الفصل الثالث

التلقيح في البيوت المحمية

José M. Guerra-Sanz

مقدمة

توفر الزراعة في البيوت المحمية نظاماً إنتاجياً ذا دخلٍ مرتفع بوحدة المساحة بسبب المنافع العديدة التي يوفرها، مثل: الإنتاج على مدار العام، وتحسين نوعية المنتجات وزيادة المحصول. وتسمح البيوت المحمية باستخدام فعال للمياه، والأسمدة، والمبيدات والعمالة. وبسبب جميع هذه المنافع، فإن الزراعة المحمية، بالأخص الإنتاج في البيوت المحمية، زادت بشكل واسع وعلى صعيد عالمي خلال العقود الثلاثة الماضية. حيث تبلغ مساحة الزراعات المحمية في العالم ما يقارب ٢ مليون هكتار، وتبلغ مساحة المزروع في البيوت المحمية حوالي ٧٠٠ ألف هكتار (Pardossi et al., 2004). يشهد حوض البحر المتوسط زراعات محمية بشكلٍ كبير وكثيف. حيث تدخل حوالي ٣٣٠ ألف هكتار في دول حوض البحر المتوسط في نطاق الزراعة المحمية، والتي منها حوالي ١٩٠ ألف هكتار داخل البيوت المحمية (Jouet, 2001). والدول الرائدة في المنطقة هي إسبانيا، وتركيا وايطاليا، ثم يأتي بعد ذلك فرنسا، وفلسطين المحتلة واليونان. تتضمن الزراعة في البيوت المحمية العديد من المحددات، مثل عملية التلقيح.

الجدول (٣,١). معامل الاعتماد على التلقيح لمحاصيل معينة. محسوبة بناء على (Southwick and Southwick, 1992)[1].

النبات	الإنتاج (طن متري)	قيمة الإنتاج (يورو × ١٠٠٠)	عامل الاعتماد على التلقيح	القيمة الناتجة من كل ملقح (يورو × ١٠٠٠)
البطيخ	٢٠٠٢١٠	٥٤٠٥٧	٠,٤	٢١٦٦٢,٨
شمام	١٦٣٠٢٤	٨٤٧٧٢	٠,٦	٥٠٨٦٣,٢
القرع	٢٢٩٣٥٢	١٤٤٤٩٢	٠,٦	٨٦٦٩٥,٢
الخيار	٢٦٢٢٠٠	١٦٧٨٠٨	٠,١	١٦٧٨٠,٨
الباذنجان	٧٠٢٠٠	٣٥١٠٠	٠,٦	٢١٠٦٠
البندورة	٨٠٦٧٣٦	٥٧٢٧٨٣	٠,٦	٣٤٣٦٦٩,٨
الفلفل	٥٤٢٩٢٥	٣٥٢٩٠١	٠,٢	٧٠٥٨٠,٢
فاصوليا خضراء	٦٤٩٧٠	٧٠٨١٧	٠,٠١	٧٠٨,١٧
المجموع	٢٣٣٩٦١٧	١٤٨٢٧٣٠		٦١١٩٨٠,١٧

(١) قام المؤلفون بحساب معامل الاعتماد لكل محصول باعتبار حالة غياب الملقح.

ويعتبر التلقيح (وهو عملية وضع كميات كافية من حبوب اللقاح على الميسم في الوقت المناسب من أجل الإخصاب) ضرورياً لجميع النباتات البستانية والتي تزرع من أجل الحصول على فواكه ذات وزن ونوعية عالية، وتعد النوعية جزئية كبرى من موضع الاهتمام في عملية البستنة للمحاصيل المبكرة جداً (إنتاج المحاصيل البستانية في غير مواسمها) والتي تعتمد عادةً على فعالية التلقيح.

من أجل تحديد وجهة نظر اقتصادية قوية، فإن أهمية تلقيح المحاصيل في البيوت المحمية يمكن تقديرها من خلال الجدول (٣,١). نلاحظ أن حوالي ٤٥٪ من قيمة المحاصيل في البيوت المحمية تعتمد على عملية التلقيح. مصدر هذه البيانات التقرير الرسمي للمجلس الأندلسي للزراعة والأسماك في الميريا (جنوب-غرب إسبانيا) لعام ٢٠٠٢، حيث إن أكثر من ٢٠ ألف هكتار تُزرع تحت البيوت البلاستيكية في هذه المنطقة سنوياً.

ومن وجهة نظر تصنيفية، هناك أربع عائلات نباتية تزرع تجارياً في البيوت المحمية: العائلة الباذنجية Solanaceae (بندورة، فلفل والباذنجان)، وعائلة القرعيات Cucurbitaceae (البطيخ، الشمام، القرع والخيار)، والعائلة الوردية Rosaceae (الفراولة)، وعائلة البقوليات Leguminosae (فاصوليا خضراء). هذه القائمة تختلف من بلد لآخر، وبعض هذه المحاصيل لا تنمو في كل مكان. على سبيل المثال، الفراولة المنتجة في البيوت البلاستيكية ليست مهمة تجارياً في إسبانيا، ولكنها مهمة في فلسطين المحتلة وتركيا. عوائل النباتات الأربع لها بيولوجية تزهير خاصة بها، وهي مهمة في تحديد وقت الحاجة لعملية التلقيح وما هو الملقح الأفضل.

تأثير بيولوجية الإزهار لنباتات البيوت المحمية على الملقحات

محتوى الرحيق

نحل العسل والنحل الطنّان (وهما أكثر الملقحات استخداماً في عملية التلقيح في البيوت المحمية) تنجذب إلى حبوب اللقاح والرحيق وبالتحديد سكريات الرحيق. أكدت العديد من الدراسات أهمية حجم الرحيق، بينما أظهرت دراسات أخرى أهمية تركيز ونسب وجود أنواع معينة من السكريات (Baker and Baker, 1983; Kevan, 1983). الرحيق هو مادة سائلة تتألف من العديد من المواد (Baker and Baker, 1983)، وبشكل رئيسي السكروز، والجلوكوز والفركتوز. وتعتبر بعض الكربوهيدرات الأخرى مثل الأرابينوز، الجلاكتوز، المانوز، الجينتيبيوز، اللاكتوز، المالتوز، الميليبيوز، التريهالوز، الميليزيتوز، الرافينوز والستاكيوز من مكونات الرحيق (جدول ٣,٢) (Kevan, 2003). أصناف الرحيق السابقة يمكن ترتيبها في ثلاث مجموعات بناءً على محتوى السكر: سيادة السكروز، سيادة الجولوكوز والفركتوز، أو كميات متساوية من السكروز والجلوكوز والفركتوز (الجدول ٣,٢). وجدت العديد من المواد

الكيميائية الأخرى في الأنواع المختلفة من الرحيق (Kevan, 2003)، مثل الأحماض الأمينية والأنزيمات والعناصر المعدنية وغيرها.

الجدول (٣,٢). السكريات الرئيسية التي وجدت في رحيق محاصيل مختلفة وذكرت في دراساتٍ سابقة (Guerra-Sanz et al., 2005). عمليات التحليل تمت على أساس متغيرين لكل محصول، باستخدام جهاز الفصل الكروموتوغرافي ذي الأداء العالي (HPLC) [1] باستثناء الفراولة.

النوع	سكروز	جلوكوز+ فركتوز	سكريات أخرى موجودة	نوع الرحيق
الفلفل	نعم	نعم	آثار قليلة من الرافينوز	سيادة جلوكوز–فركتوز (نسبة سكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على الصنف ووقت أخذ الرحيق)
البطيخ	نعم	نعم		سيادة السكروز (معدل السكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
الشمام	نعم	نعم	رافينوز – ستاكيوز	سيادة السكروز (معدل السكروز إلى السكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
القرع	نعم	نعم	رافينوز – آثار قليلة ستاكيوز	سيادة السكروز (معدل السكروز للسكريات السداسية تعتمد على جنس الزهرة)
الخيار	نعم	نعم		سيادة الجولوكوز والفركتوز (Grunfeld et al., 1989)

(١) تم القياس بواسطة جهاز الفصل الكروموتوغرافي ذي الأداء العالي باستخدام عمود Sugar pack وباستخدام الماء بمعدل ٠,٥ ملم/دقيقة كمادة ناقلة "طور متحرك"، ودرجة حرارة فرن العمود ٩٠°م وتم تتبعها بواسطة دليل معامل الانكسار.

عناصر الزهرة الأخرى الجاذبة للملقحات

وتُعتبر بعض العناصر الزهرية مثل الحجم، اللون، أعضاء الزهرة، دلالات الرحيق على تويج النبات، حجم الرحيق، مكونات الرحيق وكمية حبوب اللقاح عواملَ مهمة في جذب نحل العسل والنحل الطنّان، وبالتالي يمكن أن تؤثر في انتظام وتكرار الزيارات (Dobson et al., 1990; Fahn, 1979; McGregor, 1976). على سبيل المثال، انعكاس لون التويج في القرع الصيفي يُظهر ازدواجية الشكل بين أجناس الزهرة (J. M. Guerra-Sanz, A. Roldan and A Mena، اتصال شخصي، ٢٠٠٦)، والتي يمكن أن تساهم في تباين وتفضيل البحث عن الغذاء في النحل الطنّان. بالإضافة إلى ذلك، اكتشاف لقاح التويج من قبل الملقح يمكن أن يتأثر بالغطاء البلاستيكي للبيت الزراعي، والسبب أن بعض المواد تقلل من مقدار الأشعة فوق البنفسجية (UV) في أطياف أشعة النهار، كما سنتطرق له لاحقاً.

