الفصل الحادى عشر

التعدد الكروموسومى غير التام وأهميته

حالات التضاعف الكروموسومى

نتناول بالشرح تحت هذا العنوان العلاقة بين موضوع هذا الفصل (حالات التعدد الكروموسومى غير التام وأهميتها)، وموضوع الفصل الثانى عشر (حالات التضاعف الذاتى وأهميتها)، والفصل الثالث عشر (حالات التضاعف الهجينى وأهميتها)؛ علمًا بأنها جميعًا تدخل ضمن الموضوع العام: التضاعف الكروموسومى وأهميته لمربى النبات.

العدد الأساسى للكروموسومات

العدد الأساسى للكروموسومات basic number chromosomes فى أى كائن حى هو عدد الكروموسومات الكاملة غير المتكررة فى ذلك الكائن، وهى التى تشكل ما يعرف بالهيئة الكروموسومية genome.

وتسمى جميع النباتات التى تحتوى على ضعف العدد الأساسى للكروموسومات بأنها ثنائية الهيئة الكروموسومية diploid. ويرمز لكل هيئة كروموسومية بالرمز س (أو X)؛ وبذا .. فإن النباتات الثنائية تكون ٢س. هذا .. بينما تحتوى كثير من النباتات على عدد من الكروموسومات يختلف عن ضعف العدد الأساسى؛ فقد تحتوى على أربعة أضعاف، أو ستة أضعاف العدد الأساسى للكروموسومات؛ أى تحتوى على أربع (٤س) أو ست (٦س) هيئات كروموسومية كاملة على التوالى. وتعرف هذه النباتات بأنها متضاعفة.

وسواء أكان النبات متضاعفًا، أم غير متضاعف .. فإنه يستعمل الرمز ٢ن (أو 2n) للدلالة على عدد الكروموسومات فى الخلايا الجسمية، والرمز ن (أو n) للدلالة على عدد الكروموسومات فى الطور الجاميطى (البويضات وحبوب اللقاح)؛ وعليه .. فإن البسلة – مثلاً – وهى نبات ثنائى عادى تكون فيها ٢ن = ٢س = ١٤ كروموسومًا،

بينما تكون جاميطاتها ١ن = ١س = ٧ كروموسومات. أما فى نبات مثل البطاطس – وهى تحتوى على أربع هيئات كروموسومية كاملة – فإن فيها ٢ن = ٤س = ٤٨ كروموسومًا، بينما تكون فيها الجاميطات ١ن = ٢س = ١٢ كروموسومًا.

أنواع التضاعف

تعرف جميع النباتات التى تحتوى على عدد من الكروموسومات – يختلف عن ضعف العدد الأساسى – بأنها متضاعفة polypolid.

وتقسم حالات التضاعف ploidy (أو polyploidy) إلى فئتين، كما يلى:

١ – التعدد الكروموسومى غير التام:

لا تحتوى النباتات – التى توجد بها ظاهرة التعدد الكروموسومى غير التام Aneuploidy – على مضاعفات العدد الأساسى للكروموسوم؛ كأن ينقصها – مثلاً – كروموسوم أو أكثر، أو يزيد فيها كروموسوم أو أكثر عن مضاعفات العدد الأساسى.

٢ – التعدد الكروموسومى التام:

تحتوى النباتات التى توجد بها ظاهرة التعدد الكروموسومى التام Euploidy على هيئة كروموسومية واحدة، أو أية مضاعفات للهيئة الكروموسومية غير الحالة الثنائية العادية.

هذا .. وتقسم حالات التعدد الكروموسومى التام – بدورها – إلى فئتين رئيسيتين، هما:

أ – التعدد الذاتى:

يتضمن التعدد أو التضاعف الذاتى كل الحالات التى يحتوى فيها الفرد على هيئة كروموسومية واحدة، أو أية مضاعفات للهيئة الكروموسومية ذاتها غير الحالة الثنائية العادية (موضوع الفصل الثانى عشر).

ب – التعدد الهجينى:

يتضمن التعدد أو التضاعف الهجينى كل الحالات التى يحتوى فيها الفرد على هيئتين كروموسومتين كاملتين – أو أكثر من هيئتين كروموسومتين – من نوعين نباتين مختلفين أو أكثر من نوعين (موضوع الفصل الثالث عشر).

ويبين جدول (١١-١) مجموعات من بعض الأنواع النباتية القريبة من بعضها، والتى يتواجد فيها العدد الأحادى والعدد الثنائى للكروموسومات فى نسبة رياضية تشكل كل منها سلسلة متضاعفة.

جدول (١١-١): مجموعات النباتات القريبة من بعضها، والتى يتواجد فيها العدد الأحادى والعدد الثنائى للكروموسومات فى نسب رياضية تشكل كل منها سلسلة متضاعفة.

النوع	العدد الكروموسومى للجاميطات (n)	العدد الكروموسومى الأساسى (x)	العدد الكروموسومى بالخلايا الجسمية (2n)
Avena strigosa	٧	٧	2n = 2x = 14
A. barbata	١٤	٧	2n = 4x = 28
A. sativa	٢١	٧	2n = 6x = 42
Gossypium arboreum	١٣	١٣	2n = 2x = 26
G. hirsutum	٢٦	١٣	2n = 4x = 52
Nicotiana sylvestris	١٢	١٢	2n = 2x = 24
N. tabacum	٢٤	١٢	2n = 4x = 48
Triticum monococcum	٧	٧	2n = 2x = 14
T. turgidum	١٤	٧	2n = 4x = 28
T. aestivum	٢١	٧	2n = 6x = 42
Festuca pratensis	٧	٧	2n = 2x = 14
F. arundinacea var. *glaucescens*	١٤	٧	2n = 4x = 28
F. arundinacea var. *genuina*	٢١	٧	2n = 6x = 42

انتشار ظاهرة التضاعف فى المملكة النباتية

تنتشر ظاهرة التضاعف انتشارًا كبيرًا فى المملكة النباتية، وبخاصة فى المحاصيل الاقتصادية المهمة، مثل القمح، والقطن، والبطاطس، والكاسافا، والتبغ. وتقدر نسبة

النباتات المتضاعفة بنحو ٣٠-٣٥٪ من مغطاة البذور. وترتفع هذه النسبة إلى ٧٠٪ بين النجيليات.

تظهر النباتات المتضاعفة فى الطبيعة بمحض الصدفة، فمثلاً .. تتكون النباتات التى ينقص منها كروموسوم، أو يزيد فيها كروموسوم عند حدوث خلل فى الانقسام الميوزى (فى الحالات التى لا تنفصل فيها الكروموسومات الشبيهة عن بعضها البعض Nondisjunction) يؤدى إلى تكوين جاميطات بها ن-١، أو ن + ١ من الكروموسومات. كما تظهر حالات التضاعف الكروموسومى التام عند حدوث خلل فى الانقسام الميوزى، يؤدى إلى تكوين جاميطات بها ٢ن من الكروموسومات.

