فى المحصول، والانتخاب – خلال مراحل التربية الداخلية – لا يفيد سوى فى استبعاد السلالات الضعيفة؛ وعليه .. فإن الزيادة الكبيرة التى تحدث فى محصول الصنف الهجين .. لابد أنها ترجع إلى الانتخاب فى المرحلة الثالثة.

يجرى التقييم الذاتى للسلالات بهدف التعرف على تلك التى يمكن أن تنتج هجنًا متفوقة، ويكون بأحد ثلاث طرق، كما يلى:

أ – تقييم الشكل المظهرى:

حيث تستبعد السلالات الضعيفة وذات الصفات الرديئة، علمًا بوجود ارتباط إيجابى ضعيف (٠,٢) بين محصول السلالات المرباة داخليًّا ومحصول الهجن الناتجة منها.

ب – اختبار التلقيح القمى:

يجرى اختبار التلقيح القمى top cross testing بهدف انتخاب السلالات ذات القدرة العامة على التآلف، ويمكن على أساسه استبعاد ٥٠٪ من السلالات الأقل قدرة على التآلف. هذا .. ولا يجرى هذا الاختبار إلا على السلالات التى تثبت تفوقها فى مختلف الصفات المطلوبة .. على الأقل حتى يكون من الممكن إكثارها. وأفضل التراكيب الوراثية للاستخدام فى اختبار التلقيح القمى هى ما كانت خليطة heterozygous، وغير متجانسة heterogenous وراثيًّا.

جـ – اختبار التلقيحات الفردية:

يجرى هذا الاختبار بهدف تحديد الهجن الفردية المتميزة، ومن ثم .. ما يصلح منها للهجن الزوجية.

وتجدر الإشارة إلى إنه إن لم يجر أى انتخاب – لا قبل التربية الداخلية، ولا أثناءها، ولا بعدها – ثم لقحت كل السلالات المرباة داخليًّا بصورة عشوائية، فإن متوسط سلوكها أو متوسط محصولها يكون مساويًّا لمتوسط سلوك أو محصول عشيرة المصدر؛ ومن هنا تظهر أهمية الانتخاب خلال مختلف مراحل برنامج التربية الداخلية فى إنتاج الهجن المتميزة (عن Singh ١٩٩٣).

القدرة على التآلف بين السلالات المرباة داخليًّا

تتوقف قوة الهجين – التى تظهر فى الجيل الأول الهجين – على مدى قدرة

السلالات المهجنة على التآلف Combining Ability of Inbred Lines؛ حيث تزداد قوة الهجين كلما كانت السلالات المهجنة أكثر تآلفًا؛ أى كلما كانت تراكيبها الوراثية مكملة بعضها بعضًا، وأكثر تأثيرًا فى قوة الهجين عند تواجدها – معًا – فى الفرد الهجين. وتوجد ثلاثة أنواع من القدرة على التآلف، هى: متوسط القدرة على التآلف، والقدرة العامة على التآلف، والقدرة الخاصة على التآلف.

متوسط القدرة على التآلف

يعبر عن متوسط القدرة على التآلف Average Combining Ability لأية سلالة بمتوسط محصول الهجن الفردية التى تدخل فيها هذه السلالة؛ فمثلاً .. إذا وجدت خمس سلالات هى أ، ب، جـ، د، هـ .. فإن متوسط قدرة السلالة (أ) على التآلف يكون هو متوسط محصول الهجن الفردية أ ب، أ جـ، أ د، أ هـ.

وفى بداية العهد بإنتاج الأصناف الهجين .. كانت تختبر كل الهجن الممكنة لكل سلالة لتقدير متوسط قدرة كل منها على التآلف، وكان ذلك يتطلب جهدًا كبيرًا؛ فعلى سبيل المثال .. لو أن لدينا ٣٠ سلالة فقط لتقييم قدرتها على التآلف – وهو رقم متواضع – لكان عدد الهجن الفردية التى يلزم إنتاجها (مع استبعاد الهجن العكسية) هو ٤٣٥ هجينًا. ويمكن حساب هذا العدد من المعادلة التالية:

$$\text{هـ} = \frac{\text{س} (\text{س} - ١)}{٢}$$

حيث تمثل (هـ) عدد الهجن الفردية الممكنة، و (س) عدد السلالات المطلوب تقييمها. ومن الطبيعى أنه يستحيل تقييم عدد كبير من السلالات بهذه الطريقة؛ فلو فرض أن احتاج الأمر إلى تقييم ١٠٠ سلالة .. للزم إنتاج ٤٩٥٠ هجينًا فرديًا وتقييمها. هذا فضلاً على أن التقييم قد يجرى فى مناطق مختلفة، ولعدة سنوات.

