# كيف تحمي النباتات نفسها ضد المسببات المرضية

# How Plants Defend Themselves Against Pathogens


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

---

## تلجأ النباتات إلى طرق مختلفة لحماية نفسها من هجوم المسببات المرضية وأهم هذه الطرق هى:

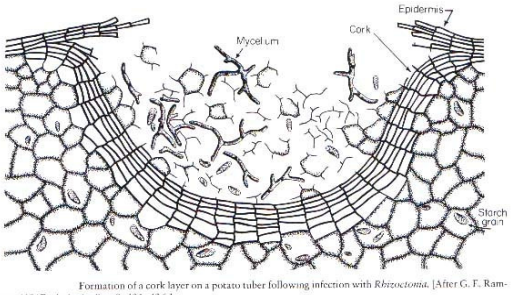
### أولاً : طرق الدفاع التركيبية Structural Defense

### أ – وسائل تركيبية دفاعية موجودة أصلاً في النبات Preexisting defence structures

**يعتبر السطح الخارجي للنبات هو خط الدفاع الأول ضد المسببات المرضيه حيث أنه العائق الأول الذي يتحتم علي الطفيل إختراقه إذا كان في قدرتة إحداث الإصابة ومن أمثله هذه العوائق كمية ونوع الشموع ، الكيوتيكل الذي يغطي خلايا البشرة ، تركيب خلايا البشرة وحجمها وموقعها وشكل الثغور والعديسات.**

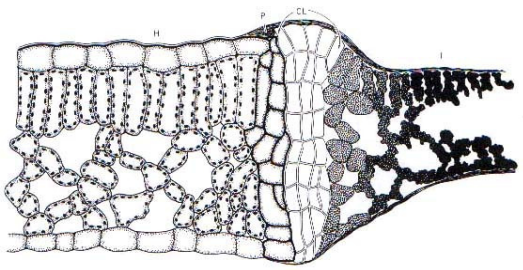
### ب – وسائل دفاع هستولوجية

#### 1 – تكوين طبقات من الفلين لعزل المناطق المصابة




Formation of a cork layer on a potato tuber following infection with *Rhizoctonia*. [After G. F. Ramsey (1917), *J. Agric. Res.* 9, 421–426.]

**كيفية تكوين طبقات من الفلين لحماية النبات عند مهاجمة المسببات المرضية**

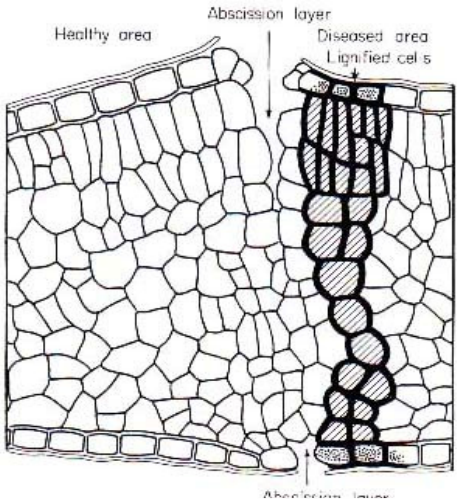



Formation of a cork layer (CL) between infected (I) and healthy (H) areas of leaf. P, Phellogen. [After Cunningham (1928), *Phytopathology* 18, 717–751.]

**كيفية تكوين طبقات من الفلين عقب اصابة الورقة بمسبب مرضى لمنع وصوله إلى باقى الانسجة**

## 2ـ تكوين طبقات فاصله Formation of Abscission Layers

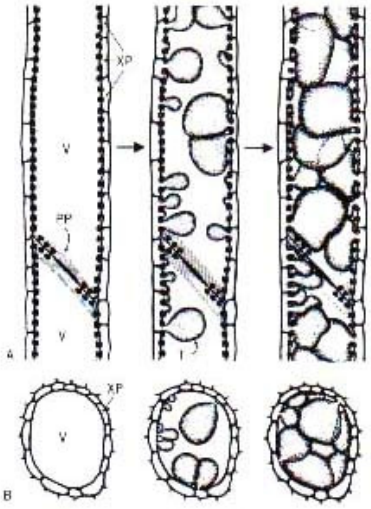
وتحدث هذه في الأوراق صغيرة السن لأشجار الحلويات وذلك عقب الإصابة بعديد من الفطريات والبكتيريا والفيروسات حيث تذوب الصفيحه الوسطي بين طبقتين من الخلايا ليتكون نتيجة ذلك فراغ "gap" يؤدي الي الأنفصال التام لهذا الجزء المصاب.