تشير الدراسات الحديثة إلى أن المكونات الكيميائية التي تدخل في عبير الزهرة يمكن أن تلعب دوراً مهماً في جاذبية الزهرة للنحل (Henning et al., 1990; Masson et al., 1993; Matile and Altenburger, 1988; Pham-Delegue et al., 1989). إن الروائح المتطايرة من التركيب الكيميائي للزهرة يمكن أن تؤثر في سلوك النحل. فالإشارات المتعلقة بحاسة الشم يتم تعلمها بشكل سريع، مما يشير إلى أن سلوك الحصول على الغذاء من خلال الارتباط مع الكمياويات الأخرى المتوفرة في النبات والتي تعمل كإشارات إشعارٍ كيميائية بالنسبة للنحل (Pham-Delegue et al., 1990). بالإضافة إلى ذلك، وفي بعض الحالات ينجذب النحل بشكل أكبر للأزهار التي تحتوي على كميات قليلة من الرحيق أكثر من تلك الأزهار التي تحتوي كميات كبيرة، وقد يكون السبب وراء ذلك إشارات الرائحة الكيميائية التي تُسيطر على سلوك النحل. لذلك، فإن سلوك النحل يتم تحديده اعتماداً على الدلالات التي يتسلمها مثل اللون والشذا،

وكذلك الكميات الحقيقية التي يحصل عليها من الرحيق وحبوب اللقاح. لقد ركزت الدراسات الحالية على وصف أهمية كل عامل من العوامل والتفاعل بينها في جاذبية الزهرة للنحل. كما أن تأثير الغذاء المتوفر بالزهرة والدلالات الأخرى تمت دراستها من مجموعة من الباحثين (Mena Granero et al., 2004; 2005a, 2005b) ، ولكنها قد لا تكون جاهزة كفايةً لتتحدث حول كل الأصناف التي يتم زراعتها.

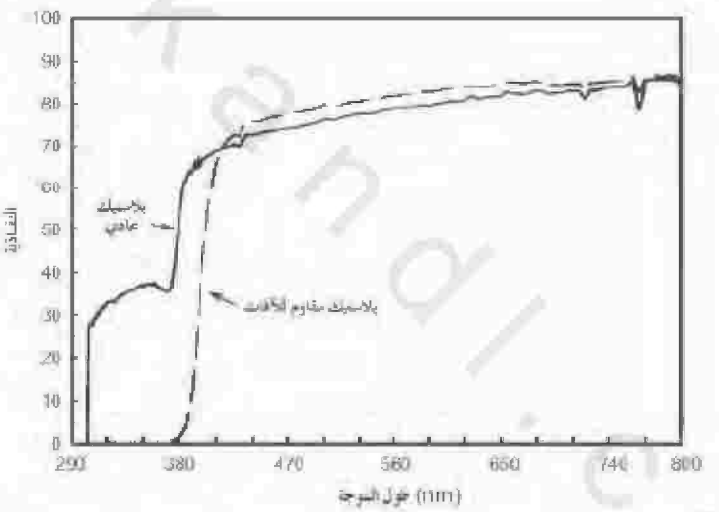
تأثير الصفات الفيزيائية للبيوت المحميّة على الملقحات

أغطية البيت الزجاجي

بدلاً من استعراض جميع أنواع البيوت المحميّة، لخصتُ هنا التبعات البيئية التي يسببها البيت المحميّ للملقحات وقدرتها على التلقيح. بشكل عام، البيوت المحمية مغطاة بزجاج أو بأنواع معينة من البلاستيك، مثل البوليلورايد (PVC)، أو البوليكروبانات (PC)، أو البولي إثيلين (PE). البولي إثيلين هو الأكثر شيوعاً بين أنواع البلاستيك المختلفة. بالإضافة إلى أن هذه المواد تختلف في نقلها للأشعة فوق البنفسجية (طول الموجة بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ نانومتر). البلاستيك الذي يحجب الأشعة فوق البنفسجية يساعد في تقليل مستوى الحشرات الضارة على المحصول (Costa et al., 2002). على أية حال، الأشعة فوق البنفسجية تُعتبر عنصراً مهما في رؤية النحل وتوجيهه (Peitsch et al., 1992)، ودرجة نقل الأشعة فوق البنفسجية من خلال الأغطية المستخدمة في الزراعة المحمية تؤثر في سلوك النحل المستخدم من أجل عملية التلقيح. ويتصرف النحل بشكلٍ طبيعي تحت السطح الزجاجي الذي يضمن نقلاً جيداً للأشعة فوق البنفسجية (إلى نسبة ٨٠٪). تحت كل من البوليلورايد (PVC)والبوليكروبانات (PC)، وعند وجود نقل قليل للأشعة فوق البنفسجية (أقل من ٣٪)، فإنها تتصرف بشكلٍ ضعيف، إلى أن "تتعلم" كيف

تتعامل مع وجود نقص في الأشعة فوق البنفسجية وبالتالي مع نقص الإشارات الضوئية (انظر في آخر الفصل).

يعتمد نظام الإدارة المتكامل للآفات (IPM) في البيوت المحمية على حجب الأشعة فوق البنفسجية من أجل السيطرة على الحشرات (Soler et al., 2006، الشكل ٣,١). في بيوت البندورة المحمية، يتدخل تقليل الإشعاع في قدرة النحل على الطيران ويقلل من نشاطه (Dag and Eisikowitch, 2005). وفي تجربة للنحل الطنّان، لوحظت العديد من السلوكيات بالاعتماد على نوع الغطاء البلاستيكي المستخدم (Soler et al., 2006).



الشكل (٣,١). نسبة نفاذ الضوء في نوعين من أنواع البلاستيك: "بلاستيك عادي" بدون فلتر للأشعة الفوق بنفسجية (الخط الأسود) والبلاستيك المقاوم للآفات (الخط المنقط) مع فلتر للأشعة الفوق بنفسجية.

يظهر تحت البلاستيك الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية كم أكبر من النحل الطنّان في مدخل الشبكة بدون طيران للحصول على الغذاء مقارنة مع البلاستيك الذي

لا يَحجب الأشعة فوق البنفسجية. النحل الطنّان الذي يطير تحت البلاستيك الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية يستغرق وقتاً أطول في مكوثه على مدخل العش أو الخلية قبل الطيران. النحل الطنّان يعود من رحلة طويلة يمضي فيها وقتاً طويلاً على المدخل قبل الدخول إلى العش. في حال وجود مواد تحجب الأشعة فوق البنفسجية، كما أن النشاط اليومي يبدأ متأخراً مقارنةً مع عدم وجود مواد تمتص الأشعة فوق البنفسجية.

قام Morandin وزملاؤه (٢٠٠١) بمقارنة أربعة أنواع من أغطية البولي إيثيلين (PE)، أحدها تنفذ الأشعة فوق البنفسجية بدرجة عالية (ويسمى CT)، والثلاثة أنواع الأخرى تنفذ فقط جزءا قليلاً جداً من الأشعة فوق البنفسجية (يصل إلى الصفر). ولقد وجدوا بأن النحل تحت أغطية CT يقوم بضعف عدد الزيارات (مرات السروح) مقارنة بالنحل تحت الأنواع الثلاثة الأخرى. إضافة إلى ذلك فإن عدداً أقل من النحل يتم فقدانه وضياعه تحت بلاستيك CT (١٣٦٪ نحل يبقى بعد ١٠ أيام). بطريقة مماثلة، فإن مستعمرات النحل الطنّان تتصرف بطريقة أفضل، من خلال مقياس عدد زيارات الحصول على الغذاء من الزهرة، في حال البلاستيك الذي يحجب الأشعة فوق البنفسجية إذا دخل بعض الضوء (يحتوي على أشعة فوق بنفسجية) إلى البيت المحمي من خلال الشبك أو أي طريقة أخرى.

استخدم Dyer and Chittka (2004) أزهار بندورة صناعية على بعد ١م من وجود أشعة فوق بنفسجية أو عدم وجود أشعة فوق بنفسجية، وقد وجدا بأن النحل الطنّان يستطيع التعرف على وجود الأشعة فوق البنفسجية. ومع ذلك فإن النحل الطنّان استطاع إيجاد الأزهار في المجموعتين بعد أن تعلم كيف يميز الأزهار بغياب الأشعة فوق البنفسجية.

زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو

في البيوت المحمية الحديثة، يزداد مستوى ثاني أكسيد الكربون صناعياً من أجل تحفيز نموالنباتات (إلى ثلاثة أضعاف المستوى الطبيعي بحوالي ٣٦٠ جزء من المليون). وفي

بعض الحالات، قياس مستوى ثاني أكسيد الكربون في المخارج قد يصل إلى عشرة آلاف جزء من المليون. نشاط وتطوير مستعمرات النحل الطنّان القريبة من المخارج تتأثر بشكل سلبي في حال وجود تركيز فوق ألف جزء من المليون. بينت الأبحاث بأن التركيز الذي يزيد عن ألف جزء من المليون يجعل النحل غير فعال في التلقيح، وفي مستوى خمسة آلاف جزء من المليون فإنه يؤدي إلى قتل اليرقة الأولى والبالغات (yan Doorn, 2006). موت المستعمرة يحدث بشكلٍ كامل عند تركيز خمسة عشر ألف جزءٍ من المليون. لذلك، صناديق الخلايا يجب أن تُوضع بعيداً عن مخارج الغاز (وليس تحتها وعلى الأقل بعيدة عنها ١م)، أو إغلاق المخارج القريبة من المستعمرات. تأثير آخر مهم للأجواء الغنية بثاني أكسيد الكربون تم ملاحظته في تلقيح البطيخ، حيث إن ارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون يؤثر على زيادة الحصول على الغذاء من خلال زيادة تركيز السكر في رحيق الزهرة وبالتالي زيادة نشاط نحل العسل (Dag and Eisikowitch, 2000).

