الفصل الثامن

الطرق المتبعة فى التربية لمقاومة الأمراض

الطرق العامة للتربية

لا تختلف الطرق العامة المتبعة فى التربية لمقاومة الأمراض عن تلك المتبعة فى التربية لأى هدف آخر من الأهداف التى يضعها المربى فى اعتباره لتحسين المحصول كماً ونوعاً ، وجعله أكثر مقاومة للآفات الهامة ، وأكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية . وللتفاصيل الخاصة بطرق التربية المتبعة فى هذا الشأن .. يراجع أحد المراجع المتخصصة مثل : Allard (١٩٦٠) ، و Briggs & Knowles (١٩٦٧) ، وحسن (١٩٩١) . ونقدم – فيما يلى – عرضاً موجزاً لأهم الطرق العامة لتربية النبات التى تناسب التربية لمقاومة الأمراض .

١ – انتخاب السلالة النقية Pure Line Selection :

إن السلالة النقية هى نسل نبات واحد ذاتى التلقيح ، وتكون جميع نباتاتها أصيلة تماما homozygous فى جميع عواملها الوراثية ، ومتجانسة تماما highly homogenous فيما بينها ، أى متماثلة تماماً فى تركيبها الوراثى . وبذا .. فإن النبات المنتخب يعطى سلالة نقية صادقة التربية True Breeding يمكن أن تكون أساساً لصنف جديد . ولا تتبع هذه الطريقة إلا مع النباتات الذاتية التلقيح .

٢ – انتخاب النسب Pedigree Selection :

تعتمد طريقة انتخاب النسب على إجراء تلقيح بين صنفين تجاريين أو أكثر بهدف تجميع عدد من الصفات المرغوبة فى صنف جديد . تنتخب النباتات المرغوبة خلال الأجيال الانعزالية ، ويكون الانتخاب على أساس النباتات الفردية فى البداية ، ثم على أساس العائلات ، فالسلالات الجيدة مع تقدم برنامج التربية ، مع الاحتفاظ بسجلات للنسب فى جميع الأجيال ليمكن تتبع ومقارنة صفات النباتات المنتخبة خلال الأجيال السائدة . وتتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية ، والنباتات الخلطية التلقيح التى لا تتدهور بالتربية الداخلية كالقرعيات .

٣ – انتخاب التجميع Bulk Population Breeding :

تتبع هذه الطريقة مع النباتات الذاتية التلقيح – خاصة البذرية منها كالحبوب والبقوليات – وتجرى فيها كافة التلقيحات اللازمة بين عدد من الأصناف التجارية أو سلالات التربية المتقدمة بغرض جمع صفات مرغوبة منها فى صنف واحد جديد . تترك النباتات المنعزلة – من الجيل الثانى إلى الجيل السادس – لتنمو متجمعة In Bulk ، حيث تتعرض خلال هذه الفترة للانتخاب الطبيعى فيزداد المعدل النسبى لتكاثر النباتات الأكثر قدرة على البقاء ، بما فى ذلك النباتات المقاومة للأمراض المتوطنة . ومع وصول العشيرة إلى الجيل السادس تكون جميع نباتاتها أصيلة وراثياً ، وبذا .. تكون النباتات المنتخبة منها صادقة التربية .

٤ – التحدر من بذرة واحدة Single Seed Descent :

تجرى التلقيحات المناسبة كما فى طريقة انتخاب التجميع ، وتحصد بذرة واحدة من كل نبات فى الجيل الثانى ، لزراعة الجيل الثالث ، ويكرر ذلك حتى الجيل السادس حيث تكون النباتات قد أصبحت أصيلة وراثياً . يجرى الانتخاب ابتداء من الجيل السادس ، حيث تكون النباتات المنتخبة صادقة التربية . ولا تتبع هذه الطريقة إلا مع النباتات الذاتية التلقيح بطبيعتها .

٥ – الانتخاب الإجمالى Mass Selection :

تتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح بهدف تحسين

الأصناف القديمة – غير المحسنة – التى تنتشر زراعتها . ويتم التحسين بإحدى وسيلتين :

أ – استبعاد النباتات غير المرغوبة من العشيرة قبل إزهارها ، وحصاد البذور من النباتات المتبقية .

ب – تعليم النباتات المرغوبة وحصاد بذورها منفردة ، مع أهمية تمييز تلك النباتات – فى حالة المحاصيل الخلطية التلقيح – قبل الإزهار ، وحتمية إخضاعها للتلقيح الذاتى الصناعى. تخلط بذور النباتات المنتخبة .

تكرر دورات التربية كما سبق إلى أن يتوقف التقدم مع الانتخاب .

٦ – التهجين الرجعى Backcross Method :

تعتبر طريقة التهجين الرجعى أهم طرق تربية النباتات ، خاصة فيما يتعلق بالتربية لمقاومة الأمراض ، لأن المقاومة غالباً ما يعثر عليها فى أصناف بلدية غير محسنة ، أو سلالات برية من المحصول المزروع ، أو فى أنواع برية قريبة منه ، وليس هناك من سبيل لنقل صفة المقاومة لصنف تجارى مرغوب – من مصادر كهذه – إلا باتباع طريقة التهجين الرجعى . كما تتبع هذه الطريقة عند الرغبة فى تجميع مزيد من الصفات المرغوبة – والتى قد توجد موزعة فى أصناف محسنة مختلفة – فى صنف ناجح ، وعند إنتاج السلالات المكونة للأصناف المتعددة السلالات . تجرى نحو ستة إلى ثمانية تلقيحات رجعية إلى الصنف الذى يُراد نقل صفة المقاومة إليه – الذى يعرف بالأب الرجعى Recurrent Parent – وبعدها يكون قد تم نقل الصفة المرغوبة إلى الصنف الناجح مع احتفاظه ببقية صفاته التى جعلت منه صنفاً ناجحاً . تناسب هذه الطريقة كلا من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح ، ولكن مع ضرورة تأمين شروط خاصة فى الحالة الأخيرة .

