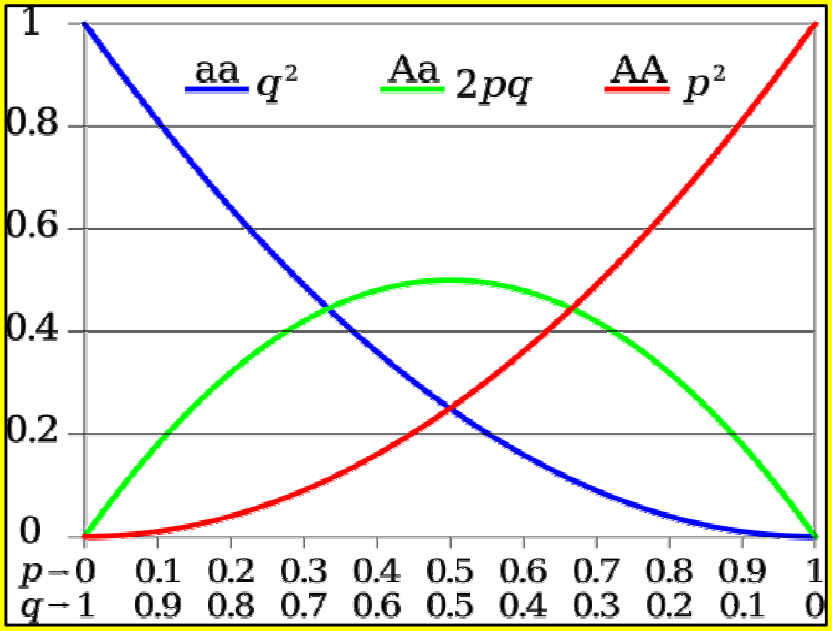
المدرسة العليا للأساتذة آسيا جبار قسنطينة
قسم العلوم الطبيعية

