الفصل الخامس عشر

الهجن النوعية

يلجأ المربى إلى التهجين بين أنواع نباتية مختلفة Inrerspecific Hybridization ، عندما يتعذر عليه العثور على الصفات المرغوب فيها داخل النوع الذى ينتمى إليه المحصول الذى يقوم بتحسينه . وقد يكون التهجين مع نوع نباتى آخر من نفس الجنس ، أو من جنس آخر من نفس العائلة . ويستعان بمثل هذه الهجن النوعية لنقل جين واحد ، أو مجموعة من الجينات المرغوب فيها من نوع إلى آخر ، أو للتوصل إلى صفات جديدة ليست موجودة فى أى من النوعين منفرداً . كما تجرى الهجن النوعية فى كثير من الأحيان ، لمجرد تجربة مايمكن أن تسفر عنه هذه الهجن .

وبرغم وجود أمثلة عديدة لهجن نوعية ناجحة .. إلا أنه توجد حالات يستحيل فيها إجراء الهجن النوعية ، وقد يمكن إنتاج الهجين النوعى (الجيل الأول) ولكنه يكون عقيماً ، أو قد يبدأ التدهور والعقم فى الجيل الثانى . وقد توصل مربو النبات إلى طرق فعالة ؛ للتغلب على كثير من مشاكل إنتاج الهجن النوعية فى حالات خاصة .

وغنى عن البيان أنه لايمكن دراسة الهجن النوعية Interspecific Hybrids بمعزل عن التضاعف الهجينى Alloploidy الذى سبقت دراسته فى الفصل الرابع عشر ؛ وذلك لأن التضاعف الهجينى يستلزم حدوث هجن نوعية ابتداء . كما أن كثيراً من أمثلة الهجن

النوعية الناجحة التى يأتى بيانها فى هذا الفصل هى لأنواع (هجن نوعية) متعددة المجموعة الكروموسومية شبيهة بالثنائية Amphidiploids .

إن معظم الهجن النوعية التى يجريها مربى النبات تكون بين المحاصيل الزراعية وأنواع أخرى برية قريبة منها ؛ بغرض الحصول على جينات مرغوب فيها من الأخيرة . ومن الطبيعى أن يتلقى الجيل الأول الهجين نصف جيناته من الأب البرى ؛ لذا .. فإنه لايصلح للزراعة التجارية . ويتطلب الأمر إجراء عديد من التلقيحات الرجعية إلى النوع المحصولى ، مع محاولات لكسر الارتباطات غير المرغوب فيها – إن وجدت – ليمكن إنتاج سلالة تربية من النوع المحصولى تحتوى على الجين المرغوب فيه من النوع البرى لاستخدامها – بعد ذلك – فى برامج التربية لتحسين المحصول بالطرق الأخرى . ويعرف برنامج التربية الذى يتمخض عنه سلالات كهذه باسم التربية السابقة pre - breeding ، أو تربية سلالات الآباء parent - line breeding .

هذا .. إلا أن الانواع المحصولية والأنواع البرية ربما لاتختلف كثيراً – وراثيًا – عن بعضها ، بسبب مايكون قد حدث بينها من تبادل جينى فى الطبيعة فى أزمنة سابقة . وبرغم أن الهجن النوعية لاتكون صعبة فى حالات كهذه ، إلا أنها لاتكون ضرورية أيضًا ؛ نظراً لأن الجينات المرغوب فيها غالباً ماتكون قد انتقلت – بالفعل – من النوع البرى إلى النوع المحصولى فيما يعرف باسم Introgerssion .

