Ethyl Carbamate

Formalin

Phenolo (عدة فينولات)

Manganous chloride

يجب تداول جميع المركبات المحدثة للطفرات بحذر شديد ؛ فتؤخذ كافة الاحتياطات ؛ كي لا تصل منها أية كمية إلى جوف الإنسان ، أو تلامس جلده ، كما ترتدى القفازات عند زراعة البذور المعاملة .

وبصورة عامة .. فإن المركبات الكيميائية تحدث تأثيرها بطريقى التأين والإثارة ، وينتج عنها طفرات عاملية أكثر من التحورات الكروموسومية ، إلاّ أن النسبة بين نوعى الطفرات تختلف باختلاف المركب المستعمل (Williams ١٩٦٤ ، Lapins ١٩٨٣) . ولدراسة فعل المركبات الكيميائية المحدثة للطفرات على المستوى الجزيئى ..يراجع Drake(١٩٦٩) .

برنامج التربية باستحداث الطفرات

أهداف البرنامج

لايلجأ المربى إلى التربية باستحداث الطفرات إلاّ بعد استنفاد كل الوسائل الأخرى الممكنة لتحسين المحصول . ويجرى برنامج التربية بالطفرات - عادة - لتحقيق واحد أو أكثر من الأهداف التالية :

١- إحداث طفرات فى جين واحد ، أو فى عدد محدود من الجينات :

يكون ذلك هو الهدف الأمثل ، عندما يرغب المربى فى تحسين أحد الأصناف الجيدة فى إحدى الصفات المهمة التى تنقصه ؛ خشية أن تؤدى التربية بالطرق الأخرى إلى فقدان الصنف بعض خصائصه التى تميزه عن غيره . وكثيرا ما يفاضل المربى بين طريقتى التربية بالتلقيح الرجعى وبالطفرات ، آخذاً فى الحسبان مدى سهولة إحداث الطفرة المرغوبة ، ومدى ارتباطها بالطفرات الأخرى غير المرغوبة .

وتجدر الإشارة إلى أن التربية بالطفرات لاستحداث طفرة فى جين واحد هى الطريقة الوحيدة الممكنة لتحسين الأصناف الممتازة من المحاصيل الخضرية التكاثر ؛ نظراً

لأن اللجوء إلى التكاثر الجنسى عند تربيتها يعنى الابتعاد كثيراً عن التركيب الوراثى للصنف . وعملياً .. تعتبر التربية بالطفرات فى المحاصيل الخضرية التكاثر بديلة للتربية بطريقة التهجين الرجعى فى المحاصيل الجنسية التكاثر .

هذا .. وقد تستحدث الطفرات العاملية ؛ بغرض الاستفادة منها فى تحسين المحصول فى برامج التربية الأخرى .

٢- تحسين الصفات الكمية :

على الرغم من أن الصفات الكمية يتحكم فيها عدة جينات .. إلاّ أنه أمكن إحراز تقدم كبير فيها بالتربية بالطفرات ؛ فمثلاً .. تمكن Gregory فى عام ١٩٥٦ من إنتاج طفرات من الفول السودانى بالمعاملة بأشعة إكس ، وكانت هذه الطفرات أعلى محصولاً من الصنف الأصلى (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

٣- إحداث زيادة فى نسبة العبور :

قد يكون الغرض من تعريض النباتات للعوامل المطفرة - خاصة الإشعاع - هو إحداث زيادة فى نسبة العبور ؛ لإعطاء الفرصة لحدوث عبور بين الجينات المرتبطة بشدة وبين الجينات التى توجد فى المناطق القريبة من السنترومير ، وهى التى تقل فيها نسبة العبور الطبيعى . ويساعد العبور - فى هذه الحالات - على انعزال تراكيب وراثية جديدة ، قد يرغب المربى فى الحصول عليها .

٣- إحداث تحورات كروموسومية :

تحدث المعاملة بالعوامل المطفرة تحورات كروموسومية كثيرة يمكن الاستفادة بها فى برامج التربية ؛ فمثلا .. أمكن - عن طريق إحداث كسور كروموسومية فى أماكن معينة من الكروموسومات - نقل صفة المقاومة لصدأ الأوراق فى القمح من أحد الانواع البرية إلى القمح المزروع .

