الفصل السادس

أمراض الطماطم المسببة عن الفيتوبلازما

Phytoplasma Diseases on Tomato

لفيتوبلازما كائنات حية متخصصة. إجبارية التطفل على أنسجة اللحاء فى النبات وفى بعض الحشرات. وقد عرفت فى النبات عام ١٩٦٧ وصنفت ضمن الفيروسات وسميت بالكائنات الشبيهة بالميكوبلازما Micoplasma like-organisms (MLO). ثم أعيد تسميتها عام ١٩٩٤ وسميت Phytoplasma للتفرقة بينها وبين الميكوبلازما التى تتطفل على الإنسان وتم تصنيفها ضمن البكتيريا.

تتكون الفيتوبلازما من خلايا كروية أو خيطية وقد تكون متعددة الأشكال. لا يوجد لها جدار خلوى لكن يحيط بالخلية ٣ طبقات من الأغشية. هذه الأغشية تتكون من S.ngle immunodominant protein حيث يكون معظم المحتوى البروتينى لأغشية الخلية وغير معروف وظيفته. الخلايا صغيرة جدا عن الخلايا البكتيرية- يتراوح قطر الخلية من ٠,٢- ٠,٥ *M*m- أما قطر الخلية البكتيرية العادية من ١- ٢ *M*m- لا يمكن زراعة الفيتوبلازما على بيئات صناعية. سالبة لجرام لعدم وجود جدار خلوى بها. ومثل Prokaryotes الأخرى يوجد DNA الخاص بها فى السيتوبلازم. تتكاثر عن طريق الانشطار الثنائى Binary fission.

تسبب الفيتوبلازما أكثر من ٧٠٠ مرض نباتى فى المناطق المعتدلة والحارة وتهاجم الأشجار الخشبية والنباتات العشبية وخاصة نباتات ذات الفلقتين- لكن تصيب أيضا نخيل جوز الهند وهو من ذوات الفلقة الواحدة- ومن الأشجار الخشبية المهمة اقتصاديا أشجار الفاكهة ذات الثمار الحجرية والثمار التفاحية وأيضا العنب خاصة فى وسط أوربا. أما النباتات العشبية فتعمل كمخزن للفيتوبلازما وتلعب دورا مهما فى نشرها.

تختلف أعراض الإصابة بالفيتوبلازما باختلاف المسبب المرضى والعائل. فقد تكون الأعراض اصفرار الأوراق أو تغيرها بالاحمرار أو التلون البنفسجى. وقد تكون تغير فى شكل النمو الطبيعى للنبات مثل ظهور مقشة الساحرة Witche's broom والنمو غير المنتظم للأوراق مثل ظاهرة التورد Rossettes والزوائد الورقية Stipulae. وقصر سلاميات الساق مما يؤدى إلى المظهر الشجيرى. أيضا من الأعراض العامة للإصابة بالفيتوبلازما ظاهرة الـ Virescence وهى تغير أزهار خضراء نتيجة لفقد الصبغات فى خلايا بتلات الأزهار. وأحيانا تتكون أزهار عقيمة نتيجة للإصابة. يمكن للفيتوبلازما أن تسبب أعراضا عديدة أخرى ناتجة عن الضغط الواقع على النبات الناتج عن الإصابة أكثر من تطفل المسبب المرضى مثل تثبيط عملية التمثيل الضوئى وخاصة Photosystem 11 أو تثبيط التخليق الحيوى للكلوروفيل مما يؤدى إلى اصفرار النباتات. ومن أعراض المرض أيضا صغر حجم الثمار وسقوطها قبل النضج. وقد يؤدى كل ذلك إلى موت العائل فعليا كما فى حالة Elm yellow.

هذه الأعراض الناتجة عن الإصابة بالفيتوبلازما ذكر لها فروض وأسباب:

١ – توجد آراء بأن الطفيل يعمل على اختلال التوازن الهرمونى فى النبات العائل مما يؤدى إلى حدوث تشوهات فى نمو العائل. لكن لم تثبت صحة هذه الفرضية إلى الآن.

٢ – إنتاج الفيتوبلازما بروتينات معينة مثل Glucanases و Hymolysin like proteins وهذه تؤدى إلى زيادة تطفل المسبب المرضى (Virulence factors).