طريقة تكوين طبقات فاصلة Abscission layers فى الورقة لمنع وصول المسبب المرضى لباقى الانسجة

## 3 ـ تكوين تيلوزاتFormation of Tyloses

- تتكون التيلوزات في أوعيه الخشب لمعظم النباتات وذلك تحت ظروف خاصة وأيضاً أثناء غزو بعض المسببات المرضية التي تنتشر في الجهاز الوعائي.
- والتيلوزات عباره عن نمو زائد من الخلايا البارنكيمية في نسيج الخشب يمتد في أوعيه الخشب خلال النقر "Pits" وتحتوي التيلوزات علي جدر سليلوزية.
- يحدث إنسداد جزئي أوكلي للوعاء تبعاً لعدد التيلوزات وحجمها وفي بعض الحالات تتكون التيلوزات ومازال المسبب المرضي في الشعيرات الجذرية وبذلك يحدث إنسداد للطريق الذي يسلكة المسبب المرضي في انتشاره فتظل النباتات خالية من الأصابة ومقاومة لهذا المسبب المرضي. أما إذا تكون عدد قليل من التيلوزات نتيجة الإصابة فيعتبر النبات قابل للإصابة.

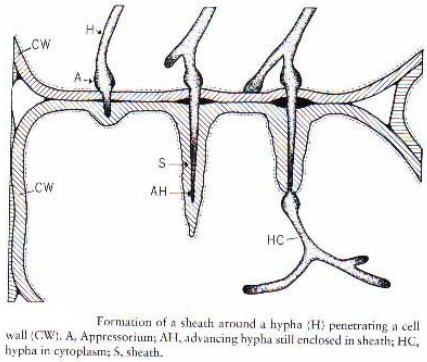



Development of tyloses in xylem vessels. Longitudinal (A) and cross-section (B) views of healthy vessels (left) and of vessels with tyloses. Vessels at right are completely clogged with tyloses. PP, Perforation plate; V, xylem vessel; XP, xylem parenchyma cell; T, tylosis.

طريقة تكوين التيلوزات فى اوعية الخشب لمنع وصول المسبب المرضى لباقى الانسجة

## 4 ـ ترسيب الصموغ Deposition of Gums

يتكون العديد من أنواع الصموغ النباتيه حول القرح التي تنشأ نتيجة الإصابة بالمسببات المرضية أو نتيجة حدوث أضرار أخري وإفراز الصموغ شائع في أشجار الحلويات ولكن يحدث أيضاً في معظم النباتات ويتمثل الدور الدفاعي لصموغ السيقان في قدرتها السريعة علي الترسيب في المسافات البينية للخلايا وفي الخلايا




Formation of a sheath around a hypha (H) penetrating a cell wall (CW). A, Appressorium; AH, advancing hypha still enclosed in sheath; HC, hypha in cytoplasm; S, sheath.

طريقة تكوين اغلفة حول هيفات الفطر لمنع وصولها إلى باقى الانسجة وطريقة تغلب الفطر على ذلك

المحيطة بمكان الإصابة وهذا التكوين يعتبر حاجزاً يحول دون دخول المسبب المرضي والذي يُعزل عزلاً تاماً فيؤدي ذلك إلي جوعة وموتة.

## 5 ــ طرق الدفاع الخلوية Cellular Defense Structure

وهذه تشمل التحولات المورفولوجية في الجدار الخلوي أو المكونات المشتقة من الجدار أو الخلية نفسها ومن أمثلتها.

