أمثلة على الهجن النوعية وطرق التغلب على مشاكل العقم فيها

الهجن النوعية الطبيعية

يعتقد أن أنواعاً كثيرة قد نشأت – طبيعياً – من هجن نوعية بعيدة ، وأن بعض هذه الهجن كان بين أجناس نباتية مختلفة . ومن بين النباتات التى يعتقد نشأتها بهذا الشكل السوسن ، والأوركيد ، والقنّا ، والداليا ، والجلاديولس ، والورد ، والبنفسج ، والحور .

كما حدثت هجن نوعية كثيرة ، صاحبت نشأة عدد من الفواكه المهمة ؛ مثل التفاح ، والبرقوق ، والكريز ، والبندق ، والعنب ، وعديد من الفواكه الأخرى ذات الثمار الصغيرة تتبع الجنس *Rubus* ، الذى يشتمل على أنواع كثيرة جداً توجد فيها الكروموسومات فى مضاعفات للعدد الأساسى ٧ حتى ١٢ ضعفاً ، وهو يتضمن الراسبرى rasberry (ثنائى غالباً) ، والبلاكبرى blackberry والدوبرى dewberry (معظمها ثنائية وبعضها به ٦ مضاعفات أو أكثر للعد الأساسى) والنسبرى nessberry ، واللونجانبرى longanberry ، وبويزنبرى boysenberry . وقد نشأ النسبرى (٤ س) من التهجين بين *Rubus trivialis* (٢ س) ، و *R . strigosus* (٢س) ؛ حيث إن الأول هو الدوبرى الجنوبى ، والثانى هو الراسبرى الأمريكى ، ونشأ اللونجانبرى *R . longanbaccus* (٦س) من التهجين بين الدوبرى الأمريكى *R . ursinus* (٨س) ، والراسبرى الأوروبى *R . idaeus* (٢س) ؛ حيث اتحدت جاميطات (٢ ن) من الثانى مع جاميطات (١ن) من الأول . وقد تهجن اللونجانبرى بدوره مع الدوبرى الشرقى ، ونتج من ذلك الينجبرى youngberry الذى يحتوى على نفس عدد الكروموسومات مثل اللونجانبرى ، ولكنه لايُلَقَّح معه .

وقد نشأت بعض المحاصيل الاقتصادية المهمة مثل القمح ، والشوفان ، والقطن ، والدخان ، وقصب السكر (وهى التى تعد نباتات متضاعفة هجينياً ، شبيهة بالثنائية amplhidiploids) من هجن نوعية بعيدة . وفيما عدا ذلك .. فلم يكن للهجن النوعية الطبيعية دور كبير فى نشأة محاصيل الحبوب ، والألياف ، والزيوت ، والعلف . كما لم تتأثر محاصيل الخضر – كثيراً – بالهجن النوعية الطبيعية باستثناء البطاطس ، والبطاطا .

الهجين بين القمح والشيلم (التريتكيل)

يعد الترتيكيل Triticale (Triticosecale sp.) أحد محاصيل العائلة النجيلية ، وهو من الحبوب الصغيرة ، ويمثل أول محاولة ناجحة ، لتخليق محصول جديد بالتهجين بين جنسين مختلفين ، هما قمح الخبز السداسي *Triticum vulgare* ، والشيلم *Secale cereate* . وكان التلقيح قد أجرى – أصلاً – بهدف جمع صفة المقاومة للبرودة ، التي توجد فى الشيلم مع الصفات المرغوب فيها للقمح .

ويتشابه التريتكيل – مورفولوجيًا – مع القمح فى شكل النبات وصفات الحبة ، إلا أنه يمتاز عنه بزيادة فى كل من قوة النمو وحجم الحبة ، كما أن السفا فية أطول ، ويتحدد إن كان التريتكيل من النوع الربيعى ، أو الشتوى بنوع وصنف القمح المستخدم فى التلقيح مع الشيلم .