٧ – الأصناف الهجين Hybrid Varieties :

تنتج الأصناف الهجين بالتلقيح بين أبوين بينهما قدرة عالية على التآلف ، وهى تنتج فى كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح . ويمكن باتباع هذه الطريقة جمع صفات المقاومة لعدة أمراض من آباء مختلفة إن كانت تلك الصفات سائدة .

٨ – التربية بالطفرات Mutation Breeding :

تتبع هذه الطريقة مع كل من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح والخضرية التكاثر، ولكنها أكثر مناسبة للنباتات الذاتية التلقيح ، وتعد بديلاً لطريقة التهجين الرجعى بالنسبة للنباتات الخضرية التكاثر . تعامل الأصناف أو السلالات المحسنة التى يراد إحداث الطفرات المرغوبة فيها بأحد العوامل المطفرة Mutagenec Agents ، سواء أكانت كيميائية مثل مركب Ethyl Methane Sulphonate ، أم أشعة مؤينة مثل أشعة جاما وأشعة x ، ثم تنتخب الطفرات المرغوبة وتقيم فى الأجيال التالية للمعاملة .

الوسائل التى يستفاد منها فى تحقيق أهداف التربية

يستفاد من الوسائل التالية فى إنجاز أهداف التربية ، بما فى ذلك التربية لمقاومة الأمراض :

١ – التضاعف Polyploidy :

يستفاد من مضاعفة عدد الكروموسومات فى الحصول على نباتات طبيعية من مزارع حبوب اللقاح ومزارع البيضات ، وفى الحصول على نباتات متضاعفة هجينياً ، ونباتات ذاتية التضاعف ، سواء أكانت ثلاثية ، أم رباعية ، أم خلاف ذلك من مستويات التضاعف . ويستخدم الكولشيسين فى إحداث التضاعف .

٢ – الهجن النوعية Interspecific Hybrids :

نادراً ما تكون الهجن النوعية غاية فى حد ذاتها ، وإنما تكون غالباً وسيلة لنقل صفة مرغوب فيها من نوع نباتى إلى آخر ، وتعد المقاومة للأمراض أهم الصفات التى تجرى لأجلها الهجن النوعية .

وللتفاصيل الخاصة بهذا الموضوع ومصادر المقاومة للأمراض فى الأنواع البرية .. يراجع Leppik (١٩٧٠) ، Knott & Dovrak (١٩٧٦) .

٣ – مزارع الأنسجة Tissue Culture :

يستفاد من مختلف أنواع مزارع الأنسجة فى تحقيق أهداف برامج التربية . وتعد

مزارع البروتوبلازم من أهم الوسائل المستخدمة لنقل الصفات المرغوب فيها من نوع نباتى إلى آخر دونما حاجة إلى إجراء الهجن الجنسية . (Earle & Gracen ١٩٨١) .

الطرق الخاصة بالتربية لمقاومة الأمراض

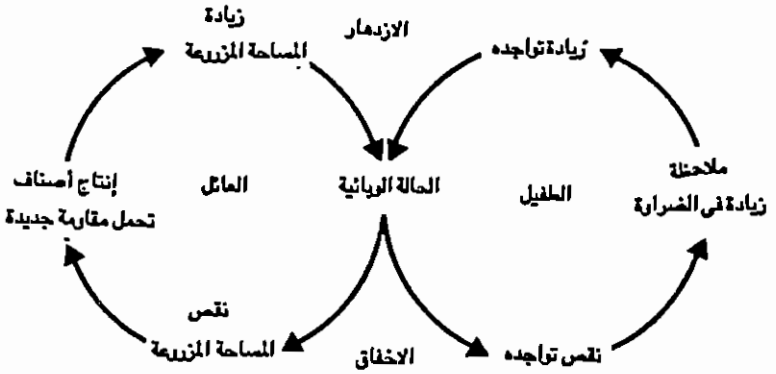
صممت طرق خاصة بالتربية لمقاومة الأمراض لمواجهة مشكلة السلالات الفسيولوجية الجديدة التى تؤدى إلى فقدان المقاومة بسرعة ، فيما يعرف بدورة الازدهار والإخفاق .

دورة الازدهار والاخفاق للأصناف المقاومة

تصف دورة الازدهار والإخفاق The Boom 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 (٨ –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 المزاعون ويتوسعون فى زراعته ، ويكون ذلك سبباً فى سرعة تدهوره ، حيث يكون المسبب المرضى سلالة جديدة تحمل جينا جديدا للضراوة يقابل جين المقاومة ويجعلها قادرة على إصابة الصنف الجديد .

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 عبئاً 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 .



شكل (٨-١) : دورة الازدهار ، والاخفاق للأصناف الجديدة المقاومة للأمراض من المحاصيل الزراعية .

ومن المؤسف أن إنتاج الصنف الجديد المقاوم يستغرق من المربى عشر سنوات ، أو أكثر ، ولكن ازدهاره ربما لايدوم 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 - غالباً - 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 striformis 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 .

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 تركيبها الوراثى ، ولكنها متشابهة مظهريا إلى حد كبير ، وتختلف فى حمل كل منها لجين مختلف من جينات المقاومة الرأسية .

