

## الباب الثامن

### أنواع المقاومة فى النبات

يعتبر إصابة الطفيل للنبات فعل وحيث أن لكل فعل رد فعل فإن رد فعل النبات plant reaction قد يكون قوى ويحد ويمنع من إنتشار الطفيل فى مكان الإصابة ولذلك تصبح الإصابة محدودة ويعتبر النبات مقاوم resistant . أو يكون رد فعل النبات ضعيف ويكون غير قادر على الحد من إنتشار الطفيل وتزداد الإصابة ولذلك يعتبر النبات قابل للإصابة susceptible . تعتبر حالة المقاومة resistance والقابلية للإصابة susceptibility مقياس لرد فعل النبات. إذا كان فعل النبات سريع وقوى وتصبح الإصابة محدوده بدرجة كبيرة يسمى عال أو شديد المقاومة highly resistance وإذا كان رد فعل النبات متوسط وتصبح الإصابة محدودة بدرجة متوسطة يسمى النبات متوسط المقاومة moderately resistant .

تعتبر المقاومة صفة من صفات النبات وحيث أن ظهور الصفة هو نتيجة تفاعل بين العوامل الوراثية والعوامل البيئية. فإنه يمكن أن يكون للبيئة دور كبير فى صفة المقاومة حيث يمكن أن تزيد أو تقلل من المقاومة إلى حد ما. فمن المعروف أن تغذية النبات لها دور هام فى صفة المقاومة فإن التغذية المتزنة للنبات بالعناصر الضرورية يكون لها دور هام فى مقاومة النبات والعكس صحيح فالنبات الضعيف يكون قابل للإصابة عنه فى النبات القوى. يمكن التأثير على صفة المقاومة عن طريق تغذية النبات فمن المعروف أن السماد الأزوتى الزائد يساعد إصابة نبات الكمثرى بمرض الفحة النارية وأن التسميد المتوازن بين السماد الأزوتى والسماد البوتاسى يساعد على مقاومة النبات لمرض الذبول.

يذكر أحياناً في بعض الأمراض أن النبات منيع immune . يعنى ذلك أنه لاتحدث إصابة للنبات أو لا يحدث إختراق الطفيل للنبات أو يحدث إختراق فقط ولا يتمكن الطفيل من عمل علاقه بيولوجيه تطفليه مع النبات وبذلك لاتحدث الإصابة ولا تظهر أى أعراض للمرض. تختلف بذلك المناعه immunity عن المقاومة حيث أنه فى المناعه لا تظهر أعراض ولكن فى المقاومة عادة تظهر أعراض ولكن بدرجة محدودة. يعتبر مرض صدأ الساق فى القمح من الأمراض التى يوجد فيها الحالات المختلفه (شكل ٤٥) فيوجد الصنف المنيع حيث لا يظهر على الأوراق أى بقع أو بثرات والصنف شديد المقاومة وتظهر عليه بثرات يوريديه صغيرة الحجم جداً لاتزيد عن رأس الدبوس ومحاطه بمنطقه ذات لون بنى تمثل الأنسجه الميتة حول البثره والصنف متوسط المقاومة ويظهر عليه بثرات يوريديه صغيرة أو متوسطه الحجم تحاط بمنطقه باهته حيه من نسيج الورقه chlorosis يحدها من الخارج منطقه من أنسجه ميتة وبنية اللون. يتميز الصنف القابل للإصابة بعدم وجود أنسجه ميتة تحيط بالبثره ولكن قد تحاط البثره بأنسجه باهته اللون حيه chlorosis ولذلك فى هذه الحالة يلاحظ وجود بثرات يوريديه متوسطه إلى كبيرة المساحة وقد تحاط بأنسجه باهته اللون حيه. من ذلك ينضح أن وجود نسيج ميت حول البثره necrosis يدل على أن الصنف مقاوم أما فى الأصناف القابله للإصابة فإنه لا يوجد نسيج ميت حول البثره ولكن قد تحاط البثره بنسيج حى باهت اللون chlorosis . ويعتبر ذلك صحيح فى حالة الأصداء حيث أن موت النسيج يحد من إنتشار الفطر. ولكن فى الفطريات غير إجبارية التطفل ليس من الضرورى أن يكون موت الأنسجه دليل على المقاومة.

تحدث المناعه فى الإنسان والحيوانات الثدييه نتيجة لوجود الدم حيث تتكون فى سيرم الدم أجسام مضاده antibodies تتكون من بروتين الجلوبيولين globulin . تهاجم الأجسام المضاده الأجزاء الغريبه الداخلة إلى الجسم ومنها الطفيليات وتمنع تأثيرها الضار على جسم الإنسان أو الحيوان. يسمى أى جزء أو تركيب يسبب إنتاج الأجسام المضاده فى دم الإنسان أو الحيوان بالانتجين antigen . يوجد للأنتجن صفات كثيرة ومنها أنه لا بد أن يكون غريب عن جسم الإنسان أو الحيوان وعادة يتكون من البروتين وقليلاً ما يتكون من مركبات كربوايدراتيه عديدة التسكر polysaccharides . ومثال ذلك أنه عند تشريط فيروس الجدري الواهن فى جسم



الإنسان فإن يعتبر أنتجن ويسبب تكوين أجسام مضادة فى الانسان تهاجم الفيروس وتمنع تأثيره . ولذلك يصبح الإنسان مقاوم لمرض الجدري عند إصابته بالفيروس العادى القوى لمرض الجدري حيث أن الأجسام المضادة موجودة فى جسمه وتسمى هذه الحالة بالمناعة المكتسبه *acquired immunity* . اذا لم يحدث تطعيم الإنسان عن طريق التشريط بهذا الفيروس الواهن فإن الإنسان يصبح قابل للإصابة بالمرض نفس الشئ يحدث فى حالة استعمال مصل شلل الأطفال حيث لا بد من اعطاء الأطفال جرعات من هذا المصل على فترات متباعدة حيث يسبب ذلك تكوين أجسام مضادة فى جسم الطفل وهى تهاجم فيروس شلل الأطفال عند إصابة الطفل به . ولذلك فإن الأطفال التى لاتأخذ هذا المصل تصبح عرضة للإصابة بمرض شلل الأطفال . يكون الفيروس فى فاكسين *vaccine* الجدري حى واهن وفى شلل الأطفال يكون ميت .

يوجد ما يشابه ذلك فى النبات ولكن يجب ملاحظة أن النبات لا يوجد به جهاز دورى يحتوى على الدم كما فى الانسان والحيوان ولذلك فإن لفظ المناعة المستخدم فى أمراض النبات يختلف تماماً عن أمراض الانسان والحيوان . حيث أن لفظ المناعة يدل على المقاومة العاليه للنبات أو الانسان أو الحيوان ولكن ميكانيكية حدوث ذلك تختلف تماماً فى النبات عنه فى الحيوان والانسان حيث أنه توجد أجسام مضاده فى دم الحيوان أو الانسان أما النبات فلا يوجد به أجسام مضاده لأنها تتكون دائماً فى الدم . يوجد ما يشابه المناعة المكتسبه فى النبات فقد وجد أن تلقيح النبات بسلاله ضعيفة من الطفيل يمكن أن تقى النبات من الإصابة بسلاله قويه يوجد أمثله لذلك فى قليل من الفطريات مثل مرض اللفحة المتأخره فى البطاطس وفى البكتريا مرض التدرن التاجى وفى كثير من الفيروسات مثل مرض تبرقش الطماطم . حيث وجد أن تلقيح نباتات الطماطم بسلاله ضعيفه من هذا الفيروس تسبب مقاومة نباتات الطماطم للسلالات القويه من الفيروس *cross protection* تستعمل هذه الحالة فى نباتات الطماطم فى الزراعه المحميه لمقاومة المرض .

يوجد اصطلاح آخر لا يدل على مقاومة النبات للطفيل بل يدل على أن النبات يمكن أن يتأقلم ويتعايش مع الطفيل وحيث أن يكون ضرر الطفيل على النبات ضعيف أو غير ملموس وحيث أن إنتاج النبات لا يتأثر كثيراً وهو التحمل *tolerance* . يعتبر النبات الذى لا يتأثر كثيراً

بالطفيل متحمل tolerant . توجد حالة النبات الحامل symptomless carrier وهو النبات الذى يحتوى الطفيل ولايظهر عليه أعراض المرض . يعتبر نبات البطاطا حامل للفطر المسبب لذبول الطماطم والقطن والفاصوليا *Fusarium oxysporum* . توجد هذه الحالة فى الإنسان أيضا .

توجد أنواع عديدة من المقاومة فى النبات يمكن تصنيفها تبعاً لعمر النبات أو تبعاً لعدد أو نوع العوامل الوراثية الموجودة فى النبات أو تبعاً لطبيعة المقاومة فى النبات طبيعية أو كيموحيوية .

يمكن تصنيف المقاومة تبعاً لعمر النبات إلى مقاومة البادرة seedling resistance حيث تختبر المقاومة فى طور البادرة ومقاومة النبات البالغ adult or mature plant resistance حيث تختبر المقاومة أثناء أطوار البلوغ فى النبات مثل مرحلة النمو الخضرى أو مرحلة الأزهار والأثمار . يوجد أمثلة لذلك فى مرض صدأ الساق فى القمح ومرض التفحم فى الذرة الشاميه أحياناً لا يوجد إرتباط بين مقاومة البادرة ومقاومة النبات البالغ بمعنى أنه يمكن أن تكون البادرة مقاومة والنبات البالغ قابل للإصابة . أختبر المؤلف هذين النوعين من المقاومة فى مرض الصدأ البرتقالى فى القمح ومرض التفحم فى الذرة الشاميه ووجد أن بعض الأصناف أو السلالات تكون مقاومة للمرض دون الأصناف أو السلالات الأخرى .

