

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 الخضار.. فإن ذلك يعد أمراً صعباً في المحاصيل التي تبقى معمرة لفترة طويلة. مثل الفاكهة. وأشجار الغابات. والبن، والكافور.

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 معمراً آخر مثل الموز تقل فيه الاختلافات الرأسية وتضيق تربيتها.

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 الفيوزاري، وذبوق فيرتسيليم، 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 وغيرهما من الأمراض التي تنتقل جراثيمها عن طريق الهواء، وتحدث الإصابة الطبيعية بها عن طريق الأجزاء الهوائية للنبات من الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases.

نتميز مسببات المجموعة الأولى ببطء انتشار سلالاتها الجديدة القادرة على كسر

المقاومة الرأسية للعائل (Vertical Pathotypes) بعد ظهورها؛ فبينما يلزم مرور عشر سنوات على الأقل قبل الانتشار الوبائي لأية سلالة جديدة فى 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 قدرة على كسر المقاومة الرأسية (Vertical Pathotypes) فى عشيرة من المسبب المرضى ذى حجم معين خلال عدد معين من الأجيال.

وبرغم أن هذا الأمر لا يمكن إجراؤه حالياً، إلا أنه يمكن تقديره من معرفتنا بعدد السنوات التى تمر عادة بين إدخال مقاومة رأسية جديدة فى الزراعة وانهيار هذه المقاومة بسبب ظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى قدرة على التغلب عليها.

وقد سبق أن أوضحنا أن السرعة التى تظهر بها هذه السلالات تقل كلما زادت قوة جينات المقاومة الرأسية فى العائل، ولكن هذه السرعة تختلف أيضاً باختلاف المسبب المرضى.

فنجذ - مثلاً - أن كل من الذبول الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium*، والذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Clavibacter solanacearum* من الأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest Diseases، إلا أن درجة التطفر الرأسية لهذه البكتيريا أعلى بكثير مما فى فطر الفيوزاريم. كذلك يعتبر الفطر *P. graminis* المسبب لمرض صدأ الساق فى القمح ذا درجة تطفر منخفضة نسبياً. مقارنة بفطريات أخرى من تلك التى تسبب أمراضاً سريعة الانتشار Compound Interest Diseases مثل الفطر *P. infestans* المسبب لمرض الندوة المتأخرة فى البطاطس.

٤ - تقل قيمة وأهمية المقاومة الرأسية - عادة - عند زراعة مساحات شاسعة من صنف واحد على درجة عالية من التجانس الوراثي في منطقة جغرافية واحدة:

يزداد الضغط على المسبب المرضي 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 الوراثي. وتتوفر جميع هذه العوامل في زراعات القمح المقاومة لمرض صدأ الساق.

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

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

٥ - تزداد قيمة وأهمية المقاومة الرأسية إذا أمكن التحكم في 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 يعني سرعة اختفاء السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة الرأسية - في غياب زراعة الأصناف المقاومة - كلما ازدادت قوة الجينات المسئولة عن هذه المقاومة.

هذا .. إلا أنه لا يمكن التحكم في الانتخاب المثبت عندما يكون المسبب المرضي قادرًا على الدخول في طور سكون لفترات طويلة، كما في بعض انسيبات المرضية مثل

الفطر *Synchytrium endobioticum*، والنيماتودا المتحوصلة *Heterodera spp.*، لأنه لا يمكن التحكم في 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 - في حالة الطفيليات الإجبارية:

لا يظهر دور الانتخاب المثبت Stabilizing Selection في حالة الطفيليات الإجبارية إلا عند نمو السلالات القادرة على كسر مقاومة رأسية معينة على أصناف تخلو من الجينات التي تتحكم في 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 في هذه السلالة تفقد تدريجياً إلى أن تصبح كالسلالة (4).

ويمكن استغلال ظاهرة الانتخاب المثبت وتوجيهها في صالح المقاومة بتبادل زراعة أصناف تحمل جينات مختلفة للمقاومة الرأسية في حالة الطفيليات الإجبارية. ويلزم لتحقيق ذلك جينان قويان على أقل تقدير. أما في حالة الطفيليات الاختيارية .. فإن الانتخاب المثبت يمكن أن يحدث خلال النمو الرمى للمسبب المرضي، 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 التي تختلف في مقاومتها الرأسية - في 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

أنصاف تختلف في مقاومتها الرأسية متجاورة في نفس الموسم الزراعى Pattern in Space ، أو بالتبادل في مواسم زراعية مختلفة Pattern in Time.

يكون لتنظيم زراعة المقاومات الرأسية المختلفة فى الموسم الزراعى الواحد دور هام بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار، ويمكن تحقيق هذا التنظيم بإحدى طريقتين كما يلي :

أ - النمط المحصولى : Crop Pattern

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

ب - النمو النباتى : Plant Pattern

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

٨ - لا يجدى تنظيم زراعة الأنصاف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية - فى المواسم الزراعية المتتالية - إلا بالنسبة للأمراض البطيئة الانتشار Simple Interest : Diseases

تعرف عملية تنظيم زراعة الأنصاف التى تختلف فى مقاومتها الرأسية لنفس المرض فى نفس الموقع خلال المواسم الزراعية المتتالية باسم Pattern in Time، وهى 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 فى نفس قطعة الأرض خلال سنوات الدورة.