القدرة العامة على التآلف

تقارن القدرة العامة على التآلف General Combining Ability – لعدد من السلالات – بمقارنة الهجن الفردية الناتجة من تلقيح كل من هذه السلالات مع صنف اختبارى

Tester Variety. ويستعمل أى صنف تجارى ناجح مفتوح التلقيح، أو هجين زوجى، أو صنف تركيبى كصنف اختبارى. تنتج الهجن بين السلالات المرباة داخليًّا والصنف الاختبارى بواسطة ما يسمى بالتلقيح القمى Top Cross؛ حيث تزرع ٣-٤ خطوط - بمعدل خط من كل سلالة - بالتبادل مع خط من الصنف الاختبارى، وتزال النورات المذكرة (بفرض استعمال الذرة كمثال) من جميع السلالات؛ حتى يكون الصنف الاختبارى هو مصدر حبوب اللقاح لجميع الهجن. أما إذا استعمل الصنف الاختبارى كأم .. فإنه يلزم - فى هذه الحالة - استعمال عشرة نباتات منه - على الأقل - فى التلقيح مع كل سلالة؛ لتمثيل أكبر قدر من الاختلافات الوراثية التى توجد بين نباتاته.

وترجع أهمية القدرة العامة على التآلف إلى أنها تستخدم فى التنبؤ بمتوسط القدرة على التآلف؛ لأن معامل الارتباط بينهما كبير؛ حيث يقدر بنحو ٠,٥٣-٠,٩٠، وهو ما يعنى وجود علاقة مؤكدة بين محصول الهجن الناتجة من التلقيح القمى لعدد من السلالات، وبين متوسط محصول الهجن الفردية التى تدخل فيها كل من هذه السلالات عند تهجينها مع بعض البعض.

ويتفق معظم مربى النبات على أنه يمكن استخدام تقديرات القدرة العامة على التآلف بأمان فى استبعاد نصف السلالات المتوفرة التى يُراد تقييمها، وقصر إنتاج الهجن الفردية وتقييمها على النصف الآخر المتبقى؛ فمثلاً .. لو كان لدينا ٣٠ سلالة .. فإن يلزم إنتاج ٣٠ هجينًا وتقييمها بالتلقيح القمى، ثم يستفاد من نتيجة التقييم فى استبعاد ١٥ سلالة؛ وهو ما يعنى خفض عدد الهجن الفردية التى يلزم إنتاجها وتقييمها من ٤٣٥ هجينًا إلى ١٠٥ هجينًا فقط.

وأفضل الأصناف الاختبارية للاستعمال هى التى يمكن بواسطتها التنبؤ بمحصول الهجن الفردية للسلالات المتوفرة. لكن لا يوجد صنف اختبارى واحد يصلح لجميع الأغراض. فكلما سبق الذكر .. تصلح الهجن الزوجية والأصناف المفتوحة التلقيح الناجحة - خاصة الأصناف التركيبية - لاختبار القدرة العامة على التآلف؛ لأنه يلزم أن يكون الصنف الاختبارى ذا قاعدة وراثية عريضة Broad Genetic Base. أما عندما يُراد البحث عن سلالة تصلح بديلاً لسلالة أخرى فى هجين زوجى معين .. فإن أفضل

صنف اختبارى لهذا الغرض يكون هو الهجين الفردى الآخر (الذى لا تستعمل هذه السلالة فى إنتاجه) فى الهجين الزوجى؛ فمثلاً .. إذا ما رغب فى البحث عن سلالة بديلة لسلالة (أ) فى الهجين الزوجى أ ب × جـ د .. فإن الصنف الاختبارى المناسب يكون هو الهجين الفردى جـ د.

وفى بداية العهد بإنتاج الأصناف الهجين .. كان يتم اختبار القدرة العامة على التآلف بعد ٣-٥ أجيال من التربية الداخلية. وكان Jenkins فى عام ١٩٣٥ هو أول من بينّ أن الاختبار المبكر للقدرة العامة على التآلف فى الذرة يكون فعّالاً بعد الجيل الثانى للتربية الداخلية؛ فقد وجد أنه من بين ١١ سلالة أجريت عليها الدراسة .. لم يختلف محصول التلقيح القمى لتسع من هذه السلالات، عندما أجرى بعد جيلين، أو بعد ستة - أو ثمانية أجيال من التلقيح الذاتى. كما وجد Sprague فى عام ١٩٤٦ أن النباتات التى لم تلقح ذاتيًا بعد (نباتات جيل الـ S_0) ذات القدرة العالية على التآلف .. تنقل هذه الصفة إلى نباتات جيل التلقيح الذاتى الأول (S_1). كذلك وجد Lonnquist فى عام ١٩٥٠ أن نباتات جيل التلقيح الذاتى الأول تنقل صفة القدرة العالية على التآلف - بنفس الدرجة - إلى نباتات جيل التلقيح الذاتى الرابع.