درجة الحرارة والرطوبة في البيوت المحمية

كمية حبوب اللقاح الآتية لا تتأثر فقط بكمية اللقاح المتوفرة في داخل البيت المحمي ولكن أيضاً بنشاط النحلة في السروح وجمع الغذاء. عاملات النحل الطنّان لا تقوم بالسروح في العادة في درجات حرارة أقل من عشر درجات مئوية (Heinrich, 1979). ولكن، بالمقارنة مع النحل الآخر، بما في ذلك نحل العسل، فإنها تقوم بالسروح في درجات حرارة أقل نسبياً. لهذا السبب، فإنها تُعتبر ملقحات جيدة تعمل على حماية المحصول في الظروف المناخية السيئة (انظر، e.g., Abak et al., 1997, and Ercan and Onus, 2003, for pepper; Dasgan et al., 2004, for tomato; Abak and Dasgan, 2005, for eggplant). يتأثر نشاط الحصول على الغذاء للنحل الطنّان أيضاً بدرجات الحرارة المرتفعة (أكثر من ٣٠°م). في البيوت المحمية، درجات الحرارة العليا يمكن أن تصل إلى درجة مرتفعة، أكثر من ٤٠°م (Abak and Dasgan, 2005). وتتأثر قدرة النحل الطنّان على السروح والحصول على الغذاء عندما تصل درجة الحرارة إلى ٣٢°م (Kwon and Saeed,

(2003، على الرغم من مشاهدة النحل الطنّان يقوم بالسروح وزيارة الأزهار على درجة حرارة ٤٥°م (J. M. Guerra-Sanz and A. Roldan-Serrano، اتصال شخصي، تموز "يوليو" ٢٠٠٤). إلا أنها قادرة على الطيران بشكل طبيعي في درجات حرارة قد تصل إلى ٣٥°م فقط، ومع ذلك فهي تفضل البقاء في الخلية لتهوية الحضنة. وعند درجة حرارة أعلى من ٣٢°م فإن النحل الطنّان لا يتوقف عن السروح ليبدأ بتهوية الحضنة فحسب بل يتوقف أيضا عن تغذية اليرقات (Heinrich, 1979; Vogt, 1986). النحل الطنّان يمكن أن يتحمل الجوع لفترة زمنية معتبرة (قد تصل ٢-٣ أيام) قبل أن تموت، كما أن فترة الجوع تؤدي إلى فترة تطور أطول (Plowright and Pendrel, 1977; Sladen, 1989; Sutcliffe and Plowright, 1990). على أية حال، كون الأيام الحارة يتخللها طقس معتدل خلال ساعات الصباح الباكر أو المساء المتأخر (Abak and Dasgan, 2005) فإنه لن تتوقف عملية التلقيح وكذلك عملية الحصول على حبوب اللقاح بشكل كامل. وعند درجة حرارة ٤٠°م تقريباً، يحمي النحل جسمه عند ارتفاع الحرارة من خلال تقليل نشاطه، ويتوقف عن الحركة. طالما أنها تقوم بتهوية الحضنة بالعش فإنها قادرة على إبقاء درجة حرارة الحضنة مساوية للحرارة الجوية أو أعلى بدرجة إلى درجتين (Heinrich, 1979; Vogt, 1986) ، ولكن في درجات حرارة أعلى من ٤٠°م فلا تكون قادرة على تبريد الحضنة أقل من درجة الحرارة الخارجية المحيطة بها. واقترح Vogt (1986) بأن السبب هو الاستخدام القليل أو عدم استخدام التبخير من أجل التبريد. من المعروف جيداً بأن بعض الحشرات الاجتماعية، مثل نحل العسل والدبابير، تُبرد العش من خلال تبخير المياه التي تُجمع لأجل هذا الغرض (انظر Wilson, 1971). على الرغم من أنه لا يوجد اتفاق على مستوى درجة الحرارة المُؤثرة، ولكن تمت الإشارة إلى أن درجة حرارة تصل إلى حد ٤٠°م تعتبر درجة الحرارة القصوى التي يمكن أن تبقى عندها خلايا النحل الطنّان على قيد الحياة في حال وجود مصدر كافٍ من الغذاء "الطاقة" (van Doorn, 2006).

يتم إنتاج حبوب اللقاح بدون أية مشاكل في الزراعة المحمية المدَفأة في مناطق الجو البارد، مثل هولندا. ولكن، كمية ونوعية حبوب اللقاح تقل في المناطق التي فيها

شتاء معتدل (Abak et al., 1997). على سبيل المثال، في تركيا وإسبانيا، يُستخدم التسخين من أجل التخلص من الصقيع في أوقات معينة. ومن الطبيعي وجود تذبذب حقيقي في درجات الحرارة داخل البيوت المحمية (في الشتاء: درجات حرارة باردة في الليل وفي الربيع: درجات حرارة مرتفعة في النهار داخل البيت) (Abak et al., 1995). مشاكل مناخية أخرى مهمة تتمثل في الرطوبة العالية الناتجة عن عدم وجود تهوية كاف ونفاذية محدودة للضوء خلال الغطاء البلاستيك. في كلتا الحالتين فإن ذلك يؤثر على إنتاج حبوب اللقاح. ولذلك لقي التلقيح اهتماماً في الزراعات المحمية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط.

اعتبار أخير حول الحرارة وسلوك النحل قدمه Dyer وزملاؤه (2006) والذي أوضح فيه أن النحل يفضل الرحيق الدافئ على الرحيق البارد والنحلة تستخدم لون الزهرة للتعرف على حرارتها قبل زيارتها. إشارات ودلالات لون الزهرة تُستخدم من قبل الملقحات من أجل الحصول على الغذاء، مثل الرحيق. كون حشرات التلقيح تحتاج إلى استهلاك الطاقة من أجل الحفاظ على جسمها بدرجة حرارة أعلى من درجة الحرارة المحيطة، فإن حرارة الزهرة يمكن أن تكون جزءا من فوائد الزيارة للزهرة. النحل الطنّان (*Bombus terrestris*) يفضل زيارة الأزهار الدافئة ويمكن أن تتعلم استخدام اللون من أجل التعرف على درجة حرارة الزهرة قبل الهبوط. ويمكن أن تُكيّف الزهرة أيضاً درجة حرارتها لتشجيع عملية الزيارة للتلقيح.

استخدام النحل بعملية التلقيح في الزراعة المحميّة

النحل الطنّان: الاستخدام التجاري والتوزيع العالمي

ظهرَ الخلاف حديثاً حول استخدام أنواع معينة من النحل في زراعة البيوت المحمية (Velthuis and van Doorn, 2006): هل عملية تدجين الحيوان (أو النبات) سبب كافٍ

لتوزيعها حول العالم؟ أو من الواجب أن تبقى الأنواع في نظامها البيئي الأصلي فقط أو على الأقل ضمن الحدود الطبيعية لها؟ إذا كان كذلك، من سيتخذ مثل هذا القرار ومن سيقوم بوضعه حيز التنفيذ على صعيد العالم؟ استخدام النحل الطنّان غير المحلي يوضح هذه التناقضات (انظر الفصل التاسع في هذا المجلد). من ناحية، هناك آراء عديدة بالنسبة للمناقشين، ومن ناحية أخرى، هناك طلبات من مزارعي البندورة والشركات لتربية النحل الطنّان. الأفراد في الطرف الأخير يناقشون وجُوب السّماح لهم بالتجارة الحرة في النحل الطنّان، بدون الاهتمام بإدخال أنواع غريبة. إن مزارعي البندورة يعرفون أن النحل الطنّان يُلقح البندورة بطريقة أرخص وأفضل من التقنيات الأخرى.

من البساطة عدم الإدراك بأن السماح لبعض أنواع الحشرات بدخول مناطق جديدة يشكل خطراً بيئياً، بالرغم من أن تأقلم مستعمرات هذه الحشرات في البيئات الجديدة لم يُظهر أي تأثير ضارٍ على الحشرات الأخرى المنافسة (Nagamitsu et al., 2007). على سبيل المثال، يُدَّعى بأن أمراض النحل الطنّان في أوروبا مثل نوزيما النحل أو إسهال النحل (*Nosema bombi, Locustacarus spp*...إلخ) قد انتقلت إلى نحل العسل في اليابان ونيوزلاندا (Thorp, 2003) نتيجة استيرادها لخلايا النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* من الشركات الأوروبية المنتجة، أو أن هذه الأمراض انتشرت من خلال تربية الأنواع اليابانية المحلية في أوروبا (على سبيل المثال: *B. ignites*) وبنفس الظروف، والوسائل والأماكن المستخدمة في تربية النحل الطنّان *B. terrestris* وبعدها إرسال هذه الأنواع المحلية والتي تم تربيتها بشكل تجاري إلى اليابان حاملةً الأمراض الشائعة والتي تصيب النحل الطنّان من نوع *B. terrestris*.

النحل الطنّان Bombus terrestris: "نموذج" للملقحات في الزراعة المحميّة

يمتلك النحل الطنّان ميزة على نحل العسل، بالأخص في مجال القدرة على السروح وسلوك التلقيح، ويرجع السبب إلى قدرة النحل الطنّان على التلقيح من

خلال الطنين" buzz " (Bushmann, 1983; Corbet et al., 1988; Harder and Barclay, 1994). بسبب هذه الخاصية المميزة، يُستخدم النحل الطنّان في تلقيح النباتات في البيوت المحمية. وبلغت عدد خلايا النحل الطنّان المباعة في العام ٢٠٠٤م حوالي ٩٣٠ ألف خلية من نوع *B. terrestris* الأوروبي–الآسيوي Eurasian، وحوالي ٥٥ ألف خلية من نوع *B. impatiens* المنتشر في شمال الولايات المتحدة الأمريكية وعدة آلاف من الخلايا من نوع *B. lucorum* الأوروبي–الآسيوي و *B. ignitus* الشرق آسيوي و *B. occidentalis* المنتشر بشمال الولايات المتحدة الأمريكية (Velthuis and van Doorn, 2006). لذلك من وجهة نظر اقتصادية بحتة، فإن تربية النحل الطنّان وتسويقه هو عمل كبير ويستحق الاستثمار ببلايين الدولارات. إنتاج خلايا النحل الطنّان أُدرج كواحد من سلسلة الأعمال الزراعية، ولكن ليس بدون مشاكل، بما في ذلك تصدير أنواع جديدة إلى قارة أو جزيرة جديدة، كما ذكرنا سابقاً.

كان هناك ادعاء بأن خلية النحل الطنّان التي تعيش داخل البيوت الزراعية المحمية عرضة لنفس المحددات المتوفرة في المختبرات أو في أماكن التربية (Velthuis and van Doorn, 2006)، على الرغم من الإشارة لوجود بعض الفروقات. على سبيل المثال، يبدأ عدد العاملات بالانحصار والنقصان سريعاً في الزراعة المحمية أكثر منها في أماكن التربية المخصصة، ويعود ذلك لسببين: النوعية الرديئة للتغذية في الزراعة المحمية بالمقارنة مع التربية ودرجات الحرارة المتقلبة والحادة في الزراعة المحمية.

