الفصل التاسع

الطفرات: أنواعها وأهميتها

تعرف الطفرة بأنها أى تغير فجائى فى التركيب الوراثى للفرد، يترتب عليه تغير مُناظر فى شكله الظاهرى.

ويوجد نوعان رئيسيان 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، وانتقالات الكروموسومية ... إلخ. ويمكن الاستدلال على هذه النوعية من الطفرات بالدراسات السيتولوجية، ومن الأثر الذى تحدثه فى الشكل المظهرى للأفراد الحاملة لها.

كذلك تقسم الطفرات من حيث كيفية نشأتها إلى نوعين، هما:

١ – طفرات طبيعية Natural Mutations:

تحدث الطفرات تلقائيًا 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.

٢ – طفرات مستحدثة Induced Mutations:

حاول الإنسان – كذلك – استحداث الطفرات بواسطة العوامل المطفرة Mutagenic Agents؛ بهدف استحداث تغيرات وراثية، يمكن الاستفادة منها فى برامج التربية، وذلك هو موضوع الفصل العاشر.

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 Aberrations)، ويتطلب النوع الثانى حدوث كسر فى موضع واحد أو موضعين فى كروموسوم واحد أو فى كروموسومين. تبدو أطراف الكروموسومات التى كسرت - حديثًا - كأنها لزجة؛ لأن هذه الأطراف تميل إلى الالتحام ثانيًا مع بعضها، لكن الالتحام قد يحدث مع أى طرف كروموسومى آخر مكسور. وينشأ من ذلك عدد من الاختلافات الكروموسومية، 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 اللاسنترومیرية (أى التى لا تحمل السنترومير) تصبح غير قادرة على التوجه نحو أى من قطبى الخلية، وتبقى سابحة فى السيتوبلازم، 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 الكروموسومى فى أثناء الانقسام الاختزالى للنباتات الخليطة فى الانتقالات، أو الانقلابات الكروموسومية. كما تظهر طبيعيًا، أو بعد المعاملة بالعوامل المطفرة. ويبين شكل (٩-١أ) السلوك السيتولوجى للكروموسومات فى حالة النقص الكروموسومى.

ونجد فى حالات النقص الكروموسومى أن الجينات التى كانت تحمل على القطعة الكروموسومية المفقودة قد فقدت تبعًا لذلك، وقد يحدث ذلك تأثيرًا ضارًا، ولكن الأمر يتوقف على الأهمية الفسيولوجية للجينات التى فقدت. وربما يموت الفرد، وتزداد احتمالات ذلك فى الأفراد الأصيلة فى الاقتضاب عما فى الأفراد الخليطة. وتنطبق المبادئ نفسها على الجاميطات الحاملة للاقتضاب، إلا أن الجاميطات المؤنثة تكون أكثر

قدرة على البقاء من الجاميطات المذكرة. وتعطى الاقتضابات غير الميتة مظاهر غير عادية، وتظهر الصفات التى تتحكم فيها الآليلات المتنحية نتيجة لغياب الآليل السائد (hemizygosity)، وتعرف هذه الحالة بالسيادة الكاذبة Pseudodominance.

ويستفاد من حالات النقص الكروموسومى فى رسم الخريطة الكروموسومية، على اعتبار أن غياب آليل سائد من مقطع كروموسومى يسمح للآليل المتنحى الذى قد يوجد فى الكروموسوم المماثل بإظهار تأثيره، وتكون نسب الانعزالات فى هذه الصفة مختلفة فى الأفراد الخليطة فى حالات النقص الكروموسومى، عما فى الأفراد العادية.

