الفصل الثالث عشر

الطفرات

تعرف الطفرة بأنها أى تغير فجائى فى التركيب الوراثى للفرد ، يترتب عليه تغير مُناظر فى شكله الظاهرى . ويوجد نوعان من الطفرات هما :

١- الطفرات العاملية Intragenic Mutations ، أو Gene Mutations :

وهى الطفرات التى تتضمن تغيرات فى التركيب الجزيئى للجين ، يترتب عليها تغيرات فى نشاطه . ويستدل على هذه النوعية من الطفرات من الأثر الذى تحدثه فى الشكل المظهرى للأفراد الحاملة لها .

٢- الطفرات غير العاملية Extragenic Mutations :

وهى الطفرات التى تتضمن تغيرات كروموسومية عددية أو تركيبية ؛ مثل حالات التضاعف ، والنقص والإضافة ، والانقلابات ، والانتقالات الكروموسومية ... إلخ . ويمكن الاستدلال على هذه النوعية من الطفرات بالدراسات السيتولوجية ، ومن الأثر الذى تحدثه فى الشكل المظهرى للأفراد الحاملة لها .

تحدث الطفرات تلقائياً فى الطبيعة ، وتختلف معدلات حدوثها ، باختلاف الأنواع النباتية ، وباختلاف الصفات فى النوع الواحد ، وتعد هى الأصل فى جميع الاختلافات

الوراثية المشاهدة ، ويرجع إليها الفضل الأكبر فى تطور محاصيلنا الزراعية ، وتحسينها . وقد حاول الإنسان – كذلك – استحداث الطفرات بواسطة العوامل المطفرة Mutagenic Agents ؛ بهدف استحداث تغيرات وراثية ، يمكن الاستفادة منها فى برامج التربية .

أنواع الطفرات غير العاملية

يطلق على الطفرات غير العاملية – سواء أكانت طبيعية أم مستحدثة – أسماء مختلفة، منها الاختلافات الكروموسومية العددية ، والتركيبية (وهى التحورات الكروموسومية Chromosomal Aberations) ويتطلب النوع الثانى حدوث كسر فى موضع واحد أو موضعين فى كروموسوم واحد أو فى كروموسومين . تبدو أطراف الكروموسومات التى كسرت – حديثاً – كأنها لزجة ؛ لأن هذه الأطراف تميل إلى الالتحام ثانياً مع بعضها ، لكن الالتحام قد يحدث مع أى طرف كروموسومى آخر مكسور . وينشأ من ذلك عدد من الاختلافات الكروموسومية التركيبية ، هى :

النقص أو الاقتضاب

تظهر حالات النقص أو الاقتضاب Deficiency إذا فقدت قطعة من الكروموسوم . فإذا فصلت قطعة كروموسومية عن جزء الكروموسوم الحامل للسنترومير .. فإن هذه القطعة اللاسنتروميرية (أى التى لاتحمل السنترومير) تصبح غير قادرة على التوجه نحو أى من قطبى الخلية ، وتبقى سابحة فى الستيوبلازم ، إلى أن تفقد بعد تكوين الغشاء النووى .

وقد يحدث كسر واحد عند أحد طرفى الكروموسوم ؛ وبذا .. يكون النقص طرفيًا terminal ، أو قد يحدث كسر ، وتفقد القطعة الوسطية ، ويلتحم الطرفان المكسوران ؛ وبذا .. يكون النقص وسطيًا intercalary ، ويعرف بالاقتضاب ، وتكون غالبية أنواع النقص الكروموسومى من النوع الوسطى . وتتكون حالات النقص الكروسومى فى أثناء الانقسام الاختزالى للنباتات الخليطة فى الانتقالات ، أو الانقلابات الكروموسومية . كما تظهر طبيعيا ، أو بعد المعاملة بالعوامل المطفرة . ويبين شكل (١٣ – ١أ) السلوك السيتولوجى للكروموسومات فى حالة النقص الكروموسومى .

ونجد فى حالات النقص الكروموسومى أن الجينات التى كانت تحمل على القطعة

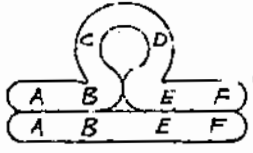
أ- النقص

١ كروموسوم به ٦ جينات — A B C D E F

٢ كسور كروموسومية فى موقعين — A B | C D | E F

٣ فقد الجزء CD والتحام الطرفين المكسورين — A B E F

٤ الاقتران الكروموسومي فى الانقسام الاختزالى الأول



ب- الإضافة

١ A B C D E F

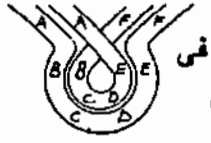
٢ A B C C D E F

مضاعفة أحد الجينات

جـ- الانقلاب

١ كروموسوم عادى — A B C D E F

٢ انقلاب — A E D C B F



الاقتران الكروموسومى فى الانقسام الاختزالى

د- الانتقال

١- زوجان من الكروموسومات العادية

A B C D E F
A B C D E F
G H I J K L
G H I J K L

٢- انتقال أصيل

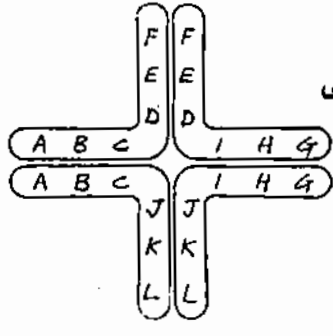
A B C J K L
A B C J K L
G H I D E F
G H I D E F

يكون التقارن الكروموسومي عادياً في الانقسام الاختزالى

٣- انتقال خليط

A B C J K L
A B C D E F
G H I D E F
G H I J K L

٤- الاقتران الكروموسومى فى الانقسام الاختزالى فى حالة الانتقال الخليط



شكل (١٢-١) : كيفية حدوث التحورات الكروموسومية (النقص ، والإضافة ، والانقــلاب ، والانتقالات) ومظهر الكروموسومات فى الدور التزاوجى من الدور التمهيدى للانقسام الاختزالى .

الكروموسومية المفقودة قد فقدت تبعاً لذلك ، وقد يحدث ذلك تأثيراً ضاراً ، ولكن الأمر يتوقف على الأهمية الفسيولوجية للجينات التي فقدت . وربما يموت الفرد ، وتزداد احتمالات ذلك في الأفراد الأصيلة في الاقتضاب عما في الأفراد الخليطة . وتنطبق المبادئ نفسها على الجاميطات الحاملة للاقضاب ، إلا أن الجاميطات المؤنثة تكون أكثر قدرة على البقاء من الجاميطات المذكرة . وتعطى الاقتضابات غير المميتة مظاهر غير عادية ، وتظهر الصفات التي تتحكم فيها الأليلات المتنحية ؛ نتيجة لغياب الأليل السائد (hemizygosity) ، وتعرف هذه الحالة بالسيادة الكاذبة Pseudodominance .

ويستفاد من حالات النقص الكروموسومي في رسم الخريطة الكروموسومية ، على اعتبار أن غياب أليل سائد من مقطع كروموسومي يسمح للأليل المتنحي الذي قد يوجد في الكروسوم المماثل بإظهار تأثيره ، وتكون نسب الانعزالات في هذه الصفة مختلفة في الأفراد الخليطة في حالات النقص الكروموسومي ، عما في الأفراد العادية .

الإضافة

تتكون حالات الإضافة Duplication عندما يحتوى الكروموسوم على مقطع مكرر أكثر من مرة ، وهي تظهر في أثناء الانقسام الاختزالي للنباتات الخليطة في الانتقالات أو الانقلابات الكروموسومية . وتستعمل الإضافة في دراسة العلاقة الكمية لتأثير جين معين ، وسواء أكانت الإضافة أصيلة ، أم خليطة .. فلا يكون لها – عادة – أي تأثير ضار على الفرد . ولكن الإضافة تغير – في كثير من الأحيان – من الشكل الظاهري لبعض الصفات ، وهو ما يعرف بالتأثير الموضعي Possition Effect ، كما تغير الإضافة من النسب المندلية العادية ، وتكون حبوب اللقاح المحتوية على الإضافة – عادة – أقل حيوية من حبوب اللقاح الطبيعية ، ولكن لم يلاحظ أي تأثير ضار للإضافة في حيوية البيضات .

الانتقالات الكروموسومية

يوجد نوعان من الانتقالات الكروموسومية Translocations ، هما :

١– انتقال بسيط simple translocation :

تنشأ حالات الانتقال البسيط عندما تكسر قطعة كروموسومية ، وتنتقل إلى كروموسوم

آخر غير مماثل له . لكن يلزم – فى هذه الحالة – حدوث كسر فى طرف الكروموسوم الذى انتقلت إليه القطعة الكروموسومية ؛ لأن أطراف الكروموسومات المكسورة لاتتصل إلاّ بأطراف كروموسومية مكسورة أيضًا . ولايعد هذا النوع من الانتقالات الكروموسية شائعاً .

