متعدد الكروموسوم

يحتوى الفرد المتعدد الكروموسوم Polysomic على أكثر من كرموسومين زائدين من أحد كروموسومات الهيئة الكروموسومية ، وهى قد تكون خماسية الكروموسوم Pntasomics (٢ن + ٣) ، أو سداسية الكروموسوم Hexasomics (٢ن+ ٤) ... إلخ .

ولمزيد من التفاصيل عن موضوع التعدد الكروموسومى غير التام واستخداماته فى مجال تربية النبات .. يراجع Elliott (١٩٥٨) ، Burnham (١٩٦٦) ، و Swanson وآخرون (١٩٧٦) ، و Peloquin (١٩٨١) .

تعدد المجموعة الكروموسومية التام

تحدث حالات تعدد المجموعة الكروموسومية التام Euploidy حينما يشمل التضاعف جميع كروموسومات الهيئة الكروموسومية للنبات ؛ وتوجد منها أنواع كثيرة . وبرغم أن نقص عدد الكروموسومات إلى هيئة كرموسومية واحدة كاملة (١ن) يعد اختزالا ، وليس تضاعفاً .. إلا أن حالات النباتات الأحادية هذه تدرج ضمن حالات تعدد المجموعة الكروموسومية التام . ونبين -فيما يلى- مختلف أنواع التعدد الكروموسومى التام .

أحادية المجموعة الكروموسومية

تحتوى الخلايا الجسمية للنبات الأحادية المجموعة الكروموسومية monoploids على العدد الأحادى من الكروموسومات (١ن) ، ويطلق عليها - بوجه عام - اسم Haploids . هذا .. إلا أن النباتات الأحادية المتحصل عليها من نباتات ثنائية يطلق عليها اسم Monohaploids (وفيها ن = ١س) ، بينما يطلق على النباتات الأحادية المتحصل عليها من النباتات الرباعية tetraploids اسم dihaploid (وفيها ن = ٢ س) ، ويطلق اسم trihaploid على النباتات الأحادية المتحصل عليها من النباتات السداسية hexaploids (وفيها ن = ٣ س) ... إلخ .

تكون الأفراد الأحادية المجموعة الكروموسومية صغيرة الحجم -عادة- وأضعف نمواً من مثيلاتها الثنائية المجموعة الكرموسومية ، كما تكون على درجة عالية من العقم . ويرجع

العقم إلى أن كل كروموسوم يوجد فى هذه النباتات بحالة مفردة ؛ وبذلك .. لايحدث أى اقتران كروموسومى ، ويكون الإنعزال الكروموسومى غير منتظم ، وتحتوى معظم الجاميطات التى تنتجها النباتات الأحادية على نقص فى كروموسوم واحد أو أكثر ؛ لذا .. فإنها تكون غالباً عديمة الحيوية . هذا .. إلا أن جميع الكروموسومات قد تتجه – أحياناً – إلى قطب واحد من قطبى الخلية فى الدور الانفصالى من الانقسام الميوزى ، وتتكون بذلك جاميطة طبيعية . ويؤدى تزاوج جاميطتين من هذا النوع إلى تكون فرد ثنائى المجموعة الكروموسومية .

ونظراً لأن احتمال توجه أى كروموسوم إلى أى من قطبى الخلية هو ٠,٥ ؛ لذا .. يكون احتمال توجه جميع الكروموسومات فى أثناء الانقسام الميوزى إلى أى من قطبى الخلية هو $(\frac{1}{2})^{ن}$ ؛ حيث تمثل (ن) عدد الكروموسومات فى الهيئة الكروموسومية ؛ وعليه .. نجد فى نبات كالذرة (وهو يحتوى على ١٠ أزواج من الكرموسومات) أن هذا الاحتمال يساوى $(\frac{1}{2})^{١٠}$ ، أو جاميطة من كل ١٠٢٤ جاميطة . ويتضح من ذلك لِمَ تكون نسبة العقم عالية فى الأفراد الأحادية المجموعة الكروموسومية ؛ لذا .. فإنها تكثر بالطرق الخضرية كلما أمكن ذلك .