٤- إحداث طفرات فى الجينات السيتوبلازمية التى تتحكم فى الصفات التى تورث عن طريق الأم . ويذكر أنه حتى عام ١٩٧٣ أمكن إنتاج ٩٨ صنفاً محصولياً ، و٤٧ صنفا من نباتات الزينة من طفرات مستحدثة . ومن الأصناف المحصولية .. أنتج ٨٥ صنفاً منها

بالانتخاب المباشر للطفرات المستحدثة ، بينما أنتجت الثلاثة عشر صنفاً الأخرى من برامج تربية ، تضمنت تهجينات بين الطفرات وأصناف - أو سلالات - أخرى (Welsh ١٩٨١).

ويمكن القول إنه فى حالات عدم وجود الصفات المرغوبة فى تجير ملازم المحصول (المحلى والعالمى) ، أو عندما لايُرغب فى إحداث أى تغيير وراثى فى صنف تجارى هام (ولو بطريقة التهجين الرجعى) .. فإن التربية بالطفرات تعد هى الطريقة المثلى لتحسين المحصول وإكسابه الصفات المطلوبة . ولايعتد - فى هذا الشأن - بانخفاض معدل حدوث الطفرات ، أو بزيادة نسبة الطفرات الضارة ، فإن طفرة واحد مفيدة من كل ألف طفرة يمكن أن تسهم فى تحسين المحصول بشكل جوهرى ، خلال فترة زمنية وجيزة ، وبجهد أقل مما فى طرق التربية الأخرى .

طرق المعاملة بالعوامل المطفرة

توجد ثلاث طرق رئيسية لمعاملة النباتات بالعوامل المطفرة هى :

١ - معاملة حبوب اللقاح :

تتميز طريقة معاملة حبوب اللقاح بسهولتها وإمكان التحكم فى العوامل البيئية المحيطة من رطوبة ، وحرارة ، وضغط جوى ... إلخ ، كما تعامل كميات كبيرة من حبوب اللقاح فى حيز صغير . وتنفرد طريقة معاملة حبوب اللقاح بميزة أخرى ، وهى أن الطفرات المحدثة فى حبة اللقاح تنتقل إلى كل خلايا الجنين الذى ينشأ منها (بعد إخصابها إحدى البيضات) ، ثم إلى كل خلايا النبات الذى ينمو منه .

٢- معاملة البذور :

تتميز طريقة معاملة البذور - مثل الطريقة السابقة - بسهولتها وإمكان التحكم فى العوامل البيئية المحيطة ، مع معاملة كميات كبيرة من البذور فى حيز صغير؛ إلا أن الطفرة إن حدثت فى إحدى خلايا الجنين فى البذرة .. فإنها لاتظهر إلا فى جزء من النبات الذى ينمو منها ؛ فلايكون النبات كله ذا تركيب وراثى واحد ، كما يحدث عند معاملة حبوب اللقاح . وتختلف الجرعة المناسبة من الإشعاع لمعاملة البذور باختلاف النوع المحصولى ،

وأفضلها هى التى تؤدى إلى فقدان حيوية ٥٠٪ من البذور ، وهى التى تعرف باسم Lethal Dose 50 (LD_{50}) . وقد تحددت بالفعل الجرعة المناسبة من أشعة إكس بالنسبة لمعظم الأنواع المحصولية . ويراعى أن تكون البذور التى يراد معاملتها عالية الحيوية ، وتحتوى على قدر مناسب من الرطوبة ، ولاتكون رطوبتها شديدة الانخفاض أو عالية بدرجة كبيرة .

٣ – معاملة الاجزاء الخضرية :