الدكتور بوحوحو مولود

فصل 13:
وراثة العشائر

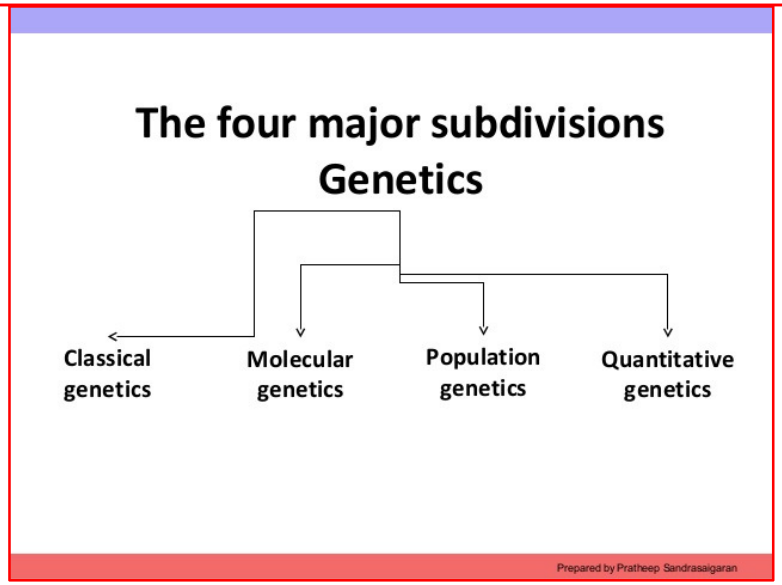


مقدمة

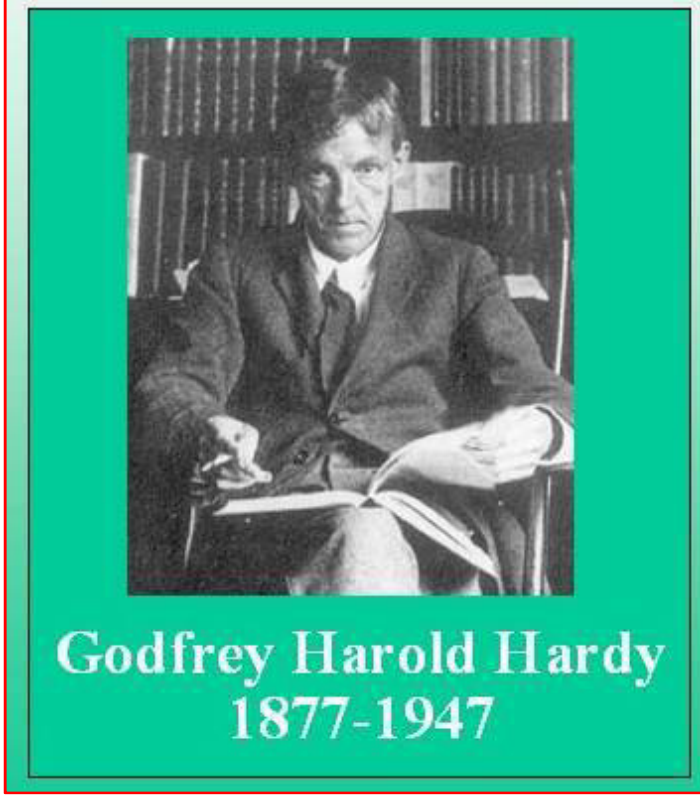
1. قانون (Hardy – Weinberg, 1908)
2. شروط تحقيق قانون الاتزان الوراثي
   (تحقيق قانون هاردي– وينبرغ)
3. حساب التكرارات الجينية

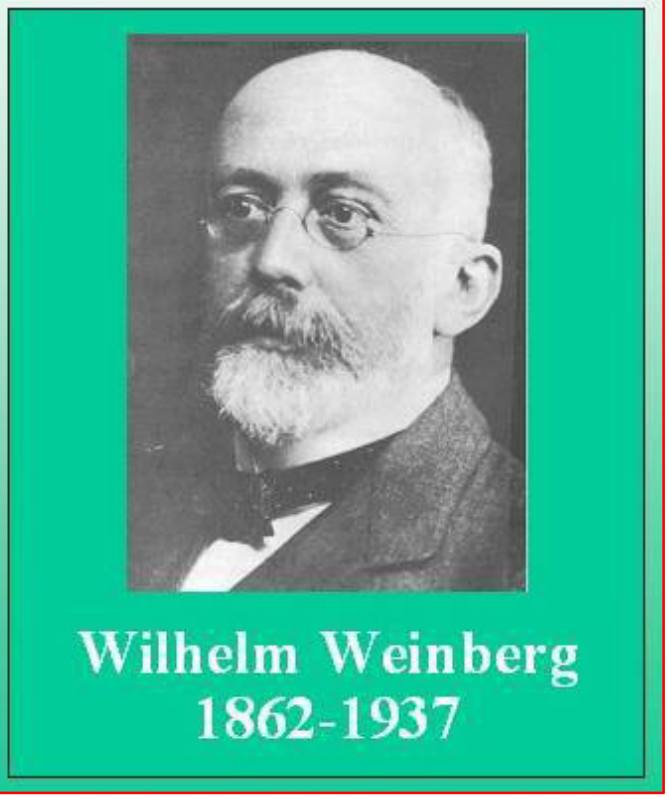
مقدمة

- تختص وراثة العشائر بدراسة المقاييس الإحصائية للتكرار الجيني (Genetic or allelic frequencies) للصفات المندلية.
- والعشيرة المندلية (قيد الدراسة) هي العشيرة المكونة من أفراد تتزاوج مع بعضها جنسيا.
- وعلى ذلك فالعشيرة المندلية قد تعتبر مجموعة من أفراد النوع الواحد أو الصنف الواحد والتي تعيش داخل حدود جغرافية محددة، بحيث تكون حرية التزاوج لأفرادها مكفولة.



