الفصل الخامس

نحل العسل والنحل الطنّان والمكافحة الحيوية

علاقة جديدة لصداقة قديمة

Peter G. Kevan, Jean-Pierre Kaponga, Mohammad Al-mazra'awi and Les Shipp

مقدمة

النحل معروف بقدرته على حمل الجزيئات المجهرية. وقبل كل شيء فالنحل ملقحات طبيعية وحبوب اللقاح جسيمات مجهرية (Wodehouse, 1959) ومن المعروف أيضاً أن النحل يستطيع حمل الجراثيم الفطرية والبكتيريا، والتي قد يُسبب بعضها الأمراض للنحل نفسة أو للنبات (Morse and Nowogrodzki, 1990; Shaw, 1999). إن قدرة النحل على حمل جراثيم الفطر والبكتيريا والفيروسات يمكن استغلالها لصالحنا عند استخدامه لنقل الأعداء الحيوية، وهي تقنية تدعى تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات (Kevan et al., 2001, 2003, 2004 and 2005). سنتعرض في هذا الجزء من الكتاب لمجموعةٍ من الأعداء الحيوية المفيدة في هذه التقنية والآفات التي يُمكننا مكافحتها. هذه الأعداء الحيوية جميعها يمكن تهيئتها وبشكلٍ جيد لمكافحة الأعشاب، والأمراض النباتية أو الآفات الحشرية. وبعدها يمكن التحقق من أن هذا الاستخدام آمن على النحل مع قُدرته على مكافحة هذه الآفات بكفاءةٍ عالية. ويتبع هذين الأمرين

ويرتبط بهما بشكل وثيق، بما يتعلق باستخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات، مسألة تحديد التركيز الفعال من الأعداء الحيوية وتجهيزها بشكل فعال وكفاءة حملها ونقلها بواسطة الملقح. كما أننا سنناقش مسألة تصميم الأداة الموزعة (Dispenser) لأنها توثر على كفاءة حمل المادة المُجهزة للعدو الحيوي من قبل الملقح، وبالتالي فهي تشكل عنصراً إضافياً من عناصر هذه التقنية. وأخيرا سوف نتطرق بشكل مقتضب إلى السلامة البيئية وقضية الآثار الجانبية على الكائنات الحية الأخرى.

العناصر المكونة لهذه التقنية:

١- المحصول المستهدف بعملية بالمكافحة.

٢- الآفة (أعشاب، أمراض، حشرات والمتطفلات النباتية الأخرى).

٣- الملقحات الحشرية التي تُلقِح أو تزور أزهار المحصول المعني.

٤- العدو الحيوي الذي يُمكن حمله بواسطة الملقح.

٥- التجهيزات الملائمة من العدو الحيوي التي تحقق فعاليةً عاليةً في نقله بواسطة الملقح ولا يضر بسلامة الملقح نفسه وله فعالية عالية في مكافحة الآفة المستهدفة.

٦- طريقة عمل وتزويد الجرعات (النشر والتوزيع).

٧- المستهلك والسلامة البيئية.

وعلى الرغم من أن هذه التقنية تم تطويرها لإدارة الآفات والأمراض النباتية، إلا أن التطبيق الناجح يحتاج إلى بحثٍ في مجالاتٍ مختلفة وعلى عدة جبهات. فالعدو الحيوي المستخدم يجب أن يكون فعالاً في مكافحة الآفة، وآمناً بشكلٍ نسبي على الناقل أو الملقح، ويجب أن يتم توزيع العدو الحيوي من قبل الملقح بكميةٍ كافية لتقوم بعملٍ فعال ضد الآفة وأن لا يتأثر المحصول المعني بالمكافحة بشكلٍ ملحوظ. يجب أن يكون علم الأمراض المتعلق بالنباتات والحشرات جزءا من البحث والتطوير عند استخدامنا المكافحة الميكروبية من خلال هذه التقنية. وتصميم موزع الجرعات يحتاج إلى الفحص الدقيق في سلوك الملقح الناقل، كما تعمل تقنية التجهيز على تعظيم حجم

الجرعة المحمولة لزيادة الانتشار والتوزيع وكذلك كمية الجرعة النهائية التي تصل إلى الهدف المعني بدون آثارٍ سلبية على سلامة الناقل.

كما أن سلامة الكائنات الأخرى غير المستهدفة في البيئة يجب أن تُؤخذ بعين الاعتبار. وأخيراً فإن أي مُنتج يتم تطويره وحمايته من خلال استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات يجب أن يكون آمناً للاستهلاك من قبل الإنسان أو الحيوان. يوضح الشكل (٥,١) أوجه الترابط والتكامل بين مكونات عملية البحث والتطوير لهذه التقنية.

الشكل (٥,١). التكامل والترابط في البحث والتطوير بين عناصر تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات.

إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات تم بحثها من قبل العديد من الباحثين بطرقٍ مختلفةٍ كثيرة وباستخدام أعداء حيوية مختلفة وبتجهيزاتٍ مختلفةٍ أيضاً، وتم فيها استخدام ملقحات حشرية مختلفة وأدوات توزيع مختلفة للعدو الحيوي. ومع أن القليل من الباحثين والمهتمين قاموا بعمل تقارير حول استخدام هذه الطريقة، إلا أن هذه الدراسات والتقارير تضمنت مقارناتٍ قليلة في دراسة معينة، وبالتالي لا يمكن لهذا الفصل من الكتاب أن يُعطي مقارنةً فاعلةً وشاملةً بتفاصيل استخدام هذه التقنية. ولذلك يجب أن يعلم القراء أن استخدام هذه التقنية له قدرة كامنة عظيمة في حماية المحاصيل، وعلى المهتمين باستخدامها في أبحاثهم المختلفة الرجوع إلى الأوراق العلمية التي تم الإشارة لها بهذا الكتاب لكي يتم تحديد كيفية القيام بذلك. والجزء المهم هنا أن يتم اكتشاف الوسيلة حول الاستفادة من تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات للتعامل مع المشكلات الراهنة.

عوامل المكافحة

منع تكوين بذور الأعشاب والنباتات الدخيلة أو الغازية

من أهم اعتبارات استخدام هذه التقنية كان منع إنتاج الثمار والبذور في نبات اللبينة *Asclepias syriaca* (Asclepiadacea) (Eisilkowitch et al., 1990 and Kevan et al., 1989a,b). وتعمل الخميرة *Metschnikovia reukaufii* التابعة لمجموعة الفطريات الأسكية (Ascomycetes) على تثبيط إنتاج الرحيق في أزهار هذا النبات العشبي. ويمكن حمل ونقل خلايا هذه الخميرة بواسطة بعض الحشرات الملقحة وعندما تصل الخميرة إلى الرحيق في أزهار هذا النبات، فإنه يعمل على تثبيط إنبات حبة اللقاح. ويُفرَز الرحيق من سطح الميسم في جنس *Asclepias*، وهو الوسط الطبيعي لنمو حبة اللقاح، ولذلك يبدو من المنطقي أن نعمل على تطبيق كثيف للخميرة ثم نشره بواسطة الملقحات لتقليل

إنتاج الثمار والبذور في هذه النباتات. وعلى الرغم من الفائدة المرجوة من التغير، والتعامل مع هذا النظام ثلاثي الممالك (نبات، وخميرة وحشرة) لمكافحة الأعشاب وكذلك بما يتعلق بتداعيات وآثار التطور أو النشوء المرتبطة بنظريات اختيار الشريك بالنباتات (Morgan and Schoen, 1997)، إلا أن هناك حاجة لإجراء أبحاث إضافية بهذا الموضوع. فالفكرة لم تكن عابرة وبدون ملاحظة، فحديثاً اقترح Forcella (1997) إمكانية استخدام نحل العسل (*Apis mellifera* : Apidae) لنقل بعض مبيدات الأعشاب "متناهية الصغر والمتخصصة بقتل جاميتات محددة" مثل مبيد الجلوفوسينيت العشبي بهدف منع إنتاج البذور في الأعشاب.

