الفصل الرابع

تحديات الإنتاج الخاصة بالعيوب الفسيولوجية ووسائل تجنبها

نتناول بالشرح فى هذا الفصل تحديات الإنتاج ذات الصلة بالعيوب الفسيولوجية، وكيف يمكن تجنب حدوثها. كذلك نتطرق إلى التعرف على العيوب الثمرية والنموات غير الطبيعية التى يكون مردها — غالبًا — إلى عوامل وراثية.

إن العيوب الفسيولوجية هى عيوب الثمار والنموات غير الطبيعية التى تظهر عند التعرض لظروف إنتاجية أو بيئية غير مناسبة، وتكون مُصاحَبة بخلل فسيولوجى ينعكس فى صورة تلك العيوب. ولكى يمكن تجنب ظهور تلك العيوب ينبغى أولاً دراسة خصائصها والعوامل المحفزة لظهورها.

تعفن الطرف الزهرى

الأعراض

تظهر أعراض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى Blossom End Rot على الثمار فى أية مرحلة من نموها، لكن يحدث ذلك على الأغلب عندما تكون الثمار بقطر ٢,٥ — ٣سم. وتبدأ الإصابة عند الطرف الزهرى بظهور بقعة صغيرة لونها بنى فاتح، ويقف نمو النسيج المصاب، فتصبح الثمرة مسطحة فى الجزء المصاب الذى يتحول تدريجيًّا إلى اللون الأسود أو البنى. (شكل ٤–١؛ يوجد فى آخر الكتاب).

ويزداد اتساع الجزء المصاب تدريجيًّا بزيادة الثمرة فى الحجم حتى تتوقف الثمرة على النمو عندما تصل إلى نهاية مرحلة اكتمال النمو وهى خضراء. ولذا.. نجد أن مساحة الجزء المصاب تتوقف على موعد بداية الإصابة، فتتراوح من مجرد بقعة صغيرة فى الإصابات المتأخرة إلى مساحة كبيرة يقترب قطرها من قطرة الثمرة ذاتها فى الإصابات المبكرة.

وتؤثر هذه الإصابات المبكرة كذلك على نمو الثمرة، فتجعلها أصغر حجمًا من مثيلاتها غير المصابة. ومع نضج الثمرة يبدو النسيج المصاب غائرًا قليلاً، وصلبًا، وجلدى الملمس، بينما لا يكون النسيج المصاب غائرًا فى الإصابات المتأخرة. ويكون الخط الفاصل بين النسيج المصاب، والنسيج السليم واضحًا تمامًا. ويبدأ تلون الثمرة باللون الأحمر حول المنطقة المصابة، ثم يستمر التلوين فى اتجاه الطرف الآخر للثمرة ولا يفقد النسيج المصاب صلابته إلا إذا حدثت فيه إصابة ثانوية بإحدى الكائنات المسببة للعفن.

وتزداد الإصابة بالعيب الفسيولوجى فى ثمار العنقودين الأول والثانى عما فى العناقيد التالية.

وبالإضافة إلى الأعراض التى أسلفنا بيانها والتى يظهر فيها تعفن الطرف الزهرى كانخفاض خارجى فى الطرف الزهرى يتأثر فيه الجدار الخارجى للثمرة، والمشيمة، ومحتوى المساكن فى موقع الإصابة.. بالإضافة إلى ذلك فإن الإصابة قد تكون داخلية؛ حيث يقتصر النسيج الأسود المتحلل على نسيج المشيمة المجاور للبذور، وعلى الجزء الطرفى من المشيمة، وتعرف هذه الأعراض أحيانًا باسم البذور السوداء Black Seeds وهى لا تُرى إلا بعد قطع الثمار (عن Willumsen وآخرين ١٩٩٦).

وبفحص الأنسجة المتأثرة بتعفن الطرف الزهرى – مورفولوجيًّا – بكل من المجهر الضوئى والإليكترولى – تبين ما يلى:

١- بدأت الإصابة كمنطقة مشبعة بالسوائل fluid-soaked area ظهرت على سطح الثمرة، وتحولت سريعًا إلى لون أسود/فلينى بنى قاتم.

٢- ظهرت خلايا بتراكيب غير طبيعية فى طبقة البشرة والطبقات التى تلتها.

٣- حدثت تمزقات وتلفيات فى الغشاء البلازمى الخارجى وكذلك الداخلى tonoplast.

٤- ظهرت الجدر الخلوية لتلك الخلايا متموجة.

٥- ظهر تدهور بالشبكة الإندوبلازمية بتلك الخلايا.

٦- كما كانت البلاستيدات فيها متضخمة.

٧- كانت الخلايا المحيطة بالنسيج المتحلل طبيعية إلاّ أن الأغشية البلازمية فيها كانت منفصلة عن الجدر الخلوية؛ بما يفيد احتمال حدوث بلزمة فيها؛ وهى الظاهرة التى لم تُلاحظ فى الأجزاء الثمرية الأخرى البعيدة عن الجزء المصاب بتعفن الطرف الزهرى.

٨- حدث انهيار فى الخلايا التى تتواجد تحت البشرة فى الجزء المصاب من الثمرة، وأظهرت بعض الخلايا حول الخلايا المنهارة ترسبات من اللجنين، كما أظهرت الخلايا المحيطية لها تراكيب ميرسيتمية مثل الكالس، ويُعتقد بأن ذلك كان استجابة دفاعية بهدف التئام الجروح فى الثمرة (Suzuki وآخرون ٢٠٠٠).

العوامل المسببة للظاهرة

إن أهم العوامل المسببة لظاهرة تعفن الطرف الزهرى، هى عدم حصول النبات على حاجته من الرطوبة الأرضية، ونقص الكالسيوم.

فيؤدى عدم حصول النبات على حاجته من الرطوبة الأرضية إلى حدوث اختلال فى التوازن المائى داخل النبات، ويترتب على ذلك فشل خلايا الطرف الزهرى للثمار فى الحصول على حاجتها من الماء اللازم لنموها؛ فتنهار الأنسجة الثمرية فى هذه المنطقة. كما تدل معظم الدراسات على ارتباط الإصابة معنويًّا بنقص الكالسيوم، وخاصة فى نصف الثمرة البعيد عن العنق. فمن الثابت أن الثمار المصابة يقل محتواها من الكالسيوم عن الثمار الطبيعية. وتظهر الإصابة عند نقص مستوى الكالسيوم فى الثمار عن ٠,٢٪.

وتزداد حدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات الثمار المطاولة، والكمثرية الشكل.

٢- عندما لا يكون الرى كافيًا لمد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية.

٣- عند نقص الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من النمو القوى المنتظم، نظرًا لاحتياج هذه النباتات لكميات من الماء أكبر مما تحتاجه النباتات التى تنمو ببطء.

٤- فى الأراضى الرملية نظرًا لتعرض النباتات النامية فيها لتقلبات الرطوبة الأرضية بدرجة أكبر عما فى الأراضى المتوسطة والثقيلة.

٥- عند ازدياد تركيز الأملاح – سواء فى التربة أم فى المزارع المائية – حيث تقل قدرة النباتات على امتصاص الماء تحت هذه الظروف بسبب ارتفاع الضغط الأسموزى حول الجذور. ويزداد هذا التأثير للملوحة العالية وضوحًا عند نقص مستوى الكالسيوم الميسر لامتصاص النبات (Adams & Holder ١٩٩٢). وقد وجد Brown & Ho (١٩٩٣) أن زيادة الملوحة أدت إلى نقص امتصاص الكالسيوم بواسطة النبات ونقص وصوله إلى الطرف الزهرى للثمرة. وقد تبين أن زيادة الملوحة تؤدى إلى ضعف تميز نسيج الخشب داخل ثمرة الطماطم؛ الأمر الذى يقلل من وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمرة (عن Minamide & Ho ١٩٩٣)، خاصة وأن الأنسجة الطرفية لثمرة الطماطم تقل كثافة أوعية الخشب فيها بصورة طبيعية، وهى التى ينتقل عن طريقها الكالسيوم مع حركة الماء فيها.

ويتباين تأثير الملوحة حسبما إذا كانت ثابتة نهارًا وليلاً، أم أنها مرتفعة نهارًا فقط، أو ليلاً فقط؛ الأمر الذى يمكن التحكم فيه فى المزارع المائية التى يمكن أن يستعمل فيها محاليل مغذية تختلف فى مستوى ملوحتها فى أى ساعة من ساعات النهار والليل. ففى دراسة أجراها Van leperen (١٩٩٦) على الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى،واستعمل فيها محاليل مغذية اختلفت فى مستوى ملوحتها بين النهار

والليل (نهار/ليل) بين: ٥/٥، و٩/٩، و٩/١، و٩/٩ مللى موز/سم.. وجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى كانت منعدمة – تقريبًا – فى المعاملة ٩/١، بينما ازدادت فى المعاملتين ١/٩، و ٩/٩ مقارنة بالمعاملة ٥/٥.

٦- عند نقص مستوى الكالسيوم الميسر للامتصاص، سواء أكان ذلك فى التربة – كما فى الأراضى الملحية والرملية – أم فى المزارع المائية. وتتعرض الثمار – فى هذه الظروف – إلى منافسة قوية من الأوراق على الكالسيوم الممتص (عن Ho & Adams ١٩٩٤).

ولقد دُرِسَ تأثير ٨٧ محلولاً مغذيًّا على شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ فوجد أن الإصابة تزداد مع نقص الكالسيوم فى المحلول المغذى، كما وجد أن تركيز الكالسيوم يكون أقل فى الثمار المصابة عما فى الثمار السليمة، بينما يزداد البوتاسيوم والمغنيسيوم. ولم تظهر أية علاقة بين الإصابة، وتركيز الأنيونات فى المحاليل المغذية (Lyon وآخرون ١٩٤٢).

ويعتقد بأن حالة تعفن الطرف الزهرى تظهر إذا ما كان مستوى الكالسيوم فى الطرف الزهرى منخفضًا خلال مرحلة النمو السريع للثمرة؛ الأمر الذى قد يحدث فى الحالات التالية:

أ- انخفاض مستوى الكالسيوم فى النبات بسبب الشدِّ المائى أو الملحى.

ب- انخفاض مستوى الكالسيوم فى الثمار بسبب زيادة النتح من النمو الخضرى أو زيادة المقاومة لانتقال الكالسيوم فى أوعية الخشب بداخل الثمرة.

ج- زيادة الطلب على الكالسيوم للمحافظة على نفاذية الأغشية البلازمية بسبب زيادة معدل زيادة الثمار فى الحجم (Ho ١٩٩٩).

٧- زيادة التسميد البوتاسى؛ حيث يمتص النبات البوتاسيوم بكميات أكبر من حاجته، وهو ما يعرف بالاستهلاك الترفى Luxury Consumption؛ فيدخل بذلك

كاتيون البوتاسيوم فى منافسة مع كاتيون الكالسيوم؛ مما يؤدى إلى نقص امتصاص الأخير. وتزداد تلك الحالة شدة عند زيادة نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الأسمدة المستعملة.

وقد وجد Nukaya وآخرون (١٩٩٥) أن زيادة نسبة البوتاسيوم: الكالسيوم فى المحاليل المغذية للطماطم النامية فى مزرعة صوف صخرى أدت إلى زيادة نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع نقص فى محتوى الثمار من الكالسيوم بنسبة تراوحت بين ٥٠٪ و٦٧٪ حسب الصنف. كذلك أحدثت الزيادة فى نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى المحلول المغذى زيادة طفيفة فى نسبة البوتاسيوم فى الثمار.

كذلك توصل Bar-Tal & Pressman (١٩٩٦) إلى نتائج مماثلة لما سبق بيانه؛ حيث أدت زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى من ٥ إلى ١٠ مللى مولارًا/لتر إلى زيادة نسبة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع زيادة امتصاص النباتات من البوتاسيوم، وزيادة تركيز العنصر فى الأنسجة النباتية، ولكن مع نقص امتصاص النباتات للكالسيوم. وقد ارتبطت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى – إيجابيًّا – مع نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الأوراق، ولكن الارتباط لم يكن قويًّا مع نسبة تركيز البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى الثمار.

٨- عند زيادة مستوى التسميد بوجه عام، والأمونيومى بوجه خاص؛ فكلما ازداد امتصاص الآزوت، ازداد النمو الخضرى، وازدادت تبعًا لذلك حاجة النبات للكالسيوم، ويحدث ذلك سواء أكان التسميد الآزوتى فى صورته النيتراتية أم الأمونيومية، كما يؤدى كاتيون الأمونيوم إلى نقص امتصاص كاتيون الكالسيوم كذلك بسبب ما يعرف بالتوازن الكاتيونى.

وقد وجد Barker & Ready (١٩٩٤) أن ثمار النباتات التى سمدت بنيتروجين أمونيومى ظهرت بها نسبة أعلى من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عن تلك التى سُمدت بنيتروجين نتراتى. وأدى تراكم النيتروجين الأمونيومى فى الثمار إلى زيادة معدل

إصابتها بتعفن الطرف الزهرى، وزيادة إنتاجها من الإثيلين. ومن المعلوم أن الثمار المصابة بتعفن الطرف تكون أكثر تجانسًا فى النضج وأسرع نضجًا عن مثيلاتها غير المصابة.

كذلك وجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى انخفضت بزيادة تركيز المحاليل المغذية – فى المزارع المائية – إلى نحو ١٥٠٪ من تركيزها العادى، ولكن زيادة النيتروجين الأمونيومى، أو كلوريد الصودوم – منفردًا – فى هذه المحاليل أدت إلى زيادة شدة الإصابة بالظاهرة. ولم تلاحظ علاقة مباشرة بين شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وتركيز الكالسيوم فى الأوراق (عن Kanahama ١٩٩٤).

ووجد Willumsen وآخرون (١٩٩٦) أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى تأثرت بجميع العناصر المغذية التى استعملت لزيادة ملوحة المحلول المغذى بين ٣ و٩ مللى موز/سم، وهى: الصوديوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكلور، والنيتروجين النتراتى، والفوسفور، والكبريت السلفاتى.

