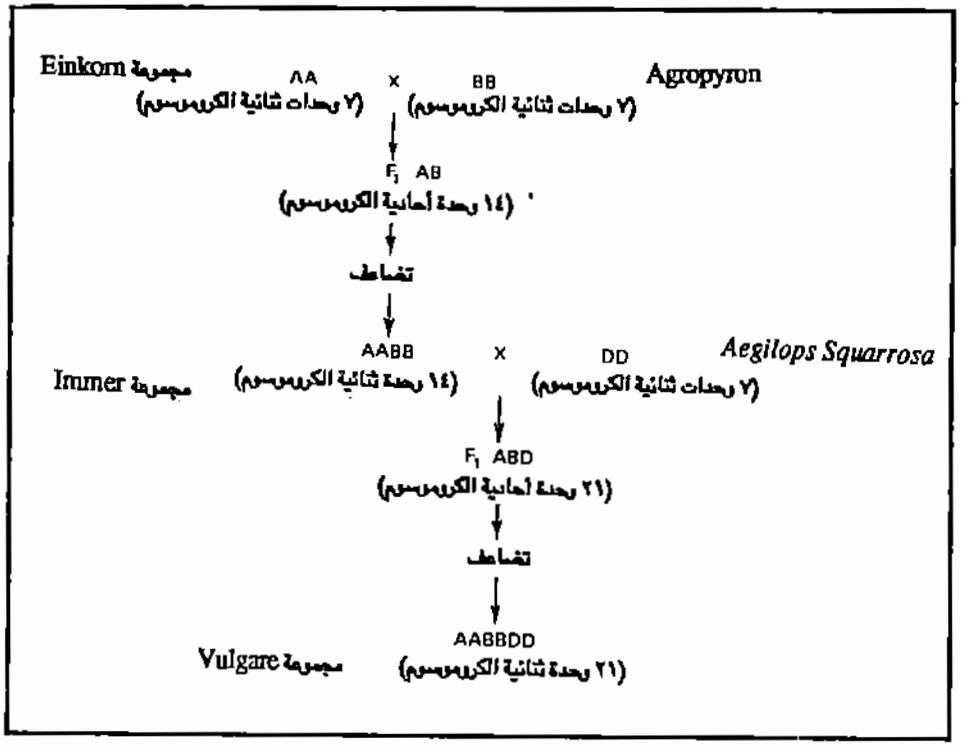


شكل ( ١٤ - ٩ ) : تخطيط يبين نشأة الأنواع الرباعية (Immer) والسداسية (Vulgare) من القمح ، وأوجه القرابة بينها وبين الأنواع الثنائية (Einkorn ) .

بعضها بصورة طبيعية ، بينما نشأ بعضها الآخر لدى تدخل الإنسان ، وإجراء التلقيحات ومضاعفة كروموسومات الجيل الأول الهجين بنفسه . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع الفصل الخامس عشر .

## التربية بالتضاعف الذاتى

### أهمية التربية بالتضاعف

أدى اكتشاف الكولشيسين Colchicine (مركب كيميائى يستخرج من أحد النباتات ، ويستعمل فى مضاعفة أعداد الكروموسومات فى النباتات) وسهولة استخدامه فى مضاعفة

كروموسومات عديد من النباتات فى عام ١٩٣٧ إلى اتجاه العلماء نحو مضاعفة كروموسومات عدد كبير من الأنواع النباتية ؛ ظناً منهم أن ذلك كفيل بإحداث تقدم سريع فى تحسين المحاصيل الزراعية ، خاصة أن بعضاً من أهم النباتات الاقتصادية – مثل القمح ، والقطن ، والبطاطس – هى نباتات متضاعفة . كما ساعد على تقوية هذا الاتجاه على أن إحداث التضاعف صناعيًا كان مصاحباً – غالباً – بزيادة فى حجم الأعضاء النباتية ، وهو ما يتوقع معه الحصول على نباتات كبيرة الحجم غزيرة المحصول ، إلا أن فريقاً آخر من العلماء كان أقل تفاؤلا ؛ استناداً إلى أن الإنسان لايمكنه أن ينجز فى أعوام قليلة مالم يتحقق فى الطبيعة خلال آلاف السنين ، خاصة أن فرصة حدوث التضاعف –طبيعيًا– متوفرة دائماً بالنسبة لجميع الأنواع النباتية . وقد تبين أن هذا الفريق كان أكثر واقعية ؛ لأن معظم النباتات التى ضوعفت صناعيًا كانت ضعيفة النمو، وصغيرة الحجم ، وغير ثابتة وراثيًا ، وعقيمة بدرجة عالية .

