

الفصل الرابع

إنتاج أصناف الخضر الهجين

العوامل المؤثرة في مدى صلاحية إنتاج الأصناف الهجين كطريقة للتربية

يتوقف مدى مناسبة إنتاج أصناف هجين من محصول ما من عدمه على أمور معينة، كما يلي:

- ١- مدى سهولة إجراء عملية التهجين.
- ٢- عدد البذور التي تُنتج من التهجين الواحد.
- ٣- عدد البذور التي تلزم لزراعة وحدة المساحة من المحصول.
- ٤- مدى ظهور قوة الهجين في المحصول.
- ٥- مدى الاستفادة من الهجين في تجميع صفات سائدة - مرغوب فيها - من الأبوين.
- ٦- ما إذا كانت الأصناف الهجين حتمية لتوفير صفات معينة.

٧- الفائدة التي تتحقق لشركات إنتاج البذور من التحكم في إنتاج بذور الهجن.

تحديات وإنجازات إنتاج الهجن في مختلف محاصيل الخضر

أولاً: محاصيل الخضر الذاتية التلقيح

المحاصيل التي تعطى عدداً قليلاً من البذور من كل تلقيح

إن محاصيل الخضر الذاتية التلقيح التي تُنتج عدداً قليلاً من البذور من كل تلقيح تجعل إنتاج الهجن غير اقتصادي، ومن أهمها البقوليات (مثل الفاصوليا والبسلة)، والخس.

الفاصوليا

الفاصوليا نبات يحمل أزهاراً كاملة، وهو ذاتي التلقيح، ويعطى عدداً محدوداً من البذور من كل تلقيح. ويلزم ٧٠ كجم من البذور لزراعة الهكتار الواحد (٢٩,٥ كجم للفدان) باعتبار وجود ٢٩٠٠ بذرة بكل كيلوجرام. وإذا ما استخدمت بذرة هجين في الزراعة، فإن الأمر يتطلب إجراء ٦٨٠٠٠ تلقيح لزراعة هكتار واحد. علماً بأن الأزهار يتعين خصيها قبل تفتحها، مع إجراء العمل يدوياً، الأمر الذي لا يكون اقتصادياً. ويمكن تسهيل إجراء التلقيحات بنقل الجينات التي تتحكم في صفة الميسم المتجه للخارج *extrorse stigma* من *Phaseolus coccineus* (وهو محصول خلطي التلقيح).. نقلها إلى الفاصوليا، لكن الهجين ذاتها ليست لها قيمة خاصة حيث لم تلاحظ فيها قوة هجين يُعتمد بها.

البسلة

البسلة مثل الفاصوليا من حيث كون أزهارها كاملة ولا تظهر فيها ظاهرة التدهور مع التربية الداخلية ولا قوة الهجين في معظم الصفات، ولا يعد إنتاج هجن البسلة أمراً اقتصادياً.

الخس

الخس ذات أزهار كاملة ولا يُناسبه إنتاج الهجين، فلهكتار الواحد يحتاج إلى ٢٥٠٠٠٠ بذرة لزراعته، بينما لا يُنتج من التلقيح البدوي الواحد سوى حوالى ٢٠ بذرة وحبوب لقاح الخس لزجة ولا تحملها الرياح، كما لا تزور الحشرات أزهار الخس، ولا تُعد قوة الهجين هامة في هذا المحصول باستثناء صفة قوة نمو البادرات.

المحاصيل التي تعطى عدداً كبيراً من البذور من كل تلقيح

ينطبق هذا الوضع على محاصيل الباذنجانيات الثمرية. وهي: الباذنجان والفلفل

والطماطم

الباذنجان

تظهر قوة الهجين في الباذنجان بدرجة عالية حيث تراوحت - في دراسات مختلفة - بين ٣٣٪، و ٩٧٪. زهرة الباذنجان كاملة وذاتية التلقيح بدرجة عالية ويسهل إجراء التلقيح فيها، كما يُنتج التلقيح الواحد أعداداً كبيرة من البذور؛ لذا .. انتشرت بكثرة أصناف الباذنجان الهجين.

