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 .

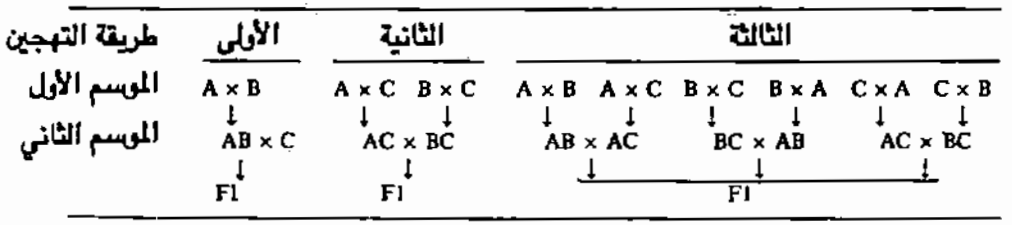
تهجين الآباء وزراعة الجيل الأول

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) .

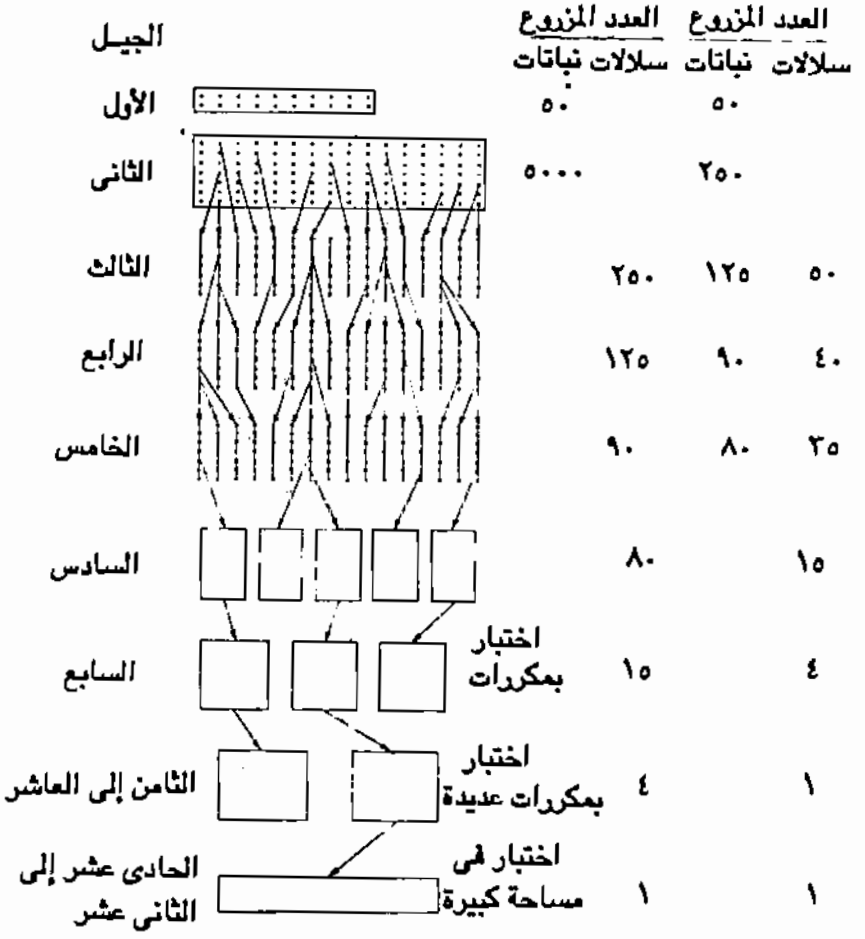
وتكون زراعة سلالات الجيل السادس (أنسال النباتات الفردية المنتخبة من الجيل الخامس) فى مساحات كبيرة نسبيًا ؛ بدرجة تسمح بدراستها دراسة وافية ، ويفضل أن تكون زراعتها فى مكررات إذا وجدت كميات كافية من البذور لذلك . ويبدأ -فى هذا- الجيل تسجيل بيانات وافية عن كمية المحصول ، وتؤخذ بيانات وافية عن الصفات الاقتصادية 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 .