الباب الرابع

كيميائيات الإتصال (الكيميائيات الوسيطة)

أولا: الفيرومونات

ثانياً: الأليلوكيميائيات

- الألومونات
- الكيرومونات
- الجاذبات النباتية
- الأبنيومونات

obeikandl.com

obeikandl.com

كيميائيات الإتصال (الكيميائيات الوسيطة)

SEMIOCHEMICALS OR INFOCHEMICALS

من المصطلحات التي أستحدثت حديثاً في مجال إدارة التحكم فى الآفات والتفاعل بين الكائنات الحية فى بيئتها الطبيعية ما يعرف **بعلم البيئة الكيميائية Chemical Ecology** وهو العلم الذى يهتم بدراسة المواد **الكيميائية وطرق انتشارها وعلاقاتها بطرق الإتصال بين الكائنات الحية في الطبيعة.** يختص علم البيئة الكيميائية بتداخلات الكائنات الحية مع ما يحيط بها من خلال ما تنتجه أو تستقبله من كيميائيات. تشكل الكيميائيات الوسيطة إتجاهاً جديداً وهاماً في مجال إدارة التحكم في تعداد الآفات. تنقل هذه الكيميائيات رسائل محددة بين أنواع الكائنات الحية فى البيئة. فهناك كيميائيات تستخدم لجذب الحشرات لأماكن معينة للقضاء عليها، أو تضلل الحشرة عند بحثها عن الجنس الآخر للتزاوج، أو تحول الحشرة في إتجاه معين ليس في صالح حياتها كما هو الحال في الفيرومونات، أو قد تنجذب الحشرات إلى مصدر غذائي معين مفضل لديها لتغيير سلوكها تجاه العوائل المستهدفة من قبل هذه الآفات كما هو الحال في الجاذبات الغذائية.

وقبل البدء فى تعريف وتقسيم أنواع كيميائيات الإتصال، لابد من التفريق بين مصطلحين هامين فى عملية الإستجابة للكيميائيات الوسيطة وهما الإنجذاب attraction وكذلك الحجز arrestment. فالإنجذاب attraction تكون المادة المؤثرة ذات تأثير بعيد المدى وتؤثر فى العدو الحيوى أو الكائن الحى المستقبل من مسافة بعيدة قبل ملامسة السطح المعامل ومن أمثلة ذلك الكيرومونات والجاذبات النباتية synomones. أما الحجز arrestment ففيه لا يتأثر الكائن المستقبل بمجموعة كيميائيات الإتصال إلا عند ملامستها أو ملامسة أسطح النباتات أو الوسائط المعاملة بتلك المواد التى تظهر أهميتها فقط فى المدى القصير short range.

تم تعريف هذه المواد عام ١٩٧١ بإسم كيميائيات الإتصال أو الكيميائيات الوسيطة semiochemicals (الكلمة فى اليونانية هى semeon وهى تعنى إشارة أو علامة mark or signal)، وقد عرف العالمان لاو و ريجنس Law and Regnies هذه المواد على أنها "الكيميائيات التي تتوسط التفاعل بين الكائنات". تقسم هذه المواد على حسب ما إذا كان تأثير

obeikandi.com

التفاعل بين كائنات من نفس النوع intraspecific أو بين كائنات من أنواع مختلفة interspecific interactions، إلى قسمين رئيسيين:

(أ) الفيرومونات Pheromones

(ب) الأليلوكيميائيات Allelochemicals

أولاً : الفيرومونات Pheromones

الفيرومونات هى كلمه مشتقة من الكلمة اليونانية (phereum) ومعناها يحمل carry، والكلمة (horman) ومعناها يثير أو يحفز stimulate or excite. تم إطلاق هذا المصطلح لأول مرة عام ١٩٥٩م بواسطة كالرسون وبيتندات Karlson & Beitenadt، وبواسطة كارلسون ولوشر Karlson & Luscher فى نفس العام. ولكن التعريف كان مقصوراً على المواد التى تفرز وتتوسط التفاعل بين الحيوانات. فى عام ١٩٧٦ قام نوردلون ولويس Nordlund & Lewis بتوسيع مجال التعريف ليشمل النباتات والحيوانات ويكون التعريف كالتالى "هى مادة تفرز من كائن إلى الخارج وتسبب تفاعل معين فى الكائن المستقبل من نفس نوع الكائن المفرز (الباعث)".

لم يتم تحديد التركيب الكيميائي لأى من الفيرومونات حتى عام ١٩٥٩، ولكن الآن تم تحديد آلاف منها فى مجال الحشرات، والنباتات وحتى الإنسان. ومن أكثر الأمثلة وضوحاً هو تأثير المادة الملكية queen substance التى تفرز بواسطة ملكة نحل العسل والتى تثبط نمو المبايض فى الشغالات. وعموماً فإن الكائن المستقبل recieving organism لابد أن يكون مستعداً فسيولوجياً للإستجابة للفيرومون بالإضافة إلى توفر الظروف البيئية المناسبة.

تم تعديل التعريف بواسطة العالم (Kalavus) ليكون على النحو التالى "هى مادة أو مخلوط من المواد تفرز بواسطة كائن معين محدثة تأثيراً أوتأثيرات محددة فى الكائن المستقبل من نفس النوع".

تختلف الفيرومونات بذلك عن الهرمونات التي تفرز داخليا وتؤثر على فسيولولوجيا الكائن الحي المفرز للمادة. يطلق مصطلح الفيرومونات الشبيهة المصنعة parapheromones على المواد التي تبطل الإستجابة anti-pheromones. تعمل الفيرومونات في الحشرات الإجتماعية كوسيلة إتصال بين أفراد الطائفة وتحديد طبقاتها castes وغير ذلك من أنماط التكامل الاجتماعي بها، كما تحدد هذه المواد مسار الحشرات غير الإجتماعية من خلال تأثيرها الكيميائي نحو الإنذار والدفاع والتجمع وعلى الجنس الآخر للتزاوج.

obeikandl.com

تستعمل الفيرومونات الجنسية في الحقل لخفض تعداد الآفات وقد يتأتى من إستخدامها فائدة أكبر في حالات خاصة وقد يطلق بعض العلماء على المكافحة بالفيرومونات وغيرها من المواد الكيميائية بين أفراد نفس النوع بالمكافحة السلوكية بالكيميائيات chemical behaviour insect control. وتعرف المكافحة السلوكية بأنها "إستخدام الكيميائيات التي تعمل على جذب الحشرات إلى جهة معينة بحيث يؤدى ذلك إلى القضاء عليها" وقد يحدث أثناء ذلك خلل في النشاط الجنسي أو إنحراف الجنسين بعيداً عن الجنس الآخر أثناء الشروع في التزاوج، أو قد يحدث إضطراب في توجيه الحشرة لمسارها الطبيعي.

وتنقسم الفيرومونات إلى قسمين رئيسيين:

١- الفيرومونات الفورية (الإنطلاقية) Releaser pheromones

وهى عبارة عن مواد تسبب تأثيرات سلوكية فورية للحشرة المستقبلة وهى أساساً مؤثرات خاصة بالرائحة، وينحصر تأثيرها على الجهاز العصبي المركزي للحشرات المتأثرة (المستقبلة) ومنها:

أ- فيرومونات إقتفاء الأثر Trial following pheromones

ب- فيرومونات التحذير Alarm pheromones

ج- فيرومونات النشاط الجنسى (Sexual activity pheromones (Aphrodisiacs

د- فيرومونات التجمع Aggregation pheromone ومنها فيرمونات التجمع للتزاوج Sex pheromones وفيرمونات التجمع للتغذية Food lures وفيرمونات وضع البيض Oviposition lures.

هـ- فيرومونات الإنتشار Dispersal pheromones

٢- الفيرومونات التمهيدية Primar pheromones

وهى فيرومونات تسبب تأثيرات فسيولوجية على المدى الطويل للكائن الحي المستقبل وهى غير هامة في مجال إدارة الآفات.

الفيرومونات كجاذبات جنسية Sex pheromones

تفرز الفيرومونات في الحشرات بغرض إيجاد الجنسين معا للتزاوج، وتعرف هذه الفيرومونات بالجاذبات الجنسية sex attractants وهى منتشرة بين حشرات حرشفية الأجنحة وفي بعض حشرات غمدية الأجنحة وغشائية الأجنحة ومستقيمة الأجنحة وبعض رتب الحشرات

obeikandl.com

الأخرى. في معظم الحالات تفرز الفيرومونات بواسطة الإناث لجذب الذكور، وأحياناً تفرز من الذكور لجذب الإناث. وفي بعض الأحيان الأخرى قد ينجذب كلا الجنسين للرائحة.

١- الفيرومونات الجاذبة للذكور

في هذه الحالة تتواجد الغدد المنتجة للجاذبات الجنسية في الإناث فيما بين الحلقات البطنية الأخيرة، وتعمل الحشرات على تنظيم إنطلاق الرائحة بتعريض أو تغطية الغدد المفرزة للرائحة بواسطة حركات البطن أو تقلصاتها، وعادة ما تفرز الرائحة في أوقات محددة من اليوم وهى صفة مميزة للأنواع الحشرية المختلفة.

لا تفرز الإناث الفيرومون بعد خروجها مباشرة وحتى ٢٤ ساعة من الخروج، ولكنها تبدأ عملية الإفراز بعد ذلك حتى يتم تلقيحها. أحياناً يفرز الجاذب الجنسي قبل خروج الأنثى كما فى جنس *Megarhyssa* من غشائية الأجنحة حيث تتجمع الذكور على جذوع الأشجار الموجودة بها الإناث إنتظاراً لخروجها من طور العذراء. بعد التزاوج ينخفض معدل الإنجذاب في عديد من الأنواع. يتم إستقبال الرائحة بواسطة مستقبلات حسية خاصة بالرائحة موجودة على قرون إستشعار الذكور – وعليه – يلاحظ بشكل واضح أن قرون الإستشعار في ذكور حشرات حرشفية الأجنحة والتي تنجذب للرائحة تكون من النوع المشطى المضاعف ويعطى تنبيه أعضاء الحس بقرون الإستشعار بفعل رائحة الإناث فعلاً مميزاً لأعصاب قرون الإستشعار حتى مع التركيزات المنخفضة، ويؤدى تأثير الرائحة إلى إثارة الذكور، كما يشجع إلتقاء الذكر مع الأنثى. في وجود الرائحة يوجه طيران الحشرة مع الرائحة، وهذا يساعد على وجود الذكور دائماً بالقرب من أماكن تواجد الإناث، وقد يحدث هذا التجاذب من مسافات بعيدة جداً.

٢- الفيرومونات الجاذبة للإناث

توجد بعض الحالات القليلة التي تنتج فيها الذكور الجاذبات الجنسية مثل حشرات السوس من جنسى *Anthomonus* و *Harpobittacus* وفي الحالة الأخيرة بعد أن يمسك الذكر ضحيته ويشرع في التغذية عليها تمتد وتنقبض حوصلتان تقعان ما بين ترجات الحلقات البطنية الأخيرة وتنطلق منها الرائحة التي تجذب الإناث حتى يتم الجماع.

٣- الفيرومونات الجاذبة للجنسين

في بعض الأحيان ينجذب كل من الذكر والأنثى للفيرومون. تنتج أنثى الحشرة *Dendorctonus* غير الملقحة رائحة تجذب الذكور والإناث الأخرى للتزاوج، إضافة لجذبها

openkandi.com

بغرض التغذية، إذ يستمر إفراز الفيرومون حتى تحصل الحشرة على الغذاء المناسب. وتفرز ذكور حشرة *Lygus loripes* من غمدية الأجنحة رائحة تجذب الخنافس الأخرى سواء الذكور أو الإناث ويؤدى هذا إلى تجمع الخنافس على أزهار النبات *Melilotus* ويحدث التزاوج أثناء تجمع هذه الخنافس، وهى حشرات كريهة الرائحة ذات لون أصفر تعمل الطيور على تجنبها، وبالتالي يقل معدل تناقص تعداد هذه الحشرات لتدرب المفترسات على تجنبها أيضاً.

خصائص الفيرومونات الجنسية

تم التعرف على الفيرومون الجنسي صدفة من خلال دودة الحرير التوتية وتعامُل الحشريون تجريبياً مع الفيرومونات الطبيعية التي تنتجها بعض الحشرات الحية، وذلك قبل أن يتعرفوا على التركيب الكيميائي لهذه الفيرومونات. وقد مهدت هذه المحاولات إلى معرفة هذا التركيب فأمكن تخليق عدد من المركبات الفيرومونية يزيد عن ١٥٠ مركبا أمكن إستغلالها في مكافحة الآفات الحشرية. ليست جميع الفيرومونات التي تم تعريفها مناسبة للإستعمال التطبيقي بالمصائد، ويرجع ذلك إلى إعتماد الحشرة المستهدفة على مسارات أخرى مرئية أو صوتية إضافة لمؤثرات الشم المرتبطة بالفيرومون. كما يمكن أن تظهر الحشرة مقاومة للفيرومون الجنسي إذا أستعمل وحده في عملية المكافحة.

تتكون الأعضاء المفرزة للفيرومونات في الذكور عادة من حراشيف أو شعيرات غدية تتواجد على البطن أو الأرجل أو الأجنحة، أما فى الإناث فتفرز هذه المواد من غدة تتواجد على الناحية السفلية عادة أو الظهرية أحياناً للمساحات من جدار الجسم بين الحلقتين البطنيتين الثامنة والتاسعة حيث يرتبط بها عادة خصل من الشعيرات أو الحراشيف، كما تتواجد بهذه المساحات جانبياً أكياس للرائحة على حالة فردية أو زوجية تجاور الفتحة التناسلية للأنثى. يمكن الحصول على الفيرومونات الجنسية من هذه الأجزاء من الجسم إما بطريقة التطاير أو بطريقة الإستخلاص بالمذيبات العضوية المناسبة مثل كلوريد الميثيلين أو الهكسان أو الأثير النقي، فى الطريقة الأولى (التطاير) يمرر تيار هوائي على أفراد حية من الحشرات مدفوعاً إلى إحدى المذيبات، أما فى حالة إستخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات، ففيها تخلط أفراد منها بالمذيب خلطاً جيداً بالخلاط، يعقب ذلك عزل الفيرومون من المذيب إما تحت ضغط منخفض أو بترسيب النواتج الجانبية كالشموع والدهون من المستخلص بالتجميد تحت درجة حرارة منخفضة أو بالتحليل الكروماتوجرافي. يتم تعريف الفيرومون بطرق كيميائية ترمى إلى تحديد المجاميع الكيميائية الفعالة في جزىء الفيرومون، أو بطرق فيزيائية تعتمد على التحليل الطبيعي.

obeikandl.com

تعمل الفيرومونات الجنسية على ربط جنسي النوع الواحد تناسلياً لمنع ظاهرة التهجين hybridization، إذ تجذب فيرومونات الأنثى عادة ذكور نوعها. تستقبل الفيرومونات الجنسية بأعضاء حس للشم تتواجد على قرني الإستشعار، ويعتمد على الفيرومونات الأنثوية أكثر مما يعتمد على مثيلاتها الذكرية في مجال المكافحة البيولوجية، ذلك لأن للأولى تأثيراً يمتد إلى مسافات أطول مما تمده الثانية، ويشار إلى تأثير الفيرومونات إما على المستوى الكيميائي (كمركب أو خلائط مختلفة من المركبات)، أو الزمني بمعنى أن إنطلاق الفيرومون أو الإستجابة له، قد يحدث في دورات موسمية مثلاً، أو المكاني (أي لمدى معين من المساحة).

يمكن بعد تعريف التركيب الكيميائى للفيرومون إنتاجه صناعياً، وبكميات كبيرة تفي بدراسة خصائصه من حيث تأثيراته البيولوجية والفسيولوجية على سلوك الأنواع التي تنتجه طبيعياً، تسهم هذه الدراسة في النهاية في إيجاد وسائل إيجابية لقمع الآفات الحشرية فيرمونياً.

يمكن إستعمال الفيرومونات الجنسية في إتجاهين أحدهما حصر الكثافة العددية للآفة، والثانية المكافحة المباشرة لهذه الكائنات.

أ- <u>حصر الكثافة العددية للآفة</u>

يعتبر هذا الإتجاه هو الأكثر شيوعاً مقارنة بإستخدام الفيرومونات فى المكافحة المباشرة. من خلال هذا الإتجاه، تم مراقبة وتتبع تعداد جماهير الآفات الحشرية إثر إنجذابها لمصائد الفيرومونات الجنسية مبكراً وقبل أن يصل هذا التعداد إلى مستوى الضرر الذي تحدثه الآفة. يشكل هذا الإجراء حالياً، ضرورة لأي برنامج متقن لمكافحة الآفات الحشرية، إذ لا بد من توفر المعلومات الدقيقة عن ديناميكية تعداد عشائر الآفات بالحقل لإختيار أنسب توقيت وأفضل وسيلة للمكافحة بأقل تكلفة ممكنة، فقد تشير البيانات إلى الإكتفاء بالطرق الزراعية أو البيولوجية للمكافحة، أو بضرورة إيجاد إجراءات عاجلة للمكافحة الشاملة بواسطة المبيدات الكيميائية أو غيرها من طرق المكافحة وذلك لوجود مستوى عال من تعداد الآفة يتطلب الحماية الفورية للمحصول. لابد تحت ظروف حصر جماهير الآفات بإستخدام مصائد الفيرومونات، تأكيد العلاقة الكمية بين نتائج التعداد والحد الحرج الإقتصادي للآفة المستهدفة بالمكافحة. أستخدمت مركبات عديدة لهذا الغرض منها البروبيونات والأريجينول لحصر المساحات المصابة بالخنفساء اليابانية، ومركب كيو – لور لمراقبة ذبابة الفاكهة الشرقية، ومركب تراى ميدلور لمراقبة ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط، ومركب ديسبار لور لحصر الإصابة بفراشة الغجر، وحالياً تستخدم مصائد الفيرومونات في برامج المكافحة المتكاملة فى عديد من الدول للمراقبة والسيطرة على

obeikandi.com

آفات حشرية معينة بالإضافة إلى الحشرات السابقة ومنها سوسة اللوز، ودودة اللوز القرنفلية، ودودة اللوز الأمريكية، وديدان الذرة، والحشرة القشرية الحمراء، وسوسة النخيل الحمراء.

