الفصل السادس

الفسيولوجية البيئية لدورة حياة النحل البنّاء المستخدم في تلقيح النباتات (*Osmia*)

Jordi Bosch, Fabio Sgolastra and William P. Kemp

مقدمة

إن النظام البيئي المزروع بنباتاتٍ تعتمدُ على الحشراتِ في تلقيحها، يخلق حالةً من الحاجة المُلحة للملقحات في فترة إزهار قصيرة للنباتات، ويعد هذا الأمر واقعيا خاصة في المناطق التي تعتمدُ على الزراعات الأحادية بشكلٍ كثيف، حيث لا يوجد بشكل متكرر أنواع مزهرة بديلة قبل إزهار المحصول الرئيس أو بعد انتهاء فترة إزهاره وسقوط البتلات. ويوجد حالة بيئية أخرى في هذه المناطق مثل تدمير أماكن بناء الأعشاش الطبيعية وكذلك استخدام مبيدات الآفات ومبيدات الأعشاب التي تعمل على زوال واضمحلال أعداد الملقحات البرية. وحيث إن الإجراءات للحفاظ على هذه الأعداد وتشجيعها (انظر الفصل الثاني: هذا الكتاب) صعبة التطبيق، أصبح من المهم إدخال أعداد من النحل المربى. وهذه الحاجة شجعت البحث عن أنواع الملقحات المناسبة للمحاصيل المختلفة والبيئات الزراعية المختلفة (الحقل المفتوح، البيوت البلاستيكية والبيوت المغطاة بالشاش). وقد أدى بعض هذه الجهود إلى تطوير نظم حيوية لإدارة الملقح.

تصف إدارة الملقح مدىً من الحالات والتطبيقات التي تتعلق بالملقح. بهذا الشكل البسيط، تتكون إدارة الملقح من مجموعة من الإجراءات لتوفير أماكن تعشيش آمنة وكافية وكذلك توفير ظروف السروح الآمنة والكافية (مثل توفير ركائز للتعشيش، إزهار مستمر وبيئة خالية من المبيدات) لتعزيز مجتمعات النحل الموجودة بتلك المنطقة. هذا التوجه كان ناجحاً في إدارة مجتمعات نحلية لنوعين من النحل الذي يبني أعشاشه في التربة (Halcitid bees) وهي نحل النوميا (*Nomia melanderi*) في الولايات المتحدة الأمريكية ونحلة البرسيم رمادية الشعر (*Rhophitoides canus*) في أوروبا الشرقية (Bohart, 1958; Stephen, 1960; Johansen, Mayer, Stanford and Kious, 1982 and Ptacek, 1989). على المستوى الثاني من التداخل والترابط، تنطبق إدارة الملقحات أيضاً على الحالات التي يتم فيها تربية الملقح على المحصول المعني وبعد ذلك تخزينها في غرف التربية تحت ظروف متحكم بها بشكلٍ جيد لتقليل نسبة النفوق و/أو لتغير شكل الملقح (مثل معدل التطور، عدد الأجيال وزمن الخروج). ويمكن تحقيق ذلك بتوفير درجة حرارة مناسبة للتطور والتشتية، وتزويد مصادر الغذاء، وتقليل حالات التطفل والافتراس. نحل العسل (*Apis mellifera* Apidae) النحل القاطع لأوراق البرسيم (*Megachile rotundata*, Megachilidae) (انظر أيضاً في الفصل الثامن من هذا الكتاب (Bohart, 1962; Stephen, 1962; Hobbs, 1973 and Richard, 1984) وكذلك النحل البنّاء (*Osmia* spp., Mecgachilidae) (Yamada, Oyama, Sekita, Shirasaki, and Tsugawa, 1971; Maeta and Kitamura, 1974; Bosch and Kemp, 2001; Torchio, 2003 and Krunic and Stanisavljevic, 2006) عادةً ما يتم معاملتها بهذه الطريقة. مستوًى ثالث من الإدارة ينطبق على بعض الأنواع مثل النحل الطنّان (*Bombus spp.*, Apidae) والتي يتم تربيتها بالمختبر بظروف اصطناعية كاملة وبعد ذلك يتم إحضارها إلى المحصول المقصود (Van Heemert, de Ruijter, van den Eijnde and van der Steen, 1990; Asada and Ono, 2002 and Velthuis and van Doorn, 2006).

على الرغم من القيمة الاقتصادية لتلقيح المحاصيل (Southwick and Southwick, 1992) وبالرغم من إسهام العديد من أنواع النحل البري في عملية تلقيح المحاصيل إسهاماً لا يمكن إغفاله (انظر إلى الفصل الثاني: هذا الكتاب)، إلا أن عدداً قليلاً فقط لا يتجاوز أصابع اليد من الأنواع تم تطويره وإدخاله ضمن إدارة ملقحات المحاصيل. وغالباً ما أكدت الدراسات قدرة الملقحات المحتملة على كفاءة التلقيح. ولكن مهما كانت مساهمة التلقيح من ملقح ذي كفاءة عالية تبقى هذه المساهمة نظرية وغير محققة ما لم يُتّبع نظام إدارة فعال (على أي مستوى من المستويات الثلاث المذكورة آنفاً) وتوفير الكثافة العددية المناسبة من الملقح بشكلٍ مضمون. إن هَدفنا في هذا الفصل أن نلفت الانتباه لأهمية تطوير طرق تربية مناسبة وكافية أو تحسين أداء ملقح موجود أصلاً. في رأينا العديد من الملقحات الفعالة بقيت ملقحات محتملة بسبب نقص الدراسات الأساسية حول بيولوجية تطورها ووضع طرق التربية الحديثة والمناسبة لها. ويتماشى ذلك وبشكل متلازم مع الحشرات المستخدمة كأعداء حيوية للآفات الزراعية. والاستخدام المكثف لهذه الأعداء الحيوية أتاح الفرصة للفهم الرصين للفسيولوجية البيئية لدورة حياتها. (e.g. Wajnberg and Hassan, 1994 and Hodek and Honek, 1996).

في هذا الفصل سنراجع بدايةً المعرفة الحالية حول بيولوجية التطور للملقحات محاصيل النحل البنّاء *Osmia*. ثم نناقش كيف أسهمت هذه المعرفة واستمرت في الإسهام بوضعها ونشوئها كملقحات تحت الإدارة. وراجعنا بشكلٍ مكثف الممارسات الحالية المستخدمة لإدارة مجتمعات هذه الأنواع، كما أننا نناقش كيف يمكن أن تؤثر هذه الممارسات على تطور النحلة، وحيويتها واستمرارها بالحياة. وفي نهاية هذا الفصل أجرينا مقارنةً مع النحل القاطع لأوراق البرسيم (*Megachile rotundata*) أحد الأنواع الذي يُستخدم بشكلٍ واسع لتلقيح نبات البرسيم (انظر فصل ٧). وعلى الرغم من أن النحل البنّاء *Osmia* والنحل قاطع الأوراق *Megachile* تشترك من ناحية التطور بشكل كبير وتتشابه سلوكياً بالعديد من الصفات إلا أن دورة حياتهما تختلف اختلافاً

واضحاً. وهذه المقارنة بين الجنسين مهمة للتأكيد على أن فسيولوجية التطور هي عامل أساسي في وضع طرق إدارة وتربية الأعداء الحيوية المناسبة.

النحل البنّاء

يتكون جنس النحل البنّاء (*Osmia*) من أكثر من ٣٠٠ نوع معظمها في القسم الشمالي من الكرة الأرضية (Michener, 2000). معظم هذه الأنواع تعشش في تجاويف موجودة أصلاً في الطبيعة، وتعمل الإناث على تكوين سلسلة من الخلايا مفصولة عن بعضها البعض بواسطة الطين أو أوراق النباتات الممضوغة. النحل البنّاء (*Osmia*) بشكل عام وبخاصة الأنواع المنتمية لتحت الجنس (*Osmia osmia*) تبدأ بالطيران مبكراً جداً خلال العام، وبسبب ذلك فإن أنواعاً عديدة لهذا الجنس تم تربيتها في مناطق مختلفة من العالم لتلقيح المحاصيل التي تُزهر بالربيع. النحل البنّاء الياباني ذو الوجه القرني (*Osmia cornifrons*) تم تطويره كملقح للبساتين في اليابان في الستينيات من القرن الماضي ويستخدم الآن في أكثر من ٧٠٪ من المساحات المزروعة بالتفاحيات داخل اليابان (Yamada et al., 1971; Maeta and Kitamura, 1974 and Maeta, 1990). حديثاً، تم استخدام هذا النوع في الصين وكوريا (Xu, Yang and Kwon, 1995). في نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات تم إدخال مجموعات النحل البنّاء من نوع (*Osmia cornifrons*) إلى المناطق الشرقية للولايات المتحدة الأمريكية، وهناك تم تأسيس هذا النوع كملقح للمحاصيل البستانية (Barta, 1979, 1998). وتم أيضاً اختبار هذا النوع (*Osmia cornifrons*) على التوت الأزرق، العديد من محاصيل البيوت البلاستيكية (منها الفراولة، البطيخ والشمام) وتم اختباره على نباتات داخل الأقفاص منها محاصيل البقوليات والخردل (Meata, 1974; Maeta, Okamura and Ueda, 1990; Abel, Wilson and Luhman, 2003 and Maeta, Nakanishi, Fujii and Kitamura, 2006). وهناك نوع آخر مشابه جداً له من أمريكا الشمالية : نحل البساتين البنّاء (*Osmia lignaria*" sister species") تم استخدامه أيضاً في أمريكا الشمالية لتلقيح المحاصيل البستانية واستخدامه تجارياً في تلقيح المحاصيل البستانية

في زيادةٍ مستمرة (Torchio, 1976, 1985, 2003; Bosh and Kemp, 2001, 2002 and Bosch, Kemp and Trostle, 2006). إضافة لذلك تم تجربة نحل البساتين البنّاء (*Osmia lignaria*) على التوت الأزرق في كندا وعلى العائلة الصليبية في أقفاص التجارب في الولايات المتحدة الأمريكية (Dogterom, 1999 and Abel et al., 2003). في أوروبا: نوع ثالث، النحل البنّاء الإسباني ذو الوجه القرني (*Osmia cornuta*) تم تطويره أيضاً كملقح للمحاصيل البستانية (Asensio, 1984; Bosch 1994a; Vicens and Bosch, 2000; Monzon, Bosch and Retana, 2004 and Krunic and Stanisavljevic, 2006). كما تم استخدام هذا النوع (*Osmia cornuta*) بنجاح في إنتاج البذور الهجينة للعائلة الصليبية (Ladurner, Santi, Maccagnani and Maini, 2002).

أنواع أخرى من النحل البنّاء (Osmia) تم اختبارها على مستويات مختلفة وعادةً بنتائج ناجحة وجيدة. ويتضمن ذلك *Osmia osmia rifa* على أشجار الفاكهة ولإنتاج البذور الهجينة لنباتات الخردل تحت الأقفاص (Holm, 1973; Roth, 1990; van der Steen and de Ruijter, 1990; O'Toole, 2002 and Stefan-Dewenter, 2003)، وتم استخدام نحل عنب الدب الأزرق البنّاء *O.* (*Osmia*) *ribifloris* وكذلك *O.* (*Melanosomia*) *attriventris* لتلقيح التوت الأزرق (Drummond and Stubbs, 1997 and Torchio, 1990) وكذلك النوع *O.* (*Osmia*) *excavate* لتلقيح التفاح (Wei, Wang, Smirle and Zu, 2002) ونوع النحل البنّاء *O.* (*Helicosmia*) *caerulescens* والنوع *O.* (*Melanosomia*) *sanrafaelae* على محصول البرسيم (Tasei, 1972; Parker, 1981 and 1989) وكذلك النوع *O.* (*Melanosomia*) *agalia* على التوت البري والتوت الأسود (Cane, 2005).