تكون جميع الجينات فى النباتات الأحادية ممثلة مرة واحدة ؛ ويعنى ذلك ظهور الصفات التى تتحكم فيها الأليلات المتنحية . ويوصف التركيب الوراثى فى هذه الحالة بأنه hemizygous . وتعتبر تلك فى الحالة الطبيعية فى النباتات الدنيئة ، إلا أنها تعد حالة شاذة بالنسبة للنباتات الاقتصادية .

تبلغ نسبة النباتات الأحادية التى تتكون طبيعياً بالتوالد البكرى (*in vivo* parthenogensis) فى الذرة نحو ٠,١٪ ؛ وهى تتكون بنمو إحدى الخلايا الأحادية بالكيس الجنينى إلى جنين . وقد ينشأ الجنين الأحادى فى أحيان قليلة من الجاميطة المذكرة مع سيتوبلازم الجاميطة المؤنثة . كما يمكن إنتاج النباتات الأحادية صناعياً بواسطة مزارع المتوك والمبايض . ويستفاد من النباتات الأحادية فى الجوانب التالية :

١– تؤدى مضاعفتها بالكولشيسين إلى إنتاج نباتات ثنائية أصيلة ، قد يمكن الاستفادة منها فى إنتاج الهجن الفردية والزوجية ، دونما حاجة لعمليات التربية الداخلية ،

التى تستغرق عدة سنوات ، وقد تستعمل كأصناف جديدة محسنة ؛ كبعض أصناف الدخان ، والأرز ، والقمح ، التى أنتجت بمضاعفة نباتات أحادية .

٢- تفيد النباتات الأحادية -المتحصل عليها من النباتات المتضاعفة-فى إجراء الدراسات الوراثية للصفات الكمية ؛ مثل دراسات التباين الوراثى ، والارتباط ، وعدد الجينات ومواقعها (Dunwell ١٩٨٥) .

٣- نقل الجينات من نوع إلى آخر ، وإحلال كروموسوم من أحد الأنواع محل آخر .

٤- التربية بالطفرات :

يمكن معرفة الطفرات المتنحية التى تظهر فى النباتات الأحادية مباشرة ، دونما حاجة إلى إنتاج الجيل الطفرى الثانى (M_2) ؛ لأن الطفرة تكون فى حالة hemizygous . ويكون من الأفضل معاملة مزارع الخلايا الأحادية ، وإجراء التقييم والانتخاب وهى على هذه الصورة . وقد أمكن بهذه الطريقة التعرف على طفرات مقاومة لمضادات الحيوية ، وشبيهات الأحماض الأمينية ، ومبيدات الحشائش . ويعاب على هذه الطريقة فى إنتاج الطفرات أن استعمالها مقصور على الأنواع القليلة التى يمكن أن تبقى مزارع خلاياها الأحادية على حالتها ، مع إمكان دفعها إلى تكوين نباتات أحادية .

وقد أمكن إنتاج أجنة أحادية *in vivo* من مبايض الأزهار بعد تعريضها لإحدى المعاملات التالية : تأخير التلقيح - التلقيح بحبوب لقاح معاملة بالإشعاع - التلقيح بحبوب لقاح من أنواع أخرى - تعريض الأزهار لدرجات حرارة منخفضة . وقد أمكن زيادة نسبة النباتات الأحادية (ن) بعد العثور على مايسمى بالملقحات الفائقة superior pollinators لبعض النباتات ؛ مثل الذرة ، والبطاطس . كما أمكن الحصول على عدد كبير من النباتات الأحادية من الشعير من التلقيح *Hordeum vulgare x H . bulbosum* باستعمال مزارع الأجنة . وقد تبين أن الأجنة الأحادية نشأت من الأجنة الهجين باستعباد كروموسومات النوع *H . bulbosum* خلال المراحل الأولى لتكوين الأجنة .

ويذكر chu (١٩٨٢) أنه أمكن -حتى عام ١٩٨٢- إنتاج نباتات أحادية من حبوب اللقاح فيما لايقل عن ١١١ نوعًا نباتيًا ، ينتمى معظمها إلى العائلات الباذنجانية ، والنجيلية ، والصليبية . ومنها بعض الأنواع الخشبية ؛ مثل جنسى الحمضيات *Citrus* ، والعنب *Vitis* . ويعطى المرجع قائمة كاملة بهذه الأنواع .

