الباب الخامس

العقم فى النبـــاتات

(Sterility in plants)

---

١ ــ مقدمة :

العقم بصفة عامة يقصد به عدم القدرة على التوالد الجنسى أى أن الكائن الحى الذى يوصف بالعقم لا يستطيع ــ لسبب أو آخر ــ أن ينجب أنسالا بطريقة التكاثر الجنسى ــ والعقم على درجات فاما أن يكون عقماً تاماً أى ١٠٠ ٪ أى أن النبات لا ينتج بذوراً اطلاقاً ــ أو أن تنخفض نسبة العقم بدرجات متفاوتة كأن تكون ٧٥ ٪ أو ٥٠ ٪ وهكذا ــ تبعاً لنوع العقم وطبيعته وأثره فى تكوين الجاميطات أثناء عمليات الانقسام الاختزالى ــ على أنه يجب أن يكون مفهوماً أن العقم الذى يلزم الباحث أن يجد له تفسيراً يجب أن يزيد فى درجته وخطورته عما يسمح به الخطأ التجريبى المسموح به فى أية عملية حيوية ــ إذ أن درجة الخصوبة مهما علت فانها لا يمكن أن تصل إلى ١٠٠ ٪ فاننا نجد مثلا أن عدداً كبيراً من اللوز فى أقطاننا التجارية لا تحمل العدد الكامل من البذور ــ وكذلك الحال فى سنابل القمح فى أصنافنا التجارية فان عدد الحبوب فيها يتفاوت وقلما يصل إلى العدد الكامل المنتظر أن تحمله السنبلة ــ ومع ذلك فلا يمكننا مطلقاً أن نصف هذه الظاهرة بالعقم بأى نوع من أنواعه أو درجة من درجاته ــ فهى ظاهرة طبيعية حتمية لكل عملية حيوية تتحكم فى تشكيلها سنن الطبيعة وقوانين الفرص التى تلعب دوراً هاماً فى تكييف كل ما يخضع لسلطانها .

والعقم على أنواع مختلفة لكل منها أسباباً ومبررات ونتائج يمكن تمييزها عن بعضها البعض بشتى الطرق – ويمكننا بصفة عامة أن نقسمها إلى ثلاثة أقسام هى :–

أولا : العقم المورفولوجى . وثانياً : العقم السيتولوجى أوالكروموزومى وثالثاً : العقم الوراثى .

وسنجتهد بقدر الإمكان فى أن نشير إليها جميعاً إلا أن اهتمامنا الأكبر سوف ينصب على تلك الحالات ذات الأهمية الكبرى فى تربية المحاصيل والتى تهم المربى بصفة خاصة نظراً لكثرة الحالات التى تواجهه فى برامج التهجينات التى يضطلع بها للوصول إلى أهدافه المختلفة – وأحمد الله أن العلم قد مكن المربى فى كثير من هذه الأحوال من التعرف على أسباب هذا العقم – بل وأكثر من هذا فان باستطاعته أن يعالج هذا العقم بوسائل خاصة مكنته من التغلب عليه وخلق خصوبة تامة لها ميزات عظيمة .

٢ – العقم المورفولوجى :

هذا النوع من العقم ناشىء عن أن أعضاء التذكير أو التأنيث أو كلاهما فى الأزهار تتحور عن تكوينها الطبيعى إلى أعضاء مورفولوجية أخرى – وبذلك فهى تفقد وظائفها التى خلقت من أجلها مما لا يمكن النبات من التكاثر الجنسى عن طريقة تكوين البذور – وأحياناً أخرى يكون تركيب الزهرة من الشذوذ بحيث يكون عضو التأنيث فيها فى وضع لا يمكنه من استقبال حبوب اللقاح مطلقاً فتضيع فائدته رغم وجوده وبذلك لا تتم عمليات التلقيح فالإخصاب فتكوين البذور وينشأ العقم .

على أن هذه الحالات وغيرها ليست ذات أهمية كبرى فى تربية المحاصيل الحقلية ولهذا فاننا لن نتوسع فيها بل يكفينا أن قد ألقينا عليها نظرة عابرة لتسجيلها فقط – وهى غالباً ما تظهر فى نباتات الزينة فتخلق منها أشكالا خلابة جذابة ويكون التكاثر فيها خضرياً بطبيعة الحال .

٣ ـ العقم السيتولوجى أو الكروموزومى :

وينشأ هذا العقم عن خلل فى التركيب الكروموزومى للنبات ـ وهذا الخلل ليس خللا بالمعنى الدارج للكلمة ـ إذ يجب أن يكون معلوماً أن هذا التركيب الكروموزومى نفسه ـ رغم خلله ـ لم يمنع النبات من أن ينمو من البذرة التى نشأ عنها ويحيى ويكتمل نموه ويكون كل أعضائه بما فيها الأزهار وما تحمل من أعضاء للتذكير وأخرى للتأنيث ـ وهنا فقط يظهر تأثير هـذا الخلل فان النبات عندما ينضج للتكاثر الجنسى لا يستطيع أن يكون خلايا تناسلية لأن تكوينه الكروموزومى لا يؤهله لذلك وهذا هو سبب العقم .

وهذا الخلل أو الشذوذ الكروموزومى على عدة أشكال تبعاً للطريقة التى نشأ عنها ـ إلا أنها جميعاً تتشابه فى الظاهرة التى تؤدى إلى العقم ـ ألا وهى عدم الانتظام فى عمليات الانقسام الاختزالى التى تؤدى إلى تكوين الخلايا التناسلية ـ فكلما زادت درجة الخلل أو الشذوذ فى التركيب الكروموزومى كلما زادت الفوضى فى عملية الانقسام الاختزالى ويتبع هذا بطبيعة الحال زيادة درجة العقم التى تصل فى الحالات القصوى إلى ١٠٠ ٪ ـ وتقل عن ذلك بداهة بحيث تتناسب تناسباً طردياً مع درجة الشذوذ الكروموزومى .

وعلاوة على ما سبق أن ذكرناه عن حالات العقم السيتولوجى فى النباتات الأحادية أو الثلاثية أو الرباعية ذات التضاعف الذاتى أو الخماسية ـ بسبب عدم انتظام التوزيع على قطبى المغزل ـ ورغم تشعب أنواع الشذوذ الكروموزومى الأخرى ـ إلا أننا للتبسيط سنقسمها إلى قسمين أساسيين هما : ـ

أولا : الشذوذ الناشىء عن اختلافات فى التركيب المألوف لبعض الكروموزومات أو كلها وهذه تعطينا نباتات تسمى بالهجن التركيبية واسمها العلمى (Structural hybrids)

ثانياً : الشذوذ الناشىء عن كون النبات يحتوى على مجموعة كروموزومية تجمع بين مجموعتين أساسيتين عاديتين سليمتين أو أكثر من آباء مختلفة وهذه

تكون ما يسمى بالهجن الجنسية أو النوعية (Intergeneric or interspecific hybrids)

وبديهى أن جميع هذه الهجن يكون تكوينها الكروموزومى من الخلل أو الشذوذ بحيث لا تنتظم عمليات الانقسام الاختزالى فيها ومن هذا ينشأ العقم .

