الفصل الرابع

إنتاج أصناف الخضر الهجين

العوامل المؤثرة فى مدى صلاحية إنتاج الأصناف الهجين كطريقة للتربية

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

١- مدى سهولة إجراء عملية التهجين.

٢- عدد البذور التى تُنتج من التهجين الواحد.

٣- عدد البذور التى تلزم لزراعة وحدة المساحة من المحصول.

٤- مدى ظهور قوة الهجين فى المحصول.

٥- مدى الاستفادة من الهجين فى تجميع صفات سائدة – مرغوب فيها – من الأبوين.

٦- ما إذا كانت الأصناف الهجين حتمية لتوفير صفات معينة.

٧- الفائدة التى تتحقق لشركات إنتاج البذور من التحكم فى إنتاج بذور الهجن.

تحديات وإنجازات إنتاج الهجن فى مختلف محاصيل الخضر

أولا: محاصيل الخضر الذاتية التلقيح

المحاصيل التى تعطى عدداً قليلاً من البذور من كل تلقيح

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

الفاصوليا

الفاصوليا نبات يحمل أزهارًا كاملة، وهو ذاتى التلقيح. ويعطى عددًا محدودًا من البذور من كل تلقيح. ويلزم ٧٠ كجم من البذور لزراعة الفدان الواحد (٢٩,٥ كجم للفدان) باعتبار وجود ٢٩٠٠ بذرة بكل كيلوجرام. وإذا ما استخدمت بذرة هجين فى الزراعة، فإن الأمر يتطلب إجراء ٦٨٠٠٠ تلقيح لزراعة هكتار واحد. علماً بأن الأزهار يتعين خصيها قبل تفتحها، مع إجراء العمل يدويًا، الأمر الذى لا يكون اقتصاديًا. ويمكن تسهيل إجراء التلقيحات بنقل الجينات التى تتحكم فى صفة الميسم المتجه للخارج extrorse stigma من *Phaseolus coccineus* (وهو محصول خلطى التلقيح).. نقلها إلى الفاصوليا، لكن الهجن ذاتها ليست لها قيمة خاصة حيث لم تلاحظ فيها قوة هجين يُعتد بها.

البسلة

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

الخس

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

المحاصيل التى تعطى عدداً كبيراً من البذور من كل تلقيح

ينطبق هذا الوضع على محاصيل الباذنجانيات الثمرية. وهى: الباذنجان والفلفل والطماطم

الباذنجان

تظهر قوة الهجين فى الباذنجان بدرجة عالية حيث تراوحت – فى دراسات مختلفة – بين ٣٣٪، و٩٧٪. زهرة الباذنجان كاملة وذاتية التلقيح بدرجة عالية ويسهل إجراء التلقيح فيها، كما يُنتج التلقيح الواحد أعدادًا كبيرة من البذور؛ لذا .. انتشرت بكثرة أصناف الباذنجان الهجين.

الفلفل

الفلفل يحمل أزهارًا كاملة، وهو محصول ذاتى التلقيح، لكن مع حدوث تلقيح خلطى بنسبة حوالى ٢٥٪. وتتراوح قوة الهجين فى صفة المحصول بين ٢٨٪، و٤٧٪. ورغم احتمال انخفاض قوة الهجين الخاصة بالمحصول فى بعض الظروف، فإن تفوق الهجن فى الصفات البستانية الهامة يجعلها أكثر صلاحية للتصدير. ورغم توفر ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الفلفل فإنها ليست عالية الكفاءة فى إنتاج الهجن؛ولذا .. فإن الهجن التجارية تُنتج بطريق الخصى والتلقيح اليدوى. وعلى الرغم من التوسع الكبير فى إنتاج هجن الأصناف الحلوة فإن هجن الأصناف الحريفة مازالت محدودة الانتشار.

الطماطم

أزهار الطماطم كاملة، وتظهر بالمحصول قوة الهجين بنسبة تصل إلى ٣٠٠٪ فى بعض الصفات لكنها تتباين كثيرًا من صفة لأخرى. والى جانب ميزة قوة الهجين، فإن الهجن تسمح بتجميع الصفات السائدة من الأبوين، مثل صفات المقاومة لكل من الذبول الفيوزارى بمختلف سلالاته وذبول فيرتسيليم ونيماتودا تعقد الجذور وفيرس موزايك الطماطم ولفحة ألترناريا (مثلما يوجد فى الأصناف التى 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 فى

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

تتراوح نسبة التلقيح الخلطى بين ٠,٥٪ و ٤٪ فى المناطق الباردة، وتكون النسبة أعلى من ذلك فى المناطق الاستوائية. ويحدث التلقيح الخلطى أساسًا بواسطة الحشرات، ولكن الهواء يلعب دورًا محدودًا. وتُنتج معظم هجن الطماطم يدويًا فى كل من عمليتى الخصى والتلقيح. هذا إلاّ أن من الممكن إنتاج بذور الهجن بتكلفة أقل بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى أو الميسم البارز من المخروط السدائى، إلا أن نقل صفة العقم الذكرى لأمهات الهجن يتطلب وقتًا. 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. وحاليا تستخدم الأصناف الهجين فى كل من طماطم التصنيع والاستهلاك الطازج، إلا أنها أكثر انتشارًا فى الأولى.

