الفصل الثانى

تحديات الإنتاج التى يكون مردها لعوامل جوية غير مناسبة ووسائل التغلب عليها

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل بعض مشاكل الإنتاج – أو تحدياته – التى تواجه مُنتج الطماطم، والتى يكون مردها إلى عوامل جوية غير مناسبة، تنحرف قليلاً – أو كثيرًا – عن الظروف المثلى للإنتاج، وكيف يمكن التعامل مع تلك التحديات لأجل التغلب عليها، وكذلك كيفية تطويع تلك العوامل الجوية – عندما يكون ذلك ممكنًا – لأجل زيادة المحصول المبكر والكلى.

تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول المبكرة

يتحدد التبكير فى النضج – وبالتالى المحصول المبكر – بعدد الأيام (التى تمر بين الشتل وظهور النورة الزهرية الأولى، ويُعبر عن ذلك بعدد الأوراق التى تسبق ظهور تلك النورة؛ الأمر الذى يتحدد بمدى التبكير فى تهيئة النورة الأولى للتكوين.

التبكير فى الإزهار صفة وراثية تتأثر بالعوامل البيئية

يُستدل من دراسات التطعيم – التى أجراها Phattak & Wittwer (١٩٦٥) – بين أصناف مبكرة الإزهار وأخرى متأخرة على وجود هرمونات نباتية تتحكم فى موعد الإزهار يتم إنتاجها فى الأوراق وتنتقل فى النبات لتؤثر فى القمة النامية محولة إياها من قمة خضرية إلى نورة زهرية.

وتجدر الإشارة إلى أنه فى غياب العوامل البيئية التى تؤثر فى موعد الإزهار، فإن صفة الإزهار المبكر (تكوين عدد قلل من الأوراق قبل ظهور العنقود الزهرى الأول) هى صفة بسيطة وسائدة (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

ويمكن تفسير الاختلافات فى وقت تهيئة النورة الزهرية الأولى للتكوين على أساس كمية الغذاء المجهز المتوفر للقمة النامية للنبات خلال المرحلة الحساسة (والتى تكون بعد اكتمال تمدد الورقتين الفلقيتين بنحو ١٠ أيام)، والتى يجب أن تصل إلى حدٍّ أدنى قبل حدوث التهيئة للإزهار. ولذا.. فإن العوامل التى تزيد من الكمية الكلية للغذاء المجهز فى النبات (مثل زيادة شدة الإضاءة وانخفاض درجة الحرارة)، وكذلك العوامل التى تزيد من القدرة التنافسية للقمة النامية (مثل انخفاض درجة الحرارة، وبعض منظمات النمو) تقلل من عدد الأوراق التى تسبق ظهور النورة الزهرية الأولى (Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

العوامل المؤثرة فى سرعة ظهور العنقود الزهرى الأول فى الطماطم

إن أهم العوامل التى تحفز سرعة ظهور العنقود الأول فى الطماطم هى:

١- شدة الإضاءة العالية.

٢- الفترة الضوئية القصيرة.

٣- كثافة الزراعة المنخفضة.

٤- الحرارة المنخفضة.

٥- معاملات الحد من النمو الجذرى.

٦- التغذية بثانى أكسيد الكربون.

٧- معاملة البراعم الزهرية بالسيتوكينينات والجبريللينات.

٨- المعاملة بمثبطات النمو.

٩- المعاملة بمثبطات انتقال الأوكسين.

أما العوامل التى تثبط ظهور العنقود الزهرى الأول وتسبب فشل البراعم الزهرية فى تكوين الأزهار، فهى:

١- شدة الإضاءة المنخفضة، وبخاصة عند مرحلة بزوغ البراعم.

٢- الفترة الضوئية الطويلة دون زيادة فى الإشعاع الكلى اليومى.

٣- كثافة الزراعة العالية.

٤- الحرارة العالية، وبخاصة إذا صاحبتها إضاءة منخفضة.

٥- نقص الفوسفور.

٦- معاملة الأوراق بالجبريللينات (عن Morris & Newell ١٩٨٧).

تأثير الحرارة المنخفضة على الإزهار والمحصول المبكر

يتأثر إزهار الطماطم بدرجة الحرارة التى تتعرض لها البادرات بعد إنباتها. وقد وُصفت فترة الأسبوعين إلى الثلاثة أسابيع التى تعقب اكتمال نمو الأوراق الفلقية مباشرة بأنها فترة تكون خلالها البادرة حساسة لدرجة الحرارة، حيث يتحدد موعد الإزهار على ضوء درجة الحرارة التى تتعرض لها النباتات خلال تلك الفترة.

وقد وجد أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة تتراوح بين ١٠ °م و١٣ °م – ليلاً أو نهارًا – خلال تلك الفترة يُبكر الإزهار، مقارنة بتعريض النباتات لحرارة ١٨-٢١ °م. ويظهر أثر المعاملة فى ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، وزيادة عدد الأزهار المتكونة فى هذا العنقود، وزيادة تفرُّعه. وتتميز النباتات التى تنتج من هذه المعاملة – كذلك – بأن سلامياتها تكون أقصر، وسيقانها أسمك، وفروعها أقوى من النباتات التى لا تتلقى هذه المعاملة. ويترتب على ذلك كله حدوث زيادة معنوية فى كل من المحصول المبكر، والمحصول الكلى، والمحصول الصالح للتسويق. وتتشابه جميع أصناف الطماطم فى هذا الأمر سواء أكانت مبكرة، أم متأخرة الإزهار بطبيعتها (عن Wittwer & Teubner ١٩٥٧).

ويذكر Hurd & Cooper (١٩٦٧) أنه أمكنهما زيادة عدد الأزهار فى العنقود الزهرى. الأول بتعريض البادرات للحرارة المنخفضة بعد إنباتها مباشرة، ولمدة ١٤ يومًا. وقد تراوحت الزيادة فى عدد الأزهار ما بين ٣٠٪ و ٤٠٪ شتاء إلى ١٠٠٪ صيفًا. كذلك أدت معاملة البرودة إلى تأخير موعد تفتح أول زهرة لمدة وصلت حتى ١٠ أيام، وتناسبت مع فترة التعرض للبرودة. وقد تساوت معاملتا التعريض للبرودة ١٠ ْم ليلاً ونهارًا، و١٦ ْم نهارًا مع ٤ ْم ليلاً فى تأثيرهما على الإزهار، وفى تأخيرهما للنمو النباتى وفى موعد تفتح أول زهرة.

وفى دراسة لاحقة ذكر Hurd & Cooper (١٩٧٠) أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة مقدارها ١٠ ْم لفترة قصيرة أدى إلى زيادة عدد أزهار العنقود الأول، وزيادة المحصول بنسبة ٢٥٪، ولكن مع تأخير قليل فى موعد الحصاد.

وعلى الرغم من أهمية ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد قليل من الأوراق لكى يكون الإزهار — ومن ثم الإثمار — مبكرًا، إلا أن عدد الأوراق التى تسبق ظهور ذلك العنقود يجب ألا يكون قليلاً جدًا، لكى لا تكون المساحة الورقية أقل من أن تسمح بتمثيل الغذاء بالقدر الذى يكفى لتكوين أزهار وثمار ذات نوعية جيدة فى العنقود الأول.

ولقد وجد أن الفترة الحرجة التى تكون فيها معاملة البرودة مؤثرة تقع بين ١٥ و٢٢ يومًا بعد زراعة البذور، وهو ما يعنى توافق الفترة الحرجة مع فترة تكوين مبادئ العنقود الزهرى الأول. ويكون قد تكوَّن عادة ٢–٣ مبادئ أوراق فى القمة النامية للنبات بعد حوالى ٧ إلى ١٠ أيام من زراعة البذرة، تؤدى معاملة البرودة خلال تلك الفترة إلى تكوين مبادئ العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، ولكن الحد الأدنى لعدد الأوراق الذى يسبق ظهور أول نورة هو ٦ ورقات، ولا يكون لمعاملة البرودة أية تأثيرات فى هذا الشأن إن كان الصنف يكوِّن — بطبيعته — النورة الزهرية الأولى بعد ست ورقات. وقد يؤدى ضعف الإضاءة إلى زيادة عدد الأوراق التى تتكون قبل العنقود الزهرى

الأول عن ٦ ورقات، ولكن معاملة البرودة تخفض هذا العدد – مرة أخرى – إلى ٦ ورقات (Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

كذلك يؤدى خفض الحرارة ليلاً أثناء نمو الشتلات إلى ١٧–١٨ °م إلى إبطاء نمو البادرات، ويكون ذلك مصحوبًا بتبكير فى الحصاد بنحو أسبوع، مع زيادة فى المحصول تُقدر بنحو ١٢٪ (Choi وآخرون ١٩٩٦).

وقد حظى هذا الأمر بدراسات عديدة، وأمكن الاستفادة منه فى الإنتاج التجارى للطماطم، فمثلاً.. أدى تعريض النموات الخضرية لشتلات الطماطم لحرارة تراوحت بين ١٠ و ١٣ °م لمدة ٣–٤ أسابيع – ابتداء من مرحلة اكتمال نمو الأوراق الفلقية – إلى إحداث نقص جوهرى فى عدد الأوراق المتكونة قبل العنقود الزهرى الأول. كما أدى تعريض جذور شتلات الطماطم لنفس المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى عدد الأزهار المتكونة فى العنقود الأول (Phatak وآخرون ١٩٦٦).

وفى دراسات أخرى تراوحت فترة التعريض للبرودة من ١٠ أيام بدءًا من ظهور الورقة الحقيقية الأولى إلى ١٤ يومًا بعد الإنبات مباشرة، وتراوحت حرارة معاملة البرودة بين ١٠ °م ليلاً ونهارًا إلى ١٣ °م نهارًا مع ١١ °م ليلاً، و١٦ °م نهارًا مع ٤ °م ليلاً. وفى كل الحالات أدت المعاملة إلى زيادة عدد أزهار العنقود الأول إلى الضعف (وقد تحدث زيادة فى عدد أزهار العنقود الثانى)، ولكن مع تأخير قليل فى كلٍ من النمو النباتى، وموعد تفتح أول زهرة، وموعد الحصاد.

ولقد أدى إنتاج شتلات الطماطم فى حرارة ليل منخفضة – ثم شتلها فى جو بارد نسبيًّا – إلى خفض عدد الأوراق التى تكونت تحت العنقود الزهرى الأول من ١٠,١ ورقة عندما كانت حرارة الليل بالمشتل ٢٢,٥ °م إلى ٧,١ ورقة عندما كانت حرارة الليل بالمشتل ١٢,٥ °م. هذا.. إلاّ أن عدد الأيام من إنبات البذور إلى تفتح أول زهرة كان أقصر ما يمكن عندما كانت حرارة المشتل ١٧,٥ °م. ولم يكن لحرارة الليل تأثيرًا على عدد الأزهار بالعنقود

الزهرى الأول. كما لم يكن للنمو فى جو بارد نسبيًّا تأثيرًا على عدد الأوراق الكلى بالنبات، إلا أن النباتات كانت مندمجة وسلامياتها قصيرة (Oda وآخرون ٢٠٠٥).

ويستفاد من هذه الظاهرة فى حالة الإنتاج التجارى للطماطم فى الزراعات المحمية. فتعرَّض الشتلات من بداية مرحلة ظهور الورقة الحقيقية الأولى لحرارة ١٣ °م نهارًا، و١١ °م ليلاً، وتستمر المعاملة خلال مرحلة نمو الورقة الحقيقية الثانية إلى ما قبل ظهور الورقة الحقيقية الثالثة. ويستغرق ذلك نحو ١٠ أيام فى الجو الصحو، ونحو ٢١ يومًا فى الجو الملبد بالغيوم. وتجرى المعاملة على البادرات سواء أكانت فى أحواض زراعة البذور أم بعد تفريدها. وترفع درجة الحرارة بعد انتهاء المعاملة إلى ١٤–١٧ °م ليلاً، و١٦–١٧ °م نهارًا فى الجو الملبد بالغيوم، أو إلى ١٨–٢٤ °م نهارًا فى الجو الصحو.

وتُحدث المعاملة التأثير التالية:

١– يزداد نمو الأوراق الفلقية.