٣ – تقوم الفيتوبلازما بالحصول على عديد من مكونات الهضم فى النبات العائل وهذا يغير المعادلة الفسيولوجية الخاصة بالنبات فى النهاية.

تنتشر الفيتوبلازما أساسا بواسطة الحشرات ذات أجزاء الفم الثاقب الماص Sucking-piercing التابعة لرتبة Hemiptera (عائلات Cixidae- Jassidae- Psyllidae- Cicadellidae) وكل من الحشرة الناضجة جنسيا واليرقة لها القدرة على نشر الفيتوبلازما ويختلف نوع الناقل حسب نوع العائل. بعض الحشرات الناقلة تتغذى على أنواع مختلفة من النباتات العائلة وتسمى فى هذه الحالة Polyphagous. وبعضها يتغذى على نوع واحد من العوائل ويسمى Monophagous. بعد تغذية الناقلات على أنسجة لحاء النباتات المصابة تلتقط الفيتوبلازما لكن لا يمكنها نقله مباشرة إلى نبات آخر إلا بعد فترة تحضين معينة حيث يبقى الطفيل داخل الحشرة بعد التغذية ويتكاثر أولا فى الخلايا المعوية Intestinal cells ثم يهاجم بعد ذلك خلايا الدم Hymolymph والأعضاء الداخلية للحشرة مثل المخ Brain والغدد اللعابية Salivary gland وعندما يصل تركيز الفيتوبلازما فى الغدد اللعابية إلى حد معين يمكن أن ينتقل إلى النبات السليم عند تغذية الحشرة عليه. وتصيب لحاء النبات أساسا. الفترة ما بين دخول الفيتوبلازما الحشرة ووصوله إلى مرحلة الإصابة فى الغدد اللعابية للحشرة تسمى فترة الكمون Latent period ويمكن أن تأخذ هذه الفترة ٣ أسابيع. لا تنتقل الفيتوبلازما من جيل حشرى إلى جيل آخر عن طريق البيض. فى معظم الحالات لا تضار الحشرة الناقلة بالفيتوبلازما لكن قد يكون له تأثير متباين فى العائل الحشرى من حيث تقليل أو زيادة ملاءمته Fitness لعملية النقل. يمكن أن تنتقل الفيتوبلازما أيضا بواسطة التطعيم وهذا يحدث فى المزارع التجارية.

تنتقل الفيتوبلازما فى داخل النبات من مكان وجودها الأول فى اللحاء إلى باقى أجزاء النبات عن طريق حركة المحاليل فى داخل أنابيب اللحاء لكن حركة إنتقالها أقل من حركة انتقال هذه المحاليل. لهذا السبب ولأسباب أخرى فإن الانتقال الموجب غير مدعم. وللآن لم يعرف توزيع الطفيل فى داخل أنسجة العائل وللآن أيضا لم يتم تنمية الطفيل على بيئة صناعية ولكن يمكن أن يتضاعف فى المادة النباتية سواء بالتطعيم أم زراعة الأنسجة أم التكنيكات المشابهة.

لا توجد الفيتوبلازما فى التربة المعدنية النقية أو فى النباتات الميتة لكن يمكن أن توجد فى بعض أطوار حشرات التربة وفى الجذور الحية.

كان من الصعب اكتشاف الفيتوبلازما مباشرة من خلال الميكروسكوب الضوئى العادى وذلك لصغر حجمها المتذهى لكن القطاعات الرقيقة جدا Ultrathin sections من أنسجة اللحاء فى النباتات المصابة والفحص بالميكروسكوب الإلكترونى سهل عملية التشخيص وأيضا ملاحظة الأعراض الخاصة بها على النباتات المصابة.

يوجد تكنيك آخر للتشخيص يتمثل فى معاملة النباتات المصابة بالمضادات الحيوية مثل Tetracycline فإذ تم الشفاء يكون ذلك دليلا على وجود الفيتوبلازما.

وفى الثمانينيات بدأ ظهور تكنيك التشخيص الجزيئى Molecular diagnostic technique لاكتشاف الفيتوبلازما ويشمل ELISA based method (Enzyme Linked Immunosorbance Assay).

