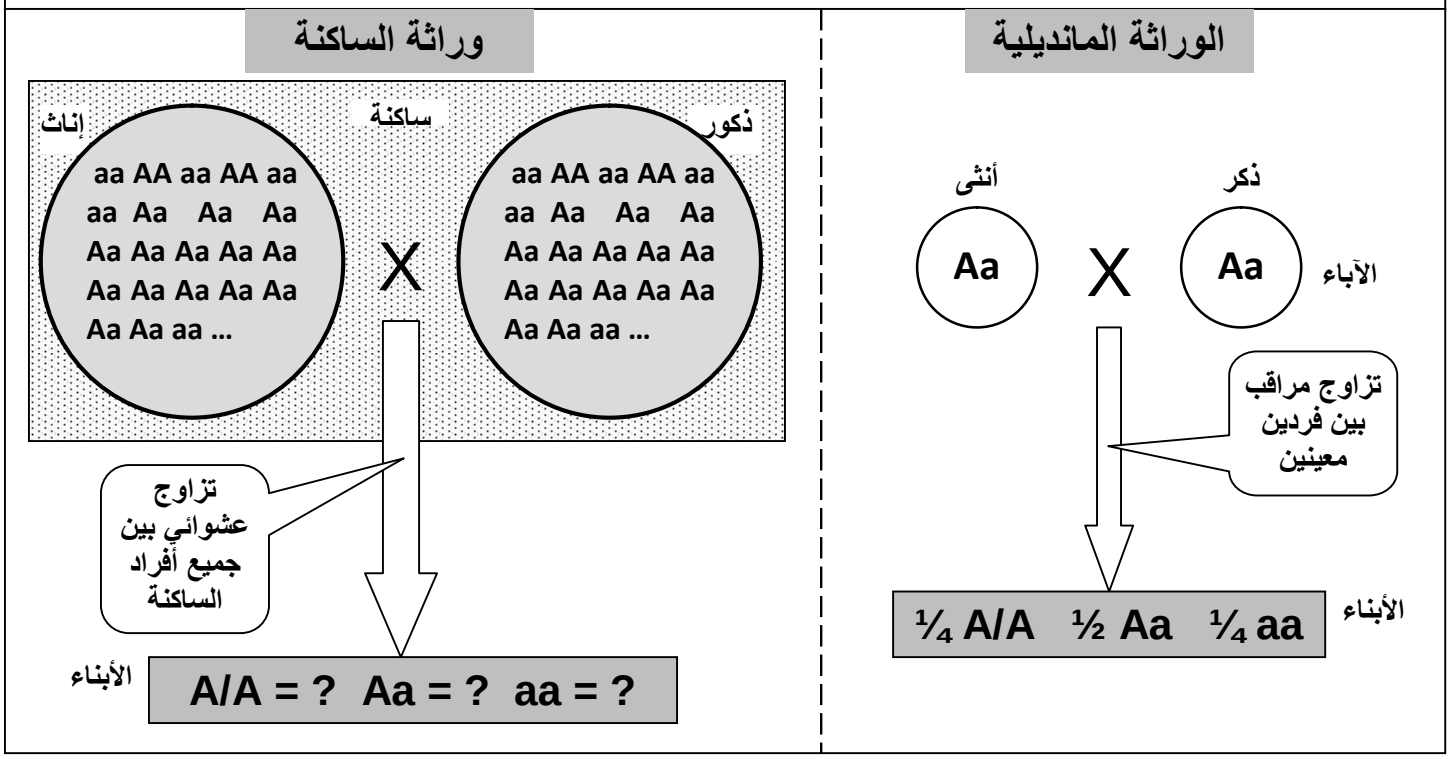
الوحدة الرابعة

علم وراثة الساكنة

مقدمة: (أنظر الوثيقة1، لوحة1)

الوثيقة 1 : تعطي الوثيقة التالية، رسما تفسيريا يظهر اهتمامات كل من الوراثة المانديلية ووراثة الساكنة.
حدد من خلال هذه الوثيقة اهتمامات كل من علمي الوراثة المانديلية ووراثة الساكنة، ثم حدد أهداف وراثة الساكنة.



وراثة الساكنة هي جزء من علم الوراثة ، تهتم بدراسة قوانين توزيع المورثات و الأنماط الوراثية و كذا الآليات المحددة للتغير الوراثي داخل ساكنة معينة ، و لها ثلاثة أهداف رئيسية:

- قياس التغير الوراثي انطلاقا من تردد حليلات نفس المورثة.
- فهم كيفية انتقال التغير الوراثي من جيل لآخر .
- فهم آليات تطور هذا التغير الوراثي حسب الأجيال.

إذا كانت الوراثة المانديلية تعتمد على التزاوجات الموجهة عن طريق التجربة فان وراثة الساكنة تدرس نسب الأنماط الوراثية عند مجموعة من الأفراد ينحدرون من تزاوجات غير موجهة لعدة آباء. فهي تطبيق للوراثة المانديلية على مستوى الساكنة.

1) فما هي الساكنة وما مميزاتها الوراثية ؟
2) ما القوانين الإحصائية المعتمدة في دراسة انتقال الصفات الوراثية عند الساكنة؟
3) ما هي العوامل المتدخلة في تغير الساكنة ؟
4) كيف ينقل هذا التغير عبر الأجيال؟
5) ما هي العوامل المتدخلة في التنوع الوراثي للساكنات؟ وما آليات تدخلها؟

I – مفهوم الساكنة والمحتوى الجيني La population et pool génétique:

① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب: أنظر الوثيقة2 ؛ 3، لوحة1.

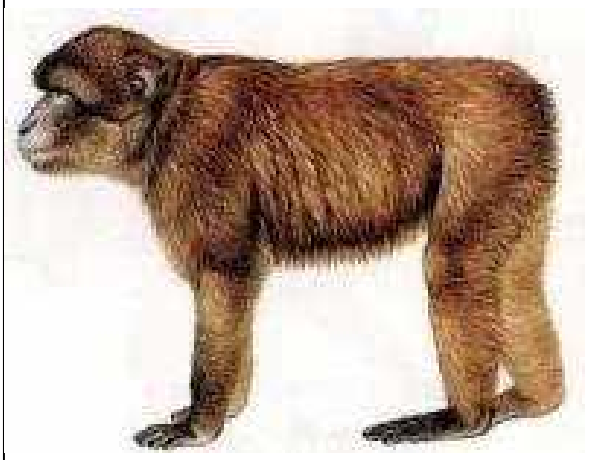
يقتضي تحديد الساكنة اعتبار معايير فضائية، وزمانية، ووراثية. بين ذلك انطلاقا من الوثائق التالية.

الوثيقة 2

يوجد شجر أركان أساسا في الأطلس الكبير وفي سهل سوس والأطلس الصغير، ويغطي مساحة تقدر ما بين 700.000 و 850.000 هكتار. وهو نوع لا مبالي بنوعية التربة (ينمو فوق تربة سيليسية ، شيستية ، كلسية) ويتحمل الحرارة (+50°) ويقاوم الجفاف ينتمي للطبقة الحيمناخية شبه القاحلة والقاحلة، لا يتجاوز علوه 10 أمتار، من كاسيات البذور يزهر في فصل الربيع يتكاثر عن طريق التوالد الجنسي بحيث تحرر المآبر بعد نضجها حبوب اللقاح لتنقل إلى ميسم الزهرة فتلتصق به لتنبت أنبوب اللقاح الذي ينمو في اتجاه البييضة. ولن تتم عملية الإنبات إلا إذا كان هناك تلاؤم بين حبوب اللقاح والميسم (أي ينتميان لنفس النوع) و هو أمر يتحكم فيه البرنامج الوراثي لكل من حبوب اللقاح والميسم . وتشكل كل الحليلات المتواجدة عند كل أفراد الساكنة ما يسمى بالمحتوى الجيني .

الوثيقة 3

Macaca sylvanus المعروف بالقرد زعطوط هو نوع من القردة التي تستوطن المغرب، ويشكل ساكنة يبلغ عددها حاليا زهاء 10000 بين المغرب والجزائر.
تنتشر هذه الساكنة على الخصوص في غابات شجر الأرز بجبال الأطلس المتوسط، على ارتفاع يتراوح بين 1200 و2000 متر، يتميز بقدرته على تحمل التغيرات المناخية (صيف حار وجاف وشتاء بارد جدا). وهو قرد بدون ذيل، يصل وزنه إلى 20 كلغ عند الذكور و15 كلغ عند الإناث، وطوله زهاء 60 سم.

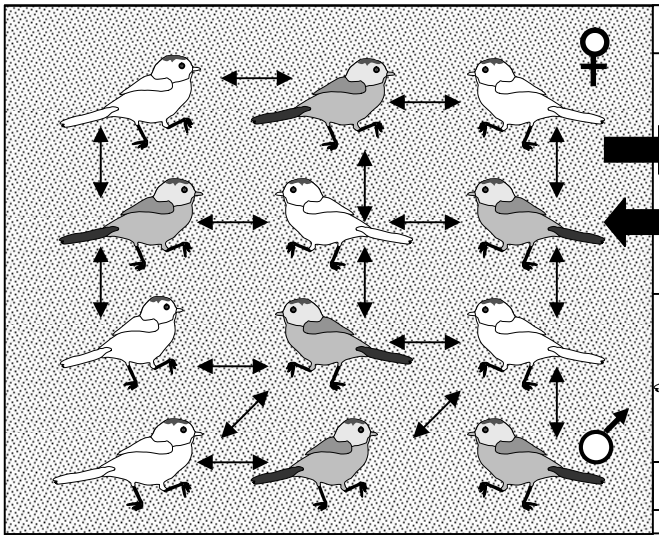


- ساكنة شجر أركان: تحتل المناطق الجبلية لجبال الأطلس الكبير وفي سهل سوس.
- القرد Macaca sylvanus المعروف بقرد زعطوط، الذي يحتل خاصة غابات شجر الأرز بجبال الأطلس (ارتفاع بين 1200 و2000 متر).

② مفهوم الساكنة: أنظر الوثيقة 1، لوحة2.

الوثيقة 1 : نموذج تفسيري لمفهوم الساكنة.

استخرج انطلاقا من هذه الوثيقة والوثائق السابقة تعريفا مبسطا لمفهوم الساكنة، مع تحديد خاصيات الساكنة الطبيعية.

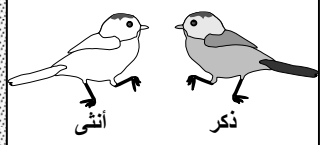


فقدان الأفراد

ولوج الأفراد

= تزاوج بالصدفة، لكل فرد نفس الاحتمال بان يتزاوج ويعطي خلفا.

= مجال توزيع الساكنة

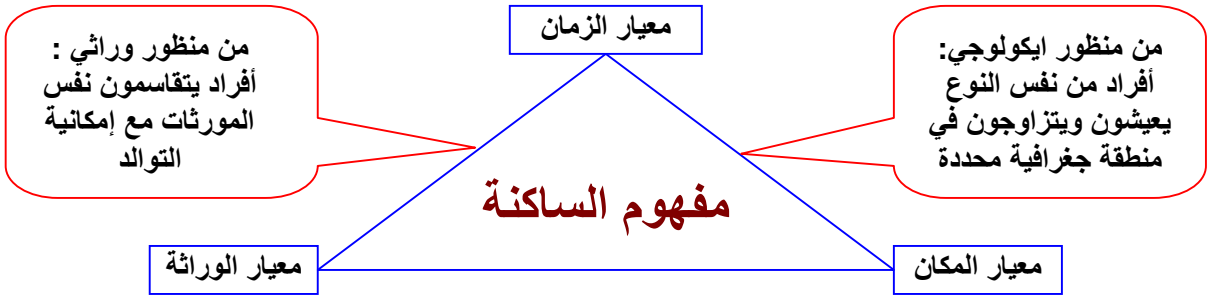


أفراد تنتمي لنفس النوع

الساكنة La population هي مجموعة من الأفراد المنتمية لنفس النوع. وهي مجموعة تعيش في مجال جغرافي معين، يتمكن فيه كل فرد من أفرادها من التزاوج والتوالد مع أي فرد آخر من أفراد المجموعة. والساكنة ليست كيانا جامدا بل هي على العكس من ذلك بنية دينامية يتخللها تدفق للأفراد من خلال:

- ولوج أفراد جدد ناتج عن الولادات وهجرة أفراد النوع نحو هذه الساكنة.
- فقدان أفراد ناجم عن الوفيات وهجرة أفراد النوع خارج مجال توزيع الساكنة.

ويمكن توضيح الساكنة من خلال الرسم التالي:



③ المحتوى الجيني للساكنة:

أ – تعريف المحتوى الجيني للساكنة:

تتميز الساكنة بجينوم جماعي يسمى المحتوى الجيني للساكنة، وهو مجموع الحليلات التي توجد في مواضع المورثات على الصبغيات عند كل أفراد الساكنة. ويتميز بالاستمرارية عبر الأجيال، ويكون قابلا للتغير عبر الزمن. أنظر الوثيقة2، لوحة2.

ب – حساب التردادات باستعمال طريقة الاحتمالات:

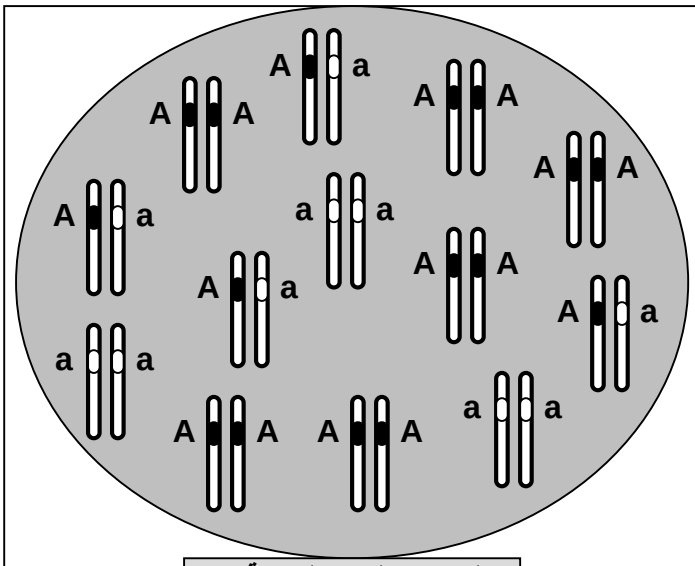
لتكن ساكنة P بها الأنماط الوراثية AA , Aa , aa (أنظر الوثيقة2، لوحة2).

