الفصل الحادى عشر

طرق التربية بالتهجين والانتخاب

نتناول بالدراسة فى هذا الفصل طرق التربية التى تعتمد على التهجين بين تراكيب وراثية معينة ، ثم الانتخاب فى الأجيال الانعزالية . وقد يجرى التهجين مرة واحدة فى بداية برنامج التربية كما فى طريقتى انتخاب النَسَبْ وانتخاب التجميع ، أو قد يتكرر عدة مرات خلال برنامج التربية كما فى طريقة الانتخاب المتكرر .

انتخاب النَسَبْ

تتبع التربية بطريقة انتخاب النَسَبْ Pedigree Selection فى تحسين كل من النباتات الذاتية التلقيح ، والنباتات الخلطية التلقيح ، التى لاتتدهور بالتربية الداخلية - كالقرعيات - ؛ لأن التلقيح الذاتى ضرورى فى جميع مراحل التربية . ويجرى برنامج التربية بتلقيح صنفين أو سلالتين -أو أكثر- معًا - بغرض جمع صفات مرغوب فيها فى تراكيب وراثية جديدة ، مع تسجيل نَسَبْ النباتات فى جميع الأجيال التالية للتلقيح الأول . ونبين - فيما يلى- الخطوات التفصيلية لمراحل التربية بهذه الطريقة .

اختيار الآباء

يعنى بالآباء : الأصناف أو السلالات التى تهجن -معًا- لبدء برنامج التربية . ويتعين

لاختيارها تحديد الهدف من برنامج التربية ، والصفات التى يرغب المربى فى تجميعها - معًا - فى الصنف الجديد . ويكون أحد الآباء - عادة - هو الصنف الشائع فى الزراعة التجارية ، ويكون الأب الثانى مكملاً له فى الصفة - أو الصفات - التى يُرغب فى تحسينها فى الصنف التجارى . وقد يتطلب الأمر إدخال أب ثالث ، أو رابع فى التلقيحات ، لإضافة الصفات المرغوب فيها ، وهذا هو الأمر الغالب بالنسبة لمعظم الأصناف المنتجة حديثاً . ولايدل مظهر الآباء - عادة - على قدرتها على التآلف وتكوينها لانعزالات جيدة مرغوب فيها عند تهجينها معًا ؛ لذا .. فإن تحديد الهجن التى تعطى انعزالات جيدة يعد أولى مهام المربى فى برنامج التربية .

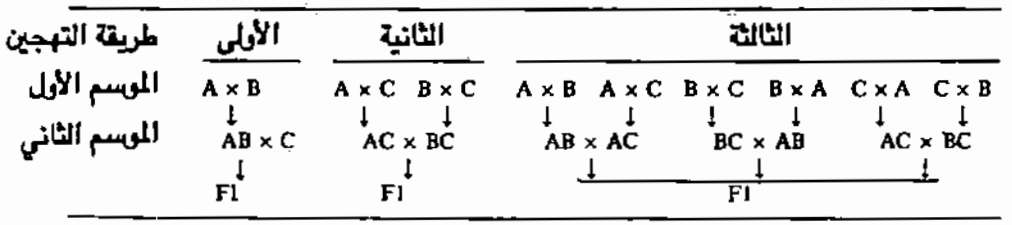
تهجين الآباء وزراعة الجيل الأول

قد يبدأ برنامج التربية بتهجين فردى (فى حالة استعمال سلالتين فقط كآباء) ، أو هجين ثلاثى (فى حالة استعمال ثلاث سلالات) ، أو هجين زوجى (فى حالة استعمال أربع سلالات) ، أو هجين متعدد السلالات Composite ناتج من تلقيح متعدد multiple cross (عندما يزيد عدد السلالات المستعملة على ست ؛ يراجع الموضوع فى الفصل العاشر) . وقد يرغب المربى فى إجراء التحسين المطلوب على مرحلتين ، بدلاً من محاولة تجميع عدد كبير من الصفات المرغوب فيها مرة واحدة ؛ حيث يكتفى -فى هذه الحالة- بتهجين عدد أقل من الآباء ، ثم تُهجن السلالات المحسنة الناتجة من برنامج التربية مع سلالات أخرى تحتوى على بقية الصفات المرغوب فيها .

وفى محاولة للتوصل إلى أفضل طريقة لتهجين ثلاث سلالات (هى : A ، و B ، و C) تحتوى كل منها على جين واحد سائد مرغوب فيه يراد تجميعها فى صنف جديد .. قارن Bos (١٩٨٧) - فى مثال نظرى - بين كفاءة ثلاث طرق للتهجين - وهى المبينة فى شكل (١١-١) - لأجل التوصل إلى التركيب الوراثى الأصيل السائد فى الجينات الثلاثة المرغوب فيها فى حالات : الانتخاب ، أو عدم الانتخاب فى الجيل الثانى ، والتلقيح الذاتى فى الجيل الثانى وفى الأجيال التالية ، أو التزاوج العشوائى فى الجيل الثانى ثم التلقيح الذاتى فى الأجيال التالية

وقد توصل Bos إلى أن طرق التهجين الثلاث تتطلب جهداً واحداً لإنتاج كمية البذور

اللازمة فى الجيل الأول (يراجع شكل ١١-١) ، وأنها تعطى نسبة واحدة هى $\frac{١}{٣٢}$(أو ٠,٠٣١٣) من النباتات ذات التركيب الوراثى الأصيل السائد المرغوب فيه فى غياب الانتخاب والتزاوج العشوائى بين نباتات الجيل الثانى . أما فى حالة غياب الانتخاب مع وجود التزاوج العشوائى .. فإن طريقة التهجين الثالثة تعطى نباتات من التركيب الوراثى المرغوب فيه بنسبة تزيد بمقدار ٨,٣٪ على الطريقتين الأولى ، والثانية للتهجين . وفى وجود الانتخاب مع غياب التزاوج العشوائى بين نباتات الجيل الثانى .. فإن طريقتى التهجين الثانية ، والثالثة تزيدان على طريقة التهجين الأولى بمقدار ٢٠٪ فى إعطاء التركيب الوراثى المرغوب فيه فى الأجيال التالية للجيل الثانى . وأخيراً .. فإنه فى وجود كل من الانتخاب والتزاوج العشوائى .. تزيد طريقة التهجين الثانية على الأولى بمقدار ٢١٪ ؛ وتفوق طريقةُ التهجين الثالثة الأولى بمقدار ٢١٪ ؛ أى تفضل طريقتا التهجين الثانية والثالثة فى حالة الانتخاب أو التزاوج العشوائى فى الجيل الثانى ، أو فى حالة وجودهما معًا .



شكل (١١-١) : الطرق الممكنة لإنتاج الجيل الأول الناتج من تهجين ثلاث سلالات معاً لبدء برنامج تربية بالتهجين والانتخاب .

ولايلزم تسجيل أرقام النباتات المستعملة فى كل تلقيح إذا كانت هذه النباتات من سلالة نقية واحدة ، ولكن نظراً لأن عشائر النباتات الذاتية التلقيح تتكون - عادة - من خليط من السلالات النقية المختلفة وراثيًا ؛ لذا .. يلزم إجراء عدد كبير من التلقيحات ، مع تسجيل رقم كل نبات فى هذه التلقيحات الأولية ؛ ليمكن الاحتفاظ بنَسْب كل تلقيح منفصلاً عن الآخرين .

هذا .. ويلزم إنتاج كمية من بذور الجيل الأول ، تكفى للحصول على العدد اللازم من نباتات الجيل الثانى ، ولعمل مخزون من بذور الجيل الأول يكفى لإعادة الزراعة فى حالة فشل الزراعة الأولى .

تزرع بذور الجيل الأول ؛ للحصول على بذور الجيل الثانى . ويجب مقارنة نباتات الجيل الأول بالآباء ؛ للتأكد من كونها هجناً فعلاً .

الجيل الثانى

يزرع عدد من نباتات الجيل الثانى يقدر بنحو ١٠ - ١٠٠ مثل عدد العائلات ، التى ينتظر انتخابها فى الجيل الثالث ، ويتوقف ذلك على مدى سهولة إجراء عملية التقييم فى الجيل الثانى ؛ حيث يزيد العدد كلما كان التقييم أسهل . كما تزيد النسبة كلما ازدادت الاختلافات بين الآباء المهجنة معًا ... مع العلم أنه تنتخب - عادة - ٥٠ سلالة على الأقل فى الجيل الثالث . وتجدر الإشارة إلى أن الجيل الثانى هو الجيل الذى يحدث فيه القدر الأكبر من الاختلافات الوراثية ، وأن كل ما يظهر من اختلافات -بعد ذلك- ما هو إلا تكرار لما يظهر فى الجيل الثانى .

تزرع نباتات الجيل الثانى على مسافات واسعة نسبيًا ؛ ليمكن ملاحظة كل نبات وتقييمه منفرداً . كما يزرع خط من صنف اختبارى check variety كل ١٠ خطوط للمقارنة . ويعد الصنف التجارى الشائع فى الزراعة هو أفضل الأصناف الاختبارية .

وإذا كان اختيار الآباء الداخلة فى التهجين الأول يحدد الحد الأقصى للتحسين الممكن فى الصنف الجديد .. فإن انتخاب النباتات التى تحمل الصفات المرغوب فيها - خاصة فى الأجيال الانعزالية الأولى - يكون ذا تأثير أكيد على إمكان الوصول إلى هذا الهدف من عدمه ؛ لذا .. فإن المربى يجب أن يكون على دراية تامة بالصفات الطبيعية والفسيولوجية للمحصول الذى يقوم بتحسينه ، ويعرف مدى تأثرها بالعوامل البيئية ؛ بحيث يمكنه تمييز الاختلافات الوراثية المرغوب فيها التى يؤمِّل فيها خيراً ، بمجرد الفحص المظهرى .