وفى التسعينات ظهر PCR based method (Polymerase Chain Reaction). وكان أكثر حساسية من اختبار ELISA ثم RFLP analysis (Restriction Fragment Length Polymmorphism)

من خواص الفيتوبلازما النمو فى أنسجة عائل حى فقط وذلك للأسباب الآتية:

١ – Phytoplasmas genomes نادر الوجود بها.

٢ – تفتقد العديد من Genes coding الأساسية فى عملية الهضم والموجودة فى الكائنات الأخرى.

٣ – معظم الفيتوبلازما لا تستطيع تخليق النيكلوتيدات (مكونات DNA) ولكن تحصل عليه من النبات العائل.

٤ – تفتقد الفيتوبلازما الـ Gene coding الهامة فى التخليق الحيوى للأحماض الأمينية والأحماض الدهنية.

٥ – الفيتوبلازما هى الكائنات الحية الوحيدة التى لا يوجد بها ATP- synthase (وهو مركز الطاقة لأى خلية حية) وتقوم بالحصول عليه من الوسط المحيط بها.

مقاومة الفيتوبلازما:

١ – أفضل طرق المقاومة زراعة أصناف مقاومة.

٢ – مقاومة الناقل الحشرى.

٣ – إنتاج نباتات خالية من الفيتوبلازما عن طريق زراعة الأنسجة. للحصول على نباتات سليمة بهذه الكيفية تستعمل طريقة المعالجة بالتبريد Cryotherapy وذلك بتجميد عينة النباتات فى النيتروجين السائل قبل استعمالها فى مزارع الأنسجة.

٤ – توجد أبحاث الآن لاكتشاف الأجسام النباتية التى تستهدف الفيتوبلازما Plantibodies targeted.

٥ – المضاد الحيوى Tetracycline يوقف نمو المسبب المرضى وبالتالى ظهور الأعراض لكنه ليس عامل مقاومة يؤثر فى الحقل.

تقسيم الفيتوبلازما الخاصة بأمراض الطماطم:

تقسيم الفيتوبلازما إلى مجاميع حسب: Ribosomal protein sequences, RFLP analysis of 16 Sr RNA

Phytoplasma group	Representative	Transmission Factor	Host plants
16 Sr I Aster yellow group	1 - Aster yellow phytoplasmas 2 - Tomato big bud	Macrosteles fasciforns Circulifer tenellus	Tomato - Potato Lettuce - Spinach
16 Sr X11 Stolbur group	Potato stolbur phytoplasma	Euscalis straitulus Fallen	Potato - Tomato Pepper - Eggplant

أهم أمراض الطماطم المسببة عن الفيتوبلازما
Tomato phytoplasmas Diseases

١ ـ اصفرار الأستر فى الطماطم Tomato Aster Yellow

مسبب هذا المرض يصيب العديد من الأنواع النباتية المختلفة قد تصل إلى ٣٠٠ نوع نباتى تتبع أكثر من ٢٠ عائلة نباتية منها محاصيل خضر تشمل الطماطم- البطاطس- السبانخ- الفراولة- البصل- البروكلى- القرنبيط- الجزر- الكرنب- الخس. ويصيب أيضا نباتات زينة مثل الأستر- الأستر الصيفى- الكريزانثمم- الأنيمون- الدلفينيوم- القطيفة- البيتونيا- الزينيا- الفيرونيكا وأيضا العديد من الحشائش.

المسبب المرضى The causal organism

يتسبب هذا المرض عن Aster yellow phytoplasma تتبع مجموعة الفيتوبلازما 16 Sr I Aster yellow group التى يتبعها أيضا المرض الفيتوبلازمى Tomato big bud لكن يختلف عنه فى اختلاف الناقل الحشرى. تقضى الفيتوبلازما فترة الشتاء فى حشرات نطاطات الأوراق Leafhoppers التى توجد على العوائل النباتية المعمرة. تتكاثر الفيتوبلازما داخل الحشرة وبعد إصابة المسبب المرضى للنبات يتواجد فى اللحاء وأحيانا فى الخلايا البارانشيمية للنبات المصاب.