ظاهرة العقم فى النباتات المتضاعفة

تنتشر ظاهرة العقم فى كثير من الأنواع المتضاعفة، وكذلك فى كثير من حالات التعدد الكروموسومى غير التام؛ وهو ما يكون مرده إلى أى من الأسباب التالية:

١ - عدم الانتظام السيتولوجى cytological irregularities:

من أهم حالات عدم الانتظام السيتولوجى عدم انفصال الوحدات عديدة الكروموسومات التى تتكون أثناء الانقسام الاختزالى؛ الأمر الذى يحدث فى كل النباتات الرباعية التضاعف تقريبًا، وكذلك فقد بعض الكروموسومات فى الطورين الانفصاليين الأول والثانى، وعدم تكون خيوط المغزل بشكل طبيعى .. وجميع تلك الحالات تؤدى إلى تكوين جاميطات غير متوازنة وأقل خصوبة من الجاميطات العادية.

٢ - مسببات وراثية genetic causes:

قد يحدث العقم نتيجة لعوامل فسيولوجية غير معروف طبيعتها - إن كانت محكومة وراثيًا - تؤدى إلى التأثير على التوازن الجينى الدقيق.

٣ - اضطرابات فسيولوجية physiological disturbances:

تنشأ معظم الاضطرابات الفسيولوجية نتيجة لاختلال نسبة السطح الخارجى للخلايا إلى أحجامها؛ مما يؤثر فى امدادتها من الغذاء؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى تقليل عدد الأزهار المتكونة، وعدد حبوب اللقاح بكل متك، مع زيادة نسبة المتوك المتشوهة، والأزهار غير العاقدة ... إلخ.

٤ – إخصاب البويضات:

قد يرجع عدم عقد البذور إلى عدم إخصاب البويضات (عن Chopra ٢٠٠٠).

أعداد الكروموسومات فى النباتات

تظهر فى جدول (١١–٢) قائمة بأعداد الكروموسومات فى الخلايا الجسمية (٢ن)، وفى الهيئة الكروموسومية الواحدة (x) لبعض المحاصيل الاقتصادية. أما أعداد الكروموسومات فى بقية النباتات .. فيمكن الرجوع إليها فى كل من Hayes وآخرين (١٩٥٥)، و Purseglove (١٩٧٢، و ١٩٧٤)، و Simmonds (١٩٧٩).

جدول (١١–٢): أعداد الكروموسومات فى بعض المحاصيل الاقتصادية (عن Elliott ١٩٥٨، و Darrow ١٩٦٦، و Edmond وآخرين ١٩٧٥، و Welsh ١٩٨١، و Hawkes ١٩٨٣).

المحصول	العدد الأساسى (س)	العدد فى الخلايا الجسمية (٢ن)
المحاصيل الحقلية:		
الذرة	١٠	٢٠
البرسيم الحجازى	٨	٣٢
الفول السودانى	١٠	٤٠
التبغ المزروع	١٢	٤٨
القطن الآسيوى	١٣	٢٦
القطن upland	١٣	٥٢
الشوفان المزروع	٧	٤٢
القصب		٨٠
الشعير	٧	١٤
قمح الخبز (السداسى)	٧	٤٢
القمح durum (الرباعى)	٧	٢٨
الفاكهة:		
التفاح	١٧	٥١،٣٤
جنس ذوات النواة الحجرية *Prunus*	٨	٤٨،٣٢،٢٤،١٦
الموالح	٩	٣٦،٢٧،١٨
العنب	١٩	٧٦،٤٠،٣٨
الموز	١١	٣٣،٢٢ للنوع المزروع، ٤٤

تابع جدول (١١-٢):

المحصول	العدد الأساسى (س)	العدد فى الخلايا الجسمية (٢ن)
اللوز	٨	١٦
الكريز الحامضى	٨	٣٢
الكريز الحلو	٨	١٦
الكمثرى	١٧	٣٤، ٥١
الخضر:		
جنس الفراولة *Fragaria*	٧	١٤، ٢١، ٢٨، ٣٥، ٤٢، ٤٩، ٥٦ للنوع الزروع، ٦٣، ٧٠ حتى ٢ن = ١٦س
جنس البطاطس *Solanum*	١٢	٢٤، ٣٦، ٤٨ للنوع الزروع، ٦٠، ٧٢، ٩٦
البطاطا	١٥	٩٠
جنس الطماطم *Lycopersicon*	١٢	٢٤
جنس الكرنبيات *Brassica*	٩، ١٠	١٨ ، ٣٦ ، ٢٠ ، ٥٦
الكاسافا (٤س)		
القلقاس (٢س، ٣س)		
الزهور ونباتات الزينة:		
الورد	٧	١٤، ٢٨، ٣٥، ٤٢، ٥٦
الأقحوان	٩	١٨، ٣٦، ٥٤، ٧٢، ٩٠
الزنبق	١٢	٢٤، ٣٦، ٤٨
الداليا	٨	٣٢، ٦٤
بسلة الزهور	٧	١٤

حالات التعدد الكروموسومى غير التام

تُقسم حالات التعدد الكروموسومى غير التام aneuploidy إلى نوعين رئيسيين، هما:

حـالات الإضافـات الكروموسـومية chromosome additions (وفيـها توجـد أعـداد إضافية من كروموسومات نفس الهيئة الكروموسومية الخاصة بالخلايـا الجسـدية للكـائن المعنـى)، وحـالات النقـص الكروموسـومى chromosome deletions (وتنقـص فيـها كروموسومات كاملة من الهيئة الكروموسومية الكاملة الخاصة بالخلايا الجسـمية للكـائن

المعنى)، ولكنها تبقى – دائمًا – فى حدود التعدد غير التام ؛ أى لا يتضمن النقص أو الزيادة هيئة كروموسومية كاملة. ويعطى جدول (١١–٣) بيانًا يجمع حالات التعدد الكروموسومى غير التام التى قد تظهر فى الأفراد العادية، وهى التى نتناولها بالشرح فيما تبقى من هذا الفصل.

جدول (١١–٣): أنواع التعدد الكروموسومى غير التام **aneuploidy** للأفراد الثنائية العدد الكروموسومى **diploid** (أو **disomic** أو **2n**) العادية.

حالة التعدد غير التام	عدد الكروموسومات [أ]
الإضافات الكروموسومية chromosome additions	
primary trisomic	2n + 1A
double trisomic	2n + 1A + 1B
tetrasomic	2n + 2A
secondary trisomic	2n + isochrosome A
telosomic trisomic	2n + telocentric A
tertiary trisomic	2n + interchange A
النقص الكروموسومى chromosome deletions	
monosomic	2n - 1A
nullisomic	2n - 2A
double monosomic	2n - 1A - 1B
monoisodisomic	2n - 2A + isochromosome A
monotelosomic	2n - 2A + telocentric A

أ – A، و B كروموسومان مختلفان من الهيئة الكروموسومية. ويشير الرقم السابق للحرف إلى عدد نسخ الكروموسومات التى توجد فى الفرد ذات التضاعف الكروموسومى غير التام.

