

٢-٢. التزاوج العشوائي Random mating or panmixia
 ويقصد به أن كل ذكر في المجموعة لديه نفس الفرصة كأى ذكر آخر للتقيق أى أنثى ،
 أى أنه لا يوجد تحيز في اختيار ذكر دون آخر للتقيق أنثى أو أخرى وعليه يكون التوزيع
 التزاوجي mating array مساويا لمربع التوزيع الزيجوتى .
 وطريقة حساب التوزيع الزيجوتى سالفة الذكر تصلح فقط عندما يكون التقيق عشوائيا .
 أما إذا كان هناك تحيز لتركيب وراثي معين نجد أن النسب مختلف وبالتالي لا تمثلها
 المعادلات السابقة .

٣-٢. قاعدة هاردى وainberg rule
 إذا كانت العشيرة في حالة اتزان وتتلاقيح عشوائيا ، وفي غياب القوى التي تغير من
 تكرار الجين ، فإن التوزيعين الجامبى والزيجوتى يظلان ثابتين من جيل إلى آخر .
 ويطلق على حالة الاتزان هذه اتزان هاردى وainberg . فمثلا العشيرة

(أ) المكونة كما يلى :

$$aa \ 30 , Aa \ 50 , AA \ 30$$

نجد أنها تعطى توزيعا جامبى كالآتى $(A, 5 + a, 5)$. وإذا حدث تزاوج عشوائى
 بين أفراد هذه العشيرة نحصل على التوزيع الزيجوتى (ب) الآتى :

$$aa, 25 + Aa, 50 + AA, 25 = (a, 5 + A, 5) (a, 5 + AA, 5) \quad (ب)$$

وهو مختلف عن التوزيع الزيجوتى الذى بدأنا به . بينما إذا حسبنا التوزيع الجامبى
 للعشيرة الناتجة من التقيق العشوائى نجد $(a, 5 + A, 5)$ والذى ينتج بدوره توزيعا
 زيجوتيا $(AA, 25 + Aa, 50 + aa, 25)$ أى نفس التوزيع الزيجوتى (ب) . وعلى ذلك
 يمكن القول أن التوزيع الزيجوتى (ب) وصل إلى حالة اتزان هاردى - وainberg وسيظل
 هكذا طالما أن التقيق عشوائى وتكرار الجين لم تتغيرا .

وللتعرف على ما إذا كانت العشيرة أو التوزيع الزيجوتى في حالة اتزان هاردى -
 وainberg أم لا ، نقارن نسبة الخليط بالقيمة $(q - 1) / 2q$ ، حيث q محسوبة كما سبق ،
 فإذا كانت نسبة الخليط مساوية لها فإن العشيرة تكون في حالة اتزان .

مثال ١ :

ووجدت النسب الآتية في قطبي شورتمورن :

WW ٣٦ : Ww ٤٨ : ww ٤٨ .

هل هذه العشيرة متزنة ؟

$$q = \frac{4}{4}$$

$2q(1-q) = 48$, حيث أن هذه القيمة مساوية لنسبة الأفواه

الخلطة .

∴ العشيرة متزنة .

مثال ٢ :

هل العشيرة ٣٠ aa ٥٠ + Aa ٢٠ + AA ٣٠ متزنة ؟

$$q = \frac{4}{4}$$

نسبة الخلط = $2q(1-q) = 48$,

وحيث أن نسبة الخلط = ٢٠,

∴ العشيرة ليست في حالة اتزان .

وفي كثير من الأحيان يمكن التتحقق مما إذا كانت العشيرة تتزاوج عشوائيا أم لا بمطابقة النسب الملاحظة للتركيب الوراثي بالنسبة المتوقعة تحت التزاوج العشوائي .
ويمكن تمثيل قانون هاردي - وينبرج هندسيا كما يلى :

	male	q_A	$1-q_A$
female			
q_A	AA	Aa	
	q^2	$q(1-q)$	
$1-q_A$	Aa	aa	
	$q(1-q)$	$(1-q)^2$	

شكل (١-٢) : تمثيل قاعدة هاردي وينبرج هندسيا

وفي هذا الرسم نجد أن التقسيم الأفقي يمثل التوزيع الجامبيطي للذكور والتقسيم الرأسى يمثل التوزيع الجامبيطي للإناث . والمساحة الكلية مقسمة إلى مساحات كل منها يمثل نسبة حدوث تركيب وراثي معين .

