الباب السادس

تأثير مسببات الأمراض النباتية على الحشرات الناقلة

- تأثير مسببات الأمراض النباتية على الحشرات الناقلة

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني عشر

تأثير مسببات الأمراض النباتية على الحشرات الناقلة

Effect of Phytopathogens on Insect Vector

العلاقات التي تربط العائل النباتي بالكائن الممرض والحشرة الناقلة (مع بعضها البعض) هي علاقات وظواهر بيئية موجودة فعلاً ولكن يصعب فهمها وتفسيرها في كثير من الأحيان، وذلك نظراً لتعقّدها وارتباطها بمستويات غذائية متعددة ومعقدة وخضوعها أيضاً إلى عوامل بيئية غير حية (فيزيائية/ طبيعية) كلها تؤثر منفردة أو مجتمعة على الكائنات السابق ذكرها. وبناءً على ذلك فإن التفاعلات المرضية بين العائل النباتي والكائن الممرض ربما تجعل النبات أكثر مناسبة للحشرة بسبب التغيرات التي تحدث في النبات مظهرياً (مورفولوجياً) أو أيضياً (فسيولوجياً)، وفي بعض الأحيان تنشأ علاقة تعايشية بين الحشرة الناقلة والكائن الممرض (تكون لمصلحة الحشرة) أو بين الكائن الممرض والنبات العائل (تكون لمصلحة النبات). كذلك، فإن النبات المصاب بأحد الأمراض ربما يشكل بؤرة تغذوية فريدة وعجيبة للآفات الحشرية بحيث يؤثر على عملية تكاثرها وديناميكية تعدادها بطرق تتفاوت/تتراوح بشكل كبير من كونها مفيدة

جداً للحشرة إلى كونها ضارة جداً بها. فمثلاً، بعض الكائنات الممرضة للنبات مسئولة بطريقة مباشرة عن التأثير السلبي على بقاء الحشرة وعلى طول فترة حياتها وعلى خصوبتها وهذه الخاصية موجودة في الفيروسات وكذلك الفيتوبلازما التي تعتمد على الحشرات (مثل قافزات الأوراق) اعتماداً كلياً في نقلها وبقائها. كما أن بعض الكائنات الممرضة للنبات ربما تفيد الحشرة بطرق غير مباشرة وذلك بتحسين جاذبية وملاءمة النبات العائل من خلال زيادة قيمته الغذائية أو بإضعاف (نظام) مقاومة النبات للآفة الحشرية (Jones, 1984، Price *et al.*, 1980، Jenson, 1969، Levin, 1976 و Vega *et al.*, 1994).

وفيما يلي استعراض لمسببات الأمراض النباتية وتأثيرها على الحشرات الناقلة:

أولاً: الفيروسات Viruses

الفيروسات المنقولة بواسطة الحشرات ربما تؤثر على حياتية الحشرة الناقلة وعلى ديناميكية تعداد عشائرها بطرق مختلفة، فمثلاً بيّنت العديد من الدراسات وجود تأثير ضار للفيروس الممرض للنبات على الحشرات الناقلة حتى لو كانت بصورة منفردة بعيداً عن العائل النباتي. ومن الأمثلة في هذا السياق مايلي:

- الفيروس المسبب لمرض تشريط الأرز (فيروس باقٍ، متكرر وينتقل خلال طور البيضة) يؤثر سلبياً على طول فترة الحياة وعلى إنتاج البيض (الخصوبة) لقافزة الأوراق (Fallen) *Delphacodes striatella* عندما يتم المحافظة على نسل متتابع من عشيرة الحشرة (Okuyama, 1962).
- الفيروس المسبب لمرض تقزم الأرز والذي ينتقل خلال طور البيضة يقلل من طول فترة الحياة وكذلك الخصوبة، كما يؤثر سلبياً على بقاء ونمو وتطوّر الحوريات لقافزة الأوراق Uhler *Nephotettix cincticeps* (Nakusuji and Kiritani, 1970).

• الفيروس المسبب لمرض الهوجابلانكا على الأرز يسبب تأثيرات عكسية مشابهة للسابقة لقافزة الأوراق *Sogatodes orizicola* (Muir) (Jennings and Pineda, 1971).