وبالإضافة إلى ما يتضمنه جدول (١١–١) من مختلف الحالات للتعدد الكروموسومى غير التام، فإنه قد يتوفر – أحيانًا – حالات أخرى تعرف باسم polysomics، يتكرر فيها أحد كروموسومات الهيئة الكروموسومية – أكثر من مرتين – عما يوجد – عادة – فى الفرد العادى، كما فى الـ pentasomics (وهى: 2n + 3A)، والـ hexasomics (وهى: 2n + 4A) ... وهكذا.

ونقدم - فيما يلي - توضيحًا - لبعض المصطلحات التي وردت في الجدول:

● يُعرف الـ isochromosome باسم الكروموسوم المتماثل الزراعيين، نظرًا لأنه يحتوى على ذراعين متماثلين حول السنترومير بدلاً من ذراعية العاديين المختلفين.

● أما الكروموسوم الـ telocentric فإنه يحتوى على ذراع كروموسومى يوجد السنترومير فى نهايته.

● وبالمقارنة .. فإن الكروموسوم الـ tertiary يحتوى على أجزاء من كروموسومين مختلفين، بسبب حدوث ظاهرة الانتقال التبادل reciprocal translocation.

● ويحتوى الكروموسوم الـ telocentric على ذراع كروموسومى واحد؛ أى إن الأفراد الـ monotelosomics ينقصها نسخة من ذراع أحد الكروموسومين، ونسختا الذراع الآخر (عن Fehr ١٩٨٧).

الأحادية الكروموسوم

تعريف الحالات الأحادية الكروموسوم

تحتوى النباتات الأحادية الكروموسوم monosomiscs على كروموسوم واحد أقل مما فى الحالة العادية (٢ن-١). وقد دُرِسَتْ أفراد من هذا النوع فى القمح، والتبغ، وبعض النباتات الأخرى التى توجد بها ظاهرة التعدد الكروموسومى التام، ولكنها نادرًا ما توجد فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية (التى يكون فيها ٢ن = ٢س)؛ لأن نقص كروموسوم كامل فى مثل هذه النباتات يؤدى إلى عقمها، وغالبًا ما يؤدى إلى موتها. أما فى النباتات المتضاعفة كالقمح .. فإن النقص فى كروموسوم كامل لا يكون له تأثير كبير فى الفرد؛ حيث يقوم التكرار الموجود فى الهيئة الكروموسومية مقام الكروموسوم المفقود.

وتتوفر مجموعات كاملة من الـ monosomics (ينقص كل منها أحد كروموسومات الجينوم المحصول) فى كل مما يلى (عن Chahal & Gosal ٢٠٠٢).

المحصول	٢ن	عدد الـ monosomics
الهُرطُومان (الزمير) *Avena sativa*	٤٢	٢١
التبغ *Nicotiana tabacum*	٤٨	٢٤
القمح *Triticum aestivum*	٤٨	٢١

الوراثة السيتولوجية للنباتات الأحادية الكروموسوم

نجد عند الانقسام الاختزالى أن النباتات التى ينقصها كروموسوم واحد (الـ monosomics) تكون نوعان من الجاميطات، هما: n، و n-1، يفترض أن تكون نسبتهما ١:١، ولكن غالبًا ما يفقد الكروموسوم الذى لا يوجد له نظير؛ مما يؤدى إلى زيادة نسبة الجاميطات الـ n-1 عن النسبة المتوقعة. ويؤدى تزاوج النوعيات المختلفة من الجاميطات إلى تكوين نباتات 2n، وأخرى 2n-1، وثالثة 2n-2 إلا أن الأخيرة قد لا يكتمل نمو وتكوين أجنتها.

وتجدر الإشارة إلى أن فقد أحد الكروموسومات من الجاميطة يؤثر على خصوبتها وحيويتها، ولكن هذا التأثير يكون أقوى كثيرًا فى حبوب اللقاح عما فى البويضات؛ مما يعطى البويضات التى ينقصها أحد الكروموسومات فرصة أكبر لأن تخصب بحبوب لقاح عادية عن فرصة تخصيبها بحبوب لقاح ينقصها أحد الكروموسومات؛ وبذا .. تقل كثيرًا فرصة تكوين زيجوتات 2n-2.

استخدامات النباتات الأحادية الكروموسوم

تستخدم النباتات الأحادية الكروموسوم فى تحديد الكروموسومات التى توجد بها مختلف الجينات؛ نظرًا لأنها تعطى انعزالات غير عادية بالنسبة للجينات التى توجد على الكروموسوم الناقص. كما استخدمت النباتات الأحادية فى إحلال كروموسوم محل آخر، ويتم الإحلال بالتلقيح الرجعى للسلالة الأحادية الكروموسوم. وقد يكون الكروموسوم الجديد – الذى يحل محل الكروموسوم الناقص – من نفس النوع أو الجنس النباتى، أو من نوعٍ أو جنس آخر.

أولاً: تحديد الكروموسومات الحاملة للجينات

تستخدم الـ monosomics فى التعرف على الكروموسوم الحامل لأى جين، ويتطلب الأمر توفر monosomics من جميع كروموسومات الهيئة الكروموسومية – تكون سائدة فى الجين المعنى – وتلقح كأمهات بنباتات ثنائية عادية متنحية أصيلة فى ذلك الجين؛ حيث نحصل من مختلف التلقيحات إما على أفراد سائدة خليطة (Aa مثلاً) فى الجين المعنى (عندما لا يكون الجين المعنى على الكروموسوم الناقص بالـ

monosomic)، وإما على أفراد سائدة خليطة (Aa) وأخرى متنحية a) hemizygous فقط) بنسبة ١ : ١ (عندما يكون الجين المعنى محمولاً على الكروموسوم الناقص من الهيئة الكروموسومية بالـ monosomic).

أما إذا كان الجين المحمول على مختلف الـ monosomics متنحيًا (سواء أكانت تلك الأفراد homozygous، أم hemizygous)، فإن تلك الـ monosomics تلقح – كأمهات – بفرد سائد أصيل فى الجين المعنى، حيث تكون جميع نباتات الجيل الأول حاملة للصفة السائدة، إلاّ أن الانعزال فى الجيل الثانى هو الذى يحدد الكروموسوم الحامل لهذا الجين، حيث تنعزل جميع أفراد الجيل الأول التى نتجت من التلقيح مع الـ monosomic التى لا ينقصها الكروموسوم الحامل لهذا الجين (وهى التى يكون تركيبها الوراثى Aa) بنسبة ٣ سائد : ١ متنحى، بينما تعطى نصف أفراد الجيل الأول التى نتجت من التلقيح مع الـ monosomic التى ينقصها الكروموسوم الحامل لهذا الجين (والتى تكون hemizygous، أى A فقط) أفرادًا سائدة فى الصفة، فى الوقت الذى ينعزل فيه النصف الآخر (ذات التركيب الوراثى Aa) بنسبة ٣ سائد : ١ متنحى (عن Fehr ١٩٨٧).

