الفصل الثامن

الأصناف التركيبية

تنتج الأصناف التركيبية (أو المخلقة) synthetic varieties فى المحاصيل الخلطية التلقيح فقط؛ لأن الصنف يتم تركيبه – أولاً – من كل التهجينات الممكنة بين مجموعة من التراكيب الوراثية المتآلفة، ثم يترك – بعد ذلك للتلقيح المفتوح لإكثاره. وتُستعمل 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.

وبعبارة أخرى .. فإن الصنف التركيبى يعد جيلاً متقدمًا لخليط من بذور مجموعة من السلالات البذرية، أو السلالات الخضرية، أو السلالات المرباة داخليًا، أو الهجن بينهم؛ وتركت للتلقيح الخلطى العشوائى لعدد من الأجيال. وتتم المحافظة على مكونات المخلوط من السلالات لأجل إعادة تركيب الصنف على فترات منتظمة كل عدة سنوات.

وقد أنتجت الأصناف التركيبية فى محاصيل المراعى، خاصة: البقولية، والنجيلية، كما أنتجت فى بنجر السكر، ودوار 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.

ولقد كثر اتباع هذه الطريقة فى تحسين محاصيل المراعى بصفة خاصة، وهى محاصيل لا يصلح معها الانتخاب بين أنصاف الأشقاء، والأشقاء، والـ S_1 لعدة أسباب، من بينها: انتشار ظاهرة عدم التوافق الذاتى فى كثير من تلك المحاصيل، وصغر كمية البذور التى تنتج من كل تلقيح منها، وصعوبة إجراء التلقيحات اليدوية فيها.

يعتمد تصميم تلك الطريقة فى التربية على الاستفادة الجزئية من قوة الهجين التى تظهر فى الصنف خلال الأجيال الأولى لإكثاره.

ومن أهم سمات التربية بإنتاج الأصناف التركيبية، ما يلى:

١ – يُكوَّن الصنف من خلط بذور سلالات يمكن إكثارها، من محصول خلطى التلقيح (مثل السلالات الخضرية فى نباتات المراعى، والسلالات المرباة داخليًا فى الذرة وبنجر السكر).

٢ – يتم انتخاب السلالات المكوِّنة للصنف بناء على سلوكها فى اختبارات سابقة للقدرة على التآلف.

٣ – يتشكل الصنف المخلق بالتلقيح الخلطى العشوائى بين الوحدات المكونة له.

٤ – يُحافظ على السلالات المكونة للصنف لأجل إعادة تكوينه على فترات منتظمة.

خطوات إنتاج الصنف التركيبى

تتشابه الأسس العامة لطريقة إنتاج الصنف التركيبى فى كل من النباتات الجنسية التكاثر، والخضرية التكاثر المعمرة، ولكنهما يختلفان فى بعض التفاصيل، ولذا .. فإننا نتناول كل منهما بالشرح منفصلين.

أولاً: النباتات الجنسية التكاثر

يمر إنتاج الصنف التركيبى فى المحاصيل الجنسية التكاثر بالمراحل التالية:

١ – اختيار الآباء:

غالبًا ما تكون 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).

يشترط فى الآباء المنتخبة أن تكون على درجة عالية من التآلف فى جميع التلقيحات الممكنة بين بعضها البعض، وتلك هى المكونات الأساسية للصنف التركيبى، وهى التى يطلق عليها اسم مكونات الأساس للصنف التركيبى أو Syn-0. ويتراوح عدد الآباء التى تدخل فى تكوين الصنف التركيبى – عادة – من ٤–١٠، ويفضل العدد الكبير من

السلالات مادامت على درجة عالية من التآلف، لكنه كثيرًا ما يصعب 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 التركيبى 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 لا تستعمل بذور الجيل التركيبى الخامس، أو الأجيال التركيبية التالية له فى الإنتاج التجارى.

ثانيًا: النباتات الخضرية التكاثر

يعنى بالنباتات الخضرية التكاثر المعمرة تلك التى يمكن إكثارها خضريًّا، على الرغم من إنتاجها للبذور بصور طبيعية، ومع ضرورة أن يكون التلقيح فيها خلطيًّا.

