تابع جدول (٩-٨):

	المحصول	المسبب المرضى	وسيلة الانتخاب
الأرز	Rice *Oryza sativa*	*Xanthomonas oryzae*	راشح المزرعة
الفراولة	Strawberry *Fragaria* sp.	*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*	حامض الفيوزاريك
قصب السكر	Sugarcane *Saccharum officinarum* L.	*Helminthosporium sacchari*	راشح المزرعة
التبغ	Tobacco *Nicotiana tabaccum*	*Pseudomonas tabaci*	Methionine sulfoximine
الطماطم	Tomato *Lycopersicon esculentum* Mill	*Fusarium oxysporum*	حامض الفيوزاريك

خصوصية التربية لمقاومة الأمراض

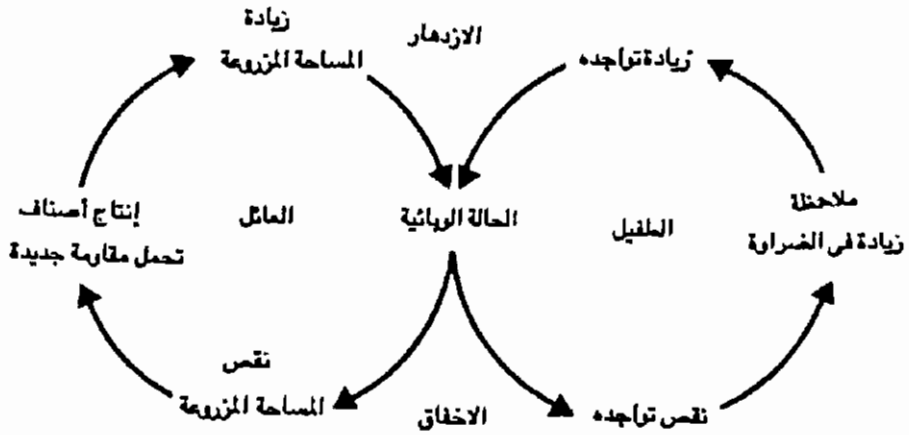
دورة الازدهار والإخفاق للأصناف المقاومة

لقد صممت طرق خاصة بالتربية لمقاومة الأمراض لمواجهة مشكلة السلالات الفسيولوجية الجديدة التى تؤدى إلى فقدان المقاومة بسرعة، فيما يعرف بدورة الازدهار والإخفاق.

تصف دورة الازدهار والإخفاق The Bloom and Bust Cycle – وهى التى اقترحها Priesley عام ١٩٧٨ (عن Parry ١٩٩٠) – حالة ازدهار زراعة الأصناف الجديدة التى تحمل جينات المقاومة الرأسية للأمراض بسبب الإقبال على زراعتها. ثم ما يعقب ذلك من إخفاق شديد لتلك الأصناف والتوقف عن زراعتها بسبب ظهور السلالات الفسيولوجية الجديدة القادرة على إصابتها.

يوضح شكل (٩-١) هذه الدورة. التى تشمل كلا من الصنف الجديد ذى المقاومة الرأسية، والسلالة الفسيولوجية الجديدة القادرة على إصابته. فما أن يتم إنتاج صنف

جديد مقاوم لمرض ما إلا ويتلقفه المزارعون ويتوسعون فى زراعته. ويكون ذلك سببًا فى سرعة تدهوره، حيث يكوّن المسبب المرضى سلالة جديدة تحمل جينًا جديدًا للضراوة يقابل جين المقاومة ويجعلها قادرة على إصابة الصنف الجديد.



شكل (٩-١): دورة الازدهار، والإخفاق للأصناف الجديدة المقاومة للأمراض من المحاصيل الزراعية.