وقد لوحظت تغيرات (تأثيرات) سلبية على الخلايا وفي عملية الأيض في الحشرات الناقلة مرتبطة بالفيروسات الباقية في العديد من النواقل الحشرية، منها مثلاً: وجود الأجسام المحتواة في الأنسجة المختلفة (للحشرة الناقلة)، تشوّه الأنوية في الخلايا، تغيرات تشريحية في بعض الأنسجة، تغيّر في معدل استهلاك الأكسجين والمستويات الكربوهيدراتية في الخلايا، كلها لوحظت في بعض الحشرات الناقلة للفيروسات. وفي بعض الأحيان فإن التشوّهات في الشكل الخارجي (المورفولوجي) للنبات العائل (الناتج عن الإصابة بالمرض الفيروسي) هي السبب الرئيسي للتغيرات التي تطرأ في الحشرات الناقلة، فمثلاً، حشرات التربس تستغل التجعدات التي تنتج بسبب بعض الإصابات الفيروسية في جعل النبات المصاب مناسباً جداً كملجأ لتلك الحشرات. بينما لوحظ أن حشرات المنّ لا تفضل نباتات البطاطس المصابة بفيروس التفاف الأوراق بسبب تجعد الأوراق وتقزم النبات. وعلى النقيض؛ فإن الفيروسات الممرضة للنبات والتي تسبب حدوث نعومة لأوراق النبات المصاب تجعلها أكثر مناسبة لتكاثر الأكاروسات ونمو عشائرها إذا ماقورنت بالنباتات السليمة الخشنة (Shikata, 1979، Jensen, 1969، Hare and Dodds, 1978). وفي دراسة أخرى، وجد أن استبعاد تأثير الكائن الممرض (الفيروس) عن الحشرة الناقلة (حشرات المنّ *M. avenae* و *R. padi*) باستخدام ناقل متخصص للفيروس الممرض (إحدى قافزات الأوراق)، وجد أن ذلك يؤدي إلى قصر فترة حياة حشرات المنّ السابقة عندما تربى على الشوفان المصاب بمرض تقزم وتخطيط القمح الفيروسي وكانت النتيجة إنجاب عدد أقل من النسل (من حشرات المنّ) (Laurema *et al.*, 1966). ومن الأمثلة الأخرى على تلك التأثيرات السلبية أيضاً خفض معدل الزيادة لعشيرة حشرة المَنّ، *Sitobion avenae* (F)

عندما رُبيّت على نباتات قمح مصابة بفيروس تقزم واصفرار الشعير (Fiebig *et al.*, 2004). كما وجد أيضاً أن القمح المعدّل وراثياً له تأثير سلبي واضح (بفارق معنوي) على خصوبة وطول فترة حياة حشرة المَنْ (L.) *Rhopalosiphum padi*، عند مقارنة ذلك بالقمح غير المعدّل وراثياً عندما يكون كلا النوعين مصاباً بفيروس تقزم واصفرار الشعير (Martinez *et al.*, 2004). ويوضح الجدول (١٢) المزيد من الأمثلة لفيروسات ممرضة للنبات وعوائلها النباتية ومجمل تأثيرها السلبي على الحشرات الناقلة.

جدول (١٢). أمثلة مختارة لفيروسات ممرضة للنبات ومجمل تأثيرها السلبي على الحشرات الناقلة.

الفيروس الممرض	نوع الفيروس	العائل النباتي	الحشرة الناقلة	طريقة التأثير على الحشرة	المرجع
فيروس تبرقش الملفوف	غير باقٍ	الملفوف	حشرة المن *Myzus persicae* (Sulzer)	تقليل تفضيل النبات كعائل	(Kuan and Wang, 1965)
فيروس التفاف أوراق البطاطس	باقٍ ينتقل خلال عملية التكاثر	البطاطس	حشرة المنْ *Macrosiphum gei* (Koch)	تقليل تفضيل النبات كعائل	Bald *et al.*,) (1946
فيروس تقزم الأرز	باقٍ ينتقل خلال عملية التكاثر	الأرز	قافزة الأوراق *Nephotettix cincticeps* (Uhler)	تأثير سلبي على: - الخصوبة - بقاء الحوريات	(Maramorosch and Jensen, 1963)
فيروس اصفرار وتجعد أوراق الطماطم	باقٍ، ينتقل خلال عملية التكاثر والتزاوج	الطماطم	الذباب الأبيض *Bemisia tabaci* (Genn)	تأثير سلبي على: - الخصوبة - طول فترة الحياة	(Rubinstein and Czosnek, 1997)

إن التأثيرات الإضافية لإصابة النبات بالفيروس الممرض على الحشرة الناقلة مثل تلك التأثيرات على البقاء، طول فترة الحياة، الخصوبة، النمو وتذبذب أعداد العشيرة كلها تعزى إما لدخول الفيروس وتأثيره المباشر على الحشرة الناقلة وإما لتأثيره عليها بطريقة غير مباشرة وذلك عن طريق التأثير على العائل النباتي.