يمر إنتاج الصنف التركيبى فى تلك النباتات (وخاصة فى محاصيل المراعى) بالمراحل التالية:

١ – اختيار السلالات الخضرية من عشيرة المصدر:

تجمع النباتات التى يبدأ بها برنامج التربية – فى حالة محاصيل المراعى – من مصادر متعددة؛ لتأمين الحصول على خلفية وراثية عريضة؛ فهى قد تأتى من مراعٍ متواجدة، أو من أصناف محسنة، أو من مدخلات نباتية، أو من عشائر مجمعة معًا بعد خضوعها لعدة دورات من الانتخاب المتكرر لصفة معينة، أو من مصادر أخرى. ويجب

أن تكون السلالات الخضرية قوية النمو وذا قدرة إنتاجية عالية ليمكن المحافظة عليها بسهولة. وتعرف العشيرة التى تجمع منها النباتات المنتخبة باسم عشيرة المصدر.

٢ – عمل مشتل للسلالات الخضرية clonal line nursery:

تستعمل عدة مئات من النباتات المتميزة التى أنتجت من العشيرة الأصيلة، وتكثر لتصبح سلالات خضرية فى مشتل خاص يعرف بمشتل السلالات الخضرية. تتكون كل سلالة خضرية فى المشتل من ٢٠–٢٥ نباتًا مكثرة خضريًا من النبات الأصلى المنتخب. تقيم السلالات الخضرية لصفات قوة النمو، والقدرة على البقاء، والصفات الأخرى التى يكون مرغوبًا فيها، وقد يُعَرَّض المشتل لظروف بيئية قاسية لأجل الانتخاب لصفة القدرة على تحمل تلك الظروف. وبناء على ذلك التقييم تنتخب أفضل ٢٥–٥٠ سلالة.

٣ – عمل التلقيح المتعدد making the polycross:

يحصل على البذور التى تلزم لإجراء اختبار سلوك النسل بعمل تلقيح متعدد polycross، وهو يتم بين مجموعة من السلالات الخضرية المعزولة والمكررة بطريقة تسمح بأن تلقح كل سلالة بعينة عشوائية من لقاح جميع السلالات الخضرية الأخرى. تزرع فى هذا المشتل السلالات التى سبق انتخابها (٢٥–٥٠ سلالة) فى مكررات؛ فيما يعرف بالـ polycross nursery، وتحصد بذور كل سلالة خضرية على حدة، مع المحافظة على هوية السلالة.

٤ – اختبار نسل التلقيح المتعدد polycross progeny test:

تزرع البذور الناتجة من التلقيح المفتوح فى كل سلالة فى مكررات لتقييم المحصول والصفات الأخرى. ويتم على أساس هذا التقييم اختيار ٥–١٠ سلالات خضرية كمكونات للصنف التركيبى.

٥ – جيل البداية للصنف التركيبى Syn-0 generation:

تكثر السلالات التى تم انتخابها (٥–١٠ سلالات) خضريًا، وتشتل عشوائيًا فى حقل معزول لإنتاج البذور، ويشكل ذلك الـ Syn-0 generation. ويؤدى التلقيح الخلطى العشوائى بين سلالات الـ Syn-0 إلى الحصول على تراكيب وراثية جديدة فى الـ Syn-0 generation.

٦ – يلى ذلك زراعة بذور الـ Syn-0 لإنتاج بذور الـ Syn-1، وهى التى قد توزع

كصنف جديد، أو تعاد زراعتها لإنتاج الـ Syn-2 إن لم تكن كمية بذور الـ Syn-1 كافية. وفى كثير من الأحيان يتطلب الأمر زراعة بذور الـ Syn-2 لإنتاج الـ Syn-3 قبل توزيع بذور الصنف الجديد على المزارعين. هذا مع العلم بأن قوة النمو تتناقص فى كل جيل من الإكثار بعد الـ Syn-1 (شكل ٨-١).

ويمكن استعمال الـ Syn-1 فى بدء برنامج لإنتاج صنف تركيبى جديد يأخذ فى الحسبان مبدأ الانتخاب المتكرر.

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 آنفًا بالنسبة لاختبار القدرة على التآلف فى الهجن الفردية، علمًا بأن اختبار التلقيح القمى topcross يفيد كثيرًا فى خفض عدد السلالات التى يلزم اختبار قدرتها الخاصة على التآلف. كما يتبع اختبار آخر يعرف باختبار التلقيح المتعدد 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 ضروريًا حتى لا تصل 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 هجينًا 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 لا يحدث، لأسباب تتعلق باختلاف السلالات فيما يلى:

١ - كمية حبوب اللقاح التى تنتجها كل منها.

٢ – موعد انتثار حبوب اللقاح.

٣ – درجة عدم التوافق بينها.

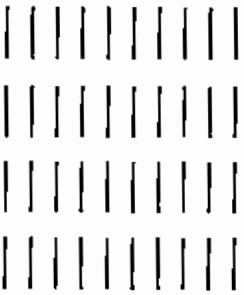
٤ – مستوى التلقيح الذاتى فى كل منها.

