الباب الثالث

الحشرات الناقلة للفطريات الممرضة للنبات

- الحشرات ونقل الأمراض النباتية المتسببة عن فطريات

الفصل الرابع

الحشرات ونقل الأمراض النباتية المتسببة عن فطريات

Insect Transmission of Plant Pathogenic Fungi

تشكل الفطريات أكبر مجموعة من الكائنات الدقيقة الممرضة للنبات، فهناك الفطريات التي تصيب البذور والأجزاء التكاثرية الأخرى، والنباتات بكافة مراحل نموها وأجزائها وكذلك المنتجات النباتية المخزونة. وتقوم الحشرات بنشر مسببات الأمراض الفطرية وتؤمن الجروح اللازمة لدخولها إلى العائل النباتي كما تساعد الحشرات بعض الفطريات على البقاء والتغلب على الظروف البيئية غير المناسبة. ومن المعروف أن جراثيم الفطريات مقاومة جداً للظروف البيئية القاسية ويمكن أن تبقى تلك الجراثيم بحالة جيدة حتى في حالة غياب عائلها النباتي. وتنتشر تلك الجراثيم بسهولة بواسطة الرياح والمياه الجارية ومياه الأمطار والعديد من الحشرات، وتعتمد بعض مسببات الأمراض الفطرية النباتية على الحشرات في انتقالها إلا أن الكثير منها ينتقل أيضاً (بواسطة الحشرات) عن طريق الصدفة (Atkins, 1978، Hang, 2003، Paul *et al.*, 2004، Fitt *et al.*, 1989).

هناك منهجان مختلفان لدراسة العلاقة بين مسببات أمراض النبات الفطرية والحشرات الناقلة لها. الأول وهو الذي ينتهجه (Carter, 1973) والذي يصنّف تلك العلاقات حسب علاقة الحشرة بالفطر. أما المنهج الآخر فينتهجه (Agrios, 2005) حيث يصنّف تلك الأمراض الفطرية والحشرات الناقلة لها إلى مجموعات مختلفة وذلك تبعاً للجزء النباتي الذي تصيبه أو تهاجمه. وبهدف تكامل المعلومات حول هذا الموضوع فسيتم دراسة المنهج الأول بشيء من التفصيل ثم يُتبع بسرد موجز للمنهج الآخر مع محاولة تفادي أي تكرار ممل للمعلومات التي سوف يتم التطرق إليها. ويمكن أن تستفيد الفطريات الممرضة للنباتات من الحشرات من عدة وجوه يمكن أن تتلخص فيما يلي :

١- تساعد الحشرات الفطريات في البقاء (لكن هذه الفائدة ليست ذات أهمية كبيرة نظراً لأن الفطريات يمكن أن تنتج جراثيم مقاومة تحت الظروف غير المناسبة).

٢- تساعد الحشرات في نشر مصدر العدوى الأولية والثانوية بالفطر وللحشرات أهمية كبيرة في هذا الخصوص.

٣- قد توفر الحشرات الجروح اللازمة وساحات الدخول للفطر الممرض للنبات.

٤- تساعد الحشرات الفطريات (أحياناً) في مجابهة الظروف القاسية وتوفر الظروف المفضلة لبقاء الفطريات وحدوث العدوى بها.

كما تتلخص العلاقات الرئيسية بين مسببات الأمراض النباتية الفطرية والحشرات فيما يلي (Carter, 1973) :

١- الحشرة تنقل الفطر الممرض دون أن تُحدث جروحاً للنبات.

٢- الحشرة تنقل الفطر الممرض وتحدث جروحاً للنبات.

٣- المنفعة متبادلة بين الفطر والحشرة.

٤- الفطر ينمو على إفرازات الحشرة.

٥- الحشرة تكيّف البيئة لنمو الفطر.

وسوف يتم سرد بعض الأمثلة لكل علاقة من تلك العلاقات بإيجاز فيما يلي :

أولاً: تنقل الحشرة الفطر دون أن تُحدث جروحاً للنبات

المثال الأول: عفن كيزان الذرة وديدان جذور الذرة

تنقل ديدان جذور الذرة (شكل ٣٤) (الأطوار البالغة/ الكاملة للحشرة) *Diabrotica* spp. الفطر المسبب لعفن كيزان الذرة *Fusarium moniliform* (كما يسمى أيضاً عفن الساق Stalk rot)، حيث تحمل تلك الحشرات (البالغة) جراثيم الفطر داخلياً وخارجياً وعندما تتجول على كيزان الذرة فإنها تسبب العدوى بالفطر الممرض (White, 2001).

شكل (٣٤). الحشرة الكاملة لدودة جذور الذرة (وهي تتغذى على الخيوط الحريرية لكيزان الذرة) وتنقل الفطريات الممرضة للذرة أثناء تجولها.

المصدر: (Crumbaw, 2004).