عند تصنيف المقاومة تبعاً لعدد العوامل الوراثية فقد تكون المقاومة نتيجة لوجود جين واحد monogenic أى زوج من العوامل الوراثية كما فى مرض أصفرار الكرنب وقد تكون نتيجة لوجود قليل من العوامل الوراثية oligogenic أى ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية كما فى مرض اسوداد البصل وقد تكون نتيجة لوجود عدد كبير من العوامل الوراثية polygenic كما فى مرض أنثراكنوز الفاصوليا .

يمكن تصنيف المقاومة إلى مقاومة مورفولوجيه morphological resistance حيث تتسبب المقاومة عن وجود أجزاء فى الشكل الظاهرى للنبات مسئوله عن المقاومة مثل ضيق فتحة الثغر أو وجود زغب على النبات أو سمك طبقة الكيوتين وإلى مقاومة كيمائية chemical resistance حيث تتسبب المقاومة عن وجود مركبات كيمائيه فى النبات سامه للطفيل وإلى مقاومة وظيفية functional resistance حيث تحدث المقاومة نتيجة لتغيرات فى تركيب أجزاء

النبات مثل موعد فتح الثغور في النبات يمكن أن يكون له دور في مقاومة مرض صدأ الساق في القمح.

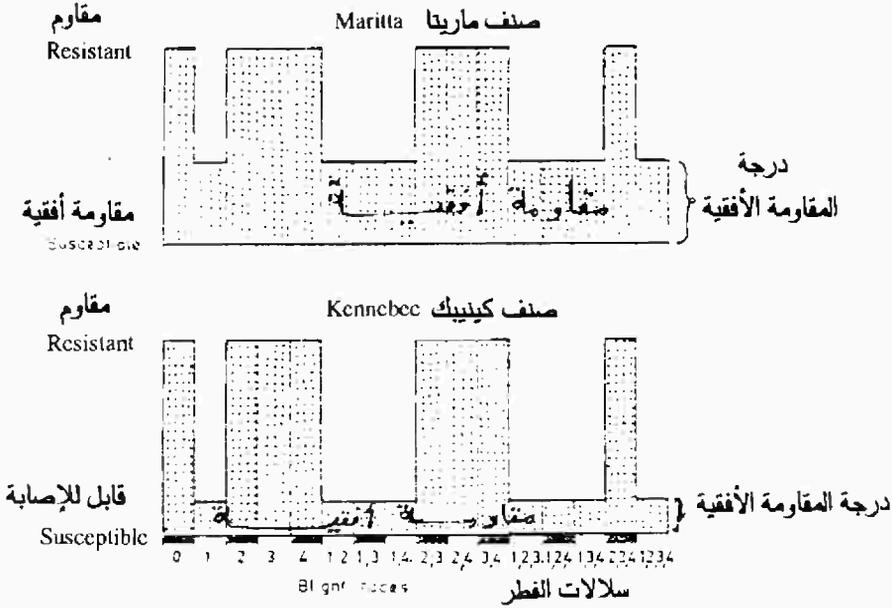
تصنف المقاومة إلى مقاومة ظاهرية *apparent resistance* وهي مقاومة نتيجة لهروب النبات من الإصابة *disease escape* حيث تنجو النباتات من الإصابة لعدم توفر الظروف البيئية التي تعمل على حدوث الإصابة ولذلك فإن التبكير أو التأخير في الزراعة يكون له دور في مقاومة المرض، ومثال ذلك أن زراعة البصل في الموعد المناسب حيث درجة حرارة التربة تزيد عن 28م ينجو من الإصابة من مرض التفحم. ومقاومة حقيقيه *true resistance* حيث تشمل الحالات التي تعزى فيها المقاومة إلى صفات تركيبية أو فسيولوجية أو كيمو حيوية أو وراثية.

يمكن تصنيف المقاومة إلى مقاومة الحقل *field resistance* ومقاومة ديميسم *demissum resistance* وذلك في مرض اللفحة المتأخرة في البطاطس. ترجع حالة مقاومة الحقل إلى وجود عديد من *minor genes* ولذلك تسمى *minor gene resistance* أو مقاومة جزئية *partial resistance*. ويتميز هذا النوع من المقاومة بأنه مقاوم لجميع سلالات الفطر وتكون المقاومة جزئية حيث أنه في حالات الإصابة الضعيفة يكون النبات مقاوم ولكن في حالات الإصابة الشديدة يصبح النبات قابل للإصابة ولمقاومة المرض في هذه الحالة لا بد من رش النبات بالمبيدات الفطرية. يعزى هذا النوع من المقاومة إلى بطء اختراق الطفيل لأنسجة النبات وبطء في تكوين البقع وضعف تجرثم الطفيل وجميع هذه العوامل تسبب ظهور صفة مقاومة الحقل. مصدر هذا النوع من المقاومة هو نوع البطاطس *Solanum tuberosum* وأنواع أخرى بريه منها النوع *Solanum andigenum*. أما في حالة مقاومة *demissum* فإنها تكون مقاومة كاملة لبعض السلالات من الفطر دون السلالات الأخرى. وفي هذه الحالة تكون المقاومة كاملة ولا تحتاج إلى الرش بالمبيدات. يتحكم في هذه المقاومة العوامل الوراثية R وهي تسمى *R. genes*. تختلف طبيعة المقاومة في هذه الحالة عن الحالة السابقة حيث أن المقاومة في هذه الحالة نتيجة للحساسيه الزائدة للنبات والتي ينتج عنها موت سريع لأنسجة النبات في مكان الإصابة وذلك تصبح الإصابة محدودة والنبات مقاوم. مصدر هذا النوع من المقاومة في أنواع بريه من البطاطس منها النوع *Solanum demissum*. توجد عدد من العوامل الوراثية في هذه الحالة وهي R<sub>1</sub> و R<sub>2</sub> و R<sub>3</sub> و R<sub>4</sub>.

يوجد نوعين هامين من المقاومة وهما المقاومة الأفقية horizontal resistance والمقاومة الرأسية vertical resistance . تعتبر المقاومة الأفقية هي مقاومة جزئية حيث أنها تكون مقاومة عامه لجميع أو معظم سلالات الفطر ولكنها غير شديدة حيث أنه في حالات الإصابة الضعيفة يظهر النبات مقاوم ولكن في حالات الإصابة الشديدة يصبح النبات قابل للإصابة ويلزم في هذه الحالة رش النباتات بالمبيدات الفطرية لمقاومة المرض . أما عن المقاومة الرأسية فإنها تكون لبعض سلالات الطفيل دون سلالات أخرى وتكون كاملة أي النبات يكون مقاوم لسلالة أو سلالات معينة من الطفيل حتى في أقصى درجات من شدة الإصابة وبالطبع لا يحتاج إلى مقاومة كيميائية رشاً بالمبيدات الفطرية . توجد هذه الحالة في بعض الأمراض مثل صدأ الساق في القمح واللحم المتأخرة في البطاطس . يتضح مما سبق أن مقاومة الحقل في مرض اللحم هي المقاومة الأفقية ومقاومة demissum هي المقاومة الرأسية ومن أمثلة أصناف البطاطس التي يوجد فيها هذين النوعين من المقاومة Maritta و Kennebec أما الصنف Capella يوجد فيه المقاومة الأفقية فقط . يلاحظ أن المقاومة الرأسية متماثلة في الصنفين ماريتا وكينبيك ولكن المقاومة الأفقية في الصنف ماريتا أعلى منها في الصنف كينبيك (شكل ٤٦) . أما في مرض صدأ الساق في القمح فتسمى المقاومة الأفقية أيضاً بالمقاومة العامة generalized resistance وتسمى المقاومة الرأسية بالمقاومة المتخصصة specific resistance . يوجد الآن إهتمام لدراسة هذين النوعين من المقاومة وخاصة عند دراسة الأوبئة النباتية حيث أن هذين النوعين من المقاومة لهما دور كبير في مقاومة الأوبئة النباتية .

### المقاومة التركيبية والمقاومة الكيموحيوية

يمكن تقسيم أنواع المقاومة في النبات إلى نوعين رئيسيين وهما المقاومة التركيبية والمقاومة الكيموحيوية . تعتبر المقاومة نتيجة لوجود تراكيب معينة في النبات تساعد على منع أو تقليل الإصابة بالطفيل بأنها مقاومة تركيبية structural resistance . تعتبر المقاومة نتيجة لوجود مركبات كيميائية تمنع أو تقلل من إصابة النبات بأنها مقاومة كيموحيوية biochemical resistance . وفي كل نوع من هاتين المقاومتين يوجد مقاومة طبيعية natural resistance ومقاومة مكتسبة acquired resistance . في حالة المقاومة الطبيعية



(شكل ٤٦) : المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية

المقاومة الرأسية متماثلة في الصنفين ماريتا وكينيبيك ولنفس سلالات الفطر ولكن المقاومة الأفقية أعلى وأشد في الصنف ماريتا عنها في الصنف كينيبيك .

يوجد في النبات تراكييب أو مركبات كيمائية طبيعية موجودة في النبات السليم وتقل أو تقاوم الإصابة. أما في حالة المقاومة المكتسبة فإنه يتكون في النبات في أثناء الإصابة تركيبات معينة أو مركبات كيمائية خاصة نتيجة للإصابة وفي منطقة قريبة منها. تسمى المقاومة الطبيعية بالمقاومة السلبية static or passive resistance بينما تسمى المقاومة المكتسبة بالمقاومة الإيجابية dynamic or active resistance .

