

الباب الثاني

الفصل الأول

وراثة المقاومة للأمراض فى النبات

- الأهداف:** من المتوقع في نهاية دراسة هذا الفصل أن يكون المتخصص فى علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادراً على أن :
- ١- يتعرف على كيفية إصابة النبات بالطفيل .
 - ٢- يستوعب الموانع التى تمنع أو تقلل من الإصابة بالطفيل .
 - ٣- يتعرف على طبيعة النباتات للمقاومة .
 - ٤- يفهم طرز المقاومة .
 - ٥- يتعرف على عدد الجينات التى تتحكم فى وراثة المقاومة (جين أو جينين أو أكثر) .
 - ٦- يفهم خصائص وراثة المقاومة للأمراض .

المقدمة :

تعتبر الخسائر التى تسببها الأمراض للحاصلات الزراعية فى مقدمة المشاكل التى يحسب لها الإنسان كل حساب مما يؤدى إلى ضياع جانب كبير من المحصول، بل قد يصل الأمر إلى القضاء على النباتات فى بعض الأحيان. وبالرغم من معرفة عدد كبير من المبيدات الفطرية والحشرية للقضاء على الآفات الحشرية فمازالت طريقة التربية للأصناف المقاومة هى أضمن وأحسن وسيلة للمقاومة من الناحية الإقتصادية .

ومن الأمراض التى تسبب قدراً كبيراً من الخسائر أصداء محاصيل الحبوب التى تهدد الإنسان فى غذائه والتى تنتشر فى كل أرجاء الدنيا والتفحيمات التى تحدث فى محاصيل الحبوب فى بعض البلدان وفطريات التربة التى تسبب أمراض الذبول ومنها ذبول القطن وذبول الكتان والديدان الشعبانية والتى تصيب الجذور وأجزاء أخرى من النبات وبيئات الأمراض الأخرى التى تحدثها الفطريات والفيروسات، ولا يمكن إنقاذ الحاصلات الزراعية من هذه الآفات إلا بإيجاد أصناف

مقاومة لها ، فهناك أصناف مقاومة للصدأ وأخرى مقاومة للتفحمت وثلثة مقاومة للذبول وفطريات التربة وهكذا .

وتعنى المقاومة للمرض فى شقين أحدهما فى النبات من أول إنبات البذرة حتى نضج المحصول والآخر فى الطفيل نفسه وكيف يمكنه أن يحدث العدوى للنبات، ولا شك أن هناك سلسلة من العمليات الكيميائية تحدث داخل النبات كما أن هناك سلسلة أيضا من العمليات الكيميائية والفسولوجية تحدث فى الطفيل لكى يتمكن من غزو العائل والنمو داخله .

فلو تمكن الإنسان من وقف أى من هذه العمليات لأمكنه الحد من نجاح إصابة وعدم إحداث الضرر فى النبات، فلو تمكن النبات من وضع حد لإنتشار المرض بطريقة ميكانيكية نتيجة لتركيب وراثى فيه أو لو حدث تغير فى التحول الغذائى للنبات بصور لا تمكن الطفيل من التطفل، فإن النبات عند إذن يكتسب صفة المقاومة. لذلك نجد أن المقاومة والإصابة فى النبات وكذلك القدرة على إحداث الإصابة أو الفشل فى إحداثها من جانب الطفيل على النبات كل ذلك يتوقف أساساً على تسلسل العمليات الحيوية فى كل منهما على النحو الذى يحقق حدوث الإصابة وتطورها، وبذلك نجد أن إيجاد المقاومة يتوقف على دراسة كاملة للتحول الغذائى فى كل من العائل والطفيل وكيف يتداخل كل من هاتين الحلقةين ليتمكن إحداث أو منع حدوث المرض .

ويساعد على إيجاد حلول لهذه المشاكل التنوع الكبير الذى يوجد فى كل نبات، فهذه الأصناف العديدة من المحاصيل الإقتصادية كالقمح والشعير والأرز والبطاطم والتفاح وغيرها تشجع المربى للمقاومة على البحث عن التركيب الوراثى المقاوم للمرض. ويرجع ذلك عادة إلى صفات مورفولوجية فى الصنف أو إلى بعض العمليات الفسيولوجية التى تتلائم مع البيئة التى يعيش فيها الصنف . ولكن قد تسبب المقاومة من إختلافات وثيقة لا يمكن بسهولة إكتشافها بمجرد إستعراض صفات العينات المظهرية بل تحتاج إلى إختبارت بحقن هذه الأصناف صناعياً بالمرض لمعرفة ما يبديه النبات من المقاومة له أو الإستسلام إليه. وقد توصل المربون للمقاومة لمرض الصدأ الأسود فى القمح والندوة المبكرة للبطاطس لأن أى سلالة من هذين الفطريين كان يمكن إيجاد أصناف مقاومة لها من القمح أو البطاطس ولكن المشكلة ذات حدين فعندما يتمكن المربى من إيجاد الصنف المقاوم فإن الفطر هو الآخر يمكنه أن يكون سلالات جديدة بتغيير يحدث فى تركيبه

الوراثي يمكنه من غزو الصنف المقاوم مرة أخرى بشكل آخر لذلك مشكلة تربية الأصناف المقاومة عملية مستمرة لا تتوقف أبدا .

إختراق الطفيل لأنسجة العائل :

يدخل الطفيل العائل بإحدى وسائل ثلاثة :

- ١- بإختراق البشرة بطريقة مباشرة .
- ٢- من الفتحات الطبيعية للنبات كالشغور والعديسات .
- ٣- عن طريق الجروح .

ولكل نوع من الطفيليات طريقته الخاصة في الدخول إلى أنسجة العائل حيث تتداخل جراثيم فطر الصدأ في العائل الثاني لها *Berbirus vulgaris* وكذلك البياض الزغبي في النجيليات من خلال الأدمة، كما تدخل جراثيم التفحم بطريقة مباشرة من خلال جدر المبايض والأنسجة الابتدائية في بعض الأنواع أو من سطوح الأوراق بينما تدخل الجراثيم اليوريدية عند إنباتها في القمح والجراثيم السابحة zoospores وفي البياض الزغبي في العنب *Plasmopara viticola* من ثغور الورقة أما في حالة هيفات العدوى فطر *phytophthora infestans* تدخل عن طريق الثغور أو مباشرة بإختراق البشرة. أما الفطريات التي تدخل عن طريق الجروح فمنها فطر *Botrytis cinarea* وفوزاريوم البطاطس المسبب لحدوث عفن البطاطس الجاف .

دخول الطفيل عن طريق المداخل الطبيعية للنبات :

في صدأ الساق تنبت الجرثومة اليوريدية على سطح البشرة ثم تنمو ممتدة عليها حتى تصل إلى ثغر مفتوح حيث يتضخم طرف الهيفا وتكون ضاغطا وتنمو هيفا من الضاغط هي التي تدخل الثغر المفتوح ثم تكون إنتفاخا في فراغ الثغر، يتكون من هذا الإنتفاخ هيفا العدوى وتخترق هذه الهيفا جدر الخلايا بواسطة مصصات وفي داخل الخلايا المصابة تتكون من أوتاد تخترق الخلايا وقد لا تتكون الضواغط أحيانا كما في حالة تبقع الأوراق في البنجر حيث تدخل الأنوبية الجرثومية الثغر دون تكون الضواغط، وتتوقف درجة المقاومة في هذه الحالة على عمل الخلايا الحارثة في الثغر في تنظيم فتح وقلل الثغور كما تتوقف على الظروف

البيئية في الغرفة الهوائية. وتحدث العدوى عن طريق العدسات بأنواع من البكتيريا التي تسبب العفن اللين في الجزر وجرب البطاطس وتؤدي الإصابة بالمرض الأخير إلى تكوين طبقة من الفلين لتحديد المنطقة المصابة وذلك بتكوين مرستيم يكون طبقة من الخلايا الغالقة للعديسة فيما بعد في الأصناف المقاومة ولا تتكون مثل هذه الطبقة في الأصناف المصابة، كما وجد في الأصناف المقاومة أنها ليست مقاومة لكل السلالات مما يدل على أن هناك درجة من التخصص لعملية تكوين هذه الطبقة ليست عملية ميكانيكية بحتة كما يحدث عند حدوث الجروح في النبات مثلا ..

مقاومة الإنتشار داخل العائل ..

بعد دخول الطفيل في العائل تمتد الإصابة في باقى أنسجة العائل بدون ظهور لأعراضها، ولكن يحدث في بعض الحالات إفراز مواد سامة أو أنزيمات تؤدي إلى قتل خلايا العائل فمن المعروف في بعض أنواع البكتيريا أنها تفرز أنزيمات تذيب البكتين وتؤدي إلى تحلل الجدار الخلوي في خلايا العائل كما في حالة بكتيريا العفن اللين في الجزر كما أن فطر *Botrytis sp* المسبب لعفن الأبصال يؤدي إلى قتل الخلايا التي يغزوها الطفيل أو إتلافها بعد وقت قصير من دخول العائل، وعلى العكس من ذلك تمتد الإصابة بالبياض الزغبى في العائل القابل للإصابة دون أن يظهر ضرر مباشر للأنسجة، كما أن كثيرا من الفيروسات يتحملها العائل المصاب دون أن يظهر عليه أي أعراض للمرض وقد يحدث أحيانا أن يحدد العائل المكان الذى إمتدت اليه الإصابة وبذلك يمنع إنتشارها، وهذا التحديد لطبقة عازلة من الفلين منتشرة في كثير من أمراض البطاطس التى تصيب الدرناات. كما أن للطبقة الإسكلرنشيمية المحيطة بالحزم الوعائية والنطاق الإسكلرنشيمي الموجود حول النطاق الخارجى للساق تحت البشرة عملاً كبيراً فى إنتشار أو تحديد الإصابة فى صدأ الساق فى القمح حيث تؤدي إلى صلابة البشرة التى تمنع من نجاح إنفصال الجراثيم اليوريدية من البثرات. ويسبب دخول الفطر موت الخلايا التى وصل إليها وبموتها يقف إنتشار المرض، لأن الفطر يموت أيضا فى هذه الخلايا وتتكون بذلك بقعاً صفراء تدل على هذه المقاومة وتعرف باسم necrotic area وقد وجد أن مجموعة من الأمراض الفطرية تكون هذه البقع التى تدل على مقاومة الأصناف التى حدث فيها المرض منها الأصداء والبياض الزغبى وغيرها من الأمراض ويؤدي موت الخلايا إلى موت هيفات الفطر فيها أو منع وصول الغذاء اللازم للطفيل مما يؤدي إلى موته .

طبيعة المقاومة للمرض :

يعتبر النبات منيعاً Immune للمرض إذا لم يتمكن الفطر أو المسبب من الدخول إلى أنسجة العائل بينما يعتبر النبات مقاوماً Resistant إذا تمكن الطفيل من الدخول ولكن النبات قاوم الفطر بعد ذلك بأن حدد إنتشاره ويتدرج هذا التحديد من درجات عالية من المقاومة إلى أن تصل إلى الإصابة الكاملة. وتتوقف المقاومة على عدد من العوامل الخارجية والداخلية التي تعمل بجانب بعضها لتقليل درجات الإصابة فمن هذه الدرجات في المقاومة تحديد إنتشار الإصابة وعزل الفطر في المكان الذي دخل فيه أو بتقليل تأثيره الضار للنبات الذي ينشأ عن إفراز الطفيل لمواد سامة أو ضارة بالعائل أو يمنع الطفيل من النجاح في التكاثر وإنتاج الجراثيم وبذلك يمنع تكرار حدوث إصابات أخرى من الإصابة الأولى .

إن الخطوة الأولى في أى تفاعل متوافق بين العائل والكائن الممرض، أو بمعنى آخر ، في أى إصابة، هي تمييز العائل بواسطة الكائن الممرض و أحيانا العكس يعنى تمييز الكائن الممرض بواسطة العائل وبالتالي فإن غياب عوامل التمييز في العائل يمكن أن تجعله مقاوم لكائن ممرض معين .

إن أى صفات متوارثه للنبات تشارك في إتجاه تمركز وعزل الكائن الممرض في منطقة الدخول و بإتجاه تخفيض التأثير الضار للمواد السامة المنتجة بواسطة الكائن الممرض أو بإتجاه تثبيط تكاثر الكائن الممرض وبذلك تثبيط زيادة إنتشار الكائن الممرض، كل ذلك يشارك في إتجاه مقاومة النبات للمرض. زيادة على ذلك فإن أى صفة أو صفات متوارثة تمكن صنف معين من استكمال تكشفه ونضجه تحت ظروف لاتناسب تكشف الكائن الممرض، هي أيضا تشارك في المقاومة (الهروب من المرض) .