ثانيًا: إحلال كروموسوم محل آخر

يمكن استخدام النباتات الأحادية الكروموسوم فى إنتاج سلالات يحل فيها كروموسوم كامل محل كروموسوم آخر، وتعرف السلالات الناتجة باسم specific chromosome substitution lines.

ويطلق على نقل كروموسومات كاملة من أحد الأصناف إلى صنف آخر من نفس النوع النباتى، أو من نوع آخر اسم chromosome substitution، وقد تم تحقيق ذلك بالاستعانة بكل من: الـ monosomics، والـ nullisomics، والـ monotelosomics، والـ monoisodisomics. ولقد طورت تقنيات هذا النقل الكروموسومى فى القمح أولاً، ثم طبقت على محاصيل أخرى.

ويعرف التركيب الوراثى الذى يحتوى على كروموسوم زائد أو كروموسومين كاملين زائدين من نوع آخر باسم alien addition line. أما الـ alien substitution line ففيها

يحل كروموسوم كامل من أحد الأنواع أو كروموسومين كاملين محل كروموسوم كامل أو كروموسومين فى نوع آخر.

وتعرف طريقتان رئيسيتان لإنتاج سلالات يحل فيها كروموسوم كامل محل كروموسوم آخر باستخدام النباتات الأحادية الكروموسوم، هما:

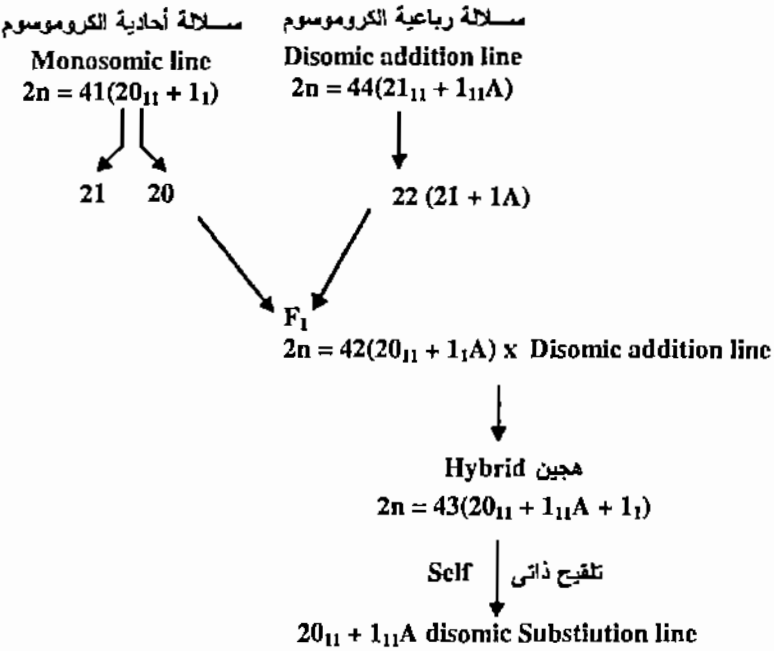
١ - تلقح السلالة الأحادية الكروموسوم كأم (لأن البويضات فقط هى التى تبقى محتفظة بحيويتها عندما ينقصها أحد الكروموسومات، بخلاف حبوب اللقاح التى تفقد حيويتها إن لم تكن كاملة العدد الكروموسومى) بلقاح نبات عادى، على أن يكون الكروموسوم الناقص فى الـ monosomic هو المطلوب استبداله بآخر. ويتبع ذلك تلقيح النسل رجعيًا إلى الـ monosomic - لمدة ستة إلى ثمانية أجيال - حتى يتم استعادة معظم جينات الأب الرجعى، ثم يلقح النسل الناتج ذاتيًا لعزل السلالة الجديدة التى تحتوى على كروموسوم كامل حلَّ محل الكروموسوم الناقص فى السلالة الـ monosomic الأصلية.

٢ - تلقيح السلالة الأحادية الكروموسوم 2n-1 مع سلالة 2 + 2n (شكل ١١-١). تُنتج السلالة التى ينقصها الكروموسوم نوعين من الجاميطات، هما n، و n-1، بينما تُنتج السلالة 2 + 2n نوعًا واحدًا من الجاميطات يكون n + A، حيث يشير A إلى الكروموسوم الزائد مرتان فى السلالة 2 + 2n. تُنتخب نباتات الجيل الأول التى تنتج من اتحاد جاميطة n-1 مع جاميطة n + A، وتلقح مرة أخرى مع السلالة 2 + 2n، حيث يعطى الهجين الناتج من هذا التلقيح أربعة أنواع من الجاميطات، هى: (n-1)، و (n)، و (n-1 + A)، و (n + A)، ويتم انتخاب الهجين الذى ينتج من تزاوج جاميطة (n-1 + A) وجاميطة (n + A)، حيث يلقح ذاتيًا ويستعمل كسلالة disomic substition line.

إن نتائج الدراسات التى استبدل فيها كروموسوم كامل من أحد الأنواع بآخر من نوع برى لم تكن مرضية؛ حيث غالبًا ما يحتوى الكروموسوم المنقول من نوع برى عديدًا من الجينات الأخرى غير المرغوب فيها، ولا تعرف سوى سلالة واحدة ناجحة تجاريًا من هذا القبيل تعرف باسم ويكى weique، وفيها حل زوج من كروموسومات النوع *Agropyron intermedium* محل زوج من كروموسومات القمح (عن Agrawal ١٩٩٨).

الأحادية/الثنائية الكروموسوم

تحتوى النباتات الأحادية – الثنائية الكروموسوم Monoisodisomics على كروموسوم متماثل الذراعين isochromosome مكان أحد أزواج الكروموسومات؛ ويعنى ذلك أن نصف الكروموسوم المكرر فى هذا الكروموسوم يكون مماثلاً مرتين، بينما يختفى – تمامًا – النصف الآخر بما يوجد عليه من جينات.



شكل (١١–١): تخطيط التلقيحات التى تلزم لإنتاج سلالة يحل فيها كروموسوم كامل محل آخر، باستخدام كل من النباتات الثنائية والرباعية الكروموسوم.