كما وُجد أن العلاقة الإيجابية بين زيادة الخصوبة في حشرات المنّ وزيادة الأحماض الأمينية في الشعير المصاب بفيروس اصفرار وتقزم الشعير وفيروس اصفرار وتبرقش الفاصوليا تدلل على الأهمية المتوقعة وغير المباشرة لتأثيرات وسطية ومركبة بين النبات المصاب بالفيروس والحشرات الناقلة لتلك الأمراض النباتية (Markkula *et al.*, 1964). كما أن قلة إفراز الندوة العسلية بواسطة حشرات المنّ التي تتغذى على محاصيل الحبوب المصابة بفيروس اصفرار وتقزم الشعير تدل على زيادة في القيمة الغذائية للنباتات المصابة بالفيروس إذا ما قورنت بالنباتات السليمة (Ajayi and Dewar, 1982).

كما أوضح (Gildow, 1984) أن نباتات الشوفان المصابة بفيروس اصفرار وتقزم الشعير تعطي ضعف العدد من الأفراد المجنحة alatae من حشرات المنّ *Sitobion avenae* F. إذا ما قورنت بالنباتات السليمة. هذه الظاهرة (زيادة عدد الأفراد المجنحة من المنّ) تصبح شائعة الحدوث على النباتات المسنّة (فترة الشيخوخة) لانخفاض قيمتها الغذائية، حيث تقوم الأفراد المجنحة بالبحث عن مصدر غذائي جديد وربما تنتقل بصحبتها مسببات الأمراض الفيروسية.

كما وجد (Hare and Dodds, 1978) أن نباتات الطماطم التي تتضح عليها أعراض الإصابة بفيروس تبرقش التبغ أدت إلى زيادة معنوية في مدة بقاء خنفساء البطاطس الكلورادية (Say) *Leptinotarsa decemlineata* مقارنة بتلك التي تتغذى على نباتات سليمة وربما يُعزى ذلك إلى ارتفاع المحتوى النيتروجيني للنباتات المصابة. وعلى

النقيض من ذلك فإن تكاثر حشرات المنّ *M. persicae* انخفض عند احتجازها على نباتات تبغ مصابة بالفيروس، وربما يرجع ذلك إلى اختفاء بعض المواد الأيضية في النباتات المصابة مقارنة بالنباتات السليمة (McIntyre *et al.*, 1981). وأخيراً لوحظ أن الإصابة المزدوجة للعائل النباتي (البطاطس) بفيروس البطاطس واي وفيروس التفاف أوراق البطاطس زادت خصوبة مَنّ الخوخ الأخضر زيادة معنوية إذا ماقورنت بخصوبة الحشرة عند الإصابة المنفردة بإحدى الفيروسين أو عدم الإصابة بأي منهما، أي على النبات السليم غير المصاب بالفيروس (Srinivasan and Alvarez, 2007).

أما الجدول (١٣) فيوضح المزيد من الأمثلة لفيروسات ممرضة للنبات وعوائلها النباتية ومجمل تأثيرها الإيجابي على الحشرات الناقلة

جدول (١٣). أمثلة مختارة لفيروسات ممرضة للنبات ومجمل تأثيرها الإيجابي على الحشرات الناقلة.

الفيروس الممرض	نوع الفيروس	العائل النباتي	الحشرة الناقلة	طريقة التأثير على الحشرة الناقلة	المرجع
فيروس تبرقش واصفرار الكوسه	غير باقٍ	الكوسه	*Aphis gossypii* Glover	– زيادة الخصوبة – زيادة طول فترة الحياة	(السحيباني ، ٢٠٠٦)
فيروس بنجر السكر	غير باقٍ	بنجر السكر	*Aphis fabae* Scopoli	– زيادة الخصوبة	(Kennedy, 1951
فيروس اصفرار وتقزم الشعير	باقٍ	الشوفان	*Macrosiphum granarium* (Kirby)	– زيادة الخصوبة – زيادة طول فترة الحياة	(Miller and Coon, 1964)
فيروس اصفرار بنجر السكر	نصف باقي	بنجر السكر	*Aphis fabae* Scopoli *Myzus* spp.	– زيادة الخصوبة – زيادة طول فترة الحياة	(Barker, 1960)