1. قانون هاردي- وينبرغ 1908 Loi de Hardy – Weinberg


Godfrey Harold Hardy
1877-1947


Wilhelm Weinberg
1862-1937

. العشيرة المندلية هي خليط افتراضي من الأليلات (مستودع الجينات أو الجاميطات أو المستودع الوراثي (Genes or Gametes Stock)

فلو افترضنا وجود زوج من الأليلات A , a. وبوضع:

p : هو تكرار الأليل السائد A، q : هو تكرار الأليل المتنحي a

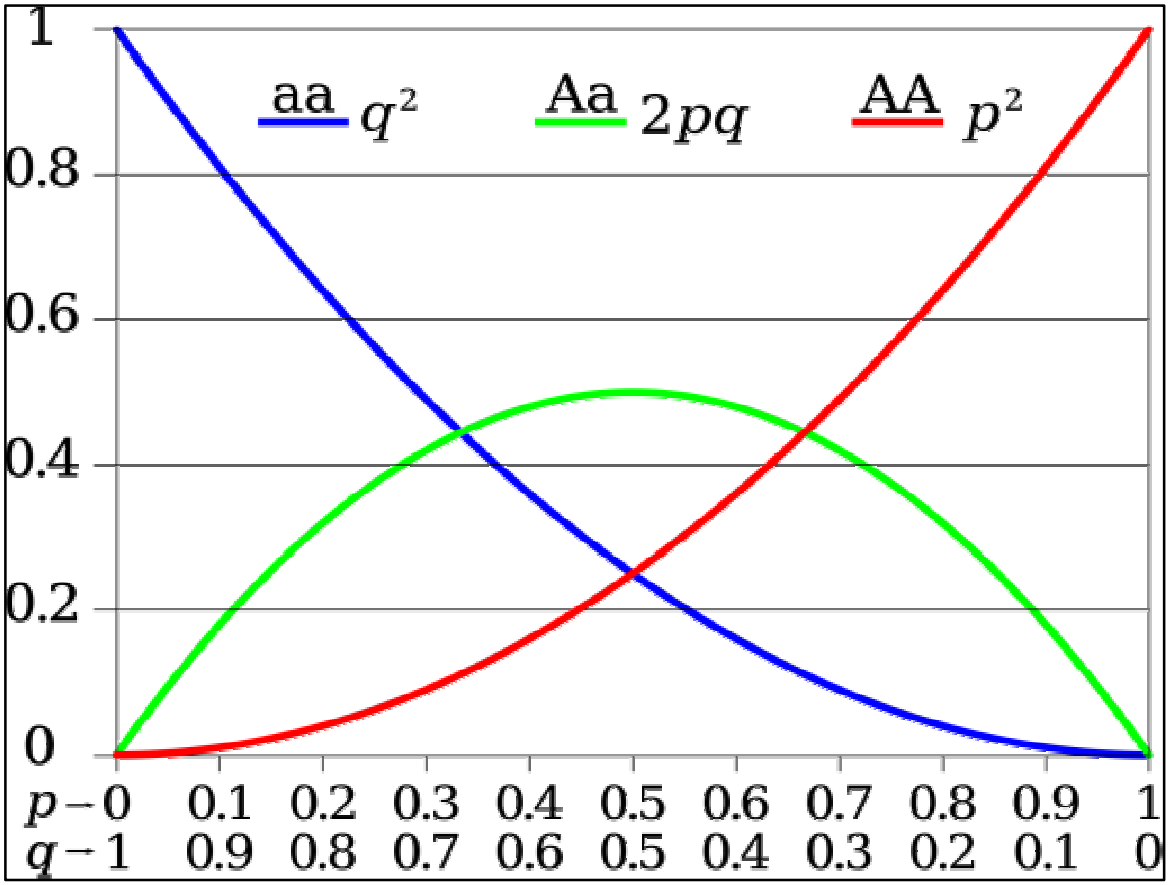
. وعندما يكون التزاوج بين أفراد العشيرة عشوائيا، يمكننا عندئذ توقع نسب فئات الجيل الناتج أو التكرار الزيقوطي بمعلومية تكرار الأليلات في المستودع الوراثي لعشيرة الآباء.