٥ – ارتفاع نباتات السلالة، ومدى تعرضها للرقاد.

الخطوة الأولى

تزرع ١٠٠–٣٠٠ سلالة خضرية أو سلالة مربأة داخليًا، وتقيم لمدة سنة أو سنتين وينتخب أفضل ٢٥–٥٠ سلالة منها لإجراء التلقيحات المتعددة فيما بينها.

الخطوة الثانية
(تجرى فى معزل)

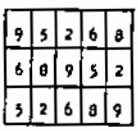


تزرع الـ ٢٥–٥٠ سلالة المنتخبة فى ٤–١٠ مكررات توزع عشوائيًا؛ بهدف الحصول على تلقيحات تامة العشوائية فيما بينها. تحصد بذور كل سلالة (من مختلف المكررات) معا، وتسمى بذور التلقيح المتعدد.

الخطوة الثالثة

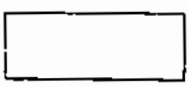
تزرع البذور المتجمعة لكل تلقيح متعدد فى تجربة تقييم لأنسال التلقيحات المتعددة، يقارن معها صنف قياسى أو صنفان، وذلك فى موقع واحد أو أكثر. وفى هذا المخطط افترضنا أن التلقيحات المتعددة المتميزة كانت هى أرقام: ٢، ٥، ٦، ٨، ٩.

الخطوة الرابعة
(تجرى فى معزل)



تُزرع السلالات المتميزة أرقام ٢، ٥، ٦، ٨، ٩ من الخطوة الثانية فى قطعة حقلية بمكررات للتلقيح فيما بينها، وتحصد البذور الناتجة من كل القطعة الحقلية معًا.

الخطوة الخامسة
(تجرى فى معزل)



تُكثر البذور الناتجة لتشكل الـ Syn-1

شكل (٨–١): خطوات برنامج التربية لإنتاج الأصناف التركيبة فى محصول معمر، علمًا بأن كل خطوة قد تستغرق أكثر من عام لإنجازها. وعادة ما يقيم الصنف التركيبى فى مرحلة الـ Syn-2، والـ Syn-3، مقارنة بالأصناف التجارية.

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 ما يتعلق بالقابلية للإصابة بالأمراض والحشرات الهامة.

ويكون اختبار نسل التلقيح المتعدد فى مكررات، وفى أكثر من موقع تجريبى؛ بغرض تقييم المحصول والصفات الكمية الهامة الأخرى. يُضمَّن 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 المكنة ١١ عند توفر ٤ سلالات للاختبار 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 المكنة = $٢^{ن}$ - (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 تكون الجيل التركيبى الأول. ويعيب 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 ١٩٦٤):

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

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 تكوّن مكونات الأساس للصنف أو Syn-0.

n: عدد سلالات الآباء.

تعنى هذه المعادلة أن محصول الصنف التركيبى يقل فى الجيل التركيبى الثانى بمقدار $^1/_n$ 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 التوزان الذى تصل إليه العشيرة فى الجيل التركيبى الثانى. ويختل هذا التوازن إن لم تتحقق شروط معينة للقانون.

هذا .. ولا يكفى التنبؤ بمحصول الصنف المخلق من المعادلة، بل يلزم إجراء التقييم لهذا الجيل عند إنتاج الصنف لأول مرة.

ولا يمكن استخدام المعادلة السابقة فى التنبؤ بمحصول الصنف التركيبى فى الحالات التالية:

١ – عند استخدام السلالات الخضرية فى إنتاج الصنف، كما فى البرسيم الحجازى، الذى لا يتحمل التربية الداخلية.

٢ – عندما لا تكون السلالات المستخدمة – كآباء – على درجة عالية من التربية الداخلية. وتستعمل هذه السلالات – أحيانًا – كبديل للسلالات الأصيلة، التى يكون محصولها منخفضًا؛ وذلك لتجنب ارتفاع سعر التقاوى.

وترجع أهمية هذه المعادلة إلى أن عدد الهجن الفردية التى تدخل فى تكوين 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 ذاتيًا Autotetraploids.

ويبين شكل (٨–٢) 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.