الإضافة

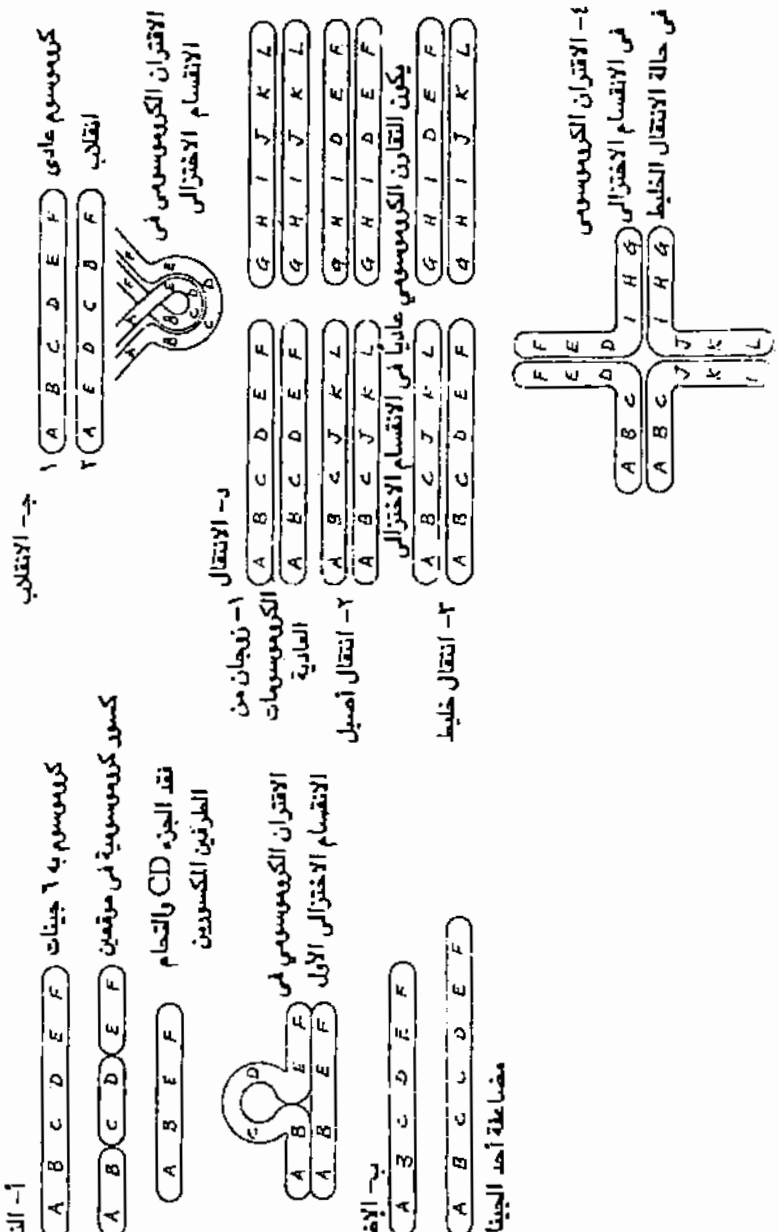
تتكون حالات الإضافة Duplication عندما يحتوى الكروموسوم على مقطع مكرر أكثر من مرة، وهى تظهر فى أثناء الانقسام الاختزالى للنباتات الخليطة فى الانتقالات أو الانقلابات الكروموسومية. وتستعمل الإضافة فى دراسة العلاقة الكمية لتأثير جين معين. وسواء أكانت الإضافة أصيلة، أم خليطة .. فلا يكون لها – عادة – أى تأثير ضار على الفرد. ولكن الإضافة تغير – فى كثير من الأحيان – من الشكل الظاهرى لبعض الصفات، وهو ما يعرف بالتأثير الموضعى 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 أى تأثير ضار للإضافة فى حيوية البويضات.

الانتقالات الكروموسومية

يوجد نوعان من الانتقالات الكروموسومية Translocations، هما:

١ – الانتقال البسيط:

تنشأ حالات الانتقال البسيط simple translocation 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 لا تتصل إلاّ بأطراف كروموسومية مكسورة أيضًا. ولا يعد هذا النوع من الانتقالات الكروموسومية شائعًا.



شكل (٩-١): كيفية حدوث التحورات الكروموسومية (النقص، والإضافة، والانقلاب، والانتقالات) ومظهر الكروموسومات فى الدور التزواجى من الدور التمهيدى للانقسام الاختزالى.

