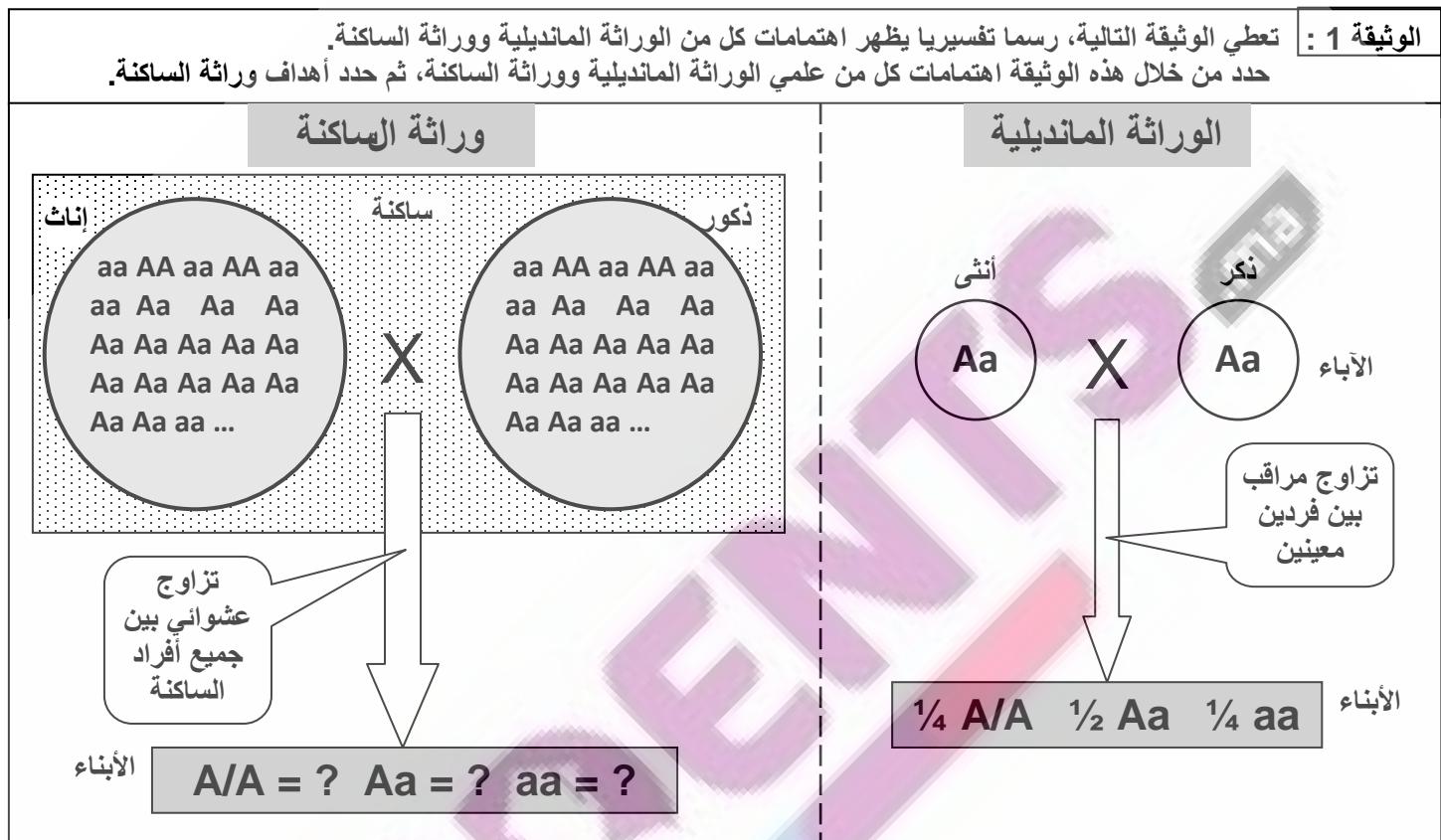


علم وراثة الساكنة

مقدمة: انظر الوثيقة 1.



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 حلقات 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؟

١ - مفهوم الساكنة والمحتوى الجيني

:La population et pool génétique
① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب: انظر الوثيقة 2 والوثيقة 3.

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

الوثيقة 3

Macaca sylvanus المعروف بالقرد زعوط هو نوع من القردة التي تستوطن المغرب، ويشكل ساكنة يبلغ عددها حاليا زهاء 10000 بين المغرب والجزائر.

تنشر هذه الساكنة على الخصوص في غابات شجر الأرز بجبال الأطلس المتوسط، على ارتفاع يتراوح بين 1200 و2000 متر، يتميز بقدره 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.



الوثيقة 2

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

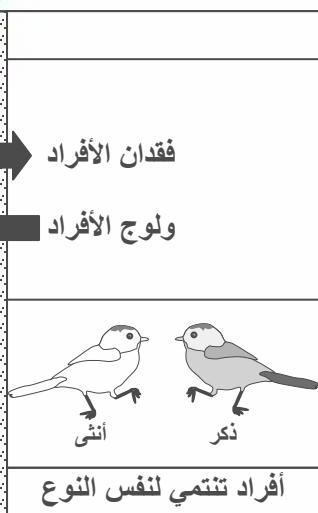
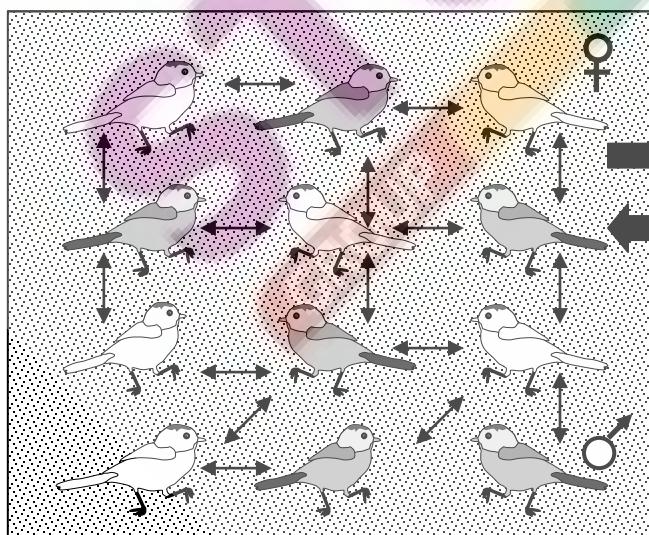


