الهجن الجسمية بين الطماطم والأنواع الأخرى

تعريف بالهجن الجسمية وأهميتها

يُستعان بالهجن الجسمية somatie hybrids كملجأ أخير للتهجين بين الطماطم والأنواع الأخرى القريبة والبعيدة عن طريق دمج البروتوبلاست. عند دمج بروتوبلاست الطماطم مع أى نوع آخر (من الأنواع الباذنجانية) فإنه تتكون heterokaryons تحتوى على نواتى النوعين وعضياتها الخلوية cell organelles. وبينما تندمج النواتان غالبًا، فإن العضيات غالبًا ما يحدث لها نوع من الفرز باختفاء عضيات أحد النوعين. وقد يؤدى تواجد عضيات خلوية "دنوية" (حاملة للدنا) من النوعين المندمجين إلى حدوث انعزال فيها إن كانت تلك العضيات مختلفة وراثيًّا ولكن متناظرة homologus، ولكن ذلك لا يحدث إلا إذا كان لدى العضيات القدرة على الإندماج؛ بما يسمح بالتفاعل الفيزيائى لجزيئات الدنا. ويُعد ذلك الأمر أكثر حدوثًا بين الميتوكوندويات عنه بين الكلوروبلاستيدات؛ ولذا.. فإنه غالبًا ما تحتوى النباتات التى يتجدد نموها من كالس هجين على كلوروبلاستيدات أحد النوعين، ودنا ميتوكوندريا جديد.

ونظريًّا.. يحتوى الهجين الجسمى على جميع كروموسومات النوعين المندمجين معًا، إلاّ أن ذلك لا يحدث غالبًا؛ حيث يتغير المحتوى الكروموسومى للهجين بسبب الاستبعاد الكروموسومى الذى قد يحدث نتيجة المعاملات التجريبية (مثل الإشعاع)، أو تلقائيًّا، أو قد يحدث تعدد كروموسومى بسبب ظروف البيئات الصناعية. وعندما يكون لأحد النوعين المندمجين ميزة انتخابية أعلى من الآخر (الذى قد يكون أقل قدرة على البقاء)، فإن الهجين الناتج يمكن أن يحتوى على عدد أقل من كروموسومات النوع الأقل قدرة على البقاء عما يكون متوقعًا.

ولأغراض التربية .. فإن الهجن التى تحتوى على الهيئة الكروموسومية الكاملة للأبوين لا تكون — عادة — هى الهدف النهائى المطلوب نظرًا لتضمنها أعدادًا كبيرة من الجينات غير المرغوب فيها من الأب البرى، وهى التى يتعين التخلص منها بالتلقيح

الرجعى، هذا بينما تؤدى حالة التضاعف الرباعى الكروموسومى tetrapolidy للهجين فى الهجن الجسمية مع الطماطم إلى صعوبة تهجينها رجعيًا مع الطماطم الثنائية التضاعف. ويُعد إنتاج الهجن غير المتناظرة asymmetric hybrids إحدى طرق تقصير عملية التلقيح الرجعى. وفى تلك الحالة يتم تقطيع كروموسومات الأب المعطى بالمعاملة بأشعة جاما أو بأشعة إكس. وتُنتَج الهجن غير المتناظرة بالانتخاب لصالح صفات نووية أو عضيية معينة. ونظرًا لأن التعريض للإشعاع قد يؤدى إلى الاستبعاد التام لنواة الأب المعطى، فإن الانتخاب لصالح الصفات التى يُشفَر لها فى العضيات قد يترتب عليه انتخاب cybrids حقيقة لا تحتوى على أى جينات نووية من الأب المعطى (عن Wolters وآخرين ١٩٩٤).