٢ – الانتقال المتبادل:

تنشأ حالات الانتقال المتبادل reciprocal translocation حينما تتبادل أجزاء متساوية أو غير متساوية بين كروموسومين غير متماثلين. وقد يكون الانتقال خليطًا 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 (٩–٢) طريقة تزاوج الكروموسومات 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 المتجاور، 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 تامًّا بالنسبة لحبوب اللقاح، بينما قد تكون بعض البويضات خصبة، ويمكن تلقيحها بحبوب لقاح من تلك التى تنتج من الانعزال المتبادل، وهو ما يسمح بإنتاج نباتات بها نقص أو إضافة فى كل جيل.

ويستفاد من حالات الانتقالات الكروموسومية فيما يلى:

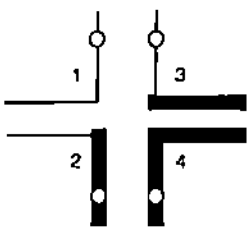
أ – الدراسات الوراثية:

يستفاد من حالات الانتقالات الكروموسومية فى دراسة وضع السنتروميرات وغيرها من المناطق الكروموسومية المميزة سيتولوجيًّا بالنسبة للجينات، ومعرفة المجموعة الارتباطية التى تنتمى إليها الجينات، والمجموعة الارتباطية التى يحملها الكروموسوم، واستقلالية المجموعات الارتباطية.

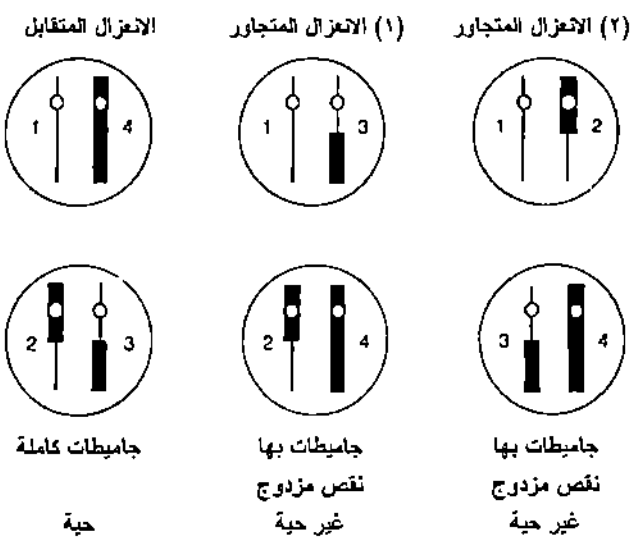
ب – إنتاج السلالات الأصيلة:

أقترح استعمال الانتقالات الكروموسومية المتعددة فى إنتاج السلالات الأصيلة.

ويلزم لذلك توفر سلالة تحتوى على عدة انتقالات كروموسومية؛ بحيث تعطى حلقة من جميع الكروموسومات 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 كروموسوماته إما (++)، أو (+−)، أو (−−) بنسبة ١:٢:١. وتكون الأفراد الطبيعية (++) أصيلة وراثيًا بالنسبة لجميع الجينات، وبذا .. يمكن إنتاج سلالات أصيلة فى جيل واحد.



الانقسام الاختزالى



شكل (٩-٢): كيفية اقتران الكروموسومات وانعزالها فى الانقسام الاختزالى الأول فى حالة الانتقال الكروموسومى المتبادل. يراجع المتن للتفاصيل.

جـ – إنتاج البذرة الهجين:

اقترح استخدام الانتقالات الخليطة فى إنتاج الهجن، علمًا 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 trisomic.

الانقلاب

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

١ – انقلاب سنترومرى pericentric inversion:

وهو الذى تشتمل فيه القطعة المنقلبة على منقطة السنترومير.

٢ – انقلاب لاسنترومرى paracentric inversion:

وهو الذى لا تشتمل فيه القطعة المقلبة على منطقة السنترومير.