٩- فى الظروف التى تساعد على النتح السريع، حيث يفقد الماء من النبات بمعدلات تفوق قدرة الجذور على امتصاصه من التربة. ويحدث ذلك عندما تهب رياح حارة جافة. ففى هذه الظروف يتجه كل الماء الممتص إلى الأوراق، ويقل بالتالى وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمار، لأنه ينتقل سلبيًّا مع حركة تيار الماء المتجه نحو الأوراق بقوة الشد الناتجة عن النتح. كما تفقد الثمار ذاتها جزءًا من مائها لاحتياج الأوراق إليه لعدم كفاية الماء الذى تمتصه الجذور لتعويض الماء المفقود بالنتح، فتنهار بذلك أنسجة الطرف الزهرى بالثمار، وتظهر أعراض الإصابة (Gerard & Hipp ١٩٦٨، و Taylor وآخرون ٢٠٠٤).

كذلك فإن الفقد الشديد للماء من أنسجة الثمار – عند انخفاض الرطوبة النسبية – يمكن أن يؤدى إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى فى المستويات المنخفضة من

الكالسيوم المتاح للامتصاص، مثل مستوى ١٠٠ مجم كالسيوم/لتر فى المحاليل المغذية (Paiva وآخرون ١٩٩٨).

١٠- عند تشبع الهواء بالرطوبة، حيث يقل أو ينعدم النتح، ويقل الكالسيوم الممتص الذى يصل إلى الثمار تبعًا لذلك، لأن تحركه فى النبات يكون سلبيًّا مع حركة الماء المفقود بالنتح.

وأوضحت دراسات Adams & Holder (١٩٩٢) أن زيادة الرطوبة النسبية أدت – دائمًا – إلى خفض تركيز الكالسيوم فى الأوراق والكمية الكلية المتراكمة من العنصر فيها، علمًا بأن هذا التأثير كان أشدّ وضوحًا عند زيادة الرطوبة النسبية خلال الليل منها أثناء النهار. وبالمقارنة.. فإن تراكم الكالسيوم فى الثمار انخفض بشدة عندما انخفضت الرطوبة النسبة نهارًا. وقد بدا أن الرطوبة النسبية المرتفعة نهارًا تنشط حركة الكالسيوم إلى الثمار الصغيرة، أيًّا كانت الرطوبة النسبية ليلاً.

١١- عند تشبع التربة بالماء لفترة طويلة، حيث يموت الكثير من الجذور بسبب نقص الأكسجين اللازم لتنفسها، أو بسبب تعفنها فى هذه الظروف؛ فتقل بالتالى كمية الماء التى تمتصها النباتات.

١٢- عندما يزداد معدل نمو الثمار فى الظروف البيئية (حرارة وإضاءة) التى تحفز ذلك (Ho وآخرون ١٩٩٣)؛ حيث يزداد طلب الثمار على العنصر؛ خاصة وأن تلك الظروف تشجع – كذلك – على النمو الخضرى السريع.

ويزداد الطلب على الكالسيوم خلال مرحلة ازدياد خلايا الثمرة – السريع – فى الحجم؛ الأمر الذى يحدث – عادة – بعد تفتح الزهرة بنحو ثلاثة أسابيع.

طبيعة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى

تتعرض جميع أصناف الطماطم للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، إلا أن حدة الإصابة تزداد فى الأصناف الكمثرية الشكل، مثل: سان مارزانو San Marzano. ويعتبر الصنف

روما Roma أقل الأصناف الكمثرية عرضة للإصابة عن غيره (Abdel-Al & Saeed ١٩٧٥)، كما تعتبر الأصناف ذات الثمار المطاولة elongated من أكثر الأصناف تعرضًا للإصابة.

وقد وجد أن أكثر مراحل النمو الثمرى تعرضًا للإصابة هى مرحلة ما بعد تفتح الزهرة بنحو ٧–١٥ يومًا، حيث تزداد الثمرة فى الطول خلال هذه المرحلة بمعدل أكبر من ازديادها فى الحجم، كما يكون النمو الثمرى نشيطًا، وبذلك لا يصل للطرف الزهرى للثمرة كل احتياجاته من الكالسيوم. وقد وجد بالفعل أن محتوى الأطراف الزهرية من الكالسيوم أقل خلال هذه المرحلة من النمو عما فى المراحل الأخرى (Spur ١٩٥٩، و Waterhout ١٩٦٢).

كذلك وجد Ho وآخرون (١٩٩٣) أن امتصاص الكالسيوم وانتقاله إلى الطرف البعيد (الزهرى) للثمرة كان أقل فى الصنف كالِبسو Calypso القابل للإصابة عما فى الصنف كَوّنتر Counter الأقل قابلية للإصابة. وقد كان ذلك مرتبطًا بعدم تميز نسيج الخشب بقدرٍ كافٍ فى الصنف القابل للإصابة.

يؤدى نقص وصول الكالسيوم إلى الطرف الزهرى للثمرة إلى انخفاض تثبيت وترسيب الكالسيوم فى الجدر الثمرية — فى هذه المنطقة — فى صورة بكتات كالسيوم وفوسفات كالسيوم إلى درجة لا تفى باحتياجات التكوين الطبيعى للجدر والأغشية الخلوية. وقد يترتب على ذلك فقد الأغشية الخلوية لخاصة نفاذيتها الاختيارية. ومن ثم تتسرب محتويات الخلايا إلى خارجها، إلى درجة إحداث أضرار بالخلايا، وظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى، وخاصة إذا كانت درجة حموضة المحتوى الخلوى عالية؛ الأمر الذى يحدث — دائمًا — عند زيادة ملوحة الوسط الذى تنمو فيه الجذور.

فعند زيادة الملوحة الأرضية أو ملوحة المحاليل المغذية، يزداد تركيز البوتاسيوم وإنتاج الأحماض فى الثمرة. وقد تؤدى زيادة تركيز الأحماض العضوية فى الثمرة إلى

نقص تيسر الكالسيوم فى أنسجتها؛ الأمر الذى يجعل الثمرة أكثر حساسية للإصابة بتعفن الطرف الزهرى (عن Willumsen وآخرين ١٩٩٦).

هذا.. ويزداد الطلب على الكالسيوم خلال مرحلة ازدياد خلايا الثمرة – السريع – فى الحجم؛ الأمر الذى يحدث – عادة – بعد تفتح الزهرة بنحو ثلاثة أسابيع.

كما يزداد الطلب على الكالسيوم والتنافس عليه عند زيادة محصول الثمار مع توفر ظروف تشجع النمو السريع لكل من الثمار والنمو الخضرى.

هذا.. وتظهر أعراض تعفن الطرف الزهرى بسبب تدهور وتحلل الأغشية الخلوية؛ الأمر الذى يحدث – غالبًا – فى الثمار الصغيرة فى بداية مرحلة ازدياد الخلايا فى الحجم، وهى المرحلة التى يزداد معها تركيز الجبريللينات النشطة فسيولوجيًّا. وقد اقترح Saure (٢٠٠١) أن واحدًا أو أكثر من واحد من عوامل الشدِّ – مثل نقص الرطوبة الأرضية، أو الملوحة العالية، أو زيادة تركيز ونشاط أيون الأمونيوم – يؤدى إلى زيادة الشدِّ على الأغشية الخلوية فى تلك المرحلة من النمو الثمرى – وهى التى يُصاحبها أقل تركيز للكالسيوم فى الثمار – حيث تنهار القدرة على تحمل ظروف الشدِّ، وتنهار الأغشية الخلوية دون أن يكون للكالسيوم دور أساسى أو مستقل فى ظهور أعراض الإصابة.

وتلعب كثافة الأوعية الخشبية بالثمار دورًا فى الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ويكون للملوحة تأثيرها على الإصابة من خلال تأثيرها على كثافة الأوعية.

إن انتقال الكالسيوم إلى الثمار يتم – غالبًا عن طريق الخشب، وربما ترجع صعوبة وصول الكالسيوم إلى الطرف البعيد من الثمرة إلى مقاومة الأنسجة الطرفية لحركة الماء خلال أنسجة الخشب فيها، حيث وجد أن هذه المنطقة لا تمتد فيها أوعية الخشب بكثافة عالية. ومع نقص تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة عند زيادة الملوحة الأرضية.. تزداد مشكلة تعفن الطرف الزهرى فى هذه الظروف.

ومن المعروف أن عدد الحزم الوعائية وكثافتها تنخفض فى أنسجة مشيمة ثمرة الطماطم عما فى جدرها، كما تنخفض فى طرف الثمرة البعيد عما فى طرفها القريب المتصل بالعنق؛ الأمر الذى يؤدى إلى وجود أعداد قليلة جدًا من الحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد بصورة طبيعية. هذا إلا أن العدد القليل من الحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد يكون مصاحبًا بزيادة فى حجم الحزمة فى أنسجة الجدر الثمرية.

وقد وجد Belda وآخرون (١٩٩٦) أن الملوحة العالية أدت إلى نقص المساحة الكلية للحزم الوعائية فى طرف الثمرة البعيد، مقارنة بثمار الكنترول، وكان النقص أشد فى الأصناف الحساسة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى عنه فى الأصناف المقاومة. كذلك أدت الملوحة العالية إلى نقص المساحة الكلية لأوعية الخشب فى الأنسجة البعيدة للثمرة، بما فى ذلك أنسجة المشيمة.

وعلى الرغم من وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى كفاءة امتصاصها للكالسيوم واستخدامها للتركيزات المنخفضة من العنصر فى بيئة النمو، إلا أن Ho وآخرين (١٩٩٥) لم يجدوا أية علاقة بين كفاءة استخدام الكالسيوم أو امتصاصه ومقاومة النباتات لتعفن الطرف الزهرى، حيث بدا من دراساتهم أن المقاومة ترتبط بقدرة النباتات على تحويل كميات كافية من العنصر بعيدًا عن الأوراق إلى العناقيد الثمرية، وخاصة إلى الطرف البعيد للثمار.

ويبدو أن الاختلافات المشاهدة بين الأصناف فى معدل نمو ثمارها، وفى تميز نسيج الخشب فيها هى الأساس فى تباينها فى صفة المقاومة لتعفن الطرف الزهرى؛ حيث تقل الإصابة عند بطء نمو الثمار وتزيد عند ضعف تميز الخشب فيها.

ويُستنتج من مراجعة البحوث المنشورة أن نقص الكالسيوم ليس هو سبب الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وإنما نتيجة للإصابة به، وذلك فى كل من الطماطم والفلفل. والحقيقة هى أن استنفاذ الكالسيوم الذائب لا يُلاحظ إلاّ بعد أن تصبح أعراض تعفن

الطرف الزهرى منظورة، بينما يلاحظ فى المراحل المبكرة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى أن توزيع وتركيز الكالسيوم فى الثمار يتماثل مع ما فى الثمار السليمة. ومن الواضح أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى مردها إلى عوامل للشدِّ البيئى، مثل: الملوحة، والجفاف، والإضاءة العالية، والحرارة، والتغذية بالأمونيا، وهى عوامل يترتب عليها زيادة فى الـ ROS (وهى الـ reactive oxygen species)؛ ومن ثم زيادة شد الأكسدة، وفى النهاية موت الخلايا. ويترتب على موت الخلايا تحلل الأغشية البلازمية وانهيار الشبكة الإندوبلازمية؛ مما يؤدى إلى تسرب الأيونات والتى منها الكالسيوم، وفقد الخلايا لامتلائها. وتؤدى الجبريللينات إلى خفض تراكم الكالسيوم، وإلى زيادة الحساسية لعوامل الشد، ولمخاطر الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ بينما يكون لحامض الأبسيسك تأثير عكسى. وقد تؤدى المعاملة بمضادات الجبريللين مثل حامض الأبسيسك أو بمثبطات تمثيل الجبريللين مثل البروهِكساديون–كالسيوم prohexadione-Ca إلى منع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بصورة تامة، حتى مع وجود تركيز منخفض من الكالسيوم (Saure ٢٠١٤).

طرق الوقاية من الإصابة

لا يمكن علاج الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بعد حدوثها بالفعل، ولكن يمكن اتخاذ بعض الإجراءات التى تكفل الوقاية من الإصابة وتمنع حدوثها.

ومن أهم الإجراءات التى يمكن اتخاذها للوقاية من الإصابة، ما يلى:

١- تجنب زراعة الأصناف الحساسة للإصابة فى الظروف التى تشجع على حدوث الإصابة.

٢- تنظيم الرى، خاصة: فى الجو الحار، وفى الأراضى الرملية.

٣- تجنب الزراعة فى الأراضى الملحية.

٤- تجنب زيادة كميات الأمونيوم، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم الميسر فى التربة عما

يفى بحاجة النبات للنمو الجيد. فمن الضرورى المحافظة على التوازن بين الكالسيوم، والأيونات الأخرى فى التربة، فتكون نسبته فى حدود ١٦٪–٢٠٪ من الكاتيونات الكلية. ويمكن المحافظة على هذه النسبة بإضافة الجبس الزراعى (Greenleaf & Adams ١٩٦٩).

٥– يفيد رش الثمار فى الزراعات المحمية بمحلول كلوريد الكالسيوم – بتركيز ٠,٤٪–٠,٥٪ – مع بدء الرش بعد ٩–١٥ يومًا من تفتح الأزهار، وهى أكثر المراحل حساسية للإصابة. وقد وجد أن الرش فى هذه المرحلة من النمو يؤدى إلى زيادة الكالسيوم فى الطرف الزهرى للثمرة بنسبة ٣٠٪ فى خلال ٤٨ ساعة. ويُمتص الكالسيوم من خلال جلد الثمرة مباشرة، أما الكالسيوم الممتص عن طريق الأوراق فلا تستفيد منه الثمار، وذلك لأنه نادرًا ما يخرج منها. وعليه.. لا يفيد رش الأوراق فى الوقاية من المرض، بالإضافة إلى أن امتصاص الثمار للكالسيوم يتناسب عكسيًّا مع عمر الثمرة؛ ولذا يوصى بالرش المبكر. ويلزم غالبًا إجراء ٧ رشات على فترات أسبوعية. هذا.. ويجب ألاّ يُتخذ الرش بديلاً للتسميد بالكالسيوم، وإنما يتم فقط فى الظروف التى تزيد فيها فرصة حدوث الإصابة.