وقد عرفت من التريتكيل أنواع سداسية (٢ ن = ٦ س = ٤٢ كروموسوماً) ، وأخرى ثمانية (٢ ن = ٨ س = ٥٦ كروموسوماً) منذ أكثر من مئة عام . تكونت الأولى (السداسية) عندما هجن القمح الرباعى (٢ن = ٤س = ٢٨ كروموسوماً) مع الشيلم ، (٢ ن = ٢س = ١٤ كروموسوماً) ، ثم ضوعفت كروموسومات الجيل الأول الهجين . أما الأنواع الثمانية فقد أنتجت بتهجين القمح السداسى (٢ن = ٦ س = ٤٢ كروموسوماً) مع الشيلم ، ثم مضاعفة كروموسومات الجيل الأول الهجين ، ونظراً لأن إنتاج الطرز الثمانية كان أسهل من الطرق السداسية التى كانت أكثر خصوبة ؛ لذا فإنها حظيت باهتمام أكبر فى بادىء الأمر ، إلى أن تبينت أفضلية الطرز السداسية التى كانت أكثر خصوبة ، كذلك .. أنتجت طرز رباعية (٢ ن = ٤س = ٢٨ كروموسوماً) من التريتكيل على نطاق تجريبى فقط ، ووجد أنها أقل فى صفاتها الحقلية والتجارية من الطرز الأخرى .

وقد أنتج الصنف روزنر Rosner فى كندا كأول صنف تجارى من التريتكيل . وقد كان واضحاً تفوق هذا الصنف على الطرز التى سبقته من التريتكيل فى قوة الساق (لتجنب الرقاد) والخصوبة والتبكير فى النضج ، إلا أنه كان حساساً للفترة الضوئية ، وقليل المحصول . وقد أعقب ذلك إنتاج سلالات الأرماديللو Armadillo فى المكسيك . وقد تميزت هذه السلالات بعدم حساسيتها للفترة الضوئية ، وارتفاع محصولها ، وقد كانت

٦٠٪ منها أعلى محصولاً من الصنف روزنر ، كما كانت ٢٪ منها أعلى محصولاً من أكثر أصناف القمح الكندية إنتاجية . وقد وصل محصول بعض هذه السلالات إلى ٦٧٠٠ كجم / هكتار فى كاليفورينا ، وهو يقارب ما تنتجه أعلى أصناف القمح محصولاً . هذا .. ويفوق الترتكيل القمح فى محتواه من البروتين والأحماض الأمينية الضرورية . ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع .. يراجع Larter (١٩٧٦) .

