كيف تهاجم الكائنات الممرضه النباتات

How Pothogens Attack Plants

إعداد

د./ محمد عبد الرحمن الوكيل

أستاذ أمراض النبات

كلية الزراعة – جامعة المنصورة

عضو اللجنة التنفيذية لشبكة المعلومات العلمية الأسيوية

Asian Network for Scientific Information (ANSI*net*) http://www.ansinet.com

رئيس تحرير دورية العلوم البيئية والتكنولوجية

Editor in Chief - Journal of Environmental Science and Technology

رئيس تحرير دورية أمراض النبات الدولية

Editor in Chief - Plant Pathology Journal

عضو الجمعية الأمريكية للكيمياء

American Chemical Society (ACS)

عضو الجمعية الدولية للمترجمين واللغويين العرب

World Association of Arab Translators &Linguists

Web: http://osp.mans.edu.eg/wakil

E-mail: mawakil@mans.edu.eg

يناير 2010

من المعروف أن النبات يتكون من مجموعة من الخلايا تعمل سوياً في نظام محكم فمثلاً.

أـ سطح النبات الملاصق للبيئه الخارجيه يتكون إما من ماده السليلوز كما في خلايا بشرة الجذور أو يحتوي علي طبقات من الكيوتكل تغطي بشرة الجدر الخلوية كما هو الحال في الإجزاء الهوائيه من النباتات (الفروع – الجذع .....).

ب – غالباً تتواجد طبقة من الشمع أعلي منطقة الكيوتكل خاصة الأجزاء الحديثة من النبات.

- من ناحيه أخري فإن المسببات المرضية عندما تهاجم النبات تعيش علي المواد التي يصنعها هذا النبات و الذى يسمى في هذه الحاله بالعائل **Host**.
- عندما تعتمد المسببات المرضية إعتماداً كلياً علي العائل وما يفرزه من مركبات تسمي هذه المسببات مسببات إجبارية التطفل **Obligate Parasites**
- عندما يحتاج الطفيل لكميات كبيرة من المواد الغذائية من النبات فانة يخترق الحواجز التركيبية السابقة ليصل الي خلايا النبات.
- عادة ما تكون محتويات الخلايا في صورتها غير صالحة لاستخدام المسبب المرضي ولابد أن تتحول أولاً إلي مركبات ذات وحدات جزيئية صغيرة ليسهل علي الطفيل إمتصاصها وتمثيلها في جسمة.
- علي الجانب الآخر فإن العائل يحاول الدفاع عن نفسة نتيجة هذا الغزو عن طريق تكوين مركبات معينة تعمل علي الحد من تقدم المرض وأنتشار المسبب المرضي ومنع تواجدة ويكون الموقف كالآتي:

أ ــ اذا كان المسبب المرضي قادر علي المعيشة وذو قدرة مرضية عالية فما علية إلا أن يتغلب علي أثر تلك المواد المفرزة ثم يأخذ طريقة إلي النبات ليحصل علي إحتياجاته من المواد الغذائية اللازمة له وبالتالي يصبح قادراً علي معادلة الجهاز الدفاعي للنبات بطرق مختلفة سيأتي شرحها فيما بعد.

ب ــ إذا لم يستطيع الطفيل الأستمرار فإن الأصابة تتوقف ويموت الطفيل والعائل.

طرق إختراق وغزو العائل

أولآ :الأختراق الميكانيكي Mechanical Forces Exerted by Pathogens on Host Tissues

- هذه الطريقة تنفرد بها الفطريات ــ النيماتودا ــ النباتات الزهرية المتطفلة ولا تقدر عليها باقي المسببات المرضية.
- تتمثل الطريقة في عمل ضغط ميكانيكي متبوع بحدوث طراوه لسطح النبات عن طريق إفراز إنزيمات من المسبب.

○ طرق إختراق الفطريات والنباتات الزهرية للعائل:

أ ــ تبدء الطريقة بالإلتصاق بسطح النبات وفي حالة الفطريات تساعدها إفرازاتها المخاطيه علي ذلك.