هذا .. ولايمكن التنبؤ بمظهر النباتات المتضاعفة من مظهرها فى الحالة الثنائية ، ويتعين –دائماً– استمرار التجربة والخطأ ، ولكن تجدر الإشارة إلى أن مضاعفة النباتات الثنائية تعطى نتائج أفضل من مضاعفة النباتات المتضاعفة بالفعل . وعلى سبيل المثال .. وجد أن مضاعفة كروموسومات القمح والبطاطس – وهما من الأنواع المتضاعفة بطبيعتها – تحدث نقصًا فى قوة النمو وعقما فى كلا المحصولين . ويبدو أنه يوجد حد لدرجة التضاعف المثلى لكل نوع نباتى ، وقد بلغت معظم الأنواع هذه الحالة المثلى فى الطبيعة . هذا .. ولايمكن معرفة القيمة الحقيقية للنباتات المتضاعفة باختبارها تحت نفس الظروف البيئية التى تقيّم فيها النباتات الثنائية ، بل تلزم دراستها فى ظروف بيئية متباينة .

ويمكن القول .. إن التضاعف لايستخدم فى إنتاج سلالات جديدة بغرض استعمالها كأصناف جديدة مباشرة ، وإنما لاستعمالها كسلالات تربية ، يمكن الاستفادة منها فى برامج التربية . فالتضاعف لايكون هو نهاية المطاف ، وإنما يكون غالباً بداية لبرنامج التربية ؛ فمثلاً .. يؤدى التهجين بين النباتات المتضاعفة ، ثم الانتخاب فى النسل إلى زيادة الخصوبة والجودة . كما تؤدى التربية الداخلية فى النباتات المتضاعفة إلى إنتاج نباتات أصيلة فى صفات مرغوبة . وتجدر الإشارة فى هذا الخصوص إلى أن حالة عدم

التماثل الوراثى heterozygosity ، تقل بمقدار النصف كل ٢,٨ جيلاً من التربية الداخلية فى النباتات الرباعية المجموعة الكروموسومية ، مقارنة بكل جيل فى النباتات الثنائية .

## تأثير التضاعف فى النباتات

يختلف تأثير التضاعف باختلاف الأنواع النباتية ، وباختلاف الأصناف داخل النوع الواحد . وفيما يلى أهم تأثيرات التضاعف على النباتات .

١- زيادة حجم الخلايا ، وقد لوحظ ذلك خاصة فى الأنسجة الإنشائية ، والخلايا الحارسة للثغور، وحبوب اللقاح . إلا أن الزيادة فى حجم الخلايا لايصاحبها- بالضرورة - زيادة فى حجم النبات .

٢- تتأثر نسب مكونات الخلية ؛ فتتغير نسبة الماء ، والبروتين ، والكلوروفيل ، والسيليلوز ، والأوكسينات ، والفيتامينات .. إلخ ؛ فمثلاً .. يزيد نشاط فيتامين «أ» فى الذرة الرباعية بمقدار ٤٠/ عما فى الذرة الثنائية ، ويزيد محتوى كثير من الخضر والفواكه الرباعية من حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) عما فى نظائرها الثنائية ، ويزيد محتوى النيكوتين فى الدخان الرباعى بمقدار ١٨-٣٣/ عما فى الثنائى .

٣- تصبح الأوراق أقصر ، وأعرض ، وأسمك ، ويصبح النبات أقوى نمواً ، ولكن توجد حالات كثيرة يكون فيها النبات المتضاعف أضعف وأقل نمواً .

٤- يزيد حجم بعض الأعضاء النباتية مثل السبلات ، والبتلات ، والبذور ، والثمار ، ويطلق على تغيرات كهذه اسم عملقة gigatism .

٥- بطء النمو ، وتأخر الإزهار مع استمراره فترة أطول .

٦- تكون النباتات المتضاعفة على درجة من العقم تتراوح من نسبة ضئيلة إلى عقم تام . وقد عزى ذلك فى كثير من الأحيان إلى حدوث اضطرابات كروموسومية خلال الانقسام الاختزالى ، إلا أن أغلب حالات العقم ترجع - فى النباتات المتضاعفة - إلى حالة عدم التوازن الجينى genic imbalance التى تحدث بعد مضاعفة عدد الكروموسومات .

