الفصل السادس

دراسة وتطور المقاومة الحيوية لأمراض النبات

تعريف المقاومة الحيوية :

عرف العالم Garret (سنة ١٩٦٥) المقاومة الحيوية فى أمراض النبات ، بأنها الحالة التى تسبب ، أو الطريقة التى بواسطتها يمكن التأثير على بقاء أو نشاط الكائن الممرض عن طريق كائن حى آخر غير الإنسان ، مما ينتج عنه انخفاض الإصابة بالمرض .

أما كل من Baker & Cook سنة ١٩٧٤ فقد ذكرا تعريفاً آخر للمقاومة الحيوية مقارباً للتعريف السابق ، وهو أن المقاومة الحيوية هى الطريقة التى بها ، يمكن خفض كثافة اللقاح أو كفاءة أجزاء الكائن الممرض أو الطفيل ، سواء أكان فى الحالة النشيطة (الفعالة) أم فى حالة الكمون ، عن طريق واحد أو أكثر من الكائنات الحية الدقيقة ، بمساعدة الظروف الطبيعية فى التربة ، أو عن طريق أدخال هذه الكائنات صناعياً إلى البيئة الطبيعية للكائنات الممرضة . هذا التعريف أقره كل من Whipps و Baker سنة ١٩٨٧ .

أما Cooks سنة ١٩٨٩ فقد ذكر تعريفاً أكثر شمولاً للمقاومة الحيوية وقال «إن المقاومة الحيوية هى استعمال الكائن الحى الدقيق الطبيعى أو المحور فى الجينات أو منتجات الجين لخفض تأثير الكائناتْ الحية الدقيقة غير المرغوبة (الآفات) ، وبحيث تلائم هذه الكائنات الحية الدقيقة المرغوبة عند استعمالها على كل من المحاصيل الحقلية ، الأشجار ، الحيوانات والحشرات ، الكائنات الحية الدقيقة النافعة الأخرى ، ولا تسبب لها أضراراً .

ويمكن القول بأن هناك طرقاً عديدة تستعمل لخفض كمية أو كفاءة الكائن الممرض ، بالإضافة إلي المقاومة الحيوية ، وهذه الطرق هى :

١ – حرق أو إزالة المخلفات (البقايا) النباتية .

٢ – استئصال العوائل المتبادلة للكائن الممرض أو إزالة العوائل الحولية التى يقضى الكائن الممرض الشتاء عليها .

٣ – اتباع دورة زراعية مناسبة فى الحقول المختلفة .

٤ – خلق ظروف غير مناسبة لنمو و/أو بقاء الكائن الممرض فى التربة عن طريق التشميس،

تغير رقم الحموضة ، زيادة الأسمدة العضوية ، تحسين العمليات الزراعية ، اتباع طرق رى معينة ، حراثة التربة .

٥ – تحسين المقاومة فى النبات عن طريق التربية أو التطعيم .

تشمل المقاومة الحيوية للممرضات النباتية ثلاث قوى ، وهى :

١ – خفض (إنقاص) كثافة لقاح الكائن الممرض ، بواسطة كائنات دقيقة مضادة له ، تسمى مضادات الممرضات النباتية أو الكائنات الصديقة ، هذه الكائنات قد تكون دخيلة على الوسط أو مستوطنة فيه .

٢ – حماية سطح النبات بواسطة لقاح مسبق preinoculum ضد عدو ممرض لهذا النبات .

٣ – إحداث عدم توافق فسيولوجى بين العائل النباتى والكائن الممرض ، عن طريق الهندسة الوراثية أو بالتطعيم بكائن دقيق ممرض أقل شدة ، أو غير ممرض للنبات العائل على الأطلاق .

وقد أقر معظم الباحثين أن العنصر الفعال فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات ، يجب أن يقوم بواحد أو أكثر مما يلى :

١ – أن ينتج مضادات حيوية ضد الكائنات الممرضة .

٢ – ينتج مركبات تعمل كحاملات للحديد Siderphores لجعل هذا العنصر أقل إتاحة للكائنات الممرضة .

٣ – أن تكون لديه قدرة عالية على التنافس على الغذاء و/أو المكان الضرورى لنمو الكائن الممرض وعلى احتلال الأماكن المفضلة من قبل الممرضات .

٤ – أن ينتج مركبات هرمونية تزيد فى نمو النبات ، مثل : المواد الشبيهة بالجبرلينات أو تزيد مقاومة النبات للأمراض .

١ - المقاومة الحيوية الحديثة :

تعرف المقاومة الحيوية بأنها استعمال الكائن الحى الدقيق الطبيعى أو المحور (فى الجينات أو منتجات الجين) لخفض تأثير الكائنات الحية الدقيقة غير المرغوبة (الأفات) ، بحيث تكون هذه الكائنات الحية الدقيقة المستعملة متوافقة مع الكائنات الدقيقة النافعة وغير ضارة

بالمحاصيل الزراعية . أو يمكن القول بأن المقاومة الحيوية هي استعمال كائنات حية فى مقاومة كائنات حية أخرى ضارة ، سواء فى مجال الحشرات أو الأمراض أو حتى فى الحيوانات الراقية .

بدأ الاتجاه إلى المقاومة الحيوية فى أوائل الثلاثينيات من هذا القرن ، حيث كانت تجرى التجارب على أساس إحداث تغيير فى ظروف التربة ، هذا التغير يؤدى إلى تشجيع نمو بعض مكونات ميكوفلورا التربة ، على حساب تثبيط نشاط البعض الآخر . تعتبر هذه الطريقة اللبنة الأولى التى وضعت أساساً لبناء صرح علم المقاومة الحيوية لأمراض النبات . ثم بعد ذلك تتابعت الأبحاث بنشاط وقوة حتى وصلت إلى ماهى عليه الان . إن أحدث ما وصلت إليه المقاومة الحيوية هو إحداث تغييرات فى جينات بعض سلالات الكائنات الحية الدقيقة ، بحيث تصبح مقاومة أو مضادة للسلالات الممرضة ، أو مانعة لتكاثرها أو مثبطة لها ، أو عند حدوث تهجين بين السلالات المضادة والسلالات الممرضة يؤدى ذلك إلى ظهور نسل جديد غير قادر على إحداث المرض . هذه الأبحاث تتم حالياً باستخدام الهندسة الوراثية والتداخل فى تركيب الـ DNA و RNA .

بدأت فى أوائل التسعينيات من هذا القرن أصوات كثيرة تنادى بالاهتمام بالبيئة والابتعاد عن تلويثها ، وعقد مؤتمر قمة الأرض فى مدينة ريدوجانيرو ، وذلك لوضع اتفاقيات للحد من تلوث البيئة ، وكان الاهتمام الكبير فى هذه المؤتمرات يتجه إلى ثقب الأوزون وتلوث الهواء الجوى وقليل من الاهتمام بتلوث التربة .

اتجه الاهتمام إلى تلوث البيئة ، نتيجة انتشار كثير من الأمراض بين مستويات مختلفة من الناس ، والتى لا تكون متسببة إلا عن تلوث الغذاء أو الهواء نتيجة استعمال المواد الكيماوية على المنتجات الغذائية . من أهم هذه الأمراض – الفشل الكلوى والأورام وحساسية الصدر . هناك آلاف من أطنان المبيدات الكيماوية تستعمل على المنتجات الزراعية فى فترات النمو المختلفة فى كثير من المناطق الزراعية فى العالم . بعض هذه المبيدات الكيماوية تبقى فى التربة لمدة تصل حوالى خمسين عاماً والبعض الآخر أقل . كذلك فإن الأثر المتبقى لهذه الكيماويات فى ثمار الفواكه والخضروات أو الأجزاء الورقية الأخرى عندما تدخل جسم الإنسان ، تؤدى إلى إحداث الأمراض المختلفة . كذلك فإن نباتات العلف الحيوانى عندما تتغذى عليها الحيوانات ، فإن الأثر المتبقى من الكيماويات ينتقل إلى حليب الحيوان ولحمه ، ومن ثم إلى جسم الإنسان .

هناك أسباب عديدة جعلت العلماء يتجهون بأبحاثهم إلى المقاومة الحيوية والابتعاد إلى حد ما عن استعمال المواد الكيماوية ، فى مقاومة أمراض النبات ، أهم هذه الأسباب هى :

١ – تلوث البيئة . كما ذكرنا سابقاً ، هناك آلاف الأطنان من المبيدات الكياوية تستعمل سنوياً على المنتجات الزراعية ، هذه المبيدات ، بغض النظر عن التكاليف الاقتصادية ، فإنها تقوم بتلويث البيئة من حيث الهواء والتربة والماء ، وتحدث أثرها تدريجياً حيث إنها تتراكم فى جسم الإنسان وتصل إلى الحد الفعال ، فيبدأ ظهور الأعراض المرضية عليه .

٢ – الأثر المتبقى على المنتجات الغذائية . إن استعمال المبيدات الكيماوية على المنتجات الزراعية ، يؤدى إلى بقاء نسبة معينة تقدر بأجزاء فى المليون ، تبقى داخل الثمرة أو على الأجزاء الخضرية التى يتغذى عليها الإنسان . هذه النسبة الضئيلة عندما تدخل جسم الإنسان تحدث أثرها الضار بصحة المستهلك .

هناك بعض الدول تمنع استيراد المنتجات الزراعية ، حتى لو كانت نسبة الأثر المتبقى من المبيدات عليها ، منخفضة جداً ، وكذلك بالنسبة للمواد العلفية للحيوانات ، حيث إنه فى الحالة الأخيرة ينتقل تأثير المبيد إلى المنتجات الحيوانية التى يتغذى عليها الإنسان .

٣ – هناك كثير من الأمراض النباتية يصعب مقاومتها كيماوياً ، إما لعدم فعالية المبيدات الكيماوية المكتشفة ، أو لصعوبة تطبيق واستعمال هذه المبيدات من الناحية العملية أو الاقتصادية .

٤ – فى كثير من مسببات الأمراض النباتية ، تظهر سلالات جديدة من الكائنات الممرضة ، تكون مقاومة للمبيدات الكيماوية ، وبالتالى يلزم استعمال مبيدات كيماوية جديدة لمقاومة هذه السلالات الجديدة ، وبعد فترة تظهر سلالات جديدة أخرى من المسبب المرضى تكون مقاومة لهذه الكيماويات وهكذا ، إلا أن سرعة ظهور السلالات الجديدة المقاومة للمبيدات الفطرية ، أسرع بكثير من ظهور مبيدات كيماوية جديدة ، وبالتالى تبقى الحالة راجحة باتجاه السلالات الممرضة الجديدة وانتشارها .

٥ – أما فى الطريقة الكلاسيكية لتربية النباتات المقاومة للأمراض ، فإن الأصناف الجديدة المقاومة سرعان ما تنكسر مقاومتها عند ظهور طفرة أو سلالة جديدة من الكائن الممرض ، وبالتالى تعاد الكرة ثانية لإيجاد أصناف مقاومة ، وهذا يحتاج لوقت طويل .

٦ – هناك أنواع عديدة من النباتات لا يتوفر فيها الأصناف المقاومة للأمراض ، مما يضطر إلى استعمال المقاومة الحيوية .

