تُزال الأوراق بثنيها — من قاعدتها — سريعًا إلى أعلى، ثم تُرش النباتات بأحد المبيدات الفطرية المناسبة لأجل وقايتها من الإصابة بالفطر *Botrytis cinerae*، الذى ينتشر بكثرة فى وجود الجروح التى تنشأ عن إزالة الأوراق. ويتم التخلص من الأوراق المزالة خارج البيت؛ حتى لا تكون مصدرًا لانتشار الأمراض.

وتتم عملية خف الأوراق فى نفس وقت عملية إمالة وخفض وترقيد الجزء السفلى من سيقان النباتات عند وصول قمتها إلى السلك العلوى. وقبل إمالة النباتات تتم إزالة حوالى ٤–٦ أوراق من تلك التى توجد بقاعدة الساق. ومن المفضل أن تكون إزالة الأوراق بالقص أو بالقصف اليدوى، بحيث لا تترك وراءها قواعد لحمية أو جروح كبيرة تكون منفذًا للإصابات المرضية. كذلك يتعين التخلص من العناقيد التى قطفت منها الثمار بذلك الجزء من الساق. يلى ذلك إما إمالة الساق بحيث تصبح هناك مسافة ٢٠–٢٥سم بين أرضية الصوبة وأول الأوراق. ويعنى ذلك — عادة — خفض النباتات بمقدار ٤٥–٦٠ سم. ويفضل إجراء عملية الإمالة تلك كل نحو ١٠–١٤ يومًا، لكى لا تكون هناك ضرورة لإزالة عدد كبير من الأوراق مرة واحدة.

ويتعين التخلص من الأوراق المزالة فى حفرة خارج الصوبة، مع تنظيف أرضية الصوبة من أى مخلفات نباتية قد تتجمع عليها (Hochmuth ١٩٩٠).

تحسين عقد الثمار

يقل أحيانًا عقد ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية بسبب عدم توفر الرياح التى تحدث اهتزازات فى النباتات، وتساعد على انتقال حبوب اللقاح من الأنبوبة السدائية لميسم الزهرة. وتزداد حدة هذه الحالة عند انخفاض شدة الإضاءة، مع انخفاض درجة الحرارة كما فى المناطق الباردة شتاءً حيث يقل إنتاج حبوب اللقاح، وتصبح متكتلة، كما تميل مياسم الأزهار إلى البروز من الأنبوبة السدائية، وجميعها عوامل تقلل من فرصة وصول حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار لإحداث العقد. وتعالج هذه الحالة بعدة وسائل كما يأتى بيانه.

إحداث اهتزازات بتيار قوى من الهواء

يتم توجيه تيار قوى من الهواء من air-blast sprayer أو leaf blower نحو العناقيد الزهرية على فترات لأجل هزها وتحرير وإطلاق حبوب لقاحها. وتلك طريقة سهلة وسريعة

هز أسلاك حمل النباتات آليًا

يتم هز الأسلاك الحاملة للنباتات هزًا شديدًا باستعمال هزاز خاص يتصل بها، وذلك بين العاشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر ويتطلب اتباع تلك الطريقة التأكد من متانة أسلاك الحمل ومن ربط النباتات جيدًا بخيوطها ليكون الهز فعالاً تجرى تلك العملية – عادة – أو أتوماتيكيًا بالاستعانة بساعة توقيت ويمكن ضبط الهز لمدة ٥–١٠ ثوان يوميًا. أو لثوان قليلة فى الحادية عشرة صباحًا، ثم مرة أخرى فى الثانية بعد الظهر. ويساعد الهز صباحًا ومساءً فى التغلب على مشاكل كثرة الضباب والرطوبة صباحًا فى بعض الأيام

وعلى الرغم من سهولة إجراء عملية الهز الميكانيكى تلك فإن لها بعض العيوب، مثل:

أ– تؤدى هذه العملية إلى تلقيح جميع الأزهار المتفتحة حتى تلك التى تظهر على الأجزاء السفلى من سيقان النباتات، وهذه الأزهار (وهى التى تترك – عادة – دون تلقيح فى حالة الهز اليدوى) تعطى عند عقدها ثمارًا لا يتوفر لها الوقت الكافى لنضجها، بينما هى تنافس الثمار الأخرى العاقدة المرغوب فيها على الغذاء المجهز

ب– حدوث أضرار فيزيائية لسيقان النباتات حيث يتكرر الاحتاك بين الخيوط والسيقان جراء عملية الهز وهذه الأضرار قد تشكل منافذ للإصابات المرضية.

جـ– قد يؤدى الهز العنيف إلى تقصف النباتات الرهيفة.

د– قد تعانى النباتات – التى تتعرض للهز لأكثر من ٦٠ ثانية يوميًا من الشدّ الميكانيكى الذى يؤدى إلى إبطاء نموها (Hochmuth ١٩٩٠).

استخدام هزاز العناقيد الزهرية الميكانيكى

يتم إحداث اهتزازات سريعة بالعناقيد الزهرية باستخدام آلة يدوية صغيرة تعمل بالبطارية، وتعرف باسم Mechanical Vibrator أو Electric Bee، ويكفى مجرد لمس ذراع الآلة الهزازة لقاعدة العنقود الزهرى لإحداث التأثير المطلوب، وتفيد هذه الطريقة فى المناطق والأوقات التى تنخفض فيها شدة الإضاءة. وتزداد الحاجة إليها فى الجو البارد وفى الرطوبة العالية؛ حيث تكون حبوب اللقاح قليلة العدد ولزجة وملتصقة بعضها ببعض.

وللحصول على أفضل النتائج يفضل إجراء عملية الاهتزاز هذه بين الحادية عشرة صباحًا والثالثة بعد الظهر فى الجو الصحو عندما تكون الأزهار جاهزة للتلقيح. وتعرف هذه المرحلة بانحناء البتلات للخلف. وتكرر هذه العملية مرة كل يومين؛ طالما وجدت أزهار غير عاقدة بالعنقود، علمًا بأن الزهرة يمكن أن تتلقح على مدى ثلاثة أيام عندما تكون كاملة التفتح ولا توجد جدوى من إجراء الهز أكثر من ثلاث مرات أسبوعيًا (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن حبوب اللقاح تكون فى أفضل حالتها للتلقيح عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪. وفى درجات الرطوبة الأكثر من ذلك فإنها تكون مبتلة ولزجة. فتقل فرصة التلقيح الجيد، بينما تجف حبوب اللقاح فى درجات الرطوبة الأقل من ذلك. ويتراوح المدى الرطوبى المناسب بين ٦٠٪، و ٧٥٪. هذا .. ولا تفيد عملية الهز فى الجو الغائم الذى لا تتحرر فيه حبوب اللقاح (Marr ١٩٩٥). وإذا استمر الجو غائمًا لفترة طويلة، فإن أفضل ما يمكن عمله هو خفض الرطوبة النسبية خلال فترة إجراء عملية التلقيح بالتدفئة، مع التهوية لأجل المحافظة على الحرارة فى المجال المناسب. يُساعد ذلك فى جفاف الهواء والأزهار ومنع تكتل حبوب اللقاح (Snyder ٢٠٠١).

ويذكر Ilbi & Boztok (١٩٩٤) أن استعمال الهزاز فى التاسعة صباحًا مرتين أسبوعيًا لمدة ثانية واحدة، أو ثلاث ثوان، أو خمس ثوان أحدث — فى المتوسط — ٧٥٪ زيادة فى المحصول دون وجود فرق جوهرى فى المحصول بين فترات المعاملة.

