يشترط فى هذه السلالات أن تكون على درجة عالية من التوافق ، ولايستعمل الهجين المتعدد السلالات نفسه فى الزراعة التجارية ، بل يكثر بالتلقيح المفتوح ، ثم يستعمل لعدة أجيال فى الزراعة ، قبل إعادة تكوينه من جديد . وقد تستعمل مثل هذه الهجن المتعددة السلالات لبدء برنامج تربية بطريقة انتخاب النسب ، أو انتخاب التجميع (يراجع لذلك الفصل الحادى عشر) ولاتلزم –فى هذه الحالة– أن تكون السلالات متوافقة معًا ، وإنما يشترط أن تكمّل بعضها بعضاً فيما يتعلق بالصفات التى ينبغى توفرها فى الصنف الذى يراد إنتاجه .

الأصناف التركيبية Synthetic Varieties

تنتج الأصناف التركيبية (أو المخلقة) فى المحاصيل الخلطية التلقيح فقط ؛ لأن الصنف يتم تركيبه – أولا – من كل التهجينات الممكنة بين مجموعة من التراكيب الوراثية المتآلفة ، ثم يترك – بعد ذلك – للتلقيح المفتوح لإكثاره . وتُستَعمل الأصناف التركيبية – تجاريًا – لعدة أجيال قبل إعادة تركيبها من جديد . ويختلف الصنف التركيبى عن الأصناف المنتجة بطريقة الانتخاب الإجمالى فى أن الأول يُركب من تراكيب وراثية ، سبق اختبار قدراتها على التآلف فى كل التلقيحات الممكنة ، بينما يتكون الصنف الناتج من الانتخاب الإجمالى من تراكيب وراثية جديدة مخلوطة – معًا – دون سابق معرفة بقدرتها على التآلف .

وقد أنتجت الأصناف التركيبية فى محاصيل المراعى ، خاصة : البقولية ، والنجيلية ، كما أنتجت فى عباد الشمس ، والكرنب ، وغيره من الصليبيات ، ولكنها لم تكن ذات شأن كبير فى الذرة ، برغم أنه هو المحصول الذى أجريت عليه الدراسات الأساسية الخاصة بطريقة إنتاج الأصناف التركيبية .

خطوات إنتاج الصنف التركيبى

يمر الصنف التركيبى عند إنتاجه بالمراحل التالية :

١– اختيار الآباء :

غالباً ماتكون الآباء عبارة عن سلالات أصيلة مرباة داخليًا ، إلا أنها قد تكون على درجة أقل من الأصالة الوراثية ، وناتجة من التربية الداخلية بين نباتات النسل الواحد

(sibling) ، وقد تستعمل السلالات الخضرية . ويشترط فى الآباء أن تكون على درجة عالية من التآلف فى جميع التلقيحات الممكنة بين بعضها البعض . تلك هى المكونات الأساسية للصنف التركيبى ، وهى التى يطلق عليها اسم مكونات الأساس للصنف التركيبى أو Syn-O . ويتراوح عدد الآباء التى تدخل فى تكوين الصنف التركيبى – عادة – من ٤–١٠ ، ويفضل العدد الكبير من السلالات مادامت السلالات على درجة عالية من التآلف . لكنه كثيراً مايصعب التوصل إلى هذا العدد من السلالات المتآلفة ، ويحسن – فى هذه الحالة – الاكتفاء بعدد أقل من السلالات على أن تكون على درجة عالية من التآلف .

٢– إنتاج الهجن الفردية :

تنتج كل الهجن الفردية الممكنة بين السلالات التى اختيرت ، ثم تخلط كميات متساوية من بذور كل هجين معًا . ويطلق على هذا الجيل اسم الجيل التركيبى الأول Syn-1 .

٣– تزرع بذور الجيل التركيبى الأول للتقييم ، وتترك للتلقيح الخلطى العشوائى ؛ لإنتاج الجيل التركيبى الثانى Syn-2 .