٧- قد تختلف الاحتياجات البيئية للنباتات الرباعية عن الثنائية ؛ فمثلا .. تحد حالة التضاعف من احتياجات الفترة الضوئية فى الشيلم ، وتحتاج بذور البطيخ الثلاثى إلى

درجات حرارة أعلى للإنبات .

٨- يؤدى التضاعف إلى إضعاف حالة عدم التوافق الجاميطى .

## مجالات استخدام التضاعف الذاتى الصناعى فى تربية النباتات

كان من أهم المجالات التى استخدم فيها التضاعف الذاتى لتحسين النباتات ما يلى :

١- تحسين النباتات التى تزرع لأجل أجزائها الخضرية :

تعد النباتات التى تزرع لأجل أجزائها الخضرية أكثر النباتات استجابة للتربية بالتضاعف ؛ فمثلا .. وجد فى بنجر السكر أن جذور النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية أكبرحجما من جذور النباتات الثنائية ، مع تساوى نسبة السكر فى كليهما؛ ويترتب على ذلك زيادة كمية السكر التى يمكن إنتاجها من وحدة المساحة .

وتعد العقبة الرئيسية أمام الاستفادة من هذه الحقيقة فى الإنتاج التجارى هى كيفية إنتاج البذور الثلاثية ؛ إذ تطلب ذلك زراعة سلالات ثنائية وأخرى رباعية فى خطوط متبادلة ؛ لكى تُلقَّح فيما بينها . ولكن السلالات الثنائية -وهى التى تعطى محصولاً عالياً من البذور - لاتنتج سوى نسبة منخفضة من البذور الثلاثية ، بينما السلالات الرباعية - وهى التى تعطى نسبة عالية من البذور الثلاثية- يكون إنتاجها من البذور منخفضاً للغاية .

هذا .. ويتوقع - كذلك - استجابة محاصيل المراعى ، والزهور ، ونباتات الزينة للتضاعف الذاتى ؛ لأنها لاتزرع لأجل ثمارها أو بذورها ، كما أن الزهور العقيمة تحتفظ بنضارتها فترة أطول ، وقد يعد أى تغير فى الشكل المظهرى لنباتات الزينة عند مضاعفتها أمراً مرغوباً فى حد ذاته .

٢- تحسين النباتات التى تزرع لأجل بذورها :

لم يكن للتربية بالتضاعف دور مهم فى تحسين النباتات التى تزرع لأجل بذورها ؛ بسبب العقم الذى يصاحب التضاعف ، ويستثنى من ذلك محصول الشيلم ؛ فقد وجد أن الشيلم الرباعى (٢ن = ٤س = ٢٨) يتميز بكبر الحبة ، وارتفاع نسبة البروتين بها ، وقدرته على النمو فى ظروف بيئية متباينة ، بينما يتساوى فى المحصول مع الشيلم

الثنائـى . هذا .. إلا أنه يعيبه قلة عدد الخلفات ، وارتفاع طول النبات ، كما اعترضت المطاحن على حبوبه الكبيرة الحجم .

٣- تحسين المحاصيل التى تزرع لأجل ثمارها :

أفاد التضاعف الذاتى فى تحسين المحاصيل التى تزرع لأجل ثمارها ؛ لسببين هما :

(أ) وجد أن ثمار بعض الفواكه الرباعية المجموعة الكروموسومية كبيرة الحجم مقارنة بالطرز الثنائية ، كما فى العنب الذى تتميز أصنافه الرباعية بأن حباتها أكبر حجما ، وبذورها أقل عدداً ، ولكن يعيبها عدم امتلاء العناقيد ، وقلة المحصول .

(ب) تميزت الطرز الثلاثية المجموعة الكروموسومية بخاصية العقد البكرى ؛ أى بقدرتها على إنتاج ثمار خالية من البذور . ويعد البطيخ اللابذرى من أهم الأمثلة على ذلك وهو الذى تنتج بذوره الثلاثية (التى تعطى ثماراً خالية من البذور) ؛ بتهجين سلالات رباعية التضاعف - تستخدم كأمهات - مع سلالات ثنائية التضاعف - تستخدم كآباء - علماً بأن التلقيح العكسى لاينجح .