٢– الانتقال المتبادل reciprocal translocation :

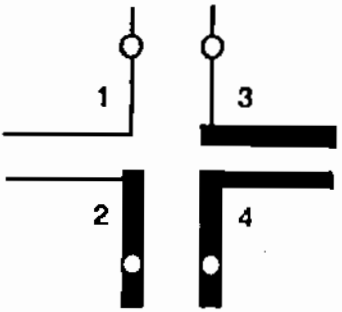
تنشأ حالات الانتقال المتبادل حينما تتبادل أجزاء متساوية أو غير متساوية بين كروموسومين غير متماثلين . وقد يكون الانتقال خليطاً أو أصيلاً . ويؤدى الانتقال المتبادل إلى تغير الارتباط ، لأن القطعة المتبادلة تصبح – بما تحمله من جينات – مرتبطة بمجموعة جديدة من الجينات ، كما أن الأفراد الخليطة للانتقال فى كروموسومين ، تكون نصف عقيمة ؛ بسبب حالات النقص والإضافة الكروموسومية التى تظهر فى الجاميطات . وتزيد نسبة العقم على ٥٠٪ ، إذا شمل الانتقال أكثر من كروموسومين .

يبين شكل (١٣–٢) طريقة تزاوج الكروسومات فى حالة الانتقال المتبادل ، وأنواع الجاميطات التى تتكون بعد انعزال الكروموسومات ؛ فالكروموسومات تتزاوج على شكل صليب لكى تقترب الأجزاء المتناظرة من بعضها ، ثم تنعزل الكروموسومات – بعد ذلك – بواحدة من طرق ثلاث ، هى الانعزال المتقابل ، أو الانعزال المتجاور ، مع وجود طريقتين للانعزال المتجارو ، كما هو مبين فى الشكل . وتنتج نصف الجاميطات من حالات الانعزال المتقابل ، وتكون خصبة ، بينما ينتج النصف الآخر من الجاميطات من حالتى الانعزال المتجاور ، وتكون عقيمة لما تحتويه من حالات إضافة أو نقص كروموسومى . ويكون عقم هذه الجاميطات تاماً بالنسبة لحبوب اللقاح ، بينما قد تكون بعض البيضات خصبة ، ويمكن تلقيحها بحبوب لقاح من تلك التى تنتج من الانعزال المتبادل ، وهو مايسمح بإنتاج نباتات بها نقص أو إضافة فى كل جيل .

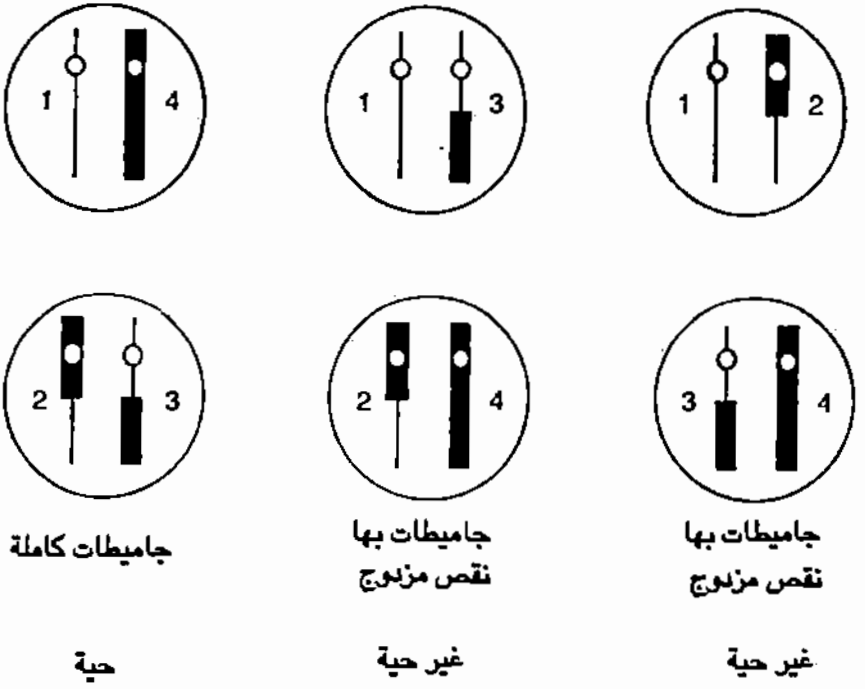
هذا .. ويستفاد من حالات الانتقالات الكروموسية فيمايلى :

أ – الدراسات الوراثية :

يستفاد من حالات الانتقالات الكروموسومية فى دراسة وضع السنترومیرات وغيرها من المناطق الكروموسومية المميزة سيتولوجيًا بالنسبة للجينات ، ومعرفة المجموعة



الانقسام الاختزالى



شكل (١٣ - ٢) : كيفية اقتران الكروموسومات وانعزالها فى الانقسام الاختزالى الأول فى حالة الانتقال الكروموسومى المتبادل . يراجع المتن للتفاصيل .

الارتباطية التى تنتمى إليها الجينات ، والمجموعة الارتباطية التى يحملها الكروموسوم ، واستقلالية المجموعات الارتباطية .

ب – إنتاج السلالات الأصيلة :

أُقتُرِحَ استعمال الانتقالات الكروموسومية المتعددة فى إنتاج السلالات الأصيلة . ويلزم لذلك توفر سلالة تحتوى على عدة انتقالات كروموسومية ؛ بحيث تعطى حلقة من جميع الكروموسات عندما تلقح مع نبات عادى . ويمكن إنتاج مثل هذه السلالات بتلقيح آباء تحتوى على انتقالات كروموسومية مختلفة . وإذا لقحت سلالة كهذه مع سلالة خليطة heterozygous .. فإن الجاميطات الخصبة الوحيدة التى تنتجها نباتات الجيل الأول تكون هى التى تحتوى على جميع الكروموسومات العادية (+) ، أو التى تحتوى على جميع الكروموسومات غير العادية (–) ، أى الانتقالية ؛ وعليه .. فإن التلقيح الذاتى لنباتات الجيل الأول يعنى إنتاج نسل تكون كروموساته إما (+ +) ، أو (+ –) ، أو (– –) بنسبة ١ : ٢ : ١ . وتكون الأفراد الطبيعية (++) أصيلة وراثيًا بالنسبة لجميع الجينات ؛ وبذا .. يمكن إنتاج سلالات أصيلة فى جيل واحد .

جـ – إنتاج البذرة الهجين :

اقترح استخدام الانتقالات الخليطة فى إنتاج الهجن ، علما بأن الانتقال الكروموسومى – فى هذه الحالة – يكون فى كروموسوم زائد ، يتكون من نصفى كروموسومين غير متماثلين ، أى يكون النبات ثلاثى الكروموسوم من الدرجة الثالثة tertiary trisamic (يراجع لذلك الفصل الرابع عشر) .

الانقلاب

يحدث الانقلاب الكروموسومى Inversion حينما ينعكس وضع مقطع كروموسومى ١٨٠ درجة على نفس الكروموسوم ، وهو على نوعين كما يلى :

١– انقلاب سنتروميرى pericentric inversion :

وهو الذى تشتمل فيه القطعة المنقلبة على منقطة السنترومير .

٢- انقلاب لاسنترومیری paracentric inversion :

وهو الذى لاتشتمل فيه القطعة المنقلبة على منطقة السنترومير .

قد يكون الفرد أصيلا أو خليطاً للانقلاب ، وقد يحدث انقلاب مركب ؛ فتنقلب قطعة داخل الانقلاب الأول .

يؤدى الانقلاب الخليط - عادة - إلى إحداث عقم بنسبة ٥٠٪ فى كل من الجاميطات المذكرة والمؤنثة ؛ ويرجع ذلك إلى تكوين كروماتيدات ، تحتوى على إضافة أو نقص . كما يؤدى الانقلاب إلى تغيير العلاقة الارتباطية بين الجينات الموجودة على نفس الكروموسوم ؛ كذلك .. يحدث الانقلاب نقصاً كبيراً فى نسبة العبور المقدرة عن طريق التراكيب العبورية ؛ ويرجع ذلك إلى قلة الحصول على هذه التراكيب فى الجاميطات المتحصل عليها ؛ إذ إن الكروماتيدات المتحصل عليها تكون دائماً غير عبورية ؛ أى يؤدى الانقلاب إلى نقص كبير فى العبور الوراثى ، دون أن يكون له بالضرورة ، أى تأثير فى العبور الستيولوجى ، ويتبين من ذلك أهم تأثير للانقلاب الخليط ، ألا وهو تقليل التراكيب العبورية أو منعها كلية . كما يحدث الانقلاب الخليط درجة من التعارض interferance ؛ نظراً لأنه يؤدى إلى تقليل العبور خارج المنطقة التى حدث فيها الانقلاب ، ويستفاد من حالات الانقلاب الكروموسومى فى دراسة سلوك الكروموسومات ، وموقع الجينات على الكروموسات بالنسبة لكل من الصفات النوعية والكمية (عن طنطاوى وحامد ١٩٦٣ ، Fehr ١٩٨٧) . ولمزيد من التفاصيل .. يراجع Elliott (١٩٥٨) ، و Swanson وآخرون (١٩٦٧) .