الفلفل

الفلفل يحمل أزهاراً كاملة، وهو محصول ذاتي التلقيح، لكن مع حدوث تلقيح خلطي بنسبة حوالى ٢٥٪. وتتراوح قوة الهجين في صفة المحصول بين ٢٨٪، و ٤٧٪. ورغم احتمال انخفاض قوة الهجين الخاصة بالمحصول في بعض الظروف، فإن تفوق الهجن في الصفات البستانية الهامة يجعلها أكثر صلاحية للتصدير. ورغم توفر ظاهرة العمق الذكري السيتوبلازمي في الفلفل فإنها ليست عالية الكفاءة في إنتاج الهجن؛ ولذا .. فإن الهجن التجارية تُنتج بطريق الخصى والتلقيح اليدوي. وعلى الرغم من التوسع الكبير في إنتاج هجن الأصناف الحلوة فإن هجن الأصناف الحريفة مازالت محدودة الانتشار.

الطماطم

أزهار الطماطم كاملة، وتظهر بالمحصول قوة الهجين بنسبة تصل إلى ٣٠٠٪ في بعض الصفات لكنها تتباين كثيراً من صفة لأخرى. وإلى جانب ميزة قوة الهجين، فإن الهجن تسمح بتجميع الصفات السائدة من الأبوين، مثل صفات المقاومة لكل من الذبول الفيوزاري بمختلف سلالاته وذبول فيرتسيليم ونيماتودا تعقد الجذور وفيرس. موزايك الطماطم ولفحة ألترناريا (مثلما يوجد في الأصناف التي تأخذ ضمن أسمائها الرموز: VFNTA). كذلك فإن سلوك بعض الجينات، مثل مانع النضج ripening inhibitor (وهو: rin) وعدم النضج non ripening (وهو: nor) يكون مثاليًا عند وجودها في

الحالة الخليطة، حيث تُنتج النباتات الأصلية ثماراً رديئة الطعم ولا تكتسب لوناً أحمر، بينما تكون ثمار النباتات الخليطة أفضل طعمًا وتصبح حمراء عند النضج، فضلاً عن قدرتها التخزينية الجيدة.

تتراوح نسبة التلقيح الخلطي بين ٠,٥٪ و ٤٪ في المناطق الباردة، وتكون النسبة أعلى من ذلك في المناطق الاستوائية. ويحدث التلقيح الخلطي أساساً بواسطة الحشرات، ولكن الهواء يلعب دوراً محدوداً. وتُنتج معظم هجن الطماطم يدوياً في كل من عمليتي الخصى والتلقيح. هذا إلا أن من الممكن إنتاج بذور الهجن بتكلفة أقل بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكري أو الميسم البارز من المخروط السدائي، إلا أن نقل صفة العقم الذكري لأصناف الهجن يتطلب وقتاً. وعلى الرغم من ارتفاع أثمان البذرة الهجين مقارنة بالبذرة العادية، فإن تلك التكلفة لا تشكل سوى حوالى ٢٪ - ٣٪ من تكلفة إنتاج محصول الطماطم وتسويقه. وحالياً تستخدم الأصناف الهجين في كل من طماطم التصنيع والاستهلاك الطازج، إلا أنها أكثر انتشاراً في الأولى.

ثانياً: محاصيل الخضر الخلطية التلقيح

المحاصيل ذات نسبة التلقيح الخلطي المنخفضة

تشتمل هذه المجموعة على محاصيل القرعيات، وتتضمن ما يلي:

(الخيار)

الخيار محصول خلطي التلقيح وحيد الجنس وحيد المسكن؛ حيث يحمل أزهاراً مذكرة في البداية، ثم خليط من الأزهار المذكرة والمؤنثة بعد ذلك. وتتحكم عدة جينات في التعبير الجنسي، لتعطي نباتات أنثوية gynoeocious (تحمل أزهاراً مؤنثة فقط)، ونباتات andromonoecious (تحمل أزهاراً مذكرة في البداية ثم أزهاراً كاملة)، ونباتات خنثى hermaphroditic (تحمل أزهاراً كاملة). ولا يتعرض الخيار للتدهور مع التربة الداخلية، وقد تصل فيه نسبة التلقيح الخلطي إلى ٥٣٪، وتظهر به قوة الهجين.