إن مساهمة الجينات المرتبطة بالمقاومة في العائل واحداً يبدو أنها تتألف بشكل أساسى من تزويد الطاقة الوراثية في النبات لتكشف واحداً أو أكثر من الصفات المورفولوجية أو الفسيولوجية متضمنة (وسائل الدفاع التركيبية والبيوكيميائية). بإستثناء أمراض النبات الفيروسية والفيرويدية التى فيها جينات العائل ممكن تصورها أن تصبح فى مواجهة (وجهها لوجه) مع جينات الحامض النووى الفيروسى، إن جينات النباتات المصابة بأنواع أخرى من الكائنات الممرضة يبدو أنها إطلاقاً لا تصبح فى إتصال مع جينات الكائن الممرض. وبشكل عام فإنه فى

كل علاقات العائل مع الكائن الممرض متضمنه الفيروسات والفيروسات والفيرويدات فإن تفاعل بين جينات العائل وجينات الكائن الممرض ، يعتقد أنها تدخل عن طريق غير مباشر خلال الجزيئات الكيماوية والعمليات الفسيولوجية المتحكم فيها بواسطة جينات خاصة .

طرز المقاومة لمسبب المرض :

١- المقاومة القصوى

Extreme Resistance

يستخدم مصطلح المقاومة القصوى (أو المناعة Immunity) - عادة - في وصف بعض حالات المقاومة للفيروسات ، حيث يكون النبات مقاوما لجميع سلالات الفيروس حتى ولو أجريت العدوى بطريقة التطعيم. ويبدو أن المقاومة القصوى هي حالة قصوى لفرط الحساسية .

لا تؤدي العدوى بطريقة التطعيم للنباتات ذات المقاومة القصوى -أحيانا- إلى بعض النقط المتحللة كما يمكن عزل آثار من الفيروس منها خاصة من الجذور .

وإذا أجرى تطعيم مزدوج لنبات مصاب بالفيروس، وهذا بدوره مطعم على نبات ثالث سليم ولكنه قابل للإصابة بنفس الفيروس فإنه يمكن عزل الفيروس من النباتين الأول والأخير بينما يندر عزله من القطعة الوسطية التي تسمح فقط- بمرور الفيروس من خلالها دون أن يتكاثر فيها .

ومن أمثلة حالات المقاومة القصوى: مقاومة البطاطس لفيروس x البطاطس التي يتحكم فيها جين واحد Xi ولفيروس A, Y البطاطس اللذين يتحكم فيهما جين واحد آخر حيث نجد في الأجيال الإنعزالية أن النباتات ذات المقاومة القصوى لفيروس Y تكون ذات مقاومة قصوى لفيروس A كذلك .

٢- المقاومة المتينة :

Durable Resistance

تعرف بأنها المقاومة ذات القدرة العالية على الاستمرار التي تستمر فعالة في حماية الصنف الحامل لها من المسبب المرضي أو الآفة مع استمرار زراعة ذلك الصنف في بيئة مناسبة لهذا المسبب المرضي أو تلك الآفة. وجدير بالذكر أن

المقاومة ذات القدرة العالية علي الإستمرار قد تكون مقاومة بسيطة أو يتحكم فيها عدد قليل أو كبير من الجينات .

ومن أمثلة المقاومة ذات القدرة العالية علي الإستمرار Durable Resistance ما يلي :

١- مقاومة بعض أصناف الكرنب لمرض الإصفرار (الذبول الفيوزارى) الذي يسببه الفطر *Fusarium oxysporum f.sp.conglutinans*

٢- مقاومة الخس لفيروس موازيك الخس ، و هي مقاومة بسيطة .

٣- تحمل الإصابة :

Tolerance

في حالة عدم توفر المقاومة في الأصناف التجارية يمكن الإستفادة من النباتات القادرة علي تحمل الإصابة في الزراعة خاصة التي تتحمل الإصابة بالأمراض الفيروسية إلا أن هذه الأصناف القادرة علي تحمل الإصابة تصاب بالمسبب المرضي الذي ينتشر بأعداد هائلة في مساحات كبيرة خاصة عندما يكون تكاثر المحصول خضريا وبذا تصبح هذه النباتات مصدرا للإصابة لكل من الاصناف الأخرى التي تكون أقل تحملا للإصابة و تصاب بنفس المسبب المرضي. يترتب علي ذلك وجود أعداد من النباتات المصابة، تعطى فرصة لظهور طفرات جديدة من المسبب المرضي قد تكون أكثر تأثيراً من السلالة المنتشرة بالفعل. وقد تؤدي زراعة الأصناف التي تتحمل الإصابة إلى إصابتها بأمراض خطيرة عند إصابتها بالفيروس، ففي الطماطم مثلا.. لا تحدث الإصابة بأي من فيروسى تبرقش الدخان أو إكس البطاطس أعراضاً شديدة أو نقصاً كبيراً في المحصول و لكن تواجد الفيروسين معا يصيب الطماطم بمرض التخطيط المزدوج Double streak و هو مرض خطير يقضى علي محصول الطماطم .و تزيد مخاطر هذا المرض عندما تكون أصناف الطماطم المزروعة قادرة علي تحمل الإصابة بفيروس تبرقش الدخان .

إن المقاومة والقدرة علي تحمل الإصابة خاصيتان مختلفتان تورثان مستقلتين فبينما تعمل المقاومة علي إبقاء الطفيل خارج النبات .. فإن القدرة علي تحمل

الإصابة تعمل علي الحد من تأثير الطفيل علي النبات بعد إصابته له ويمكن الاستفادة منهما اذا وجدنا في محصول واحد .

٤- فرط الحساسية :

Hypersensitivity

تؤدي إصابة الطفيل للنبات العائل إلى موت جميع الخلايا التي أصابها الطفيل والخلايا المجاورة لها وبذا يعزل الطفيل ويمنع إنتشاره في بقية أجزاء النبات. حساسية العائل في هذه الحالة تجعل النبات مقاوم لأن العائل منع أو حدد إنتشار الطفيل تحت ظروف الحقل ، ولذا فإنها تسمى مناعة الحقل Field Immunity

تورث فرط الحساسية عادة كصفة بسيطة . ومن أمثلتها حالات المقاومة لفيروسات البطاطس A, Xb, Yc, X التي تتحكم فيها الجينات السائدة Nx, Nc, Nb, Na. علي التوالي ، علما بأن فيروس البطاطس XB هو سلالة من فيروس البطاطس X و فيروس البطاطس Yc هو سلالة قليلة الأهمية من الفيروس الهام PVY الذي يتوفر منه أربع مجموعات من السلالات تأخذ الأرقام ١ و٢ و٣ و٤ ، فالنباتات التي لا تحمل أيا من الجينين السائدين تكون قابلة للإصابة بجميع السلالات ، بينما تكون النباتات الحاملة لكلا الجينين السائدين قابلة للإصابة بمجموعة السلالات رقم ٤ فقط ، و ذات حساسية مفرطة لمجموعات السلالات الثلاث الأخرى ... و هكذا كما هو مبين بالجدول رقم ٢ .

جدول رقم ٢ : العلاقة بين جينات فرط الحساسية

ومجموعات سلالات فيروس X البطاطس (PVX)

الصفة	التركيب الوراثي	مجموعة السلالات (أ)
		١ ٢ ٣ ٤
Arran Banner	nxnb	S S S S
Epicure	Nxnb	S R S R
Arran Victory	nxNb	S S R R
Ceaigs Defiance	NxNb	S R R R

R مفرط في الحساسية (مناعة حقلية)، S قابل للإصابة .

٥- المقاومة السيتوبلازمية :

Cytoplasmic Resistance

تتحكم في المقاومة لبعض مسببات الأمراض عوامل سيتوبلازمية، أي أنها تورث عن طريق السيتوبلازم ومنها ما يلي:

الإصابة بفيروس X البطاطس في الجنس *Capsicum* :

تحدث العدوى بفيروس X البطاطس إصابة جهازية بالتبرقش في النوع *C.annuum* بينما تكون الأعراض على صورة بقع موضعية متحللة في النوع *C.pendulum* و تكون أعراض الإصابة في الجيل الأول للهجين بينهما على صورة تبرقش جهازى عند استخدام *C. annuum* كأم في التهجين بينما تكون على صورة بقع موضعية عند استخدام *C.pendulum* كأم .

ولا يمكن التعرف على حالات الوراثة السيتوبلازمية إلا بعد إجراء التلقيحات العكسية ودراستها .

♀ <i>C.annuum</i>	X	<i>C.pendulum</i> ♂	♀ <i>C.pendulum</i>	X	<i>C.annuum</i> ♂
↓			↓		
F ₁			F ₁		
تبرقش جهازى			بقع موضعية		

٦- المقاومة المستحثة كأحد الاتجاهات الحديثة في مقاومة الأمراض النباتية تحت ظروف الزراعة النظيفة :

إتجهت الأنظار في السنوات القليلة الماضية إلى استخدام بعض الطرق الجديدة الآمنة في مقاومة الأمراض النباتية ومن هذه الطرق استخدام المقاومة المستحثة في مقاومة الكثير من أمراض النبات فقد تم استخدام عدد من المستحاثات من أصل كيمائى وبيولوجى في مقاومة بعض الأمراض النباتية التى تصيب الجذور أو المجموع الخضرى لأهم المحاصيل الاقتصادية وتعتبر المقاومة المستحثة أحد أهم الإتجاهات الحديثة في مقاومة الأمراض النباتية في الزراعات النظيفة حيث تصاب

المحاصيل الإقتصادية التى تزرع فى جمهورية مصر العربية بالعديد من الأمراض النباتية وتعتبر المبيدات الكيماوية هى الحل الأساسى لمقاومة هذه الأمراض النباتية.

تعريف المقاومة المستحثة :

هى دفع النبات إلى تكوين المواد المسؤولة عن المقاومة قبل حدوث الإصابة وسرعة رد الفعل عند حدوث الإصابة .

مميزات المقاومة المستحثة :

- ١- غير ضارة بالنسبة للإنسان والبيئة .
- ٢- غير متخصصة فهى تفيد ضد الأمراض الفيروسية والفطرية والبكتيرية .
- ٣- ثابتة لأنها تعتمد على نشاط العديد من المواضع الحيوية .
- ٤- ذات تأثير ممتد فقد تكفى معاملة واحدة أو إثنان فى بداية عمر النبات لكى تحمى النبات طوال فترة حياته .
- ٥- ذات تأثيرات إيجابية بالنسبة للنمو الخضرى والمحصول .

أنواع المستحاثات :

- ١-المستحاثات الكيماوية ٢-المستحاثات البيولوجية ٣-المستحاثات الطبيعية

آليات المقاومة المستحثة :

تكوين الإنزيمات المسؤولة عن المقاومة :

مثل : الشيتينيز - الجلوكانيز - البيروكسيديز . حيث أنه من المعروف أن المكون الأساسى لجدر خلايا الفطريات تتكون من الشيتين أو الجلوكان كما يلى :

- ١- العائلة الأسكية البازيدية الناقصة يتكون من الشيتين والجلوكان .
- ٢- العائلة البيضية يتكون من الجلوكان و السيلولوز .
- ٣- العائلة الزيجية يتكون من الشيتين و الشيتوزان .
- ٤- اما البيروكسيديز فهو يدخل فى تكوين لجنين جدر الخلايا النباتية .

تكوين الفيتوالكسين :

- وهى مواد سامة تتكون من النبات نتيجة الإصابة .
- توجد فى النبات المصاب ولا توجد فى النبات السليم .
- يختلف النبات المقاوم عن القابل للإصابة فى سرعة تكوينها والكمية المتكونة منها .

تكوين المواد الفينولية :

دور المواد الفينولية فى المقاومة :

- ١- تتحد الفينولات مع البروتينات وتكون التانينات وهى سامة للمسببات المرضية .
- ٢- حرمان الفطر من البروتينات .
- ٣- فصل الاكسدة عن الفسفرة وبالتالي حرمان الفطر من الطاقة .
- ٤- تثبيط الأنزيمات المفرزة من الفطر .
- ٥- عند أكسدة المواد الفينولية تتحول إلى كيتون وهى سامة للفطر .
- ٦- تدخل فى تكوين اللجنين .

دور اللجنين فى المقاومة :

- ١- يعطى مقاومة ميكانيكية ضد اختراق الخلايا .
- ٢- يعطى مقاومة ميكانيكية ضد أنزيمات المسبب المرضى والتوكسينات .
- ٣- عمليات تكون اللجنين سامة للممرضات .
- ٤- عند إختراق هيفا الفطر يحدث لها لجننة .
- ٥- تكوين البروتينات المسؤولة عن المقاومة PR - Protein .