وسنشرح فيما يلى كلا من هذين القسمين على حدة .

أولا ـ الهجن التركيبية (Structural Hybrids) :

وقبل أن نتحدث عن هذه الهجن بالذات يجدر بنا أن نلم بمعنى كلمة هجن بصفة عامة ـ فالهجن (ومفردها هجين) ـ اسم يطلق على مجموعة كبيرة من الكائنات الحية تختلف فى منشئها وسلوكها وتتباين فى طبائعها وإمكانياتها ـ إلا أنها جميعاً تتفق فى خاصية مشتركة تتلخص فى كونها خليطة أى غير نقية من الناحية الوراثية ـ والتعريف الذى اصطلح العلماء على إطلاقه على الهجين أياً كان نوعه هو الآتى : (الهجين هو الكائن الحى الذى إما أن ينشأ عن التزاوج بين جاميطتين مختلفتين ـ أو الذى يعطى بالانقسام الاختزالى نوعين أو أكثر من الجاميطات المختلفة) .

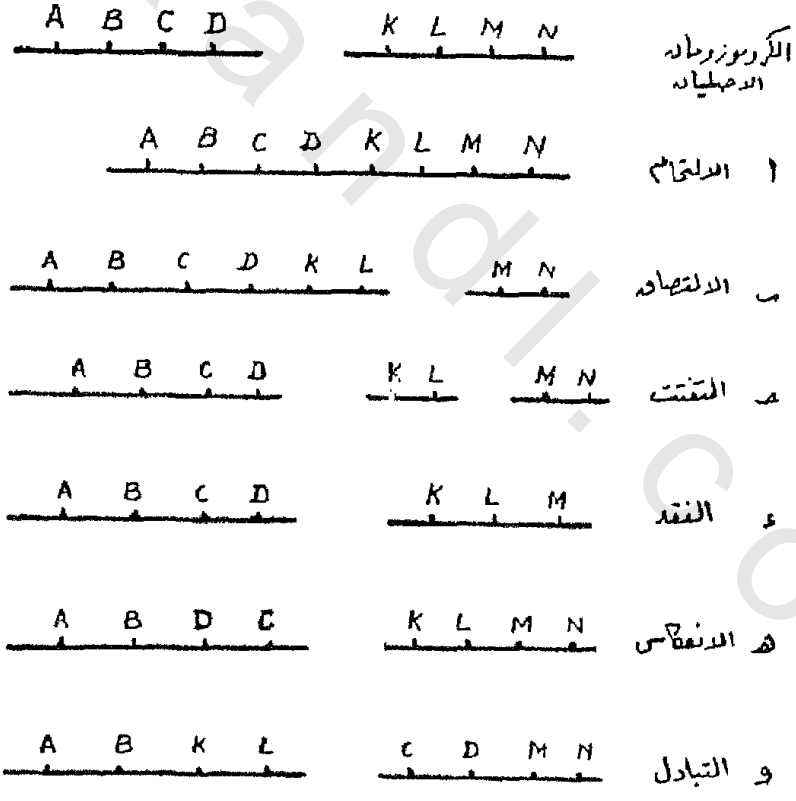
والهجن على أنواع كثيرة فهى إما هجن عددية أى (Numerical hybrids) أى تلك التى تنشأ عن اتحاد جاميطات تختلف فى أعداد كروموزوماتها ـ أو هجن تركيبية أى (Structural hybrids) وهى التى تنشأ عن اتحاد جاميطات تختلف فى تركيب كروموزوماتها ـ أو هجن مجهولة أو غير محددة أى (Undefined hybrids) وهى التى تنشأ عن اتحاد جاميطات تختلف عن بعضها البعض اختلافاً غير معلوم أو غير محدد أى لم يكتشفه العلم بعد ـ وجميع هذه كما سبق القول تكون غير نقية من الناحية الوراثية (هذا بالإضافة إلى ما يمكن تسميته بالهجن الوراثية أمثال (Rr) ا ، (Rr Tt) وغيرها ـ ونعود الآن لنتحدث عن الهجن التركيبية التى نحن بصددها الآن : ـ

من المسلم به أن المجموعة الوراثية ممثلة تمثيلا تاماً فى المجموعة الكروموزومية الأحادية للكائن الحى ـ بحيث تتواجد العوامل الوراثية موزعة توزيعاً ثابتاً فى

مراكزها المحددة على أفراد هذه المجموعة الكروموزومية — ولعل الثبات الوراثى هو الذى يعطى المجموعة الكروموزومية صفة الثبات أو الدوام من جيل لآخر.

إلا أنه أحياناً يحصل بعض الاضطراب فى طبيعة هذا التوزيع الوراثى بحيث نجد شذوذاً عن المألوف فى ترتيب العوامل الوراثية — فاذا كان هذا الشذوذ من البساطة بحيث يتحمله الكائن الحى فانه قد يستطيع أن يحافظ على كيانه فى الأجيال المتعاقبة ويأخذ صفة الدوام — أما إذا كان الشذوذ من العنف بحيث لا يتحمله الكائن الحى فانه يقضى قضاء مبرماً على قدرته على التوالد بل قد يقضى عليه فى مبدأ تكوينه وبذا ينقرض حتماً من الوجود.