وبرغم أن Richey قد أوضح عام ١٩٤٥ أن الاختبار المبكر للقدرة العامة على التآلف فى الذرة، والانتخاب لهذه الصفة فى جيل التلقيح الذاتى الثانى (S_2) أو الثالث (S_3) .. يؤدى إلى استبعاد بعض السلالات الهامة .. إلا أن الاتجاه الغالب - فى معظم برامج التربية - هو تقدير هذه الصفة فى جيل التلقيح الذاتى الأول (S_1) أو الثانى (S_2)، كما يقوم البعض بتقديرها فى النباتات المنتخبة؛ لإجراء التربية الداخلية عليها (S_0). ويستفاد من هذه الاختبارات المبكرة للقدرة العامة على التآلف فى استبعاد ما يصل إلى نحو ٨٠٪ من النباتات التى يلزم إجراء التربية الداخلية عليها.

ومما يعزز أهمية الاختبار المبكر للقدرة العامة على التآلف .. أن الدراسات المستفيضة قد أوضحت وجود اختلافات حقيقية بين نباتات الـ S_1 وبعضها البعض، وكذلك بين نباتات الـ S_0 وبعضها البعض؛ من حيث قدرتها العامة على التآلف، وأن هذه الاختلافات يمكن معرفتها، برغم المشاكل الناجمة عن حالة الخلط الوراثى فى هذه النباتات، وأنها تورث من جيل لآخر مع استمرار التربية الداخلية.

القدرة الخاصة على التآلف

يقصد بالقدرة الخاصة على التآلف Specific combining Ability قدرة السلالات على التآلف مع السلالات الأخرى فى الهجن الفردية Single Crosses، والهجن الثلاثية Three-way Crosses، والهجن الزوجية (الرباعية) Double Crosses. ويعبر عن هذه القدرة بقوة الهجين التى تظهر فى الهجن.

تقدر القدرة الخاصة على التآلف فى الهجن الفردية بإجراء الاختبار القمى أولاً، لاستبعاد ٥٠٪ من السلالات، وهى التى تكون أقل فى القدرة العامة على التآلف، ثم تجرى كل التلقيحات الممكنة بين السلالات المتبقية؛ لتحديد أفضل الهجن الفردية لكل سلالة.

ويلزم لتقدير القدرة الخاصة على التآلف فى الهجن الزوجية أن تهجن كل الهجن الفردية معًا بكل الطرق الممكنة. فلو فرض وتبقى ١٥ سلالة بعد الاختبار القمى .. فإنه يلزم – أولاً – إجراء $\frac{١٥ \times ١٤}{٢}$ = ١٠٥ هجينًا فرديًا، ثم تهجن الهجن الفردية – معًا – بكل الطرق الممكنة لإنتاج الهجن الزوجية، التى يتحدد عددها بالمعادلة التالية:

$$\text{عدد الهجن الزوجية الممكنة} = \frac{\text{س (س – ١) (س – ٢) (س – ٣)}}{٨}$$

حيث (س) تمثل عدد السلالات المرباة داخليًا؛ ويعنى ذلك أن عدد الهجن الزوجية الممكنة يكون $\frac{١٥ \times ١٤ \times ١٣ \times ١٢}{٨}$ = ٤٠٩٥ هجينًا زوجيًا، بخلاف الهجن العكسية.

ويبين جدول (٧–١) أعداد الهجن الفردية، والثلاثية، والزوجية الممكنة من عدد (n) من السلالات المرباة داخليًا.

ونظرًا لأن عدد الهجن الزوجية التى يلزم إنتاجها وتقييمها يكون كبيرًا، ويزداد – كثيرًا – مع أى زيادة فى عدد السلالات (فهو يصبح – مثلاً – ١٤٥٣٥ هجينًا زوجيًا عند زيادة عدد السلالات إلى ٢٠)؛ لذا فقد حاول العلماء التوصل إلى وسائل، يمكن بواسطتها التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية قبل إجرائها، وكانت دراسات Jenkins فى عام ١٩٣٤ من أبرز ما قدم فى هذا المجال.

جدول (٧-١): أعداد الهجن الفردية، والثلاثية، والزوجية الممكنة من عدد (n) من السلالات المرباة داخليًا.