ومع استمرار زراعة هذا الصنف على نطاق واسع .. يزداد تكاثر وازدهار السلالة الجديدة بصورة وبائية إلى أن تقضى على الصنف المستخدم فى الزراعة؛ مما يؤدى إلى إخفاقه. فيقل - بالتالى - الإقبال على زراعته، ويقل معه انتشار تلك السلالة (لأنها - فى غياب الصنف - تحتوى على جين زائد للضراوة يمثل عبئًا على عمليات الأيض الطبيعية لهذا المسبب المرضى؛ مما يجعل السلالة أقل قدرة على البقاء من السلالات الأخرى لنفس المسبب المرضى). ومن الطبيعى أن يعمل المربى على إدخال أصناف جديدة مقاومة فى الزراعة؛ لتمر بنفس دورة الازدهار والتدهور من جديد.

ومن المؤسف إن إنتاج الصنف الجديد المقاوم يستغرق من المربى عشر سنوات، أو أكثر ولكن ازدهاره ربما لا يدوم أكثر من سنتين. ولا يعنى ذلك أن المسبب المرضى يحتاج إلى سنتين لتربية سلالة جديدة تحمل جين الضراوة القادر على إصابة هذا الصنف .. فهذا الجين يظهر - غالبًا - خلال الموسم الأول لزراعة الصنف الجديد، ولكن يلزم - بعد

ذلك – انقضاء فترة كافية لتكاثر هذه السلالة وانتشارها على نطاق واسع فى منطقة زراعة الصنف الجديد. ولعل من أبرز الأمثلة على ذلك صنف القمح الإنجليزى Stetson الذى انتشرت زراعته على نطاق واسع فى عام ١٩٨٢؛ لمقاومته لفطر *Puccinia striiformis* المسبب لمرض الصدأ الأصفر، ولكن ظهرت سلالة جديدة من الفطر قادرة على كسر المقاومة الرأسية للصنف فى نفس الموسم. ومع سرعة انتشارها .. توقفت التوصية بزراعة هذا الصنف فى عام ١٩٨٤.

المقاومة الرأسية بين التوسع فى استخدامها وتنظيم الاعتماد عليها

إن من أهم الأسباب التى جعلت مربى النبات يستمرون فى إنتاج الأصناف التى تحمل جينات المقاومة الرئيسية (R genes) على الرغم من عدم ثباتها، ما يلى:

١ – إلحاح أقسام التسويق فى شركات إنتاج البذور فى طلب أصناف جديدة بصورة دائمة لإضافتها إلى كتالوجات الأصناف. كذلك يحتاج المربون العاملون فى القطاع العام والحكومى إلى إنتاج أصناف جديدة بصورة مستمرة لكى يستمر الدعم المالى لأبحاثهم.

٢ – المقاومة للأمراض ليست أكثر من صفة واحدة تُسهم فى تسويق الأصناف، وفى كثير من الحالات لم تكن المقاومة هى الصفة الرئيسية التى تجعل الصنف مطلوبًا لدى المزارعين.

٣ – حتى عهد قريب كان يتم تبادل مصادر المقاومة بحرية تامة بين المربين؛ مما أدى إلى نقل تلك الجينات إلى أصناف جديدة متباينة فى صفاتها الزراعية، الأمر الذى أدى إلى انتشار جينات المقاومة فى الزراعة. وما أعقب ذلك من حدوث ضغط انتخابى على المسببات المرضية لإنتاج سلالات قادرة على كسر المقاومة.

٤ – لم تكن مكافحة الأمراض تشكل مشكلة لدى المزارعين حتى ثمانينيات القرن العشرين، حيث كان استعمال المبيدات مباحًا دون قيود تذكر؛ ولذا .. لم تكن صفة المقاومة أمرًا ذا أهمية كبيرة فى اختيار المزارعين للأصناف الجديدة. كما لم يكن يُخشى من ظهور السلالات المرضية القادرة على كسر المقاومة نظرًا لتوفر بدائل للمكافحة.