وجميع هذه الأحوال الشاذة تنشأ عن اضطراب فى عمليات الانقسام الاختزالى ينشأ عنه شكل أو آخر مما يأتى وصفه — وجميعها موضحة فى (شكل ٦١)



(شكل ٦١)

الأشكال المختلفة لتهجينات تركيبية (Structural hybrids)

وكلها تغييرات ذات صبغة خاصة تطرأ على التركيب الكروموزومى المألوف للكروموزومين الأصليين المبينين فى أعلا الشكل — وتؤثر على السلوك الوراثى

ا ــ يلتصق كروموزومان كاملان التصـــاقاً طرفياً بحيث يكونان كروموزوماً واحداً ــ وتسمى هذه الظاهرة بالالتحام (Fusion)

ب تنفصل قطعة من كروموزوم ما بما تحمل من العوامل الوراثية وتلتصق بكروموزوم آخر وتسمى هذه الظاهرة بالالتصاق (Translocation)

جـ ــ تنفصل قطعة من كروموزوم ما وتبقى مستقلة كجسم منفرد بما تحمل من العوامل الوراثية وتبقى لازمة للمجموعة الكروموزومية ــ وتسمى هذه الظاهرة بالتفتت (Fragmentation)

د ــ القطعة التى تنفصل قد تنمحى تماماً من الوجود كجزء من المجموعة الوراثية التى تستمر بدونها بصفة دائمة ــ وتسمى هذه الظاهرة بالفقد (Deficiency or Deletion)

هـ ــ يتغير وضع العوامل الوراثية على أحد الكروموزومات بحيث ينعكس ترتيبها من النظام الطبيعى ويحصل هذا عادة فى جزء من أجزاء الكروموزوم وتسمى هذه الظاهرة بالانعكاس (Inversion)

و ــ يتبادل كروموزومان قطعتين بحيث تحل واحدة من أحدهما محل الأخرى من الآخر والعكس بالعكس وتسمى هذه الظاهرة بالتبادل (Segmental interchange or Reciprocal translocation)

والمفهوم بطبيعة الحال أن كل هذه الظواهر تحصل بين كروموزومات غير متشابهة أى (Non-homologous) من كروموزومات المجموعة الأحادية ــ ولكل من هذه الظواهر نتيجته فى السلوك الكروموزومى فى أثناء عملية الانقسام الاختزالى بحيث يسهل معرفة نوع الشذوذ وكنهه عند دراسة طرق اتحاد الكروموزومات ومن طبيعة التركيبات الكروموزومية التى تتكون نتيجة لذلك.

وأهم هذه الظواهر فيما يختص بنا هى تلك التى تعطينا هجناً تركيبية (Structural hybrids) بطريقة التبادل السابق الإشارة إليها وسنشرح خطواتها فيما يلى :ــ

١ — لو فرضنا أن نباتاً ثنائياً ما تركيبه السيتولوجي كالآتي :—

$$\text{أي } ٢ \text{ ن} = ٦ \quad \begin{matrix} AB & CD & EF \\ AB & CD & EF \end{matrix}$$

٢ — وحصل في أحد أفراده تبادل بين الكروموزومين (AB) ، (CD) فقط بحيث تكون نبات آخر تركيبه السيتولوجي :

$$\text{أي } ٢ \text{ ن} = ٦ \quad \begin{matrix} AC & BD & EF \\ AC & BD & EF \end{matrix}$$

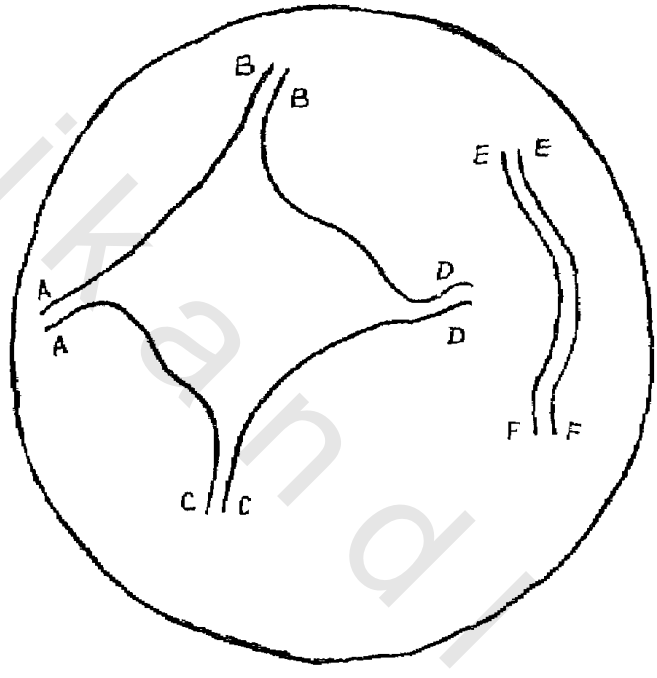
٣ — فاذا حصل تهجين بين هذين النباتين باتحاد جاميطة من الثاني تركيبها السيتولوجي (AC, BD, EF) مع جاميطة من الأول تركيبها السيتولوجي (AB, CD, EF) — لنتج لدينا نبات يكون تركيبه السيتولوجي :

$$\text{أي } ٢ \text{ ن} = ٦ \quad \begin{matrix} AB & CD & EF \\ AC & BD & EF \end{matrix}$$

٤ — فان هذا النبات (الذي هو هجين تركيبي) عندما ينضج جنسياً لتكوين خلاياه التناسلية فان الأربعة كروموزومات (AB, AC, CD, BD) تستطيع أن تكون فيما بينها مجموعة رباعية لوجود تشابه بين أطراف كل اثنتين منها بحيث انها تتحد لتكون دائرة رباعية (Ring quadrivalent) أما الكروموزومان الباقيان وهما (EF ، EF) فانهما كالمعتاد يكونان مجموعة ثنائية (bivalent) كما هو موضح في (شكل ٦٢) .

٥ — وبعد ذلك تستمر التطورات العادية من حيث تكوين الكيازمات في مواقع الازدواج وتحركها إلى الأطراف وغير ذلك إلى أن يتكون المغزل وتنتظم التركيبات الكروموزومية في محيطه .

وهنا يجب أن نبين الشذوذ فى السلوك السيتولوجى لهذا الهجين — شذوذ ناشىء من غير شك عن التركيب الخاص لهذه المجموعة من الكروموزومات الأربعة التى استطاعت أن تتجمع فى مجموعة رباعية واحدة — وهذا كما هو معروف غير ممكن فى النباتات الثنائية العادية حيث لا يمكن بحال من الأحوال فيها أن يتحد فى مجموعة واحدة أكثر من كروموزومين اثنين .



