الوراثية فى الصنف القديم؛ ذلك لأن هذه الطريقة لا تُحدث تباينات جديدة (عن Singh ١٩٩٣).

الانتخاب الإجمالى فى النباتات الخلطية التلقيح

اتبعت طريقة الانتخاب الإجمالى فى تحسين كثير من المحاصيل الخلطية التلقيح، خلال النصف الأول من القرن العشرين، ومازالت مستعملة فى بعض المحاصيل. ورغم اختلاف تفاصيل هذه الطريقة فى النباتات الخلطية التلقيح عما سبق بيانه بالنسبة للنباتات الذاتية التلقيح .. إلا أن مضمونها واحد فى كل منهما؛ إذ يكون الهدف هو تحديد التراكيب الوراثية المرغوبة، وخلطها – معًا – لتكون أساسًا للصنف الجديد.

يبدأ برنامج التربية بانتخاب عدد كبير من النباتات التى تبدو صفاتها جيدة، من عشيرة تكثر فيها الاختلافات الوراثية، ويكون الانتخاب على أساس الشكل الظاهرى. يتبع ذلك .. خلط البذور الناتجة من النباتات المنتخبة – معًا – ثم زراعتها فى الموسم التالى؛ لإجراء دورة أخرى من الانتخاب، وهكذا .. تستمر دورات الانتخاب إلى أن يتحقق التحسين المطلوب، أو إلى أن يصبح الانتخاب غير مُجْدٍ. ويستغرق إنتاج الصنف الجديد بهذه الطريقة نحو ثمانى سنوات.

وتكون هذه الطريقة أكثر فاعلية، ويكون الانتخاب أكثر جدوى لو أمكن الانتخاب للصفات المرغوبة قبل الإزهار؛ حيث يمكن – حينئذ – إزالة النباتات غير المرغوبة من العشيرة، وترك النباتات المرغوبة فقط؛ ليحدث التلقيح فيما بينها. أما إن لم يمكن الانتخاب للصفات المرغوبة إلا بعد حدوث التلقيح – كما فى جميع الصفات التى تعتمد على الثمار العاقدة، التى منها صفة المحصول فى النباتات الثمرية – فإن النباتات التى تُنتخب تكون قد لقّحت بنباتات أخرى، قد تكون ذات صفات مرغوبة، أو غير مرغوبة؛ أى إن نصف الجينات التى توجد فى النباتات المنتخبة تكون قد حصلت عليها من آباء غير معلومة، وهو ما يؤدى إلى بطء التحسن الوراثى. هذا .. ويمكن بالنسبة للنباتات ذات الحولين – كبنجر السكر – والمعمرة إجراء التقييم والانتخاب فى موسم نمو، وإنتاج البذور فى الموسم التالى.

وتبعًا لتوازن هاردى–فينبرج، فإنه يمكن التخلص من الآليلات السائدة غير المرغوبة

كلية فى جيل واحد من الانتخاب، بينما تبقى الآليلات المتنحية غير المرغوب فيها مستترة فى الحالة الخليطة. ويكون التقدم الحادث بالانتخاب أعلى بكثير عندما تكون نسبة الآليل المتنحى غير المرغوب فيه مرتفعة فى عشيرة الأساس عما لو كانت نسبته منخفضة.

ومن أهم مزايا الانتخاب الإجمالى فى النباتات الخلطة التلقيح، ما يلى:

١ – تفيد طريقة الانتخاب الإجمالى فى النباتات الخلطية التلقيح فى إنتاج أصناف جديدة من السلالات البرية، وفى تحسين الأصناف البلدية، ومخاليط الأصناف، والأصناف المستوردة التى توجد بها عيوب ظاهرة، وفى المحافظة على نقاوة الأصناف التى لا تلقى عناية خاصة عند إنتاج بذورها.

٢ – تعد أسهل طرق التربية وأسرعها؛ لأنها لا تحتاج إلى تلقيحات متُحكَّم فيها لإنتاج الصنف، ولعدم الحاجة إلى إجراء اختبارات خاصة للصنف المنتج.

٣ – تعد هى الطريقة الوحيدة الممكنة لتحسين الأصناف البلدية والسلالات البرية من المحاصيل الخطية التلقيح.