دورة حياة النحل البنّاء

Osmia

يبدأ نوعا النحل اللذان تم ذكرهما سابقاً *Osmia* (*Osmia*) و*O. melanosomia* بالطيران مبكراً جداً خلال العام ولمدة جيلٍ واحدٍ فقط سنوياً ويقضي فترة الشتاء

كحشرةٍ كاملةٍ داخل شرنقة. والأطوار التي تقضي الشتاء بطور العذارى أو طور ما قبل العذراى فإنها تكون غير نشطة (Bosch, 1994a; Bosch and Kemp, 2000 and Bosch et al., 2006). ولكن، قد تمت تشتية نحل عنب الدب الأزرق البنّاء *O. ribifloris* بنجاح تحت الظروف الاصطناعية لطور ما قبل العذراء في غرف التربية (J.H. Cane, personal communication). يقضي النحل البنّاء من نوع *Osmia* (*Helcosmia*) *caerulescens* الشتاء في طور الحشرة الكاملة، وقد وجد أن له جيلين خلال العام أو على الأقل جيلين متداخلين مع القدرة على التزاوج بينها في مدى انتشاره (Krombein, 1967; TaseI, 1972; Vicens, bosch and Blas, 1993 and Westrich, 1989). يتضح أن التشتية بطور الحشرة الكاملة إنما هي صفةٌ ناشئةٌ ومتطورة بين أفراد العائلة (Megachilidae). معظم أفراد هذه العائلة بما فيها تحت العائلة (Lithurginae) والتي تعتبر منشأً واصلاً لهذه العائلة، تبدأ التشتية بطور ما قبل العذراء ولكنها تطير لاحقاً خلال السنة (Bosch, Maeta and Rust, 2001). الأنواع التي تبدأ الطيران بالربيع من أجناسٍ أخرى مثل (*Anthophora* and *Colletes*) أيضا تقضي الشتاء في طور الحشرة الكاملة على العكس من الأنواع التي تطير في الصيف والتي تنتمي لنفس الأجناس ولكنها تقضي الشتاء في طور ما قبل العذراء (Westrich, 1989). فالتشتية في طور الحشرة الكاملة تتصاحب مع طيران مبكر خلال العام. إن العديد من الأنواع التابعة لتحت الجنس (*Helcosmia*) وكذلك لتحت الجنس (*Osmia*) لها جيلان متداخلان بالعام (Bosch et al., 2001 and Torchio and Tepedino, 1982). وهذا يعني أن بعض أفراد مجتمع هذه الحشرة يُكمل دورة حياته خلال عام واحد والبعض الآخر (يحتاج إلى عامين لإكمال دورة الحياة). في أنواع النحل البنّاء (*Osmia*) ذات الجيلين المتداخلين خلال العام فإن الأفراد التي تُكمل دورة حياتها بفترة عام واحد تقضي فترة الشتاء في طور الحشرة الكاملة، أما الأفراد التي تُكمل دورة حياتها في عامين فإنها تقضي فترة الشتاء في العام الأول في طور ما قبل العذراء وفي العام الثاني في طور الحشرة الكاملة. إن الحالة التي يتم فيها إكمال

دورة الحياة بعامين تعتمد بشكلٍ كبير على الحرارة، حيث يزيد حدوث هذه الحالة مع الارتفاع في درجات الحرارة (Bosch, Kemp and Sgolastra)، بحث غير منشور.

إن التركيز في هذا الفصل على الأنواع الثلاثة (*O. cornifrons, O. lignaria* and *O. cornuta*) ذات التطور الأكثر وضوحاً بين أنواع هذا الجنس والتي تم تطوير وسائل إدارتها أيضاً. وحسب معرفتنا فإن جميع مجتمعات هذه الأنواع تُكمل دورة حياتها خلال عام واحد بدون استثناءات. ودورة حياة هذه الأنواع يمكن أن تَنقَسم إلى ستّ مراحل زمنية كما هو موضح بالشكل (٦,١):

الشكل (٦,١). دورة حياة والتطور المظهري لمجتمعات النحل البنّاء، الأحرف ترمز لبداية أسماء الأشهر الميلادية.

١- الخروج والتزاوج: الحشرات الكاملة التي قَضت الشتاء تتعرض للحرارة الدافئة (حضانة الربيع) ثم الخروج من الشرنقة ومغادرة العش ومن ثم التزاوج.

٢- ما قبل بناء العش: ويتم خلال هذه الفترة القصيرة نضوج مبايض الإناث قبل البدء بالتعشيش.

٣- بناء العش: تبدأ الإناث ببناء الأعشاش ووضع البيض بخلايا مجهزة مسبقاً.

٤- التطور: تتطور البيوض إلى حشراتٍ كاملة من خلال خمسة أطوار يرقيّة تسبق طور ما قبل العذراء الساكن وطور العذراء.

٥- ما قبل التشتية: الحشرات الكاملة التي تم إغلاق شرانقها حديثاً تبقى متعرضة لدرجات الحرارة الدافئة في نهاية الصيف وبداية الخريف.

٦- التشتية: الحشرات الكاملة المتشرنقة تتعرض لدرجات الحرارة الباردة.

وهناك اختلافات شكلية مهمة بين المجتمعات المختلفة للنّوع الواحد. ففي المناطق الأكثر دفئاً تبدأ الحشرات الكاملة بالطيران وبناء الأعشاش بوقت مبكرٍ، كشهر شباط "فبراير"، مقارنةً مع شهر نيسان "أبريل" وأيار "مايو" في المناطق الأبرد. ونحن نستخدم مصطلح مُبكري الطيران لوصف المجتمعات التي تبدأ بناء الأعشاش في شهر شباط "فبراير" أو آذار "مارس" ومتأخري الطيران لوصف المجتمعات التي تبني الأعشاش في نيسان "أبريل" وأيار "مايو".

الخروج والتزاوج

على الرغم من أن فترات خروج الذكور والإناث تتداخل إلا أن الذكور تخرج بفترة يومين إلى أربعة أيام قبل خروج الإناث. يمكن رؤية الذكور التي خرجت تطير حول أماكن تعشيش الإناث وتتجمع حول مداخل الأعشاش التي ستخرج منها الإناث اليافعة. وهذا السلوك ناتج عن قصر عمر الهرمون الجنسي الذي يُفرز من الإناث اليافعة (Roesner, 1994). ويتم التزاوج عادة عند خروج الأنثى من العش الذي خرجت منه. وتَجَمُّع الذكور بكثرة فوق الإناث يعتبر منظراً يمكن مشاهدته بكثرة عند فتحات الأعشاش بالأيام المشمسة خلال فترة الخروج. ومع ذلك قد يحصل التزاوج أيضا على الأزهار القريبة.

إن توقيت خروج الأفراد يعتمد بشكلٍ كبير على فترة الشتاء وعلى الحرارة الحاضنة بالربيع. مع استثناءاتٍ معدودة فإن الأفراد التي لم تدخل بفترة تشتية أو قضت فترة قصيرة جداً بالتشتية فإنها لا تخرج من الشرنقة (انظر الجزء القادم حول التشتية) بغض النظر عن ظروف الحضانة. على الجهة الأخرى فإن المجموعات التي تعرضت إلى

فترة تشتية طويلة أو تشتية بدرجات حرارة معتدلة، يخرج بعض الأفراد ومعظمها من الذكور بدرجات حرارة الشتاء بمعنى آخر بدون فترة حضانة (Bosch and Blas, 1994; Monzon, 1998 and Bosch and kemp, 2003,2004) في كل من نوعي النحل البنّاء *O. cornifrons* و *O. lignaria*، يقصر معدل وقت الخروج مع زيادة درجات الحرارة الحاضنة من ١٥°م إلى ٣٠°م (Bosch and Kemp, 2001 and Meata et al., 2006). ولكن الاستمرار بالحياة للنحل البنّاء من نوع *O. lignaria* أقل نوعاً ما عند درجات ١٥°م و٣٠°م منه عند ٢٠°م و ٢٥°م. والعتبة الحرارية لخروج الذكور أقل بكثير منها للإناث. في مجتمعات النحل البنّاء *O. lignaria* متأخرة الطيران والمتواجدة ضمن ظروف الحرارة الخارجية فإن خروج الذكور من الشرانق يستمر على درجات حرارة بين ١٢°م –١٥°م بينما خروج الإناث على هذه الدرجات يكون بطيئاً جداً حتى ترتفع الحرارة إلى ٢٠°م (Bosch and Kemp, 2001). هذه الفروقات بين الذكور والإناث مهمة عند إعداد طرق وأساليب التحضين. ولأن الإناث هن من يقمن بمعظم عمليات التلقيح فإن أي نموذج يهدف إلى التنبؤ بفترات الخروج وتنظيم تزامن ذروة نشاط النحل مع ذروة إزهار البساتين يجب أن يستند إلى الاحتياجات الحرارية للإناث.

ما قبل التعشيش

مباشرة بعد التزاوج نادراً ما يتم مشاهدة الإناث قرب الأعشاش ولكن يمكن مشاهدتها راجعةً إلى الأعشاش بعد عدة أيام من التزاوج، إن البويضات في النحل البنّاء لا تكون ناضجة عند خروج الأنثى من العش للتزاوج ولكنها تنضج بشكل كامل خلال مرحلة ما قبل التعشيش (Monzron, 1998 and Sgolastra, 2007). فترة ما قبل التعشيش تتراوح بين ٢–٥ أيام ولكنها قد تزيد في الظروف الجوية الغير مناسبة (Meata, 1978; Bosch and Kemp, 2001 and Bosch and Vicens, 2006). ويجب الأخذ بعين الاعتبار فترات ما قبل التعشيش لتحديد برنامج زمني لتحضين المجتمعات التي يتم إدارتها.

خلال فترة ما قبل التحضين تتخذ الإناث من الشقوق في الجدران أوجذوع الأشجار ملجأً لها بالليل وأحيانا توجد بشكل مجموعات تحتوي على عددٍ كبير من الذكور. مع مرور الوقت يمكن مشاهدة الإناث تحوم حول الأعشاش وتدخل جحر الأعشاش المناسبة. في مواقع التعشيش الاصطناعية بوجود عدد كبير من حُجر التعشيش فإن عملية اختيار العش قد تستغرق عدة ساعات تقوم الأنثى خلالها من تفحص عدد من الأعشاش المتلاصقة بشكلٍ متكرر. هذا السلوك يتخلله رحلات جمع رحيق قصيرة الأمد، وتُحَدد الأنثى زياراتها لحجرةٍ محددةٍ. الطيران الالتفافي بانحرافات ذات مساحة واسعة أمام منطقة الأعشاش عادة ما يُعتبر مؤشراً لاختيار العش ويتبع البدء ببناء حجرة العش.

التعشيش

بعد اختيار الحجرة التي سيتم بها التعشيش تبدأ الإناث بجمع مواد لبناء العش (الطين بالنسبة للأنواع *O. lingaria, O cornifrons* and *O. cornuta*) لبناء فواصل قاعدية وأيضا تقوم بجمع حبوب اللقاح والرحيق للبدء بإنتاج ورعاية الصغار. بيانات مفصلة حول سلوك التعشيش تمت دراسته من قبل العديد من الباحثين مثل Bosch و Kemp (2001) وBosch (1994b) وTorchio (1989) و Maeta (1978). تتكون الأعشاش عادة من سلسلة من العيون أو الخلايا مفصولةً عن بعضها البعض بفواصلَ من الطين وتحتوي كل خلية على قطعةٍ من حبوب اللقاح المخلوطة بالعسل والتي يتم وضع البيضة فوقها. العش الذي اكتمل بناؤه يتم إغلاق بوابته بغلاف طيني سميك. الإناث تبقى نشيطة لفترة تتراوح بين ٢٠-٢٥ يوماً وتقوم ببناء ٠,٥-١,٥ خلية في اليوم الواحد تحت ظروف الحقل الطبيعية (Meata, 1978; Trochio 1989; Bosch and Vicens, 2005, 2006 and Bosch 2008).

في بيئة البساتين تستطيع الأنثى الواحدة بناء بين ٨-١٢ خلية منها حوالي ٢,٥ -٥ خلايا تحوي حضنة إناث (انظر Bosch and Kemp, 2002; Meata, 1978 and Bosch and Vicens 2006). إنتاج حضنة الإناث يقل مع مرور الوقت خلال فترة التعشيش

والإناث كبيرة السن تضع بيوضاً ذكريةً بشكل كامل في غالب الأحيان (Tepedino and Torchio, 1982; Sugiura and Meata, 1989 and Bosch and Vicesn ,2005)

البيضة والتطور اليرقي

تحت ظروف الحقل يحتاج بيض النحل البنّاء (Osmia) إلى فترة إسبوع ليفقس (Bosch and Kem, 2000) وتتطور اليرقة من خلال خمسة أطوار يرقية (Torchio, 1989) وتحتاج تقريباً إلى شهرٍ كامل في ظروف الحقل لإكمال تطورها (Bosch and Kem, 2000). قُدرت العتبة الحرارية لتطور البيضة واليرقة بحوالي ١٠-١٤°م للبيضة و ٧-١٤°م لليرقة (Meata, 1978; Meata et al., 2006 and Sgolastra, 2007). يزيد معدل تطور البيضة واليرقة في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* and *O. cornifrons* مع زيادة درجة الحرارة من ١٨-٢٦°م ثم يستقر معدل التطور على درجة بين ٢٩-٣٠°م (Bosch and Kem, 2000 and Meata et al., 2006). بعد استهلاك مخلوط الرحيق وحبوب اللقاح وإكمال عملية الإخراج تبدأ يرقة الطور الخامس بنسج الشرنقة والتي تتكون من عدة طبقات من مواد تفرزها الغدد اللعابية (Trochio, 1989) ويستغرق نسج الشرنقة حوالي ٤-٨ أيام على درجة حرارة بين ٢٢-٢٦°م (Bosch and Kem, 2000 and Meata et al., 2006). عند التعرض لنفس درجات الحرارة فإن المجموعات التي تبدأ الطيران مبكراً في شباط "فبراير" أو آذار "مارس" فإنها تتطور بشكل أبطأ من المجموعات متأخرة الطيران. على سبيل المثال في درجة حرارة ٢٦°م فإن المجموعات مبكرة الطيران من نوع *O. lignaria* تحتاج إلى ٢٦ يوماً، بينما تحتاج المجموعات متأخرة الطيران " نيسان- أبريل" إلى ٢٠ يوماً فقط (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007).