الصعوبات التى تعوق نجاح الهجن النوعية

يقسم Hawkes (١٩٨٣) الصعوبات التى تواجه المربى عند إجراء الهجن النوعية إلى خمسة مستويات تتدرج بالزيادة فى صعوبتها كما يلى :

المستوى الأول : أقلها صعوبة ؛ وفيه يكون النوع المحصولى والنوع البرى متقاربين من بعضيهما وراثيًا ؛ أى يكونان من مجمع جينى gene pool واحد ، ؛ بسبب مايكون قد حدث بينهما من تبادل جينى فى الطبيعة فى أزمنة سابقة ، ومن أمثلة ذلك الهجين النوعى :

L . esculentum × *L . pimpinellifolium*

المستوى الثانى : وفيه ينتمى النوع المحصولى والنوع البرى إلى مجمعات جينية مختلفة ، إلا أن التهجين يكون ممكناً ، ويكون الجيل الأول الهجين خصباً بدرجة عالية ؛ حيث يحدث التقارن الكروموسومى بين كروموسومات النوعين فى أثناء الانقسام الاختزالى . ومن أمثلة ذلك الهجن النوعية التالية :

Oryza sativa × *O . nivara*

Lyscoersicon esculentum × *L . cheesmanii*

المستوى الثالث : أكثر صعوبة ، وفيه يختلف النوع المحصولى عن النوع البرى فى عدد الكروموسومات إلا أن الجيل الأول الهجين يمكن جعله خصباً : بمضاعفة كروموسومات هذا الجيل (amphidiploidy) . ومن أمثلة ذلك الهجين النوعى

Brassica Oleracea × *B . rapa*

الذى يعطى النوع *B . napus*

المستوى الرابع : يتطلب نجاح التلقيح إجراء معاملات خاصة مثل زراعة الأجنة فى بيئات خاصة وهى ما زالت فى بدايات تكوينها ، ومن أمثلة ذلك الهجن النوعية التالية :

Solanum acaule × *S . bulbocastanum*

Lycopersicon esculentum × *L . peruvianum*

المستوى الخامس : تلقحيات بعيدة جدا وصعبة ، وهى التى تكون بين أنواع تنتمى إلى أجناس مختلفة ؛ كالتلقيح بين الطماطم *Lycoperscan esculentum* ، والبطاطس *Solanum tuberosum* . وقد أمكن التغلب على مصاعب التهجين ، فى حالات كثيرة كهذه بطريقة اندماج البروتوبلازم protoplasm fusion فى مزارع البروتوبلازم ، إلا أنه نادراً ما أمكن دفع هذه الهجن للنمو إلى مرحلة النضج . ويعد محصول التريتيكيل *Triricale*– وهو هجين بين القمح *Triticum* ، والشيلم *Secale* حالة شاذة ؛ نظراً لأن التهجين يجرى بسهولة تامة ، وقد وجد عدة مرات فى الطبيعة .

ويمكن الاطلاع على التفاصيل الخاصة بمزارع الأجنة ومزارع البروتوبلازم فى

الفصلين السابع عشر والثامن عشر .

ومن أهم أسباب فشل الهجن النوعية ما يلى (عن Allard ١٩٦٤) :

١- وجود عوائق أمام نمو حبة اللقاح :

فمثلا .. قد يكون قلم الزهرة فى النوع المستخدم كأم أطول من قلم الزهرة فى النوع المستخدم كأب ، وهو ما يعنى أن على حبوب اللقاح أن تنمو - فى مثل هذه الحالات - لمسافة أطول مما تكون عليه الحال فى الظروف الطبيعية . وقد يلجأ المربى إلى مضاعفة كروموسومات أحد الأبوين ؛ لزيادة فرصة نجاح التهجين ، إلاّ أن ذلك قد يؤدى إلى نتائج عكسية ، إذا كان النوع المتضاعف هو المستخدم كأب ، لأن حبوب اللقاح تكون ثنائية المجموعة الكروموسومية وسميكة ، وقد يصعب عليها الإنبات فى قلم زهرة النوع الثنائى المستخدم كأم .

