الباب الثاني

الحشرات الناقلة للبكتيريا الممرضة للنبات

- الحشرات ونقل البكتيريا الممرضة للنبات

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثالث

الحشرات ونقل البكتيريا الممرضة للنبات
Insect Transmission of Plant Pathogenic Bacteria

مقدمة

قبل البدء في دراسة العلاقة بين الحشرات والبكتيريا الممرضة للنبات، سوف يتم إلقاء بعض الضوء على أهمية وخصائص البكتيريا الممرضة للنبات والتي تنتقل بواسطة الحشرات (Leach, 2007; Harrison *et al*., 1980; Agrios, 2005; Atkins, 1978; Carter, 1973; Fletcher and Wayadande, 2002).

تعُد البكتيريا من أول الكائنات الدقيقة (والممرضة للنبات) التي عُرفت علاقتها بالحشرات في عملية النقل. وبالرغم من أنها أقل مسببات الأمراض النباتية عدداً (عند مقارنتها بالفطريات والفيروسات) إلا أن هناك حوالي ٢٠٠ نوع من البكتيريا الممرضة للنبات والتي تسبب خسائر اقتصادية كبيرة في جميع أنحاء العالم وتصيب معظم العوائل النباتية المعروفة. كما أن البكتيريا لا ترقى بعلاقتها مع الحشرات لتلك المنزلة التي تحظى بها الفيروسات، حيث تحظى الأخيرة بعلاقة حميمية أكبر (مع الحشرات). وبالرغم من أن البكتيريا الممرضة للنبات ناجحة في الطبيعة إلا أنه يكتنفها بعض نقاط الضعف والتي يمكن أن تتلخص فيما يلي:

١- لا تكوّن أكثر الأنواع جراثيماً (ليس لها جراثيم مقاومة للظروف القاسية كما هي الحال في الفطريات) وهي، عوضاً عن ذلك، تحتمي بالنبات العائل لمجابهة تلك الظروف.

٢- الخلايا البكتيرية نحيفة الجدر حساسة للجفاف والحرارة والإشعاع وهذه الصفات تحد من بقائها خارج العائل (النباتي) إلا لفترات قصيرة تجعلها عرضة لتلك الظروف البيئية القاسية.

٣- ليس بإمكانها الانتشار لمسافات بعيدة إلا عند نقلها بواسطة النواقل الحيوانية (والحشرات هي أكثرها أهمية).

٤- الخلايا البكتيرية لزجة ولا تحمل بواسطة الرياح لمسافات بعيدة (مثل جراثيم الفطريات) ولذلك فهي تعتمد على حركة الرياح والمياه في الانتشار لمسافات قصيرة (وتنتقل الخلايا البكتيرية لمسافات بعيدة مع الأنسجة النباتية المصابة أو مع/ بواسطة الحشرات).

٥- ليس لها القدرة على اختراق كيوتكل (جدر الخلايا النباتية) بصورة مباشرة ولذلك فإن معظم البكتيريا الممرضة للنبات تدخل النبات من خلال الفتحات الطبيعية أو من خلال الجروح التي تحدثها الآلات الزراعية أو مفصليات الأرجل مثل الحشرات. ويستقر هذا النوع من البكتيريا الممرضة في الفراغات (المسافات) بين الخلوية وهي تؤثر عكسياً على العمليات الفسيولوجية للعائل بدرجات متفاوتة حسب ضراوتها. كما تجدر الإشارة هنا إلى وجود أنواع قليلة من البكتيريا الخاصة (الوعائية) يتم إدخالها إلى الخلايا والأنسجة الوعائية للنبات مثل أنسجة اللحاء وأنسجة الخشب بواسطة الحشرات التي تتغذى بوجه خاص على تلك الأنسجة وبذلك فهي تتفادى مجابهة الجهاز الدفاعي (المناعي) للنبات. وسوف يتم الحديث عن هذا النوع من البكتيريا لاحقاً في الجزء الأخير من هذا الفصل.

هـذا، ويمكـن للحشـرات أن تسـاعد البكتيريـا (الممرضـة للنبـات) في التغلـب علـى الإعاقات السابقة؛ فهي تساعدها على "البقاء" لفـترات أطـول، كـذلك فهـي تسـاعدها علـى الانتشـار (الانتقـال إلى عوائـل نباتيـة جديـدة)، كمـا تسـاعدها علـى الـدخول إلى داخل الأنسجة النباتية. وعنـدما تقـترن تلـك المسـاعدات مـع القـدرة الطبيعيـة للبكتيريـا (الممرضة للنبات) في سرعة تكاثرها، سرعة دخولها إلى سـاحة العـدوى وقـدرتها علـى الحركة الذاتية فهي بذلك يمكن أن تصبح ذات قدرة تدميرية شديدة.

العلاقة بين الحشرات والبكتيريا الممرضة للنبات

Relationship Between Insects and Bacterial Plant Pathogens

معظم البكتيريا الممرضة للنبات (مع وجود بعض الاستثناءات القليلة) ذات علاقة غير إجبارية مع النبات (مسببات مرضية غير إجبارية) وفي العديد من الحالات فإن تلك العلاقة تكون عرضية، وحيث إن البكتيريا التي تسبب العدوى تكون في الغالب لزجة فإن الحشرات التي تلامسها (تحتك بها) تتلوث بتلك البكتيريا وتصبح ناقلة لها، وفي حالات قليلة تنشأ بينهما (أي بين الحشرات والبكتيريا) علاقة بيولوجية (حيوية) تكون مُفيدة لأحدهما أو لكليهما (Harrison *et al.*, 1980).

وتساعد الحشرات البكتيريا الممرضة للنبات بعدة طرق يمكن إجمالها فيما يلي:

أولاً: المساعدة على بقاء البكتيريا في حالة غياب العائل النباتي

تساعد الحشرات على بقاء البكتيريا الممرضة للنبات حيث تعوزها التركيبات المقاومة للظروف القاسية (درجة الحرارة، الجفاف، والإشعاع) وهنا يمكن ذكر نوعين من البقاء للبكتيريا:

١- بقاء طويل الأجل Long term survival وهو من موسم إلى موسم آخر (من محصول إلى محصول آخر).

٢- بقاء قصير الأجل Short term survival وهو من ساعات قليلة إلى أيام (من حقل إلى حقل آخر).