غائبة الكروموسومين

تعريف الحالات الغائبة الكروموسومين

إن الأفراد الغائبة الكروموسومين Nullisomics هى التى يغيب فيها زوج كامل من الكروموسومات المتماثلة؛ أى تكون (٢ن–٢)، وتنشأ عندما تخصب بيضة (ن–١) بحبة لقاح (ن–١). لم يمكن إنتاج الأفراد غائبة الكروموسومين إلا فى النباتات المتضاعفة؛ لأن عمل زوج الكروموسومات الناقص يمكن أن تقوم به – جزئيًا – الكروموسومات الأخرى

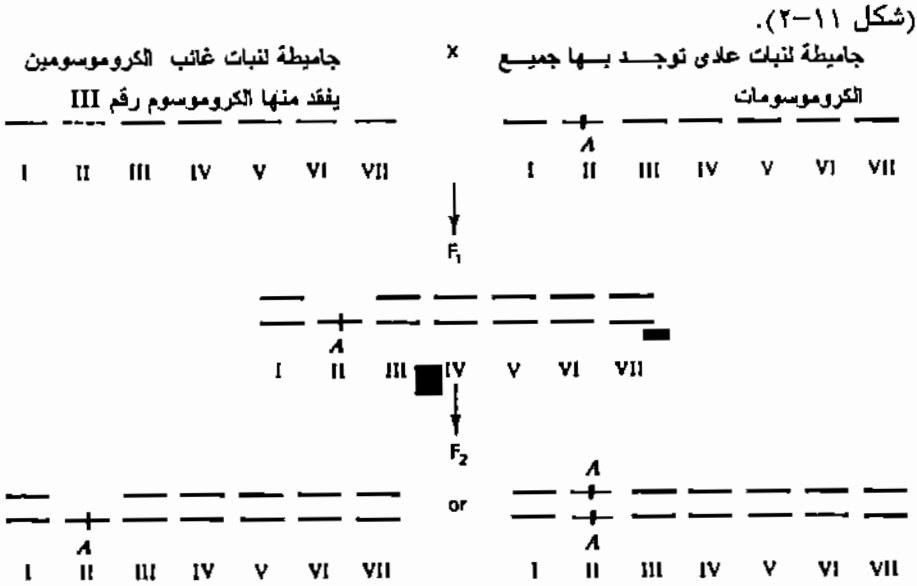
المثيلة homologus فى حالة التضاعف الذاتى، أو الكروموسومات المناظرة من الهيئة الكروموسومية الأخرى homeologus فى حالة التضاعف الهجينى.

وتكون النباتات غائبة الكروموسومين – مثل بقية النباتات ذات التعدد الكروموسومى غير التام – أضعف نموًا من النباتات الثنائية العادية، وغير ثابتة وراثيًا، ويكون انقسامها الاختزالى غير متوازن، لذا .. فإنها تكون على درجة عالية من العقم، وتكون عديمة القيمة كأصناف تجارية.

استخدامات النباتات الغائبة الكروموسومين

يستفيد المربى من النباتات الغائبة الكروموسومين، فيما يلى:

١ – تحديد الكروموسومات التى تحمل الجينات المختلفة (لأن وراثة الصفات فيها تشذ عن النسب العادية، عندما تكون الجينات محمولة على زوج الكروموسوم الغائب (شكل ١١–٢).



تنعزل جميع الكروموسومات طبيعيًا ما عدا رقم II. لا يحدث انعزال فى الجين A وهو ما يدل على أن هذا الجين يحمل على الكروموسوم رقم II.

شكل (١١–٢): استعمال الأفراد الغائبة الكروموسومين فى تحديد الكروموسوم الحامل لجين معين. يفترض أن حالة غياب الكروموسوم لا تنتقل عن طريق الأم (عن Welsh ١٩٨١).

٢ – نقل وإحلال كروموسومات كاملة – تحمل جينات مرغوبًا فيها – من نفس النوع أو من نوع، أو جنس آخر بطريقة التهجين. ويطلق على السلالات التى يحل فيها زوجًا أحد الكروموسومات من أحد الأنواع محل زوج شبيه من نوع آخر اسم Alien Substitution Lines، وهى غالبًا ما تختلف فى صفاتها – بشدة – عن النوع الأصلى.

٣ – تحديد درجة التماثل بين الكروموسومات

تحدد درجة التماثل homoelogy بين الكروموسومات، ويتم التعرف على مجموعات الكروموسومات المتماثلة homoelogus groups، وذلك بالاستعانة بالـ nullisomics المختلفة للمحصول الواحد واستكمال العدد الكروموسومى لها بأزواج كروموسومية مختلفة من النوع الذى يُراد تحديد درجة تماثله الكروموسومى مع كروموسومات المحصول المعنى. وتتحدد درجة التماثل من ملاحظة شدة التقارن بين أزواج الكروموسومات المعنية أثناء الانقسام الاختزالى، بالإضافة إلى مقارنة صفات المحصول العادى بسلالة المحصول الـ nullisomic وسلالته التى استبدل فيها زوج الكروموسومات الناقص فى الـ nullisomic بالزوج الجديد. وتعد الكروموسومات أكثر تماثلاً كلما قربت صفات السلالة الأخيرة مع صفات المحصول العادى بدرجة أكبر من تقاربها مع صفات السلالة الـ nullisomic (عن Fehr ١٩٨٧).

أحادية الكروموسوم المزدوجة

إن الفرد الأحادى الكروموسوم المزدوج Double Monosomic ينقصه كروموسومان غير متماثلين non-homologus؛ أى يكون (٢ن–١–١). ولا تتوفر هذه الحالة إلا فى النباتات المتضاعفة، وينطبق عليها كل ما سبق ذكره بالنسبة للأفراد غائبة الكروموسومين.

الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى

تعريف الحالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى

تحتوى الخلايا الجسمية للأفراد الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى Primary Trisomics على كروموسوم واحد زائد على الحالة الثنائية العادية (٢ن+١)؛ أى يكون فيها أحد الكروموسومات ممثلاً ثلاث مرات. تنعزل الكروموسومات فى أثناء الانقسام

الاختزالى الأول فى مثل هذه النباتات – عادة – بتوجه كروموسومين متماثلين إلى قطب، وتوجه الكروموسوم الثالث المماثل إلى القطب المضاد. ويتوقف ذلك على الاقتران الكروموسومى الذى يكون – عادة – على هيئة وحدة ثلاثية الكروموسوم trivalent.

تنتقل الحالة ثلاثية الكروموسوم عن طريق الأمهات لأن الكروموسوم الزائد يكون – عادة – مميتًا لحبوب اللقاح. وعند تكوّن الجاميطات المؤنثة فى نبات ثلاثى الكروموسوم .. يتوقع أن تكون نصف البيضات طبيعية؛ أى تحتوى على العدد الأحادى (ن) من الكروموسومات، والنصف الآخر يحتوى على (ن+١) من الكروموسومات. وعندما تخصب البيضات بحبوب لقاح تحتوى على (ن) من الكروموسومات .. فإن النسل الناتج يكون من طرازين، أحدهما ثنائى الكروموسوم (٢ن)، والآخر ثلاثى الكروموسوم (ن+١)؛ وعليه .. فإنه يتوقع انتقال الحالة ثلاثية الكروموسوم إلى النسل بنسبة النصف، إلا أنها تكون – فى الحقيقة – أقل من النصف، ويرجع ذلك إلى أن الكروموسوم الزائد قد يفقد – أحيانًا – فى أثناء الانقسام الاختزالى؛ ولهذا السبب .. فإن النباتات ثلاثية الكروموسوم تكون غير ثابتة وراثيًا، وتعود – تدريجيًا – إلى الحالة الثنائية، إلا إذا حوفظ عليها بالانتخاب.

انتشار الحالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى

لوحظت النباتات ثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى فى كثير من النباتات؛ مثل الداتورة، والطماطم، والذرة، والقمح، والتبغ.