ثانياً: الفيتوبلازما والكيانات الشبيهة بها Phytoplasma and PLO's

تتفق الفيتوبلازما مع الفيروسات في إحداث تأثيرات على الحشرة الناقلة إما مباشرة بسبب وجود المسبب المرضي (في الحشرة الناقلة) وإما بسبب التغيرات التي تطرأ على العائل النباتي المصاب. وهناك العديد من الأمثلة على تلك التأثيرات (الإيجابية أو السلبية) على الحشرات الناقلة وسيتم إيجاز بعضها فيما يلي :

◆ أمراض اصفرار الأستر Aster yellows الفيتوبلازمية لها تأثير إجمالي إيجابي على الحشرات الناقلة (وهي قافزات الأوراق)، حيث لوحظ أن إصابة العائل النباتي بالفيتوبلازما متطلب رئيسي لبقاء الحشرة الناقلة في كثير من الأحيان وكذلك لاستمرار تكاثرها بكفاءة عالية على تلك العوائل النباتية. كما أن إصابة العائل النباتي بالفيتوبلازما الممرضة قد يكون له تأثير إيجابي على الحشرات غير الناقلة للفيتوبلازما التي تتغذى على النبات المصاب. ولكن على النقيض من أمراض اصفرار الأستر (الفيتوبلازمية)، نجد أن مرض تقزم الذرة السبيروبلازمي، على سبيل المثال، يؤثر سلبياً على قافزات الأوراق الناقلة (وذلك بإحداث موت مبكر لتلك الحشرات الناقلة) بعد فترة اكتساب دامت أسبوعاً على النباتات المريضة نُقلت (القافزات) على أثرها لتتغذى على نباتات سليمة. كما لوحظ أن قافزة الأوراق *Dalbulus longulus* Delong التي تُركت لمدة أسبوع لتكتسب نوعاً من سبيروبلازما تقزم الذرة (من نبات مصاب بها) بقيت حية لفترة خمسة أسابيع، بينما القافزة التي تغذت على نباتات سليمة بقيت لفترة ١٠ أسابيع (Nault *et al.*, 1984).

وربما يعزى الموت المبكر لقافزات الأوراق (الناقلة لتلك الكيانات) إلى تغيّرات مرضية في الخلايا الغدية والعصبية، حيث سُجلت تلك التغيرات في قافزة الأوراق *D. elimatus* (Ball) (Granados and Meehan, 1975). ويلخص الجدول (١٤) التأثير

الإجمالي للفيتوبلازما (والكيانات الشبيهة بها) الممرضة للنبات على الحشرة الناقلة (أو المكتسبة للمسبب المرضي) من العائل النباتي

جدول (١٤). التأثير الإجمالي للفيتوبلازما (والكيانات الشبيهة بها) على الحشرة الناقلة.

الكيان الممرض	العائل النباتي	الحشرة الناقلة	التأثير الإجمالي	المرجع
فيتوبلازما تقزم الذرة الحرجي	الذرة	*Dalbulus longulus* Delong	تأثير سلبي على طول فترة الحياة	(Nault *et al.*, 1984)
فيتوبلازما التفاف قمة البطاطس البنفسجية	البطاطس	*Alebroides nigroscutellatus* (Dist.)	تأثير سلبي على: - الخصوبة - طول فترة الحياة	(Singh *et al.*, 1983
سبيروبلازما تقزم الذرة	الذرة	*Dalbulus longulus* *Dalbulus guevarai*	تأثير سلبي على طول فترة الحياة	(Nault *et al.*, 1984
الركتسيا المسببة لمكنسة الساحرة لبنجر السكر	بنجر السكر	*Piesma quadratum* Fieb.	تأثير سلبي على طول فترة الحياة	(Fronsch, 1983)

هناك بعض الاستثناءات للتوجه العام للفيتوبلازما (والكيانات الشبيهة بها) من حيث كونها في الغالب ذات تأثيرات سلبية على الحشرات الناقلة، فقد وجد أن السبيروبلازما المسببة لمرض عناد الموالح (المزمن) Stubborn disease of citrus لا تؤثر سلبياً على الحشرات الناقلة وهي قافزات الأوراق *Euscelis plebejus* (Fallen) و *Dalbulus elimatus* Ball. (Daniels, 1979). إلا أن تلك السبيروبلازما نفسها تؤثر سلبياً على حشرة أخرى غير ناقلة لها وهي *Macrosteles fascifrons* (Stal) ، حيث تتضاعف (تتكرر) عددياً داخل الحشرة كما أنها تُقصر من طول فترة حياتها (Whitecomb and Williamson, 1975).