## المقاومة التركيبية

ومنها المقاومة الطبيعية والمقاومة المكتسبة

### أولاً : المقاومة الطبيعية :

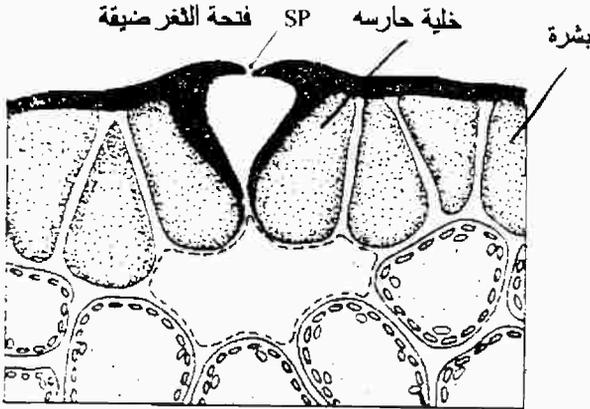
حيث توجد أنسجة أو تراكيب في النبات تسبب المقاومة ومنها حالات كثيرة منها ما يأتي:

١- موعد فتح الثغور: يعتبر موعد فتح الثغور له دور في مقاومة بعض الأمراض ومثال ذلك مرض صدأ الساق في القمح. حيث أن أول صنف قمح اكتشفت فيه صفة المقاومة لهذا المرض الخطير وكان له دور كبير في الحد من خطورة هذا المرض هو الصنف Hope . ترجع المقاومة في هذا الصنف إلى تأخر موعد فتح الثغور في الصباح. لكي تحدث الإصابة في هذا المرض لا بد من توافر الماء الحر في أثناء إنبات الجراثيم اليوريديه للفطر حيث أنها لا تنبت إلا في وجود الماء الحر. نتيجة لإنبات هذه الجراثيم يتم إختراق الثغر المفتوح بواسطة أنبوية إنبات الجرثومه. تعتبر فترة الصباح أفضل الفترات لذلك حيث توجد قطرات الندى. أما في حالة الأصناف المقاومة فإن الثغور تفتح متأخراً في أثناء النهار وحيث يحدث تبخر للماء الحر أو الندى نتيجة لأشعة الشمس. نتيجة لعدم توفر الماء الحر فإن أنابيب الإنبات الجرثوميه تموت ولا يحدث إختراق للثغر بواسطة الفطر ويظل النبات سليم ومقاوم.

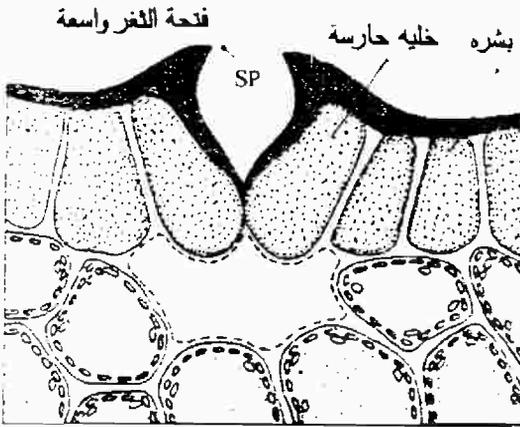
٢- اتساع فتحة الثغر: يمكن أن تكون ضيق فتحة الثغر من أسباب المقاومة في النبات. يعتبر مرض تفرح الموالح المتسبب عن البكتريا *Xanthomonas citri* من أمثلة هذه الحالة. حتى وجد أن صنف اليوسفي Szinkum مقاوم لهذا المرض حيث يوجد نتوء من طبقة الكيوتيكل يمتد في فتحة الثغر وبذلك يقلل من إتساعها ويحد من دخول الطفيل أما الأصناف القابلة للإصابة فلا يوجد هذا النتوء من الكيوتيكل ولذا تكون فتحة الثغر متسعة (شكل ٤٧) .

٣- كفاءة فتح الثغور: يصاب نبات بنجر السكر بالفطر *Cercospora beticola* مسبب مرض تبقع الأوراق السركسبورى في البنجر وذلك في الأوراق المكتملة النمو والتكوين ولا تصاب الأوراق الصغيرة أو كبيرة السن. وجد أن كفاءة فتح الثغور في الأوراق الصغيرة والكبيرة السن غير نشطه وغير تامه. وحيث أن الإصابة بهذا الفطر تحدث عن طريق الثغور المفتوحه

ولذلك يتضح سبب مقاومة الأوراق الصغيرة والكبيرة السن. ويعرف هذا النوع من المقاومة بإسم الهروب من الإصابة أو المرض disease escape .



(١)



(٢)

(شكل ٤٧) : صلف يوسفى مقاوم حيث أن فتحة الثغرى ضيقة (١) وآخر قابل للإصابة حيث أن

فتحة الثغرى واسعة (٢) .

٤ - سمك طبقة الكيوتيكل: زيادة سمك الأديم يكون له دور في مقاومة بعض الأمراض ومثال ذلك مرض صدأ الكتان والبياض الدقيقي في الشليك فكلما زاد سمك طبقة الكيوتيكل كلما زادت مقاومة النبات. وجد أن غياب الشمع المختلط مع الكيوتين في الأديم قد يكون سبب في ضعف مقاومة النبات ويصبح النبات قابل للإصابة كما في مرض الصدأ الأبيض في كرنب بروكسل.

٥ - سمك وصلابة الجدار الخارجى لخلايا البشرة: كلما زاد سمك وصلابة الجدار الخارجى للبشرة كلما زادت المقاومة في بعض الحالات. وجود اللجنين في الجدار الخارجى لخلايا البشرة في نبات الأرز يحد من الإصابة بمرض اللفحة. وجد أيضاً أن الطفيل يخترق خلايا الحركة motor cells في أوراق النبات التي تتكون جدرها من البكتين فقط مع عدم وجود اللجنين عنه في الخلايا الملجننه.

٦ - سمك طبقة الأكسودرمس: تحاط الجذور بطبقة من الأكسودرمس وهي عبارة عن خلايا مغلظه بمادة السيويرين. تقوم هذه الطبقة بعمل غلاف واقى للجذر ويحميه من كثير من أمراض الجذور. كلما زاد سمك هذه الطبقة كلما إزدادت فاعليتها في المقاومة كما في مرض الذبول المتأخر في الذره الشاميه.

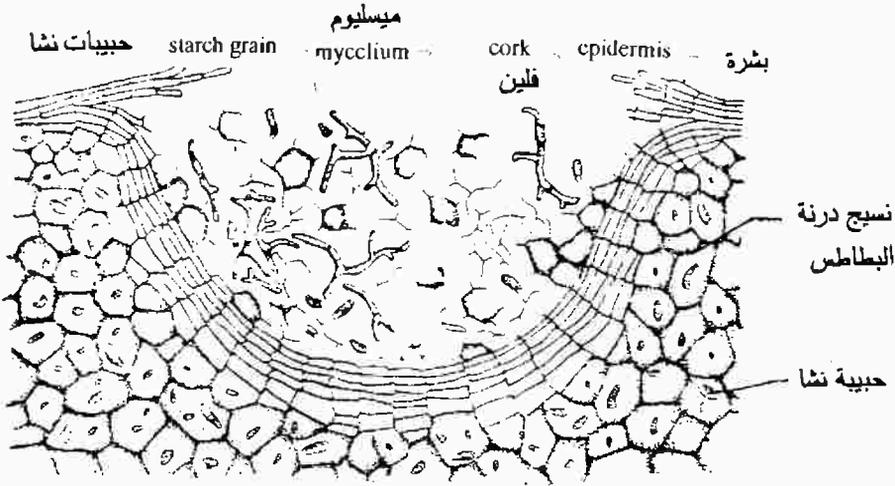
٧ - كمية الخلايا الأسكلارنشيميه: كلما زادت كمية الخلايا الأسكلارنشيميه الموجوده في ساق النبات كلما زادت مقاومة النبات كما في بعض أمراض أصداء القمح.

٨ - زوائد البشرة والشعيرات: وجود زوائد البشرة أو الشعيرات قد يكون له دور في مقاومة النبات. وجد أن أصناف البطاطس أو الطماطم والتي تتميز بوجود شعيرات كثيفة على الأوراق والمجموع الخضرى عامة تكون أكثر مقاومة عن الأصناف قليلة الشعيرات وذلك في حالة مرض اللفحة المتأخرة.