هناك نماذج عديدة من المصائد تستعمل لحصر جماهير الآفات الحشرية بالفيرومونات الجنسية منها:

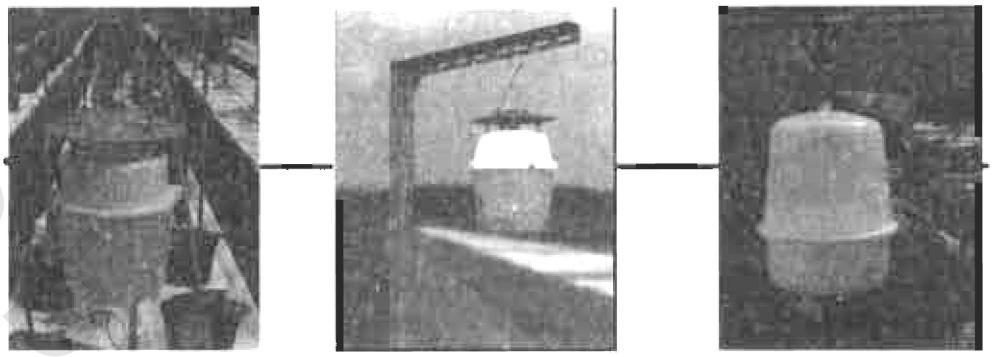
١- المصيدة المائية :

تتركب المصيدة المائية كما في شكل (١:٤) من حوض مستدير من الألومونيوم قطره ٣٥ سم وإرتفاعه ٩ سم ومثبت بمنتصف الخوصة المتواجدة أسفل الغطاء خطاف صغير تعلق به الكبسولة المحتوية على مادة الفيرومون الجاذب للذكور.

شكل (١:٤) يوضح شكل المصيدة المائية

٢- مصيدة القمع البلاستيكي :

تتركب هذه المصيدة (شكل ٢:٤- أ، ب، ج) من قمع بلاستيكي مقوى أصفر اللون، قطر فوهته ١٧ سم وقطر الفتحة السفلية ٢,٥ سم. ولهذا القمع حامل يلتحم بماسورة حديدية طولها ٧ سم تنزلق إلى أعلى وإلى أسفل على قائم معدني طوله ٩٠ سم ذي دواسة مثبتة قرب نهايته السفلية تسمح بإرتكاز المصيدة على سطح التربة، ويعلو فوهة القمع طبق من نفس مادته به خطاف تتدلى منه كبسولة الفيرومون.

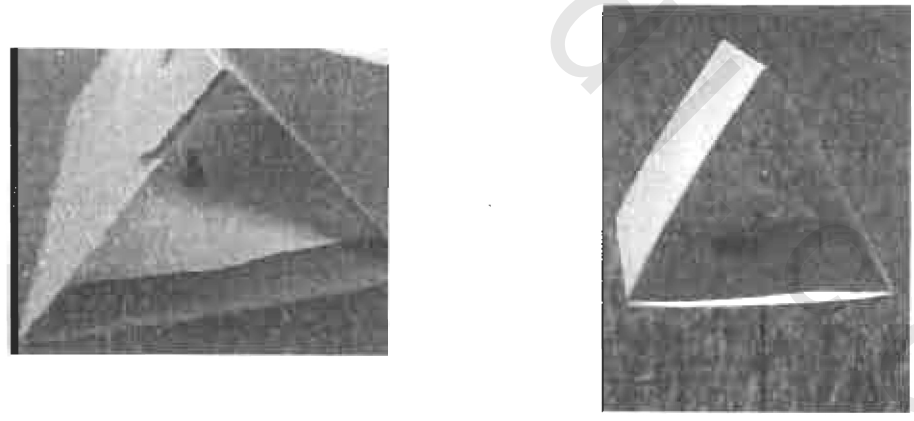


(ج) (ب) (أ)

شكل (٢:٤) بعض أشكال مصائد القمع البلاستيكي

٣-المصيدة اللاصقة المثلثة الشكل :

تتكون هذه المصيدة (شكل ٣:٤ ا، ب) من جدار من الورق المقوى والمثنى على هيئة قاع وجمالون معلق به خطاف كبسولة الفيرومون وعلى السطح الداخلي للجدار الورقي الموجه للكبسولة مادة لاصقة تتصيد الحشرات المنجذبة للفيرومون.



(ب) (أ)

شكل (٣:٤) بعض أشكال المصائد اللاصقة المثلثة الشكل

هذا وقد أستعملت حديثاً ثلاث نماذج من المستحضرات أعطت معدلات كافية من الإطلاق الفيرومونى. جهز الفيرومون الأول في صورة ألياف بلاستيكية مجوفة طولها حوالي ١٠ مم وقطرها الداخلي ٢ مم وشبعت بمادة الفيرومون بالخاصة الشعرية لتنطلق منها هذه المادة بالتبخر من خلال نهايتها المفتوحة. يتشكل النموذج الثاني من شرائح بلاستيكية رفيعة شبعت إحداها بمادة الفيرومون كي تحتضن بين شريحتين رفيعتين من البلاستيك يمكن من خلالهما انتشار الفيرومون بمعدل مناسب. ويحتاج أي من النموذجين إلى مادة لاصقة تلصقه بسطح النبات. يستلزم النموذج الثالث تجهيز مادة الفيرومون في صورة كبسولات دقيقة ذات غلاف جيلاتينى تنطلق منه هذه المادة بمعدل يمكن ضبطه من خلال سمك هذا الغلاف أو حجم الكبسولة أو تركيبها الداخلي.

ب- <u>المكافحة المباشرة للآفات بواسطة الفيرومونات الجنسية:</u>

يتطلب إستغلال الفيرومونات الجنسية في مكافحة الآفات الزراعية إحتياجات وتحفظات أكثر من تلك التي تتطلبها حصر الكثافة العددية للآفات بالفيرومونات، إذ تحتاج تلك المكافحة إلى معلومات أشمل عن بيولوجية وسلوكية الآفة المستهدفة وعلى تركيب وفاعلية الفيرومونات المراد إستعمالها. تستهدف المكافحة المباشرة بمصائد طعوم الفيرومونات الجنسية طريقتين هما الصيد الكمي، وتشتيت التزاوج.

١- الصيد الكمي بالفيرومونات :

أقترحت طرق عديدة لإستعمال الفيرومونات المختلفة للصيد الكمي لأفراد الآفة المستهدفة حيث طرحت وسائل علمية ومعايير نظرية للتنبؤ بفاعليتها. من المعروف أن الفيرومونات هى مواد غير سامة (بعكس المبيدات) ولكنها توقع الآفة في شراك الموت بوسائل أخرى مثل إلتصاق أفراد الحشرة بالسطح المصمغ بالمصيدة، أو اللزج للمصايد الورقية المثلثة التي إنجذبت إليها، وقد يرتبط إستعمال هذه المواد الفيرومونية بمصائد مائية، أو بمستحضرات مبيدات حشرية أو معقمات كيميائية، أو بوسائل طبيعية كالصعق الكهربائي للحشرات المتجمعة.

يمكن زيادة فاعلية الفيرومون بإضافة مواد كيميائية أو طبيعية منشطة أو حافظة لبقائها لمدة أطول. يمكن إستعمال مصائد الفيرومونات بكفاءة بوضعها عند مواقع معينة بالحقل حيث تعمل كحواجز تعيق تسرب الإصابات الخفيفة إلى المناطق الجديدة، أو تقضى على الآفة في بؤر خارج منطقة تواجدها على المحصول المستهدف مما يدفع بتقليل المساحة المصابة أو خفض نسبة الإصابة بصفة عامة أو بالتخلص من بقايا الأفراد التي هربت من المكافحة بوسائل أخرى.

٢ – تشتيت التزاوج بالفيرومونات

يعتمد أسلوب تشتيت تزاوج الآفة على إعاقة الإتصال الكيميائي بين جنسى الآفة المستهدفة بالمكافحة تحت الظروف الطبيعية مما يحول دون إستمرارية التزاوج والتكاثر. يتم ذلك بإطلاق تركيز عال من الفيرومون الأنثوي مما يؤدى إلى تشبع الهواء بكمية من المادة الفيرومونية تكفي لتقويض الإستجابة الطبيعية للذكور نحو الإناث غير المخصبة والمتاحة بهذا الوسط. ويعتقد أن المادة الفيرومونية، تحت مثل هذه الظروف، تحدث شللاً كاملاً للمستقبلات الحسية بقرون إستشعار الذكور نتيجة التعرض المستمر لتركيزات فيرومونية تعلو بكثير المستوى الطبيعى للفيرومون مما لا يتيح للذكور فترة كافية للبحث عن الأنثى رغبة في التزاوج، أو تحول دون الإستجابة إلى مستوى التركيز الفيرومونى الطبيعي الذي تنتجه الأنثى بالوسط (شكل ٤:٤). قد تستعمل مركبات كيميائية غير فيرومونية لتشتيت الإتصال الجنسي لكنها لا تعمل على جذب أفراد الآفة بل تقوم بمنع أو حجب أو إعتراض الإشارة الفيرومونية الصادرة من هذه الأفراد، وقد تحول هذه المركبات عند تشبع المحيط الهوائي بها، دون تحديد موقع الجنس الآخر.

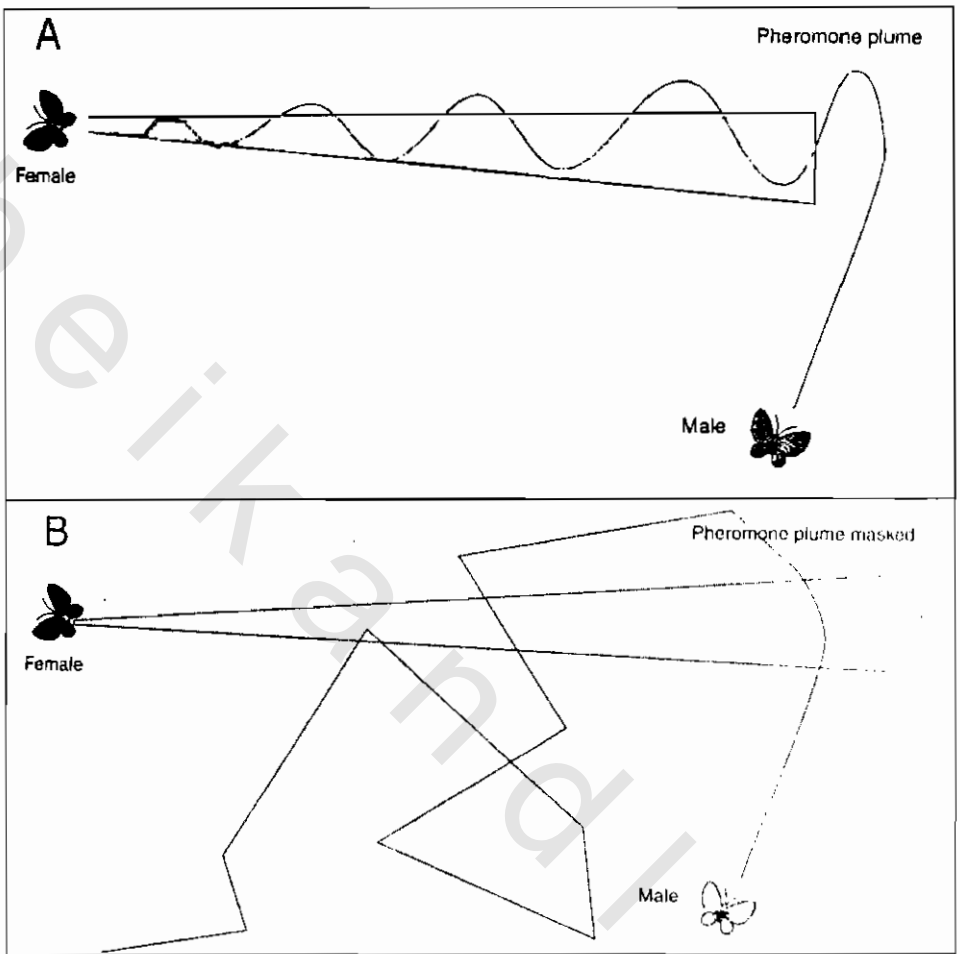
يتطلب إستعمال الفيرومونات الجنسية في تشتيت الإتصال الجنسي معلومات مكثفة عن بيولوجية وسلوكية الحشرة. من المهم للغاية معرفة الحقائق التي توضح خروج الحشرات الكاملة من طور العذراء وقدرتها على الإنتشار بعد ذلك وكذلك سلوك التزاوج.

يجب أن تتميز الفيرومونات التي تستعمل رشا بمعدل إنتشار عال ومتجانس أفقياً ورأسياً بالمحيط الهوائي، وأن تتجزأ بسرعة فور ملامستها النبات، ولذا يلزم خلط هذه الفيرومونات بمواد حاملة، أو ناشرة، أو بمستحضرات بطيئة الإنسياب، وقد يكتفي بوضع الفيرومون في عديد من المواقع الإستراتيجية بوسط الإنتشار. يجب أن تمر الفيرومونات، بالرغم من عدم سميتها، بإختبار الأمان تلافياً لما قد يترتب عن إستخدامها غير الرشيد من أضرار جانبية.

محددات نجاح إستخدام الفيرومونات فى تشتيت التزاوج.

- هجرة الإناث الملقحة إلى المنطقة المستهدفة بالمكافحة بواسطة الفيرومون الجنسى يقلل من تأثيرخفض تكاثر الآفة فى المنطقة. على هذا فإنه من المهم جداً أن تكون المنطقة المستهدفة بالمكافحة ذات مساحة كافية لإستيعاب تأثير الإناث الملقحة المهاجرة إليها.
- يعتمد نجاح هذا التكنيك على توصيل وصيانة وضمان توفر تركيز مناسب من الفيرومون الجنسى خلال كل المساحة المعاملة. وربما يكون هذا صعب التنفيذ تقنياً وإقتصادياً، والأصعب على الإطلاق هو نشر فيرومونات النيماتودا بالتربة.

- **الفيرومونات** الجنسية متخصصة للنوع وعلى ذلك فإنها تستخدم لمكافحة نوع معين من الآفات. فإذا ما تواجدت آفة أخرى بنفس المنطقة فإن ذلك الفيرومون لن يؤثر على خفض تعدادها، ولكن ربما يتيح الفيرومون الفرصة للأعداء الطبيعية لخفض تعداد تلك الآفات نظراً لعدم إستخدام المبيدات بالمنطقة.



شكل (٤:٤) يوضح كيفية عمل الفيرومونات الجنسية لتشتيت تزاوج الحشرات: (A) يصل الذكر إلى الأنثى ويتم التزاوج طبيعياً، (B) الذكر لا يستطيع الوصول إلى الأنثى ولا تلقيحها نتيجة لتشبع الجو بالفيرومون الجنسى الصناعى. المنطقة المظللة تدل على نطاق عمل وتشبع المنطقة بالفيرومون الجنسى.

ج- **إنجذاب الحشرات إلى الطعوم السامة:** تستعمل الفيرومونات حالياً مع المبيدات الكيميائية وذلك لجذب الحشرات إلى الطعوم السامة لقتلها. من أشهر الأمثلة على ذلك إستخدام الميثيل إيجينول مع مبيد ناليد لإستئصال ذبابة الفاكهة الشرقية بجزيرة روتا، ومركب كيو- لور مع نفس المبيد للسيطرة على ذبابة البطيخ في جزر هاواي، وإستئصال ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط بإستخدام طعم الخميرة ومبيد المالاثيون، كما يستخدم منذ فترة طويلة طعوم من النخالة والمولاس مسممة ببعض المبيدات الحشرية لمكافحة النطاطات والديدان القارضة وصراصير الغيط.

د- **أنجذاب الآفات إلى أماكن يوجد بها الممرضات الحشرية:** تستعمل الفيرومونات حالياً في المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية عن طريق جذب هذه الآفات إلى مواقع خاصة حيث تلاصق عاملاً ممرضاً entomopathogen تنقله بعدئذ إلى مجتمع الحشرة الطبيعي مؤدية إلى هلاكه.

هـ- **إستخدام الجاذبات لتركيز وتجمع الآفة** في منطقة محددة ثم معاملتها بالمبيدات الحشرية المناسبة أو إستخدام الطرق الزراعية.

ن- **إستخدام الفيرومونات في برامج التعقيم للحشرات المتوطنة** وذلك لجذب الحشرات إلى مصدر المعقمات الكيميائية.

و- **إستخدام الفيرومونات المنبهة لإثارة الحشرات** مما يجعلها أكثر عرضة للمبيدات، وعلى سبيل المثال تتزايد فاعلية المبيدات الحشرية بالملامسة ضد حشرات المن بتطبيق الفيرومون المنبه فارنسين على النباتات المعاملة بالمبيدات، مما يعمل على إثارة المن ويدفعه للتحرك من السطح السفلي للأوراق وبالتالي التعرض لمزيد من المادة السامة.

ى- **الحد من أضرار المبيدات** تجاه بعض الحشرات النافعة والملقحات الحشرية مثل نحل العسل، فقد وجد أن رش المحصول المعد لإنتاج زيت بذرة اللفت بواسطة الفيرومون المنبه لنحل العسل قبل رش المبيد يؤدى إلى مغادرة أعداد كبيرة من النحل المحصول وبالتالي الإقلال من الضرر الواقع عليها نتيجة الرش.

أسباب فشل الفيرومونات في مكافحة الآفات الحشرية:

لم يحقق الإعتماد على الفيرومونات نجاحاً ملحوظاً في مكافحة كثير من الآفات الحشرية، وقد يرجع ذلك إلى عدة عوامل أهمها:-

obeikandi.com

١- نقص المعلومات المتاحة عن سلوك الحشرة.

٢- إجراء عملية المكافحة بالفيرومونات في وجود تعداد عال من الآفة الحشرية.

٣- توزيع المصائد في الحقل بطريقة خاطئة.

٤- التوقيت الخاطئ عند استخدام المكافحة بالفيرومونات.

٥- إجراء المكافحة بالفيرومونات فى أحد الحقول بينما لا يتم مكافحة الآفة فى الحقول المجاورة مما يؤدى إلى حدوث غزو حشري من مناطق أخرى مجاورة.