فبفرض أن:

P: تكرار الأليل A في مستودع الجينات.

q: تكرار الأليل a في مستودع الجينات.

وباستعمال طريقة المربع الشطرنجي (مربع بانيت Punnett Square)، يمكننا التعرف على جميع الاتحادات الممكن حدوثها بين هذه الجاميطات.
ويجب ملاحظة أن $p + q = 1$، بمعنى أن مجموع الجاميطات a و A تساوي 100%.



	A p	a q
A p	AA p^2	Aa pq
a q	Aa pq	aa q^2

ويمكن حساب تكرار التراكيب الوراثية المتوقعة في الجيل التالي من المعادلة:

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

حيث:

p^2: تكرار أو نسبة التراكيب الوراثية المتوقعة للأفراد السائدة الأصيلة (AA) (ويرمز لها بـD).

2pq: تكرار أو نسبة التراكيب الوراثية المتوقعة للأفراد الخليطة (Aa) (ويرمز لها بـH).

q^2: تكرار أو نسبة التراكيب الوراثية المتوقعة للأفراد المتنحية الأصيلة (aa) (ويرمز لها بـR).

وتسمى هذه المعادلة، والتي تعبر عن التراكيب الوراثية المتوقعة للنسل على أساس التكرارات الأليلية للمستودع الجيني للآباء بـ **قانون هاردي-وينبرغ**.

2- شروط الاتزان (تحقيق قانون هاردي-وينبرغ):

أ - أن يكون حجم العشيرة كبيرا جدا والتزاوج بين أفرادها حرا وغير مقيدا (Panmixie).

ب- ألا يحدث انتخاب (Sélection) لصالح فئة على حساب فئة أخرى (كأن لا يوجد معدل وفيات تفضيلي ولا معدل تكاثر تفضيلي).

جـ- أن تكون العشيرة مغلقة (Fermée)، بمعنى أن لا يسمح بهجرة (Immigration) أفراد من عشيرة أخرى إلى العشيرة محل الاعتبار أو من العشيرة الأخيرة إلى عشيرة أخرى.

د- ألا تحدث طفرة (Mutation) من أليل إلى آخر إلا إذا كانت عكسية وبنفس المعدل $A \Leftrightarrow a$.

مثال: في عشيرة مكونة من 1000 نبات. بها عدد النباتات ذات الأزهار الحمراء (AA) هو 300، وعدد النباتات الوردية (Aa) هو 500، وعدد النباتات البيضاء (aa) هو 200.

ما هو التكرار الأليلي والزيقوطي في هذه العشيرة؟

الجواب:

بفرض أن عدد النباتات الحمراء (AA)= (p^2) = D = 300

بفرض أن عدد النباتات الوردية (Aa) (2pq) = H = 500

بفرض أن عدد النباتات البيضاء (aa) (q^2) = R = 200

حساب التكرار الأليلي:

المستودع الجيني أو عدد الأليلات = $2N = 2\ (R + H + D)$

تكرار الأليل A (P) = $P = \frac{H\frac{1}{2} + D}{N}$ = $\frac{\text{عدد الأليلات (A)}}{\text{عدد الأليلات الكلي}}$

$$\Rightarrow P = \frac{300 + \frac{500}{2}}{1000} = 0.55$$

تكرار الأليل a (q) = $q = \frac{H\frac{1}{2} + R}{N}$ = $\frac{\text{عدد الأليلات (a)}}{\text{عدد الأليلات الكلي}}$

$$\Rightarrow q = \frac{200 + 250}{1000} = 0.45$$

حساب التكرار الزيقوطي:

تكرار النباتات الحمراء هو: (0.55^2) . تكرار النباتات الوردية هو: $2\ (0.55)\ (0.45)$. تكرار النباتات البيضاء هو: (0.45^2)