قد يكون الفرد أصيلاً أو خليطًا 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 نقصًا كبيرًا فى نسبة العبور المقدرة عن طريق التراكيب العبورية؛ ويرجع ذلك إلى قلة الحصول على هذه التراكيب فى الجاميطات المتحصل عليها؛ إذا إن الكروماتيدات المتحصل عليها تكون دائمًا غير عبورية؛ أى يؤدى الانقلاب إلى نقص كبير فى العبور الوراثى؛ دون أن يكون له بالضرورة، أى تأثير فى العبور السيتولوجى. ويتبين من ذلك أهم تأثير للانقلاب الخليط، ألا وهو تقليل التراكيب العبورية أو منعها كلية. كما يحدث الانقلاب الخليط درجة من التعارض interferance؛ نظرًا لأنه يؤدى إلى تقليل العبور خارج المنطقة التى حدث فيها الانقلاب، ويستفاد من حالات الانقلاب الكروموسومى فى دراسة سلوك

الكروموسومات، وموقع الجينات على الكروموسومات بالنسبة لكل من الصفات النوعية والكمية (عن طنطاوى وحامد ١٩٦٣، و Fehr ١٩٨٧). ولمزيد من التفاصيل .. يراجع Elliott (١٩٥٨)، و Swanson وآخرون (١٩٦٧).

ويبين شكل (٩-١) 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 بين ٠,٠٠١٪ و ٠,٠٠٠١٪ من الجاميطات، ويتوقف ذلك على النوع المحصولى والصفة ذاتها، وتوجد حالات يكون معدل حدوث الطفرات فيها أقل، أو أكثر من ذلك، ويبين جدول (٩-١) 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 (٩-١) 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	٢٦٥٣٩١	٢٨	١٠٦
P_2 لون الحبة القرمزى	٦٤٧١٠٢	٧	١١
Su الإندوسبرم السكرى	١٦٧٨٧٣٦	٤	٢,٤
Y اللون الأصفر	١٧٤٥٢٨٠	٤	٢,٢٠
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 الأصلية، 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 جنسيًّا. كما يمكن باتباع طريقة التكاثر الخضرى المناسبة إنتاج سلالة خضرية جديدة من الفرخ المطفر، يمكن أن تصبح صنفًا جديدًا 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 تكوين 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؛ كان تحتوى ثمرة التفاح – مثلاً – على جزء حامضى وجزء حلو، أو تحتوى ثمرة الخوخ على جزء زغبى وجزء أملس.

ولا يشترط لظهور الكيميرا أن تحدث الطفرة فى البرعم الإبطى الذى يعطى – عند نموه – فرخًا 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 صناعيًا، بمعاملة الأجزاء الخضرية للنباتات 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 معًا باسم تونيكا Tunica، تعلو كتلة من خلايا أقل تنظيمًا، تعرف باسم كوربس Corpus، والطبقات الثلاث هى:

١ – الطبقة الخارجية (تعطى الرمز L-I):

تنقسم خلايا الطبقة الخارجية – محيطيًا – بصفة أساسية، وبذا .. تكون هى المسئولة عن تكوين طبقة البشرة، بينما لا تسهم فى تكوين أنسجة أخرى تحت البشرة إلا فى حالات نادرة.

٢ – الطبقة الوسطى (تعطى الرمز L-II):

تنقسم خلايا الطبقة الوسطى – محيطيًا – 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):