ويبين شكل (١٣-١) كيفية حدوث التحورات الكروموسومية السابقة ، ومظهر الكروموسومات فى الدور التزاوجى من الدور التمهيدى الأول للانقسام الاختزالى (عن Birkett ١٩٧٩) .

الطفرات الطبيعية

يتراوح معدل حدوث الطفرات الطبيعية Naturally Occurring Mutations فى النباتات من ٠,٠٠١٪ إلى ٠,٠٠١٪ من الجاميطات ، ويتوقف ذلك على النوع المحصولى والصفة ذاتها ، وتوجد حالات يكون معدل حدوث الطفرات فيها أقل ، أو أكثر من ذلك ، ويبين جدول (١٣ - ١) معدلات حدوث الطفرات الطبيعية فى بعض الجينات التى تتحكم

فى صفات الحبة فى الذرة . ويتبين من الجدول أن نسبة الطفرات المشاهدة تتراوح من أقل من واحد إلى ٤٩٢ طفرة فى كل مليون جاميطة .

جدول (١٢-١) : معدل حدوث الطفرات الطبيعية فى بعض الجينات التى تتحكم فى صفات الحبة فى الذرة .

الجين وتأثيره المظهرى	عدد الجاميطات المختبرة	عدد الطفرات المشاهدة	نسبة الطفرات لكل مليون جاميطة
R عامل يتحكم فى لون الحبة	٥٥٤٧٨٦	٢٧٣	٤٩٢
I عامل يمنع تكوين اللون	٢٦٥٢٩١	٢٨	١٠٦
P_2 لون الحبة القرمزى	٦٤٧١٠٢	٧	١١
S_u الأندوسبرم السكرى	١٦٧٨٧٣٦	٤	٢,٤
Y اللون الأصفر	١٧٤٥٢٨٠	٤	٢,٢
Sh الإندوسبرم المنكمش	٢٢٤٩٢٨٥	٣	١,٢
Wx الإندوسبرم الشمعى	١٥٠٣٧٤٤	صفر	صفر

وقد تنشأ الطفرات فى الأنسجة الجسمية Somatic Tissues ، ويطلق عليها اسم طفرات برعمية Bud Sports أو Sport Mutations . وهى قد تكون شاملة لكل أنسجة الفرخ النامى من البرعم ، أو توجد فى بعض أنسجته فقط ، بينما تبقى بقية الأنسجة على حالتها الأصيلة ، وتعرف الطفرة فى هذه الحالة باسم كيميرا Chimera .

الطفرات البرعمية والكيميرا

قد تشمل الطفرة البرعمية كل نسيج الفرخ النامى إذا حدثت فى مرحلة مبكرة من نمو البرعم ، ويؤدى ذلك إلى احتواء كل خلايا البرعم أو معظمها على هذه الطفرة ؛ فتظهر - بالتالى - فى جميع خلايا الفرخ الذى ينمو منه . ورغم انخفاض نسبة حدوث هذه النوعية من الطفرات .. إلاّ أنه يمكن الاستفادة منها بسهولة ؛ فالثمار التى تنتج على الفرخ المطفر تحتوى بذورها على العامل أو العوامل الوراثية المسئولة عن الطفرة ؛ وهو ما

يعنى إمكان إكثارها جنسيًا . كما يمكن باتباع طريقة التكاثر الخضرى المناسبة إنتاج سلالة خضرية جديدة من الفرخ المطفر ، يمكن أن تصبح صنفاً جديداً إذا كانت الطفرة جيدة ومرغوبة .

أما الكيميرا فإنها تظهر عندما تحدث الطفرة الجسمية فى مرحلة متأخرة من تكوين البرعم ؛ مما يؤدى إلى ظهورها فى بعض خلاياه فقط ، ويؤدى نمو هذا البرعم إلى تكوين فرخ يحتوى على الطفرة فى بعض أنسجته ، بينما تكون الأنسجة الأخرى على حالتها الأصلية . وكلما تأخر وقت حدوث الطفرة أثناء تكون البرعم .. قلت نسبة النسيج الذى يحتوى على الطفرة فى الفرع المتكون من هذا البرعم . كما قد تظهر الكيميرا فى عضو نباتى واحد ، مثل الورقة أو الثمرة ؛ فتبدو الورقة مبرقشة ، أو تحتوى الثمرة على جزء مطفر وجزء عادى ؛ كأن تحتوى ثمرة التفاح – مثلاً – على جزء حامضى وجزء حلو ، أو تحتوى ثمرة الخوخ على جزء زغبى وجزء أملس . ولايشترط لظهور الكيميراً أن تحدث الطفرة فى البرعم الإبطى الذى يعطى – عند نموه – فرخاً يحتوى على الطفرة فى بعض أنسجته ، بل إن الطفرة قد تحدث – كذلك – فى القمم النامية (البراعم القمية) للسيقان، مما يؤدى إلى ظهور الكيميرا فجأة فى الساق بعد فترة من النمو الطبيعى . ولا تكون معظم أنواع الكيميرا ثابتة عند إكثارها . هذا .. وتظهر حالات الطفرات التى سبق ذكرها – تلقائيًا – فى الطبيعة ، كما يمكن إحداثها صناعياً ، بمعاملة الأجزاء الخضرية للنبات بالعوامل المطفرة .

كيفية ظهور الكيميرا

تحتوى قمم أفرخ النباتات ذوات الفلقتين من مغطاة البذور على ثلاث طبقات (توجد طبقتان فقط فى معراة البذور وذوات الفلقة الواحدة) تعرف معاً باسم تونيكا Tunica ، تعلو كتلة من خلايا أقل تنظيماً ، تعرف باسم كوربس Corpus ، والطبقات الثلاث هى:

١– الطبقة الخارجية (تعطى الرمز L-I) :

تنقسم خلايا الطبقة الخارجية – محيطياً – بصفة أساسية ، وبذا .. تكون هى المسئولة عن تكوين طبقة البشرة ، بينما لاتسهم فى تكوين أنسجة أخرى تحت البشرة إلا فى حالات نادرة . وتنقسم خلايا هذه الطبقة قطرياً .

٢- الطبقة الوسطى (تعطى الرمز L - II) :

تنقسم خلايا الطبقة الوسطى - محيطياً - أثناء تكوين مبادئ الأعضاء النباتية ، كما تنقسم - قطريًا - عند تكوين مبادئ الأوراق ؛ وعليه .. فإن هذه الطبقة تعد مسئولة عن تكوين النسيج الوسطى (الميزوفيل) فى الأوراق ، والطبقات الخارجية من القشرة ، وبعض أجزاء الأسطوانة الوعائية ، كما تنشأ منها الخلايا الجنسية (حبوب اللقاح والبويضات).

٣- الطبقة الداخلية (تعطى الرمز L - III) :

تنقسم خلايا الطبقة الداخلية - قطريًا - بشكل أساسى ، وتكون هى المسئولة عن الزيادة فى حجم مبادئ الأعضاء النباتية . تحتفظ الخلية الخارجية - بعد كل انقسام لخلايا هذه الطبقة - بطبيعتها الميرستيمية ، بينما تصبح الخلية الداخلية جزءاً من النسيج الداخلى للعضو النباتى ، ولذا .. تعد هذه الطبقة مسئولة عن تكوين جميع الأنسجة الداخلية فى السيقان والأوراق ، بما فى ذلك الطبقات الداخلية من القشرة والأسطوانية الوعائية والنخاع .

أنواع الكيميرا

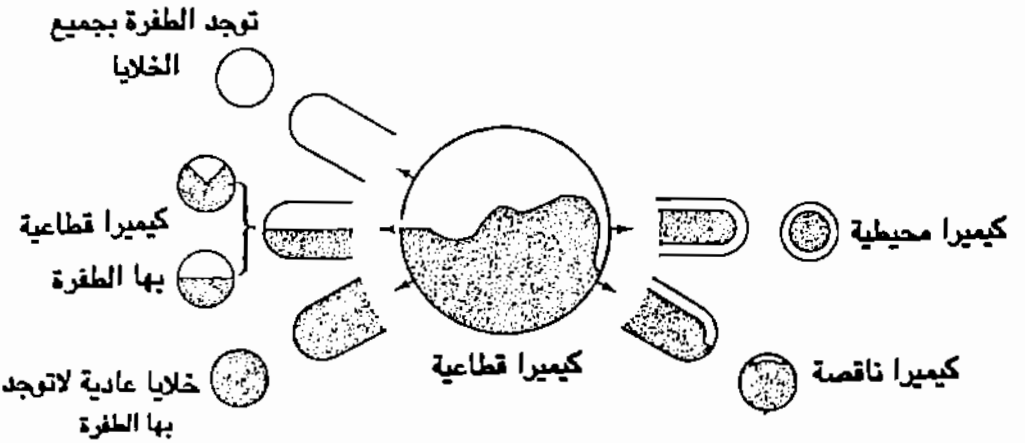
توجد ثلاثة انواع من الكيميرا ، تظهر عند عمل قطاع فى العضو النباتى المحتوى على الطفرة ، وهى :

١- الكيميرا القطاعية (أو المخروطية) Sectorial chimera :

يحتوى العضو النباتى الذى تظهر به الكيميرا القطاعية على نسيجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى ، يكون أحدهما على شكل مخروط ، ويمتد هذا المخروط - غالباً - من البشرة إلى منتصف العضو النباتى ، سواء أكان ورقة ، أم ساقا ، أم جذراً . وتختلف النموات التى تنتج من هذا النوع من الكيميرا تبعاً للنسيج الذى تنشأ منه . وقد تظهر مختلف أنواع الكيميرا بهذه النموات كما هو مبين فى شكل (١٣ - ٣) .