ويفيد الانتخاب فى الجيل الثانى فى التنبؤ بمحصول الأجيال التالية فى بعض المحاصيل ؛ كالقمح ، والشعير ، وغيرها من الحبوب الصغيرة ، بينما لم يمكن التوصل

إلى علاقة كهذه فى محاصيل أخرى ؛ كفول الصويا . ويستنتج من ذلك أن الانتخاب فى الأجيال الانعزالية الأولى ليس قاعدة للتميز بين الهجن الممتازة فى كل المحاصيل .

وكقاعدة عامة .. فإنه لايمكن الاعتماد على مظهر النباتات فى الجيل الثانى للتنبؤ بالمحصول فى الأجيال التالية ؛ خاصة أنها تكون مزروعة على مسافات واسعة . ويجرى الانتخاب فى هذا الجيل للصفات ذات درجات التوريث المرتفعة ؛ مثل الصفات النوعية والمقاومة للأمراض . ويمكن – بعد ذلك فى الجليلين الثالث والرابع – الانتخاب بفاعلية للصفات ذات درجات التوريث المتوسطة . أما الانتخاب للمحصول .. فلايجرى بفاعلية إلا بعد الجيل الرابع .

ولاتسمح الظروف البيئية –فى أغلب الأحيان– بظهور الصفات المرغوب فيها ، وتمييزها عن الصفات غير المرغوب فيها ؛ مثل صفات المقاومة للأمراض ، والحشرات ، والصقيع ، والرقاد .. إلخ ؛ حيث يلزم فى هذه الحالات تعريض النباتات للظروف التى تسمح بظهور الصفات المرغوب فيها ؛ كأن تعرض للعدوى الصناعية بالآفات بدلا من الاعتماد على الإصابة الطبيعية التى ربما لاتحدث فى الوقت المناسب ، أو بالشدة الكافية ، أو بالسلالة المطلوبة. وقد يجرى الانتخاب فى ظروف يمكن التحكم فيها داخل البيوت المحمية (الصوبات) ، ويعيب ذلك قلة عدد النباتات التى يمكن اختبارها ، إلا إذا أجرى الاختبار على النباتات وهى فى طور البادرة ؛ وبذا .. يمكن تقييم عدد كبير منها فى وقت قصير نسبيًا .

تُزال نباتات الجيل الثانى التى تبدو غير مرغوبة – مظهريًا – بمجرد ملاحظتها ، وتنتخب من النباتات المتبقية ما يتميز منها بقوة النمو وبالصفات المرغوبة . ورغم أن حالة الخلط (عدم التماثل) الوراثى heterozygosity تؤثر فى الانتخاب فى هذه المرحلة .. إلا أن اختبارات النسل فى الجيل الثالث تؤدى إلى التخلص من حالات قوة النمو التى يكون مردها إلى الخلط الوراثى . هذا .. وتكون بداية الانتخاب فى الحقل ثم يُستبعَد مزيد من النباتات بعد الاختبارات المعملية

يجب أن يكون الانتخاب فى هذه المرحلة حاسمًا ، ويعتمد على الاختبارات ، والخبرة الشخصية للمربى ، وقدرته على الملاحظة الدقيقة . ويجب على المربى المبتدئ أن يتغلب

على الشعور بأن النباتات المرغوب فيها قد تظهر فى نسل النباتات التى يجرى استبعادها فى الجيل الثانى ؛ لأن عدم التخلص من هذا الشعور يعنى زيادة حجم العمل المطلوب بشدة فى الأجيال التالية إلى درجة تستنفذ معها كل وقت المربى وجهده .

يُحتفظ فى هذا الجيل - وكذلك فى الأجيال التالية - بسجلات كاملة للنسب ، تدون فيها أرقام النباتات المنتخبة فى الجيل الثانى (وأرقام العائلات والسلالات المنتخبة فى الأجيال التالية) ، بحيث يمكن تتبع نَسَبْ أى نبات فى أى جيل . ويجب أن تتضمن السجلات بيانات عن كل الصفات الهامة ؛ مثل قوة النمو ، وموعد النضج ، والمقاومة للآفات ... إلخ ، مع تسجيل لكمية المحصول فى الأجيال المتأخرة .

الأجيال الثالث والرابع والخامس

تزرع بذور الجيل الثالث (وكذلك بذور الجيل الرابع بعد ذلك) على مسافات أوسع مما فى الزراعة التجارية ، ولكن أضيق مما فى الجيل الثانى . ويزرع - عادة - من ١٠-٣٠ نباتاً - أو أكثر - من نسل كل نبات منتخب فى الجيل الثانى ، ويكون كل نسل فى خط واحد . وتعد هذه الخطوط عائلات الجيل الثالث F3 families . ويراعى أن يكون عدد النبات فى كل عائلة بالقدر الذى يسمح بتحديد درجة الخلط الوراثى فيها . كما يزرع خط من أحد الأصناف الاختبارية فى مقابل كل ١٠ خطوط للمقارنة .

وتتحدد - فى الجيل الثالث - قيمة التلقيح ؛ فإن لم تظهر فيه نباتات تحمل جميع الصفات المرغوب فيها .. فإنه يكون من المفضل إعادة البرنامج من جديد .

يتم الانتخاب فى الجيل الثالث على أساس أفضل النباتات فى أفضل العائلات ؛ فتُحدد - أولاً - أفضل العائلات ، ثم تنتخب منها أحسن النباتات . كما يجب أن تؤخذ فى الحسبان كذلك النباتات الممتازة ، التى قد توجد فى عائلات ضعيفة . ويستبعد جزء آخر من النباتات بعد الفحص المختبرى ؛ بحيث لايزيد عدد النباتات المنتخبة على عدد عائلات الجيل الثالث .

تعامل نباتات الجيل الرابع معاملة نباتات الجيل الثالث . وإذا ظهر أن بعض عائلات الجيل الرابع قد نشأت من نبات واحد مشترك فى الجيل الثانى ، وكان سلوك العائلات

متشابهاً فى الجيلين الثالث والرابع .. فإنه يمكن فى هذه الحالة استبعاد بعض هذه العائلات مادامت متماثلة .

وتعامل نباتات الجيل الخامس معاملة نباتات الجيل الرابع ، إلا أنها تزرع على مسافات مشابهة لتلك المتبعة فى الزراعة التجارية ، وتكون المساحة المخصصة لكل عائلة أكبر حتى يمكن الانتخاب لصفة كمية المحصول . وجدير بالذكر .. أن الانتخاب حتى هذه المرحلة يجرى على أساس النباتات الفردية ؛ أى على أساس اختيار أفضل النباتات من أحسن العائلات ، وزراعة بذورها منفصلة .

زراعة الجيل السادس إلى الجيل الثانى عشر

يبدأ من الجيل السادس الانتخاب على أساس السلالات ؛ لأنها تكون قد وصلت إلى درجة عالية من التجانس الوراثى ، وذلك بعد أن أجرى الانتخاب على أساس النباتات الفردية مع التلقيح الذاتى للنباتات المنتخبة من الجيل الثانى إلى الجيل السادس . ويتم تحديد أفضل العائلات ، ثم تحصد بذور جميع نباتات كل عائلة معًا ، وهى التى يطلق عليها - من الآن فصاعداً - اسم سلالة line (يعتبر البعضُ العائلة مجموعة من السلالات ، تمثل أسال نباتات ، انتخبت من نسل نبات واحد فى الجيل السابق) .

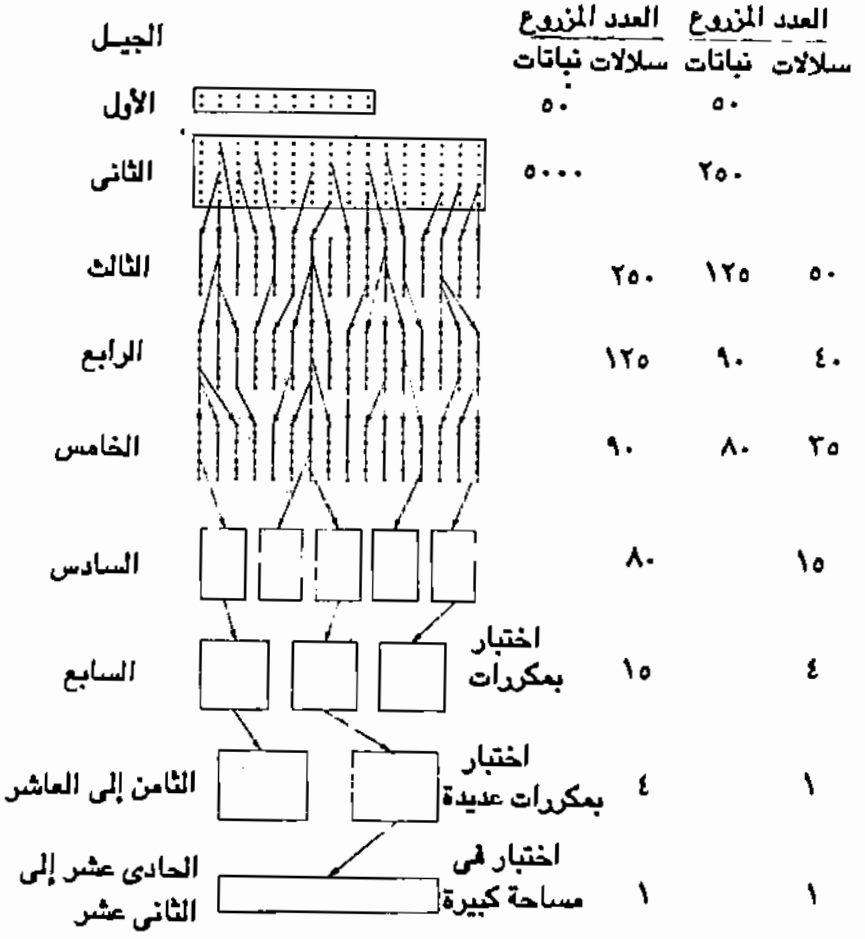
وتكون زراعة سلالات الجيل السادس (أنسال النباتات الفردية المنتخبة من الجيل الخامس) فى مساحات كبيرة نسبيًا ؛ بدرجة تسمح بدراستها دراسة وافية ، ويفضل أن تكون زراعتها فى مكررات إذا وجدت كميات كافية من البذور لذلك . ويبدأ -فى هذا- الجيل تسجيل بيانات وافية عن كمية المحصول ، وتؤخذ بيانات وافية عن الصفات الاقتصادية الهامة فى كل من الحقل والمختبر ، يتم على أساسها تخفيض عدد العائلات المنتخبة إلى ١٥ عائلة كحد أقصى ، وهى التى تحصد بذورها معًا ؛ لتعطى سلالات الجيل السابع .