وعلى الرغم من أن إضافة الجبس الزراعى (كبريتات الكالسيوم) بمعدل طن للهكتار (٤٢٠ كجم/فدان) أدت إلى خفض معدل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى بمقدار ٤٠٪، إلا أنه تفضل إضافة الكالسيوم فى صورة نترات الكالسيوم مع مياه الرى بالتنقيط، حيث أدى التسميد بهذه الطريقة إلى وقف الإصابة بالظاهرة (Gávate وآخرون ١٩٩١).

إن رش الثمار النامية – مباشرة – بنترات الكالسيوم بمعدل ٥–٧,٥ كجم/٤٠٠ لتر ماء قد يفيد فى تقليل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

يُعد توفر الكالسيوم بتركيز عالٍ فى ثمار الطماطم خلال المراحل المبكرة لتكوينها أمرًا ضروريًّا لتجنب إصابتها – بعدً ذلك – بتعفن الطرف الزهرى، ويعتقد بضرورة

توفر ٩٠٪ من الكالسيوم الذى يلزم لاكتمال النمو الطبيعى للثمرة فيها قبل بدء تكون الطبقة الشمعية على الثمار الصغيرة.

«http://www.uga.edu/vegetable/tomato.html»

٦- للتغلب على ظاهرة تعفن الطرف الزهرى بثمار الطماطم فى الزراعات اللاأرضية، يُوصى بالمحافظة على مستوى البوتاسيوم فى حدود ١,٧ مللى مول والكالسيوم فى حدود ٨-٩ مللى مول، مع رطوبة نسبية عالية (De Kreij ١٩٩٦).

٧- المعاملة بحامض الأبسيسك:

تُشير الدراسات إلى أن المعاملة بحامض الأبسيسك رشًّا بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون تقدح آليات فى النبات والثمار لزيادة امتصاص الكالسيوم ومنع الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، مع زيادة تركيز الكالسيوم فى مختلف أجزاء الثمرة حتى ولو انخفض محتوى الأوراق من العنصر (Barickman وآخرون ٢٠١٤أ). وقد حدث أكبر خفض للإصابة بتعفن الطرف الزهرى حينما جُمِعَ بين معاملتى حامض الأبسيسك رشًّا بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون، ومع ماء الرى بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، وكذلك عند الجمع بين معاملتى الرش بحامض الأبسيسك، والتسميد بالكالسيوم مع ماء الرى بتركيز ١٨٠ جزءًا فى المليون. وقد كانت المعاملة بحامض الأبسيسك فعالة فى زيادة تركيز الكالسيوم بالثمار وخفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى المراحل المبكرة فقط من النمو النباتى، ولكنها كانت أقل فاعلية فى المراحل المتأخرة (Barickman وآخرون ٢٠١٤ب).

ويمكن إجمال المناقشات السابقة فيما يلى:

توجد أربعة أسباب رئيسية لظاهرة تعفن الطرف الزهرى، نُجملها فيما يلى:

١- انخفاض مستوى الكالسيوم فى النبات.

٢- ضعف انتقال الكالسيوم إلى أنسجة الطرف البعيد من الثمرة (الطرف الزهرى).

٣- زيادة الطلب على الكالسيوم بسبب تسارع معدل النمو الثمرى.

٤- عدم التوازن بين الكالسيوم وعناصر أخرى (مثل النيتروجين والفوسفور) وتأثير ذلك على نفاذية الأغشية الخلوية.

ويمكن الحد من تأثير تلك المسببات لحالة تعفن الطرف الزهرى بمراعاة ما يلى:

١- الوصول بامتصاص الجذور للكالسيوم إلى المستوى المثالى:

إن المستوى المثالى للكالسيوم فى المحاليل المغذية هو ٢٠٠ جزء فى المليون، ويؤدى انخفاضه لأقل من ١٠٠ جزء فى المليون إلى ظهور أعراض الظاهرة. هذا إلاّ أن امتصاص الكالسيوم يتناسب طرديًّا مع امتصاص الماء، وهو الذى يتأثر – بدوره – بنتح النموات الخضرية، وبشدة الإضاءة، والرطوبة النسبية، وحرارة الجذور. ويعنى ذلك أن امتصاص الكالسيوم يمكن أن يتأثر بظروف النمو، إضافة إلى مستوى الكالسيوم فى بيئة النمو. ومن بين العوامل المؤثرة فى امتصاص الكالسيوم الملوحة فى نطاق الجذور (نتيجة لما تحدثه من ضغط أسموزى). ويؤدى استعمال تركيز عالٍ من العناصر المغذية إلى نفس النتيجة؛ فيقل امتصاص الكالسيوم رغم توفره.

ويقل امتصاص الكالسيوم كذلك عند ضعف التهوية فى محيط الجذور. وبذا.. فإنه حتى ولو وُجد الكالسيوم بتركيز كافٍ للنمو الجيد، فإن حالة تعفن الطرف الزهرى يمكن أن تظهر إذا كانت درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) أكبر من ٥,٠ mS/سم، أو عند زيادة الأمونيوم NH_4 عن ١٠٪ من النيتروجين الكلى المتوفر للتغذية، أو إذا ساءت تهوية الجذور (كما يحدث عند توقف انسياب المحلول المغذى لفترة طويلة فى مزارع الصوف الصخرى)، أو إذا انخفضت حرارة محيط النمو الجذرى عن ١٤°م أو ارتفعت عن ٣٠°م.

٢- تحسين توزيع الكالسيوم إلى الثمار السريعة النمو:

يكون انتقال الكالسيوم من الجذور إلى الثمار بطيئًا لأن العنصر ينتقل مع تيار الماء الذى يتحرك بفعل عملية النتح، بينما يكون معدل النتح فى الثمار شديد الانخفاض؛ وبذا.. يكون تركيز الكالسيوم فى الثمار أقل عما فى أى عضو آخر من النموات الخضرية. ويمكن أن يزداد نقص الكالسيوم فى الثمار إذا كان معدل النتح فى النموات الخضرية عاليًا؛ نظرًا لاتجاه مزيد من الكالسيوم – حينئذٍ – نحو الأوراق الناتحة بدلاً من اتجاهه نحو الثمار. وإضافة إلى ذلك.. لا يكون توزيع الكالسيوم فى الثمار متجانسًا نظرًا لضعف تكوين شبكة الخشب – التى تنقل تيار ماء النتح – قريبًا من الطرف البعيد للثمرة. ويعنى ذلك الضعف الشديد فى وصول ماء النتح إلى تلك المنطقة من الثمرة، وهو ما يعنى انخفاض تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة. ويزداد ضعف شبكة الخشب فى النسيج البعيد للثمرة – خاصة – فى الأصناف الحساسة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك عند زيادة الأملاح فى المحلول المغذى. ويعنى ذلك أن الملوحة العالية لا تحد – فقط – من امتصاص الكالسيوم، ولكنها تحد كذلك من انتقال العنصر للطرف البعيد من الثمرة.

يقل تركيز الكالسيوم كذلك – كثيرًا – خلال مرحلة النمو السريع للثمرة (بعد حوالى أسبوعين من تفتح الزهرة)؛ بما يعنى أن تركيز الكالسيوم فى الطرف البعيد للثمرة قد يُصبح حرجًا خلال فترة النمو السريع. وتلك هى الفترة الحرجة التى تُستَحث فيها حالة تعفن الطرف الزهرى، وذلك عندما ينخفض تركيز العنصر عن المستوى المناسب لنفاذية الأغشية الخلوية.

ولتحسين وصول الكالسيوم إلى الثمار السريعة النمو يلزم خفض النتح فى النمو الخضرى لأجل توجيه انسياب الكالسيوم إلى الثمار وبعيدًا عن الأوراق. وبخفض الفرق فى ضغط بخار الماء vapor pressure deficit (اختصارًا: VPD) فى الصوبة من ٠,٨

إلى ٠,١ كيلو باسكال، فإنه يمكن زيادة تركيز الكالسيوم بالثمار. ويتعين تجنب زيادة الـ VPD عن ٠,٥ كيلو باسكال، وزيادة الـ EC عن ٠,٥ mS/سم.

٣- تنظيم نمو الثمار بتوفير توازن أفضل لانتقال الغذاء المجهز والكالسيوم إليها:

لا يؤثر الضوء والحرارة على امتصاص الكالسيوم فقط، ولكنهما يؤثران كذلك فى معدل نمو الثمرة؛ فيزداد معدل نموها عند توفر مزيد من الغذاء المجهز (عند زيادة شدة الإضاءة)، وعند زيادة النشاط الأيضى فيها (فى الحرارة العالية). ويلزم الكالسيوم للمحافظة على سلامة كلاًّ من الأغشية البلازمية والجدر الخلوية، ويعنى ذلك زيادة الطلب على العنصر خلال فترة النمو السريع للثمار. ونظرًا لأن الظروف المهيئة للنمو السريع للثمار لا تحفز بالضرورة زيادة امتصاص الكالسيوم، فإن النمو السريع للثمار قد يقود إلى انخفاض مستوى الكالسيوم إلى الحد الحرج.

يحدث النمو السريع للثمار – كذلك – عندما تأتى فترة من الجو الصحو بعد فترة طويلة من الجو الملبد بالغيوم. كما يمكن أن تزداد الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند خف العناقيد الزهرية، وهو الإجراء الذى يوفر مزيدًا من الغذاء المجهز للنمو السريع للثمار المتبقية. ويفيد دائمًا التحكم فى الظروف التى تُناسب زيادة محصول الثمار (الإضاءة الجيدة، والحرارة، والتغذية بثانى أكسيد الكربون)؛ لتجنب حدوث زيادة فجائية فى معدل نمو الثمار وما يستتبعه ذلك من زيادة فى حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

٤- المحافظة على التوازن بين الكالسيوم والعناصر الأخرى لنمو الثمار:

توجد أدلة على أن حالة تعفن الطرف الزهرى يمكن أن تحدث نتيجة لعدم التوازن بين العناصر المغذية فى الثمرة ذاتها؛ فيمكن – مثلاً – زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى بخفض الفوسفور المتوفر للامتصاص من ٣٠ إلى ٥ أجزاء فى المليون، حتى مع عدم تغيير مستوى الكالسيوم. ويمكن إحداث نفس التأثير – بدرجة أقل – بخفض

مستوى النيتروجين النتراتى المتاح للتغذية من ٢٤٠ إلى ١٢٠ جزءًا فى المليون. وربما يكون لتلك العوامل تأثير على نفاذية الأغشية البلازمية (Ho ١٩٩٨، وHo وآخرون ١٩٩٩).

تشققات الثمار

توجد ٣ أنواع من تشققات الثمار Fruit Cracks، هى كما يلى:

١- التشقق الدائرى Concentric Cracking:

يظهر التشقق الدائرى على شكل حلقات دائرية حول كتف الثمرة تتمركز عند العنق، وتكون سطحية غالبًا، فلا تتعمق لأكثر من جلدة الثمرة، والطبقة السطحية من جدار الثمرة (شكل ٤-٢؛ يوجد فى آخر الكتاب).

٢- التشقق العمودى Radial Cracking:

تمتد التشققات العمودية من طرف الثمرة المتصل بالعنق نحو الطرف الزهرى، وتصل غالبًا إلى ربع أو ثلث المسافة بين طرفى الثمرة، ولكنها قد تمتد أحيانًا حتى منتصفها. وتكون هذه التشققات عميقة غالبًا، حيث تنفذ خلال جلد الثمرة، وتصل أحيانًا إلى المساكن (شكل ٤-٣؛ يوجد فى آخر الكتاب).

٣- التفلقات Bursting or Side Wall Cracks:

تظهر التفلقات متعرجة لا تتصل بالعنق، بل تكون فى أى مكان من سطح الثمرة، وتكون عميقة.

ويسود نوع واحد من التشققات على النوعين الآخرين فى الصنف الواحد غالبًا، لكن قد تظهر كل أنواع التشققات فى نفس الثمرة أحيانًا أخرى. وإذا حدث أن ظهرت تشققات دائرية مع تشققات عمودية قصيرة تأخذ الثمار مظهرًا شبكيًّا.

تظهر التشققات الدائرية فى الثمار الخضراء الناضجة، ويستمر وجودها عند نضج الثمار، لكنها نادرًا ما تبدأ فى الظهور بعد بداية التلوين. وعلى العكس من ذلك..

فنادرًا ما تظهر التشققات العمودية على الثمار الخضراء، بينما يكثر ظهورها عند النضج. ويعنى ذلك أن حصاد الثمار فى طور النضج الأخضر يجنبها الإصابة بالتشقق العمودى. أما التفلقات، فإنها لا تتكون إلا فى الثمار تامة النضج.

تقلل جميع أنواع التشققات من نوعية الثمار المصابة، وتهيئ منافذ للإصابة بالكائنات الأخرى المسببة للعفن، لكنها تختلف فى هذا الشأن، فالتشققات الدائرية تكون سطحية غالبًا، وتلتئم بسرعة، بينما تكون التشققات العمودية غائرة غالبًا، ولا يكون التئامها كاملاً فى معظم الأحيان، فتشكل بذلك منفذًا للكائنات المسببة للعفن. وكثيرًا ما تتفتح التشققات العمودية الملتئمة أثناء تداول الثمار بعد الحصاد. أما التفلقات، فإنها نادرًا ما تلتئم، وتكون عرضة للإصابة بفطر الالترناريا *Alternaria*، وغيره من الكائنات المسببة للعفن.

تظهر التشققات، ويزداد معدل تكوينها فى الظروف التالية:

١- عندما تحدث تقلبات كبيرة فى الرطوبة الأرضية (Pascual وآخرون ١٩٩٩)؛ خاصة عند زيادة الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من الجفاف (Pascual وآخرون ٢٠٠٠)، وذلك لأن جلد الثمرة ينضج، ويصبح أقل مرونة أثناء فترة الجفاف، فإذا ما ازدادت الرطوبة الأرضية فجأة، وصلت كمية كبيرة من الرطوبة إلى الثمرة، واستعادت نشاطها، ولكن جلد الثمرة الناضج لا يتمكن من الاتساع ليستوعب الزيادة الجديدة فى الحجم، كما لا يمكنه تحمل الضغط الداخلى الواقع عليه؛ فتحدث التشققات. وتظهر التفلقات بكثرة عند رى الحقل قبل الحصاد فى وجود ثمار حمراء ناضجة، حيث تكون شديدة الحساسية للزيادة فى الرطوبة الأرضية.