الإشارة : Signal

نتيجة الحث على المقاومة وقبل تكون المواد المسؤولة عن المقاومة يتكون في النبات المعامل مواد تسمى الإشارة Signal وهي المسؤولة عن تحفيز النبات لإنتاج المواد ضد الممرضات .

١- إشارة كهربائية.

٢- جرح الخلية .

٣- تكوين مواد للتنبيه مثل حامض الساليسيك والكالسيوم .

أمثلة على استخدام المقاومة المستحثة بنجاح في مقاومة العديد من الأمراض النباتية في مختلف أنحاء العالم مثل :

١- مقاومة مرض العفن الرمادي في الدخان .

٢- مقاومة مرض الذبول في الطماطم .

٣- مقاومة مرض البياض الدقيقي في الخيار .

٤- مقاومة مرض اللفحة المتأخرة في البطاطس .

استخدام المقاومة المستحثة في مقاومة العديد من الأمراض النباتية في مصر :

• مقاومة مرض البياض الدقيقي في الشعير .

• مقاومة مرض تبقعات الفول البلدى .

• مقاومة مرض الذبول في البطيخ .

• مقاومة أمراض البياض الزغبي و البياض الدقيقي في الخيار .

• مقاومة مرض اللفحة المتأخرة والمبكرة في نباتات البطاطس .

• مقاومة مرض أعفان الجذور في نباتات البسلة .

• مقاومة مرض أعفان الجذور في نباتات الترمس .

• مقاومة أمراض المجموع الخضري في نباتات الكوسة .

عدد الجينات التي تتحكم في مقاومة الأمراض :

نوضح فيما يلي أمثلة لحالات مختلفة من وراثة المقاومة للأمراض من حيث عدد الجينات التي تتحكم في المقاومة .

أولاً : حالات مقاومة يتحكم في وراثتها جين واحد :

من أمثلة حالات المقاومة للأمراض التي يتحكم في وراثتها جين واحد ما يلي :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
الخيار	الجرب	<i>Chiadosporium cucumerium</i>	سائدة
الخس	البياض الدقيقي	<i>Erysiphi cichoracearum</i>	سائدة
البسلة	الذبول الفيوزاري	<i>Fusarium oxysporum F.pisi</i>	سائدة
البسلة	البياض الدقيقي	<i>Erysiphi pisi</i>	متحبة
الفلفل	تبرقش الفلفل	<i>Pepper Mosaic Virus</i>	سائدة
السبانخ	البياض الزغبي	<i>Peronospora effusa</i>	سائدة
السبانخ	التبرقش	<i>Cucumber mosaic virus</i>	سائدة
الطماطم	ذبول فيرتسيليم	<i>Verticillium albo-atrum</i>	سائدة
الطماطم	الذبول الفيوزاري	<i>F. oxysporum F.lycopersic</i>	سائدة

ثانياً: حالات مقاومة يتحكم في وراثتها زوجان من الجينات :

من أمثلة حالات المقاومة التي يتحكم في وراثتها زوجان من الجينات ما يلي :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
البصل	البياض الزغبي	<i>Peronospora destructor</i>	الجينان ساندان
الفاصوليا	فيروس موازيك الفاصوليا العادي	<i>Common Bean Mosaic Virus</i>	الجينان متحيان a,s

ثالثا: حالات مقاومة يتحكم في وراثتها ثلاثة أزواج من الجينات :

من أمثلة حالات المقاومة التي يتحكم في وراثتها ثلاثة أزواج من الجينات ما يلي :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
البصل	الإسوداد	<i>Colletrichum circinans</i>	تؤثر فيها السيادة والتفوق
الخيار	التبرقش مرحلة الأوراق الفلجية	<i>Cucumber Mosaic virus</i>	الجينات مكملة لبعضها
الفاصوليا	فيروس موازيك الفاصوليا العادي	<i>CBMV</i>	الجينات I,a,s

رابعا: حالات مقاومة يتحكم في وراثتها أكثر من ثلاثة أزواج من الجينات

من أمثلة حالات المقاومة التي يتحكم في وراثتها أكثر من ثلاثة أزواج من الجينات ما يلي :

العائل	المرض	الطفيل	المقاومة
الفاصوليا	عفن الجذر الفيوزاري	<i>F. Oxysporum F. solanis</i>	الجينات مكملة لبعضها
الكرنب	الإصفرار	<i>F. oxysporum F. conglutinans</i>	طراز B
الطماطم	تلطخ الأوراق	<i>Fulvia fulva</i>	جينات رئيسية

خامسا: حالات تنوع فيها وراثة المقاومة بين مختلف المصادر

من الحالات القليلة التي تختلف فيها وراثة المقاومة ما بين زوج واحد، وزوجين، وثلاثة أزواج من الجينات المقاومة لفيروس موازيك الفاصوليا العادي Common Bean Virus في الفاصوليا كما يلي :

١- يتحكم في المقاومة البسيطة جين واحد متنح يأخذ الرمز a .

٢- تتوفر مقاومة أخرى ضد بعض سلالات الفيروس، ويتحكم فيها جينان متحيان يأخذان الرمزين s,a كما في الأصناف : Michelite، Sanilac و سلالات Great Northern.

٣- تتوفر مقاومة نالثة توجد في معظم أصناف الفاصوليا الخضراء ويتحكم فيها جين سائد I مثبط لتأثير الجينين A,S الخاصين بالقابلية للإصابة، وبذا... يصبح الصنف مقاوما . و تعد المقاومة فعالة ضد جميع سلالات الفيروس. وجدير بالذكر أن المقاومة في الحالتين الأولى و الثانية تكون متحية بينما تظهر المقاومة في الحالة الثالثة سائدة لأن الجين السائد I يظهر تأثيره حتى وإن لم يحمل النبات جينات المقاومة المتحية a.s .

خصائص وراثه المقاومة للأمراض :

تتميز وراثه المقاومة لبعض الأمراض بخصائص معينة، ومن تلك الخصائص ما يلي :

١- إرتباط المقاومة بصفة نباتية ظاهرة :

تعتبر المقاومة للفطر *Colletrichum circinans* المسبب لمرض الإسوداد أو التهاب Smudge في البصل من أبرز الأمثلة على إرتباط المقاومة بصفة مورفولوجية واضحة، كما تعد مثالا للمقاومة التي يتحكم فيها ثلاثة جينات مستقلة يحدث بينها تفاعلات غير أليية، وللمقاومة التي ترجع إلى وجود مركبات كيميائية معينة بالنبات قبل حدوث الإصابة ففي هذا المرض .ترتبط المقاومة للفطر بلون الحراشيف الخارجية للأبصال، حيث تكون المقاومة عالية في الأبصال الحمراء و الصفراء، ومتوسطة في الأبصال الوردية و الكريمة اللون، بينما تكون الأبصال البيضاء قابلة للإصابة . و يتحكم في وراثه كلا الصفتين ثلاثة أزواج من الجينات كما يلي :

المقاومة	لون الأبصال	التركيب الوراثي
عالية	حمراء	R-C-ii
عالية	صفراء	rr-C-ii
متوسطة	وردية	R-C-Ji
متوسطة	كريمة	rr-C-li
لا توجد	بيضاء	R-C-II
لا توجد	بيضاء	rr-C-II
لا توجد	بيضاء	R-cc-I-
لا توجد	بيضاء	R-ccii
لا توجد	بيضاء	rr cc li
لا توجد	بيضاء	rr cc ii

وقد أوضح CLARKE في عام ١٩٤٤ ضرورة وجود العامل الوراثي السائد (C) لظهور أى تلوين بالأبصال اللون . و تكون الأبصال حمراء اللون عن وجود الجينين C,R بها، و تصبح الأبصال صفراء اللون عندما يوجد الأليل المتنحى r بحالة أصيلة مع الجين السائد C.

كذلك يوجد جين ثالث (I) ذو سيادة غير تامة، و يؤثر على لون الأبصال كما يلي :

- ١- تكون الأبصال بيضاء اللون عند وجوده بحالة سائدة أصيلة، أى كانت الجينات الأخرى الموجودة معه .
- ٢- عند وجوده بحالة متنحية أصيلة... يتحدد اللون بالجينين C,R كما سبق بيانه .
- ٣- أما عند وجوده بحالة خليطه .. فإن اللون يكون ورديا في وجود الجين C,R بحالة سائدة، وكريمياً عند وجود الجين C بحالة سائدة و الجين R بحالة متنحية أصيلة rr .

وتبين أن طبيعة المقاومة للمرض تعتمد على أن الحراشيف الخارجية للبصل تحتوي على مادتين فينوليتين قابلتين للذوبان في الماء هما: الكايتكول Catechol وحمض البروتوكايتكوك Protocatechuic Acid و هما سامتان للفطر المسبب لمرض الإسوداد. تذوب المادتان في الماء الأرضي حول البصلة، وبذا تمنعان الفطر من إصابة الأبصال .

وقد وجد أن الأوراق المتشحمة الداخلية لا تكون مقاومة للفطر إذا أزيلت الحراشيف الخارجية للبصلة ويرجع ذلك إلى أن المواد السامة للفطر لا تنتشر بسهولة في الأوراق المتشحمة الداخلية كما يحدث في الحراشيف الميتة الخارجية .

٢-التعدد الأيلى لجينات المقاومة :

تعتبر المقاومة للفطر *Melampsora lini* المسبب لمرض الصدأ في الكتان مثالا لحالة التعدد الأيلى لجينات المقاومة للأمراض، فقد وجد أن المقاومة لهذا المرض يتحكم فيها عدة أليلات في خمسة مواقع جينية كما يلي :

عدد أليات المقاومة	الموقع
1	K
12	L
6	M
3	N
4	P

ومن الطبيعي أن تعدد أليلات المقاومة في نفس الموقع الجيني يحد من العدد الكلى لعدد جينات المقاومة التي يمكن إدخالها في الصنف الواحد .

الخلاصة :

يصاب النبات بكائنات مختلفة تدخل عن طريق البشرة أو الثغور أو العديسات أو الجروح ، وقد توجد بعض الموانع مثل إفرازات سامة من النبات أو تكوين طبقة فلين، ويعتبر النبات منيعا إذا لم يتمكن مسبب المرض من دخول النبات أو يعتبر مقاوم إذا تمكن الطفيل من الدخول ولكن النبات حدد إنتشاره ، وتختلف طرز

المقاومة وهى مقاومة قصوى، مقاومة ذات القدرة العالية على الإستمرار (مقاومة متينة) تحمل الإصابة، فرط الحساسية، مقاومة سيتوبلازمية ومقاومة مستحثة .

كما أن من خصائص المقاومة هى إرتباطها بصفة نباتية ظاهرة مثل إرتباط لون الأوراق الحرشفية فى البصل بصفة المقاومة لفطر العفن الأسود فى الأبصال والتعدد الأليلى من ناحية أخرى فإن المقاومة يتحكم فيها عدد من الجينات .

الأسئلة :

- ١- إشرح كيف تحدث الإصابة بالكائن الممرض ؟
- ٢- كيف يقلل النبات من الإصابة بالطفيل ؟
- ٣- ما هى عدد الجينات التى تتحكم فى وراثة المقاومة، أذكر مثال ؟
- ٤- لوراثة المقاومة عدة خصائص إشرح إحداها ؟
- ٥- عرف التعدد الأليلى مع نكر مثال ؟
- ٦- أكتب نبذة مختصرة عن المقاومة المستحثة ؟

أجب بنعم أم لا مع التعليل :

- أ- تحدث العدوى فى النبات بالفيروس من خلال العديسات .
- ب- الإصابة بالفطر تحدث من خلال الثغور .
- ت- المقاومة القصوى هى المناعة للنبات .
- ث- فرط الحساسية هى مناعة الحقل .
- ج- المقاومة السيتوبلازمية هى مقاومة من النواة والسيتوبلازم .
- ح- المقاومة المستحثة يتحكم فيها عدد كبير من العوامل .
- خ- طبيعة المقاومة فى البصل ترجع إلى وجود مادة الأنتوثيانين فى الأوراق الحرشفية .
- د- يعتبر النبات منيعا اذا قاوم المسبب المرضي .