التهجين بين القمح والجنس *Aegilops*

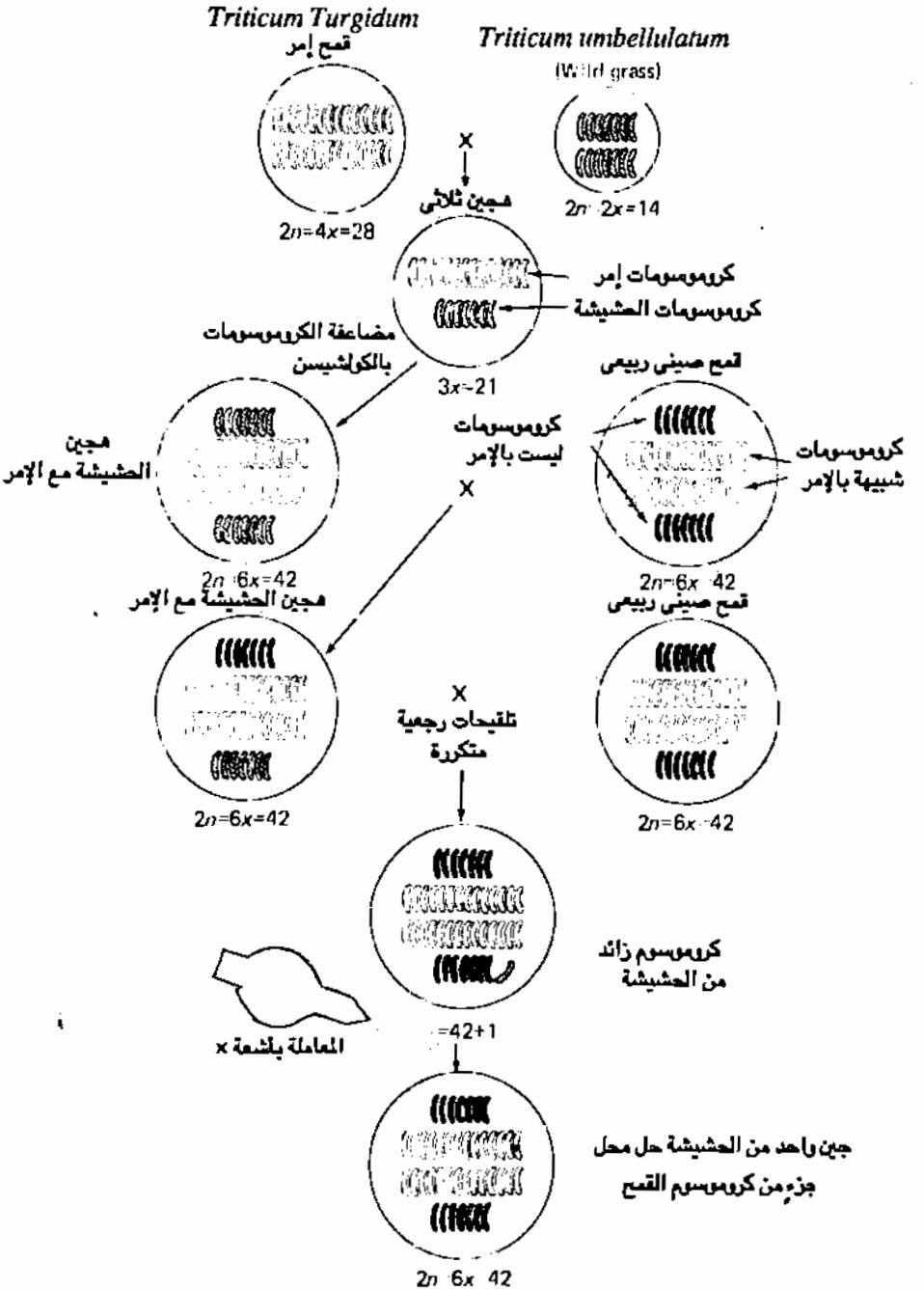
تحتوى الحشيشة البرية *Aegilops umbellulata* على صفة المقاومة لمرض صدأ الأوراق التى يتحكم فيها جين واحد سائد ، بينما لا توجد هذه المقاومة فى القمح السداسى *Triticum aestivum* . ونجد فى القمح أن ٢ ن = ٦س = ٤٢ كروموسوماً بواقع ٧ أزواج من الكروموسومات من كل من الهيئات الكروموسوميه A ، و B ، و D ؛ بينما نجد أن الوضع الكروسومى فى النوع *A . umbellulata* هو ٢ن = ٢س = ١٤ كروموسوماً ؛ بواقع ٧ أزواج من كروموسومات الهيئة الكروموسومية C . وبينما يتلقح كل من القمح والنوع *A . umbellulata* مع أنواع أخرى كثيرة .. فإن التلقيح بينهما لاينجح . وللتغلب على هذه المشكلة – لنقل صفة المقاومة لصدأ الأوراق من *Aegilops* إلى القمح – هجّن E . R . Sears القمح emmer الرباعى *T. dicoccoides* (٢ن = ٤س = ٢٨ كروموسوماً بواقع ٧ أزواج من كل من الهيئتين الكروموسوميتين A ، و B) مع النوع *Aegilops* ، وقد كان الهجين بينهما ثلاثياً وعقيما (٢ن = ٣ س = ٢١ كروموسوماً بواقع ٧ كروموسومات من كل من الهيئات الكروموسومية A ، و B ، و C) ، وأدت مضاعفته إلى إنتاج هجين متضاعف شبيه بالثانى amphidipoid به ٢ن = ٦س = ٤٢ كروموسوماً ؛ بواقع ٧ أزواج من الكروموسومات من كل من الهيئات الكروموسومية A ، وB ، و C . وكان هذا الهجين المتضاعف خصباً جزئيًا فى تلقيحاته مع قمح الخبز السداسى ، ونتج من محاولات تلقيحه مع القمح هجين ، كان به ٢ ن = ٦ س = ٤٢ كروموسوماً بواقع ٧ أزواج من الكروموسومات من كل من الهيئتين الكروموسوميتين A ، و B ؛ و ٧ كروموسومات من كل من الهيئتين الكروموسوميتن C ، و D (أى كان الهجين AA BB CD) . وقد ظهر بالهجين فى أثناء الانقسام الاختزالى ١٤ وحدة ثنائية الكروموسوم (وهى الخاصة بالهيئتين A ، و B) ، و١٤ وحدة أحادية الكروموسوم (وهى

الخاصة بالهيئتين C ، وD) ، وكان الهجين مقاوماً للصدأ وأقرب فى شكله المظهرى من الحشيشة *Aegilops* ، وكانت حبوب لقاحه عقيمة إلى حد كبير ، إلاّ أنه أنتج بعض البذور لدى تلقيحه ذاتيًا . وقد قام Sears بتلقيح هذه النباتات رجعيًا ، إلى قمح الخبز عدة مرات مع انتخاب النباتات المقاومة للصدأ بعد كل تلقيح . وقد تبين بعد إجراء عدة تلقيحات رجعية أن النباتات المتنحية كانت ثلاثية الكروموسوم trisomics (أى تحتوى على كروموسوم زائد ، وفيها ٢ ن = ٤٣)، وتبين أن الكروموسوم الزائد كان من الهيئة الكروموسومية C . وكانت هذه النباتات قليلة الخصوبة ، وأسهم فيها الكروسوم الزائد بعديد من الجينات غير المرغوب فيها ؛ مثل التبكير فى الإزهار ، وضعف المحصول .