ومن الأمثلة في هذا السياق ما يلي:

المثال الأول: الذبول البكتيري في القرعيات Bacterial wilt of cucurbits. يتسبب هذا المرض عن بكتيريا *Erwinia tracheiphila* (Smith) Hollan والذي ينتقل من النباتات المصابة إلى السليمة بواسطة نوعين من خنافس الخيار هما خنفساء الخيار المخططة *Acalymma vittata* (F.) (شكل١٠) وخنفساء الخيار المنقطة *Diabrotica undecimpunctata howardi* (Barber) ومن خصائص وأعراض هذا المرض (شكل ١١) وعلاقته بالحشرات الناقلة (Atkins, 1978; Harrison *et al*., 1980; Fleischer *et al*., 1998; Leach, 2007; Hayne and Jones, 1975; Burkholder, 1960 and Cavanagh *et al*., 2009) ما يلي:

١- تسد البكتيريا الممرضة الأنسجة الوعائية للنبات وتسبب موته ويمكن مشاهدة الإفرازات البكتيرية اللزجة bacterial ooze عند كسر السيقان المصابة بالمرض.

٢- ينتقل المسبب المرضي بواسطة الخنافس السابقة ولا ينتقل ميكانيكياً أو بالبذور، والعدوى بالبكتيريا الممرضة يجب أن تصل إلى الحزم الوعائية والجروح السطحية للنبات لا تُعدي النبات بالبكتيريا الممرضة (ولأن الخنافس عند تغذيتها تجرح الحزم الوعائية للنبات ولذلك فهي ناقلات جيدة لتلك البكتيريا).

٣- مخلفات الحشرة عندما تلوث الجروح فإنها تكون معدية للنبات وهذا يدل على أن البكتيريا الممرضة تعيش داخل القناة الهضمية للحشرة.

٤- تُمضي البكتيريا الممرضة فترة الشتاء (التشتية) داخل القناة الهضمية للخنافس الناقلة وتتم عدوى نباتات القرعيات بالكائن الممرض في الربيع عند تغذية الحشرات عليها.

تجدر الإشارة أيضاً إلى أن هناك مرضاً بكتيرياً آخر يسبب ذبول القرعيات وهو مرض المداد الأصفر في القرعيات cucurbit yellow vine disease ويتسبب عن بكتيريا *Serratia marcescens* وينتقل بواسطة بقة القرعيات squash bug ؛ *Anasa tristis* . توجد البكتيريا الممرضة في أنسجة اللحاء (لمداد القرعيات)، وتتسبب هذه البكتيريا مع الحشرة الناقلة في شحوب أنسجة اللحاء، اصفرار الأوراق، الذبول وانحطاط النبات المصاب (Bruton *et al.*, 2003).

شكل (١٠). خنفساء الخيار المخططة وتنقل البكتيريا المسببة لمرض الذبول البكتيري في القرعيات.

المصدر: (Anonymous, 1968).

شكل (١١). أعراض مرض الذبول البكتيري في الخيار وينتقل بواسطة خنافس الخيار.

المصدر: (*Macnab et al., 1983*).

المثال الثاني: الذبول البكتيري في الذرة Bacterial wilt of corn (ويسمى أيضاً مرض ستيوارت على الذرة Stewart's disease of corn) ويتسبب هذا المرض عن بكتيريا *Erwinia stewartii* (Smith) Bergey والتي تنتقل من النباتات المريضة إلى السليمة بشكل رئيسي بواسطة خنفساء الذرة البرغوثية *Chaetocnema pulicaria* (Melsh) (شكل ١٢) وبدرجة أقل بواسطة الخنفساء البرغوثية المنشارية *C. denticulate* (Ill.)وبعض الحشرات الأخرى، ومن أعراض هذا المرض وعلاقته بالحشرات الناقلة ما يلي (Leach, 2007 ،Dill, 1979 ،Cook 2003 ،Pepper, 1967):

١- الذرة الشامية الحلوة أكثر حساسية للإصابة بهذا المرض، ويمكن أن تنتشر البكتيريا مع البذور ولكن بشكل محدود.

٢- تظهر الأعراض في العدوى المبكرة كذبول للجزء الخضري وموت الأوراق، أما في العدوى المتأخرة فيحدث ذبول وتخطيط أبيض في الأوراق حول الحزم الوعائية.

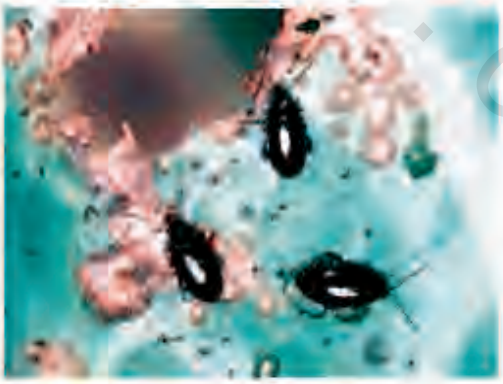
٣- تكون البكتيريا خارج البذور المصابة وتدخل عند الإنبات عن طريق الجروح التي تحدثها الحشرات (مثل ديدان جذور الذرة) خلال عملية التغذية.

٤- تمضي البكتيريا فترة الشتاء (التشتية) في الأطوار البالغة لخنفساء الذرة البرغوثية ولم يمكن عزلها من الحشرات الناقلة الأخرى خلال تلك الفترة.

٥- وجود الخنافس الناقلة أمر ضروري لحدوث المرض بشكل وبائي ولكن لم يُعرف ذلك من جراء استعمال البذور الملوثة بالبكتيريا بشكل منفرد.

٦- هناك علاقة بين انتشار هذا المرض البكتيري وانخفاض درجة الحرارة شتاءً: فكلما انخفضت (درجة الحرارة) في فصل الشتاء تسببت في قتل عدد كبير من الخنافس الناقلة وبالتالي تنخفض الإصابة بالمرض والعكس صحيح؛ فالشتاء الدافئ لا يتسبب عنه قتل أعداد كبيرة من الحشرة الناقلة وبالتالي يزداد تفشي المرض في المحصول.

ومن الأمثلة الأخرى التي يمكن أن تندرج في هذا المجال البكتيريا المسببة لمرض عفن الساق الأسود في البطاطس والتي سوف تتم مناقشتها لاحقاً عند الحديث عن توفير الحشرات للجروح اللازمة لدخول البكتيريا للأنسجة النباتية.



شكل (١٢). الخنافس البرغوثية الناقلة للبكتيريا المسببة لمرض سعوورات على الذرة الشامية.

المصدر: (Meyer, 2003).

ثانياً: الحشرات تساعد على نشر العدوى الأولية والثانوية بالبكتيريا الممرضة

تنشأ العدوى الأولية من البكتيريا الممرضة التي تبدأ منها العدوى بالمرض للعائل النباتي، أما العدوى الثانوية بالبكتيريا فهي التي تنتج من الخلايا المصابة بالعدوى الأولية. ويلاحظ أن العلاقة بين الحشرات والبكتيريا الممرضة للنبات في عملية نشر (المسبب المرضي) غالباً ما تكون عرضية (وتعتمد كثيراً على الصدفة)، فالبكتيريا الممرضة (لزجة) وتلتصق بالحشرات وبالتالي تنقلها إلى العوائل النباتية التي تزورها. ولذلك فإن الحشرات تساعد البكتيريا على التغلب على ميكانيكية الانتشار غير الفعّالة، كما تساعدها على الانتشار إلى مسافات بعيدة. ومن الأمثلة المشهورة في هذا المجال مرض اللفحة النارية على التفاح والكمثرى (Harrison *et al.*, 1980، Carter, 1973، Leach, 2007، Ritchie and Sutton, 2002).