- ساكنة شجر أركان: تختل المناطق الجبلية لجبال الأطلس الكبير وفي سهل سوس.
- القرد **Macaca sylvanus** المعروف بقرد زعوط، الذي يحتل خاصة غابات شجر الأرز بجبال الأطلس (ارتفاع بين 1200 و2000 متر).

② مفهوم الساكنة: انظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4 : نموذج تفسيري لمفهوم الساكنة.

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



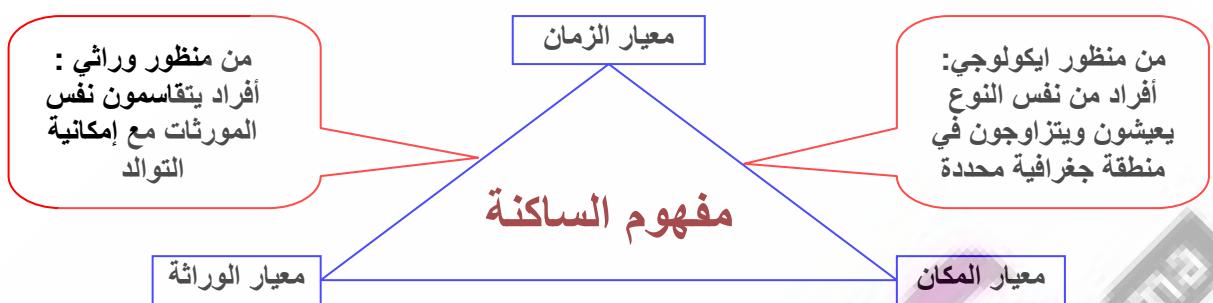
= تزاوج بالصدفة، لكل فرد نفس الاحتمال بان يتزاوج ويعطي خلفا.

= مجال توزيع الساكنة

الساكنة **La population** هي مجموعة من الأفراد المنتسبة لنفس النوع. وهي مجموعة تعيش في مجال جغرافي معين، يمكن فيه كل فرد من أفرادها من التزاوج والتوليد مع أي فرد آخر من أفراد المجموعة.

- والساكنة ليست كياناً جاماً بل هي على العكس من ذلك بنية دينامية يتخللها تدفق للأفراد من خلال:
- ولوح 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 قابلاً للتغير عبر الزمن. انظر الوثيقة 2، لوحة 2.

ب - حساب الترددات باستعمال طريقة الاحتمالات:

لتكن ساكنة P بها الأنماط الوراثية AA , Aa , aa : انظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5:

يقوم الرسم أمامه المحتوى الجيني عند ساكنة P مكونة من 13 فرداً. سنعتبر أن المورثة غير مرتبطة بالجنس، وتتمثل حليلين: A (حليل سائد) و a (حليل متختلي). باستخدام طريقة الاحتمالات، أحسب تردد كل من المظاهر الخارجية، الأنماط الوراثية، والhilates. علماً أن:

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

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

تردد hilates: $f(AA) = D$, $f(Aa) = H$, $f(aa) = R$

يمكن حساب تردد hililel A بحساب احتمال سحب tirage هذا hililel بالصدفة من الساكنة، الشيء الذي يتطلب في الأول سحب فرد معين من هذه الساكنة ثم سحب أحد hilileies:

↳ يمكن أن يكون الفرد المسحوب AA باحتمال D، في هذه الحالة، احتمال سحب hililel A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1 (لأن هذا الفرد يحمل hililel A فقط).

↳ أو أن يكون الفرد المسحوب Aa باحتمال H، في هذه الحالة، احتمال سحب hililel A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 1/2 (لأن هذا الفرد يحمل ذلك hililel a).

↳ أو أن يكون الفرد المسحوب aa باحتمال R، في هذه الحالة، احتمال سحب hililel A بالصدفة من هذا الفرد يساوي 0 (لأن هذا الفرد لا يحمل hililel A).

$$f(A) = (D \times 1) + (H \times 1/2) + (R \times 0) \quad \text{إذن تردد hililel (A) هو (A) :} \\ \Rightarrow f(A) = D + H/2$$

$$f(a) = (D \times 0) + (H \times 1/2) + (R \times 1) \\ \Rightarrow f(a) = R + H/2$$

تردد الحليل (a) هو $f(a)$

وهكذا يمكن حساب تردد حليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

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

$$\frac{\text{تردد حليل}}{\text{داخل عينة}} = \frac{X_2 \times \text{عدد المورثة المشابهة الاقتران بالنسبة لـ } H + \text{ عدد المورثة المختلفة الاقتران}}{X_2 \times \text{مجموع أفراد الساكنة } N \times (\text{ عدد الحليلات })}$$

• تردد المظاهر الخارجية:

$$f[a] = 3/13$$

$$f[A] = 10/13$$

• تردد الأنماط الوراثية:

$$f(AA) = D = 6/13$$

$$f(Aa) = H = 4/13$$

$$f(aa) = R = 3/13$$

• تردد الحليلات:

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

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

II - قانون Hardy - Weinberg

① الساكنة النظرية المثالية:

نظراً لصعوبة دراسة التغيرات الوراثية للساكنة عبر الأجيال (الطفرات، هجرة الأفراد، الانتقاء الطبيعي...).
ننتبه انتقال الخصائص الوراثية بالنسبة لساكنة نظرية مثالية وذلك بتطبيق قانون $H - W$.
ما هذا القانون وما خصائص الساكنة النظرية المثالية؟
تعطي الوثيقة 6، خصائص الساكنة النظرية المثالية.

