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 .

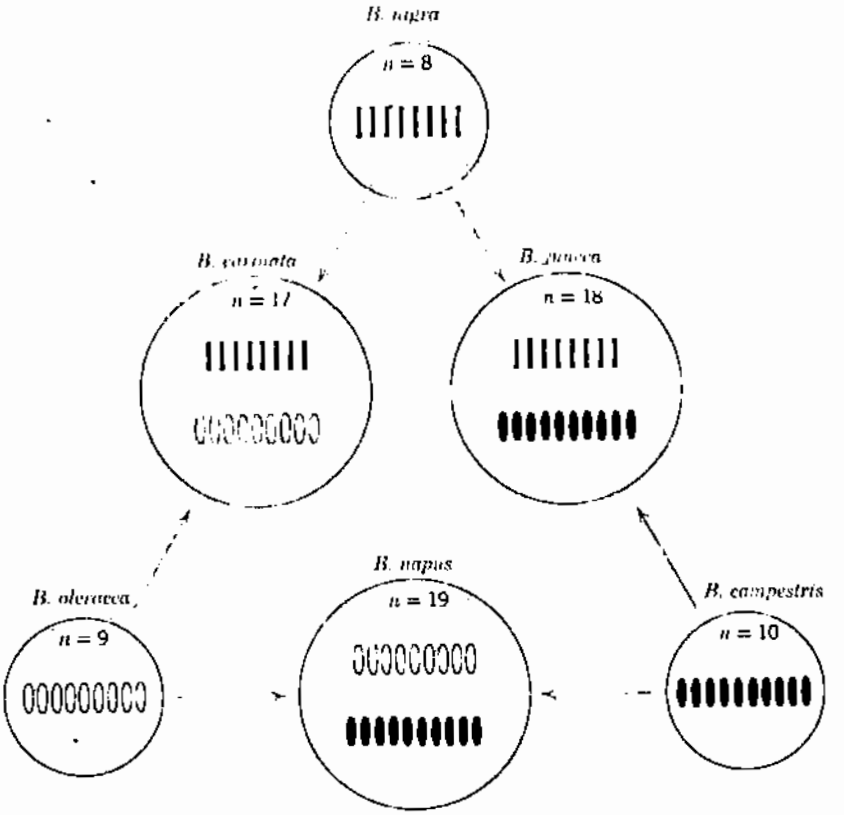
ينتشر التضاعف الهجينى فى الطبيعية بدرجة كبيرة ، ويعتبر القمح المثال التقليدى على ذلك . كما يوجد أيضا فى كل من القطن ، والشوفان ، وبنجر السكر ، والقصب ، والشليك ، والبرقوق الأوروبى . كذلك ينتشر التضاعف الهجينى فى العائلة الصليبية ، وقد اقترح U ، (وهو عالم ياباني) الطريقة المبينة فى شكل (١٤-٣) للكيفية 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



شكل (١٤ – ٣) : مـثلث U لبيان الكيفية للتى يحتمل أن تكون قد نشأت بها أنواع الجنس *Brassica* المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية amphidiploids (وهى التى بها ن = ١٧ ، أو ١٨ ، أو ١٩) مـن الأنـواع الثنائية diploids (وهـى التى بهـا ن = ٨ ، أو ٩ ، أو ١٠) . تشير الأسهم إلى الأنواع المتضاعفة هجينيًا التى نشأت من مختلف الأنواع الثنائية .

فى النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية أن معظم الكروموسومات تتقارن فى وحدات ثلاثية الكروموسوم trivalents ، مع تكون بعض الوحـدات الأحـاديـة الكروموسـوم univalents ، وبعض الوحدات الثنائية الكروموسوم . ونجد فى النباتات الرباعية المجموعة الكروموسومية أن معظم الكروموسومات تظهر أثناء الانقسام الاخترالى على شكل وحدات رباعية الكروموسوم quadrivalents ، أو ثنائية الكرموسوم ، مع تكون بعض الواحدات الأحادية والثلاثية الكروموسوم ... إلخ . ويكون التقارن بين الكروموسومات عشوائياً تماماً Randon Paring مادام التضاعف الكروموسومى من النوع الذاتى ، وكانت الكروموسومات متماثلة تماماً Homologus . هذا .. إلا أنه قد تظهر درجات

الكروماتيدات الشقيقة (شكل ١٤-٧) . وتتكون الجاميطات على النحو المبين فى شكل (١٤-٨) من كل نبات simplex (Aaaa) ، بفرض حدوث عبور بنسبة ٥٠٪ ، علماً بأن كل زوج من الأليلات (A_1 ، و A_2) ، و (a_3 ، و a_4) ، و (a_5 ، و a_6) ، و (a_7 ، و a_8) - داخل قوسين - يمثل أليلين متماثلين على كروماتيدتين متماثلتين لكروموسوم واحد . ويتبين من الشكل أنه يتكون ثلاثة أنواع من الجاميطات هى AA ، و Aa ، و aa بنسبة ١: ١٢ : ١٥ . ويمكن بتحليل مماثل إثبات أن النبات duplex (AAaa) ينتج الجاميطات AA ، وAa ، وaa بنسبة ٣: ٨ : ٣ ، وأن الـ triplex (AAAa) ينتج الجاميطات AA ، و Aa ، و aa بنسبة ١٥ : ١٢ : ١ .

