وتتوقف على درجة القرابة بين النوعين المهجنين معًا. وحينما تكون الآباء من نوع نباتي واحد .. فإن التماثل الكروموسومي يكون تامًّا، ويكون التقارن عشوائيًّا تمامًا في الوحدات الرباعية الكروموسوم؛ إلا أن مثل هذه الهجن (التي تحتوى على جميع كروموسومات الأبوين) لا تخرج عن كونها نباتات رباعية المجموعة الكروموسومية tetraploids، ولا تعد من النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية Amphidiploids.

السلوك الوراثي للنباتات المتضاعفة هجينيًّا

يكون جزء كبير من المادة الوراثية في النباتات المتضاعفة هجينيًّا المتعددة المجموعات الكروموسومية الشبيهة بالثنائية) مكررًا، سواء أكانت كروموسومات الآباء مختلفة تمامًا (حالات الـ Alloploidy)، أم مختلفة جزئيًّا (حالات الـ Segmental Alloploidy)، وتلك من الأمور التي يجب الانتباه إليها عند دراسة وراثة الصفات في النباتات الهجينية التضاعف. أما عن الشكل المظهرى لهذه النباتات .. فإنه غالبًا ما يكون وسطًا بين الآباء، وإن كان من غير الممكن التنبؤ بذلك مقدمًا.

التضاعف الهجينى كطريقة لنشأة الأنواع

التضاعف الهجينى الطبيعى

إن من أهم حالات التضاعف الهجينى التى حدثت طبيعيًّا دونما تدخل من الإنسان تلك التى أفرزت عددًا من أهم المحاصيل الزراعية، مثل القمح، والقطن، وقصب السكر، وأنواع الجنس *Brassica*.

نشأة أنواع القمح

يعد القمح مثالاً كلاسيكيًّا لنشأة الأنواع بطريقة تعدد المجموعات الكروموسومية الخلطى. وتقسم الأنواع التابعة لجنس القمح *Triticum* – عادة – إلى ثلاث مجاميع، تبعًا لعدد كروموسومات الهيئة الكروموسومية، الذى يكون دائمًا إما سبعة وإما مضاعفات لهذا العدد كما يلى:

١ – مجموعة إينكورن Einkorn:

تعد الأنواع التى تنتمى إلى هذه المجموعات ثنائية المجموعة الكروموسومية، وفيها ن=٧، ومن أمثلتها النوعان: *T. aegilapoides*، و *T. monococcum*.

٢ – مجموعة أيمر Emmer:

تعد الأنواع التى تنتمى إلى هذه المجموعة رباعية المجموعات الكروموسومية، وفيها ن=١٤، ومن أمثلتها الأنواع *T. dicoccoides*، و *T. dicoccum*، و *T. durum*.

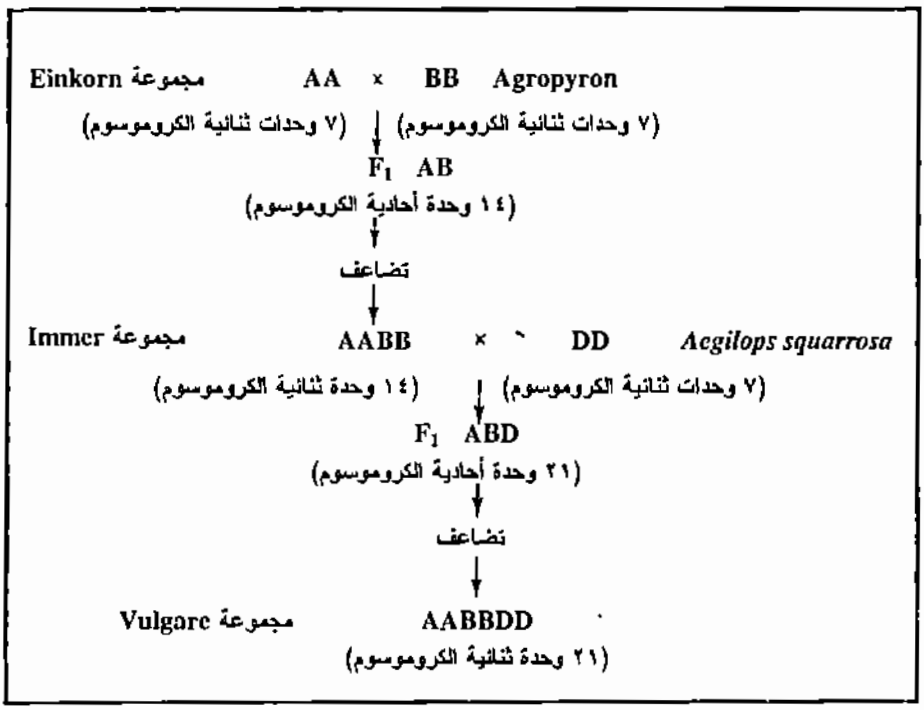
٣ – مجموعة فولجير Vulgare أو سبلتا Spelta:

تعد الأنواع التى تنتمى إلى هذه المجموعة سداسية المجموعات الكروموسومية، وفيها ن=٢١، ومن أمثلتها الأنواع *T. spelta*، و *T. vulgare*، و *T. compactum*.

وقد تبين من الدراسات السيتولوجية أن الانقسام الميوزى فى هذه المجموعات منتظم للغاية، وأن الكروموسومات تقترن دائمًا على شكل وحدات ثنائية الكروموسوم، وهو ما يدل على عدم وجود أى تشابه – ولو جزئى – بين الكروموسومات فى أى من هذه الأنواع، باستثناء ما يكون بين كروموسومى كل زوج منها. كما تبين أن الأقماح الرباعية تحتوى على هيئتين كروموسوميتين كاملتين متضاعفتين (أعطيتا الرمزين A، و B)، وأن كلاً من منهما تتكون من سبعة كروموسومات غير متماثلة؛ لذا .. فإن الأقماح الرباعية – وهى هجن متعددة المجموعات الكروموسومية شبيهة بالثنائية – تحتوى على ١٤ زوجًا من الكروموسومات، ويتكون بها فى أثناء الانقسام الاختزالى ١٤ وحدة ثنائية الكروموسوم. أما الأقماح السداسية .. فقد تبين أنها تحتوى على الهيئتين الكروموسوميتين السابقتين A، و B وهيئة كروموسومية ثالثة أعطيت الرمز D. وتتكون الهيئة D كذلك من سبعة كروموسومات. تختلف عن أى من كروموسومات الهيئتين A، و B. لذا .. فإن الأقماح السداسية – وهى هجن متعددة المجموعات الكروموسومية شبيهة بالثنائية – تحتوى على ٢١ زوجًا من الكروموسومات، ويتكون بها أثناء الانقسام الاختزالى ٢١ وحدة ثنائية الكروموسوم.

كذلك تبين من دراسات كل من Kihara، و Sears، و McFadden أنه توجد هيئة كروموسومية مشتركة بين جميع مجاميع القمح، وهى التى أخذت الرمز A. ويعنى ذلك

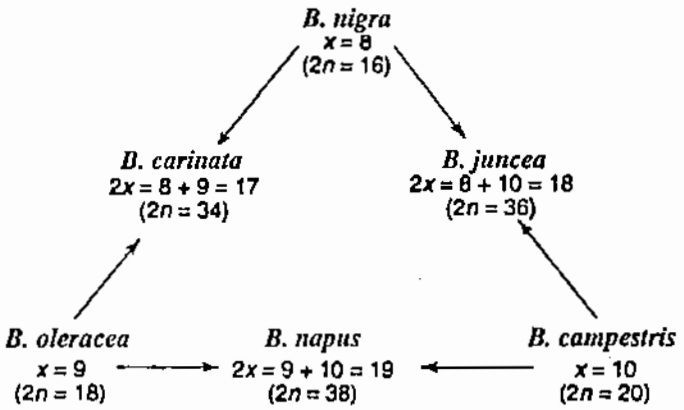
أن أنواع مجموعة الـ Einkorn تحتوى على الهيئة الكروموسومية A. أما الهيئة الكروموسومية الثانية التى أخذت الرمز B .. فيعتقد أنها أتت من حشيشة الأجروبيرون *Agropyron*، وإن لم يكن ذلك متفقًا عليه، بينما يوجد اتفاق بين العلماء على أن الأقماح السداسية قد حصلت على الهيئة الكروموسومية الثالثة (التى أخذت الرمز D) من النوع *Aegilops squarrosa* (ن=٧) كما هو مبين فى شكل (١٣-٢).