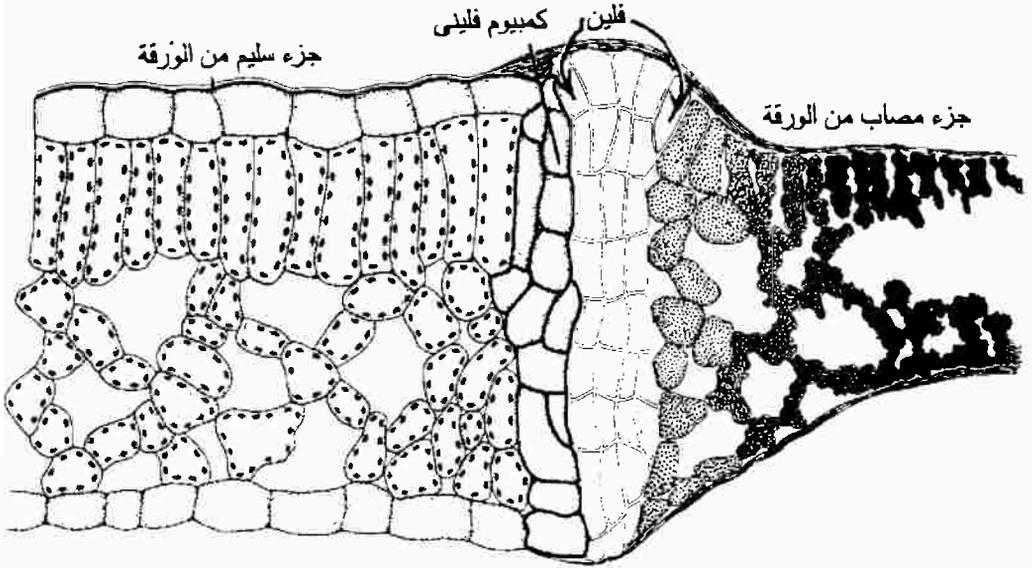
## ثانياً : المقاومة المكتسبة :

حيث تتكون أنسجة أو إفرازات نتيجة للإصابة ومنها حالات عديدة كما يلي:

١- تكوين نسيج من الفلين: يتكون نسيج من الفلين يحيط بالطفيل في مكان الإصابة ويحد بذلك من نشاط وانتشار الطفيل داخل النبات ويصبح النبات مقاوم كما في مرض الجرب العادى ومرض القشرة السوداء فى البطاطس (شكل ٤٨) قد يحدث تكوين الفلين فى الأوراق (شكل ٤٩).



(شكل ٤٨): قطاع عرضى فى جزء من درنة بطاطس يوضح تكوين طبقة من نسيج الفلين لمقاومة الفطر المسبب لمرض القشرة السوداء فى البطاطس.



(شكل ٤٩) : قطاع عرضى فى جزء من ورقة نبات مصابة بأحد الطفيليات توضح تكوين منطقة عازله من نسيج الفلين بين الجزء المريض والجزء السليم من الورقة وبذلك تحد من نشاط الطفيل فى الجزء المريض.

ان عدوى النبات بالفطريات أو البكتيريا أو حتى بعض الفيروسات والنيماتودا عادة ما تؤدي إلى تكوين طبقة من الخلايا الفلينية تحت وحول منطقة الإصابة قد يكون ذلك راجع الى تنشيط خلايا العائل بمواد أفرزها الطفيل، وتكوين طبقة الفلين شائع حول مناطق العدوى فى السيقان والجذور والثمار الصغيرة وهذه الطبقة المتكونة لاتعمل فقط على الحد من إنتشار الطفيل بل أيضاً تمنع تسرب أى سموم قد يفرزها الطفيل إلى مناطق أخرى أبعد من مكان الإصابة كما أنها لا تسمح بمرور الماء والمواد الغذائية من الأنسجة السليمة إلى المناطق المصابة حيث يوجد الطفيل وبالتالي يتوقف إنتشار الطفيل من موضع الإصابة وقد يموت. تتميز خلايا الفلين بأنها غير منفذة للماء والأملاح والمركبات العضوية وأيضاً الغازات ولذلك فإنها تحاصر الطفيل وتمنع عنه الغذاء وتقى الأنسجة السليمة من سموم الطفيل.

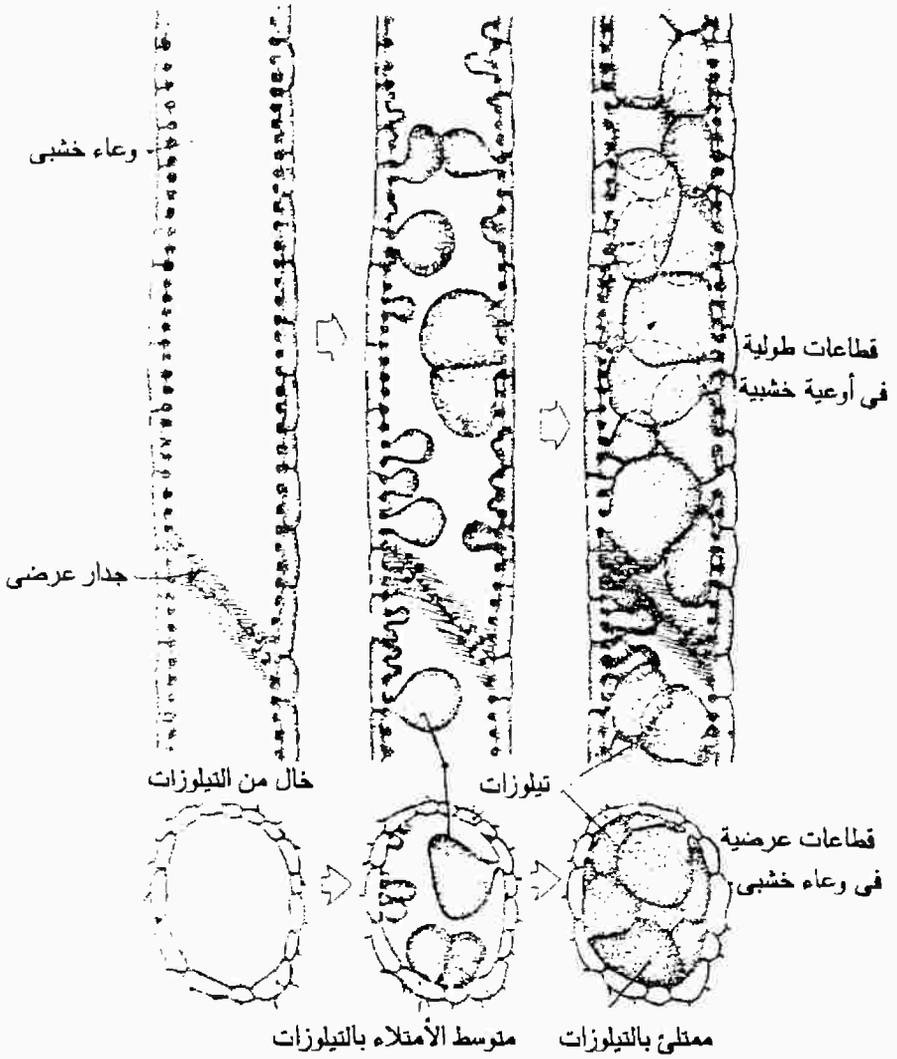
٢- التيلوزات tyloses: تتكون التيلوزات في داخل الأوعية الخشبية وهي عبارة إنتفاخات نتيجة تمدد غشاء الخلايا البارنشميه المجاورة للعواء الخشبي وذلك عبر النقر ويصبح جدار التيلوزسيلولوزي. سرعة تكوين وكمية التيلوزات المتكونه أساس المقاومة. تكوين كميات كبيرة من التيلوزات وبسرعة تسد العواء الخشبي نسبياً وتمنع إنتشار الطفيل داخل هذه الأوعية ويصبح مقاوم كما في مرض ذبول البطاطا ومرض ذبول الطماطم (شكل ٥٠). والعكس صحيح في حالة تكوين كميات قليلة من التيلوزات ويبطء فإن الطفيل ينتشر ويصبح النبات قابل للإصابة.

٣- تكوين طبقة إنفصال abscission layer: أثناء حدوث الاصابة في الأوراق يتكون حول مكان الإصابة خلايا ذات جدار رقيق ويحدث تحليل للمركبات البكتينية المكونه للصفحة الوسطى والتي تلحم الخلايا ببعضها وينتج عن ذلك طبقة إنفصال. تحيط طبقة الإنفصال بالجزء المصاب ويسقط تاركاً ثقب في الورقة وبذلك يتخلص النبات من الأجزاء المصابه كما في مرض تثقيب الأوراق في الحلويات. يتكون في منطقة الإنفصال أنسجة ملجننة (شكل ٥١).

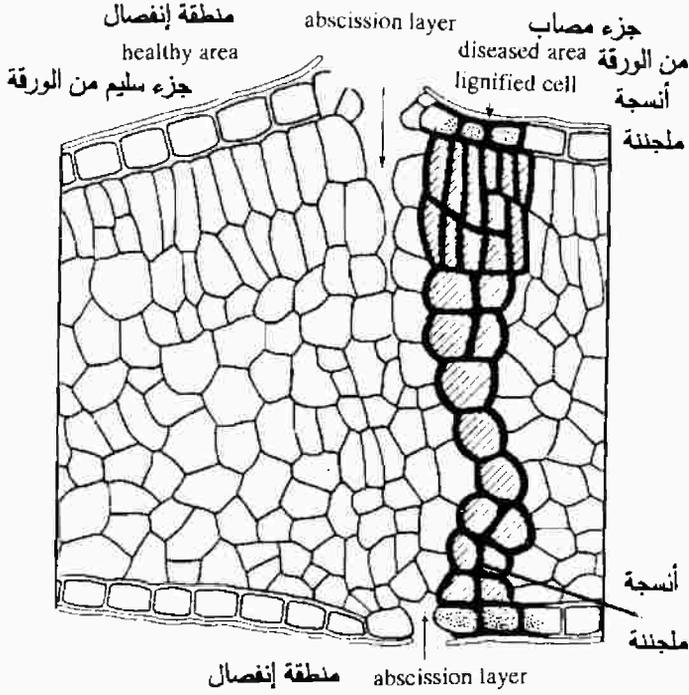
٤- ترسيب الصمغ gum deposition: يحدث ترسيب للصمغ حول المنطقة المصابه وبذلك تمنع إنتشار الطفيل داخل أنسجة النبات وذلك كما في مرض البقعة البنيه في الأرز. يتميز صنف الأرز Shoemed بمقاومته العاليه للمرض نتيجة لترسيب الصمغ وأيضاً أفرع نبات التفاح في الأصناف المقاومة لمرض تفرح أفرع التفاح (شكل ٥٢).