٢ - وجود عوائق أمام نمو الجنين :

قد يتم التلقيح والإخصاب بصورة طبيعية ، وتنقسم اللاقحة ، ويبدأ تكوين الجنين ، إلاّ أنه لايكمل نموه ، وقد يتكون الجنين بصورة طبيعية ، إلا أنه يتدهور فى أولى مراحل نموه الخضرى بعد زراعة البذور ويطلق على هذه الحالات مجتمعه اسم Hybrid Inviability ؛ وهى ترجع إما إلى عدم التوافق بين التراكيب الوراثية لنوعى الأبوين ، وإما إلى عدم التوافق بين الجنين النامى والإندوسبرم . وتعرف الحالة الثانية فقط - أى حالة عدم التوافق بين الجنين النامى والإندوسبرم - باسم Somatoplastic sterility ، وهى تحدث فى بعض الهجن النوعية البعيدة ، التى لايتكون فيها الاندوسبرم بصورة طبيعية ؛ ويؤدى ذلك إلى عدم استطاعة الجنين إكمال نموه ، لأنه يعتمد فى غذائه على الإندوسبرم . ويترتب على ذلك توقف نمو الجنين وانتثاره بعد فترة وجيزة من بداية تكوينه . ويتم التغلب على هذه المشكلة - عادة - بزراعة الأجنة ، وهى فى المراحل الأولى لتكوينها - فى بيئات خاصة .

طرق التغلب على مشاكل إنتاج الهجن النوعية

توصل مربو النبات إلى طرق فعالة للتغلب على كثير من مشاكل إنتاج الهجن النوعية

فى حالات خاصة إلا أن هذه الطرق لاتكون - دائما - مجدية فى كل الحالات ؛ ولذا .. فإنه يلزم استمرار التجربة والخطأ ومحاولة استنباط وسائل جديدة تناسب كل حالة . ومن الطرق التى أمكن التوصل إليها ما يلى :

١- مضاعفة كروموسومات أحد - أو كلا - الأبوين الداخلين فى التهجين (يراجع لذلك موضوع التضاعف فى الفصل الرابع عشر) .

٢- زراعة جنين أحد النوعين غير المتوافقين فى إندوسبرم النوع الآخر . وتعطى هذه الأجنة نباتات أكثر توافقا مع النوع الذى استخدم أندوسبرمه عن النباتات العادية ؛ فمثلا .. وجد أن زراعة أجنة القمح فى أندوسبرم الشيلم يعطى نباتات قمح أكثر توافقا فى التلقيح مع الشليم عن نباتات القمح العادية (عن Elliott ١٩٥٨) . كما أمكن إنتاج هجن القمح مع الشعير بزراعة الأجنة - وهى فى بداية تكوينها فى إندوسبرم الشعير ، وقد كانت هذه الهجن عقيمة ذكريًا ، ولكنها انتجت بذوراً عندما لقحت بالقمح ، واحتوت النباتات الناتجة على كل كروموسومات القمح ونصف كروموسومات الشعير (Jan وآخرون ١٩٨٢) .

٣- فصل الأجنة النامية وزراعتها فى بيئات خاصة فى الحالات التى لايوجد فيها توافق بين الجنين النامى والأندوسبرم ، ويكون الهدف الأساسى من ذلك هو مد الجنين النامى بكل احتياجاته الغذائية ؛ لمساعدته على النمو قبل أن يبدأ فى تكوين الأوراق والاعتماد على نفسه .

٤- محاولة إجراء التهجين بين أصناف مختلفة من كلا النوعين ؛ نظراً لأن بعض الأصناف تكون متوافقة أكثر من غيرها . ويفيد فى هذه الشأن استعمال مخلوط من حبوب لقاح عدة أصناف فى تلقيح كل واحد من هذه الأصناف ، ولكن يعاب على هذه الطريقة عدم معرفة هوية الأب الذى يكون متوافقا مع الصنف المستخدم كأم .