الوثيقة 2:

يقدم الرسم أمامه المحتوى الجيني عند ساكنة P مكونة من 13 فردا.
سنعتبر أن المورثة غير مرتبطة بالجنس، وتملك حليلين: A حليل سائد، و a حليل متنحي.
باستخدام طريقة الاحتمالات، أحسب تردد كل من المظاهر الخارجية، الأنماط الوراثية، والحليلات. علما أن:

$$\text{تردد مظهر خارجي [A]} = \frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للمظهر [A]}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}}$$

$$\text{تردد نمط وراثي AA} = \frac{\text{عدد الأفراد الحاملين للنمط AA}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}}$$



المحتوى الجيني لساكنة P

تردد الحليلات: f(AA) = D , f(Aa) =H , f(aa) = R
يمكن حساب تردد الحليل A بحساب احتمال سحب tirage هذا الحليل بالصدفة من الساكنة، الشيء الذي يتطلب في الأول سحب فرد معين من هذه الساكنة ثم سحب أحد حليليه:

- يمكن أن يكون الفرد المسحوب AA باحتمال D، في هذه الحالة، احتمال سحب الحليل A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1 (لأن هذا الفرد يحمل الحليل A فقط).
- أو أن يكون الفرد المسحوب Aa باحتمال H، في هذه الحالة، احتمال سحب الحليل A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1/2 (لأن هذا الفرد يحمل كذلك الحليل a).
- أو أن يكون الفرد المسحوب aa باحتمال R، في هذه الحالة، احتمال سحب الحليل A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 0 (لأن هذا الفرد لا يحمل الحليل A).

إذن تردد الحليل (A) هو f(A) : f(A) = (D x 1) + (H x 1/2) + (R x 0)
⇨ f(A) = D + H/2

تردد الحليل (a) هو f(a) : $f(a) = (D \times 0) + (H \times 1/2) + (R \times 1)$

⇨ $f(a) = R + H/2$

وهكذا يمكن حساب تردد حليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

$$\text{تردد حليل داخل عينة} = \frac{\text{عدد المورثة المتشابهة الاقتران بالنسبة للحليل}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}} + \left[\frac{\text{عدد المورثة المختلفة الاقتران}}{\text{مجموع أفراد الساكنة N}} \times \frac{1}{2} \right]$$

$$\text{تردد حليل داخل عينة} = \frac{2 \times \text{عدد المورثة المتشابهة الاقتران بالنسبة لحليل} + \text{عدد المورثة المختلفة الاقتران}}{2 \times \text{مجموع أفراد الساكنة N} \quad (\text{عدد الحليلات})}$$

- تردد المظاهر الخارجية:

$f[A] = 10/13$ $\quad$ $f[a] = 3/13$

- تردد الأنماط الوراثية:

$f(aa) = R = 3/13$, $f(Aa) = H = 4/13$, $f(AA) = D = 6/13$

- تردد الحليلات:

$$f(A) = \frac{(2 \times 6) + 4}{2 \times 13} = 0.62 \qquad f(a) = \frac{(2 \times 3) + 4}{2 \times 13} = 0.38$$

II – قانون Hardy - Weinberg:

① الساكنة النظرية المثالية:

نظرا لصعوبة دراسة التغيرات الوراثية للساكنة عبر الأجيال (الطفرات، هجرة الأفراد، الانتقاء الطبيعي...)، نتتبع انتقال الخاصيات الوراثية بالنسبة لساكنة نظرية مثالية وذلك بتطبيق قانون H – W.

ما هذا القانون وما خاصيات الساكنة النظرية المثالية ؟

تعطي الوثيقة1، لوحة3 خاصيات الساكنة النظرية المثالية.

الوثيقة 1 : خاصيات الساكنة النظرية المثالية

- ساكنة لمتعضيات ثنائية الصيغة الصبغية ذات توالد جنسي وأجيالها غير متراكبة (ليس هناك أي تزاوج بين أفراد الأجيال المختلفة).
- ساكنة ذات عدد لا منته حيث تتسم التزاوجات بشكل عشوائي.
- ساكنة مغلقة وراثيا (ليس هناك تدفقات ناتجة عن الهجرة).
- لجميع أفراد الساكنة، مهما كان نمطهم الوراثي، القدرة نفسها على التوالد والقدرة على إعطاء خلف قادر على العيش = غياب الانتقاء
- غياب الطفرات والتغيرات الوراثية أثناء افتراق الصبغيات اثر الانقسام الاختزالي (يعطي الفرد من النمط Aa دائما 50 % من الأمشاج A و 50 % من الأمشاج a.
- التزاوج العشوائي بين الأفراد : الأفراد يتزاوجون بالصدفة Panmixie (لا يتم اختيار الشريك الجنسي بناء على خاصيات نمطه الوراثي أو مظهره الخارجي، والتقاء الأمشاج يحصل كذلك بالصدفة Pangamie).

② قانون Hardy و Weinberg:

أ – نص القانون:

يعتبر قانون H.W أن ترددات الحليلات وترددات الأنماط الوراثية تبقى مستقرة من جيل لآخر داخل ساكنة نظرية مثالية، فتوصف الساكنة بأنها في حالة توازن. (Hardy = رياضي انجليزي وWeinberg = طبيب ألماني).

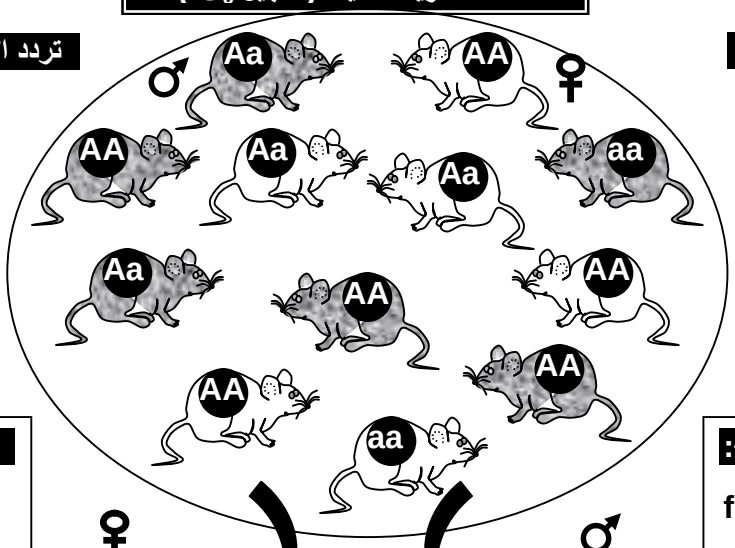
ب – برهنة القانون في حالة مورثة ذات حليلين:

فسر قانون H.W من خلال استغلال معطيات الوثيقة2 لوحة 3.

الوثيقة 2 : إنشاء قانون Hardy - Weinberg لنعتبر ساكنة نظرية مثالية، ولنتتبع تطور محتواها الجيني على مدى جيلين متتابعين G_0 و G_1 ، وذلك من خلال تتبع تطور كل من الأنماط الوراثية وتردد الحليلات بالنسبة لمورثة غير مرتبطة بالجنس ذات حليلين A و a.

1) حدد تردد كل من الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل الأصلي G_0.
2) حدد تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1.
3) حدد تردد الحليلات في الجيل G_1 من خلال تردد أنماطه الوراثية.
4) ماذا تستنتج ؟

ساكنة نظرية مثالية (الجيل G_0)



تردد الحليلات في الجيل G_0 :

f(A) = p = ...

f(a) = q = ...

p + q = ...

تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_0 :

f(AA) = ...

f(Aa) = ...

f(aa) = ...

f(AA) + f(Aa) + f(aa) = ...

تردد حليلات الأمشاج الأنثوية:

f(A) = ...

f(a) = ...

f(A) + f(a) = ...

.....

تردد حليلات الأمشاج الذكرية:

f(A) = ...

f(a) = ...

f(A) + f(a) = ...

.....

التقاء الأمشاج بالصدفة أثناء الإخصاب

شبكة التزاوج ⇦ الجيل G_1

♀ \ ♂	A p	a q
A p		
a q		

تردد الحليلات في الجيل G_1:

f(A) = ...

f(a) = ...

f(A) + f(a) = ...

.....

.....

تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1:

f(AA) = ...

f(Aa) = ...

f(aa) = ...

f(AA) + f(Aa) + f(aa) = ...

.....

1) تردد الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل G_0:

★ الأنماط الوراثية : $f(aa) = R$, $f(Aa) = H$, $f(AA) = D$

تردد الأنماط الوراثية متساو عند الجنسين مع $D + H + R = 1$

★ الحليلات : $f(a) = q = R + H/2$, $f(A) = p = D + H/2$

$$p + q = D + H + R = 1$$

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1:

انطلاقا من شبكة التزاوج:

$$f(AA) = p \times p = p^2 = D$$
$$f(Aa) = (p\,q) + (p\,q) = 2pq = H$$
$$f(aa) = q \times q = q^2 = R$$
$$D + H + R = p^2 + 2pq + q^2$$
$$= (p + q)^2 = 1$$

3) تردد الحليلات في الجيل G_1:

$$f(A) = f(AA) + f(Aa)/2 = D + H/2$$
$$= p^2 + (2pq)/2$$
$$= p^2 + pq$$
$$= p(p + q)$$

وبما أن $(p + q) = 1$ فان $f(A) = p$

$$f(a) = f(aa) + f(Aa)/2 = R + H/2$$
$$= q^2 + (2pq)/2$$
$$= q^2 + pq$$
$$= q(p + q)$$

وبما أن $(p + q) = 1$ فان $f(a) = q$

4) استنتاج:

نلاحظ أن هناك استقرارا في تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية مع توالي الأجيال، وهذا ما يعرف بتوازن Hardy-Weinberg. ففي الساكنة النظرية المثالية، تظل ترددات الأنماط الوراثية وترددات الحليلات مستقرة من جيل لآخر، فنقول أن الساكنة في حالة توازن.

يتم تحديد ترددات الأنماط الوراثية انطلاقا من تردد الحليلات باعتماد علاقة بسيطة تقابل نشر الحدانية $(p+q)^2$. ففي حالة مورثة ذات حليلين، بحيث p هو تردد الحليل A و q هو تردد الحليل a، فان تردد الأنماط الوراثية ستحسب كالآتي:

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$
$$f(AA) = p^2 \quad , \quad f(Aa) = 2pq \quad , \quad f(aa) = q^2 \quad \Leftarrow$$

ملاحظة : يطبق قانون Hardy-Weinberg أيضا على المورثات متعددة الحليلات، بحيث إذا كانت ترددات مختلف الحليلات على التوالي $p_1 , p_2 , p_3 \ldots p_n$ فان ترددات مختلف الأنماط الوراثية هي نشر الحدانية $(p_1 + p_2 + p_3 + \ldots + p_n)^2$.

مثلا نظام الفصائل الدموية ABO عند الإنسان يحدد عن طريق ثلاثة حليلات هي A وB وO بترددات على التوالي p وq وr. ادن $(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$

وهكذا فتردد الأنماط الوراثية هو $f(AA) = p^2$, $f(BB) = q^2$, $f(OO) = r^2$

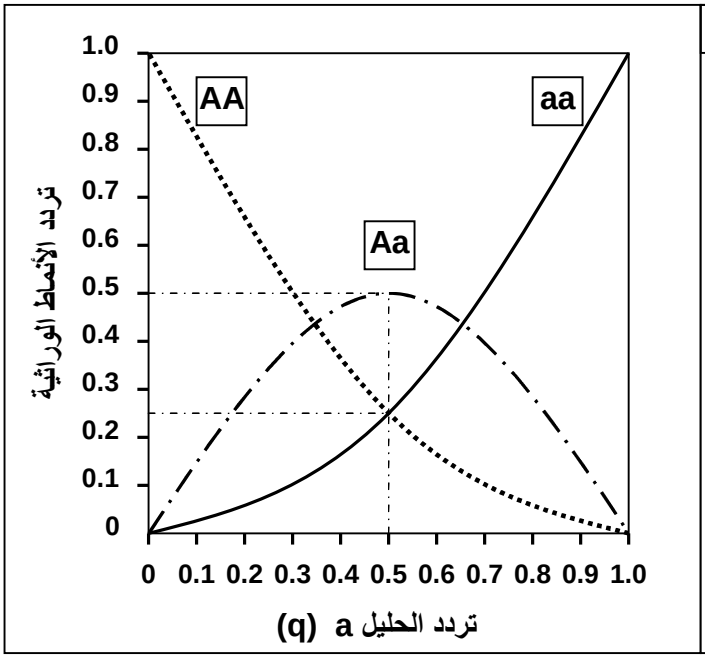
$f(AB) = 2pq$, $f(AO) = 2pr$, $f(BO) = 2qr$

③ العلاقة بين تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية حسب قانون H-W:

★ سؤال :

تمثل منحنيات الوثيقة 1 لوحة 4 تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الحليل a (q). حدد قيم تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة p = q = 0.5. ثم قارن هذه المعطيات مع النسب الماندیلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.

الوثيقة 1: تردد الأنماط الوراثية بدلالة قيمة q حسب قانون H-W



بتطبيق المعادلات :

$f(AA) = p^2 = (1 - q)^2$

$f(Aa) = 2pq = 2q(1 - q)$

$f(aa) = q^2$

يمكن تمثيل منحنيات تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الحليل a (q)، فنحصل على الشكل جانبه.

حدد قيم تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة p = q = 0.5. ثم قارن هذه المعطيات مع النسب الماندیلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.

f(AA) =..... , f(Aa) =..... , f(aa) =.....

مقارنـــة :

.....

.....

.....