المثال الثاني: فطر الأرجوت على محاصيل الحبوب

وهذا الفطر (شكل ٣٥) ينمو على أزهار محاصيل الحبوب وتنمو الجراثيم الكونيدية لهذا الفطر في أماكن تحتوي على إفرازات سكرية لزجة تجتذب العديد من أنواع

الحشرات (وبالذات أنواع الذباب والخنافس) وتتلوث هذه الحشرات داخلياً وخارجياً بجراثيم هذا الفطر وهي مهمة للعدوى الثانوية بالفطر أما العدوى الأولية فتتم بواسطة الرياح من خلال الجراثيم الأسكية للفطر والتي تتحرر من الجسم الحجري للفطر (Sclerotia). كما أن بعض الأنواع من الخنافس قد تتغذى على الجسم الحجري وتحمل معها جراثيم الفطر وقد تتسبب في حدوث العدوى الأولية به (Lambert and McIlveen, 1976، Butler *et al.*, 2001). كما أثبتت أيضاً بعض الدراسات الحديثة إمكانية انتقال جراثيم هذا الفطر داخلياً بواسطة بعض أنواع الفراشات مثل فراشة دودة كيزان الذرة *Helicoverpa zea* (Bodd.)، وتكمن الخطورة هنا في نقل الفراشات لجراثيم الفطر (العدوى الأولية) لمسافات طويلة خلال هجرتها إلى حقول جديدة أو دول مجاورة (Prom and Lopez, 2004). وفي دراسة أخرى على الحشرات الناقلة للفطر، وجد أن ١٠٠٪ من الفراشات و ٧٥٪ من أنواع الذباب التي جُمعت من الحقول (تحت الدراسة) تحتوي على كونيديا الفطر الممرض (Butler *et al.*, 2001).

شكل (٣٥). فطر الأرجوت على حبوب سنابل الراي وتنتقل جراثيم الفطر بواسطة العديد من الحشرات الزائرة.

المصدر: (Schumann, 2005).

المثال الثالث: التقرحات السيراتوسيستية Ceratosystic cankers

وتسببها الفطريات التابعة للجنس *Ceratosystis* ومنها التقرحات التي تصيب أشجار الثمار ذات النواة الحجرية. ويدخل الفطر مع الحشرات الملوثة به عندما تزور تلك الحشرات الجروح الناتجة أثناء عملية الحصاد الميكانيكي لثمار الأشجار، ومن تلك الحشرات خنافس النسغ (شكل ٣٦) وذبابات الفاكهة. أما التقرحات التي تصيب أشجار الحور وتنتمي إلى فطريات تابعة للجنس السابق فيشترك في نقل تلك الفطريات مع الحشرات السابقة كل من الخنافس الجوالة (Rove beetles) وكذلك الخنافس المقتاتة على الجذور Root-feeding beetles. وبالإضافة إلى التقرحات السابقة هناك أيضاً أنواع من الفطريات (تابعة للجنس السابق) تسبب الذبول ومنها ذبول أشجار البلوط (Oak wilt) ويسببه الفطر *C. fagacearum* والذي يُنتج وسائد ميسليومية تسبب تشقق القلف وتسهل دخول الحشرات الملوثة بالفطر (وبالذات خنافس النسغ والتي تتكاثر في تلك الوسائد الموجودة بين القلف والخشب). وتحمل الخنافس الفطر الممرض داخلياً وخارجياً وتحتفظ به خلال فترة التشتية (Appel, 1994 ، Ingold, 1971).

شكل (٣٦). خنافس النسغ (باعية البقع) التي تنقل العديد من مسببات الأمراض الفطرية للنبات.

المصدر: (Cranshaw, 2004).

المثال الرابع: فطر الفرتسليوم المسبب لذبول البرسيم *Verticillium albo-atrum*

وهو من أهم الأمراض الفطرية على البرسيم وينتقل بواسطة العديد من الأنواع الحشرية (سواء كانت آفات حشرية أو مفترسات أو ملقحات) وهو انتقال عرضي غير متخصص (Haung, 2003).

كما أن هناك العديد من الأمثلة الأخرى في هذا الصدد والتي لا يتسع المجال لذكرها.

ثانياً: الحشرة تنقل الفطر وتُحدث جروحاً للنبات

ويمكن للفطر الممرض أن يدخل النبات إما من خلال الخدوش البسيطة التي تُحدثها الحشرة للنبات، من خلال جروح التغذية وإما من خلال جروح وضع البيض.

١ – الفطر يدخل النبات خلال الخدوش البسيطة التي تُحدثها الحشرات الزائرة للنبات

والمثال على ذلك تبقع أزهار الأزاليا Azalia flower spot (لفحة الأزاليا Azalia blight) ويسببه الفطر *Ovulina azaliae* وتنقله العديد من الحشرات مثل النحل والنمل وحشرات، التربس حيث تنشر هذه الحشرات العدوى الثانوية بالفطر ولمسافات طويلة (ربما تصل إلى ثلاث كيلومترات من مصدر العدوى). عندما تحتك تلك الحشرات الملوثة بالفطر بالأزهار الناعمة وتخدشها بشعورها الشائكة، فإن جراثيم الفطر تجد طريقها للنبات من خلال تلك الجروح البسيطة وتحدث العدوى بالفطر الممرض (Smith and Weiss, 1942).

٢ – الفطر يدخل النبات من خلال الجروح الناتجة أثناء عملية تغذية الحشرة:

المثال الأول: مرض تلوث لوز القطن الفطري Stigmatomycosis of cotton bolls

ويسببه الفطر *Nematospora gossypii* والذي يسبب أضراراً كبيرة لتيلة (نسالة/ ألياف) القطن (داخل اللوز)، ولوز القطن المصاب يكون صغيراً في الحجم ولا تظهر عليه أعراض مرضية خارجية.