وتُنتج هجن الخيار تجارياً باستعمال سلالة مرباة داخلياً أنثوية كأم مع تلقيحها بسلالة مرباة داخلياً وحيدة الجنس وحيدة المسكن عن طريق الحشرات. ويمكن إكثار السلالات المرباة داخلياً الأنثوية بتلقيحها ذاتياً بعد معاملة النباتات بنترات الفضة أو بأى مادة أخرى مثبطة للإثيلين. ومن مزايا إنتاج الهجن بتلقيح السلالات الأنثوية بأخرى وحيدة الجنس وحيدة المسكن أن الهجين الناتج يكون أنثوياً كذلك؛ حيث يُنتج أزهاراً مؤنثة عند جميع العقد. وعند زراعة مثل هذه الهجن يتعين خلطها بملقح إن لم تكن الهجن بكرية العقد. تتميز الهجن الأنثوية بإنتاجها المبكر والغزير مقارنة بالأصناف وحيدة الجنس وحيدة المسكن.

الكنتالوب

لا يحدث فى الكنتالوب تدهوراً مع التربية الداخلية، بينما تظهر به قوة الهجين. وتتراوح نسبة التلقيح الخلطى فى السلالات الـ *andromonoecious* ما بين ٢٠٪، و٣٥٪. تُنتج هجن الكنتالوب يدوياً بخصى الأزهار الكاملة بنباتات سلالات الأمهات، ثم تُلقح باستعمال أزهار مذكرة من نباتات سلالات الآباء. ولقد أُنتجت هجناً أنثوية من الكنتالوب، إلا أن ثمارها كانت بيضاوية، وليست كروية كما فى نظيراتها من الهجن الـ *andromonoecious*. هذا. فضلاً عن أن صفة الأنثوية فى الكنتالوب يتحكم فيها عدة جينات ويصعب التعامل معها. وقد يفيد الاعتماد على العقم الذكري الوراثى السيتوبلازمى فى خفض تكلفة إنتاج الهجن.

قرع الكوسة

تظهر قوة الهجين بدرجة عالية فى الكوسة، وتُنتج الهجن بتلقيح سلالتين وحيدتى الجنس والمسكن معاً، مع استخدام نحل العسل كملقح. ويتم تحويل إحدى سلالتى أبوى الهجين إلى أنثوية لمدة ٢-٣ أسابيع فى بداية مرحلة التزهير، بمعاملة النباتات بالإيثيفون عند مرحلتى تكوين الورقة الحقيقية الثانية والرابعة.

قرع الشتاء

يكون من الصعب إنتاج بذور هجن قرع الشتاء من كل من *C. maxima*، و *C. moschata*. باستخدام سلالات وحيدة الجنس وحيدة المسكن؛ نظراً لأنها لا تستجيب جيداً لمعاملة الإيثيفون. وتنتج الهجن فيها بالتلقيح اليدوي.

البطيخ

البطيخ نبات وحيد الجنس وحيد المسكن، ولا يتعرض للتدهور مع التربية الداخلية، بينما تظهر به قوة الهجين. وتنتشر زراعة هجن البطيخ كوسيلة لحفظ حقوق المربي، فضلاً عن أنها الوسيلة الوحيدة لإنتاج البطيخ الثلاثي عديم البذور، وهي التي يتم إنتاج بذورها بتلقيح سلالة رباعية التضاعف تستخدم كأم بحبوب لقاح سلالة ثنائية التضاعف تستخدم كأب. وتنتج السلالات الرباعية التضاعف بمعاملة السلالات المرباة داخلياً المرغوب فيها بالكولشيسين. وتتعين زراعة صنف ثنائي التضاعف بالتبادل مع خطوط الهجين الثلاثي في حقل الإنتاج التجارى ليوفر حبوب اللقاح التي تلزم لتلقيح أزماء الصنف الثلاثي.

المحاصيل التي ترتفع فيها نسبة التلقيح الخلطي

إن أهم محاصيل الخضر التي ترتفع فيها نسبة التلقيح الخلطي الصليبيات والجزر والبصل والأسبرجس والسبانخ.

