الباب الثامن

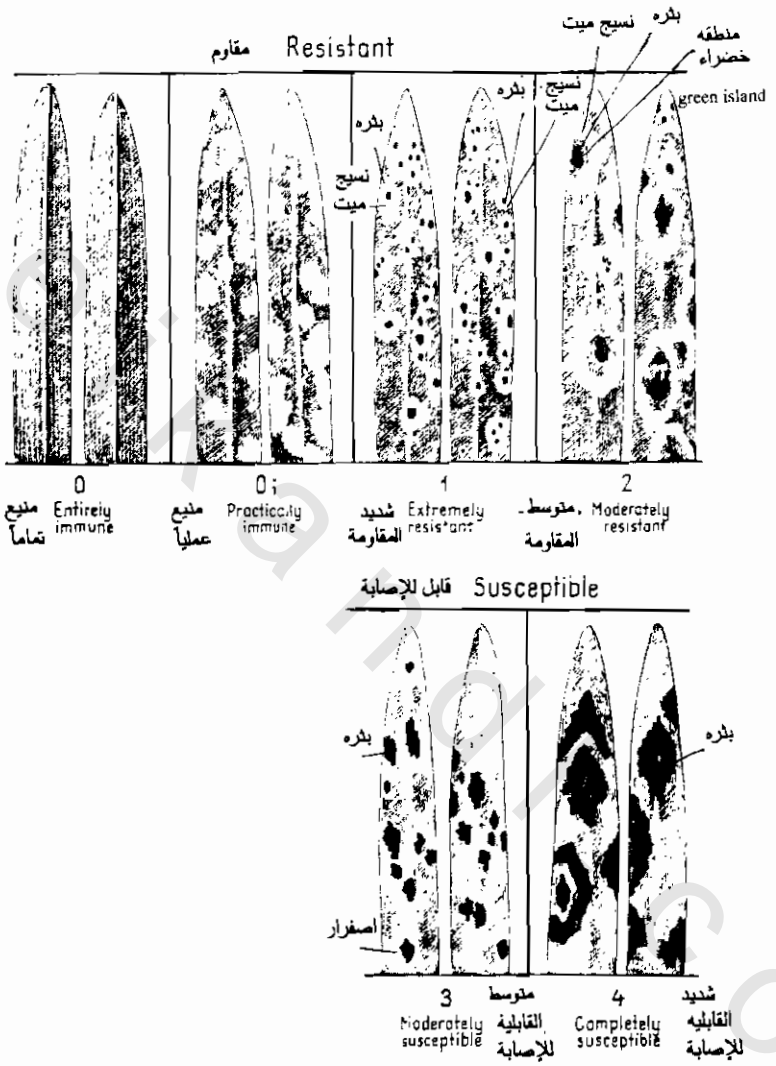
أنواع المقاومة فى النبات

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 والقابليه للإصابة susceptibility مقياس لرد فعل النبات. إذا كان فعل النبات سريع وقوى وتصبح الإصابة محدوده بدرجة كبيرة يسمى عال أو شديد المقاومة highly resistance واذا 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 الصفه هو نتيجة تفاعل بين العوامل الوراثيه 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 المتزنه للنبات بالعناصر الضروريه 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 اللفحه النارية وأن التسميد المتوازن بين السماد الأزوتى والسماد البوتاسى يساعد على مقاومة النبات لمرض الذبول.

يذكر أحياناً فى بعض الأمراض أن النبات منيع immune . يعنى ذلك أنه لاتحدث إصابة للنبات أو لايحدث إختراق الطفيل للنبات أو يحدث إختراق فقط ولا يتمكن الطفيل من عمل علاقه بيولوجيه تطفليه مع النبات وبذلك لاتحدث الإصابة ولاتظهر أى أعراض للمرض. تختلف بذلك المناعه immunity عن المقاومة حيث أنه فى المناعه لاتظهر 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 الميته حول البثره والصنف متوسط المقاومة ويظهر عليه بثرات يوريديه صغيرة أو متوسطة الحجم تحاط بمنطقة باهته حيه من نسيج الورقه chlorosis يحدها من الخارج منطقة من أنسجة ميته وبنية اللون. يتميز الصنف القابل للإصابة بعدم وجود أنسجه ميته تحيط بالبثره ولكن قد تحاط البثره بأنسجه باهتة اللون حيه chlorosis ولذلك فى هذه الحالة يلاحظ وجود بثرات يوريديه متوسطة إلى كبيرة المساحة وقد تحاط بأنسجة باهتة اللون حيه. من ذلك يتضح أن وجود نسيج ميت حول البثره necrosis يدل على أن الصنف مقاوم أما فى الأصناف القابله للإصابة فأنه لايوجد 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 الأنسجة 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 الداخله 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 بألانتجين antigen . يوجد للأنتجن صفات كثيرة ومنها أنه لابد أن يكون غريب عن جسم الإنسان أو الحيوان وعادة يتكون من البروتين وقليلاً ما يتكون من مركبات كربوإيدراتيه عديدة التسكر polysaccharides . ومثال ذلك أنه عند تشريط فيروس الجدرى الواهن فى جسم



(شكل ٤٥) : درجات المقاومه والقابليه للإصابة فى فطر صدأ الساق فى القمح.

الإنسان فإن يعتبر أنتجن ويسبب تكوين أجسام مضادة فى الانسان تهاجم الفيروس وتمنع تأثيره. ولذلك يصبح الإنسان مقاوم لمرض الجدرى عند إصابته بالفيروس العادى القوى لمرض الجدرى حيث أن الأجسام المضادة موجودة فى جسمه وتسمى هذه الحالة بالمناعه 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 لابد 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 عرضه للإصابة بمرض شلل الأطفال. يكون الفيرس فى فاكسين vaccine الجدرى حى واهن وفى شلل الأطفال يكون ميت.

يوجد ما يشابه ذلك فى النبات ولكن يجب ملاحظة أن النبات لايوجد به جهاز دورى يحتوى على الدم كما فى الانسان والحيوان ولذلك فإن لفظ المناعه المستخدم فى أمراض النبات يختلف تماماً عن أمراض الإنسان والحيوان. حيث أن لفظ المناعه 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 فلايوجد به أجسام مضاده لأنها تتكون دائماً فى الدم. يوجد ما يشابه المناعه المكتسبه فى النبات فقد وجد أن تلقيح النبات بسلاله ضعيفة من الطفيل يمكن أن تقى النبات من الإصابة بسلالة قويه يوجد أمثله لذلك فى قليل من الفطريات مثل مرض اللفحه المتأخره فى البطاطس وفى البكتريا مرض التدرن التاجى وفى كثير من الفيروسات مثل مرض تبرقش الطاطم. حيث وجد أن تلقيح نباتات الطماطم بسلالة ضعيفه من هذا الفيرس تسبب مقاومة نباتات الطماطم للسلالات القويه من الفيرس cross protection تستعمل هذه الحالة فى نباتات الطماطم فى الزراعه المحميه لمقاومة المرض.