٤– تزرع بذور الجيل التركيبى الثانى للتقييم ، وتترك للتلقيح الخلطى العشوائى ؛ لإنتاج الجيل التركيب الثالث Syn-3 .

وتستعمل بذور الجيل التركيبى الثالث Syn-3 ، وبذور الجيل التركيبى الرابع Syn-4 فى الإنتاج التجارى . كما تستعمل –كذلك– بذور الجيل التركيبى الثانى فى الإنتاج التجارى ، عند إعادة تكوين الصنف . ولكن لاتستعمل بذور الجيل التركيبى الخامس ، أو الأجيال التركيبية التالية له فى الإنتاج التجارى .

اختبار القدرة على التآلف بين السلالات المكونة للصنف التركيبى

يتبع فى اختبار القدرة على التآلف للسلالات الداخلة فى تكوين الصنف التركيبى نفس الخطوات التى ذكرت آنفا بالنسبة لاختبار القدرة على التآلف فى الهجن الفردية ، علما بأن اختبار التلقيح القمى topcross يفيد كثيراً فى خفض عدد السلالات ، التى يلزم

اختبار قدرتها الخاصة على التآلف . كما يتبع اختبار آخر يعرف باختبار التلقيح المتعـدد polycross test ، للوصول إلى نفس الهدف .

ويجرى الاختبار بزراعة جميع السلالات التى يُراد اختبار قدرتها على التآلف معًا ، فى قطعة أرض معزولة وصغيرة نسبيًا ومقسمة إلى مساحات متساوية ، تتوزع فيها السلالات عشوائيًا مع تكرار زراعة كل منها فى نفس العدد من المكررات . وأفضل التصميمات الإحصائية للاستعمال فى هذا الاختبار تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ، وتصميم المربع اللاتينى . ويعد العزل ضروريا ؛ حتى لاتصل إلى السلالات حبوب لقاح من أى مصدر آخر ، ويفيد صغر مساحة الحقل فى جعل جميع السلالات قريبة من بعضها ، حتى تتلقح معًا ، بينما يساعد التوزيع العشوائى للسلالات والمكررات على إعطاء كل منها فرصة متساوية لكى تلقح بأية سلالة أخرى ؛ وبذا .. فإن نسل كل نبات من السلالة يمثل هجيناً مع سلالة أخرى ، ويكون متوسط محصول نسل كل نباتات السلالة دالاً على قدرتها العامة على التآلف مع جميع السلالات الأخرى .

ويعاب على هذا الاختبار .. أن التزاوج العشوائى التام بين السلالات .. ربما لايحدث؛ لأسباب تتعلق باختلاف السلالات فيما يلى :

١- كمية حبوب اللقاح التى تنتجها كل منها .
٢- موعد انتثار حبوب اللقاح .
٣- درجة عدم التوافق بينها .
٤- مستوى التلقيح الذاتى فى كل منها .
٥- ارتفاع نباتات السلالة ، ومدى تعرضها للرقاد .

تؤخذ كميات متساوية من البذور من مكررات كل سلالة ، وتخلط -معًا- لأجل اختبار نسل التلقيح المتعدد polycross progeny test . ويمكن -فى هذه المرحلة- استبعاد أى من السلالات التى يتضح احتواؤها على أية صفة غير مرغوب فيها ، خاصة مايتعلق بالقابلية للإصابة بالأمراض والحشرات الهامة .