الصليبيات

تحمل نباتات الصليبيات كالبروكولى والكرنب والقنبط أزهاراً كاملة، وهي خلطية التلقيح بدرجة عالية، بسبب ظاهرة عدم التوافق الأسبورفيتى التي توجد فيها. وتعرض نباتات الصليبيات لقدر جوهري من التدهور مع التربية الداخلية، كما تظهر فيها قوة الهجين بقوة ويشذ عن ذلك القنبط الصيفي، الذى لا يحدث فيه تدهوراً مع التربية الداخلية، كما لا توجد به ظاهرة عدم التوافق الذاتى. وإلى جانب قوة الهجين التي تظهر بهجن الصليبيات فإنها تكون متجانسة بدرجة عالية. وتنتج الهجن الفردية

بتلقيح سلالة مرباة داخلياً غير متوافقة ذاتياً بحبوب لقاح سلالة الأب بعد زراعتها معاً في معزل. ويمكن إكثار السلالات غير المتوافقة ذاتياً بتلقيحها ذاتياً وهي في طور البرعم الزهري؛ حيث تكون الأزهار متوافقة ذاتياً قبل تفتحها. ورغم أن تلك الطريقة لإنتاج الهجن تُعد اقتصادية، إلا أن بعض البذور التي تقدم للمزارعين على أنها بذور هجن قد تنتج من تلقيحات ذاتية لسلالات الآباء. ومثل هذه البذور تُمثل مشكلة بالنسبة لكل من مزارعى الهجن، والشركات المنتجة للبذرة الهجين؛ حيث قد يمكن التعرف على أبوى الهجين بسهولة. وقد يمكن التغلب على تلك المشكلة بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكري السيتوبلازمى فى إنتاج البذرة الهجين.

(الجزر)

الجزر نبات خلطى التلقيح بنسبة حوالى ١٠٠٪، ويتعرض للتدهور الشديد مع التربية الداخلية، بينما تظهر فيه درجات عالية من قوة الهجين. ومعظم هجن الجزر تكون ثنائية أو ثلاثية، وتُنتج بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكري السيتوبلازمى (إما بطفرة المتوك البنية brown anther، وإما بطفرة تحول الأسدية إلى بتلات petaloidy). يصعب إنتاج سلالات الجزر المرباة داخلياً بسبب التدهور الذى يظهر عليها مع التربية الداخلية، ولكن يمكن الوصول بها إلى جيل التلقيح الذاتى الثالث حتى السادس بتبادل كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى بجيل من التلقيح المفتوح. وتُنتج الهجن فى حقول معزولة يتبادل فيها زراعة ثمانى خطوط من الأمهات مع خطين من الآباء.

(البصل)

البصل نبات خلطى التلقيح يحمل أزهاراً كاملة، وهو يتعرض للتدهور بشدة مع التربية الداخلية؛ مما يجعل إنتاج السلالات المرباة داخلياً أمراً صعباً. وتتميز هجن البصل بقدر كبير من قوة الهجين. ولقد أصبح إنتاج هجن البصل أمراً اقتصادياً بعد اكتشاف ظاهرة العقم الذكري السيتوبلازمى. وتُنتج بذور الهجن التجارية بزراعة ٢٤

خطاً من سلالة الأم بالتبادل مع خطين من سلالة الأب والاعتماد على النحل فى التلقيح.

(الأسبرجس)

الأسبرجس نبات وحيد الجنس ثنائى المسكن ويتحدد فيه الجنس بالجين m . تُنتج النباتات المذكرة (الـ androecious) محصولاً من المهايمز يزيد بنسبة ٣٨٪ عما تنتجه النباتات المؤنثة (gynoecious)؛ لعدم استهلاكها لنواتج البناء الضوئى فى إنتاج البذور سنوياً. تحمل النباتات المذكرة التركيب الوراثى Mm ، وهى تُنتج بتلقيح نباتات مذكورة فائقة super males (ذات تركيب وراثى MM) مع سلالة مؤنثة mm . وتُنتج النباتات المذكرة الفائقة بالتلقيح الذاتى لأزهار كاملة تظهر أحياناً على النباتات المذكرة، ثم اختبار النسل الناتج منها بسلالة مؤنثة لتحديد الأنسال التى تكون كلها مذكورة.