٤ – أعطت هذه الطريقة نتائج جيدة بالنسبة للصفات ذات درجات التوريث المرتفعة، والصفات التى يمكن التعرف عليها بسهولة؛ فهى قد اتبعت بنجاح فى إنتاج أصناف جديدة من الذرة، تختلف فى لون الحبوب، وحجم الكوز، وموقعه على الساق، وموعد النضج، ونسبة الزيت والبروتين فى الحبوب.

ولكن يُعاب على الانتخاب الإجمالى فى النباتات الخلطة التلقيح، ما يلى:

تعتبر طريقة الانتخاب الإجمالى بطيئة، عندما يرغب فى تحسين المحصول، والصفات الكمية فى النباتات الخلطية التلقيح، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية:

١ – عدم القدرة على تمييز التراكيب الوراثية الجيدة على أساس الشكل المظهرى فقط؛ نظرًا لتأثر الصفات الكمية بشدة بالعوامل البيئية.

٢ – حصول النباتات المنتخبة على حبوب لقاح من نباتات غير منتخبة؛ بسبب التلقيح الخلطى المفتوح.

٣ – يؤدى الانتخاب الشديد إلى صغر حجم العشيرة؛ مما يُحْدِث نوعًا من التربية الداخلية، ويتسبب – بالتالى – فى ضعف قوة نمو النباتات.

٤ – تبقى – دائمًا – نسبة من الجينات المتنحية غير المرغوب فيها فى العشيرة مستترة فى التراكيب الوراثية الخليطة.

العوامل المؤثرة فى درجة الاستجابة للانتخاب

تتأثر درجة الاستجابة للانتخاب بالعوامل التالية:

١ – مدى توفر الاختلافات الوراثية فى العشيرة الأصلية:

يكون أثر الانتخاب واضحًا فى السلالات البرية، والأصناف البلدية التى تكثر فيها الاختلافات الوراثية، ولكن يقل التحسن الوراثى بعد بضع دورات انتخابية؛ نتيجة لثبات الصفات. ويعمل الانتخاب فى هذه الحالة على الاختلافات الوراثية الحرة Free Variability، التى تتوفر فى العشيرة.

٢ – مدى توفر الاختلافات الوراثية الكامنة:

يعُنَى بالاختلافات الكامنة Potential Variability تلك التى يمكن أن تظهر فى أى وقت، بعد حدوث عبور فى مناطق معينة من الكروموسومات؛ مما يؤدى إلى ظهور انعزالات وراثية جديدة هى التراكيب العبورية، ولذلك أهمية كبيرة فى تحسين الصفات الكمية، التى يتحكم فى وراثتها عدد كبير من العوامل الوراثية؛ حيث يحدث – عادة – تقدم سريع فى الانتخاب بعد كل حالة عبور.

٣ – درجة توريث الصفات:

تزداد سرعة الاستجابة للانتخاب بزيادة درجة توريث الصفات المنتخبة.

٤ – درجة التربية الداخلية:

يؤدى الانتخاب الشديد للصفات إلى اختيار عدد قليل من النباتات الى تتوفر فيها الصفات المرغوبة لتكوين الجيل التالى، وهو ما يؤدى إلى حدوث نوع من التربية الداخلية، التى يكون لها أثر سلبى على قوة النمو. وكذلك يُحدثُ الانتخاب الشديد تغيرًا فى الهيكل الوراثى للعشيرة genetic drift، يكون مُصَاحَبًا بتغير فى نسب الاليلات المختلفة بها؛ مما يؤثر على صفاتها العامة المميزة؛ ويكون لذلك كله انعكاساته السلبية على درجة الاستجابة للانتخاب.

بعض التعديلات المدخلة على طريقة الانتخاب الإجمالى

تجرى بعض التعديلات على طريقة الانتخاب الإجمالى، بغرض زيادة كفاءتها فى تحسين النباتات الخطية التلقيح، ومن هذه التعديلات ما يلى:

١ - اختبار النسل:

يُجرى اختبار النسل Progeny Testing بتقييم ١٠-١٥ نباتًا من نسل كل نبات منتخب. ويفيد اختبار النسل فى التأكد من أن النباتات المتميزة المنتخبة تورث صفاتها المرغوبة للنسل. ولهذا الاختبار أهمية خاصة بالنسبة للصفات الكمية والصفات ذات درجات التوريث المنخفضة، كما يفيد فى التأكد من جودة نسل النباتات التى انتخبت بعد الإزهار، ولقحت بنباتات غير منتخبة. ويفضل - دائمًا - إجراء اختبار النسل فى مكررات.