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

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

يمكن تصنيف المقاومة تبعاً لعمر النبات إلى مقاومة البادره 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 الذره الشاميه أحياناً لايوجد إرتباط بين مقاومة البادره ومقاومة النبات البالغ بمعنى أنه يمكن أن تكون البادره مقاومة والنبات البالغ قابل للإصابة. أختبر المؤلف هذين النوعين من المقاومة فى مرض الصدأ البرتقالى فى القمح ومرض التفحم فى الذره الشاميه ووجد أن بعض الأصناف أو السلالات تكون مقاومة للمرض دون الأصناف أو السلالات الأخرى.

عند تصنيف المقاومة تبعاً لعدد العوامل الوراثيه فقد تكون المقاومة نتيجة لوجود جين واحد monogenic أى زوج من العوامل الوراثيه كما فى مرض أصفرار الكرنب وقد تكون نتيجة لوجود قليل من العوامل الوراثيه oligogenic أى ثلاثة أزواج من العوامل الوراثيه كما فى مرض اسوداد البصل وقد تكون نتيجة لوجود عدد كبير من العوامل الوراثيه 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 كيماوية chemical resistance حيث تتسبب المقاومة عن وجود مركبات كيماويه فى النبات سامه للطفيل وإلى مقاومة وظيفية functional resistance حيث تحدث المقاومة نتيجة لتغيرات فى تركيب أجزاء

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

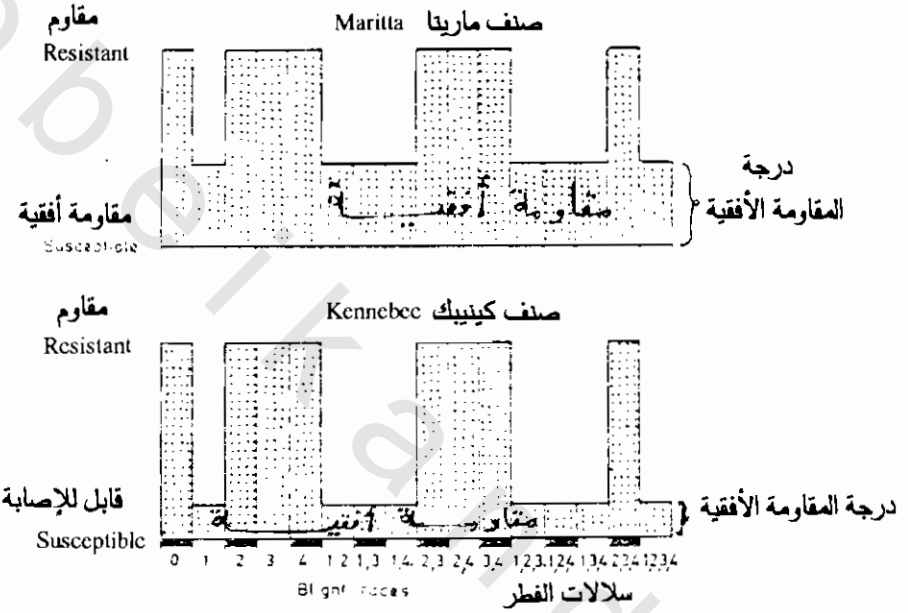
تصنف المقاومة إلى مقاومة ظاهرية apparent resistance وهى مقاومة نتيجة لهروب النبات من الإصابة disease escape حيث تنجو النباتات من الاصابة لعدم توفر الظروف البيئية التى تعمل على حدوث الإصابة ولذلك فإن التبكير أو التأخير فى الزراعة يكون له دور فى مقاومة المرض، ومثال ذلك أن زراعة البصل فى الموعد المناسب حيث درجة حرارة التربة تزيد عن ٢٨°م ينجو من الاصابة من مرض التفحم. ومقاومة حقيقيه true resistance حيث تشمل الحالات التى تعزى فيها المقاومة إلى صفات تركيبيه أو فسيولوجيه أو كيمو حيويه أو وراثيه.

يمكن تصنيف المقاومة إلى مقاومة الحقل field resistance ومقاومة ديميسم demissum resistance وذلك فى مرض اللفحه المتأخرة فى البطاطس. ترجع حالة مقاومة الحقل إلى إلى وجود عديد من minor genes ولذلك تسمى minor gene resistance أومقاومة جزئية partial resistance . ويتميز هذا النوع من المقاومة بأنه مقاوم لجميع سلالات الفطر وتكون المقاومة جزئية حيث أنه فى حالات الإصابة الضعيفة يكون النبات مقاوم ولكن فى حالات الاصابة الشديدة يصبح النبات قابل للإصابة ولمقاومة المرض فى هذه الحالة لابد من رش النبات بالمبيدات الفطرية. يعزى هذا النوع من المقاومة إلى بطء اختراق الطفيل لأنسجة النبات وبطء فى 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 فى حالة مقاومة *demissum* فإنها تكون مقاومة كاملة لبعض السلالات من الفطر دون السلالات الأخرى. وفى هذه الحالة تكون المقاومة كاملة ولاتحتاج إلى الرش بالمبيدات. يتحكم فى هذه المقاومة العوامل الوراثيه R وهى تسمى R. genes . تختلف طبيعة المقاومة فى هذه الحالة عن الحالة السابقة حيث أن المقاومة فى هذه الحالة نتيجة للحساسيه الزائدة للنبات والتى ينتج عنها موت سريع لأنسجة النبات فى مكان الإصابة وبذلك تصبح الإصابة محدودة والنبات مقاوم. مصدر هذا النوع من المقاومة فى أنواع بريه من البطاطس منها النوع *Solanum demissum* . توجد عدد من العوامل الوراثية فى هذه الحالة وهى R_4 و R_3 و R_2 و R_1 .

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

المقاومة التركيبية والمقاومة الكيموحيوية

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



(شكل ٤٦) : المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية

المقاومة الرأسية متماثله فى الصنفين ماريتا وكينيبك ولنفس سلالات الفطر ولكن المقاومة الأفقية أعلى وأشد فى الصنف ماريتا عنها فى الصنف كينيبك.