٢– يزداد سمك سيقان البادرات.

٣– يتكون العنقود الزهرى الأول بعد أن ينمو عدد أقل من الأوراق.

٤– يزيد عدد الأزهار إلى الضعف فى العنقود الزهرى الأول، كما تحدث بعض الزيادة فى عدد أزهار العنقود الثانى.

٥– يزيد المحصول المبكر والكلى (Wittwer & Honma ١٩٧٩).

تأثير شدة الإضاءة – وتفاعلها مع الحرارة – على الإزهار والمحصول المبكر

يزداد معدل تكوين الأوراق الجديدة فى الطماطم بزيادة شدة الإضاءة، بينما يقل — فى المقابل — عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول بزيادة شدة الإضاءة، ويكون التأثير الأخير للإضاءة القوية أكبر من تأثيرها على معدل تكوين الأوراق الجديدة؛ ويترتب على ذلك نقص فى عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

وبينما تؤدى الإضاءة القوية إلى ظهور العنقود الزهرى الأول بعد عدد أقل من الأوراق، فإن الحرارة العالية يكون لها تأثير عكسى، كذلك يزداد عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأولى فى الإضاءة الضعيفة، وهو أمر يزداد وضوحًا فى الحرارة العالية. ويزداد عدد هذه الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول فى الحرارة العالية، وهو – كذلك – أمر يزداد وضوحًا فى الإضاءة الضعيفة.

ويعنى ذلك أن الحرارة وشدة الإضاءة يتفاعلان معًا فى التأثير على عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى، الذى يكون محصِّلة لتأثير الحرارة والضوء على كل من معدل تكوين الأوراق الجديدة، وموعد التهيئة للإزهار.

وبدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧,٤، و٢٤,٢ °م) وشدة الإضاءة (بين ١,٩، و٨,١ ميجا جول/م٢/يوم) على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور أول عنقود زهرى، وجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة، إلا أن تأثير الإضاءة فى هذا الشأن قل بانخفاض درجة الحرارة. وقد قل عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول عنقود زهرى – خطيًّا – بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة، ولكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير فى هذا الشأن فى شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦).

تأثير الفترة الضوئية على التبكير فى الإزهار

تعتبر الطماطم من النباتات المحايدة بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية على الإزهار (day neutral)، أى أنها لا تتطلب فترة ضوئية معينة حتى تزهر. إلا أن Wittwer (١٩٦٣) توصل من دراساته على عدد من الأصناف – التى تختلف بطبيعتها فى موعد الإزهار – إلى أن نبات الطماطم يعتبر قصير النهار اختياريًّا facultative day neutral؛ فقد وجد أن جميع الأصناف – سواء أكانت مبكرة، أم متوسطة، أم متأخرة فى الإزهار – قد تشابهت فى استجابتها للفترة الضوئية القصيرة (٩ ساعات) بالتبكير فى الإزهار، وتكوين العناقيد الزهرية بعد عدد أقل من الأوراق عما لو عرضت لفترة ضوئية أطول.

وقد تأكدت هذه النتائج بدراسات Aung (١٩٧٩) التى أثبت فيها أن عدد الأوراق التى تسبق ظهور أول نورة زهرية فى الطماطم يقل معنويًّا – أى يزداد التبكير فى الإزهار – بتعرض النباتات لفترة إضاءة مقدارها ٩ ساعات مع حرارة ٢٢ْم نهارًا، و١٨ْم ليلاً. وقد ازداد عدد الأزهار المتكونة فى الفترة الضوئية القصيرة.

تأثير الحرارة العالية بعد العقد على سرعة النضج

أدى رفع درجة الحرارة – بعد ١٠ أيام من عقد الثمار على ٢٣ْم نهارًا/ ١٨ْم ليلاً – إلى ٢٨ْم نهارًا / ٢٣ْم ليلاً أو إلى ٣٠ْم نهارًا/ ٢٥ْم ليلاً لمدة أسبوعين.. أدى ذلك إلى إسراع نضج الثمار بنحو ٣,١ إلى ٨,٥ أيام، ولكن مع بعض النقص فى متوسط وزن الثمرة (Fleisher وآخرون ٢٠٠٦).

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول

تؤثر المعاملة بمنظمات النمو على عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول كما يلى:

١- تؤدى معاملة النموات الخضرية بالأوكسينات إلى زيادة عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٢- يتباين تأثير الجبريللينات فى هذا الشأن، وإن كانت غالبية الدراسات تجمع على أنها غير مؤثرة على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٣- تؤدى معاملة الجذور أو النموات الخضرية بمثبطات النمو إلى تقليل عدد الأوراق التى تسبق ظهور العنقود الزهرى الأول.

٤- لم يكن الكاينتين مؤثرًا إلا عندما أضيف إلى المحاليل المغذية فى المزارع المائية للطماطم، حيث أدى إلى زيادة عدد الأوراق التى تكونت قبل ظهور العنقود الزهرى الأول.

٥- أدت المعاملة بالإثيفون عن طريق التربة إلى زيادة عدد الأوراق التى تكونت قبل ظهور العنقود الزهرى الأول (عن Dieleman & Heuvelink ١٩٩٢).

تطويع العوامل الجوية لأجل زيادة المحصول الكلى

تأثير درجة الحرارة

من المعلوم أن لدرجة الحرارة تأثير أكيد على عقد الثمار؛ ومن ثم على محصول الثمار؛ الأمر الذى نتناوله بالتفصيل فى موضع لاحق من هذا الفصل. ونكتفى فى هذا المقام باستعراض تأثير الحرارة على إزهار ونمو وإثمار الطماطم.

دُرس تأثير حرارة نهار ٢٦ °م مع حرارة ليل ١٨، أو ٢٢، أو ٢٤، أو ٢٦ °م على إزهار ونمو وإثمار الطماطم، ووجد ما يلى (Peet & Bartholemew ١٩٩٦).

الصفة المقيسة	التأثر بحرارة الليل
عدد حبوب اللقاح الكلى والطبيعى	أعلى فى حرارة ١٨، ٢٢ °م عما فى حرارة ٢٤، ٢٦ °م
إنبات حبوب اللقاح	أعلى فى حرارة ٢٦ °م
محتوى الثمار من البذور	أعلى فى حرارة ١٨ °م
عدد الأزهار والثمار بالعنقود الأول	أقل فى حرارة ٢٦ °م
طول النبات	أعلى فى ٢٢ °م
الكتلة الجافة للنمو الخضرى	أقل فى ٢٢ °م
كتلة الثمار الطازجة	ازدادت بارتفاع حرارة الليل
عدد الثمار ونسبة عقد الثمار	انخفضت قليلاً فى حرارة ٢٦ °م

هذا.. ويتأثر نمو بادرات الطماطم بكل من: درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة الوسط الذى تنمو فيه الجذور، ولكل منهما – أى لكل من حرارة الهواء وحرارة الجذور – تأثيراتها الخاصة على النمو النباتى. وقد وجد Maletta & Janes (١٩٨٧) أن معدل النمو النسبى Relative Growth Rate لبادرات الطماطم ينخفض بانخفاض حرارة الهواء إلى ١١ °م. وكانت أنسب حرارة جذور لزيادة الوزن الجاف للنبات هى ٢٦,٥ °م،

مع حرارة هواء ١٦ أو ٢١°م، ولكن عندما انخفضت حرارة الهواء إلى ١١°م كانت حرارة الجذور المناسبة ٣٢°م. وعلى الرغم من ذلك كان معدل النمو النسبى فى هذه الظروف (حرارة هواء ١١°م وحرارة جذور ٣٢°م) أقل ما يمكن؛ أى إن رفع حرارة الجذور (كما قد يحدث فى المزارع المائية) لا يفيد كثيرًا فى تقليل الأثر الضار للانخفاض الكبير فى حرارة الهواء.

ويمكن فى المزارع المائية – مثل مزارع تقنية الغشاء المغذى – التحكم فى النمو النباتى والإزهار والإثمار بالتحكم فى درجة حرارة المحلول المغذى. فقد أوضحت دراسات Fujishige وآخرون (١٩٩١) (التى عرضًا فيها جذور الطماطم لحرارة تراوحت بين ١٠ و ٣٥°م لفترة ١٤ أو ٢١ يومًا خلال مراحل مختلفة من النمو) أنه تكوَّن أكبر عدد من الأزهار بالعنقود الزهرى الأول عندما كانت حرارة المحلول المغذى ٢٥°م لمدة ٢–٣ أسابيع بعد اكتمال تكوين الأوراق الفلقية، سواء أكانت حرارة الهواء ثابتة عند ٢٠°م، أم متغيرة بين ٢٠°م ليلاً و ٣٠°م نهارًا. ولقد بيَّنت هذه الدراسة – كذلك – أن درجة حرارة المحلول المغذى المناسبة للطماطم اختلفت باختلاف مرحلة النمو، حيث تراوحت بين ٢٥ و ٣٠°م أثناء تميز الأزهار، وبين ٢٠ و ٣٠°م أثناء النمو الخضرى، وبين ١٥ و٣٠°م أثناء نمو الثمار.

وقد دُرس تأثير حرارة النهار العالية (٣٥°م) لمدة ٤٠ يومًا – مع حرارة ليل ١٥°م – على إنتاج المواد الغذائية المجهزة وأيض البناء الضوئى فى أوراق الطماطم، مقارنة بما يحدث عند نمو الطماطم فى حرارة ٢٥°م نهارًا وليلاً. أدت المعاملة الحرارية العالية – مقارنة بالكنترول – إلى ضعف نشاط البناء الضوئى، حيث انخفض المعدل الصافى للبناء الضوئى net rate of photosynthesis (اختصارًا: P_n)، ولكن مع حدوث زيادة فى كل من: توصيل الثغور stomatal conductance (اختصارًا: G_s)، وتركيز ثانى أكسيد الكربون بين الخلايا، ومعدل النتح. وبالتوازى مع الانخفاض فى الـ Pn، حدثت زيادة مستمرة فى نشاط كل من: السكروز سِنثيز sucrose synthase ، والـ

sucrose phosphate synthase، إلاّ أن نشاط الإنفرتيز انخفض فى النباتات التى تعرضت للشدِّ الحرارى. وقد انخفض محتوى الفراكتوز والجلوكوز والسكروز، لكن محتوى النشا ازداد فى النباتات التى تعرضت للشد الحرارى مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Zhang وآخرون ٢٠١٢).

هذا.. ويصل معدل البناء الضوئى فى أوراق الطماطم إلى أقصى حد له قبل وصول شدة الإضاءة إلى أقصى معدلاتها خلال النهار، ويكون ذلك مصاحبًا بتراكمات كبيرة للمواد الكربوهيدراتية فى الأوراق، وخاصة من السكريات السداسية والنشا (عن Dorais وآخرين ٢٠٠١).

ووُجد أن نباتات الطماطم الصغيرة يمكن أن تتراكم فيها المواد الكربوهيدراتية فى صورة سكريات ذائبة ونشا لمدة أسبوع واحد – على الأقل – عندما يكون النمو محدودًا فى الحرارة المنخفضة (١٦/١٤ °م؛ ليلاً/نهارًا). ومع ارتفاع الحرارة بعد ذلك (٢٦/٢٤ °م) فإن النباتات تستفيد من تلك المواد الكربوهيدراتية المخزنة عند استعادتها لنموها (Klopotek & Kläring ٢٠١٤).

تأثير شدة الإضاءة

يمكن التنبؤ بمحصول الطماطم من شدة الإشعاع الشمسى الذى تتعرض له النباتات – فى الجو الدافئ – قبل تفتح الأزهار (Higashide ٢٠٠٩).