دور الصمغ كوسائل دفاعية حيث تترسب بسرعة في المسافات بين الخلايا وبداخل الخلايا المحيطة بمنطقة الإصابة وبذلك تعمل كحاجز غير منفذ لا يخترقه الطفيل. ويصبح الطفيل محاصر ولايصل إليه الغذاء وفي النهاية يموت.

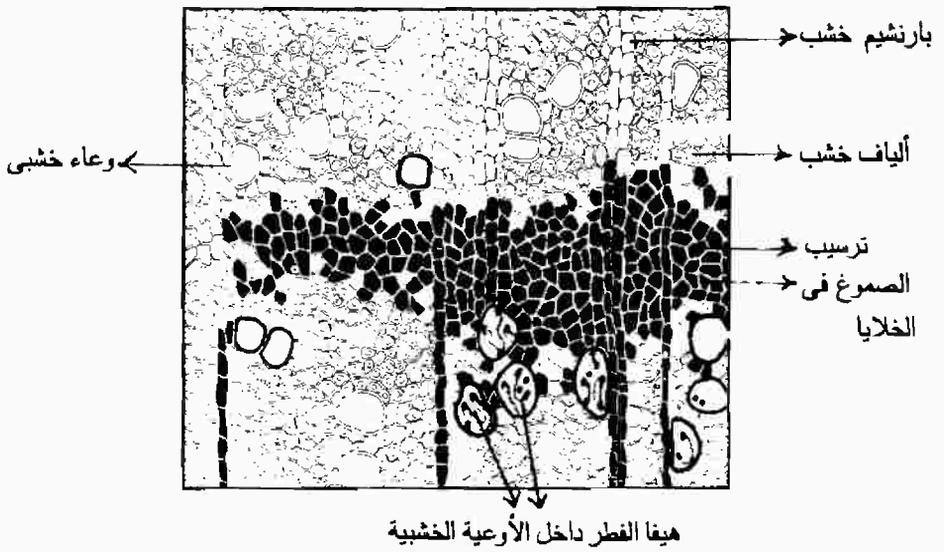
٥- تغليف الهيفا sheathing of hypha: يحدث في بعض الحالات أثناء إختراق الهيفا للخلية فإن جدار الخليه يتمدد ويحيط بالهيفا ويكون حولها غلاف وبذلك يمنع إنتشار الطفيل داخل الخلية. غير معروف بالضبط المركبات التي تدخل في تركيب الغلاف ومنها السيليلوز والكالوس. أحياناً يتكون الغلاف من السيتوبلازم وليست من الجدار الخلوئ. أحياناً يتكون اللجنين ويحيط بالهيفا أثناء إختراقها للخلية (شكل ٥٣).



(شكل ٥٠) : قطاعات طولية وعرضية في أوعية خشبية توضح تكوين التيلوزات فيها وذلك في نبات البطاطا.

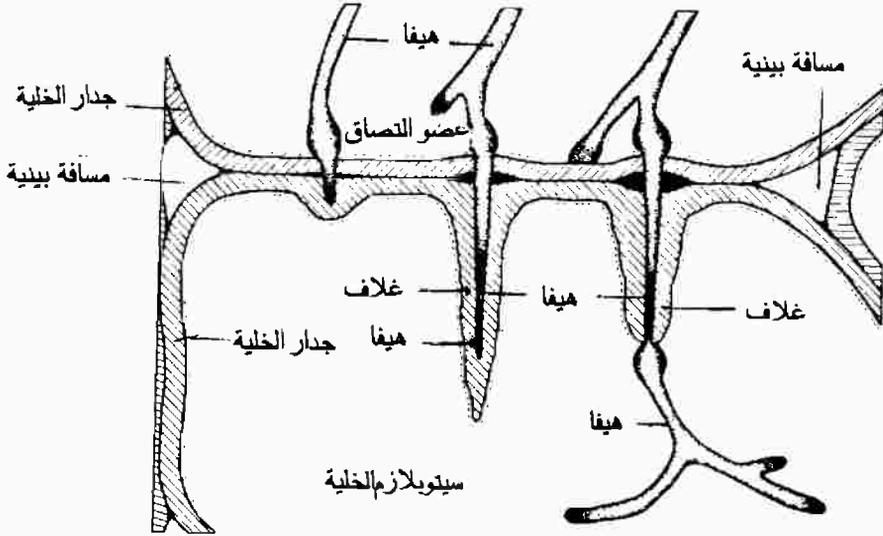


(شكل ٥١) : جزء من قطاع عرضي في ورقة برقوق يوضح تكوين خلايا وأنسجة ملجننة تحيط بالأنسجة المصابة وينتج عن ذلك منطقة انفصال تسبب انفصال الجزء المصاب عن السليم وذلك كما في مرض تثقيب الحلويات .



(شكل ٥٢) : قطاع عرضي في ساق نبات التفاح يوضح تكوين الصمغ في الخلايا لمقاومة

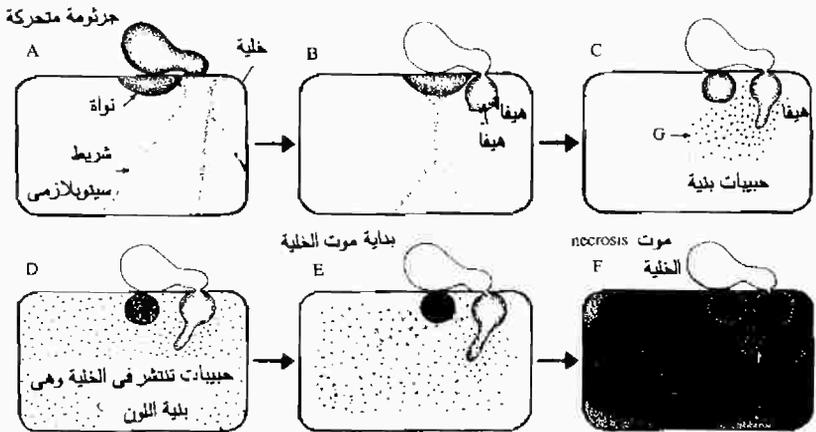
الفطر المسبب لمرض تقرح أفرع التفاح *Physalospora cydoniae* .



(شكل ٥٣) : قطاع عرضى فى خلية نباتية يوضح إختراق هيفا الفطر لها وتكوين الغلاف.

٦- مقاومة سيتوبلازمية : فى حالة الفطريات ضعيفة التطفل يحيط السيتوبلازم بالهيفا وتتمدد النواة وتنقسم إلى نواتين. ولذلك فإنه بعد أن يتمكن الطفيل من اختراقه للموانع الخارجية ويصل إلى داخل الخلية فإن سيتوبلازم الخلية يتفاعل بطرق عديدة قد تجعل منه خطأ دفاعياً ثانياً ضد تقدم الطفيل. فعندما تهاجم الخلايا تتضخم أنويتها ويزداد حجم السيتوبلازم ويصبح السيتوبلازم حبيبي كثيف وتظهر فيه حبيبات وتكوينات مختلفة. وفى النهاية يعقب ذلك تحلل ميسليوم الفطر وتتوف الإصابة.

٧- موت الأنسجة أي الحساسيه المفرطه hypersensitivity : في بعض الحالات وبعد إختراق هيفا الطفيل جدار الخليه وعندما تلامس البروتوبلاست فإن النواه تنتقل مباشرة إلى الهيفا ثم تتحلل . ثم تتكون حبيبات بنيه شبه راتنجية resinlike في السيتوبلازم حول هيفا الطفيل ثم تعم جميع سيتوبلازم الخليه . ويزيادة واستمرار تلون سيتوبلازم الخليه باللون البنى وتبدأ الخليه في الموت تبدأ أيضاً هيفا الطفيل في الضعف والتحلل . وغالباً لا تنتشر الهيفا خارج هذه الخليه وتموت وبالتالي يتوقف إنتشار الطفيل داخل خلايا جديدة للنبات . ومثال ذلك مقاومة نبات البطاطس لمرض اللفحة المتأخرة (شكل ٥٤) .



(شكل ٥٤) : خطوات حدوث موت الخلية necrotic defense reaction أي الحساسيه المفرطه hypersensitivity في خلية نبات بطاطس مقاوم لفطر اللفحة المتأخرة .

وفي حالة إصابة الأوراق بالبكتيريا فإنه ينتج عن الحساسيه المفرطه فساد جميع أغشية الخلية الملامسه للخليه البكتيرييه ويتبع ذلك جفاف وموت خلايا وأنسجة الورقة .

تعتبر موت الأنسجة والحساسية المفرطة شائعة الحدوث وخاصة في الفطريات إجبارية التطفل وأيضاً في الفيروسات وديدان النيما تود. يعتقد أن الأنسجة الميتة تفصل الطفيل الإجبارى عن الأنسجة السليمة وبذلك يتوقف مد الطفيل بالغذاء اللازم وينتج عن ذلك ضعفه ثم موته. كلما زادت سرعة موت الخلايا والأنسجة كلما كان ذلك دليل على أن النبات أو الصنف عال أو شديد المقاومة .