سكون طور ما قبل العذراء

اليرقة المتشرنقة (طور ما قبل العذراء) تدخل حالة السبات (Trochio, 1989) بالتزامن تقريبا مع بداية الصيف (Bosch and Kemp, 2000). معدلات إنتاج غاز ثاني

أكسيد الكربون (مقاسة على درجة حرارة ٢٢°م) تقل من حوالي ٠,٩ مل/جم.ساعة في اليرقات خلال فترة التغذية إلى حوالي ٠,١٤ مل/جم.ساعة عند الانتهاء من بناء الشرنقة وإلى حوالي ٠,٠٤-٠,٠٩ خلال ٧ أيام من اكتمال بناء الشرنقة (Kemp, Bosch and Dennis, 2004 and Bosch anc Kemp, unpublished). مع انخفاض معدلات التنفس يصبح طور ما قبل العذراء مترهلاً بشكلٍ تدريجي بالتزامن مع أدنى نقطة تنفس. ثم قُبيل نهاية فترة طور ما قبل العذراء تمتلىء مرة أخرى وتشتد مع زيادة معدلات التنفس لمستوى يتراوح بين ٠,١٤ - ٠,١٨مل/جم.ساعة. في نهاية المطاف عندما يبدأ طور ما قبل العذراء بالتعذر فإن الانثناءات والتقسيمات التي تفصل الرأس والصدر والبطن تصبح ظاهرة (Kemp et al. 2004). إذا لم يتعرض طور ما قبل العذراء لدرجات الحرارة المناسبة (انظر لاحقاً في هذا الفصل) قد تَبقى حشرة النحل البنّاء (*Osmia*) في طور ما قبل العذراء لعدة أشهر أو حتى سنوات دون أن تموت (Bosch, 1994a; Bosch and Kemp, 2000; Maeta et al.2006 and Sgolastra, 2007). فقدان وزن الجسم خلال فترة طور ما قبل العذراء يساوي تقريبا ٠,٠٨ ملجم/يوم فقط مقارنةً مع ٠,٣-٠,٧ ملجم/يوم خلال فترة العذراء (Bosch and Vicens, 2002 and Kemp et al. 2004). هذه النتائج جنباً إلى جنب مع المتطلبات الحرارية لتطور طور ما قبل العذراء (انظر لاحقاً في هذا الفصل) تُبين بأن سكون طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء (*Osmia*) يتم من خلال البيات الشتوي (عن Tauber, Tauber and Masaki, 1998). بالمقارنة ، فإن معدلات التنفس في طور ما قبل العذراء للنحل قاطع أوراق البرسيم *M. rotundata* خلال فترة السكون تبقى منخفضة خلال فترة الشتاء والصيف (Kempl et al. 2004) ., في الظروف الطبيعية فإن فترة سكون طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء (*Osmia*) تمتد لفترة بين ١-٣ شهور اعتماداً على المنطقة الجغرافية (Bosch and Kemp, 2000; Bosch, Kemp and Peterson 2000 and Sgolastra, 2007). وتحتاج الحشرة بعد ذلك إلى درجات حرارة فوق عتبة معينة لإنهاء فترة سكون طور ما قبل العذراء. طور

ما قبل العذراء للنحل البنّاء *O. cornifrons* يمكن أن يُحفظ على ١٠°م لمدة تصل إلى ٤٣٠ يوماً دون أن تموت (Maeta et al. 2006). إذا تعرضت لاحقاً لدرجات حرارة بين ٢٢-٢٦°م، تتطور هذه الأفراد على ما يبدو إلى حشرات طبيعية كاملة. في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* المربى على درجات حرارة ١٨°م أو ٢٠°م بعض الأفراد قد تبقى في طور ما قبل العذراء لفترة تفوق العام (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra 2007). وإذا تعرضت هذه الأطوار لاحقاً لدرجات حرارة ٢٢°م فإن بعضها يتحول إلى أطوار كاملة ولكنها تعيش فترة الشتاء. وعندما تفشل الأفراد في التعذر عند درجة حرارة ١٨°م أو ٢٠°م فإنها تمضي فترة الشتاء في طور ما قبل العذراء وبعد ذلك تتحضن في بداية الربيع، وتستطيع بعض الأفراد أن تصل إلى طور الحشرة الكاملة لاحقاً ولكنها نادراً ما تُكَوِن حشرات كاملة وصحية وإذا فعلت ذلك فإنها تنسلخ أو تخرج بالتزامن مع دورة حياتها الطبيعية. نتائج مشابهة تم الحصول عليها في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* المربى على درجة حرارة ٢٢°م (Bosch, 1994a).

تتم أعلى معدلات نمو لطور ما قبل العذراء على درجات حرارة متوسطة بين (٢٢-٢٦)°م (Kemp and Bosch, 2005; Maeta et al. 2006 and Sgolastra, 2007). بدرجات الحرارة الدافئة بين ٢٦-٣٢°م فإن تطور طور ما قبل العذراء يُصبح بطيئاً. بالطبيعة، على كل حال، فإن أعشاش النحل البنّاء (*Osmia*) تتعرض لتقلبات في أنظمة درجات الحرارة كما أن فترة التعرض للحرارة لها تأثير قوي على إنهاء فترة ما قبل العذراء. في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* فإن ١٥٪ من الأفراد التي تعرضت لدرجات حرارة ٢٢°م فشلت بالتعذر مقارنةً بفشل كاملِ الأفراد بالتعذر (١٠٠٪) عند التعرض لدورة يومية ١٢ ساعة إضاءة عند درجة ١٧°م و١٢ ساعة عند درجة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م)، (Bosch، أوراق غير منشورة). فترة ما قبل العذراء في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* تستمر لفترة ٢٩ يوماً عند درجة حرارة ثابتة تبلغ ٢٢°م مقارنة بحوالي ١٧ يوماً عندما تتعرض لدرجات حرارة بين ١٤°م و١٦°م لمدة ٨ ساعات،

وعند درجة حرارة ٢٧°م لمدة ساعة واحدة (معدل = ٢٢ °م، Bosch and Kemp, 2000). وبشكل عام، المجتمعات التي تُحفظ تحت درجات حرارة مُتقلبة لها معدلات نفوق متدنية خلال مرحلة التطور.

تختلف المجتمعات الحشرية من مناطق مختلفة في عتباتها لاستكمال فترة البيات الشتوي لطور ما قبل العذراء. إن نسبة فشل تعذر طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء *O. cornuta* مبكر الظهور (شباط "فبراير") كانت ١٢٪ مقارنة بحوالي ٢٪ بالمجتمعات التي تظهر متأخرةً (شهر أذار "مارس") تحت نفس الظروف (Bosch, 1994a). نفس النتائج تم الحصول عليها في حالة *O. lignaria*، فعلى درجة حرارة ٢٠°م فشلت ٥٦٪ من الأفراد التي تظهر مبكراً في أذار "مارس" في التعذر مقارنةً مع ٢٣٪ في الأفراد التي تظهر متأخراً في نيسان "أبريل" والتي تم وجودها على درجة حرارة ١٨°م (Sgolastra, 2007). فوق هذه العتبات من درجات الحرارة، فإن الأفراد التي تظهر مبكراً لها فترة تطور أطول لطور ما قبل العذراء من الأفراد التي تظهر متأخراً تحت نفس الظروف من درجات الحرارة. فعلى درجة حرارة ٢٢°م فإن نسل النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* الذي ظهر مبكراً في شباط "فبراير" احتاج إلى ٩٥ يوماً حتى يتعذر بينما احتاج إلى ٧٥ يوماً في الأفراد التي تظهر متأخراً في نيسان "أبريل" (أوراق غير منشورة ,Bosch). وفي النحل البنّاء من نوع *O. lingaria*، استغرقت فترة ما قبل العذراء على درجة حرارة ٢٦°م إلى ٥٢ يوماً في الأفراد التي تظهر مبكراً في أذار "مارس" بينما استغرقت ٢٩ يوماً في الأفراد التي تظهر متأخرةً في نيسان "أبريل" (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007). هذه الاختلافات موجودة ومستمرة تحت ظروف الطبيعة. المجتمعات التي تظهر في شهر أذار "مارس" وموجودة تحت الظروف الخارجية الطبيعية تأخذ أكثر من شهرين لتتعذر مقارنة بحوالي شهرٍ واحد في المجتمعات التي تبدأ الطيران وتظهر بشهر نيسان "أبريل" (Bosch et al. and Sgolastra, 2007). عندما تم تربية مجتمعات الحشرة التي تظهر ظهوراً متأخراً في ولاية يوتا، في ظروف المختبر (غرف التربية) وتم إطلاقها ببساتين

اللوز بولاية كاليفورنيا في شهر شباط "فبراير"، فإن نسل هذه المجتمعات احتاجت إلى فترة قصيرة في طور ما قبل العذراء تحت كل من ظروف المختبر والظروف الطبيعية بولاية كاليفورنيا (Bosch et al., 2000).

هذه النتائج تُشير إلى مُكَوِن مهم ذي دلالة وراثية لتطور حالة البيات الشتوي في النحل البنّاء وتشير إلى احتمالية تكيفها مع ظروف الحرارة السائدة (Ayres and Scriber, 1994). كما أن المدة الزمنية لطور ما قبل العذراء قد يتأثر بالصفات الشكلية والظاهرية للأم (Mousseau and Dingle, 1991). على سبيل المثال، قد يعتمد تطور البيات الشتوي على ظروف الفترة الضوئية السائدة في حياة جيل الأمهات كما أُشير لذلك في حالة *M. rotundata* (Parker and Tepedina, 1982 and Kemp and Bosch 2001). وفي دراسة غير منشورة تم تقسيم المجتمعات التي تظهر متأخراً من نوع *O. lingaria* إلى مجموعتين. المجموعة الأولى تم إطلاقها على اللوز في شهر شباط "فبراير" قبل وقت ظهورها وطيرانها الطبيعية بفترة شهرين والمجموعة الثانية تم إطلاقها على الكرز في نيسان "أبريل" الموعد الطبيعي لظهور أفراد الحشرة (Bosch and Kemp، دراسة غير منشورة). وتم بعدها تربية نسل المجموعتين في نفس الظروف. مع التوافق في أي تأثير محتمل للأمهات، كانت فترة طور ما قبل العذراء أطول وبشكل معنوي في المجموعة الأولى ولكن بفارق بسيط تراوح بين ٢-٦ أيام، فترة قصيرة جداً مقارنة مع فرق لمدة شهرين في وقت الظهور والطيران بين أفراد الآباء في المجموعتين.