يدخل الفطر إلى داخل اللوز أثناء عملية تغذية حشرة "بق تلوث القطن Cotton Stainer" حيث تكون أجزاء الفم الرمحية لهذه الحشرة ملوثة بالفطر داخلياً وخارجياً. الفطر الممرض لا يدخل إلى لوز القطن السليم والحشرة المذكورة ضرورية للعدوى به (Carter, 1973 و Borror, *et al.* 1989). كما يعتقد أن حشرات التربس *Frankiniella* spp. ومن خلال الخدوش التي تُحدثها في أزهار القطن ربما تتسبب في دخول جراثيم فطر الفيوزاريوم المسبب لمرض "انغلاق لوز القطن، Cotton hardlock" والذي يمنع لوز القطن من التفتح عند النضج (Osekre *et al.*, 2009).

المثال الثاني: مرض تعفن ساق الذرة الشامية Stalk rot of corn

ويسبب هذا المرض (التعفن) عدة أنواع من الفطريات التابعة للأجناس *Gibberella*، *Fusarium* و *Diplodia* وتدخل هذه الفطريات إلى ساق الذرة من خلال جروح التغذية التي يُحدثها حفار ساق الذرة الأوروبي (شكل ٣٧). كما أن هذه الفطريات يمكن أن تنمو على المخلفات الإخراجية لهذه الحشرة، كما أن الأخيرة تنمو بصورة أفضل على الذرة المصابة بتلك الفطريات (Koehler, 1960).

شكل (٣٧). ثقب ومخلفات يرقة حفار ساق الذرة الأوروبي (على ساق الذرة الشامية) والتي تمهد للإصابة بأعفان الساق الفطرية.

المصدر: (Hammond *et al.*, 2009).

ومن الأمثلة الأخرى في هذا السياق مرض تعفن جذور الذرة والذي يحدث أثناء تغذية يرقات خنافس جذور الذرة عليها. أيضاً تعفن جذور البرسيم والتفل والذي ينتج عن أنواع من الفيوزاريوم وتنقله إلى النبات خنافس جذور التفل الخرطومية *Sitona* spp. (كما أن البرسيم المصاب بالفطر يكون عرضة لإجهاد أكبر عندما يصاب بشدة بحشرة مَنّ الفول التي تهاجم الجزء الخضري للنبات)، هذا بالإضافة إلى العديد من الأمثلة الأخرى.

٣- الفطر يدخل النبات من خلال الجروح الناتجة أثناء عملية وضع البيض

المثال الأول: مرض تقرح لحاء التفاح Tree Crikst Canker of Apple

يتسبب هذا المرض عن الفطر *Leptosphaeria coniothyrium* والذي ينقله نوعان من جناجد الأشجار Tree crickets تقع تحت الجنس *Oecanthus* وتبدأ الإصابة بالفطر عندما تقرض إناث تلك الحشرات (بأجزاء فمها القارض) ثقوباً لوضع البيض (شكل ٣٨) وبعد وضعه تسد تلك الثقوب بمخلفاتها الإخراجية الملوثة بالفطر والتي تنتج عنها التقرحات (Leach, 2007).

شكل (٣٨): الثوب وضع البيض لأحد حشرة جناجد الأشجار والتي تنقل الفطر المسبب لتقرح لحاء التفاح.

المصدر: (Cranshaw, 2004).

المثال الثاني: العفن البني على ثمار النواة الحجرية Brown Rot of Stone Fruits

يتسبب العفن عن الفطر *Monilinia laxa* وتنقل خنافس البخارى الخرطومية *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) ويدخل الفطر إلى الثمار عندما تتغذى الحشرة (شكل ٣٩) أو تضع البيض عليها وتكون ملوثة بالفطر من ثمار مصابة سابقة. وتعزى نسبة الإصابة بالفطر والتي تصل إلى ٩٣٪ إلى الحشرة كناقل للفطر ولكن للفطر قدرة ضعيفة على إصابة الثمار دون الاعتماد على الحشرة الناقلة. كما أن هناك حشرات أخرى لها القدرة على نقل الفطر الممرض لكنها أقل أهمية في هذا الشأن (Daines. 1942 ، Mulder and Stafne, 2007).

شكل (٣٩). خنفساء البخارى الخرطومية والتي تنقل فطريات العفن البني على الثمار الحجرية.

المصدر: (Schwartz, 1981).

ثالثاً: المنفعة متبادلة بين الفطر والحشرة

المثال الأول: مرض تقرح التفاح الدائم

يتسبب عن الفطر *Gloeosporium perennans* وينتقل بواسطة مَنْ التفاح الصوفي *Eriosoma lanigerm* (Hausm) وتتغذى هذه الحشرة على اللحاء قريباً من سطح التربة وتسبب ظهور الأورام الثالولية ويتغذى المزيد من هذه الحشرة على تلك الأورام

وعندما تنفجر الأورام بسبب التجمد شتاءً يدخل الفطر الممرض ويتقدم ويسبب المزيد من التقرحات. وفي فصل الصيف يقوم النبات بإنتاج نسيج الكالوس في مكان الإصابة بالفطر وتشفى التقرحات، إلا أن حشرات المَنْ تعاود مهاجمة نسيج الكالوس الجديد وتتكرر العملية. وفي مثل هذه الحالات فإن كلاً من الفطر الممرض وحشرات المَنْ يتبادلان المنفعة (Leach, 2007 ، Austwick, 1958).