٢- الكيميرا المحيطية Periclinial Chimera :

يحتوى العضو النباتى الذى تظهر به الكيميرا المحيطية على نسيجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى ، يحيط أحدهما بالآخر إحاطة تامة. ويتكون النسيج الخارجى - عادة -



شكل (١٣ – ٣) : تخطيط لقطاع عرضى (الدائرة الوسطى) فى ساق توجد بها كيميرا مقطعية . يمثل الجز ء الأبيض النسيج الذى توجد فيه الطفرة ، بينما يمثل الجزء المظلل النسيج الأصلى للنبات . يبين الشكل أنواع الكيميرا التى يمكن أن تظهر بالفروع ، التى تنمو من براعم ، تتكون فى مواضع مختلفة من الساق الأصلية ، وتبين الدوائر الجانبية شكل القطاعات العرضية لهذه الفروع وهى التى تظهر بها مختلف أنواع الكيميرا (عن Hartmann & Kester ١٩٨٣) .

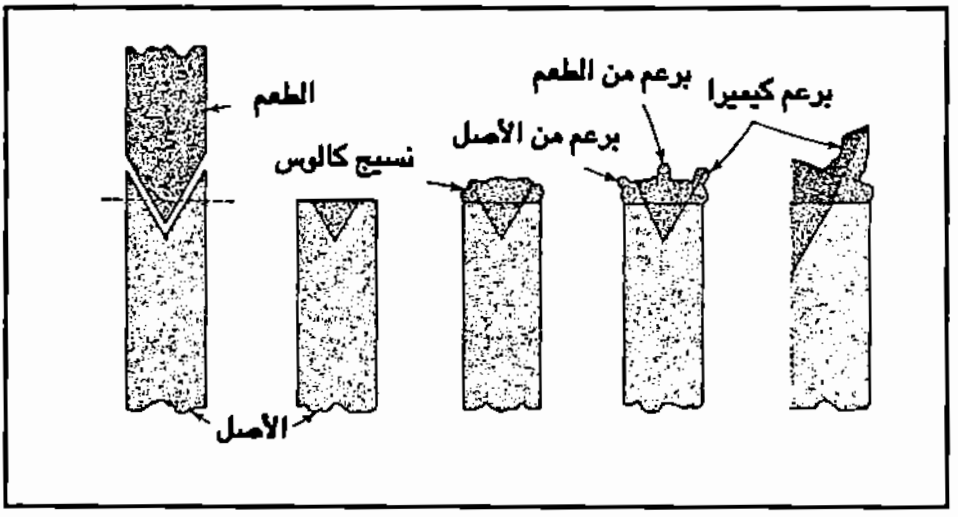
من طبقة واحدة إلى عدة طبقات من الخلايا . وغالبا ما تكون الطبقة الخارجية هى التى تحتوى على النسيج المطفر ، إلاّ أن الطفرة قد تكون فى النسيج الداخلي فى أحيان قليلة.

٣– الكيميرا الناقصة Mericlinal Chimera :

تتشابه الكيميرا الناقصة مع الكيميرا المحيطية فى وجود نسيجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى ، يحيط أحدهما بالآخر ، ولكن الإحاطة فى حالة الكيميرا الناقصة تكون فى جزء صغير فقط من النسيج الخارجى للعضو الذى تظهر به الطفرة . ويعنى ذلك أن الطفرة تكون قد حدثت أصلاً فى إحدى الخلايا المسئولة عن تكوين جزء من نسيج البشرة . وتعتبر تلك هى أكثر أنواع الكيميرا – شيوعاً – فى الطبيعة .

ويتوقف تطور الكيميرا على النبات على موقع البراعم العرضية التى تعطى النموات الجديدة بالنسبة للنسيجين المطفر والعادى . ويبدو ذلك جلياً فى شكل (١٣ – ٣) .

وتجدر الإشارة إلى أن كيميرا التطعيم Graft Chimera تتشابه مع كيميرا الطفرات في المظهر العام ، وفي إمكان ظهور الأنواع الثلاثة من الكيميرا في أي منهما . وتحدث كيميرا التطعيم حينما ينشأ برعم من منطقة التحام الأصل بالطعم . وتتكون مثل هذه البراعم بصورة طبيعية – أحيانا – إلاّ أنه يمكن دفعها للظهور بقطع الطعم حتى منطقة الالتحام في النباتات الصغيرة المطعمة . ويتكون –حينئذ نسيج كالوس Callus Tissue على السطح المقطوع ، تتكون فيه براعم عرضية ، يكون بعضها من نسيج الأصل فقط ، وبعضها من نسيج الطعم فقط ، إلا أن بعضها يتكون من نسيجي الأصل والطعم معًا ، وهي التي تعطي فروعاً تظهر فيها الكيميرا (شكل ١٣ – ٤) .



شكل (١٣ – ٤) : كيفية ظهور كيميرا التطعيم .

طرق إكثار الكيميرا

سبق أن أوضحنا أن القمة النامية في البرعم تحتوي على ثلاث طبقات من الخلايا ، وأن الطبقة الخارجية تنتج نسيج البشرة ، بينما تنتج الطبقة الوسطى النسيج التمثيلي في الورقة والأنسجة التناسلية في كل من الطلع والمتاع ، وتنتج الطبقة الثالثة الأنسجة

الداخلية ، وعليه . فإن ظهور الطفرة فى كل خلايا الطبقة الخارجية يعنى ظهورها فى طبقة البشرة فقط ، ومثل هذه الطفرات لاتنتقل إلى الأنسجة التناسلية ، ولايمكن إكثارها بالبذور، ولكن يمكن المحافظة عليها بالإكثار الخضرى بواسطة العقل الساقية ، أو بالترقيد القمى ، وتجدر الاشارة إلى أنه لايمكن المحافظة على هذا النوع من الطفرات بالعقل الجذرية ؛ لأن النموات الجديدة التى تتكون من العقل الجذرية تنشأ من الأنسجة الداخلية التى لاتحتوى على الطفرة .

أما إذا ظهرت الطفرة فى خلايا الطبقتين الخارجية والوسطى .. فإنها تظهر بعد ذلك فى كل من خلايا البشرة وخلايا النسيج التناسلى ، ويمكن - بالتالى - إكثار هذه النوعية من الطفرات - خضرياً بالعقل الساقية ، وجنسياً بالبذور - ولكنها -كسابقتها- لايمكن إكثارها بالعقل الجذرية .

وإذا ظهرت الطفرة فى خلايا الطبقة الداخلية فقط .. فإنها لاتوجد بعد ذلك إلاّ فى الأنسجة الداخلية ، ولايمكن إكثار هذا النوع بالعقل الساقية ، أو بالبذور ، ولكنه يكثر بالعقل الجذرية التى تنشأ فيها براعم عرضية من الأنسجة الداخلية . وتعطى هذه البراعم نموات تحتوى كل خلاياها على الطفرة ، بما فى ذلك البذور التى تتكون عليها . كذلك .. يمكن إكثار الطفرات الداخلية بالعقل الساقية بعد إزالة براعمها ؛ حتى تتكون بها براعم عرضية بديلة من أنسجتها الدخلية المحتوية على الطفرة .

وجدير بالذكر .. أن جميع خلايا النبات تحتوى على نفس الجينات ، إلاّ أن الجين لايظهر تأثيره إلا فى عضو نباتى معين ؛ فقد تحدث - مثلاً - طفرة خاصة بلون مختلف لبتلات الأزهار فى خلايا الطبقة الداخلية ،إلاّ أنها لاتظهر على النبات ، لأن بتلات الأزهار لاتتكون من خلايا الطبقة الداخلية ، ولايمكن ظهور هذه الطفرة إلا إذا أكثر النبات الحامل لها بالعقل الجذرية ، حيث تنشأ النموات الجديدة من الأنسجة الداخلية .