مكافحة الأمراض النباتية

تم استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات بشكل ناجح في مكافحة العفن الرمادي (*Botrytis cinerea*, Moniliaceae) على نباتات الفراولة (*Fragaria X Ananasa*, Rosaceae) باستخدام العدو الحيوي الفطري (*Clonostachys rosea*, Hypocereales)، وباستخدام نحل العسل كملقح وناقل لهذا العدو الحيوي (Peng et al., 1992). مستوى المكافحة كان مشابهاً لاستخدام المبيدات الفطرية المُوصى بها وبنفس التركيز ومرات الاستخدام. بعد ذلك، تم استخدام هذه الطريقة على نباتات التوت البري (*Rubus idaeus*, Rosaceae) لمكافحة نفس المسبب المرضي باستخدام نحل العسل والنحل الطنّان (*Bombus impatiens*, Apidae) (Sutton et al., 1996 and Yu and Sutton, 1997) وكانت مستويات النجاح في حماية الفواكه مساوية أو تزيد عن استخدام الطرق التقليدية باستخدام المبيدات. قام Yu and Sutton (1997) بمقارنة رش العدو الحيوي *C. rosea* بواسطة الهواء المضغوط أو بواسطة تقنية النقل باستخدام الملقحات. فلوحظ أن نسبة الأزهار التي لم تحصل على العدوى (*C. rosea*) كانت أعلى في المناطق التي تم نشر العدو الحيوي فيها باستخدام الهواء المضغوط (٥٥-٥٧٪) مقارنة بحوالي

(٦-٩٪) في حالة استخدام النحل الطنّان أو (١٤-١٥٪) في حالة نحل العسل الذي يحمل الفطر (*C. rosea*). ولكن كان تثبيط العفن الرمادي بالأزهار أفضل عند استخدام النحل عنه في حالة استخدام المرشات الهوائية. ومنذ ذلك الوقت، قام العديد من الباحثين بنقل المتطفل الفطري تراكوديرما (*Trichoderma harzianum*, Hypocreace) لأزهار الفراولة باستخدام نحل العسل (Maccagani et al., 1999) والنحل الطنّان (*Ulocladium atrum*, Hypomycetes) وكذلك المضاد الفطري (Kovac ey al., 2000) لأزهار الفراولة باستخدام نحل العسل (van der Steen et al., 2006). وكل ما ذُكر من تقارير عن تثبيط العفن الرمادي أيضاً قام بتثبيط العفن الحجري (*Sclerotinia sclerotiorun*, Sclerotiniaceae) وهو مسبب مرضي مهم للمحاصيل. Escande وآخرون (١٩٩٤م، ٢٠٠٢م) نجحوا باستخدام هذه الفطريات بواسطة نحل العسل "كناقل" لحماية نباتات دوار الشمس (*Helianthus annuus*, Asteraceae) من تعفن طرف "رأس" الثمرة الناتج عن الإصابة بالعفن الحجري (*Sclerotinia sclerotiorun*, Sclerotiniaceae). وقد قاوم الباحث Svedelius (2000) المسبب المرضي الفطري (*Didymella bryoniae*, Ascomycetes) على نبات الخيار (*Cucumis sativus*, Cucurbitaceae) بواسطة فطر الترايكوديرما (*Trichoderma harzianum*) المنقول بواسطة النحل الطنّان (*Bombus terrestris*, Apidae) داخل البيوت المحمية.

يتوفر عدد غير محدود من الأعداء الحيوية يمكن استخدامها في مكافحة الأمراض النباتية بواسطة تقنية النقل بالملقحات. تقريباً، في نفس الفترة التي كنا نقوم بها بأبحاثنا في هذا المجال كان الباحث Johnson وزملاؤه (1992 و 1993) و Thompson وزملاؤه (1996) يجرون تجارب حول استخدام هذه التقنية بواسطة نحل العسل في مكافحة بكتيريا اللفحة النارية (*Erwinia amylovora*, Enterobacteriaceae) باستخدام البكتيريا (*Pseudomonas fluorescens*, Pseudomonadaceae) على أشجار التفاح (*Malus X Domestica*, Rosaseae) والكمثرى (*Pyrus cuminis*, Rosaseae) ومنذ ذلك الحين بدأ الاهتمام يتزايد بهذه التقنية

بشكل متسارع (e.g., Nuclo et al., 1998 and Pusey, 2002). ومن الأمثلة الأخرى، والتي يمكن مكافحتها بهذه الطريقة، مرض مومياء الثمرة الناتج عن المسبب المرضي الفطري (*Monilinia vaccinii-corymbosi*, Pezizaceae) والذي ينتقل بشكل إجباري بواسطة الملقحات لأنواع التوت الأزرق (*Vaccinium* spp. Ericaceae) (Batra, 1983 and Woronin, 1888) والتي يمكن مكافحتها بالبكتيريا (*Bacillus subtilis* Bacillaceae) المنقولة بواسطة الملقحات (Dedj et al, 2004). ومن الأمثلة أيضاً ما يدعى بالخميرة القاتلة (*Metschnikovia fructicola*) "وهو نوع تم وصفه حديثاً ينتمي للفطريات الأسكسية تتم تجربته في مكافحة العفن الرمادي على الثمار الغضة (Kurtzman and Droby, 2001 and Karabulut et al., 2003). ولكن ما هو متوفر من معلومات لدينا أنه لم يقم أحد حتى الآن باستخدام الملقحات بنشر هذا الفطر حتى الآن.