٦- من الأمور التى تتعلق بفشل إستخدام فيرومونا ما فى منطقة ما وفاعليته فى منطقة أخرى ما حدث بالنسبة للفيرومون الجنسى الخاص بحشرة دودة قرون اللوبيا *Etiella zinkenella*. أستخدم هذا الفيرومون فى مصر وبعض الدول الأوربية معطياً نتائج مرضية، ولكن عند إستعمال هذا الفيرومون بنفس مكوناته (أربع مركبات رئيسية) فى اليابان لم يعط نتائج مرضية. وعند إستخلاص الفيرومون الجنسى من جماهير هذه الآفة المتوطنة فى اليابان وتحليله كروماتوجرافياً، إتضح أن مكوناته هى خمس مركبات رئيسية وليست أربعة. وبإضافة هذا المركب الخامس إلى الفيرومون الأصلى المصنع تجارياً كانت المفاجأة أن زادت فاعلية هذا الفيرومون فى اليابان. ويعتقد أن هذا الإختلاف ربما يعزى إما إلى عدم دقة تحليل الفيرومون الجنسى المصنع تجارياً فى الأسواق أو إلى إختلاف جماهير تلك الآفة فى كل من اليابان والدول الأخرى.

ثانياً: الأليلوكيميائيات (الكيميائيات الأليلية) Allelochmicals

تم إستخدام هذا المصطلح بواسطة وايتكر Whittaker ، ١٩٧٠ على أنها "**الكيميائيات التى تتوسط تفاعلات معينة بين كائنات من أنواع تقسيمية مختلفة**"

وهناك حتى الآن أربعة أنواع من هذه الكيميائيات

١- الألومونات	Allomones
٢-الكيرومونات	Kairomones
٣ - الجاذبات النباتية	Synomones
٤ - الأبنيومونات	Apneumones

أعتمد فى هذا التصنيف على درجة الإستفادة أو الضرر التى تلحق بالكائن المفرز (الباعث) emitter وكذلك الكائن المستقبل receiver ويمكن تلخيصها كما يلى فى جدول رقم (١:٤).

obeikandi.com

جدول (١:٤) مدى النفع أو الضرر الذى يلحق بالكائنات الحية نتيجة لإرسال أو إستقبال الأليلوكيمائيات.

المادة	الكائن المفرز (الباعث)	الكائن المستقبل
١- الألومونات	إستفادة	ضرر
٢-الكيرومونات	ضرر	إستفادة
٣ - الجاذبات النباتية	إستفادة	إستفادة
٤ -- الأبنيومونات	-	إستفادة

(١) الألومونات Allomones

وهى المواد التى تنتج أو تكتسب بواسطة كائن ما، وعندما تلامس أو تستقبل بواسطة أفراد من أنواع تقسيمية أخرى فى البيئة الطبيعية يظهر فى الكائن المستقبل إستجابات فسيولوجية وسلوكية تكون نافعة للكائن المفرز وليس للكائن المستقبل.

هناك العديد من الأمثلة لتلك المجموعة منها السموم الحشرية التى تعتبر من هذا النوع من الكيميائيات مثل السموم التى تستخدم فى القبض على الفريسة prey capture، وكذلك الدفاع عند الإفتراس حيث تقذف بعض الحشرات بمواد كيميائية معينة لطرد المفترسات والطفيليات ومنعها من مهاجمتها. كذلك فإن الدبور *Mischoocyttarus derwseni* يضع إفرازاً معيناً فى سيقان العش الخاص به ليطرد النمل. أيضاً فإن اليرقات التابعة لعائلة Popilionidae تمتلك غدة رقبية تنتج مادة دفاعية عند حدوث مضايقات لليرقات فى المكان الذى تتواجد فيه المضايقة. علاوة على ذلك فإن مثل هذه المواد يمكن أن تلعب دوراً دفاعياً للنبات لتحميه من الحشرات العاشبة. لا تستخدم الألومونات فقط فى الدفاع ولكن تستخدمها أيضاً بعض المفترسات لجذب الفرائس.

هناك أيضاً العديد من المواد الثانوية التى تلعب دوراً أساسياً فى ميكانيكية الدفاع عن النباتات والتى تجعل الحشرات العاشبة تترك التغذية لأسباب متعددة منها عدم الملائمة لنمو الحضنة والتأثير على الخصوبة والمبايض وعدم الإستساغة وكذلك نسبة البقاء لأفراد العشيرة.

أعتمد قديماً مصطلح المواد الطاردة repellents ليشير إلى مانعات التغذية ولكن المواد مانعة التغذية لا تعنى الطرد بدليل أن الحشرة لا تبتعد عن السطح المعامل. وعموماً فإن مانعات التغذية هى عبارة عن المواد الكيميائية التى تمنع بدء أو إستمرار الحشرات فى التغذية على العائل، وهذه المواد غالباً ما تكون فعالة عند التركيزات المنخفضة منها، وقد تكون مواد مانعة التغذية لحشرة

معينة هى منبهات للتغذية لحشرة أخرى، فعلى سبيل المثال وجد أن المواد مانعة التغذية للجراد الإفريقى هى منبهات للتغذية للجراد الصحراوى. وعموماً فإن إختيار الحشرات لعوائلها المناسبة يعتمد بصفة أساسية على توزيع الكيميائيات الطاردة والمانعة للتغذية فى المملكة النباتية. وتعتبر الحشرات عديدة العوائل polyphagous insects أقل حساسية تجاه مانعات التغذية عند مقارنتها بالحشرات محدودة العوائل أو وحيدة العائل.

التأثيرات المختلفة لمانعات التغذية

١- التأثير العقمى sterilization effects

أظهرت الدراسات الحديثة أن بعض مركبات مانعات التغذية لها تأثير عقمى للحشرات المتغذية عليها. فعلى سبيل المثال يكون لبعض مركبات القصدير العضوية أثر عقمى للذباب، وكذلك مركب الديوتير يكون له أثر عقمى لدودة ورق القطن الكبرى وكذلك دودة اللوز الشوكية.

٢- التأثير على معدل إستهلاك الأكسجين effect on oxygen consumption

من المتعارف عليه أن معدل إستهلاك الأكسجين يزداد فى بداية عمر اليرقة ثم يتناقص تدريجياً كلما تقدمت اليرقة فى العمر. وجد أن زيادة تركيز الأكسجين يضر ضرراً بالغاً بالحشرات إذ أظهرت الدراسات أن مركب الديوتير يقلل من معدل التنفس ليرقات دودة ورق القطن المغذاة على ذلك المركب مقارنة باليرقات الطبيعية.

٣-التأثير على المحتوى البروتينى effect on protein contents

أظهرت الدراسات التى أجريت على دودة ورق القطن أن مركب الديوتير يؤدى إلى إنخفاض المحتوى البروتينى للإناث بنسبة ٦٧% وللذكور بنسبة ٥٥%، كما يخفض نفس المركب من تركيز الأحماض الأمينية فى يرقات وعذارى ذبابة الفاكهة.

٤- التأثير على تمثيل الكربوهيدرات effect on carbohydrate metabolites

تؤثر مانعات التغذية على تحلل الكربوهيدرات فى الكائنات المعاملة، فعلى سبيل المثال وجد أن مركب الديوتير يخفض من السكريات المختزلة فى يرقات وعذارى ذبابة الفاكهة، كما أن معاملة القواقع المائية بهذا المركب ينبه عمليات تحلل الجلوكوز إلى حمض اللاكتيك ويقلل من تركيز الجليكوجين.

obeikandl.com

٥- التأثير على مصادر الطاقة effect on energy production

تعمل مانعات التغذية على وقف ADP (oxidative phosphorylation) حيث توقف تدخل الفوسفور غير العضوى فى تكوين ATP (adenosin tri phosphate).

تتميز مانعات التغذية بأنها محدودة الضرر على الأعداء الطبيعية والملقحات الحشرية وكذلك إنخفاض سميتها للإنسان أو للنباتات المعاملة مقارنة بالمبيدات الأخرى. كما أن الحشرات غالباً ما تتوقف عن التغذية على النباتات المعاملة فوراً. كما أنه يمكن خلطها مع المبيدات الأخرى بل وقد تزيد من فاعليتها فى كثير من الأحيان. وأخيراً فإن الحشرات قد تظهر صفة المقاومة لتلك المركبات ولكن بصورة بطيئة نسبياً مقارنة بالمبيدات الحشرية الأخرى.

(٢) الكيروموناتKairomones

كلمة كيرومون مشتقه من كلمة kairos ومعناها إستغلال أو إنتهاز opportunistic، وهذه الكلمه تم إستخدامها بواسطة براون Brown وآخرون ، ١٩٧٠، وتم تعريفها على أنها مادة أو مواد تفرز أو تكتسب بواسطة كائن ما وعندما تتلامس فى الطبيعة مع كائن من نوع تقسيمى آخر فإن الكائن المستقبل يظهر إستجابات فسيولوجية وسلوكية تكون مفيدة ونافعة بالنسبة له وغالباً ما تكون ضاره للكائن المفرز.

وقد إعترى مصطلح كيرومون كثيراً من الإعتراضات فى الآونة الأخيرة ولكن حتى الآن ما زال هو الأفضل والأكثر إستخداماً. هناك بعض المواد الكيميائية التى تشجع بعض الحيوانات للتغذية على النبات وفى هذه الحالة تكون هذه المواد طبقاً للتعريف هى كيرومون، بينما نفس المادة تعمل على طرد أو الإسراع فى ترك أنواع أخرى من الحشرات العاشبة للنبات (مواد طاردة) وفى هذه الحالة تصنف علمياً كألومونات Allomones.

مصادر الكيروموناتKairomones

تم تسجيل أعداد هائلة من الأعداء الطبيعية التى تستخدم الكيروموناتKairomones فى عملية ملاقاة العائل host location وكذلك فى إختيارها للعائل host selection. تشتمل الكيروموناتKairomones أيضاً على مجموعة كبيرة من الجاذبات وكذا منبهات الإلتهام phagostimulants والتي تساعد المفترسات في إيجاد الضحية، وكذلك تساعد الحشرات العاشبة في أن تجد غذائها النباتي أي أنها رسائل كيميائية من كائن حي تفيد كائناً حي آخر. ولهذه الكيروموناتKairomones مصادر متعددة فى الحشرات سنركز هنا على بعض منها.

أ- جلود إنسلاخ العائل أو الضحية host/ prey exuviae

تعرف جلود الإنسلاخ على أنها طبقة جدار الجسم التى منها تخرج اليرقات، والحوريات، والحشرات الكاملة. يعتمد كثير من الأعداء الطبيعية (طفيليات، مفترسات) على الكيرومونات الموجودة فى جلود الإنسلاخ لتقودهم إلى ملاقاة عوائلها أو فرائسها، كما أن العديد من الطفيليات شوهدت وهى تتحسس جلود إنسلاخ العوائل التى خرجت منها وبالتالى تكتسب بعض الخبرة منذ اللحظة الأولى من فترة حياتها كحشرة كاملة من الروائح الخاصة بالعوائل التى سوف تبحث عنها طوال فترة حياتها.

أمثلة:

١- وجد أن الطفيل *Aphytis melinus* وعدد آخر من أنواع نفس الجنس يستجيب بقوة لمستخلصات مائية من أغطية covers عوائلها مثل الحشرة القشريه الحمراء.

٢- وجد أن السلوك البحثى لكل من المفترسين *Exochomus* sp. & *Diomus* sp. تأثر بقوة عندما لامست المفترسات أو تحسست جلود الإنسلاخ الخاصة بفرائسها (بق الكاسافا الدقيقى) *Phenococcus manihoti*، ووجد أيضاً أن جلود الإنسلاخ أمسكت المفترسات فى المكان المتواجدة فيها، فيما يسمى بالإستجابة الإستقرارية arrestment response.

٣- وجد أن مادة dialkyltetrahydrofurans 2,5 المتواجدة فى كل من براز وجلود إنسلاخ يرقات حشرة *Mythimna* (*Pseudalatia*) *separata* لها تأثير قوى على طفيليات هذه الحشرة إذ أدت إلى زيادة الكفاءة البحثية للطفيل *Cotesia kariyai* بالإضافة إلى زيادة إستعمال آلة وضع بيض الطفيل إستعداداً للتطفل.

٤- عند إختبار جلود الإنسلاخ الخاصة ببعض أنواع المن فى جهاز مقياس الشم olfactometer مع الطفيل *Aphidius ervi*، وجد أن الطفيل إستجاب بقوة إلى جلود الإنسلاخ ولكن فى نطاق محدود المسافة.

٥- فى طفيليات الذبابة البيضاء، وجد أن طفيل *Encarsia formosa* يتغير سلوكه البحثى من السلوك العشوائى random إلى سلوك أكثر تركيزاً ودوراناً حول نفسه selfgroom عند تحسسه جلود الإنسلاخ الخاصة بعوائله *Bemisia tabaci*، *Trialeurodes voporariorum*. وأن السلوك البحثى للطفيل إزداد أكثر من عشرين ضعفاً علي النباتات المتواجد عليها الندوة العسلية وجلود الإنسلاخ مقارنة بالنباتات النظيفة الخالية من تلك المواد. وجد أيضاً أن المستخلص المائى لجلود إنسلاخ الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* أظهر إستجابة للإستبقاء

arrestment response بطريقة جيدة عند معاملتها على ورقة ترشيح وأن مدة بقاء الطفيل على مثل هذه الأوراق المعاملة كانت أطول من المقارنة، وأن كلاً من الطفيل *Eretmocerus* sp. والطفيل *Encarsia bimaculata* يستخدم جلود إنسلاخ عائله فى الوصول إليه خاصة على النباتات المصابة.

٦- وجد أن الطفيل *Microplitis demilitor* (وهو طفيل يهاجم يرقات دودة كيزان الذرة) المربى على عوائل متغذية على نبات ما يستجيب جيداً للروائح المنبعثة من النبات المصاب بالعائل. تحدث هذه الإستجابة فقط فيما لو سمح للطفيل أن يخرج طبيعياً من شرنقته، لكن لو قطعت الشرنقة وأزيلت فإن إستجابة الطفيل تكون ضعيفة للروائح المنبعثة من النباتات. ويتحسن رد الفعل والإستجابة فقط إذا سمح للطفيل بالمشى وملامسة شرنقته بقرون إستشعاره. مما لا شك فيه أن الشرانق تحتوى على روائح من العائل ومن النباتات التى يتغذى عليها العائل. ومن هنا فإن هذه الحالات المبدأية هى التى تمد بالخبرة التى تساعد الطفيليات فى الوصول إلى عوائلها.

وعلى الرغم من هذا الدور الهام الذى تلعبه جلود الإنسلاخ كمصدر للكيرومونات ومن ثم المساعدة فى وصول العدو الحيوى لعائله، إلا أنه فى بعض الحالات قد تلعب دوراً معاكساً من حيث حماية الحشرات المتغذية نباتياً من مهاجمة أعدائها الطبيعية. على سبيل المثال، تحتفظ حوريات الذبابة البيضاء *Aleyrodes singularis* بجلود الإنسلاخ على الجسم كأداة واقية من مهاجمه الطفيل *Encarsia inaron*. ووجد أن بعض المواد الكيميائية الموجودة فى جلود الإنسلاخ تلعب دوراً هاماً كمادة طاردة repellent or allomones عن طريق طرد الأعداء الطبيعية وبالتالى حماية الآفات الحشرية من الأعداء الطبيعية.

ب- براز الحشرات Fecal products (faeces)

يعتمد نجاح معظم الطفيليات والمفترسات فى الوصول لعوائلها أو فرائسها على نجاحها فى إكتشاف كل الأدلة الدالة على وجود العائل ومنها براز العائل. أظهرت بعض الدراسات الحديثة أن معظم الطفيليات تستخدم براز العائل كمصدر للكيرومون قصير المدى short range kairomone فى حين يعتمد عليه البعض الآخر ككيرومون طويل المدى long range kairomone. ولعل من الغريب أيضاً قدرة الطفيل *Microplitis crocepis* على التمييز بين براز عائله *Heliothis zea* وبراز العوائل الحشرية الأخرى التابعة لنفس العائلة الحشرية (Noctuidae). أما الطفيل *Microplitis demolitor* فقد كان أكثر قدرة على التمييز والتفريق بين براز عائله الذى تم تربيته

على عائل نباتى وذلك الناتج من يرقات تم تربيتها على بيئة صناعية، مما يوضح مدى الدور الذى يلعبه العائل النباتى فى التركيب الكيماوى لبراز الحشرات وبالتالى التأثير على الأعداء الطبيعية. أيضاً وجد أن الطفيل *M. demolitor* عندما عرض لبراز عائله *Heliothis zea* المربى على عوائل نباتية مختلفة أظهر تفضيلاً لبعض العوائل النباتية دون الأخرى. ليس هذا فحسب، بل عند تعريض الطفيل قبل التجارب لبراز عائله أدى إلى تحسين سلوكه البحثى وإختصار المدة التى يأخذها حتى الوصول للعائل. ولقد وجد أن مادة 1.3 methylentri contane هى المادة الفعالة والجاذبة للطفيل فى براز *H. zea*. أيضاً وجد أن الطفيل *Omyzus gallerucae* (طفيل بيضة على خنفساء ورق الدردار *Xanthogalleruca luteata*) يستخدم كل من الجاذبات النباتية وكذلك الكيروموندات الصادرة من العائل الحشرى فى الوصول للعائل، وقد ثبت فى إختبارات على ورق ترشيح معامل بمستخلص من براز كلاً من الحشرتين*X. luteata*، *X. lutealata* ، قدرة الطفيل على التمييز بينهما، وإنجذابه فقط لبراز عائله *X. luteata* وذلك عند الملامسة بواسطة قرون الإستشعار. تم تسجيل نفس السلوك فى الطفيل *Cotesia kariyai*، حيث عند رش نباتات الذرة بمركب 2,5 dialkyltetrahydrofuran (المادة الجاذبة فى براز عائله *Mythimna separate*)، زاد معدل التطفل على اليرقات الموجودة على النباتات المعاملة بدرجة معنوية عالية مقارنة بالكنترول.

ج- فيروموندات العائل Host pheromones

سنتطرق هنا فقط إلى قدرة الطفيليات على إكتشاف وإستخدام الفيروموندات الخاصة بعوائلها للوصول إليها. فقد ذكر أنه فى بعض الحالات لا يستطيع الطفيل الحصول على أية معلومات مفيدة من خلال الأطوار غير الكاملة للعائل، وبالتالى تعتمد تلك الطفيليات على الأطوار الكاملة لعوائلها للوصول للطور المناسب للتطفل. مثال على ذلك، إنجذاب الطفيل *Trichopoda pennipes* (Tachinidae) للفيرومون الجنسى الذى يفرزه ذكر البقة الخضراء *Nezara viridula* وذلك لجذب أنثاه من أجل التزاوج حيث يجذب ذلك الفيرومون كل من إناث البقة الخضراء والطفيل معاً.