وأعقب ذلك اقتراح Borlaug باتباع طريقة التلقيح الرجعى لإنتاج سلالات ذات أصول وراثية متشابهة Isogenic Lines ، ولكنها تختلف فيما تحمله من جينات المقاومة الرأسية . أى إن سلالات الصنف المتعدد السلالات تتشابه فى جميع الصفات الهامة ، ولكنها تكون مختلفة بالنسبة للمسبب المرضى .

يتكون الصنف المتعدد السلالات عادة من ٨ – ١٢ سلالة . تخلط هذه السلالات بنسب غير متساوية ، ويتوقف ذلك على قوة جينات المقاومة الرأسية التى تحملها ، وعلى النسبة الفعلية والمتوقعة لمختلف سلالات الطفيل بالمنطقة . ويمكن تغيير السلالات المكونة للصنف ونسبتها – من سنة لأخرى – حسب سلالات الطفيل الشائعة فى المنطقة .

وقد لخص Van der Plank العوامل المؤثرة على سرعة انتشار المرض خلال مجموعة من النباتات فى المعادلة التالية (عن Fehr ١٩٨٧) :

$$X_t = X_o e^{rt}$$

حيث إن :

X_t = العدد الكلى للجراثيم المنتجة فى مجموعة من النباتات فى زمن معين t .

X_o = عدد الجراثيم الذى أحدث الإصابة الأولية فى هذه المجموعة من النباتات .

r = معدل الزيادة فى عدد الجراثيم الجديدة يومياً .

e = ثابت = ٢٫٧١٨ .

يؤدى أى نقص فى كل من X_o ، أو r إلى تأخير انتشار المسبب المرضى على النباتات فى الحقل . ويمكن أن يؤدى تأخير انتشار المرض لعدة أيام خلال المرحلة الحرجة لامتلاء البذور (فى محاصيل الحبوب) ، أو الدرنات ، أو الثمار ... إلخ ، إلى تأثيرات إيجابية هامة على النباتات القابلة للإصابة .

ويتحدد عدد الجراثيم التى يكون بمقدورها إحداث الإصابة الأولية فى مجموعة من النباتات (X_0) بعدد النباتات القابلة للإصابة التى يمكن لهذه الجراثيم إصابتها ، لأن الجرثومة لا تسهم فى انتشار المرض إذا وقعت على نبات لا يمكنها إصابته . وكلما ازدادت نسبة النباتات المقاومة فى الحقل نقصت قيمة X_0 .

ويتأثر معدل الزيادة فى عدد الجراثيم الجديدة يومياً (r) بقدرة الجراثيم على إصابة النباتات وإنتاج جراثيم جديدة ، وبعدد الجراثيم الجديدة القادرة على إحداث الإصابات أيضاً . ونجد فى الأصناف المتعددة السلالات أن الجراثيم الجديدة التى تقع على نباتات مقاومة تكون غير فعالة ، وهو ما يمنع إسهامها فى إحداث أية زيادة فى معدل إنتاج الجراثيم .

ولتوضيح طبيعة الدور الذى تلعبه الأصناف المتعددة السلالات فى الحد من انتشار الأمراض نأخذ – كمثال افتراضى – صنفاً يتكون من أربع سلالات ، تحمل كل منها جيناً قوياً من جينات المقاومة الرأسية R_1 ، و R_2 ، و R_3 ، وR_4 . نفترض كذلك وجود علاقة بين هذه الجينات وسلالات المسبب المرضى كتلك الموجودة فى حالة الندوة المتأخرة فى البطاطس . فإذا زرع صنف كهذا الصنف لعدة سنوات فإن الطفيل يتمكن بمرور الوقت من تكوين جميع السلالات المركبة الممكنة ، بالإضافة إلى السلالات البسيطة ، وتكون أوضاعها كمايلى:

١ – السلالة المعقدة (1 , 2 , 3 , 4) :

يمكن لهذه السلالة إصابة جميع السلالات المكونة للصنف ، لكن لأن كل سلالة من سلالات الصنف لا تحمل سوى جين واحد من جينات المقاومة الرأسية ، لذا .. فإن سلالة الطفيل تحمل ثلاثة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة الرأسية Virulence ؛ الأمر الذى يحد من قدرتها على البقاء .

٢ – السلالات المركبة (1 , 2 , 3) ، و (1 , 2 , 4) ، و (1 , 3 , 4) ، و (2 , 3 , 4) :

يمكن لكل واحدة من هذه السلالات إصابة ثلاث من السلالات المكونة للصنف ، أى إن كلا منها يمكنها الانتشار فى الحقل دون موانع إلا فى ٢٥٪ فقط من النباتات . إلا أن كل سلالة

منها تحمل جينين زائدين غير ضروريين للضراوة ، الأمر الذى يحد من قدرتها على البقاء .

٣ – السلالات (1 , 2) ، و (1 , 3) ، و (1,4) ، و (2 , 3) ، و (2 , 4) ، و (3 , 4) :

يمكن لكل سلالة من هذه السلالات إصابة اثنتين فقط من السلالات المكونة للصنف ، وبذا .. فإنها تنتشر فى الحقل دون موانع إلا فى ٥٠ ٪ فقط من النباتات . إلا أن كل سلالة منها تحمل جيناً زائداً غير ضرورى للضراوة ، مما يحد قليلاً من قدرتها على البقاء .