٥- استعمال مخلوط من حبوب لقاح كلا النوعين عند إجراء التهجين ؛ فيضاف -أولاً- إلى ميسم الأم كمية قليلة من لقاحها ، ثم تضاف - بعد ذلك بفترة وجيزة - كمية أكبر من حبوب لقاح النوع المستخدم كأب ، وتفيد حبوب لقاح الأم فى إخصاب بعض البيضات ؛ فلا تسقط الزهرة مبكرة ؛ وبذا تتوفر فرصة أكبر أمام حبوب لقاح نوع الأب لإخصاب بقية البيضات .

٦- إجراء التهجين فى كلا الاتجاهين ؛ أى استعمال كل من النوعين كآباء وكأمهات

فى تلقيحات مختلفة ؛ لأن التهجين قد يكون غير ناجح فى أحد الاتجاهين ، ولكنه ناجح فى الاتجاه الآخر ، ويفضل أن يكون التهجين فى اتجاه معين فى الحالات الخاصة التالية :

أ- عند اختلاف عدد كروموسومات الأبوين .. يفضل استخدام النوع الأكثر فى عدد الكروموسومات كأم .

ب- ويفضل فى حالة مضاعفة كروموسومات أحد النوعين أن يستخدم النوع المضاعف كأم .

جـ- فى حالة وجود ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى أحد النوعين .. يفضل استعماله كأب .

٧- محاولة إجراء التلقيح فى مراحل مختلفة من النمو البرعمى والزهرى ، وغالبا ماتكون التلقيحات البرعمية أكثر نجاحاً من تلك التى تجرى فى الوقت الطبيعى .

٨- إزالة الميسم بجزء من القلم ؛ لأن ذلك يقلل المسافة التى تجب أن تقطعها الأنبوبة اللقاحية ، التى غالبا ما تقطعها ببطء وصعوبة . وفى هذا الشأن ..أفادت إضافة كمية صغيرة من الأجار مع السكر مكان الميسم المقطوع قبل التهجينات النوعية فى الجنس *Solanum*.

٩- معاملة متاع الأم ببعض منظمات النمو ؛ مثل بتيا نفثوكس حامض الخليك BNAA لمنع سقوط الأزهار مبكراً .

١٠- تطعيم النوع المستخدم كأم على أصل من النوع المستخدم كأب . وتفيد هذه المعاملة فى تهيئة الطعم (الأم) فسيولوجيًا لاستقبال حبوب لقاح النوع الآخر .

١١- إذا كان من الصعب تهجين نوعين (أ) ، و(ب) مباشرة .. فيفضل تهجين أحدهما - وليكن (أ) - مع نوع ثالث (جـ) ، ثم تلقيح الهجين (أجـ) مع النوع الثانى (ب) . ويسمى النوع (جـ) فى هذه الحالة باسم النوع القنطرى Bridge Species (Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

١٢- معاملة الأزهار عند إجراء التهجينات بمركب أمينو إيثوكسى فينيل جليسين aminoethoxyvinylglycine . أدت المعاملة إلى تأخير سقوط الأزهار ؛ إلى أن وصلت الأنابيب اللقاحية إلى البويضات . ويحدث المركب تأثيره بمنع تمثيل الإثيلين ، وهو

الهرمون الذى يعرف بدوره فى التعجيل بالشيخوخة ، وتساقط الأزهار والثمار (Custers & Den Nijs ١٩٨٦) .

١٣- استخدام مزارع المبايض والبويضات (يراجع لذلك الفصلان السابع عشر والثامن عشر) .

١٤- إدخال حبوب اللقاح فى المبيض مباشرة Intraovarian Pollination . يتم فى هذه الطريقة حقن معلق لحبوب اللقاح مباشرة داخل المبيض من خلال ثقب جانبى فى المبيض ، مع عمل ثقب فى الجانب الآخر ؛ للسماح بخروج الهواء ، يستمر حقن المعلق إلى أن يمتلئ كل فراغ المبيض ويظهر ذلك بخروج السائل من الثقب المقابل . ويلى ذلك .. سد الثقوب بجلى بترولى ، اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى بعض الهجن النوعية مثل *Argemone mexicana* x *A . ochroleuca* (عن Ohojwani & Razdan ١٩٨٣) .