وتنتج الأنسال لاختبارها بإحدى الطرق التالية:

(أ) بحصاد بذور النباتات المنتخبة التى تركت للتلقيح الخلطى المفتوح.

(ب) بحصاد بذور النباتات المنتخبة بعد تلقيحها ذاتيًا.

(جـ) بحصاد بذور التلقيح القمى top cross بين كل من النباتات المنتخبة - التى تستعمل كأب - وصنف تجارى ناجح يستعمل كأم، ويعرف باسم الصنف الاختبارى Tester Variety. كما يلقح - أيضًا - كل نبات منتخب ذاتيًا، وتحصد هذه البذور كذلك. وبناء على نتيجة تقييم التلقيح القمى .. يتم تحديد النباتات ذات الصفات المرغوبة، وهى التى تخلط بذورها الناتجة من التلقيح الذاتى معًا؛ لبدء دورة جديدة من الانتخاب.

٢ - خلط السلالات المرباة داخليًا:

تربى بعض السلالات بالتلقيح الذاتى لعدة أجيال، ثم تخلط بذور السلالات المنتخبة معًا؛ لتكون أساسًا للصنف الجديد، وتعرف هذه الطريقة باسم line breeding، وهى تفيد فى التخلص من بعض الآليلات المتنحية غير المرغوبة، ولكنها نادرًا ما تتبع فى تحسين النباتات الخلطية التلقيح لما يصاحبها من نقص فى قوة النمو بسبب التربية الداخلية؛ الأمر الذى يجعل من الصعب تقييم السلالات التى يُراد إدخالها فى الصنف الجديد. هذا .. فضلاً عن أن هذه الطريقة تشجع على ظهور سلالات تزداد فيها نسبة

التلقيح الذاتى، بينما يكون من المرغوب فيه زيادة نسبة التلقيح الخلطى بين السلالات التى تشكل الصنف الجديد، للحصول على أكبر قدر من قوة الهجين. ويفضل - عند اتباع هذه الطريقة - أن يكون عدد السلالات التى تدخل فى تكوين الصنف الجديد كبيرًا، حتى لا تكون قريبة من بعضها البعض، ولزيادة فرصة ظهور قوة الهجين فى الصنف الجديد.

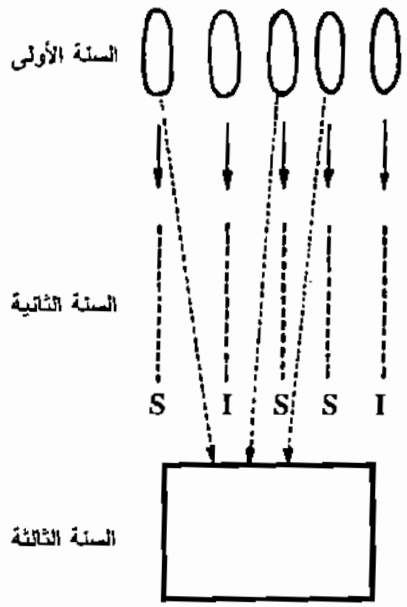
٣ - الانتخاب الإجمالى المبنى على تمثيل كافة الظروف البيئية

يعرف الانتخاب الإجمالى المبنى على تمثيل كافة الظروف البيئية فى الحقل باسم Stratified Mass Selection. ويجرى بتقسيم الحقل الذى تجرى فيه عملية الانتخاب إلى عدة أقسام متساوية، ثم ينتخب من كل منها عدد متساو من النباتات، وهى التى تحصد بذورها وتخلط معًا، لبدء دورة جديدة من الانتخاب. وتفيد هذه الطريقة فى تقليل تأثير البيئة إلى أدنى مستوى ممكن، نظرًا لأنها تضمن تمثيل كل الظروف البيئية فى منطقة الدراسة.