يوجد فى النبات تراكيب أو مركبات كيماوية طبيعية موجودة فى النبات السليم وتقلل أو تقاوم الإصابة. أما فى حالة المقاومة المكتسبة فإنه يتكون فى النبات فى أثناء الإصابة تركيبات معينة أو مركبات كيماويه خاصة نتيجة للإصابة وفى منطقة قريبة منها. تسمى المقاومة الطبيعية بالمقاومة السلبية static or passive resistance بينما تسمى المقاومه المكتسبه بالمقاومة الإيجابية dynamic or active resistance .

المقاومة التركيبية

ومنها المقاومة الطبيعية والمقاومة المكتسبة

أولاً : المقاومه الطبيعية :

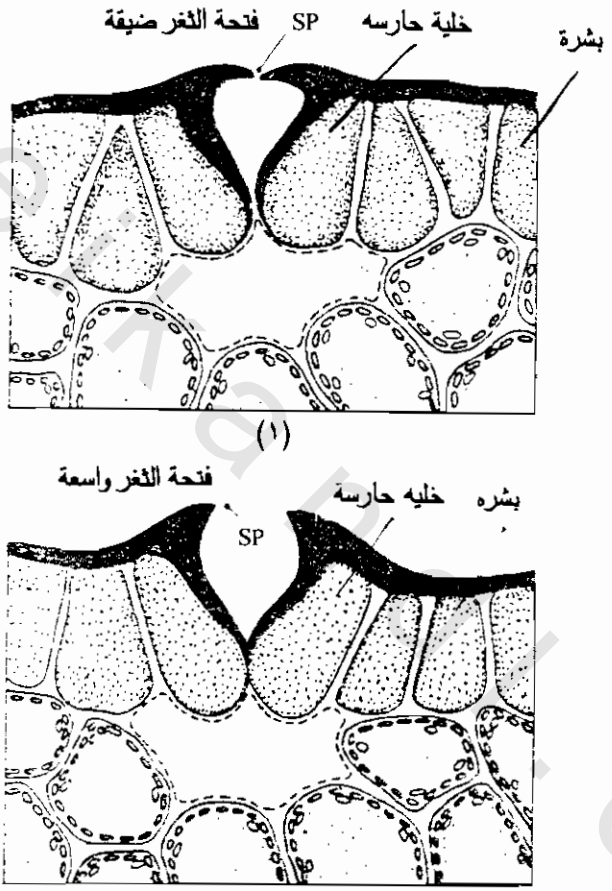
حيث توجد أنسجة أو تراكيب فى النبات تسبب المقاومة ومنها حالات كثيرة منها ما يأتى:

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

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

٣ـ كفاءة فتح الثغور: يصاب نبات بنجر السكر بالفطر *Cercospora beticola* مسبب مرض تبقع الأوراق السركسبورى فى البنجر وذلك فى الأوراق المكتملة النمو والتكوين ولاتصاب الأوراق الصغيرة أو كبيرة السن. وجد أن كفاءة فتح الثغور فى 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 .



(شكل ٤٧) : صلف يوسفى مقاوم حيث أن فتحة الثغر ضيقة (١) وآخر قابل للإصابة حيث أن فتحة الثغر واسعة (٢) .

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

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

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

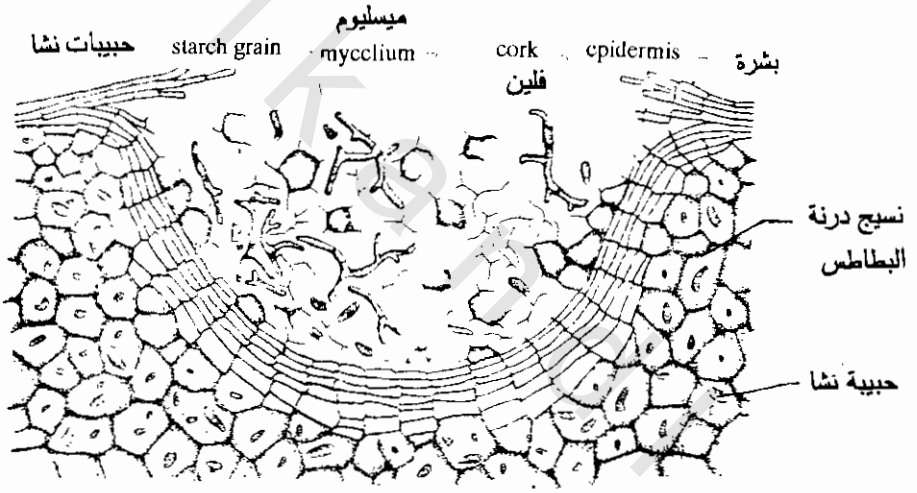
٧ ـ كمية الخلايا الأسكلارنشيميه: كلما زادت كمية الخلايا الأسكلارنشيميه الموجوده فى ساق النبات كلما زادت مقاومة النبات كما فى بعض أمراض أصداء القمح.

٨ ـ زوائد البشره والشعيرات: وجود زوائد البشره أو الشعيرات قد يكون له دور فى مقاومة النبات. وجد أن أصناف البطاطس أو الطماطم والتى تتميز بوجود شعيرات كثيفة على الأوراق والمجموع الخضرى عامة تكون أكثر مقاومة عن الأصناف قليلة الشعيرات وذلك فى حالة مرض اللفحه المتأخرة.

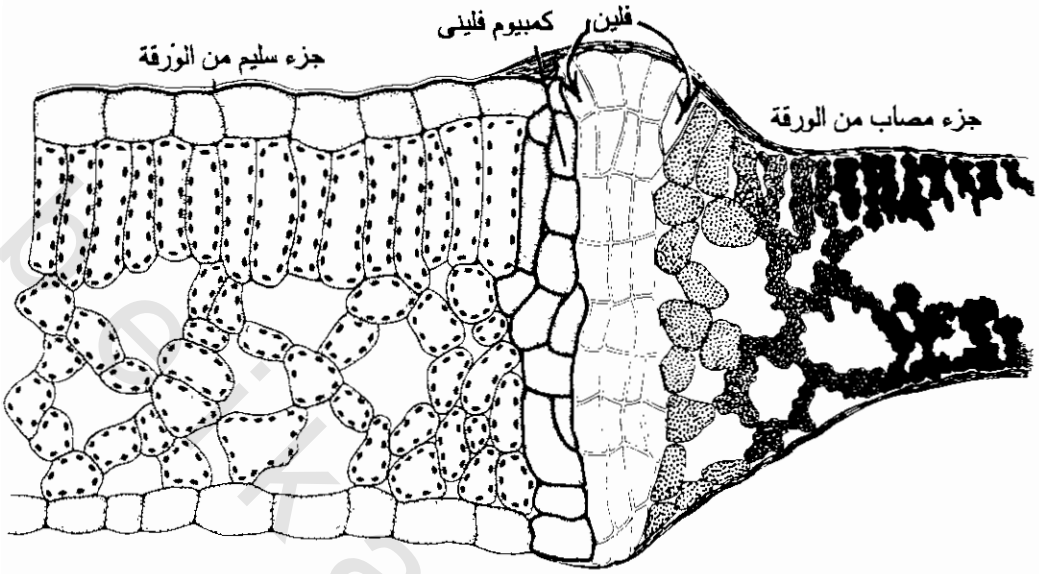
ثانياً : المقاومة المكتسبة :