هناك تباين واسع في عدد العاملات، والملكات وعدد الذكور في الخلية لكل نوع من أنواع النحل الطنّان. بالعادة، الخلايا التي تُستخدم من أجل عملية التلقيح التجارية يتم اختيارها بناءً على عدد العاملات والتي يجب أن يصل إلى ٥٠ عاملة (Velthuis and van Doorn, 2006)، على الرغم من أن عدد هؤلاء العاملات قليل مقارنة مع ما هو موجود في المستعمرات الطبيعية، فمستعمرات النحل الطنّان *B. terrestris* المربأة في الطبيعة يمكن أن تنتج ٤٠٠ عاملة، وقد يصل عدد الملكات فيها إلى ٢٠٠ ملكة ومئات

الذكور. هذه الأرقام مقاربة أيضاً لخلايا *B. occidentalis*. أما في خلايا *B. impatiens* فقد تصل الأعداد إلى ضعف هذا العدد، وأما في حالة *B. ignites* وبالتأكيد في حالة *B. lucorum* فلا تتجاوز الأعداد في هذا النوع نصف أعداد مستعمرة النحل الطنّان من نوع *B. terrestris* (Velthuis and van Doorn, 2006).

في مستعمرات النحل الطنّان *B. terrestris* كما في أصناف النحل الطنّان الأخرى، تدخل الملكات فقط في السبات الشتوي. وتبدأ الملكات بتأسيس المستعمرة كأفراد بعد إنهاء فترة السبات. في البداية، تضع الملكة البيض، ويبدأ ظهور البالغات على مراحل، ويمكن تمييز مراحل ثلاث لوضع البيض. فخلال عملية وضع البيض الأولى، تضع الملكة بيوضاً مخصبة (تنتج إناثاً) وتسوّد الملكة على الشغالات التي تُنتج من هذا البيض. الشغالات التي تظهر مبكراً تساعد الملكة على الرعاية بالحضنة. في مرحلة لاحقة من عمر المستعمرة، تعمد الملكة إلى وضع بيوض غير مخصبة (إنتاج ذكور) "وتسمى هذه المرحلة بنقطة التحول" وبعد هذه المرحلة تفقد سيطرتها على تكاثر الشغالات "نقطة منافسة". عادة هذه الأحداث تجري خلال الفترة الثالثة من وضع البيض، ولكنها يمكن أن تظهر بوقت مبكر أيضاً. من وجهة نظر تنافسية، الشغالات الأكثر سيطرة تضع بيوضاً غير مخصبة، وتأكل البيض الذي تضعه الملكة أو الشغالات الأخرى، ويمكن أن تهاجم بعضها البعض أو تهاجم الملكة. بالإضافة لذلك، خلال مرحلة التنافس هذه، قد يتم إنتاج ملكات من البيض المخصب الذي وضعته الملكة الأم في المرحلة المتأخرة (van Honk and Hogeweg, 1981; van der Blom, 1986; van Doorn and Heringa, 1986; Duchateau and Velthuis, 1988; Roseler and van Honk, 1990). تتطور مستعمرات *B. impatiens*، و*B. Occidentalis*، و*B. Lucorum*، و*B. Ignites* بنفس الطريقة (Hannan et al., 1997; Asada and Ono, 2000) على الرغم من أن مستوى العدوانية في *B. impatiens* خلال مرحلة المنافسة أقل منه في حالة النحل الطنان (B. terrestris) (Pomeroy, 1981; Cnaani et al., 2002).

في البيوت المحمية، تتطور مستعمرات الأنواع المختلفة من النحل الطنّان كما هو متوقع وتم تجربته في المختبرات. ولكن هناك اختلاف في طول عمر الشغالات: الشغالات من المستعمرات التي تتطور بشكل حر لديها عمر أقصر من الشغالات التي تتطور في المختبر. والسبب وراء ذلك هو فقدان النحل السارح خلال عملية البحث عن الغذاء (Brian, 1952; Garofalo, 1978; van Doorn and Heringa, 1986; Küpper and Schwarmmberger, 1994; Katayama, 1996). يمكن تفسير الفقدان الكبير للنحل السارح في الحقل وبشكل جزئي من خلال التغييرات العمرية الفسيولوجية والمورفولوجية السريعة (مثال: من خلال تلف الأجنحة، Cartar, 1992). هذا ينطبق أيضاً على النحل السارح في أجواء البيوت المحمية. بالإضافة إلى ذلك، عندما يتم وضع صناديق الأعشاش في البيوت المحمية وتترك مخارج أو فتحات التهوية مفتوحة، فإن النحل السارح يمكن أن يَضيع خلال جولة الطيران الاستكشافي الأولى (إذا خرجت النحلة من البيت المحمي من خلال الشقوق فإنها تصبح غير قادرة على العثور على طريق العودة). يترك النحل السارح البيت المحمي في محاولة لجمع الغذاء من خارج تلك المساحة (انظر الأجزاء اللاحقة من الفصل). بالإضافة إلى ذلك، فإن النحل السارح يمكن أن يضيع عند إغلاق فتحات التهوية قبل عودتها من رحلة جمع الغذاء. من العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر في عمر الأفراد أوالمستعمرة بالكامل نوعية الغذاء وتوفره والظروف البيئية وموقع الخلية في المحمية ووجود المفترسات والطفيليات وكذلك استخدام المبيدات.

نحل العسل: إدارة واستخدام الخلايا في البيوت المحميّة

تم التعرف على نحل العسل كملقحات ممتازة للعديد من النباتات، بما في ذلك العديد من المحاصيل مثل الدراق، اللوز، الكمثرى، التفاح، والبطيخ (McGregor, 1976; Corbet et al., 1991). تتمثل الصفات الرئيسية التي تجعل نحل العسل يحتل الصدارة على الحشرات وأنواع النحل الأخرى في الانتظام بزيارة الأزهار، وحجم

المستعمرة، وسلوك التنظيف الصحي. عندما تقوم النحلة السارحة بجمع الغذاء فإنها تركز على نوع واحد من الأزهار في نفس الوقت وتتجاهل الأزهار من الأصناف الأخرى، حتى لو كانت مليئة بالغذاء أو أقرب. على سبيل المثال، نحلة العسل في أحد البساتين قد تزور أزهار شجر التفاح فقط وتتجاهل أزهار الهندباء، بينما نحلة أخرى من نفس الخلية يمكن أن تزور أزهار الهندباء بينما تتجاهل أزهار شجر التفاح. كل نوع من النحل يبقى ثابتاً على صنف معين من الأزهار، على الرغم من إمكانية تحوله لنبات آخر في حال نقص الغذاء من الصنف الأول الذي تزوره. هذا السلوك معروف في نحل العسل والنحل الطنّان وفي بعض الأحيان في الفراش (Free, 1963, 1970; Goulson, Stout, and Hawson, 1997). يواجه النحل صعوبة في جمع حبوب اللقاح من بعض أصناف النبات في حال عدم التصاق وتجمع حبوب اللقاح مع بعضها البعض (Vaissière and Vinson, 1994)، لذلك من الممكن بأن عملية جمع حبوب اللقاح من أكثر من نوع قد تكون صعبة لعدم إمكانية تجميع وتشكيل حبوب اللقاح من أنواع وأصناف مختلفة. على أية حال، المشكلة في عملية الجمع لا تُفسر صفة الثبات على الزهرة والتي تتواجد أيضاً في النحل الذي يجمع الرحيق.

على الرغم من أن نحل العسل يُعد ملقحاً جيداً للعديد من النباتات، لكنها ليست الأفضل لجميع النباتات. فلديها لسان قصير لا يستطيع الوصول إلى الرحيق في الأزهار العميقة. في مثل هذه الأزهار، كأزهار محصول الفول (Fava bean) (Kirk, 2004) تعتبر أنواع النحل الطنّان ذات اللسان الطويل ملقحاتٍ أفضل. نحل العسل يتطلب وجود درجات حرارة مرتفعة (<١٢°م) من أجل عملية جمع الغذاء، لذلك فإن النحل الطنّان يعمل بشكل أفضل في الظروف الباردة أيضاً (Willmer, 1983).

من وجهة نظر تجارية، تُستخدم خلايا نحل العسل في البيوت المحمية من أجل تلقيح محاصيل ذات فترة إزهار قصيرة، مثل البطيخ أو الشمام. على أية حال، بالنسبة للمحاصيل ذات فترة الأزهار الطويلة مثل الفلفل والخيار والقرع، قد

يكون هناك مشاكل في استخدام نحل العسل، والسبب وراء ذلك انشغال نحل العسل في صيانة الخلية بسبب الخلل الناتج عن التذبذب في درجات الحرارة داخل البيت المحميّ.

بالإضافة إلى ذلك فإن بعض القيود الفيزيائية المرافقة يجب أن تُؤخذ بالاعتبار قبل وضع نحل العسل داخل البيوت المحمية. على سبيل المثال، اتجاه مجرى الهواء، ومستواه بالنسبة لموضع الخلية والذي يؤثر في نشاط عملية التلقيح في البطيخ. هذه الظاهرة يمكن توضيحها من خلال نزعة النحل للطيران فوق مجرى الريح (Dag and Eisikowitch, 1995).

تلقيح المحصول

بيولوجية الزهرة لمعظم المحاصيل الشائعة داخل البيوت المحمية

بعض المحاصيل تعقد ثمارها عذرياً (مثل: بعض أصناف الخيار والقرع)، ولكن هذه العملية لا تحدث دائماً بالأخص في الأصناف المتداولة بشكل جيد في الأسواق. تعتمد الفواكه والحبوب "وبشكل خاص" على نجاح التلقيح عندما تكون الأنواع موضع الاعتبار لا تستطيع أو لا يجب أن تقوم بعملية التلقيح الذاتي أوتوماتيكياً. هذا صحيح إذا كان للأزهار أي تكيف لتتجنب عملية التلقيح الذاتي: مكانياً (Intraforal Herkogamy, Monoecious, or Dioecious Dicliny) أو فصلا زمنيا مؤقتا (Dichogamy: Protandry, Protoginy) لاستقبال لميسم وتواجد حبوب اللقاح أوعدم التوافق الذاتي (الجدول ٣,٣).

