الأصناف المحسنة الثابتة وراثياً

تعرف الأصناف المحسنة improved varieties غير الهجين من المحاصيل الذاتية التلقيح بأنها ثابتة وراثيا stable ، وذاتية الإكثار self – reproducing ، وصادقة التربية true-breeding ؛ وذلك لأن هذه الأصناف تكثر بواسطة نسلها الناتج من التلقيح الذاتى الطبيعى ، ولاتتغير صفاتها من جيل إلى آخر . وتتميز هذه الأصناف بأنها تكون على درجة عالية من التجانس الوراثى highy homogenous لأنها تكثر – منذ بداية إنتاجها – من نباتات متجانسة مظهريا ووراثياً فى جميع الصفات الاقتصادية المهمة ، كما تتم المحافظة عليها من أى خلط وراثى باستئصال النباتات المخالفة للصنف التى تظهر كطفرات – أولاً بأول – من حقول إنتاج البذور ، التى تعزل بذورها عن حقول الأصناف الأخرى بمسافة مناسبة ، تمنع حدوث أى خلط ميكانيكى أو وراثى . ويكون كل نبات فى العشيرة أصيلاً وراثياً ، بدرجة تصل إلى ١٠٠٪ فى جميع الصفات الاقتصادية المهمة ، ولكن تبقى دائما حالات قليلة من الخلط الوراثى heterozygosity فى بعض المواقع التى لايكون لها تأثير مظهرى واضح . وبينما ترجع الأصالة إلى التلقيح الذاتى المستمر .. فإن الخلط الوراثى يحدث عقب التلقيحات الخلطية التى تحدث بنسبة منخفضة بين أفراد تكون حاملة لأليلات مختلفة من هذه الجينات .

الأصناف الهجين

تستخدم الأصناف المحسنة الثابتة وراثياً ، أو السلالات النقية كآباء لإنتاج الأصناف الهجين من المحاصيل الذاتية التلقيح . ونظراً لأن أياً من الآباء المستخدمة يكون أصيلاً وراثياً ، ولاينتج سوى نوع واحد من الجاميطات .. لذا فإن اتحاد جاميطات الأبوين ينتج عنه تركيب وراثى واحد هو الصنف الهجين ؛ أى إن الصنف الهجين يكون متجانسا بنسبة ١٠٠٪ أو قريباً من ذلك . هذا وتختلف الآباء المستخدمة فى إنتاج الصنف الهجين عن بعضها وراثياً – إلى حد كبير – (تزيد عادة قوة الهجين كلما بعدت القرابة بين الأبوين) وهو مايعنى أن النباتات الهجين تكون على درجة عالية من الخلط الوراثى highly heterozygous .

عشائر النباتات الخلطية التلقيح

تتميز عشائر النباتات الخلطية التلقيح – التى تكثر بالتلقيح الخلطى الطبيعى بين

أفرادها – بأنها تكون غير متجانسة وراثياً heterogenous ، كما تكون أفرادها خليطة وراثيا heterozygous ، ولكن تتفاوت النوعيات المختلفة من عشائر هذه النباتات فى درجتى عدم التجانس والخلط الوراثى ، وبعد التلقيح الخلطى – الذى تكثر به هذه العشائر فى الطبيعة – المسئول الأول عن حالتى عدم التجاس والخلط الوراثى فيها لأنه يؤدى إلى تكوين وانعزال تراكيب وراثية جديدة بصفة دائمة ، بينما لاتتوفر الفرصة لحدوث تلقيح ذاتى ، يمكن أن يؤدى إلى تأصيل الصفات ... وتشترك جميع الجينات الموجودة فى العشيرة الواحدة ، التى تدخل فى شتى التراكيب الوراثية التى تمثل أفراد العشيرة فيما يسمى بمجمع الجينات gene pool الذى يعطى – فى المتوسط – نفس التأثير فى الشكل المظهرى من جيل إلى آخر مادام أنه لايحدث تغيير فى نسبة الأليلات المختلفة لكل جين فى العشيرة . ولكن يتحدد مصير الجين فى العشائر الطبيعية بمدى تأثيره فى الشكل المظهرى ؛ فإن كان تأثيره ضاراً .. فإن نسبته تقل تدريجياً ، والعكس صحيح . وإذا كان الجين ذو التأثير الضار مرتبطاً بجين آخر ذى تأثير مفيد .. فإن نسبة الجين الضار تبقى مرتفعة – إلى حد ما – بسبب الانتخاب الذى يحدث لصالح الجين المفيد المرتبط معه . ولكن يتوقف التوازن النهائى على مدى الضرر الذى يحدثه الجين الضار ، ومدى الفائدة التى تعود من الجين المفيد . وعندما تصل العشيرة إلى حالة التوازن .. فإن نسبة أليلات الجينات المختلفة تظل ثابتة من جيل لآخر مادامت الظروف البيئية لم تتغير .