(شكل ٦٢)

عملية الانقسام الاختزالى

فى الهجين التركيبى الذى حصل فيه تبادل كروموزومى

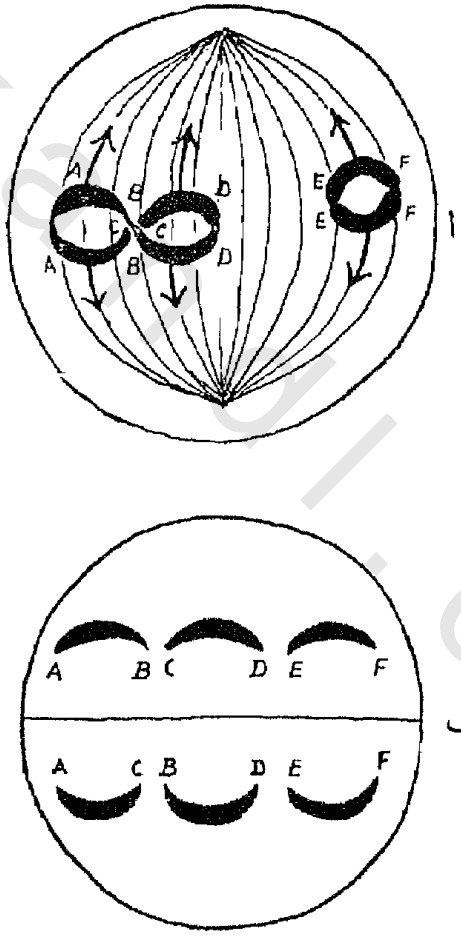
أى (segmental interchange) بين كروموزومين اثنين

وبذلك تتكون مجموعة رباعية مغلقة (ring quadrivalent) ومجموعة ثنائية (bivalent)

ولقد وجد أن مثل هذه النباتات التى تسلك هذا السلوك الشاذ لا تكون حصوبتها كاملة كما هو الحال فى النباتات العادية بل انها تظهر دائماً نسبة من العقم تبلغ ٥٠ ٪ — وهذا العقم ناشىء عن المسلك الذى تسلكه هذه المجموعة الرباعية تبعاً للطريقة التى تنتظم بها على محيط المغزل تمهيداً للدور الانقصال .

ولتفسير ذلك نقول إن هذه المجموعة عند انتظامها على محيط المغزل تسلك طريقة من طريقتين بنسبة متساوية وهما :-

الأولى : طريقة الانفصال (Disjunction) كما فى (شكل ٦٣) وهنا نجد أن كل كروموزوم ينفصل تماماً عن الكروموزومين المتصلين به بحيث يتجه هو إلى أحد القطبين ويتجه الكروموزومان المتصلان به كلا من أحد طرفيه إلى القطب المضاد .



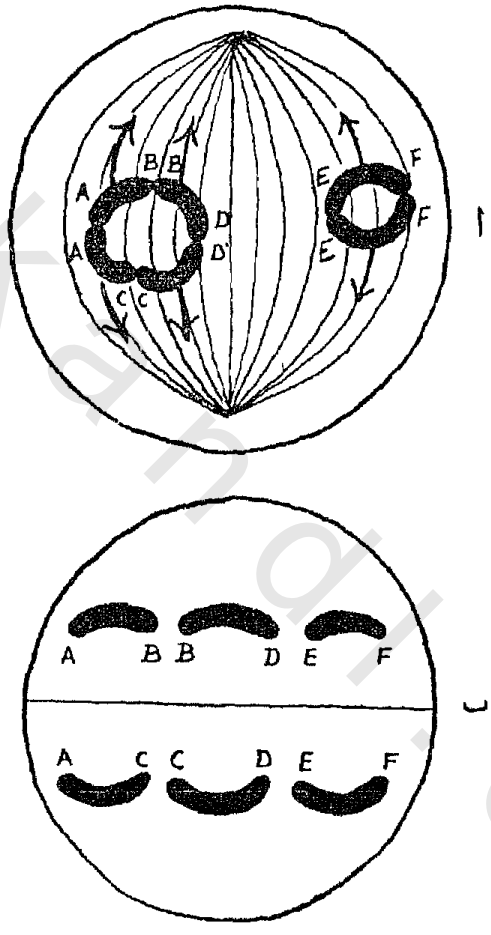
(شكل ٦٣)

ا - انتظام المجموعة الرباعية على المحيط الاستوائى بطريقة الانفصال (Disjunction)

ب - الجاميطات الناتجة عن هذا النوع من الإنتظام وجميعها خصبة .

وبهذه الكيفية نجد أن كلا من القطبين يحتوى على مكونات الكروموزومات الثلاث (AB, CD, EF) – أى أن جميع العوامل الوراثية تكون ممثلة ونتيجة ذلك أن جميع الجاميطات التى تتكون من هذه الطريقة تكون خصبة تماماً .

الثانية : طريقة عدم الانفصال (Non-Disjunction) كما فى (شكل ٦٤)



(شكل ٦٤)

ا – انتظام المجموعة الرباعية بطريقة عدم الانفصال (Non-disjunction)

ب – الجاميطات الناتجة وجميعها عقيمة .

وهنا نجد أن كل كروموزوم ينفصل عن واحد فقط من الكروموزومين المتحدين معه ويتجه مع الآخر إلى نفس القطب – وبهذه الكيفية نجد أن أحد

قطبى المغزل يحتوى على الثلاث كروموزومات (AB, BD, EF) أما الآخر فيحتوى على الثلاثة كروموزومات (AC, CD, EF) — وبفحص هذه المجموعات نجد أن أحدهما ينقصه الجزء الكروموزومى (C) وما يحمله من عوامل وراثية هذا مع وجود الجزء (B) مكرراً مرتين — والثانى عكس هذا تماماً أى ينقصه الجزء (B) مع وجود الجزء (C) مكرراً مرتين — ونتيجة ذلك أن جميع الجاميطات التى تتكون بهذه الطريقة تكون عقيمة تماماً .

وحيث أن سنن الطبيعة وتكافؤ الفرص تحتم أن المجموعة الرباعية تتشكل باحدى هاتين الطريقتين بنسبة متساوية — لذلك تكون الخلايا التناسلية نصفها عقيم ونصفها خصب ولهذا تكون نسبة العقم فى مثل هذه النباتات ٥٠ ٪ كما سبق الإشارة .

ولعل هذا أبسط أنواع الهجن التركيبية — وينتمى إلى هذا النوع من الهجن أنواع أخرى أكثر تعقيداً تبعاً لمدى الشذوذ فى التكوين الكروموزومى ومدى التبادل حيث قد يتناول أكثر من كروموزومين — فبعضها حينئذ قد يستطيع أن يكون مجموعة ذات ستة كروموزومات — وذلك إذا كان التبادل قد تناول ثلاثة كروموزومات وليس اثنين فقط كما رأينا فى الحالة السابقة ويزيد عدد الكروموزومات التى يمكن أن تتحد فى مجموعة واحدة تبعاً للمدى الذى حصل فيه التبادل بين مختلف كروموزومات المجموعة الأحادية — وأحياناً يصل التبادل إلى أقصى حدوده فيشمل المجموعة الأحادية بأكملها وهنا نجد — نتيجة لذلك — أن الكروموزومات جميعها تستطيع أن تتجمع فى مجموعة واحدة .