أما فى حالة ذبابة الفاكهة، فقد وجد أن فيرومون تعليم العائل host marking pheromone الذى تتركه إناث ذبابة الفاكهة على الثمار التى تم وضع البيض فيها لتمييزها عن الثمار السليمة التى لم تهاجم بعد، يمكن أيضاً إكتشافه وإستخدامه بواسطة الطفيليات للوصول للعائل. على سبيل المثال ثبت أن طفيليات البيض واليرقات الصغيرة لذباب الفاكهة تستجيب لفيرومون تعليم العائل وتستخدمه ككيرومون خلال بحثها عن العائل. وجد أيضاً أن تلك الطفيليات تبحث وتفحص الثمار

المصابة أو المعلمة infested or marked fruits بصورة أكثر منها فى الثمار السليمة un-marked or healthy fruits، وقد وجد أن نفس الإستراتيجية تستخدمها الأعداء الطبيعية المرتبطة بخنافس القلف التى تستجيب لفيروموناتالتجمع aggregated pheromone وإستخدامه ككيرومون لملاقاة العائل.

د- إفرازات الغدد المساعدة Accessory gland secretions

تفرز الغدد المساعدة فى كثير من إناث الحشرات لرتب مختلفة خاصة ناقصة التشكل إفرازات لاصقة عند وضع البيض وذلك إما لجمع البيض معاً او لزيادة إلتصاق البيض بالأسطح الموضوع عليها، وبإستثناء بعض الحشرات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة فإن التركيب الكيميائى لهذه الإفرازات غير معروف بدقة.

ثبت أن بعض الطفيليات الحشرية تستخدم مثل هذه المواد اللاصقة ككيروموناً أثناء البحث عن العائل. على سبيل المثال، فقد ثبت أن الطفيل *Telenomus heliothidis* يستخدم إفرازات الغدد المساعدة المفرزة مع بيض من النوعين *Heliothis zea* و *H. virescens* كماده كيرومونية للوصول للعائل. أيضا ثبت أن ذلك الطفيل يستطيع التمييز بين إفرازات كل من كلا العائلين السابقين وإفرازات الغدد المساعدة لحشرة ليست من ضمن عوائله وهى حشرة *Spodoptera frugiperda*. وقد وجد أن تركيب البروتين فى إفرازات كلا النوعين *H. virescens* و *H. zea* متشابة تماماً ولكنه يختلف تماماً مع بروتين إفراز حشرة *S. frugiperda* ، لذا يرجع الإختلاف فى إنجذاب وإستجابة الطفيل إلى الإختلاف فى التركيب البروتينى. على العكس من ذلك، فقد وجد أن إفرازات الغدد المساعدة فى كل من حشرتى *S. frugiperda* و *H. zea* قد أثرت بشكل ملحوظ على تعرف الطفيل *Trichogramma pretiosum* والطفيل *Telenomus remus* لعوائلهما. أظهرت النتائج أيضاً أن المواد المفرزة من الغدد المساعدة فى حشرة *S. frugiperda* قد شجعت وحثت الطفيل *T. remus* لإستخدام ودفع آلة وضع البيض بينما لم يحدث ذلك فى حالة الطفيل *T. pretiosum*. أما فى حالة إفرازات الغدد المساعدة لحشرة *H. zea* فقد أحدثت و أظهرت إستجابة للطفيل *T. pretiosum* بينما لم يحدث ذلك فى الطفيل *T. remus* مما يوضح الدور الذى تلعبه مثل هذه الإفرازات فى تعرف الطفيليات ووصولها لعوائلها.

هـ- حراشيف الحشرات Insect scales

تترك كثير من الحشرات وأبى دقيقيات التابعة لرتبة حرشفية الأجنحة بعضاً من حراشيفها فى مكان وضع البيض عند مغادرتها لمكان العائل النباتى أو مكان وضع البيض، وقد وجد أن

مثل هذه الحراشيف يعتبر مصدراً هاماً لوصول كثير من الطفيليات التى تهاجم مثل هذه الحشرات. فى حاله الطفيل *Trichogramma evanescens*، على سبيل المثال، وجد أن تعريض الإناث، قبل إستخدامها فى التجارب، لكل من الحراشيف أو مستخلص الهيكسان للحراشيف أزاد من الكفاءة البحثية للطفيل وبالتالى زيادة نسبة التطفل. أيضا فى حاله طفيل البيضة - يرقة *Chelonus* sp. (Braconidae)، فقد أظهر الطفيل سلوك وإستعداد جيد لوضع البيض وذلك عند تعرضه لمستخلصات ستة أنواع من حراشيف حشرات حرشفية الأجنحة (من ثلاث عائلات) بعضهم ليس من ضمن عوائل الطفيل. ويعتقد أن مثل هذه الإستجابة الواسعة للحراشيف ربما تكون غريزية innate أو داخلية intrinsic response وقد تتسبب فى بعض الحالات فى إضاعة وقت الطفيل المحدود جداً فى تحسس مناطق بها حراشيف ليست بحراشيف عوائلها.

و- الندوة العسلية Honeydew

الندوة العسلية هى محلول مائى لزج غنى بالكربوهيدرات وفقير فى البروتين والفيتامينات يتم إخراجه بواسطة الحشرات الثاقبة الماصة من رتبتى نصفية الأجنحة Hemiptera ومتشابهة الأجنحة Homoptera المتغذية على لحاء كثير من النباتات. من المعروف أن مثل هذه الحشرات تلجأ إلى إخراج هذه الندوة العسلية لضبط نسبة الكربوهيدارت / البروتين بما يتناسب مع إحتياجاتها الغذائية. عند إخراج الندوة العسلية فإنها تنساب على الأوراق السفلى (غالباً السطح العلوى) والبراعم والثمار مما يتسبب فى سهولة نمو فطريات العفن الهبابى (العفن الأسود)، وبالتالى التقليل من عملية البناء الضوئى علاوة على أن وجود مثل هذه المواد على الثمار من الخضر والفاكهة يقلل من جودة المنتج وتقليل قيمته التسويقية.

تحتوى الندوة العسلية على نسبة كبيرة من الكربوهيدرات وقليل من الأحماض الأمينية (بروتين) وبعض الفيتامينات والأملاح المعدنية إلا أنه ليس هناك ندوة عسلية واحدة تحتوى على كل الأحماض الأمينية العشرة الأساسية essential amino acid مما يجعلها، رغم سهولة الحصول عليها بواسطة الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات، وجبة غذائية غير متكاملة. عموماً ففى مجال المكافحة البيولوجية وجد أن الندوة العسلية لها دور هام وبارز من حيث العلاقة بالأعداء الطبيعية ودورها فى أن تكون مصدراً غذائياً أو كمصدراً كيرومونياً يستخدم بواسطة الأعداء الطبيعية كحافز بحثى searching stimulant أو حافز لوضع البيض ovipositional stimulant. وجد فى كل الحالات أن فترة بقاء الأعداء الطبيعية فى البؤر patches التى يتواجد فيها الندوة العسلية كانت أطول بكثير من المناطق أو النباتات التى لا تحتوى على الندوة العسلية. فعلى سبيل المثال،

وجد أنه بمجرد ملامسة الطفيل *Encarsia formosa* المتطفل على الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* للندوة العسلية فإن سلوكه البحثي يتغير من حالة عشوائية إلى حالة أكثر تركيزاً وذلك كدليل على وجود العائل فى المناطق المحيطة، وأن فترة بقاء الطفيل على النباتات المصابة بالذبابة البيضاء والمتوفرة عليها الندوة العسلية كانت أطول من ٢-١٠ مرات عنها فى حالة النباتات غير المصابة. أيضاً وجد أن إستجابة الطفيل *E. bimaculata* للندوة العسلية المفرزة من الذبابة البيضاء *B. tabaci* كانت مرتبطة بالتركيز concentration-dependent response فكلما زاد تركيز الندوة العسلية طالت فترة بحث وبقاء الطفيل في المنطقة المحتوية عليها. بل أن الطفيل في كثير من الأحيان كان يطيل البحث أيضاً في المناطق المجاورة للمناطق المعاملة مما يؤكد على أن الطفيل معتاد على إستخدام الندوة العسلية كمصدر وحافز للبحث عن العائل. أيضاً فإن الطفيل *E. bimaculata* عند إطلاقه في مناطق معاملة بالندوة العسلية لعائله أظهر كل من الإستجابة orthokinetic response (تقليل سرعة المشي وزيادة فترات التوقف والدوران) وكذلك الإستجابة klinotactic response (الرجوع الى منطقة وجود الحافز عند فقدانه الملامسة معها).

أيضاً في بعض المفترسات مثل *Exocomus* sp. ، *Diomus* sp. فقد وجد أن كليهما قد إستخدم الندوة العسلية المفرزة من حشرة *Phenococcus manihati* ككيرومون للوصول للفريسة وأن المفترس أزاد من البحث في المناطق المتواجد بها الندوة العسلية.

ولعل أكثر الطفيليات التى تم دراسة علاقتها بالندوة العسلية أو إستخدامها لها على أساس أنها مصدر للكيرمون كانت طفيليات المن من جنسى *Aphelinus* و *Aphidius*. أظهرت الكثير من الدراسات الحديثة أن معظم هذه الطفيليات يستخدم الندوة العسلية كدليل قوى على وجود العائل فى تلك المناطق مما يزيد من زيادة القدرة البحثية فى تلك المناطق وبالتالى يزيد من فرصة مقابلة العائل وضمان حفظ النوع. ولعل من أهم استخدامات الندوة العسلية فى مجال معاملة أو معالجة البيئة الطبيعية للطفيليات environment manipulation كان متمثلاً في الأتي:-

أ- وجود الندوة العسلية في بعض الحالات يزيد من فرصة بقاء وبحث الطفيليات في بعض المناطق والحقول المعاملة بالمبيدات الحشرية وبالتالي الوصول إلي بقايا العائل التي لم تقتل بواسطة المبيد الحشري، فعلي سبيل المثال كان وجود الندوة العسلية كافياً بالنسبة للطفيل *Aphidius ervi* لكى يبحث عن عائله في المناطق المعاملة بالمبيدات.

ب- إستخدام الندوة العسلية الصناعية مثل محلول السكروز قد أطال من فترة بقاء الطفيليات والمفترسات داخل الحقول وكذلك أطال من فترة حياة الحشرة الكاملة وبالتالي زيادة نسبة

التطفل أو الإفتراس، وفي بعض الحالات زيادة نسبة التطفل حتى في الطفيليات غير المتطفلة علي حشرات ثاقبة ماصة، فعلي سبيل المثال، وجد أن رش محلول السكروز في حقول البرسيم أدى إلي زيادة نسبة التطفل بواسطة الطفيل *Bathyplectes carculionis* المتطفل على سوسة البرسيم.

جـ- يمكن إستخدام الندوة العسلية لجذب وسحب الأعداء الطبيعية من أحد الحقول التي تم أخذ القرار بمعاملتها بالمبيدات للقضاء علي إصابة حشرية معينة وبالتالي حماية الأعداء الطبيعية عن طريق سحبها pullout technique خارج الحقول المزمع معاملتها بالمبيدات. في هذه الحالة يتم رش الحقول المجاورة للحقل المزمع معاملته بالمبيدات بواسطة محلول سكرى (ندوة عسلية صناعية) وبالتالى تنتقل الأعداء الطبيعية إلى الحقل المعامل بالندوة العسلية وبعد ٢-٣ يوم يتم رش الحقل بالمبيدات الحشرية.

د- يؤدى معاملة بعض الحقول أو المساحات بواسطة الندوة العسلية الصناعية في بعض الحالات، إلي رفع كفاءة الأعداء الطبيعية وخفض نسبة الإصابة إلى حد غير متوقع حيث وجد أن معاملة بعض المساحات المنزرعة بالقطن بالندوة العسلية الصناعية أدى إلى زيادة أعداد المفترسات التابعه لعائلة Chrysopidae فى المنطقة المعاملة وزيادة نسبة البيض الموضوع بواسطة المفترسات، والأكثر من ذلك قد إنخفضت نسبة الإصابة بواسطة دودة لوز القطن نتيجة إفتراس المفترسات لبعض تلك الآفات، وأيضاً فى مزارع الخوخ زادت أعداد أسد المن *Chrysoperla carnea* بعد رش الحقول بالمحلول السكرى وإنخفضت معها نسبة الإصابة بحشرة من الخوخ *Myzus persicae*.

ظهرت بعض الآراء المتناقضة حول الدور الذى يمكن أن تلعبه الندوة العسلية (الصناعية أو الطبيعية) فى مجال معاملة أو معالجة بيئة الأعداء الطبيعية manipulation of natural enemy habitat على أساس أنه إذا حدث إنجذاب للعدو الطبيعى للندوة العسلية وزادت فترة البحث فى المناطق المتوفر فيها تلك الندوة، فإن ذلك يعتبر نقطة ضعف فى الطفيل وليست ميزة حيث أن الندوة العسلية قد تستمر وتبقى على النباتات المصابة على الرغم من مغادرة العائل أو الآفة للنبات أو إنتقالها الى طور أو عمر غير مناسب للتطفل أو الإفتراس بواسطة العدو الطبيعى. إلا أن هذا الرأى لا يمكن تطبيقه أو تعميمه على كل أنواع الأعداء الطبيعية وكذلك على كل الآفات الحشرية لعدة أسباب منها:

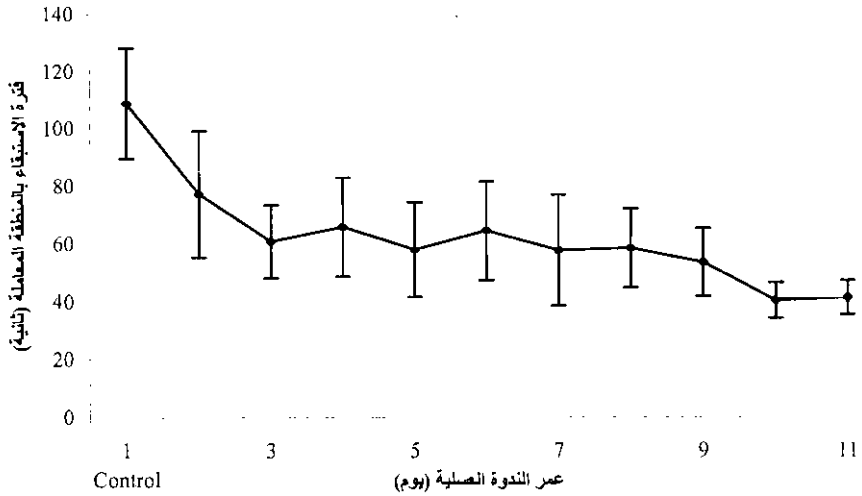
أ- أن إستجابة الأعداء الطبيعية للندوة العسلية تبدو داخلية أو غريزية حيث أن معظم الأعداء الطبيعية تعودت على الإستجابة للندوة العسلية.

ب- أن هناك بعض الطفيليات تستطيع التفريق بين الندوة العسلية المفرزة من العائل المفضل والعائل الأقل تفضيلاً بالإضافة إلى التفريق بين الندوة العسلية المفرزة من العائل الحشرى وتلك المفرزة بواسطة حشرة أخرى ليست عائله، فعلى سبيل المثال أظهر الطفيل *Encarsia formosa* تفضيلاً للندوة العسلية المفرزة من الحوريات أكثر من الحشرات الكاملة، بل ومن العمر الحورى الثالث والرابع عن العمر الحورى الأول والثانى لعائله ذبابة الصوب البيضاء *Trialeurodes vaporariorum*، وفى كل الحالات كان يفضل الندوة العسلية المفرزة من ذبابة الصوب البيضاء عن الندوة العسلية من العائل الأقل تفضيلاً وهو *B. tabaci*.

جـ- وجد أن معظم الأعداء الطبيعية تستجيب وتستخدم الندوة العسلية فقط ككيرومون بالملامسة contact kairomone وبالتالى لا تستجيب له إلا عند ملامسته لها وبالتالى لن تنجذب له من مسافة بعيدة وبالتالى يكون مقدار الوقت المفقود أو الضائع ضئيل للغاية.

د- مثل هذه الآراء قد يكون من الجائز تطبيقها فى بعض العوائل الحشرية المتحركة mobile host والتى تفرز ندوة عسلية مثل المن، ولكن لايمكن تطبيقها أو تعميمها والأخذ بها فى حالة العوائل الحشرية الساكنة أو غير المتحركة المفرزه للندوة العسلية sessile or immobile hosts مثل الذبابة البيضاء، والحشرات القشرية خاصة بالنسبة للأطوار الغير كاملة.

هـ- أظهرت الدراسات أيضاً أن معظم الطفيليات تظهر جاذبية للندوة العسلية حديثة الإفراز وأن فترة البحث والبقاء فى تلك المواقع يقل كلما زاد عمر الندوة العسلية. كانت فترة نشاط الندوة العسلية ككيرومون هى ٣ أيام فقط فى حالة طفيليات المن من جنسي *Aphidius* و *Aphelinus*، و٧ أيام فى حالة الطفيل *Encarsia bimaculata* (شكل ٥:٤). ويرجع ذلك إلى أن التعرض للظروف البيئية من رياح وحرارة وميكروبات يساعد على تكسير هذه المركبات وقلة فاعليتها بعد فترة، بالإضافة إلى أن الأمطار تعمل على غسل وإزالة الندوة العسلية القديمة وبالتالى قلة تأثيرها على الطفيليات.