-حساب التكرارات الجينية:

3-1- المواقع الأوتوسومية بأليلين:

أ- حالة السيادة التعادلية:

عندما توجد أليلات ذات سيادة تعادلية في نظام من أليلين محمولين على الكروموسومات الجسمية، فإن كل تركيب وراثي سيكون له مظهرا مميزا. وبالتالي يمكن حساب أعداد كل أليل في كل من الحالات الأصيلة أو الخليطة، وأن يعبر عنها كنسبة مئوية من العدد الكلي للأليلات في العينة.

مثال: في ماشية الشورتهورن التركيب الوراثي C^RC^R يعطي اللون الأحمر للجسم، والتركيب C^WC^W يعطي اللون الأبيض، بينما التركيب C^RC^W يعطي اللون الطوبي.

فإذا افترضنا أن عشيرة من هذه الماشية محتوية على الأعداد التالية:

. 108 أحمر،

. 144 طوبي،

. 48 أبيض.

المطلوب: أحسب تكرار الأليلين C^R، C^W.

الحل:

$C^R C^R$ (D) (حمراء): 108 فرد $N = 300$

$C^R C^W$ (H) (طوبية): 144 فرد

$C^W C^W$ (R) (بيضاء): 48 فرد

تكرار الأليل C^R:

$$P = \frac{\text{عدد الأليلات } C^R \text{ في العشيرة}}{\text{عدد الأليلات كلها}}$$

$$= \frac{2 \times D + H}{2N} = \frac{D + \frac{1}{2}H}{N} = \frac{108 + \frac{144}{2}}{300} = 0.6 \qquad \boxed{P = 0.6}$$

تكرار الأليل C^W:

$$q = \frac{R + \frac{1}{2}H}{N} = \frac{48 + \frac{144}{2}}{300} = 0.4 \qquad \boxed{q = 0.4}$$

ب- حالة السيادة التامة:

مثال: يعتمد لون الصوف الأبيض على أليل سائد B، والصوف الأسود على الأليل المتنحي b، افترض وجود عينة مكونة من 900 رأس من الأغنام والتي أعطت البيانات التالية : 891 أبيض، 09 أسود.

. أحسب التكرارات الأليلية.

الحل: في حالة السيادة التامة لا يمكننا التفرقة مظهريا بين السائد الأصيل والسائد الخليط إلا بالتلقيح الاختباري وليس مجاله الآن. والفئة المظهرية الوحيدة التي يمكن التعرف عليها وتحديد تركيبها الوراثي بطريقة مؤكدة هي الفئة المتنحية الأصيلة.

وبالتالي من خلال قانون هاردي . وينبرغ:

$$p^2 (BB) + 2pq (Bb) + q^2 (bb) = 1$$

فإن تكرار الأفراد السوداء (الحاملة للتركيب الوراثي bb) = عدد الأفراد السوداء / العدد الكلي للأفراد = $\frac{9}{900}$

أي: $q^2 = 0.01$ ، ومنه فتكرار الأليل b هو: $\boxed{q = 0.1}$

وحيث أن: $p + q = 1$ ، فإن تكرار الأليل B هو: $\boxed{p = 0.9}$

جـ- الصفات المتأثرة بالجنس:

مثال : دراسة حالة الصلع

إذا عرف أن نسبة الرجال الصلع في عشيرة ما هي **0.31**.