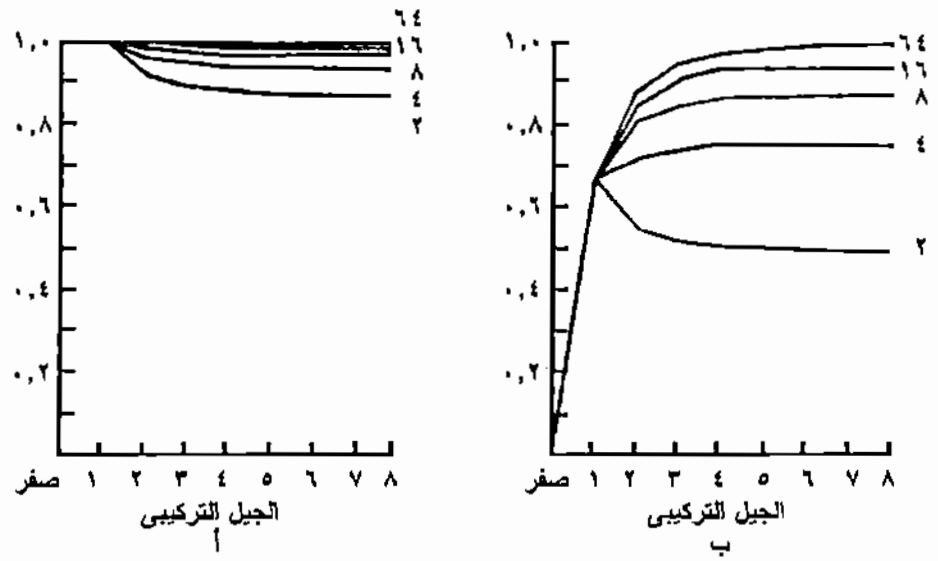
وقد يتراوح عدد الآباء فى الصنف التركيبى من ٢ إلى أكثر من ١٠٠. ويقل النقص فى قوة الهجين (عن الجيل التركيبى الأول Syn-1) مع زيادة عدد الآباء، التى لا تربطها صلة قرابة، والتى تدخل فى تكوين الصنف التركيبى. إلا أن زيادة عدد الآباء – التى لا تربطها قرابة – على ١٦ .. لا يسهم كثيرًا فى خفض النقص فى قوة الهجين (شكل ٨–٢). 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 تجاريًّا – بالعوامل التالية:

١ – عدد سلالات الآباء:

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



شكل (٨–٢): التغير المتوقع فى قوة الهجين خلال ثمانية أجيال من الإكثار المفتوح التلقيح لأصناف تركيبية نشأت من: (أ) آباء متضاعفة ذاتيًّا غير مرباة داخليًّا ولا تربطها صلة قرابة، (ب) آباء متضاعفة ذاتيًّا أصيلة، ولا تربطها 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).

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. يصعب – عادة – إيجاد عدد كبير من

السلالات المتوافقة معًا بدرجة عالية؛ لذا .. فإنه يفضل – غالبًا – 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 الفقد 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.

وينخفض محصول الـ Syn-2 عن محصول الـ Syn-1 لسببين رئيسيين، هما:

١ – إنتاج تراكيب وراثية جديدة.

٢ – حدوث فقد فى حالة الخلط الوائى heterozygosity.

ويحدث كلا الأمرين نتيجة للتزاوج الخلطى العشوائى بين نباتات الـ Syn-1.

ونظرًا لأهمية الفقد الذى يحدث فى حالة الخلط الوراثى .. فإننا نتناوله بالشرح – فيما يلى – بشئ من التفصيل.

يؤدى التزاوج الخلطى العشوائى بين أفراد الـ Syn-1 إلى حدوث فقد ملموس فى درجة الخلط الوراثى فى الـ Syn-2، مقارنة بالوضع فى الـ Syn-1، ويتوقف مقدار ذلك الفقد على كل من عدد السلالات المرباة داخليًا التى استعملت فى إنتاج الـ Syn-1، ونسب السلالات التى تختلف فى آليلاتها عند أى موقع جينى. فمثلاً .. إذا تكون الصنف التركيبى من ست سلالات، فإن تلك السلالات قد تشكل – معًا – أىّ من سبع توافقات للتراكيب الوراثية عند أى موقع جينى (جدول ٨–١). ومن الواضح أن حالتى التوافق الأولى والسابعة فى الجدول يترتب عليها أصالة وراثية فى هذا الموقع الجينى فى الـ Syn-1 والأجيال التالية له. وبالمقارنة، فإن حالتى التوافق الثانية والسادسة سوف ينتج Syn-1 يحتوى على ٣٣,٣ إلى ٦٠٪ خلط وراثى فى هذا الموقع الجينى (جدول ٨–٢). هذا إلاّ أن الـ Syn-2 (الذى ينتج من التلقيح الخلطى العشوائى بين نباتات الـ Syn-1) الذى ينتج من تلك التوافقات السبع سوف يحتوى على ٢٧,٨ إلى ٥٠٪ خلط وراثى؛ بما يعنى نقص فى الخلط الوراثى يقدر بنحو ٥,٥–١٠٪ فى الـ Syn-2، مقارنة بالوضع فى الـ Syn-1.