وبناء على ما تقدم بيانه .. فليس هدف مربى المحاصيل الخلطية التلقيح هو البحث عن نبات ، أو مجموعة نباتات ذات تركيب وراثى جيد ، بل هو البحث عن مجمع للجينات تعطى أفرادها – معاً – أشكالاً مظهرية مرغوباً فيها ومتقاربة (رغم أنها تكون خليطة وتختلف وراثياً عن بعضها) مع دوام نفس التأثير جيلا بعد آخر . ويمكن القول .. إن مصير أى جين فى مجمع الجينات يتوقف على مدى تأثيره فى كل من الحالات التالية

١– الحالة الأصيلة .

٢– الحالة الخليطة مع الأليلات الأخرى للجين فى نفس الموقع .

٣– حالات الانعزالات التى تؤثر فيها جينات أخرى غير أليلية عليها (حالات التفوق epistasis) .

٤– حالات الارتباط الشديد مع الجينات الأخرى الضارة أوالمفيدة .

يتضح من كل ما تقدم أن فهم الأساس الوراثى للنباتات الخلطية التلقيح .. يتطلب دراسة الجينات فى العشائر ، ويعد قانون هاردى – فينبرج وسيلة لتحقيق هذا الهدف .

قانون هاردى – فينبرج

يستخدم قانون هاردى – فينبرج Hardy - Weinberg Law فى دراسة العشائر المندلية Mendelian populations ، وهى العشائر التى تتكون من أفراد تتزاوج مع بعضها جنسياً . وقد بدأت دراسة العشائر من الوجهة الوراثية منذ عام ١٩٠٨ ، حينما قدم كل من هاردى فى انجلترا ، و فينبرج فى المانيا (فى عام ١٩٠٩) قواعد جديدة لدراسة تكرار الجينات gene frequencies فى العشائر المندلية . ويُقصَد بالتكرار الجينى لجين ما فى العشيرة .. توضيح إن كان هذا الجين نادراً فى العشيرة أو غير نادر بالنسبة لأليلاته الأخرى الموجودة فى نفس العشيرة . وقد أظهر هاردى وفينبرج أن العشائر المندلية تحتوى على أى نسب لكل من الأليلات السائدة والمتنحية لأى جين دونما أية علاقة بالنسب المندلية المعروفة ، وأن التكرار النسبى لكل أليل يبقى ثابتاً من جيل إلى آخر ، بافتراض توفر الشروط التالية :

١– ألا يحدث انتخاب طبيعى ، أو انتخاب بواسطة الإنسان لصالح أى من التراكيب الوراثية فى العشيرة ، أو ضدها .

٢– أن يكون التزاوج بين أفراد العشيرة عشوائيا random mating ويقصد بذلك أن يكون لكل نبات نفس الفرصة لأن يُلقَّح بحبوب لقاح من أى نبات آخر

٣– أن تكون العشيرة كبيرة بالقدر الذى يسمح بحدوث كل التزاوجات الممكنة بين أفرادها .

٤– ألا تحدث هجرة migration إلى العشيرة من عشائر مندلية أخرى .

٥– أن يكون معدل حدوث الطفرات الشائعة واحداً فى كلا الاتجاهين ، أى بنفس المعدل من A إلى a مثلاً ، كما هو من a إلى A .

٦– أن تتساوى جميع أفراد العشيرة فى حيويتها وخصوبتها .

وينص قانون هاردى – فينبرج على أنه إذا كانت نسبة الأليلين A و a فى عشيرة مندلية فى p وq على التوالى (حيث q+p = ١) .. فإن نسب التراكيب الوراثية المختلفة

تكون كما يلى :