تختلف الجرعة المناسبة لمعاملة الأجزاء الخضرية باختلاف النوع والصنف ، وتزيد فى الأنسجة المتخشبة عما فى الأنسجة العشبية ، وتتراوح الجرعة المناسبة غالبا من ٢٠٠٠ – ٤٠٠٠ رونتجن ، ويحسن أن تجرى المعاملة فى أولى مراحل تكوين البرعم ، وأفضل وقت لذلك هو عندما يكون برعم المستقبل عبارة عن خلية واحدة ، أما إن كان ذلك صعب التحقيق فيجب محاولة تطوير طرق جديدة لتشجيع تكوين براعم عرضية من الأجزاء المعاملة (IAEA ١٩٦٨) ، ويفضل إجراء المعاملة على البادرات الصغيرة ؛ لسهولة تداولها وإحضارها للمفاعلات فى أصص . كما يعامل خشب الطعوم لأشجار الفاكهة أثناء الشتاء والربيع ، ثم يطعم على الأصل المناسب ، تبدو النموات الأولى التى تظهر من البراعم المعاملة طبيعية عادة ، وتجب إزالة هذه النموات حتى الطعم المعامل تقريباً ؛ لأن ذلك يزيد من فرصة ظهور الطفرات فى النموات الجديدة . ومع تكرار التقليم حتى الطعم المعامل .. فإن خشب الطعم قد يستمر فى إنتاج نموات تظهر فيها طفرات جديدة وغالباً ما تكون معظم الطفرات المتكونة على شكل كيميرا محيطية . هذا .. ولايكون من اليسير معاملة الشجيرات والأشجار بالإشعاع ؛ لصعوبة تداولها .

ولاتستخدم النظائر المشعة بكثرة فى إحداث الطفرات ؛ نظراً لصعوبة التخلص منها ، وهى تفضل عند الرغبة فى إحداث الطفرات فى الإنسجة الداخلية للنبات ، وذلك بتغذية النبات بأحد العناصر المشعة ؛مثل الفوسفور المشع ^{32}P أو الكبريت المشع ^{35}S ؛ حيث يمتصها النبات كما لو كانت عناصرها ثابتة ، ويتحرك العنصر مع الماء الممتص إلى الأنسجة الميرستيمية . وتنتقل هذه النظائر مع تيار الماء فى النبات كأيونات لهذه العناصر، ولكنها تتغير أثناء وجودها فى النبات – بسبب عدم ثباتها – إلى عناصر أخرى ؛ فيتغير ^{32}P إلى كبريت ، ويتغير ^{35}S إلى كلورين عندما تشع منها جزيئات بيتا .

وتجدر الاشارة إلى أفضلية معامله النباتات المزهرة ؛ لأن الانقسام الميوزى (الاختزالى) يكون أكثر حساسية للإشعاع من الانقسام الميتوزى .

هذا .. ولاتجب معاملة الأجزاء الخضرية المصابة بالفيروسات إلا عند الضرورة القصوى . ويلزم - فى هذه الحالة - التمييز بين أعراض الإصابة الفيرسية والطفرات التى يمكن أن تظهر نتيجة للمعاملة . ولمزيد من التفاصيل عن برامج التربية بالطفرات فى الفاكهة والمحاصيل الحقلية التى تتكاثر خضريًا .. يراجع IAEA (١٩٧٣) .

٤- معاملة مزارع الخلايا والأنسجة :

تعامل مزارع الخلايا أو الأنسجة بالعامل المطفر ، ثم تقيم المزرعة بعد المعاملة فى بيئات تسمح بالتعرف على الصفات المرغوبة ، وتنمى الخلايا أو الأنسجة الحاملة للطفرة المرغوبة ، إلى أن تصبح نباتات كاملة .

وأيًا كانت طريقة المعاملة بالعوامل المطفرة .. فإنه تجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع حدوث أى ضرر للقائمين بها .

العوامل المؤثرة فى فاعلية العوامل المطفرة

تتأثر مدى فاعلية العوامل المطفرة فى إحداث المطفرات بالعوامل التالية :

١- مستوى الأكسجين :

يؤثر مستوى الأكسجين فى الجزء النباتى المعامل على مدى الضرر الذى يمكن أن يحدثه العامل المطفر له . فكلما ارتفع مستوى الأكسجين .. زادت الأضرار ، وزادت معدلات التحورات الكروموسومية ، نسبة إلى الطفرات العاملية . ويمكن تقليل - أو تجنب - أضرار الأكسجين بمعاملة البذور ، وهى مشبعة بالرطوبة ، أو وهى فى حيز خال من الأكسجين . أما إذا رغب فى زيادة فاعلية وجود الأكسجين .. فإن المعاملة إما أن تجرى على البذور الجافة ، وإما أن توضع البذور فى محاليل المركبات الكيمائية المطفرة ، مع دفع فقاقيع الهواء بها .