أ ــ إنتفاخ الجدار الخلوي لخلايا البشره وتحت البشره أثناء الأختراق المباشر حيث يعمل ذلك علي تثبيط إختراق أو إستقرار المسبب المرضي.

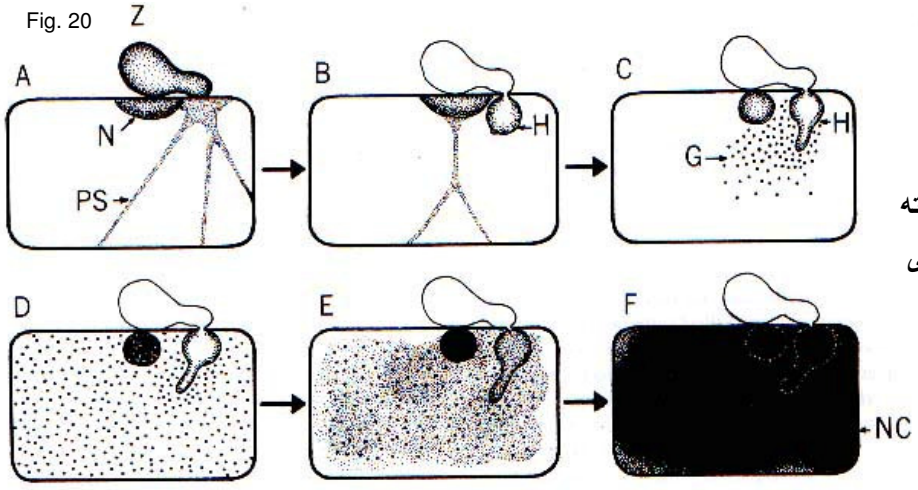
ب ــ تغليف الهيفات المخترقة للخلايا بغلاف ناشيء عن امتدادات الجدار الخلوي للعائل.

## 6 ــ الدفاع عن طريق الإماته للأنسجه (فرط الحساسيه)

## Defense Reaction: Defense through Hypersensitivity

وفيها يقوم النبات بقتل بعض أنسجته كوسيلة سريعة لمنع إنتشار المرض لباقي أنسجه النبات حيث أن المسبب المرضي سيتحدد وجوده في الجزء المصاب فقط ويتم ذلك كالأتي:

Fig. 20




Stages in the development of the necrotic defense reaction in a cell of a very resistant potato variety infected by *Phytophthora infestans*. N, Nucleus; PS, protoplasmic strands; Z, zoospore; H, hypha; G, granular material; NC, necrotic cell. [After K. Tomiyama (1956), *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* **21**, 54–62.]

يوضح طريقة الدفاع عن طريق اماته الانسجة الملاصقة للمسبب المرضى وخطوات هذه العملية

أ ــ بمجرد دخول المسبب المرضي الي خلايا العائل يحدث أن تتجة أنوية الخلايا نحو موضع الطفيل لمنع إنتشاره في السيتوبلازم.

ب ــ يُكون العائل حبيبات شبة راتنجية بنية اللون داخل السيتوبلازم وينشأ نتيجة ذلك موت الخلايا فيتوقف نمو هيفات الطفيل (كما فى الرسم).

وهذا النوع من طرق الدفاع شائع الحدوث في الطفيليات الإجباريه حيث أن الأنسجة الميتة تعزل المسبب المرضي عن الخلايا الحية التي يعتمد عليها في غذائة إعتماداً كلياً. وكلما كان حدوث الموت للأنسجة سريع كلما كان النبات أكثر مقاومة والعكس.

## ثانياً : طرق الدفاع البيوكيمائيه Biochemical Defense

لما كانت بعض النباتات تفتقر في تركيبها إلي وسيلة دفاع طبيعية تركيبية وبالرغم من ذلك فلا تصاب بالأمراض وأيضاً عندما أجريت تجارب عدوي صناعية بمسبب مرضي معين لعوائل مختلفة ووجد أن بعضها مصاب بينما لايصاب البعض الآخر فقد أدي ذلك الي الإستنتاج أنه يوجد تركيب كيماوي معين في النبات المقاوم يعمل علي منع المسبب المرضي من إحداث الإصابة وهذا ما أمكن إثباتة بالفعل.