هذه الأسباب السابقة جعلت العلماء يتجهون فى أبحاثهم إلى المقاومة الحيوية فى مقاومة أمراض النبات .

٢ - الاسس التى تعتمد عليها المقاومة الحيوية :

١ – **التضاد الحيوى Antibiosis** . إن ظاهرة التضاد الحيوى ، من أهم الظواهر التى تستعمل فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات ، فهى تسبب تثبيط نمو الكائن الممرض أو تقضى عليه كلية ، أو أنها توقف إنبات الوحدات التكاثرية للكائن الممرض . تعتمد ظاهرة التضاد الحيوى على مقدرة الكائن الممرض على انتاج مضادات حيوية أو ترياقات بكتيرية . يمكن اعتبار التضاد الحيوى مثل التضاد Antagonism ، الذي يعتمد على نواتج تمثيلية تكون متخصصة أو غير متخصصة ناتجة عن الميكروب ، مثل عوامل التحلل ، الإنزيمات ، المواد المتطايرة ، أو السايدروفورز أو مواد سامة أخرى .

٢ – **التطفل الفطرى Mycoparasitism** . عندما يتطفل فطر على فطر آخر ، هذه الظاهرة تسمى التطفل الفطرى Mycoparasite . هناك عدة طرق بواسطتها يهاجم المتطفل الفطرى تركيبات الفطر الممرض (المتطفل عليه) ، منها : أ – اختراق الهيفا مباشرة . ب – التفاف المتطفل حول ميسيليوم الفطر المتطفل عليه وقد يخترقها أو لا يخترقها . جـ – يفرز الفطر المتطفل إنزيمات تهضم جدر الميسيليوم فى الفطر الممرض ، أو أنه يفرز مواد مضادة تسبب تحللاً داخلياً فى الفطر المتطفل عليه .

٣ – **التحلل الفطرى Lysis** . يعرف التحلل الفطرى بأنه تحطيم أو تحلل أو ذوبان أو تفكك المركبات الحيوية فى الكائن الحى بواسطة إنزيمات معينة . هناك نوعان من التحلل الفطرى : النوع الأول يسمى تحللاً فطرياً خارجياً وهو عبارة عن هضم جزئى إنزيمى لجدر الخلايا الحية بواسطة كائنات حية دقيقة خارجية . أما النوع الثانى ، فهو تحلل فطرى داخلى ، وهو عبارة عن ذوبان بروتوبلازم الخلية دون هضم سابق ، أو مصاحب للجدار ، سواء كان ذلك بعوامل منتجة ذاتياً أو مبتدأة بعوامل خارجية ، وهذا يمكن أن ينتج عنه تغيرات ميتابولزمية داخلية ، أو يؤدي إلى التعرض لمواد سامة مثل تلك الناتجة من كائنات أخرى .

٤ – **المنافسة Competition** . يعرف التنافس بأنه محاولة كائنين أو أكثر فى الحصول على الحد الذى يتطلبه كل منهما من المواد المتوفرة أمامه ، بشكل معين وتحت ظروف معينة ، موجودة عليها تلك المادة ، عندما لا تكون هذه المادة متوفرة بكمية تكفى المتنافسين . يكون التنافس على الغذاء وبعض عوامل النمو الخاصة وعلى الأكسجين ، وعلى المكان وهذا ما يسمى استعمار المكان . لا يحدث التنافس على أشياء تكون متوفرة بشكل كاف لجميع الكائنات .

٥ – **الكائنات الدقيقة التكافلية Symbiotic Microorganisms** . هناك كثير من الأبحاث والتجارب ، أثبتت أن كثيراً من الكائنات الدقيقة التكافلية من البكتريا والفطريات الشعاعية التى تتوطن أنسجة النبات وأسطح الجذور ، لها دور كبير فى مقاومة النبات للأمراض ، ويتم ذلك بسيطرة جينية من العائل . أهم أشكال الكائنات الدقيقة التكافلية هى البكتريا العقدية (بكتيريا العقد الجذرية) والميكورهزا . هناك نوع من البكتيريا المشجعة لنمو النبات (PGPR) Plant Growth Promoting Rhizobacteria ، تعزل من منطقة الجذور فى النبات ، ويمكن حقنها فى البذور لتزيد فى نمو النبات وتؤدى إلى زيادة المحصول . وجد أن هذه المجموعة من PGPR تستعمر سطح الجذر وتقلل من تجمعات الميكروبات الضارة والممرضة للنبات . وبالتالى فإن التنافس والاستعمار هى القوى التى تستعملها PGPR . فى السنوات الأخيرة ، استعملت هذه المجموعة على نطاق واسع فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات .

بعد هذه المقدمة ، هل نستطيع القول بأن المقاومة الحيوية وصلت إلى المستوى المطلوب من حيث الاستعمال والتطبيق فى أمراض النبات ؟؟ . للإجابة عن هذا السؤال نقول إن المقاومة الحيوية ، نجحت إلى حد ما فى مقاومة كثير من الأمراض النباتية فى الحقل وفى المخزن ، وإن هناك كبسولات أو حبيبات تباع فى الأسواق ومصرح باستعمالها فى المقاومة الحيوية للأمراض المخصصة لها وتسمى مبيدات حيوية Biocides . ومن ناحية أخرى هناك كثير من الأمراض نجحت المقاومة الحيوية فى مقاومتها معملياً أو تحت ظروف متحكم بها ، ولكنها لغاية ١٩٩٧ لم تنجح فى الاستعمال الحقلى .

هناك صعوبات كبيرة تواجه الباحثين فى الحصول على النتيجة النهائية للمبيد الحيوى Biocide ، وهو الكائن الدقيق الذى يستعمل فى المقاومة الحيوية . بعض هذه الصعوبات

تتعلق بالإجراءات البحثية والبعض الآخر يتعلق بالتطبيق . حتى يتم نشر واستعمال المستحضر الحيوى على نطاق واسع ، يجب أن يمر بعدة مراحل ، هذه المراحل هى :

١ – اكتشاف الكائن الدقيق واختباره على مسببات الأمراض ، التى سيقاومها فى المعمل وفى الحقل .

٢ – الملاءمة التامة لهذا الكائن الدقيق ، من حيث قدرته فى المقاومة وعدم إحداث أضرار للكائنات المفيدة وتحمله للمبيدات الكيماوية ، وأن يكون ذا سقف حياة طويل أثناء التخزين .

٣ – التصريح من الجهات الحكومية الخاصة باستعمال هذا المركب .

٤ – تحضير المركب فى تشكيلات أو تركيبات معينة لاستعماله فى الأوقات المناسبة .

أما من ناحية الصعوبات الأخرى ، فإن هذا يتعلق بالبيئة المعقدة والمركبة التى تستعمل فيها الكائنات الدقيقة فى مقاومة المرض . معظم الأمراض التى تستعمل معها الكائنات الدقيقة المضادة هى أمراض كامنة فى التربة أو فى البذور ، وإن معظم هذه المضادات تعزل من التربة ، وهذا يعنى أن بيئة التربة هى الملائمة لهذه الكائنات .

إن بيئة التربة عبارة عن تركيب معقد ، من حيث الكائنات الحية الكثيرة التى تتواجد فيها ، ومن حيث اختلاف التركيب الفيزيائى والكيميائى من منطقة لأخرى ، ومن حيث الظروف البيئية التى تختلف من وقت لآخر . والأهم من كل ذلك ، هى عملية التوازن البيئى التى تحدث فى التربة طبيعياً والتى يصعب التحكم بها مدة طويلة . إذا ما تم وأضيفت بعض الكائنات المضادة إلى التربة لمقاومة مرض ما ، فإن هذا الكائن المضاف يزداد فى العدد كثيراً لفترة معينة ، بحيث لا تستمر هذه الزيادة طويلاً ، بل قد تقوم بدورها فى المقاومة الحيوية لموسم واحد أو اثنين على الأكثر ، ثم بعد ذلك تنخفض هذه الأعداد وتعود إلى وضعها الطبيعى فى التربة بحالة توازن . هذه المشكلة (التوازن الطبيعى) من أهم المشاكل التى تقابل تطبيق المقاومة الحيوية فى الحقل . أما بالنسبة للتوازن البيئى على السطح الورقى أو فوق سطح التربة فيكون تأثيره أقل .

من الصعوبات الأخرى التى تواجه تطبيق المقاومة الحيوية ، هو اختلاف الظروف البيئية فى المناطق الزراعية المختلفة . يكون تأثير هذا الاختلاف أقل كثيراً بالنسبة للمبيدات الفطرية

عنه فى المقاومة الحيوية . عدا عن ذلك هناك بعض العوامل المضادة ، التى تحتاج إلى توافر رطوبة معينة فى ظروف ، يكون من الصعب توفرها فى الحقل ، مثل مقاومة بعض أمراض البياض الدقيقى حيوياً .

بشكل عام ، يمكن القول بأن المقاومة الحيوية قد خطت خطوات سريعة جداً فى الأبحاث المعملية ، ولكنها أقل من ذلك فى التطبيقات الحقلية وسوف يأتى الزمن (إن شاء الله) الذى تستعمل فيه المقاومة الحيوية فى مقاومة معظم الأمراض النباتية ، وبالتالى نضع حداً كبيراً للمحافظة على صحة بنى الإنسان من التلوث الغذائى ، والمحافظة على البيئة من التلوث الضار والتلوث الهوائى . ونتكلم الآن عن الأسس التى تعتمد عليها المقاومة الحيوية بالتفصيل .

أولاً : التضاد Antagonism

يقصد بالتضاد جميع أنواع العلاقات التى يكون فيها كائن حى يعانى من كائن حى آخر ، ومن هذه العلاقات :

I : التضاد الحيوى Antibiosis

يمكن تعريف التضاد الحيوى ، بأنه مقدرة كائن حى على إفراز مادة أو أكثر من المواد الأيضية ، تؤثر تأثيراً ضاراً على واحد أو أكثر من الكائنات الأخرى . لا يقتصر التضاد الحيوى على الكائنات الدقيقة بل إن بعض النباتات تفرز جذورها مواد مضادة ، بحيث تؤثر على طبيعة الكائنات الدقيقة التى تنمو فى المجال الجذرى .

هناك أصناف من النباتات تكون مقاومة للإصابة بالمرض ، وذلك لأن جذورها تفرز مواد مضادة تؤثر على الكائنات الممرضة ، ومن الأمثلة على ذلك ، وجد أن نباتات الكتان تقاوم الإصابة بمرض الذبول نتيجة الاختلاف فى ميكوفلورا المجال الجذرى ، وهذا الاختلاف ينشأ بالتالى نتيجة لإفراز الجذر لحمض الهيدروسيانيك .