وتحتوى بعض أصناف البطاطس على كيميرا محيطية غير ظاهرة ، ويمكن التحقق من ذلك بإزالة العيون من الدرنات لدفعها إلى تكوين عيون عرضية جديدة من الأنسجة الداخلية ؛ - فمثلاً - تؤدى إزالة العيون من درنات الصنف نورتون بيوتى Norton Beauty ذى الدرنات المبرقشة إلى تكوين نموات ، تعطى درنات ذات جلد أحمر مماثلة

لدرنات الصنف ترايمف Triumph ؛ وكذلك تؤدى إزالة عيون من درنات الصنف جولدن وندر Colden Wonder ذى الدرنات البنية والجلد السميك الخشن إلى تكوين نموات ، تعطى درنات ذات جلد رقيق أبيض وناعم ، مماثلة لدرنات الصنف لانج ورثى Langworthy .

وجدير بالذكر .. أن حالات التبرقش Variegation – التى تشاهد فى أوراق عديد من النباتات – تعد كيميرا أيضاً ، وهى تظهر عند حدوث طفرات فى الجينات السيتوبلازمية Plasmagenes (وهى التى تتحكم فى الصفات التى تورث عن طريق الأمهات) ، المسئولة عن محتوى الخلايا من البلاستيدات الخضراء ؛ فيقل محتوى الكلوروفيل – بالتالى – فى الخلية التى تحدث فيها الطفرة ، وفى جميع الخلايا التى تنشأ منها (Hartmann & Kester ١٩٨٣ ، Vaughn ١٩٨٣) .

أمثلة للطفرات الطبيعية فى المحاصيل الزراعية

يبين جدول (١٣ – ٢) قائمة ببعض الأصناف المهمة التى ظهرت كطفرات طبيعية وانتخبت منها ، لتصبح أصنافاً جديدة (عن Elliott ١٩٥٨ ، و Edmond وآخرين ١٩٧٥ ، و Welsh ١٩٨١) .

الطفرات المستحدثة

إن الطفرات المستحدثة Induced Mutations هى التى يتم إنتاجها صناعياً عن طريق المعاملة بواسطة العوامل المطفرة Mutagenic Agents . وكانت أولى محاولات استحداث الطفرات فى عام ١٩٢٧ حينما نشر Muller أن معدل الطفرات يمكن زيادته فى حشرة الدروسفيلا لدى معاملتها بأشعة إكس X - rays ، ثم حصل Stadler على نتائج مماثلة على نبات الشعير فى العام التالى ، وقد أعقب ذلك محاولات كثيرة جادة لاستحداث الطفرات فى المحاصيل الزراعية بغرض تحسينها ، ويستخدم لذلك نوعان رئيسيان من العوامل المطفرة Mutagenic Agents هما : الأشعة ، والمركبات الكيمائية .

أهمية استحداث الطفرات

إن الفائدة الرئيسية التى ترجى من محاولات استحداث الطفرات صناعياً هى

جدول (١٣-٢) : قائمة ببعض الأصناف الهامة التى نشأت كطفرات طبيعية ، ثم أكثرت لتصبح أصنافًا جديدة .

المحصول	الصنف الأصلى	الصنف المنتخب كطفرة	الصفات المميزة للطفرة
التفاح	Delicious	Starking	ثمرة جذابة اللون
	Northern Spy	Graham	
		عدة أصناف	النمو المندمج المتقزم
الخوخ	Halehaven	Early Halehaven	التبكير فى النضج
البرتقال	Washington Navel	Washington Navel	خلو الثمرة من البذور
	Washington Navel	Robertson Navel	اللب الجذاب
الجريب فروت		Thompson	اللب الوردى اللون
	Thompson	Thompson Seedless	خلو الثمرة من البذور
	Thompson Seedless	Texas Seedless	اللب الجذاب
	Emperor	Seedless Emperor	خلو الثمرة من البذور
العنب		Thompson Seedless	خلو الثمرة من البذور
البطاطا	Little Stem Jersey	Orils	ارتفاع محتوى الكاروتين
	Nancy Hall	Red Nancy	ارتفاع محتوى الكاروتين
	Centennial	Rose Centennial	الجلد ذو لون وردى فاتح
البطاطس	De Sota	Red Desota	الجلد ذو لون أحمر جذاب
	Burbank	Russet Burbank	الجلد ذو ملمس خشن جذاب
	Early Rose	Clobber	
	Triumph	Red Triumph	الجلد ذو لون أحمر
	Warba	Red Warba	الجلد ذو لون أحمر
	Sebago	Russet Sebago	الجلد ذو ملمس خشن مرغوب
	Pontiac	Red Pontiac	الجلد ذو لون أحمر
الورد	Briarcliff	Better Times	بتلات الزهرة ذات لون أحمر قاتم

الحصول على اختلافات وراثية جديدة ، يمكن استخدامها فى برامج التربية لإنتاج أصناف جديدة محسنة ، إلا أن فريقا من العلماء يرون أن الطفرات الطبيعية تحدث بصفه دائمة ، وأنها حدثت مرات عديدة خلال آلاف السنين التى زرعت فيها محاصيلنا الزراعية ، وأن الطبيعة والإنسان قد قاما - دائما - بانتخاب أفضلها وأكثرها تأقلماً مع الظروف البيئية ؛ أى إن كل الطفرات التى نحاول استحداثها لابد أن تكون موجودة بالفعل فى الجيرمبلازم المتوفر لدينا ، ولا يتطلب الأمر أكثر من تقييم هذا الجيرمبلازم ، للبحث عن الصفات المرغوبة . ومما يؤيد هذا الاعتقاد .. أن الغالبية العظمى من الطفرات المستحدثة تكون لصفات غير مرغوبة ؛ حيث تزيد كثيراً نسبة الطفرات غير المرغوبة (الضارة) إلى الطفرات المرغوبة (المفيدة) - لدى استعمال أشعة إكس - عن ٨٠٠ : ١ .

وتجدر الإشارة إلى أنه لايمكن توجيه العوامل المطفرة نحو جين معين لتغييره وإنتاج آليل جديد منه ، وإنما تحدث الطفرات بصورة عشوائية ، ويكون للظروف السابقة للمعاملة تأثير بالغ فى مدى الاستجابة لها . ومن أهم العوامل الموثرة التغذية المعدنية للنبات ، والتضاعف Polyploidy . هذا .. ولاتجب التربية باستحداث الطفرات إلاّ بعد أن يعجز المربى عن تحسين المحصول بالطرق الأخرى .

مدى ملاءمة التربية بالطفرات لمختلف المجاميع المحصولية

تعد النباتات الذاتية التلقيح أكثر المجاميع المحصولية ملاءمة للتربية بالطفرات ؛ لأن الطفرات المتنحية تنعزل فيها بحالة أصيلة فى الجيل التالى ، دونما حاجة إلى إجراء التلقيح الذاتى يدوياً ، بالإضافة إلى أنها متجانسة ولايجدى معها الانتخاب إلاّ بعد استحداث الاختلافات الوراثية فيها ؛ كما يمكن التعرف على الطفرات التى تظهر فيها بسهولة ؛ لأنها صادقة التربية .

كما تناسب التربية بالطفرات النباتات الخضرية التكاثر ؛ لأن النباتات التى تظهر بها طفرات مرغوبة يمكن إكثارها خضريًا ؛ لتصبح صنفاً جديداً . وتجدر الإشارة إلى أن التربية بالطفرات فى المحاصيل الخضرية التكاثر تعادل فى تأثيرها التربية بطريقة التهجين الرجعى فى المحاصيل الجنسية التكاثر ؛ ذلك لأن الإكثار الخضرى للطفرة يجعل منها صنفاً جديداً مشابهاً تماما للصنف الأصلى (الذى عومل بالعوامل المطفرة) ، فيما عدا الصفة المرغوبة وهى الطفرة .

كذلك .. تتبع التربية بالطفرات فى تحسين نباتات الزينة . إذ إن التشوهات التى قد تحدثها المعاملة بالعوامل المطفرة قد تكون – فى حد ذاتها – صفات مرغوبة فى هذه النباتات .

أما المحاصيل الخلطية التلقيح .. فلا تناسبها التربية بطريقة الطفرات ، لما تتطلبه من جهد كبير لتلقيح أعداد كبيرة منها ذاتيًا ؛ لعزل الطفرات المتنحية بحالة أصيلة ، كما تكثر بها الاختلافات الوراثية بطبيعتها . وبالرغم من ذلك .. فقد أمكن الوصول إلى نتائج مرضية مع هذه النباتات عند زراعتها متجمعة in bulk .

وتجدر الإشارة إلى أنه يكون من الأسهل اكتشاف الطفرات فى الصفات النوعية البسيطة عما فى الصفات الكمية التى يتحكم فيها عدد كبير من العوامل الوراثية .