اللفحة النارية على التفاح والكمثرى Fire Blight of Apple and Pear:

ويتسبب هذا المرض عن البكتيريا *Erwinia amylovora* (Bur.) وينتقل بواسطة أكثر من ٧٠ نوعاً من الحشرات (توجد على الأقل في سبع رتب حشرية مختلفة)، هذا بالإضافة إلى انتقالها بواسطة الأمطار.

توجد هذه البكتيريا (وتُمضي فترة التشتية) على التقرحات cankers الموجودة على جذوع وأفرع أشجار التفاح والكمثرى (شكل ١٣). تنشط هذه البكتيريا عندما يدفأ الجو في الربيع وتنتج مواد لزجة جاذبة للحشرات وبذلك فإن الحشرات تنقل العدوى الأولية من هذه التقرحات إلى الأزهار، حيث إن البكتيريا الممرضة تصيب الأفرع الجديدة عن طريق الأزهار. أما العدوى الثانوية فتكون من خلال انتقال البكتيريا الممرضة بواسطة الحشرات من زهرة على نبات إلى زهرة أخرى على نبات آخر عندما تتلوث أجسامها بتلك البكتيريا (شكل ١٤). هذا بالإضافة إلى دخول البكتيريا عن طريق الجروح التي تحدثها الحشرات أثناء عملية التغذية وقد وجد أن

الحشرات الثاقبة الماصة (مثل المن وأنواع البق) أقل كفاءة في نقل البكتيريا الممرضة وذلك لأنها لا تحمل أعداد كافية من البكتيريا على أجزاء الفم الرمحية لكي تُعدي بها العائل النباتي. كما تعتبر الأمطار من الوسائل الهامة لانتقال البكتيريا الممرضة من التقرحات البكتيرية إلى الأزهار خصوصاً عندما توجد تلك التقرحات البكتيرية على الأفرع العلوية للشجرة المصابة، وتنتقل البكتيريا إلى الأزهار (الموجودة تحتها) بفعل التناثر الميكانيكي لحبيبات المطر. ويمكن السيطرة على تلك العدوى ومنعها وذلك بإزالة التقرحات الموجودة على الأفرع العلوية للأشجار المصابة. ولانتقال العدوى الأولية (من التقرحات إلى الأزهار) بفعل الأمطار أهمية كبيرة خصوصاً في المناطق ذات الأمطار الغزيرة. كما أن زيادة الأمطار في بعض المناطق تزيد الرطوبة النسبية وتجعل الرحيق في الأزهار (مخففاً) وصالحاً لبقاء البكتيريا، وعلى العكس في المناطق الجافة التي يكون فيها تركيز الرحيق في الأزهار عالياً وبالتالي يصبح مميتاً للبكتيريا. ومما يجدر ذكره أيضاً أن كفاءة حشرات النحل (مثل نحل العسل) في نقل البكتيريا المسببة للفحة النارية تزداد إلى حد كبير كلما كان تركيز الرحيق في الأزهار مخففاً وتقل تلك الكفاءة كلما زاد التركيز. وقد وجد أن تلك البكتيريا تعيش لمدة يوم واحد فقط (٢٤ ساعة) عندما يكون تركيز سكر الرحيق ٣٠٪ وأقل بكثير من تلك الفترة عندما تصل التراكيز ٤٠-٥٠٪ والتركيز المناسب لبقاء البكتيريا في سكر الرحيق هو ٢,٤٪ وهذا مما يدل على أن تركيز الرحيق (في الأزهار) في المناطق الجافة يكون غير مناسب لبقاء البكتيريا الممرضة (Keitt and Ivanhoff, 1941، Thomas and Ark, 1934، Emmet and Baker, 1971). كما أكدت بعض الدراسات السابقة (Hildebrand and Phillips, 1936) أن حشرات نحل العسل يمكن أن تنقل البكتيريا المسببة لمرض اللفحة النارية إلى خلاياها وتبقى تلك البكتيريا في الخلايا في فصل الشتاء ثم تنقلها حشرات النحل إلى الأزهار في وقت الربيع وهذا يُشكل عاملاً مساعداً في انتشار البكتيريا الممرضة،

ولذلك، يُنصح بعدم نقل الخلايا الموبؤة بتلك البكتيريا إلى مناطق أخرى جديدة حتى لا يتسبب النحل في نقل البكتيريا من خلاياه الملوثة إلى الأشجار السليمة.

شكل (١٣). القرحات الناتجة عن الإصابة ببكتيريا اللفحة النارية على الكمثرى والتي تنقل بواسطة العديد من الحشرات.

المصدر: (Crunshaw *et al.*, 1993).

شكل (١٤). نحل العسل؛ له القدرة على نقل البكتيريا المسببة لمرض اللفحة النارية على الكمثرى.

المصدر: (Meyer, 2003).

obeikandl.com

ومما تجدر الإشارة إليه أخيراً أن البكتيريا المسببة لمرض اللفحة النارية يمكن مكافحتها باستخدام أنواع أخرى من البكتيريا المضادة؛ منها ما هو تابع لنفس الجنس (مثل *Erwinia herbicola*) أو تابع لأجناس أخرى (مثل *Pseudomonas fluorescens*) والتي يمكن أن تستعمل كمضادات حيوية تخلط مع سوائل الرش المستخدمة لإدارة تلك الآفات (Johnson and Stockwell, 1998)، كما يمكن أن يُستغل نحل العسل لنقل تلك البكتيريا من الخلايا (عندما تزود بها) إلى الأزهار وذلك عند شروعها لجمع الرحيق وحبوب اللقاح (Vanneste, 1996).

ومن الأمثلة الأخرى للبكتيريا الممرضة للنبات والتي تنتقل بواسطة الحشرات بالطرق العرضية (١) مرض تصمغ قصب السكر Sugarcane gumming ويتسبب عن بكتيريا *Xanthomonas vascularum* (Cobb) وينتقل بواسطة أنواع متعددة من الذباب (من ثنائية الأجنحة) والبق الحقيقي (من نصفية الأجنحة) ومياه الأمطار (Rao *et al.*, 2004، Harrison *et al.*, 1980)، وكذلك (٢) مرض موكو البكتيري على الموز Moko disease of banana ويتسبب عن بكتيريا *Pseudomonas solanacerum* وينقل بواسطة أنواع مختلفة من الذباب، النحل والزنابير (Stover, 1972، Buddenhagen and Elsasser, 1962، Buddenhagen and Kelman, 1964).