ب ــ عقب إستقرار الهيفات فى حالة الفطريات تبدأ أطرافها في الإتساع لتتكون أشكال شبة بصلية Bulblike ويسمي هذا الجزء عضو التصاق Appressorium ووظيفته العمل علي تثبيت وإستقرار المسبب المرضي على السطح.

جـ ــ يخرج من أعضاء الإلتصاق هذه أجزاء مدببة تسمي أوتاد اختراق Penetration Pegs وهذه تندفع إلي وخلال طبقات الكيوتكل والجدار الخلوي وتتعرض لأمرين.

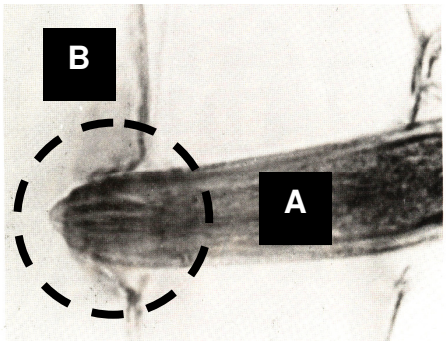
1 ــ اذا كانت هذه الطبقات طرية فإن الأختراق يحدث بسهولة.

2 ــ أما اذا كانت هذه الطبقات صلبة فربما يحدث إنفصال لعضو الإلتصاق عن العائل وبالتالي لا تحدث الأصابه.

د ــ عند دخول الـ Penetration Pegs إلي الكيوتكل فإنها تبلغ أصغر قطر لها وتتحول إلي ما يشبة الخيط ثم عقب ذلك تبدأ الهيفات في الزياده في القطر لتبلغ أقصي قطر طبيعى.

○ إختراق النيماتودا للعائل :

يحدث ذلك عن طريق الرمح الخاص بها Stylet (شكل-11) وحديثاً وجد أن ذلك يتم أيضاً عن طريق الممصات الخاصه بها وعلي أيه حال فإن اليرقات تبدأ بلصق أجزاء فمها أولآ بالنبات ثم يبدأ الرمح في العمل. وبمجرد إختراق الفطريات والنيماتوداً لخلايا العائل فإن إفرازتها تزداد وتصبح عمليه الإختراق أكثر سهولة.



طريقة اختراق النيماتودا (A)
لجدار العائل (B)

ثانياً: الإختراق الكيماوي للمسببات المرضية

(السلاح الكيماوي للمسببات المرضية) Chemical Weapons of Pathogens

من المعروف أن ظهور أعراض مرضية معينة علي النباتات يرجع سببها في أغلب الأحيان الي التفاعل الكيماوي الذي يحدث بين ما يفرزه المسبب المرضي وما ينتجه العائل حيث يفرز الطفيل مواد مختلفة قد تكون إنزيمات أو سموم أو منظمات نمو أو عديدات تسكرPolysaccharides ولكل من هذه المركبات السابقه فعلها الخاص فمثلاً:

- الإنزيمات تعمل على ظهور أعراض أهمها العفن الطري نتيجة تحطيم جدر الخلايا وخروج المواد المخزنة أو تؤثر مباشرة علي البروتوبلاست عن طريق التداخل في وظيفتة.
- والإنزيمات عبارة عن جزيئات كبيرة من البروتين لها القدرة علي تحفيز التفاعلات المتبادلة في الخلية الحية. ففي كل تفاعل كيماوي يحدث في الخلية توجد إنزيمات معينه تحفزة كما أن كل إنزيم يُشفر بواسطة جين معين.
- بعض الانزيمات توجد بصفة دائمة في الخلايا والعديد منها ينتج فقط عند الحاجه اليها كرد فعل لمنشطات جينيه داخلية أو خارجية.
- وكل إنزيم يتواجد في أشكال عديده تعرف بأسم Isozymes تحمل نفس الوظيفة ولكن قد تختلف عن بعضها البعض في العديد من الصفات والأحتياجات وميكانيكية التفاعل.