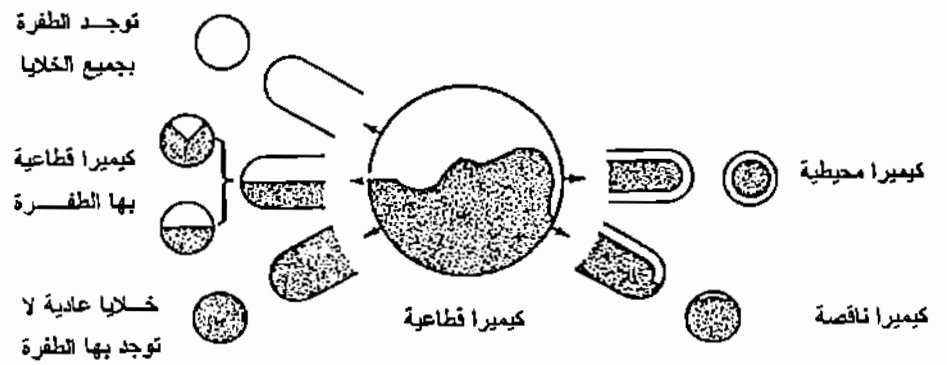
تنقسم خلايا الطبقة الداخلية – قطريًا – بشكل أساسى، وتكون هى المسئولة عن الزيادة فى حجم مبادئ الأعضاء النباتية. تحتفظ الخلية الخارجية – بعد كل انقسام لخلايا هذه الطبقة – بطبيعتها الميرستيمية، بينما تصبح الخلية الداخلية جزءًا من النسيج الداخلى للعضو النباتى، ولذا .. تعد هذه الطبقة مسئولة عن تكوين جميع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

أنواع الكيميرا

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

الكيميرا القطاعية (أو المخروطية)

يحتوى العضو النباتى الذى تظهر به الكيميرا القطاعية Sectorial Chimera على نسيجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى، يكون أحدهما على شكل مخروط، ويمتد هذا المخروط - غالبًا - من البشرة إلى منتصف العضو النباتى، سواء أكان ورقة، أم ساقًا، أم جذرًا. وتختلف النموات التى تنتج من هذا النوع من الكيميرا تبعًا للنسيج الذى تنشأ منه. وقد تظهر مختلف أنواع الكيميرا بهذه النموات كما هو مبين فى شكل (٩-٣).



شكل (٩-٣): تخطيط لقطاع عرضى (الدائرة الوسطى) فى ساق توجد بها كيميرا مقطعية يمثل الجزء 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).

الكيميرا المحيطية

يحتوى العضو النباتى الذى تظهر به الكيميرا المحيطية Periclinal Chimera على نسيجين مختلفين فى تركيبهما الوراثى، يحيط أحدهما بالآخر إحاطة تامة. ويتكون

النسيج الخارجي – عادة – من طبقة واحدة إلى عدة طبقات من الخلايا. وغالبًا ما تكون الطبقة الخارجية هي التي تحتوي على النسيج المطفر، إلاّ أن الطفرة قد تكون في النسيج الداخلي في أحيان قليلة.

الكيميرا الناقصة

تتشابه الكيميرا الناقصة Mericlinal Chimera مع الكيميرا المحيطية في وجود نسيجين مختلفين في تركيبهما الوراثي، يحيط أحدهما بالآخر، ولكن الإحاطة في حالة الكيميرا الناقصة تكون في جزء صغير فقط من النسيج الخارجي للعضو الذي تظهر به الطفرة. ويعني ذلك أن الطفرة تكون قد حدثت أصلاً في إحدى الخلايا المسئولة عن تكوين جزء من نسيج البشرة. وتعتبر تلك هي أكثر أنواع الكيميرا – شيوعًا – في الطبيعة.