وحيث إن أشجار الموز تنتج أزهاراً مذكرة وأخرى مؤنثة والأزهار المذكرة تسقط تاركة جروحاً في مناطق الانفصال وتنجذب الحشرات السابقة القادرة على نقل البكتيريا إلى تلك الجروح حيث تحدث العدوى بها. كما أن تلك الجروح تبقى لمدة قد تصل إلى ثلاثة أشهر وتشكل مصدراً للعدوى بالبكتيريا، وقد وجد أن حوالي ٥٠٪ من الحشرات التي جمعت من منطقة الأشجار المريضة ملوثة بالبكتيريا الممرضة وهي تشكل عاملاً مهماً في نشر المرض من الأشجار المصابة إلى السليمة.

ثالثاً: الحشرات توفر الجروح اللازمة لدخول البكتيريا إلى أنسجة النبات

كما ذكر سابقاً فإن للبكتيريا مقدرة ضعيفة على اختراق أو اقتحام جدار العائل النباتي بمفردها، ولذلك فإن للحشرات أهمية بالغة في مساعدة البكتيريا في التغلب على هذه الظاهرة حيث توفر الحشرات الجروح اللازمة لدخول البكتيريا الممرضة للنبات من خلال:

- الجروح الناتجة عن عملية التغذية (الحشرات الكاملة و اليرقات).
- الجروح الناتجة أثناء عملية وضع البيض.

١ – الحشرات تحدث الجروح أثناء عملية التغذية

أ) أثناء عملية التغذية في الحشرات الكاملة: مثال مرض التعفن الحلقي البكتيري في البطاطس Bacterial ring rot of potatoes ويتسبب عن بكتيريا *Clavibacter michiganense* subsp. *Sepedonicus* [والاسم القديم لها *Corynebacterium sepedonicum* (Spieck. & Kotth)] وتنقل بواسطة العديد من الحشرات ومن أهمها خنفساء البطاطس، الخنافس البرغوثية والنطاطات ومن الخوخ الأخضر (Christie *et al.*, 1991، Easton, 1979، List, 1942 و Rowe *et al.*, 1995).

تسبب هذه البكتيريا تعفن البطاطس في الحقل والمخزن وهي سهلة الانتشار، ويجب استخدام تقاوي بطاطس معتمدة (certified seeds) عند زراعة البطاطس وإلا فالحقل بأكمله يمكن أن يصاب بالبكتيريا الممرضة. وتعمل الحشرات السابقة على نقل ونشر البكتيريا الممرضة من نبات إلى آخر ومن حقل إلى آخر حيث توفر (الحشرات) الجروح اللازمة لدخولها إلى داخل أنسجة العائل النباتي أثناء عملية التغذية.

ب) أثناء عملية التغذية في اليرقات: مثال: مرض الساق الأسود في البطاطس Potato Blackleg Disease ويتسبب عن البكتيريا *Pectobacterium atrosepticum*

(وتعرف سابقاً بالاسم *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*) وتنتقل بواسطة يرقات ذبابة بذرة الذرة *Hylemya platura* (Meigen) ويرقات ذبابة الدروسوفيلا *Drosophila melanogaster Meigen* (Molina *et al.*, 1974 ؛ Fredricks and Metcalf, 1970 ؛ Harrison *et al.*, 1980 و RHS, 2009). تضع إناث الحشرات السابقة بيضها على قطع درنات البطاطس المستخدمة كتقاوٍ واليرقات الفاقسة تكون ملوثة بالبكتيريا الممرضة وتقوم تلك اليرقات بثقب الطبقة الفلينية للتقاوي مما يتيح الفرصة لدخول البكتيريا الممرضة وبالتالي حدوث التعفن. عندما تتجول اليرقات داخل الدرنات فإنها تسمح بحدوث المزيد من التعفن البكتيري، وهكذا. وهناك علاقة تعايشية بين الحشرات الناقلة والبكتيريا الممرضة والأخيرة توجد في القناة الهضمية لجميع أطوار الحشرات الناقلة. العلاقة التعايشية هنا شبيهة بالعلاقة التعايشية بين ذبابة وبكتيريا تعقد الزيتون والتي سوف يتم الحديث عنها لاحقاً.

كما تجدر الإشارة إلى وجود أنواع من البكتيريا الممرضة للنبات على الأسطح النباتية المختلفة والتي قد لا تقوم الحشرات بنقلها من مكان إلى آخر ولكن ربما تدخل عرضياً / صدفة إلى داخل الأنسجة النباتية وذلك عندما تتوفر الجروح والتي غالباً ما تُحدثها الحشرات عند تغذيتها على تلك الأنسجة النباتية، ومن الأمثلة عليها تلك البكتيريا المسببة لمرض اللفحة النارية على التفاح والكمثرى، فقد وجد (Stahl and Luepschem, 1977) أنه عندما يرش مُعلق من البكتيريا السابقة على ثمار كمثرى سليمة فإن نسبة الإصابة بالمرض البكتيري تكون ١١,٣٪ وذلك بسبب دخول البكتيريا مع الفتحات الطبيعية، ولكن عندما تعرّض تلك الثمار بعد رشها بالمعلق البكتيري للبق العكر *Lygus* spp. فإن نسبة الإصابة ترتفع إلى ٢٥,٥٪ نتيجة لدخول البكتيريا الممرضة مع الجروح التي تحدثها الحشرات السابقة أثناء عملية التغذية على الثمار.

٢- الحشرات تُحدث الجروح أثناء عملية وضع البيض

المثال الأول: مرض التعقد البكتيري في الزيتون Bacterial Olive Knot:

تعتبر البكتيريا المسببة لهذا المرض وكذلك الحشرة الناقلة لها من أهم آفات الزيتون على مستوى العالم وتلحق تلك الآفات أضراراً بهذا المحصول قد تصل نسبتها إلى أكثر من ٥٠٪ في بعض مناطق زراعة الزيتون (شكل ١٥) خصوصاً الواقعة على حوض البحر المتوسط. كما أن الإصابة المزدوجة بالبكتيريا والحشرة تؤدي إلى تقليل نمو الأفرع وتؤثر عكسياً على عدد وحجم الثمار بتلك الأفرع (Hagen, 1966، Yamvrias *et al.*, 1970، Fytizas and Tzanakakis, 1966، Manousis and Ellar, 1988، Rice, 2000، Khlaif, 2009). البكتيريا المسببة لمرض تعقد الزيتون هي: *Pseudomonas savastanoi* pv. *Savastanoi* Smith والحشرة الناقلة هي: ذبابة الزيتون (Olive fly) واسمها العلمي الجديد *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmelin). وتعتبر هذه الذبابة هي الناقل الرئيسي لمسبب هذا المرض (البكتيريا) ويوجد علاقة إحيائية تعايشية بينهما (Symbiotic relationship). تضع الحشرة البيض الملوّث بالبكتيريا الممرضة على النموات والثمار الغضة للزيتون. توجد البكتيريا في القناة الهضمية لكل طور من أطوار ذبابة الزيتون حيث تحفظ (تلك البكتيريا) في تجاويف كيسية خاصة داخل القناة الهضمية للحشرة في كل من منطقة الرأس، القناة الهضمية الوسطى ومنطقة المستقيم. هذه التجاويف الكيسية (الحاملة للبكتيريا) تبقى في أماكنها ولا يتم التخلص منها أثناء عملية الانسلاخ، ولكن قبل أن تتحول اليرقة في طورها الأخير إلى عذراء فإن البكتيريا تتركز في التجويف الموجود في منطقة الرأس (وهو عبارة عن كيس ممتد من البلعوم) وتتلاشى البكتيريا من/في التجاويف الأخرى. ومن هذا يتضح أن البكتيريا تحفظ للطور البالغ حيث تمر (تتدفق) البكتيريا مرة أخرى إلى القناة الهضمية (للطور البالغ).