ويمكن أن تظهر بعض العقبات في عملية إنتاج المحاصيل، بالأخص في حالة النباتات التي تحوي الأزهار الذكرية والأنثوية على نفس النبات (Andromonoecy) على سبيل المثال الباذنجان والشمام. في هذه الحالات توفر حبوب اللقاح يمكن أن يُشكل عائقاً

في إنتاج المحاصيل، ونتيجةً لسلوك السروح الاختياري، الذي يستهدف الأزهار الذكرية بشكلٍ أكبر (والتي تنتشر بشكل أكثر من الزهور الأنثوية أو المخنثة). وجود هذه الظاهرة (Andromonoecy) شيء مرغوب به من قبل المُنتجين وذلك بسبب تفضيل الوصول إلى أصناف هجينة، وقد يتردد مربو النبات بتغيير هذه الظاهرة. عوامل أخرى يمكن أن تؤثر في عملية التلقيح هي تحسين عملية إنتاج الرحيق وإنتاج روائح الزهرة المتطايرة، على الرغم من أن هذه الظاهرة ليست هدفاً من قبل المنتجين لتحسين الأصناف.

الجدول (٣،٣). بيولوجية الإزهار وبعض الصفات المهمة في تلقيح بعض الأنواع البستانية المبكرة جداً.

النوع	بيولوجية الإزهار	الرحيق	حبوب اللقاح	صفات خاصة
البندورة (*Lycopersicon esculentum* Mill)	عنقود زهري وأزهار خنثى	غير متوفر	متك مثقوب	
الفلفل (*Capsicum annum* L.)	أزهار خنثى (مع درجة من التوافق)	غير متوفرة	متك مثقوب	يتوفر الرحيق حسب الصنف والموسم
الباذنجان (*Solanum melongena* L.)	أحادية المسكن	غير متوفر	متك مثقوب	
الشمام (*Cucumis melo* L.)	متوفر	المتك مفتوح		
البطيخ (*Citrullus lanatus*)	أحادية المسكن	متوفر	المتك مفتوح	
القرع (*Cucurbita pepo* L.)	أحادي المسكن	متوفر	المتك مفتوح	زمن تفتح الزهرة قليل جداً (٩ ساعات)
الخيار (*Cucumis sativus* L.)	أحادي المسكن	متوفر	المتك متلاصق	يوجد أصناف بكرية
الفراولة (*Fragaria x ananassa*)	زهرة خنثى- عنقود زهري	متوفر	المتك متلاصق	

البندورة (Mill) *Lycopersicon sculentum* (العائلة الباذنجانية Solanaceae)

استعراض عملية التلقيح في البندورة تم التطرق إليها حديثا (Westerkamp and Gottsberger, 2000) ، والتي تبين الحاجة إلى الاهتزازات لإطلاق حبوب اللقاح من المتك، وهو الجزء الذي يحتوي على حبوب اللقاح. تشكل مجموعة المتوك مخروطاً يتصل فيه كل متك مع الآخر داخليا بواسطة شعيرات. حبوب اللقاح تتساقط في هذا المخروط ويمكن أن تهرب من خلال فتحات موجودة في القمة. من أجل إطلاق حبوب اللقاح، يجب هز المخروط من قبل النحل والقيام بعملية تلقيح اهتزازي. هذا التلقيح مطلوب حتى عند حدوث عملية التلقيح الذاتية.

أزهار البندورة لا تنتج رحيقاً، على الرغم من أنه لا يوجد تأكيد بأن هذه الظاهرة موجودة في الأصل البري *Lycopersicon* أو أنها ناتجة من عمليات التدجين (Rick, 1950). لذلك، تحدث الجاذبية لأزهار البندورة بشكل رئيسي من خلال رائحة حبوب اللقاح (Dobson and Bergstrom, 2000) والعوامل الشكلية الأخرى للزهرة. تخرج رائحة حبوب اللقاح من حافظة حبوب اللقاح (Pollenkitt)، والتي تحتوي على مواد متطايرة من نفس المجموعة الكيميائية المتواجدة في رائحة الزهرة المميزة وتتواجد بخليط أو مزيج خاص بالنوع. ولكن، رائحة حبوب اللقاح تختلف عن رائحة أجزاء الزهرة الأخرى (Dobson and Bergstrom, 2000). الحشرات التي تتغذى على حبوب اللقاح يمكن أن تستقبل رائحة حبوب اللقاح وتستخدمها للتمييز بين أنواع حبوب اللقاح المختلفة والنبات العائل.

الفلفل (L. *Capsicum annuuum*) (العائلة الباذنجانية Solanaceae)

بالمقارنة مع عملية التلقيح في البندورة، القليل من الدراسات تم إنجازها فيما يتعلق بتلقيح الفلفل، ولكن تم بحث ذلك من خلال العديد من الدراسات المتناقضة.

على سبيل المثال McGregger (1976) بين أن الفلفل وأعضاء العائلة الباذنجانية Solanaceae تتميز بانخفاض الجاذبية لنحل العسل. من ناحية أخرى، العديد من الباحثين اقترحوا بأن نحل العسل، والتربس والنمل تلعب دوراً في عملية التلقيح الخلطي لهذه الأزهار (Rabinowitch et al., 1993). في الواقع عملية قياس درجة التلقيح الخلطي في ظروف الحقل تراوحت ما بين ٢٪ و٩٠٪، بالاعتماد على الظروف المحلية، والمناخ والمسافة بين النباتات (Pickersgill, 1997).

مكونات سكر الرحيق في أزهار الفلفل لا زالت تشوبها التناقضات والسبب أن الدراسات القديمة (Martin et al., 1932) بينت وجود سكر الجولوكوز فقط، على الرغم من أن وجود السكروز لم يتم الإشارة له. بين Rabinowitch وزملاؤه (1993) أن رحيق الفلفل يحتوي فقط على فركتوز وجولوكوز، بينما Roldan Serrano وGuerra- Sanz (2004) استخدما تقنيات تحليل مختلفة، وقد وُجدت كل من السكريات: الفركتوز والجولوكوز بالإضافة إلى السكروز. على أية حال، أصناف مختلفة من الفلفل تم تحليلها في كل حالة، لذلك فإن الحصول على نتيجة أكثر دقةً بحاجة إلى عمليات تحليل إضافية. بالإضافة إلى ذلك، التناقضات الكبيرة التي وجدت بين Rabinowitch وزملائه (1993) ونتائجنا (Roldan Serrano and Guerra-Sanz, 2004) فيما يخص كمية الرحيق لكل زهرة. ومرة أخرى، هذه الفوارق الواضحة قد يكون سببها استخدام أصناف مختلفة من الفلفل في كل دراسة.

زيارات النحل لأزهار الفلفل تعني أنه يبحث عن الرحيق من أجل التغذية، ويحاول الوصول إلى أسفل التويج حيث توجد قطرات الرحيق (Rabinowitch et al., 1993). نتيجة لشكل الزهرة، وعندما تُخرج النحلة لسانها لتصل إلى أسفل التويج، فإن أجزاء جسمها الأخرى تلمس المتوك وبالتالي تعمل على إطلاق حبيبات اللقاح من المتوك الناضجة. حبيبات اللقاح يمكن أن تُوضع على الميسم بكميات كبيرة مقارنة بالتلقيح الذاتي، والسبب في ذلك يعود إلى عملية الانحراف المكاني في الأجزاء

التناسلية في زهرة الفلفل عن بعضها البعض. وبالتالي تحتوي ثمار الأزهار التي يتم تلقيحها بواسطة النحل على عدد بذور أعلى من الثمار في حالة التلقيح الذاتي للزهرة، وهي أيضاً أكبر حجماً، وتزيد من جودتها التسويقية (Roldan Serrano and Guerra Sanz, 2006).

استخدمت العديد من الملقحات في عملية تلقيح الفلفل في التجارب التجارية والبحثية: (١) فقد تمت دراسة التلقيح بواسطة نحل العسل (de Ruijter, van den Eijnde, and van der Steen, 1991; Kubisova and Haslbachova, 1991; Dag and Kammer, 2001) (٢) النحل الطنّان *B. terrestris* و *B. Impatiens* (Cr.; Abak et al., 1997; Meisels and Chiasson, 1997; Shipp et al., 1994; Dag and Kammer, 2001)، (٣) النحل الانفرادي *Osmia cornifrons* (Radoszkowski et al., 1991)، (٤) والذباب *Eristalis tenax* (Jarlan et al., 1997).

يتضح من جميع هذه الدراسات عن الفلفل، بأن نشاط أي ملقح يُحسن من نوعية و/أو كمية المحصول التي يتم الحصول عليها مقارنة مع عملية التلقيح الذاتي. وعلى سبيل المثال بين Abak وزملاؤه (1997) بأن معدل الإنتاج، ووزن المحصول، وقطر الثمرة، وعدد البذور زاد بمقدار ٤,٠٪، ١٠,٠٪، ٦,٠٪ و١٢,٥٪ على الترتيب في حالة تلقيح الفلفل باستخدام النحل الطنّان بالمقارنة مع المجموعة الضابطة في تجربة بيوت محمية. بطريقة مماثلة، في الزراعة المحمية التجارية فإن معدل الإنتاج المبكر والكلي للفلفل زاد بمقدار ٢٩,٦٪ و٢٢,٤٪ على الترتيب، عندما تم التلقيح بواسطة الحشرات، فإن وزن الثمرة، وقطرها، وحجمها وسماكتها تأثرت إيجاباً. قام Meisels and Chiasson (1997) بتقييم مستعمرة نحل طنان *B. impatiens* مؤلفة من ٣٠-٤٠ عاملة في تلقيح الفلفل الحلو (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* cv. *Superset*) داخل بيوت محمية زجاجية شفافة. وقد تم تسجيل نشاط النحل الطنّان *B. impatiens* في العش وعلى الزهور، معدل الطيران للنحل الطنان *B. impatiens* وعدد البذور المنتجة لكل

ثمرة خلال فترتين: الأولى من ٣٠ حزيران "يونيو" إلى ١٤ تموز "يوليو" والثانية من ٤-١٨ أغسطس " تموز"، ١٩٩٥م. من خلال النشاط المستمر داخل العش، كل من سروح العاملات وحجم المستعمرة قل من فترة إلى الفترة الأخرى، على الرغم من وجود فوارق واضحة بين الفترتين في عدد البذور المنتجة للثمرة. يتوقع المربون فعالية تلقيح عالية على الفلفل من خلال استخدام *B. impatiens* خلال فصل النمو حتى مع تواجد ٣ شغالات نحل سارحة لكل ٤٢٥ نبات (بمعنى آخر، ١٧٦ نحلة من نوع *B. impatiens* سارحة لكل هكتار).