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

١- تكوين نسيج من الفلين: يتكون نسيج من الفلين يحيط بالطفيل فى مكان الإصابة ويحد بذلك من نشاط وإنتشار الطفيل داخل النبات ويصبح النبات مقاوم كما فى 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 القشره 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 تؤدى إلى تكوين طبقة من الخلايا الفلينية تحت وحول منطقة الاصابة 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 وبالتالى يتوقف إنتشار الطفيل من موضع الإصابة وقد يموت. تتميز خلايا الفلين بأنها غير منفذه للماء والأملاح والمركبات العضوية وأيضاً الغازات ولذلك فإنها تحاصر الطفيل وتمنع عنه الغذاء وتقى الأنسجة السليمة من سموم الطفيل.

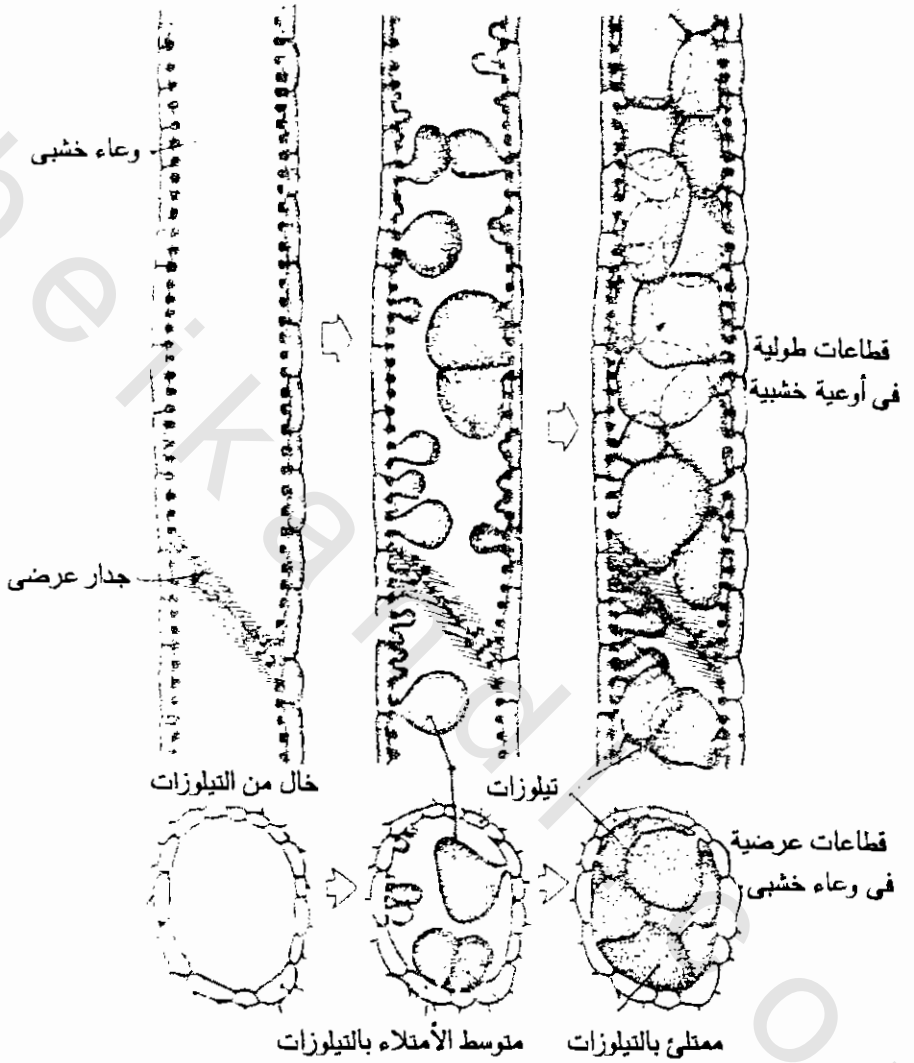
٢- التيلوزات tyloses: تتكون التيلوزات فى داخل الأوعيه الخشبية وهى عبارة إنتفاخات نتيجة تمدد غشاء الخلايا البارنشيميه المجاورة للوعاء الخشبى وذلك عبر النقر ويصبح جدار التيلوزسيليلوزى. سرعة تكوين وكمية التيلوزات المتكونه أساس المقاومة. تكوين كميات كبيرة من التيلوزات وبسرعة تسد الوعاء الخشبى نسبياً وتمنع إنتشار الطفيل داخل هذه الأوعية ويصبح مقاوم كما فى مرض ذبول البطاطا ومرض ذبول الطماطم (شكل ٥٠) . والعكس صحيح فى حالة تكوين كميات قليلة من التيلوزات وببطء فإن الطفيل ينتشر ويصبح النبات قابل للإصابة.

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

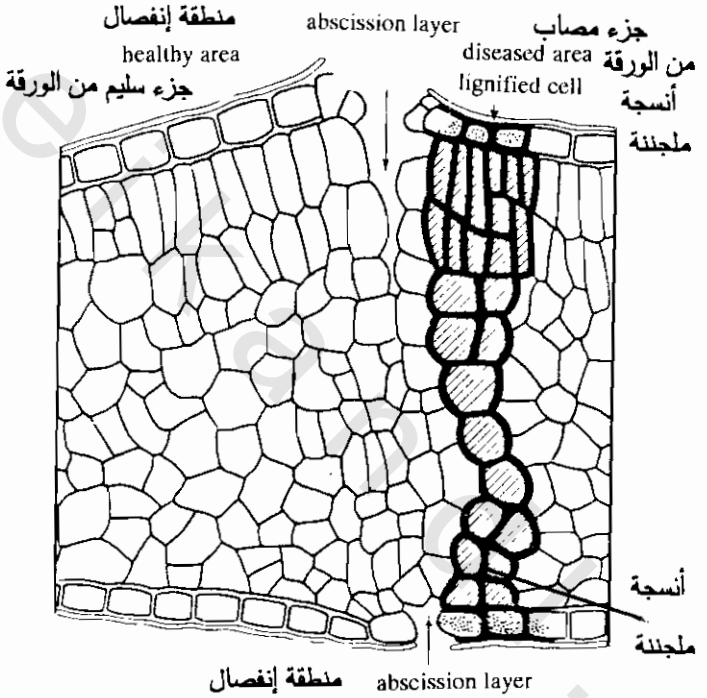
٤- ترسيب الصموغ gum deposition : يحدث ترسيب للصموغ حول المنطقة المصابه وبذلك تمنع إنتشار الطفيل داخل أنسجة النبات وذلك كما فى مرض البقعة البنيه فى الأرز. يتميز صنف الأرز Shoemed بمقاومته العاليه للمرض نتيجة لترسيب الصموغ وأيضاً أفرع نبات التفاح فى الأصناف المقاومة لمرض تقرح أفرع التفاح (شكل ٥٢).