هذا إلاّ أن شدة الإضاءة التى تتعرض لها نباتات الطماطم تزداد كثيرًا عما يلزم للنمو الجيد فى العروة الصيفية المتأخرة. وقد وجد El-Gizawy وآخرون (١٩٩٣ أ، ١٩٩٣ب) أن خفض شدة الإضاءة بمقدار ٣٥٪ – باستعمال شباك تظليل فى الحقل المكشوف – أدى إلى زيادة محصول الطماطم، وحجم الثمار المنتجة، مع زيادة الحموضة المعايرة، ولكن مع انخفاض محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك. وقد أدت هذه النسبة من التظليل – كذلك – إلى تقليل نسبة الثمار المصابة

بلفحة الشمس، إلا أن زيادة نسبة التظليل إلى ٦٣٪ أدت إلى زيادة نسبة الثمار المصابة بالنضج غير المنتظم. وقد أدت زيادة التظليل – بصورة عامة – إلى زيادة طول النبات، ومساحة الورقة ومحتواها من الكلوروفيل، ولكن مع تقليل عدد الأوراق والوزن الجاف للنبات، ومحتوى الأوراق من المواد الكربوهيدراتية، وتأخير الإزهار.

أضرار التعرض للرياح الحارة الجافة ووسائل التغلب عليها

أوضح Smith (١٩٣٢) أن أزهار الطماطم تتساقط بكثرة بدون عقد، وذلك إذا تعرضت النباتات لرياح حارة جافة مع انخفاض الرطوبة النسبية، ونقص الرطوبة الأرضية، ويؤدى استمرار نقص الرطوبة الأرضية إلى تلون بتلات الأزهار بلون أصفر شاحب، وسقوط الأزهار بدون عقد.

وتؤدى الرياح الحارة الجافة إلى بروز ميسم الزهرة من المخروط السدائى، وسقوط الأزهار بدون عقد.

ويمكن تقليل الأثر الضار للرياح الحارة الجافة باتباع ما يلى:

١- إحاطة المزرعة بمصدات الرياح، أو بالأسوجة.

٢- رى الحقل عندما يسود الجو طقس حار جاف، ويفضل الرى بالرش.

٣- زراعة الأصناف التى ينخفض فيها مستوى الميسم كثيرًا عن مستوى قمة المخروط السدائى، كما فى معظم الأصناف الحديثة.

أضرار شدِّ التجمد وشدِّ البرودة ووسائل التغلب عليها

دور بكتيريا تكوين نويات البللورات الثلجية فى أضرار شدِّ التجمد

لم يجد Anderson (١٩٨٨) اختلافات معنوية بين ستة أصناف من الطماطم فى درجة الحرارة التى تتجمد عندها بادرات وشتلات الطماطم التى يتراوح وزنها بين ٠,٣ جرام و٣٤ جرامًا. وقد تأثرت حرارة التجمد – أساسًا – بوجود أو غياب بكتيريا

نويات البلورات الثلجية، حيث تراوحت حرارة تجمد البادرات بين –٤,٧ و–٥,٧ °م في وجود البكتيريا وبين –٦,١ م و –٦,٩ °م في غيابها.

وتعد البكتيريا *Peseudomonas syringae*، و *Erwinia herbicola* من أهم الأنواع البكتيرية المكونة لنويات البللورات الثلجية، وهما المسئولتان عن كثير من أضرار التجمد في كثير من النباتات الحساسة للصقيع، ومنها الطماطم. وتصيب البكتيريا *P. syringae* مدى واسعًا من العوائل النباتية، كما وجدت في بقايا النباتات — التي كانت تخلو من أي أعراض مرضية — بأعداد كافية لبدء تكوين النويات الثلجية.

وقد وجد أن رش هذه البكتيريا على أوراق الطماطم أدى إلى تجمدها عند حرارة — ٤ °م، مقارنة بالتجمد على حرارة —٨ °م في نباتات الشاهد التي كانت خالية من هذه البكتيريا. وكان وجود البكتيريا بتركيز ٤ × ١٠ °م خلية بكتيرية/مل (سم٣) من المعلق البكتيري ضروريًّا لتكوين النويات الثلجية. وقد أدى حفظ هذه البكتيريا على حرارة ٢ °م قبل رشها على أوراق النباتات إلى جعلها أكثر قدرة على تكوين النويات الثلجية (بتكوينها للنويات على حرارة أعلى) عما لو كان حفظها — قبل استعمالها — على حرارة ٢١ °م (Anderson وآخرون ١٩٨٢).

أضرار شدِّ البرودة على إنبات البذور

تتفاوت أصناف وسلالات الطماطم في قدرتها على الإنبات في حرارة ١٢ °م أو أقل من ذلك. وقد وجد أن عدم قدرة بذور الطماطم على الإنبات عند هذه الدرجة مرده إلى وجود عوائق في طبقة الإندوسبرم. وتبين لدى مقارنة بذور سلالة الطماطم PI 341988 القادرة على الإنبات في حرارة ١٢ °م، وبذور الصنف UC82 غير القادرة على الإنبات عند هذه الدرجة أن بذور السلالة الأولى التي شُرِّبت بالماء على حرارة ١٢ °م أو ٢٥ °م أظهرت نشاطًا أعلى لإنزيم endomannase عن البذور التي عوملت بطريقة مماثلة من الصنف UC82. وعندما قورنت ست سلالات ناتجة من التهجين بين السلالة والصنف

السابقين، وتختلف فى قدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة، وجد ارتباط موجب بين القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة ونشاط إنزيم endomannase. وقد تبين – كذلك – أن الزيادة فى نشاط الإنزيم قبل الإنبات كانت أعلى فى الإندوسبرم المحيط بالنقير micropylar endosperm عما فى بقية أنسجة البذرة. وعندما عوملت بذور الطماطم بإنزيم الـ mannase – الذى حُصِلَ عليه من بعض الأنواع البكتيرية التى تعيش فى التربة – ازدادت قدرتها على الإنبات فى كل من الحرارة المعتدلة والمنخفضة. وعلى الرغم من أن نشاط إنزيم cellulase كان أعلى – كذلك فى – السلالة PI 341988 عما فى بذور الصنف UC 82، إلا أن تلك الزيادة حدثت – غالبًا – بعد الإنبات، ولم تكن لها علاقة رئيسية بالقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (Leviatov وآخرون ١٩٩٥).

معاملات حماية النمو الخضرى من شدِّ التجمد والحرارة المنخفضة

المعاملة بمضادات النتح

على الرغم من أن الدعاية لمضادات النتح antitranspirants تؤكد أنها توفر حماية للنباتات من الصقيع على اعتبار أنها تُشكل عازلاً بين النويات الثلجية التى تتكون خارجيًّا على النباتات (بفعل بكتيريا تكوين النويات الثلجية، مثل: *Pseudomonas syringae*، و *Erwinia herbicola*، التى تتواجد على سطح الأوراق) وبين المحتوى المائى للنبات.. على الرغم من تلك الدعاية، إلاّ أن ذلك لم يؤكد علميًّا.

المعاملة بالمفليوديد

أمكن حماية بادرات الطماطم من حرارة منخفضة بلغت ٥°م برشها بمركبات، مثل المفليوديد melfuidide بتركيز ٥ أو ١٠ أجزاء فى المليون، والمركب الكودى GLK-8903 بتركيز ٠,٥٪ أو ١٪ (Singer وآخرون ١٩٩٣أ، و ١٩٩٣ب).

الأقلمة

تُعد الأقلمة أو التقسية هى أفضل وسيلة لزيادة قدرة نباتات الطماطم على تحمل الحرارة المنخفضة، وهى تُجرى بتعريض بادرات الطماطم لحرارة منخفضة، مع خفض تدريجى فى الرطوبة الأرضية.

وقد وجد Shen & Li (١٩٨٣) أن تعريض شتلات الطماطم لحرارة ٢٠ °م نهارًا، و١٥ °م ليلاً جعلها قادرة على تحمل معاملات أقلمة تدرجت فى انخفاض الحرارة من ٥ °م إلى ٢ °م، ثم إلى الصفر المئوى. وعند الشتل.. تحملت هذه النباتات حرارة بلغت –٣ °م، بينما تجمدت نظيراتها — التى لم تسبق أقلمتها — على حرارة –١,٥ °م.

المعاملات الزراعية لتجنب ضعف امتصاص الفوسفور فى الجو البارد

نظرًا لانخفاض درجات الحرارة فى الزراعات المبكرة فى الربيع، حيث تظهر أعراض نقص الفوسفور على البادرات الصغيرة فى صورة لون أزرق ضارب إلى الأحمر، أو القرمزى على الأوراق الحديثة، والأوراق الفلقية، والسيقان؛ فقد اهتم الباحثون بكيفية توفير الفوسفور لنباتات الطماطم فى هذه المرحلة من النمو تحت هذه الظروف؛ لذا.. أضيف السماد الفوسفاتى تحت البذور مباشرة. وبذلك يمكن للجذر الأولى أن يبدأ فى امتصاص الفوسفور مع بداية ظهور الورقتين الفلقيتين، لأنه سيكون قد نما بمقدار ٢,٥ سم حتى تلك المرحلة. أما إذا كان السماد بعيدًا عن الجذور، فلن يستطيع النبات امتصاصه حتى تصل إليه بعض التفرعات الجذرية (Locasico & Warren ١٩٥٩).

أما عند الزراعة بطريقة الشتل، فقد وجد Jones & Warren (١٩٥٤) ما يلى:

١– إن إضافة السماد الفوسفاتى عميقًا فى التربة تحت مستوى الشتلات كان أكثر فاعلية من إضافته سطحيًّا فى خنادق بالقرب من الشتلات، أو نثرًا مع التغطية بالتربة.

٢– أدى استعمال محاليل بادئة تحليلها ٦–٥٧–١٧ (لاحظ ارتفاع مستوى الفوسفور فيها) إلى إحداث زيادة جوهرية فى المحصول.

٣- أدى العمل على زيادة كمية الفوسفور التى امتصتها النباتات – مبكرًا فى بداية موسم النمو – إلى زيادة المحصول بمعدلات أكبر من معدلات الزيادة فى كمية الفوسفور الكلية الممتصة، كما لم يكن للفوسفور الممتص فى أواخر موسم النمو أثر يذكر على المحصول.

المعاملة ببكتيريا منتجة للـ ACC

وُجد أن تلقيح الطماطم بالسلالة TPs-04 من بكتيريا داخلية التطفل endophytic من المنتجة للـ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (اختصارًا: ACC) فى ظروف شد برودة ليلاً (حرارة ٦، أو ٩، أو ١٥ °م) أحدثت زيادة جوهرية فى النموين الخضرى والجذرى وفى محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وحفَّزت امتصاص النباتات لعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. وبينما أحدثت الحرارة المنخفضة تراكمًا سريعًا فى كل من فوق أكسيد الأيدروجين والـ melondialdehyde، فإن المعاملة بالبكتريا رفعت من نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، ومن ثم خفَّضت تراكم هذين المركبين (Chen وآخرون ٢٠١٤).

التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالاسبرميدين

أدى تعريض بادرات الطماطم لشدٍ حرارى (٢٨/٣٨ °م – نهار/ليل) إلى خفض محتواها من حامضى البيووفيك والصكِّنك، وإلى تثبيط نموها. هذا بينما أدت المعاملة بالاسبرمدين فى تلك الظروف إلى تحسين وضع المحتوى الكربوهيدراتى والنيتروجين من خلال تنظيمها للتعبير الجينى ونشاط الإنزيمات الرئيسية لأيض النيتروجين؛ وبذا.. فإنها جعلت البادرات أكثر تحملاً للشدِّ الحرارى (Shan وآخرون ٢٠١٦).

التغلب على أضرار الحرارة العالية على النمو بالمعاملة بالسيلينيم

أدت معاملة الطماطم بأى من السيلينيم أو النانوسيلنيم بتركيز ٢,٥ ميكرومول فى المحاليل المغذية إلى تغلب النباتات على أى من معاملتى شدِّ حرارى (٤٠ °م) أو شدِّ

برودة (١٠°م) لمدة ٢٤ ساعة، حيث لم يتأثر سلبيًا أى من دلائل النمو التى تم قياسها بمعاملة الشد (Haghigh وآخرون ٢٠١٤).