وفي الصيف، لا يحتاج عقد ثمار محصول الفلفل الحلو إلى الملقحات داخل البيوت المحمية. ولكن تجارياً من الصعب الحصول على كمية إنتاج جيدة في فصلي الربيع والخريف. والسؤال المطروح هل الملقحات من الحشرات يمكن أن تُحسن من عقد الثمار في هذه الفصول الباردة. في فصل الخريف ١٩٨٩م والربيع ١٩٩٠م، أجريت تجارب لمقارنة عقد ثمار الفلفل الحلو في البيوت الزجاجية المحمية والملقَحة من خلال نحل العسل مع تلك التي لا تحتوي على نحل. في كل من التجربتين، تبين أن الثمرة الأكبر والأثقل والتي تحتوي على بذور أكثر وثمار بدون تشوهات كبيرة كانت في البيوت المحمية المستخدم فيها نحل العسل كملقح. في الوقت الحاضر، أصبح استخدام نحل العسل لتلقيح الفلفل الحلو شائعاً في هولندا (de Ruijter et al., 1991).

البطيخ "العائلة القرعية"

(*Citrullus lanatus* ([(Thunb.) Matsum. and Nakai])
(Family Cucurbitaceae)

يتواجد في البطيخ أزهار ذكرية وأخرى أنثوية على نفس النبات. ذكر Sedgley and Buttrose (1978) أن الأزهار الذكرية تزيد مع ارتفاع درجة الحرارة ولكن جنس الزهرة لا يتاثر بالضوء. من ناحية أخرى بيّن Hawker وزملاؤه (1983) أن تفتح زهرة البطيخ يدوم لمدة يومين عند درجة حرارة ٢٥°م، بينما تذبل في اليوم الأول عند درجة

٣٠°م. ولكن تجويف الميسم يفرز كميات أكبر من الفركتوز والجولوكوز والسكروز وسكريات عديدة أخرى عند درجة حرارة ٣٠°م، وأيضاً تزيد هذه الكميات مع زيادة العمر، بحيث تصبح جاذبيتها أكبر للنحل. زيادة التلقيح كان نتيجةً لزيادة إفراز بعض المركبات من الميسم.

زادت الدراسات عن تلقيح البطيخ حديثاً ويرجع السبب في ذلك إلى زيادة الاهتمام بأصناف البطيخ اللابذرية (Seedless). التلقيح وعقد الثمار للبطيخ مضاعف الصبغيات التقليدي (ن=٢٢) قد درست بشكل جيد. ولكن، التلقيح وعقد الثمار أصبحت عملية معقدة بسبب إيجاد الصنف التجاري ثلاثي أضعاف الصبغيات (ن=٣٣) وهو صنف بطيخ "لا بذري". البطيخ ثلاثي أضعاف الصبغيات بحاجة إلى تلقيح "وإخصاب" من حبيبات لقاح حيوية، على الرغم من أن إنتاج حبيبات لقاح حيوية ثلاثية أضعاف الصبغيات غير ممكن حتى الآن. لذلك، يجب أن تنمو بعض النباتات ثنائية أضعاف الصبغيات مع الأصناف الثلاثية من أجل إيجاد كم كاف من حبيبات اللقاح الحيوية للوصول إلى إنتاج معقول. عملية الإخصاب الفعلية بين حبيبات اللقاح الثنائية والثلاثية لا يتم الوصول إليها بسبب عدم التوافق في عدد الكروموسومات لأزواج الكروموسومات المنفصلة. نتيجةً لذلك، يتم إجهاض الأجنة (تبقى الثمرة بدون بذور)، ولكن تتشكل الثمار، وتنمو وتنضج في حال وجود عدد كاف من حبيبات اللقاح الثنائية في الميسم. نتيجة لذلك، نحتاج إلى نشاط تلقيح مرتفع في حالة زراعة البطيخ ثلاثي الصبغيات. كذلك، من المهم التعرف على المنافسة التي تتم بين الأزهار الثنائية والثلاثية في نفس المكان، والسبب أن الأزهار الثلاثية حجمها أكبر من الثنائية، وتحتوي على رحيق وحبيبات لقاح أكثر من الثنائية، ولكنها بالمقابل غير حيوية لعملية التلقيح (وهذا ما لا يميزه النحل). أحد أهداف استراتيجيات تشجيع تلقيح البطيخ الثلاثي هي إضافة فرمون الحضنة داخل خلايا نحل العسل (Pankwit, 2004)، وهذه التقنية طُبقت فعلاً مع نجاح باهر

(Guerra-Sanz and Roldan Serrano, 2007)، وأدت إلى حجم أفضل للمحصول وزيادة تركيز السكر في الثمار.

تمت دراسة جاذبية أزهار البطيخ للملقحات (Wolf et al., 1999) ليس فقط للأصناف التجارية الثنائية ولكن أيضاً للهجين بين الأصناف التجارية والصنف البري *Citrullus* spp. وقد وجدت فروقات بين الأصناف، بما في ذلك التباين في حجم الرحيق اليومي، ومكونات السكر وعدد زيارات نحل العسل لكل صنف. تكرار زيارة النحل تعتمد على مورثات نبات البطيخ، وكذلك العوامل الجوية، مثل درجة الحرارة. وتكون زيارات النحل في أوجها في ساعات الصباح وذلك لأن درجات الحرارة خلال النهار تُقلل من نشاط النحل. عامل آخر يؤثر في عدد زيارات النحل هو المنافسة بين الأصناف المختلفة المتواجدة في منطقة معينة. بيّن Wolf وزملاؤه (١٩٩٩) بأن هناك فروقات في جاذبية النحل راجعة للتباين الوراثي بين أنواع الجنس *Citrullus*، على الرغم من أن تحليل مساهمة الزهرة أظهر عدم وجود تباين في حجم الزهرة، وكمية حبوب اللقاح أو كمية الرحيق. ولكن الفروقات وجدت في تركيز السكروز والسكر الكلي في الرحيق. ووجدت علاقة إيجابية بين جاذبية النحل وتركيز السكر في الرحيق، والتي أدت إلى الاستنتاج بأن هذه الخاصية هي أحد العوامل التي تؤثر في جاذبية النحل.

القرع *Cucurbita pepo* L. (العائلة القرعية Cucurbitaceae)

زراعة القرع منتشرة في جميع أنحاء العالم. والسبب في ذلك أن إنتاجه يكون في فصلي الربيع والصيف فقط، والإنتاج في غير هذه الفصول يجب أن يتم في الزراعات المحمية، مثل البيوت الزجاجية.

القرع هو نبات أحادي الجنس ويحتوي على أزهار ذكرية وأنثوية في نفس النبات. بيولوجية الزهرة تمت دراستها بشكل مكثف (Nepi and Paccini, 1993; Roldan

Serrano and Guerra-Sanz, 2005). استخدم النحل الطنّان ونحل العسل من أجل تلقيح القرع في الزراعات المحمية (Guerra-Sanz et al., 2005)، وكانت نتيجة التلقيح، الحصول على ثمار ذات نوعية عالية بالمقارنة مع الثمار المنتجة من خلال العقد العذري (Parthenocarpic) ومع الثمار المحفزة من خلال منظمات النمو (Roldan Serrano et al., 2002; Guerra-Sanz et al., 2004).

محاصيل البذور

المحاصيل المزروعة من أجل إنتاج البذور نادراً ما تُنتج في البيوت المحمية. في تلك النسبة القليلة التي تُنتج في ظروف الزراعة المحمية، تُفضل الشركات القيام بعملية التلقيح يدوياً. بالإضافة إلى ذلك، يحاول المنتجون تجنب دخول أي حشرات ملقحة إلى البيت الزجاجي أثناء فترة التلقيح لتجنب عمليات التلقيح غير المرغوب بها. في بعض الحالات تتم عمليات التلقيح من خلال الحشرات من أجل إنتاج بذور نقية ذات مواصفات وراثية محددة. في هذه الحالة يتم تلقيح النبات من خلال عدد قليل من الملقحات في بيوت محمية صغيرة أو مناطق مشبكة داخل بيوت زجاجية واسعة. وذهبت الدراسات إلى أن استخدام ذكور النحل الطنّان هو الأفضل في هذه الحالات وأن استخدام خلية نحل طنان كاملة غير ضروري (van Doorn, 2006).

التفاعل بين الملقحات والسيطرة على الآفات في الأنظمة المغلقة

استخدام النحل وبالأخص النحل الطنّان من أجل عملية التلقيح أدى إلى التقليل من استخدام المبيدات في حماية المحاصيل (Velthuis and van Doorn, 2006). بشكل عام، التأكيد المتزايد على استخدام نظام المكافحة المتكاملة للآفات أصبح شائعاً بين مستخدمي خلايا النحل الطنّان؛ وذلك لأن استخدام النحل الطنّان يتعارض مع استخدام المبيدات.

على أية حال، هناك بعض الأشياء التي لا تناسب النحل الطنّان في ظروف ممارسة إجراءات المكافحة المتكاملة، مثل التصاق النحل والنحل الطنّان على المصائد اللاصقة، والتي تستخدم عادةً من أجل مراقبة واصطياد الحشرات في البيوت المحمية.

ألوان المصائد اللاصقة المستخدمة هي الأصفر والأزرق (Gillespie and Vernon, 1990). نتيجةَ الانجذاب نحو اللون لبعض الحشرات، فالمصائد الصفراء تُستخدم من أجل صيد الذبابة البيضاء والمصائد الزرقاء من أجل اصطياد التربس. عدد كبير من عاملات النحل الطنّان وخاصة الصغيرة عديمة الخبرة تلتصق بالمصائد الزرقاء (ملاحظات شخصية). نفس الملاحظة تنطبق على المصائد الصفراء ونحل العسل (ملاحظات شخصية). دراسة طيف الانعكاس لهذه المصائد لم يجد أية موجة قد تكون هي السبب في جذب النحل. ولكن يمكننا القول بأن المصائد اللاصقة المصنوعة من المواد الصمغية تعكس أشعة الشمس ينتج عنها انعكاسات بلورية تجذب النحل نحوها.