وبما أن جميع هذه الأنواع تشترك فى خاصية واحدة وهى تكوين دوائر كروموزومية مغلقة ذات أحجام تختلف تبعاً لمدى الشذوذ فيها — فانه يطلق عليها بالإضافة إلى كونها هجناً تركيبية — اسم النباتات المكونة للدوائر أى (Ring forming plants)

وإذا كان هذا هو الحال فى النباتات الثنائية الكروموزومات فيمكننا أن نتصور مدى التعقيد والشذوذ المتوقعين فى النباتات عديدة الكروموزومات —

فان هذه بطبيعة تكوينها تتكون فيها مجاميع كروموزومية تتناسب مع مكررات المجموعة الأحادية فيها – فهذه إذا حصل فيها شذوذ تركيبي فان تأثير هذا على سلوكها الكروموزومى أثناء عمليات الانقسام الاختزالى يكون من الجسامة مما يجعل نسبة العقم فيها مرتفعة جداً .

ثانيا – الهجن الجنسية والنوعية (Intergeneric & Interspecific hybrids)

الهجن النوعية والجنسية هى تلك الهجن التى تنشأ من التهجين إما بين جنسين مختلفين أو بين نوعين مختلفين من نفس الجنس – وهذه إما أن تكون هجناً طبيعية – أى أوجدتها الطبيعة بطرقها الخاصة – أو هجناً صناعية أوجدها الإنسان بطرقه الخاصة أيضاً – وتمتاز الهجن الطبيعية بأنها هجن حبتها الطبيعة بعنايتها وأولتها رعايتها فجعلتها هجناً خصبة يستفيد منها الإنسان أجل الفوائد – ولعل أروع الأمثلة التى تضرب فى هذا المجال هى القطن والقمح – أما الهجن الصناعية فقد لجأ إليها الإنسان تقليداً للطبيعة التى منها يستلهم الوحى – وسعياً وراء أهداف له لتحسين نباتاته أو حيواناته التى يعتمد عليها كل الاعتماد فى حياته أو لخلق أشكال جديدة منها تمتاز عن تلك التى تقع تحت يديه .

وغنى عن القول ان الإنسان فى محاولاته هذه قد جانبه التوفيق فى كثير منها وصادفته صعوبات عديدة بذل كل ما وهبه الله من جهد فى تذليلها فحينا ينجح وأحياناً يصاب بفشل ذريع .

والفشل على نوعين أساسيين – فاما أن يكون ناشئاً عن فشل التهجين نفسه فشلا تاماً – ومعنى هذا عدم تكوين جنين ليعطى جيلا أولا – أو أن يكون ناشئاً عن عقم الجيل الأول بعد تكوينه – ومعنى هذا عدم مقدرة الجيل الأول على التناسل إطلاقاً ليعطى جيلا ثانياً .

والنوع الأول من الفشل لا يدخل ضمن نطاق موضوع العقم الذى نحن بصدده – إذ أن العقم كما سبق عرفناه هو عدم مقدرة الكائن الحى على التوالد – وحيث أن الكائن الحى لم يتكون أصلا ولا وجود له إطلاقاً فهذا الموضوع له صفة أخرى لا تتصل بموضوع العقم بأية صلة .

أما النوع الثانى فهو الذى يهمنا هنا وهو الذى سنتحدث عنه ــ ولقد سبق أن شرحنا هذا النوع من العقم وأسبابه عندما تحدثنا فى الباب السابق عن التضاعف الهجينى فى النباتات وسلوكها السيتولوجى ــ ثم أضفنا أن هذا العقم يمكن التغلب عليه بمضاعفة الكروموزومات فينقلب العقم خصوبة إذ تنشأ فى النبات المتضاعف حالة سيتولوجية تسمح بانتظام عملية الانقسام الاختزالى ــ ذلك الانتظام الذى هو الأساس الأول لتكوين خلايا تناسلية سليمة وما يتبع ذلك من خصوبة تامة .

والذى يهمنا معالجته هنا هو أن هذه الظاهرة قد استغلت استغلالا نافعاً فى أعمال التربية ــ إذ أن المربى كثيراً ما يلجأ لعمل تهجينات بقصد إدخال صفات اقتصادية خاصة فى السلالات التى يشتغل فى تربيتها ــ ومن أهم هذه الصفات عوامل المناعة أو المقاومة ضد الأمراض الفطرية خاصة والآفات بوجه عام ــ فالمعروف أن هذه العوامل بالذات توجد أكثر ما توجد فى الأنواع البرية من النباتات التى كثيراً ماتختلف عن الأصناف المنزرعة من الناحية الكروموزومية اختلافاً اما من ناحية العدد أو من ناحية التجانس ــ وفى كلتا الحالتين يكون الجيل الأول المتكون عقيما للأسباب السابق شرحها ــ وغنى عن القول أن هذا الجيل الأول من الأهمية بمكان إذ أنه يجمع فى تكوينه الوراثى العوامل الوراثية للصنف المنزرع بجانب صفات المناعة أو المقاومة المنقولة إليه من الصنف البرى ــ وعلى هذا الأساس لا بد من بذل كل جهد لإنتاج أجيال متعاقبة منه لانتخاب الأنسال التى تتمشى مع الأهداف التى عمل من أجلها التهجين الأول .

وهنا تبرز ظاهرة التضاعف الكروموزومى بروزاً واضحاً كوسيلة أكيدة لإنتاج هذه الأجيال المتعاقبة ــ ولذلك فكر الباحثون فى طرق صناعية لأحداث هذا التضاعف .

وأهم ما استعمل من هذه الطرق الصناعية هو الكولشيسين (Colchicine) الذى يستعمل بطرق مختلفة ــ وغيره من المواد ــ وكذلك تعريض النبات لدرجات حرارية إما مرتفعة أو منخفضة بقصد إحداث صدمات قد تؤثر

فى السلوك السيتولوجى أثناء عمليات الانقسام الاختزالى فينشأ عن ذلك خلايا متضاعفة تتمكن من أن ينتظم فيها الانقسام الاختزالى فتتم الخصوبة المنشودة .

وواضح مما سبق أن استغلال هذه الظاهرة صناعياً يؤدى إلى إيجاد أصناف من المحاصيل الزراعية أو النباتات عموماً تمتاز عن تلك التى كانت مستعملة من قبل — ولقد تمكن المربى بهذه الوسائل من استنباط أصناف تجارية لها ميزات خاصة تؤهلها لأن تشق طريقها لدى الزراع بنجاح تام — ومن أهم هذه الميزات صفات المناعة أو المقاومة ضد الآفات إذ أن هذا أجدى بكثير عن استعمال أصناف غير مقاومة ومعاملتها بطرق المقاومة الكيمائية وغيرها لمكافحة الآفات.