عدد الآباء	عدد الهجن الفردية الممكنة	عدد الهجن الثلاثية الممكنة	عدد الهجن الزوجية الممكنة
٢	١	صفر	صفر
٣	٣	٣	صفر
٤	٦	١٢	٣
٥	١٠	٣٠	١٥
٦	١٥	٦٠	٤٥
١٠	٤٥	٣٦٠	٦٣٠
١٥	١٠٥	١٣٦٥	٤٠٩٥
٣٠	٤٣٥	١٢١٨٠	٨٢٢١٥
n	n(n-1)/2	n(n-1)(n-2)/2	n(n-1)(n-2)(n-3)/8

ولقد قام Jenkins بدراسة الارتباط بين محصول الهجن الزوجية وبين متوسط محصول كل مما يلي:

١ – الهجن الستة الفردية الممكنة بين السلالات الداخلة فى إنتاج الهجين الزوجى؛ فمثلاً .. تكون الهجن الستة الفردية الممكنة فى حالة الهجين الزوجى أ ب × جـ د هى: أ ب، أ جـ، أ د، ب د، جـ د.

٢ – الهجن الأربعة الفردية الممكنة بين السلالات الداخلة فى إنتاج الهجين الزوجى غير الهجينين الفرديين المهجنين معًا لإنتاج الهجين الزوجى؛ فمثلاً .. تكون الهجن الأربعة الفردية الممكنة فى حالة الهجين الزوجى أ ب × جـ د هى: أ جـ، أ د، ب جـ، ب د.

٣ – كل الهجن الفردية الممكنة بين كل من السلالات الأربع الداخلة فى إنتاج الهجين الزوجى وبين عشر سلالات أخرى؛ فمثلاً .. تكون الهجن اللازمة فى حالة الهجين الزوجى أ ب × جـ د هى التى بين كل من السلالات أ، ب، جـ، د وعشر سلالات أخرى؛ أى يؤخذ متوسط ٤٠ هجينًا فرديًا.

٤ – الهجن الفردية الممكنة بين كل من السلالات الأربع الداخلة فى إنتاج الهجين الزوجى وبين صنف اختبارى؛ أى يؤخذ متوسط أربعة هجن فردية.

وقد قدر Jenkins الارتباط بين المحصول الفعلى والمحصول المتوقع لاثنين وأربعين هجينًا زوجيًا باستعمال الطرق الأربع السابقة، ووجد أن معامل الارتباط كان ٠,٧٥، و ٠,٧٦، و ٠,٧٣، و ٠,٦١ للطرق الأربع على التوالى.

وبناء على نتائج هذه الدراسة ودراسات أخرى كثيرة .. فقد أصبح عاديًا أن يتنبأ المربى بمحصول الهجن الزوجية من متوسط محصول الهجن الأربعة الفردية الممكنة بين السلالات الداخلة فى إنتاج الهجين الزوجى غير الهجينين الفرديين المهجنين معًا لإنتاج الهجين الزوجى. ويكفى فى هذه الحالة - إنتاج وتقييم كل الهجن الفردية الممكنة بين السلالات المتوفرة؛ للتنبؤ بمحصول أى هجين زوجى بين هذه الهجن الفردية. ولكن ينبغى أن تقيم الهجن الفردية فى عدة مواقع، وعلى مدى عدة سنوات؛ ليمكن التوصل إلى نتائج يمكن الاعتماد عليها. ويبين جدول (٧-٢) مثالاً لتطبيق القاعدة السابقة فى التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية الممكنة بين خمس سلالات من الذرة (Anderson عن Briggs & Knowles ١٩٦٧).

طرق تحسين السلالات المرباة داخليًا

يتجه كثير من الباحثين نحو محاولة تحسين السلالات المتوفرة المرباة داخليًا، التى أثبتت قدرة عالية على التآلف، بدلاً من محاولة إنتاج سلالات جديدة؛ بسبب ندرة السلالات الممتازة، وصعوبة إنتاج ما هو أفضل منها. وتبعًا لـ T. A. Kiesselbach (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .. فإن عدد سلالات الذرة المرباة داخليًا التى أنتجت حتى عام ١٩٥١ قدر بنحو ١٠٠ ألف سلالة. ولم يتفوق منها سوى ٦٠ سلالة، وهى التى كان لها دور فى إنتاج أصناف الذرة الهجين.

ويحاول المربون تحسين السلالات المرباة فى الجوانب التالية:

١ - زيادة إنتاجية السلالات ذاتها؛ بغرض زيادة كمية البذرة الهجين من نفس التلقيح؛ فتنخفض بذلك تكاليف إنتاجها.

٢ - تحسين السلالات فى صفات خاصة تعوزها؛ مثل مقاومة الأمراض الهامة.

٣ - تحسين قدرة السلالات على التآلف؛ وهو ما يعنى زيادة قوة الهجين فى الهجن التى تدخل فيها.