وقد أمكن إنتاج أجنة أحادية بكثرة فى الشمام بتلقيح الأزهار المؤنثة صباح يوم تفتحها بحبوب لقاح معاملة بأشعة إكس . وينتج هذا التلقيح ثماراً طبيعية المظهر ، تحتوى داخلها على بعض الأجنة الأحادية ، بالإضافة إلى الأجنة الثنائية العادية . هذا .. ويلزم التعرف على الأجنة الأحادية المتكونة بعد ثلاثة أسابيع من التلقيح اليدوى ، ونقلها إلى بيئة صناعية ، وإلا .. فإنها تنهار وتختفى إذا تركت فى الثمار لأكثر من ذلك .

وقد أمكن تقليل الجهد اللازم للتعرف على هذه الأجنة ؛ بجمع البنور من الثمار بعد ٤-٧ أسابيع من التلقيح ، وفحصها بجهاز أشعة إكس العادى الذى يستخدم فى الأغراض الطبية . وتكون الأجنة صغيرة جداً - قبل ذلك ، ويصعب تداولها ، بينما تبدأ الأجنة فى الانهيار لوتركت لأكثر من سبعة أسابيع . ويلزم تجفيف الأجنة - جزئيًا - قبل فحصها ؛ حتى لاتبدو معتمة فى الفيلم ، مع مراعاة عدم الإفراط فى التجفيف ؛ حتى لاتفقد حيويتها ، ويكون التجفيف على درجة ٤°م لمدة ١٥ ساعة . وتوضع البنور - بعد تجفيفها- على لوح من البوليسترين سمكه ٥ مم ، وتغطى بشريط لاصق شفاف ، ثم تعرض لأشعة إكس . وتبدو البنور -التى تحتوى على أجنة أحادية- أقل عتمة على الفيلم من البنور التى تحتوى على أجنة ثنائية (Savin وآخرون ١٩٨٩) .

متعددة المجموعة الكروموسومية ذاتيًا أو الذاتية التضاعف

تحتوى النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية ذاتيًا - أو الذاتية التضاعف - Autopobyloids أو Autoploids على مضاعفات كاملة للهيئة الكروموسومية ؛ كأن تكون ٣س ، أو ٤ س ... إلخ . وتأخذ الدرجات المختلفة من التضاعف أسماء مختلفة كما يلى :

عدد مضاعفات الهيئة الكروموسومية (س)	الاسم	
٣ س	ثلاثية المجموعة الكروموسومية	Triploids
٤ س	رباعية المجموعة الكروموسومية	Tetraploids
٥ س	خماسية المجموعة الكروموسومية	Pentaploids
٦ س	سداسية المجموعة الكروموسومية	Hexaploid
٧ س	سباعية المجموعة الكروموسومية	Heptaploids
٨ س	ثمانية المجموعة الكروموسومية	Octaploids

توجد حالات التضاعف الذاتى فى كثير من النباتات ، خاصة تلك التى تتكاثر خضرياً؛ لأنها غالباً ماتكون على درجة عالية من العقم .

تتشابه النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية مع النباتات الأحادية فى كونها على درجة عالية من العقم ، لكنها تتميز عنها بأنها تحتل مركزاً مهماً بين النباتات المزروعة؛ إذ ينشأ عن حالة التضاعف الثلاثى تأثيرات مورفولوجية وفسيولوجية مرغوبة . وتكون النباتات الثلاثية - غالباً - قوية النمو ، كما تكون ثمارها كبيرة الحجم ، وخالية من البذور، وتوجد منها أصناف تجارية كثيرة تكثر خضرياً ، ومن أمثلتها : الموز ، ونحو ربع أصناف التفاح الأمريكية الهامة ، وبعض أصناف الكمثرى والمشمش اليابانى ، وبعض أصناف الكريزانثيمم التى تتميز بإنتاج مرتفع من البيرثيرم ، وبعض أشجار الحور التى تتميز بسرعة النمو العالية ، وعديد من نباتات الزينة ؛ مثل العائق وبعض أصناف التيولب، والجلاديولس . وتزرع أصناف ثنائية مع أصناف التفاح والمشمش والكمثرى الثلاثية ؛ لتكون مصدراً لحبوب اللقاح فى الحقول الإنتاجية . أما الموز .. فإن ثماره تعقد بكرياً ، ولاتوجد البذور إلا فى الموز الثنائى المجموعة الكروموسومية ، وهو لايزرع تجارياً .