من المعروف أن المضادات الحيوية المكتشفة حتى الآن (١٩٩٧) ، منها ٩٥ ٪ ناتج عن كائنات دقيقة معزولة أصلاً من التربة . لقد درس تأثير هذه المضادات الحيوية فى المعمل على أطباق بترى أو فى تربة معقمة أو متعادلة بصورة أو أخرى . لقد اعترض كثير من الباحثين على أن المضادات الحيوية تفرز فى التربة غير المعقمة ، أو أن يكون لها دور فى

التفاعلات الميكروبية فى التربة غير المعقمة . تدل بعض الأبحاث على أن المضادات الحيوية لا يظهر لها أثر فى التربة غير المعقمة ، إما لتحللها بإنزيمات الكائنات الدقيقة كما فى حالة مادة Penicillen ، أو لادمصاصها على سطح حبيبات التربة كما فى حالة الستربتومايسين أو لتأثرها بالرقم الهيدروجينى pH فى التربة . فمن المعروف أن كلاً من الفردين ، والكلورما يسين متعادل ، والستربتومايسين قاعدى ، وهذا يدل على أن التربة لا تكون دائماً مناسبة للمضادات الحيوية ، أو يمكن أن يقف عمل المضادات الحيوية أو تأثيرها نتيجة لتفاعلات كيميائية غير معروفة .

يرى العالم Garret سنة ١٩٦٥ أن كل العوامل المذكورة سابقاً لا تعنى أن المضادات الحيوية ليس لها دور فى تفاعل الكائنات الدقيقة فى التربة ، هذا التفاعل يجب أن لا نتخيله بالصورة التى يظهر بها على أطباق بترى أو فى التربة المعقمة ، بل يجب أن يكون تصور تأثيره فى حدود ميكرونات قليلة ، وأن يكون فعله إخلاء الوسط الغذائى الضيق المساحة من الكائنات الدقيقة المنافسة ، ويجب أن ينظر إلى المضادات الحيوية بأنها مواد عضوية متحولة ، وعلى هذا الأساس فإن أدمصاصها فى التربة يساعد على حفظها من التحول لفترة أطول وبالتالى يكون ذلك لمصلحة الكائن الدقيق .

النتيجة مما سبق ، أن بعض الكائنات الدقيقة فى التربة ، وجذور بعض النباتات ، تفرز مواد مضادة . وجد أن التربة غير المعقمة توقف إنبات جراثيم بعض الفطريات ، ولكن وجد أن هذه الظاهرة يمكن تخطيها أو التغلب عليها بإضافة مادة الغلوكوز بنسبة ٠,١ ٪ ، وكانت هذه أول إشارة إلى سمية التربة . ولقد أكدت تجارب كثيرة أن التربة تمنع إنبات جراثيم الفطر إلا فى وجود منبه ، هذا المنبه إما أن يكون فى صورة مادة غذائية أو إفراز جذرى أو فى صورة بقايا نباتية ، هذه المادة المنبهة لا يقتصر دورها على كونها مادة غذائية، إذ أنها تقوم بدورها حتى بتركيزات منخفضة جداً . من هنا نحصل على نتيجة أن التربة فيها سمية توقف إنبات الجراثيم الفطرية ، ويمكن التغلب على هذه السمية بإضافة مادة غذائية أو مادة منبهة .

اعترض علماء كثيرون على هذا التعليل ، لتفسير عدم إنبات جراثيم الفطريات فى التربة، وقد ذهب بعض العلماء إلى القول بأن عدم إنبات الجراثيم لا يعدو أن يكون نتيجة لنمو بعض الكائنات الدقيقة على المادة الغذائية الموجودة على سطح الجرثومة الحية ، وشبه

ذلك بالكائنات الدقيقة التى تنمو على سطح الجذر ، هذه الكائنات الدقيقة تمنع إنبات الجرثومة إلا بعد إضافة مادة غذائية منبهة ، وقد اعترض بعض العلماء على سمية التربة اعتماداً على الأسس الآتية :

١ – لم يستطيع أحد التأكد من وجود مادة سامة فى التربة عن طريق الفصل .

٢ – طرق البحث المستعملة ، منها وضع الجراثيم فى أكياس السلوفان أو على الآجار تشجع نمو الكائنات الدقيقة المضادة .

٣ – المضادات الحيوية بصفة عامة مواد متحولة ، وبالتالى لا تتجمع فى التربة ولا تسبب سمية فيها .

لقد وجد أن لسمية التربة أهمية كبيرة فى بقاء الفطريات فى التربة ، فقد وجد أن جراثيم كثير من الفطريات تبقى ساكنة تحت سمية التربة ثم تنبت بالتأثير المنبه لإفرازات جذر العائل المناسب . كذلك فإن سمية التربة تؤثر على هيفات الإنبات ، فقد وجد أنه عندما تنمو الجراثيم المكروكونيدية لفطر الفيوزاريوم ، فإنها تكون جراثيم كلاميدية على قمة هيفا الإنبات بسرعة ، وأحياناً تتحول الجرثومة الماكروكونيدية إلى جرثومة كلاميدية مباشرة فى التربة غير المعقمة .

إن لسمية التربة أهمية كبيرة فى بقاء الفطريات فى التربة ، فقد وجد أن جراثيم بعض الفطريات تبقى ساكنة تحت تأثير سمية التربة ، ثم تنبت بالتأثير المنبه لإفرازات جذور العائل المناسب . وجد أن بعض المواد العضوية تقلل من سمية التربة وتعمل على إنبات الجراثيم ، فى حين أن بعض المواد تزيد من سمية التربة وتوقف إنبات الجراثيم .

لقد أمكن فى حالات كثيرة ، مقاومة الإصابة أو المرض بواسطة وقف (تخفيف) سمية التربة فى غياب العائل المناسب ، ففى هذه الحالة تنمو الجراثيم ولا تجد العائل القابل للإصابة وتنتهى هيفا الإنبات بالتحلل . عند زيادة سمية التربة تبقى جراثيم الطفيل ساكنة ويستطيع النبات الهروب من الإصابة . يمكن القول بأن سمية التربة فى مصلحة الطفيل أحياناً ، لأنها تجعل الجراثيم ساكنة إجبارياً حتى تأتى مادة منبهه ، يفرزها عائل مناسب وتنبت الجراثيم بعد أن تنكسر سمية التربة ثم تحدث الإصابة .

أمكن مقاومة الإصابة ، إما بكسر سمية التربة قبل ميعاد الزراعة بمدة معينة ، وبذلك تنبت الجراثيم ولا تجد العائل المناسب فتموت ، أو عن طريق إضافة مواد تسبب زيادة سمية

التربة ، وتبقي الجراثيم ساكنة ، وتنبت بذور العائل وتكبر الجذور وتهرب من الإصابة .

لقد أمكن مقاومة عفن جذور الفاصوليا المتسبب عن الإصابة بالفطر *R. solani* بإضافة السليلوز قبل الزراعة بعدة أيام ، حيث وجد أن جراثيم الفطر الكلاميدية تنبت عادة فى جوار بذور العائل ، وأن هذه الجراثيم لا تنبت عند إضافة السليلوز ، وذلك بسبب ارتفاع سمية التربة . وكذلك فإن إضافة الجلوكوز إلى التربة المعاملة بالسليلوز تزيد من سميتها ، فى حين أن إضافة الجلوكوز إلى التربة بمفرده يكسر سمية التربة . كذلك وجد أن إضافة المضاد الحيوى الأوروميسين أو الستربتومايسين إلى التربة تقلل بشكل واضح من سمية التربة بالنسبة للجراثيم الكلاميدية .

وجد بعض الباحثين سنة ١٩٦٩ ، أن إضافة مسحوق مخلفات صناعة القهوة إلى التربة بنسبة ١/٢ – ١ ٪ قبل زراعة الفاصوليا بفترة ٧–١٤ يوم ، ينتج عنه مقاومة مرض الذبول ، وأن الجراثيم الكلاميدية تنمو وتعطى هيفا إنبات ، إلا أن هذه الهيفا تموت وتتحلل بعد ذلك ، وقد وجد أن تنشيط إنبات الجراثيم يتم خلال ثمانية ساعات من إضافة المخلفات، ثم ترتفع سمية التربة بعد ذلك ، وتبقى مرتفعة لفترة تصل إلى ٢٨ يوماً ، فى أثنائها لا تنبت جراثيم الفطر المسبب للمرض ، خلال هذه الفترة يستطيع النبات أن ينمو ويكبر ويقاوم المرض .

كذلك ثبت أن إضافة مسحوق تبن البرسيم الحجازى إلى التربة بنسبة ١ ٪ تؤدى إلى خفض سمية التربة بالنسبة للجراثيم الأندوكونيدية والكلاميدية للفطر *Thielaviopsis basicola* الذى يسبب عفن جذور كثير من النباتات .

٢ - التضاد الحيوى والمقاومة الحيوية Antibiosis and Biological Control

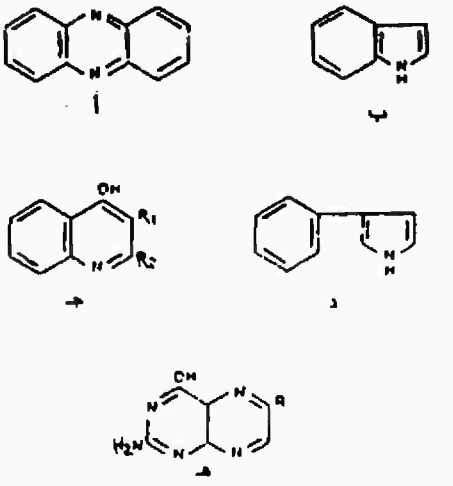
تعتبر ظاهرة التضاد الحيوي ، من أهم الظواهر التى تستعمل فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات ، فهى تسبب تثبيط نمو الكائن الممرض أو تقضى عليه كلية أو أنها توقف إنبات الوحدات التكاثرية له . تعتمد هذه الظاهرة فى المقاومة الحيوية على مقدرة إحدى الكائنات الدقيقة المضادة (الكائن الصديق) على انتاج مضادات حيوية تتكون من مواد سامة وهى نواتج ثانوية Secondary products عن الأيض الغذائى ، أو أنها تنتج توكسينات (مواد سامة) مثل تلك التى يطلق عليها ترياقات بكتيرية . هذه المواد السامة تسبب وقف النمو الخضرى وموت ميسيليوم الفطر الممرض بطريقة مباشرة .

لقد اعتبرت البكتيريا الوميضة من مجموعة Pseudomonales من العناصر المهمة فى المكافحة البيولوجية لمرضات النبات ، عن طريق إنتاجها مواد سامة ناتجة عن الأيض الغذائى أو بقيامها بنشاط ميكروبى مضاد ، إذ تنتج أنواعاً من هذه البكتيريا مضادات حيوية مثل مادة التروبولون (شكل ٧) التى تمنع وتقتل مدى كبيراً من البكتيريا الممرضة للنبات ، كما لها القردة على الهدم السريع للمستعمرات الفطرية الكامنة بالتربة . لقد ذكر أن البكتيريا *Pseudomonas capacia* ، تنتج نوعين من المضادات الحيوية الاستيلينية (Capacins A & P) كما لوحظ فى نوع بكتيرى آخر قدرته على أكسدة الجليسين إلى سيانيد الهيدروجين .

تؤثر الظروف الكيميائية والغذائية فى التربة على انتاج المواد السامة الناتجة من التفاعلات الأيضية الغذائية للبكتيريات التى تصيب جذور النبات . تؤثر درجة الحموضة فى التربة ، والأسمدة الكيماوية والمواد السليلوزية على نشاط البكتيريا الممرضة وعلى نوع المضاد الحيوى الناتج .