وتحسب نسبة التراكيب الوراثية المتوقعة بعد ذلك كما يلى :

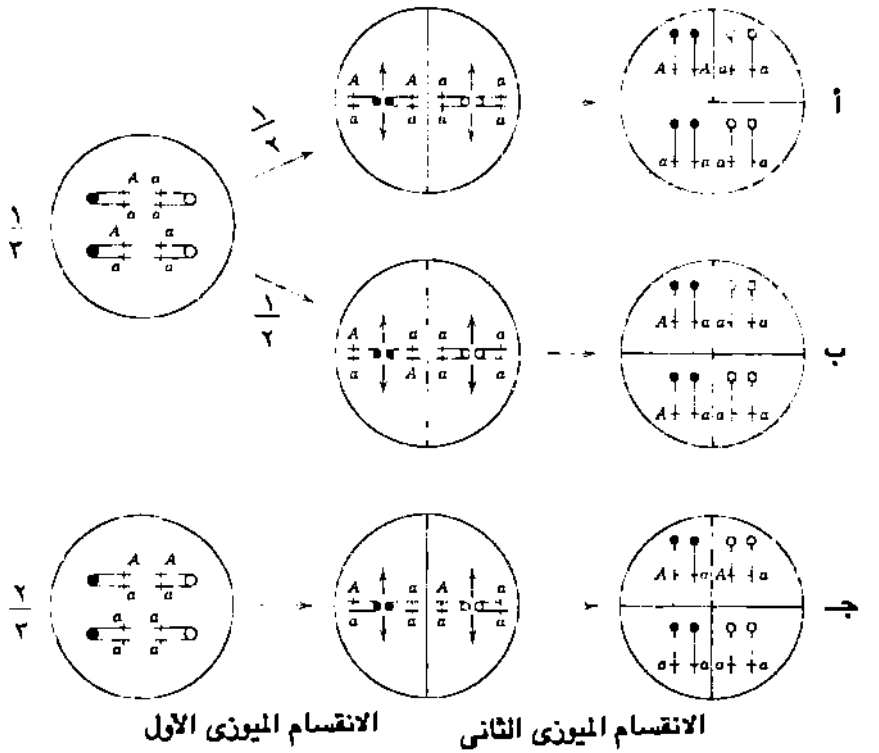
(أ) فى حالة الـ simplex :

		الجاميطات المذكرة		
		1AA	12Aa	15aa
الجاميطات المؤنثة	1AA	1AAAA	12AAAa	15AAaa
	12Aa	12AAAa	144AAaa	180Aaaa
	15aa	15AAaa	180Aaaa	225aaaa

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى :

بنسبة ١	AAAA	qudriplex
بنسبة ٢٤	AAAa	triplex
بنسبة ١٧٤	AAaa	duplex
بنسبة ٣٦٠	Aaaa	simplex
بنسبة ٢٢٥	aaaa	nulliplex

وتكون الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالة السيادة التامة هى ٥٥٩ سائداً : ٢٢٥ متنحياً ، أو حوالى ٢,٤٨ : ١ .



شكل (١٤ – ٧) : تكوين الجاميطات من وحدة رباعية الكروموسوم لنبات (Aaaa) Simplex يحدث فيه عبور بين الكروسوم الحامل للآليل السائد وكروموسوم آخر . ينتج من هذا العبور كروموسومين Aa وآخرين aa ينعزل الكروموسومان Aa إلى نفس القطب فى الانقسام الاختزالى الأول فى ثلث الحالات (الانعزال العلوى) ، وإلى أقطاب مختلفة فى ثلثى الحالات (الانعزال السفلى) . وعندما ينتهى بهم الأمر فى القطب نفسه فى كل من الانقسامين الاختزاليين الأول والثانى (الحالة أ) .. فإن ذلك يعنى تكون جاميطات أصيلة . أما تكوين الجاميطات من الوحدات الرباعية الكروموسوم للنباتات الـ duplex فيكون أكثر تعقيداً ؛ بسبب كثرة التوافيق الممكنة .

	A_1	A_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
A_1		A_1A_2	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_4	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_6	a_5a_7	a_5a_8
a_6							a_6a_7	a_6a_8
a_7								a_7a_8
a_8								

شكل (١٤ – ٨) : التركيب الوراثى للجاميطات التى يكونها نبات Simplex (Aaaa) على أساس التوزيع الحر الكروماتيدات (يراجع المتن للتفاصيل) .