هذا .. وتختلف الحساسية للعوامل المطفرة باختلاف الأنواع النباتية . وقد بيّن كثيرون أن النباتات ذات الكروموسومات الكبيرة أكثر حساسية من النباتات ذات الكروموسومات الصغيرة ، بينما تقل الحساسية فى النباتات المتضاعفة عما فى أصولها الثنائية ، وفى الهجين عما فى آبائها ، وتزيد معدلات استحداث الطفرات فى العشائر القليلة التجانس عما فى السلالات النقية .

تأثير العوامل المحدثة للطفرات

يكون للعوامل المحدثة للطفرات تأثيرات فسيولوجية ، وأخرى وراثية على النباتات المعاملة .

١ التأثير الفسيولوجى

تُحدث معظم العوامل المطفرة تأثيرات فسيولوجية فى النباتات المعاملة ، تظهر على شكل زيادة فى قوة النمو النباتى فى الجيل المعامل ، فتؤدى معاملة البذور إلى زيادة فى قوة نمو البادرات التى تنمو منها ، وتؤدى معاملة الأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر إلى زيادة فى قوة نمو النباتات التى تنتج منها ، مع زيادة فى سمك الأوراق أو ظهور تعريق غير عادى بها . ويختفى هذا التأثير الفسيولوجى فى مرحلة متأخرة من حياة النبات ، ولايظهر فى الجيل التالى ، سواء أكان التكاثر جنسياً ، أم خضريًا . ولايمكن

التمييز بين التأثير الفسيولوجى للعوامل المطفرة ، والطفرات الحقيقية إلاّ فى الجيل الثانى بعد المعاملة .

٢- التأثير الوراثى :

تحدث المعاملة بالعوامل المطفرة تأثيرات وراثية تكون على شكل طفرات عاملية ، أو تحورات كروموسومية أو كليهما معاً . وتكون معظم الطفرات ضارة ، وغالبيتها متنحية ، خاصة فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية ، بينما تكثر الطفرات السائدة سيادة تامة أو جزئية فى النباتات المتضاعفة ، ويدل عديد من الدراسات على أن كثيراً من الطفرات التى يحدثها الإشعاع تكون على صورة نقص فى جزء صغير من الكروموسوم ، إلاّ أنه حدث ارتداد للحالة الأصلية فى بعض الطفرات ؛ مما يدل على عدم صحة الرأى القائل بالنقص الكروموسومى ، وإذا حدثت الطفرات نتيجة للنقص الكروموسومى .. فإنها تكون غير ذات قيمة فى تحسين المحصول . ويكون لبعض الطفرات تأثير متعدد Pleiotropic ، ويكون بعضها مرتبطاً بطفرات أخرى ، كما يمكن أن تحدث الطفرات فى الصفات الكمية ؛ ومن أمثلة ذلك أنه أمكن الحصول على سلالات من الفول السودانى - بعد معاملته بالإشعاع - كانت أعلى محصولا من الصنف الأصلى . أما التحورات الكروموسومية .. فإنها تكون ذات تأثير سلبى غالباً ، إلاّ أنها تسمح للعربى بتغيير تركيب الكروموسومات بالطريقة التى يراها مفيدة لتحقيق أهداف برنامج التربية .

كيفية حدوث الطفرات

يحدث التأثير المطفر للمعاملة بالعوامل المطفرة بإحدى طريقتين أو بكلتيهما ، كما يلى :

١- التأين Ionization :

يحدث التأين حينما تتصادم الأشعة ذات الموجات الضوئية القصيرة جداً مع الذرات التى يتكون منها النسيج النباتى المعامل ؛ حيث يؤدى هذا التصادم إلى إطلاق أليكترونات من هذه الذرات مخلفة وراءها أيونات . وتتصادم الأليكترونات المنطلقة بدورها ، مع ذرات وجزئيات أخرى ؛ لتخلف وراءها مزيداً من الأيونات ، وينطلق منها مزيد من الأليكترونات ؛

وبذا .. تتجمع الاليكترونات فى مسار الأشعة ، وتكون الذرات المتأينة أكثر قابلية للتفاعلات الكيمائية ، وإذا حدث ذلك فى الذرات التى يتكون منها جزئ الحامض النووى DNA .. فإنه يؤدى إلى ظهور الطفرات .

وتختلف الطريقة التى يحدث بها التأين باختلاف الأشعة المؤينة ؛ فتحدث الأشعة الجزيئية Particulate radiation تأثيرها عندما يمر جزئ سريع ذو شحنة موجبة فى المادة ؛ حيث يقوم بجذب اليكترون من مداد إحدى الذرات ؛ فتصبح تلك الذرة أيوناً موجباً . أما الأيون المنطلق منها .. فإنه يتصل بذرة أخرى ، فتصبح بذلك أيوناً سالباً . أما النيترونات السريعة الحركة .. فإنها تتصادم مع نواة الذرة ؛ مما يودى إلى إثارتها ، وانطلاق الجزيئات الموجبة الشحنة منها ، وهو ما يؤدى إلى مزيد من التأين بإزالة الأليكترونات من المدار الخارجى لذرات أخرى ... وهكذا . أما الأشعة الكهرومغناطيسية .. فإنها تحدث التأين بطريقة ثانوية ؛ حيث تؤدى الطاقة التى يكتسبها الوسط من هذه الموجات إلى إحداث حالة من عدم الثبات ، يتبعها فقدان أليكترونات من المدارات الخارجية للذرات ، تحدث بدورها مزيداً من التأين .

٢- الإثارة Exitation :

تحدث الإثارة عند المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية ؛ حيث تمتصها البيورينات purines والبيرميدنات pyrimidines التى توجد فى الحامض النووى DNA ، وتؤدى الأشعة إلى رفع أليكترونات الذرات التى تكون فى طريقها إلى مدارات أعلى يكون مستوى الطاقة فيها أكبر وتكون هذه الذرات المثارة أكثر قابلية للتفاعلات الكيميائية ، وهو ما يزيد من فرصة حدوث الطفرات (Gardner & Sunstad ١٩٨٤) .

الأشعة المحدثة للطفرات

يعد الإشعاع Radiation من أهم العوامل المطفرة ؛ حيث تُحدث الأشعة فوق البنفسجية وجميع أنواع الأشعة ذات الموجات الضوئية الأقصر منها طفرات فى الكائنات الحية التى تتعرض لها .

تقسيم الأشعة حسب طريقة تاثيرها

تقسم الأشعة حسب طريقة تأثيرها إلى مجموعتين هما :

١- الأشعة غير المؤينة Non - ionizing Radiations ؛ ومن أمثلها الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Rays .

٢- الأشعة المؤينة Ionizing Radiations ؛ ومن أمثلتها : أشعة ألفا alpha rays وأشعة بيتا beta rays ، وأشعة إكس X-rays ، وأشعة جاما gamma rays ، والنيترونات neutrones .

تعتبر النظائر المشعة sotopes| من أهم مصادر الأشعة المؤينة ؛ إذ إنها تنتج طاقة فى صورة جزيئات particles ، أو موجات waves ، وكلاهما يعد إشعاعاً radiation . تكون الجزيئات المنطلقة من العناصر المشعة ذات طاقة عالية ، ويمكنها أن تنقل طاقتها الكامنة هذه إلى أى وسط تمر فيه ، وتعرف هذه الأشعة باسم الأشعة الجزيئية Particulate or corpuscular radiations . أما الموجات التى تنطلق من العناصر المشعة .. فإنها تكون قصيرة جدا ، وذات طاقة عالية أيضاً ، وتحدث اضطرابات كهربائية ومغناطيسية فى تركيب الوسط الذى تمر فيه ، وتعرف هذه الأشعة باسم الأشعة الكهرومغناطيسية electromagnetic raditions .

وتشتمل الأشعة الجزيئية Corpuscular Radiations على كل من النيترونات البطيئة slow neutrons ، وجزئيات ألفا ، وبيتا . أما الأشعة الكهرومغناطيسية .. فإنها تتضمن كلا من أشعة × ، وأشعة جاما .

وحدات قياس الأشعة المؤينة

تستخدم الوحدات التالية فى قياس جرعات الأشعة المؤينة :

١- الرونتجن Rontgen (r) : تقاس به جرعات أشعة إكس ، وأشعة جاما خاصة فى الهواء .

٢- مكافئ الرونتجن الفيزيائى Rontgen Equivalent Physical (rep) : تقاس به الأشعة الجزيئية particulate irradiation ، خاصة فى الأنسجة الطرية soft tissues

فى الدراسات البيولوجية .

٣- جرعة الإشعاع المتصة Radiation Absorbed Dose (راد rad) : تقاس بها كل أنواع الأشعة فى الدراسات البيولوجية والفيزيائية ، وتعتبر (الراد) وحدة امتصاص ، وهى أكثر الوحدات استعمالاً .