ولقد أمكن فى بعض النباتات إنتاج عدد من الطرز ثلاثية الكروموسوم، مساو لعدد الكروموسومات فى الهيئة الكروموسومية للنوع. وكانت بداية الدراسات التى من هذا النوع على نبات الداتورة؛ حيث تمكن Blackslee من التعرف على ١٢ سلالة طبيعية ثلاثية الكروموسوم، تمثل كل منها كروموسومًا زائدًا من الأثنى عشر كروموسومًا التى تضمها الهيئة الكروموسومية للداتورة.

كما ذكر Rick (١٩٨٧) مواصفات اثنتى عشرة سلالة مماثلة ثلاثية الكروموسوم فى الطماطم، علمًا بأن الطماطم تحتوى – هى الأخرى – على اثنى عشر زوجًا من الكروموسومات. وفى جميع الحالات .. كانت لكل سلالة ثلاثية الكروموسوم صفات

مورفولوجية خاصة، تميزها عن النباتات الثنائية العادية، وعن غيرها من السلالات الثلاثية الكروموسوم ... إلا أن السمة المميزة الغالبة عليها جميعًا كان ضعف وبطء النمو.

ولقد لخص Chahal & Gosal (٢٠٠٢) المحاصيل التى تتوفر فى مجموعات كاملة من السلالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى، فيما يلى:

المحصول	٢ن	عدد الـ monosomics
الشعير	١٤	٧
الفلفل	٢٤	١٢
الزمير	٤٢	٢١
الأرز *O. sativa*	٢٤	١٢
الدخن *Sorghum vulgare*	٢٠	١٠
الطماطم	٢٤	١٢
القمح *Triticum aestivum*	٤٢	٢١

استخدامات النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى

يستفيد المربى من النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الأولى، فيما يلى:

١ – تحديد الكروموسومات الحاملة لجينات معينة:

يُستفاد من النباتات ثلاثية الكروموسوم فى تحديد الكروموسومات الحاملة لجينات معينة. ويجرى ذلك – بالنسبة لإحدى الصفات – بتلقيح نبات يحمل هذه الصفة بحالة متنحية أصيلة (aa) مع جميع السلالات ثلاثية الكروموسوم الممكنة من هذا النوع، على أن تكون جميعها أصيلة فى الآليل السائد A، ثم تنتج بذور الجيل الثانى لكل تلقيح، وتزرع لدراسة الصفة فى مختلف عشائر الجيل الثانى.

يلاحظ أن انعزال الصفة يكون عاديًّا، وبنسبة ٣ سائدًا: ١ متنحيًّا فى جميع عشائر الجيل الثانى، فيما عدا واحدة منها، هى التى تنتج من التلقيح مع السلالة الثلاثية الكروموسوم التى يُحمل الجين المدروس على كروموسومها المكرر بحالة ثلاثية؛ إذ يكون التركيب الوراثى لهذه السلالة AAA، ويكون التركيب الوراثى لبعض نباتات الجيل

الأول Aa، وبعضها الآخر AAa. والنوع الثانى من النباتات هو الذى يعطى انعزالات غير طبيعية فى الجيل الثانى؛ لأنها تنتج نوعين من الجاميطات، يكون بأحدهما (ن)، بالآخر (ن+١) من الكروموسومات. ولا تظهر الأفراد التى تحمل الصفة المتنحية فى الجيل الثانى إلا إذا لقحت بيضة (ن) تحمل الآليل (a) بحبة لقاح مماثلة، وهى تتكون – نظريًا – بنسبة ١ متنحية: ٣٦ سائدة. وبرغم أن نسبة كبيرة من الجاميطات التى تحمل كروموسومًا زائدًا (ن+١) تكون عقيمة – وهو ما يترتب عليه أن تكون معظم الجاميطات المتكونة ثنائية (٢ن) – إلا أن نسبة النباتات المتنحية الأصيلة aa تبقى أقل بكثير مما فى عشائر الجيل الثانى للطرز الأخرى الثلاثية الكروموسوم.

٢ – نقل أجزاء من كروموسوم أحد الأنواع إلى نوع خر:

من الممكن نقل أجزاء من كروموسوم أحد الأنواع إلى نوع آخر، كما حدث عندما نقلت صفة المقاومة للصدأ من *Aegilops umbellulata* إلى القمح بالاستعانة بـ alien addition line كانت تحتوى على كروموسوم كامل إضافى من *A. umbellulata*؛ وبالمعاملة بأشعة إكس .. أمكن إحداث كسورًا فى هذا الكروموسوم الزائد، حتى أمكن الاحتفاظ بقطعة صغيرة منه فقط فى جيرمبلازم القمح كانت تحتوى على الجين المسئول عن المقاومة للصدأ (عن Fehr ١٩٨٧).

٣ – زيادة نسبة النباتات ذات الأزهار المزدوجة فى المنثور:

يوجد نوعان من الأزهار فى المنثور، ينتج أحدهما أزهارًا مفردة، وينتج الآخر أزهارًا مزدوجة. والنوع الثانى هو المرغوب تجاريًا، وهو خال من أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث، ويكثر من بذور منتجة على نباتات تحمل أزهارًا مفردة. وقد وجدت ثلاثة طرز من النباتات ذات الأزهار المفردة، تختلف فيما تنتجه عند تلقيحها ذاتيًا كما يلى: طراز يكون نسلة الناتج من التلقيح الذاتى ذا أزهار مفردة فقط، وطراز آخر ينعزل فيه النسل بنسبة (١) ذا أزهار مزدوجة: (٣) ذا أزهار مفردة، وطراز ثالث تكون فيه ٥٤–٥٦٪ من النباتات التى تنتج من تلقيحه ذاتيًا ذات أزهار مزدوجة. ومن الطبيعى أن الطراز الثالث هو الطراز الذى يفضل استخدامه فى إنتاج البذور، ويطلق عليه اسم ever sprouting؛ بسبب النسبة العالية للنباتات ذات الأزهار المزدوجة التى تظهر فى النسل.

وقد اقتُرِحَ لتفسير هذه الحالة وجود جين مميت متنحٍ، يؤدى إلى موت نصف حبوب

اللقاح، ونحو ٦-٨٪ من البويضات، وأن هذا الجين يحمل على نفس الكروموسوم الذى يحمل عليه الجين الذى يتحكم فى حالة الأزهار المفردة، وهو جين سائد؛ وعليه .. فإن النباتات ذات الأزهار المفردة إما أن تكون أصيلة، وإما أن تكون خليطة فى الصفة. وتنتج الأفراد الأصيلة نباتات ذات أزهار مزدوجة فقط (أى إنها تكون من الطراز الأول)، وتنتج الأفراد الخليطة نباتات ذات أزهار مزدوجة، وأخرى ذات أزهار مفردة، بنسبة ٣ : ١ (أى أنها تكون من الطراز الثانى). أما الطراز الثالث من النباتات ذات الأزهار المفردة (الـ ever sprouting)؛ فقد افترض أنه يكون خليطًا فى كل من الجين المميت والجين الذى يتحكم فى نوع الأزهار، وهى حالة يترتب عليها زيادة نسبة النباتات ذات الأزهار المزدوجة فى النسل إلى ٥٤-٥٦٪.