٥ – تطلبت الضغوط التجارية – إذا ما استقر الأمر على إدراج المقاومة فى برنامج التربية – أن يتحقق ذلك بأقصى سرعة ممكنة. وحتى مع توقع كسر المقاومة فإن السبق فى عرض الأصناف الجديدة المقاومة يعطى فرصة أكبر لتسويقها قبل ظهور السلالات الجديدة.

٦ – كان يتوفر دائمًا مصادر جديدة لجينات المقاومة الرئيسية (R genes)، مما أتاح إنتاج أصنافًا جديدة مقاومة بصورة مستمرة.

٧ – لا تُعطِى حقوق الملكية الفكرية حماية للجينات المدخلة فى الأصناف الجديدة، فما أن يُعتمد أى صنف جديد، إلا وتصبح الجينات التى نقلت إليه متاحة لكافة المربين لإدخالها ضمن برامجهم؛ أى إن المربى لا تكون لديه أى فكرة عن الاحتمالات المستقبلية للتوسع فى استخدام الجينات التى اكتشفها؛ وبذا .. فإنه لا يتوفر لديه الحافز لبذل الوقت والجهد اللازمين لإنتاج أصناف بها مقاومة كمية طالما كان بإمكان الآخرين فصل توافقات من جينات المقاومة واستعمالها بحرية.

٨ – فى كثير من الأحيان لم يكن يتوفر للمربين أى فكرة عن انتشار سلالات المسبب المرضى، وما إذا كانت جينات الضراوة التى قد تقضى على المقاومة التى يعملون عليها تتواجد بالفعل فى منطقة الزراعة المستهدفة أم لا تتواجد.

ومن أهم الأسباب التى دعت إلى إعادة النظر فى كيفية تداول واستخدام جينات المقاومة الرئيسية (R genes) فى برامج التربية، ما يلى:

١ – أدى الاستخدام الواسع النطاق والوقائى – غالبًا – للمبيدات الفطرية بعد ظهور السلالات الجديدة القادرة على كسر المقاومة إلى ظهور سلالات أخرى من الفطريات غير حساسة للمبيدات.

٢ – ازدادت أهمية خفض تكاليف الإنتاج، وليس أفضل من زراعة الأصناف المقاومة – التى تبقى مقاومة – لتحقيق ذلك الهدف.

٣ – يؤدى الاستعمال الواسع النطاق للمبيدات إلى مخاطر بيئية وأخرى على صحة الإنسان، الأمر الذى ازداد معه إصرار المستهلكين على الحد من استعمالها؛ وليس هناك أفضل من زراعة الأصناف المقاومة كوسيلة صديقة للبيئة لمقاومة الأمراض والآفات.

٤ – تنحسر تدريجيًا أعداد المبيدات المرخصة للاستعمال، خاصة مع المحاصيل المحدودة الانتشار فى الزراعة كالخضروات؛ ذلك لأن تكلفة تسجيل المبيدات الجديدة للاستعمال مع تلك المحاصيل تعد عالية جدًا مقارنة بالعائد المحتمل للشركات المنتجة لها من استعمالها على تلك المحاصيل.

٥ – تقل تدريجيًا أعداد الجينات الرئيسية (الـ R genes) المتاحة للمربين بعد أن استُنفِذ معظمها فى التربية بالفعل، وأصبح مطلوبًا من المربين – فى كثير من المحاصيل – البحث عن تلك الجينات فى جيرمبلازم الأنواع البرية القريبة من المحصول. وعلى الرغم من ذلك العناء الذى يبذل فى البحث عن جينات المقاومة الرئيسية فإن تلك المتحصل عليها من الأنواع البرية القريبة من المحصول لا تختلف – غالبًا – فى تفاعلها مع سلالات المسبب المرضى عن جينات المقاومة المتحصل عليها من المحصول ذاته.