٤ – السلالات (1) ، و (2) ، و (3) ، و (4) :

برغم أن هذه السلالات لا تحمل أية جينات زائدة غير ضرورية للضراوة – أى إن قدرتها على البقاء عالية – إلا أن كل سلالة منها لا يمكنها أن تصيب إلا سلالة واحدة من السلالات المكونة للصنف ، وبذا .. فإنها تواجه بموانع فى الحقل فى ٧٥٪ من النباتات .

يتبين مما تقدم أن سلالات الطفيل الخمسة عشرة تقاسى إما من نقص فى القدرة على البقاء بسبب الضراوة الرأسية الزائدة غير الضرورية ، وإما من النباتات المقاومة لها التى تعترض طريقها – والتى تكون بمثابة مصيدة لها – وإما من العاملين المعوقين لها مجتمعين . وتكون المحصلة النهائية لذلك كله إبطاء تقدم المرض بطريقة تشبه المقاومة الأفقية العالية .

وإذا أدخلت جينات المقاومة الرأسية فى السلالات المكونة للصنف فى أزواج .. فإن درجة الإعاقة التى تواجهها سلالات المسبب المرضى تزداد كثيراً . نفترض فى هذه الحالة أن الصنف يتكون من ست سلالات يحمل كل منها جينين كما يلى : (R_1 ، R_2) ، و(R_1 ، R_3)، و (R_1 ، R_4) ، و(R_2 ، R_3) ، و(R_2 ، R_4) ، و (R_3 ، R_4) وأن هذه السلالات توجد فى الصنف بنسب متساوية . يتضح فى هذا المثال أن سلالات المسبب المرضى التى لا يوجد بها ضراوة رأسية زائدة غير ضرورية سوف تتعرض للإعاقة من خمسة أسداس النباتات بدلاً من ثلاثة أرباعها كما فى المثال الأول . وهكذا بالنسبة لبقية السلالات . إلا أن ذلك يكون مصاحباً بزيادة فى القدرة على البقاء (نقص فى النقص فى القدرة على البقاء) مقارنة بالمثال الأول .. فالسلالة المعقدة (1,2,3,4) التى كانت تحمل ثلاثة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة فى المثال الأول أصبحت تحمل جينين فقط زائدين فى هذا المثال . ولايستطيع الإنسان معرفة أى الطريقتين أصلح لاستعمال جينات المقاومة الرأسية دون

إجراء بعض الحسابات الكمية .

أما بالنسبة لعدد جينات المقاومة الرأسية التى يوصى باستخدامها فى الصنف المتعدد السلالات ، فإنه يفضل زيادتها ، بشرط أن تكون قوية وغير مرتبطة بجينات ضارة . فإذا تكون الصنف من عشر سلالات تحمل كل منها جيناً واحداً قوياً للمقاومة الرأسية فإن العوائق التى تواجهها سلالات المسبب المرضى تزداد كثيراً .. فأكثر السلالات تعقيداً (التى تحمل عشرة جينات للضراوة) سوف تقاسى من حملها لتسعة جينات زائدة غير ضرورية للضراوة ، بينما لا يمكن لأية واحدة من السلالات البسيطة الممكنة أن تصيب ٩٠٪ من النباتات فى الحقل .

وتتوقف نسبة السلالات المختلفة التى تدخل فى تكوين الصنف على قوة الجينات التى تحملها كل من هذه السلالات . فيجب أن تكون السلالات التى تحمل أكثر الجينات قوة أعلاها نسبة .

وتكون الأصناف المتعددة السلالات إما متجانسة تماماً إذا كانت السلالات المكونة لها ذات أصول وراثية متشابهة Isogenic Lines ، أو غير متجانسة وراثياً – وإن كانت متجانسة مظهريا – إذا تكوّن الصنف من مجموعة من السلالات النقية المختلفة .

وبالرغم من أن المقاومة التى يظهرها الصنف المتعدد السلالات تتشابه فى محصلتها النهائية – وهى إبطاء تقدم الوباء – مع المقاومة الأفقية الجيدة ، إلا أنه توجد فروق هامة بينهما كما يلى :

١ – يتحكم فى المقاومة الأفقية – عادة – عدد كبير من الجينات ، قد يكون من بينها جينات مرتبطة بأخرى غير مرغوبة ، وتلك مشكلة لا توجد بالنسبة للأصناف المتعددة السلالات .

٢ – تسهل التربية بطريقة التهجين الرجعى لنقل جينات المقاومة الرأسية لمجموعة من السلالات عن التربية لإدخال صفة المقاومة الأفقية – التى يتحكم فيها عدد كبير من الجينات– فى صنف جديد .

٣ – تزداد حدة المشكلة السابقة عند محاولة التربية لمقاومة مرضين فى آن واحد ، وهو

الأمر الذى يكون مطلوباً فى أحيان كثيرة .

٤ – تجمع الأصناف المتعددة السلالات بين مميزات المقاومتين الرأسية والأفقية . فتظهر المقاومة الرأسية فى أفضل صورها فى اختبارات تقييم الأصناف فى محطات التجارب ، حيث تبدو الفروق بينها وبين الأصناف غير الحاملة للمقاومة الرأسية واضحة وجوهرية ، مما يشجع المربين على استعمالها . أما المقاومة الأفقية .. فإنها لا تظهر فى أفضل صورها إلا عند زراعة الصنف المقاوم على نطاق واسع ، ولذا .. فغالباً ما يرفضها المزارعون حتى قبل أن يمكن إثبات قيمتها الحقيقية . أما بالنسبة للأصناف المتعددة السلالات .. فإن المقاومة الرأسية تكون واضحة فى البداية ، مما يشجع إدخالها فى السلالات التى تكوّن الصنف ، ثم تصبح كالمقاومة الأفقية ، وتظهر قيمتها الحقيقية بعد انتشار زراعة الصنف على نطاق واسع .