عقم الجيل الأول للهجن النوعية

يمكن فى بعض الأحيان الحصول على بذور من الهجن النوعية الصعبة . وتعطى هذه البذور عند زراعتها نباتات تامة النمو وخصبة أحياناً ، إلا أنها قد تكون عقيمة - تماماً - فى حالات أخرى ، ويقسم عقم الجيل الأول الهجين إلى نوعين كما يلى :

١- عقم عاملى Genic Sterility :

يرجع العقم العاملى إلى وجود اختلافات كبيرة بين العوامل الوراثية للأبوين ، ومن مظاهره .. عدم قدرة النبات على إنتاج أزهار ، أو عدم قدرته على إتمام عملية الإنقسام الاختزالى .

٢- عقم كروموسومى Chromosomal Sterility :

يرجع العقم الكروموسومى إلى وجود اختلافات عددية أو تركيبية كبيرة بين كروموسومات الأبوين ، ومن مظاهره عدم تقارن كروموسومات الأبوين بشكل تام فى أثناء الانقسام الاختزالى ، وحدوث تقارن بين أكثر من كروموسومين فى وحدة واحدة ، وظهور تكوينات غير طبيعية للتقارن الكروموسومى فى أثناء الانقسام الاختزالى .

ومن أمثلة الهجن النوعية العقيمة الهجين بين المشمش *Prunus armenica* ، واللوز

Prunus amygdalus ، وهما نوعان قريبان نباتيًا ، وفيهما ٢ ن = ١٦ . أجرى التهجين ، بفرض نقل بعض الصفات الهامة من المشمش إلى اللوز ، وهى المقاومة للعناكب ، وبكتيريا التثآلل التاجى ، ونيماتودا تعقد الجذور ، وتحمل الرطوبة الأرضية الزائدة ، والنضج المبكر . وقد أمكن – من عدد كبير من التلقيحات – الحصول على عدد قليل من النباتات الهجين التى كانت وسطاً فى صفاتها الخضرية ، وأنتجت قليلاً من حبوب اللقاح الخصبة ، إلاّ أنها كانت عقيمة أنثويًا تماماً (Jones ١٩٦٨) .

هذا .. ولايكون لعقم الجيل الأول الهجين أية أهمية فى المحاصيل التى يمكن إكثارها خضريًا ، وتزرع لأجل أجزائها الخضرية كما فى عديد من نباتات الزينة . ومن أهم وسائل التغلب على حالة العقم فى الجيل الأول الهجين ما يلى :

١– تلقيح الجيل الأول – رجعيًا – إلى أحد الأبوين ، أو إلى كليهما ؛ فقد تكون النباتات الناتجة من التلقيح الرجعى الأول لأحد الأبوين خصبة .

٢– مضاعفة كروموسومات الهجين النوعى ؛ للتغلب على حالة العقم الكروموسومى .

٣– تطعيم الهجين النوعى على أصل من أى من نوعى الآباء ، أو من نوع أو جنس آخر ، ويؤدى ذلك أحياناً إلى تهيئة الهجين النوعى – فسيولوجيًا – بطريقة تسمح بالتغلب على حالة العقم الجينى .

تدهور الهجن النوعية فى الجيل الثانى

يمكن – فى بعض الحالات – إنتاج نباتات خصبة من الهجن النوعية ، إلاّ أنها تتدهور degenerates فى الجيل الثانى ، وتصبح عقيمة . وقد فُسِّر ذلك على أساس أن النبات يكون خصبًا عندما يحتوى على عوامل وراثية مكملة لبعضها البعض . فمثلا .. قد يكون العامل A مكملاً للعامل B ، والعامل a مكملاً للعامل b ، إلا أن العامل A لايكون مكملاً للعامل b ؛ ولا العامل a مكملاً للعامل B ، وتحتوى الأنواع المهجنة على هذه العوامل فى صورة مكملة لبعضها ، وتكون خصبة ؛ كأن تكون aa bb ، وAA BB ، ويكون الجيل الأول الهجين بينها ذا تركيب وراثى Aa Bb وخصباً أيضاً . أما الجيل الثانى .. فتظهر فيه انعزالات كثيرة ، يكون بعضها خصبا ؛ مثل aa bb ، و A - B - ، ويكون بعضها عقيماً ؛ مثل aa B- ، و A - bb .