٤ - طريقة الكوز للخط ear-to-row method:

تعرف طريقة تقييم نسل النباتات المنتخبة التى تُركت للتلقيح الخلطى الطبيعى (شكل ١-٣) عند تطبيقها على الذرة باسم طريقة الكوز للخط. وقد أدخلت هذه الطريقة بواسطة G. G. Hopkins فى عام ١٨٩٧، وفيها تحصد الكيزان الممتازة من النباتات التى تعرضت للتلقيح الخلطى العشوائى، ويزرع فى العام التالى جزء من بذور كل كوز فى خط مستقل، بينما يحتفظ ببقية البذور. وبعد أن ينتهى التقييم .. تخلط البذور المتبقية من الكيزان التى ظهر تفوقها معًا، لبدء دورة جديدة من الانتخاب فى الموسم التالى. وبذا .. فإن كل دورة انتخاب تستمر موسمين زراعيين.

وقد أفادت هذه الطريقة فى تحسين الذرة فى محتواه من الدهون والبروتين فى سنوات قليلة، واستمر التحسين مع استمرار الانتخاب. ولكن النتائج كانت مخيبة للآمال بالنسبة للمحصول، ويرجع السبب فى ذلك إلى أنها لا تفيد فى تقييم التركيب الوراثى للنباتات المنتخبة بصورة جيدة (حيث لا يُقيَّم كل نسل سوى فى خط واحد فى منطقة واحدة). فضلاً على أن النباتات المنتخبة (التى تقيم أنسالها) .. تتلقى دائمًا حبوب لقاح من نباتات غير منتخبة.



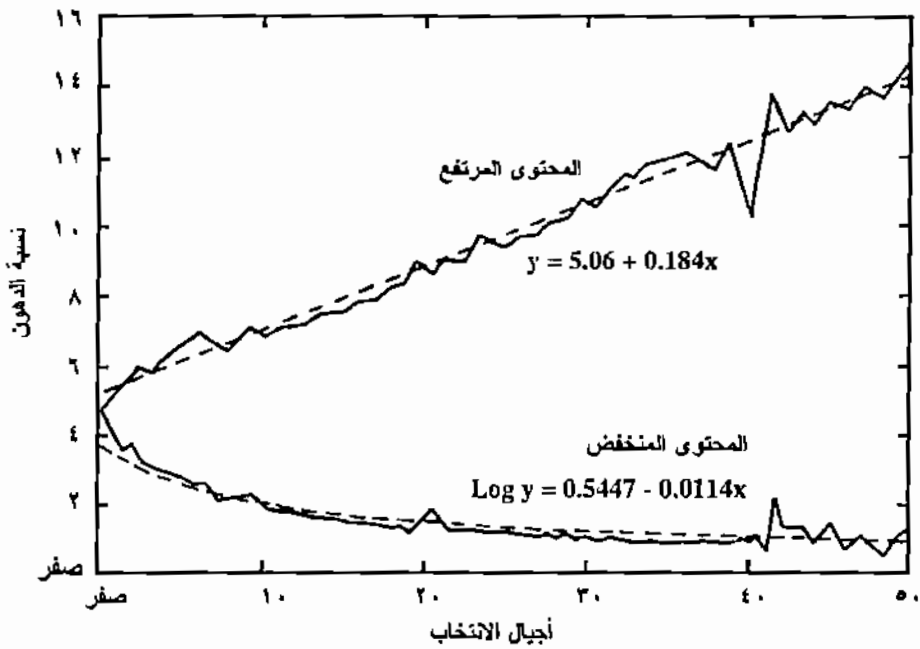
شكل (١-٣): طريقة الكوز للخط لتربية الذرة.

تحسين نسبتا الدهون والبروتين فى الذرة بطريقة الانتخاب الإجمالى

يعد برنامج تحسين نسبتا الدهون والبروتين فى حبوب الذرة – بالانتخاب الإجمالى – من الدراسات الكلاسيكية فى تربية النبات. وقد بدأ الانتخاب فى الصنف المفتوح التلقيح برزهوايت Burr's White فى جامعة إلينوى بالولايات المتحدة الأمريكية فى عام ١٨٩٦، واستمر لأكثر من ٧٠ جيلاً. وكان الهدف هو إنتاج أربع سلالات من الذرة مرتفعة – أو منخفضة – فى نسبة كل من الدهون والبروتين فى الحبوب. واتبعت طريقة الكوز للخط خلال الأجيال الثمانية والعشرين الأولى منها. أما بعد ذلك .. فكان يؤخذ ٦٠ كوز من كل من السلالات الأربع للتقييم، ثم تخلط معًا حبوب أكثر ١٢ كوزًا من كل سلالة إظهارًا للصفة المنتخبة.