ومن أهم مزايا الأصناف المتعددة السلالات ما يلى :

١ – يمكن اعتبارها أصنافاً مختلفة تعطى مقاومة تشبه المقاومة الأفقية ، بينما تكون أسهل وأسرع إنتاجاً من المقاومة الأفقية .

٢ – تمكن المربى من استعمال أكثر من أليل للمقاومة فى الموقع الجينى الواحد .

٣ – يمكن بواسطتها الاعتماد على جينات المقاومة الرأسية لفترات طويلة ، حيث يمكن سحب السلالات الحاملة لجينات معينة وإعادتها فى أى وقت ؛ تبعاً لمدى انتشار وأهمية سلالات المسبب المرضى التى تقاومها تلك الجينات .

٤ – يمكن زراعة هذه الأصناف لعدة سنوات دون أن تفقد مقاومتها ؛ الأمر الذى يمكّن المزارع من التعرف على المعاملات الزراعية التى تناسبه لكى يعطى أعلى محصول له .

أما عيوب الأصناف المتعددة السلالات فهى كما يلى :

١ – ارتفاع تكلفة إنتاجها .

٢ – تعد طريقة متحفظة للتربية ، لأنها تتطلب من المربى الاعتماد على التراكيب الوراثية الموجودة دون محاولة إيجاد تراكيب وراثية جديدة .

ومن الاعتراضات التى أثيرت ضد استخدام الأصناف المتعددة السلالات فى الزراعة ما يلى :

١ – اعتقاد الكثيرين أن المقاومة الرأسية لابد أن تفقد بعد سنوات قليلة من استخدامها، وبذا .. فإن استخدام عدد كبير من جينات المقاومة الرأسية يعد إسرافاً فى استعمال هذه الجينات ، لأنه يؤدى إلى فقدها . إلا أن هذا الاعتقاد لا يستند إلى الواقع إذ إن الانتخاب المثبت Stabilizing Selection يجعل السلالات الجديدة أقل قدرة على البقاء .

٢ – اعتقاد البعض أن الصنف المتعدد السلالات يجب أن يدخل فى تكوينه عدد كبير من السلالات لكى يكون مفيدا ، وهو أمر لا يشجع المربين على تربية مثل هذه الأصناف . إلا أن عدد السلالات التى تدخل فى تكوين الصنف يتحدد بعوامل كثيرة كما سبق بيانه ، ولا تستخدم فيها سوى الجينات القوية فقط ، وهى قليلة العدد على أية حال .

وقد ذكر Frey (١٩٨٢) أن استعمال الأصناف المتعددة السلالات فى الزراعة قد انتشر بالفعل فى عدد من دول العالم المنتجة للحبوب الصغيرة ، كما قدم الأدلة العلمية الواقعية على أهمية هذه الأصناف فى مكافحة أمراض الصدأ .

ولمزيد من التفاصيل عن الأصناف المتعددة السلالات .. يراجع Browning & Frey (١٩٦٩)، Frey (١٩٨٢) .

مخاليط الأصناف

تنتج مخاليط الأصناف Variety Mixtures أساساً بهدف التغلب على مشكلة السلالات الفسيولوجية لمسببات الأمراض ، ولكنها قد تنتج أحياناً لأغراض أخرى .

ومن أهم مزايا استخدام مخاليط الأصناف فى الزراعة ما يلى :

١ – خفض معدل الإصابة بالمرض – الذى تحمل الأصناف المكونة للمخلوط جينات المقاومة الرأسية الخاصة به – بدرجة عالية . فمثلاً .. قدر الانخفاض فى معدل الإصابة فى حالة مرض البياض الدقيقى فى الشعير بنسبة ٨٠٪ مقارنة بمتوسط الإصابة بالمرض فى الأصناف المكونة للمخلوط عند زراعتها منفردة .

٢ – توجد دائما اختلافات طفيفة بين الأصناف المكونة للمخلوط فى صفات النمو ، مثل : زاوية الورقة ، وارتفاع النبات ، والنمو الجذرى ، وهو ما يؤدى إلى ضعف التنافس بين النباتات ، وزيادة الاستفادة من الموارد البيئية كالأشعة الشمسية والماء . ويترتب على ذلك حدوث زيادة طفيفة فى المحصول حتى فى غياب الإصابة المرضية .

٣ – تكون مخاليط الأصناف أقل تأثراً بالتقلبات الحادة فى العوامل البيئية ، التى يكون لها تأثير كبير فى محصول الأصناف المزروعة بمفردها ، ذلك لأنه يكون من غير المحتمل أن تتأثر كل الأصناف المكونة للمخلوط بنفس القدر بالانحرافات البيئية . وبذا .. يكون محصول مخاليط الأصناف – على مر السنين – أكثر ثباتاً من محصول الأصناف المفردة .

ومن أهم عيوب استخدام مخاليط الأصناف فى الزراعة ما يلى :

١ – يعتبر الحصول على التوافقية (التركيبة) المناسبة من الأصناف المكونة للمخلوط من أكبر مشاكل تلك الأصناف ، فبالنسبة للمطاحن .. لا توجد تركيبة مناسبة .

٢ – احتمال ظهور سلالة فائقة Super Race من المسبب المرضى .. خاصة مع تعرض السلالات المرضية المتوفرة منه لعدد من جينات المقاومة الرأسية ، حيث قد تظهر – حينئذ – سلالات تحمل جميع جينات الضراوة القادرة على التغلب على جميع جينات المقاومة . هذا .. إلا أنه لم يظهر – عملياً – ما يؤيد هذا الظن إلى الآن .