الفصل الثاني

علاقة الوراثة بأمراض النبات

الأهداف : من المتوقع في نهاية دراسة هذا الفصل أن يكون المتخصص في علم الوراثة وبرنامج أمراض النبات قادرا على أن :

- ١- يفهم العلاقة الجينية بين المسبب المرضي والعائل النباتي والسبب الوراثي وراء التخصص العائلي للمسببات المرضية .
- ٢- يستوعب السلالات الفسيولوجية من المسببات المرضية المختلفة وطرق نشأتها العامة والخاصة .
- ٣- يتعرف على نظرية الجين للجين في تخصص الإصابة بالمسببات المرضية .
- ٤- توضيح مدى خطورة جينات الضراوة في المسببات المرضية في كسر صفات المقاومة في العائل النباتي .
- ٥- تحديد العوامل التي تحدد بداية وتكشف المرض .
- ٦- يدرك السبب في أن القليل من الكائنات الممرضة التي تكون قادرة على مهاجمة عدة أنواع يكون بسبب إما أنها تمتلك عدة جينات متنوعة الشدة أو بسبب أن جينات الشدة ذات مدى تأثير واسع إلى حد ما .
- ٧- يفهم دور Flor كمؤسس لنظرية الجين للجين التي توصل إليها في عام ١٩٤٢ من دراساته على المقاومة للفطر *Melampsora lini* المسبب لصدأ الكتان .
- ٨- يستعرض كيفية حدوث التوازن بين كل من البطاطس كعائل نباتي والفطر المسبب للندوة المتأخرة في ظل ظهور المرض بحالة وبائية .
- ٩- يتعرف على دور Russel , 1972 في توضيح مقاومة بنجر السكر للفطر *Peronospora farinosa f. sp. Betae* المسبب لمرض البياض الزغبى التي ترجع إلى مقاومة النبات لكل من : إنبات الجراثيم الكونيدية على سطح

الأوراق، عملية العدوى ، نمو الفطر في أنسجة الورقة ، عملية التجزئ ، هذا فضلا عن تحمل النبات للإصابة والذي تتحكم فيه عوامل كمية .

١٠- يدرك تقسيم Abdallah & Hermsen , 1971 للمقاومة الأفقية إلى طرازين ، أحدهما يرجع إلى جينات غير متخصصة ، والآخر يتحكم فيه جينات متعددة متخصصة في المقاومة ولكنها لا تكون متخصصة ضد سلالات من المسبب المرضي ، ويعتقد أن هذا الطراز من المقاومة ينشأ في عشائر العائل التي تنمو في المناطق التي يتواجد فيها الطفيل بحالة مستوطنة .

١١- يدرك دور Van der Plank كمؤسس لمدرسة المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية ، والذي ربط بين هذين النوعين من المقاومة وبين سرعة تكاثر الطفيل وانتشار المرض في النباتات المزروعة ، وكذلك مع سرعة ظهور سلالات جديدة من الطفيل وفقد المقاومة .

١٢- يستوعب أنه تبعا لنظرية Van der Plank فإن المقاومة تكون رأسية عندما يصبح الصنف مقاوما لسلالة أو لعدد محدود من سلالات الطفيل ، بينما تكون المقاومة أفقية عندما يكون الصنف مقاوما بنفس الدرجة لجميع سلالات الطفيل.

مقدمة :

المرض هو حالة فسيولوجية غير طبيعية ، يتعرض أثناءها النبات لمعاناة مستمرة من جراء تطفل أحد المسببات المرضية عليه ، ويستبعد هذا التعريف كل الحالات غير الطبيعية التي لا تحدثها المسببات المرضية ، سواء كانت وراثية المنشأ ، أم ترجع لأسباب فسيولوجية ، وتعرف الحالات الأخيرة باسم العيوب الفسيولوجية وهي غير معدية بطبيعة الحال .

المرض المتوطن Endemic disease : هو المرض الذي يوجد بصورة دائمة في منطقة معينة على أنواع نباتية معينة وفي مستوى معين لا يتغير .

المرض النباتي الوبائي Epiphytotic disease : هو المرض الذي يظهر على النبات بحالة شديدة في عشيرة من العائل بسبب حدوث زيادة كبيرة طارئة في عشيرة الطفيل ، لكن مصطلح المرض الوبائي Epidemic disease يستخدم للدلالة على أمراض الإنسان والحيوان .

العائل والطفيل :

الطفيليات الإجبارية Obligate parasites : هي الطفيليات التي لا يمكنها النمو رميا في الظروف الطبيعية .

الطفيليات الإختيارية Faculative parasites : يستخدم هذا المصطلح لوصف الكائنات الممرضة التي تنمو رميا بصورة أساسية ولكنها تصبح متطفلة في ظروف خاصة .

العائل Host : هو الكائن الحي الذي يأوى الطفيل ويمده بالغذاء اللازم لنموه وتكاثره ، وقد يستخدم مصطلح عائل للدلالة على نبات واحد أو عشيرة من النباتات أو مرتبة تقسيمية معينة ، وفي علم النيماتولوجي لا يعد النبات عائلا إلا إذا سمح بتكاثر النيماتودا التي أصابته .

المسبب المرضي Pathogen : هو الكائن القادر على إحداث المرض في عائل معين أو في مجموعة من العوائل .

القدرة على الإصابة Pathogenicity : يعنى بهذا المصطلح قدرة المسبب المرضي، وقد توصف هذه القدرة بنوعية المقاومة التي يمكنها التغلب عليه فنجد مثلا Horizontal pathogenicity , Vertical pathogenicity .

يقابل مصطلح العائل القابل للإصابة Sucept (وهي تتناسب عكسيا مع المقاومة ويقدر كلاهما على مقياس واحد ، أما المقاومة فهي قدرة العائل على الحد من نمو وانتشار الطفيل ، ويعنى بهذا المصطلح في علم النيماتولوجي اختراق أعداد قليلة من اليرقات حتى في وجود أعداد كبيرة من اليرقات وتوفر الظروف المناسبة للإصابة) مصطلح المسبب المرضي Pathogen بينما يقابل العائل Host الطفيل Parasite .

غير عائل Non - host : يستخدم هذا المصطلح في علم النيماتولوجي لوصف الحالات التي لا يمكن فيها للنيماتودا أن تتكاثر على النبات ، سواء كانت النباتات منيعة Immune أم قابلة للإصابة Susceptible to infection ، علما بأن مصطلح infection في علم النيماتولوجي يعنى به مجرد اختراق اليرقة لأنسجة العائل .

نظرية الجين للجين :

Gene for gene theory :

تنص هذه النظرية على أن كل جين في العائل يتحكم في استجابته للمسبب المرضي ، يقابله جين آخر في المسبب المرضي يتحكم في قدرته على إصابته للعائل ، ولا يمكن التعرف على أى جين في العائل أو في المسبب المرضي إلا في وجود الجين المناظر له . ويعد Flor هو مؤسس هذه النظرية التي توصل إليها في عام ١٩٤٢ من دراساته على المقاومة للفطر *Melampsora lini* المسبب لصدأ الكتان ولقد أثبتت فكرة جين لكل جين أولاً في حالة الكتان ولكن تبين حدوثها عملياً في أصداء أخرى وفي أمراض أخرى ناتجة عن مسببات مختلفة ، وقد تبين أنه في كل هذه الأمراض عندما يكون الصنف مقاوماً للكائن الممرض كنتيجة لـ ١ ، ٢ ، ٣ جينات مقاومه فإن الكائن الممرض الذي يمكن أن يهاجمه يحتوي أيضاً على ١ ، ٢ ، ٣ جينات لشدة الإصابة بالترتيب مع جينات العائل . يمكن الكشف عن كل جين في العائل وتعريفه فقط بواسطة الجين المطابق له في الكائن الممرض والعكس بالعكس. بشكل عام في العوائل فإن جينات المقاومة تكون سائدة R بينما جينات القابلية للإصابة تكون متنحية ، ومن ناحية أخرى ففي الكائن الممرض جينات عدم القدرة على الإصابة تكون عادة سائدة (A) بينما جينات الشدة تكون متنحية (a) . وبالتالي عندما يكون هناك صنفان من النبات أحدهما يحمل جين للمقاومة R ، على هذا فإن الاتحادات الجينية (جدول ٣) يمكن أن تكون كالآتي :

جدول رقم ٣ : التفاعل بين جينات المقاومة أو القابلية للإصابة في النبات و جينات الشدة أو عدم الشدة في الكائن الممرض .

جينات الشدة أو عدم الشدة في الكائن الممرض	جينات المقاومة أو القابلية للإصابة في النبات		عملية ذات جين واحد
	مقاومة للإصابة (R)	قابلية للإصابة (r)	
عدم الشدة A سائدة	AR (-)	Ar (+)	
الشدة a متنحية	aR (+)	ar (+)	

(-) = عدم التوافق في التفاعل و بالتالى لا يوجد إصابة (مقاومة) .

(+) = التوافق في التفاعل و تحدث إصابة (قابلية للإصابة) .

ومن الاحتمالات الأربعة لتفاعلات الجينات احتمال واحد فقط AR يكون مقاوماً أما باقى الاحتمالات الأربعة فهي القابلة للإصابة والتي تكون كالاتى :

التركيب Ar : تحدث الإصابة فيه بسبب أن العائل يفتقر إلى الجينات المقاومة R .

التركيب aR : تحدث الإصابة بسبب أن الكائن الممرض يمتلك جين الشدة a الذى يهاجم بشكل متخصص هذا الجين المعين للمقاومة A فى العائل .

التركيب ar : تحدث الإصابة بسبب أن العائل يحمل جين القابلية للإصابة r والكائن الممرض يحمل جين الشدة a .

مثال آخر : عندما يمتلك الصنف النباتى ٢ أو أكثر من الجينات المقاومة R1, R2 ضد كائن ممرض يمتلك ٢ أو أكثر من جينات الشدة a1, a2 فإن الاتحادات الجينية الجديدة وأنواع تفاعلات المرض بين الكائن الممرض والعائل (جدول ٤) تكون كالاتى :

جدول رقم ٤ : الاتحادات الجينية الجديدة وأنواع التفاعلات بين الكائن الممرض والعائل فى حالة وجود جينين للمقاومة ضد كائن ممرض يمتلك جينين لشدة الإصابة .

الكائن الممرض	النبتات			
	R ₁ R ₂			
A ₁ A ₂	-	-	-	+
A ₁ a ₂	-	-	+	+
a ₁ A ₂	-	+	-	+
a ₁ a ₂	+	+	+	+

ويوضح هذا الجدول النقاط الآتية :

- النباتات القابلة للإصابة r₁r₂ التى تفتقد جينات المقاومة هوجمت بجميع سلالات الكائن الممرض حتى تلك التى لا تمتلك جينات متخصصة للشدة A₁A₂ .

- سلالات الكائن الممرض أو أفراده التي تحمل جينات الشدة a_1, a_2 لكل جين من جينات المقاومة للعائل R_1, R_2 تستطيع أن تصيب جميع النباتات التي تعمل معها اتحادات من هذه الجينات (R_1R_2, r_1R_2, R_1r_2) .
- عندما يمتلك الكائن الممرض واحد أو اثنين من جينات الشدة a_1 أو a_2 عندئذ يستطيع إصابة النباتات التي تمتلك الجين المطابق للمقاومة R_1 أو R_2 بالترتيب ، ولكن ليست النباتات التي تمتلك جين للمقاومة يختلف عن الجين المتطابق للشدة (مثلا الكائن الممرض الذي له الجينات A_1a_2 يصيب النباتات ذات الجينات r_1R_2 ولكن لا يصيب النباتات R_1r_2 بسبب أن a_2 تستطيع أن تهاجم R_2 لكن لا تستطيع أن تهاجم R_1) .

لقد ذكرت فكرة جين لكل جين فقط في النباتات ذات المقاومة وحيدة الجين أو المقاومة قليلة الجينات في بعض الأمراض . ولقد طبق مربوا النبات هذه الفكرة في أعمالهم التي دمجوا فيها جينات جديدة مقاومه في صنف مرغوب والذي يصبح قابلا للإصابة بسلالة جديدة من الكائن الممرض (جدول ٥) .