ويكون اختبار نسل التلقيح المتعدد فى مكررات ، وفى أكثر من موقع تجريبى ؛ بغرض تقييم المحصول والصفات الكمية الهامة الأخرى . يُضمّن الاختبار - عادة - أهم

الأصناف التجارية المستعملة فى الزراعة للمقارنة ؛ وبذلك .. يمكن تعرّف أفضل السلالات – وهى التى تتميز بالقدرة العالية على التوافق – أو يمكن على الأقل استبعاد نصف السلالات التى تكون أقل من غيرها ، وهى التى تعاد عليها الدراسة فى اختبار تلقيح متعدد جديد (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

وتجدر الإشارة إلى أن عدد توافيق الآباء (السلالات) – التى يمكن أن يتشكل من كل منها صنف تركيبى – تزيد بدرجة كبيرة مع كل زيادة فى عدد السلالات المتوفرة ؛ فيكون عدد الأصناف التركيبية الممكنة ١١ عندتوفر ٤ سلالات للاختيار منها ، و ٥٧ عند توفر ٦ سلالات ، و ٢٤٧ عند توفر ٨ سلالات ، و ١٠١٣ عند توفر ١٠ سلالات . والمعادلة العامة لذلك هى :

عدد الأصناف التركيبية الممكنة = $٢^{ن}$ – (ن + ١)

حيث تمثل (ن) عدد السلالات المتوفرة .

إنتاج بذور الجيل التركيبى الأول Syn-1

توجد طريقتان لإنتاج بذور الجيل التركيبى الأول ، هما :

١– إجراء كل التلقيحات الممكنة بين جميع السلالات المكونة للصنف التركيبى يدويًا ، ثم خلط كميات متساوية من بذور كل تلقيح معًا .

٢– اتباع طريقة التلقيح المتعدد polycross method التى سبق بيانها . وتقتصر الزراعة – فى هذه الحالة – على السلالات التى يقع عليها الاختيار ؛ ليتكون منها الصنف التركيبى ، ثم تحصد بذور كل قطعة تجريبية على حدة ، ويلى ذلك .. خلط كميات متساوية من بذور كل وحدة تجريبية معًا . ويعنى ذلك خلط كميات متساوية من بذور تلقيحات كل سلالة مع جميع السلالات الأخرى ، وهى التى تكوّن الجيل التركيبى الأول . ويعيب هذه الطريقة .. احتمال عدم عشوائية التلقيح الخلطى بين السلالات ؛ للأسباب التى سبق بيانها .

التنبؤ بمحصول الصنف التركيبى فى الأجيال التى تستعمل فى الزراعة

أعطى Wright فى عام ١٩٢٢ المعادلة التالية ؛ للتنبؤ بمحصول الصنف التركيبى فى

الجيل التركيبى الثانى Syn-2 (عن Allard ١٩٦٠) :

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_1 - \frac{(\bar{F}_1 - \bar{P})}{n}$$

حيث تمثل :

$\bar{F}_2$: المحصول المتوقع فى الجيل التركيبى الثانى Syn-2 .

$\bar{F}_1$: متوسط محصول الهجن الفردية التى تشكل – معًا – الجيل التركيبى الأول Syn-1 .

$\bar{P}$: متوسط محصول سلالات الآباء التى تكوِّن مكونات الأساس للصنف أو Syn-0 .

n : عدد سلالات الآباء .

تعنى هذه المعادلة أن محصول الصنف التركيبى يقل فى الجيل التركيبى الثانى بمقدار $\frac{1}{n}$ من قوة الهجين ، وهى الفرق بين متوسط محصول الجيل التركيبى الأول Syn-1 ومتوسط محصول الآباء .

ومن المتوقع – نظريًا – ألا يختلف محصول الجيل التركيبى الثالث Syn-3 ، أو الرابع Syn-4 (وكذلك الأجيال التالية لذلك) عن محصول الجيل التركيبى الثانى ؛ لأن العشيرة تصل إلى حالة من التوازن الوراثى بعد جيل واحد من التلقيح الخلطى العشوائى ، حسب قانون هاردى – فينبرج ، وهو التوازن الذى تصل إليه العشيرة فى الجيل التركيبى الثانى. ويختل هذا التوازن إن لم تتحقق شروط معينة للقانون ، سبق بيانها فى الفصل الثالث . هذا .. ولايكفى التنبؤ بمحصول الصنف المخلق من المعادلة ، بل يلزم إجراء التقييم لهذا الجيل عند إنتاج الصنف لأول مرة .

