوه‌ها و سبزیجات را به صادرات و بازارهای محلی ارسال می‌کنند و مدیریت مگس‌های میوه، توسط غیر صادرکنندگان (باغداران مقیاس کوچک) همکاری نمی‌کند. فقدان یک رویکرد سراسری، برای مدیریت مگس میوه، به ایجاد برخی آفات مهاجم کمک کرده است (Lux et al, ۲۰۰۳).

زمانی که میوه‌ها و سبزیجات برای صادرات در نظر گرفته می‌شوند، صادرکننده به منظور ردیابی در اداره حفاظت از گیاهان و خدمات نظارتی ثبت‌نام می‌کند (Stark et al, ۲۰۰۴). این به بازرسان بهداشت، اجازه می‌دهد تا از نزدیک نظارت تا از انطباق با پروتکل‌های تولید و سایر الزامات کشور واردکننده اطمینان حاصل کنند. نمونه‌های محصول نیز قبل از برداشت تحت آنالیز آزمایشگاهی قرار می‌گیرند تا اطمینان حاصل شود که میوه‌ها قبل از اینکه تولیدکنندگان مجاز به برداشت و بسته‌بندی برای صادرات شوند، آلوده نباشند. محموله‌ها در نقطه خروج تحت بازرسی نهایی بهداشت گیاهی قرار می‌گیرند و فقط زمانی مجاز به صادرات هستند که عاری از آلودگی مگس‌های میوه باشد. در طول بازرسی

نتیجه‌گیری

سازمان حفظ نباتات کشور و بخش تحقیقات برای شناسایی و غربالگری آلودگی مگس‌های میوه، در مبادی خروجی، ضروری است.

صادرات محصولات باغبانی، تأثیر مثبتی بر اقتصاد کشور دارد. با این حال، مگس‌های میوه، همچنان امنیت غذایی و تغذیه مردم و درآمد تولیدکنندگان و تجارت را تهدید می‌کند. همه ذینفعان در بخش باغبانی، باید یک رویکرد هماهنگ در سراسر کشور برای مدیریت مگس‌های میوه اتخاذ کنند، رویکردی که در آن، تله‌ها به آسانی در دسترس و مقرون به صرفه برای همه باشند و استفاده از آن‌ها باید به طور مستمر اجرا شود. ذینفعان، سرمایه‌گذاران خصوصی، شرکای تجاری و دولت نیز ممکن است در سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت، مانند ساخت تأسیسات در منطقه برای تسهیل تجارت روان و رفاه اقتصادی تولیدکننده مشارکت کنند. در واقع، این به کشاورزان خرده‌مالک، کمک می‌کند تا به تولید محصولات بادوام برای مصرف‌کنندگانی که به آن‌ها نیاز دارند ادامه دهند و امنیت غذایی و تغذیه مردم را بهبود بخشند. تلاش‌های آتی در مهار مگس‌های میوه باید بر روی بازرسی، استفاده از تکنیک‌های نر عقیمی و برداشت به موقع و حذف میوه‌ها و سبزیجات آلوده باشد. علاوه بر این، آموزش جامعه پرورش دهندگان و مشتریان برای بهبود میزان موفقیت در برابر مگس‌های میوه حیاتی است؛ بنابراین سرمایه‌گذاری و آموزش برای عملیات گیاه پزشکی

منابع:

- Abraham, J.; Amissah, C.; Osei Kuffour, F.; Dwomoh, J.A. Palm wine as a food-based bait for monitoring adult *Ceratitis ditissima* (Munro) (Diptera: Tephritidae) in citrus orchards. *Afr. Entomol.* 31, 2023, e12637.
- Agboka, K.M.; Tonnang, H.E.Z.; Muriithi, B.W.; Niassy, S.; Ndlela, S.; Abdel-Rahman, E.M.; Mohamed, S.A.; Ekesi, S. Economic impact of a classical biological control program: Application to *Diachasmimorpha longicaudata* against *Bactrocera dorsalis* fruit fly in Kenya. *BioControl* 278–269, 69, 2024.
- Aksoy, M.A.; Beghin, J.C. *Global Agricultural Trade and Developing Countries*; The World Bank: Washington, DC, USA, 2005; pp. 332–1.
- Alvarez, S.; Evans, E.A.; Hodges, A.W. Estimated Costs and Regional Economic Impacts of the Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis*) Outbreak in Miami-Dade County, Florida; IFAS Extension: Gainesville, FL, USA, 2016; pp. 12–1.
- Badii, K.B.; Billah, M.K.; Afreh-Nuamah, K.; Obeng-Ofori, D.; Nyarko, G. Preliminary inventory of hymenopteran parasitoids associated with fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Northern Ghana. *Int. J. Pest Manag.* 62, 2016 275–267.
- Badii, K.B.; Billah, M.K.; Afreh-Nuamah, K.; Obeng-Ofori, D.; Nyarko, G. Review of the pest