وتزرع سلالات الجيل السابع فى مكررات ، مع مقارنتها بالأصناف التجارية الهامة . وتؤخذ بيانات عن المحصول وجميع الصفات الاقتصادية الهامة ، وتحلل النتائج إحصائيًا . وبناء على النتائج المحققة .. تخفض عدد السلالات المنتخبة إلى ٤-٥ سلالات فقط .

وتعامل الأجيال من الثامن إلى العاشر معاملة الجيل السابع ، مع امتداد الاختبارات

إلى مناطق الإنتاج المختلفة . وبناء على النتائج المُحققة .. تخفض عدد السلالات المنتخبة إلى سلالة واحدة أو سلالتين فقط .

يزرع الجيلان الحادى عشر والثانى عشر فى تجارب موسعة على مساحة\فدان أو أكثر (الفدان = ٤٢٠٠م٢ = ٠,٤٢ هكتار) بالطرق المتبعة فى الزراعة التجارية ، مع مقارنتها بالأصناف الهامة . وبناء على النتائج المُحققة .. يتم الاختيار النهائى لسلالة واحدة ، تعطى اسمًا ؛ لتصبح بذلك صنفاً جديداً (شكل ١١-٢) .



شكل (١١-٢) : تخطيط لخطوات برنامج التربية بطريقة انتخاب النسب .

التقييم النهائى

يجرى التقييم النهائى للصنف الجديد فى عدة مناطق ، وعلى مدى عدة سنوات ، إلى أن يتأكد المربى من تفوقه على الأصناف المستعملة فى الزراعة التجارية . ويكتفى المربى - عادة - بتقييم الصنف الجديد فى خمس مناطق رئيسية من مناطق إنتاج المحصول ، وعلى مدى خمس سنوات .

مزايا طريقة التربية بانتخاب النُّسَب وعيوبها

تتميز التربية بطريقة انتخاب النُّسَب بما يلى :

١- يمكن عن طريقها إجراء مقارنة دقيقة بين السلالات من واقع سجلات النسب ، ويمكن الاستفادة من ذلك فى توسيع رقعة الاختلافات الوراثية بين السلالات خلال مراحل الانتخاب .

٢- يكون التقييم والانتخاب على أساس سلوك النباتات والعائلات والسلالات فى الأجيال السابقة ، وهى التى يمثل كل منها موسمًا زراعيًا مختلفاً ؛ مما يسمح بظهور الاختلافات الوراثية للصفات الهامة .

٣- تسمح هذه الطريقة بالتخلص من معظم التراكيب الوراثية غير المرغوب فيها فى الأجيال الأولى لبرنامج التربية و قبل الوصول إلى مراحل التقييم الموسعة للسلالات التى يتم انتخابها .

٤- تسمح هذه الطريقة -كذلك- بدراسة وراثة بعض الصفات الهامة من واقع البيانات المتجمعة فى سجلات النسب .

أما عيوب هذه الطريقة .. فهى كثرة الوقت والجهد الذى تتطلبه من المربى للاحتفاظ بسجلات النسب ، وزيادة مساحة الأرض التى تلزم لإجراء برنامج التربية . كما أن هذه الطريقة لاتسمح بزراعة بعض أجيال التربية فى غير المواسم الزراعية المعتادة التى تظهر فيها صفات المحصول ، وهو مايعنى زيادة برنامج التربية عدة سنوات بالنسبة لطرق التربية الأخرى .

طرق التربية المحورة من طريقة انتخاب النسب

أدخل بعض المربين تحورات -بعضها جذرى- على التربية بطريقة انتخاب النسب . وتهدف هذه التحورات إما إلى إبطاء الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية ، مع زيادة الفرصة لظهور الانعزالات المرغوب فيها ، وإما إلى تسهيل عملية الوصول إلى الأصالة الوراثية قبل بدء عملية الانتخاب . ونذكر -فيما يلى- أهم هذه التحورات .

انتخاب النسب المتكرر

يجرى انتخاب النسب المتكرر Recurrent-Pedigree Selection فى الحالات التى يسهل فيها إجراء التلقيحات ، وعندما يعطى كل تلقيح عدداً كبيراً من البذور . لاتختلف هذه الطريقة عن انتخاب النسب العادى ، إلا فى الأجيال المبكرة لعملية الانتخاب حيث تلقح النباتات المنتخبة مع بعضها بصورة منظمة ، أو بشكل عشوائى ، ثم يستمر برنامج التربية بطريقة انتخاب النسب بشكل عادى بعد ذلك . وتؤدى عملية تلقيح النباتات المنتخبة - معًا - إلى إبطاء الوصول إلى حالة الأصالة الوراثية ، مع زيادة فرصة ظهور انعزالات فائقة .

انتخاب النسب الرجعى

يجرى انتخاب النسب الرجعى Backcross-Pedigree Selection عندما يفوق أحد الأصناف التى يبدأ بها برنامج التربية بدرجة ملحوظة الأصناف الأخرى ؛ حيث يفضل - حينئذ - تلقيح الجيل الأول والجيل الثانى -وربما الجيل الثالث أيضًا- رجعيًا إلى الأب الفائق ؛ بغرض استرجاع أكبر قدر من صفاته ، ويستمر برنامج التربية - بعد ذلك - بطريقة انتخاب النسب بشكل عادى ؛ لإعطاء الفرصة لظهور انعزالات فائقة الحدود .

التحدر من بذرة واحدة

كان Goulden هو أول من اقترح هذه الطريقة لتحسين القمح فى عام ١٩٤١ ؛ كبديل لطريقة انتخاب النسب العادية ، ولكنه لم يسمها بهذا الاسم . ولم يظهر الإسم الذى عرفت به هذه الطريقة - وهو التحدر من بذرة واحدة إلا فى سنة ١٩٦٢ ؛ بواسطة Johnson & Bernard . وكان Brim هو أول من استعملها فى برنامج للتربية (لتحسين فول الصويا)

فى عام ١٩٦٦ ، ولكنه أشار إليها كطريقة انتخاب نسب محورة modified pedigree method (عن Fehr ١٩٨٧) .

تتلخص الطريقة الكلاسيكية للتحدر من بذرة واحدة Single Seed Descent كما اقترحها Brim فى عام ١٩٦٦ (عن Gritton ١٩٨٦) لتحسين فول الصويا فى زراعة عدد من نباتات الجيل الأول يكفى لإنتاج ٥٠٠ بذرة أو أكثر من الجيل الثانى ؛ تحصد بذرة واحدة من كل نبات من الجيل الثانى ، وتخلط معًا وتزرع لإنتاج الجيل الثالث . وتكرر هذه العملية حتى الجيل السادس . حينئذ تستبعد النباتات التى تبدو غير مرغوبة من شكلها الظاهرى، وتنتخب النباتات التى تبدو فائقة مظهريًا لمزيد من التقييم بعد ذلك . هذا .. علما بأن السلالات الرديئة جداً .. يمكن أن يجرى استبعادها أولا بأول ، قبل الوصول إلى الجيل السادس .

وتعد هذه الطريقة من أسهل الطرق للوصول إلى الأصالة الوراثية بأقل جهد . كما يمكن اختصار الوقت بزراعة جيلين أو أكثر فى كل عام ، يكون أحدهما فقط تحت ظروف الحقل ، وتكون الأجيال الأخرى فى البيوت المحمية ، دونما اعتبار لتأثير الظروف البيئية على الشكل الظاهرى . ويمكن اختصار الوقت اللازم للوصول إلى الأصالة الوراثية بحصاد البنور أو الثمار ، بعد تكون الأجنة مباشرة ، ثم فصل الأجنة منها وزراعتها فى بيئات خاصة . ويعقب الوصول إلى الأصالة الوراثية الاستمرار فى التربية بأى نظام للانتخاب . وتناسب هذه الطريقة كلا من النباتات الذاتية التلقيح والخلطية التلقيح (التى لاتتدهور بالتربية الداخلية) ، مع إخضاعها - بطبيعة الحال - للتلقيح الذاتى الصناعى .

توجد ثلاث طرق رئيسية لتطبيق مبدأ التحدر من بذرة واحدة للوصول إلى الأصالة الوراثية ، وهى كما يلى :

١- طريقة البذرة الواحدة Single-Seed Procedure :

تلك هى الطريقة الكلاسيكية التى سبق وصفها . ويجب أن يراعى - عند اتباعها - أن عدد النباتات المزروعة يقل - تدريجيًا - جيلاً بعد جيل ، إما بسبب عجز بعض النباتات عن عقد البنور ، وإما لعدم قدرة بعض البنور على الإنبات ؛ لذا .. فإن هذا الأمر يجب أن يؤخذ فى الحسبان منذ البداية ، بحيث يتوفر للمربى فى نهاية الأمر العدد المطلوب من

السلالات الأصيلة التى يرغب فى تقييمها .