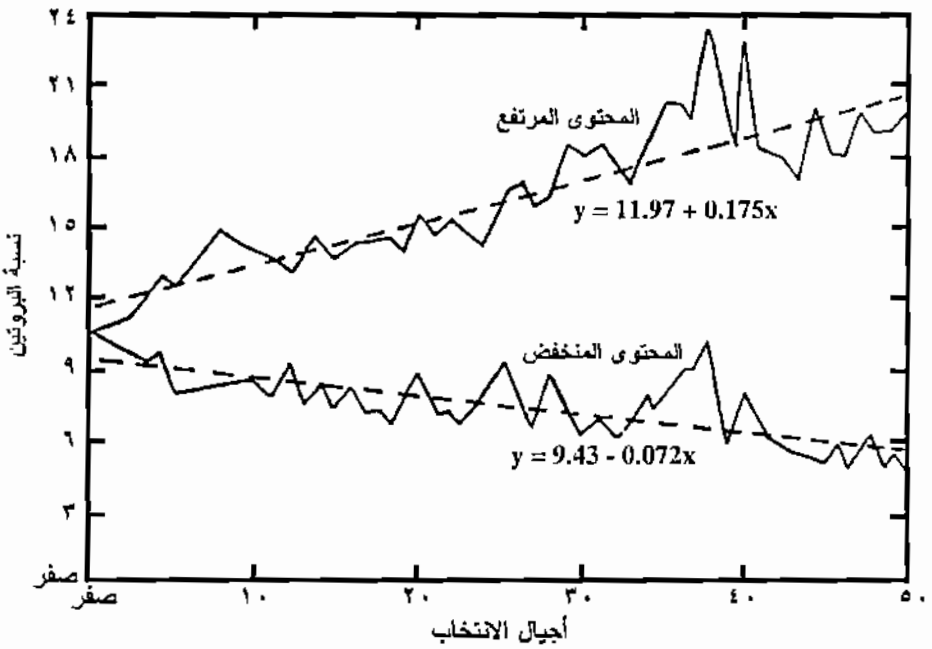
وقد أعطى الانتخاب لنسبة البروتين المرتفعة تحسنًا مستمرًا، حيث ارتفعت النسبة

من ١٠,٩٪ فى عشيرة الأساس إلى ١٣,٧٪، و ١٦,١٪، و ١٩,٣٪، و ٢٦,٦٪ فى الأجيال: الخامس، والعشرين، والخمسين، والسبعين على التوالى. وبالمقارنة .. فقد استمرت الاستجابة كذلك للانتخاب لنسبة البروتين المنخفضة؛ حيث انخفضت النسبة إلى ٩,٦٪، و ٧,٣٪، و ٤,٩٪، و ٤,٤٪ فى نفس الأجيال السابقة الذكر على التوالى. كذلك ارتفعت نسبة الدهون بانتظام من ٤,٧٪ إلى أن وصلت إلى أكثر من ١٥٪، بينما توقفت الاستجابة للانتخاب للمستوى المنخفض من الدهون عند حوالى ١٪ بعد ثلاثين عامًا من الانتخاب (شكلا ١-٤، و ١-٥). وفضلاً على ذلك .. فإن الانتخاب فى الاتجاه العكسى - لصفة نسبة البروتين أو الدهون بعد ٥٠ جيلاً من الانتخاب فى اتجاه ما - أحدث تغيرًا كبيرًا وسريعًا فى الصفة. حدث ذلك فى السلالات الأربع (العالية والمنخفضة من حيث نسبة البروتين أو الدهون)؛ مما يدل على أن العشيرة الأصلية كانت تحتوى على اختلافات وراثية أكثر مما كان متوقعًا.



شكل (١-٤): تأثير خمسون جيلاً من الانتخاب على نسبة الدهون فى حبوب الذرة. يمثل الخط المتصل النتائج الحقيقية، بينما يمثل الخط المتقطع القيم المتوقعة على أساس معادلات الارتباط المبينة (عن Allard ١٩٦٤).