الوثيقة 6 : خصائص الساكنة النظرية المثالية

- ساكنة لمتغيرات ثنائية الصيغة ذات توالد جنسي وأجيالها غير متراكبة (ليس هناك أي تزاوج بين أفراد الأجيال المختلفة).
- ساكنة ذات عدد لا منتهٍ حيث تتسم التزاوجات بشكل عشوائي.
- ساكنة مغلقة وراثياً (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 النط Aa دائمًا 50% من الأمشاج A و 50% من الأمشاج a).
- الزواج العشوائي بين الأفراد : الأفراد يتزاوجون بالصدفة Panmixie (لا يتم اختيار الشريك الجنسي بناء على خصائص نمطه الوراثي أو مظهره الخارجي، والتقاء الأمشاج يحصل كذلك بالصدفة Pangamie .).

قانون Weinberg و Hardy ②

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 إنجليزي و Weinberg = طبيب ألماني).

ب - برهنة القانون في حالة مورثة ذات حليلين:
فسر قانون H.W من خلال استغلال معطيات الوثيقة 7.

الوثيقة 7 : إنشاء قانون Hardy - Weinberg

نعتبر ساكنة نظرية مثالية، ولنتبع تطور محتواها الجيني على مدى جيلين متتابعين G_0 و G_1 ، وذلك من خلال تتبع تطور كل من الأنماط الوراثية وتعدد الحليلات بالنسبة لمورثة غير مرتبطة بالجنس ذات حليلين A و a .

- (1) حدد تعدد كل من الأنماط الوراثية والhilيات في الجيل الأصلي G_0 .
- (2) حدد تعدد الأنماط الوراثية في الجيل G_1 .
- (3) حدد تعدد hilيات في الجيل G_1 من خلال تعدد أنماطه الوراثية.
- (4) ماذا تستنتج ؟

ساكنة نظرية مثالية (الجيل G_0)

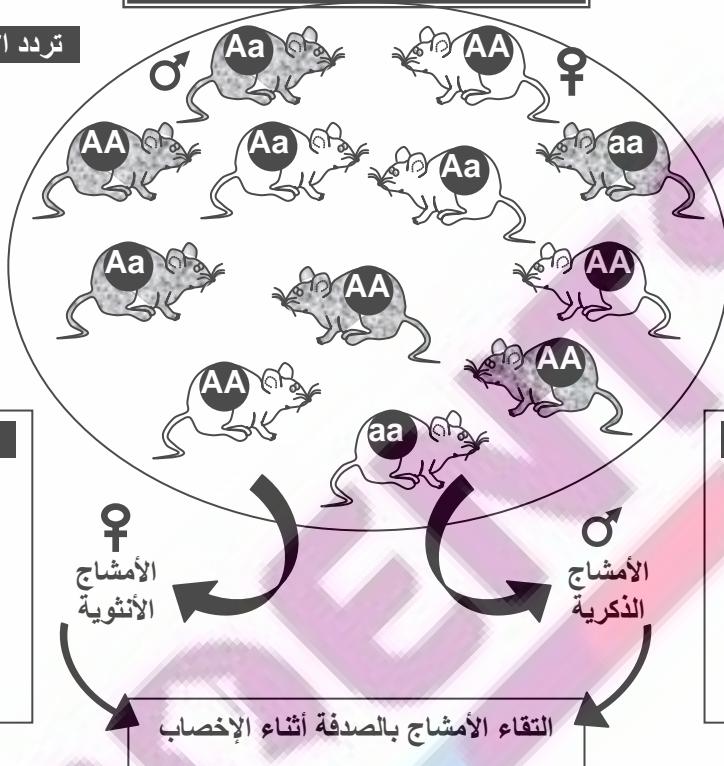
تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_0 :

$$f(AA) = \dots$$

$$f(Aa) = \dots$$

$$f(aa) = \dots$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = \dots$$



تردد hilيات في الجيل G_0 :

$$f(A) = p = \dots$$

$$f(a) = q = \dots$$

$$p + q = \dots$$

تردد hilيات الأمشاج الذكورية:

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

تردد hilيات الأمشاج الأنثوية:

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1 :

$$f(AA) = \dots$$

$$f(Aa) = \dots$$

$$f(aa) = \dots$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = \dots$$

شبكة التزاوج \leftrightarrow الجيل G_1		
♂	A	a
♀	p	q
♂	A	
♀	p	
♂	a	
♀	q	

تردد hilيات في الجيل G_1 :

$$f(A) = \dots$$

$$f(a) = \dots$$

$$f(A) + f(a) = \dots$$

(1) تعدد الأنماط الوراثية والhilيات في الجيل G_0 : **الأنماط الوراثية :**

$$f(AA) = D , \quad f(Aa) = H , \quad f(aa) = R$$

تردد الأنماط الوراثية متساوٍ عند الجنسين مع 1

$$f(A) = p = D + H/2 , \quad f(a) = q = R + H/2$$

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

(2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1 :
انطلاقاً من شبكة التزاوج:

$$\begin{aligned} f(AA) &= p \times p = p^2 = D \\ f(Aa) &= (p q) + (p q) = 2pq = H \\ f(aa) &= q \times q = q^2 = R \\ D + H + R &= p^2 + 2pq + q^2 \\ &= (p + q)^2 = 1 \end{aligned}$$

(3) تردد الحليلات في الجيل G_1 :

$$\begin{aligned} f(A) &= f(AA) + f(Aa)/2 = D + H/2 \\ &= p^2 + (2pq)/2 \\ &= p^2 + pq \\ &= p(p + q) \\ f(A) &= p \quad \text{و بما أن } p + q = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(a) &= f(aa) + f(Aa)/2 = R + H/2 \\ &= q^2 + (2pq)/2 \\ &= q^2 + pq \\ &= q(p + q) \\ f(a) &= q \quad \text{و بما أن } p + q = 1 \end{aligned}$$

(4) استنتاج:

نلاحظ أن هناك استقراراً في تردد الحليلات وتردد الأنماط الوراثية مع توالي الأجيال، وهذا ما يعرف بتوافر نظريةHardy-Weinberg المثالية، تظل ترددات الأنماط الوراثية وترددات الحليلات مستقرة من جيل لآخر، فنقول أن الساكنة في حالة توازن.