٣ – تزيد أسعار تقاوى مخاليط الأصناف بنسبة ٥ – ٧ ٪ على أسعار تقاوى الأصناف العادية .

ولمزيد من التفاصيل عن اتجاهات التربية لمقاومة الأمراض فى النباتات .. يراجع Roane (١٩٧٣) .

دور الهندسة الوراثية فى التربية لمقاومة الامراض

إن دور الهندسة الوراثية فى تربية النباتات لمقاومة الأمراض لا يقل عن دورها لأجل تحقيق أى هدف آخر من أهداف التربية . وتعد محاولات العلماء لإدخال إنزيم الكايتينيز Chitinase فى النباتات خطوة جريئة لمقاومة جميع الأمراض الفطرية مرة

واحدة . يعمل هذا الإنزيم على تحليل مادة الكايتين التى تدخل فى تركيب الجدر الخلوية للفطريات ، مما يؤدى إلى توقف نموها وموتها بعد فترة قصيرة من إصابتها للنبات واتصالها البيولوجى به .

وقد برز دور الهندسة الوراثية فى مجال مقاومة الحشرات (خاصة تلك التى تتبع رتبة حرشفية الأجنحة Lepidoptera) بنقل الجين المسئول عن إنتاج المركبات السامة لهذه الحشرات من البكتيريا Bacillus thuringiensis إلى بعض المحاصيل الزراعية الهامة ، مثل القطن .

ويمكن القول إنه فى مجال التربية لمقاومة مسببات الأمراض كان أكبر دور للهندسة الوراثية – حتى الآن – فى مجال إنتاج نباتات مقاومة للفيروسات ، وقد تعددت اتجاهات الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن ، كما يلى :

١ – نقل الجين أو الجينات المسئولة عن مقاومة الفيرس – بطرق الهندسة الوراثية – إلى النوع المرغوب فيه من الأنواع المقاومة التى لا تهجن معه :

غنى عن البيان أن هذه الطريقة صالحة للتطبيق على أية صفة أخرى ، بما فى ذلك المقاومة للمسببات المرضية الأخرى غير الفيروسات ، وهى لا تتطلب سوى العثور على مصدر جيد للصفة المرغوبة ، ثم التعرف على الجين المرغوب وعزله ، تمهيدا لنقله .

٢ – نقل الجين المسئول عن تمثيل الغلاف البروتينى للفيرس من الفيرس إلى النبات :

يؤدى ذلك إلى خفض شديد فى معدلات الإصابة بالفيرس ، سواء أكانت هذه الإصابة موضعية ، أم جهازية ، دون أى تأثير على قوة نمو النباتات أو خصوبتها . وقد طبقت هذه الطريقة – لأول مرة – بالنسبة لفيرس موزايك الدخان فى الدخان ، ثم طبقت وثبتت فاعليتها فى الحد من الإصابة بفيروسات : تبرقش الدخان فى الطماطم ، وتخطيط الدخان ، وموزايك الخيار فى الدخان ، وموزايك البرسيم الحجازى فى الدخان والطماطم ، وفيرس x البطاطس فى الدخان والبطاطس .

وتعتمد هذه الطريقة فى مكافحة الفيروسات على مبدأ الوقاية المكتسبة بطريق الهندسة الوراثية ، ولذا .. فإنه يطلق عليها – عادة – اسم genetically engineered

cross protection ، وهى تتشابه – من حيث المبدأ – مع الوقاية التى توفرها الإصابة بسلالة ضعيفة من الفيرس ضد الإصابة بسلالة أخرى منه عالية الضراوة ، بسبب تواجد الغلاف البروتينى للسلالة الأولى قبل وصول السلالة الثانية . والفرق بين الوقاية المكتسبة فى الحالتين أن الغلاف البروتينى الفيروسى الذى يُصنّعه النبات – فى الحالة الأولى – يكون خالياً من الحامض النووى الفيروسى ، بينما يتواجد الفيرس كاملا فى حالة العدوى بسلالة ضعيفة للوقاية من سلالة أكثر ضراوة . وغنى عن البيان أن الوقاية المكتسبة بطريق الهندسة الوراثية تحقق جميع مزايا الوقاية المكتسبة الكلاسيكية دون أى من عيوبها .

هذا .. ولا يوفر الغلاف البروتينى الذى يُصنّعه النبات وقاية ضد سلالة الفيرس الذى أخذ منها الجين فقط ، وإنما ضد جميع السلالات الأخرى لنفس الفيرس ، وضد الفيروسات الأخرى التى تشترك مع الفيرس المعنى فى خصائصها السيرولوجية .

٣ – نقل الحامض النووى الكامل complete genome الخاص بسلالة ضعيفة من الفيرس إلى النبات ، حيث يكسب ذلك النبات وقاية ضد السلالات الأخرى الأكثر ضراوة من نفس الفيرس . وقد طبقت هذه الطريقة بالنسبة لفيرس موزايك الدخان فى الدخان ، ونمت النباتات التى نقل إليها الحامض النووى للفيرس بصورة طبيعية ، وكانت خالية من أعراض الفيرس ، أو أظهرت موزايكا خفيفا بالأوراق . ولم تتأثر هذه النباتات عندما تعرضت للعدوى بسلالة عالية الضراوة من نفس الفيرس .