ثانيا: محاصيل الخضر الخلطية التلقيح

المحاصيل ذات نسبة التلقيح الخلطى المنخفضة

تشتمل هذه المجموعة على محاصيل القرعيات، وتتضمن ما يلى:

الخيار

الخيار محصول خلطى التلقيح وحيد الجنس وحيد المسكن؛ حيث يحمل أزهارًا مذكرة فى البداية، ثم خليط من الأزهار المذكرة والمؤنثة بعد ذلك. وتتحكم عدة جينات فى التعبير الجنسى، لتعطى نباتات أنثوية gynoecious (تحمل أزهارًا مؤنثة فقط)، ونباتات andromonoecious (تحمل أزهارًا مذكرة فى البداية ثم أزهارًا كاملة)، ونباتات خنثى hermaphroditic (تحمل أزهارًا كاملة). ولا يتعرض الخيار للتدهور مع التربة الداخلية، وقد تصل فيه نسبة التلقيح الخلطى إلى ٥٣٪، وتظهر به قوة الهجين.

وتُنتج هجن الخيار تجاريًا باستعمال سلالة مرباة داخليًا أنثوية كأم مع تلقيحها بسلالة مرباة داخليًا وحيدة الجنس وحيدة المسكن عن طريق الحشرات. ويمكن إكثار السلالات المرباة داخليًا الأنثوية بتلقيحها ذاتيًا 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 أنثويًا كذلك؛ حيث يُنتج أزهارًا 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 تدهورًا مع التربية الداخلية، بينما تظهر به قوة الهجين. وتتراوح نسبة التلقيح الخلطى فى السلالات الـ andromonoecious ما بين ٢٠٪، و٣٥٪.

تُنتج هجن الكنتالوب يدويًا بخصى الأزهار الكاملة بنباتات سلالات الأمهات، ثم تُلقَّح باستعمال أزهار مذكرة من نباتات سلالات الآباء. ولقد أُنتجت هجنًا أنثوية من الكنتالوب ،إلاّ 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 الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى خفض تكلفة إنتاج الهجن.

قرع الكوسة

تظهر قوة الهجين بدرجة عالية فى الكوسة، وتُنتج الهجن بتلقيح سلالتين وحيدتى الجنس والمسكن معًا، مع استخدام نحل العسل كملقح. ويتم تحويل إحدى سلالتى أبوى الهجين إلى أنثوية لمدة ٢-٣ أسابيع فى بداية مرحلة التزهير، بمعاملة النباتات بالإثيفون 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؛ نظرًا لأنها لا تستجيب جيدًا لمعاملة الإثيفون. وتنتج الهجن فيها بالتلقيح اليدوى.

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 المربى، فضلاً عن أنها الوسيلة الوحيدة لإنتاج البطيخ الثلاثى عديم البذور، وهى التى يتم إنتاج بذورها بتلقيح سلالة رباعية التضاعف تستخدم كأم بحبوب لقاح سلالة ثنائية التضاعف تستخدم كأب. وتُنتج السلالات الرباعية التضاعف بمعاملة السلالات المرباة داخليًا المرغوب فيها بالكولشيسين. وتتعين زراعة صنف ثنائى التضاعف بالتبادل مع خطوط الهجين الثلاثى فى حقل الإنتاج التجارى ليوفر حبوب اللقاح التى تلزم لتلقيح أزهار الصنف الثلاثى.

المحاصيل التى ترتفع فيها نسبة التلقيح الخلطى

إن أهم محاصيل الخضر التى ترتفع فيها نسبة التلقيح الخلطى الصليبيات والجزر والبصل والأسبرجس والسبانخ.

الصليبيات

تحمل نباتات الصليبيات كالبروكولى والكرنب والقنبيط أزهارًا كاملة، وهى خلطية التلقيح بدرجة عالية، بسبب ظاهرة عدم التوافق الأسبورفيتى التى توجد فيها. وتتعرض نباتات الصليبيات لقدر جوهرى من التدهور مع التربية الداخلية، كما تظهر فيها قوة الهجين بقوة ويشذ عن ذلك القنبيط الصيفى، الذى لا يحدث فيه تدهورًا مع التربية الداخلية، كما لا توجد به ظاهرة عدم التوافق الذاتى. وإلى جانب قوة الهجين التى تظهر بهجن الصليبيات فإنها تكون متجانسة بدرجة عالية. وتُنتج الهجن الفردية

