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

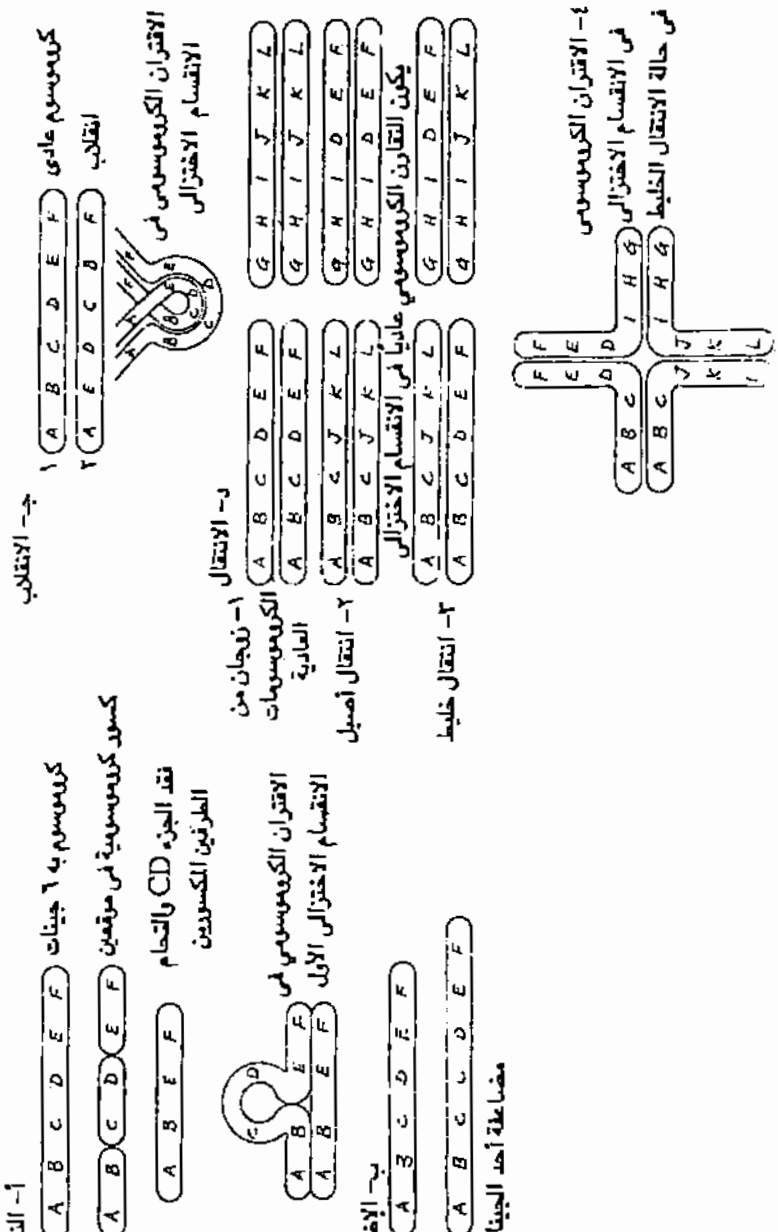
تتكون حالات الإضافة Duplication عندما يحتوى الكروموسوم على مقطع مكرر أكثر من مرة، وهى تظهر فى أثناء الانقسام الاختزالى للنباتات الخليطة فى الانتقالات أو الانقلابات الكروموسومية. وتستعمل الإضافة فى دراسة العلاقة الكمية لتأثير جين معين. وسواء أكانت الإضافة أصيلة، أم خليطة .. فلا يكون لها – عادة – أى تأثير 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:

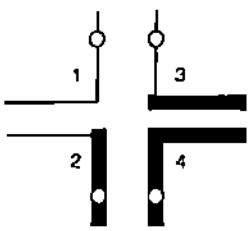
أ – الدراسات الوراثية:

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.

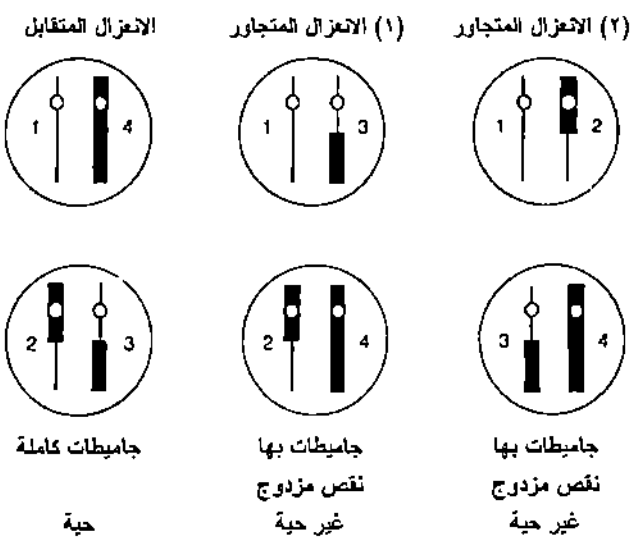
ب – إنتاج السلالات الأصيلة:

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