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

$$\begin{aligned} f(AA) + f(Aa) + f(aa) &= (p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 \\ f(AA) &= p^2, \quad f(Aa) = 2pq, \quad f(aa) = q^2 \quad \Leftrightarrow \end{aligned}$$

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

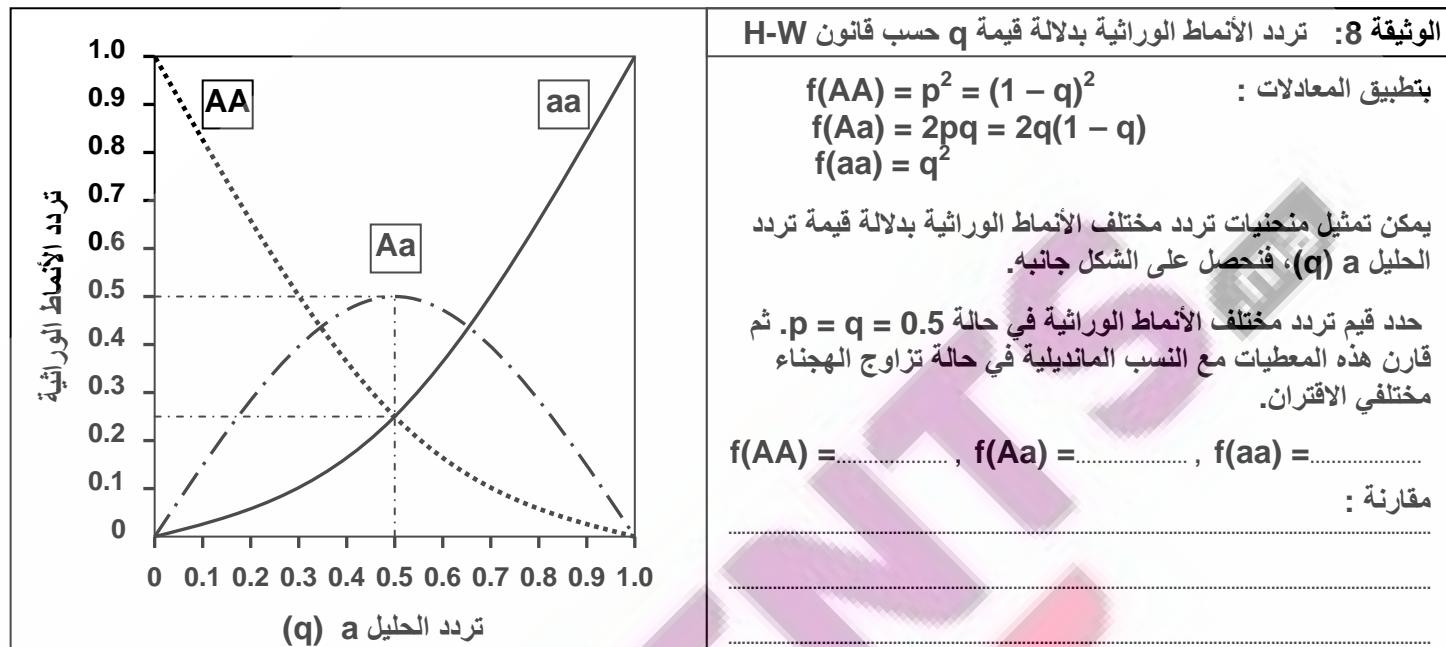
مثلاً نظام الفصائل الدموية ABO عند الإنسان يحدد عن طريق ثلاثة حليلات هي A و B و O بترددات على التوالي p, q و r . ادن

$$\begin{aligned} f(AA) &= p^2, \quad f(BB) = q^2, \quad f(OO) = r^2 \\ f(AB) &= 2pq, \quad f(AO) = 2pr, \quad f(BO) = 2qr \end{aligned}$$

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

سؤال :

تمثل منحنيات الوثيقة 8 تردد مختلف الأنماط الوراثية بدلالة قيمة تردد الـ **a** (q). حدد قيم تردد مختلف الأنماط الوراثية في حالة $p = q = 0.5$. ثم قارن هذه المعطيات مع النسب المانديلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.



جواب :

تردد الأنماط الوراثية : $f(aa) = 1/4$, $f(Aa) = 1/2$, $f(AA) = 1/4$ هي نفس ترددات الأنماط الوراثية في الوراثة المانديلية المحصلة خلال تزاوج الـ **الـ H-W** . 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 بإنجاز اختبار التطابقية χ^2 ، والذي يمكن تلخيصه في ثلاثة مراحل هي:

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

• حساب χ^2 :

• نحدد قيمة تدعى درجة الحرية (ddl) :
Degré de liberté (ddl) هي فارق عدد الأنماط الوراثية وعدد الـ **الـ H-W** .

$$\text{عدد الـ } H-W - \text{عدد الأنماط الوراثية} = \text{ ddl}$$

• نقارن قيمة χ^2 المحسوبة مع قيمة عتبة تقرأ على جدول خاص (انظر الوثيقة 9) بدلالة معيارين:

احتمال الخطأ **a** ويتم اختياره من طرف المختبر وهو عادة 0.05 أي 5 %.