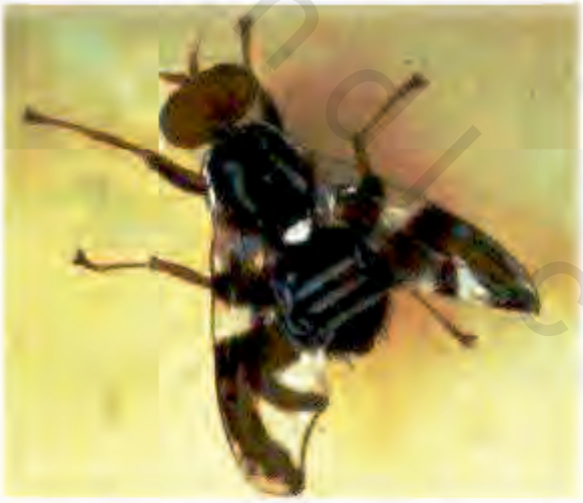
كما يوجد فتحة صغيرة (شق صغير) بين منطقة المستقيم وقناة وضع البيض وهذا يُسهل تلوث البيض بالبكتيريا الممرضة قبل عملية وضعه في أنسجة الزيتون الغضة. بيض الحشرة يكون ملوثاً داخلياً، حيث تدخل البكتيريا إلى داخل البيض من خلال فتحة النقير (micropyle). كما أن يرقات ذبابة الزيتون تكون غير قادرة على النمو والتطور في ثمار الزيتون (أو على بيئات غذائية صناعية) عندما لا تتوفر البكتيريا في قناتها الهضمية. إذاً فالبكتيريا المذكورة (وربما بمساعدة أنواع أخرى من البكتيريا) تقوم بعملية تحليل جزئي للبروتين في الغذاء (ثمار الزيتون) وبالتالي تصبح اليرقة قادرة على الاستفادة منه. هذا ويمكن لليرقة أن تستفيد من الغذاء في حالة فقدان البكتيريا (مثلاً عند استخدام مضاد حيوي ضدها) بشرط أن يكون الغذاء "متحلل جزئياً" بالصورة التي تصبح اليرقة عندها قادرة على هضمه والاستفادة منه.

شكل (١٥). الزيتون يمكن أن يصاب ببكتيريا تعقد الزيتون الذي تنقله ذبابة الزيتون.

المصدر: (ICI, 1979).

المثال الثاني: التعفن البكتيري في التفاح Bacterial Rot of Apple : يتسبب هذا المرض عن البكتيريا *Pseudomonas melophthora* والحشرة الناقلة هي ذبابة التفاح

(Walsh) *Rhagoletis pomonella* (شكل ١٦) وتعتمد البكتيريا الممرضة كلية في انتقالها على هذه الحشرة (ذبابة التفاح Apple maggot) وهي الطريقة الوحيدة المعروفة لانتقالها حيث تقوم أنثى تلك الحشرة بعدوى ثمار التفاح بالبكتيريا أثناء عملية وضع البيض. اليرقات الفاقسة من البيض تقوم بالتغذية والتجول ونشر البكتيريا داخل لب الثمرة (شكل ١٧). وقد تبين أن البيض الذي تضعه أنثى الحشرة يكون ملوثاً بالبكتيريا من الخارج (أي أن البكتيريا لا توجد داخل البيضة). كما توجد علاقة تعايشية بين ذبابة التفاح والبكتيريا الممرضة كما توجد بعض التحورات في قناتها الهضمية لإيواء تلك البكتيريا وهي بهذه الصفات تتشابه مع ذبابة الزيتون المذكورة في المثال السابق (Leach, 2007 ؛ Miyazaki *et al.*, 1968 ؛ Baerwald and Boush, 1968).



شكل (١٦). ذبابة التفاح الناقلة لبكتيريا تعفن ثمار التفاح.

المصدر: (Mayer, 2003).

شكل (١٧). التعفن البكتيري على ثمار التفاح والبكتيريا هنا تنقل بواسطة ذبابة التفاح *Rhagoletis pomonella* Walsh.

المصدر: (*Cranshaw et al.*, 1993).

رابعاً: تساعد الحشرات البكتيريا على التغلب على/تفادي العوامل البيئية القاسية/غير المناسبة

فعلى سبيل المثال، تساعد الحشرات على توفير الرطوبة المناسبة لنمو البكتيريا الممرضة للنبات عندما تنقل الأخيرة إلى المكان المناسب لنموها في العائل النباتي وذلك من خلال عملية التغذية للحشرة. المثال على ذلك هو مرض تعفن قلب الكرفس البكتيري Bacterial heart rot celery (Leach, 1927؛ Harrison *et al.*, 1980؛ Leach, 2007).

البكتيريا المسببة للمرض هي *Erwinia carotovora* (Jones) وتنتقل هذه البكتيريا بواسطة يرقات ذبابتين من ناخرات الأوراق هما: *Scaptomyza graminium* (Fallen) (Diptera: Drosophilidae) و *Elachiptera costata* (Loew) (Diptera:Choropidae) البكتيريا يمكن أن تصيب كلاً من الأوراق الداخلية والخارجية للكرفس ولكن عندما تصيب الأوراق الخارجية فإن الضرر الناجم عنها يكون قليلاً إلا أن الضرر أو الخسارة

تكون كبيرة عندما تصاب الأوراق الداخلية للكرفس (أوراق القلب)، وهذا المرض يكون أكثر فتكاً في المناطق الجافة، فمثلاً؛ في المناطق ذات الجو الرطب يوضع بيض الحشرات (المذكورة سابقاً) على الأوراق الخارجية والضرر لا يصل إلى الأوراق الداخلية (القلب)، أما في المناطق الجافة فإن البيض يوضع على الأوراق الداخلية واليرقات الفاقسة تتغذى على قلب النبات وتُدخل معها البكتيريا الممرضة (والتي قد توجد على أسطح الأوراق حيث لا يُعرف بوجود علاقة متخصصة بين الحشرة والبكتيريا) ومن هذا يتضح دور الحشرات في تمكين البكتيريا الممرضة في الدخول/ الوصول بنجاح إلى المكان المناسب (وحيث تتوفر الرطوبة المناسبة) لنموها.