ولحساب عدد البذور التى ينبغى زراعتها فى كل جيل يلزم أن نبدأ بالجيل الأخير ، ثم نعود إلى الخلف حتى الجيل الثانى ، كما يتطلب الأمر افتراض نسبة معينة لبذور النباتات التى تنبت وتعطى نباتاتها بذرة واحدة على الأقل فى كل جيل ؛ فلو فرض أن كانت هذه النسبة ٨٠٪ ، وكان المطلوب هو توفر ٢٠٠ سلالة فى الجيل الخامس .. فإن ذلك يعنى ضرورة زراعة ٢٥٠ بذرة (٢٠٠ ÷ ٠,٨ = ٢٥٠) فى الجيل الخامس ، و ٣١٣ بذرة (٢٥٠ ÷ ٠,٨ = ٣١٢,٥) فى الجيل الرابع ، و ٣٩٢ بذرة (٣١٣ ÷ ٠,٨ = ٣٩١,٣) فى الجيل الثالث ، و ٤٩٠ بذرة (٣٩٢ ÷ ٠,٨ = ٤٩٠) فى الجيل الثانى .

ويلزم حصاد عينة أخرى إضافية (بذرة إضافية) من كل نبات فى كل جيل ، تخلط – معًا – للاحتياط فى حالة فشل الزراعة . ويمكن –فى حالة فول الصويا مثلا– حصاد قرن واحد به ٢–٣ بذرات من كل نبات ؛ حيث تستعمل من كل قرن بذرة واحدة ، ويحتفظ ببقية البذور كاحتياطى .

وتجدر الإشارة إلى أن طريقة البذرة الواحدة تعنى أن كل نبات فى الجيل الأخير ينتسب إلى نبات مختلف من نباتات الجيل الثانى ، إلا أنها لاتسمح بتمثيل كل نبات من الجيل الثانى فى الجيل الأخير ؛ لأن عدم إنبات أية بذرة فى أى جيل يعنى استبعاد نبات الجيل الثانى الذى انحدرت منه هذه البذرة تلقائيًا . وتسمح هذه الطريقة بمزاولة الانتخاب فى أى جيل ، لاستبعاد النباتات التى تحمل صفات غير مرغوب فيها .

٢– طريقة الجورة الواحدة Single-Hill Procedure :

تزيد طريقة الجورة الواحدة – كثيراً – من فرصة تمثيل كل نبات من الجيل الثانى فى كل جيل من أجيال التربية الداخلية . وقد اقترح هذه الطريقة Jones & Singleton فى عام ١٩٣٤ ، وفيها يزرع نسل كل نبات –فى أى جيل– كسلالة مستقلة . ويجرى ذلك بزراعة ٣–٤ بذور من كل نبات فى جورة واحدة ، وتحصد منها البذور الناتجة من التلقيح الذاتى ، لتزرع ٣–٤ بذور منها فى جورة أخرى فى الجيل التالى ... وهكذا . وتحصد بذور النباتات الفردية مستقلة ، حينما تصل العشيرة إلى الدرجة المرغوبة من الأصالة الوراثية .

ويمكن بهذه الطريقة تتبع نسب أى نبات من أى جيل حتى الجيل الثانى ، ولكن يلزم فى هذه الحالة الاحتفاظ بسجلات للنُسبَ ، وهو مالا يعمل به فى طريقة البذرة الواحدة .

٣- طريقة البذور المتعددة Multiple-Seed Procedure

يتطلب اتباع طريقة البذرة الواحدة زراعة عدد كبير من البذور فى الجيل الثانى عما فى الأجيال التالية ، مع جمع عينة إضافية من البذور فى كل جيل ، تستعمل كاحتياطى فى حالة فشل الزراعة . ولتجنب ذلك .. تتبع طريقة البذور المتعددة ، وفيها تحصد ٣-٤ بذور من كل نبات ، وتخلط معًا ، ثم يزرع جزء من البذور ، ويحتفظ بالباقى كاحتياطى . ويتوقف عدد البذور التى تزرع وتحصد فى كل جيل على عدد السلالات التى يرغب فى الحصول عليها من العشيرة لتقييمها ، وعلى نسبة الإنبات المتوقعة للبذور .

وعلى خلاف طريقة البذرة الواحدة .. فإن عدد البذور التى تزرع فى طريقة البذور المتعددة يمكن أن يبقى ثابتًا فى كل جيل . فلو فرض أن رغب المربى فى الحصول على ٢٠٠ سلالة فى الجيل الخامس ، وكانت نسبة الإنبات المتوقعة ٨٠/ .. فما عليه سوى زراعة ٢٥٠ بذرة (٢٠٠ ÷ ٠,٨ = ٢٥٠) فى الجيل الثانى ؛ لكى يحصل منها على ٢٠٠ نبات ، ثم يحصد ثلاث بذور من كل نبات منها ؛ ليتجمع لدية ٦٠٠ بذرة جيل ثالث . وتزرع ٢٥٠ من بذور الجيل الثالث ؛ لكى يحصل منها على ٢٠٠ نبات ، ثم تحصد ثلاث بذور من كل نبات منها ؛ ليتجمع لدية ٦٠٠ بذرة جيل رابع .. وهكذا إلى أن يصل إلى المستوى المطلوب من التربية الداخلية . وقد أطلق على هذه الطريقة أسماء مختلفة ، منها طريقة التحدر المحورة من بذرة واحدة Modified Single-Seed Descent ، وطريقة القرون المجمعة pod-bulk method ، نسبة إلى تجميع بذور قرن واحد من كل نبات ، كما يتبع فى فول الصويا .

وتتميز جميع الطرق - التى شرحت آنفاً لتطبيق مبدأ التحدر من بذرة واحدة - بما يلـــى :

١- سهولة إدامة العشائر والمحافظة عليها ، خلال مراحل التربية الداخلية .

٢- لايؤثر الانتخاب الطبيعى فى العشائر إلا إذا اختلفت التراكيب الوراثية فى قدرتها على إنتاج بذرة واحدة على الأقل .

٣- تناسب جميع الطرق الزراعة فى البيوت المحمية فى غير المواسم العادية ؛ وبذلك.. يمكن تقصير الفترة التى تلزم للوصول إلى الأصالة الوراثية .

يعاب على هذه الطرق مايلى :

١- يعتمد الانتخاب الصناعى على مظهر النباتات الفردية ، وليس على اختبارات النسل .

٢- لاتسمح هذه الطرق بأن يأخذ الانتخاب الطبيعى مجراه فى التأثير الإيجابى فى العشائر .

وتتميز طريقة البذرة الواحدة بما يلى :

١- تتطلب هذه الطريقة وقتاً أقل ومساحة أقل بكثير من طريقة الجورة الواحدة .

٢- ينتسب كل نبات فى الجيل النهائى إلى نبات مختلف من الجيل الثانى ؛ وبذلك .. تزيد الاختلافات الوراثية فى العشيرة .

ولكن يعاب على طريقة البذرة الواحدة ما يلى :

١- ربما لايمثل نبات من نباتات الجيل الثانى بنبات فى الجيل النهائى ؛ بسبب فشل بعض النباتات فى إنتاج بذرة واحدة على الأقل فى كل جيل من أجيال التربية الداخلية .

٢- يجب تعديل عدد البذور التى ينبغى زراعتها فى كل جيل تبعا لنسبة الإنبات .

٣- تتطلب هذه الطريقة وقتًا أطول عند الحصاد عن طريقة البذور المتعددة لتحضير عينتين من البذور واحدة للزراعة ، والأخرى تترك كاحتياطى .

وتتميز طريقة الجورة بأن كل نبات فى العشيرة ينتسب إلى نبات مختلف فى الجيل الثانى ؛ مما يزيد الاختلافات الوراثية فى العشيرة . ولكن يعيب هذه الطريقة أنها تتطلب وقتاً أطول عند الزراعة والحصاد ، ومساحة أكبر للزراعة عن الطريقتين الأخريين (Fehr ١٩٨٧) .

انتخاب التجميع

تتبع التربية بطريقة انتخاب التجميع Bulk Population Breeding فى تحسين النباتات الذاتية التلقيح فقط ؛ لأنها تعتمد على خاصية التلقيح الذاتى الطبيعى خلال فترة

زراعة العشائر الانعزالية متجمعة in bulk ، إلى أن تصل النباتات إلى حالة الأصالة الوراثية قبل بدء عملية الانتخاب ، وتناسب هذه الطريقة المحاصيل البذرية ، خاصة الحبوب والبقول .

خطوات برنامج التربية

١- اختيار الآباء وإنتاج الجيل الأول :

تختار الآباء بعناية كما سبق بيانه بالنسبة للتربية بطريقة انتخاب النسب . وقد يبدأ برنامج التربية بهجين متعدد السلالات Composite (يراجع الموضوع فى الفصل العاشر) يدخل فى تكوينه ١٦ صنفاً ، أو سلالة ، وربما أكثر من ذلك . والمهم أن تحتوى الآباء على كافة الصفات التى يرغب فى تجميعها فى الصنف الجديد .

ويطلق اسم الجيل الأول على نسل أول تلقيح شامل لكل السلالات التى يُراد استعمالها كآباء ، سواء كان الهجين فرديًا ، أم ثلاثيًا ، أم زوجيًا ، أم متعدد السلالات . وقد يتم تهجين كل سلالتين معًا توفيراً للوقت ، ثم تخلط كميات متساوية من بذور كل تهجين ؛ لتشكل معًا الجيل الأول ، ولكن هذا الخلط لايوصى به فى حالة تقييم واختبار الأجيال المبكرة . ويعنى إجراء التهجينات بين الآباء بهذه الطريقة أن أى نبات - أو سلالة - تنتخب من برنامج التربية لن تحتوى إلا على جينات من سلالتين فقط ، هما سلالتا الآباء .

٢- اختبار الأجيال المبكرة Early Generation Testing :

يجرى اختبار مبكر لعشائر الجيل الثانى المتحصل عليها من تلقيحات مختلفة إن توفرت كميات كافية من بذورها لذلك . وتزرع العشائر فى تجربة بمكررات ، ويفضل أن تنفذ الدراسة فى عدة مواقع ؛ ويستدل من بيانات المحصول على التلقيحات التى تحتوى على عدد كبير من الانعزالات الجيدة المرغوب فيها ، وتلك هى التى يستمر معها برنامج التربية بعد ذلك ، بينما تستبعد العشائر الأخرى .