وقد أكمل Sears الحلقة الأخيرة من هذا البرنامج بمعاملة النباتات التى تحتوى على ٤٣ كروموسوماً بالإشعاع قبل الانقسام الاختزالى ، ثم استخدم حبوب اللقاح التى أنتجتها فى تلقيح أزهار نباتات أخرى من نفس الهجين لم تعرض للإشعاع ، وأعطت هذه التقليحات ٦٠٩١ نباتاً ، كان من بينها ١٣٢ نباتاً مقاوماً للصدأ ، ومن بين الفئة المقاومة للصدأ تبين وجود تبادل لأجزاء كروموسومية reciprocal chromosonal interchange فى ١٢ نباتاً منها ؛ أى إن كل نبات من الاثنى عشر نباتاً كان به انتقال لقطعة من كروموسوم النوع *Aegilops* – تحتوى على الجين المسئول عن المقاومة للصدأ – إلى أحد كروموسومات القمح . وكانت معظم الانتقالات الخليطة هذه عقيماً – جزئياً – واحتوت على صفات أخرى للنوع *Aegilops* ؛ مما يدل على أن الجزء الكروموسومى المنقول فى كل منها كان كبيراً نسبياً ؛ إلا أن أحد النباتات كان مقاوماً للصدأ ، بينما كانت صفاته مقبولة كما كان كامل الخصوبة . وقد أظهرت الدراسات السيتولوجية التى أجريت على هذا النبات أن الانتقال الكروموسومى شمل جزءاً صغيراً جداً من كروموسوم النوع *Aegilops* لم يحمل سوى الجين المسئول عن المقاومة لمرض صدأ الأوراق (عن Brewbaker ١٩٦٤) . ويبين شكل (١٥ – ١) تخطيطاً لبرنامج التربية الذى سبق شرحه (عن Poehlman ١٩٧٩) .

التهجين بين جنس القمح *Triticum* والجنس *Agropyron*

نال الهجين بين جنس القمح *Triticum* ، والجنس *Agropyron* اهتمام الكثيرين ، وكان الهدف الأصلى هو إنتاج قمح معمر . وبرغم أنه أمكن تحقيق بعض التقدم نحو هذا



قمح صينى ربيعى به جين لمقاومة صدأ الورقة أضيف إليه من *Triticum umbellulatum*

شكل (١٥ – ١) : تخطيط يبين الطريقة التى أمكن بواسطتها نقل صفة المقاومة لمرض صدأ الأوراق من الحشيشة البرية *Aegilops umbellulata* إلى قمح الخبز السدامى *Triticum aestivum* .

الهدف .. إلا أن أهم ما تمخضت عنه هذه الدراسات كان انتخاب طرز شبيهة بالقمح ، ذات مقاومة جيدة للصدأ والأمراض الأخرى التى يقاومها النوع *Agropyron* . ويعد عدم الثبات السيتولوجى الوراثى من أهم مشاكل النباتات المتضاعفة الشبيهة بالثنائية Amphidiploids لهذا الهجين النوعى .

الهجين النوعية فى الجنس *Lycopersicon*

تتلقح الطماطم *Lycopersicon esculentum* بسهولة تامة مع النوع *L . pimpinellifolium* ، وقد أمكن عن طريق هذا التلقيح نقل كثير من الصفات المهمة إلى الطماطم ؛ مثل صفات المقاومة للفطريات *Fusariam oxysporum* ، و*Stemphylium solani* ، و *Cladosporum fulvum* ، وغيرها . كما تتلقح الطماطم بسهولة مع النوع *L . cheesmanii* الذى يتميز بقدرته على تحمل الملوحة العالية ، والنوع *L . pennellii* الذى يتميز بقدرته على تحمل ظروف الجفاف . كذلك .. أمكن تلقيح الطماطم مع كل من النوعين *L . hirsutum* ، و *L . chilense* بشرط استعمال الطماطم كأمهات ، وأمكن عن طريق هذه الهجن النوعية نقل عديد من الصفات المهمة ؛ مثل المقاومة للفطر *Septoria lycopersici* من النوع *L . hirsutum* . أما النوع *L . peruvianum* .. فإنه لايهجن مع الطماطم إلاّ إذا استخدم الأخير كأم مع زراعة الأجنة الهجين فى بيئة صناعية ، وهى فى المراحل المبكرة لتكوينها ، و إلاّ تدهور الجنين ، واختفى داخل الثمرة التى تكمل نموها وهى خالية من البذور .