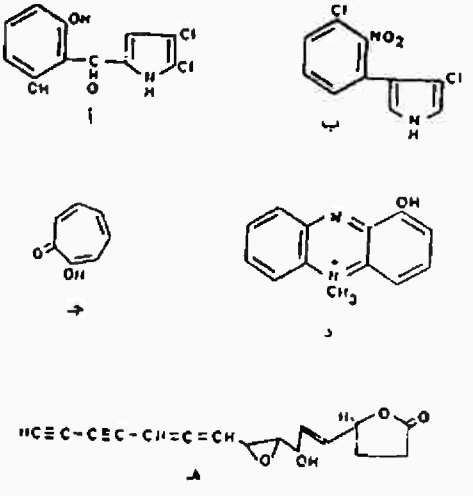
أما بالنسبة للفطريات ، فقد لوحظ أن الفطر *Gliocladium virens* يقاوم الفطر *Pythium ultimum* عن طريق انتاج مضادات حيوية . كما وجد أنه فى مجال جذور بادرات القطن فإن السلالة البكتيرية *Pseudomonas fluorescens pf5* لها القدرة فى حماية النبات من الفطرين *P. ultimum* و *R. solani* من خلال مضادين حيويين ، إحداهما البلتروين مضاد للفطر الأول ، والمضاد الحيوى الثانى البيرونترين الذى يضاد الفطر الثانى . عند معاملة بذور القطن بمستحضر لهذه العزلة البكتيرية ، لم تصاب البادرات بالذبول . كذلك وجد أن الفطر *G. virens* يقوم بدور المقاومة الحيوية ضد أمراض الذبول ، عن طريق إنتاج المضاد الحيوي الجيلوفرين . عند استعمال بعض أنواع *Streptomyces* فى المقاومة الحيوية ، وجد أنها تفرز المضاد الحيوى الجيلداماميسين .

وجد أن بعض الأنواع البكتيرية تنتج ترياقات بكتيرية لا تؤثر إلا علي الأنواع البكتيرية القريبة تقسيمياً . كان أول استعمال للبكتيريا فى المقاومة الحيوية هو استعمال البكتيريا *Agrobacterium radiobacter* لمقاومة مرض التدرن التاجى المتسبب عن البكتيريا *A. tumefaciens* . تنتج المقاومة هنا عن طريق إنتاج مضاد حيوى Agrocine 84 (شكل ٨)، إلا أنه ظهر أخيراً سلالات من الكائن الممرض مقاومة للمضاد الحيوى الناتج من البكتيريا المضادة .



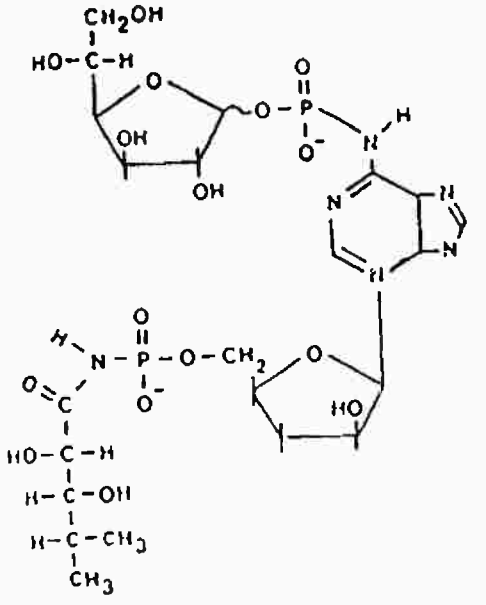
شكل (٧ : أ) : بعض النماذج المهمة للمواد الثانوية الناجمة عن الأيض الغذائي للبكتيريا الرميضة من مجموعة *Pseudomonals* :

أ – Phenazines ، ب – Indoles ، جـ – Pyo Compounds ،
د – Phenylyrroles ، هـ – Pterines .



شكل (٧ : ب) : نماذج لمضادات حيوية ناتجة من بكتيريا *Pseudomonals* :

أ – Pyoleutorin ، ب – Pyrrolnitrin ، جـ – Tropolone ،
د – Pyocyanin ، هـ – Capacin .



شكل (٨) : تركيب الترياق البكتيرى

Agrocin 84

المنتج عن النوع

Agrobacterium

. radiobacter

هناك فطريات كثيرة لها دور فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات ، حيث تفرز مضادات حيوية ذات تأثير علي حياة الكائن الممرض ، من هذه الفطريات .

١ – *Athelia bombacina* يفرز مضاداً حيوياً ضد الفطر *Ventura inaequalis* .

٢ – *Chaetomium globosum* يفرز مضاداً حيوياً (الكيتونين) ضد فطر جرب التفاح السابق .

٣ – *Scytalidium sp.* يفرز المضاد الحيوى اسكيتاليدين ضد الفطر *Lentinus lepideus* .

٤ – *Penicillium chrysogenum* يفرز مضاداً حيوياً ضد الفطر *Verticillium albo atrum* .

أ - دور المضادات الحيوية فى المقاومة الحيوية لأمراض النبات :

كانت أول ملاحظة للمضادات الحيوية بواسطة Roy سنة ١٩٥٠ حيث لاحظ انخفاض معدل ذبول مرض الفيوزاريوم المتسبب عن الفطر *Fusarium udum* بواسطة البكتيريا *Bacillus subtilis* ، والتي تطلق مضاداً حيوياً علي سطح الجذر . لقد أستطاع Vasudeva سنة ١٩٥٢ أن ينمي البكتيريا المذكورة والحصول علي كمية كبيرة من هذا المضاد ، ولقد أمكن عزلة وتنقيته سنة ١٩٥٨ وسمى Bulbiformin . ولقد تبين أن انتاج

هذا المضاد يزداد بشكل واضح في التربة المعقمة الغنية بحمض الأسبارتك والدكستروز وبقايا بعض الجذور . لقد أمكن خفض ذبول البسلة الهندية بنسبة ٨٨ ٪ عند استعمال هذا المضاد الحيوى ، وقد أصبحت هذه البسلة مقاومة للفطر *F. udum* عندما عوملت البذور بالبكتيريا المذكورة قبل الزراعة ، وذلك لأن المضاد الحيوى Bulbiformin يصبح جهازياً فى النبات ، ويقى جذور النبات من الإصابة .

ب - مركبات غير المضادات الحيوية ودورها فى المقاومة الحيوية :

١ - السايدروفورز Siderophores

هناك مركبات غير المضادات الحيوية ، تدخل أيضاً فى المقاومة الحيوية للكائنات الممرضة النباتية ، تفرز أيضاً بواسطة الكائنات الحية الدقيقة . أكثر هذه المواد دراسة هى مادة السايدروفورز . يمكن القول بأن هذه المادة عبارة عن مركبات خارجة من الخلايا ، ذات وزن جزيئى منخفض لها جاذبية عالية للحديد المخلبى فى تكافؤه الثلاثى (حديديك) الذى ينقل الحديد إلى الخلايا البكتيرية . إن المقدرة على فصل الحديد من مركباته تعطى فائدة كبيرة للكائن الدقيق فى المنافسة . هناك ما يثبت بأن مركبات السايدروفورز يمكن أن تلعب دوراً نشيطاً فى تثبيط بعض الكائنات الدقيقة الممرضة بواسطة كائنات دقيقة أخرى تفرزها ، بحيث تجعل عنصر الحديد أقل إتاحة للممرضات .

عندما تنمو البكتيريا الوميضة فى ظروف ذات نسبة منخفضة من الحديد ، فإنها تنتج صبغة صفراء . السايدروفورز الناتجة من البكتيريا الوميضة هى من نوع Pyoverdine ، عندما يرتبط مع البروتينات ذات الغشاء المستقبل تأخذ التركيب المعقد لـ siderophoreiron .

أول من أجرى أبحاثاً على هذه المركبات هو Kloepper *et al* سنة ١٩٨٠ ، وذكر أهمية إنتاجها كميكانزم فى المقاومة الحيوية ، ثم بعد ذلك ذكر أن السايدروفورز تدخل فى تثبيط أنواع وأشكال أنواع f.sp. لكل من الفطريات *Fusarium oxysporum* ، *Gaeu-mannomyces var. tritici* ، *Pythium sp.* ، *DRMO* . ونظراً لأن السايدروفورز تفصل كمية الحديد الثلاثى المتوافرة فى الرايزوسفير وترتبط بها ، وبالتالى فإنها تحدد توافرها للكائنات الممرضة وتثبط نموها .

إن توفر كمية الحديد الثلاثى فى التربة ، تنخفض لوغاريتيمياً مع زيادة pH التربة ، وبالتالى فإن فعل السايدروفورز يكون أكثر شدة وفعالية فى الأراضى القلوية والمتعادلة أكثر منه فى الأراضى الحامضية . يعتقد بأن الكائنات الممرضة حساسة للتثبيط الناتج بواسطة السايدروفورز لعدة أسباب ، منها :

١ – لا تنتج الكائنات الممرضة سايدروفورز بنفسها .

٢ – الكائنات الممرضة غير قادرة على استعمال السايدروفورز ، المنتجة من قبل الكائنات المضادة أو بواسطة الأحياء الدقيقة الأخرى فى ظروفها البيئية .

٣ – تنتج الكائنات الممرضة مركبات تشبه السايدروفورز ذات قوة جذب ضعيفة جداً للحديد أقل من تلك المنتجة بواسطة الكائنات المضادة .

٤ – تنتج بعض الكائنات الممرضة مركبات تشبه السايدروفورز ، يمكن أن تستعملها الكائنات المضادة ، فى حين أن هذه الكائنات الممرضة لا تستطيع استعمال السايدروفورز المنتج بواسطة الكائنات المضادة .

التطبيقات العملية على السايدروفورز :

١ – وجد أن سلالات البكتيريا الوميضة المضادة المنتجة للسايدروفورز تزيد فى ظهور بادرات القطن فوق سطح التربة ، فى التربة المعاملة بالفطر *Pythium ultimum* بالمقارنة مع سلالات البكتيريا الوميضة *P. fluorescens* غير المنتجة للسايدروفورز .

٢ – وجد العالم Loper سنة ١٩٨٨ أن تجمعات البكتيريا الوميضة المنتجة للسايدروفورز تلعب دوراً مهماً فى وقاية بذور القطن أثناء الإنبات .

٣ – تقوم البكتيريا المنتجة للسايدروفورز بتثبيط الفطر *Pythium* خلال ظهور بادرات معظم البقوليات فوق سطح التربة . كذلك يمكن للسايدروفورز أن تدخل فى المقاومة الحيوية لكائنات ممرضة أخرى .

٤ – إن التضاد الذى تظهره سلالات *Pseudomonas* تجاه البكتيريا *Erwinia caratovora* يعزى إلى السايدروفورز المسمى Pseudobactin الذى تفرزه سلالات البكتيريا *Pseudomonas* .

٥ – الطفرات البكتيرية من البكتيريا بسيدوموناس غير المنتجة لمادة Pseudobactin مثل *Pseudomonas putida* ليس لها تأثير على إنبات الجراثيم الكلاميدية للفطر *Fusari-um oxysporum f. sp. cucumerinum* ، بينما السلالات الأصلية تمنع إنبات هذه الجراثيم .