وفى حالة عدم توفر كميات كافية من بذور عشائر الجيل الثانى .. يتم إنتاج عشائر الجيل الثالث ، ثم يجرى عليها الاختبار كما سبق بيانه . ويفيد اختبار الأجيال المبكرة فى

تحديد التلقيحات التى يؤمل أن تعطى انعزالات جيدة ، خاصة وأن البرنامج يستمر بعد ذلك لعدة سنوات دون أية دراية بمدى جدواه ، خلال الفترة التى تزرع فيها النباتات متجمعة ، وهى التى تمتد حتى الجيل الخامس أو السادس .

وقد يجرى التقييم المبكر للأصناف التى تدخل فى التلقيحات لمعرفة مدى صلاحيتها؛ بعمل تلقيحات بنيها بكل الطرق الممكنة (Diallel Crosess) ، ثم يزرع الجيلان الأول والثانى لكل تلقيح فى تجربة بمكررات ، وتقارن متوسطات كل صنف عند اشتراكه فى هجن مع الأصناف الأخرى . ويعاب على هذه الطريقة احتياجها إلى جهدٍ كبير ، كما يصعب اتباعها عند زيادة عدد الأصناف على ١٠ ؛ لأن عدد الهجن الممكنة تصبح – مثلا – ١٠٥ ، و ١٩٠ عند زيادة عدد الأصناف إلى ١٥ ، و ٢٠ على التوالى .

٣– الأجيال المتجمعة Bulk Populations :

تزرع نباتات الجيل الثانى والأجيال التالية حتى الجيل الخامس أو السادس متجمعة معًا ؛ فتحصد بذور الجيل الثانى (التى تنتجها نباتات الجيل الأول) ، وتخلط معًا وتزرع ، ثم تحصد بذور الجيل الثالث (التى تنتجها نباتات الجيل الثانى) ، وتخلط معًا ، وتزرع ... وهكذا تستمر الحال على هذا الوضع ، إلى أن تصل النباتات إلى الدرجة المطلوبة من الأصالة الوراثية قبل أن يبدأ انتخاب النباتات الفردية .

ونظراً لأن كمية البذور التى تحصد من جيل ما تكون أكبر بكثير مما يلزم للزراعة فى الجيل التالى ؛ لذا .. فإن البذور تخلط – معًا – بشكل جيد ، وتؤخذ منها عينة عشوائية تكفى لزراعة المساحة التى تزرع سنويًا ؛ والتى تظل ثابتة جيلاً بعد جيل . وتجدر الإشارة إلى أن اختبار الأجيال المبكرة – إن أجرى – تزرع فيه النباتات متجمعة كذلك .

وتحقق فترة الزراعة المتجمعة عدة مزايا ، هى :

أ– وصول جميع النباتات فى العشيرة إلى الأصالة الوراثية ، دون أن يتحمل المربى مشقة الاحتفاظ بسجلات النسب . ورغم أن النباتات الخليطة قد تتميز بقدرة أكبر على البقاء والتكاثر لقوة نموها .. إلا أن ذلك لايؤثر كثيراً فى سرعة الوصول إلى الأصالة الوراثية .

ب– يمكن الاستفادة من الانتخاب الطبيعى فى استبعاد التراكيب الوراثية ، التى

لاتتحمل الظروف البيئية السائدة ، أو التى لاتقاوم الأوبئة المرضية أو الحشرية التى يتكرر حدوثها . كما يفيد الانتخاب الطبيعى فى خفض معدل تكاثر التراكيب الوراثية التى تكون أقل تأقلمًا على الظروف البيئية ؛ فتقل نسبتها تبعا لذلك فى عشيرة الجيل السادس ، التى يبدأ فيها الانتخاب .

جـ- يمكن إجراء الانتخاب الصناعى لبعض الصفات بسهولة كبيرة خلال الأجيال المتجمعة ، لكن يشترط أن تكون هذه الصفات أساسية بالنسبة للصنف الجديد ، الذى يرغب فى إنتاجه ، لأن كافة النباتات الأخرى - التى لاتحتوى على هذه الصفات - يتم استبعادها جملة واحدة ، ويعد ذلك انتخابا إجماليًا ضمن برنامج انتخاب التجميع . ومن أمثلة الصفات التى يسهل الانتخاب لها ما يلى :

(١) المقاومة للآفات بإجراء العدوى الصناعية بالحشرات أو بمسببات الأمراض .

(٢) التبكير فى النضج بإجراء الحصاد فى الموعد المرغوب للنضج ، وهو مايؤدى إلى استبعاد النباتات المتأخرة النضج تلقائيًا ؛ لأنها لاتسهم فى إنتاج البذور للجيل التالى .

(٣) طول النبات فى بعض الأنواع النباتية كمحاصيل الحبوب الصغيرة ، وهى صفة مهمة لمنع الرقاد ، وتجرى بحصاد السنابل ، التى تكون عند الارتفاع المرغوب فيه فقط ، مع إزالة السنابل التى تتكون على النباتات الأطول من ذلك ، والاستغناء عن السنابل التى تتكون على ارتفاع يقل عن المطلوب .

(٤) انتخاب البذور الكبيرة الحجم ، أو التى تكون بأشكال معينة ، ويجرى ذلك - بسهولة - بغربلة البذور بعد الحصاد ، ولاتزرع سوى البذور التى تبلغ الحجم المطلوب ، أو التى تكون بالشكل المطلوب .

د- استبعاد النباتات التى يكون واضحاً من شكلها المظهرى أنها غير مرغوبة ؛ حتى تكون نسبتها منخفضة فى العشيرة ، حينما تبدأ عملية الانتخاب . ومن أمثلة ذلك .. صفة النمو غير المحدود فى الفاصوليا ، حينما يراد إنتاج صنف محدود النمو ؛ خاصة أن النباتات ذات النمو المحدود لايمكنها منافسة النباتات ذات النمو غير المحدود .

لكن يعاب على فترة الزراعة المتجمعة ما يلى :

أ- ربما لاتُمثل جميع النباتات من جيل ما فى الجيل التالى له بمحض الصدفة .

ب- لايمكن تحديد نسب التراكيب الوراثية ومدى الاختلافات الوراثية فى العشيرة .
جـ- قد يناسب الانتخاب الطبيعى صفات غير مرغوبة .

٤- الأجيال الانتخابية :

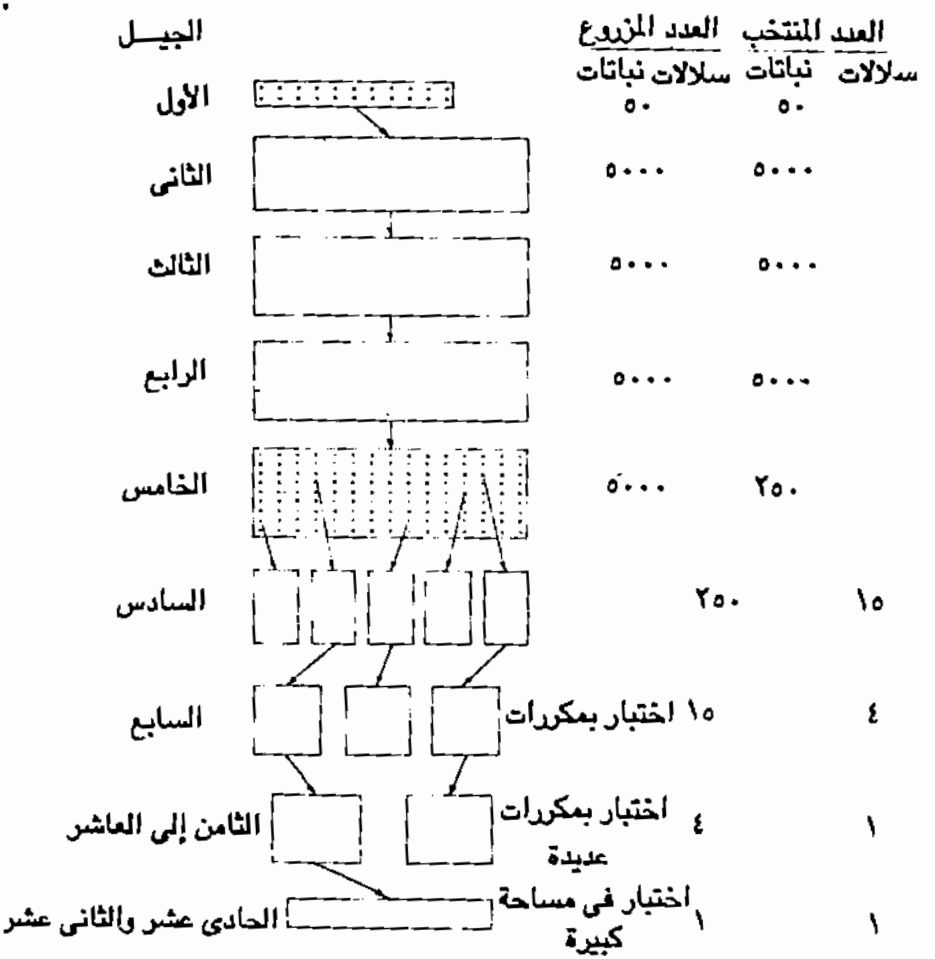
يبدأ الانتخاب فى الجيل السادس أو السابع ، ويستمر إلى الجيل الثانى عشر ، وتعامل النباتات خلال هذه المرحلة كما فى المرحلة المماثلة فى طريقة انتخاب النسب . وتكون الزراعة فى الجيل الذى تبدأ فيه عملية الانتخاب على مسافة أوسع مما فى الزراعة التجارية ؛ ليمكن دراسة كل نبات على حدة . يعطى كل نبات منتخب سلالة أصيلة ومتجانسة ، لاتتغير خصائصها فى الأجيال التالية . ورغم أن الأصالة الوراثية لاتكون كاملة فى الجيل السادس .. إلا أنها تكون قريبة من ذلك ، ولايحدث فى نسل النباتات المنتخبة انعزالات يمكن أن تؤثر فى عملية التقييم فى الأجيال التالية . وبوصول النباتات إلى الجيل الثانى عشر .. يكون قد انتخبت سلالة واحدة ، وهى التى تعطى اسما ؛ لتصبح صنفاً جديداً . ويبين شكل (١١-٣) تخطيطاً لخطوات برنامج التربية بطريقة انتخاب التجميع .