جدول رقم ٥ : يوضح الدراسات الأولية التي أجراها Flor أن المقاومة لصدأ الكتان يتحكم فيها ٢٥ أليلا في خمسة مواقع جينية هي كما يلي :

الموقع	عدد أليلات المقاومة	الأليلات السائدة	أليل القابلية للإصابة
K	١	K	k
L	١١	L to L ₁₀	l
M	٦	M to M ₅	m
N	٣	N to N ₂	n
P	٤	P to P ₃	p

وتجدر الإشارة إلى أن أي صنف ثنائي التضاعف لا يمكن أن يكون أصيلا في أكثر من خمسة أزواج من جينات المقاومة ، وبناء على نتائج دراسات Flor ، فقد اقترح أن جينات الضراوة في المسبب المرضي تكون دائما متتحية ، إلا أن

الدراسات اللاحقة على مسببات مرضية أخرى أوضحت أن الضراوة يمكن أن تكون أحيانا سائدة ، وعندما يكون المسبب المرضي أحاديا في طوره المتطفل كما في معظم الفطريات الزقية على سبيل المثال فإن السيادة والتنحي لا يمكن ظهورهما، وقد وجد أن نظرية الجين للجين تنطبق على عديد من الحالات المرضية التي تتباين مسبباتها ما بين الفطريات ، والبكتيريا ، والفيروسات ، والنيماطودا ، والحشرات ، والنباتات المتطفلة . وأغلب الحالات التي تنطبق عليها النظرية تكون فيها المقاومة بسيطة ، أو يتحكم فيها عدد محدود من الجينات ، ولكن توجد حالات قليلة ذات مقاومة كمية . وتبعاً لنظرية الجين للجين فإن قدرة الطفيل على إصابة صنف ما تتوقف على احتوائه على جين للضراوة يقابل أى جين للمقاومة فى العائل، ويكون موجهاً ضده ، فأى صنف يحمل عامل المقاومة R_1 لا يصاب إلا بسلالة أو سلالات الفطر التي تحمل عامل الضراوة .

أنواع المقاومة النباتية ضد الكائنات المرضية :

بعد Van der Plank هو مؤسس هذه المدرسة فى دراسة مشكلة وراثية المقاومة للأمراض ، وقد استعان بنتائج الأبحاث المنشورة عن مقاومة الأمراض فى النباتات وبالحقائق المعروفة عن الكائنات المسببة للأمراض النباتية فى تطوير نظريته عن المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية ، وقد ربط Van der Plank بين هذين النوعين من المقاومة وبين سرعة تكاثر الطفيل وانتشار المرض فى النباتات المزروعة ، وكذلك مع سرعة ظهور سلالات جديدة من الطفيل وفقد المقاومة . وتبعاً لهذه النظرية فإن المقاومة تكون رأسية عندما يصبح الصنف مقاوماً لسلالة أو لعدد محدود من سلالات الطفيل ، بينما تكون المقاومة أفقية عندما يكون الصنف مقاوماً بنفس الدرجة لجميع سلالات الطفيل ، وتتراوح مستويات المقاومة الأفقية بين مستوى أفضل بقليل من القابلية للإصابة على مستوى أدنى بقليل من المقاومة الرأسية . وقد ربط Van der Plank بين هذين النوعين من المقاومة وبين سرعة تكاثر الطفيل وانتشار المرض فى النباتات المزروعة ، وكذلك مع سرعة ظهور سلالات جديدة من الطفيل وفقد المقاومة . وتجدر الإشارة إلى أن أى صنف قد يخلو من المقاومة الرأسية ، إلا أنه لا يعقل أن يخلو تماماً من المقاومة الأفقية ، فلا توجد المقاومة الرأسية بمفردها أبداً ، ولا يمكن للفرد أن يتخيل انعدام المقاومة الأفقية فى صنف ما ، لأن ذلك يعنى أن الكائن المرضي يمكن أن تنبت جراثيمه ويخترق خلايا بشرة العائل وينمو وينتج جراثيم جديدة كما لو كان نامياً على بيئة

صناعية . وتجدر الإشارة إلى أن المقاومة الأفقية تتوفر في النبات قبل حدوث الإصابة بالمسبب المرضي ، برغم أن تأثيرها لا يظهر إلا بعد تعرض النبات للإصابة ، وعلى العكس من ذلك فإن المقاومة الرأسية لا تعمل إلا بعد التعرض للإصابة ، فمثلاً نجد في حالة مقاومة أوراق جميع الأصناف أياً كانت مقاومتها الرأسية ، ولا يبدأ التمييز بين السلالات إلا بعد ذلك ، حيث تظهر حالات فرط الحساسية ضد سلالات الفطر التي يقاومها الصنف بجينات المقاومة الرأسية المناسبة .

وراثة وطبيعة المقاومة الأفقية :

توجد عدة مصطلحات تتعلق بحالات المقاومة ، ووراثتها :

- مستوى المقاومة .

١- المقاومة :

Resistance :

هي قدرة العائل على الحد من نمو وانتشار الطفيل ، كما يعنى بالمصطلح - في علم النيماتولوجى - اختراق أعداد قليلة من اليرقات ، حتى فى وجود أعداد كبيرة من اليرقات ، وتوفر الظروف المناسبة للإصابة .

٢- القابلية للإصابة :

Susceptibility :

تتناسب القابلية للإصابة عكسياً مع المقاومة ، ويقدر كلاهما على مقياس واحد .

- عائل غير مناسب Unsuited Host :

يستخدم هذا المصطلح فى علم النيماتولوجى لوصف العوائل التى يحدث فيها نمو وتطور عاديان للنيماتودا، ولكن ببطء شديد ، وبدا لا تتكاثر فيها النيماتودا بنفس السرعة التى تتكاثر بها فى العوائل المناسبة.

- المناعة Immunity :

يعنى بالمناعة المقاومة المطلقة ، أى عدم القابلية للإصابة ، وهى لا يمكن وصفها بدرجات ، فالعائل إما أن يكون منيعاً ، وإما أن يكون غير منيع . وتعد أى درجة أقل من المناعة مقاومة .

- تحمل الإصابة Tolerance :

يستخدم مصطلح القدرة على تحمل الإصابة في وصف العلاقة بين العائل والطفيل الذي يعتمد عليه دون أن يحدث فيه أضراراً ، كأن يتكاثر الفيروس داخل النبات دون أن تظهر على النبات أية أعراض مرضية ، وهي الحالات التي يطلق عليها اسم Symptomless carriers وقد تكون هذه الأعراض طفيفة بالرغم من تكاثر الفيروس جهازياً داخل النبات. ولهذه الحالة أهمية خاصة في المحاصيل السلطنة كالخس من محاصيل السلالة ، حيث يكون لمظهر النبات أهمية كبرى .

- مقاومة المرض Disease Tolerance :

يستخدم هذا المصطلح في وصف الحالات المرضية التي تظهر فيها الأعراض العادية للإصابة ، ولكن دون أن يتأثر المحصول الزراعي من جراء ذلك . وقد يكون لهذه الحالة عواقبها الخطيرة إذا وجدت عوامل أخرى حساسة للمسبب المرضي في منطقة زراعة الصنف المقاوم للمرض. ولايجوز استخدام مصطلح Tolerance بمعنى المقاومة الأفقية أوالمقاومة المتوسطة، أو أى نوع آخر من المقاومة. كما لايجوز استعمال المصطلح Intolerance بمعنى عكس القدرة على تحمل الإصابة ؛ لأنه يعنى شدة حساسية العائل للمسبب المرضي (خاصة الفيروسى) ، لدرجة أن النباتات تموت بمجرد تعرضها لأية إصابات ، ويترتب على ذلك انتهاء كل من الفيروس والعائل ، فيتوقف انتشار المرض .

- الإفلات من الإصابة Disease Escape :

قد يكون الإفلات ، أو الهروب من الإصابة لأسباب بيئية ، أو زراعية ، وقد يرجع إلى صفات نباتية تتحكم فيها عوامل وراثية، ومن الطبيعي أن الحالة الثانية هي التي تهتمنا في هذا المقام . وجدير بالذكر أن النبات الذى يحمل عوامل وراثية تجعله يفلت من الإصابة هو نبات قابل للإصابة ، ولكنه لا يصاب ، لأن صفاته تحول دون وصول الطفيل إلى الموقع المناسب للإصابة في المرحلة المناسبة من النمو النباتي ، لحدوثها في الظروف الطبيعية .

- طبيعة المقاومة :

١- المقاومة السلبية Passive Resistance :

تعود المقاومة السلبية إلى عوامل وأسباب خاصة تتوفر في العائل قبل حدوث الإصابة، وهي تعرف كذلك باسم المقاومة الإستاتيكية Static Resistance .

١:٦:١٥:٢٠:١٥:٦:١

٣

١:٨:٢٨:٥٦:٧٠:٥٦:٢٨:٨:١

٤

أى أن عدد الفئات المظهرية يكون دائما : $2+1$.

وعندما تكون n كبيرة بقدر كاففان عدد الفئات المظهرية المنعزلة يزداد إلى درجة إعطاء توزيع مستمر لشدة الإصابة ففي الجيل الثاني دون وجود أية فواصل مميزة بين تلك الفئات .

ويجب ملاحظة الافتراضين التاليين بشأن تطبيق المعادلة السابقة :

- ١- أن جميع المواقع الجينية متساوية من حيث تأثيرها على صفة المقاومة .
- ٢- أن تأثير هذه الجينات إضافي وأن كل التباين الوراثي إضافي لأن السيادة التامة لهذه الجينات -إن وجدت - تغير الانعزلات من ١:٢:١ إلى ١:٣:١ ومن ١:٤:٦:٤:١ إلى ١:١٥:١٠:١٠:١٥:١.... وهكذا دائما فئتان مظهريتان فقط ، مما يعنى استمرارية الاختلافات مهما كثرت أعداد الجينات المتحكمة فى صفة المقاومة .

و من أمثلة المقاومة الكمية : مقاومة النباتات البالغة للصدأ في القمح و غيره من النجيليات ، ومقاومة الفاصوليا العادية للفطر *Fusarium solani f. phaseoli* المسبب لمرض عفن الجذور الأسود .

ومن حالات الوراثة الكمية كذلك القدرة على تحمل الإصابة بفيروس تجعد أوراق الطماطم الأصفر في السلالتين LA121,LA373 من النوع البرى L. pmpinelifolium . وقد أوضحت دراسات hassan و آخرون أن مقاومة هاتين السلالتين كانت متنحية جزئيا ، وذات نفاذية غير كاملة وقدرت درجة توريثها على النطاق الضيق بنحو ٠,٥٢ و ٠,٢٧ في السلالتين على التوالي ، كما قدرت نسبة التباين الوراثي الكلى لصفة القدرة على تحمل الإصابة بنحو ٦١/٤٤، فى السلالتين على التوالي أيضا .

مقارنة بين المقاومة البسيطة و الكمية : يلخص جدول ٦ أوجه الاختلاف بين كل من المقاومة البسيطة والكمية .

جدول رقم ٦ : مقارنة بين المقاومة البسيطة والمقاومة الكمية .

المقاومة الكمية	المقاومة البسيطة	أوجه المقارنة
لا تكون تامة الوضوح - تظهر عادة في طور البادرة و لكنها تزيد مع تقدم النبات نحو النضج .	تكون واضحة تماما - تظهر في أى مرحلة من النمو ، أو على النباتات البالغة فقط .	المظهر العام
ترجع إلى نقص معدلات و درجة الإصابة وتقدم المرض وتكاثر المسبب المرضى .	ترجع الى مناعة النبات أو فرط حساسيته للطفيل .	طبيعية المقاومة
تختلف ، و لكنها تكون ضد جميع سلالات المسبب المرضى.	عالية الكفاءة ضد سلالات معينة من المسبب المرضى.	الكفاءة الوراثية
يتحكم فيها عدة جينات ذات تأثيرات صغيرة ، و لكنها متجمعة .	يتحكم فيها جين واحد ذو تأثير رئيسي .	النبات
لا تتأثر بالتغيرات في جينات الضراوة التي يحملها المسبب المرضى .	عرضة للفقْد الفجائي بالسلالات الجديدة من المسبب المرضى .	

<p>. الأفقية Horizontal</p> <p>غير المتخصصة السلالة- Race</p> <p>. non-specific</p> <p>. النبات الناضج Mature Plant</p> <p>. النبات البالغ Aduit Plant</p> <p>. الحقل Field</p> <p>. المتجانسة Uniform</p>	<p>. الرأسية Vertical</p> <p>المتخصصة Race-specific</p> <p>. البادرة Seedling</p> <p>. المفرقة Differential</p> <p>. البسيطة Monogenic</p>	<p>الأسماء الأخرى التي تعرف بها</p>
--	--	-------------------------------------

قسم Abdallah & Hermsen , 1971 المقاومة الأفقية التي أطلق عليها اسم المقاومة المتجانسة Uniform resistance إلى طرازين . ترجع المقاومة الأفقية في أحد هذين الطرازين إلى جينات غير متخصصة ، وهي جينات تتحكم أساسا في صفات نباتية أخرى غير المقاومة ، ولكن تسهم في المقاومة بطريقة غير مباشرة ، وينشأ هذا الطراز من المقاومة غالبا في عشائر العائل التي توجد مناطق منعزلة عن تلك التي يوجد فيها الطفيل بحالة مستوطنة ، أما عن الطراز الثاني : فيتحكم فيه جينات متعددة متخصصة في المقاومة ولكنها لا تكون متخصصة ضد سلالات من المسبب المرضي ، وتتحكم هذه الجينات في تمثيل المركبات المسؤولة عن إكساب العائل خاصية المقاومة ، ويعتقد أن هذا الطراز من المقاومة ينشأ في عشائر العائل التي تنمو في المناطق التي يتواجد فيها الطفيل بحالة مستوطنة .