★ جواب :

تردد الأنماط الوراثية : f(AA) = 1/4 , f(Aa) = 1/2 , f(aa) = 1/4

هي نفس ترددات الأنماط الوراثية في الوراثة الماندیلية المحصلة خلال تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران، وهي حالة خاصة من قانون Hardy-Weinberg.

III – تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية:

① اختبار التوازن χ^2 (Khi deux):

للتأكد ومعرفة هل الساكنة في حالة توازن أم لا، نقوم بانجاز اختبار التطابقية χ^2 ، والذي يمكن تلخيصه في ثلاث مراحل هي:

- حساب χ^2 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{عدد الأفراد النظري} - \text{عدد الأفراد الملاحظ})^2}{\text{عدد الأفراد النظري}}$$

- نحدد قيمة تدعى درجة الحرية (ddl) Degré de liberté:

هي فارق عدد الأنماط الوراثية وعدد الحليلات المدروسة:

$$ddl = \text{عدد الأنماط الوراثية} - \text{عدد الحليلات}$$

• نقارن قيمة χ^2 المحسوبة مع قيمة عتبة تقرأ على جدول خاص (أنظر الوثيقة 2 لوحة 4) بدلالة معياريين:

- احتمال الخطأ α ويتم اختياره من طرف المختبر وهو عادة 0.05 أي 5 %.
- درجة الحرية ddl.

الوثيقة 2: اختبار التوازن χ^2 :

α / ddl	0,90	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,0158	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635	10,827
2	0,211	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210	13,815
3	0,584	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,345	16,266
4	1,064	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277	18,467
5	1,610	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086	20,515
6	2,204	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812	22,457
7	2,833	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475	24,322
8	3,490	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090	26,125
9	4,168	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666	27,877
10	4,865	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209	29,588
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
30	20,599	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892	59,703

وهكذا إذا كانت قيمة χ^2 المحسوبة أصغر من القيمة العتبة χ^2 في الجدول، نقول أن الساكنة تخضع لقانون Hardy – weinberg أي أنها في توازن. و إذا كانت قيمة χ^2 المحسوبة أكبر من القيمة العتبة χ^2 في الجدول، نقول أن الساكنة لا تخضع لقانون Hardy – weinberg أي أنها ليست في حالة توازن.

② تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية: (أنظر الوثيقة 3 لوحة 4)

الوثيقة 3 : تطبيق قانون Hardy-Weinberg على ساكنة نظرية مثالية في حالة السيادة التامة.

داخل ساكنة نظرية تتألف من 500 نبتة زهرية، تم إحصاء عدد الأفراد بأزهار حمراء، وعدد الأفراد بأزهار بيضاء، فحصلنا على النتائج الممثلة على الجدول جانبه. للإشارة فالمورثة المسؤولة عن لون الأزهار محمولة على صبغي لا جنسي مع سيادة الحليل المسؤول عن اللون الأحمر (R) على الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (b).

المظهر الخارجي	مظهر خارجي متنحي [b]	مظهر خارجي سائد [R]
النمط الوراثي	bb	RR + Rb
عدد الأفراد	20	480

باعتبار هذه الساكنة في حالة توازن، وبتطبيق معادلة Hardy-Weinberg

$p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$ مع p = تردد الحليل R ، q = تردد الحليل b و $p + q = 1$.

أحسب ترددات الأنماط الوراثية وترددات الحليلات عند الساكنة الأم والساكنة البنت، ثم استنتج العدد النظري للأنماط الوراثية RR وRb في هذه الساكنة.

1) حساب الترددات عند الساكنة الأم :

★ تردد النمط الوراثي bb: يسهل حساب تردد حاملي الصفة المتنحية، لأن عدد مظاهرها الخارجية يكون مساويا لعدد الأنماط الوراثية $f(bb) = f[b] = 20/500 = 0.04$

★ تردد الحليلين R و b :

إذا اعتبرنا أن هذه الساكنة في حالة توازن، فيمكن حساب تردد الحليلات من خلال تردد الأنماط الوراثية، والتي تقابل نشر الحدانية $(p + q)^2$ أي $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$

$f(bb) = q^2$ ، $f(Rb) = 2pq$ ، $f(RR) = p^2$ مع $f(R) = p$ و $f(b) = q$

نبدأ بقيمة q لأننا نعرف مسبقا قيمة q^2 ($f(bb) = f[b] = q^2 = 0.04$)

إذن : $f(b) = q = \sqrt{0.04} = 0.2$

$$q = 0.2$$

نحسب قيمة p : نعلم أن $p + q = 1$ ادن $p = 1 - q = 1 - 0.2 = 0.8$

$$p = 0.8$$

وهكذا فتردد الحليلين R و b هو : $f(R) = 0.8$ ، $f(b) = 0.2$

★ تردد النمط الوراثي RR:

بناء على قيم p و q يمكن حساب :

تردد النمط الوراثي لمتشابهي الاقتران RR: $f(RR) = p^2 = (0.8)^2 = 0.64$

تردد النمط الوراثي لمختلفي الاقتران Rb: $f(Rb) = 2pq = (2 \times 0.8 \times 0.2) = 0.32$

★ العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb:

$$f(RR) = \frac{\text{عدد الأفراد}}{\text{عدد أفراد الساكنة}} \Leftarrow \text{عدد الأفراد } RR = (\text{عدد أفراد الساكنة } N) \times f(RR)$$

ادن عدد الأفراد الحاملين ل RR هو $f(RR) \times N = 0.64 \times 500 = 320$

وعدد الأفراد الحاملين ل Rb هو $f(Rb) \times N = 0.32 \times 500 = 160$

وعدد الأفراد الحاملين ل bb هو $f(bb) \times N = 0.04 \times 500 = 20$

2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :

ينتج أفراد الساكنة الأم أمشاجا تتضمن الحليلين R و b بنفس التردد الذي توجد عليه في هذه الساكنة.

لننجز شبكة التزاوج:

♀ \ ♂	R $p = 0.8$	b $q = 0.2$
R $p = 0.8$	RR $p^2 = 0.64$	Rb $Pq = 0.16$
b $q = 0.2$	Rb $Pq = 0.16$	bb $q^2 = 0.04$

ترددات الأنماط الوراثية عند الساكنة البنت هي :

$f(RR) = p^2 = 0.64$

$f(Rb) = 2pq = 2 \times 0.16 = 0.32$

$f(bb) = q^2 = 0.04$

نلاحظ أن تردد الحليلات والأنماط الوراثية للساكنة البنت مماثلا للساكنة الأم (ساكنة خاضعة لقانون H-W).

IV – تطبيق قانون Hardy – Weinberg على انتقال بعض الصفات الوراثية:

① حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات اللاجنسية:

أ – حالة السيادة.

a – مثال أول: الفصيلة الدموية ريزوس (أنظر الوثيقة 1 لوحة 5)

الوثيقة 1: يرمز للفصيلة الدموية ريزوس Rhésus (Rh) بواسطة الحليلين d و D. الحليل D سائد يعطي الفصيلة [Rh^+]، والحليل d متنحي بحيث النمط الوراثي dd يعطي الفصيلة [Rh^-].
في سنة 1976 أظهرت دراسة خصت 400 فرد من منطقة الباسك باسبانيا أن 230 منهم من الفصيلة [Rh^+].
بتطبيق قانون Hardy -Weinberg، أتمم الجدول التالي.

تردد الحليلات	الحليل d	$f(d) = q$ و $f(dd) = q^2$ ادن $f(d) = q = \sqrt{(400-230)/400}$
	الحليل D	$f(D) = p = 1 - q = 0.35$
تردد الأنماط الوراثية	DD	$f(DD) = p^2 = (0.35)^2 = 0.122$
	Dd	$f(Dd) = 2pq = 2 \times 0.65 \times 0.35 = 0.455$
	dd	$f(dd) = q^2 = (0.65)^2 = 0.423$
نسبة [Rh^+] الذين هم مختلفوا الاقتران :		$(f(Dd)/(f(Dd) + f(DD)))x100 = (0.455/(0.455+0.122))x100 = 78.86$

b – مثال ثاني: مرض Mucoviscidose (أنظر الوثيقة 2 لوحة 5)

الوثيقة 2 : انتقال مرض Mucoviscidose

عند ساكنة متوازنة، يصاب طفل من بين 3000 بمرض وراثي يدعى La mucoviscidose يسببه حليل متنحي m غير مرتبط بالجنس.

1) أعط النمط الوراثي أو الأنماط الوراثية الممكنة للأفراد العاديين. علل إجابتك. (أستعمل الرمز m^+ بالنسبة للحليل السائد)
2) أحسب تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة.
3) أحسب تردد الأفراد مختلفي الاقتران في هذه الساكنة.

1) النمطين الوراثيين الممكنين بالنسبة للأفراد العاديين هما m^+m^+ و m^+m، لأن الأفراد السائدين ينتمون لسلالتين: سلالة نقية متشابهة الاقتران وسلالة هجينة مختلفة الاقتران.

2) تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة هو f(mm):

$$f(mm) = \frac{1}{3000} = 3.3\ 10^{-4}$$

لنعتبر q تردد الحليل m و p تردد الحليل m^+.

نعلم أن $p + q = 1$ وأن $f(mm) = f(m) = q^2$

لنحسب ادن q: (q تساوي جدر تردد الأفراد المصابين في الساكنة أي f(mm))

$$q = \sqrt{3.3\ 10^{-4}} = 0.018$$

$$P = 1 – q = 1 – 0.018 = 0.982$$

3) نعلم أن تردد الأفراد مختلفي الاقتران $f(m^+m)$ هو 2pq، ومنه:

$$f(m^+m) = 2 \times (0.982 \times 0.018) = 0.035$$

ب – حالة تساوي السيادة. (أنظر الوثيقة 3 لوحة 5 الجزء ❶)

الوثيقة 3: النظام الدموي MN عند الإنسان

❶ عند الإنسان تخضع الفصيلة الدموية في النظام MN لتعبير حليلين متساويي السيادة M و N. أعطت دراسة أجريت على 730 شخص بريطاني النتائج الإحصائية التالية: [MN] 216 + [M] 22 + [N] 492.

1) أحسب تردد مختلف الأنماط الوراثية في هذه الساكنة.
2) أحسب تردد الحليلين M و N.
إذا اعتبرنا أن هذه الساكنة في حالة توازن Hardy – Weinberg،
3) أحسب التردد المنتظر لكل من الأنماط الوراثية.
4) أحسب عدد كل من الأنماط الوراثية المنتظر حسب قانون Hardy – Weinberg.
5) هل تعتبر هذه الساكنة في حالة توازن (تأكد من ذلك باستعمال اختبار التطابقية χ^2).

❷ عند سلالة من الماعز، نجد ثلاثة مظاهر خارجية فيما يخص لون الفرو. فهناك اللون الأسود [NN]، واللون الأبيض [BB]، واللون الرمادي [NB]، الذي يدل على تساوي السيادة بين الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (B)، والحليل المسؤول عن الأسود (N). داخل ساكنة تتكون من 10000 فرد، تم احصاء 3000 فرد [NN]، و1000 فرد [NB]، و6000 فرد [BB].
بتطبيقك نفس المراحل المعتمدة في الجزء ❶ من هذا التمرين، بين هل هذه الساكنة هي في حالة توازن ؟ .

1) تردد مختلف الأنماط الوراثية في هذه الساكنة:

$$D = f(NN) = \frac{\text{عدد الأفراد NN}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{492}{730} = 0.67 \Rightarrow f(MM) = 0.67$$

$$R = f(MM) = \frac{\text{عدد الأفراد MM}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{22}{730} = 0.03 \Rightarrow f(NN) = 0.03$$

$$H = f(MN) = \frac{\text{عدد الأفراد MN}}{\text{مجموع الأفراد}} = \frac{216}{730} = 0.30 \Rightarrow f(MN) = 0.30$$

2) تردد الحليلين M و N :

$$f(N) = D + \frac{H}{2} = 0.03 + \frac{0.30}{2} = 0.18 \Rightarrow f(N) = p = 0.18$$

$$f(M) = R + \frac{H}{2} = 0.67 + \frac{0.30}{2} = 0.82 \Rightarrow f(M) = q = 0.82$$

$$p + q = 0.18 + 0.82 = 1$$

3) باعتبار أن هذه الساكنة في حالة توازن، نقوم بحساب تردد الأنماط الوراثية النظري (المتوقع، المنتظر) باستعمال معادلة Hardy - Weinberg ($p^2 + 2pq + q^2$).

★ تردد NN المنتظر يساوي p^2 ويتمثل في $(0.18)^2$ أي 0.032 ⇦ f(NN) = 0.032
★ تردد MM المنتظر يساوي q^2 ويتمثل في $(0.82)^2$ أي 0.673 ⇦ f(MM) = 0.673
★ تردد MN المنتظر يساوي 2pq ويتمثل في (2x0.18 x0.82) أي 0.295 ⇦ f(MN) = 0.295

4) عدد الأنماط الوراثية النظري :

عدد الأفراد الحاملين لنمط وراثي يساوي تردد هذا النمط مضروب في عدد أفراد الساكنة:

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي NN هو $p^2 \times N$ = 0.032 X 730 = 24
★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي MN هو $2pq \times N$ = 0.295 X 730 = 215
★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي MM هو $q^2 \times N$ = 0.673 X 730 = 491

5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة χ^2 :

في حالة 3 أنماط وراثية NN و MN و MM يحسب χ^2 على الشكل التالي:

$$\chi^2 = (E_{NNo} - E_{NNt})^2/E_{NNt} + (E_{MMo} - E_{MMt})^2/E_{MMt} + (E_{MNo} - E_{MNt})^2/E_{MNt}$$

Eo = الأعداد الملاحظة Et والأعداد النظرية

$$\chi^2 = \frac{(22 - 24)^2}{24} + \frac{(492 - 491)^2}{491} + \frac{(216 - 215)^2}{215}$$

$$= 0.023 + 0.166 + 0.0046 = 0.173$$

★ حساب قيمة درجة الحرية ddl :

ddl = عدد الحليلات – عدد الأنماط الوراثية
= 3 – 2
= 1

★ احتمال الخطأ α يساوي 0.05 أي 5 %
★ قيمة χ^2 العتبة المقروءة في جدول الوثيقة 2 لوحة 4 هي 3.84

χ^2 العتبة المحسوبة < χ^2 العتبة المقروءة ⇦
- χ^2 قيمة العتبة المقروءة = 3.84
- χ^2 قيمة العتبة المحسوبة = 0.05

نلاحظ أن القيمة المحسوبة لـ χ^2 اصغر بكثير من العتبة إذن ليس هناك فرق بين النتائج الملاحظة والنتائج النظرية، فنقول بذلك أن هذه الساكنة تخضع لتوازن Hardy-Weinberg.