محاولات التهجينات الجسمية

أجريت تهجينات جسمية somatic hybridization بين الطماطم وأنواع أخرى تضمنت ما يلى:

١- أنواع من جنس الطماطم وقريبة نسبيًّا منها، تضمنت ما يلى:

النوع	تجديد النمو من الهجين	خصوبة الهجين	إنتاج النسل من الهجين
S. habrochaites	أمكن	خصب	أمكن
S. peruvianum	أمكن	خصب	أمكن أحيانًا
S. chilense	أمكن	عقيم	لم يمكن غالبًا

٢- أنواع أخرى من الجنس *Solanum* وبعيدة نسبيًّا عن الطماطم، تضمنت ما يلى:

النوع	تجديد النمو من الهجين	خصوبة الهجين	إنتاج النسل من الهجين
S. lycopersicoides	أمكن	خصب أحيانًا	لم يمكن
S. sitiens	أمكن	لا تتوفر معلومات	لا تتوفر معلومات
S. acaule	أمكن	خصب أحيانًا	أمكن أحيانًا

يتبع

النوع	تجديد النمو من الهجين	خصوبة الهجين	إنتاج النسل من الهجين
S. tuberosum	أمكن	عقيم	لم يمكن
S. eutuberosum	أمكن	خصب أحيانًا	أمكن أحيانًا
S. commersonii	أمكن	عقيم	لم يمكن
S. muricatum	أمكن	عقيم	لم يمكن
S. nigrum	أمكن أحيانًا	عقيم	لم يمكن

٣- أنواع باذنجانية أخرى من غير القبيلة التى تنتمى إليها الطماطم (intertribal):

النوع	تجديد النمو من الهجين	خصوبة الهجين	إنتاج النسل من الهجين
Nicotiana plumbaginifolia	أمكن أحيانًا	خصب	أمكن
N. tabacum	أمكن	خصب أحيانًا	لم يمكن

ومن بين تلك الإندماجات النوعية والجنسية التى حُصِلَ فيها على هجن أمكن إكثار نسلها، فإن تلك الهجن كانت إما:

١- غير متناظرة كما فى بعض الهجن الجسمية بين الطماطم وكل من *S. pennellii*، و *S. peruvianum*، و *N. plumbaginifolia*،

٢- متناظرة symmetric كما فى بعض الهجن الجسمية بين الطماطم وكل من *S. habrochaites*، و *S. peruvianum*، و *S. tuberosum*، و *S. eutuberosum*،

٣- عبارة عن mitochondrial hybrids كما فى بعض الهجن الجسمية بين الطماطم وكل من *S. pennellii*، و *S. acaule* (عن Wolters وآخرين ١٩٩٤).

هذا.. ويتميز الهجين الجسمى مع *S. peruvianum* – بأنه من الهجن الجسمية القليلة الخصوبة، بينما الهجين الجنسى المقابل له الثنائى التضاعف فإنه يكون عقيمًا. كذلك فإن الهجين الجسمى بين الطماطم و *S. etuberosum* يكون خصبًا، على الرغم من عدم إمكان إنتاج الهجين الجنسى المقابل له (Waara & Glimelius ١٩٩٥).

التهجين الجسمى مع النوع البرى *S. peruvianum*

أمكن دمج بروتوبلاست الأوراق الفلقية لصنف الطماطم Ponderosa مع بروتوبلاست النسيج الوسطى mesophyll لأوراق *S. peruvianum* باستعمال محلول البوليثيلين جليكول، وزرع ناتج الدمج فى بيئة صناعية، وحُصل من ذلك على أربعة هجن جسمية كانت جميعها خصبة ذاتيًّا. وقد كانت معدلات النمو النسبى لتلك الهجن الجسمية فى ظروف الحرارة المنخفضة أقل مما فى *S. peruvianum*، ولكن أعلى مما فى Ponderosa؛ بما يعنى انتقال صفة تحمل البرودة من *S. peruvianum* إلى الهجن الجسمية. كذلك أظهر نسل تلك الهجن مقاومة لكل من فيرس موزايك الطماطم وفيرس ذبول الطماطم المتبقع (Sakata وآخرون ١٩٩١).