← درجة الحرية **ddl**.

α	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. وإذا 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 ساكنة نظرية مثالية: (أنظر الوثيقة 10)

الوثيقة 10 : تطبيق قانون ساكنة نظرية مثالية على ساكنة Hardy-Weinberg في حالة السيادة التامة.

داخل ساكنة نظرية تتتألف من 500 نبتة زهرية، تم إحصاء عدد الأفراد بأزهار

حمراء، وعدد الأفراد بأزهار بيضاء، فحصلنا على النتائج المماثلة على الجدول جانبه.

للإشارة فالمورثة المسئولة عن لون الأزهار محمولة على صبغى لا جنسى مع سيادة الحليل المسؤول عن اللون الأحمر (R) على الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (b)

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

$$p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$$

، $p =$ تردد الحليل R
 $q =$ تردد الحليل b و $p + q = 1$

أحسب ترددات الأنماط الوراثية وتترددات الحليلات عند الساكنة الأم والساكنة البنت، ثم استنتاج العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb في هذه الساكنة.

مظهر خارجي [R] ساند [R]	مظهر خارجي [b] متختى	المظهر الخارجي النط
RR + Rb	bb	الوراثي
480	20	عدد الأفراد

1 حساب الترددات عند الساكنة الأم :

★ تردد النط الوراثي bb: يسهل حساب تردد حاملي الصفة المتختية، لأن عدد مظاهرها الخارجية يكون مساوياً 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 $(p + q)^2 = 1$ أي $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$

$$f(b) = q \quad f(R) = p \quad \text{مع} \quad f(RR) = p^2, \quad f(Rb) = 2pq, \quad f(bb) = q^2$$

نبدأ بقيمة q لأننا نعرف مسبقاً قيمة $q^2 = 0.04$

$$f(b) = q = \sqrt{0.04} = 0.2 \quad \text{إذن :}$$

$$q = 0.2$$

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

$$p = 0.8$$

وهكذا فتردد الحليلين R و b هو :

★ تردد النمط الوراثي $: RR$
بناء على قيم p و q يمكن حساب :

$$f(RR) = p^2 = (0.8)^2 = 0.64 \quad \text{تردد النمط الوراثي لمشابهي الاقتران } RR$$

$$f(Rb) = 2pq = (2 \times 0.8 \times 0.2) = 0.32 \quad \text{تردد النمط الوراثي لمختلفي الاقتران } Rb$$

★ العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb :

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

إذن عدد الأفراد الحاملين ل RR هو $320 = 0.64 \times 500$

وعدد الأفراد الحاملين ل Rb هو $160 = 0.32 \times 500$

وعدد الأفراد الحاملين ل bb هو $20 = 0.04 \times 500$

(2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :

ينتج أفراد الساكنة الأم مشاجاً تتضمن الحليلين R و b بنفس التردد الذي توجد عليه في هذه الساكنة
لنجز 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 مماثلاً 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 11)

الوثيقة 11: يرمز للفصيلة الدموية ريزوس Rhésus (Rh) بواسطة الحليلين d و D. الحليل D سائد يعطي الفصيلة [Rh⁺]، والليل d متاح بحيث النط 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، أتم الجدول التالي.

d	تردد الحليلات
الليل	
DD	
Dd	
dd	
نسبة [Rh ⁺] الذين هم مختلفوا الاقتران :	

$f(d) = q = \sqrt{(400-230)/400}$ ادن $f(dd) = q^2$ $f(d) = q$
 $f(D) = p = 1 - q = 0.35$
 $f(DD) = p^2 = (0.35)^2 = 0.122$
 $f(Dd) = 2pq = 2 \times 0.65 \times 0.35 = 0.455$
 $f(dd) = q^2 = (0.65)^2 = 0.423$
 $(f(Dd)/(f(Dd) + f(DD))) \times 100 = (0.455/(0.455+0.122)) \times 100 = 78.86$

b – مثال ثاني: مرض Mucoviscidose (أنظر الوثيقة 12)

عند ساكنة متوازنة، يصاب طفل من بين 3000 بمرض وراثي يدعى La mucoviscidose.

الوثيقة 12: انتقال مرض Mucoviscidose

- 1) أعط النط الوراثي أو الأنماط الوراثية الممكنة للأفراد العاديين. علل إجابتك. (استعمل الرمز m⁺ بالنسبة للليل السائد)
- 2) أحسب تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة.
- 3) أحسب تردد الأفراد مختلفي الاقتران في هذه الساكنة.

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

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

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

لنعتبر q تردد الليل m و p تردد الليل m⁺. نعلم أن 1 = p + q وأن f(mm) = q²

لحسب ادن q: (f(mm) تساوي جذر تردد الأفراد المصابين في الساكنة أي (

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

$$P = 1 - q = 1 - 0.018 = 0.982$$

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

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

الوثيقة 13: 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 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 (تأكيد من ذلك باستعمال اختبار التطابقية χ^2) .