هذه الفيتوبلازما عبارة عن بكتيريا متطفلة صغيرة جدا عن الخلايا البكتيرية العادية ليس لها جدار خلوى. سالبة لجرام.

الوضع التقسيمى للمسبب المرضى Classification of causal organism

Kingdom: Bacteria
Division: Firmicutes
Class: Mollicutes
Order: Acholeplasmatales
Family: Acholeplasmataceae
Genus: Candidatus *Phytoplasma*
Species: Candidatus *Phytoplasma asteris*

أعراض المرض Disease symptoms

تتقزم النباتات المصابة وتختلف درجة التقزم حسب عمر النبات وقت الإصابة. يتجه النبات إلى النمو القائم ويكثر التفريع على الساق. أفرع النباتات المصابة أقل سمكا من أفرع النباتات السليمة. يتلون المجموع الخضرى باللون الأصفر نتيجة تحلل الكلوروفيل. الأوراق المصابة ضيقة وهزيلة. فى الأطوار المتقدمة من المرض تتلون الأوراق المسنة باللون الأحمر الخفيف أو البنى أو القرمزى الفاتح. أما الأوراق الصغيرة غير الناضجة قد تكون ذات عروق شفافة. يمكن أيضا أن تنمو أجزاء الزهرة كتراكيب ورقية وتتلون باللون الأخضر الناتج من مواد أخرى غير الكلوروفيل. المجموع الجذرى يبدو عاديا إلا إنه أصغر فى الحجم من المجموع الجذرى للنبات السليم (Fig 1).

نقل المسبب المرضى Causal organism transmisive

يوجد على الأقل ١٢ نوعا مختلفا من نطاطات الأوراق يمكن أن تنقل المسبب المرضى من النباتات المصابة إلى النباتات السليمة لكن أكثرها أهمية فى نقل المرض حشرة النطاط ذات الست نقط The six spotted leafhopper (*Macrosteles fasciforns*) وهى حشرة خضراء مصفرة بها ٦ نقط سوداء ولها عدة أجيال فى السنة. تتغذى الحشرة على النبات المصاب وبداخلها تتكاثر الفيتوبلازما إلى أن تصل إلى تركيز مرتفع وتقوم بنشر المسبب المرضى بعد ٩- ٢١ يوما من التغذية وتستطيع نشر المرض بعد إصابتها به لأكثر من ١٠٠ يوم. تظهر الأعراض على النباتات المصابة بعد ١٠- ٤٠ يوما من تغذية الحشرة عليها. يقل مقدرة الحشرة كثيرا فى نقل المسبب المرضى بارتفاع درجة الحرارة إلى أكثر من ٣٢°م (٩٠°ف).

من أضرار هذه الحشرات بجانب نقلها للمسبب المرضى- امتصاصها للعصير الخلوى للنباتات وتدمير كلوروفيل الأوراق وعمل ثقوب فى العائل لوضع البيض أو التغذية وهذا يساعد على دخول الكائنات المرضة الأخرى للنبات.

قد ينتقل المسبب المرضى أيضا عن طريق التطعيم وهذا يتم فى المزارع التجارية.

المقاومة Control

١ - مقاومة حشرات نطاطات الأوراق مبكرا قبل الزراعة.

٢ - مقاومة الحشائش حول وفى داخل حقول الطماطم وعلى منحدرات قنوات الرى قبل الزراعة وفى خلال الموسم النمو.

٣ - تجنب عمل دورة زراعية للطماطم يدخل بها محاصيل قابلة للإصابة بالمرض لذلك يجب معرفة العلاقة بين المحاصيل المنزرعة والناقل الحشرى.

٤ - اختيار بذور الطماطم والشتلات السليمة الخالية من الإصابة.

٥ - القيام بالعمليات الزراعية السليمة للحصول على أفضل نمو للمحصول وبالتالى يستطيع مقاومة المرض.

٦ - تغطية النباتات الصغيرة بشبكات سلكية لمنع النطاطات من الوصول إليها إذا أمكن ذلك.

٧ - تدمير النباتات المصابة بعد ظهور المرض مباشرة.