٦ – إن إنتاج السايدروفورز يمكن أن يؤثر فى الاتحاد مع أو الإحلال محل المضادات الحيوية المنتجة لتثبيط الفطر *Gaeumannomyces graminis var. tritici* .

٢ - المركبات المتطايرة Volatile Substances

لم تدرس المركبات المتطايرة وأثرها فى المقاومة الحيوية كثيراً . ذكر أن *Entrobacter cloacae* عامل مهم فى المقاومة الحيوية لأمراض البادرات اعتماداً على خاصية المركبات المتطايرة . وجد فى المعمل أن هذا الكائن ، يثبط تثبيطاً متناسقاً النمو الإشعاعى للفطريات الممرضة النباتية ، مثل *Pythium ultimum* ، *V. dahliae* و *R. sotani* .

وجد أن التقطير الجزئى والحرارة المنخفضة ، يمكن أن تلتقط المواد المتطايرة من مزرعة *E. cloacae* ، مؤدية إلى احتجاز (مسك) أجزاء من المركبات المتطاير التى تثبط النمو الفطرى ، عندما تضاف إلى المزرعة الحديثة . إن طرق التحليل المستعملة مثل Gas chromatography تثبت وجود نسبة من هذه المواد والتى عرفت على أنها أمونيا .

ذكر أن هناك مواد متطايرة مثل Alkyl pyrones والتى تنتج من الفطر *T. harzianum* عند إضافته لمخلوط التربة مع البيت peat soil mixture ، هذه المركبات تثبط الفطر *R. solani* وتمنعه من احداث سقوط بادرات مفاجئ فى نبات الخس .

لقد ذكر Claydon *et al* سنة ١٩٨٧ أن المركبات المتطايرة عبارة عن مواد أيضية ذات قوة عالية فى تثبيط عديد من الفطريات فى المعمل . ولقد وصفها بأنها عبارة عن Fungi-static لمعظم الفطريات ، ولكنها تعمل Paramorphogens (هذا يعنى أنها تحول التوزيع الطبيعى لكتلة الفطر) لبعض الفطريات خاصة *R. solani* و *R. cerealis* . كذلك فإن المواد المتطايرة يمكن أيضاً أن تدخل فى وقاية النباتات من الكائنات الممرضة ، عن طريق أفرازها من قبل فطريات الميكورهزا الخارجية .

اهم المركبات المتطايرة :

١ – إيثانول ٢ – أيزوبيوثانول ٣ – أيزوأمايل الكحول ٤ – أيزوبيوترك أسد

اهم الفطريات التى تنتج مركبات متطايرة :

Boletus varigatus ، T. harzianum ، Entrobacter cloacae

وجد أن الإيثانول بشكل عام يسبب تشجيع الفطر *Phytophthora cinnamomi* والفطر *Fomes annosus* فى المعمل ، بينما المركبات الأخرى تثبط هذه الكائنات الممرضة بتركيزات معينة .

٣ - الإنزيمات Enzymes

إن مساهمة الإنزيمات فى المقاومة الحيوية ، تجعل هناك صعوبة فى التمييز بين التطفل الفطرى المسمى Parasitism والتضاد الحيوى المسمى Antibiosis . فمثلاً إنتاج الإنزيم المحطم لجدار خلية الكائن الممرض بواسطة الكائن المضاد ، يمكن أن يدخل باستمرار فى عمليتى التطفل الفطرى والتضاد الحيوى . هناك بعض الإنزيمات الأخرى ، يمكن أن تدخل فى عملية التضاد الحيوى فقط . مثلاً العزلة Tfl من الفطر *Talaromyces flavus* (الاسم الجديد *Penicillium dangeardii* وغالباً ما يسمى *P. vermiculatum*) يقاوم ذبول الفيرتسلم فى الباذنجان ، وعنده الكفاءة لوقف ذبول الفيرتسليم فى البطاطس فى ظروف الحقل ، وذلك اعتماداً على إفراز الإنزيمات . هذه العزلة من *T. flavus* لم يلاحظ أنها تتطفل على *V. dahliae* ، مع أن الفطر الأصلى يتطفل على كائنات ممرضة أخرى مثل *Rhizoctonia* و *Sclerotinia* . يعتبر الفطر *T. flavus* منافس جيد فى التربة . بالإضافة إلى ذلك فإن هذا الفطر المضاد ينتج مركب يقتل الأجسام الحجرية الصغيرة للفطر *V. dahliae* فى كل من المعمل والتربة . لم تفلح المحاولات الأولية فى تنقية هذا المركب ، الذى يقتل الأجسام الحجرية ، نظراً لسرعة فقده لنشاطه الحيوى خلال الإجراءات الكيماوية والفيزيائية ، التى تؤدى إلى فصل أجزائه .

من المحتمل أن يكون النشاط الحيوى للفطر *T. flavus* ناتجاً عن منتجات التفاعل الإنزيمى مع مادة التفاعل ، ولقد ذكر هذا الاقتراح عندما اكتشف أن هذا النشاط يمكن أن يعاد فقده ، عن طريق إعادة الاتحاد بين مواد التفاعل . إن الاكتشاف الذى أدى إلى القول

بأن أجزاء الأسيتون القابلة للترسيب تتفاعل بتخصص عال مع الجلوكوز ، سهلت تعريف هذا المركب على أنه إنزيم Glucose oxidase ، وأن ناتج هذا التفاعل هو فوق أكسيد الهيدروجين ، والذى يقتل الأجسام الحجرية للكائن الممرض المذكور سابقاً . إن الجلوكوز أو إنزيم أكسدة الجلوكوز كلاً بمفرده ، لا يقتل الأجسام الحجرية الصغيرة فى التربة ، بينما الإضافة المتزامنة من الجلوكوز واكسيديز الجلوكوز ، تخفض أعداد الأجسام الحجرية الصغيرة للفطر القابلة للحياة والمدفونة فى التربة . بالإضافة لذلك فإنه ما لم يضاف فوق أكسيد الهيدروجين لوحدة بتركيزات عالية نسبياً ، فإنه لا يقتل الأجسام الحجرية فى التربة. وبالتالى فإن التضاد الحيوى يعتقد بأنه داخلاً فى هذه المقاومة الحيوية ، ولكن دور أكسيديز الجلوكوز لم يحدد فى التجارب .

من الممكن أن يحدث التطفل الفطرى على الفطر *R. solani* بواسطة الفطر *T. flavus* كثيراً فى وجود الجلوكوز ، بسبب تكوين فوق أكسيد الهيدروجين . إن المضاد الحيوى lactobacillin قد تم تعريفه بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين .

٤ - مواد سامة Poison Substances

إن مادة الـ Viridiol المنتجة بواسطة الفطر *G. virens* ، هى مادة سامة للنبات وخاصة نباتات المحاصيل ، وتعتبر مبيد حشائش لبعض الأعشاب . ولقد وجد أن مادة الـ Viridin المنتجة بواسطة الفطر السابق ، والتى هى مثبطة فطرية وبكتيرية ، من السهل تحولها إلى Viridiol السامة نباتياً . هناك تقارير متضاربة تتعلق بسمية النواتج الأيضية للبكتيريا *Bacillus sp.* . ذكر Baker *et al* سنة ١٩٨٥ أن راشحات المزارع المعقمة بالأوتوغليف المأخوذة من عزلات من البكتيريا *B. subtilis* تحد من شدة صدأ الفول فى الحقل ، ولكن الراشح المأخوذ من عزلة واحدة ، يكون أيضاً ضاراً على نمو النبات ، ويؤدى إلى خفض الانتاج. وبالمثل فإن هناك ٥-٦ نواتج أيضية للبكتيريا *Bacillus* سامة لبادرات الأرز بتركيزات معينة . على النقيض من ذلك ذكر Gregory *et al* سنة ١٩٥٢ أن المضادات الحيوية المأخوذة من *Bacillus sp., Streptomyces* لاتسبب أية أضرار لبادرات البرسيم الحجازى .

هناك بعض التقارير التى تفيد بأن بعض نواتج الأيض الفطرى ، ذات تأثير مضاد لإنبات البذور . إن أجزاء الأيثر الذائبة فى راشحات مزرعة الفطر *Chaetomium cupreum* تثبط نمو عديد من الفطريات الممرضة ، وأيضاً تؤخر إنبات بذور فول الصويا . إن نواتج

الأيض فى كل من *T. viride* ، *Aspergillus* ، *Fusarium* و *Penicillium* وجد أنها تخفض من كفاءة إنبات بذور اللفت ، الخس ، البسلة وحبوب القمح تحت ظروف الاختبار.

٥ - مطهرات سطحية حيوية Biosurfactants

مقدمة :

هناك مطهرات سطحية حيوية ، عرفت بأنها تسبب أنفجار الغشاء البلازمى فى الكائن الحى ، وهذا نوع من ميكانيكية التضاد بين الكائنات الحية الدقيقة . هذا النوع من المطهرات متخصص بالجرائيم الهدبية ، وتفرزه البكتيريا التى تعيش على الطبقة السطحية من النباتات فى الطبيعة . هذه المطهرات تستعمل بكفاءة عالية ضد الكائنات الممرضة النباتية ، التى تسبب إصابات شديدة فى المجموع الخضرى .

إن وجود الماء الحر ، والذى هو ضرورى لانطلاق وانتشار وحركة الجرائيم الهدبية ، يكون ظروفاً مثلى جيدة لذوبان وانتشار المطهر السطحى الحيوى المسمى Rhamnolipids ، وهذا المطهر يسبب سرعة انفجار وتحلل الجرائيم الهدبية ، الذى يحدث فى وجود كمية قليلة ولكن كافية من تركيز الـ Rhamnolipids ، وهذ يؤدى إلى موت وتحلل الجرائيم ، قبل أن تحتل أنسجة النبات العائل . إن استعمال هذا المطهر السطحى الحيوى المفرز من قبل البكتيريا عامل مهم فى المقاومة الحيوية ، ويمكن أن يقلل استعمال المبيدات الكيماوية .

ثانياً : التطفل الفطرى Hyperparasitism = Mycoparasitism

مقدمة :

عندما يتطفل فطر على فطر آخر ، فإن هذه الظاهرة تسمى التطفل الفطرى Mycoparasite . أول من أكتشف هذه الظاهرة هو العالم Weindling سنة ١٩٣٢ عندما لاحظ أن الفطر *Trichoderma lignorum* ، يمكن أن يتطفل على عدد من الفطريات الكامنة فى التربة فى المعمل ، وأقترح أنه من الممكن مقاومة بعض الفطريات الممرضة فى التربة ، عن طريق تزويد التربة بمقدار كبير من هذا المتطفل . وبالتالى فإن فكرة المقاومة الحيوية لمسببات الأمراض النباتية بواسطة التطفل الفطرى ولدت فى تلك الفترة . فى السنوات اللاحقة لهذا التاريخ حوالى ٦٦ سنة ، حدث فيها دراسة وأبحاث كثيرة علي هذا الموضوع ، ولكن

التطبيق العملى فى الحقل لهذه الظاهرة لا يزال بأعداد قليلة وليس بالكثرة الملاحظة فى التجارب المعملية .