ثالثاً: البكتيريا Bacteria

سبق أن ذُكر أن بعض الحشرات يمكن أن تعدي النباتات بمسببات الأمراض البكتيرية من خلال جروح التغذية أو وضع البيض كناقلات ميكانيكية (لتلك البكتيريا) وفي بعض الأحيان من خلال وجود العلاقات التكافلية بين البكتيريا الممرضة والحشرة الناقلة، حيث يؤدي ذلك إلى شراكة ثلاثية بين البكتيريا والحشرة الناقلة والعائل النباتي. وفي حالات قليلة تنشأ علاقات حياتية (بيولوجية) حميمة بين الحشرات والبكتيريا الممرضة للنبات تكون مفيدة لكليهما أو على الأقل لأحدهما، ومن الأمثلة على ذلك ذبول ستيوارت للذرة المتسبب عن بكتيريا Dye *Erwinia stewartti*، وهذه البكتيريا يمكن أن تنتقل مع البذور، أو مع مياه الري إلى الجروح حديثة النشأة، إلا أن الانتقال والانتشار الأكثر شيوعاً يكون بواسطة الحشرات الناقلة مثل:

- خنفساء الخيار المنقطة Barb *Diabrotica undecimpunctata*
- ديدان جذور الذرة *Diabrotica* spp.
- خنفساء الذرة البرغوثية Melsh *Chaetocnema pulicaria*

حيث تنقل البكتيريا إلى عوائل نباتية سليمة وربما تتيح أيضاً عبور فترات البيات الشتوي من سنة لأخرى وبالذات في حشرة خنفساء الذرة البرغوثية، حيث تبقى البكتيريا في القناة الهضمية في الأطوار البالغة لهذه الحشرة من موسم لآخر (Pepper, 1967). وقد توجد علاقة تبادل منفعة بين الحشرة الناقلة والبكتيريا الممرضة للنبات، فمثلاً، وجد أن يرقات ذبابة بذرة الذرة (Meigen) *Hylemya platura* تنقل البكتيريا *E. carotovra* المسببة لمرض العفن الطري من نباتات مصابة إلى سليمة وأن البكتيريا تساعد هذه الحشرة في هضم الأنسجة النباتية بصورة تستفيد منها الحشرة الناقلة. كما أوضح (Doane, 1953) أيضاً أن ذبابة البصل (Meigen) *Hylemya antique* مهمة لبقاء بكتيريا *E.*

carotovora المسببة للعفن الطري للبصل حيث الحشرة تسهل عملية دخول البكتيريا للنبات العائل (ومن خلال جروح التغذية) وبالمقابل فإن البكتيريا تساعد يرقة الحشرة في الاستفادة المثلى من الغذاء وهضمه وامتصاصه بالطريقة المناسبة وقد تكون هذه الحشرة غير قادرة على هضم أنسجة البصل في حالة تعقيم الأخيرة من البكتيريا. كما أن انجذاب الحشرات الكاملة إلى أنسجة البصل المتعفنة ربما يدل على أهمية البكتيريا المسببة للعفن في بقاء الحشرة الناقلة.

البكتيريا المسببة لمرض اللفحة النارية على التفاح والكمثرى *Erwinia amylovora* (Burrill)، وهي أول مسببات الأمراض البكتيرية التي عرف أنها تنتقل بواسطة الحشرات ويعتقد في الوقت الحاضر أنها تنتقل بواسطة أكثر من ١٠٠ نوع من الحشرات المختلفة، إلا أنه من غير المؤكد حتى الآن أن البكتيريا تقضي (تمضي) جزءاً من دورة حياتها في الحشرات الناقلة، كما أن إحداث الجروح أثناء عملية التغذية (بواسطة الحشرة) ليس ضرورياً على الإطلاق لحدوث العدوى بالبكتيريا الممرضة ويمكن لهذه البكتيريا التشتية (overwintering) في التقرحات على العائل النباتي (المعمر) المريض. كما يمكن أن يكون للأمطار دور كبير في نشر هذه البكتيريا، إلا أن الحشرات تلعب دوراً مهماً في نقل البكتيريا بين أشجار بساتين التفاح والكمثرى عندما تزور أزهارها في فصل الربيع (Harrison *et al.*, 1980).