ولايمكن استخدام المعادلة السابقة فى التنبؤ بمحصول الصنف التركيبى فى الحالات التالية :

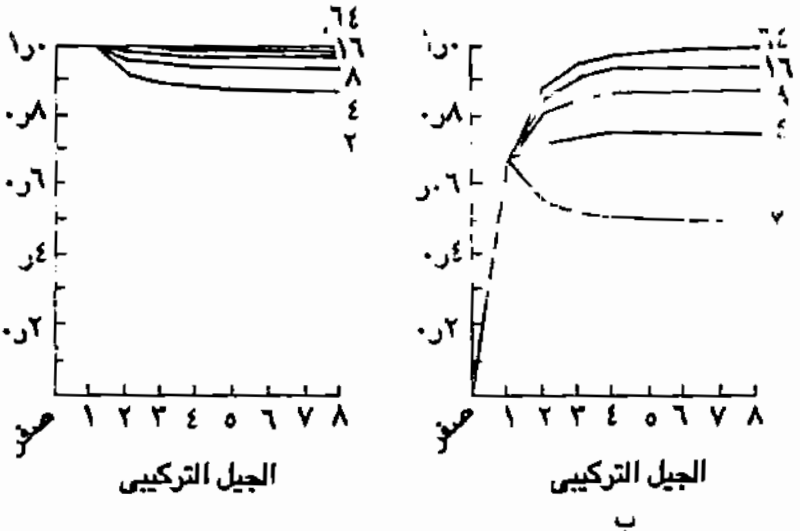
١– عند استخدام السُلالات الخضرية فى إنتاج الصنف ؛ كما فى البرسيم الحجازى ، الذى لايتحمل التربية الداخلية .

٢– عندما لاتكون السلالات المستخدمة –كآباء– على درجة عالية من التربية الداخلية .

وتستعمل هذه السلالات -أحياناً- كبديل للسلالات الأصيلة ، التى يكون محصولها منخفضاً ؛ وذلك لتجنب ارتفاع سعر التقاوى .

وترجع أهمية هذه المعادلة إلى أن عدد الأصناف التركيبية -التى يمكن إنتاجها- يزيد زيادة كبيرة مع كل زيادة فى عدد السلالات المتوفرة ، كما سبق أن أسلفنا . وتفيد المعادلة فى التنبؤ بمحصول الصنف التركيبى قبل إنتاجه من واقع البيانات المتوفرة عن محصول سلالات الآباء والهجن الفردية الممكنة بينها ؛ وبذا .. يمكن اختيار السلالات التى يستدل - من تطبيق المعادلة عليها - أنها تعطى أفضل الأصناف التركيبية الممكنة محصولاً .

كما توصل Bubice & Gurgis فى عام ١٩٧٦ (عن Fehr ١٩٨٧) إلى معادلات مماثلة للتنبؤ بمحصول الأصناف التركيبية فى حالة النباتات المتضاعفة ذاتيا Autotetraploids. ويبين شكل (١٠-٣) التغير المتوقع فى قوة الهجين فى النباتات المتضاعفة خلال الأجيال التركيبية من الثانى Syn-2 إلى الثامن Syn-8 مقارنة بالجيل التركيبى الأول Syn-1 لدى تطبيق هذه المعادلات .



شكل (١٠ - ٣) : التغير المتوقع فى قوة الهجين خلال ثمانية أجيال من الإكثار المفتوح التلقيح لأصناف تركيبية نشأت من : (أ) آباء متضاعفة ذاتياً غير مرباة داخلياً ولاتربطها صلة قرابه ، (ب) آباء متضاعفة ذاتيًا أصيلة ، ولاتربطها صلة قرابة . هذا .. مع افتراض حدوث التلقيح العشوائى التام ، وانعدام التلقيح الذاتى . تدل الأرقام المبينة على يمين كل شكل على عدد الآباء التى تدخل فى تكوين الصنف (عن Fehr ١٩٨٧) .