هناك عدة طرق بواسطتها يهاجم المتطفل الفطرى تركيبات الفطر الآخر منها :

١ - اختراق الهيفا مباشرة :

يمكن للفطر المتطفل أن يخترق هيفا الفطر العائل وينمو داخل هذه الهيفا ، كما يحدث للفطر *R. solani* مع كثير من الفطريات الطحلبية Phycomycete والفطر *Didy-mella exitialis* فى الفطر مسبب المرض الماحق فى القمح *G. graminis tritici* و *Myce-na citricolor* فى الفطر *Mucor* ، وبالتالى يتغذى الفطر المتطفل على محتويات عائله (الفطر المتطفل عليه) ويقضى عليه .

٢ - التفاف هيفا الفطر المتطفل حول ميسيليوم الفطر العائل :

يمكن أن تلتف هيفات الفطر المتطفل حول ميسليوم الفطر العائل ، فى بعض الحالات يحدث اختراق لهيفات الفطر المتطفل عليه وأحياناً لا يحدث اختراق . هذا يحدث مع الفطر *Trichoderma viride* ، فى هذه الحالة فإن الفطر المتطفل يفرز إنزيمات تهضم جدر الميسيليوم فى الفطر المتطفل عليه أو أن الفطر المتطفل يمكن أن يفرز مواد مضادة يمكن أن تثبط نمو الفطر المتطفل عليه أو تسبب له تحللاً داخلياً . أو أن الفطر المتطفل يطلق أحماضاً أمينية تثبط نمو الفطر المتطفل عليه كما فى *Didymella exitialis* . أحياناً يكون الفطر المتطفل عضو التصاق ، ثم يكون ممصاً haustoria فى هيفا الفطر المتطفل عليه .

هناك أمثلة كثيرة من الفطريات التى تتطفل على الكائنات الممرضة النباتية ، قليل من هذه الأجناس درس دراسة وافية بهدف استعماله فى المقاومة الحيوية ، إلا أن استعمال هذه المتطفلات فى المقاومة الحيوية العملية قليل نسبياً وذلك للأسباب الآتية :

١ - هناك صعوبة اقتصادية فى استعمال المتطفلات الفطرية فى المقاومة الحيوية ، وذلك بسبب ارتفاع تكاليف تحضير اللقاح وتكاليف إضافته إلى تربة الحقل .

٢ - انخفاض نسبة نجاح المقاومة الحيوية للمرض فى حالة ملاءمة الظروف البيئية للكائن الممرض وعدم مناسبتها للطفيل .

٣ - قلة معرفة الظروف البيئية الملائمة ، حين استعمال المتطفل الفطرى وصعوبة تحديد الهدف من استعمال هذا المتطفل .

٤ – قلة المعرفة العملية بظروف مسبب المرض ومدى ملاءمتها للفطر الذى يتطفل عليه .

٥ – استمرار التغيرات الحيوية فى التربة وكثرة العوامل التى تتحكم بها .

الأجناس الفطرية المستعملة فى التطفل الفطرى :

١- Trichoderma Species

كما ذكرنا سابقاً فإن أنواع الفطر تريكوديرما ، قد درست دراسة وافية من حيث علاقتها بالمقاومة الحيوية . تستعمل هذه الأنواع بكفاءة عالية جداً فى المقاومة الحيوية عند إضافتها إلى تربة معقمة ، أو عند الزراعة بدون تربة فى الصوبات الزجاجية ، ولكن تنخفض هذه الكفاءة عند استعمالها فى التربة الطبيعية ، ولقد وجد أنه عند تبخير تربة الحقل بمادة ميثايل بروماید ، بنسبة ٢٠٠ كغم/هكتار ، ثم معاملتها بعد ذلك بتركيبات من الفطر *T. harzianum* بنسبة ١٥٠٠ كغم/هكتار ، تكون هناك كفاءة عالية ومعنوية فى كبح جماح مرض سقوط البادرات المفاجئ فى الجذر المتسبب عن الفطر *R. solani* ، ونظراً لأن هذا الفطر ضعيف المنافسة فى التربة، فقد أمكن التغلب على هذه الصفة بتنميته على خليط من المولاس وحبيبات من تربة ذات بقايات الدياتومات المتحجرة ، وهذه البيئات عند إضافتها فى الحقل بعد زراعته بالفول السودانى بمدة ٧٠–١٠٠ يوم ، بنسبة ١٤٠ كغم/هكتار ، هذه المعاملة أعطت نتائج جيدة ومعنوية فى مقاومة المرض المتسبب عن الفطر *Sclerotium rolfsii*، وقد تبين أن هناك علاقة عكسية بين كمية اللقاح من *T. harzianum* المضاف إلى التربة وحدوث المرض النباتى فى التربة الطبيعية المضاف إليها *R. solani* بمعدل ٢ غرام لكل ١–١٠ كغم تربة ، أو بنسبة (٤,٥–٢٢) × ٦٠ غرام/هكتار بعمق ١٥سم) فى الصوبا الزجاجية .

هناك دراسة أخرى تبين فيها ، أن إضافة الفطر على قطع من الحقل بمعدل ١٦٣ كغم حبيبات نامى عليها الفطر/هكتار على عمق ١٠سم ، أعطت نتائج جيدة ومعنوية فى وقف إصابة بنجر السكر بمرض عفن الجذور المتسبب عن الفطر *R. solani* . وقد تبين أنه للحصول على مقاومة جيدة باستعمال أنواع من الفطر *Trichoderma* تحتاج التربة حبيبات من الفطر على الأقل 10^5 وحدة تكوين مستعمرات/غرام تربة . يبدو أن هذا الرقم مرتفع وذلك لأن قوة المنافسة لهذا الفطر ضعيفة .

يستعمل الفطر *T. harzianum* ضد فطريات ممرضة كثيرة لجذور النبات ، حيث يلتف الفطر المتطفل حول عائله مخترقاً هيفاته وتراكيبه الساكنة من خلال ثقوب بالعائل نتجت

عن إفراز الطفيل لإنزيمات B-(1,3)- glucanase . هناك سلالات لهذا الفطر لا تسلك سلوكاً طفيلياً ، بل ينتج عند تفاعلها مع الكائن الممرض مضادات حيوية .

يستعمل هذا الجنس فى مقاومة الأمراض الآتية :

١ – العفن الأبيض فى البصل المتسبب عن *Sclerotium cepivorum* .

٢ – ذبول القطن والخيار المتسبب عن *Verticillium dahliae* .

٣ – لفحة البادرات فى معظم النباتات المتسببة عن *S. rolfsii* .

٤ – سقوط البادرات المفاجئ فى كثير من النباتات المتسبب عن *R. solani* .

٥ – عفن ثمار الخيار المتسبب عن *R. solani* .

من أهم أنواع الجنس *Trichoderma* المتطفلة على فطريات أخرى ، هى :

1- T. harzianum. *2- T. hamatum.* *3- T. koningii.*

4- T. polysporum. *5- T. longibrachiata.* *6- T. viride.*

٢ - Pythium nunn

لهذا الفطر دور مهم جداً فى التطفل الفطرى على مسببات الأمراض الكامنة فى التربة . عندما يهاجم هذا الفطر كل من *Pythium ultimum* و *P. vexans* ، فإن هيفا الفطر المتطفل تلتف حول هيفات الفطر العائل ، ثم تحللها وتميتها بعد ذلك . أما عند مهاجمة هذا الفطر لكل من الفطريات :

1- Pythium aphanidermatum. *2- R. solani.*

3- Phytophthora parasitica. *4- Phytophthora cinnamomi.*

فإن الفطر المتطفل يكون تركيباً يشبه عضو الالتصاق ويتطفل على هيفا الفطر العائل .

عند استعمال الفطر المتطفل فى تربة معقمة بالبخار ومهواة ، فإنه يسبب وقف إصابة بادرات الخيار بالسقوط المفاجئ المتسبب عن الفطر *P. ultimum* . إن مقاومة المرض تعتمد على نقطتين ، الأولى مدى تجمع الكائن الممرض ، والثانية مدى توفر الفطر المتطفل ، عندما ينجح الفطر المتطفل فى خفض كمية اللقاح للفطر الممرض تنجح المقاومة الحيوية . على كل حال ، فإن توفر المواد العضوية فى التربة كمصدر للطاقة ، فإن هذا يزيد فى كفاءته فى المقاومة الحيوية ، حيث إن الفطر *P. nunn* يعتمد على المواد العضوية وليس

على أجزاء الفطر العائل فى زيادة كثافة اللقاح الخاص به .

فى حالة التفاعل بين الفطر *P. nunn* وعوائله الفطرية ، يحدث كما فى حالة التفاعل بين الفطرين *Trichoderma* و *Rhizoctonia* ، فإن عامل المقاومة الحيوية لا ينتج تركيبات ساكنة جديدة كنتيجة لتطفله ، إلا أنه يتكون تركيبات جديدة كنتيجة للنمو الترمى على المواد العضوية الطازجة . يبدو أنه من الضرورة بمكان ، إضافة *P. nunn* إلى بقايا المحصول بعد الجمع وقبل دفن هذه البقايا فى التربة ، هذه العملية سوف تسمح للفطر المتطفل بزيادة تجمعاته على المادة العضوية الطازجة ، فى الوقت نفسه فإنه يكون فى الوضع المثالي ليتطفل على أية وسائل تكاثرية أو تركيبية للكائن الممرض المتكونة على أنسجة المحصول .

هناك نوع آخر يسمى *P. oligandarum* وهو متطفل حيوى مهم ، يتطفل على الفطر المسبب للمرض الماحق فى القمح *G. graminis tritici* وأنواع من الفطر *Fusarium* ، *R. solani* ، *P. ultimum* .

٣ - Talaromyces flavus

يعتبر هذا الفطر من المتطفلات الفطرية التى تتطفل على كل من *R. solani* ، *Sclerotinio sclerotiorum* . أمكن الحصول على مقاومة بنسبة ٦٨-٩٢ ٪ لذبول سكلوروتينا فى نبات عباد الشمس عندما دفنت الأجسام الحجرية للفطر المسبب للمرض *S. sclerotiorum* مع الفطر المتطفل *T. flavus* فى تربة الحقل . كذلك فقد تبين أن الفطر المتطفل يوقف ذبول الفيرتسليم فى البطاطس ، عندما يضاف إلى التربة على شكل تركيبات محببة بمعدل لا يقل عن ٣٦,٢ كغم/هكتار . أما النتائج فى الحقل نفسه فى السنة التالية ، فكانت تدل على أن هذا الفطر المتطفل عنده كفاءة عالية كعامل من عوامل المقاومة الحيوية ويوصى باستعماله كثيراً .

٤ - Coniothyrium minitans

هذا الفطر من الفطريات المتطفلة ، ويظهر كفاءة عالية فى المقاومة الحيوية لعدد من الأمراض المتسببة عن *Sclerotinia sp.* و *Sclerotium cepivorum* . لقد أجريت على هذا الفطر دراسات عديدة فى كل من بريطانيا ، كندا واستراليا لاستعماله على نطاق واسع فى المقاومة الحيوية . فقد ثبت فى بريطانيا أن هذا الفطر واسع الانتشار فى الأراضى الخشنة والناعمة . عند تجهيز مزرعة من (الرمل – الذرة) لهذا الفطر وخلطه جيداً مع التربة ، فإن

حوالى ٨٥–٩٩ ٪ من الأجسام الحجرية للفطر *S. trifoliorum* قتلت خلال (١١) أسبوع . أما الأبحاث التى أجريت باستعمال الغبار البكنيدى لهذا الفطر وإضافته إلى الحقل بعد إضافة الأجسام الحجرية للفطريات الأخرى على سطح التربة ، تبين إأن الإصابة بهذه الأجسام الحجرية تكون متناقصة باستمرار .