المثال الثاني: مرض عفن الأخشاب

ينتج عن الفطريات التابعة للجنس *Ceratosystis* (والتي تسبب العفن الأزرق) وكذلك الفطريات التابعة للجنس *Leptographium* (والتي تسبب العفن الرمادي) وتنقلها خنافس القلف التابعة للجنس *Dendroctonus* وكذلك التابعة للجنس *Ips*. وتتكاثر الخنافس الناقلة على أخشاب الأشجار المريضة وشبه الميتة ومن النادر أن تهاجم الأشجار السليمة (الصنوبريات). ويحدث هجوم مكثف على الأشجار من تلك الخنافس بسبب إفرازها لفرمون التجمع aggregation pheromone عندما تجد العائل النباتي المناسب وتكون تلك الخنافس ملوثة بالفطريات الممرضة مما يزيد من فرص الإصابة به، وهذه الفطريات تضعف الأشجار وتتسبب في النهاية في موتها التام مما يجعلها مناسبة جداً لتكاثر خنافس القلف الناقلة. ولذلك فإن تلك الخنافس تنقل الفطر والذي بدوره يقضي على الأشجار ويجعلها صالحة لتكاثر الخنافس وتتضح بذلك علاقة تبادل المنفعة بينهما (Leach, 2007).

المثال الثالث: مرض العفن الأبيض على الأخشاب الطرية

ويتسبب عن نوعين من الفطريات هما: *Amylostereum areolatum* و *Stereum sanguinolentum* وتنقلها عدة أنواع من زنابير الأخشاب منها *Urocerus gigas* و *Sirex* spp. وتحمل إناث تلك الزنابير الفطر في مكان مخصص على آلة وضع البيض حيث يتلوث البيض بالفطر أثناء عملية وضع البيض. من مميزات الفطر الممرض أنه ينمو

ويحلل الخشب بصورة أسرع من نمو يرقات الزنابير الناقلة، كما تنمو تلك اليرقات بصورة أفضل على الخشب المصاب بالفطر ومن ذلك تتضح علاقة تبادل المنفعة بينهما (Talbot, 1977).

المثال الرابع: مرض الدرّدار الهولندي Dutch elm disease

يسبب هذا المرض الفطر *Ophiostoma* (= *Ceratocystis*) *ulmi* وينقله نوعان من خنافس قلف الدردّار هما: الأوروبية *Scolytus multistriatus* (Marsh.) والأمريكية *Hylorgopinus rufipes* (Elch.) وتعملان كناقلات رئيسية للفطر الممرض (الشكلان ٤٠ و ٤١)، ويتسبب الأخير في سد الأوعية الخشبية للأشجار مما يؤدي إلى ذبولها وموتها السريع حيث تصبح مناسبة جداً لتكاثر الخنافس الناقلة. تخرج الخنافس الكاملة/ البالغة في فصل الربيع وتتلوث بجراثيم الفطر الممرض وتقوم بنشره إلى أفرع أشجار جديدة عند تغذيتها عليها. ومع أن الفطر يمكن أن ينتشر من خلال التطعيم الطبيعي بين الجذور إلا أن الانتقال الرئيس له (الفطر) يتم بواسطة الخنافس الناقلة. كما أن كثافة انتشار هذا المرض تعتمد على البيئات المناسبة والتوزيع الجغرافي للحشرات الناقلة (Schreiber and Peacock, 1974 ،Leach, 2007). ويتضح من ذلك علاقة تبادل المنفعة (Mutualistic) بين الفطر والحشرة الناقلة. عندما يصل الفطر إلى الأنسجة الوعائية للأشجار حديثة الإصابة فإنه يتسبب في موتها خلال سنة إلى سنتين من العدوى عندما تكون البيئة مناسبة لتكاثر الحشرة الناقلة. وفي السنوات الأخيرة ظهر نوع خبيث من الفطر الممرض في أمريكا وأوروبا يسمى *novo-ulmi* حل محل النوع الأول (*ulmi*) الأقل عدوانية. وقد صنف في الفترة الأخيرة على أنه تحت نوع وليس نوعاً مستقلاً (Temple *et al.*, 2006). ومن البديهي أن الفطر ينتشر بواسطة الخنافس في الطبيعة لمسافات قصيرة أما الانتشار لمسافات بعيدة (قد تكون قارات أخرى) فيتم عندما تنقل الأخشاب المصابة إلى أماكن أخرى لأهداف تجارية. ومن الجدير ذكره أن هناك علاقات مشابهة

إلا أنها تميل إلى أن تكون علاقات تعايشية (Symbiotic) بين الحشرة الناقلة والفطر، منها على سبيل المثال العلاقة بين نوع من خنافس أخشاب الأمبروسيا *Xylosandrus crassiusculus* (Mot.) والفطريات *Ambrosiella* spp.. في هذه الحالة، فإن الخنافس الأخيرة لا تتغذى على الخشب نفسه وإنما تتغذى على الفطر الذي تنقله وتنميه على تلك الأخشاب عندما تهاجمها، ومع ذلك فإنها تسبب أضراراً كبيرة عند حفرها لأنفاقها (Beaver, 1989).

مثال آخر هو تغذية نوع من خنافس أبي العيد *Psyllobora vigintimaculata* Say (عائلة/ فصيلة Coccinellidae) على فطر البياض الدقيقي (الذي يصيب القرعيات والنباتات الأخرى) ولذلك فإن الحشرة السابقة يمكن الاستفادة منها من ناحيتين هما: المكافحة الحيوية للفطر المرض، وكدليل (indicator) على وجود الفطر المرض وإصابة النباتات به حيث إن ذلك له فائدة كبيرة جداً في التخطيط المبكر لبرامج إدارة آفات المحاصيل (Sutherland and Parrella, 2009).