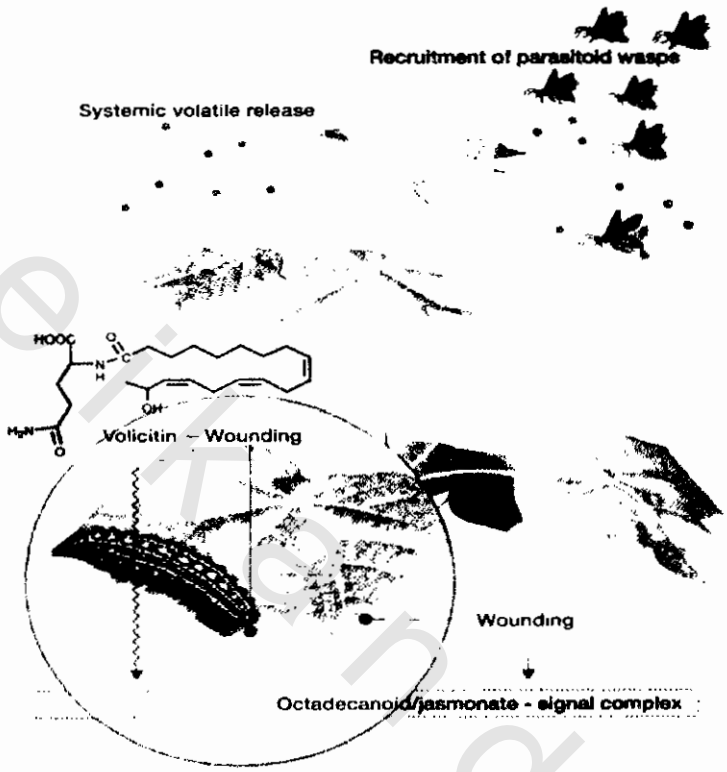
شكل (٥:٤) تغير إستجابة طفيل *E. bimaculata* للندوة العسلية لعائله بعداد فترات مختلفة من الإفراز (منصور وآخرون ، ٢٠٠٧).

(٣)- الجاذبات النباتية Plant synomones

تشتق كلمة Synomone من الكلمة (Syn) فى اللغة اليونانية ومعناها مع أو مرتبط مع Jointly. تم إستخدام هذا المصطلح لأول مرة عام ١٩٧٦ بواسطة العالمان نوردلوند ولويس Nordlund & Lewis. وقد تم تعريف الجاذبات النباتية على أنها مادة أو مواد كيميائية منتجة أو مكتسبة بواسطة كائن ما والتى عندما يحدث لها إتصال أو تلامس مع كائن آخر من نوع تقسيمى مختلف فى البيئة الطبيعية فإنها تحدث فى الكائن المستقبل تغيرات وإستجابات سلوكية وفسيولوجية تكون نافعة لكل من الكائن المستقبل والكائن الباعث على حد سواء، وبالتالى فهى علاقة تبادل منفعة.

عادة ما تطلق أوراق النبات كميات قليلة من المواد الكميائية المتطايرة، إذ يحتفظ النبات غير المصاب بمستوى خط قاعدى base line level من نواتج التمثيل المتطايرة التى تنساب من سطح النبات أو من مواقع التخزين فى الورقة أو منهما معاً ومثل هذه المركبات هى المسئولة عن إعطاء الرائحة المميزة لكل نوع نباتى. عندما يتعرض النبات لهجوم وتغذية حشرة عاشبة عليه، تنساب كميات أكبر من هذه المواد المتطايرة والتى يطلق عليها Herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) الذى تجذب كل من الحشرات الطفيلية والمفترسة كأعداء طبيعية لتلك الحشرة

العاشبة المهاجمة. تسمح مثل هذه المركبات المتطايرة التى تفرز كرد فعل للتلف التى تحدثه الحشرة العاشبة بأن تميز الحشرات الطفيلية والمفترسة النباتات المصابة المتواجدة بين مجموعة من نباتات غير مصابة مجاورة لها فى الحقل، وبذلك تساعد فى الوصول إلى العائل أو الفريسة (شكل ٦:٤).



شكل (٦:٤) رسم توضيحى لكيفية إنطلاق المواد المتطايرة من النبات وكيفية تاثيرها على الأعداء الطبيعية (عن Paré & Tumlinson ، ١٩٩٩).

أمكن معرفة هذه الإشارات النباتية التى تؤدى إلى تداخل نشط بين النباتات التى أضيرت بواسطة الحشرة العاشبة والمستوى الغذائى الثالث (الطفيليات والمفترسات) فى عديد من النظم الزراعية مثل نباتات الفاصوليا والتفاح التى تنتج مركبات متطايرة تجذب العناكب المفترسة عندما تهاجم بالعنكبوت الأحمر، وفى نباتات القطن والذرة التى تطلق المواد المتطايرة التى تجذب طفيليات غشائية الأجنحة التى تهاجم أنواع يرقات حرشفيات الأجنحة التى تهاجمها. على سبيل

المثال أظهرت الدراسات أن الطفيل *Cotesia glomerata* كان أكثر إنجذاباً للعوائل النباتية المصابة بيرقات عائله، أو تلك التى أصيبت بيرقات عائله بعد إزالة تلك اليرقات من على النباتات. وفى تجارب آخرى أجريت فى حقول الدخان، وجد أن الطفيل *Cacdiochiles nigriceps* أظهر تفضيلاً واسعاً وإعتماداً كاملاً فى ملاقاة عائله على الجاذبات النباتية المنطلقة من العائل النباتى المصاب بدودة براعم الدخان، كما كانت معدلات إستقرار إناث الطفيل على العائل النباتى المصاب مقارنة بتلك غير التالفة عالياً جداً، إذ وصلت إلى ٩٥% مقابل ٥% على الترتيب. ومن المدهش فى تجارب أجريت على نباتات القطن، أن الطفيل المتخصص *Microplitis croceipes* أمكنه التمييز بين النباتات المصابة بواسطة يرقات عائله *Heliothis virescens*، وبين تلك المصابة بيرقات حشرة عاشبة أخرى وهى *Helicoverpa zea* قريبة لها تقسيماً وليست بعائله. وجد أنه فى مثل تلك النباتات (القطن – الذرة – الدخان) ينتج مخلوطاً blend من المكونات المتطايرة الخاصة بنوع العاشب المهاجم كإستجابة لهذا النوع عند تغذيته على الأوراق، والتى يمكن تتبعها بواسطة الطفيل المتخصص. هذا وقد وجد أيضاً أن كمية المادة المفرزة من تلك المركبات ترتبط، فى كثير من الأحيان، إرتباطاً وثيقاً بكثافة الآفة المهاجمة. يتضح أهمية تلك المركبات فى وصول الطفيل إلى عائله فيما لو عرف أن مهمة أنثى الطفيل فى أن تتلاقى مع عائلها تكون غير مجدية فيما لو إعتمدت ببساطة على المنبهات البصرية. إذ، على العكس من الحشرات الملقحة مثلاً الباحثة عن زهور محددة المعالم، فإن الطفيليات تبحث عن عاشبات صغيرة الحجم غالباً، بعيدة عن الرؤية تختبئ فى الأسطح السفلية للأوراق ولذا تكون فرصة الطفيليات فى أن تجد عائلها بالبحث العشوائى بعيدة المنال، كما أن الرائحة الضعيفة التى تنبعث من الحشرة العاشبة ليست وحدها بالدرجة الكافية لجذب الطفيل.

يكون مفتاح إطلاق الإشارات النباتية اللازمة لسروح ناجح للطفيليات مرتبطاً بمواد فى الإفراز الفمى oral secretion للحشرة العاشبة. أظهرت الدراسات الحديثة أن إطلاقات المواد المتطايرة وغيرها من الإستجابات الدفاعية للنبات تُعضد potenited بمركب أو مركبات مرتبطة بتغذية الحشرة العاشبة والتى تسمح للنبات بأن يميز بين التجريح العام wounding (التلف الصناعى الميكانيكى الذي يحاكي ويضاهي ما تقوم به الآفات الحشرية) والتلف الناتج عن تغذية حشرات عاشبة. وجد فى حالة نبات القطن أن المواد المتطايرة التى تخلق، كإستجابة لإحداث جروح، تنساب بكميات أكبر كنتيجة لتغذية اليرقات عنها كنتيجة لحدوث تلف ميكانيكى بمفرده. وفى حالة نبات الدخان يكون تركيزات جزيئات حمض الجاسمونيك Jasmonic acid، كإشارات

دفاعية، الناتجة عن التلف الناتج عن تغذية يرقات الحشرة العاشبة أعلى منهـا كنتيجـة للتلـف الميكانيكى المحاكى لفعل اليرقة العاشبة.

أمكن، حتى الآن، تعريف أربع محفزات طبيعية من تلك المثيرات elicitors المتواجدة فـى الإفرازات الفمية للحشرات العاشبة القارضة والتى تزيد من إنسياب المواد النباتيـة المتطـايرة. **المحفز الأول** هو إنزيم بيتاجلوكوسيديز B-glucosidase المتواجد فى قئ regurgitant يرقات أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* والذى يحفز إطلاق المواد المتطايرة من نبات الكرنب كما يحدث تماماً عند تغذية تلك اليرقات على النباتات. وطالما أن نشاط هذا الإنزيم فى قئ الحشرة يتوقـف retained فى حالة تغذية اليرقات على غذاء خال من هذا الأنزيم فإنه بالتالى لايمكن أن يكون من المشتقات الإنتاجية للنبات plant derived. ويظهر أن هذا الأنزيم يعمل على فك (فـصل) cleave السكريات المرتبطة بالمركبات العضوية والتى تصبح عندئذ أكثر قابلية للإنطلاق والإنسياب.

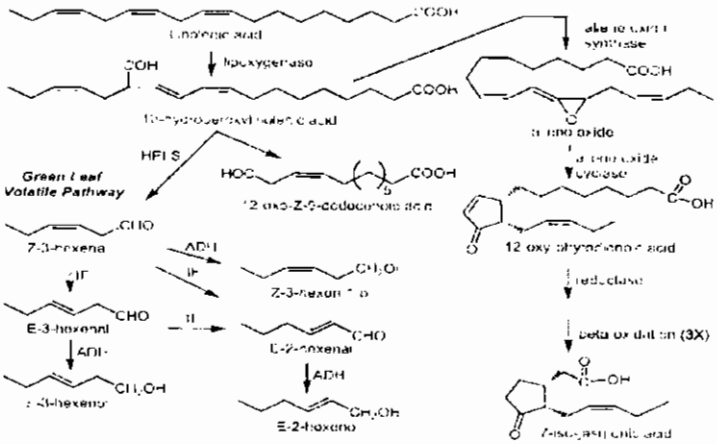
أما المحفز الثانى فهو مركب البروكينز (بنزيل سيانيد) bruchins,benzyl cyanide (الذى قد يكون مرتبطاً ببعض المركبات الآخرى التى لم يتم تعريفها بدقة) الذى يتم فصله مـن الـسوائل الملازمة لآلة وضع بيض إناث الحشرات العاشبة أثناء وضع البيض بالعائل النباتى، والذى قـد يرتبط بنظام الدفاع المبكر للنبات early alarm defense ضد بيض الحـشرات ويرقـات العمـر الأول.

أما **المحفز الثالث** فهو مركب السيليفيرنز celiferins الذى تم فصله من الإفراز الفمى oral secretions للنطاط الأمريكى *Schistocerca americana* والذى يحث النبات على إحداث إستجابات دفاعية defense responses أثناء مهاجمة الحشرات لنباتات الذرة المتغذى عليها.

أما المحفز الرابع، وهو الأهم، فهو مركب الفولستين volictin N-(17-hydroxylinolenoyl) (L-Gln- وهو مشتق لحمض دهنى–أمينى fatty acid-amino acid، ويتواجد هـذا المحفـز فـى الإفرازات الفمية ليرقات دودة البنجر المدرعة والذى تسبب فى أن تطلق بادرات الذرة إشـارات كيميائية متطايرة. أوضحت تحليلات الفولستين من ديدان البنجر المتغذيـة علـى بـادرات ذُرة مشعة بالكربون ١٣ (13c- labeled corn seedlings) أن الديدان خلّقت هذا المحفز عن طريـق إضافة مجموعة الهيدروكسى hydroxyl group والجلوتامين Gln إلى حمض اللينولنيك linolenic acid المتحصل عليه مباشرة من النبات الذى تتغذى عليه اليرقات. وعلى ذلك فإنه بالرغم من أن بادئ الفولستين precursor تم الحصول عليه من النبات، إلا أن المنتج النشط بيولوجيا وجد فقـط فى اليرقة، وهذا يؤكد بقوة أن هذه الجزيئات تلعب دوراً هاماً، مازال غير معروف تمامـاً، فـى

التمثيل أو فى بعض العمليات الأخرى الحرجة فى حياة الحشرات العاشبة. وبالرغم أنه من المعلوم من أن النبات يقدم provide حمض اللينولينك الضرورى لمعظم يرقات حرشفيات الأجنحة، لكن يظهر أنه من العوامل المحددة للحشرة detremintal to the insect لتحول كيميائياً هذا الحمض الدهنى إلى محفز ينبه دفاع النبات، ولو أنه ليس من المفهوم جيداً حتى الأن المضمون الكامل لهذه العملية.

لقد أقترح أن حمض الجاسمونيك Jasmonic acid المُنتج من حمض اللينولينيك عن طريق المسار الأكتاديكانويدى octadecanoid (شكل ٧:٤) هو المكون الرئيسى المنظم فى هذا التحول التتابعى transduction sequence الذى ينبه تخليق وإطلاق هذه المركبات المتطايرة بواسطة النباتات، كما أن هذه الجاسمونات jasmonates تحفز أيضاً العمليات الفسيولوجية والدفاعية الأخرى فى النباتات، وأن مرافقات conjugates حمض الجاسمونيك تسهم involved فى العمليات الفسيولوجية وعمليات النمو فى عديد من النباتات. ولذا فإن تركيب الفولستين يؤدى إلى الإقتراح بأن جزيئات المحفز تتداخل مع المسار الأوكتاديكونيدى فى النباتات التى تهاجم بواسطة الحشرات القارضة العاشبة. فى حالة الإصابة الميكانيكية الناتجة عن عمل خدوش وجروح فى النبات تضاهى وتحاكى ما تقوم به الحشرة العاشبة، فإن النبات لايظهر أى رد فعل ولايقوم بإفراز أى من تلك المواد الجاذبة، لكن عند إحداث مثل تلك الإصابات الميكانيكية المضاهية للإصابات الحقيقية مع حقن هذا النبات بالإفرازات الفمية للحشرة العاشبة القارضة، تقوم النباتات على الفور بإفراز تلك المواد المتطايرة الجاذبة للأعداء الطبيعية. تم تخليق هذا المركب صناعياً وتمت معاملة النباتات التي تم إحداث إصابة ميكانيكية بها، فكانت المفاجأة أن تلك النباتات قد أطلقت تلك الجاذبات النباتية والتي أثرت بالفعل على الأعداء الطبيعية. ومنذ ذلك الحين عرّف هذا المركب على أنه هو المركب الفعال في التفاعل والتواصل بين كائنات المستوى الغذائي الثالث tritrophic level وهي النباتات والحشرات العاشبة القارضة والأعداء الطبيعية المرتبطة بها. ظهرت بعد ذلك العديد من المقالات العلمية التي تؤيد ذلك. أطلق على مركب الفولستين فى العديد من المقالات العلمية أسم "درس من عالم النبات lesson from the plant world".



شكل (٤:٧) يوضح خطوات التحول التمثيلي لحمض اللينوليك إلى حمض الجاسمونيك (عن Paré & Tumlinson ، ١٩٩٩).

أظهرت الدراسات أيضاً أن بعض تلك المواد المتطايرة لا تعطى فقط معلومات عامة عن نوع الحشرة العاشبة على العائل النباتى المصاب، لكنها ترسل أيضاً معلومات محددة عن الطور الحشرى أو العمر النامى للحشرة الذى يتواجد على النبات.

هناك أيضاً بعض الدرسات الممتعة عن الوقت الذى يتم فيه إطلاق تلك المواد خلال اليوم، وثبت بما لايدع مجالاً للشك أن معدل إطلاق تلك المواد يصل إلى ذروته خلال النهار daytime، خاصة بعد الظهيرة مباشرة afternoon early ويكون إطلاق تلك المواد فى الليل محدود للغاية. عزى السبب فى ذلك إلى أن هذا التوقيت مرتبط بالوقت الذى تبدأ فيه الأعداء الطبيعية فى السروح وهو خلال النهار. ظهرت خلال السنوات الأخيرة العديد من الدراسات والنظريات التى تربط ذلك التفسير بسلوك الطفيليات والمفترسات، وقد خلصت بعد تلك الإفتراضات إلى أن الأعداء الحيوية قد تعودت على البحث عن عوائلها أثناء النهار خلال فترة إنطلاق تلك المركبات الجاذبة لها من النباتات، علاوة على إستخدامها المنبهات البصرية خلال النهار والتى تساعدها على ملاقاة عوائلها، إلا أن هذا التفسير قد لا يكون مقبولاً فى بعض الأعداء الطبيعية التى تبحث عن عوائلها جزئياً أو كلياً أثناء الليل.