أما فى كندا فقد وجد أن الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotinia sclerotiorum* المتكونة على جذور وسيقان عباد الشمس ، تصبح مهاجمة من قبل الفطر *C. minitans* فى نهاية موسم النمو . وبالتالى فإن المقاومة الحيوية الطبيعية بواسطة هذا الفطر تبدأ بعد تكوين الأجسام الحجرية على النبات بفترة قصيرة . أما فى الاختبارات الحقلية ، فإن الحقول المصابة طبيعياً أو المحقونة صناعياً بالفطر الممرض ، يحدث فيها مقاومة للمرض بنسبة ٤٢–٧٨ ٪ عند استعمال الفطر المتطفل فى حفر البذور أو فى خطوطها بمعدل ١ كغم من تحضيرات الفطر المتطفل لكل ٦ م من طول الخط ، وقد أثبتت هذه التجارب كفاءة هذا الفطر فى المقاومة الحيوية ، ولكن استعماله غير اقتصادى ، حيث يتطلب الهكتار حوالى ٦ أطنان من تحضيرات الفطر ، وهنا تكمن المشكلة .

٥ - Laetisaria arvalis

هذا الفطر من الفطريات المتطفلة على الفطريات الممرضة ، وقد جذب الانتباه لاستعماله فى المقاومة الحيوية للأمراض المتسببة عن *Pythium* و *Rhizoctonia* . هذا الفطر عنده كفاءة عالية فى خفض أصابة بادرات بنجر المائدة بمرض السقوط المفاجئ المتسبب عن الفطر *P. ultimum* عند إضافته للتربة بمعدل ٧٥–١٥٠ م٣/هكتار ، وقد أثبتت بعض التجارب أنه كلما زادت كمية الفطر المتطفل ، انخفضت نسبة الإصابة بالمرض . عند إضافة الفطر *L. arvalis* إلى التربة بمعدل ١٠٠ جسم حجرى/غرام تربة ($٢,٢٤ \times ١٠^{١١}$ جسم حجرى/هكتار بسمك ١٥سم) يكون أفضل مقاومة للمرض خاصة فى التربة المعقمة بالبخار عنه فى التربة العادية . هذا يدل على أن المكروفلورا الطبيعية فى التربة لها تأثير معاكس فى تفاعل الكائن الممرض مع الفطر المتطفل ، أى أنها توثر على فعالية وكفاءة الفطر المتطفل .

٦ - Sporidesmium selerotivorum

درس هذا الفطر دراسة واسعة فى مقاومة إصابة نبات الخس بالفطر *Sclerotinia*

minor . ينتج هذا الفطر كونيديات صغيرة وكبيرة وجراثيم كلاميدية ، أجسام حجرية صغيرة وميسيليوم . يعتمد فى نموه على عدة مصادر من الكربون ، مثل الجلوكوز ، المنوز والمالتوز ، وهذه تعطى أعلى نسبة إنبات من بين جميع مصادر الكربون . أعلى نسبة إنبات يتحصل عليها عندما تكون نسبة تخفيف جراثيمه ١ : ١٠ جسم حجرى . يستطيع الفطر أن يستعمل المواد العضوية وغير العضوية فى حصوله على النيتروجين ، ولكنه يفضل مصدر الجلوتامين ويحتاج إلى الثيامين والبايوتين . أفضل pH لنمو هى ٤,٥–٥,٥ . أما بالنسبة لدرجات الحرارة ، فإن الفطر ينمو ببطء شديد جداً ويعطى حوالى ١٠٠ ملغ وزن جاف خلال فترة ٤–٥ أسابيع على درجة حرارة ٢٥ °م .

يبدو أن هذا الفطر ذو كفاءة عالية جداً فى المقاومة الحيوية ، يعيش إجبارى التطفل على الأجسام الحجرية لكثير من الفطريات ، منها :

1- Botrytis cinerea. *2- Sclerotium cepivorum.* *3- S. trifoliorum.*
4- S. minor. *5- S. sclerotiorum.*

تنبت جراثيم الفطر المتطفل كاستجابة للمواد الكيماوية المنطلقة من الأجسام الحجرية المجاورة ، ثم تخترق أنبوبة العدوى الجسم الحجرى ، بعد الاختراق ، تدخل الهيفا النسيج الداخلى للجسم الحجرى والذى يتكون أساساً من بتاجلوكانيز ، يشجع الفطر المتطفل الأجسام الحجرية لتزيد من كفاءة إنزيم الجلوكانيز ، وهذا يؤدى إلى تحطيم الجلوكان ويحوله إلى جلوكوز والذى يستطيع إن يستعمله الفطر المتطفل . إن الزيادة فى نشاط إنزيم الجلوكانيز وبعض الإنزيمات الأخرى ، يمكن أن يتشجع عن طريق إنتاج أعضاء امتصاص للفطر المتطفل فى داخل خلايا الأجسام الحجرية . بعد أن تتم عدوى الأجسام الحجرية وتحللها ، ينمو الميسيليوم خارج الجسم الحجرى فى التربة المجاورة لمسافة ٣ سم حيث يهاجم أجساماً حجرية أخرى سليمة . خلال فترة إصابة الجسم الحجرى الأول وامتداده إلى جسم حجرى ثان ، فإنه ينتج حوالى ١٥ ألف ماكروكونيديا .

إصابة وتحطيم الأجسام الحجرية للفطر *S.minor* فى التربة يلائمه درجة حرارة ٢٠–٢٥ °م ، ومجال حموضة حوالى pH ٥,٥–٧,٥ ، والمحتوى المائى للتربة حوالى ٨ *Bars* أو أكثر . تحت الظروف المثلى لنمو الفطر المتطفل فى الحقل ، فإنه يمكن أن يصيب ويحطم جميع الأجسام الحجرية الموجودة فى سمك ١٤ سم فى التربة السطحية ، ونظراً لأن

سطح التربة يكون أكثر جفافاً من العمق ، فإن هذا الفطر المتطفل يكون أكثر نشاطاً على أعماق أكثر من ٢ سم من سطح التربة .

٧- Gliocladium sp.

يعيش هذا الفطر فى التربة الحمضية وينمو بسرعة كمترم ، ولذا يسهل تنميته مخبرياً حيث ينتج جراثيم كلاميدية . تتولد كونيديات هذا الجنس على حامل للجراثيم ذى كرات لزجة . تطلق أنواع هذا الجنس مركبات ، بعضها سام للنبات وناتجة عن الأيض الغذائى ، والبعض الآخر يعمل كمضادات حيوية ضد الفطريات والبكتيريا .

من أشهر أنواع هذا الفطر فى المقاومة الحيوية هو *G. roseum* ، يعيش فى الأراضى المتعادلة والقلوية ويتطفل على الجراثيم البيضية للفطر الممرض *Phytophthora erythro-septica* ، يخترق مباشرة الجراثيم الكلاميدية أو إسبورانجيات الفطر *P. palmivora* دون أن يتطفل على هيفاته ، كما يفرز الإنزيمات المحللة للكيتين β (1,3) glucanase والكيتينيز عند تطفله على الفطر *Botrytis allii* . التوكسينات التى يفرزها هذا الفطر ذات وزن جزيئى منخفض وتعمل على مسافات قريبة من العائل .

من الأنواع المهمة الأخرى ، *G. virnes* المعروف بتطفله على الفطرين *R. solani* ، *S. sclerotiorum* وله القدرة على إنتاج عدة مضادات حيوية مثل الجليوتوسين والفيريدين، التى تزيد من مدى عوائله فى مجال المقاومة الحيوية .

أما النوع *G. catenulatum* ، فإنه يهاجم الهيفات والأجسام الحجرية لعديد من أنواع الجنس فيوزاريوم قاتلاً إياها بالملامسة فقط . حيث إن هذه الملامسة تسبب تحبب سيتوبلازم خلايا العائل وتحلل هيفاته ، بالإضافة لذلك فإنه يطلق مضاداً حيوياً يسمى الجيليوفيرين .

٨- Penicillium vermiculatum

يعمل هذا الفطر كطفيل فطرى ، وينتج مضادات حيوية مثل الفيرميسيلين والفيرماستانين والفيميكيولين ، وقد سجل هذا الفطر تحت اسم الجنس رقم ٣ السابق ذكره *T. flavus* . هذا الفطر فعال فى المقاومة الحيوية لأمراض البياض الدقيقى على نبات الباذنجان ، كما يتطفل على الفطر *S. sclerotiorum* وذلك بغزوه مباشرة للهيفات مسبباً

تخبباً فى سيتوبلازم العائل وتهدم جدر خلاياه . أما *P. frequetans* فإنه يتطفل على الأجسام الحجرية لعديد من الفطريات وخاصة الفطر *P. ultimum* .

٩ - Tetrasperma oligocladum

هذا الفطر من مجموعة الفطريات Hyphomycetes ، وهو نموذج ممتاز فى المقاومة الحيوية، من خلال تطفله الفطرى الذى يؤدى إلى خفض لقاح الكائن الممرض فى التربة .

١٠ - فطريات ثنائية المفعول

هناك فطريات يتداخل فعلها ما بين التطفل الفطرى والتضاد الحيوى ، وهى :

١ – *Scytalidium uredicinicola* ، يتطفل على الأطوار الأسيدية لأنواع من الصدأ التابعة للجنسين *Cronartium* و *Endocronartium* .

٢ – *Ampelomyces quisqualis* . نجح هذا الفطر كعنصر مهم فى المقاومة الحيوية للبياض الدقيقى داخل الصوبات الزراعية الناتج عن *Sphaerotheca fuliginea* و *Erysiphe cichoracearum* ، وثبت أن هذا الجنس يتحمل المبيدات الفطرية الترايفولين والكينوميثيونيث .

٣ – *Dicyma pulvinate* . يقاوم فطريات تبقع الأوراق مثل *Cercosporidium personatum* على الفول السودانى ، حيث يهدم هذا الفطر حاملات كونيديات الفطريات الممرضة المذكورة . مكا ينتج سماً فطرياً هو Sesquiterpene 1.3 deoxyphomenone ، يعمل هذا السم ضد أنواع من الفطريات تتبع جنس *Cladosporium* .