- Fezza, T.; Shelly, T.E.; Fox, A.; Beucke, K.; Rohrig, E.; Aldebron, C.; Manoukis, N.E. Less is more: Fewer attract-and-kill sites improve the male annihilation technique against *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *PLoS ONE*, 2024 19, e0300866.
- Foba, C.N.; Afreh-Nuamah, K.; Billah, M.K.; Obeng-Ofori, D. Species composition of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Citrus Museum at the Agricultural Research Centre (ARC), Kade, Ghana. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 12, 2, 2012V23.
- Guo, Q.L.; Chen, J.H.; Lan, H.B.; Ji, Q.E.; Lin, W.C.; Pan, Y.H.; Zhuang, M.S. Parasitical efficiency of *Fopius arisanus* on eggs of *Bactrocera dorsalis*. *Chin. J. Trop. Agric.* 59+52-51, 35, 2015.
- Huang, Z.; Guo, Q.X.; Wu, Q.M.; Huang, K.H. Morphology, hazards and China-invading risk of *Bactrocera correcta*. *Acta Agric. Jiangxi*, 26, 2014 67+63-61.
- Isabirye, B.E.; Akol, A.M.; Muyinza, H.; Masembe, C.; Rwomushana, I.; Nankinga, C.K. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status and relative infestation of selected mango cultivars in three agro ecological zones in Uganda. *Int. J. Fruit Sci.* 41-23, 16, 2016.
- José, L.; Cugala, D.; Santos, L. Assessment of invasive fruit fly fruit infestation and damage in Cabo Delgado Province, Northern Mozambique. *Afr. Crop Sci. J.* 28-21, 21, 2013.
- Liquido, N.J. Reduction of Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations in papaya orchards by field sanitation. *J. Agric. Entomol.* 170-163, 10, 1993.
- Liu, J.M.; Huang, Q.C.; Deng, T.J.; Yang, Z.Q.; Lu, W. Field Control of *Bactrocera dorsalis* by artificial status, economic impact and management of fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Afr. J. Agric. Res.* 1498-1488, 10, 2015.
- Banson, K.E.; Egyir-Yawson, A. Socio-economic impact of fruit flies control in mango production in Ghana, evidence from Many Krobo. *J. Agric. Sci. Technol.* 463-454, 4, 2014.
- Cugala, D.; Tostão, E.; Affognon, H.; Mutungi, C. Postharvest losses in Africa—Analytical review and synthesis: The case of Mozambique. *Afr. Insect Sci. Food Health* 62-1, 2012.
- Diamé, L.; Rey, J.Y.; Vayssières, J.F.; Grechi, I.; Chailleux, A.; Diarra, K. Ants: Major Functional Elements in Fruit Agro-Ecosystems and Biological Control Agents. *Sustainability*, 2018 23, 10.
- Drew, R.A.I.; Tsuruta, K.; White, I.M. A new species of pest fruit fly (Diptera: Tephritidae: Dacinae) from Sri Lanka and Africa. *Afr. Entomol.*, 13, 2005 154-149.
- Egyir, I.S.; Lartey, A.; Amissah, N.; Asem, F.E. Report on the Horticulture Sector in West Africa; UC Davis: Davis, CA, USA, 2022; pp. 135-1.
- Ekesi, S.; Billah, M.K. Field Guide to the Management of Economically Important Tephritid Fruit Flies in Africa; ICIPE Science Press: Nairobi, Kenya, 2006; p. 160.
- Ekesi, S.; Dimbi, S.; Maniania, N.K. The role of entomopathogenic fungi in the integrated management of tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) with emphasis on species occurring in Africa. In *Use of Entomopathogenic Fungi in Biological Pest Management*; Ekesi, S., Maniania, N.K., Eds.; Research SignPost: Kerala, India, 2007; pp. 274-239.