ـ ما هو تكرار حالات الصلع في الإناث، والنسبة المئوية للإناث الصلع المنتظر الحصول عليهن في العشيرة؟

الحل:

	B^1 p	B^2 q
B^1 p	$B^1 B^1$ P^2	$B^1 B^2$ pq
B^2 q	$B^1 B^2$ pq	$B^2 B^2$ q^2

الأشكال المظهرية		نسبة	التركيب
إناث	ذكور	التكرارات	الوراثي
بشعر	بشعر	P^2	B^1B^1
بشعر	أصلع	2pq	$B^1 B^2$
صلعاء	أصلع	q^2	$B^2 B^2$

$$P^2 (B^1B^1) + 2pq (B^1B^2) + q^2 (B^2B^2) = 1$$

. نسبة الرجال الصلع = $q^2 + 2pq = 0.31$

. نسبة الرجال الطبيعيين = $P^2=1 - 0.31 = 0.69$

$\Leftarrow$ **$p = 0.831$** ومنه **$q = 0.169$**

. حالات الصلع في الإناث $q^2 = (0.169)^2 = 0.0289$

أي أن نسبة الإناث الصلع في العشيرة = %2.89

3-2- المواقع الأوتوسومية ذات الأليلات المتعددة:

مثال: يحكم نظام مجاميع الدم ABO سلسلة من الأليلات المتعددة التي تحتوي على بعض علاقات السيادة التعادلية، بحيث $(I^A = I^B) > i$.

أ- احسب توقعات التراكيب الوراثية والمظهرية لموقع مجاميع الدم لعشيرة في حالة اتزان وراثي.

ب . اشتق معادلة لاستخدامها في الحصول على التكرارات الأليلية في موقع مجاميع الدم ABO.

جـ . لدى السكان القوفازيين بنيويورك، وجد أن تكرارات مجاميع الدم ABO تكون على النحو التالي:

O مجموعة :%49

A مجموعة :%36

B مجموعة :%12

AB مجموعة :%03

. ما هي نسبة الأفراد أصيلة التركيب الوراثي الحاملة للفصيلة A؟

الحل:

أ. بوضع: p = تكرار الأليل I^A،

q = تكرار الأليل I^B،

r = تكرار الأليل i

مادام هناك اتزان وراثي فإن:

$$(p + q + r)^2 = 1$$

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

	I^A	I^B	i
I^A	$I^A I^A$	$I^A I^B$	I^A i
I^B	$I^A I^B$	$I^B I^B$	I^B i
i	I^A i	I^B i	i i

التكرارات الوراثية	التراكيب الوراثية	الأشكال المظهرية	قيم التكرارات المظهرية
P^2	$I^A I^A$	A	
2pr	I^Ai		
q^2	$I^B I^B$	B	
2qr	I^Bi		
2pq	$I^A I^B$	AB	
r^2	ii	O	

التكرارات الوراثية Fréquences Génotypiques	التراكيب الوراثية Génotypes	الأشكال المظهرية Phénotypes	قيم التكرارات المظهرية Valeurs des Fréquences Phénotypiques
P^2	$I^A I^A$	A	$\overline{A}$
2pr	$I^A i$		
q^2	$I^B I^B$	B	$\overline{B}$
2qr	$I^B i$		
2pq	$I^A I^B$	AB	
r^2	ii	O	$\overline{O}$

ب . بوضع $\overline{O}, \overline{B}, \overline{A}$ تمثل التكرارات المظهرية لمجاميع الدم O, B, A على الترتيب.

. لإيجاد تكرار الأليل المنتحي i:

$$r = \sqrt{r^2} = \sqrt{o} \Rightarrow r = \sqrt{o}$$

. لإيجاد تكرار الأليل I^A:

$$p^2 + 2pr + r^2 = \overline{A} + \overline{O}$$

$$(p + r)^2 = \overline{A} + \overline{O}$$

$$p + r = \sqrt{\overline{A} + \overline{O}} \Rightarrow p = \sqrt{\overline{A} + \overline{O}} - r$$

$$\boxed{p = \sqrt{\overline{A} + \overline{O}} - \sqrt{\overline{O}}}$$

. لإيجاد تكرار الأليل I^B:

. إما من المعادلة:

$$p + q + r = 1$$

$$q = 1 - p - r$$

. أو من خلال :

$$q^2 + 2qr + r^2 = \overline{B} + \overline{O}$$

$$(q + r)^2 = \overline{B} + \overline{O}$$

$$q + r = \sqrt{\overline{B} + \overline{O}}$$

$$q = \sqrt{\overline{B} + \overline{O}} - r$$

$$\boxed{q = \sqrt{\overline{B} + \overline{O}} - \sqrt{\overline{O}}}$$

لدينا المعادلة :

$$p + q + r = 1$$

$$\boxed{p = 1 - \sqrt{\overline{B} + \overline{O}} \quad ; \quad q = 1 - \sqrt{\overline{A} + \overline{O}} \quad ; \quad r = \sqrt{\overline{O}}}$$

جـ . من الجواب ب نجد: $r = \sqrt{O} = \sqrt{0.49} = 0.7$

$$p = 1 - \sqrt{B + O} = 1 - \sqrt{0.12 + 0.49} = 1 - \sqrt{0.61} = 0.22$$

$$q = 1 - \sqrt{A + O} = 1 - \sqrt{0.36 + 0.49} = 1 - \sqrt{0.85} = 0.08$$

للتأكد، لدينا:

$$p + q + r = 1$$

$$0.22 + 0.08 + 0.7 = 1$$

د . مجموع الأفراد الحاملين لمجموعة الدم A يعطى من المعادلة:

$$p^2 + 2pr = (0.22)^2 + 2(0.22)(0.7) = 0.048 + 0.308 = 0.356$$

. مجموع الأفراد الحاملين لمجموعة الدم A في التركيب الأصيل: $p^2 = (0.22)^2 = 0.048$

وبالتالي فإن: $\frac{48}{356} = 0.135$ أي 13.5% من مجموع أفراد الزمرة A في هذه العشيرة يتوقع أن تكون أصيلة التركيب الوراثي.

3-3- المواقع الجينية المرتبطة بالجنس:

أ- الأليلات ذات السيادة التعادلية المرتبطة بالجنس:

مثال: يتحكم في لون جسم القطط زوج من الأليلات المرتبطة بالجنس، C^b للجسم الأسود و C^y للون الأصفر، والسيادة بينهما غير تامة (وسطية)، بحيث أن الفرد C^bC^y يعطي لون خاص وهو لون قشرة السلحفاة (خليط من الألوان الأسود، الأبيض والأصفر)، وجد أن عشيرة من القطط في لندن تحتوي على الفئات المظهرية التالية :

الجنس	سوداء	صفراء	بلون قشرة السلحفاة	المجاميع
ذكور	311	42	0	353
التركيب الوراثي	.....	.....	.....	
إناث	277	7	54	338
التركيب الوراثي	.....	.....	.....	

أكمل الجدول أعلاه مبينا التراكيب الوراثية.

. احسب التكرارات الأليلية باستخدام المعلومات المعطاة؟

الحل:

ب . بوضع p هو تكرار الأليل C^b :

$$P=\frac{\text{عدد الأليلات } C^b}{\text{العدد الكلي للأليلات}}=\frac{\text{عدد الذكورالسوداء+ 2 (الإناث السوداء) + عدد الإناث السلحفاة}}{\text{عدد الذكور + 2(عدد الإناث)}}$$

$$p=\frac{54+(277)2+311}{(338)2+353}=\frac{919}{1029}=0.893\Rightarrow p=0.893$$

الجنس		سوداء	صفراء	بلون قشرة السلحفاة	المجاميع
ذكور	العدد	311	42	0	353
	التركيب الوراثي	C^by	C^yy	-	
إناث	العدد	277	7	54	338
	التركيب الوراثي	C^bC^b	C^yC^y	C^bC^y	

. بوضع q هو تكرار الأليل C^y :