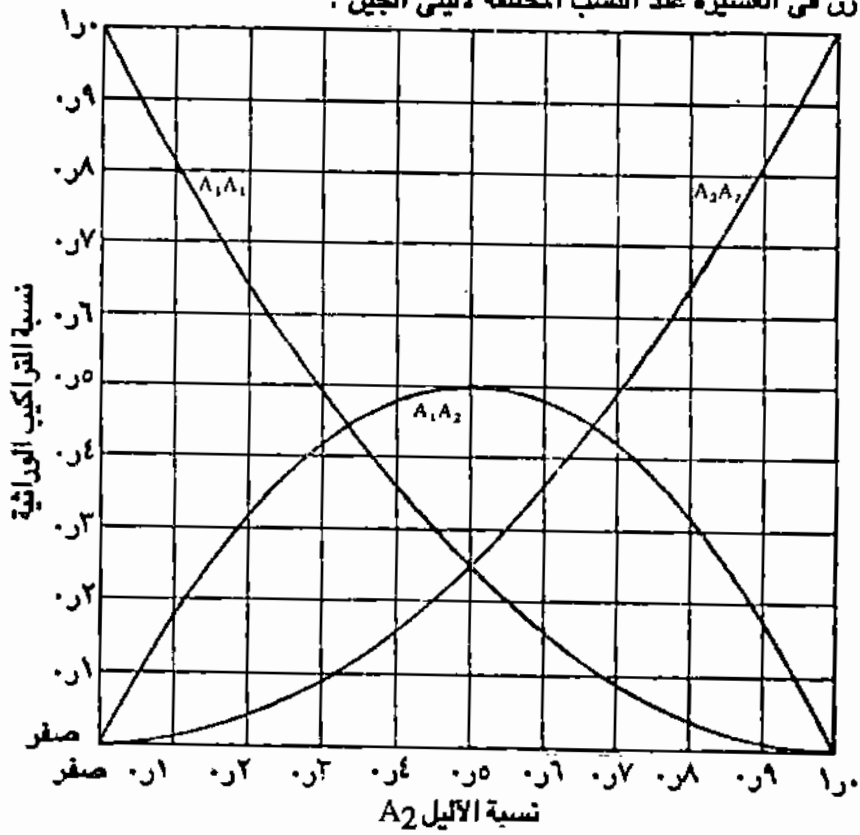
$$p^2 = AA$$

$$2pq = Aa$$

$$q^2 = aa$$

حيث $1 = q^2 + 2pq + p^2$

وتصل أية عشيرة إلى حالة التوازن الوراثى بعد جيل واحد من التزاوج العشوائى ، وتظل على حالة التوازن هذه (من حيث نسب التراكيب الوراثية الأصيلة السائدة ، والخليطة ، والأصيلة المتنحية لكل موقع جينى) ما دامت شروط القانون قد تحققت . ويبين شكل (٣-٣) نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة ، التى تصل إليها حالة التوازن فى العشيرة عند النسب المختلفة لأليلى الجين .



شكل (٣-٣) : نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة التي تصل إليها حالة التوازن في العشيرة عند النسب المختلفة لأليلي الجين . يبين المحور الأفقي نسبة الأليل A_2 ما نسبة الأليل A_1 فتكون قيمتها 1 - A_2 عند كل قيمة لنسبة الأليل A_2 (Falconer ١٩٨١)

ويمكن إثبات قانون هاردى – فينبرج على النحو التالى : إذا افترضنا وجود زوج من الأليلات A_1 , A_2 فى أحد المواقع الجينية ، ورمزنا لنسب الأليلات والتراكيب الوراثية الأصيلة والسائدة كما يلى :

الجينات		التراكيب الوراثية		
A_1	A_2	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
p	q	P	H	Q

فإن ذلك يعنى وجود ٩ تزاوجات عشوائية ممكنة بين التراكيب الوراثية المختلفة يمكن أن تأخذ الرموز التالية :

التراكيب الوراثية ونسبتها فى الأم		التراكيب الوراثية ونسبتها فى الأب		
		A_1A_1 P	A_1A_2 H	A_2A_2 Q
A_1A_1	P	p^2	PH	PQ
A_1A_2	H	PH	H^2	HQ
A_2A_2	Q	PQ	HQ	Q^2

ونظراً لأنه لايهم مصدر الجاميطات أهى من الأب أم من الأم ؛ لذا .. فإنه يمكن ضم أنواع ونسب الجاميطات معاً ، كما يظهر فى العمود الأيمن من جدول (٣ – ٨) . يلاحظ فى الجدول أن التزاوج $A_1A_1 \times A_1A_1$ يحدث بنسبة p^2 ، وينتج منه تركيب وراثى واحد هو A_1A_1 تكون نسبته p^2 أيضاً أما التراكيب $A_1A_2 \times A_1A_2$ الذى يحدث بنسبة H^2 فإنه ينتج التراكيب الوراثية الثلاثة A_1A_1 بنسبة $\frac{1}{4}H^2$ ، و A_1A_2 بنسبة $\frac{1}{2}H^2$ ، و A_2A_2 بنسبة $\frac{1}{4}H^2$. وبذا .. فإنه يمكن الحصول على التراكيب الوراثية التى تنتج من كل تزاوج ونسبتها . تظهر محصلة جميع التزاوجات أسفل الجدول ؛ حيث يتبين أن نسبة التراكيب الوراثية المتحصل عليها من جميع التزاوجات هى p^2 ، و $2pq$ ، و q^2 للتراكيب الوراثية A_1A_1 ، A_1A_2 ، و A_2A_2 على التوالى ، وهو ما يثبت وصول

العشيرة إلى حالة التوازن بعد جيل واحد من التلقيح العشوائي (Falconer ١٩٨١) .