أنواع الأشعة

فيما يلى بيان بأهم أنواع الأشعة المستخدمة فى استحداث الطفرات :

١- الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation :

تولّد الأشعة فوق البنفسجية بواسطة لمبات بخار الزئبق ، وتتراوح أطوال موجاتها من ١٠٠ - ٤٠٠ ملى ميكرون ، ولكن أكثر موجاتها تأثيراً هى التى تكون بطول ٢٥٤ ملى ميكروناً ؛ لأنها أكثرها امتصاصاً بواسطة البيورينات والبيرميدنات التى يتكون منها الحامض النووى D N A . وتُحدث الأشعة فوق البنفسجية تأثيرها بواسطة الإثارة التى تسرع من التفاعلات الكيمائية فى الأنسجة التى تتعرض لها . وهى لاتعتبر من الأشعة المؤينة باستثناء مايكون منها فى مدى الموجات القصيرة جداً . وتكون أغلب الطفرات التى تحدثها الأشعة فوق البنفسجية من النوع العاملى ، وإذا أحدثت الأشعة كسوراً كروموسومية .. فإنها تكون طرفية عادة ، وغالبا ما يلتحم الجزء المكسور فى مكانه الأصلى ، أو يفقد بما يحمله من جينات .

ويُعاب على الأشعة فوق البنفسجية أنها لاتتعمق كثيرا فى الأنسجة المعاملة ، وهو ما يحد من استعمالها ، ويقتصر استعمالها - غالبا - على معاملة حبوب اللقاح .

٢- أشعة ألفا Alpha Rays :

يحصل على أشعة ألفا من النظائر المشعة مثل الفوسفور ٣٢ ؛ و الكربون ١٤ وهى أشعة جزيئية Particlate ، وهى عبارة عن أنوية الهليوم ؛ إذ تتكون من جزيئات ، يحتوى كل منها على عدد (٢) بروتون ، و(٢) نيترون ، وتكون - بالتالى - ذات شحنة موجبة . وهى خطرة جداً إذا وصلت إلى جسم الإنسان ، ولكن يمكن الحماية منها بورقة رقيقة ، ولايتعدى اختراق هذه الأشعة للأنسجة النباتية أكثر من جزء صغير من المليمتر ؛ ذلك

لأنها تحمل شحنة موجبة ؛ فتقل سرعتها تحت تأثير الشحنات السالبة التى توجد فى المادة . تحدث أشعة ألفا تأينا شديدا ، وتتسبب فى حدوث تحورات كروموسومية غالباً .

٣- أشعة بيتا Beta Rays :

يحصل على أشعة بيتا (أو أشعة الكاثود) من النظائر المشعة مثل الفوسفور المشع (^{32}P) ، والكبريت المشع (^{35}S) ، وهى أشعة جزيئية ، عبارة عن أليكترونات سريعة الحركة تقذفها أنوية الذرات غير الثابتة للعناصر المشعة . وقد تكون هذه الأشعة خطرة على الإنسان ، ويمكن الحماية من أخطارها بلوح سميك من الكارتون . وتخترق أشعة بيتا الأنسجة النباتية لمسافة عدة ملليمترات فقط ، لأنها تحمل شحنات سالبة ؛ فتقل سرعتها تحت تأثير الشحنات الموجبة التى توجد فى المادة . وتحدث أشعة بيتا تأثيرها بطريق التأين ، ولكن بدرجة أقل من أشعة ألفا ، وتتسبب فى حدوث طفرات عاملية وتحورات كروسومية . وتعامل بأشعة بيتا كل من البنور والبادرات ، ولكن يغلب استعمالها فى معاملة البنور . وتغمر الأجزاء النباتية التى يُراد معاملتها مدة مناسبة فى تركيز مناسب من محلول مائى لأحد المركبات التى يدخل العنصر المشع فى تكوينها ، وقد يضاف المحلول للتربة التى تنمو فيها النباتات فى بعض الحالات .

٤- أشعة جاما Gamma Rays :

يُحصل على أشعة جاما من النظائر المشعة فى المفاعلات النووية ؛ حيث تنطلق من العنصر المشع كوبالت ٦٠ Co^{60}، أو سيزيوم ١٣٧ Cs^{137}، وهى أشعة كهرومغناطيسية ، تشبه الضوء العادى ، إلاّ أن طاقتها عالية ، وموجاتها أقصر بكثير ، وتعتبر بمثابة أشعة إكس طبيعية ، إلاّ أن موجاتها أقصر منها كثيراً أيضاً ، ولها قدرة أكبر على اختراق الأنسجة . وبينما تتراوح أطوال موجات الضوء العادى من ٤٠٠ - ٧٠٠ ملى ميكرون ، ويصل طول موجة أشعة إكس إلى ٠,٠٥ ملى ميكروناً . فإن معظم أشعة جاما تقل أطوال موجاتها عن ٠,٠٠١ ملى ميكروناً ، وتعد أشعة جاما خطرة على الإنسان ؛ إذ إنها تخترق الجسم بقوة ، ولايمكن الحماية منها إلا بعازل من الرصاص ، يبلغ سمكه عدة سنتميترات ، أو بعازل من الأسمنت ، يبلغ سمكه عدة أقدام .

. تخترق أشعة جاما الأنسجة النباتية لعدة سنتيمترات . وتجرى معاملة النباتات وهى فى

حقول المفاعلات النووية ؛ حيث تعرض للأشعة المنطلقة من مفاعل ذرى به الكوبالت المشع ^{60}Co يوجد المفاعل تحت الأرض ؛ حيث يوجد العنصر المشع فى صندوق سميك من الرصاص ، ويرفع آليًا من بعد إلى أن تتم المعاملة ، ثم يعاد إلى مكانه تحت الأرض . تحدث الأشعة تأثيراتها بطريق التأين ، وينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية كثيرة . تستعمل أشعة جاما فى معاملة البذور والبادرات والنباتات النامية فى الأصص فى دوائر حول المفاعل ، وتكون جرعة الإشعاع أعلى مايمكن بالقرب من المفاعل ، وتقل شدتها كلما ابتعدنا عنه .

٥- أشعة إكس x-Rays :

تُولَّد أشعة إكس بواسطة أجهزة خاصة ، وهى أشعة كهرومغناطيسية ، ذات طاقة عالية ، وتنتج على مستويات مختلفة من الطاقة بحسب طول الموجة المطلوبة ، وتتراوح أطوال الموجات من ٠,٠٠٥ - ٠,٠١ ميكروناً فى أشعة إكس ذات الموجات القصيرة hard x - rays إلى ٠,١ - ١,٠ مللى ميكروناً فى أشعة إكس ذات الموجات الطويلة soft x-rays . وتزيد طاقة الأشعة وقدرتها على اختراق الأنسجة وإحداث التأين كلما قصرت موجاتها . وتعتبر أشعة إكس خطرة على الإنسان ؛ إذ إنها تخترق الجسم ، ويكفى للحماية منها عازل من الرصاص يبلغ سمكه عدة ملليمترات .

يبلغ مدى اختراق أشعة إكس الأنسجة النباتية من بضعة ملليمترات إلى عدة سنتيمترات ، وهى تحدث تأثيرها بطريق التأين ، وينتج عنها طفرات عاملية ، وتحورات كروموسومية . وبينما تتناسب أعداد التحورات الكروموسومية التى تحدثها أشعة إكس - لوغاريتميًا - مع الجرعة .. فإن أعداد الطفرات العاملية تتناسب - خطيًا - معها ؛ لذا نجد أن العدد الأكبر من التحورات الكروموسومية التى تحدثها المعاملة يضع حداً أعلى للجرعة التى يمكن استعمالها ، وهو ما يحد من عدد الطفرات العاملية التى يمكن إحداثها .

هذا .. وتختلف الجرعة التى يتعين استعمالها من أشعة إكس باختلاف النوع النباتى والجزء المعامل من النبات والعوامل البيئية ؛ فيمكن - مثلاً- تعريض البذور الجافة لجرعات أعلى من الأشعة عن البذور المستنبتة أو الأجزاء الخضرية ؛ لأن البذور الجافة أقل

حساسية للأشعة . والقاعدة العامة هى أن يعرض أى نسيج أو عضو نباتى إلى أكبر جرعة يمكن أن يتحملها ، دون أن تلحق به أضرار من جّراء المعاملة ؛ ذلك لأن عدد الطفرات المستحدثة يتناسب - خطياً - مع الجرعة كما سبق بيانه ، وتتحدد الجرعة المناسبة بواسطة تجارب أولية لكل محصول على حدة . وعلى سبيل المثال .. فإن الجرعة المناسبة قدرت بنحو ٧٥٠٠ رونتجن فى البسلة ، و ١٠٠٠٠ رونتجن فى الفاصوليا .

وتفضل أشعة إكس عن غيرها من الأشعة المحدثة للطفرات ؛ للأسباب التالية :

أ- تعتبر الأجهزة المولدة لأشعة إكس فى متناول اليد ، ويسهل تشغيلها .

ب- تسهل معاملة البذور والأجزاء النباتية الأخرى بالأشعة .

جـ من السهل تقدير الجرعة المناسبة من الأشعة وقياسها .