### أ ــ الدفاع بواسطة مركبات كيمائية موجودة أصلاً في النبات وهذه تنقسم إلي:

#### 1 ــ مركبات مثبطه للطفيليات في خلايا العائل.

مثـــــــال: حامض الكلوروجـــــنك Chlorogenic acid (أحد المركبات الفينوليه)

فقد وجد أن درنات البطاطس المقاومه لمرض الجرب العادي في البطاطس والذي تسببة البكتيرة *Streptomyces scabies* تحتوي علي تركيز عالي من الــ Chlorogenic acid عن مثيلتها القابله للأصابة خاصة في العديسات. وأحياناً لايصاب النبات وهو صغير السن وتقل المقاومة بتقدمة في العمر وقد لوحظ حدوث إنحدار مستمر في تركيز هذه المواد مع تقدم عمر النبات.

#### 2 ــ الدفاع الناشيء عن نقص المواد اللازمه لنمو الطفيل

لاتنتج بعض النباتات لسبب أو لآخر ــ مركب معين وهذا المركب قد يكون هاماً لحياه مسبب مرضي معين إجباري التطفل ــ أو هاماً لإنتشار مسبب مرضي فيعطي ذلك صفة المقاومة للنبات.

#### 3 ــ الدفاع الناشيء عن غياب أنتجينات مشتركة

معروف أن النبات لايكون أجسام مضادة Antibodies ضد غزو الميكروبات ولكن هناك نظام دفاعي آخر يعمل في النبات فبدراسة تأثير سلالات معينة لمسبب مرضي علي أصناف نوع نباتي واحد تتباين درجة إصابتها بهذه السلالات وجد الآتي:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | (سلاله المسبب) |
| ↓ | ↓ | ↓ | |
| H | H | H | (العائل ــ ثابت) |
| ↓ | ↓ | ↓ | |
| ++ | + | +++ | ( الأعراض) |

تفسير ذلك :

- إشتراك كل من المسبب المرضي والعائل في انتجين Antigen معين (أي تشابهما) يؤدي الي حدوث الأصابة (نبات قابل للاصابة).
- غياب أنتجينات معينه في العائل ووجودها في الطفيل يؤدي الي عدم القابلية لإصابة (نبات مقاوم).

وعليه فإن القابلية للإصابة أو المقاومة ترجع إلي وجود أو غياب أنتجينات معينة في الصنف النباتي.

**ملاحظات:**

**ما هو الـــ Antigen وما هو الـــ Antiserum ، Antibodies؟**

1 ــ **Antigen** : بروتين مرتبط بدهون وكربوهيدرات عادة وعند حقنة في جسم الحيوان يدفعة لتخليق أجسام مضادة **Antibodies**.

2 ــ **Antibodies** وهى بروتينات تنتج فى ذوات الدم الحار نتيجه حقنها بانتجين غريب وهذه لها القدرة على التفاعل المتخصص مع هذا الانتجين ومنع الضرر الناشى عنه.

3- **Antiserum** : هو سيرم الدم في ذوات الدم الحار المحتوي علي الأجسام المضادة (**Antibodies**).

**ب ــ الدفاع الكيماوي الناشيء عن مهاجمة المسبب المرضي:**

1- نتيجة مهاجمة المسبب المرضي فإن النبات يشعر بالخطر ويبدأ في إفراز مركبات كيماوية يدافع بها عن نفسة:

- وأهم هذه المركبات التي يفرزها النبات في هذه الحالة المركبات الفينولية **Phenolic compounds** ومنها:

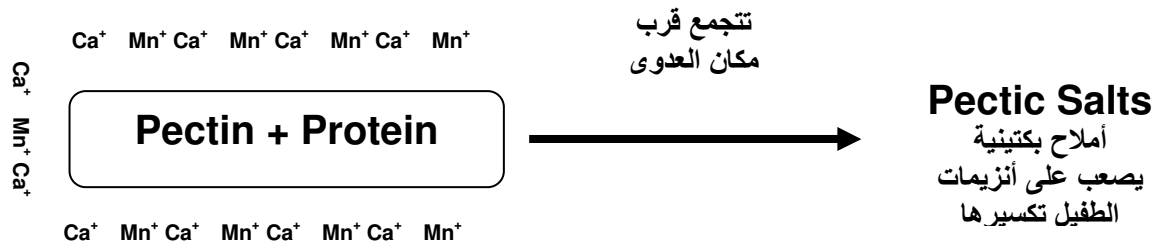
*** Phytoalexins * Chlorogenic acid * Caffeic acid**

- وعديد من المركبات الناتجة من أكسدة الفينولات
- توجد بعض المركبات الفينولية في النباتات السليمة والمصابة علي حد سواء إلا أن تركيزها يزيد في النباتات عقب الأصابة ويطلق عليها إسم **Common phenolic compounds**

ومنها : *** Caffeic acid * Chlorogenic acid**

- البعض الأخر من المركبات الفينولية لايوجد أصلاً في النباتات السليمة ولكن يتكون فقط عند مهاجمة النبات بواسطة الطفيل أوعن طريق حدوث أضراراً ميكانيكية أو كيماوية ويطلق عليها أسم **Phytoalexins** ومنها :
  - في البطاطس **Rishitin**
  - في الفلفل **Capsidiol**
  - في القطن **Gossypol**
  - في الفاصوليا **Phasiolin**
  - في البسلة **Pisatin**
  - في فول الصويا **Glyceollin**
- قد لايفرز النبات فينولات ولكن يقوم بتخليق بروتينات أو إنزيمات من شأنها إحداث مقاومة أو مناعة في مكان الأصابة وتتكون طبقات منيعة حول موقع الأصابة.
- هناك دفاع أخر ناشيء عن تخليق مركبات يصعب علي إنزيمات الطفيل تحليلها وإستعمالها. وهذه المركبات في العادة تتكون من خليط من البكتين والبروتين مرتبطين مع كاتيونات الكالسيوم أو

المنجنيز. وتتجمع هذه المركبات قرب مكان العدوي (الأصابة) ويؤدي ذلك الي تكوين أملاح بكتينية Pectic salts أو مركبات أخري يصعب تكسيرها بواسطة إنزيمات الطفيل.




طريقة تكوين الاملاح البكتينية من تفاعل البكتين والبروتين كأحد وسائل الدفاع الكيماوية

1- الدفاع عن طريق تثبيط إنزيمات الطفيل

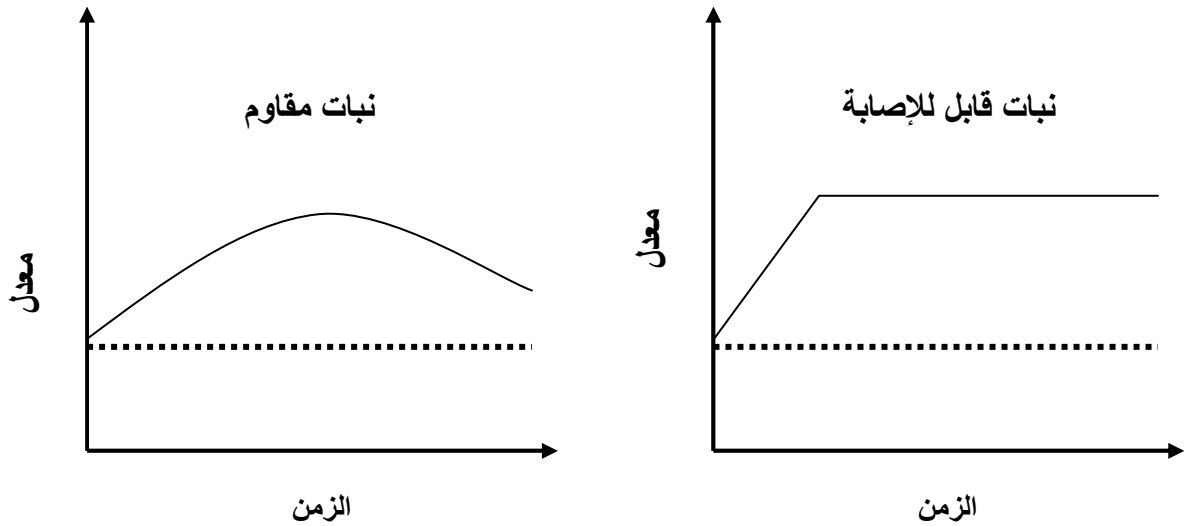
لوحظ أن هناك العديد من المركبات الفينولية أوالفينولية المؤكسدة تعطي مقاومة ضد المسببات المرضية عن طريق تأثيرها المثبط لإنزيمات الطفيل أكثر من تأثيرها علي الطفيل نفسة فقد وجد أن بعض أصناف النباتات المقاومة تحتوي علي مركبات فينولية بنسبة كبيرة ووجد أن هذة المركبات لاتؤثر علي الطفيل ولكنها تؤثر علي إنزيماتة البكتينية.