جدول (٣ – ٨) : نسب التراكيب الوراثية المتحصل عليها بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي لعشيرة ، يوجد فيها ثلاثة تراكيب وراثية هي A_1A_1 بنسبة P ، وA_1A_2 بنسبة H ، وA_2A_2 بنسبة Q .

التزاوج		التراكيب الوراثية التي تنتج من التزاوجات ونسبتها		
نوع التزاوج	نسبته	A_1A_1	A_1A_2	A_2A_2
$A_1A_1 \times A_1A_1$	P^2	P^2	——	——
$A_1A_1 \times A_1A_2$	2PH	PH	PH	——
$A_1A_1 \times A_2A_2$	2PQ	——	2PQ	——
$A_1A_2 \times A_1A_2$	H^2	$\frac{1}{4}H^2$	$\frac{1}{2}H^2$	$\frac{1}{4}H^2$
$A_1A_2 \times A_2A_2$	2HQ	——	HQ	HQ
$A_2A_2 \times A_2A_2$	Q^2	——	——	Q^2
المجموع		$(P+\frac{1}{2}H)^2$	$2(P+\frac{1}{2}H)(Q+\frac{1}{2}H)$	$(Q+\frac{1}{2}H)^2$
		p^2	2pq	q^2

وكمثال على ما تقدم بيانه .. نفترض أن المربى كون عشيرة بزراعة ٢٠ نباتاً أصيلاً متنحياً (aa) مع ٤٠ نباتاً خليطاً (Aa) ، و ٤٠ نباتاً أصيلاً سائداً (AA) فى إحدى الصفات والمطلوب هو معرفة هل هذه العشيرة فى حالة توازن ؟ وإن لم تكن كذلك .. فمتى تصل إلى حالة التوازن ؟ وما حالة التوازن التى تصل إليها حينئذ ؟ وتتطلب الإجابة عن هذه الأسئلة أن نفترض حدوث تلقيح عشوائى بين هذه النباتات ، لنعرف ماسيكون عليه وضع العشيرة فى الجيل التالى .

عندما تكّون هذه العشيرة جاميطاتها المذكرة والمؤنثة .. فإنها تكون على النحو التالى : تنتج الآباء حبوب لقاح تحمل الأليل (A) ، وتكون نسبتها p = ٤٠ , ٠ (من التراكيب الوراثية

AA) + ٠,٢ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٦ ، كما تنتج حبوب لقاح أخرى تحمل الأليل (a) تكون نسبتها q = ٠,٢ (من التراكيب الوراثية Aa) + ٠,٢ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٤ وتنتج الأمهات – فى نفس الوقت – بيضات تحمل الأليل (A) بنسبة p = ٠,٦ ، وبيضات تحمل الأليل (a) بنسبة q = ٠,٤ أيضاً . ويؤدى التزاوج الاعتباطى بينها إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المختلفة فى الجيل الثانى كما يلى :

	الأمهات	
الآبـــــــاء	A = p = ٠,٦	a = q = ٠,٤
A = p = ٠,٦	AA = p2 = ٠,٣٦	Aa = pq = ٠,٢٤
a = q = ٠,٤	Aa = pq = ٠,٢٤	aa = q2 = ٠,١٦

أى إن AA = p2 = ٠,٣٦ ، و Aa = 2pq = ٠,٤٨ ، و aa = q2 = ٠,١٦ وتلك هى حالة التوازن التى تصبح عليها العشيرة ، وهى التى تصل إليها بعد جيل واحد من التلقيح الخلطى العشوائى ، تبعًا لقانون هاردى – فينبرج .