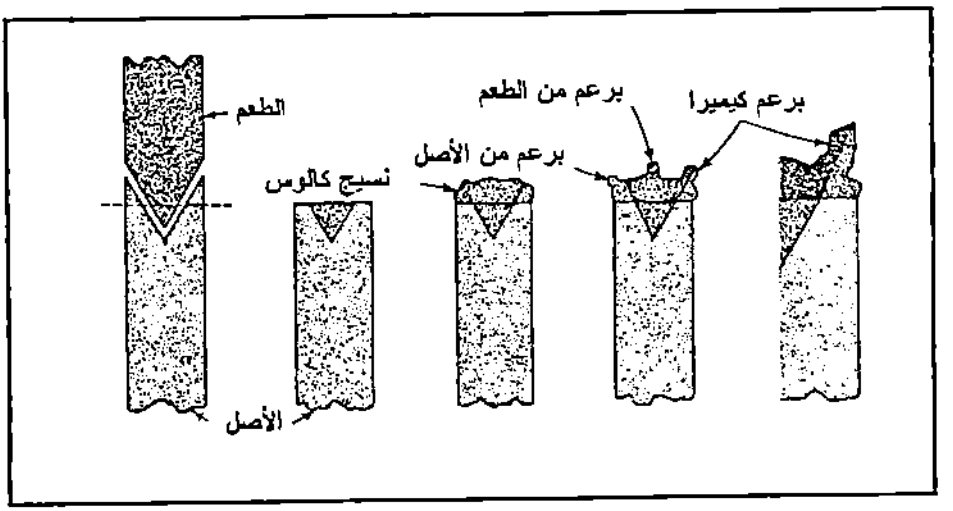
ويتوقف تطور الكيميرا على النبات على موقع البراعم العرضية التي تعطي النموات الجديدة بالنسبة للنسيجين المطفر والعادي. ويبدو ذلك جليًّا في شكل (٩–٣).

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 – أحيانًا – 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 فروعًا تظهر فيها الكيميرا (شكلا ٩–٤، و ٩–٥).

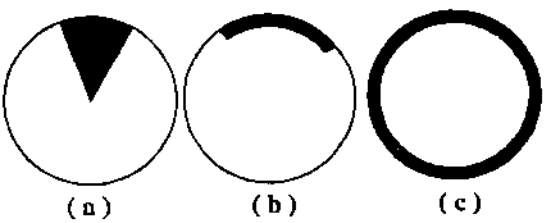
طرق إكثار الكيميرا

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 في كل خلايا الطبقة الخارجية يعني ظهورها في

طبقة البشرة فقط، ومثل هذه الطفرات لا تنتقل إلى الأنسجة التناسلية، ولا يمكن إكثارها بالبذور، ولكن يمكن المحافظة عليها بالإكثار الخضرى بواسطة العقل الساقية، أو بالترقيد القمى. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن المحافظة على هذا النوع من الطفرات بالعقل الجذرية؛ لأن النموات الجديدة التى تتكون من العقل الجذرية تنشأ من الأنسجة الداخلية التى لا تحتوى على الطفرة.



شكل (٩-٤): كيفية ظهور كيميرا التطعيم.



شكل (٩-٥): الأنواع المختلفة للكيميرا التى قد تنشأ عند التطعيم: (a) قطاعية أو مخروطية sectorial، و (b): ناقصة mericlinal، و (c): محيطية periclinal.

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 - خضريًا بالعقل الساقية، وجنسيًا بالبذور - ولكنها - كسابقتها - لا يمكن إكثارها بالعقل الجذرية.

وإذا ظهرت الطفرة فى خلايا الطبقة الداخلية فقط .. فإنها لا توجد بعد ذلك إلاّ فى الأنسجة الداخلية، ولا يمكن 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 الداخلية المحتوية على الطفرة.

وجدير بالذكر أن جميع خلايا النبات تحتوى على نفس الجينات، إلاّ أن الجين لا يظهر تأثيره إلا فى عضو نباتى معين؛ فقد تحدث - مثلاً - طفرة خاصة بلون مختلف لبتلات الأزهار فى خلايا الطبقة الداخلية، إلاّ أنها لا تظهر على النبات، لأن بتلات الأزهار لا تتكون من خلايا الطبقة الداخلية، ولا يمكن 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 Golden Wonder ذى الدرنات البنية والجلد السميك الخشن إلى تكوين نموات تعطى درنات ذات جلد رقيق أبيض ناعم، مماثلة لدرنات الصنف لانج ورثى Langworthy.