وقد أمكن عن طريق هذا التلقيح نقل عدد من الصفات الهامة إلى الطماطم ؛ مثل المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور ، والمحتوى المرتفع من فيتامين جـ ، كما تجرى محاولات لنقل صفة المقاومة لفيرس التفاف واصفرار أوراق الطماطم التى توجد على مستوى عال فى بعض سلالات النوع *L . peruvianum* . وقد نوه C . M . Rick فى عام ١٩٨٣ عن وجود سلالتين من *L . peruvianum* يلقحان بسهولة تامة مع الطماطم ، وهما LA 1708 ، و LA 2172 . ووجد أن هاتين السلالتين لاتلحقان مع أية سلالة أخرى من نوعهما ، كما لم يكن الهجين النوعى بينهما وبين الطماطم صالحاً كقنطرة للتهجين مع سلالات أخرى من النوع *L . peruvianum* ؛ رغم أنه كان خصباً جزئياً ومتوافقا فى الهجن الرجعية إلى الطماطم (Lindhout & Purimahua ١٩٨٨) . هذا .. بينما تمكن

marulanda & (١٩٨٩) من التهجين بين السلالة LA 2394 من *L . esculentum* var . *cerasiforme* كأم والسلالة LA 1708 من *L . peruvianum* كأب ، وكان الهجين النوعى بينهما خصباً فى تلقيحاته مع سلالات أخرى من *L . peruvianum* ، وأعطت هذه التلقيحات بذورا كثيرة؛ وهو ما يعنى إمكان استعماله كقنطرة وراثية بين النوعين *L . esculentum* ، و *L . peruvianum* . ولمزيد من التفاصيل عن الهجن النوعية فى النوع *Lycopersicon* وأوجه الاستفادة بها .. يراجع Rick (١٩٧٩ ، ١٩٨٠) .

الهجن النوعية فى الجنس *Fragaria*

يُعَد الشليك *Fragaria × ananassa* من الأمثلة الناجحة للهجن النوعية (يشير حرف x فى الاسم العلمى إلى أنه ناتج من هجين نوعى) ؛ فقد جرت محاولات كثيرة فى أوروبا لعزل تراكيب وراثية جيدة من الانواع البرية التى كانت شائعة ، وهى *F . moschata* ، و *F . vesca* ، و *F . viridis* ، ومن النوعين *F . chiloensis* ، و *F . virginiana* – اللذين نقلا إلى أوروبا من الأمريكتين – إلاّ أن هذه المحاولات لم تثمر النتائج التى كانت مرجوة منها ، وعندما هَجَّن المزارعون النوعين الأخيرين فى القرن الثامن عشر ، ظهرت انعزالات كثيرة فى النسل ، وانتخبت الطرز الجيدة لتَطَّور فيما بعد إلى الشليك المزروع .

ولمزيد من الأمثلة عن الهجن النوعية يراجع Knott & Dovrak (١٩٧٦) بشأن الاستفادة بها فى نقل صفات المقاومة للأمراض من الأنواع البرية إلى الأنواع المزروعة : مثل الطماطم ، والبنجر ، والبطاطس ، والدخان ، وغيرها ، ويراجع Uhlinger (١٩٨٢) بشأن الهجن البعيدة بين الأنواع العشبية المعمرة ، و Layne (١٩٨٣) بشأن الهجن النوعية فى الفاكهة ، والجمعية الأمريكية لعلوم البساتين (Amer . Soc Hort . Sci ١٩٨٦) ، بشأن التغلب على مشاكل العقم فى الهجن النوعية للأجناس *Prunus* ، و *Malus* ، و *Pyrus* ، و *Rubus* ، و *Vaccinium* ؛ ويراجع Dicksom & Wallace (١٩٨٦) بشأن الهجن النوعية فى الجنس *Brassica* ، و Whitaker & Robinson(١٩٨٦) بشأن الهجن النوعية فى الجنس *Cucurbita* .