Solanum tuberosum. وقد أمكن التغلب على مصاعب التهجين، فى حالات كثيرة كهذه بطريقة اندماج البرتوبلاست protoplast fusion فى مزارع البرتوبلاست، إلا أنه نادرًا ما أمكن دفع هذه الهجن للنمو إلى مرحلة النضج. ويعد محصول الترتيكيل Triricale – وهو هجين بين القمح *Triticum*، والشيلم *Secale* حالة شاذة؛ نظرًا لأن التهجين يجرى بسهولة تامة، وقد وجد عدة مرات فى الطبيعة.

نوعيات الصعوبات التى تواجه إنتاج الهجن النوعية

يواجه إنتاج الهجن النوعية نوعيات مختلفة من الصعوبات، كما يلى:

عوائق تقف حائلاً أمام نجاح التهجين وتكون الزيجوت الهجين

تحدث المعوقات أمام نجاح التهجينات النوعية إما بسبب عدم التوافق الجنسى، وإما بسبب تدهور الأجنة.

ويرجع عدم التوافق الجنسى إلى عدم التآلف فى تفاعلات المتاع مع حبوب اللقاح؛ الأمر الذى ينتهى بفشل البويضة فى تكوين زيجوت قادر على الاستمرار فى النمو. وعلى الرغم من أهمية ظاهرة عدم التوافق الجنسى فى الهجن النوعية فإنها لم تدرس باستفاضة مثلما درست فى التلقيحات الصنفية، وفى حالات عدم التوافق الذاتى.

ويعد تدهور الجنين، وضعفه، وعقمه أهم معوقات نجاح الهجن النوعية، وهى الظاهرة التى قد ترجع إلى عدم قدرة الجنين على إكمال نموه، أو إلى تحلل الإندوسبرم، أو إلى التكوين غير الطبيعى لنسيج البويُضة، أو إلى عدم الثبات الكروموسومى أو الوراثى (عن Singh وآخرين ١٩٩٠).

وتوصف بالتنافر – أو عدم التطابق – incongruity الحالات التى توجد فيها عوائق سابقة للإخصاب أو بعده، يكون مردها إلى ابتعاد الأنواع الملقحة معًا عن بعضها البعض إلى درجة يتسبب معها فشلاً فى تكوين علاقة تزاوج حميمة بينهما؛ لعدم توفر معلومات وراثية فى أحد الأنواع المهجنة عن العوامل الحرجة فى النوع الآخر. قد تتضمن ظاهرة التنافر سوء الاتصال بين حبة اللقاح والطور الجاميطى أو الاسبوروفيتى للبنات الأم. وقد يظهر التنافر على صورة فشل حبة اللقاح فى التشبع بالرطوبة، أو الإنبات، أو اختراق الميسم، أو يكون بسبب فشل أنبوبة اللقاح فى الانفجار لإطلاق الأنوية الذكرية، أو

بسبب فشل الأنابيب اللقاحية فى الوصول إلى البويضات، أو بسبب إجهاض الجنين، أو فشل الإندوسبرم فى التكوين، أو حتى بسبب تدهور الجنين وتحلله بعد بداية تكوينه (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

ويلخص Allard (١٩٦٤) أهم الأسباب التى تقف حائلاً أمام نجاح إجراء التهجينات النوعية، فيما يلى:

١ – وجود عوائق أمام نمو حبة اللقاح:

فمثلاً .. 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 إلا 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 لا يكمل نموه، وقد يتكون الجنين بصورة طبيعية، إلا أنه يتدهور فى أولى مراحل نموه الخضرى بعد زراعة البذور ويطلق على هذه الحالات مجتمعة اسم Hybrid Inviability؛ وهى ترجع إما إلى عدم التوافق بين التراكيب الوراثية لنوع 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 لا يتكون فيها الإندوسبرم بصورة طبيعية؛ ويؤدى ذلك إلى عدم استطاعة الجنين إكمال نموه، لأنه يعتمد فى غذائه على الإندوسبرم، وقد يتكون نمو سرطانى يحيط بالجنين إحاطة تامة، ويترتب على ذلك توقف نمو الجنين واندثاره بعد فترة وجيزة من بداية تكوينه. ويتم التغلب على هذه المشكلة – عادة – بزراعة الأجنة، وهى فى المراحل الأولى لتكوينها – فى بيئات خاصة.

ضعف وعقم الجيل الأول للهجين النوعى

يمكن فى بعض الأحيان الحصول على بذور من الهجن النوعية الصعبة. وتعطى هـذه البذور عند زراعتها نباتات تامة النمو وخصبة أحيانًا، إلا أنها قد تكون عقيمـة – تمامًـا – أو قد تكون ضعيفة إلى درجة تجعلها عديمة الفائدة للمربى.

ويرجع ضعف نباتات الجيل الأول للهجن النوعية إلى أى من الأسباب التالية:

١ – وجود اختلافات تركيبية structural differences بـين كروموسـومات النوعـين المهجنين يصعب معـها تقـارن الكروموسـومات ثـم انفصالهـا عـن بعضـها البعـض أثنـاء الانقسـام الاخـتزالى، وتعـرف تلـك الحالـة باسـم العقم الكروموسـومى chromosomal sterility.