العقد الطبيعى للثمار

بالرغم من تكوّن البراعم الزهرية فى الطماطم تحت ظروف بيئية متباينة، إلاّ أن عقد الثمار Fruit Set لا يحدث إلا فى ظروف خاصة، وإن لم تتوفر هذه الظروف، فإن الأزهار تسقط بعد تفتحها بقليل، أو قد تظل عالقة لعدة أيام دون عقد، ثم تسقط بفعل هز الرياح لها أو بمجرد ملامستها. وإذا وجدت عدة أزهار متفتحة فى آن واحد فى العنقود الزهرى الواحد، فإن ذلك يعد دليلاً قويًّا على أنها غير عاقدة. هذا.. بينما نجد فى الحالات التى يتم فيها العقد بصورة طبيعية أن العنقود الزهرى لا توجد به عادة سوى زهرتين متفتحتين فقط فى آن واحد تليهما فى العنقود براعم زهرية لم تتفتح بعد، وقد تسبقهما ثمار عاقدة تتدرج بالزيادة فى الحجم كلما اتجهنا نحو قاعدة العنقود.

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى ضعف عقد الثمار فى الطماطم النمو الخضرى الغزير الزائد – والذى يكون مرده غالبًا إلى الإفراط فى التسميد العضوى أو الآزوتى مع غزارة الرى – وكذلك انخفاض حرارة الليل عن ١٣°م، أو ارتفاعها عن ٢٤°م.

وعندما تواجه نباتات الطماطم ظروفًا تُحتِّم عليها تعديل نموها الجذرى والخضرى – كأن تتعرض للجفاف وارتفاع درجة الحرارة بعد فترة من النمو الجيد فى ظروف رطوبة أرضية وحرارة مناسبتين – فإن نمو الثمار التى تحملها تلك النباتات يتوقف أو يضعف كثيرًا خلال فترة التأقلم على الوضع الجديد.

وتعد حيوية حبوب اللقاح أهم – بالنسبة للعقد – من كميتها المنتجة. وتتم أفضل طريقة لتقدير الحيوية بوضع حبوب اللقاح على مياسم الأزهار فى ظروف مثالية للعقد، ثم حساب عدد البذور المتكونة بكل ثمرة، إلا أنها طريقة بطيئة؛ لذا يفضل الباحثون تقدير حيوية حبوب اللقاح بحساب عدد الأنابيب اللقاحية التى تنمو فى ميسم الزهرة

بالفحص الميكروسكوبى. وهى طريقة سريعة لا تستغرق أكثر من ٤٨–٧٢ ساعة من التلقيح، ولكنها أقل دقة من الطريقة الأولى، لأن بعض حبوب اللقاح قادرة على الإنبات دون أن تكون قادرة على الإخصاب، مثل: حبوب اللقاح المخزنة لفترات طويلة، والحبوب المعاملة بالإشعاع.

وتتم أبسط الطرق لاختبار الحيوية بإنبات حبوب اللقاح فى بيئات صناعية بعد صبغها بصبغات خاصة، ولو أنها تعد أيضًا أقل الطرق دقة، نظرًا لبعد العلاقة بين إنبات حبوب اللقاح بهذه الطريقة، وبين مقدرتها على الإخصاب (عن Picken ١٩٨٤).

ولقد أمكن تحديد الوقت الذى تتم فيه المراحل المختلفة لتكوين الجاميطات microsporogensis & marco فى الطماطم، وذلك بدراسة قطاعات أخذت من البراعم الزهرية وهى بأطوال مختلفة، مع ربط طول البراعم بعدد الأيام حتى تفتح الزهرة، وقد كانت النتائج كالتالى:

١– تتكون الخلية الأمية الذكرية قبل تفتح الزهرة بعشرة أيام.

٢– يحدث الانقسام الاختزالى الذى يؤدى إلى إنتاج البويضات بعد يوم واحد من الانقسام الاختزالى الذى يؤدى إلى إنتاج حبوب اللقاح، ويكون ذلك قبل تفتح الزهرة بثمانية أيام. وتلك هى أحرج الفترات التى يتأثر فيها تكوين البويضات بدرجة الحرارة المرتفعة.

٣– تصل الخلية الأمية الأنثوية إلى مرحلة الثمانى نوايا، وتكون حبوب اللقاح الثنائية النوايا (أى التى تكون بها نواة تناسلية، وأخرى خضرية) تامة التكوين قبل تفتح الزهرة بثلاثة أيام.

٤– يبدأ تحلل واختفاء النوايا المساعدة synergids، وتختفى الـ antipodal cells، وتتحد النواتان القطبيتان لتكوين نواة الكيس الجنينى central nucleus، وذلك قبل تفتح الزهرة بيوم أو يومين (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

وقد أفاد التوصل إلى هذه الحقائق فى دراسة تأثير درجات الحرارة المرتفعة، والمنخفضة على المراحل المختلفة فى تكوين الجميطات، وفى تحديد أكثرها تأثرًا بالتغيرات الكبيرة فى درجة الحرارة.

وللاطلاع على التفاصيل المتعلقة بدور الأوكسين والجبريللين فى عقد ثمار الطماطم.. يراجع De Jong وآخرين (٢٠٠٩).

ولمزيد من التفاصيل حول عقد ثمار الطماطم، وتطور تكوينها، والهرمونات الداخلية والعوامل البيئية المؤثرة فيها.. يُراجع Varga & Bruinsma (١٩٨٦).

العقد البكرى للثمار

جدير بالذكر أنه تتوفر أصناف من الطماطم لها القدرة على عقد الثمار بكريًّا (أى بدون تكوُّن بذور فيها) فى الظروف البيئية غير المناسبة للعقد؛ مثل الأصناف: أوريجون تى ٥، وأوريجون شيرى، وسيفيريانين. هذا .. إلاّ أن الأصناف ذات القدرة على العقد البكرى لا ترقى – عادة – إلى مستوى الأصناف العادية فى كل من القدرة الإنتاجية وصفات جودة الثمار؛ ولذا.. تفضل زراعة الأصناف ذات القدرة على العقد الطبيعى فى الظروف البيئية غير المناسبة للعقد.

وعلى الرغم من إمكان حدوث نسبة من العقد البكرى فى الأصناف التجارية العادية فى الظروف غير المناسبة للعقد، فإن الثمار المتكونة تكون صغيرة الحجم، ومشوهة، حيث تكون مضلعة وغير منتظمة الشكل، كما تظهر بها الجيوب الداخلية لخلو المساكن من البذور والمادة الجيلاتينية. ولقد لاحظ المؤلف أن الصنف بيتو ٨٦ Peto 86 ينتج فى الجو البارد ثمارًا بكرية شبيهة بثمار الفلفل الحلو الأحمر، وتكون مساكنها خالية تمامًا من البذور والمادة الجيلاتينية.

ويحدث أحيانًا أن تتكون الثمار وبها عدد قليل نسبيًّا من البذور، إلا أنها غالبًا ما تكون أصغر حجمًا من مثيلاتها التى تعقد بصورة طبيعية، ويحدث ذلك فى الظروف

التى تسودها درجات حرارة مرتفعة أثناء الإزهار. وقد وجد أن هناك ارتباطًا جوهريًّا بين وزن الثمرة، ومحتواها من البذور؛ مما يدل على أن لتكوين البذور علاقة بنمو الثمار وزيادتها فى الحجم.

ومن أهم العوامل التى تساعد على العقد البكرى للثمار فى الطماطم، ما يلى:

١- ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن الحدود المناسبة للعقد الطبيعى.

٢- قِصَرُ الفترة الضوئية.

٣- زيادة الرطوبة النسبية (عن Lin وآخرين ١٩٨٣)، بينما يؤدى انخفاض الرطوبة النسبية بشدة إلى سوء العقد، على حين تعقد بعض الثمار وتظل مبايضها صغيرة فلا تكبر فى الحجم. تعرف هذه الحالة باسم العقد الجاف dry set وترجع إلى سوء التلقيح تحت هذه الظروف (عن McKay ١٩٤٩).

٤- يمكن إحداث العقد بكريا بمعاملة الأزهار بالهرمونات المشجعة للنمو. فمثلاً.. وجد Mukherlee & Dutta (١٩٦٥) أن ثمار الطماطم تعقد بكريا إذا عوملت الأزهار بالجبريللين بتركيز ٠,٠٠١ – ٠,١٪، إلاّ أن الثمار التى عقدت كانت صغيرة الحجم. كما توصل Chuodhry & Faruque (١٩٧٣) إلى نتائج مشابهة عندما رشّا العناقيد الزهرية بمحاليل مائية من أى من منظمى النمو: باراكلورور فينوكسى حامض الخليك parachlorophenoxyacetic، أو الجبريللين GA_3 بتركيز ٢٥-٢٥٠ جزء فى المليون، وقد ازدادت نسبة الثمار البكرية العاقدة مع زيادة التركيز.

العوامل المؤثرة فى عقد الثمار

التوازن بين النمو الخضرى ومحتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية

إن عقد ثمار الطماطم يرتبط بالنمو الخضرى المعتدل، مع توفر توازن بين محتوى النباتات من النيتروجين، ومحتواه من المواد الكربوهيدراتية. فعندما تكون الظروف مناسبة للنمو الخضرى السريع، تُستَهلك المواد الكربوهيدراتية فى بناء أنسجة جديدة،

وفى التنفس، ويظل تركيزها بذلك منخفضًا فى النبات، ولا تعقد الثمار على الرغم من تكوين الأزهار بوفرة. وقد لا تتكون البراعم الزهرية فى الحالات الشديدة التى يكون فيها محتوى النبات من النيتروجين مرتفعًا، ومحتواه من المواد الكربوهيدراتية شديد الانخفاض كما هى الحال عند زيادة الآزوت، والرطوبة الأرضية مع نقص الإضاءة.

ويستخلص من ذلك أن عقد الثمار فى الطماطم يتوقف على تراكم كميات جديدة من المواد الكربوهيدراتية تزيد عن حاجة النمو الخضرى. كما أن تركيز المواد الكربوهيدراتية فى النبات يتوقف على مدى التوازن بين تصنيعها واستخدامها فى التنفس، وفى بناء أنسجة جديدة.

شدة الإضاءة

يُصاحب الإضاءة الضعيفة – غالبًا – ظهور انشقاق فى المخروط السدائى، مع تضخم وتضاعف fasciation قلم الزهرة، وتلك عوامل تؤدى إلى ضعف عقد الثمار.

درجة الحرارة

إن المجال الحرارى المناسب لعقد الثمار فى الطماطم يتراوح بين ١٨ و٢٢ °م.

ولدرجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة تأثير سيئ على عقد الثمار فى الطماطم. ولقد وُجد أن درجة حرارة الليل هى العامل المحدد لعقد الأزهار فى المناطق والمواسم الباردة، وكانت أنسب درجات حرارة ليلاً لعقد الثمار هى ١٨ °م، وتراوح المجال المناسب من ١٥– ٢٠ °م، بينما كان العقد منخفضًا بدرجة كبيرة عندما كانت حرارة الليل ١٣ °م أو أقل.

كذلك فإن للحرارة المرتفعة ليلاً أو نهارًا تأثير ضار على العقد؛ فقد ثبت انخفاض عقد الثمار عند ارتفاع الحرارة ليلاً عن ٢١ °م، أو نهارًا عن ٣٢ °م، كما ثبتت شدة انخفاض عقد الثمار عند ارتفاع درجة الحرارة ليلاً إلى ٢٣– ٢٦ °م وتزيد الإضاءة الشديدة من التأثير الضار لدرجات الحرارة المرتفعة نهارًا على العقد، ويؤدى تظليل النباتات جزئيًّا إلى تحسين العقد تحت هذه الظروف. إلا أنه لا يكون للإضاءة الشديدة

تأثير ضار على عقد الثمار عندما تكون درجة الحرارة مناسبة للعقد. وعندما تكون درجة حرارة الليل منخفضة، فإن الإضاءة الشديدة نهارًا تساعد على تحسين العقد تحت هذه الظروف (Curme ١٩٦٢).