خلاصة :

في أغلب الحالات يمكن نموذج Hardy-Weinberg من إعطاء فكرة مهمة عن البنية الوراثية للساكنات الطبيعية لأن فرضية التزاوجات بالصدفة غالبا ما تحترم و تأثيرات الطفرات و الهجرة والانتقاء ليست بالدرجة التي يمكنها إحداث اختلاف بين ترددات الأنماط الوراثية و نموذج Hardy-Weinberg و من تم يمكن استعمال هذا القانون لوضع توقعات في عدة مجالات نذكر من بينها المجال الطبي.

المثال الثاني : اختبار توازن ساكنة (أنظر الوثيقة 3 لوحة 5 الجزء ❷)

- f(B) = p ((6000 + 1000)/2)/10000 = 0.65
- f(N) = q ((3000 + 1000)/2)/10000 = 0.35

- لنحسب تردد الأنماط الوراثية الثلاثة بتطبيق الصيغة الرياضية لقانون Hardy-Weinberg:

- $F(BB) = p^2 = (0.65)^2 = 0.4225$
- $F(NB) = 2pq = 2 \times 0.35 \times 0.65 = 0.455$
- $F(NN) = q^2 = (0.35)^2 = 0.1225$

- لنحسب عدد الأفراد النظري بالنسبة للمظاهر الخارجية الثلاثة، وذلك بحساب جداء التردد بعدد أفراد الساكنة:

✓ عدد [NN] : [NN] = 0.4225 x 10000 = 4225
✓ عدد [NB] : [NB] = 0.4550 x 10000 = 4550
✓ عدد [BB] : [BB] = 0.1225 x 10000 = 1225

- لنحسب χ^2 بتطبيق المعادلة $\chi^2 = \sum((Ho - Et)^2 / Et$

✓ Eo = عدد الأفراد الملاحظ بالنسبة لمظهر خارجي معين.
✓ Et = عدد الأفراد النظري بالنسبة لمظهر خارجي معين.

المظهر الخارجي	[NN]	[NB]	[BB]
عدد الأفراد الملاحظ	3000	1000	6000
عدد الأفراد النظري (المنتظر)	4225	4550	1225

$$\chi^2 = ((3000 - 4225)^2/4225) + ((1000 - 4550)^2/4550) + ((6000 - 1225)^2/1225)$$

$$\chi^2 = 6087.42$$

تساوي درجة الحرية ddl عدد الأنماط الوراثية ناقص عدد الحليلات أي (3-2=1).

من خلال جدول χ^2 النظري وبدلالة $\alpha = 0.05$، يتبين أن χ^2 النظري (3.84) يقل بكثير عن χ^2 الذي تم حسابه (6087.42). ما يعني أن هناك فرقا شاسعا بين أعداد الأفراد بالنسبة للمظاهر الخارجية الملاحظة والمنتظرة. وبالتالي نستنتج أن الساكنة غير متوازنة، أي لاتخضع لقانون Hardy-Weinberg. وبعبارة أخرى تردد الحليلات غير مستقر عبر الأجيال.

تمرين تطبيقي:

داخل ساكنة من نباتات شب الليل، تم انجاز دراسة احصائية تهم لون التويجات في الأزهار. ويبين الجدول التالي نتائج الدراسة:

المظهر الخارجي	تويجات حمراء	تويجات وردية	تويجات بيضاء	العدد الاجمالي للساكنة
عدد النبتات	3	44	55	102

نشير الى أن صفة لون التويجات تخضع لمورثة محمولة على صبغي لاجنسي، وذات حليلين متساويي السيادة: الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (B)، والحليل المسؤول عن اللون الأحمر (R). ويجسد اللون الوردي المظهر الخارجي الوسيط.

السؤال: استعمل اختبار χ^2 لتحديد هل الساكنة متوازنة أم لا.

حل التمرين:

- حساب تردد المظاهر الخارجية: $f(B) = p = (55+(44/2)) / 102 = 0.755$
  $f(R) = q = (3+(44/2)) / 102 = 0.245$
- حساب تردد المظاهر الخارجية / الأنماط الوراثية المنتظرة، وذلك بتطبيق صيغة الرياضية لـ H-W
  $f(BB) = p^2 = (0.755)^2 = 0.57 = 58/102$
  $f(RB) = 2pq = (2 \times 0.245 \times 0.755) = 0.37 = 38/102$
  $f(RR) = q^2 = (0.245)^2 = 0.06 = 6/102$
- وضع جدول المقارنة بين أعداد المظاهر الخارجية الملاحظة والمنتظرة (النظرية):

المظهر الخارجي	[BB]	[RB]	[RR]
عدد الأفراد الملاحظ	55	44	3
عدد الأفراد النظري	58	38	6

- حساب χ^2 : $\chi^2 = ((55-58)^2/58) + ((44-38)^2/38) + ((3-6)^2/6)$
  $\chi^2 = 2.6$
- درجة الحرية ddl = 3 – 2 = 1، وبالنسبة ل $\alpha = 0.05$ فقيمة χ^2 النظري هي 3.84.

- **نلاحظ أن قيمة χ^2 النظري تفوق قيمة χ^2 التي تم حسابها. اذن فأعداد الأفراد الملاحظة تتطابق مع أعداد الأفراد المنتظرة. ويدل هذا التطابق على أن الساكنة متوازنة.**

② حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات الجنسية:

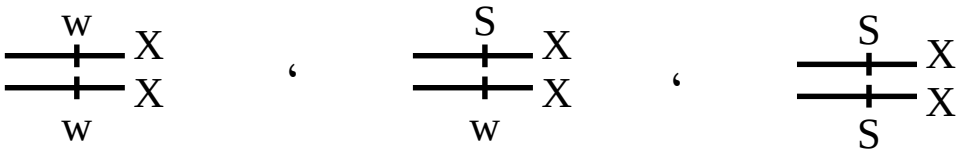
أ – مثال أول : عند ذبابة الخل. (أنظر الوثيقة 4 لوحة 5)

الوثيقة 4 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

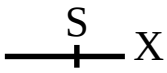
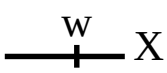
ترتبط صفة لون العيون عند ذبابة الخل بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X تتضمن حليلين: الحليل w متنح مسؤول عن العيون البيضاء. والحليل S سائد مسؤول عن العيون الحمراء.
نضع داخل قفص الساكنة (قفص يمكن من تتبع تطور تردد الأنماط الوراثية وتردد الحليلات) عددا متساويا من ذكور وإناث ذبابات الخل.
نعتبر أن هذه الساكنة تتوالد وفق النظام البنمكتي Panmixie (تزاوج بالصدفة)، وأنها في حالة توازن لا تعرف الطفرات ولا الانتقاء الطبيعي، وأنها كبيرة جدا لتطبيق قوانين الاحتمالات، وأن ترددات الحليلين S و w هي على التوالي p و q في الجيل الأول G_0 .

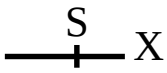
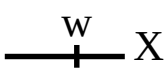
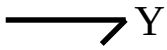
1) أعط الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد هذه الساكنة.
2) أحسب تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G_1. ثم قارن نتائج تطبيق قانون Hardy – Weinberg عند كل من الذكور والإناث.
3) ماذا تستنتج من تطبيق قانون H –W في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.
4) يساعد تطبيق قانون Hardy – Weinberg على توقع انتشار بعض الأمراض عند الإنسان. وضح ذلك.

1) الأنماط الوراثية الممكنة داخل هذه الساكنة :

★ عند الإناث :  ، ،

★ عند الذكور : ،

★ عند الأمشاج الأنثوية :  ، 

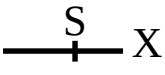
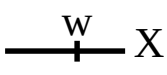
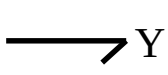
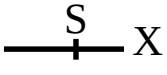
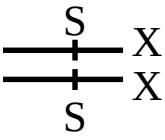
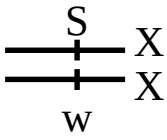
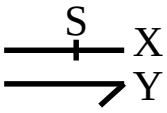
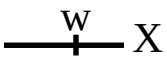
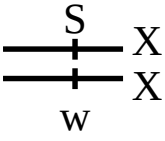
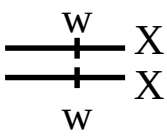
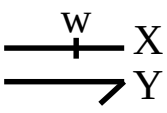
★ عند الأمشاج الذكرية :  ،  ، 

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G_1 :

★ تردد الحليلات عند الذكور وعند الإناث متساو (الساكنة في حالة توازن)

$$f(w) = q \quad , \quad f(S) = p \quad , \quad p + q = 1$$

★ شبكة التزاوج في هذه السلاكنة :

♀ \ ♂	 p	 q	
 p	 p^2	 pq	 p
 q	 pq	 q^2	 q

★ تردد الأنماط الوراثية عند الجيل الثاني G_1 :

عند الإناث : $f(X_SX_S) = p^2$, $f(X_SX_w) = 2pq$, $f(X_wX_w) = q^2$

عند الذكور : $f(X_SY) = p$, $f(X_wY) = q$

3) عند الإناث تردد الأنماط الوراثية خاضع لقانون Hardy – Weinberg ، أما عند الذكور فان تردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات.

4) إذا كانت المورثة مرتبطة بالجنس، فتردد الأنماط الوراثية عند الإناث يبقى خاضعا لقانون H-W، حيث $f(X_AX_A) = p^2$, $f(X_AX_a) = 2pq$, $f(X_aX_a) = q^2$. (A حليل سائد وa حليل متنح). أما عند الذكور فتردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات.

5) عند الذكور يمكن تقدير تردد المرض بشكل مباشر لأن تردد المظاهر الخارجية يعبر عن تردد الحليلات. أما عند الإناث فنستعمل شبكة التزاوج. (أنظر الجدول التالي)

	ذكر		أنثى		الحصيلة
	مصاب	غير مصاب	مصابة	غير مصابة	
حالة حليل متنح	q	p	q^2	p^2+2pq	$q > q^2$ الإناث اقل إصابة من الذكور
حالة حليل سائد	p	q	p^2+2pq	q^2	$p^2 +2pq>p$ الإناث أكثر إصابة من الذكور

ب – تمرين تطبيقي. (أنظر الوثيقة 1 لوحة 6)

الوثيقة 1 : تمرين تطبيقي

الدلتونية عيب في إبصار الألوان، ويتعلق الأمر بشذوذ مرتبط بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X. ينتج هذا العيب عن حليل d متنحي. بينت دراسة تردد الدلتونية عند ساكنة مكونة من أطفال، أن تردد الحليل المسؤول عن المرض هو q = 0.1.

1) أحسب نسبة ظهور المرض عند كل من الإناث والذكور في هذه الساكنة. ماذا تستنتج ؟

داء Alport (الكلية) مرض وراثي سائد مرتبط بالصبغي الجنسي X. تردد الحليل المسؤول عن المرض عند ساكنة هو p = 0.087.

2) أحسب نسبة ظهور المرض عند كل من الإناث والذكور في هذه الساكنة. ماذا تستنتج ؟

1) نحسب نسبة ظهور المرض:

★ تكون الأنثى مصابة إذا كانت ثنائية التنحي: $f(Xd,Xd) = q^2 = (0.1)^2 = 0.01$

★ بالنسبة للذكور سيكون تردد المرض مساو لتردد الحليل : $f(Xd,Y) = q = 0.1$

وهكذا فنسبة ظهور المرض عند الإناث هي 1 %، ونسبة ظهور المرض عند الذكور هي 10 %، نستنتج من هذا أنه في حالة مرض مرتبط بحليل متنحي تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الذكور مرتفعة جدا بالمقارنة مع نسبتها عند الإناث.

2) نحسب نسبة ظهور المرض :

★ تردد المرض عند الإناث : بما أن الحليل المسؤول عن المرض سائد، ومحمول على الصبغي X فان الأنثى ستكون مصابة في حالة تشابه الاقتران (X_AX_A) و في حالة اختلاف الاقتران (X_AX_n) :

ادن $f(X_AX_A) = p^2$ و $f(X_AX_n) = 2pq$

ومنه فان تردد المرض عند الإناث يساوي $p^2 + 2pq$

$p + q = 1 \Leftarrow q = 1 – p = 1 – 0.087 = 0.913$

تردد المرض عند الإناث يساوي: $(0.087)^2 + 2(0.087 \times 0.913) = 0.166$
أي بنسبة 16.6 %

★ تردد المرض عند الذكور : سيكون الذكر مصابا في حالة حمله الصبغي X_A.

$f(X_AY) = p = 1 / 104 = 0.087$ ادن
أي بنسبة 8.70 %

وهكذا فنسبة ظهور المرض عند الإناث هي 16.6 %، ونسبة ظهور المرض عند الذكور هي 8.7 %، نستنتج من هذا أنه في حالة مرض مرتبط بحليل سائد تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الإناث مرتفعة بالمقارنة مع نسبتها عند الذكور.