ثالثاً : التحلل الفطرى Lysis

يعرف التحلل الفطرى Lysis ، بأنه تحطيم أو تحلل أو ذوبان أو تفكك المركبات الحيوية فى الكائن الحى بواسطة إنزيمات معينة . هناك نوعان من التحلل الفطرى : النوع الأول يسمى تحلل فطرى خارجى Exolysis ، وهو عبارة عن هضم جزئى إنزيمى لجدر الخلايا الحية بواسطة كائنات دقيقة خارجية . يدخل هذا النوع من التحلل فى مجال التطفل الفطرى الذى ذكرناه سابقاً . أما النوع الثانى من التحلل الفطرى ، فهو تحلل فطرى داخلى Endolysis وهو عبارة عن ذوبان بروتوبلازم الخلية بدون هضم سابق للجدار أو مصاحب

لهذا الهضم ، سواء كان ذلك بعوامل منتجة ذاتياً أو مبتدأة بعوامل خارجية ، وهذا يمكن أن ينتج من أحد الأسباب الآتية :

١ – تغيرات ميتابولزمية داخلية ناتجة عن التقدم بالسن أو الشيخوخة أو نقص التغذية أو عدم المقدرة على استعمال المواد الغذائية ، بسبب بعض الظروف البيئية غير الملائمة ، مثل نقص الأكسجين ، أو بسبب تجمع نواتج ميتابولزمية من التكاثر الذاتى ، تكون سامة . هذه التغيرات يشار إليها بالتحلل الذاتى Autolysis . كذلك يمكن أن يكون التحلل الفطرى الداخلى ناتجاً عن كائنات حية دقيقة خاصة البكتيريا ، والتى بشكل عام تنشأ أو تتكاثر حول الميسيليوم خاصة عند زيادة تسرب محتويات الخلية ، وهذا ما يشار إليه باسم التحلل المتنوع heterolysis . إن بعض الكائنات الحية الدقيقة قد تكون مجرد رميات على سطح الميسيليوم الميت ، أو قد تكون ضارة للميسيليوم الحى عن طريق إنتاج توكسينات أو عن طريق زيادة الأسموزية الخارجية أو عن طريق الإضافة الكبيرة من الأكسجين الخارجى أو المواد الغذائية أو كليهما .

٢ – التعرض لمواد سامة مثل تلك الناتجة عن كائنات أخرى ، أو نتيجة تفسخ مواد عضوية أو بواسطة مبيدات فطرية مستعملة من قبل الإنسان . إن التعرض لجرعة بسيطة من ثانى كبريتيد الكربون أو التعرض لحرارة معتدلة تجعل بعض الكائنات الممرضة ضعيفة ويسهل مهاجمتها بواسطة الفطريات الأخرى ، كما يحدث مع الفطر *Armillaria mellea* ومهاجمته من قبل الفطر *Trichoderma viride* . يكون تأثير المضادات الحيوية مثالاً لهذه الحالة ، حيث إن هذه المضادات الحيوية تخترق الهيفا وتسبب ذوبان البروتوبلازم ، انهيار وبلزمة أو انفجار الخلية . لقد ذكر Huber *et al* سنة ١٩٦٦ أن هذا النوع من التحلل الناتج عن البكتريا يسمى Bacterial necrosis . يمكن أن تتثبط البكتيريا بواسطة مضادات حيوية ناتجة عن بكتيريا أخرى (ترياقات بكتيرية) أو أكتينومايستس (ستربتومايسين) أو فطريات (بنسلين) .

٣ – تفاعلات المناعة . إن البكتيريات التى تتحد مع الأجسام المضادة الناتجة بواسطة الحيوانات الثديية ، تتفاعل معها كتفاعل دفاعى لها ، يمكن لهذه الأجسام المضادة أن تسبب نفاذية على سطوح الأغشية ، هذه النفاذية يمكن أن تتغير وتتسع إلى درجة أنها تسبب رشح محتويات الخلية . هذا يحدث مع الكائنات الممرضة للحيوانات ، ويمكن أن يحدث فى حالة عدم التوافق السيتوبلازمى المميت بين سلالات مختلفة من الفطريات فى المزرعة .

ملاحظات عامة :

عندما لا تكون هناك مقدرة ، لظاهرة التضاد الحيوى ، على إحداث نقص فى كثافة لقاح الكائن الممرض إلى الحد الذى لا يحدث فيه إصابة للنبات ، فيمكن أن تعتمد المقاومة الحيوية على ظاهرة التحلل ، وهنا تعتمد قدرة عنصر المقاومة الحيوية على إنتاج إنزيمات خارجية تهدم جدر خلايا الفطر الممرض .

هناك بعض أنواع من البكتيريا تفرز إنزيم الكيتينيز لكى تحلل هيفات فطر الفيوزاريوم . لا تكون هذه الظاهرة دائماً ناجحة ، حيث إن هناك بعض الفطريات الممرضة للنبات مثل الفطر *Pythium debarynum* ، وعلى الرغم من أن جذورها ضعيفة التكوين ، فإنها تقاوم البكتيريا المحللة للكيتين . فى بعض التجارب ثبت أن البكتيريا المسماة *Servatia mares-cens* تستطيع أن تحطم هيفات الفطر *sclerotium rolfsii* ، وبمستخلص منها أمكن هدم مادة الكيتين .

لقد وجد أن هناك زيادة واضحة فى أعداد البكتيريا والفطريات الشعاعية Actinomycetes عند خلطها بمادة الكيتين ، غير أن خليطاً من هذه المواد مع لقاح من البكتيريا الهلامية Myxobacteria ، تسبب زيادة فى أعداد البكتيريا فقط . عند إضافة كمية صغيرة من الكيتين مع لقاح من عنصر بيولوجى محلل لها ، تتمكن أفراد عديدة من هذا العنصر أن تقوم ذاتياً بالدور المحلل للفطر . لقد أمكن عزل سلالات بكتيرية مهاجمة للخلايا (Cytophaga) لها القدرة على توطن جذور أربعة أنواع من الصنوبريات وحمايتها من بعض الممرضات الفطرية ، وذلك من خلال الإفراز البكتيرى المحلل للكيتين والبروتين . كما وجد أن هناك عزلة من هذه البكتيريا تنتج مضاداً حيوياً فعالاً Phenzine type قد يكون له دور فى مكافحة المرض .

رابعاً : المنافسة Competition

يعرف التنافس بأنه محاولة كائنين أو أكثر فى الحصول على الحد الذى يتطلبه ، من المادة المتوفرة أمامه بشكل معين ، وتحت ظروف معينة ، موجودة عليها تلك المادة ، عندما لا تكون هذه المادة متوفرة بكمية تكفى المتنافسين . يكون التنافس على الغذاء وبعض عوامل النمو الخاصة وعلى الأكسجين وعلى المكان . لا يحدث التنافس على أشياء تكون متوفرة بشكل كاف لجميع الكائنات .

خامساً : الكائنات الدقيقة التكافلية Symbiotic Microorganisms

هناك كثير من الأبحاث والتجارب ، أثبتت أن كثيراً من الكائنات الدقيقة التكافلية ، من البكتيريا والفطريات الشعاعية التى تتوطن أنسجة النبات وأسطح الجذور ، لها دور كبير فى مقاومة النبات للفطريات أو الممرضات التى تهاجمه ، ويتم ذلك بسيطرة جينية من العائل . إن مكونات إفرازات البذور والجذور فى بعض سلالات القطن ، تؤثر فى مستويات أعداد البكتيريا والفطريات الشعاعية المتواجدة على أسطح الجذور وفى مجال الانتشار الجذرى . لقد وجد أن تركيزات الكائنات المصاحبة لأجزاء النبات الهوائية فى السلالات من النباتات المقاومة للممرضات ، أعلى من نظيراتها فى سلالات لا تملك هذه القدرة ، وأن المعاشرات الغالبة تكون قد تشكلت من أنواع من البكتيريا تابعة لجنس *Bacillus* مثل *B. megaferi-um* و *B. cereus* ، وعلى العكس من ذلك فقد تبين أن هناك بعض المعاشرات ظهرت فى بعض الميكروبات التى لم تكن ممرضة للنبات ، قد أصبحت قادرة على إيقاف نموه .

لقد عزل من المجال الجذرى لنباتات بنجر السكر ، عديد من أنواع البكتيريا المانعة لنمو بادرات هذه النباتات ، وتشجع فى توطين الفطريات الممرضة للجذور . وقد أمكن من خلال تلقيح التربة بأنواع من البكتيريا المشجعة لنمو النباتات إبعاد البكتيرية الممرضة لها . وجد عند تلقيح بعض النباتات مثل السورجوم والكرنب بسلالة البكتيريا *B. subtilis* A13 ، فإن ذلك يؤدى إلى إبعاد البكتيريا الضارة من المجال الجذرى لهذه النباتات ، مما أدى إلى زيادة المحصول. أهم أشكال الكائنات الدقيقة التكافلية هى :

١ - بكتيريا العقد الجذرية

لقد ذكر Chakraborty سنة ١٩٨٨ أن *Rhizobium sp.*، يقاوم مرض عفن الجذر فى البسلة *Pisum sativum* وفول الصويا ، حيث إن *Rhizobium japonicum* مضادة للفطر مسبب المرض *Macrophomina phaseolina* ويخفض بشكل عام حدوث المرض . ولقد سميت المادة التى يفرزها الرايزوبيوم باسم Rhizobitoxine ، كذلك وجد أن *R. leguminosarum* يثبط نمو الفطر الممرض *R. solani* .

٢ - الميكورهزا Mycorrhizae

لقد استعملت الميكورهزا الفطرية فى المقاومة الحيوية ضد كثير من الكائنات الممرضة

خاصة الفطريات الكامنة فى التربة . إن الميكورهزا الخارجية Ectomycorrhizae تعمل كعازل ميكانيكى لإختراق خلايا القشرة ، وهذا يعطيها بعض المقاومة . بعض أنواع الميكورهزا الداخلية Endomycorrhizae تحث على إنتاج مركبات طيارة وغير طيارة بواسطة خلايا القشرة والتى تثبط الكائن الممرض و/أو تدعم نمو الكائنات المضادة فى منطقة الجذر . أما الميكورهزا الوعائية Vesicular arbuscular mycorrhizae (VAM) ، فهى أكثر ما يبشر بالنجاح فى المقاومة الحيوية وعليها تجارب كثيرة ناجحة ، سنذكرها فى الجزء الثانى من الكتاب . لقد حصل Jalali سنة ١٩٩٠ على خفض معنوى وعال لذبول الحمص وعفن جذور Mung bean باستعمال الميكورهزا (VAM) .

٣ - البكتيريا PGPR

هناك نوع من البكتيريا المشجعة لنمو النبات تسمى Plant Growth Promoting Rhizobacteria ويطلق عليها (PGPR) ، تعزل من منطقة الجذور فى النبات ، ويمكن حقنها مع البذور لتزيد نمو النبات ، وتؤدى وبالتالى إلى زيادة المحصول .

تستعمر البكتيريا PGPR سطح الجذر وتقلل من تجمعات الميكروبات الضارة على نمو النبات ، وبالتالى فإن التنافس الغذائى والتنافس المكانى (الاستعمار) هما القوتين اللتين تعتمد عليهما البكتيريا PGPR .

ثبت فى السنوات الأخيرة أن البكتيريا PGPR تستعمل فى المقاومة الحيوية بنجاح حيث إنه عند استعمال البكتيريا *B. subtilis* سلالة AFI كمعاملة بذور ، فإن هذا يؤدى إلى زيادة مقاومة النبات لأمراض الجذور ، وكذلك يؤدي أيضاً إلى زيادة النمو والانتاج النباتى .