يحدث التدهور جراء التلقيح الذاتى؛ حيث يقل إنتاج السلالات المرباة داخلياً إلى ما يقرب من ٤٥٪ من إنتاج الأصناف المفتوحة التلقيح، هذا بينما قد تصل قوة الهجين إلى ١٥٠٪، وخاصة خلال السنوات الإنتاجية الأربع الأولى.

(السبانخ)

السبانخ نبات وحيد الجنس ثنائى المسكن، لكن توجد به كذلك طرزاً وحيدة الجنس وحيدة المسكن. وهو يتلقح بالهواء بنسبة عالية جداً. وعلى الرغم من وجود تقارير تفيد حمل السبانخ لكروموسوم الجنس، فإن التعبير الجيسى فى السبانخ يتحكم فيه ثلاثة آليات لجين واحد، حيث يُعطى التركيب الوراثى XX نباتات مؤنثة، ويعطى كلاً من XY ، و Y^mY نباتات مذكورة، ويعطى التركيب الوراثى XX^m نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن تكون أنثوية بدرجة عالية، بينما يعطى التركيب الوراثى X^mX^m نباتات وحيدة الجنس وحيدة المسكن تكون مذكورة بدرجة عالية. يحدث بالسبانخ تدهوراً مع التربية الداخلية، ولكن يزيد فيها محصول الهجن بدرجة تصل إلى ١٦٪-٢٠٪.

وتُنتج هجن السبانخ بزراعة سلالة وحيدة الجنس وحيدة المسكن تحمل نسبة عالية من الأزهار المؤنثة - أو سلالة أنثوية - بالتبادل مع سلالة وحيدة الجنس وحيدة المسكن تحمل نسبة عالية من الأزهار المذكرة - أو سلالة مذكرة - وتُكثر السلالة الأنثوية بزراعتها في معزل حيث تتلقح الأزهار المؤنثة - طبيعياً - بالأزهار المذكرة التي تظهر متأخرة (Wehner ١٩٩٩).

إنتاج النباتات الأحادية المضاعفة لاستعمالها كآباء للهجن

تؤدي مضاعفة أعداد كروموسومات النباتات الأحادية إلى استعادة الخصوبة وإلى إنتاج نباتات أحادية مضاعفة double haploids تكون أصيلة وراثياً. وتصلح هذه النباتات الأصلية في الأنواع ثنائية التضاعف وتلك المتضاعفة هجينياً allopolyploids لأن تكون أصنافاً جديدة نقية وراثياً، أو أن تكون آباءً لإنتاج هجن متجانسة. كذلك يكون أسهل كثيراً الانتخاب لصفات المقاومة للأمراض والصفات البستانية وصفات الجودة في النباتات الأحادية المضاعفة عما في نباتات الجيل الثاني. وفي الأنواع المتضاعفة ذاتياً autopolyploids يكون من الأسهل إجراء التربية والانتخاب على المستوى الأحادي. هذا.. إلا أن مضاعفة الكروموسومات إلى مستوى التضاعف الأمثل (الخاص بالنوع) يلزم لإنتاج أعلى محصول.

وإذا كان الحصول على النبات الأحادي من الجاميط المذكرة (androgensis)، فإنه يكون من الممكن إجراء معاملات إحداث التضاعف خلال مرحلة النواة الواحدة الأحادية single uninucleate stage، أو عند أول انقسام ميتوزي بعد الميوزي first post-meiotic mitotic division. أما الجاميط المؤنث فتتوفر لها الحماية بواسطة البويضة ovule؛ مما يجعل من الصعب إجراء معاملات مضاعفة الكروموسومات. ولذا.. فإن هذه النباتات الأحادية الـ gynogenetic تأتي غالباً من مزارع البويضات، وتكون البادرات الأحادية هي أنسب المراحل لإجراء معاملة مضاعفة الكروموسومات (Kasha وآخرون ٢٠٠٦).