٢- المحتوى الرطوبى :

يرتبط تأثير المحتوى الرطوبى مباشرة بمستوى الأكسجين فى النسيج النباتى المعامل ؛ إذ إن المحتوى الرطوبى المرتفع يصاحبه انحفاض فى مستوى الأكسجين ، ويختلف مدى تأثير المحتوى الرطوى باختلاف الأنواع النباتية ، والعوامل المطفرة المستخدمة ؛ فهو أكثر أهمية بالنسبة لأشعة إكس ، وأشعة جاما منه بالنسبة للنيترونات السريعة .

٣- درجة الحرارة :

ليس لدرجة الحرارة أهمية تذكر عند المعاملة بالإشعاع ، ولكنها على درجة كبيرة من الأهمية بالنسبة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة ؛ حيث تؤثر فى الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل بين المركب والنسيج النباتى ، ويطلق على الفترة الزمنية اللازمة لتفاعل نصف كمية المركب مع النسيج النباتى اسم نصف الحياة half - life . وتتراوح هذه المدة بالنسبة لمركب الـ EMS من ٧ر٩ ساعة عند درجة حرارة ٤٠°م إلى ٧٩٦ ساعة عند درجة حررة ٥°م ، وتبلغ مدة نصف الحياة للمسترد الكبريتى sulfur mustard ثلاث دقائق فقط عند درجة حرارة ٣٧°م .

٥- الظروف السابقة للمعاملة :

يؤدى نقع البذور فى الماء فترة - قبل تعريضها للعوامل المطفرة - إلى زيادة نسبة رطوبتها ، وفقدان بعض المركبات القابلة للذوبان فى الماء ، وبدء نشاط الإنبات وتمثيل الحامض النووى DNA . وكل هذه التغيرات تؤثر فى معدل حدوث الطفرات . ويمكن زيادة رطوبة البذور دون أن تباشر فى الإنبات ؛ بنقعها فى الماء على درجة الصفر المئوى . ويراعى - فى هذه الحالة - أن يكون الماء متحركا حول البذور مع تغييره كل ١٥ - ٣٠ دقيقة .

٦- الظروف التالية للمعاملة :

يجب ألا تخزن البذور المعاملة بالإشعاع لأكثر من أسابيع قليلة قبل زراعتها ، ويفضل أن يكون تخزينها فى وسط خال من الأكسجين . وإذا كان من الضرورى تخزينها لفترات

أطول من ذلك .. فيجب أن يكون التخزين على درجة الصفر المئوى .

أما فى حالات المعاملة بالمركبات الكيميائية .. فإنه يراعى غسيل البذور بماء جارٍ لمدة ثمانى ساعات ، إذا رغب فى تجفيف البذور وتخزينها قبل الزراعة ، ولكن الأفضل هو غسيل البذور بالماء لفترة قصيرة ، ثم زراعتها مباشرة .

٤- الـ pH :

للـ pH أهمية كبيرة بالنسبة للمركبات الكيمائية المطفرة ؛ لأنه يؤثر فى مدى الضرر الفسيولوجى ، ومعدلات الطفرات العاملية والتحورات الكروموسومية التى يمكن أن يحدثها المركب ، وتختلف المركبات فى هذا الشأن ؛ فبينما يستعمل مركب الـ EMS عند pH ٧ .. فإن أزايد الصوديوم sodiom azide يكون أكثر فاعلية عند PH ٣ . ويفضل - إذا استعملت المحاليل المنظمة - أن يستعمل منظم الفوسفات بتركيز لايزيد على ٠,١ مولار .

تداول أجيال التربية بالطفرات

يعطى الجيل الأول الذى ينتج من زراعة بذور سبقت معاملتها أو معاملة حبوب اللقاح التى استخدمت فى إنتاجها الرمز M_1 (نسبة إلى كلمة mutation أى طفرة) ، وتعطى الأجيال التالية الرموز M_2 ، و M_3 ... إلخ ، كما يفضل البعض استعمال الرموز : R_1 ، و R_2 ، و R_3 ... إلخ (نسبة إلى كلمة radiation أى إشعاع) . وقد تستعمل الرموز X_1 ، و X_2 ، و X_3 ... إلخ عند استعمال أشعة إكس فى إحداث الطفرات ، كما تستخدم الرموز نفسها كذلك فى حالات معاملة الأجزاء الخضرية ، مع الإكثار الخضرى للنباتات الناتجة ، رغم أن نباتات الـ M_2 أو الـ M_3 لاتختلف وراثيًا - فى حالات الإكثار الخضرى - عن نباتات الـ M_1 .