وأخيراً، مما يجدر ذكره هو العلاقة الخاصة (والمتقدمة) بين النمل قاطع الأوراق leaf cutting ants أو ما يسمى بالنمل الزارع لحدائق الفطر fungus-gardening ants. هذه العلاقة تتلخص في أن النمل من قبيلة Attini والتي تحتوي على أكثر من ٤٠٠ نوع (من أكثرها شهرة النوع *Atta sexdens*) تقطع وتجمع الأوراق الطازجة لأنواع معينة من النباتات وتنقلها إلى أعشاشها (مستعمراتها) وتعمل منها عجينة خاصة تربى عليها أنواع خاصة من الفطريات، حيث تصبح تلك الفطريات هي الغذاء الوحيد للنمل (خصوصاً اليرقات) أما الحشرات الكاملة فهي أيضاً تتغذى على نسغ (عصارة) الأوراق عند قطعها. كما أن ذلك النوع من النمل ينتج إفرازات (شرجية) معينة تعمل كسماد للفطر المزروع، كما أن تغذيتها على الفطر وتقليمها له ينبه نموه إلى حد كبير. ولكل نوع من أنواع ذلك النمل نوع خاص من الفطريات التي ينميها ويتغذى عليها.

وفي حالة انقسام خلايا النمل فإن الملكة تحمل معها أجزاء من الفطر لزراعتها في المستعمرة الجديدة (Bass and Cherret, 1994 ،Cherret, 1986). وقد وجد أن الأنواع من ذلك النمل الذي يعيش في الغابات الصنوبرية يحبذ الأرض (الترب) المكشوفة عن تلك الظليلة لأنها في الغالب أكثر دفئاً وأقل تعرضاً للكوارث الطبيعية مثل الحرائق الموسمية التي تحدث في الغابات (Seal and Tschinkel, 2006).

شكل (٤٠). نوعان من خنافس قلف الدردار الناقلة للفطر المسبب لمرض الدردار الهولندي.

المصدر: (Johnson and Lyon, 1991).

شكل (٤١). أعراض الإصابة بالفطر المسبب لمرض الدردار الهولندي والذي تنقله خنافس القلف.

المصدر: (Cranshaw, 2004).

رابعاً: الفطر ينمو على إفرازات الحشرة

المثال الأول: العفن الأسود Sooty mold

العفن الأسود (وهو فطر ذو ميسليوم أسود اللون) لا يصيب خلايا النبات وإنما ينمو على الإفرازات الكربوهيدراتية (الندوة العسلية) التي تفرزها بعض الحشرات الماصة للعصارة النباتية والتابعة لرتبة متشابهة الأجنحة (مثل المَنّ، الذباب الأبيض، البق الدقيقي، السلد والحشرات القشرية الرخوة). من الأجناس المهمة للفطريات المسببة للعفن الأسود: جنس *Capnodium*، جنس *Fumago* وجنس *Scorias*. عندما تنمو هذه الأنواع من الفطريات على أوراق النباتات بغزارة فإنها تقلل من كفاءة التمثيل الضوئي photosynthesis، وتبادل الغازات وربما تسبب تقزم النبات وشيخوخته المبكرة. كل أطوار الحشرات السابقة (الكاملة وغير الكاملة) تُنتج الندوة العسلية التي ينمو عليها العفن الأسود وهي غير مهمة في انتقاله ولكن تكمن أهميتها (أي تلك الحشرات) في أنها توفر البيئة الغذائية المناسبة لنمو تلك الفطريات. من الحشرات التي تنقل العفن الأسود (بجانب انتقاله بواسطة الرياح) خنافس أبي العيد المفترسة وأسد المن التي تفترس وتنجذب إلى الحشرات المنتجة للندوة العسلية. ويمكن التفريق بين العفن الأسود السابق ذكره (وهو تلوث طبيعي) وبين التلوث الناتج عن الأنشطة الإنسانية (مثل الأدخنة) حيث إن الأول يكون انتشاره موضعياً وغير متجانس إذا ما قورن بالنوع الثاني والذي يكون انتشاره عاماً ومتجانساً على الأسطح المعرضة (Nameth *et al.*, 1996، Laemmlen, 2003).

المثال الثاني: عفن الساق الأسود الربيعي على البرسيم Spring Black Stem of Alfalfa

هذا المرض يتسبب عن الفطر *Phoma medicaginis* ويكون أكثر خطورة في وقت الربيع (مع اعتدال درجة حرارة الجو وزيادة الرطوبة/ الأمطار). كل الأجزاء الخضرية للبرسيم عرضة للإصابة بهذا الفطر. كما أن الإصابة بهذا النوع من الأمراض الفطرية تزدهر وتزداد خطورته بوجود الندوة العسلية (والحشرات المفرزة لها) حيث إن المادة الأخيرة تشجع إنبات جراثيم الفطر وتزيد معدل نموه (Thomson and Ockey, 1984).

المثال الثالث: عفن ساق الذرة والمخلفات الإخراجية لحفار ساق الذرة: Corn stalk rot and Corn borer frass

إصابة ساق الذرة بحفار ساق الذرة الأوروبي *Ostrinia nubilalis* (Hub.) يؤثر سلبياً على سريان العناصر الغذائية في سيقان الذرة، يُسهل تكسرها، يقلل المحصول، ولكن الأكثر أهمية في ذلك أنه يُسهل ويُساعد على الإصابة بأعفان الساق الناتجة عن الفطريات الممرضة التابعة للأجناس مثل الـ *Gibberella*، *Diplodia* و *Fusarium*. وقد وجد أن تلك الفطريات يمكن أن تنمو على المخلفات الإخراجية للحشرة، كما أن يرقات الحشرة السابقة تنمو بصورة أفضل على أنسجة الساق المصابة بتلك الفطريات خصوصاً فطر الفيوزاريوم (Chiang and Wilcoxson, 1961، Gatch and Munkvold, 2002، و Hammoond *et al.*, 2009).