إن أفضل حرارة لتلقيح أزهار الطماطم بالهزاز الميكانيكى تتراوح بين ٢١، و ٢٨°م، والرطوبة المثلى هى – كما أسلفنا – ٧٠٪. وعند زيادة الرطوبة النسبية عن ٨٠٪ تلتصق حبوب اللقاح بعضها ببعض ولا تنفرط وعند انخفاض الرطوبة عن ٦٠٪ لفترة طويلة قد تجف المياسم فلا تلتصق بها حبوب اللقاح. وفى الظروف المثلى يحدث الإخصاب بعد التلقيح بنحو ٤٨ ساعة

تُجرى عملية الهز لكل عنقود توجد به أزهار متفتحة – وليس لكل زهرة – لمدة حوالى نصف ثانية بلمس قضيب الهزازة لساق العنقود قبل أول زهرة فيه ويجب الحرص على عدم لمس الأزهار حتى لا تُضار، وهو الأمر الذى يؤدى إلى تكون ثمار مضارة ويتطلب كل فدان من البيوت المحمية (حوالى ١٠٠٠٠ نبات) حوالى ٥–٦ ساعات من العمل لإجراء عملية التلقيح فى كل مرة.

وعند وجود ١٠٠٠٠ نبات طماطم أو أكثر تحت سقف واحد يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الاعتماد على النحل الطنّان فى التلقيح (Snyder ٢٠٠١).

استعمال منظمات النمو

يتم رش الأزهار بأحد التحضيرات التجارية من منظمات النمو التى تساعد على تحسين العقد (مثل التوماتين) تجرى المعاملة بمعدل مرتين أسبوعيًا خلال فترة انخفاض درجة الحرارة، مع مراعاة عدم رش الأوراق بمحلول منظم النمو حتى لا تتشوه وتبدأ المعاملة بعد تفتح ٣–٤ أزهار بالعنقود الزهرى.

ومن أكثر المنظمات استعمالا لهذا الغرض ما يلى (عن Weaver ١٩٧٢):

منظم النمو	التركيز المناسب (جزء فى المليون)
Para-chlorophenoxyacetic acid (4-CPA)	١٥
β-naphthoxyacetic acid (βNOA)	٥٠
α-ortho–chloropropionic acid	٤٠

وفى الدول الشمالية التى تُنتج فيها الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً، فإن

النباتات لا تتعرض لانخفاض درجة الحرارة فقط، بل لضعف شديد فى شدة الإضاءة كذلك ومع استمرار انخفاض شدة الإضاءة يضطر المزارعون إلى إبقاء الحرارة منخفضة نسبيًا، حتى لا يكون النمو النباتى رهيفًا وضعيفًا. وفى هذه الظروف .. يكون النقص فى المواد الكربوهيدراتية المجهزة من أكثر العوامل تأثيرًا على الإزهار، والعقد، ونمو الثمار؛ حيث يتحسن ذلك كله عند أية زيادة فى شدة الإضاءة، ولا تجدى المعاملة بمنظمات النمو فى تحسن العقد مع استمرار انخفاض شدة الإضاءة.

وفى محاولة لدراسة جدوى المعاملة بمنظمات النمو تحت هذه الظروف، قام Picken & Grimmett (١٩٨٦) بمعاملة العناقيد الزهرية لصنفى الطماطم ماراثون Marathon، وسوناتين Sonatine بمنظمى النمو: بيتا نفثوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى بيتابال Betapal) وباراكلوروفينوكسى حامض الخليك (التحضير التجارى توماتوتون Tomatotone). وقد وجدا أن البيتابال حسن العقد فى حرارة ليل ١٦°م، بينما أدت المعاملة بالتوماتوتون إلى تحسين العقد فى حرارة ليل ١٣°م، إلا أن الزيادة فى المحصول فى كلتا الحالتين كانت قليلة. وتشوهت نسبة عالية من الثمار، حيث كانت غير منتظمة الشكل؛ مما شكك فى الجدوى الاقتصادية لمثل هذه المعاملات فى ظروف كهذه الظروف التى تقل فيها شدة الإضاءة.