ج – تمرين منزلي : لون الفرو عند القطط. (أنظر الوثيقة 2 لوحة 6)

الوثيقة2 : انتقال صفة لون الفرو عند القطط

تتحكم في لون الفرو عند القطط مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X. لهذه المورثة حليلين:

- **حليل Cn يمكن من تركيب الميلانين، مما يعطي لونا أسودا للفرو.**
- **حليل Cj يكبح تركيب الميلانين، مما يعطي لونا أصفرا للفرو.**

عند عينة من القطط حصلنا على النتائج المبينة على الجدول أمامه:

	المظهر الخارجي للقطط		
	فرو أسود	فرو مبقع بالأصفر والأسود	فرو أصفر
ذكور	300	0	50
إناث	300	50	10

1) **أعط النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي.**
2) **فسر غياب المظهر الخارجي المبقع بالأصفر والأسود عند الذكور.**
3) **أحسب تردد الحليل Cn وتردد الحليل Cj عند هذه العينة.**
4) **هل تردد الحليل Cn متطابق عند الجنسين ؟ علل إجابتك.**
5) **أحسب تردد القطات بفرو أسود في الجيل الموالى في حالة ما إذا تمت التزاوجات بشكل عشوائي على مستوى العينة المدروسة.**

1) النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي هو :

المظهر الخارجي	فرو أسود	فرو أسود	فرو مبقع	فرو أصفر	فرو أصفر
	♂	♀	♀	♂	♀
النمط الوراثي	$\frac{Cn}{}X$ $\frac{}{}Y$	$\frac{Cn}{Cn}X$	$\frac{Cn}{Cj}X$	$\frac{Cj}{}X$ $\frac{}{}Y$	$\frac{Cj}{Cj}X$

2) يرجع غياب المظهر الخارجي المبقع إلى كون هذا المظهر يتطلب وجود حليلان Cn و Cj، بينما الذكور لا يتوفرون إلا على صبغي x واحد، وبالتالي لا يمكن أن نجد الحليلان معا عند الذكور.

3) اعتمادا على الإجابة عن السؤال 1 يمكن القيام بالحساب التالي:

تردد الحليل (Cn) يساوي q: $q = ((300x2)+50+300)/(360x2)+350 = 0.887$
ومنه تردد الحليل (Cj) يساوي p : $p = 1 – q = 1 – 0.887 = 0.113$

4) لا لأن الحليل Cn موجود في نسختين عند الأنثى [Cn]، وفي نسخة واحدة عند الأنثى [Cn,Cj]، أما الذكور [Cn] فيتوفرون على نسخة واحدة من الحليل Cn.
ومنه فان تردد الحليل Cn عند الإناث هو : $((300x2)+50))/(360x2) = 0.90$
وتردد الحليل Cn عند الذكور هو : $300/350 = 0.86$

5) يرجع الحصول على قطات بفرو أسود في الجيل الموالي إلى حدوث إخصاب بين مشيج أنثوي حامل للحليل Cn وآخر ذكر حامل لنفس الحليل.
نعلم أن تردد الحليل Cn عند الإناث هو 0.9، بينما تردد نفس الحليل عند الذكور هو 0.86، ومنه فان النسبة المطلوبة هي 0.90 x 0.86 x 100 = 77.4 %

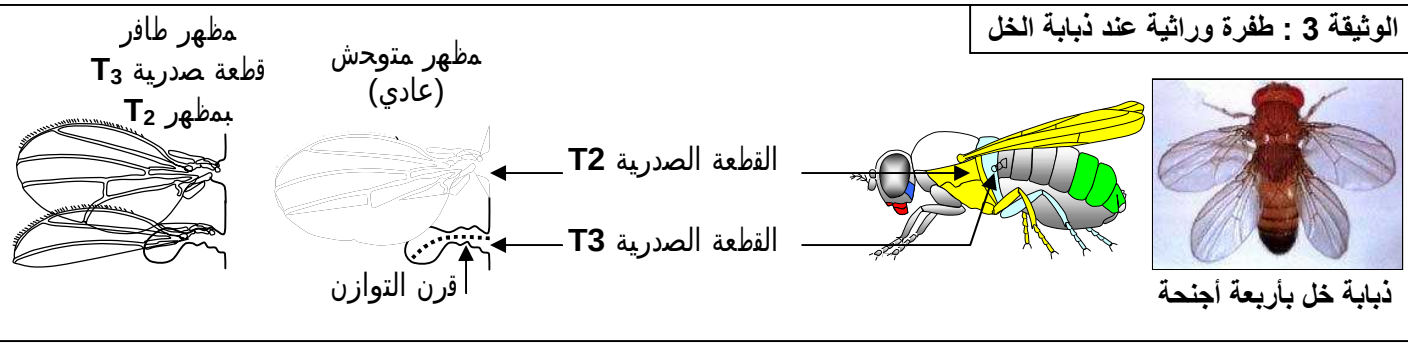
V – عوامل تغير الساكنة :

① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

أ – أمثلة لبعض الطفرات.

★ يرتبط تشكل القطع الصدرية عند ذبابة الخل بتدخل آلاف المورثات (أنظر الوثيقة 3 لوحة 6). في بعض الحالات تتخذ القطعة الصدرية T3 مظهر القطعة الصدرية T2، فتعطي ذبابة خل بأربعة أجنحة.

الوثيقة 3 : طفرة وراثية عند ذبابة الخل



★ يصاب الجلد عند الإنسان بأورام بفعل تأثيرات الأشعة البنفسجية للشمس على مورثات خلايا البشرة، ولا تنتقل هذه الطفرات إلى الخلف: إنها طفرات جسدية.

★ يرجع غياب اللون للفرو عند النمر الأبيض إلى طفرة وراثية تسمى Leucisme.

يتبين من هذه الأمثلة أن الطفرات هي مصدر للتغير الوراثي، فهي تمكن من ظهور حليلات جديدة تسمى بالحليلات الطافرة، تكون مسؤولة عن ظهور مظاهر خارجية جديدة داخل الساكنة.

ب – تعريف الطفرة :

الطفرة هي تغير وراثي تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتتالية النيكليوتيدية لجزيئة ADN، فتؤدي إلى تغير البرنامج الوراثي وبالتالي تغير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة.
يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية، تنتقل الطفرة إلى الخلف، فنتكلم عن طفرة وراثية (Mutation génétique).

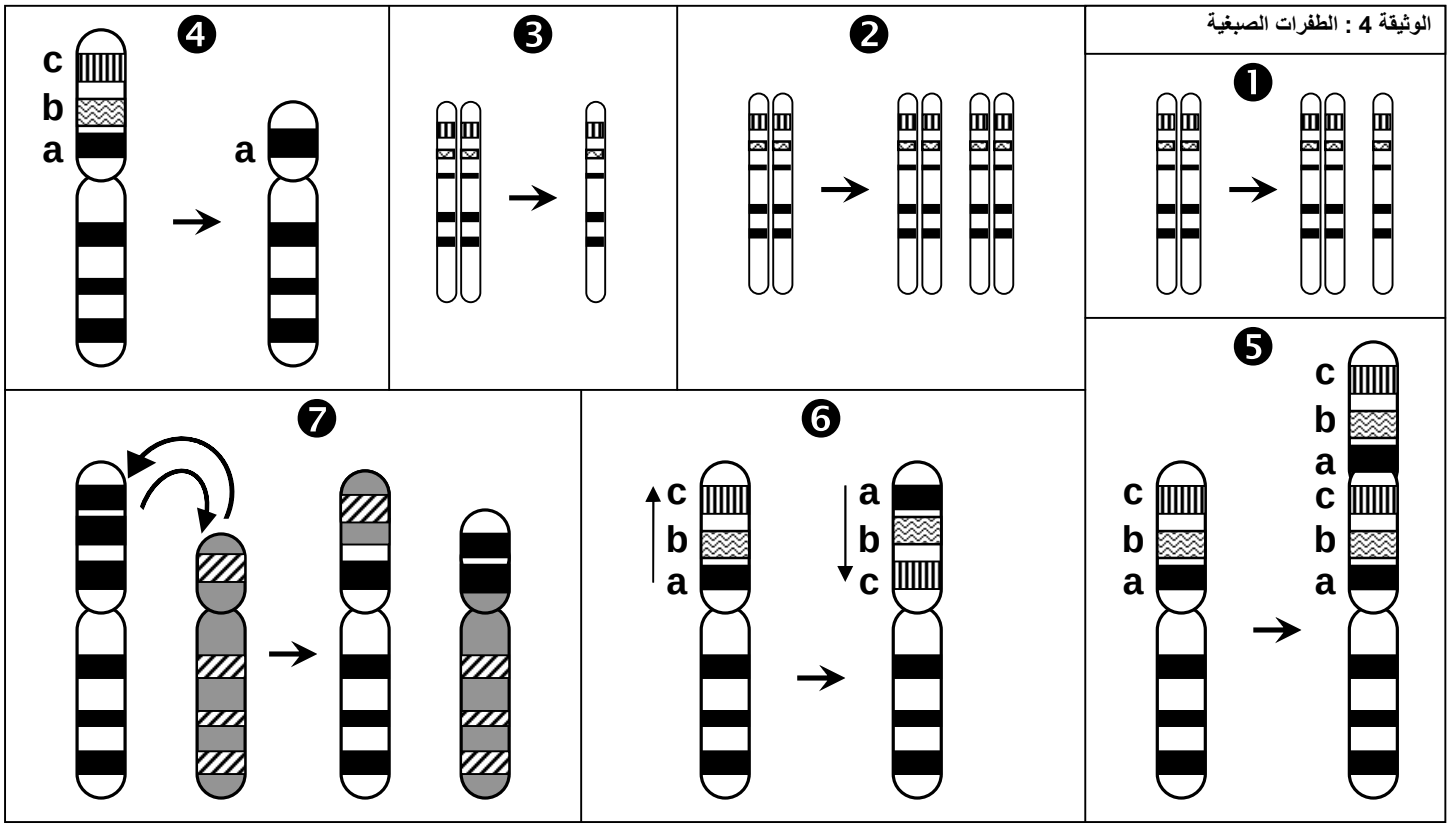
ج – أنواع الطفرات .

نجد نوعين من الطفرات الوراثية:

a – الطفرات الصبغية :

هي تغيرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات، ويمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكاملها أو عدة مورثات. تعرف على مختلف أنواع الطفرات الصبغية الممثلة على الوثيقة 4 لوحة 6.

الوثيقة 4 : الطفرات الصبغية



★ تغير عدد الصبغيات :

❶ إضافة صبغي Aneuploïdie.
❷ مضاعفة عدد الصبغيات Polyploïdie.
❸ ضياع صبغي Monoploïdie.

★ تغير بنية الصبغي :

❹ ضياع قطعة من الصبغي، عموما يكون لها تأثير مميت (ضياع مورثات).
❺ مضاعفة قطعة من الصبغي، الشيء الذي يزيد عدد نسخ مورثة معينة.
❻ انقلاب قطعة من الصبغي، يؤدي إلى تغير في ترتيب المورثات.
❼ تبادل قطع من الصبغي بين صبغيين غير متماثلين.

b – الطفرات الموضعية : (Ponctuelle) (أنظر الوثيقة 1 لوحة 7)

الوثيقة 1 : الطفرات الموضعية

ينتج الخضاب الدموي العادي (β – globuline) عند الإنسان بواسطة الحليل HbA. غير أنه توجد مجموعة من الحليلات الطافرة المسببة لأمراض مرتبطة بفقر الدم عند الإنسان.
تمثل المتتاليات النوكليوتيدية أسفله حليلات مختلفة (السلسلة غير المنسوخة) لمورثة β – globuline، ومتتالية الأحماض الأمينية التي ترمز إليها.

1) **قارن بين أنواع الطفرات التي تصيب مورثة β – globuline وفسر تأثيرها في بنية البروتين.**
2) **تعرف مختلف أصناف الطفرات الموضعية من خلال ملأ الجدول أسفله بما يناسب.**
3) **أبرز أهمية الطفرات الموضعية في تعدد الحليلات وتعدد المظاهر الخارجية.**

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	المورثة العادية HbA
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	البروتين العادي HbA

CAT	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	الحليل الطافر Hba_1
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	البروتين HbA

CAC	CTG	ACT	CCT	GTG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	الحليل الطافر HbS
His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	البروتين HbS

CAC	CTG	ACT	CCT	AAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	الحليل الطافر HbC
His	Leu	Thr	Pro	Lys	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	البروتين HbC

CAT	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TAG	GGC	AAG	GTG	الحليل الطافر Tha_2
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu					البروتين Tha_2

- A

CAC	CTG	ACT	CCT	GGG	AGA	AGT	CTG	CCG	TTA	CTG	CCC	TGT	GGG	GCA	AGG	TGA	الحليل الطافر Tha_3
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Arg	Ser	Leu	Pro	Leu	Leu	Pro	Cys	Gly	Ala	Arg		البروتين Tha_3

+ C

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	CTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	الحليل الطافر Tha_4
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Lru	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	البروتين Tha_4

1) تتجلى الطفرات التي تصيب مورثة β – globuline في استبدال أو إضافة أو حذف قاعدة ازوتية، الشيء الذي يؤدي إلى تغير قراءة المتتالية الوراثية. ويؤدي إلى توقف تركيب البروتين، أو تركيب بروتين مخالف. فينتج عن ذلك أمراضا مختلفة.

2) ملأ الجدول :

الحليل	نوع التغير على مستوى الحليل	النتائج على مستوى البروتين	صنف الطفرة
Hba_1	استبدال قاعدة بأخرى (استبدال **C** بـ **T**)	لا شيء	طفرة صامتة **Silencieuse**
HbS	استبدال القاعدة الأزوتية **14** : **A** بـ **T**	استبدال حمض أميني بآخر	المعنى الخاطئ **Faux sens**
HbC	استبدال القاعدة الأزوتية **13** : **G** بـ **A**	استبدال حمض أميني بآخر	المعنى الخاطئ **Faux sens**
Tha_2	استبدال القاعدة الأزوتية **41** : **G** بـ **A**	توقف القراءة في موقع الاستبدال	بدون معنى **Non sens**
Tha_3	ضياع القاعدة الأزوتية **14** (**A**)	تغير طور القراءة : استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال	ضياع **Frame – shift**
Tha_4	إضافة القاعدة الأزوتية **22** (**C**)	تغير طور القراءة	إضافة **Frame – shift**

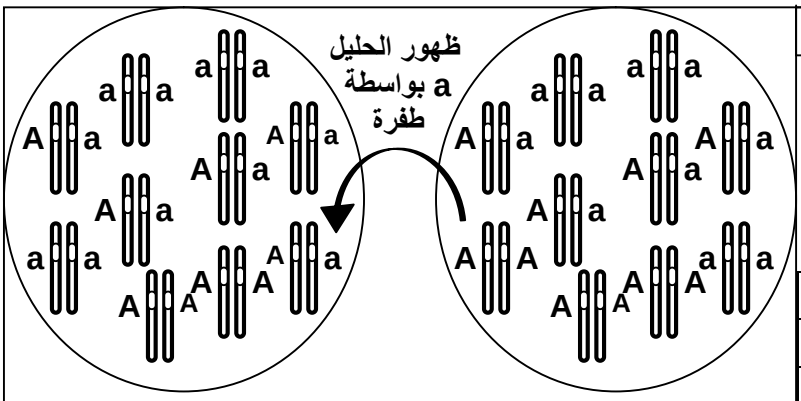
3) الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حليلات جديدة، وبذلك تعد مصدر التغير الوراثي داخل الساكنة الطبيعية لكونها مسؤولة عن ظهور أنماط وراثية جديدة.