الضراوة الكمية Aggressiveness والضراوة النوعية virulence ووراثتهما والعلاقة بينهما : تتضمن خاصية التطفل pathogenicity كلاً من مستوى ضراوة الطفيل ، أو ضراوته الكمية Aggressiveness ، وقدرة سلالاته على التغلب على جينات المقاومة في العائل أو ضراوته النوعية virulence ، فجميع سلالات المسبب المرضي تعد ممرضة ، سواء كانت هذه السلالات تتفاعل مع أصناف العائل ، أم لا تتفاعل ، والجدير بالذكر أن السلالات التي تختلف في مستوى الضراوة الكمية لا تتفاعل مع أصناف العائل التي تختلف في مستوى مقاومتها الأفقية ، بينما تتفاعل السلالات التي تختلف في ضراوتها النوعية مع أصناف العائل التي تختلف في مقاومتها الرأسية . هذا ولا يتوفر أي دليل على وجود ارتباط موجب بين الضراوة

الكمية والضرارة النوعية ، ولكن قد يوجد ارتباط سالب بينهما ، إذ إن زيادة الضرارة النوعية قد تؤدي إلى خفض الضرارة الكمية ، وعندما تكون الظروف البيئية مناسبة لزيادة شدة الإصابة بمرض ما ، فإن الفرد لا يمكنه الحكم على ما إذا كان سبب هذه الزيادة هو حدوث زيادة في مستوى الضرارة الكمية للطفيل أم أنه نقص في مستوى المقاومة الأفقية للعائل تحت هذه الظروف . وتورث الضرارة النوعية عادة كصفة بسيطة monogenic أو كصفة يتحكم فيها عدد محدود من الجينات oligogenic ، بينما تورث الضرارة الكمية عادة كصفة يتحكم فيها عدد كبير من الجينات polygenic ، ومع ذلك فقد توجد حالات كمية من الضرارة النوعية التي يتحكم فيها عدد كبير من الجينات .

التأثير المتبادل للمقاومة الرأسية والضرارة النوعية :

Virulence :

كلما ازداد انتشار السلالات القادرة على إحداث الإصابة في الأصناف ذات المقاومة الرأسية (السلالات الـ virulent على هذه الأصناف) قلت أهمية المقاومة الرأسية في تأخير بداية ظهور الوباء ، وفي المقابل فإن التوسع في زراعة الأصناف ذات المقاومة الرأسية يعد السبب الرئيسي في انتشار السلالات القادرة على كسر مقاومة هذه السلالات ، أي أن الإقبال على زراعة صنف معين ذي مقاومة رأسية مرغوب فيها يؤدي تدريجياً إلى القضاء على مقاومة هذا الصنف وجميع الأصناف الأخرى التي تحمل نفس جينات المقاومة الرأسية .

التوازن بين المقاومة الرأسية والضرارة النوعية Virulence :

ظهور السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية :

استعانة بالندوة المتأخرة في البطاطس كمثال ، وجد أنه قد حدث توازن بين كل من البطاطس والفطر المسبب للندوة المتأخرة منذ ومن بعيد وقبل ظهور جينات المقاومة الرأسية R - genes ، ولكن مع ظهور المرض بحالة وبائية ، وباكتشاف جينات المقاومة الرأسية اعتقد البعض أنه سيمكن التخلص من هذا المرض إلى الأبد، وفعلاً لم يمكن اكتشاف أية نباتات مصابة بالندوة المتأخرة في ألمانيا لعدة سنوات بعد إدخال الأصناف الحاملة للجين R₁ في الزراعة عام ١٩٢٥ ، ولكن بدأ في عام ١٩٣٢ ظهور بعض حالات الإصابة بين النباتات الحاملة لهذا الجين ، أي أن سلالات الفطر القادرة على إصابة النباتات الحاملة للجين R₁ لم تكن موجودة

أصلاً عندما أدخلت النباتات الحاملة لهذا الجين في الزراعة ، ولكنها ظهرت في غضون نحو سبع سنوات من زراعتها ، ومع استمرار زراعة هذه الأصناف فإنها فقدت مقاومتها تماماً ، وقد تكرر نفس الأمر لدى إدخال زراعة الأصناف الحاملة للجين R_1 في دول أخرى مثل الولايات المتحدة وكندا وهولندا ، كما حدث نفس الشيء لدى زراعة أصناف تحمل جينات أخرى للمقاومة الرأسية مثل R_2, R_3 .

يستدل مما تقدم على أن السلالات ذات الصراوة النوعية *Virulence* الزائدة على الحاجة (أي القدرة على كسر المقاومة الرأسية لأصناف ليست مستخدمة في الزراعة) لا يمكنها البقاء وتظل نادرة الوجود ، برغم القدرة الهائلة للفطريات على التطفر ، ولا تظهر إلا عندما يكون الفطر في حاجة إليها ، وتدل ندرة السلالات القادرة على التغلب على المقاومة التي توفرها هذه الجينات ، كما تعد الجينات ضعيفة حينما تكون السلالات القادرة على التغلب على المقاومة التي توفرها هذه الجينات نادرة . وتكون النباتات مقاومة لبعض الكائنات الممرضة إما بسبب :

- ١- انتسابها إلى مجموعات تقسيمية تكون منيعة لهذه الكائنات .
- ٢- امتلاك هذه النباتات لجينات للمقاومة موجهة مباشرة ضد جينات الشدة في الكائن الممرض (مقاومة حقيقية) .
- ٣- لأسباب مختلفة منها هروب النباتات أو تحملها للإصابة (مقاومة ظاهرية) .

بهما في هذا الجزء تناول بالتفصيل للمقاومة الحقيقية *True resistance* .

المقاومة الحقيقية :

إن مقاومة المرض التي يُتحكم فيها وراثياً عن طريق وجود واحد أو قليلاً أو كثيراً من جينات المقاومة في النبات تعرف باسم المقاومة الحقيقية . في هذه المقاومة يكون العائل والكائن الممرض غير متوافقين إلى حد ما لأسباب منها أن النبات العائل يستطيع حماية نفسه ضد الكائن الممرض بواسطة ميكانيكيات دفاعية مختلفة موجودة سابقاً أو مشجعة أو كاستجابة للإصابة بالكائن الممرض .

أنواع المقاومة الحقيقية :

أ - المقاومة الأفقية :

Horizontal resistance :

تسمى هذه المقاومة أحيانا باسم المقاومة الكمية أو المقاومة غير المتخصصة أو مقاومة الحقل أو المقاومة المتجانسة أو مقاومة النبات البالغ ولكن يشار إليها بالاسم الشائع (المقاومة الأفقية) .

ومن صفات هذه المقاومة وملاحظتها الآتى :

١- يتحكم فى هذه المقاومة عدد غير قليل أو كثير من الجينات غير الخاصة بالمقاومة Non specialized resistant genes .

٢- كل من هذه الجينات لوحده بمفرده تأثير صغير ضد الكائن الممرض ، ولكن مجموع تأثيرات هذه الجينات تعطى مقاومة أفقية ضد هذا الكائن .

٣- الجينات الكثيرة الداخلة فى المقاومة تبدى تأثيرها عن طريق التحكم بالخطوات العديدة من العمليات الفسيولوجية فى النبات التى تزيد المواد والتركيبات التى تشكل ميكانيكية الدفاع فى النبات .

٤- كفاءة المقاومة الأفقية تختلف ولكنها تكون ضد جميع سلالات المسبب المرضى وتتراوح مستويات هذه الاختلاف بين مستوى أفضل بقليل من القابلية للإصابة إلى مستوى أدنى بقليل من المقاومة الرأسية .

٥- تتأثر المقاومة الأفقية وتختلف بواسطة الظروف البيئية المختلفة .

٦- لا تتأثر بالتغيرات فى جينات الشدة المرضية التى يحملها المسبب المرضى .

٧- لا تحمى النبات من الإصابة ولكنها تعمل على نقص معدلات ودرجة الإصابة وقلّة التجرثم للمسبب المرضى ، أى أنها تعمل بالتحديد على بقاء تقدم الوباء المرضى بعد أن يبدأ .

ب - المقاومة الرأسية :**Vertical resistance :**

تعرف هذه المقاومة بأسماء : المقاومة البسيطة ، المقاومة المفترقة ، المقاومة الباردة ، المقاومة المتخصصة السلالة .

ومن صفات هذه المقاومة وملاحظتها :

- ١- يتحكم فيها جين واحد ذو تأثير رئيسي (أو عدد قليل) .
- ٢- عالية الكفاءة ضد سلالات معينة من المسبب المرضي .
- ٣- الجين أو الجينات القليلة الداخلة في المقاومة تبدى تأثيرها في التحكم بوضوح بدرجة كبيرة في التفاعل بين الكائن المرضي و العائل النباتي حيث يستجيب العائل عادة بفرط الحساسية للطفيل (تفاعل الحساسية الفائقة) وبالتالي يفشل الكائن الممرض في توطيد نفسه والتكاثر في العائل .
- ٤- عرضة للفقْد الفجائي بالسلالات الجديدة من المسبب المرضي .
- ٥- لا تتأثر كثيرا بالظروف البيئية .
- ٦- تعمل المقاومة الرأسية على تثبيط تكشف الوباء المرضي وذلك بتحديد أو تقليل اللقاح الأولى .

ملاحظات هامة على المقاومة الرأسية :

- ١- ليس لها أهمية كبيرة في حالة المحاصيل المعمرة أو تلك التي يصعب تربيتها.
- ٢- ذات قيمة وأهمية كبيرة في حالة الأمراض بطيئة الانتشار عما في الأمراض سريعة الانتشار .
- ٣- تقل أهميتها عند استخدامها ضد المسببات المرضية السريعة التطفر .
- ٤- تقل أهميتها عند زراعة مساحات شاسعة من صنف واحد على درجة عالية من التجانس الوراثي في منطقته جغرافية واحدة .
- ٥- تزداد الحاجة لأكثر من جين للمقاومة في حالة الطفيليات الإجبارية .

- ٦- لا تجدى المقاومة الرأسية غالباً في مقاومة الأمراض التي تنتقل مع الأجزاء المستعملة في تكاثر المحصول سواء كانت بذوراً أم أجزاء خضرية من النبات.
- ٧- تزداد قيمة أهمية المقاومة الرأسية إذا صاحبها مستوى جيد من المقاومة الأفقية.
- ٨- المقاومة الرأسية من السهل إدخالها في برامج تربية النبات وبالتالي فإنها مفضلة على المقاومة الأفقية .

التطفل على أصناف العائل التي لا تحمل هذه الجينات. وبالعكس ... فإن ضعف جينات المقاومة الرأسية يعنى أن السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة التي تحدثها هذه الجينات تكون أكثر انتشاراً ، حيث تكون قادرة على المعيشة رمياً بشكل جيد ، كما تحتفظ بقدرتها على التطفل على الأصناف التي تحمل جينات المقاومة الرأسية .

ويمكن أن تظهر السلالات الجديدة القادرة على كسر مقاومة الجينات القوية لو تكررت زراعة الأصناف الحاملة لنفس جينات المقاومة في نفس قطعة الأرض في عدة زراعات متتالية لعدة سنوات ، كذلك قد تظهر هذه السلالات على الأنواع القريبة المعمرة.

وسائل الاستفادة من جينات المقاومة الرأسية في الحد من خطورة سلالات الطفيل الجديدة :

يمكن استغلال جينات المقاومة الرأسية بطريقة تسمح بالتغلب على خطورة السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة التي تحدثها هذه الجينات ، أو الحد من سرعة ظهور هذه السلالات ، وذلك بإتباع إحدى الوسائل التالية :

- ١- إدخال عدة جينات للمقاومة الرأسية في الصنف الواحد ، وهو الأمر المتبع حالياً بالنسبة لمقاومة صدأ الساق في القمح في كل من الولايات المتحدة وكندا .
- ٢- نقل جينات المقاومة للأصناف التجارية في أزواج ، لأن المسبب المرضي يزيد ضراوته خطوة بخطوة ليقابل الزيادة في مقاومة العائل ، فلو أمكن دفع العائل خطوتين إلى الأمام فقد لا يكون بإمكان الطفيل اللحاق به بسهولة .
- ٣- استخدام الأصناف المتعددة للسلالات في الزراعة .