٥- التقييم النهائى :

يجرى التقييم النهائى للصنف الجديد ؛ بمقارنته بأهم الأصناف التجارية ، على مساحة فدان فى كل موقع من خمسة مواقع إنتاجية ، وعلى مدى خمس سنوات .

دور الانتخاب الطبيعى فى التربية بطريقة انتخاب التجميع

كثيراً ما يُغالى فى تقدير الدور الى يمكن أن يؤديه الانتخاب الطبيعى فى زيادة نسبة التراكيب الوراثية الأكثر قدرة علي البقاء خلال مرحلة الأجيال التى تزرع متجمعة ، ولكن الواقع أن هذه الفترة لاتتعدي ستة اجيال ، وهى لا تكفى لأن يؤدى الانتخاب الطبيعي دوراً فعالاً فى استبعاد النباتات غير المرغوب فيها . فمن الخطأ - ابتداء - مقارنة الدور الذى يؤديه الانتخاب الطبيعى فى خليط من السلالات الأصيلة بالدور الذى يؤديه خلال فترة الزراعة المتجمعة ، ففى الحالة الأولى .. تزيد نسبه السلالات الأكثر قدرة على البقاء على حساب السلالات الأخرى ، التى تختفى نهائيا بعد عدد محدود من الأجيال . أما فى الحالة الثانيه .. فإن النباتات تكون خليطة وراثياً ، وتعطي انعزالات كثيرة بصفه



شكل (١١ – ٣) : تخطيط لخطوات برنامج التربية بطريقة انتخاب التجميع (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

مستمرة ، فتظهر بذلك تراكيب وراثية جديدة مختلفة جيلاً بعد الآخر ، ولايعطى هذا الوضع فرصة للانتخاب الطبيعى كى يؤدى دوره فى الإبقاء على التراكيب الوراثية المرغوب فيها . وحينما تصل النباتات الى درجه عاليه من الأصالة الوراثيه فى الجيل السادس أو السابع .. فإن الزراعة المتجمعة تتوقف حينئذ – وتبدأ عملية الانتخاب الصناعى . وحتى فى ذلك الوقت .. فإن عدد السلالات المتنافسة يكون كثيراً جداً ، بدرجة لا تسمح للسلالات المرغوب فيها بمزاحمة كافة السلالات الأخرى بفاعلية . والى جانب ماتقدم .. فإن الانتخاب الطبيعى قد يكون له تاثيرات سلبية ، كما فى الحالات التالية :

١ – قد يؤدى الانتخاب الطبيعى إلى إلابقاء على مجموعة من السلالات التى قد تكون ناجحة وصالحه للبقاء وهى مختلطة مع بعضها ، ولكن ذلك لايعنى أن أياً منها تكون ناجحة لو زرعت بمفردها بعد ذلك .

٢ – ربما لاتكون السلالات الأكثر قدرة على البقاء هى الأفضل من الوجهة البستانية أو الزراعية . ومن أمثلة ذلك .. أن الانتخاب الطبيعى يكون فى صالح النباتات السريعة الإزهار – كما فى الخس – ويكون فى صالح النباتات التى تنتج بذوراً صغيرة ؛ لأنها تتكون بأعداد أكبر مما فى حالة النباتات التى تنتج بذورا كبيرة ، كما فى الفاصوليا . وتتوقف القدرة على البقاء فى خليط من التراكيب الوراثية على عاملين ، هما :

١ – عدد البذور التى ينتجها كل تركيب وراثى .

٢ – نسبة البذور المنتجة التى تعطى نباتات تصل إلى مرحلة الإزهار والإثمار والنضج . فإذا اعتبرنا أن P ، و Q تمثلان نسبة تركيبين وراثيين يتنافسان على البقاء ، وأن sp ، وsq هى قيمة الانتخاب selective value لكل منهما على التوالى ، فإنه يمكن حساب نسبتها فى جيلين متعاقبين (n) (n + 1) بالمعادلة التالية :

$$Pn + 1 = sp\ Pn / T$$

$$Qn + 1 = sq\ Qn / T$$

حيث T هى معامل لتعديل النسب بحيث يصبح مجموعها واحدا صحيحاً .

وكمثال على ذلك (عن Allard ١٩٦٠) .. نفترض أننا خلطنا – معا – تركيبين وراثيين ، هما P ، و Q بنسب متساوية ، أى إن Po = Qo = ٥ . ، وأن قيمتى الانتخاب

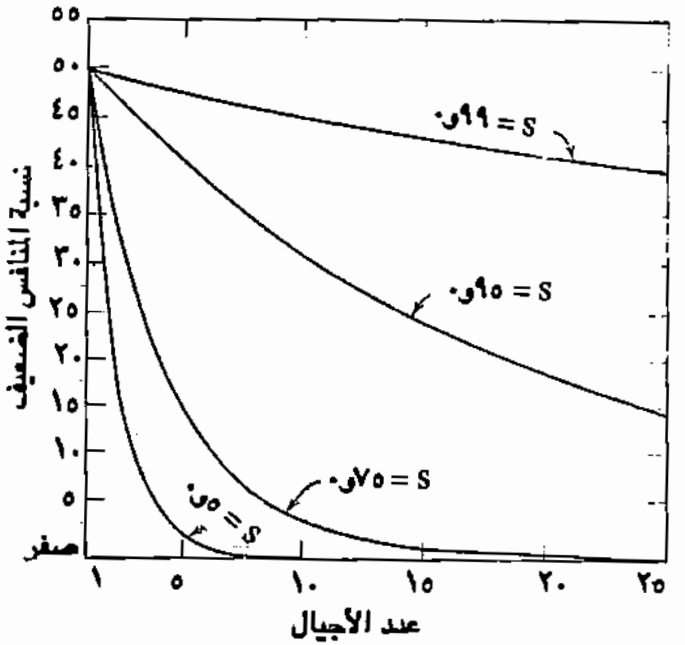
للمنافس القوى – وليكن P– والمنافس الضعيف – وليكن Q هما ١,٠ ، و٩, على التوالى ،، فإننا نجد – بتطبيق المعادلة الخاصة بالمنافس القوى (P) إن نسبته تتغير من ٠,٥ فى الجيل الأول (جيل الأساس) إلى ٠,٥٢٦٣ ، فى الجيل الثانى ، و ٠,٥٥٢٥ فى الجيل الثانى ، و ٠,٥٧٨٤ ، فى الجيل الرابع ، و ٠,٦٠٣٩ فى الجيل الخامس . أما نسبة Q (المنافس الضعيف) فإنها تحسب فى أى جيل بالمعادلة التالية :

$$Qn = 1-Pn$$

ويبين شكل (١١–٤) النسب النظرية المتوقعة للمنافس الضعيف (Q) حتى ٢٥ جيلاً فى حالات قيم انتخابية (s) تتراوح من ٠,٥ إلى ٠,٩٩ ؛ علما بأن القيمة الانتخابية للمنافس القوى تبقى ثابتة عند ١,٠ . ويتضح من الشكل أنه عندما يكون الفرق فى القيم الانتخابية بين التركيبين الوراثيين المتنافسين كبيراً .. فإن النقص فى نسبة التركيب الوراثى الأقل قدرة على المنافسة (Q) يكون كبيراً خلال الأجيال الأولى ، بينما يقل معدل النقص فى نسبة هذه الأفراد بعد ذلك ؛ بحيث لاتختفى الأفراد الأخيرة من المنافس الضعيف إلا ببطء شديد . أما عندما يكون الفرق فى القيم الانتخابية بين التركيبين الوراثيين المتنافسين صغيراً .. فإن التغير فى نسبة كل منهما يكون صغيراً على الدوام ؛ فمثلا نجد فى حالة اختلاف القيمة الانتخابية بين التركيبين الوراثيين بمقدار ٥٪ فقط (s = ٠,٩٥) أنه يلزم ١٤ جيلاً فقط لخفض نسبة المنافس الضعيف (Q) من ٥٠٪ إلى ٢٥٪ ، ولكنه يستمر يُشكل نحو ٤٪ من النباتات فى العشيرة بعد ٥٠ جيلاً .

وعندما يتنافس أكثر من تركيبين وراثيين على البقاء .. فإن منحنيات نسب أكثر التركيب الوراثية وأقلها قدرة على البقاد تكون مشابهة لما فى الحالة السابقة (حالة تنافس تركيبين وراثيين فقط) . أما التراكيب الوراثية الوسطية فى القدرة على المنافسة .. فإنها تظل وسطية ، وتنخفض نسبتها ببطء إلى أن يقضى على أضعف المتنافسين . وقد ترتفع نسبة بعضها قليلاً ؛ حتى يقترب المنافس الضعيف من الاختفاء . حينئذ .. تنخفض نسبته مرة أخرى ، بينما تنخفض نسب التراكيب الوراثية الأضعف منه ؛ لأن المنافسة تكون محصورة بينها وبين المنافس القوى .. وهكذا تستمر الحال إلى أن يسود المنافس القوى فقط .