٢- مرض البراعم الكبيرة فى الطماطم Tomato Big Bud

يتسبب هذا المرض عن فيتوبلازما تتبع المملكة البكتيرية. لكن تختلف عن البكتيريا العادية وراثيا وبيوكيماويا. سمى هذا المسبب أيضا Vlresence agent لنمو أزهار خضراء للنبات بعد الإصابة. يصيب هذا المسبب المرضى جميع أجزاء نبات الطماطم.

المسبب المرضى The causal organism

يتسبب المرض عن فيتوبلازما تتبع مجموعة Aster yellow group 16 Sr I. تنمو فقط فى الأنسجة الحية. ليس لها جدار خلوى. سالبة لجرام..

الوضع التقسيمى للمسبب المرضى Classification of causal organism

Kingdom: Bacteria
Division: Firmicutes
Class: Mollicutes
Order: Acholeplasmatales
Family: Acholeplasmataceae
Genus: Candidatus *Phytoplasma*
Species: Candidatus *Phytoplasma asteris*

أعراض المرض Disease symptoms

أهم الأعراض المميزة لهذا المرض وجود البراعم الخضراء الكبيرة المتضخمة والتى تفشل فى النمو الطبيعى ولا تعقد بها ثمار وتظل سبلات الكأس متحدة مكونة ما يشبه المثانة Bladder مع وجود تسنينات عند قمتها. لون الأوراق أخضر مصفر. صغيرة الحجم مشوهة ذات حواف ملتفة (Fig 2).

السيقان تنمو رأسيا مع قصر السلاميات وكثرة التفريع مما يعطيها المظهر الشجيرى. الأجزاء المصابة من السيقان أكثر سمكا من الأجزاء السليمة نتيجة تكوين أنسجة غير طبيعية بها ويزداد سمك الساق كثيرا عندما يتوقف نمو البرعم الطرفى به. يمكن أن تنمو جذور هوائية على السيقان.

الثمار التى تكونت عند حدوث الإصابة ومازالت خضراء تصبح صلبة وخشنة ولا تأخذ اللون الخاص بالنضج.

ناقل المسبب المرضى Causal organism transmisive

ينتقل المسبب المرضى عن طريق حشرة نطاط ورق البنجر (*Circulifer tenellus*) يتبع عائلة Cicadellidae ثانى أكبر عائلة فى رتبة Hemiptera هذه الحشرة لها مدى عوائلى واسع يشمل عديدا من نباتات الخضر والحشائش. تقضى فترة الشتاء على الحشائش العائلة وتهاجر منها عند الربيع إلى الطماطم أو العوائل الأخرى.

المقاومة Control

١ – مقاومة الحشائش فى وحول حقل الطماطم قبل الزراعة.
٢ – مقاومة الناقل الحشرى.
٣ – زراعة أصناف مقاومة للفيتوبلازما.
٤ – إنتاج نباتات خالية من الإصابة بواسطة زراعة الأنسجة.
٥ – إزالة وتدمير الأجزاء المصابة من النباتات.

٢ ـ مرض فيتوبلازما ستولبر على الطماطم Tomato Stolbur Phytoplasma

ذكر مرض Stolbur عام ١٩٣٣ على الطباق وأخذ اسم Female sterility لفشل النباتات المصابة فى إنتاج البذور. و ر هذا المرض أيضا على الطماطم فى استراليا وأخذ اسم Big bud ذلك لكبر حجم براعم الأزهار الناتج عن الإصابة لـ ثبت وجود اختلاف بين مرض Tomato big bud ومرض Tomato stolbur من حيث مجاميع الفيتوبلازما التى يحدثها كل منهما ومن حيث الناقل الحشرى أيضا.

تهاجم Stolbur phytoplasma نباتات كثيرة من العائلة الباذنجانية أهمها البطاطس- الطماطم- الفلفل وأيضا أنواع نباتية أخرى تتبع عائلات Asteraceae وFabaceae وConvolvulaceae.