شكل (١٣-٢): تخطيط يبين نشأة الأنواع الرباعية (Immer) والسداسية (Vulgare) من القمح، وأوجه القرابة بينها وبين الأنواع الثنائية (Einkorn).

نشأة أنواع الجنس *Brassica*

ينتشر التضاعف الهجينى فى العائلة الصليبية، وقد اقترح U، (وهو عالم ياباني) الطريقة المبينة فى شكل (١٣-٣) للكيفية التى نشأت بها الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية فى الجنس *Brassica* والتى تعرف بمثلث U.



شكل (١٣-٣): مثلث U لبيان الكيفية التى يحتمل أن تكون قد نشأت بها أنواع الجنس *Brassica* المتعددة المجموعة الكروموسومية الشبيهة بالثنائية **amphidiploids** (وهى التى بها ن=١٧، أو ١٨، أو ١٩) من الأنواع الثنائية **diploids** (وهى التى بها ن = ٨، أو ٩، أو ١٠). تشير الأسهم إلى الأنواع المتضاعفة هجينيًا التى نشأت من مختلف الأنواع الثنائية.

التضاعف الهجينى الصناعى

العائلة الكرنبية

كان الهجين *Raphanobrassica* من أوائل حالات التضاعف الهجينى الصناعى، وقد أنتجه Karpechenko بالتهجين بين الفجل (٢ن =١٨)، والكرنب (٢ن=١٨)، ثم مضاعفة كروموسومات الجيل الأول لتصبح بخلاياه الجسمية ٣٦ كروموسومًا، تشتمل على المجموعة الكروموسومية الكاملة لكل من الفجل والكرنب.

وقد أعقب ذلك إنتاج عديد من حالات التضاعف الهجينى الصناعى الأخرى فى العائلة الكرنبية.

النوع *Primula kewensis*

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 أزهارًا كثيرة خصبة بأحد النباتات، ثم اتضح أن خلايا هذا الفرع

يوجد بها ٣٦ كروموسومًا، وهو العدد الكلى لكروموسومات الأبوين (عن Allard ١٩٦٤، و Briggs & Knowles ١٩٦٧).

الترتيكيل

إن من أهم حالات التضاعف الهجينى التى أجريت بواسطة الإنسان تلك التى أفرزت محصول الترتيكيل triticale بنوعية الثمانى والسادسى التضاعف، حيث:

● أنتج الترتيكيل الثمانى التضاعف بتلقيح القمح *Triticum aestivum* (وهو سداسى التضاعف ويحتوى على المجموعات الجينومية AABBDD) كأم مع الشوفان *Secale cereale* (وهو ثنائى التضاعف ويحتوى على المجموعة الجينومية RR) كأب؛ لينتج الجيل الأول الهجين الرباعى التضاعف (ABDR)، الذى ضوعفت كروموساماته باستعمال الكولشيسين؛ لينتج الترتيكيل الثمانى التضاعف (AABBDDRR).

● أنتج الترتيكيل السادسى التضاعف (AABBRR) بطريقة مماثلة لتلك التى أنتج بها الترتيكيل الثمانى التضاعف، ولكن مع استعمال القمح الرباعى التضاعف *Triticum durum* (AABB) كأم فى التلقيح (عن Chahal & Gosal ٢٠٠٢).

مجالات الاستفادة من التضاعف الهجينى فى تربية النبات

إن من أهم مجالات الاستفادة من التضاعف الهجينى فى تربية النبات، ما يلى:

١ – تحديد هوية أسلاف الأنواع النباتية المعروفة المضاعفة هجينيًا.

٢ – إنتاج تراكيب وراثية جديدة وأنواع نباتية جديدة.

لم يستطيع المربى محاكاة الطبيعة فى إنتاج أنواع جديدة هجينية التضاعف كتلك التى تتواجد طبيعيًا، وذلك باستثناء محصول الترتيكيل triticale الذى ينتج – كما أسلفنا – من التهجين بين القمح والشوفان؛ بهدف الجمع بين صفات حبوب القمح مع قدرة الشوفان على تحمل البرد الشديد. ويتوفر حاليًا ثلاثة طرز من الترتيكيل (جدول ١٣–١) رباعية وسداسية وثمانية التضاعف، وأفضلها السداسى، الذى يستخدم هو والطراز الثمانى كعلف للماشية.

أما الطرز الرباعى التضاعف فلم تكن له قيمة كمحصول زراعى.