كما تجدر الإشارة أخيراً إلى أن الحشرات ربما توفر المواد اللازمة لنمو البكتيريا الرمية والتي قد تسبب تغيرات غير مرغوبة في الأنسجة/ الأجزاء النباتية المسوقة، ومن الأمثلة على ذلك البكتيريا المسببة لتغير النكهة في القهوة (البن) والتي تنتج عن أنواع مختلفة من البكتيريا الرمية التابعة للجنس *Xanthomonas* والتي تنتقل بواسطة يرقات ذبابات الفاكهة مثل: *Ceratitis annonae* Grahm و *Trirhithrum coffeae* Bezzi حيث تدخل البكتيريا إلى ثمار القهوة (حبات البن) (شكل ١٨) بواسطة يرقات الحشرات السابقة وتنمو البكتيريا على مخلفات تلك الحشرات في ثمار (حبات) البن المصابة والمتحللة مما يسبب تغيراً في طعم ونكهة القهوة (Stolp, 1960، Abase, 1973، Ingram, 1965، Harrison *et al.*, 1980).

شكل (١٨). ثمار القهوة (البن) يمكن أن تصاب بالبكتيريا الرمية المسببة لتغير نكهة القهوة والتي تنقل بواسطة يرقات ذبابة الفاكهة.

المصدر: (ICI, 1979).

البكتريا الوعائية Vascular-colonizing bacteria

تقسم البكتيريا الوعائية إلى ما يلي:

البكتيريا الوعائية عديمة (رقيقة) الجدر (Wall-less mollicutes) وهذه تشمل كل من: الفيتوبلازما phytoplasmas والسبيرويلازما spiroplasmas.

البكتيريا الوعائية ذات الجدر وتشمل كلاً من: البكتيريا القاطنة للحاء walled phloem-inhabiting bacteria والبكتيريا المحصورة في الخشب walled xylem-limited bacteria.

الفيتوبلازما: خلايا خيطية (أو ذات أشكال متعددة خلال النمو)، إجبارية التطفل على خلايا أو أنسجة اللحاء للنبات، وهي عديمة الجدر الخلوية وصغيرة جداً في الحجم ولا يتجاوز قطرها الميكرومتر الواحد كما أن لها مكنوناً وراثيًّا genome متناهياً في الصغر وهي متطفلة فقط على النباتات وتسبب حوالي ٢٠٠ مرض نباتي

وكانت تُعرف في السابق بالكائنات الشبيهة بالميكوبلازما Mycoplasma-like organisms أو اختصاراً MLO.

السبيروبلازما: خلايا حلزونية (مغزلية) صغيرة جداً (ميكروسكوبية) وليس لها جدار خلوي وهي ليست مثل الفيتوبلازما من حيث إنه يمكن تربية الأولى (السبيروبلازما) على البيئات الغذائية المصنعة وهذا يجعل من السهل وصفها وتشخيصها (إذا ما قورنت بالفيتوبلازما).

التفاعل بين الكائن الممرض والعائل (النباتي) Host-pathogen interactions

تسبب الفيتوبلازما والسبيروبلازما أكثر من ٦٠٠ مرض لعدة مئات من الأنواع النباتية. من أهمها أمراض الاصفرار ولها نوعان رئيسيان من الأعراض ؛ **النوع الأول** ويتسبب عن السبيروبلازما وبعض الفيتوبلازما وينتج بشكل رئيسي عن اعتلال اللحاء وربما أيضاً عن التنافس بين الكائن الممرض والنبات العائل على ماينقله اللحاء من نواتج التمثيل الضوئي (phloem-borne phytosynthates). هذه الأعراض تشمل الذبول، التقزم (المسافات بين العقد قصيرة)، ابيضاض الجزء الخضري للنبات، تحطم أوعية اللحاء وترسب الكالوس عليها وأخيراً انحطاط النبات وموته. **النوع الثاني** (من الأعراض) وينتج عن مجموعة أخرى من الفيتوبلازما والتي تسبب اختلالاً في منظمات النمو النباتية (PGR) وينتج عنها تشوهات مميزة متعددة من أشهر أمثلتها ما يسمى بمكنسة الساحرة Witches Broom وهي الأعراض الناتجة عن تفلطح/تحزم السيقان وتجمع/تكدس الأوراق عليها بكثافة كبيرة في القمم النامية (شكل ١٩) وربما ينتج عنها عقم الأزهار وتحول بتلاتها إلى ما يشبه الأوراق (phyllody) أو اخضرار البتلات. ومن الواضح أن نوع الأعراض السابقة وشدتها تختلف حسب الكائن الممرض، الظروف البيئية وعمر العائل النباتي عند حدوث الإصابة/العدوى. ومما تجدر ملاحظته

أن البكتيريا الوعائية عديمة الجدر (السبيروبلازما على وجه الخصوص) لها تأثيرات سلبية على الحشرات الناقلة لها (وهي القافزات الرامية) حيث تقصر من طول فترة الحياة للحشرة الناقلة وتقلل من أعداد النسل (البيض) الناتج عنها (Claven and Oldfield, 1979).

شكل (١٩). أعراض مرض مكنسة الساحرة الفيتوبلازمي والذي ينتقل بواسطة قافزات الأوراق.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

الانتشار/ (الانتقال) [للسبيروبلازما والفيتوبلازما]

تنتقل هذه الكائنات بواسطة قافزات الأوراق leafhopper، قافزات النبات planthopper وحشرات السلد Psyllids وهذه الحشرات تتغذى بامتصاص العصارة النباتية من أنسجة الخشب، اللحاء والميزوفيل للعوائل النباتية المناسبة، وقد تستغرق عملية التغذية (امتصاص العصارة) عدة ساعات تكتسب خلالها الحشرات الناقلة تلك الميكروبات الممرضة (السبيروبلازما والفيتوبلازما) من العوائل النباتية المصابة. ويمكن للكائنات الممرضة السابقة أن تتكاثر (تتضاعف) في الحشرة الناقلة حيث تمر (الميكروبات) من القناة الهضمية للحشرة إلى الهيمولمف (دم الحشرة) حيث تتكاثر

وتنتقل (مع الهيموليف) إلى الغدد اللعابية للحشرة ويمكن أن تحقن مرة أخرى في النبات العائل خلال التغذية اللاحقة. وقد تستغرق عملية الانتقال بأكملها من ٢-٤ أسابيع وهذا ربما يرتبط بتركيز الكائن الممرض في العائل النباتي (المصدر) وكذلك طول فترة التغذية والاكتساب. ومما تجدر ملاحظته أيضاً أن الكائنات الممرضة السابقة لا تنتقل من خلال النسل (البيض) في الحشرات الناقلة (Fletcher *et al.*, 1998).