أسس المفاضلة بين المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية :

يجب أن تؤخذ الأمور التالية في الحسبان عند المفاضلة بين المقاومة الرأسية والمقاومة الأفقية قبل الشروع في برامج التربية لمقاومة الأمراض ؛ لأن لكل حالة نوع المقاومة الذي يناسبها كما يلي :

١- ليس للمقاومة الرأسية أهمية أو قيمة كبيرة بالنسبة للمحاصيل المعمرة ، أو تلك التي تصعب تربيتها ، فبينما يسهل إحلال صنف ذي مقاومة رأسية Vertical pathodeme محل آخر في المحاصيل الحولية مثل الحبوب ، والبقوليات ، والبطاطس ، ومعظم محاصيل الخضر.. فإن ذلك يعد أمراً صعباً في المحاصيل التي تبقى معمرة لفترة طويلة مثل الفاكهة وأشجار الغابات ، والقهوة ، والكاكاو. كذلك تختلف المحاصيل في مدى سهولة أو صعوبة تربيتها حسب درجة توفر الاختلافات الرأسية Vertical variability بها . فبينما تزيد الاختلافات الرأسية وتسهل تربية محصول مثل قصب السكر ، نجد أن محصولاً معمرأً آخر مثل الموز تقل فيه الاختلافات الرأسية وتصعب تربيته .

٢- تكون للمقاومة الرأسية قيمة وأهمية أكبر في حالة الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases عما في الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases .

تعتبر أمراض الذبول الفيوزارمي ، وذبول الفيرتسيليم ، وأعفان الجذور وغيرها من الأمراض التي تعيش مسبباتها في التربة وتحدث الإصابة الطبيعية بها عن طريق الجذور من الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest diseases، بينما تعتبر الندوة المتأخرة في البطاطس وصدأ الساق في القمح وغيرها من الأمراض التي تنتقل جراثيمها عن طريق الهواء ، وتحدث الإصابة الطبيعية بها عن طريق الأجزاء الهوائية للنبات من الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases.

تتميز مسببات المجموعة الأولى ببطء انتشار سلالتها الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية للعائل (Vertical Pathotypes) بعد ظهورها فبينما يلزم مرور عشر سنوات على الأقل قبل الإنتشار الوبائي لأية سلالة جديدة في النوع الأول من

الأمراض ، نجد أن السلالات الجديدة من النوع الثانى من الأمراض قد تنتشر فى قارة بأكملها فى خلال موسم زراعى واحد أو موسمين .

٣- تقل قيمة وأهمية المقاومة الرأسية عند استخدامها ضد المسببات المرضية السريعة التطفر ، تختلف درجة التطفر الرأسية Vertical mutability باختلاف المسببات المرضية ، حيث تكون أسرع وبمعدلات أعلى فى بعضها عما فى البعض الآخر ، وتحسب درجة التطفر بعدد المرات التى يمكن أن تظهر فيها سلالات جديدة من المسبب المرضى قادرة على كسر المقاومة الرأسية (Vertical Pathotypes) فى عشيرة من المسبب المرضى ذى حجم معين خلال عدد معين من الأجيال .

٤- تقل قيمة وأهمية المقاومة الرأسية عادة عند زراعة مساحات شاسعة من صنف واحد على درجة عالية من التجانس الوراثى فى منطقة جغرافية واحدة .

يزداد الضغط على المسبب المرضى لظهور سلالات جديدة منه قادرة على كسر المقاومة الرأسية للعائل كلما ازدادت المساحة المزروعة بالصنف الحامل لهذه المقاومة ، وكلما ازدادت كثافة الزراعة بهذا الصنف ، وازدادت درجة تجانسه الوراثى . وتتوفر جميع هذه العوامل فى زراعات القمح المقاومة لمرض صدأ الساق .

ويستفاد من ذلك فى أن المقاومة الرأسية تكون فى أفضل صورها عندما تكون زراعة الصنف الحامل لجين المقاومة الرأسية فى حقول منعزلة ؛ لأن السلالة القادرة على إصابته لا بد من أن تصله من حقل آخر مزروع بنفس الصنف .

وتجدر الإشارة فى هذا المقام إلى أن المقاومة الأفقية على خلاف المقاومة الرأسية تكون فى أفضل صورها عند زراعة مساحات كبيرة متجاورة من الصنف المقاوم ؛ لأن حدوث الإصابة فى حقل ما تتوقف على وصول الفطر من الحقول الأخرى المجاورة له ، فإذا كانت هذه الحقول مزروعة كذلك بنفس المقاومة الأفقية .. فإن ذلك يؤدى إلى خفض كمية اللقاح التى تصل إلى الحقل . أما إذا وجدت المقاومة الأفقية العالية وسط حقول أخرى تقل فيها المقاومة الأفقية فإن المقاومة تكون فى أقل صورها .

٥- تزداد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا أمكن التحكم فى الانتخاب المثبت وتوجيهه .

من المعروف أن الانتخاب المثبت Stabilizing Selection يتأثر بمدى قوة جينات المقاومة الرأسية ، حيث يزيد كلما كانت الجينات أكثر قوة ، وهو ما يعنى سرعة اختفاء السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية ؛ فى غياب زراعة الأصناف المقاومة ؛ كلما ازدادت قوة الجينات المسؤولة عن هذه المقاومة .

هذا .. إلا أنه لا يمكن التحكم فى الانتخاب المثبت عندما يكون المسبب المرضى قادراً على الدخول فى طور سكون لفترات طويلة ، كما فى بعض المسببات المرضية مثل الفطر *Synchytrium endobioticum* ، والنيماتودا المتحوصلة *Heterodera spp.* ؛ لأنه لا يمكن التحكم فى الانتخاب المثبت خلال فترات السكون .

٦- بينما يلزم جين واحد قوى من جينات المقاومة الرأسية لتوجيه الانتخاب المثبت ضد الطفيليات الاختيارية ، فإنه يلزم جينان قويان على الأقل فى حالة الطفيليات الإجبارية .

لا يظهر دور الانتخاب المثبت Stabilizing Selection فى حالة الطفيليات الإجبارية إلا عند نمو السلالات القادرة على كسر مقاومة رأسية معينة على أصناف تخلو من الجينات التى تتحكم فى تلك المقاومة ، فمثلاً .. عندما تصيب السلالة (1,2,3,4) من الفطر *P.infestans* صنفاً من البطاطس لا يحمل أى جينات للمقاومة الرأسية ، فإن الضراوة الزائدة فى هذه السلالة تفقد تدريجياً إلى أن تصبح كالسلالة (4) .

ويمكن استغلال ظاهرة الانتخاب المثبت وتوجيهها فى صالح المقاومة بتبادل زراعة أصناف تحمل جينات مختلفة للمقاومة الرأسية فى حالة الطفيليات الإجبارية، ويلزم لتحقيق ذلك جينان قويان على أقل تقدير ، أما فى حالة الطفيليات الاختيارية.. فإن الانتخاب المثبت يمكن أن يحدث خلال النمو الرمى للمسبب المرضى ، وهو ما يعنى إمكان توجيه ظاهرة الانتخاب المثبت لصالح المقاومة ، حتى لو لم يتوفر سوى جين واحد قوى للمقاومة الرأسية .

٧- لا يجدى تنظيم زراعة الأصناف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية فى المناطق الزراعية المتجاورة إلا بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases .

تعرف عملية تنظيم زراعة مختلف مصادر المقاومة الرأسية لنفس المرض في المنطقة الجغرافية الواحدة باسم Pattern in Space ، وترجع أهميته إلى أن استمرار زراعة صنف معين ، أو أصناف معينة ، تحمل نفس جين المقاومة الرأسية في نفس المنطقة بصفة دائمة ، وهو ما يعرف باسم Monoculture يضع ضغطاً قوياً على المسبب المرضي لإنتاج سلالات جديدة قادرة على كسر هذه المقاومة الرأسية. ويمكن تجنب هذا الوضع بزراعة أصناف تختلف في مقاومتها الرأسية متجاورة في نفس الموسم الزراعي Pattern in Space ، أو بالتبادل في مواسم زراعية مختلفة Pattern in Time . يكون لتنظيم زراعة المقاومات الرأسية المختلفة في الموسم الزراعي الواحد دور هام بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار ، ويمكن تحقيق هذا التنظيم بإحدى طريقتين كما يلي :

١- النمط المحصولي :

Crop Pattern :

وفيه تزرع سلسلة من الأصناف الحاملة لجينات مختلفة من المقاومة الرأسية في مناطق تمتد بعرض قارات بأكملها بحيث يكون امتداد تلك المساحات الشاسعة عمودياً على اتجاه تقدم وانتشار الوباء في القارة ، يؤدي ذلك إلى تأخير تقدم الوباء أثناء تقدم المسبب المرضي حيث يواجه في كل منطقة بمقاومة رأسية . ويعرف مخطط التوزيع الجغرافي لجينات المقاومة الرأسية باسم "نشر جينات المقاومة" . Gene Deployment

ب- النمط النباتي :

Plant Pattern :

يقصد بذلك زراعة صنف متعدد السلالات Multiline Variety في المنطقة الجغرافية الواحدة ، وبذلك يقاوم كل نبات سلالات الفطر غير المتوافقة معه . ويجب أن تكون جينات المقاومة الرأسية المستخدمة في كلا النمطين الزراعيين قوية لكي يكون الانتخاب المثبت قوياً .

٨- لا يجدى تنظيم زراعة الأصناف التي تختلف في مقاومتها الرأسية في المواسم الزراعية المتتالية إلا بالنسبة للأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases .

تعرف عملية تنظيم زراعة الأصناف التي تختلف في مقاومتها الرأسية لنفس المرض في نفس الموقع خلال المواسم الزراعية المتتالية باسم *Pattern in Time*، وهي تلعب دوراً هاماً بالنسبة لمقاومة الأمراض البطيئة الانتشار، ويمكن تحقيق هذا التنظيم باتباع دورة زراعية مناسبة تتضمن إما زراعة محاصيل مختلفة، وإما زراعة مقاومات رأسية مختلفة في نفس قطعة الأرض خلال سنوات الدورة .

٩- لاتجدي المقاومة الرأسية غالباً في مقاومة الأمراض التي تنتقل مع الأجزاء المستعملة في تكاثر المحصول سواء أكانت بذورا ، أم أجزاء خضرية من النبات .

إن الفائدة الأساسية للمقاومة الرأسية ، كما سبق أن أوضحنا ، هي خفض اللقاح الأولى *Initial Inoculum* الذي يبدأ منه الوباء ، فإذا كان اللقاح ينتقل تلقائياً مع الأجزاء النباتية المستخدمة في التكاثر، فإن المقاومة الرأسية تصبح عديمة الجدوى .

أما في الأمراض السريعة الانتشار مثل الندوة المتأخرة في البطاطس فإنه يكفي وجود درنة واحدة مصابة من بين كل ١٠٠,٠٠٠ درنة لحدوث الوباء ، وهي درجة لا يمكن الحصول عليها في الوقت الحاضر بالإمكانات المتاحة .

١٠- يمكن فقدان المقاومة الرأسية بسهولة إذا كانت الحماية التي توفرها ليست كاملة : إن الحماية التي توفرها المقاومة الرأسية ضد السلالات غير المتوافقة معها قد تكون تامة ، أو غير تامة . فإذا كانت الحماية تامة وزرعت مساحات شاسعة (مليون فدان مثلاً) بصنف أو مجموعة من الأصناف التي تحمل نفس جين المقاومة الرأسية .. فإن هذا لن يسمح بظهور المرض وبذا لا تتوفر الفرصة لظهور سلالات جديدة من المسبب المرضي متوافقة مع هذا الجين . أما إذا كانت الحماية التي توفرها المقاومة الرأسية غير تامة ، فإنه تحدث بعض الإصابات المرضية القليلة التي يترتب عليها إعطاء فرصة كبيرة لظهور سلالات جديدة متوافقة من المسبب المرضي ، وبذا تفقد المقاومة بسهولة .

١١- يكون للمقاومة الرأسية فائدة أكبر في المناطق التي تكون المواسم الزراعية فيها مغلقة ، يقصد بالمواسم المغلقة *Closed Seasons* تلك التي لا تتداخل فيها المواسم المتتالية حيث تفصل بينها ظروف قاسية لاتناسب الزراعة كشتاء قارس البرودة ، أو موسم جفاف طويل ، وتؤدي المواسم المغلقة إلى تقليل عشيرة

المسبب المرضى ، وهو أمر عظيم الأهمية بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار في المحاصيل الحولية .