### المقاومة الكيموحيوية

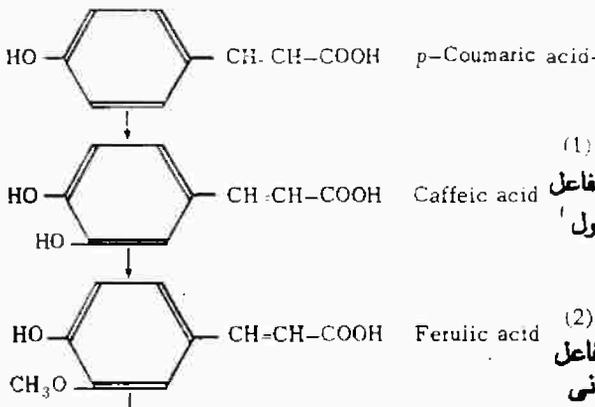
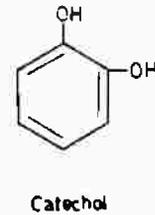
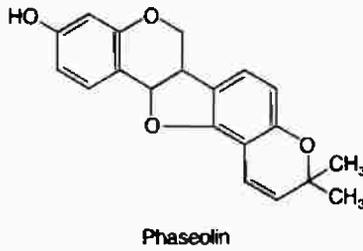
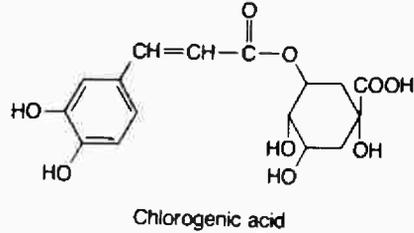
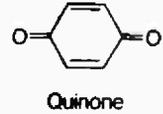
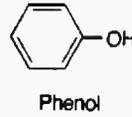
وهى مقاومة تحدث نتيجة لوجود أو تكون مركبات كيمياويه ومنها نوعان مقاومه طبيعیه ومقاومه مكتسبه .

#### أولاً : المقاومة الطبيعية :

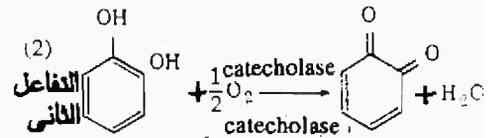
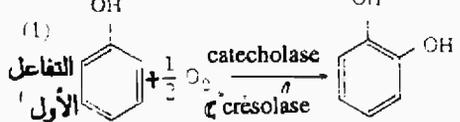
حيث توجد مركبات كيمياويه فى النبات تقلل أو تمنع إصابته .

١- مركبات موجوده فى طبقة الكيوتيكول: وجود حامض سيلسيك silicic فى أديم بشره نبات الأرز يعطى النبات مقاومة . عند إستعمال صنفين متساويين فى سمك الأديم أحدهما يحتوى على حامض سيلسيك والآخر لا يحتوى على هذا الحامض فأن الأول يكون مقاوم وذلك كما فى مرض اللفحة فى الأرز.

٢- إفراز مركبات سامه: وجد فى كثير من الحالات أن الأجزاء المختلفه من النبات مثل الأوراق أو السيقان أو الجذور أو الأبصال تفرز على سطحها إفرازات تحتوى على مركبات كيمياويه كثيره ومختلفه ويمكن أن يكون بعض هذه المركبات سام للطفيل وبذلك يمنع إنبات جراثيمه أو يحد من نموه أو يقتله. ومن أمثله الأبصال حالة مرض الأسوداد فى البصل onion smudge المتسبب عن الفطر *Colletotrichum ciricans* . تعتبر الأبصال الملونه الحمراء مقاومة للمرض حيث أن الأوراق الحمراء تفرز خلاياها على السطح بعض المركبات الفينولية التى تمنع إنبات جراثيم الفطر وهذه المركبات منها كاتيكول catechol وحامض protocatechuic . بينما الأبصال الغير ملونه قابلة للإصابة لعدم قدرتها على تخليق هذه المركبات (شكل ٥٥) .



نشاط أنزيم الفينول أوكسيديز (خطوتين)



(شكل ٥٥) : مركبات لها دور في مقاومة النبات ونشاط أنزيم الفينول أوكسيديز.

ومن أمثلة الجذور حالة مرض الذبول في الكتان حيث تفرز جذور النبات المقاوم مركبات ينتج عنها غاز حامض الإيدروسيانيك HCN في التربة أو مشتقاته. يتخلل هذا الغاز الشديد السمية التربة حول الجذور ويقتل الفطر المسبب. أما الأصناف الغيرمقاومة من الكتان فإنه لا يتكون من المركبات المفترزة من الجذور هذا الحامض وتصبح قابلة للإصابة بجراثيم الفطر. حيث تصيب أنبوية الأنبات الجرثومية جذور النبات عن طريق إختراقها للشعيرات الجذرية ثم تنمو هيفات الفطر داخل خلية الشعيرة الجذرية ومنها تغزو الجذر.

٣. مركبات سامه موجوده داخل خلايا النبات: يكون النبات مركبات سامه للطفيليات وبذلك يصبح مقاوم ومن أكثر هذه المركبات شيوعاً المركبات الفينولية. تتكون المركبات الفينولية من حلقة بنزين على الأقل وعليها مجموعة أيدروكسيد أو أكثر. وجد أن أصناف البطاطس التي تحتوى على تركيز عال نسبياً من المركب الفينولى حامض كلوروجينيك chlorogenic acid فى درناتها تكون مقاومة لمرض الجرب العادى والعكس صحيح. نفس الحالة توجد فى مرض اللفحة فى الأرز.

يمكن أن يكون لنشاط الأنزيمات دور فى المقاومة حيث أنها تحلل مركبات غير سامه إلى مركبات سامه للطفيل ومثال ذلك حالة مرض اللفحة النارية فى الكمثرى. يوجد أربوتين arbutin فى أشجار الكمثرى ومنتشر بالتساوى فى الأنسجة المختلفة وهذا المركب فينولى وغير سام. تكون أشجار الكمثرى طبيعياً إنزيم بيناجلوكوسيديز B-glucosidase والذي يحلل أربوتين إلى جلوكوز ومركب آخر مضاد للطفيليات antimicrobial يسمى شبه الكينون semiquinone. يعتبر المركب الأخير سام للبكتريا المسببه لمرض اللفحة النارية. يوجد بعض أجزاء من شجرة الكمثرى تكون مقاومة وأجزاء أخرى فى نفس الشجرة قابلة للإصابة بشدة مثل الغدد الرحيقيه ويعال ذلك بأن هذا الأنزيم عال فى الأجزاء المقاومة والعكس صحيح حيث أن نشاطه منخفض فى أنسجة الغدد الرحيقيه.

يكون أيضاً النبات مركبات الأستيرولات sterols وهى مركبات حلقيه تتكون من أربعة حلقات. يمكن لبعض منها أن يكون له دور فى مقاومة الطفيليات مثل ألفاسولانين &-solanin وألفاشاكونين &-chaconine والتي توجد فى قشرة درنات البطاطس وتسبب تثبيط نمو

الفطر *Helminthosporium carbonum* . يوجد مركب آخر وهو توماتين tomatine يوجد في نباتات العائلة الباذنجانية وسام لبعض أنواع فطر *Septoria* . تؤثر مركبات الأستيرولات السامة على الغشاء البلازمي للفطريات وتسبب إختلال في نفاذية الفطر ويؤدي ذلك إلى موته .

يكون لأنزيم فينول أوكسيديز نوعين من التفاعلات. التفاعل الأول يتم تحويل الفينول وحيد الإيدروكسيد monophenol إلى فينول ثنائي الإيدروكسيد أى أورثوداي فينول O-diphenol وذلك فى وجود الأوكسجين ويسمى هذا التفاعل cresolase activity وفى التفاعل الثانى يتم تحويل (شكل ٥٥) مركب أورثوداي فينول إلى كينون وذلك فى وجود الأوكسجين ويسمى هذا التفاعل catecholase activity ويتم خروج الماء. يتم حدوث هذين التفاعلين سوياً وفى آن واحد. يتم تثبيط هذين التفاعلين بنفس الدرجة بواسطة مركبات خالبة أى ترتبط بالمعادن metal-binding reagents . ويتأثر كلا التفاعلين بوجود أيون النحاس فى الوسط حيث تزداد سرعة التفاعل بزيادة تركيز النحاس . يتوقف نشاط الأنزيم تماماً فى عدم وجود أيون النحاس وعند اضافة النحاس يستعيد الأنزيم نشاطه. تعتبر مركبات الكينون quinone أشد ضرراً على الفطريات من كثير من المركبات الفينولية . ويعتبر تكوين الكينونات من المركبات الفينولية أحد التفاعلات الهامة والتي تسبب مقاومة بعض النباتات لبعض الأمراض وحيث أن الكينونات سامة للإنسان فإن هذه النباتات التى لها هذه الميكانيكية من المقاومة يمكن أن تحتوى على تراكيزات عالية نسبياً من الكينونات وبذلك قد تصبح ضاره للإنسان فقد تؤثر تأثير ضار على صحة الإنسان .

يمكن أن يكون لأنزيم فينول أوكسيديز phenol oxidase دور فى مقاومة الأمراض حيث أن هذا الأنزيم يقوم بتحويل المركبات الفينولية إلى مركبات الكينون quinone وهذه المركبات الأخيرة يمكن أن تكون فى بعض الحالات أكثر سمية من الفينولات. يتميز مركب الكينون بأنه يتكون من حلقة بنزين على الأقل وعليها ذرة أوكسجين مرتبطه بالحلقه برابطة مزدوجة. وجد أن مركب مثبط لأنزيم الفينول أوكسيديز خفض التأثير السام لمركب الكاتيكول على الفطر *Cochliobolus miyabeanus* المسبب لمرض لفحة الأوراق فى الأرز. يعتقد أن ذلك راجع لمنع تحول الكاتيكول إلى مركب الكينون الأكثر سمية .

