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 جنسيًا. وقد بدأت دراسة العشائر من الوجهة الوراثية منذ عام ١٩٠٨. حينما قدم كل من هاردى فى إنجلترا. وفينبرج من ألمانيا (فى عام ١٩٠٩) قواعد جديدة لدراسة تكرار الجينات gene frequencies فى العشائر المندلية. ويُقصد بالتكرار الجينى لجين ما فى العشيرة .. توضيح إن كان هذا الجين نادرًا فى العشيرة أو غير نادر بالنسبة لآليلاته الأخرى الموجودة فى نفس العشيرة.

جدول (٦-٣): الخصائص العامة المميزة لمختلف العشائر النباتية (عن Chopra ٢٠٠٠).

العشيرة (أ)	نوع اللقيح	التركيب الوراثى للفرد	التركيب الوراثى للعشيرة	الثبات مع الإكثار	إمكانية إعادة تكون العشيرة مرة أخرى
السلالة النقية	ذاتى	أصيل	متجانسة	ثابتة	غير ممكنة
الهجين	ذاتى وخلطى	خليط	متجانس	غير ثابت	ممكنة
الـ composites	خلطى	أصيل وخليط	غير متجانسة	ثابتة مورفولوجيا	غير ممكنة
التركيبية	خلطى	أصيل وخليط	غير متجانسة	ثابتة مورفولوجيا	ممكنة
متعددة السلالات	ذاتى	أصيل	غير متجانسة	ثابتة	ممكنة
مخاليط الأصناف	ذاتى	أصيل	غير متجانسة	ثابتة	ممكنة

(أ) تعتبر جميع العشائر متجانسة مورفولوجيًا.

وقد أظهر هاردى وفينبرج أن العشائر المندلية تحتوى على أى نسب لكل من الآليلات السائدة والمتنحية لأى جين دونما أية علاقة بالنسب المندلية المعروفة، وأن التكرار النسبى لكل آليل يبقى ثابتًا من جيل إلى آخر إذا ما توفرت شروط معينة.

افتراضات قانون هاردى/فينبرج

يفترض قانون هاردى/فينبرج 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 عشوائيًا 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 واحدًا 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.

نص قانون هاردى/فينبرج

ينص قانون هاردى/فينبرج على أنه إذا كانت نسبة الآليلين A و a فى عشيرة مندلية هى p و q على التوالى (حيث $p + q = 1$) .. فإن نسب التراكيب الوراثية المختلفة تكون كما يلى:

$$p^2 = AA$$

$$2pq = Aa$$

$$2q = aa$$

حيث $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

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 (٦–٣) نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة، التى تصل إليها حالة التوازن فى العشيرة عند النسب المختلفة لآليلى الجين.