نادراً ما تظهر أية طفرات على نباتات الجيل الطفرى الأول (M_1) ؛ لأن معظم الطفرات تكون متنحية ، بينما تظهر على نباتات هذا الجيل التغيرات الفسيولوجية التى لاتورث (ويراعى - مع ذلك - انتخاب نباتات الجيل الطفرى الأول التى يشتبه فى أن بها طفرات) . تلقح جميع نباتات الـ M_1 ذاتيًا ، أو يجرى التلقيح فيما بينها فى حالات العقم أو عدم التوافق الذاتى .

وأيًا كانت الطريقة التى اتبعت فى المعاملة بالعامل المطفر .. فإنه لابد من زراعة نباتات

غير معاملة من نفس الصنف للمقارنة ؛ لأن تلك هى الوسيلة الوحيدة الممكنة للتمييز بين الطفرات الحقيقة والاختلافات الوراثية الطبيعية ، التى قد توجد فى الصنف ، وتستمر زراعة نباتات المقارنة فى الأجيال الطفرية التالية كذلك .

يبدأ الانتخاب فى الجيل الثانى M_2 ؛ لأن ذلك هو الجيل الذى تنعزل فيه الطفرات المتنحية بحالة أصيلة فى حالة التكاثر الجنسى ، ولأنه يكون الجيل الذى يختفى فيه التأثير الفسيولوجى للمعاملة بالعوامل المطفرة أيًا كانت طريقة تكاثر المحصول . وتزرع نباتات الجيل الطفرى الثانى على مسافات واسعة ، حتى يمكن دراسة كل منها على انفراد ، مع زراعة نحو ١٠-١٢ نباتاً من كل نسل فى خط مستقل . ويكفى هذا العددللعثور على نبات واحد أصيل متنح - على الأقل - فى الطفرة . لكن نظراً لأن نسبة بسيطة للغاية من نباتات الجيل الطفرى الأول هى التى تحدث بها الطفرات ، لذا .. تجب زراعة عدة آلاف من الأنسال فى الجيل الطفرى الثانى ؛ لإعطاء الفرصة لظهور الطفرات إن وجدت . وإذا تعارض ذلك مع الإمكانات المتاحة .. فإنه تفضل زراعة ٢ بذور M_2 من كل من ١٠٠٠ نبات M_1 عن زراعة أعداد كبيرة من بذور الـ M_2 من كل من عدد محدود من نباتات الـ M_1 ، وتنتخب النباتات المرغوبة فقط ، وتلقح ذاتيًا لإنتاج بذور الجيل الطفرى الثالث M_3 ، وتستبعد جميع النباتات التى يكون نموها طبيعياً . وإذا كان المطلوب هو العثور على طفرة فى جين واحد فقط بأحد الأصناف المرغوبة .. فإنه تلزم زراعة ١٠٠٠٠ نسل M_2 على الأقل ؛ لأن معدل ظهور الطفرة المرغوبة فى غياب الطفرات الأخرى غير المرغوبة يكون منخفضاً للغاية .

يقتصر برنامج التربية بعد ذلك على تقييم الطفرات التى أمكن استحداثها ؛ فتزرع عدة خطوط من كل طفرة فى الجيل الطفرى الثالث M_3 ، وتقارن الطفرات المرغوبة منها مع الأصناف التجارية المهمة فى تجارب صغيرة بمكررات فى الجيل الطفرى الرابع M_4 ، والخامس M_5 . وتقارن الطفرات المتميزة منها فى تجارب موسعة فى الجيلين الطفريين السادس M_6 والسابع M_7 .

وعموما .. فإن تداول النباتات ابتداء من الجيل الطفرى الثانى يكون بإحدى أربع طرق هى :

١- انتخاب النسب .

٢- انتخاب التجميع .

٣- التحدر من بذرة واحدة .

٤- اختبار الأجيال المبكرة .

هذا .. وقد تكثر الطفرة المتنحية ، وتستعمل كصنف ، جديد مباشرة ، أو تستخدم كسلالات تربية فى برامج أخرى لتربية المحصول ، إن لم تكن صالحة للاستعمال كصنف جديد . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Fehr (١٩٨٧) .