فالبيانات المعطاة في مثال ١ يمكن تمثيلها كما يلى :

$q_w = .4$	$1 - q_w = .6$
$q_w = .4$	
$1 - q_w = .6$	
WW	Ww
.16	.24
Ww	ww
.24	.36

ولا يشترط أن يكون التوزيع الجامبي للذكور هو نفسه للإناث فقد تكون الذكور مثلاً من عشيرة يختلف فيها تكرار الجين عن العشيرة التي تؤخذ منها الإناث . وفي هذه الحالة يكون التقسيم الأفقي مخالفاً للتقسيم الرأسي .

مثال ٣:

إذا أخذت الذكور من عشيرة توزيعها الزيجوتى هو $aa, 64 + Aa, 32 + AA, 04$ بينما أخذت الإناث من عشيرة أخرى توزيعها الزيجوتى هو $Aa, 48 + AA, 16$ فما هما التوزيعان الجامبي والزيجوتى للعشيرة الناتجة من تزاوجهما عشوائياً .

$$\begin{aligned} \text{في العشيرة الأولى } q_A &= 0.8 \\ \text{في العشيرة الثانية } 1 - q_A &= 0.2 \end{aligned}$$

$q_A = .2$	$1 - q_A = .8$
$q_A = .4$	
$1 - q_A = .6$	
AA	Aa
.08	.32
Aa	Aa
.12	.48

$$\begin{aligned} aa, 48 + Aa, 44 + AA, 08 &= \\ a, 7 + A, 3 &= \end{aligned}$$

التوزيع الزيجوتى =
والتوزيع الجامبي =

صندوق ١٠٢

- تكرار الجين هو عدد المواقع الأليلية التي يشغلها هذا الأليل إلى عدد المواقع الكلية لنفس الجين .
- اتزان هاردي وابنيرج إذا كان $(1-q)^2$ مساو ل نسبة الخليط الأليل ما فإن العشيرة تكون في حالة اتزان هاردي وابنيرج .
- التقىج العشوائي كل ذكر له نفس فرصة تلقىج أي أنثى مثل أي ذكر آخر - وبذلك يكون التوزيع التزاوجي مربع التوزيع الزيجوتى الذى بدوره يكون مربع التوزيع الجامبى .

ويلاحظ أن العشيرة الناتجة من تلقىج عشيرتين يختلف فيما تكرار الجين أن التوزيع الزيجوتى فيها ليس في حالة اتزان كما يتضح من المثال السابق حيث نسبة الخليط وهى 44% ، لا تساوى $(q^2 + 2pq)$ أو 42% ، ولكن هذا الازان سيحدث في الجيل التالي مباشرة إذا كان التزاوج عشوائياً .

ويلاحظ أنه إذا كانت الذكور من أحد العشيرتين بينما الإناث من العشيرة الأخرى نجد أن تكرار الجين في النسل الناتج يساوى متوسط تكراري الجين في العشيرتين الآباء . بينما إذا كانت كل من العشيرتين الآباء وبنات مماثلتين بالذكور والإناث فإن تكرار الجين في العشيرة الناتجة يتوقف على نسبة كل منها ، ومن العوامل التي تؤجل حدوث توازن هاردي - وابنيرج أن يكون الجين مرتبطا بالجنس أي يوجد على كروموسوم الجنس .

وكل ما قيل عن تكرار الجين ينطبق أيضا على أي قطاعات من الكروموسومات لا يحدث داخلها عبور - مثلا الميكروساناتلات (التابع الصغرى) .

صندوق ٤٢

- في حالة التزاوج العشوائي واتزان هاردي - وابنيرج فإن :
- التوزيع الزيجوتى (أو التوزيع الوراثي) = (التوزيع الجامبى)
 - التوزيع التزاوجي = (التوزيع الزيجوتى)