يوجد كثير من المركبات الفينولية لها دور في مقاومة النبات وأهمها حامض الكافيك caffeic acid وحامض فريولك ferulic acid وحامض كلروجينيك (شكل ٥٥) chlorogenic acid والفلوريتين phloretin .

يعتبر أنزيم phenylalanine ammonia lyase من الأنزيمات الهامة في هذه الحالة حيث أنه يحول الحامض الأميني فينيل ألانين إلى حامض سيناميك cinnamic acid ويعتبر هذا الحامض هو مركب أساسي تتكون منه كثير من المركبات الفينولية مثل حامض الكافيك وحامض كوماريك والتي لها دور في مقاومه النبات. أنزيم tyrosine ammoniolyase له نفس الدور (شكل ٥٦).

يوجد مركبات أخرى في النبات يكون لها دور في مقاومة الأمراض حيث تتجمع في أماكن الإصابة وحولها لتحد من إنتشار الطفيل مثل بعض مركبات الأنثوسيانين anthocyanins والأحماض الأمينية العطرية aromatic amino acids ومشتقات مركب كومارين coumarin .

٤- غياب بعض المركبات اللازمة للطفيل: يمد النبات الطفيل بجميع المركبات اللازمة له والغير قادر على تخليقها وفي حالة غياب أحد هذه المركبات من النبات فإن الطفيل لا يمو ويصبح النبات مقاوم. وجد بعض سلالات من الفطر *Venturia inaequalis* غير قادرة على تخليق فيتامين الكولين والريبوفلافين. عند تعذر حصول هذه السلالات لهذين المركبين من النبات المصاب فيتوقف نمو الطفيل ويصبح النبات مقاوم لمرض الجرب في التفاح.

يمكن أيضاً أن يكون تركيز المركبات له دور في ذلك فقد وجد أن أشجار البرقوق والخوخ القابلة للإصابة بالفطر *Stereum purpureum* المسبب لمرض الورقة الفضية تحتوى عصارة نسيج الخشب فيها على تركيز عال من النيتروجين والمواد الكربوهيدراتية عنه في حالة الأصناف المقاومة.

٥- درجة حموضة خلايا النبات: يمكن أن يكون لدرجة حموضة الخلايا دور في مقاومة المرض. وجد المؤلف أن الثمار الغير ناضجة في العنب تكون مقاومة لمرض العفن الرمادي المتسبب عن الفطر *Botrytis cinerea* أما الثمار الناضجة فإنها تصاب بشدة. يرجع ذلك إلى أن الثمار الغير ناضجة ذات حموضة عالية نسبياً ورقمها الإيدروجيني من ٢.٤ - ٢.٦ وهذا لا يلائم نمو الفطر المسبب للمرض.

٦- الضغط الأسموزي لخلايا النبات: عادة يكون الضغط الأسموزي للفطريات الممرضة أعلى من الضغط الأسموزي للنبات ليسهل على الطفيل أخذ الماء من العائل. وجد أن خلايا

الأصناف المقاومة من الخس لمرض البياض الدقيقى ذات ضغط أسموزى عال والعكس صحيح فى الأصناف القابلة للإصابة.

٧. نوع البروتين الموجود فى النبات: تعتبر نظرية الجين للجين *gene for gene theory* من أفضل الأمثلة لذلك.

وقد اقترح هذه النظرية فلور Flor عام ١٩٥٥، وقد افترض فيها أن الطفيل وعائلته قد تطورا معاً فأصبح كل جين فى التركيب الوراثى للطفيل المعين، خاص بقدرة الطفيل على إحداث المرض، يقابله جين مناظر فى تركيب النبات العائل يعمل على إظهار رد فعل من قبل النبات العائل ضد الفعل الممرض للطفيل. وحيث أن قدرة الطفيل الممرضة يتحكم فيها عدد من الجينات، لذلك افترض فلور أن الجينات المناظرة لها، التى توجد فى تركيب النبات العائل تشترك جميعها فى صفة مقاومة العائل إزاء هذا الطفيل. وقياساً على ذلك علل فلور سلوك الأصناف المختلفة من الكتان إزاء السلالات المختلفة من الفطر المسبب للصدأ، ميلا مبسورا ليني *Melampsora lini* على أن وجود أنتجينات الجلوبيولين فى بعض الأصناف يجعلها قابلة للإصابة، فى حين أن عدم وجود هذه الأنتجينات فى أصناف أخرى يجعلها مقاومة للإصابة، أصبحت هذه النظرية صحيحة فى بعض الأمراض.

٨. اللكتينز lectins : هى عبارة عن مركبات بروتينية مرتبطة بالسكريات أو جليكوبروتين glycoprotein فى النبات لها دور فى مقاومة الأمراض كما فى مرض اللقحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم. أحياناً توجد مكونات من جدار خلية الفطر تسمى elicitors وقد تتكون من glycans أو glycoproteins وعند إرتباطها باللكتينز تخلق الفيتوألوكسينات وتحدث موت سريع للخلايا نتيجة للحساسية المفرطة hypersensitive response .

## ثانياً : المقاومة المكتسبة :

يحدث هذا النوع من المقاومة حيث تتكون مركبات كيميائية نتيجة لحدوث الإصابة ..

١- مركبات الفيتوألوكسينات phytoalexins : عبارة عن مركبات يكونها النبات نتيجة للإصابة بالطفيليات وقد تتكون نتيجة للضغوط أو العوامل الغير طبيعية التى يتعرض لها

النبات. تعتبر كثير من هذه المركبات (شكل ٥٥) من المركبات الفينولية مثل البساتين pisatin في البسلة والفاسيولين phaseolin في الفاصوليا وريشتين rishitin في البطاطس والبعض الآخر غير فينولي مثل wyerone acid في الفول. يرجع أهمية هذه المركبات أنها سامه للفطريات fungitoxic وبذلك يمكن أن تسبب مقاومة النبات.

عند إختبار أصناف من البسلة قابلة للإصابة بسلاله واحدة من الفطر *Ascochyta pisi* المسبب لمرض لفحة الأسكوكيتا في البسلة. وجد أن كمية البساتين pisatin المتكونه تختلف باختلاف الصنف فوجدت في بعض الأصناف بتركيز عال وفي البعض الآخر بتركيزات منخفضة أو متوسطة. وعند إختبار عديد من سلالات الفطر على صنف واحد من البسلة اتضح أيضاً إختلاف في تركيز البساتين المتكون تبعاً لنوع السلالة.

وجد أن الأصناف المقاومة من البسلة تنتج كمية عاليه من البساتين والعكس صحيح في الأصناف القابلة للإصابة. كما وجد أن السلالات من الفطر القويه في اصابتها يقابلها تركيز منخفض من البساتين في النبات العائل والعكس صحيح في سلالات الفطر الضعيفة حيث ينتج النبات العائل كمية عاليه من البساتين. يمكن تبعاً لذلك تعليل المقاومة في النبات بأن الفطر ينشط النبات لتخليق تركيزات عاليه نسبياً من الفيتوألوكسين قادرة على تثبيط الفطر والعكس صحيح في حالة القابلية للإصابة حيث لا يتكون الفيتوألوكسين أو يتكون بتركيزات منخفضة غير مؤثره على الفطر.

وجد في بعض الحالات أن اتحاد lectins مع elicitors يكون له دور في تخليق الفيتوألوكسينات. وجد أن عزل elicitors وهي عبارة عن مكونات في الجدار الخلوي للفطريات وعند ارتباطها بالكتينيز يكون لها دور في تخليق الفيتوألوكسينات. أمكن عزل elicitors من الجدار الخلوي لفطر *Phytophthora infestans* وفطر *Cladosporium fulvum* والفطر الأخير مسبب لمرض تصويف الأوراق في الطماطم. وجد أن elicitor في *Cladosporium* عبارة عن glycoprotein وحيث أن lectins شائعة الوجود طبيعياً في النبات فعند إضافته لخلايا الطماطم تنتج الفيتوألوكسين rishitin وعند إضافته لخلايا البسلة تنتج البساتين pisatin وعند إضافته لخلايا الفاصوليا تنتج الفاسيولين phaseolin. حيث يحدث إرتباط بين elicitor وlectins

على سطح النبات ويتكون الفيتوالكسينات ويحدث حالة حساسيه مفرطه hypersensitive response حيث يحدث موت سريع لخلايا النبات العائل تحد من إصابة وإنتشار الطفيل .

٢- تخليق بروتينات وأنزيمات: يمكن أن يتكون نتيجة للإصابة بروتينات فى النبات يكون لها دور فى مقاومة النبات. من المعروف أن جزء كبير من تركيب الأنزيم يتكون من بروتين. وأن بعض الأنزيمات لها مشابهات كثيرة isoenzymes مثل إنزيم البيروكسيداز peroxidase . تعرف مشابهات الأنزيم بأنها تقوم بنفس تفاعل الأنزيم ولكنها تختلف فى الوزن الجزيئى وعدد ونوع الشحنات للبروتين. وجد المؤلف والمتينى أن الإصابة تزيد من عدد مشابهات أنزيم البيروكسيداز فى حالة مرض التفحم العادى فى الذره الشاميه ومرض الذبول الطرى وسقوط البادرات فى الفاصوليا. علاوة على ذلك وجد المؤلف والمتينى أن مشابهات أنزيم البيروكسيداز لها دور فى مقاومة مرض الصدأ البرتقالى فى القمح حيث أن المقاومة مرتبطة بوجود أحد مشابهات الأنزيم. يمكن فصل مشابهات الأنزيم والتعرف عليها وذلك بواسطة الهجره فى وسط غروى فى مجال كهربائى electrophoresis .