وقد يتراوح عدد الآباء فى الصنف التركيبى من ٢ إلى أكثر من ١٠٠ . ويقل النقص فى قوة الهجين (عن الجيل التركيبى الأول Syn-1) مع زيادة عدد الآباء ، التى لاتربطها صلة قرابة ، والتى تدخل فى تكوين الصنف التركيبى . إلا أن زيادة عدد الآباء - التى لاتربطها قرابة - على ١٦ .. لايسهم كثيراً فى خفض النقص فى قوة الهجين (شكل ١٠-٣) . أما إذا كانت الآباء ترتبط ببعضها بصلة قرابة ، أو كانت قرابتها من بعضها غير معلومة .. فإنه يوصى -حينئذ- بزيادة عدد سلالات الآباء على ١٦ سلالة .

العوامل المؤثرة فى محصول الصنف التركيبى

يتأثر محصول الصنف التركيبى فى الجيل التركيبى الثانى Syn-2 ، والأجيال التالية - وهى التى تستعمل تجاريًا - بالعوامل التالية :

١- عدد سلالات الآباء :

فكلما زاد عدد السلالات .. قل مقدار المفقود فى قوة الهجين فى الجيل التركيبى الثانى ؛ حسب معادلة Wright ؛ وعليه .. فإنه تفضل السلالات الكثيرة ، إلا أن ذلك يتداخل مع العامل الثانى .

٢- متوسط محصول الهجن الفردية :

فكلما زاد محصول الهجن الفردية .. قل مقدار المفقود فى قوة الهجين فى الجيل التركيبى الثانى ، حسب المعادلة أيضًا ... إلا أن محصول الهجن الفردية يتوقف على درجة التآلف بين جميع سلالات الآباء . ويصعب -عادة- إيجاد عدد كبير من السلالات المتوافقة معًا بدرجة عالية ؛ لذا .. فإنه يفضل -غالباً- الاكتفاء بعدد أقل من السلالات التى توجد بينها درجة عالية من التوافق .

٣- متوسط محصول سلالات الآباء :

فكلما زاد متوسط محصول سلالات الآباء .. قل مقدار المفقود فى قوة الهجين فى الجيل التركيبى الثانى . ويتعارض هذا العامل - كذلك - مع العامل الأول الخاص بعدد السلالات ؛ لصعوبة إيجاد عدد كبير من السلالات العالية المحصول .

هذا .. ومن المعروف أنه يمكن التنبؤ بالقدرة العامة على التآلف فى النباتات التى لم تخضع بعد للتربية الداخلية (نباتات جيل الـ S_0) ، كما سبق أن أوضحنا تحت موضوع القدرة على التآلف ؛ وعليه .. فإن زيادة القدرة على التآلف أمر ممكن . وربما يكون من الأفضل استعمال سلالات على درجة أقل من التربية الداخلية – مادم فى الإمكان اختبار قدرتها على التآلف – علما بأن هذه السلالات تكون أعلى محصولاً من السلالات التى أُخضعت للتربية الداخلية لعدة أجيال . وقد اقترح Jenkins إنتاج الأصناف التركيبية بهذه الطريقة ، كما يلى :

١– عزل سلالات من نسل النباتات الملقحة ذاتيًا لجيل واحد S_1 .

٢– اختبار القدرة العامة على التآلف لهذه السلالات بالاختبار القمى top cross بالنسبة للصفات الهامة ، خاصة المحصول .

٣– تهجين السلالات التى تتميز بقدرتها العالية على التوافق معًا ؛ لإنتاج الجيل التركيبى الأول ؛ ثم تستمر خطوات إنتاج الصنف التركيبى بعد ذلك بالطريقة العادية .