❷ عند سلالة من الماعز، نجد ثلاثة مظاهر خارجية فيما يخص لون الفرو. فهناك اللون الأسود [BB] ، واللون الأبيض [NN] . واللون الرمادي [NB] ، الذي يدل على تساوي السيادة بين الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (B) ، والليل المسؤول عن الأسود (N) . داخل ساكنة تتكون من 10000 فرد، تم احصاء 3000 فرد [NN] ، و 1000 فرد [NB] ، و 6000 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 :

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

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

$$\boxed{p + q = 0.18 + 0.82 = 1}$$

(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

★ تردد MM المنتظر يساوي q^2 ويتمثل في $(0.82)^2$ أي 0.673

★ تردد MN المنتظر يساوي $2pq$ ويتمثل في $(2 \times 0.18 \times 0.82)$ أي 0.295

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

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي $NN = p^2 N = 0.032 \times 730 = 24$

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي $MN = 2pq \times N = 0.295 \times 730 = 215$

★ عدد الأفراد الحاملين للنمط الوراثي $MM = q^2 \times N = 0.673 \times 730 = 491$

(5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة χ^2 :

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

$$\chi^2 = (E_{NNO} - E_{NNt})^2/E_{NNt} + (E_{MMO} - E_{MMt})^2/E_{MMt} + (E_{MNO} - E_{MNT})^2/E_{MNT}$$

= الأعداد الملاحظة E_t والأعداد النظرية E_o

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(22 - 24)^2}{24} + \frac{(492 - 491)^2}{491} + \frac{(216 - 215)^2}{215} \\ &= 0.023 + 0.166 + 0.0046 = 0.173 \end{aligned}$$

★ حساب قيمة درجة الحرية ddl :

$$\begin{aligned} ddl &= \text{عدد الحليات} - \text{عدد الأنماط الوراثية} \\ &= 3 - 2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

★ احتمال الخطأ α يساوي 0.05 أي 5 %

★ قيمة χ^2 العتبة المقرءة في جدول الوثيقة 2 لوحدة 4 هي 3.84

$$\chi^2 \text{ العتبة المحسوبة} \quad \left\{ \begin{array}{l} \chi^2 \text{ العتبة المقرءة} \\ \chi^2 = \text{قيمة } \chi^2 \text{ العتبة المقرءة} \\ \chi^2 = \text{قيمة } \chi^2 \text{ العتبة المحسوبة} \end{array} \right.$$

نلاحظ أن القيمة المحسوبة لـ χ^2 أصغر 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 غالباً ما تحترم وتأثيرات الطفرات والهجرة والانقاء ليست بالدرجة التي يمكنها إحداث اختلاف بين ترددات الأنماط الوراثية ونموذج Hardy-Weinberg ومن تم يمكن استعمال هذا القانون لوضع توقعات في عدة مجالات ذكر من بينها المجال الطبي.

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

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

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

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

$$\begin{array}{ll} [NN] = 0.4225 \times 10000 = 4225 & \checkmark \text{ عدد } [NN] \\ [NB] = 0.4550 \times 10000 = 4550 & \checkmark \text{ عدد } [NB] \\ [BB] = 0.1225 \times 10000 = 1225 & \checkmark \text{ عدد } [BB] \end{array}$$

• لنسب χ^2 بتطبيق المعادلة $\chi^2 = \sum ((H_o - E_t)^2 / E_t)$

$$\begin{array}{ll} = \text{عدد الأفراد الملاحظ بالنسبة لمظاهر خارجي معين.} & E_o \quad \checkmark \\ = \text{عدد الأفراد النظري بالنسبة لمظاهر خارجي معين.} & E_t \quad \checkmark \end{array}$$

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

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

$$\chi^2 = 6087.42$$

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

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

تمرين تطبيقي:

داخل ساكنة من نباتات شب الليل، تم انجاز دراسة احصائية لهم لون التويمات في الأزهار. ويبيّن الجدول التالي نتائج الدراسة:

العدد الاجمالي للساكنة	العدد الاجمالي للساكنة	توييمات بيضاء	توييمات وردية	توييمات حمراء	توييمات خارجية
102	102	55	44	3	عدد النباتات

تشير إلى أن صفة لون التويمات تخضع لمورثة محمولة على صبغى لاجنسى، وذات حللين متساوين السيدة: الحليل المسؤول عن اللون الأبيض (B)، والحليل المسؤول عن اللون الأحمر (R). ويجسد اللون الوردى المظهر الخارجى الوسيط.

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

حل التمرين:

$$f(B) = p = (55 + (44/2)) / 102 = 0.755$$

$$f(R) = q = (3 + (44/2)) / 102 = 0.245$$

حساب تردد المظاهر الخارجية / الأنماط الوراثية المنتظرة، وذلك بتطبيق صيغة الرياضية $L-W$

$$f(BB) = p^2 = (0.755)^2 = 0.57 = 58/102$$

$$f(RB) = 2pq = (2 \times 0.245 \times 0.755) = 0.37 = 38/102$$

$$f(RR) = q^2 = (0.245)^2 = 0.06 = 6/102$$

وضع جدول المقارنة بين أعداد المظاهر الخارجية الملاحظة والمنتظرة (النظرية):

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

$$\text{حساب } \chi^2 : \chi^2 = ((55-58)^2/58) + ((44-38)^2/38) + ((3-6)^2/6)$$

$$\chi^2 = 2.6$$

درجة الحرية $1 = 3 - 2 = 1$ ، وبالنسبة لـ $\alpha = 0.05$ ، فقيمة χ^2 النظرية هي 3.84.

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

② حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات الجنسية:

أ – مثال أول : عند ذبابة الخل. (أنظر الوثيقة 14)

الوثيقة 14 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

ترتبط صفة لون العيون عند ذبابة الخل بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X تتضمن حللين: الحليل W متنح مسؤول عن العيون البيضاء، والحليل S سائد مسؤول عن العيون الحمراء.

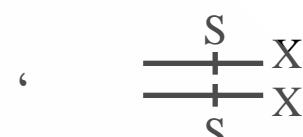
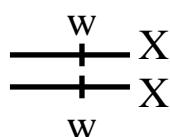
نضع داخل قفص الساكنة (قصص يمكن من تتبع تطور تردد الأنماط الوراثية وتعدد الحلبلات) عدداً متساوياً من ذكور وإناث ذبابات الخل. نعتبر أن هذه الساكنة تتواجد وفق النظام البنمكتي Panmixie (توازن بالصدفة)، وأنها في حالة توازن لا تعرف الطفرات ولا الانتقاء الطبيعي، وأنها كبيرة جداً لتتحقق قوانين الاحتمالات، وأن ترددات الحللين S و W هي على التوالي p و q في الجيل الأول G₀.