دور الصموغ كوسائل دفاعية حيث تترسب بسرعة فى المسافات بين الخلايا وبداخل الخلايا المحيطة بمنطقة الإصابة وبذلك تعمل كحاجز غير منفذ لايخترقه الطفيل. ويصبح الطفيل محاصر ولايصل إليه الغذاء وفى النهاية يموت.

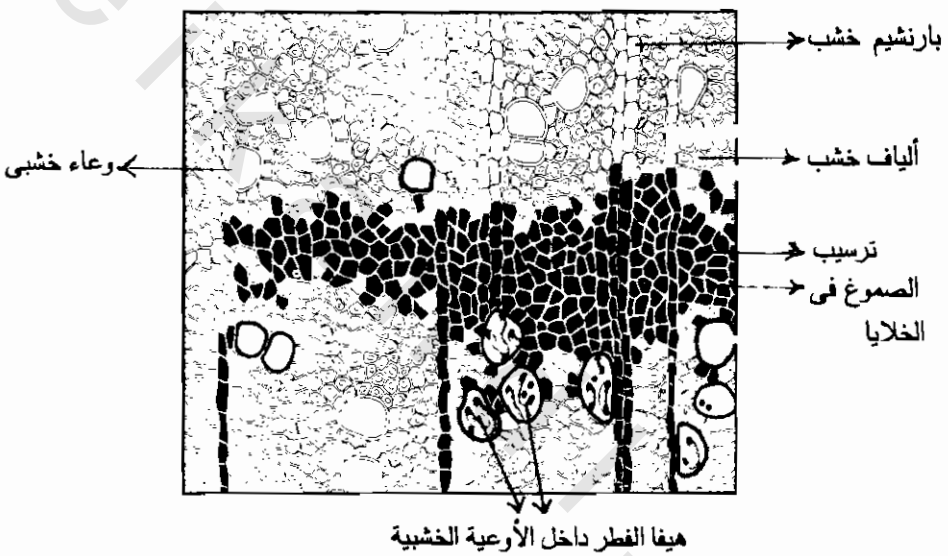
٥- تغليف الهيفا sheathing of hypha : يحدث فى بعض الحالات أثناء إختراق الهيفا للخلية فإن جدار الخليه يتمدد ويحيط بالهيفا ويكون حولها غلاف وبذلك يمنع إنتشار الطفيل داخل الخلية. غير معروف بالضبط المركبات التى تدخل فى تركيب الغلاف ومنها السيليلوز والكالوس. أحياناً يتكون الغلاف من السيتوبلازم وليست من الجدار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



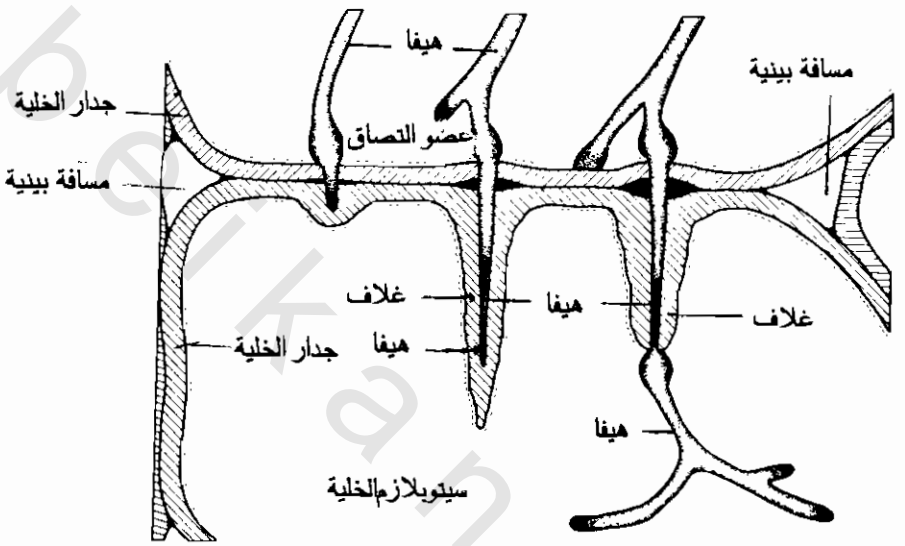
(شكل ٥٠) : قطاعات طولية وعرضيه فى أوعية خشبية توضح تكوين التيلوزات فيها وذلك فى نبات البطاطا.



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



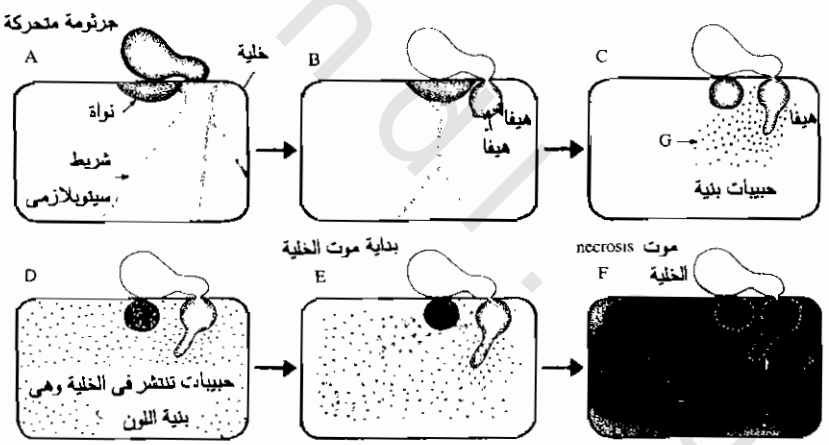
(شكل ٥٢) : قطاع عرضى فى ساق نبات التفاح يوضح تكوين الصموغ فى الخلايا لمقاومة الفطر المسبب لمرض تقرح أفرع التفاح *Physalospora cydoniae* .



(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 خطاً دفاعياً ثانياً ضد تقدم الطفيل. فعندما تهاجم الخلايا تتضخم أنويتها ويزداد حجم السيتوبلازم ويصبح السيتوبلازم حبيبى كثيف وتظهر فيه حبيبات وتكوينات مختلفة. وفى النهاية يعقب ذلك تحلل ميسليوم الفطر وتتوف الإصابة.