ولإثبات أن هذا الوضع الجديد هو – فعلا– حالة التوازن التى تظل عليها العشيرة .. نفترض حدوث تلقيح خلطى مرة أخرى ؛ لنعرف ما سيكون عليه وضع العشيرة بعد جيل آخر من التلقيح العشوائى . وتنتج هذه العشيرة حبوب لقـــاح ، تحمل الأليل (A) بنسبة q = ٠,٣٦ (من التراكيب الوراثية AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٦٠ ، كما تنتج حبوب لقاح أخرى تحمل الأليل (a) تكون نسبتها q = ٠,١٦ (من التراكيب الوراثية aa) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٤٠ وتنتج الأمهات –فى الوقت نفسه - بيضات تحمل الأليل (A) بنسبة p = ٠,٦ ، وبيضات تحمل الأليل (a) بنسبة q = ٠,٤ أيضًا . ويلاحظ أن نسب الجاميطات المتكونة فى نفس النسب التى كانت عليها الجاميطات فى الجيل السابق ؛ لذا .. فإن التزاوج الاعتباطى بينها لايغير من نسب التراكيب الوراثية المختلفة فى العشيرة . أى إن العشيرة كانت قد وصلت بالفعل إلى حالة التوازن الوراثى بعد جيل واحد من التلقيح الخلطى العشوائى ، وتظل على هذا الوضع مادامت شروط تطبيق القانون قد تحققت .

ويطبق القانون – أيضاً – فى حالة وجود ثلاثة أليلات للجين فى العشيرة ، وينص القانون – فى هذه الحالة– على أنه إذا كانت نسبة الأليلات A_1 ، و A_2 ، و A_3 فى عشيرة مندلية هى p ، و q ، و r على التوالى (حيث $p + q + r = 1$) . فإن نسب التركيب الوراثية المختلفة تكون كما يلى :

$$p^2 = A_1A_1$$

$$q^2 = A_2A_2$$

$$r^2 = A_3A_3$$

$$2pq = A_1A_2$$

$$2pr = A_1A_3$$

$$2qr = A_2A_3$$

حيث $1 = 2qr + 2pr + 2pq + r^2 + q^2 + p^2$

وتصل أية عشيرة إلى حالة التوازن الوراثى بعد جيل واحد من التزاوج العشوائى ، وتظل على حالة التوازن هذه مادامت شروط القانون قد تحققت .

وسواء وجدت ثلاثة أليلات أم أكثر من كل جين .. فإن اهتمام المربى يكون منصباً على أليل واحد منها وينظر إلى بقية الأليلات مجتمعة كأليل ثانٍ . وبذا .. يستمر استعمال القانون بنفس طريقة استعماله عند وجود أليلين فقط للجين .

ويستخدم قانون هاردى – فينبرج فى تقدير مدى التقدم الذى يمكن إحرازه فى تنقية عشيرة ماخلطية التلقيح ، من صفة متنحية غير مرغوب فيها ، علما بأن الجينات التى تتحكم فى مثل هذه الصفات .. تظل دائماً مختفية فى الحالة الخليطة . ويؤدى التخلص من النباتات المتنحية الأصلية – التى تظهر بها الصفة قبل الإزهار– إلى إحراز تقدم كبير فى خفض نسبة الأليل المتنحى غير المرغوب فيه (أى خفض q) فى الأجيال الأولى من الانتخاب ، عندما تكون قيمة q أصلا كبيرة ، ثم يقل مدى التقدم الذى يمكن إحرازه فى كل جيل من الانتخاب ، كلما انخفضت قيمة q كما يتبين من جدول (٣-٨) . أما إذا اجرى الانتخاب (استبعاد النباتات غير المرغوب فيها) بعد الإزهار .. فإن الانخفاض فى

قيمة q يقل معدله بعد كل جيل من الانتخاب إلى نصف ماتكون عليه الحال عند إجراء الانتخاب قبل الإزهار ، لأن حبوب اللقاح التى تخصب بويضات النباتات المنتخبة تكون من كل من النباتات المرغوب فيها وغير المرغوب فيها على حد سواء .

جدول (٣ ٩) تأثير استبعاد جميع الأفراد الحاملة لصفة متنحية غير مرغوب فيها (q2) على نسبة الأليل المتنحى (q) فى عشيرة مندلية خلطية التلقيح (عن Burns ١٩٨٣)

عدد الأجيال الانتخابية ضد الصفة	نسبة الأليل المتنحى (q)
صفر (عشيرة الأساس)	٠,٥٠٠
١	٠,٣٣٣
٢	٠,٢٥٠
٣	٠,٢٠٠
٤	٠,١٦٧
٥	٠,١٤٣
٦	٠,١٢٥
٧	٠,١١١
٨	٠,١٠٠
٩	٠,٠٩١
١٠	٠,٠٨٣
٢٠	٠,٠٤٩
٣٠	٠,٠٣٣
١٠٠	٠,٠١٠
١٠٠٠	٠,٠٠١

وكمثل على ماتقدم بيانه .. نفترض أن عشيرة فى حالة توازن كانت فيها نسبة النباتات المتنحية الأصيلة aa = q^2 = ٠,٣٦ ويعنى ذلك أن نسبة الأليل المتنحى (a) = q = $\sqrt{٠,٣٦}$ = ٠,٦ ، وأن نسبة الأليل السائد (A) = p = ١-q = ١-٠,٦ = ٠,٤ ، وبهذا .. تكون نسبة التركيب الوراثى السائد الأصيل AA = p^2 = ٠,٤ × ٠,٤ = ٠,١٦ ، ونسبة التركيب الوراثى السائد الخليط Aa = 2pq = ٢ × ٠,٤ × ٠,٦ = ٠,٤٨ .