بتلقيح سلالة مرباة داخليًا غير متوافقة ذاتيًا بحبوب لقاح سلالة الأب بعد زراعتهما معًا فى معزل. ويمكن إكثار السلالات غير المتوافقة ذاتيًا بتلقيحها ذاتيًا وهى فى طور البرعم الزهرى؛ حيث تكون الأزهار متوافقة ذاتيًا قبل تفتحها. ورغم أن تلك الطريقة لإنتاج الهجن تُعد اقتصادية، إلا أن بعض البذور التى 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 الذكرى 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 الذكرى السيتوبلازمى (إما بطفرة المتوك البنية brown anther، وإما بطفرة تحول الأسدية إلى بتلات petaloidy). يصعب إنتاج سلالات الجزر المرباة داخليًا 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 أزهارًا كاملة، وهو يتعرض للتدهور بشدة مع التربة الداخلية؛ مما يجعل إنتاج السلالات المرباة داخليًا أمرًا صعبًا. وتتميز هجن البصل بقدر كبير من قوة الهجين. ولقد أصبح إنتاج هجن البصل أمرًا اقتصاديًا بعد اكتشاف ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى. وتُنتج بذور الهجن التجارية بزراعة ٢٤

خطًا 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 المهاميز يزيد بنسبة ٣٨٪ عما تنتجه النباتات المؤنثة (gynoecious)؛ لعدم استهلاكها لناتج البناء الضوئى فى إنتاج البذور سنويًا. تحمل النباتات المذكرة التركيب الوراثى Mm، وهى تُنتج بتلقيح نباتات مذكرة فائقة super males (ذات تركيب وراثى MM) مع سلالة مؤنثة mm. وتُنتج النباتات المذكرة الفائقة بالتلقيح الذاتى لأزهار كاملة تظهر أحيانًا على النباتات المذكرة، ثم اختبار النسل الناتج منها بسلالة مؤنثة لتحديد الأنسال التى تكون كلها مذكرة.

يحدث التدهور جراء التلقيح الذاتى؛ حيث يقل إنتاج السلالات المرباة داخليًا 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 طرزًا وحيدة الجنس وحيدة المسكن. وهو يتلقح بالهواء بنسبة عالية جدًا. وعلى الرغم من وجود تقارير تفيد حمل السبانخ لكروموسوم الجنس، فإن التعبير الجنسى فى السبانخ يتحكم فيه ثلاثة آليلات لجين واحد، حيث يُعطى التركيب الوراثى XX نباتات مؤنثة، ويعطى كلاً من XY، و Y^mY نباتات مذكرة، 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 مذكرة بدرجة عالية. يحدث بالسبانخ تدهورًا 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 فى معزل حيث تتلقح الأزهار المؤنثة — طبيعيًا — بالأزهار المذكرة التى تظهر متأخرة (Wehner ١٩٩٩).

إنتاج النباتات الأحادية المضاعفة لاستعمالها كآباء للهجن

تؤدى مضاعفة أعداد كروموسومات النباتات الأحادية إلى استعادة الخصوبة وإلى إنتاج نباتات أحادية مضاعفة double haploids تكون أصيلة وراثيًا. وتصلح هذه النباتات الأصيلة فى الأنواع ثنائية التضاعف وتلك المتضاعفة هجينيًا alloploids لأن تكون أصنافًا جديدة نقية وراثيًا، أو أن تكون آباءً لإنتاج هجن متجانسة. كذلك يكون أسهل كثيرًا الانتخاب لصفات المقاومة للأمراض والصفات البستانية وصفات الجودة فى النباتات الأحادية المضاعفة عما فى نباتات الجيل الثانى. وفى الأنواع المتضاعفة ذاتيًا autopolyploids يكون من الأسهل إجراء التربية والانتخاب على المستوى الأحادى. هذا.. إلا أن مضاعفة الكروموسومات إلى مستوى التضاعف الأمثل (الخاص بالنوع) يلزم لإنتاج أعلى محصول.

وإذا كان الحصول على النبات الأحادى من الجاميطة المذكرة (androgensis)، فإنه يكون من الممكن إجراء معاملات إحداث التضاعف خلال مرحلة النواة الواحدة الأحادية single uninuclate stage، أو عند أول انقسام ميتوزى بعد الميوزى first post-meiotic mitotic division. أما الجاميطة المؤنثة فتتوفر لها الحماية بواسطة البييضة ovule؛ مما يجعل من الصعب إجراء معاملات مضاعفة الكروموسومات. ولذا.. فإن هذه النباتات الأحادية الـ gynogenetic تأتى غالبًا من مزارع البييضات، وتكون البادرات الأحادية هى أنسب المراحل لإجراء معاملة مضاعفة الكروموسومات (Kasha وآخرون ٢٠٠٦).