أكتشف أخيراً أن هناك مجموعة آخرى من المواد المتطايرة تُطلق بواسطة النباتات المصابة بآفة ما وذلك من أجل طرد او إبعاد إناث نفس النوع أو إناث حشرات عاشبة من أنواع

obeikandl.com

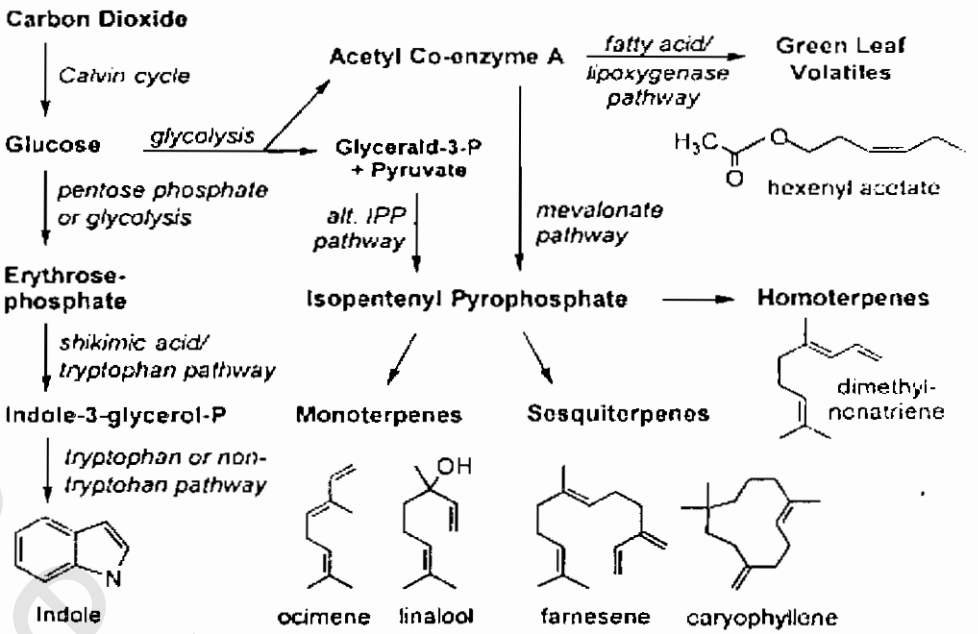
أخرى والراغبة فى وضع البيض ليلاً على النباتات المصابة وذلك للتقليل من درجة إصابة النبات والمنافسة عليه. على سبيل المثال، وجد أن إناث حشرة *Helicoverpa zea* عندما تم إطلاقها ليلاً داخل أقفاص للإختيار بين نباتات مصابة بيرقات نفس الحشرة أو نباتات سليمة، فقد إختارت كل الإناث النباتات السليمة. وقد عزى السبب لإنطلاق مجموعة من المركبات الدفاعية المتطايرة التى تستقبلها تلك الحشرات العاشبة فتبتعد عن مهاجمة مثل تلك النباتات. وجد أن إطلاق النباتات لتلك المركبات المتطايرة التى تعمل من جانب على جذب الطفيليات والمفترسات المهاجمة للآفة العاشبة، ومن جانب آخر تعمل على إبعاد غيرها من الحشرات العاشبة المنافسة من أجل الحد من شدة الإصابة على العائل النباتى، تكون ذات تكلفة معنوية بالنسبة للنبات القائم بإطلاق تلك المركبات حيث تؤثر سلباً على معدلات نمو النبات وبالتالى على كمية وجودة المحصول.

كان يعتقد حتى وقت قريب أن الحشرات الثاقبة الماصة مثل المن والذبابة البيضاء وكذلك المسببات المرضية مثل الفطريات والبكتريا، لا تحفز النبات أثناء تغذيتها لإطلاق مثل تلك الجاذبات النباتية، إلا أن الدراسات الحديثة أوضحت إمكانية إطلاق مثل تلك المركبات من خلال مسار حمض السلسيليك salicylic acid pathway، والذى يختلف عن مسار حمض الجاسمونيك jasmonic acid pathway المرتبط أساساً بالحشرات العاشبة القارضة.

بالإضافة إلى إنسياب المواد المتطايرة عند موقع تغذية الحشرة العاشبة، فقد أوضحت تحليلات إنطلاق المواد المتطايرة من أوراق غير تالفة من نباتات هوجمت بواسطة الحشرة أن هناك إستجابة جهازية systemic response. أظهرت الأوراق البعيدة عن موقع تغذية الحشرة العاشبة فى كل من نباتات القطن والذرة زيادة فى إنسياب المواد المتطايرة. تختلف المكونات الكيميائية للمواد المتطايرة من أوراق القطن غير التالفة عن تلك المجموعة من النبات ككل. فقد وجد أن نواتج مسار أنزيم الليبوكسيجينز lipoxygenase المتضمنة مركبات الهكسينالز hexenals والهكسينولز hexenols التى تنطلق من الأنسجة التالفة، لا تتواجد فى المواد المتطايرة التى تنساب من الأوراق السليمة بإستثناء مركب (Z)-3-hexenyl acetate. هناك تفسير واحد لذلك وهو أن هذه المركبات السداسية الكربون يمكن أن تنطلق فقط من نسيج الورقة غير التالفة عند تحولها إلى صورة الخلات acetate (شكل ٨:٤). ويمكن تفسير نشاط مسار إنزيم الليبوكسجينز lipoxygenase فى الأوراق غير التالفة بحدوث ميكانيكية معينة فيها تنقل إشارة متحركة، مثل السيستيمين systemin، معلومات من الموقع المصاب التالف إلى الأوراق البعيدة غير التالفة تعمل على إثارة مسار الليبوكسيجينز، مؤدياً إلى حدوث سلسلة من الإشارات تنشط العديد من

الاستجابات الدفاعية لدى النبات. أظهرت التجارب الكيميائية أن المواد المتطايرة الجهازية systemic volatiles (أى المنطلقة من الأوراق السليمة) تخلق فى موقع الإنسياب مما يؤدى إلى الإقتراح بأن الرسالة الكيميائية المتحركة تُنقل من موقع التلف إلى الموقع البعيد غير التالف لتحفز تخليق وإنسياب تلك المواد المتطايرة.

بالرغم من أن المكونات المتطايرة التى تنساب من النبات بسبب الضرر الذى تحدثه الحشرة العاشبة متشابهة بين عديد من الأنواع النباتية التى درست، إلا أن مخاليط blends تلك المكونات يكون خاصاً لكل نوع نباتى، إذ يتفاوت كل مخلوط فى عدد مكوناته وتركيباته الفعلية الناتجة. ومن هنا، تكون مهمة الطفيل فى إيجاد عائله أكثر تعقيداً فى حالة ما إذا كان العائل الحشرى يتغذى على عديد من الأنواع النباتية المختلفة. تمكنت الدبابير الطفيلية من التغلب على هذه المعضلة بإنماء القدرة على معرفة وتعلم learn المشعرات الكيميائية cues المرتبطة بتواجد عائلها، إذ تجعل الكيميائيات التى تتعرض لها أنثى الطفيل أثناء تفاعلاتها مع عائلها فى ألفة مع منبهات موقع تواجد هذا العائل. كذلك فإن خبرة التفاعل مع العائل تزيد من إستجابة الطفيل للكيميائيات المرتبطة به. على سبيل المثال، تُزيد، وبدرجة معنوية، خبرة غرز آلة وضع البيض فى العائل الحشرى المتواجد على النبات من سلوك الطيران الموجه ومن إستجابات إستقرار فى إناث طفيل المن *Ahidius ervi* ، مقارنة بتلك الإناث التى لم يسبق لها إستخدام آلة وضع بيضها بل تعرضت فقط لنباتات غير تالفة أو تالفة بفعل العائل الحشرى. يؤكد هذا أهمية خبرة وضع البيض مع الإرتباط بمنبهات النبات الذى أصابه الضرر بواسطة العائل الحشرى. من الجميل أيضاً أن إناث الدبابير الطفيلية يمكن أن تتعلم وتحفظ الروائح المتطايرة المرتبطة بالغذاء وإستغلالها فى الوصول إلى الغذاء الضرورى لها.



شكل (٨:٤) يوضح المسارات المختلفة لتخليق المواد المنطلقة من النباتات عند الاصابة بإحدى الحشرات العاشبة (عن Paré & Tumlinson، ١٩٩٩).

يمكن أن تتفاوت الإختلافات فى كمية المواد المتطايرة التى تنساب من النبات وفقاً للظروف البيئية التى تؤثر على فسيولوجيته. تستجيب عديد من الأنواع النباتية منهـا الـذرة والفاصـوليا والقطن للضوء المنخفض (إما بسبب إنخفاض كثافة الضوء أو تقليل فترة الإضاءة) بإنخفاض فى إنسياب كمية المواد المتطايرة الناتجة عن تغذية الحشرة العاشبة. كذلك وجـد أن المـاء كعامـل ضغط stress يؤثر تأثيراً مباشراً على إنسياب المواد المتطايرة، فمع قلة المـاء المتـاح للنبـات ينساب مستويات عالية من المواد المتطايرة من النباتات المصابة أكثر من تلك التى لا تتعـرض لضغط الماء. وعند الربط بين هذا والتفضيل العوائلى، فإن الأكاروسات المفترسة تنتقى النباتـات المصابة والواقعة تحت ضغط الماء أكثر من المصابة والتى لاتقع تحت هذا الضغط. وجد أيـضاً أن إضافة مستويات عالية من المعادن أو المخصبات النيتروجينية العضوية أو كليهما يقلل بدرجة معنوية من المواد المتطايرة المنبعثة من نبات الكرفس.

وقد يتوارد إلى الذهن أيضاً سؤال عن سبب إنتاج الحشرات العاشبة لمركبات تنـشط مـن النظام الدفاعى للنبات فى صورة مركبات متطايرة تستخدم فى جذب الطفيليات والمفترسات التى تحد من تعداداتها. لكن ليكن من المعلوم أن هذه الإفرازات هى ضمن الإفـرازات الفميـة التـى

تتساقط أثناء تغذية الحشرة على النبات بصورة طبيعية ولا تستطيع الحشرة المتغذيـــة أن تمتنـــع عن إفرازها.

هذا وقد وجد أيضاً أن إستمرارية إطلاق النباتات لتلك المركبات المتطايرة يتوقـــف علـــى إستمرارية تواجد الحشرة العاشبة على النبات المصاب. حيث ينخفض تدريجياً معدل هذا الإطلاق بتوقف تغذية الحشرات العاشبة على النبات حتى يعود النبات إلى معدل الإطلاق الطبيعـــى بعـــد فترة ليست بالقصيرة من توقف التغذية.

من المهم أن نذكر أيضاً أن النباتات المصابة لا تقوم فقط بـــإطلاق المركبـــات المتطـــايرة بصورة جهازية systemic release فحسب، بل تقوم أيضاً بحّث النباتات المجـــاورة لهـــا علـــى إطلاق مثل تلك المركبات على الرغم من عدم إصابتها. على سبيل المثال، تفرز بعض نباتـــات الخيار المُهاجمة بالعنكبوت الأحمر ذو البقعتين *Tetranychus urticae* بعـــض المركبـــات مثـــل مركبات b -ocimene, , 4,8-dimethyl, 1,3,7-nonatriene، بينما يفرز نبات فاصوليا الليما مخلوطاً آخر مكون منlinalool, b -ocimene, nonatriene , salicylate وهى مواد جاذبـــة جـــداً للأعـــداء الطبيعية. تؤثر هذه المواد المتطايرة التى تفرزها النباتات المصابة على النباتات السليمة المجاورة لها فتصبح أكثر حماية من الإصابة بالعنكبوت الأحمر. كما أن نباتـــات القطـــن التـــى تـــصاب بالعنكبوت الأحمر تفرز مواداً طيارة لا تكون جاذبة للمفترسات الأكاروسية فقط، بل تغير كـــذلك من حالة النباتات المجاورة لتصبح أكثر تحملاً ومقاومة للإصابة. فقد وجد أن مركـــب لينـــالول linalool الذى يُفرز عند مستوى واحد نانوجرام/الساعة قبل الإصابة يصل تركيـــزة إلـــى ١١٠ نانوجرام/الساعة بعد ٦ ساعات فقط من الإصابة.

وجد أيضاً أن إستجابة الطفيليات والمفترسات للكيروموناتوكذلك الجاذبات النباتية تتـــأثر أيضاً ليس فقط بالعائل النباتى ولكن أيضاً بدرجة التخصص التى يظهرها العدو الحيوى من حيث عدد العوائل التى يتطفل عليها أو الفرائس التى يفترسها، ومن ثم ســـنجد أن درجـــة التخـــصص معدومة أو منخفضة إلى حد كبير فى حالة المفترسات الحشرية ذات المدى العوائلى الواسع مثـــل مفترسات أسود المن وأبوالعيدات وأفراس النبى. وعلى ذلك فكلما زاد عدد العوائل الحشرية ومن ثم النباتية التى يستخدمها العائل الحشرى والطفيل كلما قلت درجة أهمية المعلومات التى يمكن أن يستفيد منها الطفيل أو المفترس، وعلى ذلك ظهر ما يعرف بالأعداء الطبيعية العامة والمتخصصة specialist and generalist natural enemies، والفرق بين المجموعتين كبير على الرغم من عـــدم وجود فروق تقسيمية كبيرة بينهما فى كثير من الأحيان. على سبيل المثال عند مقارنـــة الطفيـــل

المتخصص *Leptopilina boulordi* والنوع غير المتخصص *Leptopilina heterotoma* على مستخلصات يرقية لستة أنواع من الدروسوفيلا *Dresophilla melanogaster* وجد أن إستجابة النوع المتخصص كان أكثر قوة ليرقات عائله عن النوع الآخر غير المتخصص. وفى دراسة مماثلة لمقارنة الطفيل المتخصص *Microplitis croceipes* مع الطفيل الأقل تخصصاً *Campoletis sonorensis* وجد أن الطفيل المتخصص ينجذب بشدة للمواد الفعالة الموجودة فى براز عائله *H. virescens* بينما لم يحدث ذلك فى الطفيل الأقل تخصصاً.

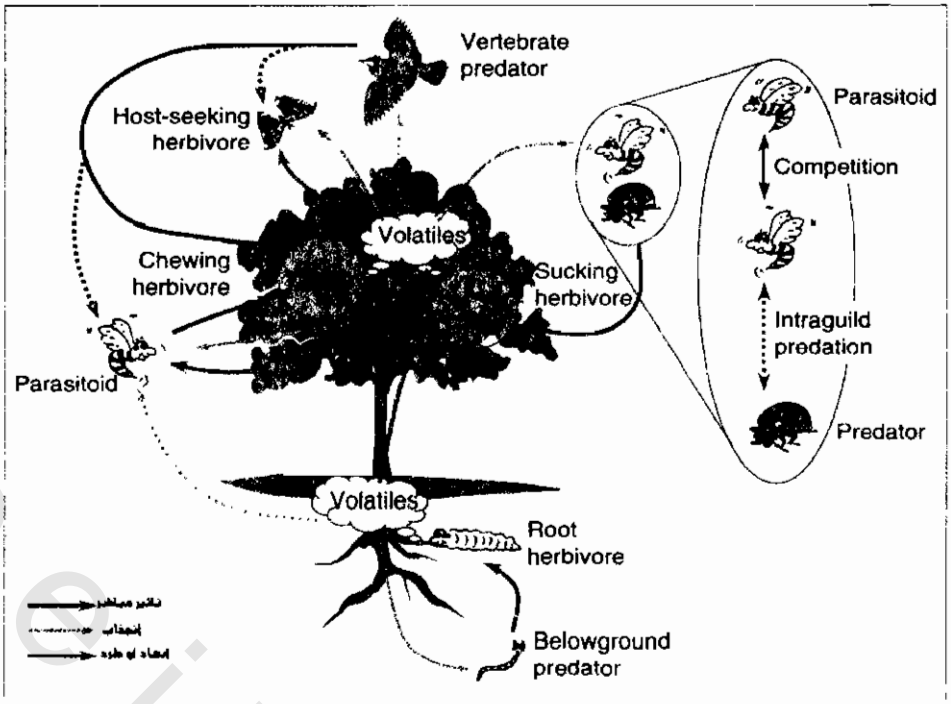
أخيراً فما زال هناك الكثير للوقوف على العلاقات الكيميائية بين النبات والحشرات العاشبة التى تؤدى إلى تخليق وإطلاق المواد النباتية المتطايرة بواسطة النبات. والأكثر من هذا فإن إتلاف نبات ما بأنواع مختلفة من الحشرات العاشبة يمكن أن يتسبب فى إنطلاق توليفات من المواد المتطايرة بنسب متفاوتة فى مكوناتها. لذلك فإن الإستجابات المحددة تتسبب عن مثيرات متفاوتة التركيب من أنواع مختلفة من الحشرات العاشبة، إلا إنه ليس من المعلوم الميكانيكيات البيوكيميائية التى بها تحفز تلك المثيرات التخليق البيولوجى والإطلاق للمواد النباتية المتطايرة. هل هى تتداخل interact مع المسار الأوكتاديكانويدى؟ ولو كان كذلك فكيف يحدث هذا؟ أم إنها تنظم إنسياب حمض اللينولينك lenolenic acid الناتج عنه حمض الجاسمونيك Jasmonic acid ، أو تنشط الشوارد المؤكسدة oxidative burst، ويرتبط كل هذا بإحداث الجرح فى نسيج النبات. أيضاً ليس هناك معلومات كافية عن الميكانيكية التى تؤدى إلى الإنسياب الجهازى systemic (أى إنطلاق المواد المتطايرة من الأوراق البعيدة عن موقع الضرر) لمثل هذه المواد المتطايرة. هل يعمل المثير الأصلى original الناتج من الحشرة العاشبة كحامل للرسالة المتحركة التى تحفز تخليقات المواد المتطايرة النباتية؟ أم أن هناك حاملى رسائل ثانوية تخدم فى نقل الإشارة إلى المواقع البعيدة عن موقع التلف؟.

سوف تؤدى الدراسات المستقبلية إلى إنماء طرق أكثر فاعلية فى مكافحة الآفات بالأعداء الطبيعية. يمكن أيضاً أن تقود إلى التوصل إلى أصناف من نبات بدفاعات كيميائية أشد، أو إلى طرائق لتطعيم inoculating النباتات بمثيرات تعمل على زيادة مقاومتها للآفات الحشرية.

بالإضافة إلى مجموعة المركبات المتطايرة Herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) التى لا تطلق إلا عند إصابة النباتات بالحشرات العاشبة والتى تقوم بجذب الأعداء الطبيعية للنباتات المصابة وكذلك طرد الحشرات العاشبة الأخرى لتقليل المنافسة على العائل كما سبق ذكره، فهناك مجموعة أخرى من المركبات المتطايرة التى تُطلق من النباتات دون الحاجة إلى

الإصابة بالآفات الحشرية و الحيوانية يطلق عليها Green leafy Volatiles (GLVs). يكون لمثل هذه المركبات دور أيضاً فى عملية طرد وجذب الحشرات لنبات معين . تستخدم هذه المجموعة من المركبات حالياً فى نظام تحميل المحاصيل الحقلية معاً.