التعذر

تحتاج العذارى لفترة بين شهر إلى شهر ونصف لتكتسب صبغات الحشرة الكاملة (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007). معدلات التنفس خلال فترة العذراء تراوحت بين ٠,١٤ و٠,١٨ ثاني أكسيد الكربون مل/جم. ساعة، ومعدل النقصان بالوزن تراوح بين ٠,٣ و٠,٧ ملجم/يوم (Bosch and Vicens 2002; Kemp et al., 2004

and Bosch and Kemp, unpublished). وتم تقدير درجة الحرارة المطلوبة لتطور العذراء بين ١٠-١٢°م (Maeta et al., 2006 and Sgolastra 2007). على العكس من تطور طور ما قبل العذراء "ومن خلال المدى الحراري الذي تم اختباره بين ١٨-٣٠°م" فإن تطور طور العذراء يزداد مع زيادة درجة الحرارة (Bosch and Kemp, 2000 Maeta et al. 2006 and Sglolastra, 2007). وعلى العكس من تطور طور ما قبل العذراء فإن الفترة الحرارية ليس لها تأثير واضح على معدلات تطور العذراء. تكتمل فترة تطور العذراء في النحل البنّاء من نوع *O. lignaria* خلال ٣٢ يوماً على درجة حرارة ٢٢°م مقارنة مع ٢٨ يوماً عند تعرضها لدورة من ٨ ساعات على درجة حرارة ١٤°م و١٦ ساعة على درجة حرارة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م) (Bosch and Kemp, 2000). في النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* فإن مرحلة العذراء تكتمل خلال ٣٦ يوماً في كلتا الحالتين: عند التعرض لدرجات الحرارة ٢٢°م بشكلٍ ثابت أوالتعرض لدورة حرارية لمدة ١٢ ساعة على درجة حرارة ١٧°م و١٢ ساعة على درجة حرارة ٢٧°م (المعدل= ٢٢°م Bosch, unpublished). إن الاختلافات في طول أو قصر مدة مرحلة العذراء بين المجتمعات من النحل البنّاء من مناطق جغرافية متباينة ليست واضحةً كتلك الاختلافات في مدة طور ما قبل العذراء. عند التعرض لدرجة حرارة ٢٢°م فإن مجتمعات النحل البنّاء من نوع *O. cornuta* مبكرة أو متأخرة الظهور لها نفس مدة تطور مرحلة العذراء (٣٦ و٣٥ يوماً على التوالي) (Bosch, unpuplisehd data). في النوع *O. lignaria* بدرجة حرارة ٢٦°م فإن التعذر في أفراد المجتمعات مبكرة الظهور يحتاج إلى ٣٠ يوماً بينما يحتاج التعذر إلى ٢٤ يوماً في أفراد المجتمعات متأخرة الظهور (Bosch and Kemp, 2000 and Sgolastra, 2007).

قبل العشية

في نهاية فترة العذراء، تتخلص العذراء من الغلاف الخارجي لها وتخرج الحشرة الكاملة ثم تبدأ بمد أجنحتها. تخرج الحشرات الكاملة من "الشرانق" مع نهاية الصيف أو

بداية الخريف. مجتمعات النحل البنّاء *O. lingaria* التي تبدأ بالطيران مبكراً في وسط كاليفورنيا تصل لطور الحشرة الكاملة في شهر تشرين الثاني "نوفمبر" مقارنةً مع أيلول "سبتمبر" أو تموز "يوليو" لمجتمعات الأفراد التي تظهر متأخراً من مناطق شمال ولاية يوتا (Bosch and Kemp, 2000; Bosch et al. and Sgolastra 2007). خلال فترة ما قبل التشتية، تستمر الحشرات داخل الشرانق بالتعرض لدرجات الحرارة الدافئة الكافية للتطور. هذه الفترة تسمح للأفراد ذات التطور البطيء في المجتمعات الحشرية للوصول إلى طور الحشرة الكاملة وتصبح جاهزة للتشتية عندما تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض. وكما ذُكر سابقاً، فإن الاختلافات في معدل تطور أفراد الحشرة في مجتمعات من أصول جغرافية مختلفة "تتعرض لنفس درجات الحرارة في طور ما قبل العذراء" أعظم منها في طور اليرقة أو العذراء. بنفس الوقت فإن معظم التباين في وقت خروج الحشرات الكاملة بين أفراد المجتمع يمكن تفسيرها من خلال فترة طور ما قبل العذراء (Sgolastra, 2007). لذلك فإن فترة سكون ما قبل العذراء هي الآلية الرئيسية التي يقوم مجتمع النحل البنّاء من أصول جغرافية متباينة من خلالها بتوقيت وتزامن خروج الحشرات الكاملة عند انخفاض درجات الحرارة المحلية في الخريف (Kemp and Bosch, 2005 and Sgolastra, 2007).

خلال خمسة أيام من خروج الحشرات الكاملة، يبدأ إنتاج ثاني أكسيد الكربون بالانخفاض وبشكل كبير من ٠,١٤ –٠,١٨ إلى حوالي ٠,١٠ مل/جم.ساعة في مدة ١٤ يوماً (Kemp et al., 2004 ; Bosch, Kemp and Sgolastra, unpublished). بالإضافة إلى استجابة الحشرات الكاملة في طور السكون الشتوي لفترة الحضانة (سيتم مناقشتها لاحقاً) فإن النتائج تُظهر بأنه وكما هو الحال في سكون طور ما قبل العذراء الصيفي فإن طور السكون الشتوي للحشرات الكاملة ينتج عن حالة البيات الشتوي الإجباري (Diapause) في النحل البنّاء. إن انخفاض معدلات التنفس بوقت قصير بعد خروج الحشرات الكاملة يحصل ضمن الظروف الطبيعية ولكن أيضاً في الحشرات الموجودة تحت درجة حرارة ثابتة ٢٢°م. لذلك فإن الدخول في حالة البيات قبل الشتوي لا يحتاج

إلى تحفيز من درجات الحرارة. معدلات التنفس (تم قياسها عند درجة حرارة ٢٢°م) في الحشرات الكاملة التي تبدأ بعملية البيات قبل الشتوي لا ترتفع إلا بعد التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة (Bosch, Kemp and Sgolastra, unpublished). لذلك من ناحية فسيولوجية يمكن تعريف حالة ما قبل التشتية بأنها الفترة بين خروج الحشرات الكاملة وعودة معدلات التنفس للارتفاع نتيجة للتعرض لفترة الشتاء.

المدة الزمنية لفترة ما قبل التشتية في النحل البنّاء (*Osmia*) لها تبعات مهمة لتطور البيات الشتوي ومرور فترة البيات الشتوي بنجاح بالإضافة إلى حيوية هذه الحشرات عند خروجها بالربيع. أفضل النتائج من حيث معدلات الحياة تم الحصول عليها في مجتمعات الحشرات التي قضت فترة قصيرة إلى متوسطة لما قبل البيات الشتوي (١٥–٣٠ يوماً) (Monzon, 1998; Bosch et l., 2000 Bosch and Kemp, 2004; Sgolastra, 2007; Bosch, et al., unpublished). الأفراد التي قضت فترة ما قبل التشتية لفترات طويلة (٤٥ أو ٦٠ أو حتى ٨٠ يوماً) حافظت على معدلات تنفس منخفضة (حوالى ٠,١٠ مل/جم ساعة) ولكنها فقدت وزنها بسرعة (٠,٢٠–٠,٤٠ ملجم/يوم) وأظهرت استنفاداً عالياً جداً للدهون في أجسامها. مستوى الدهون انخفض بشكل معنوي، هذه الأفراد يمكن أن تموت خلال فترة الشتاء، وفي حالة استمرارها بالحياة فإن حيوية الأفراد الخارجة بالربيع تكون أقل من الأفراد التي قضت فترة قصيرة إلى متوسطة (١٥–٣٠ يوماً) لبيات ما قبل التشتية. الأفراد التي قضت فترة قصيرة جداً (٣–٥ أيام) لما قبل البيات الشتوي فإنها لن تصل إلى مستويات التنفس الدُنيا (حوالي ٠,٠٨ مل/جم ساعة). مع ذلك فإن هذه الأفراد تستجيب عند تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة من خلال زيادة معدل التنفس (تم قياسة عند ٢٢°م) بنفس الاستجابة التي تقوم بها الأفراد التي قضت فترة متوسطة لبيات ما قبل التشتية (حوالي ١٥–٣٠ يوماً) (Sgolastra, 2007). وهذه الأفراد والتي قضت فترة قصيرة جداً لبيات ما قبل التشتية لا تُظهر أية علامات على نفاذ الدهون من الجسم وتحافظ على مستويات عالية

من الدهون كما أنها تمتلك أيضاً حيويةً أكبر عند خروجها من الشرانق مقارنةً بالأفراد التي قضت فترة متوسطة لبيات ما قبل التشتية (١٥-٣٠ يوماً). ولكن استمرارية الحياة خلال الشتاء تكون أقل بالنسبة لهذه الأفراد بحوالي ٥-١٠٪ مقارنة بالأفراد التي قضت فترة متوسطة لما قبل البيات الشتوي (Monzon, 1998 and Bosch et al., unpublished). الأفراد التي لم تدخل فترة بيات ما قبل التشتية (تم تعرضها للبرودة في يوم خروج الحشرات الكاملة) لا تعيش فترة الشتاء (Maeta et al. 2006). التعديلات والتهيئة البيوكيميائية للتحضير للتشتية في الحشرات عادةً ما تحصل قبل دخول درجات البرودة (Delfinger, 1991). في النحل البنّاء من نوع *O. cornifrons* التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة في الخريف يعتبر ضروريا لزيادة مستويات السكريات العديدة (Maeta et al, 2006) الشيء الذي يُفسر انخفاض معدلات الحياة في الأفراد التي تقضي فترة الشتاء بطور الحشرة الكاملة حديثة الخروج من الشرنقة.

تخرج وتعشش المجتمعات الحشرية من المناطق الباردة لاحقاً خلال العام وتتعرض صغارها لفترة صيف قصيرة. لذلك فإن صغارها تحتاج لأن تصل لمرحلة الحشرة الكاملة مبكراً وخلال مدة زمنية قصيرة. وكما ذُكر سابقاً فإن التطور السريع من بيضة إلى حشرة كاملة في هذه المجتمعات يتحقق وبشكل رئيس من خلال فترة قصيرة لبيات ما قبل التشتية (الشكل ٦,٢). وخلال منطقة جغرافية معينة، فإن وقت ظهور الحشرة الكاملة بالنسبة لدخول درجات البرودة الشتوية يتعرض لاختلافات مكانية معنوية (Kemp and Bosch, 2005; Sgolastra, 2007 and Bosch et al., unpublished). أولاً، درجات الحرارة في أواخر الصيف وبداية الخريف تختلف وبشكل معنوي من عام إلى عام، ثانياً، إن وقت خروج الحشرات الكاملة يختلف من عام إلى عام بشكل مطلق اعتماداً على بداية دخول فترة الشتاء. أخيراً، خروج الحشرات الكاملة في مجتمع معين قد يستمر لفترة تصل إلى أكثر من شهر واحد، وهذا يبين وجود اختلافات مهمة بين الأفراد في وقت خروج الحشرات الكاملة. وكما ذُكر سابقاً فإن الاختلافات في وقت

ظهور الحشرات الكاملة يمكن تفسيره وبشكل كبير بالاختلافات بين الأفراد في فترة سكون ما قبل التشتية. العوامل الوراثية المتعلقة بمعدل تطور فترة سكون ما قبل العذراء في النحل البنّاء لم يتم دراستها حتى الآن. ولكن ارتباط العامل الوراثي في تطور عملية السكون الإجباري تمت الإشارة له في العديد من أنواع الحشرات (Tauber et al., 1986; Mcvatters and Saunder, 1996; Bradshaw, et al., 1997; Feder et al., 1997 and Gomi, 1997). وهناك إثباتات تشير إلى وجود هذه العلاقة الوراثية في النحل البنّاء *Osmia* (انظر الفصل الخامس)، ضمن هذا السيناريو وتبعات مدة بيات ما قبل التشتية على معدلات الحياة في الشتاء، فإن الانتقاء والاختيار يكون لصالح الأفراد التي تتطور مبكرةً بشكل كافٍ لتصل إلى طور الحشرة الكاملة قبل دخول الشتاء ولكن متأخرة كفاية؛ لكي لا تمضي فترة طويلة في بيات ما قبل التشتية.

الشكل (٦,٢). شكل تقريبي لتطور مجتمعات النحل البناء متأخرة ومبكرة الظهور. الأحرف الإنجليزية ترمز إلى بداية أسماء أشهر السنة الميلادية.

التشتية

ترتفع معدلات التنفس (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) بشكلٍ متواصل من المعدل المنخفض ٠,٠٨ مل/جم للأفراد في مرحلة ما قبل التشتية إلى ٠,٤٠ مل/جم ساعة، وهو مشابه لمستوى التنفس قبيل خروج الحشرة الكاملة (Kemp et al. 2004 and Sgolastra 2007). فقدان الوزن خلال مرحلة التشتية منخفض ويتراوح بين ٠,٠٥

و٠,٠٩ ملجم/يوم مقارنة بمرحلة ما قبل التشتية والتي يتم فيها نفاد الدهون (Bosch and Vicens, 2002; Bosch and Kemp, 2003, 2004 AND Kemp et al. 2004). تخسر الأفراد نسبةً عاليةً من وزنها (حوالي ١٠٪) خلال الشهر الأول من مرحلة ما قبل التشتية، الشيء الذي يعادل ما تخسره في خمسة أشهر في فترة التشتية (حوالي ٧٪).

التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة ضروري لتطور حالة السكون في النحل البنّاء *Osmia*. وكما تم ذكره سابقاً، فإن أفراد النحل البنّاء التي لا تتعرض لدرجات برودة التشتية تحافظ على معدلات تنفس قليلة، تفقد الوزن بسرعة وتفقد معظم أجسامها الدهنية وعادة ما تموت. استمرارية الحياة أيضا قليلة (٠,٠ إلى ٠,٤) في الأفراد التي تقضي فترة تشتية قليلة (٣٠ يوما: Bosch and Kemp 2003, 2004 and Meata et al 2006). بعد ٣٠ يوماً من التشتية فإن معدلات التنفس (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) كانت حوالي ٠,٠٢ مل/جم.ساعة مقارنة بحوالي ٠,٤ مل/جم.ساعة في الأفراد التي تعرضت لحالة التشتية بشكلٍ كامل (حوالي ٢٠٠ يوم) (Sgolastra, 2007). عندما تتعرض الأفراد لفترة تشتية لمدة ٣٠ يوماً فقط ثم يتم وضعها في حاضنات عند درجة حرارة ٢٠°م فإن معدلات التنفس تنخفض بسرعة وترجع إلى مستويات متدنية مشابهة لحالة ما قبل التشتية (Kemp et al., 2004 and Sgolastra 2007). تحافظ هذه الأفراد على معدل تنفس منخفض، ولكنها تفقد الوزن بسرعة كلما استمرت فترة الحضانة. الحشرات الكاملة التي يتم إخراجها من الشرانق وتعريضها لدرجة حرارة الغرفة بمنتصف الشتاء تستطيع المشي، ولكنها لا تقوم بعملية الطيران أو التغذية عند تقديم الأزهار لها (Bosch and Kemp, 2003).

مدة ما قبل الخروج (الوقت المطلوب للخروج من فترة الحضانة في الربيع المقبل) للحشرات الكاملة للنحل البنّاء *Osmia* تتناسب بشكلٍ عكسي مع مدة التشتية (Bosch and Blas, 1994; Bosch and Kemp, 2003, 2004 and Maeta et al., 2006). فعلى

سبيل المثال، ذكور النحل البنّاء *O. lignaria* التي تمضي فترة التشتية عند درجة حرارة مقدارها ٤°م لمدة ٩٠ يوماً تحتاج إلى فترة ١٤ يوماً للخروج عند احتضانها على درجة حرارة ٢٠°م مقارنةً مع ٣ أيام عندما تمضي فترة ١٥٠يوماً في التشتية ويوماً واحداً عندما تمضي فترة ٢١٠ يوم عند درجة ٤°م (Bosch and Kemp, 2003). هذه النتائج ترتبط بالزيادة المستمرة بمعدل التنفس التي تم ملاحظتها خلال فترة التشتية (Kemp et al., 2004 and Sgolastra, 2007) والتثبت من الحاجة لدرجات البرودة من أجل إتمام وإنهاء فترة التشتية في النحل البنّاء *Osmia*.

عند التعرض لفترات تشتية طويلة وكافية فإن حالة السكون الإجبارية تتطور أسرع عند درجات التشتية المرتفعة مقارنة مع درجات التشتية المنخفضة (Bosch and Kemp, 2003 and 2004) على سبيل المثال، ذكور النحل البنّاء *O. lignaria* التي تقضي فترة التشتية على درجات حرارة ٤°م لمدة ٢١٠ أيام تحتاج إلى فترة حضانة ليوم واحد للخروج مقارنة مع ٣ أيام للذكور التي تقضي فترة الشتاء على درجة صفر مئوية ولنفس المدة (Bosch and Kemp, 2004). نتائج مشابهة تم الحصول عليها بحالة *O. cornuta* (Bosch and Kemp, 2004). معدلات التنفس تزداد بسرعة وتصل إلى المعدلات الملائمة للخروج في الأفراد التي تقضي فترة الشتاء في ٧°م مقارنةً مع صفر مئوية (Sgolastra, 2007). هذه الاستجابة الفسيولوجية تسمح لمجتمعات النحل البنّاء بتسريع عملية الخروج في السنوات ذات الشتاء المعتدل؛ ولذلك لا تتخلف عن فترة إزهار عوائلها من النباتات الزهرية والتي تقوم بتسريع عملية الإزهار استجابة للشتاء الضعيف (Nyeki and Soltesz, 1996). ولكن نفاد الأجسام الدهنية ونفوق الحشرات يزداد بشكل كبير عند درجات تشتية أكثر من ٤°م (Bosch and Kemp, 2003). أفراد *O. lignaria* التي تطير متأخرة لا تستطيع التشتية لفترة تزيد عن ١٥٠ يوماً عند درجة ٧°م. بشكل مشابه فإن أفراد *O. cornifrons* يمكنها أن تزيد فترة التشتية عن ١٨٠ يوماً على درجة حرارة صفر مئوية ولكن ليس عند ٥°م (Maeta et al., 2006).

كما هي الحال في السكون الصيفي فإن مجتمعات النحل البنّاء *Osmia* تبدو متأقلمة مع ظروف الشتاء المحلية. في حالة النحل البنّاء *O. cornuta* فإن الإناث التي تَظهر في شهر شباط "فبراير" تخرج خلال ١,٥ يوم من تعرضها لدرجة حضانة ٢٠°م وذلك بعد انقضاء مدة تعادل ١٢٠ يوماً من التشتية بدرجة حرارة ٣°م بينما الأفراد التي تبدأ بالطيران في شهر نيسان "أبريل" والتي تعرضت لنفس الظروف تحتاج إلى ٥ أيام حتى تخرج بعد تعرضها لفترة الحضانة نفسها (Bosch and Blas, 1994). أفراد النحل البنّاء *Osmia cornuta* يمكن أن تقضي فترة ١٥٠ يوماً من السكون الشتوي عند درجة حرارة مرتفعة (١١°م) ولكن هذه الظروف تؤدي إلى نفاد الأجسام الدهنية بشكل كبير وموت ملحوظ في أفراد النحل البنّاء *O. lignaria* (Bosch and Kemp, 2003 and 2004).

إدارة مجتمعات النحل البنّاء لتلقيح المحاصيل

تعتبر أنواع النحل البنّاء *O. cornifrons, O. lignaria* و *O. cornuta* ملقحات أشجار مثمرة فعالة جداً. تختلف الكثافة المطلوبة من هذه الملقحات من محصول لمحصول ومن عام لآخر (أحد الأسباب هو التغير في الكثافة الزهرية من عام لآخر)، ولكن التقديرات تشير إلى أن ٥٥٠ إلى ٧٥٠ عشاً لإناث النحل البنّاء هذه (بالإضافة إلى حوالي ١,٥ إلى ٢ مرة من الذكور) للهكتار تكون كافية (Bosch and Kem, 2002). وبسبب ظاهرة الانتشار قبل عملية التعشيش فإن أعداد الإناث التي يتم إطلاقها يجب أن تزيد حتى ضعف الكمية المطلوبة اعتماداً على طريقة الإطلاق (انظر Bosch and Kemp, 2001 and 2002). الحسابات التفصيلية حول ممارسات إدارة أنواع النحل البنّاء *Osmia* spp. يمكن أن تجدها في أماكن أخرى (Maeta and Kitamura, 1974; Bosch and Kemp, 2001; Krunic and Stanisavljevic, 2006). هنا نناقش الأمور المتعلقة وبشكل مباشر مع بيولوجية التطور بالنحل البنّاء. وبسبب الاختلافات الظاهرية والشكلية المهمة بين مجتمعات النحل البنّاء المختلفة والتي تمت مناقشتها سابقاً، فإن أي طريقة إكثار يجب أن تعتمد على معرفة

الصفات الشكلية الطبيعية في منطقة الانتشار الأصلية لمجتمع الحشرة المعني بالإدارة. بالاعتقاد بوجود أساس وراثي لهذه الاختلافات الشكلية والظاهرية يمكن أن يكون من الممكن انتخاب سلالات مختلفة من النحل البنّاء لتلقيح محاصيل ذات فترات إزهار متباينة من اللوزيات في شباط "فبراير" إلى التفاحيات في أيار "مايو".

مراقبة وإدارة وقت خروج الحشرات الكاملة

قبل الإزهار، أعشاش النحل البنّاء *Osmia* (أوالشرانق الحرة: اعتماداً على نظام الإدارة المتبع) يتم أخذها من منطقة التشتية ووضعها في ملاجئ التعشيش التي تحوي مواد التعشيش اللازمة (مثل: قطع خشبية محشوة بقصبات ورقية، أومجموعاتو من القصبات والأنابيت الكرتونية). الوقت بين خروج الحشرات وبالتالي بناء الأعشاش وبداية الإزهار للمحصول المعني تُعتبر أساسيةً عند تلقيح أزهار الأشجار المثمرة؛ لأن معظم الأشجار البستانية المثمرة تزهر لحوالي ثلاثة أسابيع فقط. إذا خرجت الحشرات الكاملة متأخرةً كثيراً فإن نسبةً كبيرةً من الأزهار لن يتم تلقيحها ولأن المصادر الزهرية البديلة قليلة وربما نادرة الوجود بعد سقوط بتلات المحصول المعني، فإن نجاح تكاثر مجتمع الحشرة يقِل بشكلٍ كبير. وعلى الجانب الآخر فإن الحشرات التي تخرج مبكرةً جداً عن بداية إزهار المحصول المعني سوف تقوم بالبحث عن مصادر زهرية بديلة وتبدأ بالتعشيش في أماكن أخرى. لذلك فمن المهم أن يتم تشتية مجتمع الحشرات لفترة طويلة كفاية؛ لأن ذلك يؤدي إلى تقصير فترة ما قبل الخروج (الفترة بين بداية حضانة الربيع وبداية خروج الحشرات) وفترة خروج الحشرات.

مجتمعات الحشرة التي تمضي وقتاً أطول لفترة ما قبل خروج الحشرة تُعتبر أكثر صعوبة من حيث تزامن خروجها مع بداية تفتح أزهار المحصول المعني. والمجتمعات التي لها فترة خروج طويلة لا تتزامن فترة خروج حشراتها مع إزهار المحصول المعني إلا بجزءٍ من مجتمعها. إن الحاجة للحصول على فترة تشتية طويلة وكافية لتحقيق خروج عاجل

ومنتظم للحشرة أمرٌ لا يمكن التقليل من أهميته. في كل الأحوال فإن النباتات الأخرى التي تُزهر قبل المحصول المعني يمكن أن تكون مصدراً لحبوب اللقاح والرحيق لأفراد حشرة النحل البنّاء التي تخرج مبكراً (Bosch and Kemp, 2001).

عند تشتية الأفراد لفترات طويلة على درجات حرارة معتدلة (٤-٧°م) بعض الذكور تخرج دون الحاجة إلى حضانة الربيع. ويُعتبر ذلك دلالةً على أن مجتمع الحشرة حصل على فترة تشتية كافية ومناسبة وأفراده جاهزة للخروج. وإلا فإنه يمكن تحضين شرانق الذكور على درجة حرارة ٢٢°م، وبالتالي إذا كان مجتمع الحشرة قد حصل على فترة تشتية كاملة فإن الذكور سوف تخرج خلال يومٍ واحد. وكما ذُكر سابقاً، فإن فترات التشتية لتحفيز خروج عاجل للحشرة يختلف بين الأنواع والمجتمعات المختلفة. في حشرات النحل البنّاء *O. lignaria* والتي تَظهر متأخرةً بشهر نيسان "أبريل" فإن التشتية لمدة ٢١٠ أيام بدرجة ٤°م يُعجل من عملية خروج الحشرة (معدل مدة ما قبل الخروج في الذكور يوم واحد: Bosch and Kemp 2000,2003). وبدلاً من ذلك، فإن أفراد النحل البنّاء *O. cornuta* تظهر مبكراً بعد ١٢٠ يوماً من التشتية بدرجة حرارة ٣°م (معدل مدة ما قبل الخروج في الذكور يوم واحد: Bosch and Blas, 1994).