٢- عند زيادة هطول الأمطار بعد فترة من الجفاف، حيث يلاحظ ظهور التشققات بعد عدة ساعات من المطر. ولا يختلف تأثير الأمطار فى هذه الحالة عن تأثير الرى، فكلاهما يؤثر من خلال زيادته للرطوبة الأرضية، وقد تؤثر الأمطار بطريق آخر، خاصة

عندما تكون على شكل رخات كثيرة بكميات قليلة لا تؤثر كثيرًا على الرطوبة الأرضية. ففى هذه الحالة يؤثر المطر من جراء امتصاص الثمار لماء المطر المتساقط عليها مباشرة، وما يسببه ذلك من تولد ضغط داخلى على جلد الثمرة. وينفذ الماء إلى داخل الثمرة إما من خلال الشقوق الدقيقة التى توجد بها، وإما من خلال النسيج الفلينى المحيط بعنقها. وتزداد حدة التشقق بزيادة عدة مرات المطر. ويُحدث الرى بالرش نفس التأثير الذى يُحدثه المطر، والرى السطحى معًا.

٣- عند زيادة مستوى الرطوبة الأرضية بصورة عامة.

٤- فى حالات التربية الرأسية للطماطم فى الحقول المكشوفة، حيث تكون الثمار أكثر عرضة للشمس والهواء، فينضج جلد الثمرة بسرعة، ويصبح أقل مرونة وأكثر عرضة للتشقق.

٥- عندما تستعيد النباتات المثمرة نموها النشيط فجأة بعد فترة من توقف النمو، كأن يتحسن الجو بعد فترة من الجو البارد الملبد بالغيوم أو تُسمد النباتات بالأزوت بوفرة بعد فترة من نقص الآزوت.

٦- عندما ترتفع درجة حرارة الثمرة كثيرًا، حيث ينهار نسيج البشرة المغطى بالكيوتين بالقرب من عنق الثمرة؛ الأمر الذى يعرض الثمار للإصابة بالتشقق، حتى مع انتظام النمو والرطوبة الأرضية. كما يؤدى ارتفاع حرارة الأنسجة الداخلية للثمرة إلى زيادة ضغط الغازات والضغط الاستاتيكى لأنسجة الثمرة الداخلية على جلد الثمرة؛ مما يؤدى إلى تشقق الثمار الحمراء فى الحال، وتشقق الثمار الخضراء بعد فترة قصيرة، حينما تتسع الشقوق الدقيقة — التى تتكون بالثمرة خلال فترة ارتفاع درجة حرارتها — وتصبح مرئية.

٧- تحت ظروف الإضاءة القوية حيث يلعب الضوء دورًا مستقلاً فى تشقق الثمار يختلف عن حقيقة أن زيادة شدة الإضاءة ترتبط — عادة — مع ارتفاع درجة الحرارة؛

ففى الإضاءة القوية، يزداد معدل انتقال المواد الصلبة الذائبة إلى الثمار. كما يزداد معدل نموها، ويعتبر كلا الأمرين من العوامل التى ترتبط بزيادة حدوث التشققات.

٨- عند زيادة قوة المحلول المغذى فى الزراعات اللاأرضية:

وجد أن زيادة قوة المحلول المغذى من نصف قوته إلى قوته الكاملة وإلى ضِعف قوته (كانت درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل الثلاثة: ١,٤، و ٢,٤، و٤ مللى سيمنز/سم، على التوالى) أدت إلى زيادة إصابة الثمار بالتشقق فى أربعة أصناف من الطماطم الشيرى (Ohta وآخرون ١٩٩٣).

ومن أهم الصفات النباتية التى ترتبط بزيادة القابلية للتشقق فى ثمار الطماطم ما يلى:

١- حجم الثمرة الكبير.

٢- ضعف تحمل جلد الثمرة للضغوط.

٣- قلة مرونة جلد الثمرة خلال مراحل نموها من بداية التلوين إلى حين اكتسابها لونًا ورديًا.

٤- رقة جلد الثمرة.

٥- رقة الجدار الثمرى Pericarp.

٦- عدم تعمق الكيوتين كثيرًا بين خلايا البشرة إلى داخل الثمرة.

٧- عدم تغطية النمو الخضرى للثمار (Peet ١٩٩٢).

ويتأثر تفلق ثمار الشيرى بعد الحصاد ويرتبط بعدد من العوامل، كما يلى:

١- يؤدى نقع الثمار فى ماء يحتوى على كالسيوم إلى نقص التفلق، بينما أدت إضافة المواد المخلبية إلى زيادته.

٢- أدت معاملة النقع فى محاليل الكالسيوم إلى زيادة محتوى الثمار من الكالسيوم المرتبط، بينما خفضت إضافة المادة المخلبية CDTA من الكالسيوم الذائب.

٣- ارتبط الفقد الرطوبى للثمار أثناء التخزين بالانخفاض فى قابلية الثمار للتفلق.

٤- وعلى العكس من ذلك.. أدى نضج الثمار أثناء تخزينها إلى زيادة قابلية الثمار للتفلق.

٥- كانت قابلية الثمار للتفلق أكبر عندما كان الحصاد فى الصباح عما كان عليه الحال عندما كان الحصاد ظهرًا، وكان أقل ما يمكن عندما كان الحصاد ليلاً (Lichter وآخرون ٢٠٠٢).

من البديهى أنه لا توجد وسيلة لعلاج تشققات الثمار إذا حدثت، إلاّ أنه يمكن اتخاذ بعض التدابير والإجراءات التى تخفض احتمالات حدوث الإصابة، وهى كما يلى:

١- تجنب زراعة الأصناف الشديدة القابلية للإصابة بالتشقق.

٢- توفير كافة الظروف المساعدة على انتظام النمو، وتجنب العوامل المؤدية إلى توقف النمو لفترة، ثم تنشيطه من جديد، مثل: عدم انتظام الرى، أو التسميد الآزوتى، أو درجة الحرارة.

٣- تجنب الرى الغزير.

٤- اتباع الأساليب الزراعية التى تقلل من التغيرات الكبيرة اليومية فى درجة الحرارة داخل الثمار، والتى من أهمها المحافظة على نمو خضرى قوى. ويتعين المحافظة على أقل تباين ممكن بين حرارتى الليل والنهار فى الزراعات المحمية، مع رفع الحرارة تدريجيًّا عند الانتقال من مستوى حرارة الليل إلى حرارة النهار.

٥- التسميد الأرضى الجيد بالكالسيوم، كما يفيد رش النباتات بكلوريد الكالسيوم.

٦- إجراء الحصاد قبل وصول الثمار إلى مرحلة التلون الوردى (Peet ١٩٩٢).

تشقق أديم الثمار

يختلف تشقق أديم الثمار Cuticle Cracking عن تشققات الثمار العمودية والدائرية التى أسلفنا بيانها، حيث تقتصر الشقوق على أديم الثمرة Cuticle فى الحالة الأولى، بينما تتعمق فى الغلاف الثمرى الخارجى outer pericarp فى الحالة الثانية.

وتُعرف ظاهرة تشقق أديم ثمرة الطماطم fruit cuticle cracking – كذلك – بالأسماء: russeting، و hair cracking، و swell cracking، و rain check، و crazing، و cuticle blotch.

يظهر تشقق الأديم فى صورة شقوق دقيقة مثل الشعرة يتراوح طولها بين ٠,١، و٢,٠ ملليمتر، وتكون قاصرة على طبقة الأديم والطبقات الأولى من البشرة، وتنتشر فى دوائر حول أثر عنق الثمرة، أو قد تتوجه فى كل الاتجاهات على جوانب الثمرة وطرفها الزهرى؛ مما يعطى سطح الثمرة مظهرًا شبكيًّا. تُكسب الظاهرة الثمار مظهرًا سيئًا وجلد خشن به أنسجة فلينية، ويقلل من قدرتها التخزينية.

يظهر التشقق الأديمى فى المرحلة الأخيرة من نمو الثمرة بعد نحو ٤٢–٤٩ يومًا من تفتح الزهرة. وفى دراسة على الطماطم الحقلية بدأ ظهور التشقق الأديمى فى ٢٪ من الثمار وهى ما زالت خضراء غير مكتملة التكوين، و٦١٪ وهى خضراء مكتملة التكوين، و٢٧٪ وهى فى طور التحول، و ١٠٪ وهى حمراء. وترتبط شدة الأعراض إيجابيًّا مع الفترة من بداية التشقق حتى بداية الحصاد؛ بما يعنى أن الحصاد فى طور التحول أو الطور الوردى يقلل من شدة التشقق الأديمى.

تكثر هذه الحالة فى الزراعات المحمية، كما تظهر – كذلك – فى الفلفل الحلو.

تتباين أصناف الطماطم فى مدى حساسيتها للإصابة بالتشقق الأديمى نظرًا لتباينها فى تركيب طبقتى أديم وبشرة الثمرة؛ فتتميز الأصناف المقاومة بزيادة فى سمك الطبقتين عما نجده فى الأصناف الحساسة، وفى زيادة مرونة جلد الثمرة، حتى فى المراحل الأخيرة من نموها، التى تزداد فيها فرصة الإصابة، والتى تقل فيها مرونة الجلد.

وقد تُسهم التباينات فى معدل نمو الثمار أثناء اليوم (الأمر الذى يحدث كنتيجة للتغيرات فى الوضع المائى للنبات، وحرارة الهواء) جوهريًّا فى ظهور حالة التشقق الأديمى.

ووجد أن تلك الحالة تزداد حدَّة فى الثمار الكبيرة الحجم عنها فى الصغيرة، وربما كان مرد ذلك إلى تعرض جلد الثمار الكبيرة لضغوط أكبر من داخلها.

ويرتبط حدوث الظاهرة بالوضع المائى فى الثمرة جراء التغيرات الجوية اليومية، كما تزداد فى الثمار عديمة المفصل jointless التى ينتقل الماء – منها وإليها – دون عوائق عما فى الثمار ذات المفصل فى عنقها.

وتزداد حدة الظاهرة مع ازدياد معدل انتقال الغذاء المجهز للثمرة؛ الأمر الذى يحدث عند انخفاض الحمل المحصولى، وعند زيادة شدة الإضاءة. وقد يؤدى زيادة تركيز السكر بالثمرة إلى زيادة انتقال الماء إليها؛ مما يزيد من حدة الظاهرة (Dorais وآخرون ٢٠٠٤).

العوامل المرتبطة بظاهرة التشقق الأديمى

تزداد الإصابة بحالة التشقق الأديمى فى حالات: سقوط الأمطار قبل الحصاد بأسبوعين، وزيادة ملوحة التربة، وانخفاض حرارة الليل، وارتفاع الرطوبة الجوية، وتعرض الثمار لأشعة الشمس عما لو كانت مغطاة بالأوراق، وضعف الغطاء الورقى للثمار (عن Baker ١٩٨٨، و Emmons & Scott, ١٩٩٧و ١٩٩٨أ).

وتزداد المقاومة للإصابة بالظاهرة عند زيادة سمك الغلاف الثمرى الخارجى (الـ epicarp)، الذى يشمل البشرة epidermis، والكيوتكل cuticle (Emmons & Scott ١٩٩٨ ب).

ومن أهم الظواهر البيئية المؤثرة فى الظاهرة، ما يلى:

١- الضوء:

تزداد شدة الإصابة بزيادة شدة الإضاءة، وتقل عند تظليل النباتات.

٢- الحرارة:

تزداد شدة الإصابة بزيادة درجة الحرارة، وربما كان ذلك هو السبب الأساسى لتأثير التعرض للإضاءة القوية التى ترفع من حرارة الثمار؛ ذلك لأن ارتفاع حرارة الثمرة قد يؤدى إلى تمدد الغازات الداخلية بها؛ مما قد يسبب ضغطًا داخليًّا على طبقة الجلد. ولكن التأثير الرئيسى لارتفاع الحرارة يكون مرده – غالبًا – إلى زيادتها لعملية البناء الضوئى؛ ومن ثم وصول الغذاء المجهز إلى الثمرة، وإحداثه لضغط داخلى بها.

٣- الرطوبة النسبية:

تؤثر الرطوبة النسبية بصورة غير مباشرة على التشقق الأديمى من خلال تأثيرها على معدل النتح؛ ومن ثم الوضع المائى بالثمار؛ حيث يزداد إمداد الثمار بالماء ويزداد ضغطها الامتلائى turger pressure بارتفاع الرطوبة النسبية. ولنفس السبب فإن التبريد برذاذ الماء الدقيق (misting) فى البيوت المحمية يزيد من حدة الظاهرة.

٤- التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون فى الزراعات المحمية:

تقل شدة الظاهرة عند زيادة تركيز الغاز إلى ٧٨٥-٩٥٠ ميكرومول/لتر؛ وربما كان مرد ذلك إلى أن زيادة تركيز الغاز يؤدى إلى خفض نسبة الأوراق إلى الثمار نتيجة لزيادته لعدد الثمار التى يُنتجها النبات.

وسائل الحد من التشقق الأديمى

يمكن الحد من ظاهرة التشقق الأديمى بالتحكم فى الممارسات الزراعية، كما يلى:

١- المحافظة على توازن مناسب بين النموين الورقى والثمرى عند إجراء عمليتى خف العناقيد الثمرية والتوريق؛ نظرًا لأن الظاهرة تزداد حدتها عند الزيادة فى نسبة الأوراق إلى الثمار، علمًا بأن إزالة الأوراق السفلى التى وصلت إلى مرحلة الشيخوخة لا تأثير لها فى هذا الشأن.

٢–توفير الكالسيوم، وكذلك توفير البورون الذى يؤثر فى الكالسيوم الذى يترسب فى الصفيحة الوسطى؛ الأمر الضرورى للمحافظة على مرونة الخلايا ويتحقق ذلك برش النموات الخضرية بكلا العنصرين، أو رش العناقيد ذاتها، أو بتوفيرهما فى المحلول المغذى.

٣– التحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى:

بالتحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) يمكن التحكم فى مدى امتصاص النباتات للماء؛ ومن ثم تدفقه فى الثمار، وبالتالى معدل زيادة الثمار فى الحجم، ومدى الضغط الداخلى الذى يحدث فيها على طبقة الجلد. فمع زيادة درجة التوصيل الكهربائى تكون الثمار أصغر حجمًا، ويكون أديمها أسمك وأكثر مقاومة، ويقل ضغطها الامتلائى وتنخفض حساسيتها للتشقق الأديمى (Dorais وآخرون ٢٠٠٤).