د – العلاقة بين نسبة الطفرات وتردد الحليلات داخل الساكنة. أنظر الوثيقة 1 لوحة 8.

الوثيقة 1 : تأثير الطفرات في المحتوى الجيني للساكنة.

يعطي الجدول أسفله نسبة الطفرات المقاسة بالنسبة لمورثة معينة عند أربعة متعضيات مختلفة.
ماذا تلاحظ ؟
يعطي الرسم أمامه نموذج تفسيري لتأثير الطفرات على المحتوى الجيني للساكنة. أتمم هذا الشكل ثم استنتج.

المتعضي	نسبة الطفرة في الجيل
حمة العاثية	$2.5 . 10^{-9}$
بكتيريا Escherichia Coli	$2 . 10^{-8}$
الذرة	$2.9 . 10^{-4}$
ذبابة الخل	$2.6 . 10^{-5}$



★ نلاحظ أن نسبة الطفرات ضعيفة جدا، لأن تغير تردد الحليلات داخل الساكنة بواسطة الطفرات المتكررة يكون ضعيفا جدا خلال الفترة التي تتضمن أجيالا محدودة، غير أنها تصبح مهمة مع تعدد الأجيال.

★ تكون الطفرات تبادلية، وعليه تحدد نسبة الطفرة من خلال نسبة الطفرة من A نحو a ناقص نسبة الطفرة العكسية من a نحو A.(نسبة الطفرة هي نسبة الطفرة من A نحو a ناقص الطفرة من a نحوA).

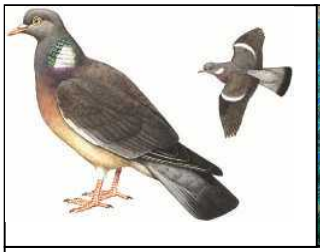
★ نستنتج أن الطفرة هي ظاهرة تمكن من ظهور حليلات جديدة، وتعد بذلك مصدرا للتغير الوراثي داخل الساكنة.

② الانتقاء الطبيعي La sélection naturelle.

أ – مفهوم الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 2 لوحة 8

الوثيقة 2 : بعض مظاهر الانتقاء الطبيعي — استخرج من خلال شكلي هذه الوثيقة أبرز العوامل المتدخلة في الانتقاء

أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة



ب – اختيار الشريك الجنسي يتم بناء على مجموعة من الخاصيات التي ترتبط بالنمط الوراثي للفرد .
(استعراض زاهي مميز للريش عند ذكر الطاووس)

تعد خاصيات الساكنة المثالية المقترحة من طرف Hardy – weinberg بعيدة عن واقع الساكنة الطبيعية، فليس لجميع أفراد هذه الساكنة القدرة نفسها على إعطاء خلف قادر على العيش.

★ مثال 1 : داخل حميلة بيئية تقوم الحيوانات المفترسة بافتراس حيوانات وبالتالي ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها للبقاء على قيد الحياة.(القدرة التفاضلية على العيش)

★ مثال 2 : اختيار الشريك الجنسي يرتبط بخاصيات مرتبطة بالنمط الوراثي للفرد.
(الاختيار التفاضلي للأزواج)

★ استنتاج : يتبين من المعطيات السابقة أن أقدر الأفراد على العيش وعلى التوالد بشكل أفضل هو الذي يساهم في انتقال المحتوى الجيني بشكل تفاضلي للأجيال الموالية، الشيء الذي سيترتب عنه تغيير في البنية الوراثية للساكنة. يسمى تغير تردد الحليلات عبر الأجيال بالانتقاء الطبيعي.

ب – دراسة مثال للانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 3 لوحة 8

الوثيقة 3 : تغير تردد أرفية السندر حسب اللون

أرفية السندر Biston betularia فراشة ليلية تستريح في النهار على أغصان السندر. في انجلترا وإلى منتصف القرن التاسع عشر، كانت الغالبية الكبرى لهذه الفراشات ذات لون فاتح. لكن بعد ذلك أصبحت الفراشات ذات اللون الداكن أكثر ترددا قرب المناطق الصناعية، بينما ظلت الفراشات ذات اللون الفاتح أكثر انتشارا في الأرياف.
في سنة 1955 قام الباحث Kettlewell بايسام مجموعة من فراشات الأرفية السوداء والبيضاء وأطلقها في منطقتين مختلفتين: منطقة برمنغاهم Birmingham التي تحتوي على أشجار ذات أغصان داكنة بفعل التلوث (الميلانيزم الصناعي Mélanisme industrielle)، ومنطقة دورسي Dorset التي تحتوي على أشجار غير ملوثة. بعد ذلك عمل على اصطيادها من جديد مع حساب نسب ترددها. يلخص الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة:

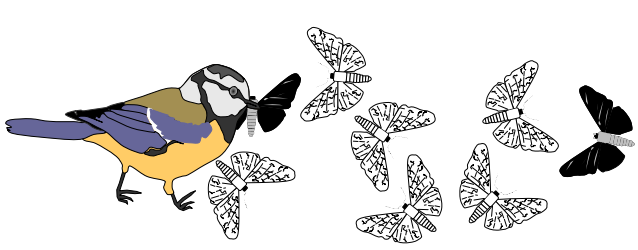
1) ماذا تلاحظ فيما يخص توزيع شكلي هذه الفراشة ؟
2) أوجد تفسيرا لتردد الفراشتين في كل من المنطقتين المدروستين إذا علمت أن هذه الفراشات تستهلك من طرف بعض الطيور.

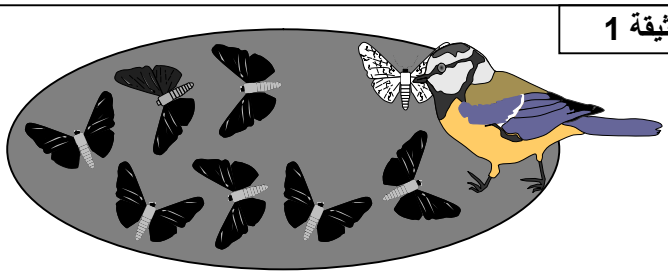
	في دورسي		في برمنغاهم	
	داكنة	فاتحة	داكنة	فاتحة
عدد الفراشات الموسومة والمحررة	474	496	154	64
عدد الفراشات الموسومة المصطادة	30	62	82	16
نسبة الفراشات الموسومة المصطادة	% 6.3	% 12.5	% 53.2	% 25

1) نلاحظ في منطقة دورسي غير الملوثة يكون تردد الفراشات الفاتحة أكبر من تردد الفراشات الداكنة. بينما في منطقة برمنغاهم الصناعية يكون تردد الفراشات الداكنة أكبر من تردد الفراشات الفاتحة.

2) يفسر اختلاف تردد المظاهر الخارجية بين المنطقتين بتأثير الطيور المفترسة:
أنظر الوثيقة 1 لوحة 9

الوثيقة 1





★ في المنطقة الصناعية أصبحت جذوع الأشجار داكنة، مما يجعل من السهل رؤية الفراشات الفاتحة اللون من طرف الطيور المفترسة، فتتعرض للافتراس بنسبة كبيرة.

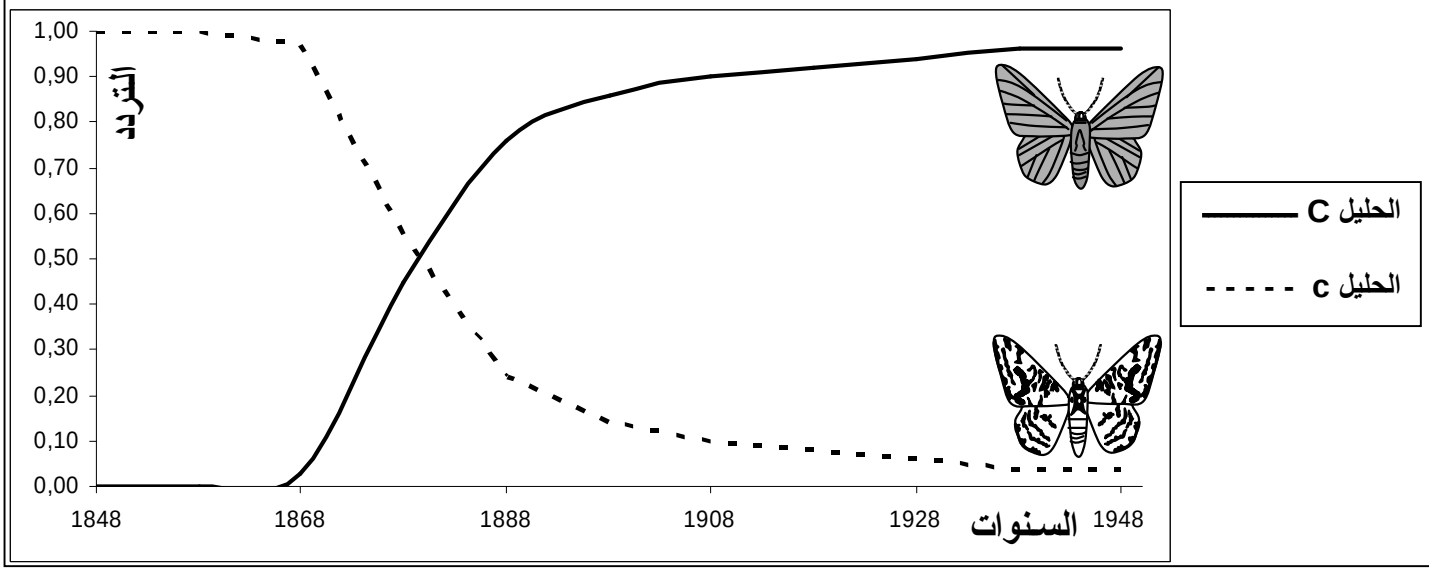
★ في المنطقة غير الصناعية بقيت جذوع الأشجار فاتحة، فيكون من السهل على الطيور المفترسة رؤية الفراشات الداكنة، وهذا ما يعرض هذه الفئة للافتراس بنسبة أكبر.

يعود إذن توزيع الفراشات في هذه المناطق إلى اختلاف مؤهلات البقاء عند هذه الفراشات، وهو عامل من عوامل الانتقاء الطبيعي. حيث أن أفرادا بمظهر وراثي معين يكون لديهم احتمال أكبر على البقاء وبالتالي نقل مورثاتهم بشكل تفاضلي للأجيال الموالية.

ج – تأثير الانتقاء الطبيعي على تردد الحليلات. أنظر الوثيقة 2 لوحة 9

الوثيقة 2 : تأثير الانتقاء على تردد الحليلات عند أرفية السندر

يتحكم في لون فراشة الأرفية حليلين : المظهر الخارجي الداكن مرموز بواسطة الحليل السائد C. والمظهر الخارجي الفاتح مرموز بواسطة الحليل المتنحي c .
يعطي المبيان أسفله تردد حليلي أرفية السندر في المنطقة الصناعية لمانشستر Manchester خلال 100 سنة.
حلل المبيان واستنتج تأثير الانتقاء الطبيعي على تردد الحليلات في هذه الساكنة.



في ساكنة المنطقة الصناعية انخفض تدريجيا تردد الحليل المتنحي c الذي يرمز للمظهر الفاتح، إلى أن انعدم في سنة 1948. بالمقابل يعوض هذا النقصان في تردد الحليل المتنحي بازدياد تردد الحليل السائد C الذي يوجه المظهر الخارجي الداكن، إلى أن بلغ القيمة 1 (p = 1).

نستنتج من هذه الملاحظات أن ظاهرة الانتقاء الطبيعي تؤثر على تردد الحليلات مع توالي الأجيال، وبذلك تنتشر وتشيع بعض الحليلات فتعطي للأفراد الحاملة لها انتقاء تفاضليا، في حين تتقلص أخرى وتنقرض. وينتج عن كل هذا تغيير في البنية الوراثية للساكنة.