(1) أعط الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد هذه الساكنة.

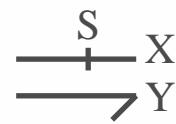
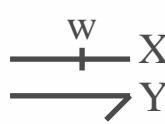
(2) أحسب تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G₁. ثم قارن نتائج تطبيق قانون Hardy – Weinberg عند كل من الذكور وإناث.

(3) ماذا تستنتج من تطبيق قانون W-H في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

(4) يساعد تطبيق قانون Hardy – Weinberg على توقع انتشار بعض الأمراض عند الإنسان. ووضح ذلك.



★ عند الإناث :



★ عند الذكور :



★ عند الأمشاج الأنثوية :



★ عند الأمشاج الذكورية :

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G_1 :

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

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

شبكة التزاوج في هذه الساكنة :

♀	♂	$S-X$	$W-X$	Y
$S-X$	p	$S-X$	$W-X$	$S-X$
$W-X$	q	$S-X$	$W-X$	$W-X$

★ تردد الأنماط الوراثية عند الجيل الثاني G_1 :

عند الإناث : $f(X_w X_w) = q^2, \quad f(X_s X_w) = 2pq, \quad f(X_s X_s) = p^2$
 عند الذكور : $f(X_w Y) = q, \quad f(X_s Y) = p$

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

(4) إذا كانت المورثة مرتبطة بالجنس، فتردد الأنماط الوراثية عند الإناث يبقى خاضعا لقانون H-W، حيث $f(X_a X_a) = q^2$ ، $f(X_A X_a) = 2pq$ ، $f(X_A X_A) = p^2$ الذكور فتردد الأنماط الوراثية يساوي تردد الحليلات.

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

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

ب - تمرين تطبيقي. (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15 : تمرين تطبيقي

الدلتونية عيب في إبصار الألوان، ويتعلق الأمر بشذوذ مرتبط بمورثة محمولة على الصبغى الجنسي X. ينتج هذا العيب عن حليل d متاح. بيّنت 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 التتحي: $f(X_d X_d) = q^2 = (0.1)^2 = 0.01$

★ بالنسبة للذكور سيكون تردد المرض مساوً لتردد الحليل: $f(X_d Y) = q = 0.1$

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

(2) نحسب نسبة ظهور المرض :

★ تردد المرض عند الإناث : بما أن الحليل المسؤول عن المرض سائد، ومحمول على الصبغى X فان الأنثى ستكون مصابة في حالة تشابه الاقتران ($X_A X_A$) وفي حالة اختلاف الاقتران ($X_A X_n$) :

$$\text{إدن } f(X_A X_n) = p^2 \quad \text{و} \quad f(X_A X_A) = 2pq$$

ومنه فان تردد المرض عند الإناث يساوي

$$q = 1 - p = 1 - 0.087 = 0.913 \Leftrightarrow p + q = 1$$

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

$$f(X_A Y) = p = 1 / 104 = 0.087 \quad \text{ادن}$$

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 بتحليل سائد تكون نسبة احتمال ظهور المرض عند الإناث مرتفعة بالمقارنة مع نسبتها عند الذكور.

ج - تمرين منزلي : لون الفرو عند القطب. (انظر الوثيقة 16)

الوثيقة 16 : انتقال صفة لون الفرو عند القطب				
تحكم في لون الفرو عند القطب مورثة مرتقبة بالصبغي الجنسي X. لهذه المورثة حللين:				
• حليل Cn يمكن من تركيب الميلانين، مما يعطي لوناً أسوداً للفرو.				عند عينة من القطب حصلنا على النتائج المبينة على الجدول أدامه:
• حليل Cj ي 缺少 تركيب الميلانين، مما يعطي لوناً أصفراللفرو.				(1) أعط النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي.
				فسر غياب المظهر الخارجي المطبع بالأصفر والأسود عند الذكور.
				(2)
				احسب تردد الحليل Cn وتعدد الحليل Cj عند هذه العينة.
				(3)
				هل تردد الحليل Cn متطابق عند الجنسين؟ على إجابتك.
				(4)
				احسب تردد القطط بفرو أسود في الجيل الموالي في حالة ما إذا تمت التزاوجات بشكل عشوائي على مستوى العينة المدروسة.
				(5)

(1) النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي هو :

فرو أصفر	فرو أصفر	فرو مطبع	فرو أسود	فرو أسود	المظهر الخارجي
♀	♂	♀	♀	♂	
Cj — — Cj	Cj — Y	Cn — — Cj	Cn — — Cn	Cn — Y	النمط الوراثي

(2) يرجع غياب المظهر الخارجي المطبع إلى كون هذا المظهر يتطلب وجود حللين Cn و Cj، بينما الذكور لا يتوفرون إلا على صبغي X واحد، وبالتالي لا يمكن أن نجد الحللين معاً عند الذكور.

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

$$q = ((300 \times 2) + 50 + 300) / (360 \times 2) + 350 = 0.887 \quad \text{تردد الحليل (Cn) يساوي } q :$$

$$p = 1 - q = 1 - 0.887 = 0.113 \quad \text{ومنه تردد الحليل (Cj) يساوي } p :$$

(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 فإن تردد الحليل Cn عند الإناث هو : $((300 \times 2) + 50) / (360 \times 2) = 0.90$
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 وأخر ذكر حامل نفس 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 $0.90 \times 0.86 \times 100 = 77.4\%$

V - عوامل تغير الساكنة :

① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

أ - أمثلة لبعض الطفرات.