خشونة الأكتاف

يظهر العيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم خشونة أو تصدعات الأكتاف shoulder checks على ثمار الطماطم على صورة خشونة بسطح الثمرة، تكون – أساسًا – عند الأكتاف؛ مما يقلل كثيرًا من مظهر الثمرة، كما يُخفِّض كثيرًا من قدرتها على التخزين. وتبين بالفحص المجهرى أن تلك الخشونة تتكون من تشققات مجهرية كثيرة تنتظم فى خطوط طولية.

يزداد ظهور تلك الحالة عند تجمع الرطوبة على أكتاف الثمار، ويقل ظهورها بالرش بكل من الكالسيوم (٢٠٠٠ جزء فى المليون) والبورون (٣٠٠ جزء فى المليون) مجتمعين (Huang & Snapp ٢٠٠٤).

لفحة الشمس

تظهر الإصابة بلفحة الشمس (أو لسعة الشمس) sunburn (تسمى أيضًا sun scald، وsun scorch) على الثمار والنموات الخضرية على حد سواء، ولكنها تكثر على الثمار، وتخفض كثيرًا من قيمتها التسويقية، وتضعف قدرتها على التخزين.

تصاب الثمار بلفحة الشمس عندما تتعرض وهى خضراء لأشعة الشمس القوية بصورة مباشرة، حيث يؤدى ذلك إلى رفع درجة حرارة النسيج المواجه للشمس ويتلون باللون الأبيض أو الأصفر، ويستمر على هذا الوضع، بينما تتلون بقية الثمرة بصورة طبيعية (شكل ٤-٤؛ يوجد فى آخر الكتاب). ولا يلبث النسيج المصاب أن ينكمش، وقد يتعرض للإصابة بالكائنات المسببة للعفن. وتكون الثمار أكثر عرضة للإصابة وهى فى مرحلة النضج الأخضر. وتحدث الإصابة سواء أكان التعرض للشمس قبل الحصاد أم بعده، كما تزداد حدة الإصابة فى الثمار التى تكون مغطاة بالنموات الخضرية، ثم تتعرض فجأة لأشعة الشمس القوية المباشرة نتيجة لممارسات زراعية خاطئة، مثل: قلب النباتات عند الحصاد، أو تعديلها عند العزق دون إعادتها لوضعها الذى كانت عليه قبل إجراء العملية.

وقد تصاب سيقان بادرات الطماطم بلفحة الشمس بمجرد ظهورها فوق سطح التربة، حيث تكون غضة وشديدة الحساسية لأشعة الشمس القوية. وتحدث الإصابة فى جانب الساق المواجه للأشعة القوية الساقطة عليه بعد الظهر. تزداد حدة الإصابة فى الأراضى المندمجة compact (حيث تكون جيدة التوصيل للحرارة) وعند ارتفاع الحرارة عن ٣٠°م. وتتشابه أعراض الإصابة فى البادرات مع أعراض مرض الذبول الطرى (أو تساقط البادرات)، إلا أن النسيج المصاب لا يكون مائى المظهر water-soaked كما فى الإصابة المرضية. وتتعرض الشتلات السليمة لأعراض مماثلة إذا سادت الجو حرارة عالية، وأشعة شمس قوية لعدة أيام بعد الشتل، حيث تتأثر أنسجة الساق القريبة من سطح التربة. وفى هذه الحالة تتشابه الأعراض مع أعراض مرض عفن الرقبة Collar Rot.

ويؤدى تعرض أوراق الطماطم الصغيرة الغضة لضوء الشمس القوى المباشر إلى ظهور مساحات ميتة ذات لون أبيض مصفر بين العروق. وتزداد حدة الإصابة عند وجود رطوبة حرة (ماء) على الأوراق. ولا تلبث الأنسجة المصابة أن تنكمش وتصبح ورقية الملمس.

وتزداد حدة إصابة الثمار بلفحة الشمس فى الحالات التالية:

١- فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف الذى لا يغطى الثمار بصورة جيدة. ولا ينصح بزراعة هذه الأصناف إلا فى العروات التى لا تتعرض فيها الثمار لأشعة الشمس القوية.

٢- فى حالة التربية الرأسية للنباتات فى الزراعات المكشوفة.

٣- عندما تفقد النباتات جزءًا كبيرًا من أوراقها نتيجة للإصابات المرضية أو الحشرية.

٤- عندما تتعرض الثمار فجأة لأشعة الشمس القوية بسبب ممارسات زراعية خاطئة.

وللوقاية من إصابة الثمار بلسعة الشمس، يراعى ما يلى:

١- زراعة الأصناف ذات النموات الخضرية القوية التى تغطى الثمار بصورة جيدة، مع تجنب قلب النباتات عند الحصاد أو العزق، مع تركها – على هذا الوضع- حتى لا تتعرض الثمار للأشعة الشمسية بصورة فجائية.

٢- زراعة الأصناف التى توفر تظليلاً جزئيًّا للثمار، فتتعرض لأشعة الشمس بصورة تدريجية، وتكون أقل حساسية للإصابة.

٣- مكافحة الأمراض والحشرات بصورة جيدة حتى لا تُفقد النموات الخضرية التى تحمى الثمار من الشمس.

النضج المتبقع أو المتلطخ

تُعرف حالة النضج المتبقع أو المتلطخ blotchy ripening بأسماء عديدة أخرى، منها: التلون البنى الداخلى internal browning، والتلون البنى للحزم الوعائية vascular browning، والجدار الرمادى gray wall، والجدار الأبيض white wall،

ومظهر السحاب cloudiness، وغيرها. وتشير جميع هذه الأسماء إلى أعراض مميزة لهذه الحالة الفسيولوجية.

أعراض الجدر الرمادية والبيضاء والتلون البنى الداخلى

تظهر على سطح الثمار المصابة مناطق رديئة التلوين غير منتظمة الشكل، ولا يوجد حد فاصل بينها وبين باقى سطح الثمرة الذى يأخذ اللون الطبيعى للصنف. تبقى المناطق الرديئة التلوين بلون أخضر، أو أصفر، أو أحمر ضارب إلى الأصفر أو أحمر باهت، وتختلف هذه المناطق من بقع صغيرة متناثرة إلى مساحات كبيرة تشمل معظم سطح الثمرة.

كما تظهر بهذه الثمار من الداخل ثلاثة أنواع من الأنسجة: طبيعية حمراء، وبيضاء، وبنية. تكون الأنسجة البيضاء ملجننة وصلبة، وتحتوى على كميات كبيرة من النشا، وتنتشر الغازات بين خلاياها. تقابل هذه الأنسجة من الخارج مساحات غير مكتملة النضج تكون على شكل بقع غير ملونة، أو أكتاف صفراء أو خضراء، أو خطوط صفراء أو خضراء، أو حلقات صفراء، وتلك هى أكثر أنواع الأنسجة الداخلية ظهورًا. أما الأنسجة البنية فتنشأ من لجننة جدر الخلايا البرانشمية، ثم انهيارها وتغير لونها إلى اللون البنى. توجد هذه الأنسجة مصاحبة للأنسجة البيضاء لكنها لا توجد بمفردها، وهى أقل أهمية من الأنسجة البيضاء. وسواء أكانت الأنسجة الداخلية بيضاء أم بنية، فإنها تكون صلبة وتبقى كذلك حتى بعد أن تصبح الثمرة زائدة النضج (Sadik & Minges ١٩٦٦).

إن حالة الجدار الرمادى gray wall أو النضج المتبقع blotchy ripening تظهر فى نسيج جدر الثمرة وهى ما زالت خضراء اللون، وقد يشغل الجزء المتأثر أكثر من نصف سطح الثمرة. وإذا ما قُطعت الثمرة فى موقع الإصابة يظهر بجدرها الداخلية أنسجة داكنة اللون؛ مما يجعل اللون الخارجى مقابلها رمادى. وعند نضج الثمار تبقى

تلك المناطق صلبة وتتحول من الأخضر إلى الأصفر، وبذلك لا يكون نضج الثمرة متجانسًا. وقد اعتُبرت الأنسجة البيضاء فى الجدر الثمرية مرحلة مبكرة من الجدر الرمادية، ولكنها قد ترتبط بعيب فسيولوجى آخر هو النسيج الأبيض الداخلى internal white tissue.

ومن أهم العوامل المؤثرة فى ظهور حالة الجدر الرمادية، ما يلى:

١- غزارة التسميد الآزوتى.

٢- الإفراط فى الرى.

٣- نقص البوتاسيوم.

٤- التغيرات الشديدة فى درجة الحرارة بين النهار والليل.

أما الأنسجة البيضاء الداخلية فهى صفة وراثية تختلف باختلاف الأصناف وتتأثر بالعوامل البيئية، ولكنها تُنسب أحيانًا إلى حالة الجدر الرمادية. ومن المعتقد أن ظهور تلك الحالة يزداد شدة بنقص البوتاسيوم وبارتفاع درجة الحرارة.

مسببات النضج المتبقع أو غير المنتظم بأنواعه

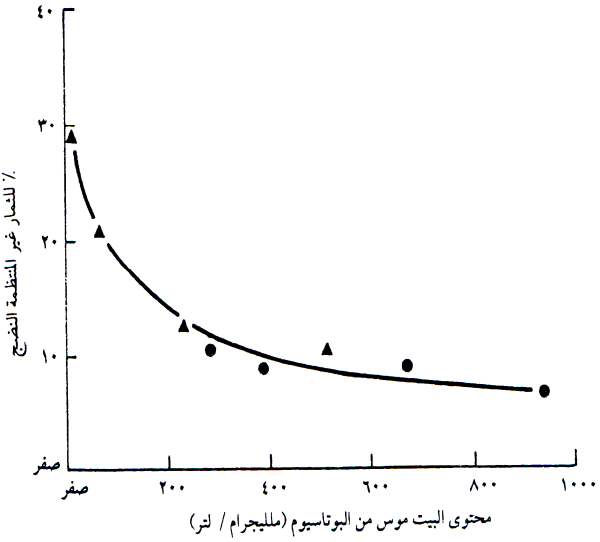
ذكرت مسببات عديدة لحالة النضج المتبقع، منها: نقص عناصر البوتاسيوم والنيتروجين والبورون، والإصابة بفيرس موزايك التبغ، والإصابة بالذبابة البيضاء، والتعرض لعوامل بيئية معينة، مثل: الحرارة المنخفضة، والإضاءة الضعيفة، والرطوبة النسبية العالية مع ارتفاع الرطوبة الأرضية، إلاّ أن معظم الأدلة تُشير إلى مسببين رئيسيين لهذه الظاهرة، أحدهما فسيولوجى وهو نقص عنصر البوتاسيوم، والآخر باثولوجى وهو تغذية حوريات حشرة الذبابة البيضاء من الطراز B البيولوجى (أو ذبابة البونسيتة البيضاء poinsettia white fly، وهى *Bemisia argentifolii*، وقد أُطلق عليها مؤخرًا اسم Midde East Asia Minor1 *Bemisi tabaci*) وليس من الطراز A البيولوجى (أو ذبابة القطن أو البطاطا البيضاء cotton or sweet

potato whitefly، وهى *Bemisia tabaci*)، علمًا بأن الطراز B هو السائد حاليًّا فى معظم بلدان العالم التى تنتشر فيها الذبابة البيضاء.

فمن الدراسات المبكرة على مسببات الظاهرة يتضح ما يلى:

١- تأكدت علاقة نقص عنصر البوتاسيوم بحالات الجدر الرمادية والجدر البيضاء (Hyslip & Iley ١٩٦٧، و Ozbun وآخرون ١٩٦٧)، حيث حدثت زيادة فى نسبة الأنسجة البيضاء عند زراعة الطماطم فى مزارع رملية، وريها بمحلول مغذٍّ يحتوى على تركيز منخفض من البوتاسيوم. وقد اتضح من هذه الدراسة وجود ارتباط معنوى سالب بين الأنسجة البيضاء، ومحتوى أعناق الأوراق من البوتاسيوم. وتزداد حدة الإصابة عندما يصاحب نقص البوتاسيوم ارتفاع أو انخفاض فى درجة الحرارة عن المجال المناسب. وقد اتضح من دراسة أجريت على ٨٠٠ مزرعة طماطم محمية – فى نيوزيلندا – وجود ارتباط سالب بين الإصابة بالنضج المتبقع، ومستوى البوتاسيوم فى التربة (Smith ١٩٦٨)؛ حيث ازدادت حدة الحالة مع ازدياد النقص فى التسميد البوتاسى، وصاحب ذلك أيضًا نقص تراكم البوتاسيوم فى الجدر الثمرية (Picha & Hall ١٩٨١). وتزداد حدة المرض عند نقص نسبة البوتاسيوم إلى الكاتيونات الأخرى خاصة الكالسيوم. وتزداد الحالة وضوحًا عند نقص الرطوبة الأرضية (Boon ١٩٧٣).

ويبين شكل (٤-٥) العلاقة العكسية التى تظهر بين تركيز البوتاسيوم فى الوسط الذى تنمو فيه النباتات (وهو بيئة قوامها البيت موس فى هذه الحالة) ونسبة الثمار الناتجة التى تصاب بالنضج المتبقع.



شكل (٤–٥): تأثير مستوى البوتاسيوم فى البيت موس (وسط الزراعة) الذى تنمو فيه نباتات الطماطم وبين نسبة الإصابة بالنضج المتبقع فى الثمار المنتجة (عن Adams ١٩٨٦).