د – القيمة الانتقائية. أنظر الوثيقة 3 لوحة 9

الوثيقة 3 : القيمة الانتقائية

القيمة الانتقائية (Valeur sélective) تعبر عن قدرة فرد معين على نقل حليلاته إلى الجيل الموالي. ونميز بين:

- **القيمة الانتقائية المطلقة لنمط وراثي معين : هي عدد الأفراد الذين ينجبهم في المعدل كل فرد حامل لهذا النمط الوراثي، والقادرين على العيش وعلى نقل حليلاتهم إلى الجيل الموالي.**
  ويمكن التعبير عنها بالصيغة أمامه :

$$\text{القيمة الانتقائية المطلقة} = \frac{\text{نسبة النمط الوراثي عند الجيل } G_1}{\text{نسبة النمط الوراثي عند الجيل } G_0}$$

- **القيمة الانتقائية النسبية: تعطى القيمة 1 للنمط الوراثي ذو أعلى قيمة انتقائية مطلقة. أما بالنسبة للأنماط الوراثية الأخرى، فتساوي القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي المعني مقسومة على القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعا.**

في منطقة صناعية تم إحصاء عدد كل من الفراشات الفاتحة والقاتمة في فترتين متباعدتين فجاءت النتائج على الشكل التالي :

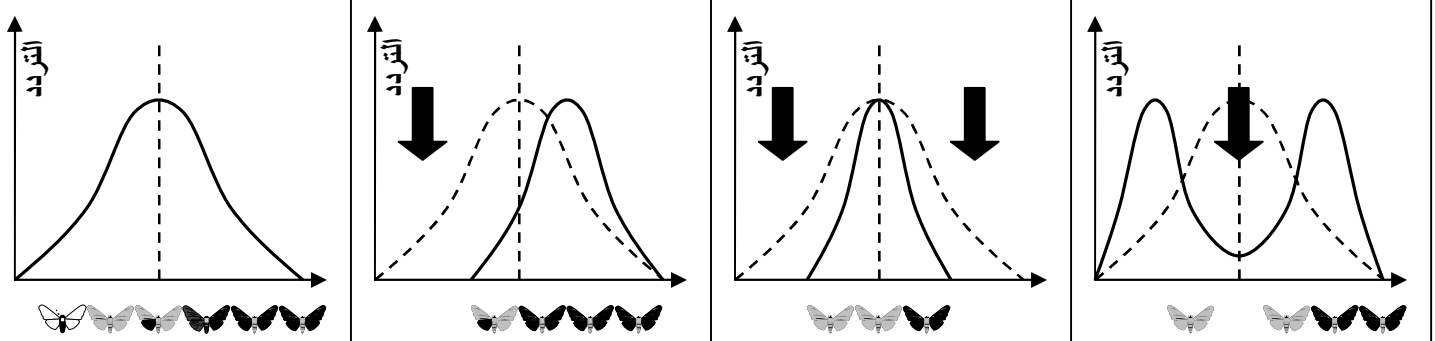
	عدد الفراشات المحصاة في بداية الدراسة	عدد الفراشات المحصاة في نهاية الدراسة	نسبة الفراشات القادرة على العيش والتوالد	القيمة الانتقائية المطلقة	القيمة الانتقائية النسبية
الفراشات الفاتحة	64	16			
الفراشات الداكنة	154	82			

باعتمادك على التعاريف المدرجة في الوثيقة أعلاه، أحسب القيم الانتقائية لكل من الفراشة الفاتحة والداكنة في هذه المنطقة الصناعية، واملأ الجدول، ثم علق على النتائج المحصل عليها.

بناء على القيمة الانتقائية التي تعبر عن قدرة فرد معين على نقل حليلاته إلى الجيل الموالي، يبدو أن الفراشات الداكنة لها قدرة كبيرة على نقل حليلاتها إلى الخلف في المنطقة الصناعية.

هـ – أنواع الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 1 لوحة 10

الوثيقة 1: أنواع الانتقاء الطبيعي — يمثل المنحنى المتواصل توزيع المظاهر داخل ساكنة، والمنحنى المتقطع توزيع الساكنة الأصلية



الانتقاء التباعدي	الانتقاء المثبت	الانتقاء الاتجاهي	ساكنة أصلية
.....	.....	.....	يمثل المنحنى توزيع
.....	.....	.....	الأنماط داخل الساكنة
.....	.....	.....	

تتوزع المظاهر الخارجية داخل الساكنة حسب نوع الانتقاء الطبيعي اتجاهي، أو مثبت أو تباعدي.

③ الانحراف الجيني Dérive génétique:

أ – مفهوم الانحراف الجيني. أنظر الوثيقة 2 لوحة 10.

الوثيقة 2 : مفهوم الانحراف الجيني

قام **Steinberg** بدراسة ترتبط بتردد الفصائل الدموية عند ساكنة **Les Huttérites**، يتعلق الأمر بتجمع عقائدي « **Secte** » ، هاجر من سويسرا إلى روسيا ومن تم خلال سنة **1880** إلى أمريكا الشمالية حيث كون سلسلة من المستعمرات في **Docota** و **Montana** وفي أجزاء قريبة من كندا. يمثل الشكل أ من الوثيقة النتائج التي توصل إليها **Steinberg** .

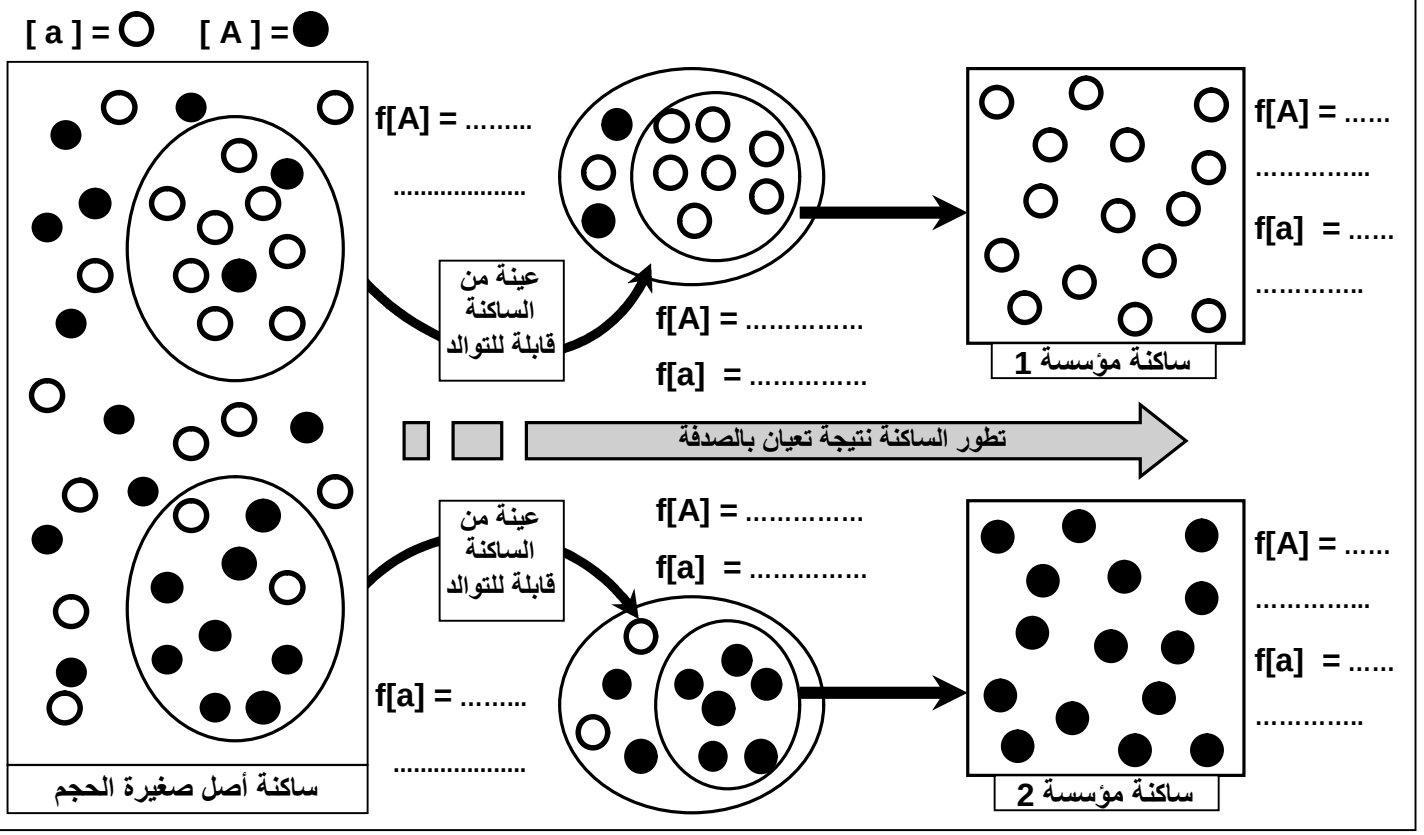
الشكل أ

الفصيلة الدموية	O	A
عند أفراد التجمع العقائدي	تقارب 29 %	45 %
عند أغلب الساكنات الأوربية والأمريكية	تفوق 40 %	% 30 - % 40

4) قارن بين معطيات الجدول. ماذا تستنتج ؟

فسر **Steinberg** البنية الوراثية لساكنة **Les Huttérites** بتعرضها لظاهرة تسمى الانحراف الجيني. لتعرف هذه الظاهرة نقترح عليك الرسم التخطيطي أسفله، والذي يمثل نموذجا تفسيريا لهذه الظاهرة.

1) أحسب تردد مختلف المظاهر الخارجية في هذه الساكنات.
2) علق على معطيات هذه الوثيقة موضحا فيما تتجلى ظاهرة الانحراف الجيني.
3) على ضوء هذه المعطيات فسر أصل البنية الوراثية المسجلة عند ساكنة Les Huttérites .



1) هناك اختلاف واضح في نسبة الفصيلتين الدمويتين A و O بين أغلب الساكنات الأوربية والأمريكية وبين أفراد التجمع العقائدي، حيث نجد عند هذا الأخير تردد الفصيلة الدموية O منخفض وتردد الفصيلة الدموية A مرتفع.
نستنتج من هذا أن بنية ساكنة Les huttérites تختلف عن بنية الساكنات الأوربية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

2) أنظر الوثيقة.

3) انبثقت الساكنة 1 عن هجرة مجموعة صغيرة من الساكنة الأصلية، ونظرا لتعيان عرضي (بالصدفة) Echantillonnage aléatoire تضمنت هذه المجموعة فردين فقط يحملان المظهر المتوحش مما سبب تغيرا في البنية الوراثية لهذه الساكنة مقارنة مع الساكنة الأصلية. صدفة وقع التزاوج بين أفراد تحمل الصفة الطافرة فحدث إقصاء المظهر المتوحش في الجيل الثاني مع تثبيت المظهر المتنحي.

4) تولدت ساكنة Les huttérites عن عينات صغيرة انطلقت من ساكنة أصلية. ونتيجة لهذا التعيان العرضي تضمنت هذه المجموعة محتوى جيني يختلف عن المحتوى الجيني للساكنة الأصل فتعرضت بعد ذلك لتقلبات في تردد الحليلات نظرا لصغر حجمها.

ب – تأثير ظاهرة الانحراف في المحتوى الجيني. أنظر الوثيقة 1 لوحة 11.

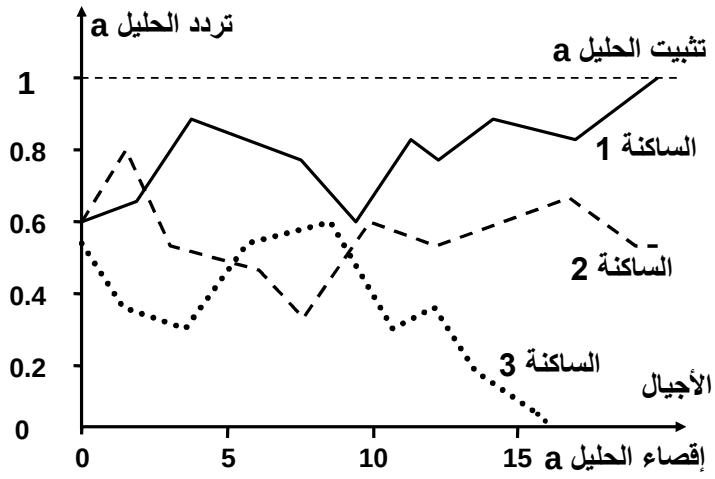
الوثيقة 1 :

يعطي الرسم البياني أمامه، محاكاة باستخدام نظام المعلوميات، لتقلب تردد الحليلات خلال عدة أجيال، عند ثلاث ساكنات صغيرة الحجم.

1) ما هي الظاهرة التي يعبر عنها هذا المبيان ؟

2) من خلال تحليل هذا المبيان، أبرز مظاهر هذه الظاهرة، وتأثيرها على البنية الوراثية للساكنة.

3) من خلال معطيات المبيان، والمعلومات المقدمة في الوثيقة السابقة، أعط تعريفا لظاهرة الانحراف الجيني.



1) الانحراف الجيني

2) يتقلب تردد الحليل a في الساكنات الثلاث بشكل عشوائي بين 0 و1 اللتان تمثلان القيمتين الحدين للتردد في كل جيل. وهكذا توجد وضعيتان حدان تتحققان عاجلا أو آجلا وهما:

★ إقصاء الحليل a (q = 0): حالة الساكنة 3.

★ تثبيت الحليل a (q = 1): حالة الساكنة 1.

3) مفهوم الانحراف الجيني.

يشير الانحراف الجيني إلى التقلبات العشوائية لتردد الحليلات داخل ساكنة من جيل لآخر مما يؤدى إلى انخفاض تعدد الأشكال الجينية داخل الساكنة.

يحدث الانحراف الجيني داخل الساكنات الصغيرة.

لا يخضع الانحراف الجيني لتأثير الوسط، ولا للانتقاء الطبيعي، بل يعود للصدفة، ففي الساكنات الطبيعية ليس جميع الأفراد قادرون على التوالد، وعليه ستكون بعض الحليلات أكثر تمثيلية في الجيل الموالي.

④ الهجرة La migration:

أ – حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle. أنظر الوثيقة 2 لوحة 11

الوثيقة 2 : الهجرة الأحادية الاتجاه

نظرا للتمييز العنصري الذي ظل سائدا في الولايات المتحدة الأمريكية فان كل فرد ناتج عن زواج مختلط (خلاسي Métis) يعد منتميا إلى الساكنة السوداء. وبهذا يتم نقل الحليلات في اتجاه واحد من البيض نحو السود.
لتعرف تأثير هذه الهجرة في البنية الوراثية للساكنة السوداء، قام Gauss و Li سنة 1953 بدراسة تطور تردد الحليل Ro لنظام ريزوس (Rhésus) عند هذه الساكنة. ويلخص الجدول على الشكل أ من الوثيقة نتائج هذه الدراسة.