ومن بين النباتات الاقتصادية الهامة المتضاعفة ذاتياً كل من : البطاطس ، والبن ، والبرسيم الحجازى ، والفول السودانى وجميعها رباعية التضاعف ، والبطاطا وهى سداسية التضاعف .

وتتميز النباتات المتضاعفة - عامة - بزيادة طول الساق ، وحجم الأوراق والأزهار ؛ ويحدث ذلك نتيجة للزيادة فى حجم خلاياها ، وليس فى أعدادها . كما تظهر بها فروق فى أشكال الأعضاء النباتية المختلفة ، وتكون أبطأ نمواً ، وأصلب عوداً من نظيرتها الثنائية المجموعة الكرموسومية . كذلك يزيد تركيز بعض المركبات الكيميائية فى النباتات الرباعية مقارنة بالنباتات الثنائية ، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

١- محتوى المطاط فى الداندليون الروسى .
٢- محتوى الأتروبين والقلوانيات الأخرى فى أوراق الداتورة .
٣- محتوى النيكوتين فى الدخان .
٤- محتوى «الكمفور» Champhor فى أوراق الريحان .
٥- محتوى حامض الأسكوربيك فى أوراق الكرنب وثمار الطماطم .

٦- محتوى المواد الكاروتينية فى الذرة الصفراء .

٧- محتوى الألياف فى القطن والجوت .

متعددة المجموعة الكروموسومية الخليطة أو الهجينية التضاعف

تنشأ الأفراد المتعددة المجموعة الكروموسومية الخليطة - أو الهجينية التضاعف - Alloploids حينما تجرى تلقيحات معينة بين أفراد من مجموعتين مختلفتين من الوجهة التقسيمية . وتكون أفراد الجيل الأول الناتجة من هذا التهجين عقيمة - غالباً - لوجود الكروموسومات فى الفرد الهجين بحالة مفردة دون قرين ، إلا أنها قد تتقارن - جزئيًا - إذا كانت الاختلافات بين الهيئات الكروموسومية للأبوين بسيطة ؛ وتعرف الهجن فى هذه الحالة باسم المتعددة المجموعة الكروموسومية الخليطة جزئيًا Segmental Alloploids . وتعرف الكروموسومات المتماثلة جزئيًا فى هذه الهجن باسم Homoelogus Chromosomes .

وقد يحتوى الفرد الهجين على جميع الكروموسومات التى توجد فى أبويه ؛ ويحدث ذلك فى إحدى الحالتين التاليتين :

١- حينما ينشأ الفرد المتعدد المجموعات الكروموسومية الخليطة من اتحاد جاميطات ثنائية (٢ن) ، تكونت إما بمحض الصدفة ، وإما نتيجة لمضاعفة كروموسومات الآباء صناعيًا قبل إجراء التهجين .

٢- إذا حدث تضاعف لكروموسومات الفرد المتعدد المجموعات الكروموسومية الخليطة .