وفى دراسة أجريت على ١٤٠ حقلاً من حقول طماطم التصنيع فى وسط كاليفورنيا لم تظهر أية علاقة بين التغذية بالبوتاسيوم (البوتاسيوم الميسر للامتصاص ومستوى البوتاسيوم بالأوراق فى منتصف موسم النمو) وبين كل من لون العصير الثمرى، والمواد الصلبة الذائبة، ولكن ظهرت علاقة سلبية بين نسبة الثمار المصابة بالأكتاف الصفراء وبالأنسجة البيضاء الداخلية (منفردين أو مجتمعين — والتى تراوحت من صفر٪ إلى ٦٨٪ فى مختلف الحقول) وبين مستوى البوتاسيوم فى كل من التربة والنبات. وقد كانت نسبة أيون البوتاسيوم المتبادل (K^+) إلى نسبة الجذر التربيعى لأيون المغنيسيوم (Mg^{2+}) المتبادل ($K/\sqrt{Mg}$) هى المقياس لتيسر البوتاسيوم الأكثر ارتباطًا بمجموع نسبة الإصابة بالتلونات غير الطبيعية (الأكتاف الصفراء + الأنسجة البيضاء الداخلية)، وقد أدت إضافة أى من الجبس أو البوتاسيوم (لأجل زيادة النسبة $K/\sqrt{Mg}$) إلى خفض معدلات الإصابة بكلا العيبين الفسيولوجيين (Hartz وآخرون ١٩٩٩أ، و ١٩٩٩ب).

٢- ازدادت نسبة الإصابة بالثمار غير المنتظمة النضج من ١٥٪ إلى ٤٥٪ مع نقص عنصر البورون (Adams ١٩٨٦).

٣- لم يمكن التوصل إلى نتائج مؤكدة بشأن تأثير نقص أو زيادة عنصر النيتروجين على الظاهرة، وربما يلعب التوازن بين الكربون والنيتروجين دورًا أهم فى هذا الشأن؛ نظرًا لتأثر الظاهرة بكل من شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية، كما سيأتى بيانه. وتأكيدًا لذلك.. ذكر Kanahama (١٩٩٤) أن تلون الأنسجة الوعائية داخل ثمرة الطماطم باللون البنى يحدث عندما تنخفض نسبة الكربون إلى النيتروجين فى النبات، كما فى حالات الإضاءة الضعيفة المصحوبة بالتسميد الآزوتى الغزير.

٤- ذُكِرَ أن حالة النضج المتبقع تزداد ظهورًا فى ظروف الحرارة المنخفضة، والإضاءة الضعيفة أو التظليل، وعند ارتفاع الرطوبة النسبية؛ فقد لوحظ ظهور نسبة أكبر من الإصابة فى ثمار العناقيد الأولى التى يزداد فيها التظليل بواسطة النموات الخضرية، وأن التظليل أدى إلى زيادة ظهور الجدر الرمادية (Doolittle ١٩٦١). وقد ازدادت الحالة سوءًا عند ارتفاع الرطوبة النسبية مع التظليل، إلاّ أن الرطوبة النسبية العالية لم تؤثر أبدًا عندما صاحبتها إضاءة جيدة (Kidson ١٩٥٦).

٥- على الرغم من تكرر الإشارة إلى فيرس موزايك التبغ كمسبب للظاهرة (Phillip وآخرون ١٩٦٦، و Boyle ١٩٧١)؛ نظرًا لتسبب الإصابة بالفيرس فى إحداث أعراض يتشابه بعضها مع بعض الأعراض المعروفة للظاهرة.. على الرغم من ذلك فلا توجد علاقة مؤكدة بين حالة النضج المتبقع والإصابة بالفيرس، خاصة وأن أعراض الإصابة بالجدر الرمادية يمكن أن تظهر على نباتات غير مصابة بالفيرس. كما تتباين تفاصيل الأعراض الخارجية والداخلية بين حالتى الإصابة بالفيرس (ظهور مناطق بنية داكنة غائرة على أكتاف الثمرة، وظهور جدر رمادية وتلون بنى داخلى) وبين أعراض الظاهرة (تكون الأكتاف الثمرية ملساء وتظهر أعراض الجدر الرمادية داخليًّا، وتتميز بأنه توجد

بها أنسجة متحللة على شكل خطوط فى الحزم الوعائية) (Murakishi ١٩٦٠، و Stall وآخرون ١٩٧٠، و Boule ١٩٧١).

لا توجد وسيلة لعلاج الثمار المصابة بالنضج المتبقع لأسباب فسيولوجية، إلاّ أنه يمكن الوقاية من الإصابة باتباع وملاحظة ما يلى:

١- عدم زراعة الأصناف الشديدة الحساسية للإصابة فى الظروف المساعدة على ظهورها، مثل: أصناف فلورادیل Floradel، وفايربول Fireball.

٢- التسميد البوتاسى الجيد، وخاصة عند قِصَرَ الفترة الضوئية.

٣- تجنب المعاملات الزراعية المؤدية إلى النمو الخضرى الغزير الذى يعمل على تظليل الثمار.

٤- تجنب زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة.

٥- أما الدراسات الحديثة فإنها تؤكد علاقة تغذية حوريات الذبابة البيضاء من الطراز B بالظاهرة.

إن شدة أعراض عدم انتظام نضج ثمار الطماطم ترتبط إيجابيًّا – خاصة الأعراض الخارجية منها – مع كثافة أعداد حوريات وعذارى الذبابة التى تم حصرها بالوريقة الطرفية للورقة السابعة إلى الثامنة من قمة الساق الرئيسى أو الفرعى (Schuster ٢٠٠١).

فقد أدى تعرض نباتات الطماطم (أجريت الدراسة على الصنف الشيرى Florida Petite) للإصابة بسلالة الأوراق الفضية من الذبابة البيضاء (*Bemisia argentifolii*) إلى ظهور أعراض النضج المتلطخ والتخطيط على الثمار، واكتسابها لونًا أحمر ضارب إلى البرتقالى. كانت تلك الثمار أكثر صلابة بنحو ١٩٪ عن ثمار الكنترول التى لم تتعرض للإصابة بالذبابة. وعلى الرغم من أن الإصابة لم تؤثر جوهريًّا فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، فإن قياسات الحموضة المعايرة والـ pH أفادت بأنها كانت أكثر

حموضة عن ثمار نباتات الكنترول التى لم تتعرض للإصابة بالذبابة. ومورفولوجيًّا.. أظهرت الثمار التى تعرضت نباتاتها للإصابة بالذبابة البيضاء أعراض النضج غير المنتظم irregular ripening خارجيًّا (فى صورة تلطخات blotches – شكل ٤-٦؛ يوجد فى آخر الكتاب؛ وتخطيط streaking) وداخليًّا (فى صورة أنسجة بيضاء – شكل ٤-٧؛ يوجد فى آخر الكتاب)، مع ظهور نظام للتلوين على شكل نجمة عند الطرف الزهرى للثمرة. هذا.. بالإضافة إلى أن النضج كان أبطأ فى الثمار التى تعرضت نباتاتها للإصابة بالذبابة عما فى ثمار الكنترول (Hanif-Khan وآخرون ١٩٩٩).

عندما تعرضت نباتات الطماطم للإصابة بالذبابة البيضاء ابتداء من وقت تكوينها لخمس إلى سبع أوراق أو ابتداء من وقت التزهير فإن جميع الثمار تقريبًا (٩٩٪) ظهرت عليها أعراض الإصابة بالنضج المتلطخ، وكانت قد بلغت فترة التعرض للذبابة ٧٨، و٥٦ يومًا فى الحالتين، على التوالى. هذا بينما كانت نسبة الإصابة بالنضج المتلطخ ٨٠٪ عندما كانت بداية التعرض للذبابة عند طور الثمار الخضراء واستمر – حتى اكتمال الحصاد – لمدة ٣٥ يومًا، وكانت نسبة الإصابة ٥٨٪ عندما كانت بداية التعرض للذبابة عند طور التحول والنضج الأحمر، وكان استمرار التعرض لمدة ١٤ يومًا. ويُستفاد من ذلك أن الطماطم ينبغى حمايتها من التعرض للإصابة بالذبابة البيضاء حتى الحصاد لتجنب إصابتها بالنضج المتلطخ (McKenzie & Albano ٢٠٠٩).

وتُظهر ثمار الطماطم المصابة بالنضج غير المنتظم irregular ripening – الناتج عن تغذية الذبابة البيضاء *Bemisia argentifollii* على النباتات – تُظهر تأخرًا فى النضج، ولا يحدث فيها كلايمكترك لا فى معدل التنفس ولا فى إنتاج الإثيلين، كما لا تحدث فيها تغيرات لونية جيدة، ولا تفقد صلابتها بنفس درجة فقد ثمار النباتات الخالية من الإصابة بالذبابة البيضاء لصلابتها؛ فقد وجد أن ثمار صنف الطماطم Florida Petite التى أنتجتها نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بدأت الدخول فى كلايمكترك فى إنتاج الإثيلين بين ٤٠، و٤٥ يومًا من تفتح الزهرة، وكان ذلك مصاحبًا

بزيادة سريعة فى التلون بالأحمر وفى فقد الصلابة، بينما بدأ كلايمترك إنتاج الإثيلين بين ٤٥، و٥٠ يومًا من تفتح الزهرة بالنباتات التى أصيبت بالذبابة، ولم تتلون ثمارها باللون الأحمر بنفس الدرجة، ولا فقدت تلك الثمار صلابتها بنفس السرعة التى حدثت بها فى ثمار النباتات الخالية من الإصابة بالذبابة. وقد وصلت الثمار التى قطفت من نباتات خالية من الإصابة بالذبابة بعد ٤٥ يومًا من تفتح الزهرة إلى قمة كلايمكترك التنفس وإنتاج الإثيلين بعد ثلاثة أيام من القطف، واكتسبت اللون الأحمر الطبيعى وفقدت صلابتها بصورة مماثلة للثمار التى تركت لتنضج على النبات. وفى المقابل.. فإن الثمار التى حُصدت من النباتات المصابة بالذبابة بعد ٤٥، أو ٥٠، أو ٥٥ يومًا من تفتح الزهرة لم تُظهر كلايمكترك تنفسى أو فى إنتاج الإثيلين، ولم تتلون بشكل جيد، كما لم تفقد صلابتها بنفس درجة فقد الصلابة فى الثمار المماثلة التى قطفت من ثمار خالية من الإصابة بالذبابة (McCollum وآخرون ٢٠٠٤).

ولا تختفى الأعراض الداخلية لعدم انتظام النضج الناشئة عن تغذية الذبابة البيضاء *B. argentifollii* حتى بعد تخزين الثمار بعد الحصاد. هذا.. إلاّ أن الأعراض الخارجية يمكن أن تختفى مع اكتمال نضج الثمار؛ بما يعنى أن الثمار قد تبدو طبيعية من الخارج، بينما تكون مصابة بعدم انتظام النضج داخليًّا، وهو الذى يكون على صورة تلون أبيض وأصفر بلحم الثمرة داخليًّا (Powell وآخرون ١٩٩٨).

هذا.. ولا توجد وسيلة لتجنب الإصابة بالنضج المتبقع الذى يكون مرده إلى تغذية الذبابة البيضاء *B. argentifollii* إلاّ بتجنب إصابة النباتات بالذبابة؛ وهو الأمر الذى نتناوله بالشرح فى الفصل السادس.

البقع الغائمة

يظهر على ثمار الطماطم – أحيانًا – ما يعرف باسم البقع الغائمة cloudy spots، وهى عبارة عن بقع بيضاء أو صفراء اللون غير منتظمة الشكل تتواجد تحت

جلد الثمرة مباشرة؛ بسبب تغذية البقة المُنْتِنَة stink bug، وهى التى تفرز عند تغذيتها إنزيمًا يمنع التلون الطبيعى للثمرة فى موضع التغذية (جامعة بوردو Purdue — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وتؤدى مكافحة البقة إلى منع حدوث الظاهرة.

الكتف الأصفر أو القمة الصفراء

تعد ظاهرة القمة الصفراء yellow top أو الكتف الأصفر yellow shoulder (شكل ٤-٨؛ يوجد فى آخر الكتاب) إحدى مظاهر النضج المتبقع، ولكنها حالة خاصة، حيث لا تظهر إلا على ثمار الأصناف ذات الأكتاف الخضراء القاتمة قبل النضج، وهى التى تحمل الجين السائد (G) المسئول عن تلك الصفة. ولا يعنى ذلك أن جميع الأصناف ذات الأكتاف الثمرية الخضراء القاتمة قبل النضج تظهر عليها هذه الحالة عند النضج؛ إذ لابد أن تتعرض ثمارها إلى ظروف بيئية خاصة لكى تظهر عليها أعراض هذه الحالة الفسيولوجية.

وتظهر حالة القمة الصفراء على صورة تلون أصفر أو أصفر برتقالى على كتف الثمرة فى مساحة تكون حوافها محددة وواضحة عن الأنسجة مكتملة التلوين المجاورة لها. ولا تكتسب الأنسجة الصفراء لونًا أحمر ولو بعد فترة طويلة من التخزين. وتتراوح مساحة الجزء المتأثر من الثمرة من مجرد عدة ملليمترات تكون مجاورة لعنق الثمرة إلى نصف سطح الثمرة من جهة العنق. وتكون الجدر الثمرية المحيطية الفاصلة بين المساكن — فى هذه الثمار — بيضاء اللون.

تظهر حالة الأكتاف الصفراء لدى تعرض ثمار بعض الأصناف لفترات طويلة من الإضاءة القوية وحرارة تزيد عن ٢٩ °م؛ حيث يتوقف تمثيل صبغة الليكوبين الحمراء؛ فتظهر صبغة الكاروتين الصفراء عند الأكتاف، وخاصة فى الأصناف ذات الأكتاف الخضراء (التى يكون اللون الأخضر بأكتافها أشد قتامة وهى خضراء)، وهى التى يكون

تأثرها بالطاقة الشمسية أشد. وتُعرف هذه الحالة – كذلك – بالاصفرار الشمسى solar yellowing نظرًا لأن الأشعة الشمسية القوية هى السبب الرئيسى فى ظهورها.

هذا.. وتزداد الإصابة بهذه الحالة عند نقص البوتاسيوم، ويمكن بزيادة معدل التسميد البوتاسى عما يلزم للحصول على أعلى محصول تجنب ظهور ذلك العيب الفسيولوجى.

وتؤدى ظاهرة اصفرار الأكتاف yellow shoulder فى ثمار الطماطم إلى انخفاض محتواها من الليكوبين بنسبة ١٨٪ ومن البيتاكاروتين بنسبة ٢٢٪ (Darrigues وآخرون ٢٠٠٨).

كذلك وجد أن الأكتاف الصفراء يزداد ظهورها فى ظروف الرطوبة النسبية العالية، ونقص البوتاسيوم (Picha ١٩٨٧).