مكافحة الآفات الحشرية

لقد تم تقييم تقنية استخدام الملقحات بنقل الأعداء الحيوية في مكافحة العديد من الآفات على المحاصيل. Gross وزملاؤه (1994) استخدموا نحل العسل في نقل فيروس دودة ثمار القطن (Heliothis) متعدد سطوح النواة (NPHV) على نبات البرسيم القرمزي (*Trifolium incarantum*, Fabaceae) للمساعدة في مكافحة عثة أكواز الذرة (*Helicoverpa zea*, Noctuidae). على الرغم من أن هذه المبادرة لم يتم اتباعها بأمريكا، إلا أن Butt وزملاءه (1999) وحديثاً أيضاً Carreck وزملاءه (2007) أعادوا للفكرة أهميتها بعد أن استخدموا العدو الحيوي (*Metarhizium anisopliae*, Clavicipitaceae) على أزهار الكانولا (*Brassica napus*, Brassicaseae) لتثبيط أعداد أحد خنافس التلقيح الضارة (*Meligethes aeneus*, Nitidukidae)، وبعد ذلك سوسة ثمار الملفوف (*Ceutorhynchus assimilis*, Curculionidae). تُبين الأبحاث التي قام بها Jyoti و Brewer (1999) إمكانية استخدام نحل العسل بكفاءة في نقل البكتيريا النافعة

(*Bacillus thuringensis* var *kurstaki* , Bacillaceae) لمكافحة عثة دوار الشمس المخططة (*Cochylis hospes*, Tortricidae) في نباتات دوار الشمس (*Helianthis annuus*)، كانت نتائج المكافحة التي تم الحصول عليها عالية بالإضافة إلى كفاءة عالية بالتلقيح وعقد الثمار أفضل من الأسلوب التقليدي في رش هذه البكتيريا النافعة (Bt).

إن الأبحاث التي قمنا بها كانت نتيجةً للزيادة العددية المفاجئة في بقة النبات المنقطة على نباتات الكانولا في ألبيرتا بكندا بعام ١٩٩٨م (Carcamo et al., 2003) وتم خلال الأبحاث استخدام الفطر النافع (*Baeuveria bassiana*, Claviciptaceae) والمعروف بأنه يسبب الموت من خلال (Bidochka et al., 1993 and Gindin et al., 1996) تفكيك وتحطيم خلايا القشرة الخارجية للحشرة بالإضافة إلى الأنسجة العضلية (Bidochka et al., 1993). وبما أننا ندرك أن هذه الآفة تصيب العديد من المحاصيل المهمة، ومنها التي تزرع داخل البيوت البلاستيكية، قُمنا بالتوسع في الدراسة لتشمل المكافحة الحيوية لبق النبات على محصول الكانولا (الشكل ٥,٢) وعلى الفلفل الحلو (*Capsicum annuum*, Solanaceae) تحت البيوت البلاستيكية (الشكل٥,٣). وجد Mazra'awi وزملاؤه (2006a) أن نسبة الموت في آفة بق النبات على نبات الكانولا الموجودة داخل أقفاص التجارب باستخدام نحل العسل كملقح وناقل للعدو الحيوي وصلت إلى ما بين ٢٢-٥٦٪ بينما كانت بالشاهد ٩-٢٢٪. الأجسام الثمرية للفطر (*Beauveria bassiana*) وجدت على جميع عينات النحل وعلى حوالي ٦٧-٧٧٪ من الأزهار وحوالي ٧٠٪ من أوراق نبات الكانولا.

وتراوح معدل تركيز الفطر الذي تم تحديده لكل فردٍ من أفراد بق النبات بين ١٤١١-٣٨٠٣ وحدة قادرة على تكوين مستعمرة الفطر (cfu)، بفترة دراسة لعامين. أما في حالة الفلفل الحلو المزروع تحت البيوت البلاستيكية فقد تم استخدام النحل الطنّان لنقل جسيمات العدوى من الفطر (*Beauveria bassiana*) وتراوحت نسبة موت بقة النبات بين ٣٤-٤٥٪ مقارنة مع ٩-١٥٪ في الشاهد (الشكل ٥,٤)

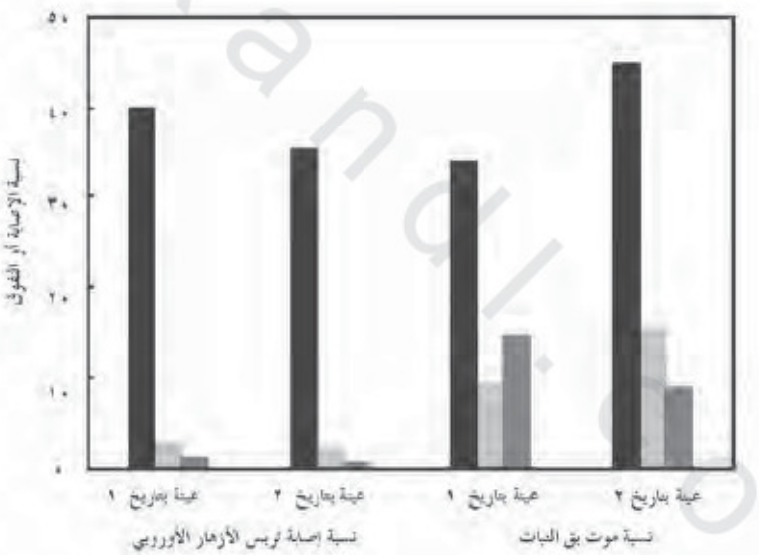
(Al-Mazra'awi, 2004 and Al-Mazra'awi et al., 2006). وكان ما نسبته ٩٧-٩٩٪ من النحل، ٩٠-٩٦٪ من الأزهار ٨٧-٩١٪ من عينات الأوراق تحوي تراكيز يمكن قياسها من الفطر (*Beauveria bassiana*) وفي هذه الدراسة كان معدل تركيز العدوى بالفطر على كل فرد من أفراد عينة آفة بق النبات تتراوح بين ٥٨٧-٧٠٨ وحدة قادرة على تكوين مستعمرة (cfus) لكل بقة نبات.

الشكل (٥,٢). حقل تجريبي، تم فيه تقييم تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات: حيث تم استخدام نحل العسل كملقح وناقل لفطر البافاريا باسيانا *Beauveria bassiana* في مكافحة بقة النبات على محصول الكانولا. الملحق يوضح نوية نحل عسل مع ناشر للعدوى داخل قفص التجربة.

الشكل (٥,٣). خلية نحل طنان مع موزع للعدوى ملتصق مع بوابة الخلية استخدمت في مجموعة تجارب لبيت محمي من الفلفل الحلو .

وعندما تم تمديد هذا المشروع البحثي أصبحت القدرة على مكافحة تربس الأزهار الأوروبي واضحة وموثقة علمياً (*Frankliniella occidentalis*, Thripidae) وهو آفة مهمة لمحاصيل البيوت البلاستيكية (Al-Mazra"awi et al., 2006b). إن استخدام النحل الطنّان في تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات أدى إلى إصابة تربس الأزهار الأوروبي بمعدل تراوح بين ٣٤٪ و٤٠٪ مقارنة مع ٣٪ فقط في معاملة الشاهد (الشكل ٥,٤). بعد ذلك تم التوسع في استخدام هذه التقنية لتضم آفاتٍ أخرى مثل

ذبابة البيوت المحمية البيضاء (*Trialeurodes vaporariorum*, Alcyrodidae) ومَنّ الدراق الأخضر (*Muzus persicae*, Aphidae) والعفن الرمادي على محاصيل محمية مختلفة وخاصة البندورة (*Lycopersicon* (*esculentum*, Solanaceae) Kapongo et al., 2005 and Shipp et al., 2005). وحديثاً تم إظهار إمكانية استخدام هذه التقنية في نقل أكثر من عدو حيوي معاً لمكافحة الآفات الحشرية وإدارة الأمراض النباتية (Shipp et al., 2006). لقد استخدم النحل الطنّان لنقل العدوى بفطريات (*B. bassiana* and *C. rosea*) لمكافحة بق النبات والذبابة البيضاء وتثبيط نمو العفن الرمادي على محصولي الفلفل والبندورة داخل البيوت البلاستيكية.