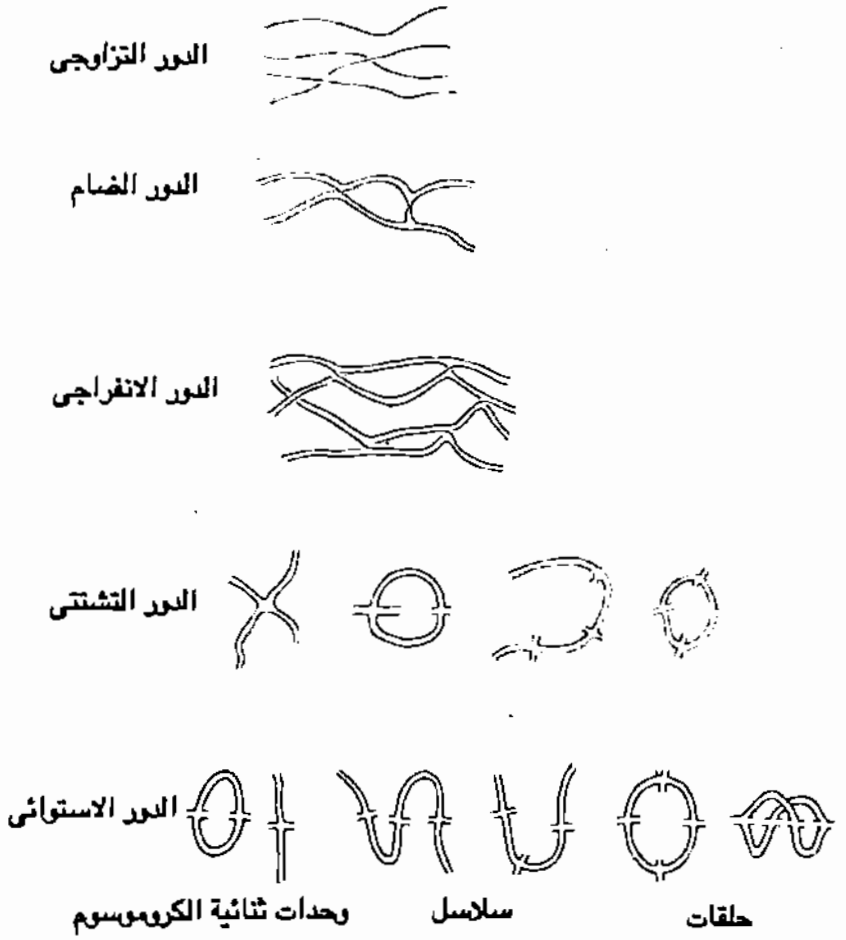
تعرف هذه الأفراد التى تحتوى خلاياها الجسمية على جميع الكروموسومات التى توجد فى كل من أبويها باسم المتعددة المجموعات الكروموسومية الشبيهة بالثنائية Amphidiploids . ولايختلف السلوك الكروموسومى لهذه الأفراد فى الانقسام الميوزى عن الأفراد الثنائية المجموعة الكروموسومية العادية . وتكون هذه النباتات صادقة التربية لنوعها truee breeding ، إلا إذا كانت نشأتها بالطريقة الأولى ، وكانت الآباء خليطة أصلاً .

مختلفة من التقارن التفاضلى Preferential Paring ، أو الاختيارى Selective Pairing فى حالة الأفراد المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية amphidiploids التى تكون فيها كروموسومات الأبوين متشابهة جزئياً Homoelogus ، كما سيتضح عند بيان السلوك السيتولوجى للنباتات الهجينية التضاعف .

وتتلخص عملية الاقتران الكروموسومى فى الوحدات الرباعية الكروموسوم (فى الأفراد الرباعية المجموعة الكرموسومية) فيما يلى : تظهر الكروموسومات الأربعة المتماثلة فى الدور القلادى ، ثم تتصل فى أزواج فى الدور التزاوجى . يبدأ الاتصال عند عدة مواقع على امتداد الكروموسومات ؛ وبذلك .. يقترن كل كروموسوم من الكروموسومات الأربعة بكروموسوم آخر منها عند مواقع مختلفة . ومع نهاية الدور الضام .. يكون الكروموسوم الواحد قد اقترن مع كروموسومات مختلفة (شكل ١٤-٤) ، وانقسم كل كروموسوم منها إلى كروماتيدتين ، وتكون قد تكونت الكيازمات chiasmata ؛ نتيجة للعبور بين الكروموسومات المتقارنة . ويؤدى الاختلاف فى عدد ومواقع الكيازمات إلى ظهور عدة أشكال مميزة (مثل الوحدات الثنائية الكروموسوم ، والسلاسل ، والحلقات) فى الدور الانفراجى .