ومن عيوب هذا التطبيق للهندسة الوراثية ما يلى :

أ – ضرورة العثور على سلالة ضعيفة من الفيرس .
ب – أن السلالة الضعيفة قد تؤثر على كمية ، أو نوعية المحصول .
جـ – قد تحدث طفرة بالسلالة الضعيفة تجعلها أكثر ضراوة .

د – قد يحدث تفاعل بين هذه السلالة الضعيفة وفيروسات أخرى يترتب عليها حدوث أعراض مرضية شديدة ، مثل التفاعل الذى يحدث بين فيرس تبرقش الدخان وفيرس x البطاطس فى الطماطم الذى يؤدى إلى ظهور أعراض التخطيط المزدوج .

٤ – نقل نيوكليتيدات حامض الـ RNA الفيرسى – إلى النبات – معكوسة (Antisense

RNA) ، وهى النيوكليتيدات التى تقابل خيط الـ RNA الرسول messenger RNA : strand

يؤدى ذلك – بطريقة غير مفهومة تماماً – إلى منع الفيرس من إظهار تأثيره المرضى الكامل على النبات . ويبدو أن ذلك يرجع إلى التأثير المثبط الذى يحدثه هذا التحول الوراثى للنبات على تكاثر الفيرس فى النبات . هذا .. إلا أن الحماية التى يوفرها الـ Antisense RNA أقل كثيراً من تلك التى يوفرها جين الغلاف البروتينى . وقد جرب هذا التطبيق للهندسة الوراثية مع فيروسات موزايك الدخان ، وموزايك الخيار ، و X البطاطس فى الدخان .

٥ – نقل الـ RNA التابع للفيرس Sattllite إلى النبات :

يخفض ذلك من شدة أعراض الإصابة بالفيرس الذى ينتمى إليه هذا التابع . يوجد التابع الفيرسى فى عدة مجاميع من الفيروسات التى يوجد بها حامض نووى RNA ، وهو – أى التابع – جزىء مفرد من الـ RNA يحتوى على نحو ٣٠٠ – ٤٠٠ نيوكليوتيدة . وقد اعتبر البعض هذه التوابع كطفيليات للفيروسات ، لأنها تستفيد من ميكانيكية تكاثر الفيرس، وتغلف نفسها بالغلاف البروتينى للفيرس ، ولكنها ليست ضرورية لتكاثر الفيرس ذاته . وقد جرب هذا التطبيق للهندسة الوراثية مع كل من فيروسى موزايك الخيار ، وتبقع الدخان الحلقى فى الدخان ، حيث أظهرت النباتات المحولة وراثياً أعراضا مرضية أقل شدة – مما فى غير المحولة – عندما تعرضت للإصابة بالفيرس الأصلى ، بينما لم يتأثر نموها بعملية التحول الوراثى .

وتتميز هذه الطريقة بأن تعرض النباتات المحولة وراثيا للإصابة بالفيرس الذى ينتمى إليه التابع يؤدى – تلقائياً – إلى زيادة أعداد التابع فى النباتات ، وزيادة الوقاية التى يوفرها ضد الفيرس . وبالمقارنة .. فإن فاعلية نقل الجين المسئول عن تمثيل الغلاف البروتينى للفيرس إلى النبات تتناسب طردياً مع الكمية الممثلة من هذا الغلاف فى النبات ، وهو ما يتطلب وجود جرعة كبيرة من هذا الجين فى النبات المحول وراثياً .

ومن أهم عيوب هذا التطبيق للهندسة الوراثية ما يلى :

أ – لا تتوفر التوابع فى جميع الفيروسات .

ب – لا يمكن التنبؤ دائماً بتأثير التوابع فى النباتات المحوله وراثياً ، فبينما هى تقلل كثيراً من شدة الأعراض المرضية فى معظم الحالات ، فإنها تزيدها فى حالات أخرى قليلة .

ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Grumet (١٩٩٠) .

التربية لمقاومة عديد من الأمراض

مع نجاح المربين فى التربية لمقاومة الأمراض أصبح هدفهم إنتاج أصناف مقاومة لعديد من الأمراض Multiple disease - resistant varieties ، وقد تحقق ذلك الهدف فى عدة حالات .

امثلة لحالات المقاومة المتعددة للأمراض

نذكر – فيما يلى – بعض الأمثلة لحالات المقاومة المتعددة للأمراض :

١ – أنتج Crill وآخرون (١٩٧١) سلالة من الطماطم تحمل جينات لمقاومة ما يلى : السلالات ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ من الفطر Cladosporum fulvum ، والسلالتين ١ ، ٢ من الفطر Fusarium oxysporum f. lycopersici ، والفطريات Stemphylium solani ، و Alternaria solani ، و Verticillum albo-atrum ، وخمس سلالات من فيرس موزايك الدخان ، بالإضافة إلى جينات المقاومة لعدد من العيوب الفسيولوجية ؛ هى : تعفن الطرف الزهرى ، والجدار الرمادى Gray wall ، والقمة الصفراء Yellowtop ، وجدرى الثمار Fruit Pox ، والبثور الذهبية Gold Fleck . ويقدر الباحثون الحد الأدنى لعدد الجينات التى تتحكم فى المقاومة للأمراض فى هذه السلالة بنحو ٢١ جينا .

٢ – تتوفر عديد من سلالات وهجن الطماطم التى تحمل جينات لمقاومة كل من أمراض الذبول الفيوزارى وذبول فيرتيسيللم ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وفيرس موزايك الدخان ، والندوة المبكرة (VFNTA) ، ومن أمثلتها هجين الأقصر .