وجدير بالذكر أن بعض الآفات لم تكتشف لها للآن طرق للمقاومة وهذا يعزز بصفة خاصة ضرورة استنباط أصناف تحمل فى تكوينها الوراثى عوامل المقاومة ضد هذه الآفات .

٤ — العقم الوراثى (التنافر) (Incompatibility) :

كان من أهم المشكلات التى صادفت منتجى الفاكهة مثل الكريز والبرقوق والتفاح والكمثرى وغيرها منذ زمن بعيد ما لاحظوه من عدم عقد الثمار فى حدائقهم مما أدى إلى كارثة اقتصادية عانوا منها الأمرين سنين طوالا — فلقد كان المنزرع صنفاً واحداً من هذا أو ذاك وكانت الحدائق تخدم الخدمة اللازمة والأشجار مكتملة النمو عليها علامات الصحة والازدهار — ثم انه عند موسم التزهير تمتلىء أزهاراً يانعة توحى بمحصول وفير — ولكن كانت الآمال دائماً تخيب ويأتى وقت جنى المحصول فلا توجد الثمار إلا بالنذر اليسير — فكانت هذه الزراعات خسارة تامة لأصحابها — ولقد دب اليأس فى نفوس أصحابها إذ لم يعرفوا لتلك الظاهرة سبباً أو علة .

وإذ عكف العلماء على دراسة هذه الظاهرة اتضح لهم الآتى :—

١ — ليس هناك سبباً سيتولوجياً لهذا العقم — فالمجموعة الكروموزومية سليمة التكوين والانقسام الاختزالى يتم بانتظام تام وتتكون خلايا تناسلية ينبغى أن تكون فعالة خصبة وقد نميت صناعياً فأنبتت وأخرجت أنابيبها بنشاط تام .

٢ – عندما فحصت مياسم الأزهار وأقلامها لمعرفة مدى اختراق الأنابيب اللقاحية فيها – وجدت نامية فعلا إلا أنها لم تتمكن من اختراق أنسجة القلم للوصول إلى المبيض لتلقيح البويضات لإتمام عملية الإخصاب – بل وجد أنها تتغلغل لمسافة صغيرة جداً ثم يقف نموها وقفاً كاملا .

٣ – اتجه التفكير وقتئذ إلى وجود شيء ما يمنع إتمام عملية التلقيح فالإخصاب رغم حيوية حبوب اللقاح الظاهرة واستعدادها التام لذلك – فأخذت هذه الحبوب ولقح بها صنف آخر فوجد أنها أتمت وظيفتها وتكونت الثمار بشكل واضح .

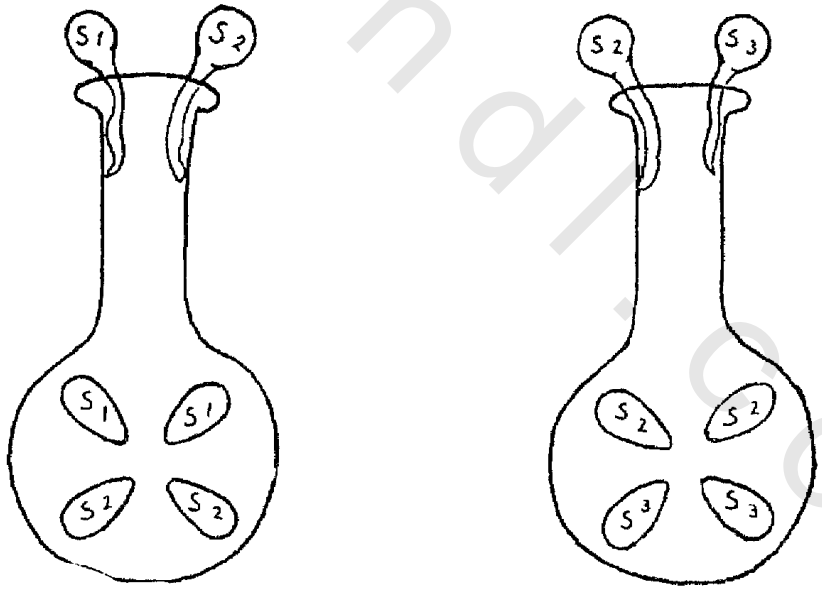
٤ – استنتج العلماء إذن أن هناك عقماً ذاتياً بحيث أن حبوب اللقاح فى الزهرة لا تستطيع أن تخصب بويضات نفس الزهرة – وعللوا ذلك بوجود عوامل وراثية سموها عوامل التنافر أى (incompatibility factors) ومعنى ذلك أن حبوب اللقاح التى تحمل أحد هذه العوامل لا تستطيع أن تخترق أنسجة القلم التى تحمل نفس هذا العامل .

ولقد أجريت أبحاث كثيرة على ظاهرة التنافر هذه فى نباتات مختلفة وبواسطة علماء عديدين وأدت هذه الأبحاث إلى وضع الأسس التى تفسر هذه الظاهرة وملابساتها وكل ما يتعلق بها وتتلخص هذه الأسس فى النقط الآتية : –

١ – تكون عوامل العقم هذه مجموعة من العوامل المتضادة أطلق عليها الرمز (S) بحيث تكون (S 1 ، S 2 ، S 3 ، S 4 ... الخ) – والمهم هنا أن النبات الثنائى يحمل اثنين فقط منها أياً كانا فهو يكون من ناحية تركيبه الوراثى لهذه العوامل (S1 S2) مثلا ا ، (S1 S3) ا ، (S2 S4) وهكذا– هذا فى النباتات الثنائية مثل الكريز الثنائى – أما فى النباتات الرباعية فيكون عدد هذه العوامل أربعة شأنها فى ذلك شأن كافة العوامل الوراثية الأخرى فيكون مثلا (S1 S1 S2 S2) ا ، (S1 S1 S2 S4) وهكذا كما هو الحال فى الكريز الرباعى – وبنفس الطريقة تكون النباتات السداسية مثل البرقوق

محتوية على ستة من هذه العوامل فيكون تركيبها مثلا (S1 S1 S1 S2 S2 S2) أ، (S1 S1 S2 S2 S3 S3) وهكذا دواليك .

٢ — القاعدة ان حبة اللقاح التى تحتوى على عامل من هذه العوامل أو أكثر لا تستطيع اختراق مياسم الزهرة التى تحتوى خلاياها على نفس هذا العامل — ولذلك فاننا نجد أن النباتات الثنائية مثل الكريز الثنائى تكون عقيمة عقماً ذاتياً كاملا أى بها (Complete self-incompatibility) — وذلك ناشىء عن أن خلايا المياسم والأقلام قطعاً تحمل نفس العامل الذى تحمله حبة اللقاح — فمهما كان التركيب الوراثى للنبات (S1 S1) أ ، (S1 S2) أ ، (S2 S3) فالعقم الذاتى موجود حتما كما هو موضح فى (شكل ٦٥) حيث يقف نمو أنابيب اللقاح بعد دخولها أنسجة القلم وذلك للنفور الذى تواجهه هناك ويمنع دخولها .