وبعد أن تتعلق الوحدات الرباعية الكروموسوم بخيوط المغزل فى دور الوضع المتوسط الأول .. فإن الانفصال قد يحدث بحيث تذهب الكروموسومات المتجاورة (فى أى من الأشكال المميزة السابقة) إلى نفس القطب ، أو إلى أقطاب مختلفة . ولكن قد تتكون وحدتان ثنائيتا الكروموسوم إن لم تتكون كيازمتان بين أزواج الكروماتيدات ؛ وحينئذ .. يتحتم على كروموسومى كل وحدة ثنائية الكروموسوم أن يتوزعا على قطبين مختلفين فى الدور الانفصالى الأول .

وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأنواع المعروفة الرباعية المجموعة الكروموسومية (مثل البطاطس والبرسيم الحجازى) تظهر بها أحياناً درجة من التقارن الاختيارى Selective Pairing . ويرجع ذلك إلى تراكم تغيرات طفيفة ، حدثت فى الكروموسومات منذ فترات زمنية بعيدة ، برغم أنها كانت فى الأصل تامة التماثل . وبعد التقارن الاختيارى فى مثل هذه النباتات الرباعية المجموعة الكروموسومية انحرافا نحو العودة إلى الحالة الثنائية diploidization .



شكل (١٤ – ٤) : أشكال الوحدات الرباعية الكروموسوم خلال الانقسام الميوزى الأول (يراجع المتن للتفاصيل) .

السلوك الوراثى

يختلف السلوك الوراثى للنباتات الذاتية التضاعف عن النباتات الثنائية ، بسبب احتمال وجود أكثر من أليلين لكل جين ، ولتكوين وحدات متعددة الكروموسوم. وحتى إذا وجد أليلان فقط للجين .. فإن عدد التراكيب الوراثية الممكنة فى نبات رباعى المجموعة الكروموسومية (وهى درجة منخفضة نسبيًا من التضاعف) يصبح خمسة مقارنة بثلاثة فقط فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية . ويطلق على التراكيب الوراثية الخمسة الممكنة فى حالة وجود أليلين ، أحدهما سائد (A) ، والآخر مُتنحٍ (a) الأسماء التالية :

التركيب الوراثى	الاسم
AAAA (سائد أصيل)	quadriplex
AAAa	triplex
AAaa	duplex
Aaaa	simplex
aaaa (متنحٍ أصيل)	nulliplex

يلاحظ أن نسبة الأليلات السائدة إلى المتنحية تختلف فى النباتات الـ triplex ، و الـ duplex ، و الـ simplex عن النسب المعهودة فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية ، إلا أن الشكل الظاهرى للفرد الخليط يتوقف على درجة السيادة بين الأليلات ؛ ففى حالة السيادة التامة .. لايظهر سوى نوعين من الأشكال المظهرية ، بينما يظهر عدد أكبر من الأشكال المظهرية فى حالات السيادة غير التامة . ويصل عدد الأشكال المظهرية إلى خمسة عند غياب السيادة ، وفى حالات التأثير الإضافى للجين .

وتتوقف نسب التراكيب الوراثية التى يتوقع ظهورها فى النسل على كل من التركيب الوراثى لجيل الآباء ، وعلى مدى كون انعزال الجينات يحدث فى أثناء الانقسام الاختزالى على مستوى التوزيع الحر للكروموسومات ، أم للكروماتيدات . وسنفترض – للتبسيط – أن التركيب الوراثى للآباء simplex أى Aaaa ، ثم نستعرض النسب المتوقعة فى كل من حالتى التوزيع الحر .