فإذا أمكن التخلص من جميع النباتات التى تحمل التركيب الوراثى المتنحى aa قبل الإزهار .. فإن النباتات المتبقية تكون آباء وأمهات للجيل التالى ، وتنتج جاميطاتها على

النحو التالى : تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل السائد (A) تكون نسبتها p = [٠,١٦ (من التراكيب الوراثية AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى)] = ٠,٦٢٥ ، كما تتكون أيضاً حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها q = ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى) = ٠,٣٧٥ وتتكون فى الوقت نفسه بيضات بالطريقة نفسها ، تكون نسبتها p = ٠,٦٢٥ للبيضات الحاملة للآليل السائد (A) ، وq = ٠,٣٧٥ للبيضات الحاملة للآليل المنتحى (a) . ويلاحظ أن مجموع q+p = ٠,٦٢٥ + ٠,٣٧٥ = ١,٠ ، وهو مايؤكد دقة الحسابات . يؤدى التزاوج الاعتباطى بين هذه الجاميطات ، إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المتكونة فى الجيل التالى كما يلى :

الآبـــــــاء	الأمهات	
	$p = A = ٠,٦٢٥$	$q = a = ٠,٣٧٥$
$p = A = ٠,٦٢٥$	$p^2 = AA = ٠,٣٩١$	$pq = Aa = ٠,٢٣٤$
$q = a = ٠,٣٧٥$	$pq = Aa = ٠,٢٣٤$	$q^2 = aa = ٠,١٤١$

أى إن $p^2 = AA = ٠,٣٩١$ ، و$2pq = Aa = ٠,٤٦٨$ ، و$q^2 = aa = ٠,١٤١$ (يلاحظ أن مجموع التراكيب الوراثية = ١,٠ ، وهو مايؤكد دقة الحسابات) . يتضح مما تقدم .. أن استبعاد جميع النباتات الحاملة للصفة المتنحية بحالة أصيلة - قبل الإزهار - أدى إلى تخفيض نسبة الآليل (a) فى العشيرة من ٠,٦ إلى ٠,٣٧٥ [=٠,١٤١ + (٠,٤٦٨ ÷ ٢)] ، ونسبة النباتات المتنحية الأصيلة من ٠,٣٦ إلى ٠,١٤١ بعد جيل واحد من الانتخاب .

أما إذا لم يمكن التخلص من النباتات التى تحمل التركيب الوراثى المتنحى aa إلا بعد الإزهار .. فإن ذلك يعنى أن هذه النباتات سوف تشارك بحبوب اللقاح فى مجمع الجينات ولكنها لاتشارك بالبيضات ؛ وبذا .. فإن نسب الجاميطات الحاملة للآليلين (A) ، و (a)

سوف تختلف بين حبوب اللقاح والبيضات على النحو التالى :

تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل (A) ، تكون نسبتها p = ٠,١٦ (من التراكيب الوراثية AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٤ ، كما تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها q = ٠,٣٦ (من التراكيب الوراثية aa) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٦ يلاحظ أن مجموع q+p = ٠,٤ + ٠,٦ = ١,٠ .

تتكون – أيضاً – بيضات تحمل الآليل (A) ، تكون نسبتها p =[٠,١٦ (من التراكيب الوراثية AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات المؤنثة)] = ٠,٦٢٥ ، كما تتكون – أيضاً – بيضات تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها q = ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات المؤنثة للجيل التالى) = ٠,٣٧٥ يلاحظ أن مجموع q+p = ٠,٦٢٥ + ٠,٣٧٥ = ١,٠ ، وهو ما يؤكد دقة الحسابات . يؤدى التزاوج الاعتباطى بين الجاميطات المذكرة والمؤنثة المتكونة ، إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المتكونة فى الجيل التالى على النحو التالى :

	الأمهات	
الآبـــــاء	$p = A$ = ٠,٦٢٥	$q = a$ = ٠,٣٧٥
$p = A$ = ٠,٤	$p^2 = AA$ = ٠,٢٥٠	$pq = Aa$ = ٠,١٥٠
$q = a$ = ٠,٦	$pq = Aa$ = ٠,٣٧٥	$q^2 = aa$ = ٠,٢٢٥