(شكل ٦٥)

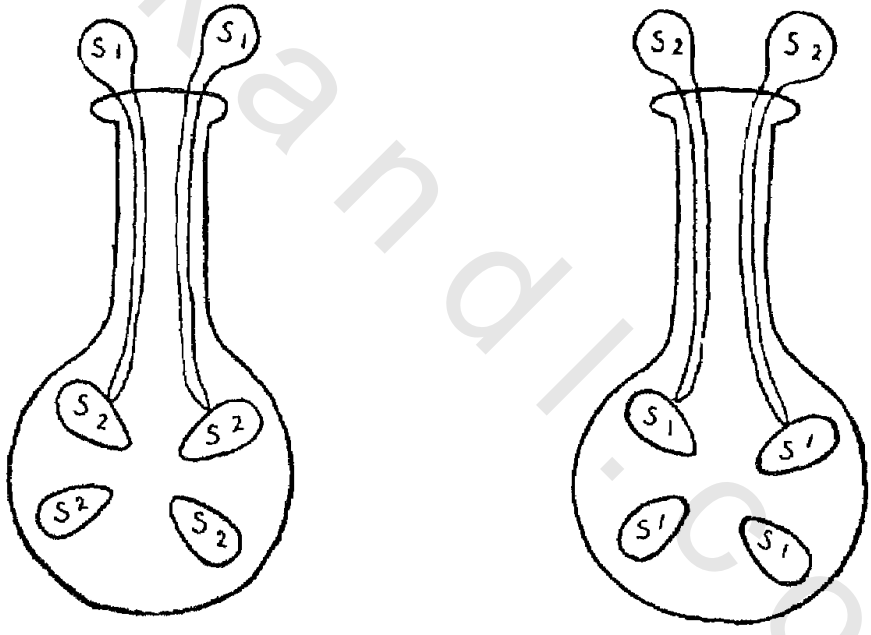
حالات العقم الناشئة عن التنافر التام

لعدم مقدرة حبوب اللقاح على اختراق المياسم

فى حالات التلقيح الذاتى عندما تتشابه العوامل التنافرية فى الذكر والأنثى

٣ – إذا كان الصنفان الثنائيان مختلفين اختلافاً كلياً فى كلا العاملين كأن يكون أحدهما مثلا (S1 S1) والثانى (S2 S2) فان التهجين بينهما يكون خصباً خصوبة تامة سواء استعمل أحدهما ذكراً أم أنثى أى فى كلا الاتجاهين وتسمى هذه الحالة خصوبة تامة (Complete Compatibility)

وسبب ذلك بطبيعة الحال أن العامل التنافرى فى حبة اللقاح لن يجد فى خلايا الميسم عاملا مشابهاً يعوق تقدمه وبذلك يتم الإخصاب (شكل ٦٦) – وبديهى أن جميع البذور الناتجة ستكون هجناً تركيبها الوراثى من هذه الناحية (S1 S2)



(شكل ٦٦)

حالات الخصوبة التامة فى كلا الإتجاهين

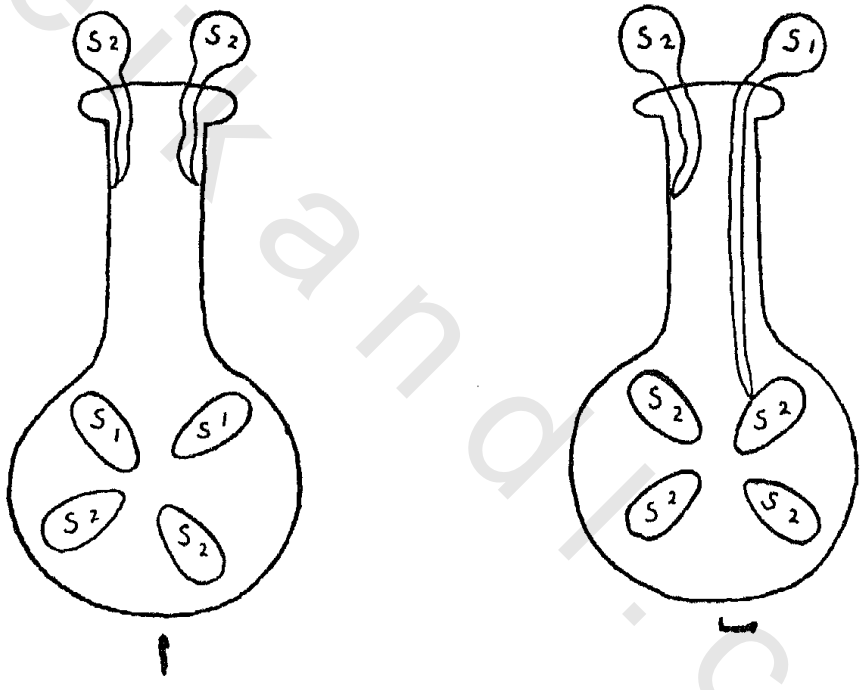
عند تلقيح S2 S2 × S1 S1

حيث تنمو أنابيب اللقاح مخترقة المياسم حتى يتم الاخصاب

وذلك فاشىء عن اختلاف العوامل التنـــافرية فى الذكر عن الأنثى

٤ – فى بعض الأحوال تتغير نتيجة التهجين تبعاً للجهة التى يستعمل فيها أحد الطرفين كذكر أو أنثى – فاذا عملنا تهجيناً مثلا بين (S1 S2) ، (S2 S2)

فان العقم يكون تاماً إذا ما استعمل (S2 S2) كأب ذكر – وذلك لأن جميع حبوب اللقاح منه يكون تركيبها الوراثى (S2) وهذه لا تستطيع اختراق خلايا القلم لأن هذه تحتوى هى الأخرى على نفس العامل – أما إذا استعمل (S1 S2) كأب ذكر فهنا يكون الإخصاب جزئياً أو العقم أو التنافر جزئياً (Partial incompatibility) وذلك لأن حبوب اللقاح المحتوية على العامل (S1) هى وحدها التى تستطيع إتمام عملية الإخصاب – أما حبوب اللقاح (S2) فلا تستطيع ذلك (شكل ٦٧) – وينتج عن ذلك عقم بمقدار ٥٠ ٪ (أو خصوبة ٥٠ ٪) .