المسبب المرضى The causal organism

يتسبب هذا المرض عن بكتريا متطفلة ليس لها جدار خلوى سالبة لجرام- لها علاقة فى النشوء النوعى مع البكتيريا الموجبة لجرام ذات المحتوى المنخفض من G + C- تصيب الأنابيب الغربالية فى لحاء النبات العائل وتتحرك فى داخلها إلى أسفل للجذور وإلى أعلى لقمة النبات لكن لا تستقر إطلاقا فى المرستيمات. ويذكر أنها تتداخل مع وظيفة اللحاء وتقوم بإفساد انتقال الكربوأيدرات وتأثر أيضا فى عملية التمثيل الضوئى.

تتبع الفيتوبلازما المسببة لمرض Tomato stolbur مجموعة 16 Sr stolbur group.

الوضع التقسيمى للمسبب المرضى Classification of causal organism

Kingdom: Bacteria
Division: Firmicutes
Class: Mollicutes
Order: Acholeplasmatales
Family: Acholeplasmataceae
Genus: Candidatus *Phytoplasma*
Species: Candidatus *Phytoplasma solani*

أعراض المرض Disease symptoms

أعراض هذا المرض تبدو واضحة على الأزهار الناضجة فى الطماطم من حيث كبر حجم سبلات الكأس Sepals التى تأخذ الشكل الورقى. أما البتلات وأعضاء التذكير Stamens فتتلون باللون الأخضر وقد تغيب البتلات Petals وأعضاء التذكير والكرابل Carpels (Fig 3). تتضخم أعناق الأزهار Pedicels وتصبح سميكة فى النباتات المصابة.

الأوراق النامية قبل حدوث الإصابة تأخذ اللون الأخضر المصفر وخاصة عند حواف الوريقات التى تلتف إلى أعلى بعد حدوث الإصابة للنبات. أما الأوراق التى تكونت بعد الإصابة فأقل حجما مع لون أكثر اصفرارا.

أفرع النباتات المصابة تتجه إلى النمو القائم (الرأسى) وتكون أكثر سمكا عند أماكن الإصابة عن النباتات السليمة نتيجة تكوين لحاء غير طبيعى يبدو كشريط من اللون الأخضر الفاتح بعرض ١- ٢ ملم مشبع بالماء. أما الساق الرئيسية فيقف نموها وتكون رفيعة عند القمة ويأخذ النبات المظهر الشجيرى مع تدهور عام فى النمو.

الثمـار الخضـراء التى تكونت قبل حـدوث الإصابة تصبح صلبة وجافة وصغيرة الحجـم وتتلون ببطء وقد توجد أنسجة ميتة فى مركز الجنين Embrionic center. أما بعد الإصابة فلا تتكون ثمارا نظرا لعقم النبات.

ناقل المسبب المرضى Causal organism transmisive

تنتقـل الفيتوبلازمـا المسـببة لهذا المرض مـن نبات مصاب إلى نبات سـليم عن طريق نطاط الـورق *Eascalis straitulus* Fallen. وتنتقـل أيضـا عن طريق التطعيم ويمكن أن تنتقل عـن طريق نبات الحامول Dodder المتصـل (*Cuscuta campestris*) عندما يتطفل على الطماطم.

لا ينتقل المسبب المرضى بالحقن بالعصير أو عن طريق البذور.

المقاومة Control

١ – مقاومة الناقل الحشرى.

٢ – زراعة أصناف مقاومة.

٣ – إنتاج شتلات سليمة عن طريق زراعة الأنسجة.

٤ – تنشيط الأجسام النباتية Plantibodies التى تساهم فى مقاومة المسبب المرضى وزيادة الأثر الفعال لها.

٥ – سجل استعمال المضاد الحيوى Tetracycline وهو Bacteriostatic ضد الفيتولازما لتثبيط نموها. لكن يجب الاسـتمرار فى اسـتعماله حتى لا تعود أعراض الإصابة ثانية وهذا ليس اقتصاديا. وأيضا يجب عدم اسـتعماله فى المزارع التجارية.

□□□

Tomato Aster Yellows

Fig (1)

Infected and healthy tomato plants

Tomato Big Bud

Fig (2)

Enlarged buds and growth distortion is characteristic of tomato big- bud phytoplasma

Absence of petals stamens and carpels

Mature flower

Fig (3)

Sepal hypertrophy green petals and stamens

Leaf structure of sepals, absence of petals