الشكل (٤,٥). نسبة إصابة تربس الأزهار الأوروبي "WFT" ونسبة الموت في بقة النبات "TPB" التي تعرضت للفطر بفاريا باسيانا (*Beauvaria bassiana*) المنقول عن طريق النحل الطنان في تجارب على الفلفل الحلو داخل البيوت البلاستيكية، الأعمدة الغامقة: الفطر منقولاً بواسطة النحل الطنان، المتوسطة: النحل الطنان بدون الفطر والفاتحة: بدون معاملة.

سلامة النقل وكفاءة مكافحة الآفة المستهدفة

عند اختيار عدو حيوي واختيار تجهيزة أو تركيبة معينة، فيجب أن يكون الشخص حذراً كي لا يؤثر على صحة وسلامة الناقل الحيوي بشكلٍ ما. من الواضح أن وسائل المكافحة الظاهرة والمناسبة التي تُستخدم في تثبيط عقد البذور في الأعشاب ليس لها تأثير سلبي على الملقح الناقل لها بغض النظر عن نوع العدو الحيوي المستخدم، ويجب تحديد سلامة الناقل قبل تسجيل هذه الأعداء الحيوية كجزء من المجموعة الطبيعية من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تتلازم مع الملقحات.

وقد تم اختبار سلامة الفطر النافع (*Trichoderma harzianum*) الذي يثبط نمو العفن الرمادي على الناقل، ومن الواضح أنه آمن الاستخدام مع كل من نحل العسل والنحل الطنّان (van der Steen et al., 2004). والعوامل الفطرية النباتية التي تم استخدامها حتى الآن ولها نتائج نافعة وجيدة، يُعتقد بأنها آمنة أيضا ولكن لا بُد من إجراء اختبار السلامة.

ومع ذلك فعندما يتم التعامل مع المسببات المرضية للحشرات، فيجب على الشخص أن يفترض بأن المخاطر على النواقل يمكن قياسها. فلقد تم اختبار تأثير البكتيريا (Bt) على عاملات نحل العسل ووُجدت بأنها آمنة (Vandenberg and Shimanuki, 1986) والاختبارات على النحل الطنّان لم تتم بعد. قمنا بتقيّيم الأخطار على المُلقحات عند ارتباطها بالفطر النافع (*B. bassiana*). فقد وجدنا أن التركيبة التجارية Botanigard 22 WP لهذا الفطر (Lavwelam International Corp., Butte, MT) يجب تخفيفها من تركيز مقداره ٢×١٠ ^{١١} كونيديا/جم في التركيبة التجارية الجاهزة إلى ٦× ١٠ ^{١٠} كونيديا/جم لتحقيق أدنى مستوى لموت عاملات النحل الطنّان (*Bombus impatiens*) وأعلى نسبة موت من الآفة (Kapongo et al., 2005; Shipp et al., 2006). عند تركيز أقل، فمن المعروف أن هذا الفطر *B. bassiana* له تأثير قليل على نحل

العسل (Vandenberg, 1990; Goettel and Jaronski, 1997). وزيادة على ذلك فليس من المتوقع أن تحدث الإصابة على درجة حرارة صندوق التربية بالخلية والبالغة تقريبا ٣٥°م. بشكل عام يبدو أن النحل الطنّان أكثر حساسية من نحل العسل وبشكل بسيط ليصاب بالفطر (*B. bassiana*)، ولكن احتمالية الإصابة قليلة (Al-Mazra'awi 2004 and Kapongo, unpublished data). كما أن الفطر (*Metarhizium anisopliae*) يشكل خطراً على النحل الناقل (Macfarlane, 1976). وقد تم اختياره للمكافحة الحيوية لحلم الفاروا داخل مستعمرات نحل العسل (Kanga et al., 2033 and James et al., 2006) ولكن من المحتمل أن تكون هذه الأخطار قليلة ومشابهة لتلك الناتجة من استخدام الفطر (*B. bassiana*). الفيروس المسمى (NPHV) والذي تم استخدامه من قبل Gross وزملائه (1994) متخصص برتبة حرشفية الأجنحة وبالتالي فمن المحتمل بأنه آمن.

المخففات والتجهيزات

إن الأعداء الحيوية التي يتم استخدامها بتقنية نقل العدو الحيوي بواسطة الملقح ذات تراكيب وتجهيزات تجارية عالية التركيز ويجب أن يتم تخفيفها من أجل تقليل التكلفة بشكلٍ فعالٍ وزيادة انتشار جرعاتها على الموقع المستهدف. تم استخدام العديد من المخَفِفَات لتحضير تركيبة العدوى التي يتم وضعها واستعمالها بالموَزع. فقد تختلف هذه المخَفِفَات وبشكل كبير في خصائصها والتي يمكن أن تؤثر في استخدامها.

وجد Israel و Boland (١٩٩٣م) أن بعض المُخَفِفات (الحاملات) مثل بودرة التلك وخاصة البودرة ذات الرائحة والمُعطَرة، مُهَيجَة لنحل العسل الذي يعمل على تنظيف نفسه وإزالة هذه المادة وتحتاج لفترة قد تصل إلى دقيقة خلال عملية تنظيف أجسامها. مواد حاملة أخرى، مثل الطحين، كان قبولها أفضل من قبل النحل ولا تُحفز عملية التنظيف وإزالة المادة إلا لفترة قصيرة تعادل نصف فترة التنظيف في حالة استخدام بودرة التلك مما يزيد من النقل الكفؤ للعدوالحيوي. جراثيم الفطر (*B. bassiana*) يمكن

تخفيفها باستخدام طحين الذرة، نشاء الذرة، البودرة، الفطريات أو مواد أخرى لتعظيم انتشار العدو الحيوي وزيادة فترة الحياة خلال النقل. وجد Al-Mazra'awi (2004) أن نحل العسل الذي يمر من خلال طحين الذرة يحمل جراثيم أكثر من النحل الذي يمر من خلال طحين القمح أو النخالة أو نشا الذرة أو نشا البطاطا أو شرانح البطاطا أو طحين الشوفان وطحين الشعير. والحكم العام أن عدد الجراثيم التي يتم حملها من قبل النحلة تزيد مع صغر حجم المادة الحاملة وانخفاض نسبة الرطوبة بها ومع زيادة تركيز الفطر (*B. bassiana*) في التركيبة المستخدمة. الوقت المستغرق من قبل نحلة العسل بالمرور من خلال الموزع لا يؤثر بشكل معنوي على الاحتفاظ بالجراثيم. قارن العالم Der Steen وزملاؤه (2006) الاستفادة النسبية لمواد حاملة أخرى مثل (السليلوز، الكوارتز، بودرة التلك، الطحلب الأرضي، مواد الطين: مثل البنتونايت والكاؤلين)، وكيف يمكن أن تؤثر على التصاق جراثيم العدوى بالنحل وبعدها ببتلات زهرة الفراولة، ووجُد أن البنتونايت يلتصق بشكل جيد على جسم النحلة والأفضل من حيث الالتصاق بالبتلات. حبيبات البوليستيرين تم استخدامها أيضاً بالتجارب ولكن قد يكون استخدامها بتجهيز التركيبة التجارية مكلفاً (Butte et al., 1998).