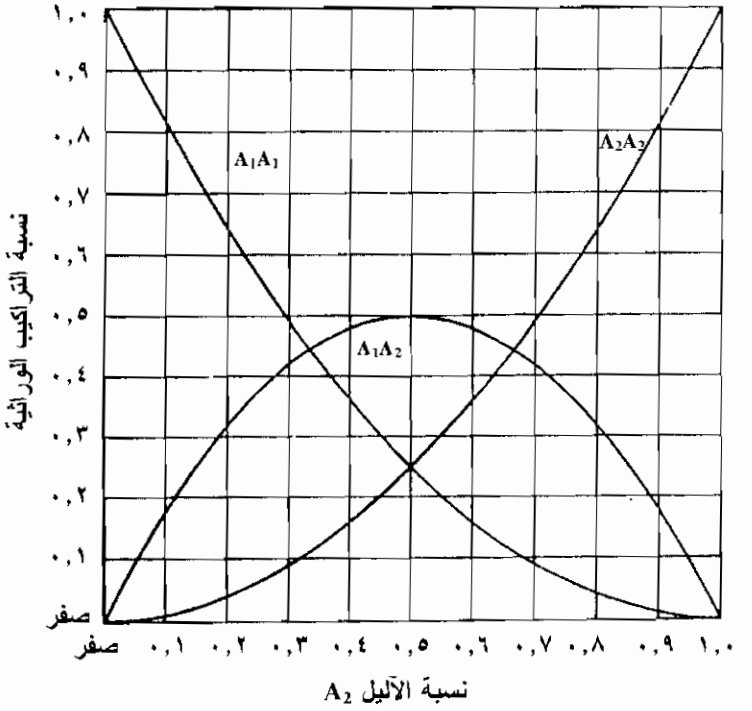
إثبات قانون هاردى/فينبرج

يمكن إثبات قانون هاردى–فينبرج على النحو التالى: إذا افترضنا وجود زوج من الآليلات A_1 و A_2 فى أحد المواقع الجينية، ورمزنا لنسب الآليلات 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	A_1A_2	A_2A_2
		P	H	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



شكل (٦–٣): نسب التراكيب الوراثية المختلفة الأصيلة والخليطة التى تصل إليها حالة التوازن فى العشيرة عند النسب المختلفة لآليلى الجين. يبين المحور الأفقى نسبة الآليل A_2، أما نسبة الآليل A_1 فتكون قيمتها A_2-1 عند كل قيمة لنسبة الآليل A2 (Falconer ١٩٨١).

ونظرًا لأنه لا يهم مصدر الجاميطات أهى من الأب أم من الأم، لذا .. فإنه يمكن ضم أنواع ونسب الجاميطات معًا، كما يظهر فى العمود الأيمن من جدول (٦-٤). يلاحظ فى الجدول أن التزاوج $A_1A_1 \times A_1A_1$ يحدث بنسبة p^2. وينتج عنه تركيب وراثى واحد هو A_1A_1 تكون نسبته p^2 أيضًا. أما التلقيح $A_1A_2 \times A_1A_2$ 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، و A_1A_2، و A_2A_2 على التوالى، وهو ما يثبت وصول العشيرة إلى حالة التوازن بعد جيل واحد من التلقيح العشوائى (Falconer ١٩٨١).

جدول (٦-٤): نسب التراكيب الوراثية المتحصل عليها بعد جيل واحد من التزاوج العشوائى لعشيرة يوجد فيها ثلاثة تراكيب وراثية هى A_1A_1 بنسبة **P**، و A_1A_2 بنسبة **H**، و A_2A_2 بنسبة **Q**.

التزاوج		التراكيب الوراثية التى 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

مثال افتراضى على إثبات قانون هاردى-فينبرج

كمثال على ما تقدم بيانه .. نفترض أن المربى كون عشيرة بزراعة ٢٠ نباتًا أصيلاً متنحيًا (aa) مع ٤٠ نباتًا خليطًا (Aa)، و ٤٠ نباتًا أصيلاً سائدًا (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 ما سيكون عليه وضع العشيرة فى الجيل التالى.

عندما تكوّن هذه العشيرة جاميطاتها المذكرة والمؤنثة .. فإنها تكون على النحو التالى:

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

	الأمهات	
الآباء	٠,٦ = p = A	٠,٤ = q = a
٠,٦ = p = A	٠,٣٦ = p^2 = AA	٠,٢٤ = pq = Aa
٠,٤ = q = a	٠,٢٤ = pq = Aa	٠,١٦ = q^2 = aa

أى إن ٠,٣٦ = p^2 = AA، و ٠,٤٨ = 2pq = Aa، و ٠,١٦ = q^2 = aa 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 – فعلاً – حالة التوازن التى تظل عليها العشيرة .. نفترض حدوث تلقيح خلطى مرة أخرى؛ لنعرف ما سيكون عليه وضع العشيرة بعد جيل آخر من التلقيح العشوائى. نجد أن هذه العشيرة تنتج حبوب لقاح، تحمل الآليل (A) بنسبة q = ٠,٣٦ (من التركيب الوراثى AA) + ٠,٢٤ (من التراكيب الوراثية Aa) = ٠,٦٠، كما تنتج حبوب لقاح أخرى تحمل الآليل (a) تكون نسبتها q = ٠,١٦ (من التراكيب الوراثى aa) + ٠,٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) = ٠,٤٠ وتنتج الأمهات – فى الوقت ذاته – بيضات تحمل الآليل (A) بنسبة p = ٠,٦، وبيضات تحمل الآليل