٩ - لا تجدى المقاومة الرأسية - غالباً - فى مقاومة الأمراض التى تنتقل مع الأجزاء المستعملة فى تكاثر المحصول سواء أكانت بذوراً، أم أجزاء خضرية من النبات :

إن الفائدة الأساسية للمقاومة الرأسية - كما سبق أن أوضحنا - هى خفض اللقاح الأوى Initial Inoculum الذى يبدأ منه الوباء؛ فإذا كان اللقاح ينتقل تلقائياً مع الأجزاء النباتية المستخدمة فى التكاثر، فإن المقاومة الرأسية تصبح عديمة الجدوى.

وتواجه هذه المشكلة بالنسبة للأمراض البطيئة الانتشار - كذلك التى يحدثها الفطر *S. endobioticum*، أو البكتيريا *C. solanacearum* - بقصر الزراعة على الدرنات المعتمدة. أما فى الأمراض السريعة الانتشار - مثل الندوة المتأخرة فى البطاطس - فإنه يكفى وجود درنة واحدة مصابة من بين كل ١٠٠٠٠٠٠ درنة لحدوث الوباء، وهى درجة لا يمكن الحصول عليها فى الوقت الحاضر بالإمكانات المتاحة.

١٠ - يمكن فقدان المقاومة الرأسية بسهولة إذا كانت الحماية التى توفرها ليست كاملة :

إن الحماية التى 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 التى تحمل نفس جين المقاومة الرأسية .. فإن هذا لن يسمح بظهور المرض؛ وبذا .. لا تتوفر الفرصة لظهور سلالات جديدة من المسبب المرضى متوافقة مع هذا الجين. أما إذا كانت الحماية التى توفرها المقاومة الرأسية غير تامة، فإنه تحدث بعض الإصابات المرضية القليلة التى يترتب عليها إعطاء فرصة كبيرة لظهور سلالات جديدة متوافقة من المسبب المرضى، وبذا .. تُفقد المقاومة بسهولة.

١١ - يكون للمقاومة الرأسية فائدة أكبر فى المناطق التى تكون المواسم الزراعية فيها مغلقة :

يقصد بالمواسم المغلقة Closed Scasons تلك التى لا تتداخل فيها المواسم المتتالية؛ حيث تفصل بينها ظروف قاسية لا تناسب الزراعة: كشتاء قارص البرودة. أو موسم جفاف طويل. وتؤدى المواسم المغلقة إلى تقليل عشيرة المسبب المرضى، وهو أمر عظيم الأهمية بالنسبة للأمراض السريعة الانتشار فى 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 المرضي على أن يعيش في صورة جراثيم ساكنة فقط، وبذا .. لا تتمكن السلالات غير المتوافقة مع المقاومة الرأسية من التكاثر، وتقل فرصة ظهور سلالات جديدة متوافقة منها.

ب - قوانين اعتماد التقاوى.

ج - قوانين تنظيم زراعة المقاومات الرأسية في المكان والزمان.

د - قصر استخدام جينات المقاومة الرأسية - في حالات الأمراض السريعة الانتشار - على الأصناف المتأخرة، والزراعات المتأخرة، ذلك لأن المسبب المرضي 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 تقضى 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 المرضي متوافقة معها: ذات ضراوة رأسية معقدة Complex Vertical Pathotype.

ويبدو - في حالة مسببات الأمراض السريعة الانتشار على الأقل - أن زيادة الضراوة

الرأسية لسلالة ما (زيادة 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 (عن Robinson ١٩٧١، و ١٩٨٠).

المقاومة المستدامة

مقدمة

إن المقاومة التي تستمر فاعلة لفترة طويلة (الـ durable) - أى المقاومة المستدامة sustainable - هى تلك التي لا يتغلب عليها المسبب المرضى على الرغم من زراعتها على نطاق واسع على مدى فترة زمنية طويلة فى ظروف تناسب المسبب المرضى.

يتبين من هذا التعريف للمقاومة المستدامة أو الـ durable صعوبة تقديرها كمياً، وأنها تتباين كثيراً تبعاً لطبيعة تلك المقاومة، والظروف البيئية، والوضع الحالى لعشيرة العائل، وغالباً ما يعتمد الحكم على مقاومة ما بأنها durable أو غير ذلك على الخبرة معها.

كذلك لا يمكن تحديد المقاومة الـ durable على أساس نوعها أو طبيعتها. فمثلاً .. يعتبر بعض الباحثين أن المقاومة الكمية هى مقاومة durable، بينما المقاومة البسيطة تكون سريعة الفقد ephemeral، هذا بينما يعتبر آخرون أن المقاومة التي تقلل من معدل تزايد المرض هى durable، بينما تلك التي تمنع حدوث الإصابة ليست durable. إلا أنه تعرف حالات كثيرة للمقاومة لا تنطبق عليها تلك التقسيمات.