وعلى الرغم من أن توليفة كاملة من المقارنات للعديد من المخففات النباتية والملحية "المعدنية" ما زالت تحتاج لاختبار الناشر، إلا أننا نعتقد أن المخففات الملحية "المعدنية" ستكون أقل فعالية بسبب التهيج الذي تُسببه للنحل.

تصميم الموزع
(Dispenser)

استخدم الباحثون العديد من التصاميم لموزع المادة الحيوية. الموزعات التي تُوجه الملقح أوالناقل إلى العدوى (العدو الحيوي) عند سروحه وتعزله عن العدوى عند عودته إلى الخلية تُقلل من الفاقد من العدوى. ويقلل هذا التصميم أيضاً من العدوى

التي يُمكن أن تدخل إلى خلية النحل. في جامعة Guelph تم تصميم موزع لتغبير نحل العسل بجراثيم الفطر (Peng et al., 1992) والذي يعتمد على تصميم كلية نوفا سكوتيا الزراعية لموزع حبوب اللقاح (Twonsend et al., 1958; Hatjina, 1988; and King and Burrel, 1933). وتم استخدام هذا الناشر من قبل العديد من الباحثين أيضاً (Butte et al., 1998 and Carreck et al. 2007) من بين آخرين. إن الموزع العلوي والسفلي الذي لدينا يقوم بإجبار النحلة على حمل الجراثيم قبل أن تخرج إلى خارج الخلية من فوق علبة جراثيم العدوى، وعند الرجوع إلى الخلية فإن النحلة تمر عبر الموزع من ممر خال من الجراثيم. أما الموزع جانبي التصميم والذي تم استخدامه من قبل Van der Steen (2006) فإنه يوجه النحل لأحد الجانبين لكي يحمل الجراثيم عند الخروج، ولكن فتحة الدخول توجد على الجانب الآخر للجهاز حيث لا توجد جراثيم.

استخدم Thompson ورفاقه (1992) وكذلك Johnson ورفاقه (1993a و1993b) موزع أنتلز (Antles) لحبوب اللقاح الذي تم تطويره لتلقيح أشجار التفاحيات، ولكن بهذا الموزع يتطلب أن يمر النحل عبر علبة الجراثيم عند خروجه ودخوله. الموزع الذي تم تطويره من قبل Gross ورفاقه (1994) لنقل فيروس (NPHV) لمكافحة عثة أكواز الذرة (H. zea) على البرسيم القرمزي وقد حصل هذا الموزع على براءة اختراع. وقد تم استخدامها من قبل Deje ورفاقه (2004) لتوزيع البكتيريا (*Bacillus subtilis*). حديثاً قام Bilu ورفاقه (2004) بتقييم العديد من أنواع الموزعات على نحل العسل، وأوضحت النتائج أن موزعة جامعة Guelph كانت جيدة من حيث الأداء، ولكن موزعة ترايواكس (Triwaks) كانت الأفضل أداءً على الإطلاق في تغبير نحل العسل بجراثيم الترايكوديرما (*T. harzianum*).

تم تصميم وتطوير موزعة لخلايا النحل الطنّان بجامعة (Guelph) تدعى الموزعة ذات التصميم العلوي السفلي (شكل ٥,٥، Yu and Sutton, 1997). وبالإضافة إلى ذلك قام Maccagnani (2005) بمقارنة هذين الموزعين، الموزع الجانبي والموزع السفلي

العلوي، لنشر مضادات فطرية بواسطة النحل الطنّان، وقد وُجد بأن الموزعة العلوية السفلية هي الأكثر كفاءةً في نقل وسائل المكافحة الحيوية الفطرية. دراسات إضافية حول تصميم الموزعة للاستخدام مع كل من نحل العسل والنحل الطنّان ما زالت مطلوبة لتحديد الأمور العملية في كيفية وضع العدوى وفترة وجود العدوى بالخلية، معدل التصاق العدوى بالنحل وكذلك تأثير الموزعة على نشاطات وأعمال خلية النحل وخاصة بسبب تضيّق مدخل الخلية. الاحتمالية أيضا موجودة حول استخدام حشرات أخرى، تتضمن ملقحات أخرى لنقل ونشر وسائل المكافحة الحيوية ولكن محاولات قليلة تم إجراؤها.

الشكل (٥,٥). موزع موضوع أمام فتحة خلية النحل الطنان مع طبق العدوى "مفتوح".

سلامة البيئة والإنسان

قد تم اعتماد بعض الأعداء الحيوية التي وجدت نافعة باستخدام هذه التقنية على أنها آمنة على صحة الإنسان وتم تسجيلها بواسطة الوكالات المتخصصة في بلدان متعددة لاستخدامها على المحاصيل. إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات ما هي إلا طريقة أخرى من طرق استخدام الأعداء الحيوية وتطبيقاتها. إلا أن تسجيل عوامل المكافحة الميكروبية عادة ما تكون معنية بشكلٍ خاص بالمحصول (العائل) وطريقة التطبيق. أعداء حيوية أخرى تحت التطوير سوف تتطلب تقييماً إضافياً لأثرها على سلامة الأنواع أو الكائنات غير المستهدفة بما فيها سلامة الناقل نفسه، وبما يتعلق بمتبقياتها في الغذاء الآدمي أو الحيواني قبل أن يتم تسجيلها. لذلك يتطلب الأمر تقييماً للمخاطر على الإنسان أو البيئة قبل الاستخدام الواسع للأعداء الحيوية بهذه الطريقة. إن المعاملة الوحيدة المسجلة والمعتمدة بهذه الطريقة "حسب علمنا" هي استخدام تركيبة تسمى بايناب (BINAB Bio-Inovation AB, Helsingborg, Sweden). ومركب البايناب مسجل لاستخدام فطر الترايكوديرما بواسطة النحل الطنّان لمكافحة العفن الرمادي على الفراولة وعلى محاصيل الخضار في البيوت البلاستيكية في بلدان أوروبية متعددة (Biobest B.V., 2006).