(a) بنسبة q = ٠.٤ أيضًا. ويلاحظ أن نسب الجاميطات المتكونة هى نفس النسب التى كانت عليها الجاميطات فى الجيل السابق؛ لذا .. فإن التزاوج الاعتباطى بينها لا يغير 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 ما دامت شروط تطبيق القانون قد تحققت.

تطبيق القانون عند وجود أكثر من آليلين للجين

يطبق القانون – أيضًا – فى حالة وجود ثلاثة آليلات للجين فى العشيرة. وينص القانون – فى هذه الحالة – على أنه إذا كانت نسبة الآليلات A1، 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:

$$p2 = A_1A1$$

$$q2 = A_2A_2$$

$$r2 = A_3A_3$$

$$2pq = A_1A_2$$

$$2pr = A_1A_3$$

$$2qr = A_2A_3$$

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 ما دامت شروط القانون قد تحققت.

وسواء وجدت ثلاثة آليلات أم أكثر من كل جين .. فإن اهتمام المربى يكون منصبًا على آليل واحد منها وينظر إلى بقية الآليلات مجتمعة كآليل ثانٍ. وبذا .. يستمر تطبيق القانون بنفس طريقة تطبيقه عند وجود آليلين فقط للجين.

استخدامات القانون فى مجال تربية النبات

يستخدم قانون هاردى–فينبرج فى تقدير مدى التقدم الذى يمكن إحرازه فى تنقية

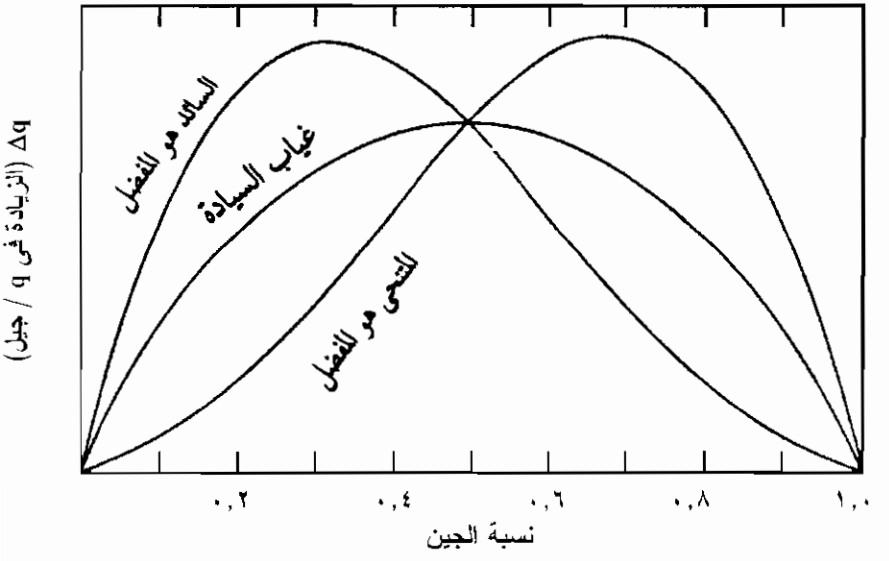
عشيرة ما خلطية التلقيح، من صفة متنحية غير مرغوب فيها، علمًا بأن الجينات التى تتحكم فى مثل هذه الصفات .. تظل دائمًا مختفية فى الحالة الخليطة. ويؤدى التخلص من النباتات المتنحية الأصلية – التى تظهر بها الصفة قبل الإزهار – إلى إحراز تقدم كبير فى خفض نسبة الآليل المتنحى غير المرغوب فيه (أى خفض q) فى الأجيال الأولى من الانتخاب، عندما تكون قيمة q أصلاً كبيرة. ثم يقل التقدم الذى يمكن إحرازه فى كل جيل من الانتخاب، كلما انخفضت قيمة q كما يتبين من جدول (٦–٥). أما إذا أجرى الانتخاب (استبعاد النباتات غير المرغوب فيها) بعد الإزهار .. فإن الانخفاض فى قيمة q يقل معدله بعد كل جيل من الانتخاب إلى نصف ما تكون 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 (٦–٥): تأثير استبعاد جمع الأفراد الحاملة لصفة متنحية غير مرغوب فيها (q^2) على نسبة الآليل المتنحى (q) فى عشيرة مندلية خلطية التلقيح (عن Burns ١٩٨٣).