كذلك أمكن الحصول على هجن جسمية – بالاستعانة بالبوليثيلين جليكول فى عملية الدمج fusion – بين بروتوبلاست الأوراق الفلقية للطماطم (صنف Kyoryokutoko) ومزرعة بروتوبلاست معلق خلايا للسلالة PI270435 من *S. peruvianum*. ولقد تكونت الأجنة الجسمية فى بيئة TM-4 مزودة بالـ zeatin riboside بتركيز ٢مجم/لتر. ونمت النباتات بعد نقل الأجنة إلى بيئة MS مزودة بالزياتين بتركيز ١ مجم/لتر والـ IAA بتركيز ٠,١ مجم/لتر. وكانت أعداد الكروموسومات فى ١٢ نباتًا – اختيرت عشوائيًّا ونمت من ١٢ كالوس مخصَر – كما يلى: ٦ نباتات كان فيها ٢ن: ٤ س = ٤٨ كروموسوم، ونبات واحد كان فيه ٢ن = ٦ س = ٧٢ كروموسوم، و ٥ نباتات كان فيها تضاعف غير تام aneuploids (٢ن = ٦٩–٧١) (Chen وآخرون ١٩٩٨).

ولمزيد من التفاصيل عن الهجن الجسمية مع النوع *S. peruvianum* (الصنف النباتى السابق *dentatum*) .. يراجع Ratushnyak وآخرين (١٩٩٤).

التهجين الجسمى مع النوع البرى *S. chilense*

أمكن الحصول على هجن جسمية بين الطماطم، وكل من السلالة PI270435 من *S. peruvianum*، والسلالة PI128652 من *S. chilense*. كانت الهجن وسطًا فى

صفاتها بين الأبوين، وكانت – من حيث عدد الكروموسومات فيها – إما رباعية التضاعف tetraploids، أو سداسية التضاعف hexaploids، أو aneuploids (Chen & Adachi ١٩٩٨).

التهجين الجسمى مع النوع البرى *S. habrochaites*

أُنتجت هجن جسمية بين ثلاث سلالات من طماطم التصنيع والسلالة PI126445 من *S. habrochaites*، وقد تم الدمج بين بروتوبلاستات أوراق النوع البرى وبروتوبلاستات السويقة الجنينية السفلى لسلالات الطماطم، وأمكن الحصول على ١٨ هجينًا. وأظهرت الهجن صفات موروفولوجية وسطية فى كل من شكل الورقة وحجمها، ونوع الشعيرات الغدية وكثافتها، وشكل الثمرة ولونها، وتركيب الزهرة. وقد احتوت غالبية الهجن على ٢ن = ٤٨ كروموسومًا، ومحتوى دنا DNA بالنواة يُقارب مجموع دنا الأبوين. وكان الدنا الميتوكوندريولى من كلا الأبوين، كما كانت بعض الهجن خصبة وأنتجت كثيرًا من الثمار والبذور بعد التلقيح الذاتى لأزهارها (Jourdan وآخرون ١٩٩٣).

التهجين الجسمى مع النوع البرى *S. pennellii*

يحتوى النوع البرى *S. pennellii* على عديد من الصفات التى يمكن نقلها إلى الطماطم، منها: تحمل الجفاف، وتحمل الملوحة، وكفاءة استخدام الماء، ومقاومة الحشرات ومسببات الأمراض.

ونظرًا لأن الهجين مع الطماطم يحمل معه عددًا كبيرًا من جينات النوع البرى، كما أن الهجين نفسه قد يكون عقيمًا (سواء أكان هجينًا جنسيًّا أم جسميًّا)؛ لذا .. يتعين إما اللجوء إلى عدة أجيال من التلقيح الرجعى للتخلص من الجينات غير المرغوب فيها، وإما الحصول على هجين جسمى غير متناظر asymmetric منذ البداية، لا يحتوى إلاّ على جزء صغير من دنا النوع البرى، ويتحقق ذلك الأمر بتعريض بروتوبلاستات النوع البرى – المعطى – لأشعة جاما أو أشعة إكس أو للأشعة فوق البنفسجية (عن Gisbert وآخرين ١٩٩٩).