٤– تكرر الخطوات السابقة ، بعد كل جيلين من التلقيح الخلطى المفتوح للصنف التركيبى .

ولاشك فى أن من أهم عيوب هذه الطريقة عدم إمكان إعادة إنتاج الصنف التركيبى كما كان ؛ لأن السلالات التى تستعمل فى تكوينه ليست صادقة التربية .

وقد يستغنى عن التربية الداخلية كلية ، كما هى الحال فى الأنواع التى تتكاثر خضريا، وهى التى تستعمل فيها السلالات الخضرية كآباء . ورغم أن هذه الآباء تكون عالية المحصول – وينعكس ذلك إيجابيًا على محصول الصنف المخلق – إلا أنها تكون خليطة وراثيًا ، وهو ما يعنى توقع بعض التغيرات الطفيفة فى صفات الصنف التركيبى ، كلما أعيد إنتاجه .

إعادة تكوين الأصناف التركيبية

نادراً مايستعمل الصنف التركيبى بعد الجيل التركيبى الرابع Syn-4 ؛ بسبب احتمال تغير الهيكل الوراثى للصنف ؛ نتيجة لتعرضه لعوامل الانتخاب الطبيعى ؛ ويعنى ذلك ضرورة إكثار السلالات التى تدخل فى تكوين الصنف ، والمحافظة عليها ؛ ليمكن إعادة

إنتاجه فى أى وقت . ولايمر الصنف - عند إعادة إنتاجه - بمراحل التقييم المختلفة التى يمر بها عند إنتاجه لأول مرة ؛ حيث يمكن - عند إعادة الإنتاج - استعمال الجيل التركيبى الثانى فى الزراعة التجارية ... إلا أن المربى قد يرى إضافة - أو استبعاد - بعض السلالات عند إعادة تكوين الصنف ، ويلزم - فى هذه الحالة - إعادة التقييم من جديد .

ويمكن إحداث تقدم سريع فى الأصناف التركيبية ؛ بإخضاعها لدورة أو دورتين من الانتخاب المتكرر (يراجع لذلك الفصل الحادى عشر) ، بعد إكثارها لعدة سنوات . كما يمكن استخدام الصنف التركيبى فى بدء دورة من التربية الداخلية والانتخاب ؛ لإنتاج سلالات لصنف تركيبى جديد .

مزايا الأصناف التركيبية

تتوفر فى الأصناف التركيبية المزايا التالية :

١- تتحمل الأصناف التركيبية التقلبات الجوية بدرجة أكبر من درجة تحمل الهجن الزوجية ؛ بسبب كثرة الاختلافات الوراثية فيها عما فى الأصناف الهجين ؛ فبينما تتلقى الهجن الزوجية العوامل الوراثية من سلالات الآباء الأربعة فقط .. نجد أن فرصة التلقيح الخلطى المفتوح تتيح لنباتات الجيلين التركيبيين الثالث والرابع تلقى عوامل وراثية من أكبر عدد ممكن من سلالات الآباء الداخلة فى تكوين الصنف التركيبى .

٢- تقل تكاليف إنتاج بذور الصنف التركيبى عن الهجن الزوجية ؛ لكونها تستعمل لعدة أجيال ؛ وعليه .. فإنه يفضل استعمالها فى المناطق التى لم تقم فيها برامج لإنتاج الذرة الهجين .

٣- تفضل الأصناف التركيبية فى المحاصيل ذات الأجزاء الزهرية الصغيرة ، التى يصعب إجراء التهجين فيها ، كما فى بعض محاصيل العلف . أما فى الذرة .. فقد فاق استخدامُ الهجن الأصنافَ التركيبيةَ ، إلا أن الأخيرة يمكن الاستفادة بها كمستودع للجينات المرغوب فيها .