1) قارن بين معطيات الجدول ثم استنتج.
لتفسير أصل البنية الوراثية لساكنة سود أمريكا، نقترح عليك نموذج الهجرة الأحادية الاتجاه، كما هو ممثل على الشكل ب من هذه الوثيقة.
2) باستعمال المعلومات المقدمة في الشكل ج من الوثيقة، أحسب التدفق الهجري m و تردد الحليلين A و a عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة.
3) علما أن البنية الوراثية لساكنة القارة تضل مستقرة، ماذا تستنتج فيما يخص البنية الوراثية لساكنة الجزيرة ؟
4) كيف تفسر إذن أصل البنية الوراثية لساكنة سود أمريكا ؟

الشكل أ	
السـاكـنـات	تردد الحليل Ro
عند الساكنة الأصلية السوداء (الساكنات الإفريقية أصل العبيد)	0.63
الساكنة السوداء سنة 1953 بعد عشرة أجيال من معاهدة العبيد.	0.446
عند الساكنة البيضاء للولايات المتحدة الأمريكية ولساكنة أوروبا التي لم تتغير منذ القرن 18	0.028

الشكل ج

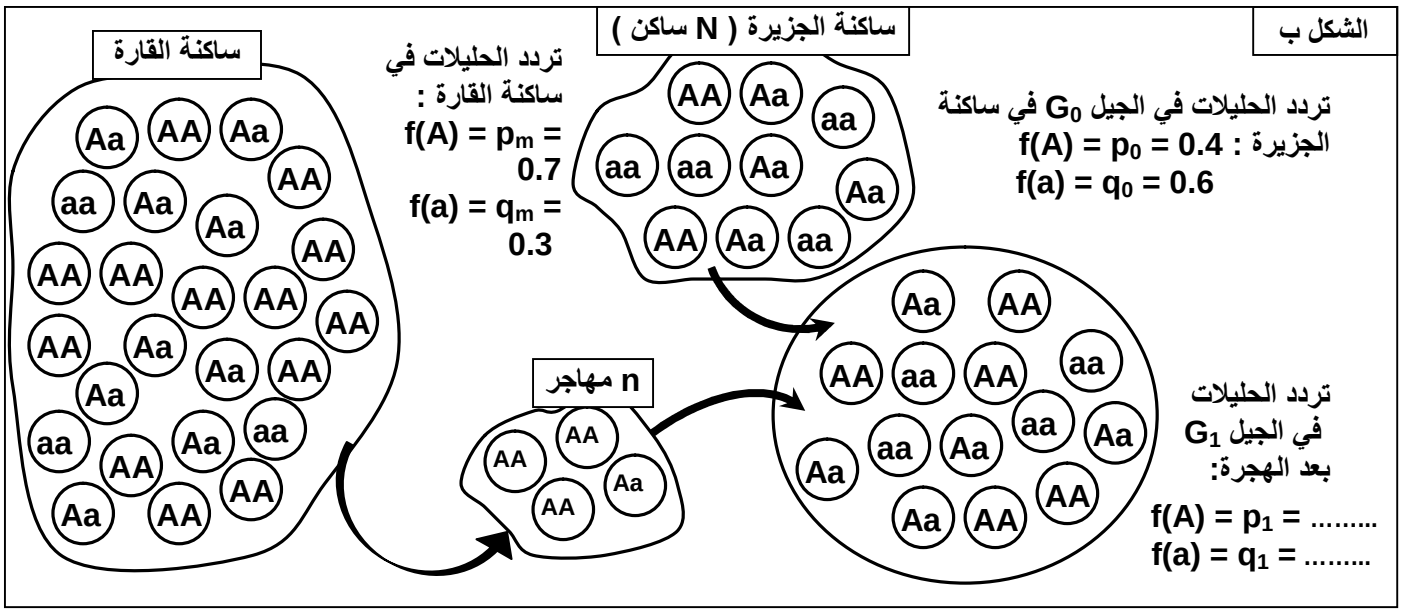
التدفق الهجري m : هو نسبة المهاجرين الذين يتدفقون على الساكنة المستقبلة في كل جيل، ويحسب بتطبيق المعادلة التالية $m = n / (N + n)$

N = عدد أفراد الساكنة المستقبلة، n = عدد المهاجرين.

تمكن النسبة m من حساب تردد حليل معين بعد الهجرة بتطبيق المعادلة التالية $p_1=(1-m)p_0+mp_m$

يمثل p_m : تردد الحليل السائد في ساكنة القارة. و p_0 تردد الحليل السائد عند ساكنة الجزيرة قبل الهجرة.

الشكل ب



1) يلاحظ أن تردد الحليل R_0 عند الساكنة السوداء لأمريكا منخفض بالمقارنة مع الساكنة الإفريقية أصل العبيد. وأن تردد هذا الحليل نادر عند الساكنة البيضاء لأمريكا وأن نسبته لم تختلف عند ساكنة أوروبا أصل بيض أمريكا.

نستنتج من هذا أن البنية الوراثية للساكنة السوداء لأمريكا قد تغيرت، بينما البنية الوراثية لساكنتها البيضاء لم تتغير.

2) ★ حساب التدفق الهجري m:

$$m = \frac{n}{(N + n)} = \frac{4}{(4 + 10)} = 0.28$$

★ حساب تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة هو $f(A) = p_1$

$$f(A) = p_1 = (1 - m) p_0 + mp_m$$
$$= (1 - 0.28) \times 0.4 + (0.28 \times 0.7)$$
$$= 0.484$$

$$f(A) = p_1 = 0.48$$

★ حساب تردد الحليل a عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة : $f(a) = q_1$

$$f(a) = q_1 = (1 - m) q_0 + m q_m$$
$$= (1 - 0.28) \times 0.6 + (0.28 \times 0.3)$$
$$= 0.516$$

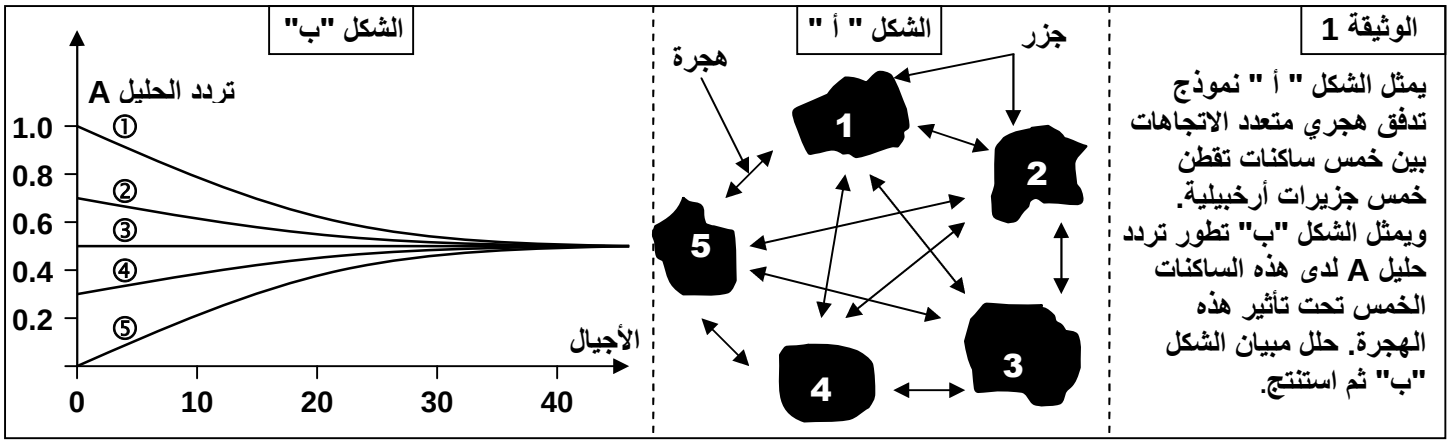
$$f(a) = q_1 = 0.52$$

$$p_1 + q_1 = 0.48 + 0.52 = 1$$

3) يلاحظ ارتفاع في تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة. إذا استمرت الهجرة على هذا المنوال، ستتجه البنية الوراثية لساكنة الجزيرة نحو البنية الوراثية لساكنة القارة.

4) نفسر تغير البنية الوراثية للساكنة السوداء في أمريكا بظاهرة الهجرة. فهناك تدفق هجري أحادي الاتجاه من البيض نحو السود دون هجرة معاكسة. وبناء على هذا ستتغير الخاصيات الوراثية للساكنة السوداء دون تغير في التركيب الوراثي للساكنة أصل الهجرة.

ب – حالة الهجرة المتعددة الاتجاهات Multidirectionnelle. أنظر الوثيقة 1 لوحة 12.



في البداية كان تردد الحليل A جد مختلف بين هذه الساكنات، مثلا كان التردد عند الساكنة ① هو $f(A) = 1$ ¡ وعند الساكنة ③ هو $f(A) = 0.5$ وعند الساكنة ⑤ هو $f(A) = 0$.
تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات، ومع مرور الأجيال، بدأت تتقلص الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجيا بين مختلف هذه الساكنات، فنحت كلها إلى تردد حليلي مشترك يقابل معدل تردد الحليلات عند هذه الساكنات ($f(A) = 0.5$).
إذن يحدث تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات خلط وراثي يؤدي إلى تجانس الساكنات والحد من تنوعها.

VI – مفهوم النوع L'espèce

إذا كانت الساكنة هي مجموع الأفراد المنتمين لنفس النوع، فماذا نعني بالنوع، وما المعايير المميزة له ؟

أ – المعايير المميزة للنوع

a – المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

يتمثل المعيار المورفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن هذا المعيار من تمييز نوع عن آخر ؟
مثال1 : ينتشر النمر حاليا في جنوب شرق آسيا ويوزع على خمس ساكنات : نمر البنغال، نمر سيبيريا، نمر الهند الصينية، نمر الصين. لهذه الساكنات خصائص مرفولوجية مشتركة.

مثال2 : هناك اختلافات مرفولوجية بين الكلاب إلا أنها تنتمي لنفس النوع.
مثال3 : طائر السمنة يتضمن عدة أنواع متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من المعايير المميزة لكل نوع كالمعايير السلوكية. أنظر الوثيقة 2 لوحة 12.

الوثيقة 2

السمنة La grive طائر من جنس " Catharus " يتضمن عدة أنواع جد متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من الخاصيات (المعايير) المميزة لكل نوع. ويعطي الجدول التالي بعض خاصيات أربعة أنواع من هذا الطائر تقطن أمريكا الشمالية.
من خلال تحليل هذه المعطيات بين الخاصيات المعتمدة لتصنيف هذه الطيور.

الخاصيات	Catharus fuscescens	Catharus guttatus	Catharus ustulatus	Catharus minimus
مسكن الزواج	أراض مشجرة ذات أدغال وافرة	أشجار المخروطيات	غابات المخروطيات	غابات الصنوبر غير كاملة النمو
أماكن الصيد	على التربة وعلى الأشجار	على التربة	غالبا على الأشجار	على التربة
بناء العش	فوق التربة	فوق التربة	على الأشجار	على الأشجار
غناء أثناء الطيران	منعدم	منعدم	منعدم	موجود

يتبين من هذه الأمثلة قصور المعيار المرفولوجي في تحديد النوع.

b – المعيار الاكولوجي (البيئي) : Ecologique
تتوفر أفراد نوع معين على خصائص تكيفية مميزة كالمحيا والسلوك الغذائي والدفاعي والجنسي، مما يساعد على الاندماج داخل عشيرة إحيائية.

c – المعيار الفزيولوجي : Morphologique أنظر الوثيقة 3 لوحة 12

الوثيقة 3 :

يعطي الجدول التالي كمية طرح CO_2 حسب درجة حرارة الوسط من طرف نوعين من الطيور ينتميان إلى جنس Emberiza (الصور أسفله). من خلال معطيات هذا الجدول حدد المعيار الأساسي المعتمد في تمييز نوعي طائر

Emberiza hortulana

شرشور أرطلان

Emberiza citrinella

شرشور أصفر

درجة حرارة الوسط (°C)		-5	0	05	15	25
كمية CO_2 المطروح ب (mg/mg)/h	Eberiza hortulata	11	10.5	09	07	05
	Emberiza citrinella	08	07.5	07	06	4.5

تتشابه طيور الشرشور مرفولوجيا لكنها تختلف من حيث كمية طرح CO2 حسب درجة حرارة الوسط، وهذا معيار فيزيولوجي يمكن من التمييز بين نوعي طائر الشرشور.

d – المعيار البيوكيميائي وراثية : Biochimique Et génétique

أنظر الوثيقة 4 لوحة 12

الوثيقة 4 :

السمندل **Salamandre** حيوان برمائي،
أنجزت عليه مجموعة من الدراسات قصد التمييز بين أنواعه.
يعطي الجدول أسفله نتائج التحليل الكروماتوغرافي لبروتينين مستخلصين من ثلاثة أنواع من السمندل. مكنت هذه الدراسة من تحديد عدد وتردد الحليلات الرامزة لكل بروتين عند كل نوع.
تعبر القيم بين قوسين عن تردد الحليلات.
قارن بين هذه المعطيات واستخلص المعيار الذي اعتمد لتمييز هذه الأنواع من السمندل.

المورثة	البروتين	Triton alpestris	Triton marmo-ratus	Triton vulgaris
a : عدد الحليلات 7	الزلال	(0.2) a_3 (0.8) a_4	(1) a_2	(1) a_6
b : عدد الحليلات 7	Lactose déshyd-rogenase	(0.1) b_1 (0.55) b_3 (0.35) b_4	(1)b_7	(1) b_1

نلاحظ أن عدد وتردد الحليلات الرامزة للبروتينين يختلف عند كل نوع من أنواع السمندل. نستنتج إذن أن المعيار البيوكميائي والوراثي يمكن أن يعتمد في تمييز الأنواع.

e – المعيار الخصوبة : La fécondité

إن خاصية التزاوج مع إعطاء خلف خصيب من أهم المعايير البيولوجية المعتمدة في تمييز النوع.

ب – تعريف النوع :

يتكون النوع من مجموع الساكنات الطبيعية التي تتزاوج فيما بينها زواجا حقيقيا، أو تكون قادرة على ذلك، والمعزولة جنسيا عن الساكنات الأخرى المشابهة لها.
تجمع بين أفراد نفس النوع مجموعة من الخاصيات المشتركة: مرفولوجية، شراحية، فزيولوجية، بيوكيميائية، ووراثية. ويعد الإخصاب المتبادل والخلف الخصيب الخاصيتين الأساسيتين المميزتين للنوع.