ولقد أمكن إنتاج هجن جسمية خصبة بين الطماطم، و *S. pennellii* (Bonnema وآخرون ١٩٩١).

ولمزيد من التفاصيل حول إنتاج الهجن الجسمية مع *S. pennellii*.. يُراجع Hanson وآخرين (١٩٨٩).

التهجين الجسمى مع النوع البرى *S. lycopersicoides*

تم دمج بروتوبلاست خلايا النسيج الوسطى لأوراق الطماطم (٢ن = ٢س = ٢٤) مع بروتوبلاست من مزرعة معلق بروتوبلاستات للنوع *S. lycopersicoides* (٢ن = ٢س= ٢٤)، وتم التأكد من نجاح التهجين الجسمى فى الهجن المنتجة بتحليل الأيزوإنزيمات. ومن بين ثمانى هجن أمكن الحصول عليها، تراوحت أعداد الكروموسومات فى سبعة منها بين ٢ن = ٤ س= ٤٨ (العدد المتوقع) إلى ٢ن = ٦٨، وتباين عدد الكروموسومات فى خلايا الجذر فى الهجينين الباقيين، حيث وجدت خلايا بها ٤٨ أو ٥٣ أو ٥٤ أو ٥٥ كروموسومًا (Handley ١٩٨٦).

وأمكن دمج بروتوستات أوراق الطماطم مع بروتوبلاستات مزرعة للنوع البرى *S. lycopersicoides* بعد المعاملة بالـ PEG. يحتوى كلا النوعين على نفس العدد الكروموسومى (٢ن = ٢ س= ٢٤). وقد تباينت أعداد الكروموسومات فى الهجن الجسمية الناتجة بين ٤٦، و ٥٣ كروموسوم، وكان النوع البرى هو مصدر الميتوكوندريات فيها. وعندما نُقل أكثر من ٦٠ نباتًا منها بعد تنشئتها من مزارع البروتوبلازم المندمج فإنها كانت شديدة البطء فى نموها، ولم تزهر على مدى عام كامل (Kulawiec وآخرون ٢٠٠٣).

كذلك أمكن الحصول على ١٥ هجين جسمى بين الهجين الجنسى *S. lycopersicum* × *S. peruvianum* والنوع *S. lycopersicoides*، حصلت ١٠ هجن منها على دنا كلوروبلاستيدات الطماطم وخمسة هجن على دنا كلوروبلاستيدات *S. lycopersicoides*. كانت أعداد الكروموسومات متباينة فى الهجن الجسمية، وكان أكثر من نصفها

aneuploids، ولم تنتج أزهارًا، إلاّ إن بعض الهجن كانت euploids (أساسًا hexaploids) عالية الخصوبة، وأنتجت نسلاً بوفرة (Matsumoto وآخرون ١٩٩٧).

التهجين الجسمى مع النوعان البريان *S. ochranthum*، و *S. sitiens*

أدى التهجين الجسمى بين الطماطم والنوع البرى *S. ochranthum* إلى إنتاج نباتات هجين عقيمة رباعية التضاعف أو سداسية التضاعف أو aneuploids، وحدثت فيها اضطرابات كبيرة أثناء الانقسام الاختزالى أدت إلى فشله. هذا علمًا بأن هذا النوع البرى يمكن أن يكون مصدرًا جيدًّا لمقاومة عديد من الأمراض البكتيرية والفطرية وبعض الحشرات والأكاروسات؛ منها على سبيل المثال الندوة المتأخرة، والعنكبوت الأحمر، وصانعات الأنفاق (Stommel وآخرون ٢٠٠١).