ولتجنب تلك الظاهرة يوصى فى حالة زيادة شدة الإضاءة وارتفاع الحرارة خلال موسم الحصاد بحصاد الأصناف ذات الأكتاف الخضراء القاتمة قبل تلونها.

هذا.. وتقل فرصة الإصابة بالأكتاف الصفراء (وهى الظاهرة التى تعرف – كذلك – أحيانًا بالأكتاف الخضراء والجدر الرمادية والأنسجة الداخلية البيضاء) عندما تكون التربة بالمواصفات التالية:

١- يتراوح الـ pH فيها من ٦ إلى ٦,٨.

٢- تزيد فيها نسبة المادة العضوية عن ١,٥٪.

٣- يزيد فيها نسبة البوتاسيوم المتبادل عن ٢٠٠ جزء فى المليون.

٤- تزيد فيها نسبة البوتاسيوم (بالمللى مكافئ/١٠٠جم) إلى (الجذر التربيعى) للمغنيسيوم (بالمللى مكافئ/١٠٠جم) عن ٠,٣٥؛ وهى ما تعرف باسم نسبة هارتز Hartz Ratio.

٥- يزيد فيها نسبة الفوسفور الميسر عن ٣٥ جزءًا فى المليون.

٦- تزيد فيها نسبة السعة التبادلية الكاتيونية المشغولة بالبوتاسيوم عن ٤٪.

وتجدر الإشارة إلى أن الإفراط فى التسميد بأى من البوتاسيوم أو المغنيسيوم أو الكالسيوم يمكن أن يؤثر سلبيًّا على التوازنات المبينة أعلاه.

ندوب الطرف الزهرى ووجه القط وتشوهات الثمار

تظهر ندوب الطرف الزهرى Blossom End Scars على ثمار الطماطم فى صورة نسيج فلينى فى جانب الثمرة البعيد عن العنق. وقد يحتوى هذا النسيج على قنوات تمتد – عادة – فى داخل الثمرة حتى المساكن. تشوه هذه الأعراض مظهر الثمرة وتقلل من قيمتها التسويقية، كما أنها تجعل الطرف الزهرى للثمرة أكثر حساسية للخدوش. وقد ترشح سوائل الثمرة من خلال القنوات الممتدة إلى المساكن، وتشكل منفذًا لمسببات أعفان الثمار؛ الأمر الذى يقلل كثيرًا من قدرة الثمرة على التخزين بعد الحصاد.

ويعد وجه القط Catfacing (شكل ٤-٩)؛ يوجد فى آخر الكتاب) حالة شديدة من ندوب الطرف الزهرى، تتضمن – عادة – ندوبًا كبيرة مع طرف زهرى مشوه، وعدم انتظام فى شكل الثمار.

وتظهر أعراض وجه القط – أحيانًا – عندما تتضاعف الأعضاء الزهرية فى الزهرة الواحدة، وتتلاصق وتتلاحم – وخاصة المساكن وقلم الزهرة – وهى إحدى صور الظاهرة المعروفة باسم fasciation. وبينما تتحور معظم الأسدية المتضاعفة إلى بتلات، ويكون التلقيح سيئًا، فإن الأمتعة المتضاعفة تعطى – عند نموها – ثمارًا مركبة تظهر عليها أعراض وجه القط. وتظهر أعراض وجه القط أيضًا فى الثمار الكبيرة التى تتضاعف مساكنها عندما يفشل غلاف الثمرة فى إحاطتها بصورة كاملة عند الطرف الزهرى؛ مما يجعل نموها غير طبيعى فى هذه المنطقة (Walter ١٩٦٧). وتبدو الثمار المصابة وبها انحناءات، وبروزات كبيرة ومتزاحمة فى الطرف الزهرى، وتفصل بينها ندوب أو آثار

نمو scars، كما تمتد بينها فجوات عميقة إلى داخل الثمرة. وقد تمتد الندوب على جوانب الثمرة (Sikes & Coffey ١٩٧٦).

وإلى جانب ندوب الطرف الزهرى ووجه القط، فإن من التشوهات الأخرى التى تظهر بثمار الطماطم، ما يلى: الثمار الهرمية Triangular fruits، والثمار المستدقة، والندوب الشبيهة بالسرة Navel-like Scars، والفراولة (الثمار الشبيهة بثمرة الفراولة) Straw-berry، وهى تنشأ من مبيض منشق.

هذا.. وترتبط جميع حالات تشوه ثمار الطماطم بزيادة أعداد المساكن فى مبيض الزهرة؛ وهو الأمر الذى يحدث عند تعرض النباتات فى المراحل المبكرة من نموها (التى تتوافق مع تكوين الأوراق الحقيقية الثانية إلى الرابعة) لحرارة منخفضة (٦–٩°م) لمدة ١٠–٢٠ يومًا (Saito & Ito عن Barten وآخرين ١٩٩٢، و Mametsuka وآخرون ١٩٩١).

وتأخذ ثمار الطماطم المستدقة pointed fruit الشكل القمعى بدلاً من الكروى. يكثر ظهور تلك الحالة فى الموسم الشتوى، ويكون مردها إلى النمو غير المتساوى للغرف الثمرية؛ حيث تختفى المشيمة والبذور والمادة الجيلاتينية من مسكن واحد أو أكثر (Tomer وآخرون ١٩٩٨).

تزداد شدة الإصابة بوجه القط ومختلف التشوهات الأخرى فى ثمار الطماطم فى الحالات التالية:

١– فى الأصناف ذات الثمار غير المنتظمة (أى المفصصة) مثل مارمند.

٢– عندما يكون الإزهار وعقد الثمار فى الجو البارد، ويحدث ذلك فى بعض الأصناف، مثل أوريت.

٣– فى ثمار العنقود الأول الذى تكثر بأزهاره ظاهرة الـ Fasciation – خاصة فى الجو البارد – حيث يؤدى عقد هذه الأزهار عند معاملتها بمنظمات النمو إلى إنتاج نسبة

عالية من الثمار المصابة بوجه القط، علمًا بأن هذه الثمار لا تظهر إذا تركت النباتات بدون معاملة، وذلك لأنها لا تعقد طبيعيًّا فى الجو البارد.

وتؤكد مختلف الدراسات على أن تشوهات الثمار لا تحدث إلا عند تعرض النباتات لحرارة منخفضة قبل تميز الأزهار مباشرة، أو بعد ذلك بقليل (Mametsuka وآخرون ١٩٩١).

ويذكر Barten وآخرون (١٩٩٢) أن تعريض بادرات الطماطم لحرارة ١٠ْم لمدة ٥ أيام، أو لحرارة ١٨ْم نهارًا و ١٠ْم ليلاً لمدة ٦ أيام خلال المراحل المبكرة لتميز الأزهار أدى إلى زيادة شدة الإصابة بندوب الطرف الزهرى. وكانت أكثر مراحل النمو البرعمى حساسية للحرارة المنخفضة هى التى تسبق تفتح الأزهار بنحو ٢٦ إلى ١٩ يومًا.

هذا.. ويزداد تأثير الحرارة المنخفضة – فى إحداث الظاهرة – فى الأصناف التى تكون ثمارها متعددة المساكن multilocular عنه فى الأصناف التى تكون ثمارها محدودة العدد (٢–٤) من المساكن.

٤– تحدث ظاهرة وجه القط عند معاملة النباتات بحامض الجبريلليك أثناء تكوين مبايض الأزهار؛ حيث تؤدى المعاملة إلى إحداث تضاعف وانفصال فى مبايض الأزهار (عن Kanahama ١٩٩٤).

وقد تمكن Wien & Zhang (١٩٩١) من التمييز بين أصناف الطماطم التى تحدث فيها ظاهرة وجه القط بكثرة، والأصناف الأكثر مقاومة لها، برش النباتات عند الشتل – ثم بعد ثمانية أيام أخرى – بحامض الجبريلليك بتركيز ٥ إلى ٥٠ ميكرومولارًا. أحدثت هذه المعاملة زيادة كبيرة فى نسبة الإصابة بوجه القط فى الأصناف الحساسة، بينما كانت قليلة التأثير على الأصناف المقاومة. وفى دراسة أخرى استعمل Wien &Turner (١٩٩٤ أ) هذه الطريقة – بنجاح – فى تقييم أصناف الطماطم للتعرف على مدى حساسيتها أو مقاومتها للظاهرة تحت ظروف الحقل.

الجيوب

تظهر أعراض الإصابة بالجيوب أو المساكن الفارغة Puffiness على شكل فجوات داخلية فى الثمار، توجد فى المساكن – مكان المشيمة – التى يقل أو ينعدم وجودها أحيانًا حسب شدة الحالة. ولا تختلف الثمار المصابة عن الثمار السليمة فى سمك الجدر الثمرية الخارجية، أو الداخلية التى تفصل بين المساكن (Kedar & Palevitch ١٩٧٠). وتكون الثمار المصابة خفيفة الوزن ومضلعة؛ فيكون سطح الثمرة أقل استدارة فوق كل مسكن، وتكون حدود الأضلاع واضحة عند موضع الجدر الفاصلة بين المساكن. تتلون الثمار المصابة بصورة طبيعية، ولا تظهر بها أية أعراض أخرى (Doolittle وآخرون ١٩٦١)، كما تكون أقل وزنًا، وسهلة الفصل عن الثمار السليمة باختبار الطفو فى الماء.

تختلف أصناف الطماطم فى استعدادها الوراثى للإصابة بالجيوب.

ويزداد ظهور حالة الجيوب فى الحالات التالية:

١- عند ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن المجال المناسب للعقد الجيد للثمار، حيث يسوء التلقيح، ولا تنمو أنسجة الشيمة بصورة جيدة بعد العقد.

٢- عند محاولة تحسين العقد فى الظروف السابقة بمعاملة الأزهار بالأوكسينات.

٣- عندما تتعرض النباتات للتظليل بعد الإزهار (Kedar & Palevitch ١٩٧٠).

وللوقاية من الإصابة بالجيوب يوصى بعدم زراعة الأصناف الحساسة فى الظروف غير المناسبة للتلقيح والعقد الجيدين، ويجب عدم الإفراط فى التسميد الآزوتى، مع العناية بالتسميد الفوسفاتى. كما وجد أن التسميد بالمغنيسيوم يقلل أحيانًا من نسبة الثمار المصابة بالجيوب (Adams ١٩٨٦).

العقد الجاف

يُلاحظ أن عقد عدد من الثمار يؤدى إلى توقف نمو الأزهار المخصبة فى نفس العنقود الزهرى، أو فى العناقيد التالية له. كما يؤدى العقد فى بعض الحالات إلى نقص نمو الساق؛ مما يؤثر على سرعة تكوين العناقيد الزهرية الجديدة.

وتشاهد هذه الظواهر أحيانًا فى بعض الزراعات التى لا تُعطى النباتات فيها كافة احتياجاتها من العناصر الغذائية بالتسميد، وكذلك عند ارتفاع مستوى الملوحة بالتربة. فتحت هذه الظروف نجد أن النباتات تعانى من حالة ضعف عام، ويقل فيها عدد الثمار العاقدة بكل عنقود؛ كما يتوقف نمو بعض الثمار العاقدة، وهى الحالة التى تعرف علميًّا باسم dry set. إلاّ أن هذه الظواهر لا تشاهد إطلاقًا فى الزراعات التى تأخذ احتياجاتها من عمليات الخدمة البستانية، والتى تتوفر لها الظروف البيئية المناسبة للنمو. فتحت هذه الظروف قد يحمل العنقود الواحد أكثر من ١٥ ثمرة فى بعض الأصناف، كما تعقد ثمار جميع العناقيد بالتوالى دون أن تؤثر فى بعضها البعض.

كما يحدث – أحيانًا – تحت ظروف الحرارة المنخفضة والإضاءة الضعيفة أن تعقد بعض ثمار الطماطم بدون تلقيح أو إخصاب. تبقى هذه الثمار – غالبًا – صغيرة وتعرف – كذلك – باسم العقد الجاف. وإذا كبرت الثمار فى الحجم حتى يصل قطرها إلى ٣ سم – ثم تلونت – فإنها تعرف باسم "شات" Chat Fruits.

البثور الذهبية

تظهر أحيانًا على ثمار الطماطم غير الناضجة، أو الخضراء الناضجة بثورًا مستديرة أو مطاولة، أو غير منتظمة الشكل، لونها أخضر أو أبيض، وتتوزع دون انتظام على كل سطح الثمرة. تتلون هذه البثور بلون أصفر ذهبى عند النضج سواء أتلونت الثمار قبل الحصاد أم بعده، وتعرف باسم البثور الذهبية gold flecks، وعندما تنضج الثمار على النبات، فإن البثور الصفراء قد تتطور إلى بقع متحللة رصاصية اللون (وتعرف هذه الحالة باسم جدرى الثمار Fruit Pox) وتقلل الحالة الأخيرة من نوعية الثمار، كما قد تشكل البقع المتحللة منفذًا للكائنات التى تؤدى إلى تعفنها.

وتعتبر هذه حالة فسيولوجية تختلف باختلاف الأصناف، إلا أن ظهورها يتناسب عكسيًّا مع نسبة المادة الجافة فى الثمار. وعليه.. تزداد حدة الإصابة فى شهور الشتاء

عندما تقل نسبة المادة الجافة فى الثمار، بينما يحدث العكس خلال شهور الصيف، حيث تقل الإصابة، وتزداد نسبة المادة الجافة (عن Grierson & Kader ١٩٨٦).

وقد وجد Nukaya وآخرون (١٩٩٥) أن البثور الذهبية يقل ظهورها بزيادة نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم فى المحاليل المغذية. ومن المعروف أن زيادة البوتاسيوم يكون على حساب امتصاص النبات لعنصر الكالسيوم.

وتجمع الدراسات على أن هذه الظاهرة – التى تزداد فى الرطوبة النسبية العالية وعند زيادة التسميد بالكالسيوم – تحدث بسبب تراكم الكالسيوم فى الثمار بتركيزات عالية. وقد تبين وجود الكالسيوم بتركيزات عالية فى الخلايا التى توجد فى مواقع البثور. كذلك وجد de Kreij وآخرون (١٩٩٢) أن هذه الخلايا تحتوى على تركيزات عالية من أوكسالات الكالسيوم.

