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