نقل كروموسومات أو أجزاء كروموسومية من نوع إلى آخر

يعرف نقل كروموسومات أو أجزاء كروموسومية من نوع إلى آخر باسم Introgression ، وهى ظاهرة تحدث طبيعياً ، وكان لها فضل كبير فى تطور النباتات المزروعة ، كما أنها تتحقق من خلال برامج التربية بإجراء التهجين النوعى المرغوب فيه ، ثم إجراء تهجينات رجعية متتابعة لأحد الآباء ؛ بغرض تحسين الخصوبة والقدرة التناسلية واستعادة صفات النوع الرجعى ، مع إضافة بعض الجينات من النوع الآخر . ويفيد التلقيح الرجعى - كثيراً - فى التغلب على حالة العقم التى تنشأ بعد تهجين نوعين بعيدين عن بعضيهما من الناحية الوراثية ؛ لأن الهجين لايكون متوازناً سيتولوجيًا ، ولاتتقارن الكروموسومات الآتية من نوعى الآباء مع بعضها بشكل جيد ، ويسرع التلقيح الرجعى إلى أحد الآباء فى التغلب على حالة عدم التوازن السيتولوجى هذه ، وربما تكون المحصلة النهائية لعملية التلقيح الرجعى هى إضافة زوج كامل من الكروموسومات إلى النوع المراد تحسينه ليصبح ٢ ن + ٢ ؛ وبذا .. تتكون سلالة إضافة كروموسومية chromosome addition line ؛ أو أن يحل زوج كامل من الكروموسومات محل زوج من كروموسومات النوع المراد تحسينه ؛ ليصبح ٢ن - ٢ + ٢ ؛ وبذا تتكون سلالة إحلال كروموسومى Chromosome substitution line . وقد تنقل أجزاء صغيرة من الكروموسومات إلى النوع المراد تحسينه من خلال الانتقالات الكروموسومية ، ويتراوح طول الأجزاء المنتقلة من جين واحد إلى أجزاء كبيرة من الكروموسومات .

ومن أشهر الأمثلة على النقل الكروموسومى من نوع إلى آخر .. حالات نقل صفات المقاومة للأمراض من الأجناس *Agropyron* ، و *Aegilops* ، و *Secale* إلى القمح . وتكفى عدة تهجينات رجعية إلى النوع المزروع لإكمال النقل الكروسومى فى الحالات التى لاتختلف فيها الأنواع المهجنة كثيراً عن بعضها ، أما إن كانت الأنواع المهجنة بعيدة عن بعضها .. فإن نقل الأجزاء الكروموسومية المرغوب فيها يتم بتعريض نباتات الجيل الأول للإشعاع لإعطاء الفرصة لحدوث الكسور والالتحامات الكروموسومية المرغوب فيها ، وطبيعى أن يكون ذلك متبوعاً بعدة تلقيحات رجعية إلى النوع المراد تحسينه .