- Rwomushana, I. Bioecology of the invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) and its Interaction with Indigenous Mango Infesting Fruit Fly Species. Ph.D. Thesis, Kenyatta University, Kenya, 2008; p. 220.
- Sarker, D.; Rahman, M.M.; Barman, J.C. Efficacy of different bagging materials for the control of mango fruit fly. *Bangladesh J. Agric. Res.*, 34, 2009 168–165.
- So, S. Personal Correspondence. Zoom Meeting on Mar 2021, 30, Conference Call on Apr 2021, 22 and Email from May 2021, 14; Facility manager, Hawaii Fruit Fly Rearing Facility, California Department of Food and Agriculture: Waimanalo, HI, USA, 2021
- Stark, J.D.; Vargas, R.I.; Miller, N.W. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.* 915–911, 97, 2004.
- Steck, G.J.; Gilstrap, F.E.; Wharton, R.A.; Hart, W.G. Braconid parasitoids attacking fruit flies (Diptera: Tephritidae) in coffee and other fruits in West-Central Africa. *Entomophaga* 67–59, 31, 1986.
- Ullah, F.; Zhang, Y.; Gul, H.; Hafeez, M.; Desneux, N.; Qin, Y. Potential economic impact of *Bactrocera dorsalis* on Chinese citrus based on simulated geographical distribution with MaxEnt and CLIMEX models. *Entomol. Gen.*, 43, 2023 830–821.
- USDA-APHIS. Cost-Benefit Analysis of Sterile Insect Technique for Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), Management; PPQ, USDA-APHIS: Raleigh, NC, USA, 2021.
- Van Asselt, J.; Di Battista, F.; Kolavalli, S.; Udry, release with *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead). *Guangdong Agric. Sci.*, 48, 2021 123–118.
- Lux, S.A.; Ekesi, S.; Dimbi, S.; Mohamed, S.; Billah, M.K. Mango-Infesting Fruit Flies in Africa: Perspectives and Limitations of Biological Approaches to Their Management; Neuenschwander, P., Borgemeister, C., Langewald, J., Eds.; Biological control in integrated IPM systems in Africa. CABI Publishing: Wallingford, UK, 2003; pp. 294–277.
- Niassy, S.; Ekesi, S.; Migiro, L.; Otieno, W. Sustainable Management of Invasive Pests in Africa; Springer: Berlin, Germany, 2020.
- Ouna, E.A. Entomopathogenicity of Hyphomycete Fungi to Fruit Fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) and Their Potential for Biological Control on Mango. M.Sc. Thesis, Kenyatta University, Nairobi, Kenya, 2010; p. 134.
- Park, S.J.; Faveri, S.G.D.; Cheesman, J.; Hanssen, B.L.; Cameron, D.N.S.; Jamie, I.M.; Taylor, P.W. Zingerone in the Flower of *Passiflora maliformis* Attracts an Australian Fruit Fly, *Bactrocera jarvisi* (Tryon). *Molecules* 2877, 25, 2020.
- Plá, I.; García de Oteyza, J.; Tur, C.; Martínez, M.Á.; Laurín, M.C.; Alonso, E.; Martínez, M.; Martín, Á.; Sanchis, R.; Navarro, M.C.; et al. Sterile Insect Technique Programme against Mediterranean Fruit Fly in the Valencian Community (Spain). *Insects* 415, 12, 2021.
- Qin, Y.; Ullah, F.; Fang, Y.; Singh, S.; Zhao, Z.; Zhao, Z.; Li, Z. Prediction of potential economic impact of *Bactrocera zonata* (Diptera: Tephritidae) in China: Peaches as the example hosts. *J. Asia-Pac. Entomol.* 1106–1101, 24, 2021.