ويوصى Varayos وآخرون (١٩٩٢) باستعمال منظم النمو 4-CPA لتحسين عقد الثمار فى حالات عقم حبوب اللقاح، واللجوء إلى الهزاز الكهربائى لمعاملة النباتات الخصبة.

وُوجد عند مقارنة محصول الطماطم لدى معاملة أزهارها بالـ 4-CPA بتركيزات تراوحت بين ١٥، و ٩٠ جزء فى المليون أن أعلى محصول وأحسن جودة للثمار كانا عند رشها مرتين بتركيز ٦٠ جزء فى المليون، علمًا بأنه لم يكن لمنظم النمو أى متبقيات فى الثمار الناضجة (Ozguven وآخرون ١٩٩٨).

استخدام النحل فى التلقيح

قارن Banda & Paxton (١٩٩١) عدة معاملات لأجل تحسين العقد فى صنف

الطماطم كيلوباترا Cleopatra فى الزراعات المحمية الصيفية فى المملكة المتحدة. وقد ازداد كل من نسبة عقد الثمار، وحجم الثمرة، ووزن الثمرة، وعدد البذور/ثمرة — فى مختلف معاملات التلقيح — كما يلى: معاملة الشاهد < نحل العسل منفردًا < الهزاز < نحل العسل + الهزاز < النحل الطنّان منفردًا Bumble bees (*Bombus* spp) < النحل الطنّان + الهزاز

وقد بدأ الاتجاه نحو استعمال النحل بنوعيه (نحل العسل والنحل الطنّان) فى تلقيح الطماطم بعد زيادة الاعتماد على وسائل المكافحة الحيوية فى زراعات الطماطم المحمية.

ويعترض Cribb وآخرون (١٩٩٣) على استعمال النحل الطنّان *Bombus terrestris* فى تلقيح الطماطم لعدة أسباب، منها: صعوبة إدامة خلاياه على مدار العام، وقلة أعداد الشغالات فيها — الأمر الذى يستلزم توفير عدة خلايا منه لتأمين التلقيح اللازم للطماطم بالكفاءة المطلوبة — وحمل هذا النحل للأكاروس المتطفل *Varroa jacobsoni*، الذى يعمل — بدوره — كعائل لفيرس الجناح المشوه deformed wing virus، الذى تؤدى الإصابة به إلى موت نحل العسل *Apis mellifera*. وبالمقارنة .. فإن نحل العسل يخلو تمامًا من جميع هذه العيوب. فى الوقت الذى يقوم فيه بزيارة أزهار الطماطم والمساعدة على تلقيحها بشكل جيد. كما يؤدى إلى زيادة المحصول وتحسين نوعية الثمار.

هذا إلا أنه أمكن تحسين عقد الثمار فى هجين الطماطم Arletta المزروع فى الصوبات — بصورة اقتصادية — وذلك بالاستعانة بنوع النحل الطنّان *Bombus terrestris* خلال موسمى الخريف والشتاء تحت ظروف كاتانيا Catania فى إيطاليا، إلا أن نشاط النحل انخفض مع الارتفاع المنتظم فى درجة الحرارة بدايةمن منتصف شهر مارس (Colombo وآخرون ١٩٩٢).

ولقد أوضحت دراسة قُورن فيها استخدام النحل الطنان باستخدام آلة إحداث الاهتزازات (الـ vibrator أو الـ electric bee) عدم وجود فروق بينهما فيما يتعلق بعقد الثمار، وعدد البذور بالثمرة، وحجم الثمرة، والمحصول، وذلك فى ظروف الجو المعتدل

الحرارة فى صوبات غير مدفأة. أما فى ظروف البرد الشديد فإن النحل الطنّان كان أكثر كفاءة من استخدام آلة إحداث الاهتزازات ٢-٣ مرات أسبوعيًا. وحتى فى وجود كميات قليلة من حبوب اللقاح بالأزهار فإن استخدام النحل الطنّان أحدث نسبة عالية من العقد، ولم يتساوى تأثير آلة إحداث الاهتزازات مع النحل الطنّان فى تحسين العقد فى تلك الظروف القاسية إلاّ عندما استخدمت يوميًا (Pressman وآخرون ١٩٩٩).