من المهم أن نذكر أيضاً أنه فى توقيت ما، لا تصاب النباتات بالحشرات العاشبة فقط، ولكنها تصاب أيضاً بالأكاروسات ومسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية علاوة على مهاجمة العديد من الطيور لنفس النبات. وعلى ذلك يُهاجم نفس النبات فى نفس الوقت بالحشرات القارضة والثاقبة الماصة والأكاروسات النباتية، علاوة على مسببات الأمراض. تؤثر كل هذه الإصابات بلا شك على مستويات إطلاق النباتات المصابة للمركبات المتطايرة والتى سوف تؤثر بالتالى وبلا شك على مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بتلك الآفات سواء التى تصيب المجموع الجذرى أسفل سطح التربة أو التى تصيب المجموع الخضرى. على سبيل المثال، عند إصابة المجموع الجذرى لنبات معين بآفة معينة فإنها سوف تغير alter من الحالة الفسيولوجية للنبات وبالتالى سوف تؤثر على إطلاقه لمجموعة المركبات المتطايرة HIPVs عند إصابة هذا النبات لاحقاً بالحشرات العاشبة أو المسببات المرضية التى تهاجم المجموع الخضرى للنبات (شكل ٩:٤)، والعكس صحيح، سوف تُغير مجموعة الآفات التى تصيب المجموع الخضرى من الحالة الفسيولوجية للنبات وإطلاقه لتلك المركبات مما يؤثر على مجموعة الآفات التى تصيب المجموع الجذرى، وكذلك على مجموعة الأعداء الطبيعية المرتبطة بها. يرجع السبب الرئيسى لهذا التغيير والتأثيرات إلى أن رد فعل النباتات المصابة بالآفات الحشرية والحيوانية ومسببات الأمراض لا تسلك مسلكاً واحداً، بل مختلفاً، حيث قد يكون رد فعل النبات فى إطلاق المواد الدفاعية أو الجاذبة معتمداً إما على تكوين حمض الجاسمونيك jasmonic acid كما فى الحشرات القارضة، أو على تكوين حمض السلسيليك salicylic acid كما فى الحشرات الثاقبة الماصة والأكاروسات والمسببات المرضية المختلفة.



شكل (٤:٩) العلاقات المتداخلة بين الآفات المختلفة وأعدائها الطبيعية

(٤) الأبنيومونات Apneumones

يشتق هذا الإصطلاح من الكلمة اليونانية Poa - Pneum ومعناهـا لا يتـنفس breathless أو غير حى lifeless. تعرف تلك المواد على أنها "هى المواد التى تفرز بواسطة مـادة غيـر حيـة وتحدث إستجابات وظيفية وفسيولوجية وسلوكية تكون فى مصلحة الكائن المستقبل ولكنهـا فـى نفس الوقت تكون ضارة ومحددة لكائن حى آخر ليس من نفس النوع والذى يتواجد فى أو علـى هذه المادة غير الحية المفرزة لتلك المواد. ولعل من المهم أن نذكر هنا أن هذه المـواد لا يمكـن تصنيفها مع الكيرومونات أو الفيرومونات أو الجاذبات النباتية لعدة أسباب أهمها هو أنها مفـرزه من مادة غير حية مما يتعارض مع نشوء المواد سابقة الذكر.

ومن أمثلة تلك المواد المركبات التى تنطلق من اللحوم المتحللة والتى تجـذب الطفيليـات والمفترسات الحشرية لتتطفل على أو تفترس يرقات الذباب المصاحب لتلك اللحوم المتحللة. ولقد أظهرت الدراسات الحديثة أن تلك المواد لها دور هام وحيوى فى وصول تلك الطفيليات لعوائلها. كما أن وصول طفيليات خنافس القلف يعتمد أيضاً، فى بعض الحالات، على الروائح المنطلقة من

obeikandi.com

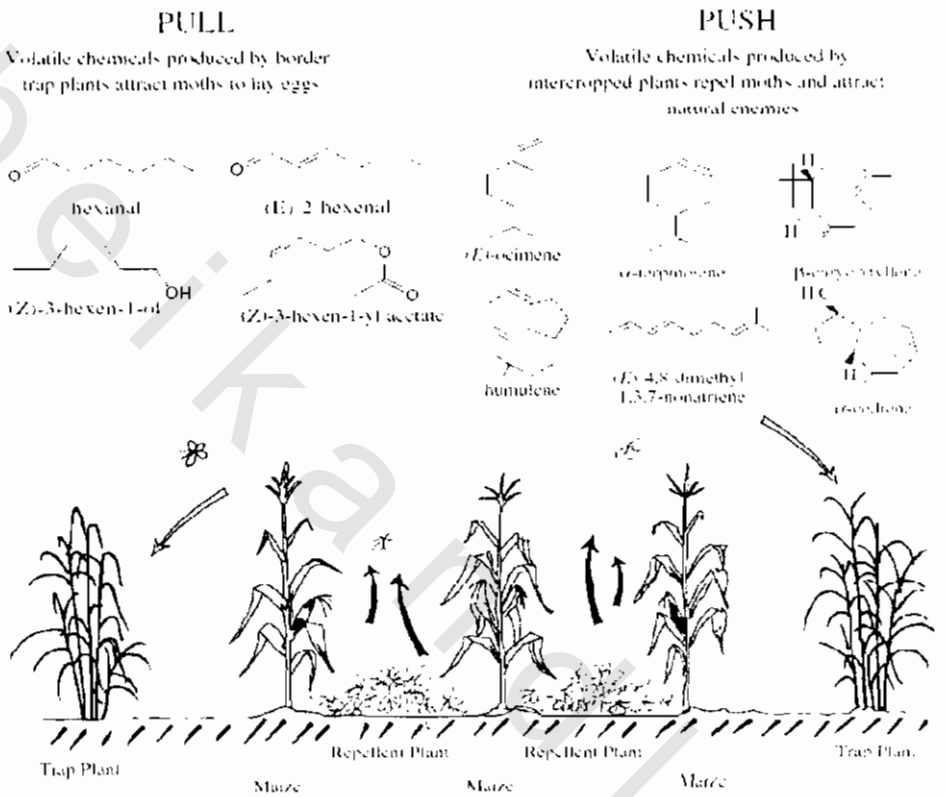
بعض المواد المصاحبة للآفات داخل الأشجار والتى تستقبلها الطفيليات الحشرية وتصل لعوائلها بواسطتها.

نماذج من إستخدام المركبات المتطايرة فى المجال التطبيقى للمكافحة البيولوجية

كما سبق ذكره، تُطلق النباتات المصابة المركبات المتطايرة (HIPVs) لتطرد الآفات أو لتجذب أعدائها الطبيعية. كما أن النباتات المصابة وبعض النباتات السليمة تنتج أيضاً إشارات تحذيرية للنباتات المجاورة بأنها سوف تتعرض إلى خطر وشيك impending attack. تُستخدم مثل هذه النباتات السليمة التى تستطيع إطلاق مثل تلك المركبات كنباتات تحميل فيما يعرف بنظرية الدفع (الإبعاد) والسحب (الجذب) push-pull strategy. لقد تم إستخدام هذا المصطلح لأول مرة بواسطة بايك Pyke وآخرون، ١٩٨٧ فى أستراليا وذلك لمعالجة الموقع habitat manipulation، ومكافحة الحشرات من جنس *Helicoverpa* sp. فى القطن، وتقليل الإعتماد على المبيدات. فى هذه الطريقة تُزرع نباتات المحصول الرئيسى target crop محملة مع نباتات طاردة للحشرات العاشبة repellant plants (الطرد)، وآخرى جاذبة للأعداء الطبيعية (السحب pull) تزرع حول النباتات الطاردة للحشرات (شكل ١٠:٤). وعلى ذلك فإن التحميل هنا يضمن إبعاد الحشرات عن المحصول الرئيسى وكذلك المحافظة على أو توطين الأعداء الطبيعية لضمان كبح جماح هذه الآفة بيولوجياً.

هناك حالياً عدة أنظمة يستخدم فيها هذا النظام (الدفع – السحب) ولكن أكثرها نجاحاً وإستمراراً فى التطبيق هو المستخدم بواسطة المزارعين فى أفريقيا وخاصة فى كينيا، والذى تم إعداده علمياً بواسطة معهد ICIPE بكينيا لمكافحة حشرة *Chilo partellas* وكذلك حشرة *Busseola fusca* على محاصيل الحبوب كالذرة والسورجم. وقد أعطت هذه الطريقة نتائج مرضية جداً، وزيادة فى إنتاجية المحاصيل. فى هذا النظام، كان المحصول الإقتصادى هو الذرة، بينما كانت النباتات الطاردة هى أعشاب وحشائش مثل molasses grass وكذلك حشيشة silverleaf desmodium وكلاهما يطرد فراشات ثاقبات الذرة، أما النباتات الجاذبة trap plant فيستخدم لها حشيشة النابير napier grass وحشيشة السودان Sudan grass. تُنتج النباتات الجاذبة trap plant كميات كبيرة من المواد الكيمائية الطيارة GLVs أكثر مما تنتجه نباتات الذرة والسورجم، خاصة فى الفترة التى تبحث فيها فراشات *Chilo partellus* عن العائل النباتى لوضع البيض، حيث وجد أن كمية المركبات المتطايرة المنطلقة بواسطة حشيشة النابير وكذلك حشيشة *Hyparrhenia tamba* فى الساعة الواحدة أعلى مائة ضعف عنها فى نباتات الذرة أو السورجم خاصة فى الفترة التى تنشط فيها الفراشات لوضع البيض scotophase، ثم تقل تلك الكمية تدريجياً لتصل إلى الكمية

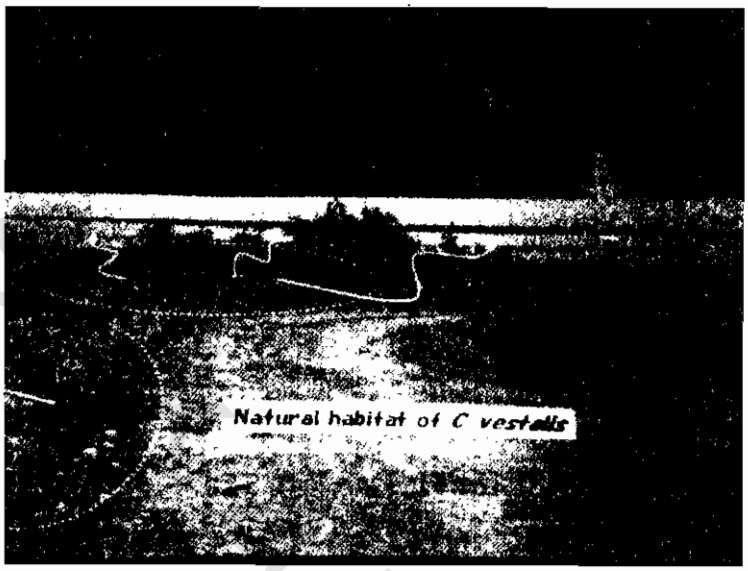
التى تُطلق طبيعياً خلال الفترة الضوئية photophase. كانت أهم أربعة مركبات من هذه المركبات المتطـــايرة GLVs هـــى Hexanal، و (E) 2-hexenal، و (Z)-3-hexen-1-ol، و (Z)-3- Hexen-1-Ylacetate وكان المركب الأخير هو الأعلى تركيزاً بين هذه المركبات الأربعة. كـــذلك وجـــد أن زراعة نباتات *M. minatiflora* بين صفوف نباتات الذرة لم يؤدى فقط إلى إنخفاض معنوى فـــى تعداد ثاقبات الذرة، ولكن أدى أيضاً إلى زيادة معنوية فى التطفل بواسطة طفيل اليرقة *Cotesia sesamiae* وكان المركب الأكثر جذباً للطفيل هو مركب nonatriene وهو أحد المركبات الهامـــة التى تفرزها معظم النباتات عند مهاجمتها بالعاشبات.



شكل (١٠:٤) رسم مبسط يوضح نظرية الدفع push والسحب pull (خان Khan وآخرون ، ٢٠٠٨).

يمكن الإستفادة أيضاً من المركبات المتطايرة من النباتات المصابة بالحشرات العاشبة، بعد تعريفها وتخليقها صناعياً، فى جذب الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات للأمـــاكن التـــى لا تتوفر فيها هذه الأعداء. على سبيل المثال، تم حالياً فى اليابـــان تعريـــف مجموعـــة المركبـــات المتطايرة المصاحبة لإصابة نباتات الكرنب بالفراشة ذات الظهر الماسى، وأمكن الإستفادة مـــن تلك المركبات داخل الصوب إما فى صورة كبسولات شبيهة بتلك المـــستخدمة فـــى الكبـــسولات

الفيرومونية، أو كقطعة قطن مشبعة بمحلول من تلك المواد المتطايرة، وتعليقها داخل الصوب. تقوم تلك المركبات بجذب الطفيل *Cotesia vestalis* ، وهو من أكثر الأعداء الطبيعية نشاطاً فى البيئة ضد هذه الآفة والمتواجد بتعدادات عالية عى النباتات المزهرة المتواجدة طبيعياً خارج تلك الصوب (شكل ١١:٤). تدخل هذه الطفيليات الصوب من خلال فتحات معينة فى الصوبة مهاجمة يرقات عائلها. تتميز تلك الطريقة بتوفير تكاليف جمع، أو تربية وإطلاق الطفيليات علاوة على الإستفادة من الطفيليات المتواجدة طبيعياً فى البيئة بشكل فعال.



شكل (١١:٤) مسار طفيليات الفراشة ذات الظهر الماسى المتواجدة طبيعياً خارج الصوب إلى داخل الصوب منجذبة إلى المركبات المتطايرة المخلقة صناعياً والمعلقة داخل الصوب.

مصادر التفاوت السلوكى فى الأعداء الطبيعية

Sources of behavioral variation in Natural enemies

هناك ثلاثة مصادر رئيسية للتفاوت فى السلوك البحثى تحدد إستجابة العدو الحيوى للمؤثرات المختلفة خلال نشاطه وبحثه عن العائل:

أ- Phenotypic state

تعتبر هذه الحالة هى المسئولة عن إحداث تغيرات وتحورات فى سلوك العدو الحيوى من خلال التعلم learning ليتواءم مع مختلف الظروف البيئية للعائل الحشرى. ويعتبر التعلم مصدراً مهماً فى التفاوت السلوكى فى سروح الطفيليات والمفترسات، إذ تتغير الإستجابة تجاه المنبهات الكيماوية والبصرية مع الخبرة experience التي تلعب دوراً هاماً فى طريقة إستجابة العدو

الحيوى للكيميائيات الوسيطة بشكل عام، وأن دراسة كل من التعلم learning والخبرة فى الأعداء الحيوية هى أكثر متعة عن دراستها فى باقى الحشرات لسببين رئيسين هما:-

١- تعلم العدو الحيوى ليبحث ويصل لعائله يقع فيما يعرف بالمستوى الغذائى الثالث tritrophic context، ولكن الحشرات الأخرى المتغذية على النباتات تبحث عن عوائلها فيما يعرف بالمستوى الغذائى الثانى bitrophic context فقط، بل أن الطفيليات المفرطة تبحث عن عوائلها فى المستوى الغذائى الرابع.

٢- تبحث الأعداء الحيوية عن عوائلها أو ضحاياها التى تفعل كل ما لديها لتخفى أنفسها عن الأعداء الحيوية.

وهناك الكثير من الأمثلة التى توضح دور كل من التعلم والخبرة فى إستجابة الطفيليات للمنبهات المختلفة ومن ثم ملاقاة العائل، فعلى سبيل المثال أظهر طفيل المن *Diatereticlla rapae* قدرة عالية للإستجابة للروائح المنبعثة من نبات البطاطس عند تربيته على مَنْ يتغذى على هذا النبات العائل. بالمثل أظهر الطفيل اليرقى *Microplitis demolitor* المتطفل على العائل *H. zea* قدرة قوية لإستجابته لنباتات لوبيا العلف المصابة عند تربيته معملياً على يرقات مرباة على هذا العائل النباتى مقارنة بنفس الطفيل ولكن بتربيته معملياً على بيئة صناعية. تم تسجيل نفس السلوك فى الطفيل *Cotesia kariyai* المربى على يرقات عائله المرباة على عائل نباتى (الذرة) أو بيئة صناعية، حيث كانت نسبة التطفل والزمن اللازم للتطفل handling time أقصر فى حالة اليرقات المرباة على عائلها النباتى.

يمكن أن يبدأ هذا الإرتباط التعلمى عند خروج الحشرة الكاملة أو قبلها مباشرة معتمداً على منتجات العائل المرتبطة بعذراء الطفيل. أيضاً تستطيع بعض الطفيليات أن تفرق بين العائل النباتى المفضل أو الأقل تفضيلاً لدى عائلها الحشرى، ومثال لذلك ما وجد فى الطفيل *Cotesia marginventris* عند تربيته على نباتات قطن أو ذرة مصابة بكل من حشرتى *Spodoptera frugiperda* و *Trichoplusia ni* حيث أظهرت الإناث ذات الخبرة قدرة تفضيلية للبادرات المصابة بحشرة *S. fnigpenda* على البادرات المصابة بحشرة *T. ni*، ومفضلة لبادرات الذرة المصابة على بادرات القطن المصابة. وهذا يدل على إشتراك كل من العائل الحشرى والعائل النباتى فى إفراز تلك الروائح أو كيميائيات التواصل الجاذبة للطفيل.

كذلك تنجذب إناث الطفيل *Cotesia marginventris* بشدة إلى أوراق الذرة التالفة بواسطة عائلها الحشرى. وهنا يمكن القول أن الخبرة السابقة لإناث الطفيل تكون عاملاً هاماً جداً

فى إستجاباتها. عندما تتدرب إناث هذا الطفيل على بادرات تالفة حديثاً (أى التى لم تطلق كميات عالية من المواد المتطايرة مثل التربينات)، فإنها سوف تطير إلى أوراق حديثة التلف وليس بنفس المعدل الذى تنجذب فيه إلى أوراق مضى عليها ١٥ ساعة من الإصابة (أى تلك التى أطلقت كميات كبيرة من التربينات). على الجانب الآخر، فإن إناث هذا الطفيل التى تدربت على بادرات أقدم فى تلفها تظهر أفضلية أقوى للنباتات التى أطلقت كميات من التربينات عن تلك الحديثة الإتلاف. وبذا فإنه يظهر أن إناث هذا الطفيل قادرة على أن تتعلم الروائح التى تطلقها النباتات القديمة التلف. وهنا تظهر صورة من العلاقة التبادلية النافعة بين النباتات والطفيليات حيث يستفيد كليهما من هذه العلاقة. وطالما أن الروائح سوف تتفاوت وفقاً لدرجة وعمر التلف الحادث، وأن إفراز الرائحة يختلف أيضاً وفقاً للأجزاء المهاجمة من النبات، فإنه يكون من المحتمل أن النباتات لا تطلق إشارات كيميائية فقط، بل تغيرات فى الرؤية أيضاً (اللون، أو الشكل، أو كليهما)، وبذا تمد الحشرات الطفيلية بمشعرات ومنبهات أكثر. بالإضافة إلى هذا ، يكون لإناث هذا الطفيل القدرة على أن يتعلم التمييز بين الروائح المنبعثة بواسطة نفس العائل الحشرى المتغذى على أنواع نباتية مختلفة.