١٢- تزداد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا وضعت لها القوانين التي تحميها ، مع مراقبة تنفيذها بدقة . من أمثلة القوانين التي يجب أن توضع وتنفذ لحماية المقاومة الرأسية ما يلي :

أ- منع زراعة أصناف قابلة للإصابة مع الأصناف المقاومة ؛ لأن هذا المنع يجبر المسبب المرضى على أن يعيش في صورة جراثيم ساكنة فقط ، وبذا لا تتمكن السلالات غير المتوافقة مع المقاومة الرأسية من التكاثف ، وتقل فرصة ظهور سلالات جديدة متوافقة منها .

ب- قوانين اعتماد التقاوى .

ج- تنظيم زراعة المقاومات الرأسية في المكان والزمان .

قصر استخدام جينات المقاومة الرأسية في حالات الأمراض السريعة الانتشار على الأصناف المتأخرة ، والزراعات المتأخرة ، ذلك لأن المسبب المرضى يصل إلى تلك الزراعات من الأصناف المبكرة .. وبينما تكون زراعة هذه الأصناف في بداية مراحل الوباء ولا تتأثر كثيراً به ، فإن الأصناف المتأخرة تنمو أثناء تقدم الوباء ، ويؤدي استخدام المقاومة الرأسية في الزراعات المبكرة إلى ظهور السلالات المتوافقة معها ، وانتقالها إلى الزراعات المتأخرة ، حيث نقضى عليها .

١٣- تزداد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا صاحبها مستوى جيد من المقاومة الأفقية : سبق أن أوضحنا أهمية هذا الأمر في إبطاء تقدم الأوبئة .

١٤- يكون الضرر الناشئ عن انهيار المقاومة الرأسية المعقدة (التي يتحكم فيها عدة R-genes) أقل من الضرر الناشئ عن انهيار المقاومة الرأسية البسيطة .

إن انهيار المقاومة الرأسية المعقدة Complex Vertical Resistance يعنى ظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى متوافقة معها ، ذات ضراوة رأسية معقدة Complex Vertical Pathotype .

ويبدو في حالة مسببات الأمراض السريعة الانتشار على الأقل أن زيادة الضراوة الرأسية لسلالة ما (بزيادة عدد الـ V-genes التي تحتوى عليها السلالة)

ترتبط بانخفاض مستوى الضراوة الأفقية Aggressiveness لهذه السلالة (أى قدرتها على إصابة العائل والتكاثر وإحداث الضرر) . وأكبر دليل على صحة ذلك سرعة اختفاء السلالات ذات الضراوة الرأسية المعقدة بمجرد التوقف عن زراعة الأصناف المقابلة لها الحاملة للمقاومة الرأسية المعقدة .

وجدير بالذكر أن الانخفاض فى مستوى الضراوة الأفقية لسلالة ما من المسبب المرضى يماثل تماماً الزيادة فى المقاومة الأفقية للعائل . وبذا فإن أى انهيار للمقاومة الرأسية المعقدة يعنى تعرضها للإصابة بسلالات منخفضة الضراوة ، فيصبح العائل كما لو كان ذا مقاومة أفقية عالية .

التغيرات ونشوء السلالات فى المسبب المرضى :

تختلف الطفيليات (فطريات ، بكتريا ، فيروسات ، نيماتودا ، ميكوبلازما) فى قدرتها المرضية virulence . كما تختلف سلالات الطفيل الواحد فى هذه القدرة كما تختلف النباتات فى قابليتها للإصابة susceptibility بواحد أو أكثر من هذه السلالات . ومن المعروف أنه فى أى مجموع نباتى قد يلاحظ عدة نباتات فردية شديدة المقاومة للسلالات الفطرية الشديدة الضراوة ، ولكن قدرة هذه النباتات على المقاومة لا تبقى كذلك مده طويلة ، حيث إن وجود مجموع population مقاوم من العائل النباتى يخلق ضغطاً انتخابياً على سلالات الطفيل فتظهر منه سلالات أشد ضراوة أو أكثر قدرة على إصابه هذا المجموع النباتى المقاوم . وباستمرار زراعة هذه الأصناف المقاومة من النبات يودى ذلك إلى زيادة مستمرة فى سلالات الفطر الشرسة الجديدة ، وعلى ذلك فبعد فترة من الوقت يصبح المجموع النباتى الذى كان يعرف بمقاومته الشديدة قابلاً للإصابة مرة أخرى بالسلالة أو السلالات الجديدة التى ينتجها الفطر .. الأمر الذى يستدعى معه بدأ برامج تربية جديدة لاستحداث أصناف مقاومه لهذه السلالات الشرسة الجديدة . ومن ذلك نرى أن هناك تحدياً دائماً وحرب مستمرة بين مربى النباتات من ناحية وبين المسببات المرضية من ناحية أخرى ، فكلما اكتشف المربى صنفا نباتيا مقاوما كان ذلك مدعاة للضغط على الطفيل لانتخاب سلالات أشد ضراوة من ذى قبل . من ذلك يتضح أهمية استمرار عمليات التربية لإيجاد أصناف مقاومة للأمراض النباتية .

ويطلق على المجاميع النقية المتجانسة من النوع الواحد من الكائن الحى اسم سلالة Race . وتعرف السلالات الفسيولوجية physiological races بأنها مجاميع

من الفطريات والبكتيريا تنتمي إلى نفس النوع وتتميز بتشابهها مورفولوجيا ، واختلافها فسيولوجيا ، ولكنها تتميز بتباين قدراتها على إحداث الإصابة في أصناف Cultivars النوع النباتي الواحد . تحتوي السلالات الفسيولوجية الجديدة على جينات جديدة للضراوة تكون قادرة على كسر جينات المقاومة التي تتوفر في الأصناف التجارية المزروعة ، إلا أن أية سلالة جديدة قد تكون في واقع الأمر خليطا من عديد من التباينات الوراثية للمسبب المرضي ، فيما يتعلق بالصفات المورفولوجية والفسيولوجية ، وربما كذلك في صفات الضراوة الخاصة بعوائل أخرى تحوى على جينات أخرى للمقاومة ، إلا أنها جميعا تشترك في جين الضراوة المسئول عن كسر مقاومة جين المقاومة في العائل . تنشأ السلالات الفسيولوجية الجديدة بواسطة طرق عامة والوسائل المتخصصة والتي سبق الإشارة عنها في الباب الأول (الفصل الأول) .

الخلاصة :

يعد Flor هو مؤسس نظرية الجين للجين التي توصل إليها في عام ١٩٤٢ من دراساته على المقاومة للفطر *Melampsora lini* المسبب لصدأ الكتان ، ولقد أثبتت فكرة جين لكل جين أولا في حالة الكتان ، ولكن تبين حدوثها عمليا في أصداء أخرى وفي أمراض أخرى ناتجة عن مسببات مرضية مختلفة ، وقد تبين أنه في كل هذه الأمراض عندما يكون الصنف مقاوما للكائن الممرض كنتيجة لثلاثة جينات مقاومه فإن الكائن الممرض الذي يمكن أن يهاجمه يحتوي أيضا على ثلاث جينات لشدة الإصابة بالترتيب مع جينات العائل ، وأن الكائن الممرض بشكل عام يختلف مع كل نوع من العوائل النباتية وغالبا ما يكون متخصصا مع عائل نباتي معين ، والذي يجعل تكشف المرض ممكنا في العائل هو وجود جين أو أكثر في الكائن الممرض للتخصص والشدة ضد عائل معين والذي بدوره يمتلك جينات معينة للتخصص وللقابلية للإصابة بكائن ممرض معين . الجين أو الجينات المسئولة عن الشدة في الكائن الممرض تكون عادة متخصصة لواحد أو لقليل من أنواع نباتات العائل المتقاربة وراثيا . الطفرات نحو الشدة المرضية ليست أكثر احتمالا في الوقوع من الطفرات التي تحدث في أي صفة وراثية أخرى ، ولكن نظرا للنسل الكثير الذي ينتجه الكائن المرضي فإن احتمال حدوث الطفرة في هذا النسل العديد احتمالات عالية ؛ ولذلك فإنه من المحتمل أن عددا كبيرا من الطفرات المختلفة في

شدتها عن أباؤها تظهر في الطبيعة كل سنة . بجانب ذلك فإن عددا قليلا فقط من الأصناف المتمثلة وراثيا لكل محصول نباتي تزرع باستمرار فوق مساحه كبيرة من الأرض ولفترة محددة لعدة سنوات . وباعتبار الصعوبات الداخلة في التغيير من صنف إلى آخر من غير إعطاء مهلة كافية فإن التهديد في ظهور طفرات جديدة وشديدة تهاجم الصنف المقاوم سابقا تصبح حقيقة واقعة .

الأسئلة :

- ١- ما هو السبب الوراثي الذي يجعل الكائن الممرض متخصصا مع عائل نباتي معين ؟
- ٢- ما الذي يجعل تكشف المرض ممكنا في العائل النباتي ؟
- ٣- علل : لماذا تكون بعض مسببات المرضية قادرة على مهاجمة عدة أنواع من العوائل النباتية ؟
- ٤- لماذا توجد أفراد من نوع نباتي معين تعيش إما خالية من الأمراض أو يظهر عليها قليل من الأعراض ؟
- ٥- ما الذي يحدث في المسبب المرضي إذا تم إدخال جين جديد للمقاومة في العائل النباتي الذي يتطفل عليه ؟
- ٦- أذكر ما تعرفه عن نظرية الجين للجين في التخصص العائلي لمسببات أمراض النبات ؟
- ٧- وضح في جدول التفاعل المتزامن بين جينات سلالتين من المسبب المرضي أحدهما تحمل جينات الشدة a والأخرى تحمل جينات عدم القدرة على الإصابة A مع سلالتين من العائل النباتي إحداها يحمل جين المقاومة R والآخر يحمل جين القابلية للإصابة ؟
- ٨- عرف كلمة سلالة $Race$ ، السلالات الفسيولوجية ؟
- ٩- اشرح الطرق المختلفة العامة والخاصة لنشأة السلالات الفسيولوجية في مسببات أمراض النبات ؟

- ١٠- علل لماذا يزداد احتمال حدوث الطفرات في مسببات أمراض النبات ؟
- ١١- أذكر أسباب كسر صفة المقاومة في العائل النباتي ؟
- ١٢- لماذا تصبح التهديدات في ظهور طفرات جديدة وشديدة تهاجم الصنف المقاوم حقيقة واقعة ؟

أجب بنعم أم لا مع التعليل :

- ١- يعد Flor هو مؤسس نظرية الجين للجين من دراساته على المقاومة للفطر المسبب لمرض صدا الكتان .؟
- ٢- جينات قابلية النبات للإصابة تكون سائدة بينما جينات المقاومة تكون متنحية كجينات الشدة في المسبب المرضي ؟
- ٣- انعدام المقاومة يعنى أن المسبب المرضي تنبت جراثيمه ويخترق خلايا بشرة العائل وينمو وينتج جراثيم جديدة كما لو كان ناميا على بيئة صناعية ؟
- ٤- تتوفر المقاومة الأفقية في النبات قبل حدوث الإصابة بينما لا تعمل المقاومة الرأسية للنبات إلا بعد التعرض للإصابة ؟
- ٥- يتحكم في المقاومة الأفقية عدد محدود أو عدد كبير من الجينات ليست خاصة بالمقاومة بينما يتحكم في المقاومة الرأسية جينات متخصصة في المقاومة ؟
- ٦- تعمل المقاومة الأفقية على تأخير ظهور الوباء ؟
- ٧- تكون المقاومة الرأسية عديمة الجدوى إذا كان لقاح المسبب المرضي ينتقل تلقائيا مع الأجزاء النباتية المستخدمة في التكاثر ؟
- ٨- قدرة النباتات على المقاومة لا تبقى مدة طويلة بسبب أن استمرار زراعتها يؤدي إلى زيادة مستمرة في سلالات المسبب المرضي الشرسة ؟

اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية :

- ١- يمكن تنظيم زراعة المقاومات الرأسية المختلفة في الموسم الزراعي الواحد باستخدام الطرق التالية :

أ- النمط المحصولي والذي فيه تزرع الأصناف الحاملة لجينات المقاومة الرأسية في مناطق تمتد عبر قارات بأكملها بحيث يكون امتداد تلك المساحات عمودياً على اتجاه تقدم الوباء .

ب- النمط النباتي بزراعة صنف متعدد السلالات في منطقة جغرافية واحدة .

٢- تكون المقاومة رأسية عندما :

أ- يصبح الصنف مقاوماً لسلالة أو لعدد محدود من سلالات الطفيل .

ب- يكون الصنف مقاوماً بنفس الدرجة لجميع سلالات الطفيل .

ج- جميع الإجابات السابقة صحيحة .