وقد قُورنت بعض الطرق لتحسين العقد فى الطماطم (استخدام النحل الطنّان ؛ وهز العناقيد، والرش بالأوكسين) فى كل من الزراعات المحمية المبكرة والمتأخرة كانت جميع الطرق أكثر فاعلية فى الزراعة المبكرة فى الربيع عما كانت عليه فى الزراعة المتأخرة فى الصيف والخريف (فى كاتالونيا بإسبانيا)، وكانت أكثر الوسائل المستخدمة فاعلية فى كلتا الزراعتين هى الاستعانة بالنحل الطنّان ولقد كانت طريقتا هز العناقيد والرش بالأوكسين فعالتين فى زيادة الإنتاج فى الزراعة المبكرة، ولكنهما لم يكونا مؤثرتين فى الزراعة المتأخرة. هذا إلاّ أن معاملة المحصول المبكر بالأوكسين أدت إلى تكوين بعض الثمار بجزء بارز (حلمة) عند طرفها الزهرى. ولم يتأثر التبكير فى النضج بأى من المعاملات، على الرغم من تحسين كل المعاملات للعقد، وظهر أفضل تأثير خلال فترات انخفاض الحرارة فى الزراعة المبكرة، والتى قل فيها إنتاج حبوب اللقاح الخصبة وضعف انطلاقها وتحررها من المتوك (Martın-Closas ٢٠٠٨).

ومن ناحية أخرى فقد تبين أن فيرويد اصفرار وتقزم الطماطم tomato chlorotic dwarf vıroid يتواجد بكثرة فى أزهار نباتات الطماطم المصابة، وأن النحل الطنّان *Bombus ignitus* – المستخدم فى المساعدة فى تلقيح الأزهار فى البيوت المحمية – ينقل هذا الفيرويد من نبات لآخر (Matsuura وآخرون ٢٠١٠).

ويُستفاد – كذلك – من النحلة المخططة بالأزرق blue-banded bee (وهى: *Amegilla* spp.) فى تلقيح الطماطم فى الزراعات المحمية بأستراليا، حيث وجد فى إحدى الدراسات أنها أدت إلى زيادة وزن الثمار بنسبة ١٥٪-٢٠٪، وكانت مماثلة فى

تلقيحها لأزهار الطماطم مع كل من النحل الطنّان bumblebees والنحل "النجار" carpenter bees تعمل تلك النحلة فى حرارة تتراوح بين ٢٠، و ٤٠°م، وبذا فإن نشاطها لا يتوقف نهارًا، حتى ولو ارتفعت حرارة هواء الصوبة إلى الثلاثينيات، هذا فى الوقت الذى ينخفض أو يتوقف فيه نشاط النحل الطنّان عند ٣٠-٣٢°م.

ولهذه النحلة القدرة على التكاثر داخل الصوبات اعتمادًا فى تغذيتها على حبوب لقاح الطماطم فقط وهى شديدة النشاط ويمكنها زيارة حوالى ١٢٠٠ زهرة طماطم فى اليوم الواحد ويلزم نحو ٢٥٠ من إناثها لكل هكتار من البيوت المحمية (١٠٠ لكل فدان) ويجب تثبيت أسلاك على فتحات التهوية، وإلا فإن النحل يمكن أن يتسرب خارج الصوبة (Hogendoorn & Keller ٢٠٠٦).