٢ – عدم التوافق بين كروموسومات أحد النوعين وسيتوبلازم النوع الآخر، وقد تؤدى تلك الحالة إلى ضعف النباتات الهجين أو موتها.

٣ – عـدم التوافـق بـين الـتركيب الوراثـى للزيجـوت الهجـين، والـتركيب الوراثـى للإندوسبرم أو النسيج الأمى الذى يتصل به الجنين النامى.

أما عقم الجيل الأول الهجين، فإنه قد يكون أحد نوعين، كما يلى:

١ – عقم عاملى Genic Sterility:

يرجع العقم العاملى إلى وجود اختلافات كبيرة بين العوامل الوراثيـة للأبويـن، ومـن مظاهره .. عدم قدرة النبات على إنتاج أزهار، أو عدم قدرته على إتمام عمليـة الإنقسـام الاختزالى.

٢ – عقم كروموسومى Chromosomal Sterility:

يرجـع العقـم الكروموسـومى إلى وجـود اختلافـات عدديـة أو تركيبيـة كبـيرة بـين كروموسـومات الأبـوين، ومن مظاهرة عدم تقارن كروموسـومات الأبويـن بشـكل تـام فـى أثناء الانقسام الاختزالى، وحدوث تقارن بين أكثر من كروموسـومين فـى وحـدة واحـدة، وظهور تكوينات غير طبيعية للتقارن الكروموسـومى فى أثناء الانقسام الاختزالى.

ومن أمثلة الهجن النوعية العقيمة الهجين بين المشـمش *Prunus armenica*، واللـوز *Prunus amygdalus*، وهما نوعان قريبان نباتيًا، وفيهما ٢ن = ١٦. أجـرى التـهجين،

بغرض نقل بعض الصفات الهامة من المشمش إلى اللوز، وهى المقاومة للعناكب، وبكتيريا التثأل 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 وسطًا فى صفاتها الخضرية، وأنتجت قليلاً من حبوب اللقاح الخصبة، إلا أنها كانت عقيمة أنثويًا تمامًا (Jones ١٩٦٨).

هذا .. ولا يكون 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 أحيانًا إلى تهيئة الهجين النوعى – فسيولوجيًا – بطريقة تسمح بالتغلب على حالة العقم الجينى.

تدهور الجيل الثانى للهجن النوعية

يحدث تدهور الهجين hybrid breakdown فى الجيل الأول، أو الجيل الثانى – أو حتى فى الأجيال التالية لذلك فى الهجن النوعية – حينما تحدث أى مظاهر غير طبيعية تعوق استمرار النمو والتطور الطبيعيين؛ فيما يوصف – كذلك – باسم التدهور degeneration.

ومن أبرز مظاهر التدهور: ضعف النباتات، أو بطء نموها، أو تقزمها، وضعف خصوبة أعضاء التذكير، وضعف القدرة على إنتاج النسل، والاصفرار، وتشوه النمو الخضرى، مثل تشوه الأوراق وتكون الجذور العرضية (عن Liedl & Anderson ١٩٩٣).

وقد فسرت حالات التدهور تلك على أساس أن النبات يكون خصبًا عندما يحتوى على عوامل وراثية مكملة لبعضها البعض. فمثلاً .. قد يكون العامل A مكملاً للعامل B،

و العامل a مكملاً للعامل b، إلا أن العامل A لا يكون 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، و AA BB، ويكون الجيل الأول الهجين بينها ذا تركيب وراثى Aa Bb وخصبًا أيضًا. أما الجيل الثانى .. فتظهر فيه انعزالات كثيرة، يكون بعضها خصبًا؛ مثل aa bb، و A- B-، ويكون بعضها عقيمًا؛ مثل aa B-، و A- bb.

طرق التغلب على مشاكل إنتاج الهجن النوعية

معالجة مشكلة عدم نجاح التهجين النوعى

توصل مربو النبات إلى طرق فعالة للتغلب على كثير من مشاكل إنتاج الهجن النوعية فى حالات خاصة إلا أن هذه الطرق لا تكون - دائمًا - 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، وسوف نتناول هذا الموضوع بالشرح تحت عنوان مستقل نظرًا لأهميته.

٢ - زراعة جنين أحد النوعين غير المتوافقين فى إندوسبرم النوع الآخر. وتعطى هذه الأجنة نباتات أكثر توافقًا مع النوع الذى استخدم إندوسبرمه عن النباتات العادية؛ فمثلاً .. وجد أن زراعة أجنة القمح فى إندوسبرم الشيلم يعطى نباتات قمح أكثر توافقًا فى التلقيح مع الشيلم 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 أنتجت بذورًا 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 لا يوجد فيها توافق بين الجنين النامى والإندوسبرم، ويكون الهدف الأساسى من ذلك هو مد الجنين