يمكن تحقيق الخروج العاجل والسريع للحشرة أيضاً بتشتية الحشرة بدرجات حرارة أعلى. ولكن يجب استخدام هذه الطريقة فقط عندما تكون تشتية الحشرة لفترات طويلة غير مجدية. رفع درجة حرارة التشتية يمكن استخدامه بحرص ولفترة قصيرة لأن ذلك قد يؤدي إلى استهلاك الدهون وخروج حشرات غير نشيطة. Bosch وزملاؤه (2000) أرادوا أن يحددوا وقت خروج لمجتمع حشرات النحل البناء *O. lignaria* والتي تبدأ بالطيران في نيسان "أبريل" في شمال ولاية يوتا من أجل الاستفادة منها في تلقيح اللوزيات المزهرة في كليفورنيا في شباط "فبراير". الحاجة لخروج الحشرات في شباط بدلاً من نيسان قلل وبشكلٍ كبير من الفترة المتوفرة لتشتية الحشرة. جزء من المجتمع تم تشتيته على درجة حرارة ٤°م بينما الجزء الآخر على درجة حرارة ٧°م ولمدة ١١٧ يوماً. ذكور

الجزء الذي تم تشتيته على درجة ٤°م احتاجت لمدة ٧ أيام للخروج بينما احتاجت ذكور الجزء الذي تم تشتيته على ٧°م إلى ٣ أيام بدون أي فروقات معنوية بنسبة الوفيات. ويمكن أيضا رفع درجة الحرارة وبشكل تدريجي خلال فترة التشتية لتسريع إنهاء فترة السكون وخروج الحشرة.

يتأثر وقت الخروج أيضا وبشدة بدرجات الحرارة خلال فترة التحضين. وإذا تمت التشتية لفترة طويلة وكافية وكانت درجات الحرارة اليومية المتوقعة خلال فترة التحضين أكثر من ٢٠°م فإن مجتمع الحشرة لا يحتاج إلى فترات تحضين اصطناعية مبرمجة أو مسبقة. على الجانب الآخر إذا كانت درجات الحرارة منخفضة فإن تطور كل من الحشرة والنبات ينخفض بشكل كبير. ولكن ضمن درجات الحرارة المعتدلة (١٠-١٨°م) فإن تطور النبات وعملية الإزهار تتم وتستمر (Nyeki and Soltesz, 1996) بينما خروج إناث الحشرة يكون بطيئا جداً، وعندها فإنه من الضروري تزويد الحشرة بفترة حضانة إضافية. يمكن معها وضع الأعشاش بالحاضنات على درجة حرارة بين ٢٠ و٢٥°م والحشرات الخارجة من الأعشاش يتم جمعها بأوعية وإرسالها وإطلاقها بالحقل أوتبريدها وهي داخل الأوعية لدرجة بين ٤-٨°م لحين إطلاقها. وعند استخدام هذه الطريقة يجب الأخذ بعين الاعتبار بأن الإناث التي يتم إطلاقها تقوم بالانتشار والتعشيش في أماكن أخرى عن الإناث التي يتم إطلاقها في أعشاشها قبل عملية الخروج (Maeta, 1978; Torchio, 1984 and Bosch, 1994c). يمكن أيضاً تحضين الأعشاش في مناطق لجوئها (Bosch and Kemp, 2001; Pitts-Singer, et al, 2008).

وعلى أية حال، فإن عمليات الإطلاق يجب أن تأخذ بالاعتبار ليس فقط الوقت اللازم للخروج ولكن أيضا الوقت الملائم للتعشيش. في بعض الأحيان من الضروري تأخير خروج الحشرة بدلاً من تسريعه ويمكن القيام بذلك من خلال تبريد مجتمع الحشرة. مجتمعات النحل البنّاء *O. cornifrons* التي تقضي فترة التشتية بالطبيعة تخرج بالتزامن مع إزهار نباتات الكرز الأحمر. إذا أردنا أن تخرج هذه الحشرات لتلقيح

التفاح والذي يزهر لاحقاً فيتم تأخير خروج الحشرة بحفظها تحت درجة حرارة ٥°م (Maeta and Kitamura, 1974; Maeta, 1990). ولكن مجتمعات الحشرة الجاهزة للخروج لا يمكن تبريدها لمدة تزيد عن شهرٍ واحد وذلك لانخفاض فرص الحياة وتأثيرها على نشاط الحشرة لاحقاً (Bosch and Kemp, 2001).

تختلف متطلبات التشتية والحضانة من مجتمعٍ لآخر وعملية الإزهار بالأشجار المثمرة تمتد من شهر شباط "فبراير" كما هي الحال باللوزيات إلى شهر أيار "مايو" كما الحال بالتفاحيات. لهذه الأسباب فإن برمجة فترة التشتية والحضانة يجب أن تُجَدول حسب الحالة المعنية. والقرارات حول نُظم حضانة الربيع ووقت الإطلاق في الحقل أو البستان يجب أن تعتمد على معرفة بأصل المجتمع الحشري المُستخدم وكذلك مراقبة دقيقة للتطور الزهري بالمحصول المعني وكذلك الظروف الجوية السائدة. فترات الإزهار للأنواع والأصناف التي تُزهر قبل المحصول المعني تُزودنا بمرجع لمظاهر الإزهار بالمنطقة (Maeta, 1990 and Bosch et al. 2006).

مراقبة وإدارة التطور

بعد سقوط بتلات الأزهار فإن مواد الأعشاش التي تحتوي على الأطوار غير الكاملة للحشرة تُجمع وتُخزّن بوحدة تخزين بدرجة حرارة قريبة من درجة الحرارة الخارجية. يمكن مراقبة التطور بسهولة عن طريق تشريح بعض الشرانق التي تحتوي على حضنة الذكور وبشكلٍ دوري. وعندما يقترب موعد خروج الحشرات الكاملة يجب تكثيف عملية المراقبة الدورية. وفي البداية يتم أخذ عينات من شرانق الذكور وبعد ذلك عندما تصل الحشرات إلى النمو بنسبة كاملة يتم أخذ عينات من شرانق الإناث ؛ لأن الإناث عادةً تنمو بشكلٍ أبطأ من الذكور. ولأن مُدة خروج الحشرات الكاملة تستمر لأكثر من شهر، يجب العمل على تشتية مجتمع الحشرات عندما تُظهر العينات التي يتم جمعها بأن جميع الإناث وصلت لمرحلة النضوج الكامل (الحشرة الكاملة). وهذا سيمنع الحشرات التي

تتطور مبكراً من التعرض لفترات طويلة جداً لمرحلة ما قبل التشتية. في التسعينيات من القرن الماضي، الكثير من مربي النحل البنّاء *Osmia* في الولايات المتحدة الأمريكية أشاروا إلى تدني كفاءة مجتمعات النحل البنّاء (نسبة نفوق عالية، حيوية متدنية وتوطين ضعيف بالحقل). من المحتمل بأن هذه المجتمعات الضعيفة ناتجة عن قضاء فترات طويلة لما قبل التشتية. عندما تم تشتية أفراد النحل البنّاء *O. cornuta* "التي تصل حالة البلوغ أو النضوج الكامل في شهر أيلول "سبتمبر" في تشرين الثاني "نوفمبر" كان خروج الأفراد بطيئاً وغير منتظم (Bosch, 1994a, 1995). بعض أفراد هذه المجتمعات تموت خلال عملية خروجها من الشرانق وبعض الأفراد تستطيع الخروج من الشرانق ولكنها لا تستطيع الطيران. لذلك فإنه من الضروري مراقبة عملية النضوج وخروج الحشرة الكاملة بالإضافة إلى إدارة مدة ما قبل التشتية للحصول على مجتمع قوي وصحي من النحل البنّاء.

مقارنة النحل البنّاء بالنحل القاطع لأوراق البرسيم

تم توطين النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* كأحد ملقحات المحاصيل في أمريكا الشمالية منذ السيتينيات من القرن الماضي (انظر الفصل السابع من هذا الكتاب). النحل البنّاء *Osmia* كما هي الحال بالنحل قاطع أوراق نبات البرسيم *M. rotundata* تبني أعشاشها في الفجوات والشقوق وتبني سلسلة خطية من الخلايا التي يتم تغذيتها بخليط من العسل وحبوب اللقاح. لكن دورة الحياة وفسيولوجية التشتية للنحل البنّاء والنحل قاطع لأوراق البرسيم مختلفة، مما يفرض ممارسات إدارية مختلفة ومهمة. النحل القاطع لأوراق البرسيم يقضي فترة التشتية بطور ما قبل العذراء ويطير متأخراً في الموسم عن النحل البنّاء. النحل القاطع لأوراق البرسيم *Megachile rotundata* له جيلان متداخلان بالعام، فبعض أفراد المجتمع تدخل بحالة السكون في طور ما قبل العذراء في الجيل الأول وأفراد أخرى تكمل تطورها لتنتج أفراداً كاملةً في أواخر الصيف لإنتاج أفراد الجيل الثاني (Krunic, 1972; Richard, 1984 and Kemp and Bosch, 2001).

كلا الجيلين يدخل حالة السكون في طور ما قبل العذراء. وتضع إناث النحل القاطع لأوراق البرسيم بيضها في حزيران "يونيو" وتموز "يوليو". وكما هي الحال في النحل البنّاء تتطور الصغار خلال خمسة أطوار يرقية وفي المرحلة الأخيرة تتم عملية الإخراج وتبدأ الخشرة بغزل الشرنقة (Trostle and Torchio, 1994). التطور من بيضة إلى شرنقة كاملة في نحل أوراق البرسيم أسرع منه في حالة النحل البنّاء. وتبدأ حالة السكون كما هي الحال بالنحل البنّاء في طور ما قبل العذراء بعد الانتهاء من بناء الشرنقة بوقت قصير. معدلات التنفس تنخفض من ١,٣مل/جم ساعة في اليرقة (في حالة النمو) إلى ٠,٥مل/جم.ساعة عند الانتهاء من بناء الشرنقة وبعدها تنخفض إلى حوالي ٠,٢ مل/جم ساعة خلال فترة ١٢ يوماً (Kemp et al, 2004). ولكن على العكس من النحل البنّاء فإن معدلات التنفس لا تزيد عند التعرض لدرجات حرارة الشتاء (التشتية) وتبقى معدلات التنفس بين ٠,١-٠,٢ مل/جم.ساعة خلال فترة التشتية (الخريف والشتاء) وبدلاً من الزيادة التدريجية كما هي الحال بالنحل البنّاء فإن معدلات التنفس لا تزيد إلا عند التعرض لدرجات الحرارة الحاضنة مع بداية الربيع (Kemp et al., 2004) هذه الاختلافات في الاستجابة لدرجات الحرارة تكشف عن اختلافات فسيولوجية جوهرية بين سكون الخشرة الكاملة بالنحل البنّاء وسكون ما قبل العذراء في النحل القاطع لأوراق البرسيم. وتظهر أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* تحملاً أكثر من أفراد النحل البنّاء *O. lignaria* لفترات الشتاء الطويلة والدافئة. في أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* التي تمت تشتيتها على خمس درجات مئوية فإن الزيادة المعنوية بالوفيات لم تحصل إلا بعد امتداد الفترة إلى أكثر من ٢٧٠ إلى ٣٠٠ يوم (Richard, Whitfield and Schaalje, 1987).

بالإضافة إلى ذلك فإن طور ما قبل العذراء يمكن تشتيته على درجة ١٠°م لفترة تصل إلى ٤٥٠ يوماً بدون أي زيادة واضحة في نسبة الوفيات. بالاعتماد على هذه الاختلافات نتوقع أن يكون طور ما قبل العذراء في النحل القاطع لأوراق البرسيم

(M. rotudata) أقل حساسيةً من النحل البنّاء (Osmia) في تحمل فترات الشتاء الطويلة. وإذا كانت هذه الفرضية صحيحةً فإن توقيت بداية التشتية سيكون أقل إلحاحاً في النحل القاطع لأوراق البرسيم مقارنة بالنحل البنّاء. وبرهان آخر عن الاختلافات الفسيولوجية بين طور السكون في الحشرة الكاملة وطور ما قبل العذراء يأتي من خلال المعاملات التي تمت على طور ما قبل العذراء في النحل البنّاء *O. cornifrons*. ووجد بأن طور ما قبل العذراء لهذا النوع من النحل البنّاء يمكنها التشتية على درجة حرارة ٦°م لمدة ١٨٠ يوماً وعلى درجة ١٠°م لمدة ٤١٠ يوم بدون أي زيادة بالوفيات.