علاقة حيز النمو الجذرى بالقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة

أدى تقليل حيز النمو الجذرى لنباتات الطماطم إلى ٣ لترات/أصيص، مقارنة بـ ١٠، أو ١٦ لترًا — إلى زيادة خصوبة حبوب اللقاح عندما كانت حرارة الهواء منخفضة. ففى حرارة نهار ليل ٢٠/٤°م. أظهر صنف الطماطم منى ميكر Moneymaker الحساس للحرارة المنخفضة — عند زراعته فى الأصيص الصغيرين (٣، و ١٠ لترات) — زيادة جوهرية فى نمو حبوب اللقاح فى البيئة الصناعية، وفى صبغها بالأسيتوكارمن، وفى عدد حبوب اللقاح المنتجة/زهرة. هذا .. بينما لم تتأثر حبوب لقاح السلالة PE-45 المتحملة للبرودة بحجم الأصيص وبدراسة نمو حبوب اللقاح فى مياسم أزهار النباتات، لم يحدث أى نمو لحبوب لقاح منى ميكر فى حرارة ٢٠/٤°م إلا عندما كانت الأصص بحجم ٣ لترات وبالنسبة لهجين الجيل الأول بين السلالتين فإن تأثير حجم أصيص الزراعة على حبوب لقاحه كان مماثلاً لتأثيره على الصنف منى ميكر باستثناء التأثير على عدد حبوب اللقاح المنتجة الذى لم يتأثر وربما يمكن تفسير انخفاض التأثير السلبى للحراره المنخفضة على حبوب اللقاح عندما تكون زراعة النباتات فى أصص بحجم ٣ لترات — ولو جزئيًا — بالارتفاع الذى يحدث فى حرارة تلك الأصص نهارًا،

مقارنة بما يكون عليه الحال فى الأصص الأكبر حجمًا، بما يعنى أن إنتاج ثمار الطماطم فى ظروف حرارة الليل المنخفضة عند زراعتها فى أصص صغيرة ربما لا يكون دليلاً صحيحًا للتنبوء بمحصول النباتات النامية فى تربة الصوبة شتاءً (Dominguez وآخرون ٢٠٠٢)

خف الثمار

تحتوى عناقيد معظم أصناف الطماطم على نحو ١٠ أزهار. قد يعقد منها من ٦-٨ أزهار لتكون ثمارًا. هذا العدد من الثمار يكون زائدًا فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم؛ لأن ترك الثمار الزائدة يجعل الثمار كلها رديئة التكوين، حيث يقل حجمها، ويسوء شكلها، وتضعف جودتها، وينعدم تجانسها. ويسوء الشكل نظرًا لأن الثمار الكثيرة العاقدة فى العنقود الواحد تكون متضاغطة وتؤثر فى بعضها البعض أثناء نموها كذلك تكون هذه الثمار صغيرة الحجم، وأكثر عرضة للإصابة بالنضج المتبقع

وللتغلب على هذه المشاكل يتعين خف الثمار بالعنقود إلى العدد المناسب، وهو ٣-٤ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار الكبيرة مع الرغبة فى إنتاج تلك الأحجام، و ٤-٥ ثمار فى حالة الأصناف ذات الثمار المتوسطة الحجم. أما الأصناف العنقودية فلا تُخف منها إلا الثمار المخالفة فى الشكل والصغيرة جدًا، ولكن يفضل أن يتبقى بالعنقود ٥-٧ ثمار ولا تخف أى ثمار من الأصناف العنقودية ذات الثمار الصغيرة.

يتعين إجراء عملية خف العناقيد مرة واحدة أسبوعيًا، فذلك يسمح بعقد عدة ثمار بالعنقود، بما يسمح باختيار الثمار التى يلزم خفها، وتلك التى يتقرر الإبقاء عليها. ويُبنى الاختيار على أساس الإبقاء على أكثر الثمار تجانسًا فى الحجم والشكل، مع خف الثمار المتشققة والمشوهة أيًا كان حجما.

كما يتعين أثناء الخف عدم خدش أو حك الثمار التى يتقرر الإبقاء عليها، علمًا بأن الخدوش الصغيرة التى تحدث بالثمار فى مرحلة مبكرة من نموها تصبح كبيرة وقت