الخاتمة

في مجموعة العمل الخاص بي، عملية طرح سؤال حول تقديم أصناف دخيلة في ظروف بيئية مختلفة يبقى أمراً شخصياً. في الواقع إنه سؤال أخلاقي وليس أمراً بيئياً أو بيولوجياً أو اقتصادياً. ولكن بالطبع فإن الجوانب البيئية والبيولوجية والجانب الاقتصادي يجب أن تُؤخذ بعين الاعتبار في إجابة هذا السؤال، على الرغم من أن الحل لا يتعلق بالجانب الأكاديمي ولكن بالجانب الأخلاقي. وإلا فإن هذه النقطة سوف تبقى بدون أي تجاوب إلى الأبد، والسبب أن الناس من كلا الجانبين (المحافظين، مقابل المزارعين وشركات التربية) سيبقى بينهم حوارات، فمنهم من يؤيد ومن يعارض. في الفصل التاسع من هذا الكتاب، سيجد القارىء تفاصيلَ أكثر عن هذا الموضوع من وجهة نظر بيئية وبيولوجية، والتي قد تُساعد في الوصول إلى قرار حول هذه القضية.

بالطبع الإجابة عن هذا التساؤل ليست سهلة لأي شخص ووجهات النظر يجب أن تُطرح من قبل أي فرد وصولاً لحل نهائي.

زيادة الوعي في التقنيات المستخدمة في تلقيح نباتات البيوت المحميّة والدراسات حولها زادت في السنوات الماضية، وبعضها قدم بيئات جديدة للدراسات في البيوت المحمية مثل البطيخ الثلاثي الصبغيات. توجُهاتنا نحو الزراعة في البيوت المحمية عالية وذلك بسبب عائدها الاقتصادي. وبشكل عام البيئة المستخدمة في البيوت المحمية تتوسع على صعيد العالم، مع استخدام الملقحات واستخدام طرق السيطرة المتكاملة على الآفات والتي تقدم سيناريوهات إيجابية حول هذه النقطة في الزراعة.

الشكر

الشكر للسيد Roldan Serrano والسيد A. Mena Granero لمساعدتهما في مشاريع التلقيح. والشكر للسيد Agrobio S. L. لدعمه عدة تجارب تعنى بالتلقيح. وبعض النتائج التي ظهرت هنا تم دعمها بواسطة المنح البحثية التالية: INIA RTA03-087, INIA RTA2005-00046-00-00 و PIA-03-032

المراجع العلمية

Abak, K., and Dasgan, H. Y. (2005). Efficiency of bumblebees as pollinators in unheated or anti-frost heated greenhouses. In J. M. Guerra Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), First short course on pollination of horticulture plants (19-29). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Abak, K., Dasgan, H. Y., Ikiz, Uygun, N., Kaftanoglu, O., and Yeninar, H. (1997). Pollen production and quality in pepper grown in anti-frost heated greenhouses during winter and the effects of bumblebee (Bombus terrestris) pollination on fruit yield and quality. Acta Horticulturae, 437, 303-307.

Abak, K., Sari, N., Paksoy, M., Kaftanoglou, O. and Yeninar, H. (1995). Efficiency of bumble bees on the yield of eggplant and tomato grown in unheated greenhouses. Acta Horticulturae, 412, 268-274.

Asada, S., and Ono, M. (2000). Difference in colony development of two Japanese bumblebees, Bombus hypocrita and Bombus ignitus (Hymenoptera: Apidae). Applied Entomology and Zoology, 35, 597-603.

Baker, H. G., and Baker, I. (1983). A brief historical review of the chemistry of floral nectar. In C. E. Jones and R. J. Little (Eds.), The biology of nectaries. New York: Columbia University Press.

Brian, A. D. (1952). Division of labour and foraging in Bombus agrorum Fabricius. Journal of Animal Ecology, 21, 223-240.

Buchmann, S. L. (1983). Buzz pollination in angiosperms. In C. E. Jones and R. J. Little (Eds.), Handbook of experimental pollination biology (73-113). New York: Van Nostrand Rheinhold.

Cartar, R. V. (1992). Morphological senescence and longevity: An experiment relating wing wear and life span in foraging wild bumble bees. Journal of Animal Ecology, 61, 225-231.

Cnaani, J., Schmid-Hempel, R., and Schmidt, J. O. (2002). Colony development, larval development and worker reproduction in Bombus impatiens Cresson. Insectes Sociaux, 49, 164-170.

Corbet, S. A., Chapman, H., and Saville, N. (1988). Vibratory pollen collection and flower form: Bumble-bees on Actinidia, Symphytum, Borago and Polygonatum. Functional Ecology, 2, 147-155.

Corbet, S. A., Williams, I. H., and Osborne, J. L. (1991). Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World, 72, 47-59.

Costa, H. S., Robb, K. L., and Wilen, C. A. (2002). Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. Journal of Economic Entomology, 95, 113-120.

Dag, A., and Eisikowitch, D. (1995). The influence of hive location on honeybee foraging activity and fruit set in melons grown in plastic greenhouses. Apidologie, 26, 511-519.

----(2000). The effect of carbon dioxide enrichment on nectar production in melon under greenhouse conditions. Journal of Apicultural Research, 39, 88-89.

----(2005). The effect of environmental conditions on bee pollination activity in greenhouses [Abstract, p. 65], Thirty-ninth Apimondia, International Apicultural Congress, Dublin, Ireland.

Dag, A., and Kammer, Y. (2001). Comparison between the effectiveness of honey bee (Apis mellifera) and bumble bee (Bombus terrestris) as pollinators of greenhouse sweet pepper (Capsicum annuum). American Bee Journal, 141(6), 447-448.

Dasgan, H. Y., zdogan, A. O., Kaftanoglu, O., and Abak, K. (2004). Effectiveness of bumblebee pollination in anti-frost heated tomato greenhouses in the Mediterranean Basin. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28, 73-82.

de Ruijter, A., van den Eijnde, J., and van der Steen, J. (1991). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) in greenhouses by honeybees. Acta Horticulturae, 288, 270-274.

Dobson, H. E. M., and Bergstrm, G. (2000). The ecology and evolution of pollen odors. Plant Systematics and Evolution, 222, 63-87.

Dobson, H. E. M., Bergstrm, G., and Groth, I. (1990). Differences in fragrance chemistry between flower parts of Rosa rugosa Thumb (Rosaceae). Israel Journal of Botany, 39, 143-156.

Duchateau, M. J., and Velthuis, H. H. W. (1988). Development and reproductive strategies in Bombus terrestris colonies. Behaviour, 107, 186-207.

Dyer, A. G., and Chittka, L. (2004). Bumblebee search time without ultraviolet light. Journal of Experimental Biology, 207, 1683-1688.

Dyer, A. G., Whitney, H. M., Arnold, S. E. J. , Glover, B. J. and Chittka, L. (2006). Bees associate warmth with fl oral colour. Nature, 442, 525.

Ercan, N., and Onus, A. N. (2003). The effects of bumblebees (Bombus terrestris L.) on fruit quality and yield of pepper (Capsicum annuum L.) grown in an unheated greenhouse. Israel Journal of Plant Sciences, 51, 275-283.

Fahn, A. (1979). Secretory tissues in plants. London: Academic Press.

Free, J. B. (1963). The flower constancy of honeybees. Journal of Animal Ecology, 32, 119-131.

----(1970). The flower constancy of bumblebees. Journal of Animal Ecology, 39, 395-402.

Garfalo, C. A. (1978). Bionomics of Bombus (Fervidobombus) morio: 2. Body size and length of life of workers. Journal of Apicultural Research, 17, 130-136.

Gillespie, D. R., and Vernon, R. S. (1990). Trap catch of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) as affected by color and height of sticky traps in mature greenhouse cucumber crops. Journal of Economic Entomology, 83(3), 971-975.

Goulson, D., Stout, J. C., and Hawson, S. A. (1997). Can flower constancy in nectaring butterflies be explained by Darwin's interference hypothesis? Oecologia, 112, 225-231.

Grünfeld, E., Vincent, C., and Bagnara, D. (1989). High-performance liquid chromatography analysis of nectar and pollen of strawberry flowers. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 37, 290-294.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A. (2007, April). Feromona larval de abejas (Apis mellifera L.) en la produccin de sanda (Citrullus lanatus [(Thunb.) Matsum. et Nakai]) triploide en invernadero [Honey bee' s (Apis mellifera L.) brood pheromone infl uence on triploid watermelon production (Citrullus lanatus [(Thunb.) Matsum. et Nakai]) in greenhouse] [Abstract, p. 13.

Resmenes Congreso Nacional Sociedad Espaöla de Ciencias Hortcolas, XI Congreso Nacional de Ciencias Hortcolas, Albacete, Spain [Publication in Spanish: Actas de Horticultura 48: 214-217.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A., and Mena Granero, A. (2004). Pollination of zucchini culture by bumblebees: Advance of results of quality production. In A. Lebeda and H. S. Paris (Eds.), Cucurbitaceae 2004: Progress in cucurbit genetics and breeding research. Proceedings of the 8th Eucarpia Conference, July 12-17, 2004, Olomouc, The Czech Republic (75-77). Olomouc, Czech Republic: Palack University.

Guerra-Sanz, J. M., Roldn Serrano, A., Mena Granero, A. and Fern⌡ndez Lpez, C. (2005). Polinizacin de hortalizas extra-tempranas en el marco de los invernaderos de Almera. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Primeras jornadas de polinizacin en plantas hortcolas (103-120). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Hannan, A., Maeta, Y., and Hoshikawa, K. (1997). Colony development of two species of Japanese bumblebees Bombus (Bombus) ignitus and Bombus

(Bombus) hypocrita reared under artificial condition (Hymenoptera, Apidae). Japanese Journal of Entomology, 65, 343-354.

Harder, L. D. and Barclay, R. M. R. (1994). The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: Controlled pollen removal from Dodecatheon. Functional Ecology, 8, 509-517.

Hawker, J. S., Sedgley, R. M. R., and Loveys, B. R. (1983). Composition of stigmatic exudates, nectar and pistil of watermelon, Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum and Nakai, before and after pollination. Australian Journal of Plant Physiology, 10, 257-264.