التأثير الفسيولوجى للحرارة العالية على عقد الثمار

يقل عقد ثمار الطماطم فى الجو الحار سواء أكان الارتفاع فى درجة الحرارة ليلاً أم نهارًا. ويرجع ذلك إلى عوامل عديدة؛ فلدرجة الحرارة المرتفعة مثلاً تأثير كبير على أيض (ميتابوليزم) النبات. وقد كان Nitghtingale من أوائل الذين درسوا هذه الظاهرة، إذ عرَّض نباتات طماطم وهى بعمر ٦ أسابيع لدرجات حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٨، و٢١,١، و٣٥ °م، ورطوبة نسبية مقدارها ٨٥٪ لمدة ١٠ أيام، فوجد أن معاملة الحرارة المرتفعة أدت إلى إحداث نقص واضح فى محتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية، وصاحبت ذلك زيادة واضحة فى نسبة النيتروجين العضوى. وقد أرجع Nitghtingale هذه الظاهرة إلى زيادة المستهلك من المواد الكربوهيدراتية فى التنفس فى الحرارة العالية. كذلك أوضح آخرون أن نقص محتوى النبات من المواد الكربوهيدراتية يؤدى إلى عقم حبوب اللقاح وضعف حيويتها. كما تبين أن انتقال المواد الكربوهيدراتية فى النبات كان قليلاً عندما كانت الحرارة ليلاً ٢٦,٥ °م، ثم ازداد معدل انتقالها تدريجيًّا مع انخفاض حرارة الليل حتى ٨ درجات مئوية، وكانت أفضل حرارة ليلاً للنمو هى ١٨ °م. وقد أدى نقص انتقال المواد الكربوهيدراتية فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك إلى ضعف النمو الجذرى، والخضرى، والثمرى. أما حرارة الليل الأقل من ١٨ °م، فقد صاحبها نقص فى معدل النمو مع تخزين المواد الكربوهيدراتية، إلا أن هناك دراسة أثبتت أن أفضل حرارة لانتقال المواد الكربوهيدراتية هى ٢٤ °م، ولم يظهر أى دليل على زيادة انتقالها فى درجات الحرارة الأقل من ذلك. ويبدو أن الزيادة التى لوحظت قبل ذلك فى الحرارة المنخفضة كانت راجعة إلى سببين غير مباشرين؛ هما: نقص النمو، ونقص معدل التنفس تحت هذه الظروف. وبالإضافة إلى ما تقدم فقد وجد أن الفقد فى المواد

الكربوهيدراتية بالتنفس يزداد مع الارتفاع فى درجة الحرارة حتى ٣٠ °م (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

وتأييدًا لنظرية نقص الكربوهيدرات فى درجات الحرارة المرتفعة، وتأثير ذلك على العقد نذكر ما توصل إليه Stevens & Rudich (١٩٧٨) من أن عملية البناء الضوئى تتأثر فى الحرارة المرتفعة بدرجة أكبر فى الصنف روما Roma، عنه فى الصنف سالاديت Saladette القادر على العقد الجيد فى الحرارة المرتفعة، وما ذكراه من أن الأوراق الصغيرة التى تنمو تحت العنقود الزهرى مباشرة تنافسه على الغذاء المجهز، وتؤدى إزالتها إلى تشجيع الإزهار.

وأدى تعريض نباتات صنف الطماطم سالادت Saladette – الذى يمكنه العقد فى الحرارة المرتفعة – إلى حرارة ٤٠ °م نهارًا، و١٨ °م ليلاً لمدة ٢٤ ساعة إلى نقص معدل البناء الضوئى بنسبة ٣٠٪، بينما أحدثت نفس المعاملة لنباتات الصنف روما Roma – الذى لا يمكنه العقد فى الحرارة العالية – نقصًا فى معدل البناء الضوئى بنسبة ٦٥٪. كما أظهرت نباتات الصنف سالادت تأقلمًا على الحرارة المرتفعة فيما يتعلق بالبناء الضوئى، مقارنة بنباتات الصنف روما التى استمر فيها انخفاض معدل البناء الضوئى كثيرًا باستمرار ارتفاع درجة الحرارة. كذلك وجد أن نباتات الصنف سالادت تنقل – تحت ظروف الحرارة العالية – كميات أكبر من الغذاء المجهز من الأوراق إلى البراعم الزهرية عما يحدث فى نباتات الصنف روما تحت نفس الظروف. ويؤيد ذلك كله أهمية نظرية التوازن الغذائى فى عقد ثمار الطماطم (عن Stevens & Rick ١٩٨٦).

وعلى الرغم من أن هذه الدراسات تؤكد على أن سوء العقد فى درجات الحرارة المرتفعة يرجع إلى استنفاد مخزون المواد الكربوهيدراتية فى التنفس تحت هذه الظروف، إلا أن الحرارة المرتفعة تؤثر على العقد من خلال تأثيرها على أمور أخرى كثيرة. وقد ضعف الاتجاه المؤكِد لنظرية استنفاد مخزون المواد الكربوهيدراتية فى الحرارة المرتفعة،

وذلك بعد أن ثبت أن أزهار الطماطم المقطوعة لا تعقد فى درجات الحرارة المرتفعة، وإن توفر لها مستوى مرتفع من المواد الكربوهيدراتية فى بيئة مغذية.

وقد أوضحت الدراسات – التى أجريت فى المركز الآسيوى لأبحاث وتطوير لخضر (Asian Vegetable Research and Development Center ١٩٧٨ و ١٩٧٩، وKuo وآخرون ١٩٧٩) – أن عقد ثمار الطماطم يكون منخفضًا – بدرجة متساوية – عند ارتفاع الحرارة ليلاً (حتى ٢٥ °م)، أو نهارًا (حتى ٣٨ °م)، وأن سوء العقد فى الحرارة المرتفعة ينتج عن تأثير الحرارة على عدد من العمليات الفسيولوجية؛ فلقد كان واضحًا أن التأثير الضار للحرارة المرتفعة على العقد يحدث قبل تفتح الزهرة، خاصة فى بداية ظهور النورة الزهرية؛ إذ لوحظ تأثر عملية تكوين الخلايا الأمية لحبوب اللقاح بالحرارة المرتفعة بدرجة أكبر فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية عنها فى الأصناف التى تتحمل الحرارة. كما وجد أن الإفرازات المأخوذة من مياسم إحدى السلالات المتحملة للحرارة العالية تشجع إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية عندما تُعامل بها مياسم الأزهار فى كل من السلالات الحساسة، والمتحملة للحرارة على حد سواء. ووجدت اختلافات بين سلالات الطماطم الحساسة، والمتحملة للحرارة فى قدرة حبوب لقاحها على الإنبات فى البيئات الصناعية in vitro فى درجات الحرارة العالية. فتميزت السلالات القادرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة (مثل: L283، و L245، و L392) بارتفاع نسبة إنبات حبوب لقاحها فى حرارة ٣٤ °م، إلا أن إنباتها تأثر فى حرارة ٣٨ °م، وهى حرارة أعلى بكثير من الحد الأقصى المناسب لعقد ثمار الطماطم. كذلك لوحظت ظاهرة بروز الميسم من المخروط السدائى بمعدلات أكبر فى السلالات الحساسة للحرارة المرتفعة.

وفى دراسة شاملة أجراها El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) وقارنا فيها الصنف الحساس للحرارة المرتفعة فى إف ٣٦ VF36 بخمسة أصناف وسلالات متحملة للحرارة المرتفعة، هى: سالاديت Saladette، و P.I. 262934، و BL 6807، و S 6916، وCIA S161 تأكد لديهما أن القدرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة ترجع إلى

عوامل كثيرة؛ فقد أدى تعريض النباتات لحرارة ٣٨°م نهارًا، و٢٧°م ليلاً إلى إحداث التأثيرات التالية:

١- انخفض إنتاج الأزهار فى كل الأصناف والسلالات ما عدا السلالة BL 6807، والتى ظلت أزهارها تتمتع بوصول نسبة مرتفعة من المواد الغذائية المجهزة إليها تحت هذه الظروف.

٢- توقف انتثار حبوب اللقاح من المتوك فى كل الأصناف والسلالات.

٣- نقص إنبات حبوب اللقاح فى البيئات الصناعية، وكان الصنف سالاديب أقلها تأثرًا فى هذا الشأن.

٤- ضعفت حيوية حبوب اللقاح، وضعفت كذلك مقدرتها على الإخصاب، وكانت السلالتان S 6916، و CIA S161 أقلهما تأثرًا، بينما كان الصنف Saladette أكثرها تأثرًا فى هذا الشأن وقد استدل على هذا التأثير للحرارة المرتفعة من خلال عدد البذور المتكونة بالثمار.

٥- لم تتأثر البويضات كثيرًا بارتفاع درجة الحرارة، وكانت السلالة BL 6807 أكثرها تأثرًا.

هذا.. إلا أن الحرارة المتوسطة الارتفاع (٢٦°م ليلاً ونهارًا) لم تؤثر إلا قليلاً على عقد ثمار الطماطم، على الرغم من أن هذه الحرارة كانت أعلى من الدرجة المثلى لإنتاج حبوب اللقاح وعقد البذور، وذلك مقارنة بحرارة ليل ١٨، أو ٢٢، أو ٢٤°م مع حرارة نهار ٢٦°م (Peet & Bartholemew ١٩٩٦).

ولقد تبين أن للحرارة العالية تأثيرات على محتوى النبات من كل من منظمات النمو والبرولين، وتلك أمور ترتبط بالعقد، كما يتبين مما يلى:

فقد درس Kuo & Tsai (١٩٨٤) مستوى الجبريللينات والأوكسينات فى البراعم الزهرية، والأزهار المتفتحة، والثمار العاقدة حديثًا عند تعريض النبات أثناء أى من هذه

المراحل لحرارة ٣٨°م لمدة ٥ ساعات، ووجدا أن هذه المعاملة أحدثت نقصًا فى مستوى كل من الجبريللينات والأوكسينات، خاصة فى البراعم الزهرية والثمار العاقدة.

ويحاول الباحثون دراسة تأثير التعرض للحرارة العالية على محتوى النبات من البرولين بمعلومية أن البرولين يتراكم فى أوراق الطماطم عندما يتعرض النبات لظروف بيئية قاسية، مثل: التعرض للملوحة العالية، أو النقص الشديد، أو الزيادة الشديدة فى الرطوبة الأرضية. وقد وجدت اختلافات وراثية بين سلالات الطماطم فى هذه الخاصية. وفى محاولة لدراسة تأثير درجة الحرارة على محتوى البرولين وعلاقة ذلك بالعقد، قام Kuo وآخرون (١٩٨٦) بتقدير محتوى المتوك، وحبوب اللقاح، وأمتعة الأزهار، والأوراق من البرولين فى درجات الحرارة المختلفة، فوجدوا أن محتوى المتوك من البرولين ازداد مع تقدم نمو الأجزاء الزهرية، ووصل المحتوى إلى أقصى مداه عند تفتح الأزهار. أما المتاع فكان محتواه من البرولين أقل من محتوى المتوك، ولم يرتفع مع تقدم نمو البرعم الزهرى. وقد أدت الحرارة المرتفعة إلى خفض مستوى البرولين فى كل من متوك، وأمتعة الأزهار أيًّا كانت مرحلة نموها. وبالمقارنة .. فقد كان مستوى البرولين فى الأوراق أقل مما فى متوك، أو أمتعة الأزهار، إلا أن معاملة الحرارة المرتفعة أدت إلى زيادة محتواها من البرولين. وقد وجدوا أن حبوب اللقاح التى جمعت فى المواسم الحارة احتوت على برولين أقل مما فى تلك التى جمعت فى المواسم الباردة. كما أدت إضافة البرولين إلى بيئة إنبات حبوب اللقاح إلى زيادة معدلات الإنبات، وزيادة تحملها للحرارة.

الظواهر التى تتأثر بالحرارة العالية وتؤثر فى عقد الثمار

بروز الميسم من المخروط السدائى

إن الأسدية فى زهرة الطماطم تتكون من خيوط قصيرة ومتوك طويلة تلتصق ببعضها، وتشكل مخروطًا سدائيًا يحيط بقلم وميسم الزهرة. ويكون الميسم عادة فى وضع

قريب من الطرف العلوى للمخروط السدائى، أو فى مستوى منخفض قليلاً عن ذلك. وقد يبرز الميسم أحيانًا من المخروط السدائى، ويطلق على هذه الظاهرة اسم stigma exertion، والتى يؤدى حدوثها إلى سوء العقد بدرجة كبيرة فى الأصناف التجارية، وذلك لأنها لا تسمح بوصول حبوب اللقاح إلى ميسم الزهرة، كما تؤدى إلى سرعة جفافه وذبوله.