ولأن عدداً من الأعداء الحيوية المستخدمة بواسطة هذه الطريقة لها تأثير على طيفٍ واسع من العوائل المتوقعة يجب الأخذ بعين الاعتبار المخاطر على الأنواع غير المستهدفة. لبعض هذه الأعداء الحيوية مثل البكتيريا العصوية (Bt) والفيروس (NPHV)، من المحتمل أن تكون المخاطر صغيرة ومحدودة. للبعض الآخر فإن البيانات المتوفرة قليلة ولا تكفي لاعتبار تحسينات إضافية. يجب أن نتذكر أنه عندما يتعلق الأمر بالمحاصيل الحقلية، فإن الملقح الناقل ليس مقتصراً عادة على السروح على المحصول المعني فقط. وهوالموضوع ذاته الذي يواجه طرق الرش التقليدية حيث إن الأنواع غير المستهدفة تتعرض عادة للرش. يمكن أن يزعم الشخص أن استخدام هذه التقنية

لمكافحة الأمراض النباتية قد يكون لها تأثير محايد أو حتى مفيد على الأنواع غير المستهدفة من النباتات. ولكن عند استخدام تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات لمكافحة الآفات الحشرية، فمن الواضح أن التأثير على الأنواع غير المستهدفة مثل الحشرات النافعة والحشرات ذات القيمة الجمالية خصوصاً الفراشات والعث هو تأثير حقيقي ويجب أن يخضع للبحث. كما أن نقل المبيدات الجاميتية المتخصصة (micro-site specific gameticide) مثل المبيد العشبي جلوفوسينيت الذي يؤثر على عقد البذور في الأعشاب قد يكون مثبتاً بأنه يسبب بعض المشاكل للنباتات غير المستهدفة ذات فترة الحياة القصيرة والتي يتزامن إزهارها مع وجود النباتات العشبية المستهدفة.

المناقشة والخلاصة

إن تطوير تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات لمكافحة الآفات الحشرية والفطرية للمحاصيل المختلفة مثل نبات الكانولا ومحاصيل البيوت البلاستيكية مثل الفلفل الحلو تمنحنا الاستفادة من تقليل الكثافة العددية للآفة، بالإضافة إلى تحسين نسبة التلقيح بالنباتات. فعلى سبيل المثال تلقيح نبات الكانولا بواسطة الحشرات يزيد من نوعية عقد الثمار ونسبة الإنبات (Kevan and Eisikowitch, 1990) وزيادة الإنتاجية (Langridge and Goodman, 1975) وتتطلبها عملية إنتاج البذور الهجينة. وبشكل مماثل فإن استخدام النحل الطّنان في تلقيح نباتات الفلفل الحلو تحت البيوت البلاستيكية يزيد من وزن الثمرة، حجم الثمرة، وزن البذرة، وزيادة في نسبة الثمار الكبيرة والكبيرة جداً، وكذلك تقليل الفترة اللازمة للحصاد (Shipp etal., 1994). يستطيع كل من نحل العسل والنحل الطنّان نقل وسائل المكافحة الحيوية المختلفة مثل (*C. rosea, T. harzianum, B. subtilis* and *P. fluorescens*) لمكافحة وتثبيط الأمراض التي تصيب النباتات وكذلك استخدام الأعداء الحيوية (*B. bassiana, M. anisopliae*, Bt, and NPHV) لمكافحة الآفات الحشرية التي تصيب المحاصيل والنباتات المحمية.

إن تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات هي حالة كسب مزدوج، لأن هذه التقنية لا تؤدي فقط إلى تقليل أثر الآفة وخفض استخدام المبيدات ولكن تؤدي أيضاً إلى تحسين عملية التلقيح في النباتات. وفي الأغلب فإن هذه التقنية آمنة على النحل، ولكن يجب القيام بالاختبارات المعملية ومراقبة الخلية خلال وبعد فترة التعرض للعدو الحيوي لضمان عدم وجود آثار سلبية على النحل. كما أن تطوير وتجهيز تراكيب مناسبة وأدوات توزيعها من الاعتبارات المحورية والهامة لنجاح هذه التقنية. إن تركيبة (مخلوط) عامل المكافحة الميكروبية الفعال في الحالة الجافة بالإضافة للمواد المخففة والحاملة يجب أن يتم تجهيزها بحرص لتعظيم عملية الانتشار وأيضاً معايير السلامة. المواد المجهزة بشكل جيد تبقى فعالة لفترة ممتدة في الحقل وذات تكلفة مناسبة. المحاولات مطلوبة لاختبار كل توليفة من الأعداء الحيوية وتركيبتها وتجهيزها ونوع الملقح المستخدم والمحصول المعني بالمكافحة وكذلك نوع الآفة المراد مكافحتها بهذه التقنية، بالإضافة إلى نوع الموزع الذي يمكن اعتباره الأكثر ملاءمةً. وبالطبع اعتبارات السلامة المتعلقة بغذاء الإنسان والحيوان يجب تضمينها وأخذها بعين الاعتبار عند تطوير وتسجيل أي عدو حيوي مستخدم بهذه الطريقة وأن يتم ربطها بأية مخاطر بيئية بما يتعلق بالأنواع غير المستهدفة.

تُعد تقنية نقل الأعداء الحيوية بواسطة الملقحات أسلوبا متعدد الاختصاصات لإدارة الآفات ويضم مختلف عناصر النظام البيئي كالملقحات، ووسائل المكافحة الميكروبية والآفات الحشرية في نظام إنتاج المحصول. ويحقق الفوائد من أداة جديدة، أقل خطورة لإدارة الآفات، استخدام أقل للكيماويات وتلقيح أفضل للمحصول، وكل ذلك يؤدي بالتالي إلى نوعية وإنتاجية أعلى للمحاصيل.

الشكر

نحن ممتنون جداً للدعم المتنوع من كل الداعمين للبحث الذي تم خلال سنين متواصلة: مجلس أونتاريو الاستشاري للمبيدات، حكومة ألبيرتا، مجلس أبحاث العلوم

الطبيعية والهندسة في كندا، اتحاد نحالي أونتاريو، المجلس الوطني للأبحاث بكندا، وزارة الزراعة بأونتاريو، شؤون الغذاء والتنمية الريفية، الزراعة واجريفود بكندا، واتحاد مزارعي البيوت المحمية بأونتاريو ولكل من ساهم بتطوير هذه التقنية والشكر الخاص لكل من (L. Tam, B. Broadbent, S. Khosla, M. adjaloo, and A. Morse). وللسيد (A. Morse) الذي وظف مهارته لاعداد الشكل (٢,٥).

المراجع العلمية

Al-mazra'awi, M. S. (2004). Biological control of tarnished plant bug and western flower thrips by Beauveria bassiana vectored by bee pollinators. Unpublished doctoral dissertation, University of Guelph, Ontario, Canada.

Al-mazra'awi, M. S., Shipp, J. L., Broadbent, A. B., and Kevan, P. G. (2006a). Dissemination of Beauveria bassiana by honey bees (Hymenoptera: Apidae) for control of tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) on canola. Environmental Entomology, 35, 1569-1577.

Al-mazra'awi, M. S., Shipp, J. L., Broadbent, A. B., and Kevan, P. G. (2006b). Biological control of Lygus lincolaris (Hemiptera: Miridae) and Frankiniella occidentalis (Thysanoptera: Thripidae) by Bombus impatiens (Hymenoptera: Apidae) vectored Beauveria bassiana in greenhouse sweet pepper. Biological Control, 37, 89-97.