د- يمكن وقف تشغيل الأجهزة المولدة لأشعة إكس عند انتهاء المعاملة ، بخلاف العناصر المشعة التى تشع بصورة مستمرة .

هـ- لاتوجد مشاكل تتعلق ، باستعمال أشعة إكس ؛ كتلك الخاصة بمشاكل التداول أو التلوث بالعناصر المشعة ، ويلزم - مع ذلك - الحرص عند تشغيل الأجهزة المولدة لأشعة إكس .

وتستعمل أشعة إكس فى معاملة البذور والبادرات ، ويغلب استعمالها فى معاملة البذور .

٦- البروتونات أو الديوترونات :

تولد البروتونات أو الديوترونات بواسطة المفاعلات النووية ، وهى أشعة جزيئية ؛ عبارة عن أنوية ذرات الأيدروجين العادى بالنسبة للبروتونات ، وأنوية ذرات الأيدروجين الثقيل بالنسبة للديوترونات ، وهى خطرة جداً على الإنسان ، ويمكن الحماية من أخطارها ؛ بعازل من الماء ، أو البارافين ، يبلغ سمكه عدة سنتمترات ، وهى تخترق الأنسجة النباتية لعدة سنتيمترات . وتعد من الأشعة المؤينة ، وينتج عنها طفرات عاملية ، وتحورات كروموسومية .

٧- النيترونات البطيئة والسريعة :

تولد النيترونات - البطيئة منها والسريعة - بالتحلل النووى لعنصر اليورانيوم ٢٣٥ فى

مفاعل نووى ، وهى أشعة جزيئية عبارة عن جسيمات عديمة الشحنة ، أثقل قليلاً من البروتونات ، ولايستدل عليها إلاّ من أثار تفاعلها مع أنوية ذرات المادة التى تكون فى مسارها ؛ حيث تطلق البروتونات من الأنوية التى تصيبها . وهى خطرة جداً على الإنسان ، ويمكن الحماية منها بحاجز سميك من عناصر خفيفة ؛ مثل الملح . وهى تخترق الأنسجة النباتية لعدة سنتمترات ، وتعد من الأشعة المؤينة ، وينتج عنها طفرات عاملية وتحورات كروموسومية . وتستعمل هذه الأشعة فى معاملة البذور والبادرات ، خاصة البذور (Elliott ١٩٥٨، وHerskowitz ١٩٦٥ ، و Grosch ١٩٦٥، و& Briggs knowles ١٩٦٧ ، و Chaudhari ١٩٧١ ، و Lapins ١٩٨٣) . ولمزيد من التفاصيل عن الإشعاع وتأثيره البيولوجى .. يراجع Grosch (١٩٦٥) ، و Drake (١٩٦٩)، وLapins (١٩٨٣) .

المركبات الكيميائية المحدثة للطفرات

تقسم المركبات الكيميائية المحدثة للطفرات – حسب فاعليتها – إلى الأقسام التالية :

١– مركبات شديدة الفاعلية فى إحداث الطفرات ، ولكنها خطرة الاستعمال ، وسامة ، وقد تسبب الإصابة بالسرطان لو تعرض لها الإنسان ، ومن أمثلها ما يلى :

ethylenimine (EI)

N - nitroso - N - ethylurea (NEU)

N - nitroso - N - methylurea (NMU)

1.4 - bisdiazoacetylbutane

٢–مركبات فعّالة فى إحداث الطفرات ، وشائعة الاستعمال ، ومن أمثلتها :

diethyl sulphate (DES)

ethyl methane sulphonate (EMS) إيثيل ميثان سلفونيت

methyl methane sulphonate (MMS)

isopropyl methane sulphonate (iPMS)

azide

colchicine الكولشيسين

٣- مركبات أقل فاعلية فى إحداث الطفرات وأقل استعمالاً ، ومن أمثلتها ما يلى :

الكافين	caffeine
	paraxanthine
	adenine
الفورمالين	formalin
الفينولات	phenols
الماليك هيدرازيد	maleic hydrazide
ثيوسيانات البوتاسيوم	Potassium thiocyanate
	dichloroacetone
	chloroacetone

يعد الإيثيل ميثان سلفونيت (EMS) أهم المركبات المحدثة للطفرات، وأكثرها استعمالاً ، وهو غير سام نسبيًا . يستخدم المركب على صورة محلول مائى تنقع فيه البذور أو الجذور الصغيرة للنباتات التى يراد معاملتها ، وأكثر الطفرات التى يحدثها هى من النوع العاملى .

كما تقسم المركبات المحدثة للطفرات حسب المجموعة الكيميائية التى تنتمى إليها إلى المجاميع التالية :

١- مجموعة شبيهات القواعد Base analogues : تحل محل القواعد النيتروجينية فى الأحماض النووية ، ومن أمثلتها ما يلى :

5-bromo-uracil
5-bromodexoyuridine
2-amino - purine

ومن المركبات القريبة من شبيهات القواعد ما يلى :

8- ethoxy caffeine
maleic hydrazide

Theophyline

Paraxanthine

Theobromine

Tetramethyluric acid

Nebularine

٢- مجموعة مضادات الحيوية Antibiotics ، ومن أمثلتها ما يلى :

Azaserine

mitomycin C

streptonigrin

actinomycin D

٣- مجموعة المركبات القلوية Alkylating Agents :

تنتمى المركبات القلوية المحدثة للطفرات إلى مجاميع كيميائية مختلفة : منها مركبات المسترد الكبريتية Sulfur Mustards ، ومركبات المسترد النيتروجينية Nitrogen Mustards ، والإبوكسيدات Epoxides ، والإيثيلين إمينات Ethyleneimines ، والكبريتات Sulfates والسلفوناتات Sulfonates ، والسلفونات Sulfones ، واللاكتونات Lactones، والديازو ألكينات Diazoalkanes ، ومركبات النيتروزو Nitrozo compounds . ومن أهم المركبات الكيميائية القلوية المحدثة للطفرات مايلى :

Ethyl - 2 - chloroethyl sulfide

2- chloroethyl-dimethyl amine

Ethylene oxide

Ethyleneimine

Ethyl methanesulfonate

Diazomethane

N-ethyl-N-nitroso urea

n-Butylmethanesulphonate

cis- 1 : 4 - Dimethanesulphonoxybut - 2 - ene

p - N - di - (Choloroethy) - phenyl propionic acid

1 : 4 - Dimethanesulphonoxybutane

p - N - di (Chloroethyl) - phenylamino butyric acid

trans - 1 : 4 - Dimethanesulphonoxy but-2-ene

p - N - di - (Choloroethyl) - phenyl valeric acid

p - N - di - (Chloroethyl) - phenyl acetic acid

1 : 2 و 3 : 4 - Diepoxybutane

D : p - N - di - (Chloroethyl) - phenylalanine

L : p - N - di - (Chloroethyl) - phernylalanine

1 : 4 - Dimethanesulphonoxybut - 2 - ene

p - N - di - (Chloroethyl) - phenyl butyric acid

2 : 4 : 6- tri- (Ethyleneimino) - 1 : 3 : 5 - Triazine .

٤- مجموعة الأزايد Azide : ومن أمثلتها مايلى :

Sodium azide

٥- مجموعة الهيدروكسيل أمين Hydroxylamine . من أمثلتها ما يلى :

Hydroxlamine

٦- مجموعة حامض النيتروز : Nitrous Acid .. من أمثلتها ما يلى :

Nitrous Acid

٧- مجموعة الأكريدينات Acridines .. ومن أمثلتها ما يلى :

Acridine orange

٨- مركبات أخرى مثل :

Chloroacetone

Dichloroacetone

Potassium Thiocyanate

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

من صنف رست بيـربانك Russet Burbank (الذى يعد أكثر الأصناف انتشاراً فى الزراعة فى أمريكا الشمالية) ، اختلفت عن الصنف الأصلى فى بعض الصفات ؛ مثل اندماج النمو ، وموعد النضج ، وتجانس الدرنات ، ولون جلد الدرنة ، واحتياجات الفترة الضوئية ، وإنتاج الثمار . وتعتبر بعض هذه الصفات (مثل تجانس الدرنات ، والتبكير فى وضع الدرنات) بمثابة تحسن عن الصنف الأصلى . كما أمكن عزل سلالات بطاطس من مزارع الأنسجة ، كانت مقاومة لمرض الندوة المبكرة ، تحت ظروف الحقل ، كما كان بعضها مقاوماً لعدة سلالات من الفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة ، وقد اختلفت إحدى السلالات الناتجة من مزارع الأنسجة عن الصنف رست بيربانك فى ١٧ صفة . وأمكن الحصول على سلالات من الأرز ، تختلف عن الصنف الأصلى فى عدد الخلفات ، وطول السنبلة ، وطول ورقة العلم flag leaf وصفات أخرى . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Scowcroft & Larkin (١٩٨٢) ، و Maliga وآخرون (١٩٨٢) ، والفصل الثامن عشر من هذا الكتاب .