٧ـ موت الأنسجة أى الحساسيه المفرطه hypersensitivity : فى 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 فى السيتوبلازم حول هيفا الطفيل ثم تعم جميع سيتوبلازم الخليه. وبزيادة واستمرار تلون سيتوبلازم الخليه باللون البنى وتبدأ الخليه فى الموت تبدأ أيضاً هيفا الطفيل فى الضعف والتحلل. وغالباً لاتنتشر الهيفا خارج هذه الخليه وتموت وبالتالى يتوقف إنتشار الطفيل داخل خلايا جديدة للنبات. ومثال ذلك مقاومة نبات البطاطس لمرض اللفحه المتأخرة (شكل ٥٤).



(شكل ٥٤) : خطوات حدوث موت الخلية necrotic defense reaction أى الحساسيه المفرطه hypersensitivity فى خلية نبات بطاطس مقاوم لفطر اللفحه المتأخرة.

وفى حالة إصابة الأوراق بالبكتريا فإنه ينتج عن الحساسيه المفرطه فساد جميع أغشية الخلية الملامسه للخليه البكتيريه ويتبع ذلك جفاف وموت خلايا وأنسجة الورقة.

تعتبر موت الأنسجة والحساسية المفرطة شائعة الحدوث وخاصة فى الفطريات إجبارية التطفل وأيضاً فى الفيروسات وديدان النيماتود. 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

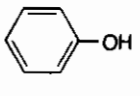
وهى مقاومة تحدث نتيجة لوجود أو تكون مركبات كيماويه ومنها نوعان مقاومه طبيعيه ومقاومه مكتسبه.

أولاً : المقاومة الطبيعية :

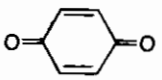
حيث توجد مركبات كيماويه فى النبات تقلل أو تمنع إصابته.

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

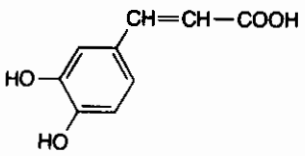
٢- إفراز مركبات سامه: وجد فى كثير من الحالات أن الأجزاء المختلفة من النبات مثل الأوراق أو السيقان أو الجذورأو الأبصال تفرز على سطحها إفرازات تحتوى على مركبات كيماويه كثيره ومختلفه ويمكن أن يكون بعض هذه المركبات سام للطفيل وبذلك يمنع إنبات جراثيمه أو يحد من نموه أو يقتله. ومن أمثلة الأبصال حالة مرض الأسوداد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



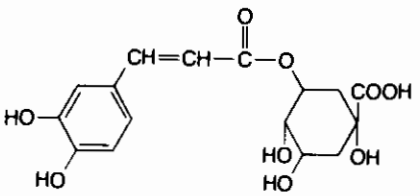
Phenol



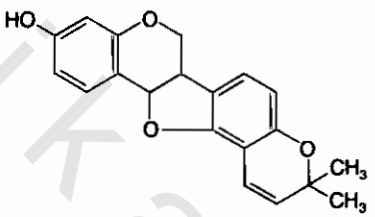
Quinone



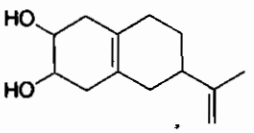
Caffeic acid



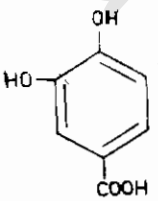
Chlorogenic acid



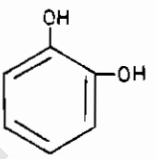
Phaseolin



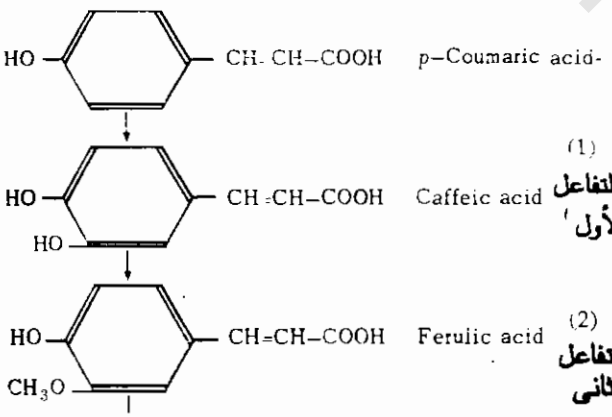
Rishitin



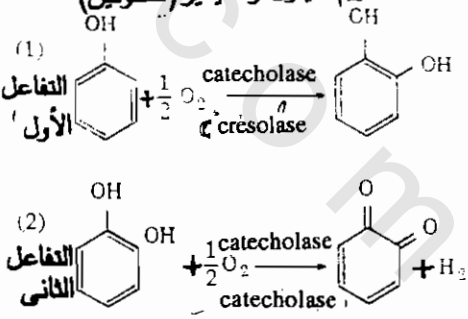
Protocatechuic acid



Catechol



نشاط أنزيم الفينول أوكسيديز (خطوتين)



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

ومن أمثلة الجذور حالة مرض الذبول فى الكتان حيث تفرز جذور النبات المقاوم مركبات ينتج عنها غاز حامض الإيدروسيانيك H C N فى التربة أو مشتقاته. يتخلل هذا الغاز الشديد السميه التربه حول الجذور ويقتل الفطر المسبب. أما الأصناف الغيرمقاومة من الكتان فإنه لا يتكون من المركبات المفرزه من الجذور هذا الحامض وتصبح قابلة للإصابة بجراثيم الفطر. حيث تصيب أنبوبة الأنبات الجرثوميه جذور النبات عن طريق إختراقها للشعيرات الجذريه 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 الفينوليه. تتكون المركبات الفينوليه من حلقة بنزين على الأقل وعليها مجموعة أيدروكسيد أو أكثر. وجد أن أصناف البطاطس التى تحتوى على تركيز عال نسبياً من المركب الفينولى حامض كلوروجينك 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 اللفحه النارية فى الكمثرى. يوجد أربيوتين arbutin فى أشجار الكمثرى ومنتشر بالتساوى فى الأنسجة المختلفة وهذا المركب فينولى وغير سام. تكون أشجار الكمثرى طبيعياً إنزيم بيتاجلوكوسيديز B-glucosidase والذى يحلل أربيوتين إلى جلوكوز ومركب آخر مضاد للطفيليات antimicrobial يسمى شبه الكينون semiquinone . يعتبر المركب الأخير سام للبكتريا المسببه لمرض اللفحه النارية. يوجد بعض أجزاء من شجرة الكمثرى تكون مقاومة وأجزاء أخرى فى نفس الشجرة قابلة للإصابة بشدة مثل الغدد الرحيقيه ويعلل ذلك بأن هذا الأنزيم عال فى الأجزاء المقاومة والعكس صحيح حيث أن نشاطه منخفض فى أنسجة الغدد الرحيقيه.