تؤدى هذه الظاهرة إلى نقص العقد بدرجة كبيرة؛ إذ وجد أن نسبة العقد تراوحت بين ٥٠٪ و ٩٠٪ فى الأصناف التى لا يبرز فيها الميسم من المخروط السدائى، وبين ١٠٪ و ٤٠٪ فى الأصناف التى يبرز فيها الميسم بمقدار ملليمتر واحد أو أقل، بينما لم يحدث أى عقد فى الأصناف والسلالات البرية التى يبرز فيها ميسم الزهرة لمسافة أكثر من ملليمتر. وعلى الرغم من وجود هذه العلاقة المؤكدة بين بروز الميسم وانخفاض نسبة العقد فإن زيادة انخفاض وضع الميسم داخل المخروط السدائى لا يعنى زيادة نسبة العقد (عن El-Ahmadi ١٩٧٧).

ويتوقف حدوث ظاهرة بروز الميسم من المخروط السدائى على العوامل التالية:

١- التركيب الوراثى:

على الرغم من أن الأصناف التجارية من الطماطم لا يبرز فيها الميسم من المخروط السدائى تحت الظروف الطبيعية، إلا أن الميسم يبرز خارج المخروط السدائى فى بعض الأصناف المزروعة فى أمريكا الجنوبة، وبعض السلالات البرية. ويكون بروز الميسم كبيرًا فى الأنواع البرية عديمة التوافق ذاتيًّا، مثل: *Solanum peruvianum*، وبدرجة أقل فى أصناف الطماطم المزروعة فى أمريكا الجنوبية، وفى الطماطم الكريزية cerasiforme. ويكون الميسم فى مستوى قمة المخروط السدائى فى معظم الأصناف الأمريكية والأوروبية القديمة، أما فى أصناف الطماطم الحديثة، فإن ميسم الزهرة يكون فى وضع منخفض داخل المخروط السدائى ولا يبرز منه، ويبدو أن ذلك حدث نتيجة للانتخاب المستمر لزيادة القدرة على العقد تحت الظروف البيئية المختلفة (Rick ١٩٧٦).

٢- الحرارة المرتفعة والرياح الحارة الجافة: يعتبر هذا العامل من أهم العوامل البيئية المسببة لظاهرة بروز المياسم. وقد كان Smith (١٩٣٢) من أوائل من بيّنوا أهمية الرياح الحارة الجافة فى هذا الشأن.

٣- نقص الرطوبة الأرضية: يؤدى نقص الرطوبة الأرضية إلى بروز المياسم فى بعض الأصناف.

٤- نقص مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات: يحدث النقص فى مستوى المواد الكربوهيدراتية نتيجة لأحد عاملين هما:

أ- انخفاض شدة الإضاءة، وقصر الفترة الضوئية كما يحدث فى الزراعات المحمية فى المناطق الباردة شتاءً. ويعتبر هذا العامل السبب الرئيسى لسوء العقد تحت هذه الظروف، ولكنه أقل تأثيرًا من الحرارة العالية.

ب- زيادة التسميد الآزوتى.

٥- المعاملة بالجبريللين GA_3: تؤدى المعاملة بالجبريللين قبل تفتح الأزهار بنحو ٤-٦ أيام إلى استطالة القلم، وبروز الميسم.

وتحدث ظاهرة بروز الميسم نتيجة لاستطالة القلم بصفة أساسية، إلا أنها قد تكون مصاحبة أيضًا ببعض الاستطالة فى المبيض.

هذا.. وتتباين أصناف الطماطم فى استجابتها لمختلف المؤثرات المحفزة لبروز ميسم الزهرة من المخروط السدائى. ولا تحدث الاستجابة للمؤثرات إلا إذا تعرضت لها الزهرة فى المراحل المتأخرة من تكوينها، وذلك عندما تكون بتلات وسبلات الزهرة مفتوحة بزاوية لا تقل عن ٤٥°.

تكوين الجاميطات

لوحظ أن لتعريض براعم وأزهار الطماطم لحرارة ٤٠°م لمدة يومين متتالين أثر على تكوين الجاميطات بشدة، حيث أدت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الأزهار –

بثمانية إلى تسعة أيام – إلى اندثار الخلايا الأربع الأحادية لحبوب اللقاح pollen tetrad، وظهرت بها علامات البلزمة، والتجلط، وازداد حجم الخلايا المغذية. كما أدى تعريض النباتات لحرارة ٤٠ – ٤٥ ْم لمدة ٣ ساعات فقط خلال هذه المرحلة – أى قبل تفتح الزهرة بثمانية إلى تسعة أيام – إلى إحداث نقص كبير فى نسبة العقد، واستمر الضرر بمعدل كبير عندما أجريت معاملة الحرارة المرتفعة قبل تفتح الزهرة بخمسة أيام، حيث كانت حبوب اللقاح فى طور التكوين، بينما لم يكن للحرارة المرتفعة تأثير يذكر على حبوب اللقاح الناضجة عندما أجريت المعاملة قبل تفتح الزهرة بيوم واحد، أو ثلاثة أيام.

ومع أنه لم تلاحظ أية نموات غير طبيعية فى مبايض الأزهار عندما فحصت بعد معاملة التعريض للحرارة المرتفعة مباشرة، إلا أنه لوحظ حدوث تدهور واندثار فى الخلايات الأمية الأنثوية، وذلك عند إجراء الفحص بعد المعاملة بخمسة أيام. وقد تبين من هذه الدراسة أن تأثير الحرارة المرتفعة على كل من الجاميطات المذكرة والمؤنثة يقل تدريجيًّا، وذلك مع تأخير معاملة التعريض للحرارة العالية، إلى أن تلاشَى التأثير تمامًا عند إجراء المعاملة قبل تفتح الأزهار بيوم واحد إلى ثلاثة أيام.

وقد تأكد أن إنتاج حبوب اللقاح يكون أقل بكثير فى درجات الحرارة العالية عما فى الحرارة المناسبة. وأمكن تقدير ذلك كميًّا؛ إذ وجد أن كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة بلغت ٠,٥٤، و٠,٦ ملليجرام فى أحد الأصناف القادرة على العقد فى الجو الحار عند تعريض النباتات لحرارة عالية (٣٣ ْم نهارًا/ ٢٣ ْم ليلاً)، وحرارة معتدلة (٢٣ ْم نهارًا/ ١٧ ْم ليلاً)، على التوالى. وبالمقارنة فقد انخفضت كمية حبوب اللقاح المنتجة فى كل زهرة فى أحد الأصناف الحساسة للحرارة من ١,٢١ ملليجرام فى معاملة الحرارة المعتدلة إلى ٠,٤٥ ملليجرام فى معاملة الحرارة العالية. ويتضح مما تقدم مدى زيادة تأثر إنتاج حبوب اللقاح بالحرارة العالية فى الصنف الحساس عنه فى الصنف المقاوم.

وإلى جانب ما تقدم بيانه.. فإن الحرارة المرتفعة تؤدى إلى ضعف تكوين الإندوثيسيم endothecium (النسيج المسئول عن انتثار حبوب اللقاح) وقد تأكد ذلك عندما عرضت النباتات لحرارة ٢٢°م ليلاً، مع ٣٩°م نهارًا.

إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية وسرعة الإخصاب

يتأثر إنبات حبوب اللقاح كثيرًا بدرجة الحرارة السائدة. فعندما تكون حبوب اللقاح عالية الحيوية نجد أن الوقت اللازم لإنباتها يتزايد بانخفاض درجة الحرارة على النحو التالى: نصف ساعة فى ٣٧°م، وساعة كاملة فى ٢٥°م، و ٣ ساعات فى ١٥°م، و ٥ ساعات فى ١٠°م، و٢٠ ساعة فى ٥°م. ويقل الإنبات كثيرًا فى درجات الحرارة الأعلى عن ٣٧°م، والأقل من ٥°م هذا.. بينما لا تؤثر الإضاءة العالية أو الرطوبة النسبية فى مدى ٥٠٪ – ٩٠٪ على سرعة إنبات حبوب اللقاح. ونجد أن إنبات حبوب اللقاح المأخوذة من أزهار تامة التفتح يكون أسرع من تلك المأخوذة من الأزهار عقب تفتحها مباشرة.

ولقد لُوحظ أن أفضل حرارة لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٩,٤°م، حيث بلغت نسبة الإنبات عندها ٦٦٪ بعد ٦٠ ساعة، وكانت هذه الدرجة كذلك أفضل درجة لنمو الأنابيب اللقاحية. هذا.. بينما كان أقل معدل لنمو أنابيب اللقاح عند حرارة ٣٧,٨°م. وبالمقارنة.. فقد لوحظ فى دراسة أخرى أن درجة الحرارة المثلى لإنبات حبوب اللقاح كانت ٢٥°م، وانخفض الإنبات بمقدار ٤٠٪ عند حرارة ٣٥°م، وبمقدار ٨٨٪ عند حرارة ٣٧,٥°م. كما وُجِدَ أن أفضل درجة حرارة لإنبات حبوب اللقاح فى بيئة صناعية كانت ٢٧°م، وأدى ارتفاع الحرارة عن ذلك إلى نقص سرعة الإنبات. وبمقارنة صنفين أحدهما حساس، والأخر مقاوم للحرارة المرتفعة، وجد أن نسبة إنبات حبوب اللقاح كانت ٧٣٪، و٦٦٪ فى الصنف المقاوم، وذلك عندما عرضت النباتات لحرارة معتدلة (٢٣°م نهارًا/ ١٧°م ليلاً)، وحرارة عالية (٣٣°م نهارًا/ ٢٣°م ليلاً) على التوالى، هذا.. بينما انخفضت نسبة إنبات حبوب اللقاح فى الصنف الحساس من ٦٧٪ فى الحرارة

المعتدلة إلى ٤٨٪ فى الحرارة العالية (عن El-Ahmadi ١٩٧٧). وقد وجد Tarakanov وآخرون (١٩٧٨) أن معاملة الحرارة المميتة لحبوب لقاح ٧ أصناف من الطماطم تراوحت بين ٤٠°م و٤٥°م لمدة ٦ ساعات.

ودرس Preil & Seimann (١٩٦٩) التفاعل بين الحرارة العالية والرطوبة النسبية، ودور هذا التفاعل فى التأثير على حيوية حبوب اللقاح، فوجدا أن إنباتها كان جيدًا فى حرارة ٣٥°م عندما كانت الرطوبة النسبية ٣٥٪، لكن الإنبات توقف كلية تقريبًا عندما كانت الرطوبة النسبية ١٠٠٪،

كذلك درس Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة إنبات حبوب اللقاح، ونمو الأنابيب اللقاحية فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠°م لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا ارتباطًا معنويًّا وعاليًا جدًّا بين عقد الثمار وكل من إنبات حبوب اللقاح (r = ٠,٩٨٨)، ونمو الأنابيب اللقاحية (r = ٠,٨١٥).

وتصل الأنبوبة اللقاحية إلى الكيس الجنينى خلال فترة قدرها الباحثون بنحو ١٢–٥٠ ساعة وتزداد سرعة النمو بارتفاع الحرارة حتى ٣٥°م، بينما يتوقف النمو فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك. وعند انخفاض الحرارة إلى ١٠°م، يكون نمو الأنابيب اللقاحية أبطأ كثيرًا من أن يؤثر فى عملية الإخصاب. أما الرطوبة النسبية، وشدة الإضاءة، فلا يبدو أن لها تأثيرًا يذكر على نمو أنابيب اللقاح (عن Picken ١٩٨٤).