ولسوء الحظ .. فإن سلالة الذرة المرتفعة فى نسبة البروتين كان غناها بالبروتين مرده إلى ارتفاع محتواها من البرولامينات prolamines (أو الزيين zein) وهى بروتينات فقيرة بالحامضين الأمينيين الضروريين ليسين lysine، وتربتوفان tryptophan؛ لذا .. فإن هذه السلالة لم تستعمل فى أى برنامج للتربية لتحسين نسبة البروتين فى الذرة. وقد كان محصول هذه السلالة منخفضًا؛ حيث لم يزدْ على نحو ثلث متوسط محصول الذرة بولاية إلينوى. ويبدو أن ذلك كان مرده إلى وجود علاقة سالبة بين المحصول ونسبة البروتين (عن Alexander ١٩٧٥).



شكل (١-٥): تأثير خمسون جيلاً من الانتخاب على نسبة البروتين فى حبوب الذرة. يمثل الخط المتصل النتائج الحقيقية، بينما يمثل الخط المتقطع القيم المتوقعة على أساس معادلات الارتباط المبينة.

طرز الاستجابة للانتخاب

يذكر Allard (١٩٦٤) خمسة طرز للاستجابة للانتخاب فى طريقة الانتخاب الإجمالى فى النباتات الخلطية التلقيح، يمكن إيجازها فيما يلى:

الطراز الأول .. يحدث فيه تقدم سريع مع الانتخاب، يليه بطء واضح. يحدث ذلك فى حالات الانتخاب لصفات خاصة، مثل طول النبات، واللون، والمقاومة لبعض الأمراض، وهى صفات يتحكم فيها جينات رئيسية major، ذات تأثير كبير على الصفة، وأخرى ثانوية minor ذات تأثير ضعيف. ويرجع التقدم السريع – فى البداية – إلى انتخاب الجينات الرئيسية، بينما يحدث التقدم البطئ الذى يعقب ذلك نتيجة لانتخاب الجينات الثانوية.

الطراز الثانى .. تحدث فيه استجابة بطيئة ومستمرة للانتخاب؛ ويحدث ذلك فى حالات الانتخاب للصفات التى يتحكم فيها عدد كبير من الجينات التى تتركز ببطء – وبصفة تدريجية – مع استمرار الانتخاب، ومن أمثلتها .. صفات المحتوى المرتفع – أو المنخفض – من البروتين، والمستوى المرتفع من الدهون فى الذرة.

الطراز الثالث .. تحدث فيه استجابة بطيئة ومستمرة لفترة، ثم تتوقف بعدها الاستجابة للانتخاب كلية. حدث ذلك فى حالة الانتخاب لصفة المحتوى المنخفض من الدهون فى الذرة؛ حيث استمر الانخفاض البطئ فى نسبة الدهون لنحو ٣٠ جيلاً، ثم توقف بعد ذلك. ورغم أن هذه الصفة يتحكم فيها آليلات أخرى من نفس الجينات التى تتحكم فى صفة المحتوى المرتفع من الدهون .. إلا أن الانخفاض فى نسبة الدهون كان مَصَاحَبًا بنقص مستمر فى حجم جنين الحبة، واستمر الانخفاض فى نسبة الدهون إلى أن أصبح الجنين صغيرًا للغاية؛ الأمر الذى أدى إلى ظهور عقبة فسيولوجية أمام الانتخاب رغم استمرار توفر الاختلافات الوراثية لتلك الصفة.

الطراز الرابع .. لا تحدث فيه أية استجابة للانتخاب. يحدث ذلك عند محاولة تحسين الصفات ذات درجات التوريث المنخفضة؛ مثل صفة المحصول بطريقة الكوز للخط؛ لأن مثل هذه الصفات تتطلب إجراء اختبار النسل الناتج من التلقيح الذاتى، بينما يستحيل ذلك بطريقة الكوز للخط.

الطرز الخامس .. تحدث فيه استجابة سريعة، ثم تتوقف الاستجابة، ثم تتكرر مرحلتا الاستجابة السريعة والتوقف مرة أخرى. يحدث ذلك فى الحالات التى توجد فيها اختلافات كامنة، لا تظهر إلا بعد حدوث عبور مناسب، يؤدى إلى ظهور تراكيب وراثية جديدة، تفيد فى عملية الانتخاب.