(ب) فى حالة الـ duplex :

الجاميطات المؤنثة	الجاميطات المذكرة			
		3AA	8Aa	3aa
	3AA	9AAAA	24AAAa	9AAaa
	8Aa	24AAAa	64AAaa	24Aaaa
	3aa	9AAaa	24Aaaa	9aaaa

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى :

بنسبة ٩	AAAA	qudriplex
بنسبة ٤٨	AAAa	triplex
بنسبة ٨٢	AAaa	duplex
بنسبة ٤٨	Aaaa	simplex
بنسبة ٩	aaaa	nulliplex

وتكون الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالة السيادة التامة هى ١٧٨ سائداً : ٩

متنحياً ، أو حوالى ٢١ : ١ .

(جـ) فى حالة الـ triplex :

الجاميطات المؤنثة	الجاميطات المذكرة		
	15AA	12Aa	1aa
15AA	225AAAA	180AAAa	15AAaa
12Aa	180AAAa	144AAaa	12Aaaa
1aa	15AAaa	12Aaaa	1aaaa

أى يتوقع أن تكون التراكيب الوراثية ونسبها كما يلى :

بنسبة ٢٢٥	AAAA	quadriplex
بنسبة ٣٦٠	AAAa	triplex
بنسبة ١٧٤	AAaa	duplex
بنسبة ٢٤	Aaaa	simplex
بنسبة ١	aaaa	nulliplex

وتكون الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالة السيادة التامة هى ٧٨٣ : ١ .

ويبين جدول (١٤-١) ملخصاً لانعزالات الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالات التزاوجات المختلفة لنباتات رباعية المجموعة الكروموسومية مع افتراض السيادة التامة (عن Allard ١٩٦٠) . ويتبين من الجدول استحالة تمييز النبات الـ qudriplex عن النبات الـ triplex على أساس اختبار النسل ؛ لأن جميع نباتات النسل تحمل الصفة السائدة فى كل منهما ، ولايفيد انعزال النباتات الـ triplex فى حالة التوزيع الحر للكروماتيدات إلى ٧٨٣ سائداً : ١ متنح ؛ لأن نسبة النباتات المتنحية تكون منخفضة جداً إلى درجة يصعب معها ظهور واكتشاف هذه النباتات فى النسل .

وتجدر الإشارة إلى أن الانعزالات المبينة فى جدول (١٤-١) هى لحالتى التوزيع الحر للكروموسومات (حينما لاتتكون وحدات رباعية الكروموسوم نهائيًا ، أو حينما تكون الجينات قريبة جداً من السنترومير إلى درجة لايحدث معها عبور بين موقع الجين

جدول (١٤-١) : ملخص لانعزالات الأشكال المظهرية المتوقعة فى حالات التزاوجات المختلفة لنبات رباعى المجموعة الكروموسومية ، مع افتراض السيادة التامة .

التزاوج	انعزال الأشكال المظهرية (سائد : متنح) على أساس	
	التوزيع الحر للكروموسومات	التوزيع الحر للكروماتيدات
AAAA ذاتى	كلها سائدة	كلها سائدة
AAAa ذاتى	كلها سائدة	١ : ٧٨٣
AAaa ذاتى	١ : ٣٥	١ : ٢٠,٨
Aaaa ذاتى	١ : ٣	١: ٢,٥
aaaa ذاتى	كلها متنحية	كلها متنحية
AAaa × AAAa	كلها سائدة	١ : ١٣٠
Aaaa × AAAa	كلها سائدة	١: ٥١,٣
aaaa × AAAa	كلها سائدة	١ : ٢٧
Aaaa ×AAaa	١: ١١	١٠ ٧,٧
aaaa × AAaa	١ : ٥	١ : ٣,٧
aaaa × Aaaa	١ : ١	١ : ٠,٨٧

والسنترومير) ، والتوزيع الحر للكروماتيدات (حينما تكون الجينات بعيدة عن السنترومير بقدر يسمح بحدوث عبور تام بين موقع الجين والسنترومير) ، إلا أنه يتعين - حتما - وجود حالات تتكون فيها وحدات رباعية الكروموسوم بنسب مختلفة ، أو لايكون فيها ارتباط الجين بالسنترومير كاملا ، وهى حالات يكون فيها الانعزال -دائماً- وسطًا بين الحالات السابقة .

السلوك السيتولوجى والوراثى للنباتات متعددة المجموعات الكروموسومية الشبيهة بالثنائية

السلوك السيتولوجى

سبق أن أوضحنا أن الهجن النوعية -التى تختلف آباؤها كثيراً عن بعضها-تكون على