وفى دراسة أجريت على المراحل المختلفة التالية للتلقيح حتى الإخصاب، وُجد أن الأنابيب اللقاحية تنمو بمقدار ٧–٨ مم، ويحدث الإخصاب فى نحو ثلث الأزهار الملقحة خلال ٢٤ ساعة من التلقيح، وقد تأيد ذلك بدراسة أخرى وُجِدَ فيها أن الإخصاب يحدث فى بعض الأزهار بعد ١٨ ساعة من التلقيح، ويحدث فى معظم الأزهار خلال ٢٤–٣٠ ساعة من التلقيح فى حرارة ٣٠°م. كما وجد أن بداية تكوين الأندوسبرم ذى النوايا الثنائية، والرباعية، والثمانية تكون بعد ٤٨، و٧٢، و٩٦ ساعة من التلقيح، على التوالى. هذا.. بينما تظهر بداية تكوين الجنين ذى الاثنين والأربع خلايا بعد ٩٦، و١٢٠ ساعة من التلقيح، على التوالى.

وقد أفادت معرفة هذه الأمور فى دراسة تأثير العوامل البيئية – خاصة درجة الحرارة – على المراحل المختلفة فى عمليتى التلقيح، والإخصاب، وبداية تكوين الجنين.

وقد تبين ضعف نشاط الإنزيم S-adenosymethionone decarboxylase فى الحرارة المرتفعة (٣٨°م)، وربما يكون ذلك هو السبب الرئيسى فى ضعف سلوك حبوب اللقاح (ضعف الإنبات ونمو الأنابيب اللقاحية) فى تلك الظروف (Song وآخرون ٢٠٠٢).

التأثير على مياسم الأزهار

وجد Charles & Harris (١٩٧٢) أن عقد ثمار الطماطم ينخفض فى حرارة ٢٦,٧°م، وأن ذلك يرجع بصفة رئيسية إلى بروز المياسم وضعف قابليتها لاستقبال حبوب اللقاح، حيث يصاحب بروز المياسم – عادة – جفافها وذبولها.

التأثير على نمو وتكوين الجنين

وجد أن أكبر تأثير للحرارة المرتفعة على الجنين يكون فى المراحل المبكرة من نموه وتكوينه. فعندما عرضت البويضات المخصبة لحرارة ٤٠°م لمدة ٤ ساعات بعد التلقيح بنحو ١٨ ساعة، فشلت فى إكمال نموها. وعندما أجريت هذه المعاملة بعد التلقيح بيوم إلى أربعة أيام اندثر الإندوسبرم وتدهور. أما عندما أجريت معاملة التعريض للحرارة العالية بعد التلقيح بخمسة أيام، لم تنتج عنها أية أعراض غير طبيعية.

تأثير الحرارة المنخفضة على إنتاج وحيوية حبوب اللقاح

إن الحرارة المنخفضة لا تؤثر كثيرًا على عملية تكوين حبوب اللقاح باستثناء فترة حرجة تسبق تفتح الأزهار بأسبوعين تكون فيها النباتات حساسة للحرارة المنخفضة. ومن المعتقد أن هذه الفترة تعقب الانقسام الاختزالى للخلية الأمية لحبوب اللقاح، وذلك على اعتبار أن العمليات المؤدية إلى تكوين حبوب اللقاح تكون بطيئة نسبيًّا فى الحرارة المنخفضة، كذلك ليس للحرارة المنخفضة تأثيرًا على حيوية حبوب اللقاح، إلا عندما

يكون التعرض للبرودة ليلاً ونهارًا؛ فلا تتأثر حيوية حبوب اللقاح عندما تتعرض النباتات لحرارة ٨ أو ٥ْم لمدة ١٢ ساعة ليلاً، مع حرارة ٢٠ْم نهارًا لمدة ٧ أيام، بينما تتأثر نوعية حبوب اللقاح لمدة أسبوعين بعد انتهاء المعاملة فى النباتات التى تتعرض لحرارة ٦–٧ْم ليلاً ونهارًا لمدة أسبوع. ومن المعتقد أن الحرارة المنخفضة تؤثر على تكوين وتطور الزهرة (عن Picken ١٩٨٤).

معاملات تحسين عقد الثمار

معاملة الاهتزاز لتحسين عقد الثمار شتاءً فى البيوت المحمية وفى الزراعات الحقلية

تحتاج نباتات الطماطم فى الزراعات المحمية شتاءً إلى هز العناقيد الزهرية بآلة خاصة مرة واحدة على الأقل كل يومين لضمان عقد الثمار بصورة جيدة، ولا يلزم إجراء ذلك للنباتات النامية صيفًا، وربما كان ذلك بسبب اهتزاز النباتات بصورة طبيعية عند إجراء عملية التهوية أو التبريد صيفًا، وجفاف حبوب اللقاح المنتجة صيفًا بالمقارنة بتلك المنتجة شتاءً، فتكون الأولى مفردة وخفيفة، بينما تكون الثانية متكتلة ولزجة؛ مما يستدعى هز الأزهار للمساعدة على التلقيح.

ويفضل إجراء عملية الهز خلال منتصف النهار، كما تزداد فاعليتها عندما تكون الرطوبة النسبية حوالى ٧٠٪، ويتراوح المجال المناسب من ٥٠٪–٩٠٪. ولا تساعد الرطوبة الأقل من ذلك على التصاق حبوب اللقاح بمياسم الأزهار بصورة جيدة، بينما تؤدى الرطوبة الأعلى من ذلك إلى بقاء حبوب اللقاح داخل المتوك (عن Picken ١٩٨٤).

تساعد عملية الاهتزاز على انتقال حبوب اللقاح إلى مياسم الأزهار، وهو أمر مهم بالنسبة لعقد الثمار عند نقص إنتاج حبوب اللقاح تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء. وإذا لزمت المعاملة بمنظمات النمو لأجل تحسين العقد، فإن ذلك يجب أن يجرى بعد

هزّ العناقيد الزهرية بنحو يومين، حتى لا تتعارض منظمات النمو مع نمو الأنابيب اللقاحية.

هذا.. وقد تُجرى عملية الاهتزاز بالطرق على السلك العلوى الذى تستند عليه النباتات فى نموها الرأسى، ولكن ذلك لا يكون بنفس كفاءة هز العناقيد الزهرية بالهزَّاز vibrator المستعمل لهذا الغرض.

ولقد أدى إحداث اهتزازات شديدة بنباتات الطماطم وما تحمله من أزهار فى الزراعات الحقلية – بتعريضها لتيار قوى من الهواء تحت ضغط – مرة كل يومين فى منتصف النهار أثناء سطوع الشمس لمدة أربعة أسابيع.. أدى ذلك إلى تحسن كبير فى عقد الثمار كمًا ونوعًا، ظهر على صورة زيادة معنوية فى كلٍ من المحصول المبكر والصالح للتسويق والكلى، مع نقص معنوى فى نسبة الثمار المصنفة كنفايات culls (Hanna ١٩٩٩).

معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو البارد

تُفيد المعاملة ببعض منظمات النمو فى تحسين عقد الثمار فى الجو البارد، وذلك عندما تنخفض الحرارة ليلاً عن ١٥ °م أثناء الإزهار. تُعطَى أول رشة بعد تفتح ٣ أزهار بالعنقود، مع قصر الرش على العناقيد الزهرية فقط، وتوجيهه قدر المستطاع نحو الأزهار المتفتحة فقط، وتكراره أسبوعيًّا كلما وجدت أزهار متفتحة، واستمر انخفاض الحرارة عن ١٥ °م.

ومع استحالة رش العناقيد الزهرية فقط فى الزراعات الأرضية – وخاصة مع الأصناف ذات النمو الخضرى المندمج – يلجأ البعض إلى رش النموات الخضرية كلها. وتتوفر أدلة على فاعلية المعاملة بهذه الطريقة عند المعاملة بالأوكسين: بارا – كلورو فينوكسى حاض الخليك بتركيز وصل إلى ٥٠ جزءًا فى المليون (Singletary & Warren ١٩٥١).

ومن أهم منظمات النمو المستخدمة لتحسين العقد فى الجو البارد، ما يلى:

١- بارا-كلورو فينوكسى حامض الخليك para-chloropenoxyacetic acid (اختصارًا: 4-CPA)، كما فى المنتج التجارى توماتون Tomatone، بتركيز ٣٠ جزءًا فى المليون.

٢- بيتانفثوكسى حامض الخليك β-napthoxyacetic acid، كما فى المنتج التجارى بروكاربل Procarpil، وكذلك فى المنتج بيتابال Betapal، بتركيز ٥٠-١٠٠ جزء فى المليون.

٣- حامض فثالامك phthalamic acid، كما فى المنتج التجارى دوراست Duraset، بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون.

وقد لخص Ho & Hewitt (١٩٨٦)، و Geisenberg & Stewart (١٩٨٦) معاملات منظمات النمو المستخدمة تجاريًّا على الطماطم، والتى تؤدى إلى عقد ثمار بكرية فى الظروف الطبيعية غير المناسبة للعقد (فى الجو البارد) كما يلى:

أولاً: باراكلوروفينوكسى حامض الخليك (4-CPA) بتركيز ١٥-٥٠ جزءًا فى المليون. يستخدم التركيز المنخفض فى الزراعات المحمية؛ فترش العناقيد الزهرية بمحلول منظم النمو على صورة رذاذ دقيق عند تفتح الأزهار. وتكفى رشة واحدة لكل عنقود زهرى فى الزراعات المحمية، بينما يمكن فى الحقل أن ترش النباتات خمس مرات كحد أقصى كل ١٠ — ١٥ يومًا.

ثانيًا: ٢-(٣- كلوروفينوكسى) حامض البروبيونك (2-3-chlorophenoxy) propionic acid بتركيز ٢٥- ٤٠ جزءًا فى المليون ويستخدم فى الزراعات المحمية فقط.

ثالثًا: إن — إم تولى فثالامك أسيد N-m-tolyphthalamic acid بتركيز ٠,١٪ - ٠,٥٪ من التحضير التجارى توماست Tomaset الذى يحتوى على الهرمون بنسبة

٢٠٪، وهو يستخدم فى الزراعات الحقلية للأصناف محدودة النمو؛ حيث يرش النبات كله عندما تتكون به من ٣–٤ عناقيد زهرية بكل منها ٢–٣ أزهار متفتحة. وتفيد هذه المعاملة فى تحسين العقد فى الزراعات المبكرة، والتى تزهر فى الجو البارد قبل بداية الربيع، ثم يكرر الرش بعد أن يكوّن النبات ١٠ عناقيد زهرية، كما يلى:

مرحلة النمو	الرطوبة النسبية	التركيز الموصى به	كمية محلول الرش (لتر/هكتار)
٣–٤ عناقيد بها ٢–٣ أزهار متفتحة	عالية	٠,١٪	١٠٠–٢٠٠
	منخفضة	٠,٢٪	١٠٠–٢٠٠
١٠ عناقيد فأكثر	عالية	٠,٢٪ – ٠,٣٪	٣٠٠–٥٠٠
	منخفضة	٠,٥٪	٣٠٠–٥٠٠

يلاحظ أن التركيز الموصى به ينخفض مع ارتفاع الرطوبة النسبية، وأنه لا يوصى بمعاملة الأصناف محدودة النمو – تحت الظروف الحقلية – قبل تكوينها لنحو ٣–٤ عناقيد زهرية حتى لا يتأثر محصولها بفعل التأثير المثبط لمنظم النمو على نموها الخضرى. هذا.. علمًا بأن الاستجابة لمنظم النمو تحدث فى كل من البراعم الزهرية التى يبلغ طولها ٨–١٠ مم والأزهار المتفتحة ما بقيت بتلاتها بلون أصفر زاهٍ. وعند اتباع النظام السابق بيانه فإن الفترة بين المعاملتين تتراوح بين ١٠ و ٢٠ يومًا، ويمكن تكرار المعاملة على فترات مماثلة ما فتئت الحرارة منخفضة عن ١٣°م ليلاً.

رابعًا: ٢–نافثيلوكسى حامض الخليك 2-Naphthyloxyacetic acid بتركيز ٤٠–٦٠ جزءًا فى المليون، وهو يستخدم فى الزراعات الحقلية، حيث يُرش به النبات كله بمعدل ١٣٥–٢٢٥ لترًا/فدان من محلول الرش.