١- التوزيع الحر للكروموسومات Random Chromosome Assortment :

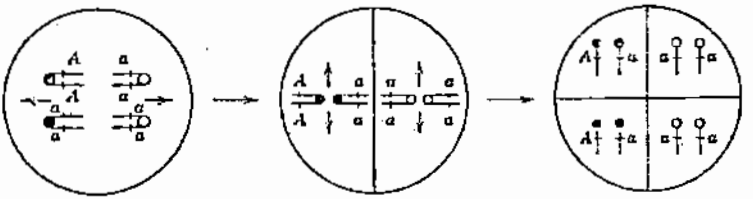
يحدث التوزيع الحر للكروموسومات عندما تفشل الكروموسومات فى تكوين وحدة رباعية الكروموسوم ، أو عندما يكون الجين قريباً بدرجة كبيرة من موضع السنترومير ؛ فنجد أن كل كروموسوم يحمل فى أثناء الانقسام الاختزالى أليلين متشابهين على كروماتيدتيه ، ويذهب الأليلان - معًا - إلى أحد أقطاب الخلية فى أثناء الانقسام الاختزالى الأول ؛ لأنهما يكونان متصلين بنفس السنترومير ، ثم يتوزع الأليلان إلى أقطاب مختلفة فى الانقسام الاختزالى الثانى ؛ وعليه .. فلا يمكن أن يتواجد الأليلان - معًا - فى جاميطة واحدة بعد الانقسام (شكل ١٤-٥) . ولتوضيح ذلك .. نفترض أن الأليلات التى يحملها النبات الـ simplex (وهى أليل واحد سائد A ، وثلاثة متنحية a) تتضاعف عند تكوين الكروماتيدات (أثناء الانقسام الاختزالى) ؛ لتصبح A_1 ، وA_2) ، و (a3 ، و a4) ، و(a5 ، و a6) ، و (a7 ، و a8) ، علما بأن كل زوج منها (داخل قوسين) يمثل أليلين متماثلين على كروماتيدين متماثلتين لكروموسوم واحد .

ونظراً لأن كل زوج من الأليلات ينتهى به الأمر فى جاميطات مختلفة ؛ لذا .. فإن كلاً من A_1 ، و A_2 يكون له نفس الفرصة لأن ينعزل مع أى من a3 ، أو a4 ، أو a5 ، أو a6 ، أو a7 ، أو a8 ، ولكنهما - أى A_1 ، و A_2 - لايمكن أن يتواجدا معًا فى جاميطة واحدة .. وهكذا الأمر بالنسبة لأزواج الأليلات الأخرى . وتكون نتيجة ذلك أن تنعزل الجينات فى الجاميطات - على أساس التوزيع الحر للكروموسومات - كما هو مبين فى شكل (١٤-٦) . ويتبين من الشكل أنه يتكون نوعان من الجاميطات ، هما : Aa ، و aa بنسبة ١:١ . ويمكن بتحليل مماثل إثبات أن النبات الـ duplex (AAaa) ينتج ثلاثة أنواع من الجاميطات هى AA ، و Aa ، و aa بنسبة ١: ٤: ١ ، وأن triplex (AAAa) ينتج نوعين من الجاميطات هما AA ، و Aa بنسبة ١:١ .

وتحسب نسب التراكيب الوراثية المتوقعة بعد ذلك كما يلى :

(أ) فى حالة الـ simplex :

	الجاميطات المذكرة	
	1Aa	1aa
الجاميطات المؤنثة 1Aa	1AAaa	1Aaaa
1aa	1Aaaa	1aaaa



شكل (١٤ – ٥) : انعـزال الجـينـات من وحدة رباعيـة الكروموسـوم quadrivalent لنبات (Aaaa) simplex . يعتمد الانعزال على التوزيع الحر للكروموسومات ، لوجود الجين قريبًا جدًا من السنترومير وانعدام العبور في هذه المنطقة .

	A_1	A_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
A_1			A_1a_3	A_1a_4	A_1a_5	A_1a_6	A_1a_7	A_1a_8
A_2			A_2a_3	A_2a_4	A_2a_5	A_2a_6	A_2a_7	A_2a_8
a_3					a_3a_5	a_3a_6	a_3a_7	a_3a_8
a_4					a_4a_5	a_4a_6	a_4a_7	a_4a_8
a_5							a_5a_7	a_5a_8
a_6							a_6a_7	a_6a_8
a_7								
a_8								

شكل (١٤–٦) : تكوين الجاميطات في نبات simplex في حالة التوزيع الحر للكروموسومات .