وبالمقارنة .. فإن مدى هذا النقص يتراوح من ٨-١٢٪، و ٤,١-٨,٢٪، و ٣,١-٧,١٪ فى الأصناف التركيبية التى يدخل فى تكوينها خمس، وسبع، وثمانى سـلالات، علـى التوالى.

وعندما يتركب الصنف التركيبى من سلالات ليسـت علـى درجـة تامـة مـن الأصالـة الوراثية short-term inbreds، فإن نباتات الـ Syn-1 والـ Syn-2 تكون على درجة أعلى من الخلط الوراثى، كما يقل مقدار الفقد فـى الخلـط الوراثـى فـى الـ Syn-2 - بالنسـبة للوضع فى الـ Syn-1 - مقارنة بمـا يحـدث فـى الأصنـاف التركيبيـة التـى تتكـون مـن سلالات تامة الأصالة الوراثية (عن Singh ١٩٩٣).

جدول (٨-١): التوافقات المختلفة الممكنة للتراكيب الوراثية فى موقع جينى واحد فى ست سلالات تدخل فى تكوين صنف تركيبى.

التوافقات	السلالات المرباة داخليا					
	١	٢	٣	٤	٥	٦
I	AA	AA	AA	AA	AA	AA
II	AA	AA	AA	AA	AA	aa
III	AA	AA	AA	AA	aa	aa
IV	AA	AA	AA	aa	aa	aa
V	AA	AA	aa	aa	aa	aa
VI	AA	aa	aa	aa	aa	aa
VII	aa	aa	aa	aa	aa	aa

جدول (٨-٢): النسبة المئوية للخلط الوراثى heterozygosity فى كل من الـ Syn-1، والـ Syn-2 لصنف تركيبى تكون من السلالات الست المبينة فى جدول (٨-١).

الجيل	توافقات السلالات المرباة داخليا المكونة للصنف						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Syn-1	صفر	٣٣,٣	٥٣,٣	٦٠	٥٣,٣	٣٣,٣	صفر
Syn-2	صفر	٢٧,٨	٤٤,٤	٥٠	٤٤,٤	٢٧,٨	صفر
التدهور فى الخلط الوراثى فى الـ Syn-2	صفر	٥,٥	٨,٩	١٠	٨,٩	٥,٥	صفر

ومن المعروف أن يمكن التنبؤ بالقدرة العام 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 السلالات التى تكون على درجة أقل من التربية الداخلية – مادام فى الإمكان اختبار قدرتها على التآلف – علمًا بأن هذه السلالات تكون أعلى محصولاً من السلالات التى أخضعت 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 خضريًا، 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

نادرًا ما يستعمل 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. ولا يمر 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، 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 الأصناف التركيبية، إلا أن الأخيرة يمكن الاستفادة بها كمستودع للجينات المرغوب فيها.

مقارنة بين الأصناف الهجين، وأصناف الهجن المتعددة السلالات، والأصناف التركيبية

يبين جدول (٨-٣) مقارنة بين الأصناف الهجين Hybrid Varieties وأصناف الهجن المتعددة السلالات Composites، والأصناف التركيبية Synthetic Varieties (عن Chaudhari ١٩٧١).

جدول (٨-٣): مقارنة بين الأصناف الهجين، وأصناف الهجن المتعددة السلالات Composites والأصناف التركيبية.

وجه المقارنة	الأصناف الهجين	الهجن المتعددة السلالات	الأصناف التركيبية
عدد سلالات الآباء	٢-٤	٦ أو أكثر	٤-١٠
التلقيح بين السلالات	متحكم فيه	متحكم فيه	عشوائي
الخلفية الوراثية	ضيقة	عريضة	عريضة
قوة الهجين	عالية	عالية	أقل
تكلفة الإنتاج	عالية	أكثر تكلفة	أقل تكلفة منهما
استعمال البذور	تنتج سنويًا	تكثر بالتلقيح المفتوح لعدة سنوات	تكثر بالتلقيح المفتوح لعدة سنوات
جهود المحافظة على الصنف	كبيرة	أكبر	أقل
الانتشار	منتشرة	غير منتشرة	غير منتشرة