كما أن ذبابة التفاح apple maggot، *Rhagoletis pomonella* (Walsh) والتي تنقل بكتيريا عفن التفاح Bacterial rot apple، وتنتشر البكتيريا الممرضة *Pseudomonas melophthora* Allen & Riker بواسطة الطور البالغ وكذلك اليرقي للحشرة الناقلة، حيث الحشرات البالغة تنقل البكتيريا من ثمرة إلى أخرى أثناء عملية وضع البيض، أما اليرقات فتنقل البكتيريا من خلال تغذيتها وتجولها داخل الثمرة نفسها. وقد وجد أن

البكتيريا ربما تكون ضرورية للنمو الطبيعي لتلك اليرقات، حيث تنشأ بينهما علاقة تعايشية إجبارية Obligate extracellular symbiotic relationship والتي تجعل ثمرة التفاح وسطاً مناسباً لنمو وتطور يرقات تلك الحشرة. كما وجد أن تلك البكتيريا ربما تصنّع الميثيونين methionine والسيستين cystine (أحماض أمينية) وهي لا تتوفر في أنسجة ثمرة التفاح وهي مهمة لنمو وتطور يرقات الذبابة، إلا أن هذه النتائج غير حاسمة تماماً لأن المتطلبات الغذائية للحشرة غير معروفة بالكامل وبدقة (Miyazaki *et al.*, 1968). وبالمثل، فهناك أيضاً علاقة تعايشية بين البكتيريا المسببة لتعقد الزيتون Olive knot وهي *P. savastanoi* (Smith) وذبابة ثمار الزيتون *Dacus oleae* (Gmelin) حيث اتضح من الدراسات أن يرقات تلك الذبابة تصبح غير قادرة على التغذية على ثمار الزيتون عندما يتم تعقيم الإناث من تلك البكتيريا بإضافة المضاد الحيوي (الستربتومايسين streptomycin) إلى غذائها، حيث وجد أن الإناث يمكن أن تضع البيض بصورة طبيعية لكن اليرقات تصبح غير قادرة على النمو والبقاء في ثمار الزيتون، حيث إن البكتيريا تقوم بتحليل بروتين ثمار الزيتون مائياً وتجعله بصورة صالحة لاستهلاك اليرقات. كما تصنع البكتيريا بعض الأحماض الأمينية الضرورية لنمو اليرقات (مثل الميثيونين والثرونين) وهي غير موجودة بصورة طبيعية في ثمار الزيتون (Harrison *et al.*, 1980، Hagen, 1966).

رابعاً: الفطريات Fungi

تتنوع العلاقات بين الفطريات والحشرات، فهناك أنواع من الحشرات تعتمد في غذائها على الفطريات (تسمى Mycophagous insects)، كذلك عندما تصاب النباتات ببعض مسببات الأمراض الفطرية فقد تغيّر تلك الفطريات في التركيبة البنائية بحيث تصبح تلك العوائل النباتية أكثر مناسبة أو أقل ملاءمة لتلك الحشرات. كما أن بعض

الفطريات ربما تعمل كوسيط أو ساحة مواجهة بين الفطر الممرض للنبات والحشرات التي تعمل على نقل وانتشار تلك الفطريات، ومن الأمثلة على ذلك العلاقات بين أمراض الأصداء Rusts ومرض الأرجوت Ergot (التي تصيب محاصيل الحبوب) والحشرات التي تنجذب إليها. وقد تنشأ في بعض الأحيان علاقات متبادلة بين الفطر الممرض والنبات من جهة وبين الحشرة الناقلة والعائل النباتي من جهة أخرى مما يخلق نظاماً معقداً من العلاقات المتبادلة ذات المستويات الغذائية المتنوعة (Gilbertson, 1984، Clay *et al.*, 1985).