التحلل الإنزيمي لمكونات الجدر الخلويه : Enzymatic degradation of cell wall substances

- معروف أن أول إتصال يحدث بين المسبب والعائل يبدء عند سطح النبات مع ملاحظة أن سطح الأجزاء الهوائية يتكون أساساً من كيوتكل و سليلوز بينما سطح الجذور يتكون من سليلوز فقط. والكيوتيكل عبارة عن كيوتن Cutin متشرب بالشمع ومغطي بطبقه منه.
- ومن ناحية أخرى قد يتواجد البروتين واللجنين في جدر خلايا البشرة Epidermis .
- يخترق المسبب المرضي الخلايا البارنشيمية (البارنكيمية) عند بدء تحلل جدر الخلايا المحتوية علي السليلوز ، البكتين ، الهميسليلوز ، البروتين وبكتين الصفيحة الوسطي.

- يحدث بعد ذلك تحللاً كاملاً لأنسجة النبات بما فى ذلك اللجنين وكل ذلك يحدث بواسطة إنزيم أو مجموعة من الأنزيمات التي يفرزها المسبب المرضي.

أ ــ تحليل الشموع Cuticular Wax

- تتواجد الشموع النباتيه في صوره حبيبات أو عصي أو علي هيئه طبقات خارج أو بين الكيوتيكل وذلك في العديد من الأجزاء الهوائية للنبات.

- أثبتت دراسات الميكرسكوب الألكتروني أن بعض المسببات المرضية مثل ***Puccnia hordei*** تنتج إنزيمات تحلل الشموع كما أن الفطريات والنباتات الزهريه المتطفلة لها القدرة علي إختراق طبقات الشمع ميكانيكياً.

ب ــ تحليل الكيوتن Cutin

الكيوتن هو المركب الرئيسي في طبقه الكيوتكل ويمتزج الجزء العلوي من الكيوتكل بالشموع بينما يمتزج الجزء السفلي بالبكتين والسليلوز والكيوتن عبارة عن معقد غير ذائب من ملح مرتبط بأحماض دهنية **Polyester of C_{16} and C_{18} hydroxy fatty acids** والعديد من الفطريات والقليل من البكتيريا يمكنها إنتاج إنزيمات الــ **Cutinases** ذات القدرة علي تكسير الكيوتن وتكوين جزئيات مفردة **Monomers** وأيضاً **Oligomers** (عدد محدود من الجزئيات) من مشتقات الاحماض الدهنية للكيوتن الغير ذائب.

- وعن ميكانيكية حدوث ذلك نجد أن الفطريات تفرز معدل قليل من الكيوتينيز عند أتصالها بالكيوتن فيتحرر عن ذلك كميات قليلة من وحدات مفردة من الكيوتن (**Monomers**) تدخل خلايا الطفيل من أجل تحفيز جين الكيتينيز **Cutinase gene** بالفطر لإنتاج آلاف ن وحدات الإنزيم مقارنه ببدايه الأتصال كما في الرسم.

وتلخص العملية كالآتي:

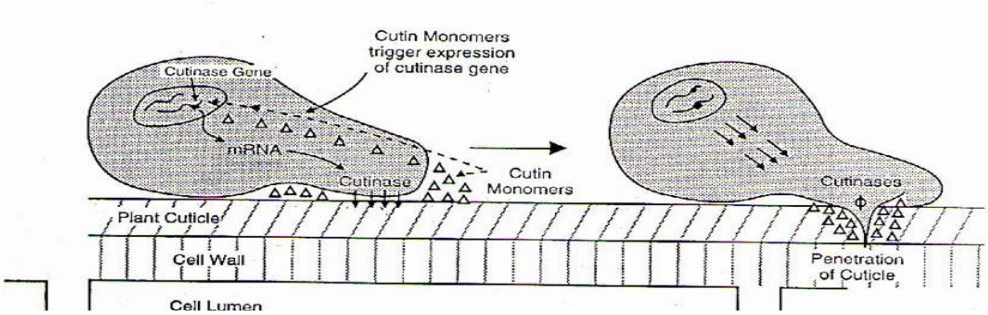
إفراز الطفيل لكميات قليلة من الكيوتينيز + كيوتن النبات