أى إن $p^2 = AA$ = ٠,٢٥٠ ، و$(2pq) = Aa$ = ٠,٥٢٥ ، و$q^2 = aa$ = ٠,٢٢٥ (يلاحظ أن مجموع نسب التراكيب الوراثية = ١,٠ ، وهو ما يؤكد دقة الحسابات) . يتبين مما تقدم .. أن استبعاد جميع النباتات الحاملة للصفة الأصيلة بعد الإزهار أدى إلى خفض نسبة الآليل (a) فى العشيرة من ٠,٦ إلى ٠,٤٨٧٥ [=٠,٢٢٥ +(٠,٥٢٥÷٢)] ، ونسبة النباتات المتنحية الأصلية من ٠,٣٦ إلى ٠,٢٢٥ بعد جيل واحد من الانتخاب .

ويتضح – لدى مقارنة الانتخاب قبل الإزهار بالانتخاب بعده – أن مقدار الانخفاض فى

نسبة الأليل غير المرغوب فيه كان : ٠,٦ - ٠,٣٧٥ = ٠,٢٢٥ عندما أجرى الانتخاب قبل الإزهار ، بينما كان ٠,٦ - ٠,٤٨٧٥ = ٠,١١٢٥ عندما أجرى الانتخاب بعد الإزهار . أى إن فاعلية الانتخاب قبل الإزهار كانت ضعف فاعلية الانتخاب بعد الإزهار .

الأصناف البلدية (غير المحسنة)

تتميز الأصناف البلدية غير المحسنة من المحاصيل الخلطية التلقيح بأنها تكون على درجة عالية من عدم التجانس الوراثى highly heterogenous ، الذى يكون مصاحباً بقدر كبير من عدم التجانس المورفولوجى ؛ لأن نباتات العشيرة تكون غالبا غير متجانسة فى كل من الصفات الاقتصادية الظاهرة وغير الظاهرة (وهى التى يلزمها التعرض لظروف بيئية معينة ؛ حتى يمكن تمييزها) على حد سواء . وبالإضافة إلى ذلك .. فإن كل نبات فى العشيرة يكون خليطاً بدرجة عالية highly heterozygous . ويكون مرد ذلك كله إلى التلقيح الخلطى ، مع حالة الإهمال التى تعامل بها الأصناف البلدية -عادة- حيث لاتجرى محاولات لتحسينها ، وجعلها أكثر تجانساً .

الأصناف المحسنة المفتوحة التلقيح

يطلق على الأصناف المحسنة التى تكثر بالتلقيح الخلطى الطبيعى العشوائى بين أفرادها اسم الأصناف المفتوحة التلقيح Open-pollinatod Varieties . ونظراً لأن هذه الأصناف تعد محسنة ؛ لذا .. فإنها تكون -عادة- أصيلة فى الصفات الاقتصادية المهمة ، خاصة النوعية منها ؛ فإذا كان الصنف المفتوح التلقيح المحسن مقاومًا لمرض معين ، أو يتميز بلون أو شكل معين للثمار .. فإن جميع نباتات الصنف تكون أصيلة ومتجانسة فى هذه الصفات . كما يحاول المربى -أيضاً- تأصيل الصفات الكمية المهمة ، ولكن هذا الهدف ربما لايتحقق كاملاً ؛ وبذا .. يبقى جزء من الجينات التى تتحكم فى الصفات الكمية الاقتصادية ، والجينات الأخرى التى تتحكم فى الصفات غير المنظورة بحالة خليطة ، ويتحدد المظهر العام للعشيرة بحالة التوازن التى تصل إليها نسب أليلات كل جين ، تبعاً لقانون هاردى - فينبرج . ويساعد التلقيح الخلطى المستمر على بقاء النباتات خليطة heterozygous ، والعشيرة غير متجانسة heterogenous فى هذه الصفات . وتتوقف درجتا الخلط وعدم التجانس الوراثى على نسبة المواقع الجينية غير الأصيلة ، وهى

التى تقل كلما أعطى المربى اهتماماً أكبر لتجانس الصفات فى العشيرة ، قبل نشر زراعتها كصنف جديد .

السلالات المرباة داخليًا

تستعمل السلالات المرباة داخليًا Inbred lines من المحاصيل الخلطية التلقيح كآباء فى الهجن التجارية ، وهى تنتج بالتلقيح الذاتى الصناعى المستمر لعدة أجيال ، وهو مايعرف بالتربية الداخلية Inbreeding ، ويغطى هذا المرضوع بالتفصيل فى الفصل الخاص بالأصناف الهجين .