Antles, L. C. (1953). New methods in orchard pollination. American Bee Journal, 93, 102-103.

Batra, L. R. (1983). Monilinia vaccinii-corymbosi (Sclerotiniaceae): Its biology on blueberry and comparison with related species. Mycologia, 75, 131-152.

Bidochka, M. J., Miranpuri, G. S., and Khachatourians, G. G. (1993). Pathogenicity of Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin toward lygus bug (Hem., Miridae). Journal of Applied Entomology, 115, 313-317.

Bilu, A., Dag, A., Elad, Y., and Shafi r, S. (2004). Honey bee dispersal of biocontrol agents: An evaluation of dispensing devices. Biocontrol Science and Technology, 14, 607- 617.

Biobest B. V. (2006). Cooperation between Binab® Bio-Innovation Ab and Biobest N. V. for worldwide distribution of the Binab product range [Press release]. Retrieved August 2006 from http://207.5.17.151 /biobest/en/nieuws/binab1.htm.

Butt, T. M., Carreck, N. L., Ibrahim, L., and Williams, I. H. (1998). Honey-bee-mediated infection of pollen beetle (Meligethes aeneus Fab.) by the insect-pathogenic fungus, Metarhizium anisopliae. Biocontrol Science and Technology, 8, 533-538.

Carcamo, H. A., Otani, J., Gavloski, J., Dolinski, M., and Soroka, J. (2003). Abundance of Lygus spp. (Heteroptera: Miridae) in canola adjacent to forage and seed alfalfa. Journal of Entomological Society of British Columbia, 100, 55-63.

Carreck, N. L., Butt, T. M., Clark, S. J., Ibrahim, L., Isger, E. A., Pell, J. K., et al. (2007). Honey bees can disseminate a microbial control agent to more than one inflorescence pest of oil seed rape. Biocontrol Science and Technology. 17, 179-191.

Dedej, S., Delaplane, K. S., and Scherm, H. (2004). Effectiveness of honey bees in delivering the biocontrol agent Bacillus subtilis to blueberry fl owers to suppress mummy berry disease. Biological Control, 31, 422-427.

Eisikowitch, D., Lachance, M. A., Kevan, P. G., Willis, S., and Collins-Thompson, D. L. (1990). The effect of the natural assemblage of microorganisms and selected strains of the yeast Metschnikovia reukaufi in controlling the germination of pollen of the common milkweed Asclepias syriaca. Canadian Journal of Botany, 68, 1163-1165.

Escande, A. R., Laich, F. S., Cuenca, G., Baillez, O., and Pereyra, V. (1994). Dispersion de inoculo de Trichoderma spp. mediante abejas (Apis mellifera) para el control de la pudricion de capitulo del girasol (Sclerotinia sclerotiorum). Fitopatologia, 29, 35.

Escande, A. R., Laich, F. S., and Pedraza, M. V. (2002). Field testing of honeybee-dispersed Trichoderma spp. to manage sunflower head rot (Sclerotinia sclerotiorum). Plant Pathology, 51, 346 - 351. Honey Bees, Bumble Bees, and Biocontrol 77.

Forcella, F. (2006, February). Honeybees as novel herbicide delivery systems [Abstract]. In The Annual Meeting of the Weed Science Society of America, New York, New York (90 .(Retrieved April 2007 from http://ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/36450000/Products.Reprints/2006/1319.pdf.

Gindin G., Barash, I., Raccah, B., Singer, S., Ben-Ze'ev, I. S., and Klein, M. (1996). The potential of some entomopathogenic fungi as biocontrol agents against the onion thrips, Thrips tabaci and the western flower thrips, Frankliniella occidentalis. Folia Entomologica Hungarica, 57(Suppl.), 37-42.

Goettel, M. S., and Jaronski, S. T. (1997). Safety and registration of microbial agents for control of grasshoppers and locust. Memoirs of the Entomological Society of Canada, 171, 83-99.

Gross, H. R., Hamm, J. J., and Carpenter, J. E. (1994). Design and application of a hive-mounted device that uses honeybees (Hymenoptera: Apidae) to disseminate Heliothis nuclear polyhedrosis virus. Environmental Entomology, 23, 492-501.

Hatjina, F. (1998). Hive-entrance fi ttings as a simple and cost-effective way to increase cross pollination by honey bees. Bee World, 79, 71-80.

Israel, M. S., and Boland, G. J. (1993). Infl uence of formulation on efficacy of honey bees to transmit biological controls for management of Sclerotinia stem rot of canola. Canadian Journal of Plant Pathology, 14, 244.

James, R. R., Hayes, G. W., and Leland, J. E. (2006). Field trials on the microbial control of Varroa with the fungus Metarhizium anisopliae. American Bee Journal, 146, 968-972.

Johnson, K. B., Stockwell, V. O., Burgett, D. M., Sugar, D., and Loper, J. E. (1993a). Dispersal of Erwinia amylovora and Pseudomonas fluorescens by

honeybees from hives to apple and pear blossoms. Phytopathology, 83, 478-484.

Johnson, K. B., Stockwell, V. O., McLaughlin, R. J., Sugar, D., Loper, J. E., and Roberts, R. G. (1993b). Effect of antagonistic bacteria on establishment of honey bee-dispersed Erwinia amylovora in pear blossoms and on fi re blight control. Phytopathology, 83, 995-1002.

Jyoti, J. L., and Brewer, G. J. (1999). Honey bees (Hymenoptera: Apidae) as vectors of Bacillus thuringiensis for control of banded sunflower moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology, 28, 1172-1176.

Kanga, L. H. B., Jones, W. A., and James, R. R. (2003). Field trials using the fungal pathogen, Metarhizium anisopliae (Deuteromycetes: Hyphomycetes) to control the ectoparasitic mite, Varroa destructor (Acari: Varroidae) in honey bee, Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) colonies. Journal of Economic Entomology, 96, 1091-1099.

Kapongo, J. P., Shipp, L., Kevan, P., and Broadbent, B. (2005). Optimal concentration of Beauveria bassiana as vectored by bumblebees for pest control on sweet pepper. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section 28: 143-146.

Karabulut, O. A., Smilanick, J. L., Mlikota Gabler, F., Mansour, M., and Droby, D. (2003). Near-harvest applications of Metschnikovia fructicola, ethanol, and sodium bicarbonate to control postharvest diseases of grape in central California. Plant Disease, 87, 1384-1389.

Kevan, P. G., Al-mazra'awi, M. S., Shipp, L., and Broadbent, B. (2004). Bee pollinators vector biological control agents against insect pests: Trials against tarnished plant bug and western flower thrips with the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana for field canola and greenhousepeppers. In Memorias 11 Congreso Internacional de Actualizacion Apicola 78 (114-117).