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

الفطر *Helminthosporium carbonum* . يوجد مركب آخر وهو توماتين tomatine يوجد فى نباتات العائلة الباذنجانية وسام لبعض أنواع فطر *Septoria* . تؤثر مركبات الأسيترولات السامه على الغشاء البلازمى للفطريات وتسبب إختلال فى نفاذية الفطر ويؤدى ذلك إلى موته.

يكون لأنزيم فينول أوكسيديز نوعين من التفاعلات. التفاعل الأول يتم تحويل الفينول وحيد الإيدروكسيد monophenol إلى فينول ثنائى الإيدروكسيد أى أورثوداى فينول O-diphenol وذلك فى وجود الأوكسجين ويسمى هذا التفاعل cresolase activity وفى التفاعل الثانى يتم تحويل (شكل ٥٥) مركب أورثوداى 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 وبنفس 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 الفينوليه. ويعتبر تكوين الكينونات من المركبات الفينوليه أحد التفاعلات الهامة والتى تسبب مقاومة بعض النباتات لبعض الأمراض وحيث أن الكينونات سامه للإنسان فإن هذه النباتات التى لها هذه الميكانيكية من المقاومة يمكن أن تحتوى على تركيزات 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 الفينوليه إلى مركبات الكينون quinone وهذه المركبات الأخيرة يمكن أن تكون فى بعض الحالات أكثر سميه 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 سميه.

يوجد كثيرمن المركبات الفينوليه لها دور فى مقاومة النبات وأهمها حامض الكافيكcaffeic acid وحامض فريولك ferulic acid وحامض كلوروجينك (شكل ٥٥) chlorogenic acid والفلورتين phloretin .

يعتبر أنزيم phenylalanine ammonia lyase من الأنزيمات الهامه فى هذه الحالة حيث أنه يحول الحامض الأمينى فينيل ألانين إلى حامض سيناميك cinnamic acid ويعتبر هذا الحامض هو مركب أساسى تتكون منه كثير من المركبات الفينولية مثل حامض الكافيك وحامض كوماريك والتى لها دور فى مقاومه النبات. أنزيم tyrosine ammonialyase له نفس الدور (شكل٥٦).

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

٤- غياب بعض المركبات اللازمة للطفيل: يمد النبات الطفيل بجميع المركبات اللازمة له والغير قادر على تخليقها وفى حالة غياب أحد هذه المركبات من النبات فأن الطفيل لايتمو 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 فى التفاح.

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

٥- درجة حموضة خلايا النبات: يمكن أن يكون لدرجة حموضة الخلايا دورفى مقاومة المرض. وجد المؤلف أن الثمار الغير ناضجة فى العنب تكون مقاومة لمرض العفن الرمادى المتسبب عن الفطر *Botrytis cinerea* أما الثمار الناضجة فإنها تصاب بشدة. يرجع ذلك إلى أن الثمار الغير ناضجة ذات حموضة عاليه نسبياً ورقمها الإيدروجينى من pH ٢,٤ - ٢,٦ وهذا لايلائم نمو الفطر المسبب للمرض.

٦- الضغط الأسموزى لخلايا النبات: عادة يكون الضغط الأسموزى للفطريات الممرضة أعلى من الضغط الأسموزى 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 وعائله 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 لينى *Melampsora lini* على أن وجود أنتجينات الجلوبيولين فى بعض الأصناف يجعلها قابلة للإصابة، فى حين أن عدم وجود هذه الأنتيجينات فى أصناف أخرى يجعلها مقاومة للإصابة، أصبحت هذه النظرية صحيحه فى بعض الأمراض.

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

ثانياً : المقاومة المكتسبة :

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

١- مركبات الفيتوألكسينات 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 الفينوليه مثل البساتين pisatin في البسله والفاسيولين phaseolin في الفاصوليا وريشتين rishitin في البطاطس والبعض الآخر غير فينولى 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 فى البسله. وجد أن كمية البساتين pisatin المتكونه تختلف بإختلاف الصنف فوجدت فى بعض الأصناف بتركيز عال وفى البعض الآخر بتركيزات منخفضة أو متوسطة. وعند إختبار عديد من سلالات الفطر على صنف واحد من البسله اتضح أيضاً إختلاف فى تركيز البساتين المتكون تبعاً لنوع السلاله.

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

وجد فى بعض الحالات أن اتحاد lectins مع elicitors يكون له دور فى تخليق الفيتوألكسينات. وجد أن عزل elicitors وهى عبارة عن مكونات فى الجدار الخلوى للفطريات وعند ارتباطها باللكتينز يكون لها دور فى تخليق الفيتوألكسينات. أمكن عزل elicitors من الجدار الخلوى لفطر *Phytophthora infestans* وفطر *Cladosporium fulvum* والفطر الأخير مسبب لمرض تصويف الأوراق فى الطماطم. وجد أن elicitor فى *Cladosporium* عبارة عن glycoprotein وحيث أن lectius شائعة الوجود طبيعيا فى النبات فعند إضافته لخلايا الطماطم تنتج الفيتوألكسين 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 الفيتوألكسينات ويحدث حاله 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 كثيره isoenzymes مثل إنزيم البيروكسيديز 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 البيروكسيديز فى حالة مرض التفحم العادى فى الذره الشاميه ومرض الذبول الطرى وسقوط البادرات فى الفاصوليا. علاوة على ذلك وجد المؤلف والمتينى أن مشابهات أنزيم البيروكسيديز 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 والتى يمكنها أن تقاوم الفطر يحدث بها أكسده للمركبات الفينوليه. ينتج عن الأكسدة مركبات تثبط عمل الأنزيمات المحلله للمركبات البكتينيه والتى تسبب حدوث المرض. وجد أن المركبات الفينوليه الموجوده فى عصارة النبات للصنف المقاوم لا تؤثر على نمو الفطر ولكنها تثبط أنزيم polygalacturonase . لايحدث فى النبات أو الصنف القابل للإصابة هذه الحالة. تسبب هذه الأنزيمات فصل الخلايا عن بعضها وحدوث 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 معقده تتكون من بروتينات متحده مع مركبات بكتينيه وكاتيونات عديدة التكافؤ مثل الكالسيوم pectin-protein-polyvalent cation وتصبح هذه الثمار مقاومة لكثير من الفطريات حيث لايمكن للأنزيمات المحلله للمركبات البكتينيه تحليل هذه المركبات. يوجد

نفس الحاله عند إصابة الفاصوليا بفطر *Rhizoctonia* ففى الأصناف المقاومة يتكون مركب بكتينى عديد الكالسيوم يصعب تحليله بأنزيمات الفطر فلايحدث 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 الفيوزارك fusaric acid بسرعة نسبياً حيث يتكون مركب غير سام وهو N-methylfusaric acid amide . يوجد حالة أخرى فى مرض اللفحه فى الأرز حيث يعادل النبات المقاوم التأثير السام لكلا من piricularin 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 يؤكسد النبات المقاوم المركبات الفينوليه مثل حامض الكلورجينك chlorogenic أو حامض فريولك ferulic وهذه تعادل سمية البيريكيولارين piricularin.