معاملات منظمات النمو لتحسين عقد الثمار فى الجو الحار

يعتبر الأوكسين بارا–كلوروفينوكسى حامض الخليك para-chlorophenoxy acetic acid (اختصارًا 4-CPA) من أهم منظمات النمو المستخدمة تجاريا لتحسين عقد ثمار الطماطم فى الحالات التى تنحرف فيها درجة الحرارة بالارتفاع – أو بالانخفاض

(كما أسلفنا) – عن المجال المناسب للعقد، ويستعمل فى صورة محلول مائى بتركيز ٢٠–٣٠ جزءًا فى المليون (حسب درجة الحرارة السائدة حيث يقل التركيز المستخدم فى الجو الحار)، ثم يرش به النبات كله، أو العناقيد الزهرية فقط.

وتُراعى فى حالة رش النبات ضرورة استعمال التركيزات المخففة، مع محاولة تجنب رش قمة النبات تفاديًا لوصول الهرمون إلى البراعم الزهرية وهى فى أطوارها المبكرة من النمو، حيث يؤدى ذلك إلى الإضرار بالتكوين الطبيعى لحبوب اللقاح، والبويضات. كما يفضل فى حالة رش النبات كله إجراء ٢–٣ رشات بتركيز منخفض عن رشة واحدة بتركيز مرتفع، نظرًا لحساسية النموات الخضرية الشديدة لمنظم النمو فى الجو الحار.

أما فى حالة معاملة العناقيد الزهرية، فإنه يفضل تأخير أول رشة لحين تفتح ٣ أزهار أو أكثر بالعنقود، ويكرر الرش كل ٧–١٠ أيام حسب سرعة تفتح الأزهار الجديدة، طالما استمرت الظروف الحرارية غير المناسبة للعقد. ويعنى ذلك أن العنقود الواحد قد يرش مرتين. ومع أن محلول الرش يصل إلى العنقود كله، إلا أنه يجب أن يكون التركيز على الأزهار المتفتحة بتوجيه فوهة الرشاشة الصغيرة atomizer نحوها. ويراعى دائمًا هز العناقيد جيدًا أثناء معاملتها للمساعدة على التلقيح الطبيعى، إذ لا يجب أن يكون الهدف هو إحلال الهرمونات كلية محل حبوب اللقاح.

ويجب – دائمًا – مراعاة ألا يصل محلول الرش إلى القمة النامية للنبات.

كذلك يستخدم حامض فثالامك Phthalamic، والمعروف تجاريًا باسم دوراست فى تحسين عقد الثمار فى الجو الحار، حيث تعامل به النموات الخضرية بتركيز ٠,٢٪–٠,٣٪ عندما لا تقل درجة الحرارة نهارًا عن ٢٨ °م، وليلاً عن ١٨–٢٠ °م لعدة أيام متتابعة. ويكرر الرش كل ٧–١٠ أيام طالما استمر الارتفاع فى درجة الحرارة. وتفيد التركيزات الأعلى من ذلك بقليل فى وقف النمو النباتى عند الرغبة فى ذلك.

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على صفات الثمار

لا تُحدث المعاملة بمنظمات النمو أية تأثيرات على لون أو طعم الثمار، أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة، أو السكريات، أو الحموضة الكلية، أو المعادن أو الفيتامينات.

ومن ناحية أخرى... نجد أن استعمال منظمات النمو لتحسين العقد يؤدى – عادة – إلى إحداث التغيرات التالية فى صفات الثمار:

١- زيادة نسبة الثمار التى تعقد بكريًّا: ومن الطبيعى أن تؤدى المعاملة أثناء ارتفاع، أو انخفاض درجة الحرارة عن المجال المناسب للعقد الطبيعى إلى إنتاج ثمار بكرية، أو قليلة البذور أيًّا كانت مرحلة النمو المعاملة فيها البراعم أو الأزهار. ويستفاد من الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن محاولة توجيه محلول الرش نحو الأزهار المكتملة التفتح، مع تجنب وصول المحلول إلى البراعم الزهرية، والأزهار غير المكتملة التفتح قدر المستطاع؛ لكن نظرًا لصعوبة إجراء ذلك عمليًّا نجد أن الثمار الناتجة من المعاملة بمنظمات النمو تحتوى دائمًا على نسبة من الثمار غير المنتظمة الشكل، والثمار التى بها جيوب داخلية فى أماكن المساكن.

ويتوقف مدى خلو الثمار من البذور على العوامل التالية:

أ- عدد مرات معاملة العنقود الزهرى الواحد بمنظم النمو.

ب- عمر الزهرة عند المعاملة، فكلما كانت المعاملة مبكرة، ازدادت حالة العقد البكرى.

ج- مدى ملاءمة الظروف الجوية للعقد الطبيعى.

د- مدى كفاءة عملية هز العناقيد الزهرية عند المعاملة.

وتكون الثمار العاقدة طبيعية – أى غير بكرية – إذا عوملت الأزهار بعد اكتمال تفتح البراعم الزهرية وتناسبت الظروف الجوية مع ظروف العقد الطبيعى.

٢- زيادة نسبة الثمار التى تظهر فيها تجاويف داخلية puffy fruits، وخاصة عند زيادة تركيز منظمات النمو المستعملة.

٣- زيادة حجم الثمار إذا أجريت المعاملة بعد اكتمال نمو البراعم الزهرية، أو بعد تفتح الأزهار، ونقص حجم الثمار إذا أجريت المعاملة فى المراحل المبكرة لتكوين البراعم (Hemphill ١٩٤٩). ويعتبر الأوكسين بارا-كلوروفينوكسى حامض الخليك من أكثر الهرمونات تأثيرًا فى هذا الشأن.

٤- زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والسكريات فى الثمار التى تعقد بكريا - بفعل منظمات النمو - مقارنة بالثمار البذرية (Casas Diaz وآخرون ١٩٨٧)؛ ذلك لأن المواد الكربوهيدراتية تخزن فى الثمار بدلاً من تراكمها فى البذور.

٥- نقص صلابة الثمار.

٦- زيادة نسبة الثمار غير المنتظمة النمو rough، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة الأزهار ذات الأجزاء الزهرية المتضاعفة والملتحمة fasciated فى العنقود الزهرى الأول، والتى توجد بصورة طبيعية ولا تعقد - فلا تظهر - فى الجو البارد، بينما تعقد - وتظهر - عند المعاملة بمنظمات النمو (عن Wittwer ١٩٥٤). كما تشاهد هذه الظاهرة فى الأصناف القادرة على العقد فى الجو البارد، حيث تكون الثمار المتكونة شديدة التفصيص، وغير منتظمة الشكل. وتزداد هذه الظاهرة - كذلك - عند زيادة تركيز منظمات النمو المستعملة.

ومن أشكال الثمار غير المنتظمة النمو التى قد تظهر عند المعاملة بمنظمات النمو: حالات الثمار المفلطحة oblate، والمصابة بالعيب الفسيولوجى "وجه القط"، والشبيهة بالفراولة، والمتضاعفة الملتحمة fasciated، والتى تبرز بعض مساكنها.

وقد بيّن Avery وآخرون (١٩٤٧) تأثير المعاملة بمنظمات النمو أثناء المراحل المختلفة للنمو البرعمى، والزهرى على العقد، وصفات الثمار، ويمكن إيجاز ذلك فيما يلى:

١- تؤدى المعاملة فى أى وقت قبل تفتح الأزهار بنحو ثمانية أيام حتى قبيل تفتحها مباشرة إلى عدم تكوّن الأزهار بصورة طبيعية، فيحدث نقص واضح فى نسبة العقد، وحجم الثمار، وتكون الثمار المتكونة قليلة أو عديمة البذور.

٢- تؤدى المعاملة فى بداية مرحلة تفتح الأزهار (أى قبل اكتمال انفراج البتلات والتلقيح) إلى عقد ثمار جيدة، لكنها تخلو من البذور.

٣- تؤدى المعاملة بعد تفتح الأزهار بأربعة أيام إلى عقد ثمار جيدة تحتوى على البذور بصورة طبيعية.

معاملات تحسين العقد والمحصول فى ظروف متباينة

١- فى حالات انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة عن تلك التى تُناسب العقد الجيد يمكن تثبيت العقد بالرش الورقى بالأمكتون بمعدل ٦٠ جم/١٠٠ لتر ماء أو بالتوماست بمعدل ٥٠ جم/١٠٠ لتر ماء بدءًا من بعد التزهير بنحو ١٥ يومًا، ثم يكرر الرش بعد نحو ١٥-٢٠ يومًا أخرى.

٢-يفيد الرش الورقى بالفوسفور والبوتاسيوم معًا عند بداية التزهير وتكرار ذلك ثلاث مرات على فترات أسبوعية أو كل ١٠ أيام .. يفيد ذلك فى تثبيت عقد الثمار.

٣- فى الظروف التى تُناسب الإصابة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم يُفيد الرش الورقى بمخلوط من ٣ أقراص بيرليكس + ١٥٠ مل أحماض أمينية فى ١٠٠ لتر ماء عند بداية الإصابة بالفيرس، وتكرار ذلك ٢-٣ مرات كل ١٢ يومًا.. يفيد ذلك فى تحسين العقد وتخفيف أثر الإصابة الفيروسية على النمو الخضرى.

٤- يمكن زيادة حجم الثمار وتحسين المحصول بالرش بالخميرة بعد شهر من الشتل وتكرار ذلك ثلاث مرات كل ١٥ يومًا، ويكون الرش بمعدل ١,٥ جم خميرة لكل لتر ماء، مع تنشيط الخميرة بالسكر (مركز البحوث الزراعية ٢٠١٣).

٥- المعاملة بالبكتيريا المنشطة للنمو:

أحدث حقن (عدوى) شتلات الطماطم بالسلالة MT232 من البكتيريا *Agrobacterium rhizogenes* – التى تحفز تفرع النمو الجذرى – أحدث زيادة

كبيرة معنوية فى النمو الجذرى للنباتات، حيث بلغت الزيادة فى الوزن الجاف للجذور ٦٤٪، مقارنة بمعاملة الشاهد. وقد اقتصر هذا التأثير على النمو الجذرى فى الثلاثين سنتيمترًا السطحية فقط من التربة، أى أنه ظل قاصرًا فقط على كتلة الجذور الأصلية التى تعرضت للعدوى بالبكتيريا. هذا .. بينما لم يكن للبكتيريا أى تأثيرات غير طبيعية على النمو الخضرى للنباتات المحقونة (Erickson وآخرون ١٩٩٠).

وتستجيب الطماطم لتوفير البكتيريا المنشطة للنمو النباتى حول جذور النباتات (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria). فمثلاً.. أدت السلالة 28-63 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* إلى زيادة محصول الثمار الصالحة للتسويق بنسبة ١٣,٣٪، ومحصول ثمار الدرجة الأولى بنسبة ١٨,٢٪، ومتوسط وزن الثمرة بنسبة ١١,١٪ – عندما كانت الظروف غير مناسبة للطماطم – وذلك مقارنة بمعاملة الشاهد (Gagne وآخرون ١٩٩٣).

٦- التطعيم:

يُفيد استخدام الهجين النوعى *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* كأصل للطماطم فى زيادة المحصول دون التأثير على الجودة. ومن الأصول المستخدمة لهذا الهجين الأصلين: Vigomax، و Hires، وكذلك الأصل Beaufort المقاوم للذبول الفيوزارى، والذى يؤدى إلى زيادة محصول الطماطم بنسبة ١٥٪ إلى ٣٥٪ (Kell & Jaksch ١٩٩٨).

وعندما طُعِّم صنف الطماطم Cuore di Bue (وهو صنف متوارث heirloom) على أصلين من الهجين النوعى: *S. lycopersicum* × *S. habrochaites* (هما: Beaufort، وMaxifort).. أدى التطعيم على Maxifort إلى زيادة نسبة المساحة الورقية leaf area ratio بنحو ١٣٪، والوزن الجاف للأوراق كجزء من الوزن الجاف الكلى بنسبة ١٨٪. وأدى التطعيم – عمومًا – إلى زيادة المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٠٪ – ٢٥٪. ولم يكن للتطعيم تأثير جوهرى على أى من صفات جودة الثمار: المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة، والنسبة بينهما، وخصائص الطعم؛ إلاّ أن التطعيم أحدث خفضًا فى حامض الأسكوربيك بنسبة ١٤٪-٢٠٪ (Gioia وآخرون ٢٠١٠).