Kevan, P. G., Al-mazra'awi, M., Sutton, J. C., Tam, L., Boland, G., Broadbent, B., et al. (2003). Using pollinators to deliver biological control agents against crop pests. In R. A. Downer,

J. C. Mueninghoff, and G. C. Volgas (Eds.), Pesticide formulations and delivery systems: Meeting the challenges of the current crop protection industry (148-152). West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials International.

Kevan, P. G., Collins-Thompson, D. L., Eisikowitch, D., and Lachance, M. A. (1989a). Milkweeds, pollinators and yeasts: A system for potential biocontrol of milkweed seed production. Highlights of Agricultural Research in Ontario, 12, 21-24.

Kevan, P. G., and Eisikowitch, D. (1990). The effect of insect pollination on canola (Brassica napus L. cv. OAC Triton) seed germination. Euphytica, 45, 39-41.

Kevan, P. G., Eisikowitch, D., and Rathwell, B. (1989b). The role of nectar in the germination of pollen in Asclepias syriaca L. Botanical Gazette, 150, 266-270.

Kevan, P. G., Shipp, L., Kapongo, J. P., and Al-mazra'awi, M. S. (2005). Bee pollinators vector biological control agents against insect pests of horticultural plants. In M. Guerra Sanz,

A. Roldan Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), First short course on pollination of horticulture.

plants (77-95). Almeria, Spain: Consejeria de Inovacion, Ciencia y Impresa, La Mojonera.

Kevan, P. G., Sutton, J. C., Tam. L., Al-mazra'awi, M., Boland, G., Broadbent, B., et al. (2001). Bees as vectors for biological control agents. In Proceedings of the 7th International Conference on Tropical Bees: Management and diversity and the 5th Asian Apicultural Association conference (303-306). Cardiff, UK: International Bee Research Association.

King, G. E., and Burrel, A. B. (1933). An improved device to facilitate pollen distribution by bees. Proceedings of the American Society of Horticultural Science, 29, 156-159.

Kovach, J., Petzoldt, R., and Harman, G. E. (2000). Use of honeybees and bumble bees to disseminate Trichoderma harzianum 1295-22 to strawberries for Botrytis control. Biological Control, 18, 235-242.

Kurtzman, C. P., and Droby, S. (2001). Metschnikovia fructicola, a new ascosporic yeast with potential for biocontrol of postharvest fruit rots. Systematic and Applied Microbiology, 24, 395-399.

Langridge, D. F., and Goodman, R. D. (1975). A study on pollination of oilseed rape (Brassica campestris). Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 15, 285-288.

Maccagnani, B. (2005). Development of devices for the use of bumblebees and mason bees as disseminators of biocontrol agents, and evaluation of their carrying effi ciency. Paper presented at the DIARP workshop on the use of pollinators as disseminators of crop protection agent, September 11, 2005, Wageningen, Netherlands.

Maccagnani, B., Mocioni, M., Gullino, M. L., and Ladurner, E. (1999). Application of Trichoderma hartzianum by using Apis mellifera for the control of grey mold of strawberry: First results. IOBC Bulletin, 22,161-164.

Macfarlane, R. P. (1976). Fungi associated with Bombinae (Apidae: Hymenoptera) in North America. Mycopathologia, 59, 41-42.

Morgan, M. T., and Schoen, D. J. (1997). Selection on reproductive characters: Floral morphology in Asclepias syriaca. Heredity, 79, 433-441.

Morse, R. A., and Nowogrodzki, R. (Eds.). (1990). Honey bee pests, predators, and diseases. Ithaca, NY: Comstock Press.

Nuclo, R. L., Johnson, K. B., Stockwell, V. O., and Sugar, D. (1998). Secondary colonization of pear blossoms by two bacterial antagonists of the fi re blight pathogen. Plant Disease, 82, 661-668. Honey Bees, Bumble Bees, and Biocontrol 79.

Peng, G., Sutton, J. C., and Kevan, P. G. (1992). Effectiveness of honeybees for applying the biocontrol agent Gliocladium rosea to strawberry flowers to suppress Botrytis cinerea. Canadian Journal of Plant Pathology, 14, 117-129.

Pusey, P. L. (2002). Biological control agents for fire blight of apple compared under conditions limiting natural dispersal. Plant Disease, 86, 639-644.

Shaw, D. E. (1999). Bees and fungi, with special reference to certain plant pathogens. Australasian Plant Pathology, 28, 269-282.

Shipp, J. L., Whitfield, G. H., and Papadopoulos, A. P. (1994). Effectiveness of the bumble bee, Bombus impatiens Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator for greenhouse sweet pepper. Scientia Horticulturae, 57, 29-39.

Shipp, L., Kapongo, J. P., Kevan, P., Sutton, J., and Broadbent, B. (2006). Bumble bees: An effective delivery system for microbial control agents for arthropod pest and disease management.

International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section 29, 47-51.

Sutton, J. C., Li, D. W., Peng, G., Yu, H., Zhang, P., and Valdebenito-Sanhueza, R. M. (1996). Gliocladium rosea: A versatile adversary of Botrytis cinerea in crops. Plant Disease, 81, 316-326. Svedelius, G. (2000). Humlor som barare av biologisk control av svampsjukdomen svartprickrota gurkfrukter. Vaxtskyddsnotiser, 64, 48-50.

Thomson, S. V., Hansen, D. R., Flint, K. M., and Vandenberg, J. D. (1992). Dissemination of bacteria antagonistic to Erwinia amylovora by honey bees. Plant Disease, 76, 1052-1056.

Townsend, G. F., Riddle, R. T., and Smith, M. V. (1958). The use of pollen inserts for tree fruit pollination. Canadian Journal of Plant Sciences, 38, 39-44.

van der Steen, J. J. M., Donders, J., and Blacquiere, J. (2006). The use of honeybees as disseminators of Ulocladium atrum against grey mold in strawberries. Retrieved June 2006 from http:// documents.plant.wur.nl/ppo/bijen/antagonisten.pdf.

van der Steen, J. J. M., Langarak, C. J., van Togeren, C. A. M., and Dik, A. J. (2004). Aspects of the use of honeybees and bumblebees as vectors of antagonistic micro-organisms in plant disease control. Proceedings of the Netherlands Entomological Society, 15, 41-46.

Vandenberg, J. D. (1990). Safety of four entomopathogenic fungi for caged adult honeybees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology, 83, 755-759.

Vandenberg, J. D., and Shimanuki, H. (1986). Two commercial preparations of the beta exotoxin of Bacillus thuringiensis influence the mortality of caged adult honeybees (Apis mellifer: Hymenoptera: Apidae). Environmental Entomology, 15, 166-169.

Wodehouse, R. P. (1959). Pollen grains: Their structure, identifi cation, and significance in science and medicine. New York: Hafner.

Woronin, M. (1888). Uber die Sclerotienkrankheit der Vaccinieen-Beeren. Mémoires de l' Academie Imperiale des Sciences de St.-Pétersbourg (VIIe Série), 36, 1-49.

Yu, H., and Sutton, J. C. (1997). Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculums of Gliocladium roseum to raspberry fl owers to control Botrytis cinerea. Biological Control, 10, 113-122.