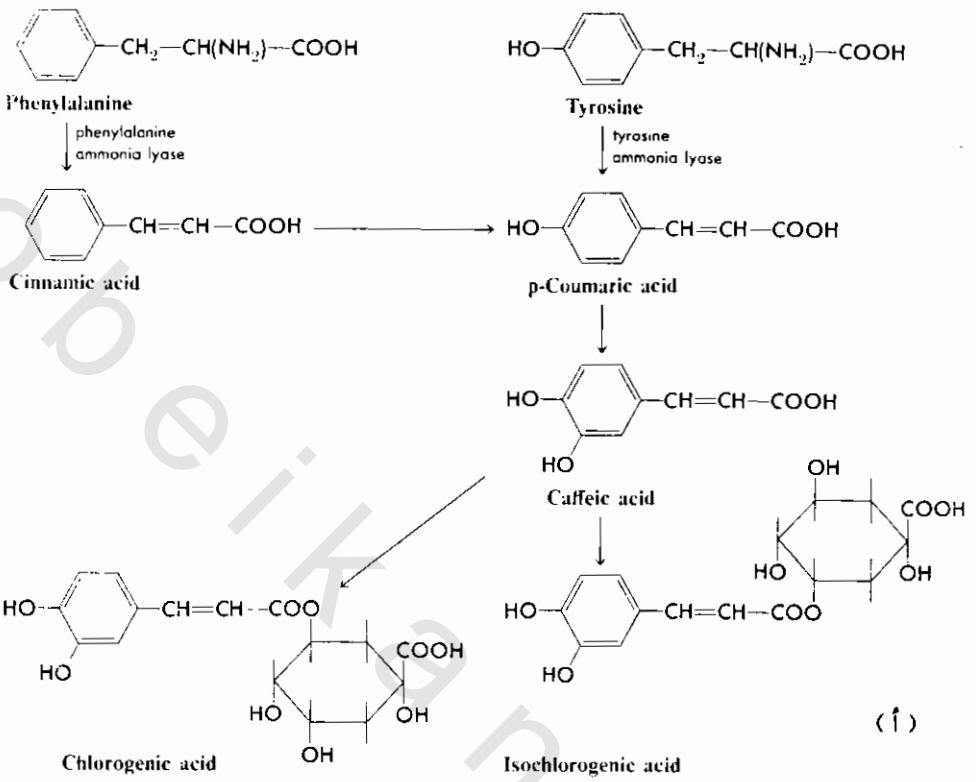
٦- حساسية النبات للطفيل: فى بعض الحالات عند حدوث الإصابة تموت بسرعة خلايا النبات المحيطه بالطفيل hypersensitive reaction وتمنع إنتشاره فى النبات ويصبح النبات مقاوم نتيجة لحساسيته المفرطه للإصابة. يكون العكس صحيح فى النباتات القابلة للإصابة حيث لايتمتع النبات بالحساسيه المذكورة ولا تموت الخلايا حول الطفيل نتيجة للإصابة. يوجد أمثلة كثيرة لذلك منها مرض صدأ الساق فى القمح ومرض اللفحه 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 الفينوليه وينتج عن المركبات الفينوليه المؤكسده الزائدة إختلال فى تركيب الخليه ثم موتها.

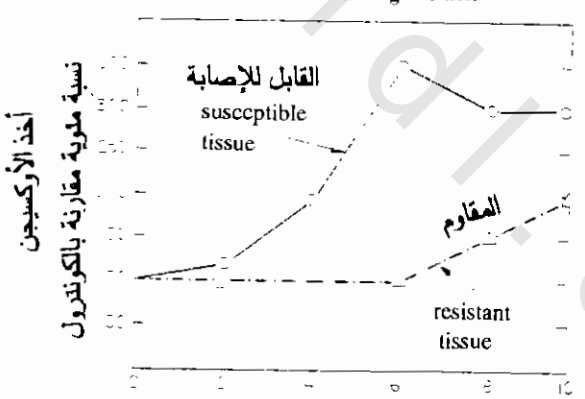
وجد فى بعض الحالات أن اتحاد lectins مع elicitors يكون لها دور فى تخليق الفيتوألكسينات وحدوث hypersensitive response كما فى مرض اللفحه المتأخره فى البطاطس والطماطم. وجد المؤلف أن قرون الفاصوليا يمكن أن تظهر حالة الحساسية المفرطه عند إصابتها بسلالات ضعيفة للفطر *Botrytis cinerea* .

التنفس ومقاومة النبات

تعتبر العلاقة بين سرعة التنفس فى النبات والمقاومة غير ثابتة. ولكن عادة وليست فى جميع الحالات تزداد سرعة التنفس فى النبات المقاوم أثناء الإصابة عنه فى النبات القابل للإصابة. وجد أيضاً أن معاملة النبات بالمركبات المخدرة narcotics والتى 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 فى مقاومة النبات. وجد أيضاً أنه فى حالات تفاعلات الحساسيه المفرطه hypersensitive reactions زيادة فى أخذ الأكسجين من الجو ويعتقد أن ذلك لازم لأكسدة المركبات الفينوليه الموجودة فى النبات وهى أيضاً لازمة لنشاط أنزيم الفينول أوكسيديز. وجد فى صدأ القمح أن الصنف المقاوم تزداد فيه سرعة التنفس بسرعة ثم تقل بسرعة بينما الصنف القابل للإصابة تزداد فيه سرعة التنفس تدريجياً وذلك فى حالة حدوث إصابة. نفس الحالة توجد فى أصناف البطاطس المقاومة والقابلة للإصابة فى حالة مرض اللفحه المتأخرة وأيضاً أصناف الفول السودانى فى حالة مرض تيكا.

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





(شكل ٥٦) : (أ) تحول التيروسين والفينيل ألانين إلى مركبات فينوليه نتيجة إصابة الجذور الدرنيه للبطاطا بواسطة فطر والتى تصبح مقاومه نتيجة لذلك.

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