خامساً: الحشرة تُكيّف البيئة المحيطة (تجعلها مناسبة) لنمو الفطر

إن إصابة الحبوب في المخزن ببعض الآفات الحشرية (ومنها السوس Weevils) مثل سوسة الحبوب *Sitophilus granaries* (L.)، سوسة الأرز *S. oryzea* (L.) وسوسة الذرة *S. zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) ترفع درجة الحرارة والرطوبة في بؤر الإصابة وتخلق هذه الظروف بيئة مفضلة لنمو الفطريات التي تصيب الحبوب مثل فطريات الأسبرجلس (جنس *Aspergillus*) مثل *A. candidus* Link، *A. niger* Van Tiegem وفطر الأفلاتوكسين *A. flavus* Link (Deutoremycetes: Monaliales) وقد لوحظ أن الحرارة والرطوبة في الحبوب تزداد مع زيادة الإصابة بتلك الحشرات (Hell *et al.*, 2000) كما لوحظ أن سوسة الأرز تفضل الأرز الملوث بالفطريات على الأرز السليم (Yoon *et al.*, 2003). وبالمقابل فقد وجد أيضاً أن الإصابة بتلك السوسة تشجع النمو السريع لتلك الفطريات (Yoon *et al.*, 2009).

جدول (١). ملخص عام للفطريات الممرضة للنباتات والحشرات الناقلة لها مرتبة حسب الجزء النباتي المصاب.

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
أولاً: البذور في التربة، الجذور، البادرات وأسفل الساق		
الحشيشة الزرقاء	الفطريات *Pythium* spp.	يرقات حنفساء الحشيشة الزرقاء المتقاربة *Sphenophorous parvulus*
محاصيل الحبوب والذرة الشامية	الفطريات *Fusarium* spp. *Helminthosporium* spp.	يرقات ذبابة المهسان *Phytophaga destructor* ديدان جذور الذرة *Diabrotica* spp.
النفل	الفطريات *Fusarium* spp	خنافس النفل الخرطومية *Sitona* spp.
البرسيم والنفل الأحمر	الفطريات *Fusarium* spp.	يرقات ذباب الفطر *Bradysia* spp.
فول الصويا	الفطريات *Pythium* spp. و *Fusarium* spp.	يرقات ذباب الفطر *Bradysia* spp.
نخيل الزيت	الفطر *Ganoderma* sp.	يرقات الفراشة *Sufetula sunidesalis* Walk
الفول السوداني (بذور)	تلوث البذور بسموم الأفلاتوكسين الناتج عن الفطر *Aspergillus flavus*	الحلم (من مفصليات الأرجل) التابع للجنسين *Sancassamia* و *Tyrophagus*
ثانياً: السويقات، السيقان، الجذوع والأفرع		
الذرة الشامية	الفطريات المسببة لعفن الساق وتشمل : *Pythium* spp. ، *Diplodia zeae* ، *Gibberela zeae*	يرقات حفار ساق الذرة الأوروبي *Pyrausta nubilalis*
قصب السكر	فطر العفن الأحمر لقصب السكر *Colletotrichum falcatum* Went	سوسة قصب السكر *Anacentrinus subnudus* Buch. وحفار ساق قصب السكر *Diobratica sacchuralis* Fab.

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
أشجار الزان	فطر تقرح قلف أشجار الزان	الحشرات القشرية *Cryptococcus fagi*
أشجار الكاكاو	فطر التدهور (الموت البطئ) للكاكاو Cacao dieback *Calonectria rigidiuscula* Sacc.	نوعان من بق الكابسد Capsid bugs و *Sahlbergella singularis* Hazl. *Distantiella theobroma* Dist.
أشجار الثمار ذات النواة الحجرية (الخوخ، المشمش، ... إلخ) وأشجار الحور الرجراج	الفطر المسبب للتقرحات *Ceratocystis fimbriata*	خنفساء النسغ (Sap beetles) *Carpophilus freeman* ذبابات الدروسفيلا *Drosophila melanogaster* *Chymomyza procnemoides*
أشجار التفاح	الفطر المسبب للتقرح *Leptosphueria coniothyrium*	نوعان من جداجد الأشجار (Tree crickets) *Oecanthus niveus* DeG. *O. angustipennis* Fitch
	الفطر المسبب للتقرحات المستديمة (أورام الثآليل) على جذوع التفاح *Gloeosporium perennans*	منّ التفاح الصوفي *Eriosoma lanigerum* (Hausm.)
	الفطريات المسببة للعفن الأبيض *Amylostereum areolatum* *Stereum sanguinolentum*	زنابير الأخشاب (زنبور السرسد) *Urocerus gigas* *Sirex* spp.
	الفطريات المسببة للعفن الأزرق *Ceratocystis* spp.	خنافس القلف (Bark beetles) *Dendroctonus ponderosae* *Ips* spp.