٣- تكوين مركبات تثبيط عمل أنزيمات الطفيل: يمكن أن تتكون مركبات فى العائل تثبط عمل إنزيمات الطفيل. حيث وجد أن ثمار التفاح المصابه بالفطر *Sclerotinia fructigena* المسبب لمرض العفن البنى والتي يمكنها أن تقاوم الفطر يحدث بها أكسده للمركبات الفينولية. ينتج عن الأكسده مركبات تثبط عمل الأنزيمات المحلله للمركبات البكتينيه والتي تسبب حدوث المرض. وجد أن المركبات الفينولية الموجوده فى عصارة النبات للصنف المقاوم لا تؤثر على نمو الفطر ولكنها تثبط أنزيم polygalacturonase . لا يحدث فى النبات أو الصنف القابل للإصابة هذه الحالة. تسبب هذه الأنزيمات فصل الخلايا عن بعضها وحدث عفن طرى.

٤- تكوين مركبات تقاوم فعل الأنزيم: يمكن أن تتكون مركبات فى النبات العائل معقدة التركيب يصعب على الأنزيمات تحليلها. حيث يتكون فى ثمار التفاح الصغيرة الخضراء المصابه مركبات معقدة تتكون من بروتينات متحده مع مركبات بكتينيه وكاتيونات عديدة التكافؤ مثل الكالسيوم pectin-protein-polyvalent cation وتصبح هذه الثمار مقاومة لكثير من الفطريات حيث لا يمكن للأنزيمات المحلله للمركبات البكتينيه تحليل هذه المركبات. يوجد

نفس الحالة عند إصابة الفاصوليا بفطر *Rhizoctonia* ففي الأصناف المقاومة يتكون مركب بكتينى عديد الكالسيوم يصعب تحليله بأنزيمات الفطر فلا يحدث المرض نتيجة لتوقف عمل هذه الأنزيمات. فى الأصناف القابلة للإصابة يحدث العكس.

٥. معادلة سموم الطفيل : يمكن للنبات أن يعادل أو يبطل تأثير سموم الطفيل detoxification. وجد فى نباتات الطماطم والقطن المقاومة لمرض الذبول أنه يمكنها معادلة تأثير سم حامض الفيوزاريك fusaric acid بسرعة نسبياً حيث يتكون مركب غير سام وهو-N-methylfusaric acid amide. يوجد حالة أخرى فى مرض اللفحة فى الأرز حيث يعادل النبات المقاوم التأثير السام لكلا من picularin و picolinic المفرزان بواسطة الفطر. حيث يتحول جزء كبير من picolinic acid إلى مركبين غير سامين وهما picolinic acid methyl ester و N-methyl picolinic. يمكن أن يؤكد النبات المقاوم المركبات الفينولية مثل حامض الكلورجينيك chlorogenic أو حامض فريوليك ferulic وهذه تعادل سمية البيريكيولارين picularin.

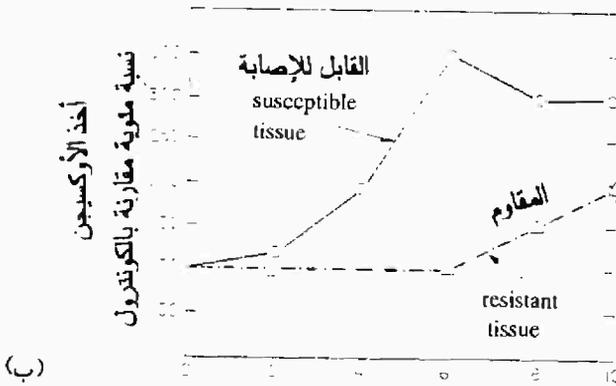
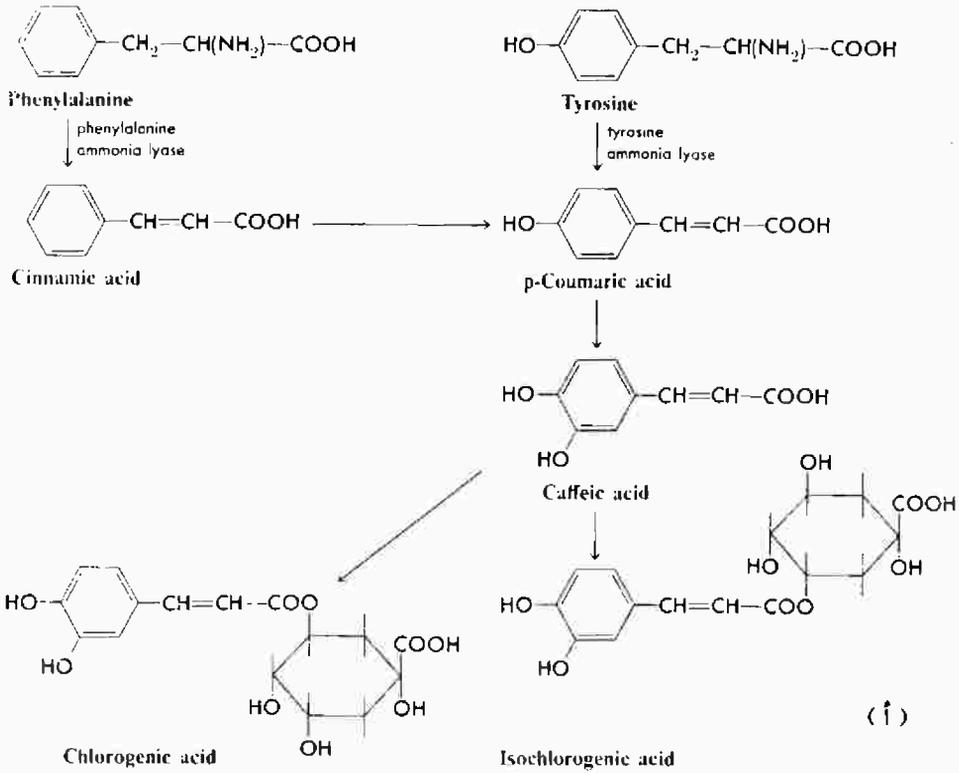
٦. حساسية النبات للطفيل: فى بعض الحالات عند حدوث الإصابة تموت بسرعة خلايا النبات المحيطة بالطفيل hypersensitive reaction وتمنع إنتشاره فى النبات ويصبح النبات مقاوم نتيجة لحساسيته المفرطة للإصابة. يكون العكس صحيح فى النباتات القابلة للإصابة حيث لا يتمتع النبات بالحساسيه المذكورة ولا تموت الخلايا حول الطفيل نتيجة للإصابة. يوجد أمثلة كثيرة لذلك منها مرض صدأ الساق فى القمح ومرض اللفحة المتأخره فى البطاطس والطماطم. تفسير حالة الحساسيه الزائدة للنبات أنها نتيجة لإختلال فى عمليات الأكسدة والإختزال فى خلايا النبات العائل ينتج عنها زيادة كبيرة فى أكسدة المركبات الفينولية وينتج عن المركبات الفينولية المؤكسده الزائدة إختلال فى تركيب الخلية ثم موتها.

وجد فى بعض الحالات أن اتحاد lectins مع elicitors يكون لها دور فى تخليق الفيتوأكسينات وحدث hypersensitive response كما فى مرض اللفحة المتأخره فى البطاطس والطماطم. وجد المؤلف أن قرون الفاصوليا يمكن أن تظهر حالة الحساسيه المفرطة عند إصابتها بسلاطات ضعيفة للفطر *Botrytis cinerea*.

## التنفس ومقاومة النبات

تعتبر العلاقة بين سرعة التنفس في النبات والمقاومة غير ثابتة. ولكن عادة وليست في جميع الحالات تزداد سرعة التنفس في النبات المقاوم أثناء الإصابة عنه في النبات القابل للإصابة. وجد أيضاً أن معاملة النبات بالمركبات المخدرة narcotics والتي تقلل من سرعة التنفس تقلل من درجة مقاومة النبات وتجعله أكثر قابلية للإصابة. يعتقد أن سرعة أخذ الأكسجين من الجو وزيادة سرعة التنفس لها دور في مقاومة النبات. وجد أيضاً أنه في حالات تفاعلات الحساسيه المفرطه hypersensitive reactions زيادة في أخذ الأكسجين من الجو ويعتقد أن ذلك لازم لأكسدة المركبات الفينولية الموجودة في النبات وهي أيضاً لازمة لنشاط أنزيم الفينول أوكسيديز. وجد في صداً القمح أن الصنف المقاوم تزداد فيه سرعة التنفس بسرعة ثم تقل بسرعة بينما الصنف القابل للإصابة تزداد فيه سرعة التنفس تدريجياً وذلك في حالة حدوث إصابة. نفس الحالة توجد في أصناف البطاطس المقاومة والقابلة للإصابة في حالة مرض اللفحة المتأخرة وأيضاً أصناف الفول السوداني في حالة مرض تيكا.

ومن الحالات العكسية زيادة سرعة التنفس في النبات المصاب عنه في النبات المقاوم كما في مرض ذبول التبغ المتسبب عن البكتريا *Pseudomonas solanacearum* (شكل ٥٦).



(شكل ٥٦) : ( أ ) تحول التيروسين والفينيل ألانين إلى مركبات فينولية نتيجة إصابة الجذور الدرنية للبطاطا بواسطة فطر والتي تصبح مقاومه نتيجة لذلك .

(ب) سرعة التنفس في صنف مقاوم وهو Coker 139 وصنف قابل للإصابة وهو Bottom Special لمرض الذبول في التبغ .