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى : ١ AAaa : ٢ Aaaa : ١ aaaa ، وتكون الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالة السيادة التامة هى ٣ سائد : ١ متنح

(ب) فى حالة الـ duplex :

	الجاميطات المذكرة		
	1AA	4Aa	1aa
الجاميطات المؤنثة			
1AA	1AAAA	4AAAa	1AAaa
4Aa	4AAAa	16AAaa	4Aaaa
1aa	1AAaa	4Aaaa	1aaaa

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى : ١ AAAA : ٨ AAAa : ١٨ AAaa : ٨ Aaaa : ١ aaaa . وتكون الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالة السيادة التامة هى ٣٥ سائد : ١ متنح .

(جـ) فى حالة triplex :

	الجاميطات المذكرة	
	1AA	1Aa
الجاميطات المؤنثة		
1AA	1AAAA	1AAAa
1Aa	1AAAa	1AAaa

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى . ١ AAAA : ٢ AAAa : ١ AAaa . وتكون جميع الأشكال المظهرية سائدة فى حالة السيادة التامة .

٢- التوزيع الحر للكروماتيدات Random Chromatid Assortment :

إذا تكونت وحدات رباعية الكروموسوم مع وجود الجينات بعيدة عن السنترومير بدرجة تسمح بحدوث عبور بين موقع الجين والسنترومير .. فإن ذلك يعطى فرصة متكافئة لأن يتواجد أى أليل مع أى أليل آخر ، بما فى ذلك أزواج الأليلات التى توجد على

وليس من الضرورى أن تكون الأفراد المتعددة المجموعة الكروموسومية – الشبهية بالثنائية – خصبة دائماً ، كما لاترتبط قيمتها الزراعية بقيمة الأنواع النباتية الداخلة فى إنتاجها ؛ فقد يؤدى تهجين أنواع عديمة القمية معًا إلى الحصول على أنواع جديدة على درجة كبيرة من الأهمية . وقد حدث ذلك بالنسبة لكل من القمح والقطن ، والدخان ، وغيرها من المحاصيل الهامة التى نشأت – فى الطبيعة – من تهجينات بين أنواع لاشأن لها .

ينتشر التضاعف الهجينى فى الطبيعية بدرجة كبيرة ، ويعتبر القمح المثال التقليدى على ذلك . كما يوجد أيضا فى كل من القطن ، والشوفان ، وبنجر السكر ، والقصب ، والشليك ، والبرقوق الأوروبى . كذلك ينتشر التضاعف الهجينى فى العائلة الصليبية ، وقد اقترح U ، (وهو عالم ياباني) الطريقة المبينة فى شكل (١٤-٣) للكيفية التى نشأت بها الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية فى الجنس *Brassica* والتى تعرف بمثلث U .

ومن أمثلة التضاعف الهجينى الصناعى الهجين *Raphanobrassica* الذى أنتجه Karpechenko بالتهجين بين الفجل (٢ن = ١٨) ، والكرنب (٢ن = ١٨) ، ثم مضاعفة كروموسومات الجيل الأول لتصبح بخلاياه الجسمية ٣٦ كروموسوماً ، تشتمل على المجموعة الكروموسومية الكاملة لكل من الفجل والكرنب . كما نشأ النوع *Primula kewensis* كطفرة متضاعفة للهجين النوعى : *P . floribunda* × *P . verticillata* ، الذى ظل عقيمًا لعدة سنوات ، إلى أن ظهرت هذه الطفرة على صورة فرع يحمل أزهاراً كثيرة خصبة بأحد النباتات ، ثم اتضح أن خلايا هذا الفرع يوجد بها ٣٦ كروموسوماً ، وهو العدد الكلى لكروموسومات الأبوين .

السلوك السيتولوجى والوراثى للنباتات الذاتية التضاعف

السلوك السيتولوجى

يتكون فى أثناء الانقسام الاختزالى فى النباتات الذاتية التضاعف Autoploids وحدات كروموسومية متعددة الكروموسوم multivalents ، بدلاً من الوحدات الثنائية الكروموسوم bivalents ، التى تتكون فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية ؛ فنجد