. يعطي من المعادلة:

$$p + q = 1 \Rightarrow q = 1 - p$$

$$q = 1 - 0.893 = 0.107 \Rightarrow q = 0.107$$

. أو من خلال العلاقة:

$$q = \frac{\text{عدد الذكورالصفراء} + 2\ (\text{الإناث الصفراء}) + \text{عدد الإناث السلحفاة}}{\text{عدد الذكور} + 2(\text{عدد الإناث})}$$

$$q = \frac{54 + (7)2 + 42}{1029} = \frac{110}{1029} = 0.106$$

الجنس	سوداء	صفراء	بلون قشرة السلحفاة	المجاميع
ذكور	311	42	0	353
التركيب الوراثي	C^by	C^yy	-	
إناث	277	7	54	338
التركيب الوراثي	C^bC^b	C^yC^y	C^bC^y	

ب- الأليلات السائدة والمتنحية المرتبطة بالجنس:

مثال: يرجع لون العين الأبيض في حشرة الدوسوفيلا إلى الأليل المتنحي w المرتبط بالجنس واللون الوحشي (الأحمر) للعين للأليل السائد w^+. وجد أن عشيرة معملية من الدروسوفيلا تحتوي على 170 ذكر أحمر العين و30 ذكر أبيض العين.

- احسب تكرار الأليل w^+ والأليل w في المستودع الجيني؟.
- ما هي النسبة المئوية من الإناث في هذه العشيرة التي يتوقع أن تكون بيضاء اللون؟

الحل: يمكن إعداد الجدول التالي:

الشكل المظهري (لون العين لدى الذكور)	التركيب الوراثي	العدد
أحمر	$X^{w+}Y$	170
أبيض	$X^{w}Y$	30

بوضع p هو تكرار الأليل W^+ نجد:

$$p = \frac{\text{عدد الأليلات } W^+}{\text{العدد الكلي للأليلات}}$$

$$P = \frac{\text{عدد الحشرات الذكور حمراء العين}}{\text{العدد الكلي للحشرات}} = \frac{170}{200} = 0.85 \Rightarrow p = 0.85$$

بوضع q هو تكرار الأليل W نجد:

$$p + q = 1 \Rightarrow q = 1 - p = 0.15$$

. أومن خلال العلاقة :

$$q = \frac{\text{عدد الأليلات W}}{\text{العدد الكلي للأليلات}} = \frac{\text{عدد الحشرات الذكور بيضاء العين}}{\text{العدد الكلي للحشرات}} = \frac{30}{200} = 0.15$$

$q = 0.15$

الشكل المظهري (لون العين لدى الذكور)	التركيب الوراثي	العدد
أحمر	$X^{w+} Y$	170
أبيض	$X^{w} Y$	30

ب . التركيب الوراثي للإناث بيضاء العين سيكون: $(X^w X^w)$ أو (ww)

وبتطبيق قانون هاردي . وينبرغ على عشيرة الإناث نجد:

$p^2 (w^+w^+) + 2pq (w^+w) + q^2 (w\ w) = 1$ أو 100% إناث.

واضح أن تكرار أو نسبة الإناث بيضاء العين $q^2 = (w\ w)$

$q^2 = (0.15)^2 = 0.0225$، أو 2.25% من مجموع الإناث في العشيرة يتوقع أن تكون بيضاء العين.

فصل 13: وراثة العشائر

من الامتحانات السابقة ...

تمرين 5:

يتحكم في لون جسم القطط المنزلية زوج من الأليلات المرتبطة بالجنس، C^b للجسم الأسود و C^y للون الأصفر، والسيادة بينهما تعادلية، بحيث أن الفرد C^bC^y يعطي لون وسط (لون قشرة السلحفاة)، وجد أن عشيرة متزنة من إناث القطط تحتوي على الفئات المظهرية التالية:

	سوداء	صفراء	لون قشرة السلحفاة
العدد	200	400	400
التركيب الوراثي	.....	.....	.....

أ- أكمل الجدول أعلاه محددا التراكيب الوراثية؟

ب - احسب التكرارات الأليلية باستخدام المعلومات المعطاة؟

جـ - احسب تكرار الذكور وسطية اللون؟