Heinrich, B. (1979). Bumblebee economics. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Henning, J. A., Peng, Y. S., Montague, M. A., and Teuber, L. R. (1990). Honeybee (Hymenoptera: Apidae) behavioural response to primary alfalfa (Rosales fabaceae) fl oral volatiles. Journal of Economic Entomology, 85, 233-239.

Jarlan, A., de Oliveira, D., and Gingras, J. (1997). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) in green-house by the syrphid fly Eristalis tenax (L.). Acta Horticulturae, 437, 335.

Jouet, J. P. (2001). Plastics in the world. Plasticulture, 2(120), 106-127.

Katayama, E. (1996). Survivorship curves and longevity for workers of Bombus ardens Smith and Bombus diversus Smith (Hymenoptera, Apidae). Japanese Journal of Entomology, 64, 111-121.

Kevan, P. G. (2003). The modern science of ambrosiology: In honour of Herbert and Irene Baker. Plant Systematics and Evolution, 238, 1-5.

Kirk, W. D. J. (2004). Plants for bees: Faba bean: Vicia faba. Bee World, 85, 60-62.

Kristjansson, K., and K. Rasmussen. (1991). Pollination of sweet pepper (Capsicum annuum L.) with the solitary bee Osmia cornifrons (Radoszkowski). Acta Horticulturae, 288, 173-179.

Kubisov, S., and Hslbachov, H. (1991). Pollination of male-sterile green pepper line (Capsicum annuum L.) by honeybees. Acta Horticulturae, 288, 364.

Küpper, G., and Schwammberger, K.-H. (1994). Volksentwicklung and Sammelverhalten bei Bombus pratorum (L.) (Hymenoptera, Apidae). Zoologische Jahrbucher Systematik, 121, 202-219.

Kwon, Y. J. and Saeed, S. (2003). Effect of temperature on the foraging activity of Bombus terrestris L. (Hymenoptera: Apidae) on greenhouse hot pepper (Capsicum annuum L.). Applied Entomology and Zoology, 38, 275-280.

Martin, J. A., Erwin, A. T., and Lounsberry, C. C. (1932). Nectaries of Capsicum. Journal of Science, 6, 277-285.

Masson, C., Pham-Delegue, M. H., Fonta, C., Gascuel, J., Arnold, G., Nicolas, G., et al. (1993). Recent advances in the concept of adaptation to natural odour signals in honeybee Apis mellifera L. Apidologie, 24, 169-194.

Matile, P. and Altenburger, R. (1988). Rhythms of fragrance emissions in flowers. Planta, 174, 242-247.

McGregor, S. E. (1976). Insect pollination of crop plants (USDA-ARS Agriculture Handbook No. 496). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.

Meisels, S., and Chiasson, H. (1997). Effectiveness of Bombus impatiens Cr. as pollinators of greenhouse sweet peppers (Capsicum annuum L.). Acta Horticulturae, 437, 425-429.

Mena Granero, A., Egea Gonzlez, F. J., Garrido Frenich, A., Guerra Sanz, J. M., and Martnez Vidal, J. L. (2004). Single step determination of fragrances in Cucurbita flowers by coupling headspace solid-phase microextraction low-pressure gas chromatography-tandem mass spectrometry. Journal of Chromatography-A, 1045, 173-179.

Mena Granero, A., Egea Gonzlez, F. J., Guerra Sanz, J. M., and Martnez Vidal, J. L. (2005a). Analysis of biogenic volatile organic compounds in zucchini flowers: Identification of scents sources. Journal of Chemical Ecology, 31(10), 2309-2322.

Mena Granero, A., Guerra-Sanz, J. M., and Egea Gonzlez, F. J.(2005b). Qumica de la polinizacin [Pollination chemistry]. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Primeras jornadas de polinizacin en plantas hortcolas (31-48). Almera, Spain: CIFA La Mojonera. Morandin, L. A., Laverty, T. M., Kevan, P. G., Khosla, S., and Shipp, L. (2001). Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) activity and loss in commercial tomato greenhouses. Canadian Entomologist, 133, 883-893.

Nagamitsu, T., Kenta, T., Inari, N., Kato, E., and Hiura, T. (2007). Abundance, body size, and morphology of bumblebees in an area where an exotic species, Bombus terrestris, has colonized in Japan. Ecological Research, 22, 331-341.

Nepi, M., and Paccini, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in Cucurbita pepo. Annals of Botany, 72, 527-536.

Pankwit, T. (2004). Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economical Entomology, 97(3), 748-751.

Pardossi, A., Tognoni, F., and Incrocci, L. (2004). Mediterranean greenhouses technology. Chronica Horticulturae, 44(2), 28-34.

Peitsch, D., Fietz, A., Hertel, H., de Souza, J., Ventura, D. F., and Menzel, R. (1992). The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. Journal of Comparative Physiology A, 170, 23-40.

Pham-Delegue, M. H., Etievant, P., Guichard, E., Marilleau, R., Duault, P., Chauffaille, J., et al. (1990). Chemicals involved in honey-bee-sunflower relationship. Journal of Chemical Ecology, 16, 3053-3065.

Pham-Delegue, M. H. P., Etievant, P., Guichard, E., and Masson, C. (1989). Sunflower volatiles involved in honeybee discrimination among genotypes and flowering stages. Journal of Chemical Ecology, 15, 329-343.

Pickersgill, B. (1997). Genetic resources and breeding of Capsicum spp. Euphytica, 96, 129-133.

Plowright, R. C. and Pendrel, B. A. (1977). Larval growth in bumble bees (Hymenoptera: Apidae). Canadian Entomologist, 109, 967-973.

Pomeroy, N. (1981). Reproductive dominance interactions and colony development in bumblebees (Bombus Latreille; Hymenoptera: Apidae). Unpublished doctoral dissertation, University of Toronto.

Rabinowitch, H. D., Fahn, A., Meir, T., and Lensky, Y. (1993). Flower and nectar attributes of pepper (Capsicum annuum L.) plants in relation to their attractiveness to honeybees (Apis mellifera L.). Annals of Applied Biology, 123, 221-232.

Rick, C. M. (1950). Pollination relations of Lycopersicon esculentum in native and foreign regions. Evolution, 4, 110-122.

Roldn Serrano, A., and Guerra-Sanz, J. M. (2004). Dynamics and sugar composition of sweet pepper (Capsicum annuum L.) nectar. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(5), 717-722.

Roldn Serrano, A., and Guerra-Sanz, J. M. (2005). Reward attractions of zucchini flowers (Cucurbita pepo, L.) to bumblebees (Bombus terrestris L.). European Journal of Horticultural Science, 70(1), 23-28.

Roldn Serrano, A., Guerra-Sanz, J. M., and Ortuo Izquierdo, M. J. (2002). Flower attractiveness to bumble-bees (Bombus terrestris L.) in zucchini (Cucurbita pepo L.). In D. N. Maynard (Ed.), Cucurbitaceae, 2002 (343-348). Alexandria, VA: ASHS Press.

Roseler, P.-F., and van Honk, C. G. J. (1990). Castes and reproduction in bumblebees. In W. Engels (Ed.), Social insects: An evolutionary approach to castes and reproduction (147-166). Berlin, Germany: Springer.

Sedgley, M., and Buttrose, M. S. (1978). Some effects of light intensity, daylength and temperature on flowering and pollen tube growth in the watermelon (Citrullus lanatus). Annals of Botany, 42, 609-616.

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

Sladen, F. W. L. (1989). The humble-bee, its life-history and how to domesticate it. Woonton, Hereford, UK: Logaston Press.

Soler, A., van der Blom, J., Lpez, J. C., and Cabello, T. (2006). The effect of the absorbent UV plastic on the behaviour of Bombus terrestris in greenhouses; results of a bioassay. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Second short course on pollination of horticulture plants (258-261). Almera, Spain: CIFA La Mojonera.

Southwick, E. E. and Southwick, L., Jr. (1992). Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. Journal of Economic Entomology, 85, 621-633.

Sutcliffe, G. H., and Plowright, R. C. (1990). The effects of pollen availability on development time in the bumble bee Bombus terricola K. (Hymenoptera: Apidae). Canadian Journal of Zoology, 68, 1120-1123.

Thorp, R. W. (2003). Bumble bees (Hymenoptera: Apidae): Commercial use and environmental concerns. In K. Strickler and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (21-40). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Vaissière, B. E. and Vinson, S. B. (1994). Pollen morphology and its effect on pollen collection by honey bees, Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae), with special reference to upland cotton, Gossypium hirsutum L. (Malvaceae). Grana, 33, 128-138.

van Doom, A. (2006). Factors influencing the performance of bumblebee colonies in the greenhouse. In J. M. Guerra-Sanz, A. Roldn Serrano, and A. Mena Granero (Eds.), Jornadas de Polinizacin en plantas hortcolas (2nd ed., 173-183). Almera, Spain: CIFA La Mojonera. van Doorn, A., and Heringa, J.

(1986). The ontogeny of a dominance hierarchy in colonies of the bumblebee Bombus terrestris (Hymenoptera, Apidae). Insectes Sociaux, 33, 3-25.

van der Blom, J. (1986). Reproductive dominance within colonies of Bombus terrestris (L.) Behaviour, 97, 37-49.

van Honk, C., and Hogeweg, P. (1981). The ontogeny of the social structure in a captive Bombus terrestris colony. Behavioral Ecology and Sociobiology, 9, 111-119.

Velthuis, H. H. W. and van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37(4), 421-451.

Vogt, F. D. (1986). Thermoregulation in bumblebee colonies: 1. Thermoregulatory versus brood-maintenance behaviors during acute changes in ambient temperature. Physiological Zoology, 59, 55-59.

Westerkamp, C. and Gottsberger, G. (2000). Diversity pays in crop pollination. Crop Science, 40, 1209-1222.

Willmer, P. G. (1983). Thermal constraints on activity patterns in nectar-feeding insects. Ecological Entomology, 8, 455-469.

Wilson, E. O. (1971). The insect societies. Cambridge, MA: Belknap Press.

Wolf, S., Lensky, Y., and Paldi, N. (1999). Genetic variability in flower attractiveness to honeybees (Apis mellifera L.) within the genus Citrullus. Journal of the American Society for Horticultural Science, 34, 860-863.