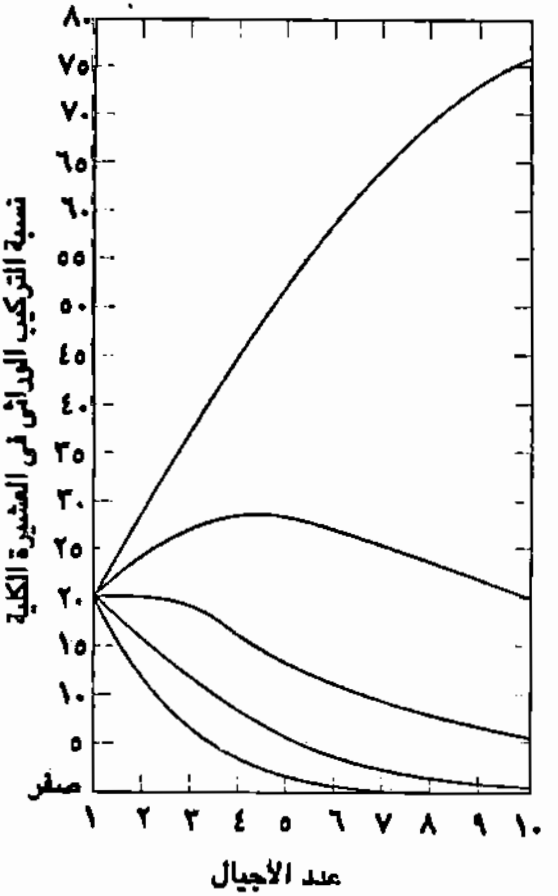
ويبين شكل (١١–٥) الوضع الذى تصير إليه نسب خمسة تراكيب وراثية ، خلال عشرة



شكل (١١ – ٤) : التغير فى نسبة التركيب الوراثى الأقل قدرة على البقاء والمخلوط – ابتداءً – بنسبة ٥٠٪ مع تركيب وراثى آخر عند اختلاف القيمة الانتخابية (s) للمنافس الضعيف (عن Allard ١٩٦٠) .

أجيال من الانتخاب الطبيعى ، علماً بأنها خلطت فى البداية بنسب متساوية (٠,٢ لكل منها) ، وأن التركيبين الوراثيين الأعلى قدرة ، والتركيبين الوراثيين الأقل قدرة على البقاء تختلف فى القيمة الانتخابية عن التركيب الوراثى الوسطى بمقدار ٤٠٪ ، و ٢٠٪ بالزيادة ، ٤٠٪ و ٢٠٪ بالنقص على التوالى .

وتجدر الإشارة إلى أن القيم الانتخابية لاتبقى ثابتة ، بل تتغير بتغير العوامل البيئية من موسم إلى آخر . كما أن التفاعل بين العوامل البيئية والتراكيب الوراثية يجعل هذا التغير فى القيم الانتخابية مختلفاً من تركيب وراثى إلى آخر .



شكل (١١ – ٥) : التغير المتوقع فى نسب خمسة تراكيب وراثية مختلطة معاً خلال عشرة أجيال من الانتخاب الطبيعى . انظر المتن للتفاصيل .

طرق التربية المحورة من طريقة انتخاب التجميع

أدْخَلَ بعض مربى النبات تعديلات على التربية بطريقة انتخاب التجميع ؛ لجعلها أكثر كفاءة . ونذكر فيما يلى أهم هذه التعديلات .

طريقة انتخاب التجميع المحورة Modified Bulk Method

يتم فى هذه الطريقة انتخاب النباتات التى تحمل الصفات المرغوب فيها سنويًا (خلال

فترة الزراعة المتجمعة) ، وتخلط بذورها - معًا - لتزرع فى الجيل التالى ، ويستمر البرنامج بعد الجيل الخامس أو السادس كالعادة .

طريقة انتخاب التجميع والنسب Bulk-Pedigree Method

تزرع النباتات فى هذه الطريقة متجمعة ، خلال الأجيال الأولى من برنامج التربية ، إلى أن تكون الظروف البيئية مناسبة لظهور الصفات المرغوب فيها ؛ حيث يبدأ - حينئذ - انتخاب النباتات الفردية ، ثم يستمر برنامج التربية - بعد ذلك - بطريقة انتخاب النسب . وقد تنتهى الزراعة المتجمعة فى الجيل الثانى ؛ فتتبع التربية بطريقة انتخاب النسب ،أو تدوم إلى الجيل السادس ، وفى هذه الحالة .. تكون التربية بطريقة انتخاب التجميع . وتناسب هذه الطريقة الانتخاب لمقاومة الأمراض ، حين يكون الاعتماد على الأوبئة الطبيعية لانتخاب صفة المقاومة .

طريقة انتخاب النسب والتجميع Pedigree-Bulk Method

تتبع فى هذه الحالة طريقة انتخاب النسب فى بداية برنامج التربية ،إلى أن يتم التخلص من النباتات غير المرغوب فيها ، ثم يستمر البرنامج - بعد ذلك - بطريقة انتخاب التجميع .

طريقة انتخاب التجميع الرجعى Bacross-Bulk Method

تتبع هذه الطريقة حينما يكون أحد الآباء المهجنة معًا لبدء برنامج التربية صنفًا تجارياً ناجحاً ذا صفات مرغوب فيها ؛ حيث يفضل إجراء تلقيح أو تلقيحين رجعيين معه ؛ لجمع أكبر قدر من صفاته قبل الاستمرار فى برنامج التربية بعد ذلك كالمعتاد .

الانتخاب المتكرر

كان Hayes & Garber هما أول من اقترح التربية بطريقة الانتخاب المتكرر فى عام ١٩١٩ . كما اقترحها - أيضًا - بدون علم سابق East & Jones فى عام ١٩٢٠ . وكان Jenkins هو أول من وصف هذه الطريقة بالتفصيل فى عام ١٩٤٠ ، وكان Hull هو الذى اقترح لها الاسم الذى تعرف به ، وهو الانتخاب المتكرر Recurrent Selection ، وكان ذلك فى عام ١٩٤٥ (عن Briggs & Knowles ١٩٦٧) .

وتتبع التربية بطريقة الانتخاب المتكرر فى تحسين المحاصيل الخلطية التلقيح فقط ؛ مثل الذرة ، والبرسيم الحجازى ؛ لأن إكثار الصنف الناتج يعتمد على التلقيح الخلطى العشوائى بين نباتاته ، بينما يؤدى التلقيح الذاتى إلى فقدان خصائص الصنف . وتناسب هذه الطريقة كثيراً من المحاصيل الخلطية التلقيح ؛ مثل السبانخ ، والبنجر ، والجزر ، والكرنب . وتوجد أربعة أنواع رئيسية للانتخاب المتكرر ، هى : الانتخاب المتكرر للشكل الظاهرى ، والانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التآلف ، والانتخاب المتكرر للقدرة الخاصة على التآلف ، والانتخاب المتكرر المتبادل .

الانتخاب المتكرر للشكل الظاهرى

يطلق على طريقة التربية بالانتخاب المتكرر للشكل الظاهرى Recurrent Selection for Phenotype – أيضاً – اسم الانتخاب المتكرر البسيط Simple Recurrent Selection ، وتكون خطواته كما يلى :

١- ينتخب عدد من النباتات التى تحمل الصفات المرغوب فيها من أحد الأصناف التجارية الهامة الذى قد يكون مفتوح التلقيح ، أو هجيناً فردياً ، أو هجيناً زوجياً ، أو صنفاً تركيبياً . ويكون انتخاب النباتات على أساس الشكل الظاهرى للصفات المرغوب فيها .

٢- يلقح كل نبات من النباتات المنتخبة ذاتيًا . وتخلط البذور – معًا – لتكون مايعرف باسم بذور الأساس لدورة الانتخاب الأولى Syn-I-O .

٣- تزرع بذور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الأولى فى العام التالى ، وتجرى بينها كل التلقيحات الممكنة –يدويًا– ثم تخلط كميات متساوية من بذور كل تلقيح ؛ لتكون بذور الجيل الأول لدورة الانتخاب المتكرر الأولى Syn I-1 .

٤- تبدأ الدورة الثانية للانتخاب بزراعة بذور الجيل الأول لدورة الانتخاب الأولى ، ثم تنتخب منها أفضل النباتات ، وتلقح ذاتيًا ، وتخلط البذور الناتجة – معًا – لتكّون بذور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الثانية Syn-II-0 .

٥- تزرع بذور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الثانية ؛ لإنتاج بذور الجيل الأول لدورة الانتخاب المتكرر الثانية Syn - II - 1 ... وهكذا .

تستكمل كل دورة فى موسمين زراعيين ، وتستمر الدورات إلى أن يصبح الانتخاب غير مُجْدٍ . يقتصر استعمال هذه الطريقة فى التربية على تحسين الصفات ذات درجات التوريث المرتفعة ، التى يمكن تمييزها على أساس الشكل الظاهرى . أما صفة المحصول والصفات الكمية الأخرى .. فلايمكن إحراز تقدم كبير فى تحسينها باتباع هذه الطريقة .

إن الميزة الأساسية لهذه الطريقة فى التربية –مقارنة بطرق التربية الأخرى– أن كل دورة انتخاب تسمح بظهور تراكيب وراثية جديدة .. يكون من بينها تراكيب أفضل من تلك التى كانت موجودة فى الجيل السابق ؛ ذلك لأنه يتم انتخاب أفضل النباتات فى كل دورة انتخاب ، وهى نباتات خليطة – وراثيًا – بطبيعتها (لأنها من عشيرة محصول خلطى التلقيح) ، ويؤدى تلقيحها – ذاتيًا – إلى المحافظة عليها من التلقيح مع نباتات أخرى غير منتخبة ، بينما يؤدى تلقيح أنسالها –معًا– إلى ظهور انعزالات وراثية كثيرة جديدة ، يكون من بينها انعزالات فائقة الحدود Transgressive Segregations ، تجمع الصفات المتازة من أبويها ؛ وبذا .. توجد فى كل دورة للانتخاب فرصة لظهور تراكيب وراثية أفضل مما ظهر فى الدورة السابقة لها .