٣ – يحمل صنف الطماطم Nemato جينات لمقاومة مايلى :السلالات A ، B ، C ، D،E

من الفطر Fulvia fulva ، والسلالة رقم ١ من الفطر F. oxysporum f. lycopersici ، والفطرين V. albo - atrum ، و V. dahliae ، وأربع سلالات من فيرس موزايك الدخان؛ هى أرقام صفر ، ١ ، ١ : ٢ ، ٢ (Fletcher ١٩٨٤) .

٤ – أنتج Willams وآخرون (١٩٦٨) هجينين من الكرنب هما : Hybelle ، وSanibel يحملان جينات لمقاومة كل من أمراض : الاصفرار الفيوزارى ، وعفن الرأس الرايزكتونى ، والبياض الدقيقى ، وموزايك الكرنب ، بالإضافة إلى مقاومة احتراق حواف الأوراق الداخلية وهو عيب فسيولوجى .

٥ – تحمل بعض أصناف الخيار مقاومة متعددة للأمراض . ويبين جدول (٨–١) حالة المقاومة فى بعض الأصناف التى أنتجها H. M. Munger بجامعة كورنل الأمريكية ، علما بأنه لم تكن تتوفر مقاومة لأى من الأمراض المبينة فى الجدول فى أى من أصناف الخيار التجارية قبل عام ١٩٦٥ .

٦ – يعتبر صنف السبانخ Fall Green من أبرز الأمثلة على تعدد المقاومة للأمراض ، حيث أوضحت الاختبارات التى أجريت عليه أنه يحتوى على ما يلى :

أ – مقاومة كمية لكل من : الصدأ الأبيض ، والعفن الأزرق blue mold ، و التدهور الفيوزارى Fusarinum Decline ، والذبول الطرى ، والأنثراكنوز ، والأنثراكنوز الثانوى Secondary Anthracnose .

ب – مستويات فعالة من المقاومة لكل من : تبقع الأوراق السركسبورى ، وعفن فيتوفثورا الأسود .

جـ – مقاومة نوعية لفيرس موزايك الخيار المسبب لمرض اللفحة (Goode وآخرون ١٩٨٨) .

اختبارات التقييم للمقاومة المتعددة للأمراض

إن أهم ما تجب مراعاته عند إجراء اختبارات المقاومة المتعددة للأمراض هو ألا تؤدى الإصابة بأحد المسببات المرضية إلى جعل النبات مقاوماً لمسبب مرضى آخر ، أو أن تكسر الإصابة بأحد الأمراض المقاومة لمرض آخر .

جدول (٨ – ١) : المقاومة المتعددة للأمراض التى تتوفر فى بعض أصناف الخيار الأمريكية .

المرض	Table Green	Table Green 65	Marketmor e 70	Marketmor e 76 & 80	Poinsett 83	Poinsett 76	Poinsett
فيرس موزايك الخيار	+	+	+	+	+	-	-
الجرب	-	+	+	+	+	+	-
البياض الدقيقى	±	±	-	+	+	+	+
البياض الزغبى	±	±	-	+	+	+	+
الأنثراكنوز	-	-	-	-	+	+	+
تبقع الأوراق الزاوى	-	-	-	-	+	+	+
Target leafspot	±	±	±	±	=	=	=

+ مقاوم ، ± وسط ، – قابل للإصابة ، = شديد الحساسية .

الفرق بين الصنفين Marketmore 76 ، و Marketmore 80 أن الأخير يخلو نموه الخضرى من المرارة (H.M. Munger سمنار بمشروع تطوير النظم الزراعية فى ١٥ / ٤ / ١٩٨٢) .

ولعل من أكبر مشاكل اختبارات المقاومة المتعددة للأمراض الحاجة إلى اختبار أعداد كبيرة من النباتات المنعزلة ، ليتسنى الحصول على النباتات التى تحمل جينات المقاومة المرغوب فيها ، وهى التى تكون نسبتها فى الجيل الثانى ($\frac{1}{2}$)^{ن} × ١٠٠ ، حيث (ن) عدد أزواج الجينات المسئولة عن المقاومة .

وتختلف طريقة إجراء اختبارات التقييم للمقاومة المتعددة للأمراض باختلاف المحصول والأمراض التى يُراد التربية لمقاومتها . فمثلا .. قام Harrison (١٩٦٠) بغمس جذور الطماطم – وهى فى عمر ٣ –٤ أسابيع – فى معلق لفطرى F. oxysporium f. lyco-persici ، و A. solani ، ثم شتلها فى تربة معدية بنيماتودا تعقد الجذور . وبمجرد أن استعادت النباتات نموها بعد صدمة الشتل .. قام برشها بمعلق لجراثيم وميسيليوم الفطر Stemphylium solani واحتفظ بها فى جو رطب لمدة ٣٦ – ٤٨ ساعة ؛ إما فى حجرات نمو رطبة ، أو تحت الرى بالرذاذ mist . وفى بعض الاختبارات كانت تعدى البادرات – فى مرحلة نمو الأوراق الفلقية – بالفطر المسبب لمرض تبقع الأوراق الرمادى .

وتجدر الإشارة إلى أن العدوى المختلطة للطماطم بالفطرين F. oxysporum f. lyco-persici ، و V. albo-atrum تؤدى إلى جعل النباتات المقاومة للفيوزاريم مقاومة كذلك لفطر الفيرتيسيلليم ، حتى ولو كانت لاتحمل جين المقاومة لهذا الفطر . وقد اقترح Tigchelaar & Dick (١٩٧٥) – تجنباً لهذه المشكلة – عدوى النباتات بالفيرتيسيلليم ، ثم عدوها بالفيوزاريم بعد ذلك بنحو ٢ – ٣ أيام .