وجدير بالذكر .. أن حالات التبرقش Variegation - التى تشاهد فى أوراق عديد من النباتات - تعد كيميرا أيضًا، وهى تظهر عند حدوث طفرات فى الجينات السيتوبلازمية Plasmagenes (وهى التى تتحكم فى الصفات التى تورث عن طريق الأمهات)، المسئولة عن محتويات 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 التى ظهرت فى المحاصيل الزراعية

يبين جدول (٩-٢) قائمة ببعض الأصناف المهمة التى ظهرت كطفرات طبيعية وانتخبت منها، لتصبح أصنافًا جديدة (عن Elliott ١٩٥٨، و Edmond وآخرين ١٩٧٥، و Welsh ١٩٨١).

جدول (٩-٢): 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
		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

وتعتبر الطفرات المسببة للتقزم فى الدُخن مثالاً للطفرات الطبيعية التى تمت الاستفادة منها على نطاق واسع فى مجال تربية النبات، حيث تتوفر ثلاثة طرز قزمية تختلف فيما تحمله من طفرات التقزم المتنحية، كما يلى:

التركيب الوراثى	طول النبات (ومثال)
$Dw_1Dw_1DW_2Dw_2dw_4dw_4$	طويل عادى (Tall White Sooner)
$dw_1dw_1Dw_2Dw_2dw_4dw_4$	قصير (Dwarf White Sooner)
$dw_1dw_1dw_2dw_2dw_4dw_4$	متقزم (Double Dwarf White Sooner)

هذا .. علمًا بأن الأصناف الثلاثة السابقة تحمل جينًا رابعًا يتحكم فى الطول – بحالة سائدة – هو Dw_3. وتحتوى معظم أصناف الدُخن التجارية المزروعة فى الولايات المتحدة على جينين أو ثلاثة من الجينات الأربعة التى تتحكم فى طول النبات (عن Poehlman & Sleper ١٩٩٥).

مزارع الأنسجة كمصدر للطفرات

من المعروف أن مزارع الأنسجة يمكن أن تكون مصدرًا غنيًا بالاختلافات الوراثية التى تحدث بفعل الطفرات الطبيعية فى تلك المزارع. 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، والتبغ؛ فأمكن – مثلاً – 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 بيربانك Russet Burbank (الذى يعد أكثر الأصناف انتشارًا 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 مقاومًا 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 (١٩٨٢)، و Maliga وآخرون (١٩٨٢).

ومن أهم التباينات الموروثة التى ظهرت فى مزارع بعض المحاصيل الزراعية، ما يلى:

١ – التبغ: المقاومة للبكتيريا *Pseudomonas syringae*، وتحمل الألومنيوم، والمقاومة لمبيدى الحشائش chlorsulfuron، و sulfometuron methyl.

٢ – الذرة: المقاومة للسلالة T من الفطر *Helminthosporium maydis*، وهى تورث عن طريق السيتوبلازم (أميًا).

٣ – الطماطم: المقاومة للفطر *Fusarium oxysporum*، وفيرس موزايك التبغ، وزيادة نسبة المادة الصلبة.

٤ – القمح: قلة الشمع، وتكون السفا، ولون القنبعة (العصيفة)، وشبيه الإنزيم Adh، والمقاومة للفطر *Helminthosporium sativum*، وتحمل الحرارة والجفاف.

٥ – الأرز: المقاومة للبكتيريا *Xanthomonas oryzae*، ومحتوى الليسين lysine، والتقزم ومقاومة الرقاد، وتحمل الملوحة.

٦ – الجنس *Brassica*: المقاومة للفطر *Phoma lingam* ولون البذور، وتحمل الملوحة.

٧ – البرسيم الحجازى: المقاومة للفطر *Fusarium oxysporum*.

٨ – قصب السكر: المقاومة لمرض فيجى Fiji والبياض الزغبى وللفطر *Helminthosporium sacchari*.

٩ – البطاطس: المقاومة للفطرين *Alternaria solani*، و *Phytophthora infestans*.

١٠ – البطاطا: لون الجلد القرمزى الداكن.

١١ – الكرفس: المقاومة للذبول الفيوزارى.

١٢ – الفلفل: انخفاض عدد البذور بالثمرة (عن Brar & Jain ١٩٩٨).