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
أشجار الصنوبر	الفطريات المسببة للفحة الحارقة *Nectria curcurbitula* *Diplodia pinea*	نوعان من البق الباصق *Aphrophora saratogensis* Fitch و *A. parallela* Say
أشجار البلوط	الفطر المسبب لذبول البلوط (Oak wilt) *Ceratosystis fagacearum*	خنافس النسغ (Sap beetles) *Carpophilus lugubris* Mur. *Colopterus* spp. *Cryptarcha ample* Er. خنافس قلف البلوط (Oak bark beetles) *Monarthrum fasciatum* Say. *Pseudopityophthorus mimutissimus* Zimm. *P. pruinosus* Eic.
أشجار المانجو	الفطر المسبب لتشوّه المانجو *Fusarium moniliforme*	الحلم الأريوفي (من مفصليات الأرجل) *Aceria mangifera* Sayed
	الفطر المسبب لذبول المانجو *Diplodia recifensis*	نوع من الخنافس *Xyleborus affinis*
	الفطر المسبب لذبول المانجو *Ceratocystis fimbriata*	خنفساء النسغ *Hypocryphalus mangifera*
أشجار الدّردار	الفطر المسبب لمرض الدردّار الهولندي *Ceratocystis ulmi*	خنافس قلف الدّردار (Elm bark beetles) *Scolytus multistriatus* Marsh. *Hylorgopinus rufipes* Elch.

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
ثالثاً: الجزء الخضري		
العديد من النباتات في المناطق المدارية وتحت المدارية	العديد من الأعفان الهبابية (Sooty molds) وهي غير متطفلة على النباتات بصورة مباشرة بل على إفرازات الندوة العسلية التي تفرزها الحشرة من رتبة متشابهة الأجنحة مثل الذباب الأبيض، الحشرات القشرية، البق الدقيقي، المن ...إلخ	أنواع كثيرة من الذباب، الزنابير، النحل وخنافس أبي العيد المفترسة والتي تنقل جراثيم الفطر أو أجزاء من هيفاته.
أوراق البن	الفطر المسبب لصدأ البن (القهوة Coffee Rust) *Hemilea vastatrix*	ذبابات الدروسيفلا الملوثة بالجراثيم اليوريدية *Drosophila* spp.
الأوراق الابرية للصنوبر	الفطر المسبب له: لفحة الأوراق الابرية للصنوبر *Pullularia pullulans*	نوع من الهاموش المسبب للأورام، و *Pseudoxiphydria betulae* Ensl.
القرعيات	الفطر المسبب لانثراكنوز القرعيات *Colletotrichum lagenarium*	خنفساء القرعيات المنقطة *Diabrotica undecinpunctata* Howard.
نخيل الزيت	الفطريات المسببة لتبقع أوراق نخيل الزيت *Pestalotiopsis palmarum* *P. glandicola*	نوع من البق الشبكي التابع للجنس *Gragaphia*
حشيشة الشوك الكندي	فطر الصدأ *Puccinia punctiformis*	سوسة الشوك *Centorhynchus lilura*

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
رابعا: البراعم والأزهار		
القرنفل	الفطر المسبب لتعفن براعم القرنفل *Fusarium poae*	الحلم (من مفصليات الأرجل) *Siteroptes graminum*
القرنفل	الفطر المسبب لتفحم مئبر القرنفل *Ustilago violacea*	العديد من الحشرات الزائرة الملوثة بجراثيم التفحم
النفل الأحمر	الفطر المسبب لـ: لفحة أزهار النفل الأحمر *Botrytis anthophila* الفطر جهازي وينتقل مع البذور أيضاً (العدوى الأولية)	العديد من أنواع النحل الزائرة الملقحة للأزهار (والنحل له دور أكبر في انتشار العدوى الثانوية)
محاصيل الحبوب والحشائش النجيلية	الفطر المسبب لمرض الأرجوت على الأزهار *Claviceps purpurea*	العديد من أنواع الذباب والخنافس التي تنجذب إلى الإفرازات اللزجة للفطر وتصبح ملوثة بالجراثيم (والحشرات مهمة بصورة أكبر في نشر العدوى الثانوية ولمسافات بعيدة)
الأزاليا	الفطر المسبب لتبقع أزهار الأزاليا *Ovulinia azalea* (الفطر يدخل من خلال الخدوش التي تحدثها الحشرات في الأزهار)	أنواع متعددة من النحل، التربس، النمل (وهي مهمة في نشر العدوى الثانوية لمسافات طويلة)

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
خامساً: الثمار والبذور في الحقل		
التين	الفطر المسبب للتعفن الداخلي الطري لثمار التين *Fusarium moniliforme* f.s. *fici*	زنبور التين *Blastophaga psenes* L.
	الفطريات المسببة لتفحم وتعفن التين من أهمها الفطر *Aspergillus niger*	أنواع من اخلم المفترس (من مفصليات الأرجل) وبدرجة أقل بواسطة حشرات التربس
ثمار الفواكه ذات النواة الحجرية	الفطريات المسببة للعفن البني لثمار الفواكه ذات النواة الحجرية *Monilinia fructicola* *M. laxa*	خنفساء البخاري الخرطومية (Plum curculio) *Conotrachelus nenuphar* Herbst. فراشة الفواكه الشرقية *Grapholitha molesta* خنفساء الفواكه المجففة *Carpophilus hemipterus* ونوعان من خنافس النسغ *Carpophilus mutilates* *Haptonchus luteolus*
العنب	الفطر المسبب للعفن الرمادي للعنب *Botrytis cinerea*	يرقات الفراشتين *Argyrotaenia pulchellana* Haw. *Lobesia botrana*
	الفطر المسبب لاسوداد قرون (ثمار) الكاكاو *Phytophthora palmivora*	العديد من أنواع النمل الباني أهمها *Crematogaster striatula* Emery