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*

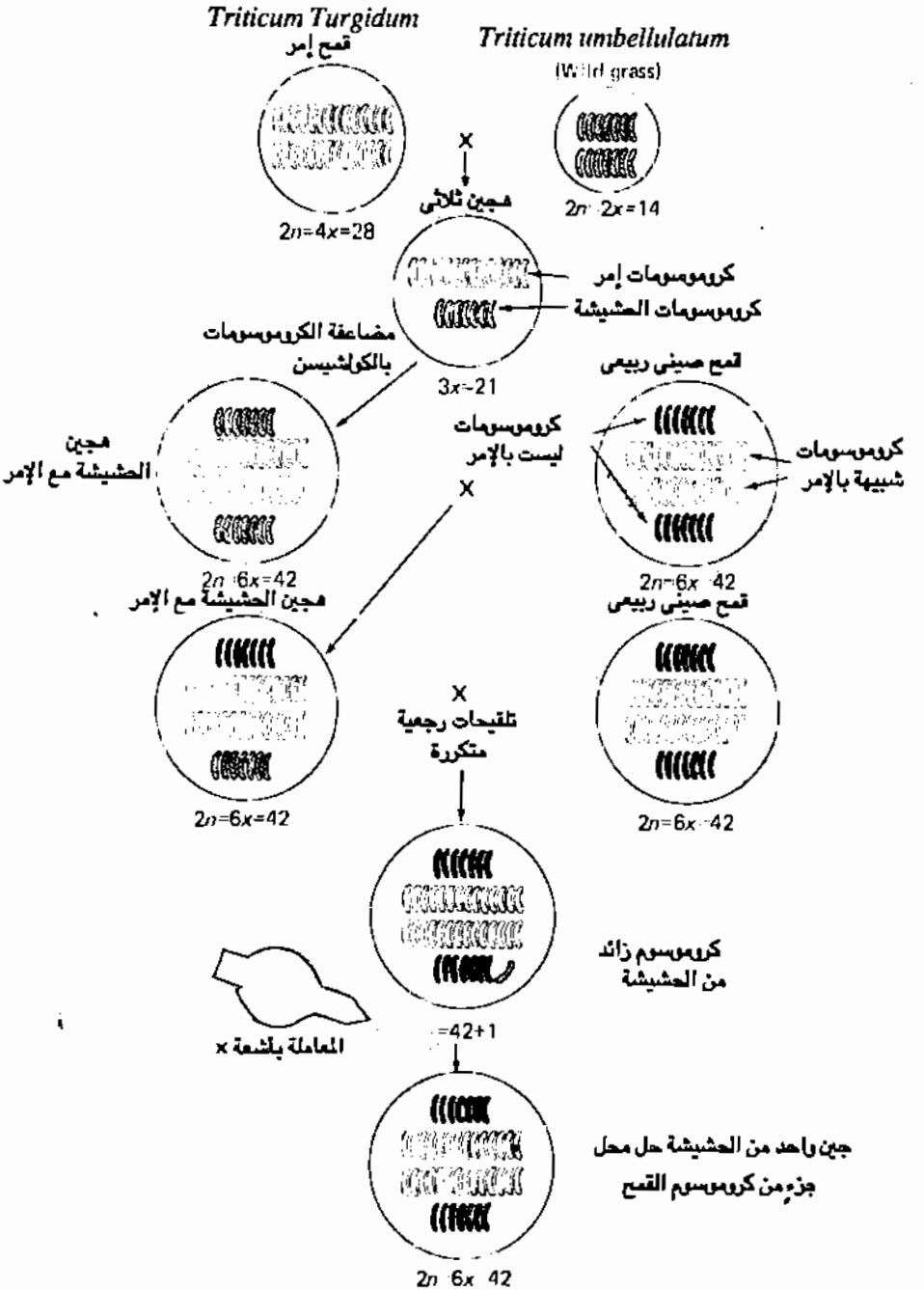
تحتوى الحشيشة البرية *Aegilops umbellulata* على صفة المقاومة لمرض صدأ الأوراق التى يتحكم فيها جين واحد سائد ، بينما لا توجد هذه المقاومة فى القمح السداسى *Triticum aestivum* . ونجد فى القمح أن ٢ ن = ٦س = ٤٢ كروموسوماً بواقع ٧ أزواج من الكروموسومات من كل من الهيئات الكروموسوميه A ، و B ، و D ؛ بينما نجد 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* .