وقد تبين من الدراسات السيتولوجية التى أجريت على نباتات الطراز الثالث (الـ ever sprouting) أنه توجد بأحد الكروموسومات عقدة knob لا توجد بالكروموسوم المماثل homologus chromosome فى نفس الخلية، وأن وجود هذه العقدة كان ضروريًا لحيوية حبوب اللقاح؛ بمعنى أن حبوب اللقاح التى لا يصل إليها الكروموسوم الذى يحتوى على العقدة لا تنبت. هذا .. بينما تكون جميع البويضات خصبة، سواء احتوت على الكروموسوم ذا العقدة، أم على الكروموسوم الآخر. ويعنى ذلك أن العقدة تحمل الجين الذى يتحكم فى صفة الأزهار المزدوجة - وهو جين متنح - ويؤدى موت حبوب اللقاح التى لا تحمل هذا الجين (وهى الخالية من العقدة) إلى أن يكون نصف النسل أصيلاً فى هذا الجين المتنحى وذا أزهار مزدوجة، والنصف الآخر خليطًا، وذا أزهار مفردة وهى الصفة السائدة. إلا أن نسبة النباتات ذات الأزهار المزوجة تزيد قليلاً على ٥٠٪ (تصل إلى ٥٤-٥٦٪)، ربما بسبب موت بعض البويضات التى تخلو من الكروموسوم ذى العقدة.

وقد وجد نبات من الطراز الثالث كانت أوراقه ضيقة جدًا، وقد أنتج هذا النبات لدى تلقيحه ذاتيًا نسلاً كانت ٤٧٪ من نباتاته ذات أزهار مفردة، و ٥٣٪ ذات أزهار مزدوجة، وهى النسبة العادية. وقد كانت ٣٧٪ من نباتات النسل ذات أوراق ضيقة وضعيفة النمو، وكانت النباتات الباقية طبيعية الأوراق، إلا أنها ضمت - فيما بينها - ٩٠٪ من النباتات ذات الأزهار المزدوجة.

ونظرًا لأن النباتات ذات الأوراق الضيقة يمكن التعرف عليها بسهولة، حتى وهى فى طور البادرة؛ لذا .. فإنه يمكن التخلص منها بسهولة فى هذه المرحلة من النمو؛ لتتبقى - بعد ذلك - النباتات ذات الأوراق الطبيعية فقط، وهى التى ترتفع فيها نسبة النباتات ذات الأزهار المزدوجة إلى ٩٠٪.

وقد تبين من الدراسات السيتولوجية أن النباتات ذات الأوراق الضيقة .. تحتوى على كروموسوم زائد (٢ن + ١). ويبدو أن هذا الكروموسوم الذى يوجد ممثلاً ثلاث مرات هو الذى يحمل الجين المسئول عن نوع الأزهار؛ كما يبدو أنه يحمل أيضًا الجين المسئول عن صفة الأوراق الضيقة؛ لأنه لم يلاحظ إلا فى هذه النوعية من النباتات. ويتبين من ذلك كيف أن التخلص من النباتات ذات الأوراق الضيقة يؤدى - فى الوقت نفسه - إلى التخلص من معظم النباتات ذات الأزهار المفردة (عن Emsweller وآخرين ١٩٣٧).

الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثانية

تحتوى النباتات ثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثانية Secondary Trisomics على كروموسوم زائد، يكون عبارة عن نصف كروموسوم (ذراع كروموسومى) عادى مكرر مرتين؛ أى إن الكروموسوم الزائد يكون متضاعف الذراعين isochromosome؛ وبمعنى آخر .. فإن الذراع المكرر يكون ممثلاً فى الخلية الواحدة أربع مرات؛ وبذلك .. يتوقع إمكان وجود طرز ثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثانية تساوى ضعف عدد أزواج كروموسومات النوع. وقد اكتشف Blackslee عددًا كبيرًا من هذه الطرز فى الداتورة. والمعادلة العامة لحالة ثلاثى الكروموسوم من الدرجة الثانية هى: (٢ن + ١ ، ١)، أو (٢ن + ٢ ، ٢)؛ حيث تدل الأرقام ١، و ٢ ... إلخ على رقم الكروموسوم الذى يتكرر نصفه.

الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة

تعريف الحالات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة

تنشأ حالة ثلاثى الكروموسوم من الدرجة الثالثة Tertiary Trisomics من انتقال

كروموسومى؛ إذ إن الكروموسوم الزائد يتكون من نصفى كروموسومين غير متماثلين. والمعادلة العامة لهذه الحالة هى: (٢ن + ١ ، ٣)؛ حيث تدل الأرقام ١، و ٣ ... إلخ على أرقام الكروموسومات التى ترتبط أنصافها فى كروموسوم واحد زائد. يتوقع وجود طرز كثيرة جدًا من هذه الحالة فى كل نوع نباتى، وقد حصل Blackslee على بعضها فى الداتورة.

استخدامات النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة

يستخدم المربى النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة – وجميعها حالات لانتقالات كروموسومية – فيما يلى:

١ – الدراسات الوراثية .. مثل تحديد موضع السنتروميرات وغيرها من المعلّمات السيتولوجية بالنسبة للجينات، ومجموعة الارتباط التى ينتمى إليها الجين.

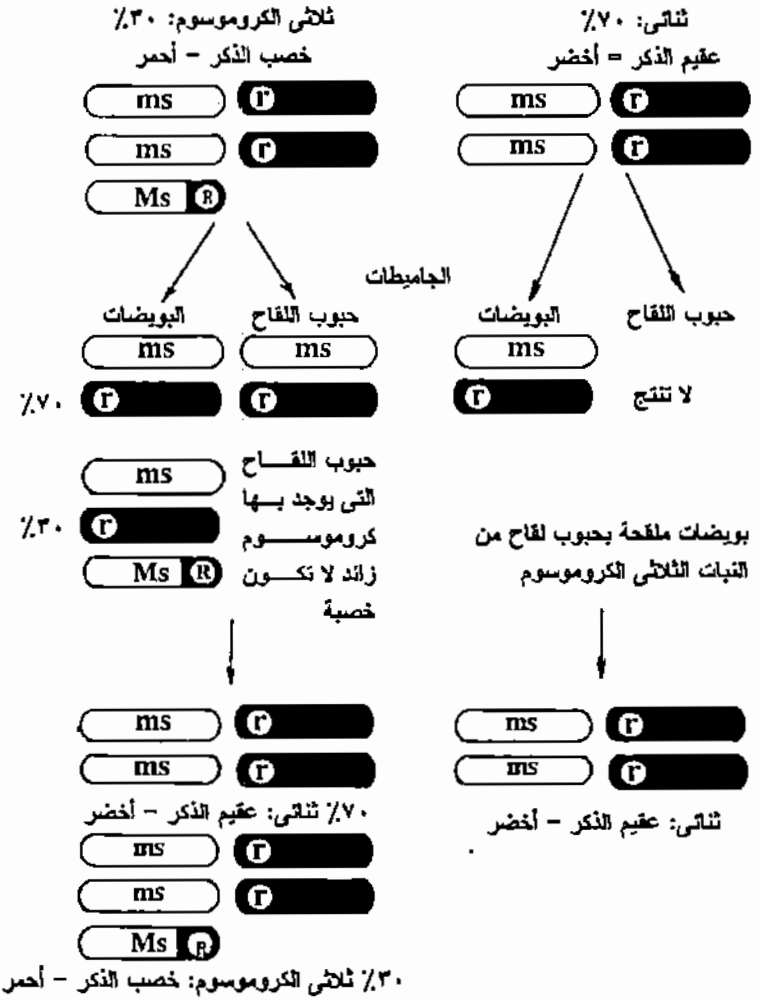
٢ – إنتاج السلالات المرباة داخليًا:

اقترح منذ عام ١٩٦٢ استخدام السلالات التى تحتوى على انتقالات فى جميع كروموسومات الهيئة الكروموسومية فى إنتاج نباتات أصيلة فى خلال جيل واحد، إلا أن تلك الطريقة لم تستعمل فى هذا المجال نظرًا للمشاكل والصعوبات التى تكتنفها.

٣ – إنتاج الهجن وإكثار النباتات العقيمة الذكر:

اقترح استخدام النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة فى إنتاج هجن الشعير، وفى إكثار نباتات الشعير العقيمة الذكر، ويبين شكل (١١–٣) الطريقة التى اقتراحها Ramage، واستخدمها لإنتاج هجن الشعير (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧). ويتطلب الأمر أن يكون طراز الثلاثى الكروموسوم من الدرجة الثالثة متوازنًا Balanced Tertiary Trisomic؛ فيحتوى على آليل العقم الذكرى بصورة متنحية أصيلة (msms) على زوج الكروموسومات الذى يحمل – طبيعيًا – هذا الجين، كما يحمل الآليل السائد لهذا الجين (Ms) على الكروموسوم الزائد. ويعنى ذلك أن النسل الثنائى العادى لهذا النبات يكون – دائمًا – عقيم الذكر، بينما تكون النباتات الخصبة الذكر – دائمًا – ثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة. ويتوزع النسل بينهما – غالبًا – بنسبة ٧٠٪، و ٣٠٪ للنباتات العقيمة الذكر والخصبة الذكر على التوالى. كما يكون كل نسل النباتات الثنائية عقيم الذكر أيضًا.

وحقيقة الأمر أن ١٪ – أو أقل – من نسل النباتات ثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة يكون ثلاثى الكروموسوم من الدرجة الأولى، ولكنها تكون عقيمة الذكر؛ لأن كل كروموسوماتها تحمل الآليل ms. وكما فى جميع الحالات الثلاثية الكروموسوم .. فإن الكروموسوم الزائد لا ينتقل خلال حبوب اللقاح، ويحدث ذلك – على الأقل – فى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية diploids.



شكل (١١–٣): طريقة استخدام النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة المتوازنة Balanced Tertiary Trisomics فى إنتاج هجن الشعير. يراجع المتن للتفاصيل.

وإذا حمل زوج آخر من الكروموسومات الآليل المتنحى (r) الذى يتحكم فى اللون النباتى الأخضر، وحمل الكروموسوم الزائد الآليل الآخر السائد لهذا الجين (R)، الذى يتحكم فى اللون النباتى الأحمر؛ فحينئذ .. تكون كل النباتات الحمراء ثلاثية الكروموسوم، بينما تكون كل النباتات الخضراء ثنائية المجموعة الكروموسومية.

وتحصد النباتات الثلاثية الكروموسوم من خليط النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة والثنائية المجموعة الكروموسومية يدويًا، وتستعمل كمصدر للنباتات الثلاثية الكروموسومات وثنائية المجموعة الكروموسومية فى الموسم التالى. وتحصد النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية المتبقية آليًا، وتستخدم كأم فى حقول إنتاج الهجن. ويتطلب استخدام النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة التوازنة فى إنتاج بذور هجن الشعير – أن ينتج النباتات الثلاثى الكروموسوم حبوب اللقاح بوفرة، وأن تتوفر الظروف البيئية التى تسمح بانتقال حبوب اللقاح إلى النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية العقيمة.

ثلاثية الكروموسوم المزدوجة

يوجد فى النباتات الثلاثية الكروموسوم المزدوجة Double Trisomics كروموسومان، يكون كل منهما ممثلاً ثلاث مرات، والمعادلة العامة لهذه الحالة هى: (٢ن + ١ + ١).

رباعية الكروموسوم

يكون أحد الكروموسومات فى النباتات الرباعية الكروموسوم Tetrasomics ممثلاً أربع مرات، بينما توجد باقى الكروموسومات فى الحالة الثنائية، والمعادلة العامة لذلك هى: (٢ن + ٢). ونظرًا لوجود أربعة كروموسومات متماثلة .. فإنها غالبًا ما تقترن ببعضها؛ لتكون وحدة رباعية الكروموسوم quadrivalent أثناء الدور الضام من الانقسام اليوزى. ويتوجه – غالبًا – زوج من الكروموسومات – من الوحدة الرباعية الكروموسوم – إلى كل قطب؛ وبذا .. يكون النظام ثابتًا وراثيًا، إلا أن النسب الوراثية التى يتحصل عليها تختلف تمامًا عما فى النباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية العادية؛ نظرًا لوجود كل جين على الكروموسوم الزائد ممثلاً أربع مرات. هذا .. وقد تتكون – أحيانًا

– وحدة ثلاثية الكروموسوم، وأخرى أحادية، وقد تتكون وحدة مستقلة ثنائية الكروموسوم من زوج الكروموسوم الزائد؛ لذا .. فإنه تلاحظ – أحيانًا – نسبة من العقم. وتوجد الحالات الرباعية الكروموسوم بكثرة فى النباتات، وتكون مختلفة – مظهريًا – عن قريناتها من النباتات الثنائية المجموعة الكروموسومية العادية، ويطلق عليها اسم Chromosome Addition Lines.

وتوجد حالات رباعية الكروموسوم، يكون فيها زوج الكروموسوم الزائد من نوع نباتى مختلف، وهى التى يطلق عليها اسم Alien Addition Lines وهى تختلف فى مظهرها وفى سلوكها السيتولوجى عن النوع الأول (Chromosome Addition Lines)؛ نظرًا لأن زوج الكروموسوم الزائد لا يقترن بأى من الكروموسومات الأخرى أثناء الانقسام الميوزى، وإنما يكون وحدة إضافية ثنائية الكروموسوم.

متعددة الكروموسوم

يحتوى الفرد المتعدد الكروموسوم Polysomic على أكثر من كروموسومين زائدين من أحد كروموسومات الهيئة الكروموسومية، وهى قد تكون خماسية الكروموسوم Pentasomics (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)، و Burnham (١٩٦٦)، و Swanson وآخرين (١٩٦٧)، و Peloquin (١٩٨١).