الأمور التى تجب مراعاتها فى برنامج التربية بالطفرات

تجب أن تتوفر لدى المربى رؤية واضحة بالنسبة للأمور التالية فى برنامج التربية بالطفرات :

١- اختيار الجيرميلازم المناسب لمعاملته :

إذا كان المطلوب هو تحسين صنف جيد فى صفة مرغوبة تنقصه .. فإن أفضل جيرميلازم للمعاملة هو ذلك الصنف . وإذا كانت الصفة التى يُراد تحسينها كمية .. فإن على المربى أن يقارن بين مستوى الصفة فى الصنف التجارى ، ومستواها فى السلالات والأصناف الأخرى ، حتى إن لم تكن تصلح للزراعة التجارية ؛ فإذا كان مستوى الصفة المرغوبة أعلى فى سلالة غير مزروعة مما فى الصنف التجارى .. فإن فرصة تحسين مستوى الصفة إلى الدرجة المطلوبة بالطفرات تكون أكبر فى السلالة عما فى الصنف التجارى ، ويقابل ذلك ؛ أن السلالة لن يمكن استخدامها فى الزراعة بعد اكتسابها الصفة ، وإنما تستخدم كمصدر للصفة فى برنامج للتربية ، بينما يستعمل الصنف التجارى فى الزراعة مباشرة بعد اكتسابه الصفة بالطفرات .

٢- اختيار مصدر البذور :

تجب العناية باختيار البذور من أفضل المصادر الموثوق بها ، لكى تمثل الصنف تمثيلاً صادقاً . وأفضل البذور لهذا الغرض هى بذور الأساس Foundation Seed ، أو حتى بذور المربى Breeder seed إن أمكن ؛ لتجنب وجود أية نباتات مخالفة للصنف يمكن أن تعتبر - خطأً - طفرات مستحدثة .

٣- اختيار العامل المطفر والجرعة المناسبة :

يلزم - إن لم تتوفر معلومات كافية عن أنسب العوامل المطفرة والجرعة المناسبة منها - أن تتم المعاملة بأكثر من عامل مطفر ، وبعدة جرعات من كل منها . كما تجب زراعة نباتات المقارنة بعد معاملة بذورها بالطريقة ذاتها ، ولكن دون التعرض للعامل المطفر .

٤- اختيار عدد البذور المناسب للمعاملة :

يتوقف عدد البذور المناسب التى تجب معاملتها على حيوية البذور بعد المعاملة ، وعدد النباتات والأنسال التى يمكن تقييمها فى الجيل الطفرى الثانى ، ومعدل حدوث الطفرات فى الصفات المرغوب فيها ، ومدى سهولة تقييم هذه الصفات . ومن الطبيعى أن عدد البذور التى تجب معاملتها يزيد عند نقص حيوية البذور المعاملة بدرجة كبيرة ، وعندما يقل معدل حدوث الطفرات فى الصفات المرغوبة .

٥- طريقة التلقيح لإنتاج بذور الجيل الطفرى الثانى :

بينما تترك نباتات الجيل الأول من النباتات الذاتية التلقيح على طبيعتها لإنتاج بذور الجيل الطفرى الثانى فإن النباتات الخلطية التلقيح إما أن تلقح ذاتيا يدويا ، وإما أن تترك للتلقيح الخلطى فيما بينها ، ولكن يلزم فى هذه الحالة تأمين مسافة عزل كافية بين حقل نباتات الجيل الطفرى الأول ، وأية حقول أخرى من النوع نفسه ؛ لمنع التلقيح الخلطى الخارجى .

مزارع الأنسجة كمصدر للطفرات

من المعروف أن مزارع الأنسجة يمكن أن تكون مصدرا غنيا بالاختلافات الوراثية التى تحدث بفعل الطفرات . ويستخدم المصطلح Somaclonal Variation لوصف مثل هذه النوعية من الاختلافات . وقد ظهرت اختلافات كثيرة بهذه الطريقة فى مزارع أنسجة لمحاصيل متباينة ؛ مثل قصب السكر ، والبطاطس ، والأرز ، والدخان ؛ فأمكن -مثلا- العثور على سلالات من قصب السكر مقاومة لمرض فيجى (وهو مرض فيرسى تنقله نطاطات الأوراق) ، والبياض الدقيقى ؛ وكانت بعض هذه السلالات أعلى محصولاً من الصنف الأصلى المستخدم فى عمل مزارع الأنسجة . كما عثر على سلالات من البطاطس