وفيما يلي بعض الأمثلة التي توضح تأثير الفطريات الممرضة للنبات على الحشرات الناقلة منها ما هو مرتبط بالنباتات العشبية والشجيرات ومنها ما هو مرتبط بالأشجار:

١- الفطريات المرتبطة بالنباتات العشبية والشجيرات

يصاب العديد من النباتات البرية والمستزرعة بالعديد من مسببات الأمراض الفطرية والتي ينتقل الكثير منها بواسطة الحشرات ويتسبب عنها الكثير من الخسائر الاقتصادية، إلا أن الدراسات المرتبطة بالعلاقات الثلاثية (الفطر الممرض- الحشرة الناقلة-النبات العائل) في كثير من الأحيان تكون قليلة إن لم تكن نادرة. كما أن تلك الدراسات عند توفرها لا تتعمق كثيراً فيما يختص بدور الحشرة في بقاء الفطر الممرض وانتشاره أو تأثير العائل النباتي المريض على الآفة الحشرية. ومن الدراسات في هذا المجال ما وجده (Carruthers *et al.*, 1986) من أن يرقات حفار ساق الذرة الأوروبي(Hubner) *Ostrinia nubilalis* تنمو بمعدلات أكبر عندما تربى على نباتات ذرة مصابة بالفطر *Colletotricum graminicola* Wils.، فقد نقصت الفترة اللازمة للنمو والتطور على النباتات المصابة بمقدار ٢٠٪ مقارنة بالنباتات السليمة، وربما يعود ذلك

إلى أن الفطر الممرض يؤثر على معقّد الكربوهيدرات في النبات ويحيلها إلى سكريات سهلة الامتصاص ليرقات الحشرة.

أما من حيث تفضيل الحشرة للتغذية على النباتات المصابة بالفطريات فالأمثلة على ذلك كثيرة، فمثلاً، لوحظ أن حشرات التربس *Trips tabaci* Lind. تفضل أوراق العنب المصابة بمرض البياض الدقيقي powder mildew على الأوراق السليمة. كذلك، وجد أن نطاط الأوراق *Melanoplus differentialis* (Thomas) يفضل التغذية على أوراق دوار الشمس sunflower المصابة بالصدأ rust وكذلك بالبياض الزغبي downy mildew مقارنة بالأوراق السليمة. كما لوحظ أن النطاطات أيضاً تفضل التغذية بصورة أكبر على بثرات الصدأ rust pustules والأنسجة الميتة المجاورة لها أكثر من الأنسجة السليمة (Lewis, 1979).

إن وجود الإصابات الفطرية الداخلية في النباتات العشبية ذو تأثير سلبي على الكثير من الحشرات التي تتغذى على تلك الأعشاب وظاهرة اكتساب تلك الأعشاب للمقاومة للحشرات والناجمة عن الإصابة بالفطريات الداخلية معروفة ضد الحشرات التي تتغذى على حشيشة الراي (الزوان) المعمرة *Lolium perennae* L. وحشيشة العكرش *Festuca arundinaceae* Schreb المصابة بأمراض الأرجوت الفطرية *Claviceps* spp.، فعلى سبيل المثال، وجد أن دودة الجيش الخريفية *Spodoptera frugiperda* Smith تفضل يرقاتها التغذية على الأوراق السليمة لنوعي الحشيشتين السابقتين مقارنة بالأوراق المصابة بأمراض الأرجوت الفطرية، لذلك تكتسب تلك الحشائش نوعاً من المقاومة ضد الحشرات عند إصابتها بتلك الفطريات (Hardy *et al.*, 1986). إلا أنه لابد من الإشارة هنا إلى أن الأجسام الثمرية لفطر الأرجوت التي تنمو على الحشائش المصابة بها تجذب العديد من الحشرات (الذباب، الخنافس، النحل والفراشات) للتغذية على إفرازات

الأرجوت السكرية اللزجة، وبالتالي فإن تلك الحشرات تساعد على نشر الفطر الممرض إلى عوائل نباتية أخرى (Sharma *et al.*, 1983).

٢- الفطريات المرتبطة بالأشجار

من أشهر الفطريات التي تصيب الأشجار والتي تنقلها الحشرات فطريات العفن الأزرق blue-stain fungi والتي تنقلها خنافس القلف Bark beetles، وينشأ بين الحشرة والفطر وكذلك الشجرة المصابة علاقات متداخلة قد يكون من الصعب أحياناً تفسيرها، فمثلاً، خنفساء الصنوبر *Dendroctonus frontalis* Zimm. لها علاقة مع فطر العفن الأزرق *Ceratocystis minor* (Hedgcock)، وكلاهما يهاجم/يصيب أشجار الصنوبر. وقد وجد أن هناك علاقة تبادل منفعة اختيارية Facultative mutualism بين الحشرة الناقلة (خنفساء الصنوبر) والفطر الممرض للصنوبر (فطر العفن الأزرق)، فالفطر يستفيد من انتقاله إلى العائل النباتي بواسطة تلك الحشرة، أما الأخيرة فتستفيد من تغيير الفطر الممرض للأنسجة النباتية وجعلها في صورة ملائمة لتغذية الحشرة بالإضافة إلى إضعاف الأشجار وجعلها أكثر عرضة للإصابة بالحشرة (Barras, 1973، Beaver, 1989).