(شكل ٦٧)

اختلاف نتيجة التهجين باختلاف استعمال الأب أو الأم

ا – عقم تام لكون حبوب اللقاح لاتستطيع اختراق المبسم لوجود التنافر بينهما.

ب – خصوبة جزئية ناشئة عن إمكان نوع واحد من حبوب اللقاح من اختراق المياسم

وهنا يجب أن نشرح معنى هذا الإخصاب أو العقم الجزئى – إذ المفهوم أن حبوب اللقاح المحتوية على العامل (S1) ستكون بالوفرة الكافية لإخصاب جميع بويضات المبيض – وبديهى أن تكوين البذور هنا سيكون تاماً – ولكن المقصود

بكون الإخصاب جزئياً هو أن البذور الناتجة ستكون جميعها ذات تركيب وراثى واحد هو (S1 S2) — ومعنى هذا أن التركيب الوراثى (S2 S2) لا يمكن أن يتكون ومعنى هذا بصفة أوسع أن نصف ما ينتظر إنتاجه من الهجن الناتجة لا يتكون وهنا نفهم معنى الإخصاب أو العقم الجزئى .

٥ — زيادة عن هذه العوامل المتضادة المختلفة للتنافر اكتشف العلماء عاملا آخر أطلق عليه (Sf) وأى نبات يحمل هذا العامل يكون خصباً ذاتياً ولذلك سمى عامل الخصوبة (fertility factor) — وليس تأثير العامل هذا منصباً على النبات نفسه بل ان كل أنساله من التلقيح الذاتى تكون كذلك للسبب الآتى :—

إذا فرضنا أن التركيب الوراثى للنبات الذى يحمله هو (Sf S2) مثلا فانه بالتلقيح الذاتى لا تستطيع حبوب اللقاح المحتوية على (S2) من اختراق المياسم — وبناء عليه تكون حبوب اللقاح الوحيدة التى تخصب البويضات هى تلك التى تحمل (Sf) — وهذه تتحد بالبويضات التى تكون على شكلين — اما (Sf) ا، (S2) ونتيجة ذلك أن جميع الهجن الناتجة تكون على شكلين وراثيين اما (Sf Sf) ا، (Sf S2) وهى جميعها خصبة ذاتياً لحملها العامل (Sf) — أما التركيب (S2 S2) فلا يتكون مطلقاً لكون حبوب اللقاح المحتوية على (S2) لاتستطيع الوصول إلى المبيض بحكم التنافر الموجود بينها وبين خلايا القلم — وبذلك يكون نتاج جميع هذا النبات الخصب ذاتياً هى الأخرى خصبة ذاتية وهكذا .

٦ — اكتشف العلماء أيضاً عاملا أطلق عليه (SF) وهذا إذا وجد فى خلايا المياسم والقلم لا يسمح لحبوب اللقاح التى تحمل عامل الخصوبة (Sf) من اختراق الميسم والوصول إلى المبيض .

٧ — يمكننا أن نستنتج حالة النباتات العديدة الكروموزومات فيما يختص بسلوكها التنافرى فهذه تحمل كما قلنا عدداً أكبر من العوامل التنافرية (أربعة فى الرباعى وستة فى السداسى) — وعلى هذا الأساس تكون الخلايا التناسلية محتوية إما على عاملين أو ثلاثة — وبديهى أن سلوكها عند اختراق مياسم الأنثى

يكون متأثراً أيضاً بالتنافر الذى قد يتواجد مع العوامل المشابهة فى خلايا المياسم — وبناء عليه يكون اختراق أنابيب اللقاح على درجات متفاوتة تبعاً لمدى التنافر .

وعلى العموم فكلما زاد تعقيد التكوين الوراثى للنبات تبعاً لزيادة كروموزوماته وبالتالى عوامل التنافر فيه كلما قل الاحتمال لحالات العقم التنافرى — وذلك لأن سنن الطبيعة وقوانين الفرص تقلل جداً احتمال تقابل نباتات ذات تركيب وراثى متشابه — فهناك إذن تناسباً عكسياً بين تعدد الكروموزومات وتعقد سلوكها السيتولوجى والوراثى من ناحية وبين درجة العقم التنافرى من جهة أخرى — كما يتضح من (جدول ١٠) .

(جدول ١٠)

جدول يبين التناسب العكسى

بين درجة التعقيد الوراثى السيتولوجى ومدى العقم التنافرى

الصنف	النسبة المئوية للسلالات ذات العقم التنافرى الذاتى الكامل Complete self — incompatibility	النسبة المئوية للسلالات ذات العقم التنافرى المهجن الكامل Complete cross incompatibility
الكريز (الثنائى الكروموزومات)	١٠٠ ٪	٧٣ ٪
البرقوق (سداسى)	٤٠ ٪	١٣ر٥ ٪
التفاح (ثنائى اسمياً)	٥ ٪	٥ ٪
« (ثلاثى اسمياً)	صفر	صفر

ويبين هذا الجدول أن أصناف الكريز الثنائية تكون نسبة التنافر الذاتى فيها ١٠٠ ٪ أى أن جميع الأصناف تكون عقيمة إذا ما لقحت بنفسها — وكذلك نجد أن ٧٣ ٪ من الأصناف تتنافر إذا هجنت مع بعضها البعض — أما البرقوق وهو سداسى الكروموزومات — أى انه أكثر عدداً وتعقيداً عن الكريز — فان ٤٠ ٪ فقط من أصنافه عقيمة ذاتياً وحوالى ١٤ ٪ منها تتنافر مع بعضها البعض بالتهجين — فاذا نظرنا إلى التفاح فاننا نجد أن هذه النسبة تقل جداً لدرجة انعدامها فى التفاحيات الثلاثية الكروموزومات — وان التفاح بصفة خاصة رغم ما يقال عنه ان أصنافه إما ثنائية أو ثلاثية بالنسبة للعدد الأساسى للجنس الذى يتبعه — فان تكوينه السيتولوجى الحقيقى أعقد بكثير مما ينتظر فى النباتات الثنائية أو الثلاثية العادية — إذ أن البحث السيتولوجى والوراثى أثبت وجود حالة شاذة جداً جعلت العلماء يعتقدون أن العدد الأساسى للتفاح وهو ١٧ كروموزوماً — هذا العدد نفسه مركب تركيباً معقداً — ولم يتسن للباحثين إلى الآن الوصول إلى كنه هذا التعقيد — وحيث أن الأمر كذلك فان احتمال وجود صنفين متشابهين وراثياً احتمال بعيد جداً ولذلك نجد أن نسبة التنافر الذاتى أو الهجينى بين أصنافه قلت جداً حتى كادت تنعدم .