2- الدفاع عن طريق إزالة ضرر سموم الطفيل Detoxification

لايوجد تفسير واضح لظاهرة المقاومة لسموم الطفيل ولكن وجد في بعض الحالات عند مهاجمة الفطر فيوزاريوم للنبات وإنتاجة لحامض الفيوزاريك Fusaric acid السام أن النبات كان مقاوماً. وقد عزي ذلك الي أن هذا الحامض قد يتمثل (يستخدم) أو يتفاعل مع مركبات أخري لتكوين مركبات غير سامة لهذه النباتات.

3- الدفاع عن طريق التغيير في التنفس

عقب الإصابة تحدث زيادة سريعة في معدل التنفس في النباتات المقاومة عن القابلة للإصابة ولكن قد يحدث أن تنخفض هذه النسبة بعد عدة أيام من حدوث الهجوم. وهذا لايحدث في النباتات القابلة للإصابة مما يشير الي أن هذه الزيادة السريعة في معدل التنفس تعمل علي خلق ظروف ملائمة لمقاومة النبات للطفيل.




يوضح العلاقة بين معدل التنفس والزمن فى النباتات المقاومة والنباتات القابلة للاصابة

## 4- الدفاع عن طريق تعديل مسار التخليق الحيوي

- تؤدي الإصابة في بعض الحالات سواء بمسببات مرضية أو بسبب أضرار ميكانيكية الي تكوين إنزيمات معينة تعمل علي تعديل مسار التخليق الحيوي للمركبات مثل تحول دورة السكريات السداسية إلي الخماسية.

**Glycolytic Pathway → Pentose Pathway**

- وبذلك تتكون الفينولات من السكريات الخماسية لتضاد فعل الطفيل.

## 5- الدفاع عن طريق فرط الحساسية Hypersensitive reaction

- تعتبر هذه الطريقة واحده من أهم طرق الدفاع التي تحدث في النبات نتيجة لعدم التوافق بين العائل والمسبب المرضي فعقب الإختراق يحدث موت سريع للأنسجة الملاصقة للمسبب المرضي وذلك في الأصناف المقاومة بينما في الأصناف القابلة للإصابة تظل حية مما يسمح للطفيل بالإنتشار.
- إضافة الي ذلك تحدث تغيرات في الخلايا الملاصقة للمسبب في الأصناف المقاومة ولاتحدث في القابلة للإصابة ومن هذه التغيرات.

1 ــ فقد نفاذية الأغشية الخلوية

2 ــ زيادة التنفس

3 ــ زيادة تركيز الفينولات

4ــ إنتاج الــ Phytoalexins وينشأ عن ذلك موت للأنسجة المصابة وفي حالة الفيروسات تتكون قرح موضعية Local lesions يعيش فيها الفيروس لفترات محدودة.