وللتفاصيل المتعلقة بالتهجين الجسمى مع *S. sitiens* .. يراجع Hanson وآخرين (١٩٨٩).

التهجينات الجسمية بين الطماطم والأنواع البعيدة عن الجنس *Solanum*

التهجين مع الباذنجان

أمكن إنتاج هجين جسمى غير متناظر asymmetric بين الطماطم (التى عُوملت بروتوبلاستاتها بأشعة X) والباذنجان *Solanum melongena* (بهدف نقل صفات مرغوب فيها من الطماطم إلى الباذنجان)، وكان الهجين الناتج أقرب مورفولوجيًّا إلى الباذنجان، وأنتج أزهارًا، إلاّ أنه كان عقيمًا (Samoylov & Sink ٢٠٠١).

كذلك أمكن الحصول على أربعة نباتات من هجين جسمى حُصِلَ عليه بدمج بروتوبلاستات خلايا معلقة للهجين النوعى *S. lycopersieum* × *S. pennellii* (الهجين A54) مع بروتوبلاست ميزوفيل الباذنجان *S. melongena*. احتوت النباتات الأربعة على ٤٥، و٦٠، و٤٢، و٥٧ كروموسومًا، وكانت كلها عقيمة (Liu وآخرون ١٩٩٥).

التهجين مع البطاطس والأنواع القريبة منها

إن الهجين الجسمى بين الطماطم والبطاطس يكون سداسى التضاعف وفيه هيئتين كروموسوميتين من الطماطم وأربع هيئات من البطاطس. وقد أمكن إنتاج نباتات خصبة – وإن كانت بمعدل منخفض – عند زراعة الأجنة الناتجة من تهجين هذا الهجين الجنسى السداسى التضاعف – مع البطاطس الرباعية التضاعف – فى بيئة صناعية (Wolters وآخرون ١٩٩٤).

ولقد عُوملت بروتوبلاستات الطماطم بالـ iodoacetamide لتثبيط عمل الميتوكوندريات، كما عُوملت بروتوبلاستات كل من *S. acaule*، والبطاطس بأى من أشعة جاما أو أشعة إكس لتثبيط أنويتها. وأعقب ذلك معاملة البروتوبلاستات المحورة بالكالسيوم Ca^{2+} والبوليثيلين جليكول لأجل دمج البروتوبلاستات المختلفة معًا. وقد حُصل ضمن الهجن الجسمية على بعض نباتات الطماطم التى لم تكن تختلف عن الأصناف الأصلية فيما يتعلق بالشكل المورفولوجى، والفسيولوجى، وعدد الكروموسومات (٢ن = ٢٤)، ولكنها أظهرت درجات متباينة من العقم الذكرى السيتوبلازمى، كانت من مظاهرة اختفاء المتوك أو تشوهها، وانكماش وتضاؤل حبوب اللقاح، مع عدم قدرة حبوب اللقاح على الإنبات. وقد انتقلت تلك الصفة إلى النسل سيتوبلازميًّا لعدة أجيال (عن Melchers وآخرين ١٩٩٢).

وفى محاولة لنقل صفات المقاومة للفيروسات وتحمل الصقيع إلى الطماطم من بعض أنواع الجنس *Solanum* غير المكونة للدرنات .. أمكن إنتاج الهجين الجسمى بين بروتوبلاست الطماطم وبروتوبلاست الهجين الجنسى *S. brevidens* × *S. etuberosum*، حيث حُصِلَ على نباتات هجين تفاوتت فى مدى خصوبة حبوب لقاحها (Gavrilenko ٢٠٠١).

التهجين مع البيبينو *S. muricatum*

أمكن إنتاج هجن جسمية بين الطماطم والبيبينو *S. muricatum* (Sakamoto & Taguchi ١٩٩١).