وقد تبين أيضاً أن حساسية أشجار الصنوبر للإصابة بالخنافس (أي وجود أشجار حساسة غير مقاومة) مدعومة بأعداد هائلة من الحشرة نفسها قد لا يجعل وجود الفطر ضرورياً للإصابة بالحشرة، إلا أنه بالرغم من أن خنافس القلف قادرة على التكاثر على الأشجار غير المصابة (بالفطر)، إلا أنه من النادر أن يحدث ذلك لأن تلك الحشرات تحتاج إلى دعم الفطريات للتغلب على (لكسر) دفاعات العائل النباتي (Bridges *et al.*, 1985). ومن التفسيرات المقترحة لذلك أن تلك الفطريات الممرضة خصوصاً الفطر *Verticicladiell wagenerii* (Kendrick) يجعل الصنوبر حساساً جداً

للإصابة بالخنافس، وذلك أن الفطر يخفض كفاءة وفعالية الصموغ الزيتية Oleoresin التي تفرزها أشجار الصنوبر لحمايتها من تلك الحشرات، وبالتالي تصاب الأشجار بشدة بتلك الحشرات (Hodges *et al.*, 1985). وهنا يتضح أن العلاقات المتشابكة والمعقدة بين كل من العائل النباتي والفطر الممرض والحشرة الناقلة لاتزال غير واضحة تمام الوضوح. ومما يثبت صحة ذلك أن الدراسات الحديثة أوضحت أن هناك طرفاً رابعاً يلعب دوراً آخر في هذه العلاقات، فقد وجد (Scott *et al.*, 2008) أن هناك نوعاً من البكتيريا الخيطية (Actinomycetes) تعيش أيضاً في أنفاق تلك الخنافس وتنتج (أي البكتيريا) مضادات فطرية antifungal antibiotics تمنع نمو الفطريات الأخرى المنافسة أو تلك التي يمكن أن تصيب الحشرات بأمراض فطرية.

مثال آخر في هذا السياق أورده (Williams, 1965) وهو يتعلق بنوع من النمل الأبيض *Coptotermis niger* Synder والذي يهاجم أخشاب الصنوبر المصاب بالعفن البني، حيث إن الفطر يؤثر على تركيبة الصموغ الموجودة في تلك الأخشاب وبالتالي يقلل من مقاومتها ويجعلها عرضة للإصابة بتلك الحشرات، ويستدل على ذلك بأن الخشب السليم (للصنوبر) يعيق عملية الإصابة بالنمل الأبيض بنجاح ويؤدي أيضاً إلى خفض معنوي في طول فترة الحياة للأفراد العاملة للنمل الأبيض.

وأخيراً مما يجدر ذكره علاقة الفطريات المتعايشة مع النبات (Plant symbiotic fungi) مثل فطريات الأندوفايت Endophyte وفطريات الميكورايزا Mycorrhizae بالحشرات العاشبة لتلك النباتات، حيث قد تتكوّن علاقات متبادلة متشابكة في الوسط (أو المحيط) الغذائي المتعدد (النبات، الفطر المتعايش والحشرة العاشبة) فقد أثبتت الدراسات الحديثة (Hartley and Gange, 2009) أن الحشرات العاشبة غير المتخصصة (والعامة) Generalist insects قد تتأثر سلبياً بتلك الفطريات بينما الحشرات العاشبة

المتخصصة Specialist insects ربما تستفيد من تلك العلاقة. وربما يختلف تأثير التغذية بطوائف مختلفة من الحشرات (على النبات المحتوي على الفطر) حسب نوع الفطر المتعايش، فمثلاً، حشرات المنّ (وهي من ماصات العصارة النباتية) تتأثر سلبياً بفطريات الأندوفايت بينما تتأثر إيجابياً بفطريات الميكورايزا، بينما تتأثر قاضمات الأوراق في الغالب سلبياً بكلا النوعين من الفطر.

opeikandl.com