وفوق كل شيء فإن تأثير فترة التشتية على توقيت خروج الحشرات الكاملة يتبع نفس النمط في كليهما (النحل البنّاء والنحل القاطع لأوراق البرسيم). ففترات خروج الحشرة الكاملة بالإضافة إلى فترة ما قبل الخروج في النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* تقل أيضاً مع زيادة مدة التشتية (Johansen and Eves, 1973; Tasei and Masure, 1978 and Richard et al. 1987). ويتشابه تأثير درجات الحرارة بفترة الحضانة على خروج الحشرات الكاملة بجنسي الحشرتين ولكن على النقيض من النوع *O. lignaria* لم يتم ملاحظة أية آثار مؤذية لدرجات الحضانة والتي قد تصل إلى ٣٢°م بين أفراد النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* (Richards and Whitfield, 1988). ولذلك فإن مجتمعات هذه الحشرة يتم حضانتها بصورة روتينية عند درجة ٣٠°م، وأعلى نسبة خروج للإناث في مجتمع الحشرة الذي تم تشتيته على درجة حرارة ٥°م لحوالي سبعة أشهر تتم خلال فترة ٢٣-٢٤يوماً من الحضانة على درجة ٣٠°م.

نباتات البرسيم تزهر لفترة أطول (حوالي ٨ أسابيع) من الأشجار المثمرة. بالإضافة لذلك فإن المخاطرة الناتجة عن الظروف الجوية السيئة أقل بكثير خلال فترة تفتح نباتات البرسيم، كما أنه ليس من الضروري تلقيح جميع الأزهار للوصول إلى أعلى عائد من البذور (Pedersen, Petersen, Bohart and Levin, 1956). لهذه الأسباب فإن توقيت خروج الإناث مع بداية الإزهار ليس حرجاً في هذه الحالة كما هو الحال في

إدارة النحل البنّاء. ويتم إطلاق مجتمعات النحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata* عندما يتفتح حوالي ١٠٪ من أزهار نباتات البرسيم (Ritchards, 1984) بينما يتم إطلاق مجتمع النحل البنّاء قبل تفتح أزهار النبات أو مع بداية الإزهار المبكرة.

ملاحظات ختامية

تعتبر المعرفة الأساسية بفسيولوجيا تطور النحل المُلقح مهمةً لوضع وتطوير طرق التربية المناسبة. وهناك اختلافات مهمة في تطور حالة السُكون الشتوي بين أنواع النحل البنّاء *Osmia* والنحل القاطع لأوراق البرسيم *M. rotundata*، وهذه الاختلافات يجب تميزها وأخذها بعين الاعتبار في نظم إدارة المُلقحات. كذلك فإن الاختلافات الظاهرية والفسيولوجية بين مجتمعات النحل البنّاء من مناطق جغرافية متباينة يجب أن يتم أخذها بعين الاعتبار عند وضع أو تطوير طرق تربية النحل البنّاء *Osmia*. إن تطور السكون في النحل البنّاء يتفق مع نموذج تطور السكون في بيوض عثة الغجر *Lymantria dispar* الذي تم وضعه من قبل الباحث Sawyer, Tauber, Tauber and Ruberson عام ١٩٩٣م. هذا النموذج يفترض بأن العتبة الحرارية والحرارة المثلى لتطور السكون تتغيران بشكلٍ تدريجي خلال فترة الشتاء؛ ولذلك فلا يوجد حدود واضحة بين حالة السكون وحالة ما بعد السكون. معدل التنفس في الحشرات الكاملة للنحل البنّاء (تم قياسها على درجة حرارة ٢٢°م) يصل إلى أدنى مستوياته سريعاً بعد اكتمال خروج الحشرة الكاملة وبعد ذلك يزيد بوتيرة ثابتة خلال فترة الشتاء. في فترة السكون المبكرة فإن الحشرات الكاملة تستجيب لدرجات الحرارة الدافئة بخفض معدلات التنفس وهذا يبطئ من تطور السكون، بينما يزيد التعرض لدرجات الحرارة الباردة من معدلات التنفس في هذه الحالة. وبدلا من ذلك فإن التعرض لدرجات الحرارة الدافئة في نهاية فترة السكون تحفز خروج الحشرات الكاملة ودرجات الحرارة الباردة تؤخر خروجها. حالتان ظاهريتان يجب الاهتمام بهما فيما يتعلق بإدارة النحل البنّاء: توقيت سكون

الحشرات الكاملة بالخريف وتوقيت خروجها في الربيع بعد انتهاء فترة السكون. مراقبة هاتين الحالتين مهمٌ جداً ومحدد لنجاح عمليات تربية النحل البنّاء وأما باقي العملية الإدارية فإنها لا تشكل إلا عملاً روتينياً بدون أية تحديات (انظر Bosch and Kemp, 2001). بالإضافة لذلك فإن إدارة النحل البنّاء بسيطة من حيث التخطيط والتنفيذ لأننا نحتاج إلى كثافة عددية قليلة للقيام بعمليات التلقيح. وكما ذُكر سابقاً، فإن ١١٠٠ إلى ١٥٠٠ أنثى كحد أقصى من النحل البنّاء تكفي لتلقيح هكتار واحد بينما نحتاج إلى ١٦ ألف إلى ٤٠ ألف أنثى من النحل القاطع لأوراق البرسيم للقيام بتلقيح نفس المساحة (Hobbs, 1973 and Richards, 1984). وعند هذه الكثافة العددية من الملقحات فإن إنتاجية المحاصيل يمكن أن تزيد بشكل معنوي (Bosch and Kemp, 1999 and Bosch et al., 2006). في اليابان، أدى استخدام النحل البنّاء *O. cornifrons* إلى زيادة المساحة المنتجة للتفاح بنسبة ١٠٪ عام ١٩٨١م ثم٥٠٪ عام ١٩٩٠م ومن ثم إلى ٧٠٪ عام ١٩٩٦م (Macta, 1990; Sekita et al., 1996 and Batra 1998). الدراسات المستقبلية حول إدارة النحل البنّاء يجب أن تُعنى بتطوير نموذج للتنبؤ بأوقات خروج الحشرة الكاملة من خلال اقترانها بنظم السكون والحضانة المختلفة. ويجب أن تعتمد هذه المعادلات أو النماذج على التنبؤ بفترة خروج الإناث واضعين بعين الاعتبار طول فترة ما قبل التعشيش وذلك للحصول على أكبر فائدة ممكنة من الملقح عند ذروة الإزهار. وبشكل مثالي، يجب أن يتم تطوير هذه النماذج لسلالات الملقحات التي تطير مبكراً وتلك التي تطير متأخرةً لتغطية مدى واسع من فترات الأزهار من مختلف أنواع وأصناف أشجار الفاكهة.

الشكر والعرفان

نحن ممتنون بالشكر الجزيل لكل من R.R.James, T.L. Pitts-Singer and P.F. Torchio لمناقشتهم النسخة الأولى من هذا العمل.

المراجع العلمية

Abel, C. A., Wilson, R. L., and Luhman, R. L. (2003). Pollinating efficacy of Osmia cornifrons and Osmia lignaria subsp. lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) on three Bassicaceae grown under field cages. Journal of Entomological Science, 38, 545-552.

Asada, S., and Ono, M. (2002). Development of a system for commercial rearing of Japanese native bumblebees, Bombus hypocrita and B. ignitus (Hymenoptera: Apidae) with special reference to early detection of inferior colonies [in Japanese]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 46, 73-80.

Asensio, E. (1984). Osmia (Osmia) cornuta Latr. pollinisateur potentiel des arbres fruitiers en Espagne (Hymenoptera, Megachilidae). Fifth International Symposium on Pollination, INRA, Versailles, France, 461-465. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Paris.

Ayres, P. M., and Scriber, J. M. (1994). Local adaptation to regional climates in Papilio canadensis Lepidoptera: Papilionidae). Ecological Monographs, 64, 465-482.

Batra, S. W. T. (1979). Osmia cornifrons and Pithitis smaragdula, two Asian bees introduced into the United States for crop pollination. Fourth International Symposium on Pollination, Special Miscellaneous Publication 1, 307-312). Maryland Agricultural Experiment Station.

----(1979)Hornfaced bees for apple pollination. American Bee Journal, 138, 364-365.

Bohart, G. E. (1958). Transfer and establishment of the alkali bee. Proceedings of the Sixteenth Alfalfa Improvement Conference, Ithaca, New York, 4-6.

----(1962). How to manage the alfalfa leaf-cutting bee Megachile rotundata Fabr. for alfalfa pollination. Utah Agricultural Experiment Station Circular, 144, 1-7. Logan, UT.

Bosch, J. (1994a). Improvement of field management of Osmia cornuta (Latreille) (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 25, 71-83.

----(1994b). The nesting behavior of the mason bee Osmia cornuta (Latr) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 25, 84-93.

----(1994c). Osmia cornuta Latr. (Hym., Megachilidae) as a potential pollinator in almond orchards: Releasing methods and nest hole-length. Journal of Applied Entomology, 117, 151-157.

----(1995) Comparison of nesting materials for the orchard pollinator (Osmia cornuta Hymenoptera, Megachilidae). Entomologia Generalis, 19, 285-289.

Bosch, J., and Blas, M. (1994). Effect of overwintering and incubation temperatures on adult emergence in Osmia cornuta Latr (Hymenoptera, Megachilidae). Apidologie, 25, 265-277.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (1999). Exceptional cherry production in an orchard pollinated with blue orchard bees. Bee World, 80, 163-173.

Bosch, J., and Kemp, W. P. (2000). Development and emergence of the orchard pollinator Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Environmental Entomology, 29, 8-13.

----(2001) How to manage the blue orchard bee as an orchard pollinator. Beltsville, MD: Sustainable Agriculture Network.

----(2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: The example of Osmia spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. Bulletin of Entomological Research, 92, 3-16.

----(2003). Effect of wintering duration and temperature on survival and emergence time in the orchard pollinator Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Environmental Entomology, 32, 711-716.

----(2004). Effect of prewintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee Osmia cornuta (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie, 35, 469-479.

----(2008). Production of undersized offspring in a solitary bee. Animal Behaviour 75, 809-816.

Bosch, J., Kemp, W. P., and Peterson, S. S. (2000). Management of Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) populations for almond pollination: Methods to advance bee emergence. Environmental Entomology, 29, 874-883.

Bosch, J., Kemp, W. P., and Trostle, G. E. (2006). Cherry yields and nesting success in an orchard pollinated with Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Economic Entomology, 99, 408-413.

Bosch, J., Maeta, Y., and Rust, R. (2001). A phylogenetic analysis of nesting behavior in the genus Osmia (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 94, 617-627.

Bosch, J., and Vicens, N. (2002). Body size as an estimator of production costs in a solitary bee. Ecological Entomology, 27, 129-137.

----(2005) Sex allocation in the solitary bee Osmia cornuta: Do females behave in agreement with Fisher's theory? Behavioral Ecology and Sociobiology, 59, 124-132.

----(2006). Relationship between body size, provisioning rate, longevity and reproductive success in females of the solitary bee Osmia cornuta. Behavioral Ecology and Sociobiology, 60, 26-33.

Bradshaw, W. E., Holzapfel, C. H., Kleckner, C. A., and Hard, J. J. (1997). Heritability of development time and protandry in the pitcher-plant mosquito, Wyeomyia smithii. Ecology, 78, 969-976.

Cane, J. H. (2005). Pollination potential of the bee Osmia aglaia for cultivated raspberries and blackberries (Rubus: Rosaceae). Hortscience, 40, 1705-1708.

Crane, E. (1991). Apis species of Tropical Asia as pollinators, and some rearing methods for them. Acta Horticulturae, 288, 29-48.

Denlinger, D. L. (1991). Relationship between cold hardiness and diapause. In R. E. Lee, Jr., and D. L.

Denlinger (Eds.), Insects at low temperatures (174-198). New York: Chapman and Hall.

Dogterom, M. H. (1999). Pollination by four species of bees on highbush blueberry. Unpublished. doctoral dissertation, Simon Fraser University.

Drummond, F. A., and Stubbs, C. S. (1997). Potential for management of the blueberry bee, Osmia atriventris Cresson. Acta Horticulturae, 446, 77-83.

Feder, J. L., Roethele, J. B., Wlazlo, B., and Berlocher, S. H. (1997). Selective maintenance of allozyme differences among sympatric host races of the apple maggot fl y. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94, 11417-11421.

Free, J. B. (1993). Insect pollination of crops. London: Academic Press.

Gomi, T. (1997). Geographic variation in critical photoperiod for diapause induction and its temperature dependence in Hyphantria cunea Drury (Lepidoptera: Arctiidae). Oecologia, 111, 160-165.