٦ – تمثل جينات المقاومة الرئيسية القديمة old R genes استثمارًا هائلاً فى الوقت والجهد وتعد ثروة وراثية كبيرة. فمثلاً .. يعرف فى القمح أكثر من ٩٠ جينًا تتحكم فى المقاومة لسلالات خاصة من أنواع الأصداء الثلاثة (*Puccinia striiformis*. و *P. recondita*، و *P. graminis*) والبياض الدقيقى (*Blumeria graminis* وهو الذى كان يعرف سابقًا بالاسم *Erysiphe graminis*). وتوجد حاليًا حاجة ملحة لإعادة استخدام تلك الجينات القديمة بطريقة تتيح زيادة جدواها فى مقاومة الأمراض.

٧ – سمحت التكنولوجيا الحيوية بالاستفادة من جينات للمقاومة المتاحة وتداولها بين الأنواع النباتية بطريقة لم تكن متاحة من قبل، كما قد تفيد تقنيات الدنا فى تحوير جينات المقاومة الرئيسية بطريقة تجعلها أكثر ثباتًا فى مواجهة قدرة المسببات على تكوين سلالات أكثر ضراوة.

وعلى الرغم من كل الانتقادات التى وجهت إلى المقاومة الرأسية، فقد حقق استعمال جينات المقاومة الرئيسية (الـ R genes) نجاحًا كبيرًا فى مقاومة عديد من الأمراض، ومن أمثلة ذلك ما يلى:

١ – استخدمت الجينات – منفردة – فى حالات كثيرة منها فيرس موزايك الخس

فى الخس الذى أمكن مقاومته لأكثر من ربع قرن بالاستعانة بجين واحد، وعلى الرغم من ظهور طرز جديدة من الفيرس فى بداية تسعينيات القرن الماضى - كان بعضها قادرًا على الانتقال عن طريق البذور فى الأصناف الحاملة لجين المقاومة؛ بما حدا إلى الاعتقاد بأن المقاومة قد كسرت - فإن تلك الطرز البائولوجية لم تتسبب فى حدوث إصابات وبائية فى الأصناف الحاملة لجينات المقاومة إلاّ حينما لم تختبر بذورها لتواجد الفيرس فيها. وأدى إخضاع تقاوى تلك الأصناف لاختبارات الفيرس إلى استمرار مقاومتها حتى للسلالات الجديدة من فيرس موزايك الخس التى تحتوى على جين الضراوة المقابل لجين المقاومة.

٢ - استخدمت جينات المقاومة القديمة (التى سبق الاستغناء عنها) مع الرش بالمبيدات الفطرية فى مكافحة البياض الزغبى فى الخس لأكثر من ربع قرن من الزمان.

٣ - أمكن حماية الأرز فى الصين من الإصابة بمرض العصفة blast الذى يسببه الفطر *Magnaporthe grisea* بتبادل زراعة خطوط من الصنف القابل للإصابة ذات النوعية الجيدة والصنف المقاوم ذات النوعية الرديئة، ثم حصاد كل منهما منفردًا يدويًّا، وبهذه الطريقة أمكن زيادة محصول الأصناف الجيدة النوعية بنسبة ٨٩٪ حيث أظهرت نقصًا فى شدة الإصابة بالعصفة بلغ ٩٤٪ (عن Pink ٢٠٠٢).

الطرق الخاصة بالتربية لمقاومة الأمراض

الأصناف المتعددة السلالات

يتكون الصنف المتعدد السلالات Multiline Variety من خليط من السلالات المتماثلة فى جميع الصفات، ولكنها تختلف فى احتواء كل منها على جين مختلف للمقاومة الرأسية، وهى أصناف تفيد فى مقاومة الأمراض السريعة الانتشار Compound Interest Diseases بشكل جيد.

ولقد كان Jensen هو أول من اقترح استخدام الأصناف المتعددة السلالات لمقاومة الصدأ فى الشوفان، وكانت وسيلته لتحقيق ذلك هى خلط سلالات نقية مختلفة فى