↓ تكسير الكيوتين المعقد

إنتاج وحدات مفردة من الكيوتن وهذه تحفز الفطر لترجمة جين الكيوتينيز به

↓

إنتاج الفطر لألاف من نسخ إنزيم الكيوتينيز **Cutinase**



رسم تخطيطى يوضح طريقة اختراق الجراثيم النابتة لطبقة الكيوتيكل وكيفية انتاج كميات وفيرة من انزيم الكيوتينيز

- وللأحماض الدهنية الموجودة أيضاً في الشموع دوراً في إنتاج الكيوتينيز بواسطة الطفيل. ومن ناحية أخرى فإن وجود الجلوكوز يثبط جين نسخ الكيوتينيز وبالتالي يقل إنتاجة.
- ومن ناحية أخرى فإن إنزيم الكيوتينيز يعمل علي إختراق كيوتكل العائل حيث يصل أعلي تركيز للإنزيم عند نقطه الإختراق في أنبوبة الجرثومة Germ Tube وفي Infection Peg للـ Appressorium للفطريات التى تلجأ لهذا النوع من الإختراق وعلية فإن تثبيط الكيوتينيز برش أو معاملة النبات بكيماويات متخصصة يحمى النبات من الأصابة.
- مما يؤكد ذلك أن هناك فطريات تنتج طفرات غير منتجه للكيوتينيز وتسمي Cutinase deficient mutants ولكنها تصبح شديده القدرة المرضية إذا ما إضيف انزيم الـ Cutinase علي سطح النبات.
- كما أن الفطريات التي تهاجم النبات من خلال الجروح فقط تكتسب القدره علي الأختراق المباشر إذا ما أدخل فيها الجين المحفز لإنتاج الكيوتنيز من فطريات أخري فتصبح ذات قدرة علي الأختراق المباشر.
- ثبت أيضاً أن الفطريات المنتجة لكميات كبيرة من الكيوتينيز ذات قدرة مرضية عالية.