Hobbs, G. A. (1973). Alfalfa leafcutter bees for pollinating alfalfa in western Canada (Canada Department of Agriculture Publication No. 1495). Ottawa, Ontario.

Hodek, I., and Honek, A. (1996). Ecology of Coccinellidae, Series Entomologica 54. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.

Holm, S. N. (1973). Osmia rufa L. (Hymenoptera) as a pollinator of plants in greenhouses. Entomologia Scandinavica, 4, 217-224.

Johansen, C., Mayer, D., Stanford, A., and Kious, C. (1982). Alkali bees: Their biology and management for alfalfa seed production in the Pacific Northwest (Pacifi c Northwest Extension Publication No. 155.

Johansen, C. A., and Eves, J. D. (1973). Effects of chilling, humidity and seasonal conditions on emergence of the alfalfa leafcutting bee. Environmental Entomology, 2, 23-26.

Kemp, W. P., and Bosch, J. (2000). Development and emergence of the alfalfa pollinator Megachile rotundata (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 93 ، 904-911.

----(2001). Postcocooning temperatures and diapause in the alfalfa pollinator Megachile rotundata (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 94, 244-250.

----(2005). Effects of temperature on Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae) prepupa on adult development, survival, and emergence. Journal of Economic Entomology, 98, 1917-1923.

Kemp, W. P., Bosch, J., and Dennis, B. (2004). Oxygen consumption during the life cycle of the prepupa-wintering bee Megachile rotundata (F.) and the adult-wintering bee Osmia lignaria Say (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 97, 161-170.

Krombein, K. V. (1967). Trap-nesting wasps and bees: Life histories nests and associates. Washington, DC: Smithsonian Press.

Krunic, M. D. (1972). Voltinism in Megachile rotundata (Megachilidae: Hymenoptera) in southern Alberta. Canadian Entomologist, 104, 185-188.

Krunic, M. D., and Stanisavljevic, L. (2006). The biology of the European orchard bee Osmia cornuta. Belgrade, Serbia: Izdavac.

Ladurner, E., Recla, L., Wolf, M., Zelger, R., and Burgio, G. (2004). Osmia cornuta (Hymenoptera: Megachilidae) densities required for apple pollination: A cage study. Journal of Apicultural Research, 43, 118-122.

Ladurner, E., Santi, F., Maccagnani, B., and Maini, S. (2002). Pollination of caged hybrid seed red rape with Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera Megachilidae and Apidae). Bulletin of Insectology, 55, 9-11.

Maccagnani, B., Ladurner, E., Santi, F., and Burgio, G. (2003). Osmia cornuta (Hymenoptera, Megachilidae) as a pollinator of pear (Pyrus communis): Fruit- and seed-set. Apidologie, 34, 207-216.

Maeta, Y. (1974). Preliminary report on the utilization of Osmia cornifrons for pollination of ladino clover in Japan. Kontyu, 11, 4-5. [In Japanese.

----(1998). Comparative studies on the biology of the bees of the genus Osmia of Japan, with special reference to their managements for pollinations of crops (Hymenoptera: Megachilidae) in Japanese]. Tohoku National Agricultural Experiment Station Bulletin No. 57, 221.

----(1990). Utilization of wild bees. Farming Japan, 24, 13-20.

Maeta, Y., and Kitamura, T. (1974). How to manage the Mame-ko bee (Osmia cornifrons Radoszkowski (for pollination of fruit crops. Ask Co Ltd.

Maeta, Y., Nakanishi, K., Fujii, K., and Kitamura, K. (2006). Exploitation of systems to use a univoltine Japanese mason bee, Osmia cornifrons (Radoszkowski), throughout the year for pollination of greenhouse crops (Hymenoptera: Megachilidae). Chugoku Kontyu, 20, 1-17.

Maeta, Y., Okamura, S., and Ueda, H. (1990). Mame-ko bachi, Osmia cornifrons (Radoszkowski) as a pollinator of blueberries (Hymenoptera: Megachilidae) [in Japanese]. Report of Chugoku.

Branch, Odokou 32: 33-42. McWatters, H. G., and Saunders, D. S. (1996). The infl uence of each parent and geographic origin on larval diapause in the blow fly, Calliphora vicina. Journal of Insect Physiology, 42, 721-726.

Michener, C. D. (2000). The bees of the world. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Monzon, V. H. (1998). Biologia de Osmia cornuta Latr. (Hymenoptera, Megachilidae) ysu utilizacion como polinizador de peral (Pyrus communis). Unpublished doctoral dissertation, Universitat Autonoma de Barcelona.

Monzon, V. H., Bosch, J., and Retana, J. (2004). Foraging behavior and pollinating effectiveness of Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on 'Comice' pear. Apidologie, 35, 575-585.

Mousseau, T. A., and Dingle, H. (1991). Maternal effects in insect life histories. Annual Review of Entomology, 36, 511-534.

Nyeki, J., and Soltesz, M. (1996). Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits. Budapest, Hungary: Akademiai Kiado.

O'Toole, C. (2002). The red mason bee. Rothley, United Kingdom: Osmia Publications Limited.

Parker, F. D. (1981). A candidate red clover pollinator, Osmia coerulescens (L.). Journal of Apicultural Research, 20, 62-65.

----(1989). Nest clustering as a means of managing Osmia sanrafaelae (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Economic Entomology, 82, 401-403.

Parker, F. D., and Tepedino, V. J. (1982). Maternal infl uence on diapause in the alfalfa leafcutting bee Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 75, 407-410.

Pedersen, M. W., Petersen, H. L., Bohart, G. E., and Levin, M. D. (1956). A comparison of the effect of complete and partial cross-pollination of alfalfa on pod sets, seeds per pod, and pod and seed weight. Agronomy Journal, 48, 177-180.

Pitts-Singer, T. L., Bosch, J., Kemp, W. P., and Trostle, G. E. (2008). Field use of an incubation box for improved emergence timing of Osmia lignaria populations used for orchard pollination. Apidologie, 39, 235-246.

Ptacek, V. (1989). Nesting strips for Rhophitoides canus Ev. (Hymenoptera, Apoidea) in lucerne seed production [in Czech]. Sbornik Vedeckych Praci, 11, 261-273.

Richards, K. W. (1984). Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada (Agriculture Canada Publication No. 1495/E). Ottawa, Ontario: Agriculture Canada.

Richards, K. W., and Whitfi eld, G. H. (1988). Emergence and survival of leafcutter bees, Megachile rotundata, held at constant incubation temperatures (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Apicultural Research, 27, 197-204.

Richards, K. W., Whitfi eld, G. H., and Schaalje, G. B. (1987). Effects of temperature and duration of winter storage on survival and period of emergence for the alfalfa leafcutter bee (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 60, 70-76.

Rosner, B. (1994). Chemische Kommunikation bei der Mauerbiene Osmia rufa (Megachilidae). Unpublished master's thesis, Universitat Wien.

Roth, E. (1990). Erfahrungen mit der Haltung und dem Einsatz der Roten Mauerbiene (Osmia rufa) in Kohlbefruchtungsgruppen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universitat Halle, 39, 11-14.

Sawyer, A. J., Tauber. M. J., Tauber, C. A., and Ruberson, J.R. (1993). Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg development: A simulation analysis of laboratory and field data. Ecological Modelling, 66, 121-155.

Sekita, N., Watanabe, T., and Yamada, M. (1996). Population ecology of (Osmia cornifrons Hymenoptera, Megachilidae) in natural habitats. Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station, 29, 17-36.

Sgolastra, F. (2007). Ecofisiologia delciclo biologicodi Osmia lignaria (Hymenoptera: Megachilidae). Unpublished doctoral dissertation, Universita di Bologna. 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.

Steffan-Dewenter, I. (2003). Seed set of male-sterile and male-fertile oilseed rape (Brassica napus) in relation to pollinator density. Apidologie, 34, 227-237.

Stephen, W. P. (1960). Management and renovation of native soils for alkali bee inhabitation, Agricultural Experiment Station Technical Bulletin No. 52, 27-39). Corvallis: Oregon State University.

----(1962). Propagation of the leaf-cutter bee for alfalfa seed production (Agricultural Experiment Station Bulletin No. 586, 1-16). Corvallis: Oregon State University.

Sugiura, N., and Macta, Y. (1989). Parental investment and offspring sex ratio in a solitary mason bee, Osmia cornifrons (Radoszkowski) (Hymenoptera: Megachilidae). Japanese Journal of Entomology, 57, 861-875.

Tasei, J.-N. (1972). Observations preliminaires sur la biologie d' Osmia (Chalcosmia) coerulescens L., (Hymenoptera Megachilidae), pollinisatrice de la luzerne (Medicago sativa L.). Apidologie, 3, 149-165.

Tasei, J.-N., and Masure, M. M. (1978). Sur quelques facteurs infl uencant le developpement de Megachile pacifica Panz. (Hymenoptera, Megachilidae). Apidologie, 9, 273-290.

Tauber, M. J., Tauber, C. A., and Masaki, S. (1986). Seasonal adaptations of insects. New York: Oxford University Press.

Tepedino, V. J., and Torchio, P. F. (1982). Phenotypic variability in the nesting success among Osmia lignaria propinqua females in a glasshouse environment (Hymenoptera: Megachilidae). Ecological Entomology, 7, 453-462.

Torchio, P. F. (1976). Use of Osmia lignaria Say (Hymenoptera: Apoidea, Megachilidae) as a pollinator in an apple and prune orchard. Journal of the Kansas Entomological Society, 49, 475-482.

Torchio, P. F. (1984). Field experiments with the pollinator species, Osmia lignaria propinqua Cresson (Hymenoptera: Megachilidae) in apple orchards: III. 1977 studies. Journal of the Kansas Entomological Society, 57, 517-521.

----(1985). Field experiments with the pollinator species, Osmia lignaria propinqua Cresson in apple orchards: V. (1979-1980), methods of introducing bees, nesting success, seed counts, fruit yields (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 58, 448-446.

----(1989). In-nest biologies and development of immature stages of three Osmia species (Hymenoptera: Megachilidae). Annals of the Entomological Society of America, 82, 599-615.

----(1990). Osmia ribifloris, a native bee species developed as a commercially managed pollinator of highbush blueberry (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of the Kansas Entomological Society, 63, 427-436.

----(2003). The development of Osmia lignaria as a managed pollinator of apple and almond crops: A case history. In K. Strickler, and J. H. Cane (Eds.), For nonnative crops, whence pollinators of the future? (67-84). Lanham, MD: Entomological Society of America.

Torchio, P. F., and Tepedino, V. J. (1982). Parsivoltinism in three species of Osmia bees. Psyche, 89, 221-238.

Trostle, G., and Torchio, P. F. (1994). Comparative nesting behavior and immature development of Megachile rotundata (Fabricius) and Megachile apicalis Spinola (Hymenoptera: Megachilidae). Journal of Kansas Entomological Society, 67, 53-73.

van der Steen, J., and de Ruijter, A. (1991). The management of Osmia rufa L. for pollination of seed crops in greenhouses. Proceedings of Experimental and Applied Entomology, 2, 137-141.

van Heemert, C., de Ruijter, A., van den Eijnde, J., and van der Steen, J. (1990). Year-round production of bumblebee colonies for crop pollination. Bee World, 71, 54-56.

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, 421-451.

Vicens, N., and Bosch, J. (2000). Pollinating efficacy of Osmia cornuta and Apis mellifera (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on "Red Delicious" apple. Environmental Entomology, 29, 235-240.

Vicens, N., Bosch, J., and Blas, M. (1993). Analisis de los nidos de algunas Osmia (Hymenoptera, Megachilidae) nidifi cantes en cavidades preestablecidas. Orsis, 8, 41-53.

Wajnberg, E., and Hassan, S. A. (1994). Biological control with egg parasitoids. Wallingford, United Kingdom: CAB International.

Wei, S.-G., Wang, R., Smirle, M. J., and Xu, H.-L. (2002). Release of Osmia excavata and Osmia jacoti (Hymenoptera: Megachilidae) for apple pollination. Canadian Entomologist, 134, 369-380.

Westrich, P. (1998). Die Wildbienen Baden-Württembergs. Stuttgart, Germany: Verlag Eugen Ulmer.

Xu, H.-L., Yang, L.-I., and Kwon, Y. J. (1995). Current status on the utilization of Osmia bees as pollinators of fruit trees in China (Hymenoptera: Megachilidae). Korean Journal of Apiculture, 10, 111-116.

Yamada, Y., Oyama, N., Sekita, N., Shirasaki, S., and Tsugawa, C. (1971). The ecology of the megachilid bee Osmia cornifrons and its utilization for apple pollination [in Japanese]. Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station, 26, 39-77.