- M. Inventory of the fruit fly species (Diptera: Tephritidae) linked to the mango tree in Mali and tests of integrated control. *Fruits* –329,62,2007 341.
- Wangithi, C.M.; Muriithi, B.W.; Belmin, R. Adoption and Dis-Adoption of Sustainable Agriculture: A Case of Farmers' Innovations and Integrated Fruit Fly Management in Kenya. *Agriculture*, 11, 2021 338.
- Weng, W.S.; Deng, X.R.; He, C.R.; Xu, B.H. Larvae of tephritid flies caused diarrhea 1 case. *Chin. J. Parasit. Dis. Control* 25, 17, 2004.
- White, I.M.; Elson-Harris, M.M. Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics; CAB International: Walling-ford, UK, 1992; p. 601.
- White, I.M.; Goodger, K.F.M. African *Dacus* (Diptera: Tephritidae); new species and data, with particular reference to the Tel-Aviv University collection. *Zootaxa* 49-1, 2127, 2009.
- Zain-ul-Aabdin, A.; Naheed, B.; Memon, R.M.; Khuhro, N.H.; Soomro, Q.A. Population variations of fruit flies, *Bactrocera* spp. in mango orchards of Hyderabad and Larkana Sindh. *Pure Appl. Biol.* 955-949, 9, 2020.
- Zhang, Q.Y.; Lin, Z.J.; Liu, J.Y.; Chen, H.Z.; Gao, Q.Z.; Sun, G.K.; Hong, Z.Q.; Sun, D.H.; Chen, J.F. Study on the biology of *Bactrocera dorsalis*. *Entomol. J. East China* 71-68, 7, 1998.
- Zida, I.; Nacro, S.; Dabiré, R.A.; Moquet, L.; Haran, J.; Delatte, H. Native hymenopteran parasitoids associated with fruit-infesting flies in three plant formations and prospects for biological control in Western Burkina Faso, West Africa. *Agric. For. Entomol.* 123-114, 24, 2021.
- C.; Baker, N. Performance and Adoption Factors for Open Pollinated and Hybrid Maize Varieties: Evidence from Farmers' Fields in Northern Ghana; International Food Policy Research Institute: Washington, DC, USA, 2018; Volume 45.
- Van den Broeck, G.; Maertens, M. Horticultural exports and food security in developing countries. *Glob. Food Secur.* 20-11, 10, 2016.
- Vargas, R.I.; Leblanc, L.; Piñero, J.C.; Hoffman, K.M. Male annihilation, past, present, and future. In *Trapping Tephritid Fruit Flies. Lures, Area-Wide Programs, and Trade Implications*; Shelly, T., Epsky, N., Jang, E.B., Reyes-Flores, J., Vargas, R., Eds.; Springer: Berlin, Germany, 2014; pp. 511-493.
- Vargas, R.I.; Mau, R.F.L.; Jang, E.B.; Faust, R.M.; Wong, L. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. In *Areawide Pest Management: Theory and Implementation*; Koul, O., Cuperus, G., Eds.; CABI Books: London, UK, 2008; pp. 325-300.
- Vayssières, J.F.; Korie, S.; Ayegnon, D. Correlation of fruit fly (Diptera: Tephritidae) infestation of major mango cultivars in Borgou (Benin) with abiotic and biotic factors and assessment change. *Crop Prot.* 488-477, 28, 2009.
- Vayssières, J.F.; Offenber, J.; Sinzogan, A.; Adandonon, A.; Wargui, R.; Anato, F.; Houngbo, H.Y.; Ouagoussounon, I.; Diamé, I.; Quilici, S.; et al. The Use of Weaver Ants in the Management of Fruit Flies in Africa. In *Fruit Fly Research and Development in Africa-Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture*; Ekesi, S., Mohamed, S., De Meyer, M., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2016.
- Vayssières, J.F.; Sanogo, F.; Noussourou,

Sustainable Management of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae)

Abstract

Fruit flies cause severe economic damage to many horticultural crops (fruits and vegetables). Their damage includes rotting, premature ripening and fruit drop, which leads to significant production losses, reduced income, increased poverty, reduced trade volumes of the products and bans or restrictions on exports of horticultural products from developing countries, etc. Fruits and vegetables are essential parts of a nutritious and balanced diet for humans, who are affected by the ongoing inflation of food costs and climatic conditions. Despite advances in pest management and control, fruit flies remain a problem. Therefore, a coordinated approach across the country and investment in post-harvest facilities are needed to reduce pest populations, increase trade and income, improve livelihoods in the horticultural sector and stabilize markets for sellers and consumers.

Keywords: Horticulture, Monitoring, Exporters, Pest Control.