عدد الأجيال الانتخابية ضد الصفة	نسبة الآليل المتنحى (q)
صفر (جيل 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
٥٠	٠,٠١٩
١٠٠	٠,٠١٠
١٠٠٠	٠,٠٠١

ولدرجة السيادة – بالإضافة إلى النسبة الابتدائية للجين فى العشيرة – أهمية كبيرة فى تحديد مدى التقدم الذى يمكن تحقيقه بالانتخاب.

يوضح شكل (٦–٤) تأثير نسبة الجين والسيادة على التغير فى نسبة الجين (Δq). يلاحظ من الشكل أنه عندما يكون الآليل نادرًا فى العشيرة، فإن Δq الناتجة عن الانتخاب لصالح هذا الآليل تكون صغيرة. ومع زيادة قيمة q بسبب الانتخاب. فإن Δq تزداد هى الأخرى لتصل إلى حد أقصى عند q = حوالى ٠.٣ فى حالة الآليل السائد A، وعند q = ٠.٥ عند غياب السيادة. وعند q = ٠.٧ فى حالة الآليل المتنحى a. وبعد ذلك .. تتناقص قيمة Δq مرة أخرى. نظرًا لازدياد نسبة الآليل المرغوب فيه فى العشيرة. ويتضح من الشكل أن تأثير السيادة هو فى تحديد قيمة q التى يحدث عندها أقصى معدل لـ Δq.



شكل (٦–٤): التغير فى q (أى Δq) لكل جيل فى ظل شدة انتخاب ثابتة، وتأثر ذلك بالسيادة.

ويستفاد مما تقدم أن الانتخاب فى عشيرة عشوائية التلقيح يكون شديد الفاعلية فى إحداث زيادة أو نقص فى نسب الآليلات. إلاّ أنه لا يكون قادرًا على تثبيت الآليلات أو التخلص منها تمامًا. ولكن إذا ما صاحب الانتخاب تربية ذاتية فإنه يكون شديد الفاعلية فى تثبيت الآليلات أو التخلص منها تمامًا.

مثال افتراضى على تطبيق القانون فى مجال تربية النبات

كمثال على ما تقدم بيانه .. نفترض أن عشيرة فى حالة توازن كانت فيها نسبة النباتات المتنحية الأصيلة $aa = q^2 = ٠,٣٦$ يعنى ذلك أن نسبة الآليل المتنحى (a) $= q$ $= \sqrt{٠,٣٦} = ٠,٦$، وأن نسبة الآليل السائد (A) $= p = ١ - q = ١ - ٠,٦ = ٠,٤٠$، وبهذا .. تكون نسبة التركيب الوراثى السائد الأصيل $AA = p^2 = ٠,٤ \times ٠,٤ = ٠,١٦$، ونسبة التركيب الوراثى السائد الخليط $Aa = 2pq = ٢ \times ٠,٤ \times ٠,٦ = ٠,٤٨$.