من أشهر الأمثلة على الأمراض السبيروبلازمية التي تنقلها قافزات الأوراق مرض سبيروبلازما تقزم الذرة (شكل ٢٠) والمتسبب عن السبيروبلازما *Spiroplasma kunkelii* والتي تنتقل بواسطة قافزة أوراق الذرة *Dalbulus maidis* (شكل ٢١). كذلك، سبيروبلازما تقزم الموالح والمتسبب عن السبيروبلازما *Spiroplasma citri* والتي تنتقل بواسطة قافزة أوراق البنجر *Circulifer tenellus* بالإضافة إلى إمكانية انتقالها بواسطة بعض قافزات الأوراق الأخرى (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٢٠). أعراض مرض تقزم الذرة المتسبب عن سبيروبلازما والذي ينقل بواسطة قافزات الأوراق.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٢١). قافزة الأوراق الناقلة لمرض تقزم الذرة السبيروبلازمي.

المصدر: (Fletcher and Waysdande, 2002).

تنتقل الفيتوبلازما بنفس الطريقة التي تنتقل بها السبيروبلازما إلا أن النواقل الحشرية لها لا تقتصر فقط على قافزات الأوراق، فمثلاً مرض الاصفرار المميت لجوز الهند coconut lethal yellowing ينتقل بواسطة قافزات النبات plant hoppers ومرض انحطاط الكمثرى pear decline ينتقل بواسطة حشرات السّلد psyllids (شكل ٢٢ و ٢٣). أما أمراض اصفرار الأستر الفيتوبلازمية الشهيرة فهي تنتقل بكفاءة عالية بواسطة قافزات الأوراق leaf hoppers (شكل ٢٤ و ٢٥).

شكل (٢٢). حشرة سلّد الكمثرى الناقلة للفيتوبلازما المسببة لمرض انحطاط الكمثرى.

المصدر: (Cranshaw, 2004).

شكل (٢٣). أعراض مرض التحطاط الكمثرى على أشجار الكمثرى (يمين الصورة)، أما الأشجار (على يسار الصورة) فتمت معالجتها بحقنها بمضاد حيوي (ستراسايكلين).

المصدر: (Bethel, 1978).

شكل (٢٤). قائزة الأسمر الناقلة للفايتوبلازما المسببة لمرض اصفرار الأسمر.

المصدر: (Cranshaw, 2004).

شكل (٢٥). أعراض مرض اصفرار الأستر الفيتوبلازمي على الجزر والذي ينتقل بواسطة قافزات الأوراق. المصدر: (Macnab *et al.*, 1983).

ومما تجدر ملاحظته أيضاً أن هناك بعض الشواهد التي تدل على أن الفيتوبلازما الممرضة للنبات (على عكس السبيروبلازما) تفيد الحشرة الناقلة لها، فمثلاً، الفيتوبلازما المسببة لأمراض اصفرار الأستر تطيل فترة حياة الحشرة الناقلة (وهي القافزة *Macrosteles quadrilineatus*) خصوصاً عند درجات الحرارة المنخفضة. ومما تجدر الإشارة إليه أخيراً أن حشرات المن (وهي حشرات ثاقبة ماصة للعصارة النباتية) غير قادرة على نقل الميكروبات السابقة (السبيروبلازما والفيتوبلازما) بالرغم من أنها قد تتغذى جنباً إلى جنب مع الحشرات الناقلة وعلى نفس العوائل النباتية المصابة. الأسباب لذلك (عدم القدرة على النقل) قد تكون عائدة إلى عدم قدرة تلك الميكروبات على الدخول من خلال القناة الهضمية أو الغدد اللعابية لحشرات المن أو عدم قدرتها (الميكروبات) على التكاثر/التكرار داخل تلك الحشرات (المن) بسبب تدخل جهازها المناعي لمنع ذلك، أو لعدم قدرة تلك الميكروبات على أيض الكربوهيدرات المتاحة في هيمولف الحشرات المذكورة، إلا أن أياً من تلك الأسباب لم تثبت بالتجارب العلمية (Fletcher and Wayadande, 2002).

البكتيريا القاطنة للحاء Fastidious Phoem-Colonizing Bacteria

وهي بكتيريا صغيرة جداً في الحجم سالبة لصبغة جرام. الأغشية الخارجية لبعض أنواعها موجة في مظهرها (ومن هذه الصفة نشأت تسميتها الأولى بالكائنات الشبيهة بالركتسيا). وقد وُصف منها ما لايقل عن ٢٤ مرضاً نباتياً من النباتات أحادية وثنائية الفلقة والتي تشمل النباتات العشبية، الأشجار، نباتات الخضر، الفاكهة، محاصيل الحبوب ونباتات الزينة وذلك في العديد من دول العالم (Davis, 2001).

من أشهر الأمثلة على هذا النوع من الأمراض مرض اخضرار الموالح citrusgreening (شكلين ٢٦ و ٢٧) ويتسبب عن البكتيريا *Candidatus liberobacter* (ولها سلالتان أحدهما آسيوية asiaticum والأخرى أفريقية africanum وهما مختلفتان من حيث الأعراض والاستجابة للظروف البيئية وتسبب خسائر فادحة في الموالح في مناطق زراعتها في القارتين). تنتقل البكتيريا السابقة (المسببة لمرض اخضرار الموالح) بواسطة حشرات السِّلَد: *Trioza erytreae* (للسلالة الآسيوية) و *Diaphorina citri* (للسلالة الأفريقية). البكتيريا السابقة يتم اكتسابها (بواسطة الحشرة الناقلة) خلال ٣٠ دقيقة وتستغرق فترة الكمون ٧-١٠ أيام لكي تصبح الحشرة الناقلة قادرة على العدوى لعائل نباتي جديد (DaGraca, 1991).

شكل (٢٦). حشرة السِّلَد الناقلة لبعض مسببات الأمراض النباتية الفيتوبلازمية مثل مرض اخضرار الموالح.

المصدر: (Meyer, 2003).

شكل (٢٧). أعراض مرض اخضرار الموالح (يمين) تتشابه أحياناً إلى حد كبير مع أعراض نقص العناصر مثل عنصر الزنك (يسار).

المصدر: (*Whiteside et al., 1988*).