ويستدل من دراسات Nukaya وآخرين (١٩٩٥) أن زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى – تدريجيًّا – من صفر إلى ٢ مللى مكافئ/لتر أحدثت زيادة مماثلة فى إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى،ونقص فى إصابتها بالبثور الذهبية، مع نقص كذلك فى محتواها من الكالسيوم، وكان هذا النقص فى الكالسيوم مرتبطًا بالنقص فى الإصابة بالبثور الذهبية، كما كانت العلاقة عكسية بين شدة الإصابة بكل من تعفن الطرف الزهرى والبثور الذهبية.

ويمكن الحد من هذه الظاهرة التى تحدث نتيجة لفرط ترسب بلّورات أوكسالات الكالسيوم تحت جلد الثمرة مباشرة أثناء نضجها، وذلك بمراعاة ما يلى:

١– التحكم فى امتصاص النباتات للكالسيوم ليكون بالقدر الأمثل:

إن السبب الرئيسى لحالة البقع الذهبية هو وفرة الكالسيوم المتاح للتغذية؛ وهو الإجراء الذى يتخذ – غالبًا – فى المزارع المائية لأجل تجنب نقص العنصر. ولقد وجد أن خفض تركيز الكالسيوم فى المحاليل المغذية من ٢٥٠ إلى ١٢٠ جزءًا فى المليون

يؤدى إلى الحد من ظهور هذا العيب الفسيولوجى. كذلك يمكن الحد من الظاهرة بزيادة وفرة أى من النترات أو الأمونيوم أو البوتاسيوم فى المحلول المغذى، أو بزيادة ملوحته، ولكن مع مراعاة الحرص الشديد؛ لأن كل تلك الإجراءات قد تقلل كثيرًا من امتصاص الجذور للكالسيوم؛ ومن ثم ظهور حالة تعفن الطرف الزهرى، ويتحقق الأجراء الأمثل بتوفير الظروف المناسبة لعمل الجذور، مثل التهوية الجيدة والحرارة المعتدلة.

٢- تقليل ترسب الكالسيوم فى صورة أكسالات كالسيوم:

يزداد ظهور حالة البقع الذهبية – كذلك – عند زيادة الرطوبة النسبية وارتفاع الحرارة؛ ذلك لأن الرطوبة العالية تحد من النتح؛ ومن ثم يزداد توفر الكالسيوم للثمار.

هذا.. إلاّ أن حالة البقع الذهبية يمكن أن يزداد ظهورها فى الحرارة العالية حتى ولو لم يتغير تركيز الكالسيوم بالثمار؛ بما يفيد باحتمال أن يكون للحرارة العالية تأثيرًا مباشرًا على ترسب أوكسالات الكالسيوم. وبتجنب الحرارة العالية وزيادة توفر الكالسيوم فإنه يمكن الحد من ظاهرة البقع الذهبية (Ho ١٩٩٨).

وبالإضافة إلى الأسباب التى أسلفنا بيانها.. فإن الترقط أو التبرقش الذهبى gold fleck – الذى يظهر فى صورة نقاط ذهبية اللون – قد يحدث نتيجة لتغذية العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* على الثمار، وتتناسب شدة الضرر بالثمار طرديًّا مع طول فترة تغذية العنكبوت الأحمر عليها (Meck وآخرون ٢٠١٢).

أضرار البرودة

يؤدى تعريض ثمار الطماطم لدرجات حرارة أقل من ١٠ °م إلى فقدها لصلابتها، وتعرضها للإصابة بالفطريات التى تسبب العفن، وإلى عدم تلونها إن كانت خضراء. وتعرف هذه الأعراض بأضرار البرودة chilling injury. وهى تحدث سواء أتم التعرض للحرارة المنخفضة قبل الحصاد، أم أثناء الشحن، أم التسويق، أم فى الثلاجات المنزلية. ويكون تأثير البرودة متجمعًا، حيث لا تتحمل الثمار الخضراء التعرض لدرجة

حرارة تقل عن ١٠°م لمدة تزيد عن ٤٠٠ ساعة. ويعتقد أن أضرار البرودة ترجع إلى زيادة نفاذية الأغشية الخلوية فى الحرارة المنخفضة (Walter ١٩٦٧).

ونتناول موضوع أضرار البرودة بالتفصيل فى الفصل الأخير من الكتاب.

النموات السطحية البارزة بالأوراق والسيقان

تظهر النموات السطحية البارزة (أوديما) Oedema (ويطلق عليها أيضًا اسم Intumescences، أو Dropsy) على شكل زوائد صغيرة على سطح أوراق وسيقان النباتات، تكون خالية من الكلوروفيل، وذات جدر خلوية رقيقة سرعان ما تنهار، فتبدو البروزات بلون بنى. تكثر هذه البروزات على السطح السفلى للأوراق فى البداية، ثم تظهر بعد ذلك على أجزاء النبات الأخرى.

يزداد ظهور هذه الحالة فى الزراعات المحمية، وتحدث عندما تكون التربة دافئة ورطبة، والهواء مشبعًا بالرطوبة، حيث يزيد امتصاص الماء ويقل النتح. يتبع ذلك انتفاخ خلايا البشرة، والخلايا البرانشيمية فى الأوراق والسيقان، ثم انقسامها ونموها فى مجاميع، فتنشأ البروزات الصغيرة.

ومن أهم وسائل تجنب الإصابة بالأوديما، ما يلى:

١- تجنب الرى فى الجو البارد الملبد بالغيوم.

٢- يُفيد فى الزراعات المحمية خفض الرطوبة الجوية بالتهوية وزيادة التدفئة، وتحسين تحريك الهواء، وزيادة شدة الإضاءة، وزيادة مسافة الزراعة بين النباتات.

٣- تجنب زيادة التسميد، وخاصة عندما يكون النمو بطيئًا كما يحدث فى الجو البارد، مع تجنب نقص البوتاسيوم والكالسيوم (Averre & Jones ٢٠٠٠).

الانخفاضات الطولية الغائرة بساق النبات

تتمثل الأعراض فى ظهور تحلل داخلى بالساق يعقبه تكوّن انخفاضات طولية (Creases أو Grooves) غائرة نسبيًّا على ساق النبات التى تكون غالبًا سميكة، وذات

سلاميات قصيرة. وقد تظهر هذه الانخفاضات على جانبين متقابلين للساق، مما يؤدى فى الحالات الشديدة إلى ظهور شق طولى واضح خلال الساق. وتظهر هذه الأعراض عند زيادة الرطوبة الأرضية، مع وفرة النيتروجين. ومع أن هذه الشقوق تشكل منفذًا جيدًا للإصابات المرضية، إلا أن النباتات المصابة غالبًا ما تستعيد نموها الطبيعى بعد زوال المسبب. ويقل العقد فى النباتات المصابة، لكن ذلك لا يعدو أن يكون مظهرًا من مظاهر النمو الخضرى الغزير الذى يتكون فى ظروف زيادة الرطوبة الأرضية، ووفرة الآزوت.

الساق اللبية (غير المصمتة)

يؤدى تعرض نباتات الطماطم لظروف الجفاف الشديد إلى موت الخلايا البرانشيمية فى نخاع الساق وتحلل جدرها. ومع استمرار التعرض لظروف الجفاف، تظهر جيوب هوائية كبيرة فى النخاع (تصبح لُبية pithy). ويعتقد البعض أن هذه الأعراض تحدث أيضًا فى ظروف الإضاءة الضعيفة، وقلة التهوية، مع زيادة الرطوبة النسبية.

التفاف الأوراق

تشاهد وريقات الطماطم أحيانًا وهى ملتفة لأعلى، وقد يستمر الالتفاف إلى أن تتلامس حافتا كل وريقة، وتكون الأوراق الملتفة متصلبة نوعًا ما. تبدأ الأعراض فى الظهور على الأوراق السفلية أولا، ثم تتقدم لتشمل نحو نصف أو ثلاثة أرباع أوراق النبات. وعلى الرغم من ذلك فإن النبات يستمر فى نموه بصورة طبيعية. وتحدث هذه الأعراض فى الحالات التالية:

١- عند زيادة الرطوبة الأرضية لفترة طويلة، أو عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى، وكذلك عند التعرض لظروف الجفاف.

٢- عند تقليم النباتات المرباة رأسيًّا، سواء أكان ذلك فى الزراعات المحمية أم المكشوفة (Doolittle وآخرون ١٩٦١).

٣- فى النباتات النامية تحت الأنفاق البلاستيكية المنخفضة، وربما يكون ذلك

بسبب زيادة الرطوبة الأرضية، أو بسبب تراكم غاز الإثيلين فى النفق، أو انخفاض درجة الحرارة كثيرًا ليلاً.

العيوب والنموات غير العادية الوراثية

الثمار المتليفة

تحتوى ثمار بعض أصناف الطماطم على قلب أبيض متليف core يظهر كخيوط ليفية بيضاء، أو صفراء، تمتد من طرف الثمرة المتصل بالعنق نحو الداخل، وقد تتفرع فى الجدر التى تفصل بين المساكن، وتلك صفة وراثية غير مرغوب فيها، وتكثر فى بعض الأصناف الحديثة، خاصة عالية الصلابة منها. ولا علاج لهذه الحالة إلا بتجنب زراعة تلك الأصناف.

الأوراق الذابلة

إلى جانب صفة التفاف الأوراق الفسيولوجية التى أسلفنا الإشارة إليها، فإن بعض أصناف الطماطم تبدو أوراقها ملتفة بصورة طبيعية لاحتوائها على جين الأوراق الذابلة Wilty leaf كما فى صنفى الطماطم: فى أف ١٤٥ – بى – ٧٨٧٩، وكاستلكس ٤٩٩. ويظهر التفاف الأوراق فى هذه الأصناف بوضوح فى الشهر الثالث بعد الشتل حينما تكون النباتات محملة بالثمار، كما يزداد الالتفاف وضوحًا عند إصابة النباتات بفيرس موزايك التبغ.

النموات الفضية

يقتصر ظهور الحالة المعروفة باسم النموات الفضية Silvering على المناطق التى تنخفض فيها درجة الحرارة ليلاً ونهارًا عن ١٨ ْم، فهى تظهر مثلاً فى المملكة المتحدة وهولندا على نحو ٢٠٪ من نباتات الزراعات المحمية خلال فصل الشتاء. وتزداد الإصابة كثيرًا عندما تنمو النباتات لمدة ٣–٤ أشهر فى حرارة ١٥ ْم أو أقل. تكتسب الأوراق المصابة لونًا فضيًّا، ولكن لا تظهر الأعراض قبل العنقود الزهرى السادس، ونادرًا

ما تظهر قبل العنقود العاشر. وإذا حدث ذلك، تكون جميع العناقيد الزهرية المتكونة بعد ذلك عقيمة، إلا فى حالات نادرة يعود فيها النبات لحالته الطبيعية بعد فترة من النمو الفضى.

ومن المعتقد أن هذه الظاهرة ترجع إلى طفرة سيتوبلازمية لا تظهر إلا فى درجات الحرارة المنخفضة. وهى ليست مُعدية، فلا تنتقل من نبات لآخر، كما يختلف معدل ظهورها من صنف لآخر. وحيث إن حبوب اللقاح لا تحتوى على سيتوبلازم، بينما تنتقل القابلية للإصابة عن طرق الأم؛ لذا يُعتقد أن الجين المتحكم فيها ينتقل عن طريق دنا DNA البلاستيدات الخضراء. وتتم أفضل طريقة للتغلب على الأضرار التى تحدثها هذه الظاهرة باختيار أحد الفروع الجانبية غير المصابة ليحل محل الساق الرئيسية الذى ظهرت عليه الأعراض، أو السماح لفرع جانبى من نبات مجاور سليم بالنمو مكان النبات المصاب (Anon.، ١٩٨٠، و Grimbly ١٩٨١).

إنبات البذور داخل الثمرة

توجد طفرة من الطماطم تفتقر بذورها إلى حامض الأبسيسك، وتعرف باسم sitiens. وقد تبين أن البذور العادية (الطبيعية) يزيد فيها محتوى الجنين والإندوسبرم من حامض الأبسيسك بمقدار ١٠ أضعاف عما فى بذور الطفرة. هذا.. وتنبت بذور الطفرة بسرعة أكبر بكثير عن بذور الطماطم العادية؛ بل إن بعض بذور الطفرة تنبت وهى ما زالت داخل الثمار، وهى الظاهرة التى تعرف باسم vivipary. ومن المعتقد أن تركيز حامض الأبسيسك فى البذور أو فى الثمار المكتملة التكوين ليس هو العامل المؤثر فى إنبات البذور، وإنما ما يؤثر هو محتوى حامض الأبسيسك أثناء عملية تكوين البذور؛ حيث يُعتقد بأن تركيز حامض الأبسيسك المرتفع الذى يحدث أثناء تكوين البذور فى الطماطم العادية يؤدى إلى تثبيط عملية استطالة خلايا الجذير فى الجنين؛ الأمر الذى يمكن استمرار ملاحظته حتى بعد فترة طويلة من التخزين الجاف للبذور (Groot & Karssen ١٩٩٢).

العيوب والنموات غير العادية التى لا تُعرف مسبباتها

توقف النمو القمى للشتلات

يلاحظ أحيانًا وجود شتلات طماطم يتوقف فيها النمو القمى، وتعرف هذه الشتلات باسم budless أو headless أو topless. ولم يُعرف سببًا لهذه الظاهرة التى لا ترتبط بظروف جوية أو أرضية معينة، أو بإصابات مرضية أو حشرية، أو بأصناف دون غيرها. وقد تتراوح نسبة حدوث الظاهرة فى المشتل الواحد من نسبة منخفضة لا تُذكر إلى أكثر من ٩٠٪. هذا.. ولا يظهر أى تحلل بالقمة النامية للشتلات المصابة؛ فالنمو القمى يتوقف دون أية أعراض أخرى (C.S. Vavrina – جامعة فلوريدا – ٢٠٠٩ – الإنترنت).

مراجع فى فسيولوجيا الطماطم

أشرنا إلى عديد من المراجع التى تتناول مختلف جوانب فسيولوجيا الطماطم فى الفصول الأربعة الأولى من الكتاب، وإلى جانب ما تقدم بيانه فإن Kinet & Peet (١٩٩٧) يعد من أكثر المراجع التى نتناول موضوع فسيولوجى الطماطم مشمولية.