فإذا أمكن التخلص من جميع النباتات التى تحمل التركيب الوراثى المتنحى aa قبل الإزهار .. فإن النباتات المتبقية تكون آباء وأمهات الجيل التالى. وتنتج جاميطاتها على النحو التالى: تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل السائد (A) تكون نسبتها $P = [$(من التركيب الوراثى AA) ٠,٢٤ + (من التراكيب الوراثى Aa) ٠,٦٤ ÷ (مجموع نسب التركيب الوراثى التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى)$] = ٠,٦٢٥$، كما تتكون أيضًا حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها $q = ٠,٢٤$ (من التركيب الوراثى Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التركيب الوراثى التى تشارك فى إنتاج الجاميطات للجيل التالى) = ٠,٣٧٥ وتتكون فى الوقت ذاته بويضات بالطريقة نفسها، تكون نسبتها $p = ٠,٦٢٥$ وللبويضات الحاملة للآليل السائد (A)، و $q = ٠,٣٧٥$ للبويضات الحاملة للآليل المتنحى (a). ويلاحظ أن مجموع $p + q = ٠,٦٢٥ + ٠,٣٧٥ = ١,٠$، وهو ما يؤكد دقة الحسابات. يؤدى التزاوج الاعتباطى بين هذه الجاميطات، إلى أن تصبح نسب التراكيب الوراثية المتكونة فى الجيل التالى كما يلى:

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

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 ما يؤكد 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 لا تشارك بالبويضات؛ وبذا .. فإن نسب الجاميطات الحاملة للآليلين (A)، و (a) سوف تختلف بين حبوب اللقاح والبويضات على النحو التالى:

تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل (A)، تكون نسبتها p = ٠,١٦ (من التركيب الوراثى Aa) + ٠.٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) = ٠,٤، كما تتكون حبوب لقاح تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها q = ٠,٣٦ (من التركيب الوراثى aa) + ٠,٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) = ٠,٦ يلاحظ أن مجموع p + q = ٠,٤ + ٠,٦ = ١,٠.

تتكون – أيضًا – بيضات تحمل الآليل (A)، تكون نسبتها p = [٠.١٦ (من التركيب الوراثى AA) + ٠.٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) ÷ ٠,٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات المؤنثة)] = ٠,٦٢٥، كما تتكون – أيضًا – بيضات تحمل الآليل المتنحى (a) تكون نسبتها q = ٠,٢٤ (من التركيب الوراثى Aa) ÷ ٠.٦٤ (مجموع نسب التراكيب الوراثية التى تشارك فى إنتاج الجاميطات المؤنثة للجيل التالى) = ٠.٣٧٥ يلاحظ أن مجموع p + q = 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:

الآباء	الأمهات	
	$p = A$ = 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 $AA = p^2 = ٠,٢٥٠$، و $Aa = (2pq) = ٠,٥٢٥$، و $aa = q^2 = ٠,٢٢٥$ (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 الأصيلة من ٠.٣٦ إلى ٠.٢٢٥ بعد جيل واحد من الانتخاب.

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

نظم التزاوج

يمكن للمربى أن يتحكم فى التكوين الوراثى لعشيرة ما بإحدى طريقتين، هما: الانتخاب، ونظام التزاوج بين أفراد العشيرة. وبينما لا يخلو أى برنامج للتربية من عملية الانتخاب، فإن نظام التزاوج الذى يقوم به المربى يمكنه من إحداث تغيرات كبيرة فى التركيب الوراثى للعشيرة؛ بما يسمح إما بمزيد من الانتخاب، وإما بالقدرة على تثبيت التراكيب الوراثية المرغوب فيها.

أولاً: التزاوج العشوائى

نجد فى التزاوج العشوائى random mating أن لكل جاميطة مؤنثة فرصة متساوية لأن تتلقح باى جاميطة مذكرة، كما يتساوى معدل تكاثر مختلف التراكيب الوراثية؛ أى لا يوجد أى انتخاب.

ومن أهم سمات التزاوج العشوائى، ما يلى:

١ – تبقى نسبة الجينات ثابتة.