مثال آخر على النوع السابق من البكتيريا وهي البكتيريا المسببة لمرض اصفرار سيقان القرعيات cucurbit yellow vine ويتسبب عن البكتيريا الوعائية *Serratia marcescens* وتنتقل بواسطة نوع من بق القرعيات هو *Anasa trsitis*، (شكلان ٢٨ و ٢٩) (الانتقال بمثل هذه الحشرة غير معهود في البكتيريا الوعائية القاطنة للحاء). ويمكن لبقة القرعيات أن تكتسب البكتيريا الممرضة خلال ٢٤ ساعة وتنقلها خلال فترة ١-٢١ يوماً بعد الاكتساب وتستبقي في القناة الهضمية الأمامية للحشرة الناقلة. علاقة الانتقال للمرض السابق عُرفت في السنوات الأخيرة بعدما سبب خسائر فادحة لمحاصيل القرعيات (مثل البطيخ، الكوسة، القرع والشمام (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٢٨). بقة الفرعيات الناقلة لمرض اصفرار مناد الفرعيات السيريلاني.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٢٩). أعراض مرض اصفرار مناد الفرعيات السيريلاني والذي ينقل بواسطة بقة الفرعيات.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

البكتيريا المحصورة في الخشب Fastidious Xylem-Limited Bacteria

من أشهر الأمثلة عليها بكتيريا *Xylella fastidiosa* والتي تنقلها أنواع مختلفة من نافزات الأوراق تسمى بنافزات الأوراق الرامية sharpshooter leafhopper (شكل ٣٠) وكذلك البق الباصق spittlebugs (شكل ٣١) والتي تسمى أيضاً بالنافزات الضفدعية froghoppers والنوعان السابقان من النافزات هما الناقلات المعروفة لهذا النوع من البكتيريا، لأن تلك الحشرات تمتص العصارة النباتية من أنسجة الخشب (Purcell,

، Almeida and Purcell, 2006 ، Almeida and Purcell, 2003 ، Purcell, 1982 ، 1979
.(Sanderlin and Melanson, 2010 و Fletcher and Wayadande, 2002

تنتقل سلالات البكتيريا *X. fastidiosa* المسبب لمرض بيرس على العنب بواسطة ما لا يقل عن ٢٦ نوعاً من قافزات الأوراق وخمسة أنواع من البق الباصق السابق ذكرها (الأشكال ٣٠، ٣١ و ٣٢). كما تنتقل تلك البكتيريا بواسطة تلك الحشرات إلى ما لا يقل عن ٧٥ نوعاً مختلفاً من العوائل النباتية من أشهرها على سبيل المثال لا الحصر:

- مرض بيرس على العنب Pierce's disease of grapevine
- اصفرار الموالح المرقش Citrus variegated chlorosis
- لفحة الأوراق (الدفلة، اللوز ،البلوط والجوز) Leaf scorch (Oleander, Almond, Oak and Pecan)
- تقزم البرسيم Alfalfa dwarf (شكل ٣٣).
- مرض الخوخ الكاذب Phony peach .

وبالرغم من أن هناك الكثير من الحشرات الماصة للعصارة النباتية والتي تصل إلى (وتسبر Probe) أنسجة الخشب إلا أن الحشرات التي تتغذى ببطء على تلك الأنسجة تكون ذات كفاءة عالية في نقل تلك البكتيريا ولأن لها مضخة فمية قوية (ماصة) مزودة بالكثير من العضلات تساعدها على امتصاص وابتلاع كميات وفيرة من العصارة النباتية (من الأنسجة الخشبية).

شكل (٣٠). فاقرة الأوراق الناقلة لمرض بيرس على العنب.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٣١). بق المروج الباصق الناقل للبكتريا الوعائية المسببة لمرض بيرس على العنب ويوضح الشكل إفرازات الحشرة (البصاق).

المصدر: (Crumbaw, 2004).

شكل (٣٢). أعراض الإصابة بمرض بيرس الفيجي اللزمي على العنب والذي ينقل بواسطة فاقرات الأوراق والبق الباصق.

المصدر: (Fletcher and Wayadande, 2002).

شكل (٣٣). أعراض تقزم البرسيم (يمين الصورة) بسبب الإصابة بالفيتوبلازما التي تنقلها القافزات الواصة.

المصدر: (Flint and Clark, 1981).

البكتيريا السابقة لا تنتشر في هيمولمف (دم) الحشرة (أي أنها غير دوّارة non-circulative) لكنها تبقى طوال فترة حياة الحشرة الكاملة (البالغة) وهذه البكتيريا غير ضارة (أي أن ليس لها تأثير سلبي) على الحشرة الناقلة. ومن الدلائل على كون البكتيريا غير دوّاره في جسم الحشرة الناقلة مايلي:

١- قدرة الحشرة الناقلة على سرعة اكتساب البكتيريا ونقلها (أي أن البكتيريا ليس لها فترة كمون).

٢- كون البكتيريا لا تنتقل (لاتبقى) في الحشرة الناقلة خلال عمليات التكاثر (أي إلى الأجيال اللاحقة transovarial transmission/passage).

٣- فشل انتقال البكتيريا إلى العائل النباتي بعد حقن الحشرة الناقلة بها.

٤- عدم قدرة الحشرة الناقلة على نقل تلك البكتيريا بعد عملية الانسلاخ (lack of transstadial transmission).

والصفة الأخيرة تدلل على ارتباط البكتيريا بالقناة الهضمية الأمامية للحشرة (foregut) أثناء عملية الانتقال وذلك لأن بطانة القناة الهضمية الأمامية يتم التخلص

منها بعد عملية الانسلاخ. هذا وترتبط البكتيريا بتلك البطانة (ارتباط قطبي Polar attachment) وتحقن بها العوائل النباتية مع لعاب الحشرة الناقلة أثناء عملية التغذية.

ومن المعروف أن هذا النوع من البكتيريا يصعب عزله بالطرق الاعتيادية (عزل البكتيريا)، كما تحتاج إلى بيئات غذائية معقدة لتنميتها ولهذه الأسباب فإن هناك القليل من الدراسات التي أُجريت عليها خصوصاً فيما يتعلق (يختص) بالعلاقات المتداخلة (الثلاثية) بين الحشرة الناقلة والبكتيريا والعائل النباتي. كما تجدر الإشارة إلى أن لهذه البكتيريا العديد من العوائل النباتية التي لا تظهر عليها أي أعراض مرضية للإصابة بها (symptomless) وتقضي البكتيريا فترة التشتية عليها (overwintering) ثم تنقلها الحشرات السابق ذكرها في فصل الربيع إلى عوائل نباتية أخرى جديدة.

من أكثر القافزات الرامية الناقلة لهذه البكتيريا الممرضة شهرة تلك التي تسمى بالقافزات الرامية (ذات الأجنحة الزجاجية glass wing sharpshooters): *Homalodisca coagulata*، ولهذه القافزة العديد من العوائل النباتية وهي تتكاثر بسرعة على العنب والموالح (الحمضيات)، والدفلة بالإضافة إلى العديد من النباتات الخشبية الأخرى وتنتقل البكتيريا الممرضة إليها بكفاءة عالية.