أيضاً فإن هناك بعض المفترسات مثل أبو العيد *Diomus* sp. يتأثر بشدة عند تعرض الأفراد ذات الخبرة منه لكيرومون عائله خاصة الندوة العسلية، مع تفضيل الندوة العسلية المفرزة من حشرة *Phenococcus manihati* على تلك المفرزة من حشرة *Planococcus citri*.

يتضح من هذه الأمثلة (على الأقل فى مثل تلك الحالات التى فيها تكون العوائل الحشرية يرقات عاشبة)، أن النباتات تساهم بدرجة فاعلة فى الإسراع من ملاقاة الأعداء الطبيعية للعائل الحشرى عن طريق المشعرات، إذ تمد النباتات الطفيليات والمفترسات بمعلومات كيميائية يعّول عليها فى هذا الشآن، مضيفة بذلك حيرة فوق حيرة من كَم المعلومات التى تستقبلها الأعداء الطبيعية والتى يجب عليها أن تتعامل معها.

خلاصة القول، أن زيادة خبرة الطفيليات والمفترسات فى صورة السماح لها بوضع البيض، وملامسة العائل الحشري أو الضحية، والطيران فى وسط الإنتشار، وملامسة العائل النباتى، وملامسة بعض الروائح odors الخاصة بالعائل النباتى أو الحشرى، تزيد من إستجابة العدو الحيوى بصورة معنوية وعالية لوسط الإنتشار والعائل الحشرى مما يعمل على تحسين كفاءته البحثية على العائل وبالتالى قدرته على الوصول للعائل أو الفريسة فى وقت قصير. وحالياً يتم إستخدام تلك النظرية فى التربية المعملية لبعض الطفيليات من حيث تعريض الطفيليات

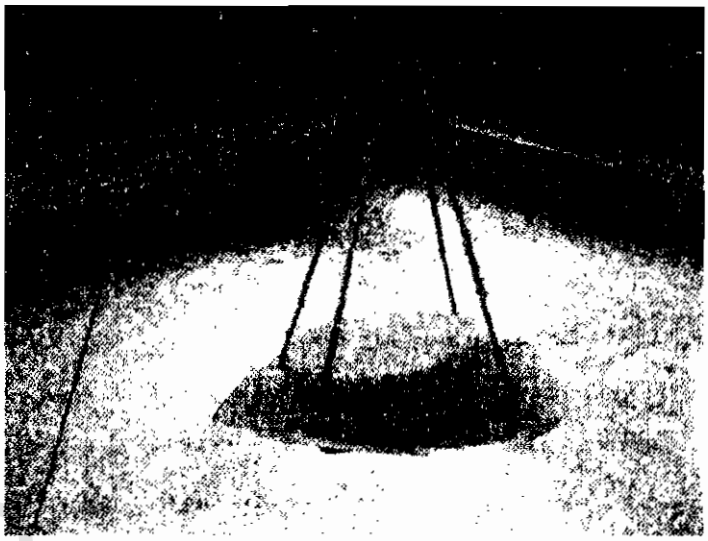
والمفترسات عند تربيتها معملياً وقبل الإطلاق إلى بعض الروائح أوالكيميائيات الوسيطة لتحسن من أداء العدو الحيوى بعد الإطلاق فيما يعرف بمراقبة جودة الأعداء الطبيعية quality control of natural enemies.

ب- الحالة الفسيولوجية Physiological state

من المسلم به أن الحالة الفسيولوجية للعدو الحيوى (مثل حمل البيض، الجوع، التزاوج والصحة العامة) لها دور فعال ومؤثر فى إستجابته للكيميائيات الوسيطة وبالتالى سلوك البحث ورفع نسبة التطفل أو الإفتراس. وجد أن قلة البيض الناضج فى مبايض الطفيل البراكونيدى *Perristenus pseudopallipes* قلل من إستجابته للمنبهات الشمية olfactory cues الخاصة بالبق من عائلة Tranchidae بصورة معنوية – وقد وجدت نفس الحالة أيضاً فى طفيليات الذبابة البيضاء من جنسى *Encarsia* و *Eretmocerus*.

وجد أيضاً أن وجود أو غياب الغذاء يمكن أن يؤثر على إستجابة الطفيليات وسلوكها البحثي. ذكر أن التغذية الجيدة لإناث الطفيل *Microplitis croceipes* حسّن ورفع من كفاءتها عند إطلاقها فى حقول الذرة أو فول الصويا، مقارنة بالإناث غير المغذاة. إذ قضت الأفراد المغذاة وقتاً أقل بحثاً عن عوائلها على النباتات الغير مصابة مقارنة بالنباتات المصابة. ووجد أنه عند رش النباتات بالغذاء (العسل) فإن سلوك معظم الطفيليات غير المغذاة تغير كلية بعد وقت قصير من رش الغذاء إذ بحثت مباشرة عن يرقات العائل بصورة عالية أكفأ منها فى حالة الإناث المغذاة قبل الإطلاق. وعلى هذا الأساس يمكن إستخدام حالة تجويع الطفيليات كإستراتيجية مهمة عند إطلاقها حقلياً.

أيضاً وجد أن رش نباتات الخيار داخل الصوب بالندوة العسلية الصناعية المكونة من سكريات الندوة العسلية أو العسل قد أزاد من كفاءة الطفيل *Eretmocerus* sp. مقارنة بالطفيليات التى تم إطلاقها مع نباتات خيار غير معاملة وعلى ذلك إزدادت نسبة التطفل على الذبابة البيضاء بصورة معنوية. ونظراً لأن رش تلك النباتات بالندوة العسلية الصناعية تحت ظروف الصوب يؤدى إلى نمو فطريات العفن الأسود، فإنه يتم حالياً إضافة هذا الغذاء فى صورة قطعة إسفنجية مشبعة بالمحلول السكرى (الندوة العسلية)، وتعلق فى الصوبة (شكل ١٢:٤) كمصدر للغذاء لمجموعة الطفيليات والمفترسات الموجودة داخل الصوب وبذا نتجنب هجرة الطفيليات والمفترسات للبحث عن الغذاء food searching خارج الصوب وكذلك تجنب نمو فطريات العفن الأسود على النباتات.



شكل (١٢:٤) إمداد الطفيليات أو المفترسات داخل الصوب بالمصدر الغذائى

ولعل من المهم ذكره أيضاً أن التزاوج فى الأعداء الطبيعية هام وضروري ومؤثر على الحالة العامة للطفيليات من حيث قابليته للبحث عن العائل خاصة فى حالة الطفيليات التى لا تنشط لوضع البيض إلا بعد إتمام عملية التزاوج. وفى هذه الحالة تفضل هذه المجموعة من الأعداء الطبيعية التزاوج بعدالخروج مباشرة من طور العذراء.

جـ - الحالة الجينية أو الوراثية Genotypic state

تلعب الإختلافات الوراثية دوراً هاماً فى صفات العدو الحيوى وبالتالى المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية والحيوانية. هناك القليل من المعلومات عن دور الحالة الوراثية فى تحديد الإستجابة الفعلية للأعداء الطبيعية لمجموعة الكيميائيات الوسيطة فى البيئة الطبيعية، وربما يرجع ذلك إلى صعوبة الدراسات الوراثية وزيادة صعوبتها فى حالة الكائنات الصغيرة فى الحجم مثل الطفيليات والمفترسات الحشرية.

ومن الأمثلة القليلة فى هذا المجال هو الإختلافات الموجودة فى المفترسات المرتبطة بخنفساء القلف *Ips pini* حيث ثبت أن المفترسات تستطيع أن تميز بين فيرومونات التجمع لعديد من السلالات الجغرافية لتلك الخنفساء. علاوة على أن الإختلافات الجينية فى العائل النباتى أيضاً قد تلعب دوراً هاماً فى هذا المجال حيث تؤثر على إنتاج الجاذبات النباتية. فعلى سبيل المثال،

openkanal.com

وجد أن نباتات القطن ذات الغدد glanded plants أو عديمة الغدد glandless plants متماثلة جينياً ولكنها تختلف إختلافاً واسعاً فى إنتاجها للجاذبات النباتية، التى تجذب بدورها الأعداء الطبيعية للنباتات حيث ثبت أن الأصناف ذات الغدد من القطن تنتج أكثر من مائة ضعف من الجاذبات النباتية مقارنة بالأصناف عديمة الغدد، وأن إنجذاب الطفيليات للأصناف ذات الغدد كان عال جداً مقارنة مع المجموعة الأخرى.

وعلى ذلك يمكن أن نستخلص أنه فى برامج تربية النبات لإنتاج أصناف مقاومة لآفات حشرية أو حيوانية معينة من خلال التغيير فى التركيب الكيميائى للمواد الموجودة أو المفرزة من خلال تلك الاصناف الجديدة، فإنه يلزم أن يتواجد فى تلك البرامج علماء الحشرات والمكافحة البيولوجية وذلك لدراسة تأثير تلك الأصناف الجديدة على الأعداء الطبيعية من حيث الجذب أو الطرد. إذ قد تكون تلك الأصناف الجديدة ناجحة فعلاً ومقاومة لآفة معينة ولكنها قد تكون ذات تأثير سلبى على الأعداء الطبيعية المرتبطة بآفة أخرى تصيب نفس المحصول مما يؤدى إلى حدوث فورانات عددية outbreaks فى تلك الآفة غير المستهدفة ببرنامج التربية.

على سبيل المثال، هناك العديد من المركبات التى تتواجد فى نباتات القطن والتى تلعب دوراً هاماً فى جذب الآفات الحشرية أو تكون سامة لتلك الآفات أو تكون ذات علاقة بالمستوى الغذائى الثالث وهو الأعداء الطبيعية. وقد أظهرت بعض الدراسات أن مركبات مثل tricosane و pentacosane تكون مواد جاذبة للكثير من المفترسات فى النظام الزراعى للقطن، كما أنها قد تؤثر على بيولوجيا تلك الطفيليات.

وجد أيضاً أن الطفيل *Campoletis sonorensis* يزداد إستخدامه لقرون إستشعاره فى الطرق على أنواع القطن ذات الغدد مقارنة بالأنواع الأخرى، وكانت البراعم مقارنة بالأوراق والسيقان هى أكثر الأماكن زيارة بالطفيل وإستخدام قرون إستشعاره للضرب عليها. وجد أن نباتات القطن من النوع *Gossypium barbadense* تفتقد مركبات myrcine, g -bisabolene, and b –bisabolol وهى من أكثر المواد تواجداً فى النوع *G. hirsutum*. وعند التحليل الكيميائى بواسطة جهاز Gas Chromatograph أظهر وجود المركبات a -pinene, myrcene, ocimene, b -caryophyllene, a - humulene, g -bisabolene , b –bisabolol. وكل مركب من هذه المجموعة يظهر قدرة مختلفة فى الجذب بعيد المدى للحشرات. فقد وجد أن مركب Caryophyllene oxide كان جاذباً للطفيل *C. sonorensis* وفى نفس الوقت يخفض من نمو حشرة دودة الدخان *H. virescens* وذلك عند إضافة تلك المواد للبيئة الصناعية.

أظهرت نتائج الدراسات السلوكية على بعض أصناف القطن مثل TCHB, Suyin, LRA, MCU 5, MCU 7 أن الطفيل *Trichogramma chilonis* ضرب بقرون إستشعاره وآلة وضع البيض بمعدل أكثر فى المواد الطيارة المنبعثة من الصنف suyin مقارنة بالأنواع الأخرى. ولقد أظهرت الدراسات الكيميائية المتقدمة وجود المركبات المتطايرة مثل caryophyllene docosane وhexacosane وnonacosane والتى كان لها تأثير قوى على سلوك الطفيل. تم إكتشاف مركب caryophyllene فى الصنف suyin و TCHB, MCU 7 and MCU 11، أما المركبات الأخرى مثل octodecane, undecane, dodecane فقد تم تسجيلها فى صنف LRA. كما أن مركبات Tetradecenoic و hexadecenoic كانت موجودة بكثرة ومميزة فى الصنف MCU11.

تأثير المظاهر النباتية على الأعداء الطبيعية

تؤثر صفات النبات على الأعداء الطبيعية من عدة مجالات بعضها بلا شك غير واضح جدا. هناك العديد من الآفات الحشرية تكون أكثر تعرضاً للأعداء الطبيعية عندما تتغذى على عوائل نباتية معينة دون الأخرى، وتؤثر هذه المظاهر النباتية على الكفاءة البحثية والتناسلية للأعداء الطبيعية. تم تقسيم تأثير النباتات على الأعداء الطبيعية إلى:-

١- التأثيرات الراجعة للكيميائيات الوسيطة Semiochemicallly mediated effects

سيتم مناقشة ذلك تفصيلياً فى مجال الوصول لوسط إنتشار العائل habitat location وكذلك ملاقاة العائل host location. فى بعض الحالات تستخدم بعض المنبهات والمواد النباتية لوصول الأعداء الطبيعية لوسط الإنتشار. وجد أيضاً أن المواد النباتية سواء الناتجة عن تغذية الحشرات العاشبة أو المنطلقة من النبات المهاجم بواسطة تلك الحشرات تقود مباشرة للوصول للعائل.

٢- التأثيرات الراجعة للمواد الكيميائية Chemically mediated effects

تتضمن التأثيرات الكيميائية للنباتات على الأعداء الطبيعية إستخدام الأعداء الطبيعية للمنتجات النباتية مثل الرحيق وحبوب اللقاح كمصدر للغذاء. تؤثر أيضاً جودة العائل النباتى بطريقة غير مباشرة على الأعداء الطبيعية عن طريق تحسين نمو الحشرات العاشبة، وبالتالى إستفادة الأعداء الطبيعية من تحسن نمو عوائلها أو فرائسها كمحصلة نهائية لذلك. فالحشرات العاشبة التى تنمو على نباتات ذات جودة غذائية منخفضة ربما تظل لفترة طويلة فى مرحلة النمو وبالتالى فى الطور المناسب للهجوم والقابل للتطفل مقارنة بالحشرات العاشبة المتغذية على

obeikandl.com

نباتات ذات جودة غذائية عالية وبالتالي سوف يؤثر ذلك على نسبة بقاء وموت الحشرات العاشبة وهى بدورها تؤثر على نسبة بقاء وموت الأطوار غير الكاملة للطفيليات. أخيراً ربما تكون المواد النباتية المعزولة أو المأخوذة من النبات والممتصة داخل جسم الحشرات العاشبة وسيلة للدفاع ضد الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال وجد أن فراشة *Danaus plexippus* تحمى نفسها من الإفتراس بواسطة الطيور عن طريق الجليكوسيدات glycosides التى إستخلصتها من العائل النباتى.

٣- التأثيرات الطبيعية للنبات Physical aspects of plants

ربما تؤثر الصفات الطبيعية للنبات على الأعداء الطبيعية من عدة أوجه مثل التوزيع والإنتشار المكانى على عائل نباتى معين، وكذلك تؤثر على آكلات العشب والأعداء الطبيعية ونجاحهما فى التوطين. ربما توفر الصفات الطبيعية للنبات الحماية لآكلات العشب، فمثلاً الحشرات الموجودة داخل الثمار كبيرة الحجم والأورام النباتية تكون أقل تعرضاً للطفيليات ذات آلة وضع البيض القصيرة. توفر أيضاً بعض العوائل النباتية الحماية للأعداء الطبيعية فى بعض الأماكن مثل العديسات والجيوب Pockets حيث تستخدم الأكاروسات المفترسة التابعة لعائلة Phytosseidae مثل هذه الجيوب لتسكنها وتهرب من الأعداء الطبيعية لها.

يستخدم مظهر الأوراق مثل الخشونة والشعيرات فى دفاع النبات ضد آكلات العشب وهى تؤثر أيضاً على الأعداء الطبيعية. على سبيل المثال، زيادة عدد الشعيرات وTrichomes على الأوراق ربما يؤدى إلى إنخفاض سرعه الطفيليات والمفترسات وبالتالى إنخفاض الكفاءة البحثية لهما وبالتالى تقليل فرص ملاقاة العائل. على سبيل المثال، تكون سرعة يرقات مفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* على الأوراق كثيفة الشعر منخفضة للغاية، وعلى العكس من ذلك في بعض المفترسات الأخرى مثل *Adalia bipunctata* يكون نشاطها السروحى على الأوراق ذات الشعر المبعثر أعلى منها على الأوراق عديمة الزغب glabrous leaves وكذلك الأوراق الشمعية waxy leaves وذلك لأن الشعيرات ربما تقلل من سرعة يرقات المفترس وبالتالى تقف كثيراً وتغير من مكان البحث بعيداً عن العرق الوسطى وتزور معظم الورقة ومن ثم تزداد إحتمالية ملاقاة الفرائس. نفس السلوك تم تسجيله على الطفيل *Encarsia formosa* الذى كان يعتقد أن وجود الزغب والأشواك على نبات الخيار سيقلل من كفاءته البحثيه ولكن ثبت أن نسب التطفل على العوائل النباتية كثيفة الشعر والزغب أعلى منها فى العوائل قليلة الشعر وذلك لسرعة حركة الطفيل على الأوراق الملساء أو قليلة الشعر وبالتالى تفاديه لملاقاة العائل خاصة وأن السلوك

البحثي لهذا الطفيل من النوع العشوائى فى كل مراحل ملاقاة العائل ويكون إعتماده على آلة وضع البيض وقرون الإستشعار فى الوصول للعائل. كذلك فإن بعض المفترسات الأكاروسية من عائلة Phytoseidae تكون أكثراً تعداداً على السطح السفلى لأوراق العنب كثيفة الشعر وذلك لتوفر الحماية من الأعداء والأمطار. ربما تكون بعض مناطق أو أجزاء النبات أكثر تأثيراً على سلوك العدو الحيوى البحثى من غيرها مثل الطفيل *Lysiphlebus testaceipes* الذى يبحث بكفاءة على أشجار الموز عن حشرات من الموز *Pentalonia nigronervosa* فى المساحات المفتوحة فقط، أما الطفيل *Aphidius colemani* فيبحث بكفاءة فى المناطق المحمية والمفتوحة بنفس الكفاءة.

obeikandl.com