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
الكاكاو		وخنفساء النسيغ *Brachypeplus pilosellus*
القطن	الفطريات المسببة لتعفن لوز القطن *Fusarium moniliforme* *Alternria tenuis*	سوسة لوز القطن *Anthonomus grandis* دودة (كيزان الذرة/ ثمار الطماطم / لوز القطن) *Heliothis zea* Boddie بق النبات العكر *Lygus lineolaris*
	الفطر المسبب لعفن اللوز *Aspergillus flavus* (منتج سموم الأفلاتوكسين)	بق النبات العكر *Lygus hesperuas* البق النتن (البق كريه الرائحة) *Chlorochroa sayi* دخول الفطر إلى داخل لوز القطن يعتمد على الجروح التي تسببها يرقات دودة اللوز القرنفلية مكتملة النمو *Pectinophora gossypiella* Saunders
	الفطر المسبب لعفن اللوز *Rhizopus stolonifer*	دودة لوز القطن *Earias insulana* Boisd. وكذلك دودة اللوز القرنفلية *Pectinophora gossypiella* Saunders
	الفطر المسبب لتعفن تيلة القطن *Nigrospora oryzae*	الحلم (من مفصليات الأرجل) *Siteroptes reniformis*

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
	الفطر المسبب للعفن الداخلي للوز القطن (Stigmatomycosis) *Nematospora gossypii*	أنواع من بق تلوث القطن Cotton strainers التابعة للجنس *Dysdercus* spp.
البن (ثمار / حبات)	الفطريات المسببة لتعفن (ثمار / حبات) البن (القهوة) *Nematospora corylii* *N. gossypii*	نوعان من البق النتن *Antestia lineaticolis* Stol. *A. faceta* Germ.
الذرة الشامية	الفطريات المسببة لتعفن كيزان الذرة *Fusarium* spp. *Gibberella zeae* *Diplodia maydis* والعديد من الفطريات التابعة للأجناس : *Cephalosporium, Rhizopus, Negrospora, Cladosporium, Penicillium, Aspergillus*	دودة كيزان الذرة *Heliothis zea* Boddie حفار ساق الذرة الأوروبي *Pyrausta nubilalis* خنفساء النزهة *Glischrochilus quadrisignatus* (هذه الحشرات تحمل (تنقل) الفطريات وتوفر الجروح اللازمة لدخولها)
الأرز	الفطر المسبب للعفن النيماتوسبوري للأرز *Nematospora corylii*	بق الأرز النتن *Oebalus pugnax* (F.)
فول الصويا ، الفاصوليا واللوبيا	الفطر السابق	العديد من أنواع البق النتن
الفول	الفطريات المسببة لعفن (قرون) الفول *Botrytis fabae* *Cladosporium cladosporoides* *Pullularia pullulans*	العديد من حشرات التربس (Thrips) وحشرات المن (Aphids)

تابع جدول (١).

النبات المصاب	مسبب المرض الفطري	الحشرة الناقلة
سادساً: الثمار والحبوب بعد الحصاد		
الفاكهة والخضار في المخزن	الفطريات التابعة للأجناس الآتية: *Penicillum, Fusarium, Botrytis, Rhizopus, Alternaria, Sclerotinia, Monilinia, and Colletrichum*	فراشة الثمار (الفاكهة) الشرقية: *Grapholitha molesta* ذبابة التفاح: *Rhagoletis pomonella* ذبابة فاكهة البحر المتوسط: *Ceratitis capitata* الذبابة المنزلية: *Musca domestica*
الحبوب والبقول في المخزن	الفطريات التابعة للأجناس الآتية: *Aspergillus, Fusarium, and Penicillium*	سوسة الأرز *Sitophilus oryzae* سوسة المخزن *Sitophilus granaries* خنفساء الدقيق المتشابهة *Tribolium confusum* فراشة الحبوب (فراشة المخزن) *Sitotroga cerealella* حفار ساق الذرة الأوروبي *Pyrausta nubilalis* دودة كيزان الذرة *Heliothis zea*

المصدر: باختصار شديد وجَدْوَلَةً من (Agrios, 2005)

ويتضح مما سبق أن تغذية الحشرات على الجذور في الغالب تُسَهِّلْ إصابتها بالفطريات وذلك إما بسبب أن الحشرات تُهيئ الساحة لدخول الفطريات الممرضة وإما لأن تغذية الحشرات تُضعف (تُجهد) النباتات المُهَاجَمَةْ وتجعلها أكثر عرضة للإصابة بتلك الفطريات. ومما يجدر ذكره أيضاً أن الدوّر الأهم والأكبر في نقل وانتشار مسببات الأمراض الفطرية في أماكن تخزين (مخازن) الحبوب والفاكهة يكون للحشرات التي يمكن أن تُهاجم تلك المواد وليس للرياح أو للأمطار دور يذكر (مقارنة بما يحدث في الحقول).

وأخيراً، فإن مكافحة مسببات الأمراض الفطرية لاتعتمد على مكافحة الفطر الممرض فحسب بل أيضاً على مكافحة الحشرات الناقلة، ولذلك فإن التقدم في هذا المجال يعتمد على التعاون المشترك بين علماء الحشرات وعلماء أمراض النبات ولهذا فإن ميل علماء أمراض النبات في التركيز على الكائن (المسبب) الممرض يبدو أنه يتساوى مع ميل علماء الحشرات على التركيز على الحشرات (وعزو كل الأضرار إليها) وتجاهل حقيقة أن تلك الحشرات في كثير من الأحيان تتزامن الإصابة بها مع الإصابة بمسببات الأمراض النباتية.