وتستمر الحال على هذا الوضع إلى حين الوصول إلى أفضل حالة توازن بين آليات الصفات المرغوب فيها .. حينئذ .. يتوقف الانتخاب ، ويبدأ أكثار العشيرة النهائية التى تصبح بعدها صنفاً جديداً .. ويستمر ثبات خصائص هذا الصنف على حالة التوازن الوراثى التى وصلت إليها العشيرة فى آخر دورة للانتخاب، وبعد جيل واحد من التلقيح الخلطى العشوائى حسب قانون هاردى – فينبرج .

لاتتبع هذه الطريقة –عادة– فى تحسين المحاصيل الذاتية التلقيح ، إلا أنها استعملت من قِبَل Lyons وآخرين(١٩٨٧) فى تحسين صفة المقاومة لفطر *Sclerotinia sclerotiorum* ، المسبب لمرض العفن الأبيض فى الفاصوليا ، بنسبة نحو ٥٠٪ فى خلال دورتين فقط من الانتخاب . وقد اعتمد الباحثون على إجراء تلقيحات يدوية بين ٢٠ تركيبياً وراثياً منتخباً فى كل دورة انتخاب .

الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التآلف

كان Jenkins هو الذى اقترح طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التآلف

Recurrent Selection for General Combining Ability ، حينما أوضح طريقة التقييم المبكر للقدرة العامة على التآلف . وتختلف هذه الطريقة عن الانتخاب المتكرر للشكل الظاهرى فى أن الانتخاب يجرى فى كل دورة جديدة على أساس قدرة النباتات المنتخبة على التآلف مع أحد الأصناف الاختبارية Tester Variety فى تلقيح قمى Top Cross . وتكون خطوات برنامج التربية كما يلى :

١- ينتخب عدد من النباتات التى تحمل الصفات المرغوب فيها من أحد الأصناف التجارية الهامة ، وهى التى يطلق عليها بذور الأساس لبرنامج التربية الداخلية (S_0) .

٢- يلقح كل نبات من النباتات المنتخبة - ذاتياً - لإنتاج بذور جيل التلقيح الذاتى الأول (S_1) ، كما يُلقح كل نبات منها فى الوقت ذاته مع صنف اختبارى يستخدم كأم .

٣- يحتفظ فى العام التالى ببذور جيل التلقيح الذاتى الأول ، بينما تزرع البذور الناتجة من التلقيح القمى ، ويُقيَّم محصولُها . ويستفاد من نتائج هذا التقييم فى معرفة أفضل النباتات التى كانت ذات قدرة عالية على التوافق مع الصنف الاختبارى . وتخلط بذور التلقيح الذاتى الأول لهذه النباتات معًا ؛ لتشكل بذور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الأولى Syn-I-O .

٤- تزرع بذور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الأولى فى العام الثالث ، وتجرى بينها كل التلقيحات الممكنة يدويًا ، ثم تخلط كميات متساوية من بذور كل تلقيح ؛ لتكوّن بذور الجيل الأول لدورة الانتخاب المتكرر الأولى Syn-II-1 .. وهكذا .

تستكمل كل دورة فى ثلاثة مواسم زراعية ، وتستمر الدورات إلى أن يتوقف التحسين فى القدرة العامة على التآلف .

هذا .. ويمكن - فى حالة توفر الإمكانات البشرية والمادية - زراعة البذور الناتجة من التلقيح الذاتى فى كل دورة انتخاب مع البذور الناتجة من التلقيح القمى - معاً - فى نفس الموسم ؛ فتزرع - على سبيل المثال - بذور جيل التلقيح الذاتى الأول (S_1) مع البذور الناتجة من التلقيح القمى فى العام الثانى لدورة الانتخاب الأولى . وتلقح نباتات جيل التلقيح الذاتى - ذاتيًا - لإنتاج بذور جيل التلقيح الذاتى الثانى (S_2) ، فى الوقت الذى تقيَّم فيه النباتات الناتجة من التلقيح القمى . وبناء على نتائج هذا التقييم .. تخلط بذور التلقيح الذاتى الثانى لأفضل النباتات التى كانت ذات قدرة عالية على التوافق مع الصنف

الاختبارى ؛ لتكّون معاً بنور الأساس لدورة الانتخاب المتكرر الثانية .

الانتخاب المتكرر للقدرة الخاصة على التآلف

اقترح Hull طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة الخاصة على التآلف Recurrent Selection for Specific Combining Ability فى عام ١٩٤٥ ، وهى تتشابه مع طريقة الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التآلف من جميع الوجوه ، فيما عدا أن سلالة أصيلة (مرباة داخليًا) تستعمل فى التلقيح القمى ، بدلاً من الصنف المفتوح التلقيح . وأفضل سلالة لهذا الغرض هى التى يتوقع استعمالها فى هجن فردية مع السلالات التى تنتج من البرنامج . وقد يستعمل هجين فردى معين كصنف اختبارى ، إذا كان الغرض من البرنامج هو إنتاج سلالات أصيلة ، يمكن أن تتآلف معه بدرجة عالية فى هجين زوجى .

ويجب العناية باختيار السلالة الأصيلة التى تستعمل فى التلقيح القمى ، مع المحافظة عليها من أى تغير وراثى ؛ ذلك لأن البرنامج كله يبنى على أساس إيجاد سلالات متوافقة معها ؛ فيجب أن تكون هذه السلالة جيدة أصلاً ، وأن تستمر المحافظة عليها دون أى تغير وراثى ، وإلا .. فقد البرنامج قيمته . أما إذا ظهرت فى أثناء البرنامج سلالة أخرى أفضل منها .. فإنه تلزم إعادة العمل من جديد . ويعد ذلك من أكبر عيوب هذه الطريقة للتربية .

الانتخاب المتكرر المتبادل

تفيد التربية بطريقة الانتخاب المتكرر المتبادل Reciprocal Recurrent Selection فى الانتخاب لكل من القدرة العامة والقدرة الخاصة على التآلف . تتضمن الطريقة وجود عشيرتين من العشائر الوراثية التى تكون على درجة عالية من الخلط (عدم التماثل) الوراثى ؛ مثل الأصناف المفتوحة التلقيح ، على ألا يكون بينهما صلة قرابة . تستعمل العشيرتان فى برنامجين منفصلين للتربية ، يتشابه كل منهما مع برنامج الانتخاب المتكرر للقدرة العامة على التآلف ، مع استعمال كل من العشيرتين – فى الدورة الأولى للتربية – كصنف اختبارى للعشيرة الأخرى فى تلقيحات قمية ؛ كما تستعمل النباتات التى تبدأ بها كل دورة تالية من الانتخاب المتكرر فى أى من البرنامجين كصنف اختبارى فى البرنامج الآخر .

وعليه .. فإذا كانت العشيرتان هما A ، و B .. فإن أحد البرنامجين يبدأ بتلقيح بعض النباتات من العشيرة A ذاتيًا ، مع تلقيحها -في الوقت نفسه- مع عينة من نباتات العشيرة B ، بينما يبدأ البرنامج الآخر بتلقيح بعض النباتات من العشيرة B ذاتيًا مع تلقيحها - في الوقت نفسه - مع عينة من نباتات العشيرة A . ويحتفظ -في موسم الزراعة التالي- ببذور جيل التلقيح الذاتي الأول (S_1) لكل من العشيرتين ، بينما تزرع البذور الناتجة من التلقيحات القمية ، ويُقيَّم محصولها . ويستفاد من هذا التقييم في معرفة أفضل نباتات كل عشيرة ، التي كانت ذات قدرة عالية على التوافق مع العشيرة الأخرى . تخلط بذور التلقيح الذاتي الأول - معًا - بالنسبة لكل عشيرة على حدة ؛ لتشكل بذلك بذور الأساس لدورة الانتخاب الأولى (Syn A-I-0 بالنسبة للعشيرة A ، وSyn-B-I-0 بالنسب للعشيرة B) . وتزرع هذه البذور في موسم الزراعة الثالث ، وتجرى بين نباتات كل منها كل التلقيحات الممكنة يدويًا ، ثم تخلط كميات متساوية من بذور كل تلقيح معاً بالنسبة لكل عشيرة على حدة ؛ لتكوّن بذلك بذور الجيل الأول لدورة الانتخاب المتكرر الأولى (Syn A-I-1 بالنسبة للعشيرة A ، و Syn B-I-1 بالنسبة للعشيرة B) .

تستمر دورات الانتخاب المتكرر بعد ذلك مع الاستمرار في استعمال النباتات التي تبدأ بها كل دورة انتخاب - في أي من البرنامجين - كصنف اختباري في البرنامج الآخر . ويلزم انتخاب عدد كاف من النباتات في كل دورة انتخاب ؛ لتلقيحها ذاتيًا بفرض الحد من التربية الداخلية وما يصاحبها من تدهور في قوة النمو . كما يجب - قدر الإمكان - ألا تكون النباتات المنتخبة للتلقيح الذاتي في كل دورة ذات أصل مشترك ، لتحقيق الهدف نفسه .

وتستخدم السلالات من برنامجي التربية - في نهاية الأمر - في إنتاج هجن فردية ، أو هجن زوجية ، تكون على درجة عالية من التآلف . وتكون الهجن الزوجية بين هجن فردية استخدم في إنتاجها سلالات من نفس العشيرة ؛ فبينما تكون الهجن الفردية هكذا : $A_1 \times B_1$ ، أو $A_2 \times B_2$ .. فإن الهجين الزوجي يكون هكذا .. $(A_1 \times A_2) \times (B_1 \times B_2)$ علماً بأن A_1 ، A_2 ... إلخ .. هي سلالات منتخبة من برنامج العشيرة A ، B_1 ، و B_2 ... إلخ .. هي سلالات منتخبة من برنامج العشيرة B .