تتميز السلالات المرباة – داخليًا – بأنها تكون على درجة عالية من التجانس الوراثى highly homogenous، وأن نباتاتها تكون على درجة عالية من الأصالة الوراثية highly homozgyous ، ولكن بدرجة أقل مما فى السلالات النقية pure lines التى يكون تجانسها وأصالتها الوراثية تامين ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التلقيح الذاتى الصناعى المتبع فى إنتاج السلالات المرباة داخليًا نادراً مايدوم لأكثر من ستة أجيال ، ثم تكثر السلالات – بعد ذلك – بالتلقيح الخلطى بين نباتات كل سلالة sib pollination . ويسمح هذا العدد من أجيال التلقيح الذاتى بوجود نسبة بسيطة من الأفراد الخليطة فى كل موقع جينى لم يكن بحالة أصيلة منذ البداية ، كما يؤدى إكثار السلالة بالتلقيح الخلطى بين نباتاتها إلى حدوث بعض الانعزالات الوراثية ، وهو مايجعلها أقل تجانساً من السلالات النقية .

ونظراً لأن بعض الأنواع النباتية تتدهور بشدة مع التربية الداخلية ؛ لذا .. فإن المربى يلجأ إلى إكثارها بالتلقيح الخلطى بين نباتات النسل الواحد بعد الجيل الثالث ، أو الرابع للتلقيح الذاتى ، ويقابل ذلك نقص فى كل من درجتى التجانس الوراثى والأصالة الوراثية

الأصناف الهجين

تتشابه هجن المحاصيل الخلطية التلقيح مع هجن المحاصيل الذاتية التلقيح فى كونها على درجة عالية من التجانس الوراثى highly homogenous ، وأن نباتاتها خليطة وراثيًا بدرجة عالية highly heterozygous . ويقال فى تفسير ذلك ماسبق ذكره بالنسبة

لهجن المحاصيل الذاتية التلقيح ؛ لأن الآباء التى تستخدم فى إنتاج الهجن فى كليهما عبارة عن سلالات أصيلة لاتنعزل . ويشذ عن ذلك هجن بعض المحاصيل الخطية التلقيح ، التى تتدهور بشدة بالتربية الداخلية ، والتى لايمكن إكثار سلالاتها المرباة داخلياً بالتلقيح الذاتى بعد الجيل الثالث .

عشائر النباتات الخضرية التكاثر

يؤدى تراكم الطفرات المستمر فى النباتات الخضرية التكاثر إلى جعلها على درجة عالية من الخلط الوراثى highly heterozygous ، خاصة أنها تتكاثر -خضريًا- ولاتمر بالتلقيح الذاتى ؛ فإذا حدثت طفرة ، وغيرت موقعاً جينياً مثلا من AA إلى Aa .. فإنه يبقى على هذه الصورة مع استمرار الإكثار الخضرى . ويؤدى ظهور مزيد من الطفرات على مر السنين -فى نسل نفس النبات الذى ظهرت فيه الطفرة- إلى أن يصبح النبات خليطا بدرجة كبيرة ، وهذا هو الطابع العام المميز لجميع عشائر النباتات الخضرية التكاثر ، ولكنها تختلف فيما بينها فى درجة التجانس الوراثى homogenity بين أفرادها .

العشائر الطبيعية

تتميز العشائر الطبيعية من النباتات الخضرية التكاثر بأنها تكون على درجة عالية من عدم التجانس الوراثى higly heterogenous ، ويرجع ذلك إلى أن الطفرة التى تظهر فى نبات ماتظل محصورة فى نسل هذا النبات فقط . ونظراً لأن الطفرات تظهر عشوائياً فى أى نبات ؛ لذا .. نجد أن العشيرة الطبيعية تتباين كثيراً فى صفاتها الوراثية ، ويكون ذلك مصاحباً بتباين مماثل فى الشكل المظهرى لنباتاتها .. وتكون العشائر الطبيعية على درجة عالية من الخلط الوراثى ؛ مثل بقية عشائر النباتات الخضرية التكاثر .

الأصناف البلدية غير المحسنة

تتشابه الأصناف البلدية غير المتجانسة مع العشائر الطبيعية -وراثيًا- إلى حد كبير ، إلا أنها تكون على درجة أعلى من التجانس الوراثى بين أفرادها ؛ بسبب اهتمام المزارعين بإكثار النباتات المتميزة فى صفاتها . وبرغم أن نباتات البستان الواحد قد تكون متجانسة