# 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

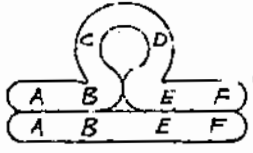
أ- النقص

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

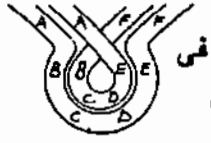
٢ A B C C D E F

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

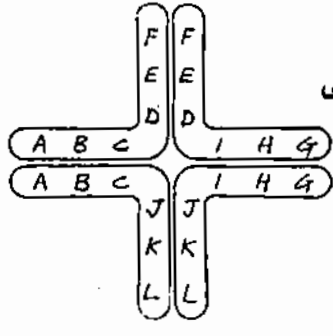
A B C J K L
A B C J K L
G H I D E F
G H I D E F

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 :

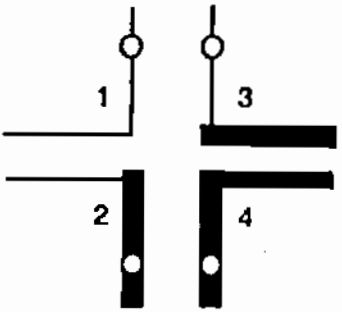
تنشأ حالات الانتقال المتبادل حينما تتبادل أجزاء متساوية أو غير متساوية بين كروموسومين غير متماثلين . وقد يكون الانتقال خليطاً أو أصيلاً . ويؤدى الانتقال المتبادل إلى تغير الارتباط ، لأن القطعة المتبادلة تصبح – بما تحمله من جينات – مرتبطة بمجموعة جديدة من الجينات ، كما أن الأفراد الخليطة للانتقال فى كروموسومين ، 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 .

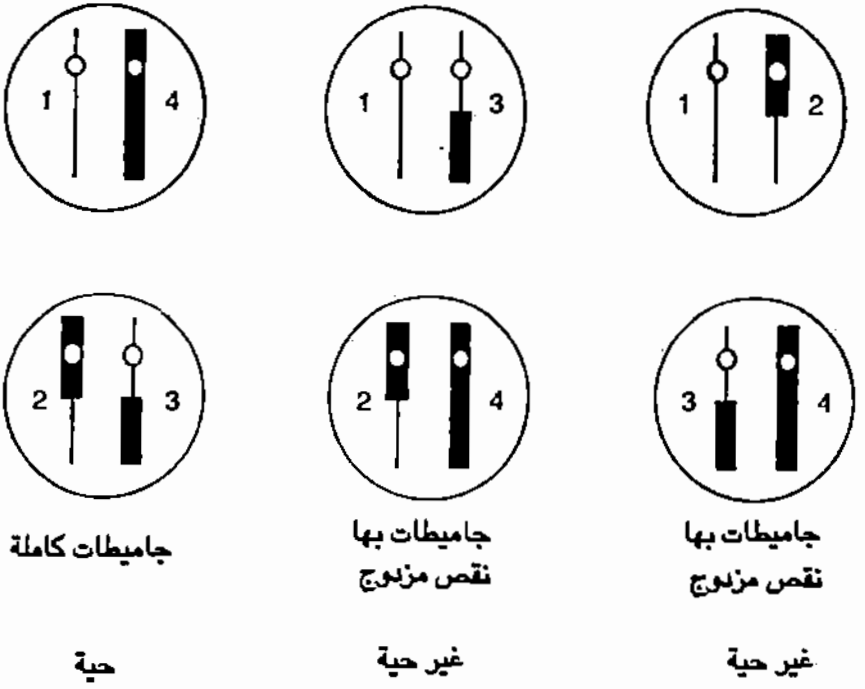
هذا .. ويستفاد من حالات الانتقالات الكروموسية فيمايلى :

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