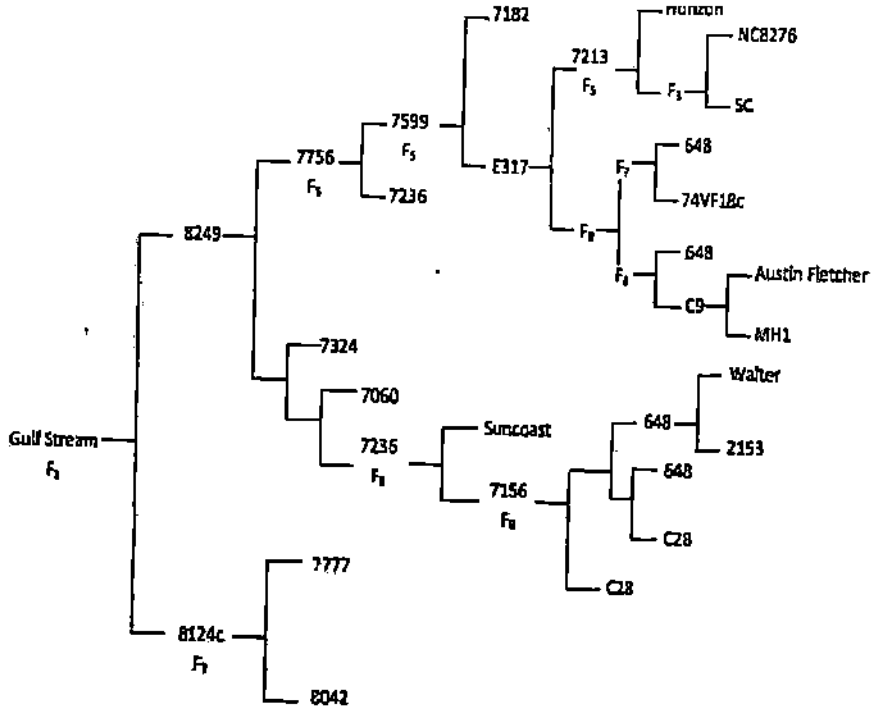
هذا.. ويعطى Leike & Bauch (١٩٩٢) تفاصيل عملية الإكثار الدقيق لسلالات الآباء المستخدمة في إنتاج هجن الخضر

إنتاج أول صنف هجين من البقوليات المأكولة

تمكن الباحثون بالـ ICRISAT بالتعاون مع نظرائهم من الباحثين الهنود من إنتاج أول هجين بقولي تجارى يُستخدم كغذاء للإنسان، هو الهجين ICPH 2671 من بسلة الحمام *Cajanus cajan* وذلك بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي مع ظاهرة التلقيح الخلطي الطبيعي للمحصول. ولقد تفوق الهجين بنسبة ٤٧٪ في محصول البذور على صنف الكنترول Maruti في تجارب حقلية متعددة أجريت على مدار أربع سنوات (Saxena وآخرون ٢٠١٣).

النشر العلمى لبرامج التربية التى اتبعت فى إنتاج الهجن

إن النشر العلمى المتعلق بأى هجين يتم إنتاجه يتطلب إعطاء تفاصيل كاملة عن أبوى الهجين وأنسابهما حتى وصلا إلى مرحلة استخدامهما كآباء. ويبين شكل (٤-١) مثلاً لذلك؛ حيث يظهر فيه أبوى هجين الطماطم Gulf Stream وأنساب هذين الأبوين حتى عشرة أجيال خلت (Scott وآخرون ٢٠٠٧) وبغير تلك التفاصيل لا يجوز - أصلاً - نشر مثل تلك البحوث. وطبيعى أن الهجن التى تُنتجها الجامعات والمؤسسات البحثية التى تُمول من الميزانية العامة يجب أن تخضع - عند نشرها - لتلك القاعدة، أما تلك التى تُنتجها شركات البذور والمؤسسات الخاصة فتسوق بذورها دون أن يُنشر عنها شئ.



شكل (٤-١): أنساب هجين الطماطم Gulf Stream.