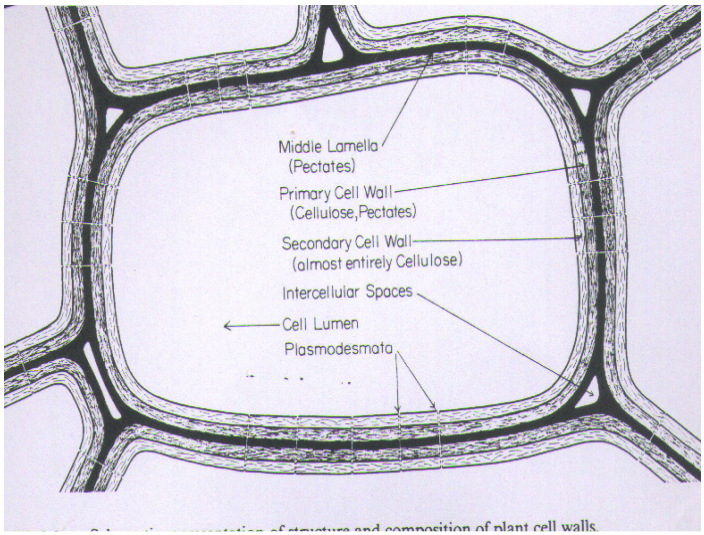
المركبات البكتينيه Pectic Substances

- تتكون الصفيحة الوسطي أساساً من مركبات بكتينيه وهى الأسمنت الذي يلصق الخلايا ببعضها. كما أن هذه المركبات تكون الجزء الرئيسي من الجدار الخلوي حيث تكون جيل غير متبلور يملىء المسافات بين الميكروفيبرز (الألياف الصغيرة) السليلوزية. والمركبات البكتينية عبارة عن Polysaccharides تتكون من سلاسل من جزيئات الـ Galacturonan مرصعه بعدد قليل جداً من جزيئات سكر الـ Rhamnose وسلاسل جانبية قصيرة من الـ Galacturonan وبعض السكريات الخماسية. وتسمي الإنزيمات المحللة للمركبات البكتينية بإسم Pectolytic enzymes or Pectinases فعندما يهاجم الطفيل النبات العائل فإنة يفرز كمية قليلة من الإنزيمات البكتينية وفي وجود البكتين تتحرر وحدات فردية وثنائية وقليلة الوحدات Galacturonan monomers, dimers and oligomers, وعندما يمتصها الطفيل فإنها تُحفر تخليق الإنزيمات البكتينيه وتسمي هذه الظاهرة Substrate induction لتزيد من كميه الـ Galacturonan monomers وهكذا. وهذه الأخيره تتمثل بسرعه بواسطة المسبب المرضي.
- في بعض حالات المقاومة وجد أن الإنزيمات البكتينية تثير الجهاز المناعي في النبات عن طريق تحرير شظايا من بكتين الجدار الخلوي فتعمل هذه كمثيرات داخلية في ميكانيكية المقاومة.
- تشترك الإنزيمات المحلله للبكتين في إحداث العديد من الأمراض خاصة أمراض الأعفان الطرية كما تشترك مع الأنزيمات الكيوتينيه الموجودة في جراثيم الفطريات في إختراق الخلايا بواسطة الطفيل.

- ينتج عن تحلل البكتين إسالته وبذلك تنفصل الخلايا عن بعضها وتتعفن الأنسجه نتيجة هذه العملية وتفقد الأنسجة الارتباط ببعضها ثم تموت الخلايا وتعمل هذه علي سهولة غزو المسببات المرضية للعائل. ويبدو أيضاً أن المخلفات الناشئة عن الأنشطة الأنزيمية البكتينية تساهم في عمليات إنسداد الأوعية في أمراض الذبول.
- تعمل الإنزيمات البكتينية أيضاً على إمداد المسبب المرضي بالمواد الغذائية في الأنسجة المصابة.

السـلـيلوز Cellulose

- يتكون السليلوز من سلاسل من جزيئات جلوكوز مرتبطه مع بعضها بالعديد من الروابط الهيدروجينيه مكونه من عديدات تسكر Polysaccharides .
- يدخل السليلوز في بناء هيكل النباتات الراقيه وذلك في صورة Microfibirils .
- يتراوح تركيز السليلوز في الأنسجة بين 12% في الأنسجه الناضجة غير الخشبية و 50% في الأنسجه الخشبية ، 90% في الياف القطن.
- تعمل الإنزيمات المحللة للسليلوز Cellulolytic enzymes بأنواعها المختلفة علي تحللة الي أن ينتهي التحلل إلى تكوين جلوكوز في النهاية.
- العديد من هذه الإنزيمات تفرزها الفطريات الممرضة والبكتيريا والنيماتودا وأيضاً النباتات الزهرية المتطفلة حيث تحدث طراوه وتحلل لمحتويات الجدار الخلوي وبالتالي تسهل غزو المسبب المرضي للأنسجة ثم حدوث المرض.
- وبطريقة غير مباشرة تساهم هذه الإنزيمات في حدوث الأعراض المرضية عن طريق تحريرها لجزيئات من سكر الجلوكوز الذائب تستخدمة الطفيليات كغذاء لها.
- في حالة الأمراض الوعائية يتحرر مع تيار النتح جزئيات كبيرة من السليلوز تتداخل مع حركة صعود الماء وبالتالي يضعف النبات.



تركيب الجدر الخلوية للخلايا النباتية والصفائح الوسطى التى تقوم بلصق انسجة الخلايا