وتكون ثمار البطيخ الثلاثى خالية من البذور ؛ لأن الغالبية العظمى من الجاميطات التى تنتجها هذه النباتات (٢ن = ٣س = ٣٣) تكون عقيمة ، ولايكون خصباً منها إلا ما تحتوى على ١١ ، أو ٢٢ كروموسوماً ، وهى تتكون (أى البيضات الخصبة) بنسبة $(\frac{1}{2})^{11} \times 2 \times 100$ أى $(\frac{1}{2})^{10} \times 100$ أى أقل من ٠,٠٥٪ ، بينما تزيد نسبة الجاميطات العقيمة (وهى التى تحتوى على ١٢-٢١ كروموسوماً) عن ٩٩,٩٥٪ ؛ لذا .. فإن الثمار العاقدة تكون خالية -تقريباً- من البذور . هذا .. إلا أنه تظهر بثمار البطيخ الثلاثى تكوينات صغيرة بيضاء تشبه بذور الخيار ، كما تبدو بها - أحيانًا - بذور خالية من الأجنة تكون قشرتها صلبة وحجمها طبيعياً ؛ ويعد ذلك من أكبر عيوب البطيخ الثلاثى .

يحتاج عقد ثمار البطيخ الثلاثى إلى توفر حبوب اللقاح من سلالة ثنائية ؛ لذا .. تجب زراعة خط من سلالة ثنائية بين كل خمسة خطوط من السلالة الثلاثية . تعمل حبوب لقاح السلالة الثنائية كمنبهات فقط لنمو مبايض أزهار السلالة الثلاثية التى تكون بيضاتها عقيمة بنسبة تزيد على ٩٩,٩٥٪ .

وينتج فى اليابان عدد كبير من أصناف البطيخ الثلاثية ؛ ومن أهم عيوبها ارتفاع ثمن

التقاوى ؛ لكثرة اليد العاملة اللازمة لإنتاج الهجن ، وصعوبة إكثار السلالات الرباعية التضاعف ، وظهور أشكال غير طبيعية من الثمار الثلاثية ، مع ميلها إلى التفريغ ، وظهور بذور صلبة فارغة بها .

٤- يستفاد من التضاعف فى إنتاج سلالات أصيلة ثنائية (٢ن) من النباتات الأحادية.

٥- كما يلجأ المربى إلى مضاعفة عدد الكروموسومات فى كثير من الهجن النوعية للتغلب على مشاكل العقم .

## طرق إحداث التضاعف الذاتى فى النباتات

أمكن إنتاج نباتات متضاعفة من الذرة ؛ بتعرضها لدرجات حرارة مرتفعة ، كما عرف فى الذرة - أيضًا - جين يجعل النبات قادراً على إنتاج جاميطات متضاعفة ، وهو الجين as (asynaptic) الذى يمنع التقارن الكروموسومى فى أثناء الانقسام الاخترالى . هذا .. إلا أن مضاعفة الكروموسومات تجرى - عادة - بإحدى طريقتين ، هما :

١- إنتاج نباتات متضاعفة من نسيج الكالوس Callus Tissue :

يلزم لإنتاج نباتات متضاعفة بهذه الطريقة قطع فرع نباتى ، ثم معاملة السطح المقطوع بمنظم النمو إندول حامض الخليك (IAA) فى اللانولين . وتؤدى هذه المعاملة فى بعض النباتات إلى تكون كتلة من نسيج الكالوس على السطح المقطوع ، قد تنمو منها أفرع جديدة . تكون بعض هذه الأفرع رباعية التضاعف . وتنتج - لدى إكثارها خضريًا - نباتات كاملة رباعية . وقد اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى الطماطم والدخان .

٢- إنتاج نباتات متضاعفة بالمعاملة بالمركبات الكيميائية :

استخدم عديد من المركبات الكيمائية فى مضاعفة كروموسومات الأنواع النباتية ، وكان من أمثلتها الإيثر ، والكلوروفورم ، وأكسيد النتروز nitrous oxide ، وكلورال هيدريت Chloral hydrate ، واسينافثين acenapthene ، وإيثيل كلوريد الزئبق ethyl - mercury - chloride . إلا أن أكثر المركبات استعمالاً وأهمها فى مضاعفة الكروموسومات كان الكولشيسين colchicine ، وهو ما سنتناوله بشئ من التفصيل . وقد أعقب اكتشافه - وهو مركب طبيعى - تخليق طرز أخرى صناعية منه ؛ مثل الكولشيم