★ يرتبط تشكيل القطع الصدرية عند ذبابة الخل بتدخل آلاف المورثات (أنظر الوثيقة 17). في بعض الحالات تتخذ القطعة الصدرية $T3$ مظهر القطعة الصدرية $T2$ ، فتعطي ذبابة خل بأربعة أجنحة.



★ 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.

يتبيّن من هذه الأمثلة أن الطفرات هي مصدر للتغيير الوراثي، فهي تمكن من ظهور حلقات جديدة تسمى بالحلقات الطافرة، تكون مسؤولة عن ظهور مظاهر خارجية جديدة داخل الساكنة.

ب - تعريف الطفرة :

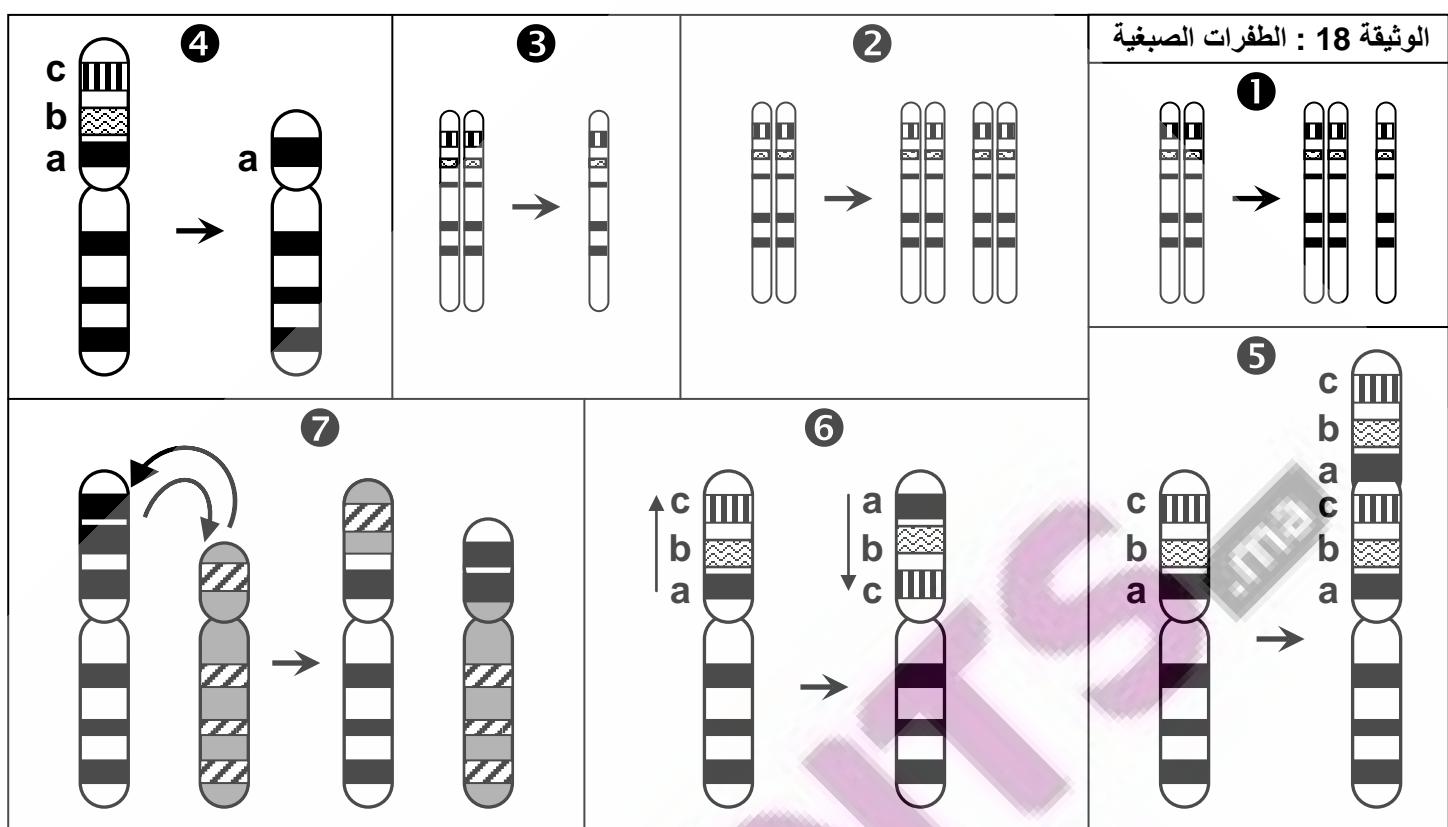
الطفرة هي تغيير وراثي تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتسلسلة النيكليلوتيدية لجزيئ ADN، فتؤدي إلى تغيير البرنامج الوراثي وبالتالي تغيير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة. يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية، تنتقل الطفرة إلى الخلف، فنتكلّم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

ج - أنواع الطفرات .

نجد نوعين من الطفرات الوراثية:

a - الطفرات الصبغية :

هي تغييرات وراثية في بنية أو عدد الصبغيات، ويمكن أن تصيب قطعة من مورثة أو مورثة بكمالها أو عدة مورثات. تعرف على مختلف أنواع الطفرات الصبغية الممثلة على الوثيقة 18.

الوثيقة 18 : الطفرات الصبغية**★ تغير عدد الصبغيات :**

① إضافة صبغي Aneuploïdie.

② مضاعفة عدد الصبغيات Polyploïdie.

③ ضياع صبغي Monoploïdie.

★ تغير بنية الصبغي :

④ ضياع قطعة من الصبغي، عموماً يكون لها تأثير مميت (ضياع مورثات).

⑤ مضاعفة قطعة من الصبغي، الشيء الذي يزيد عدد نسخ مورثة معينة.

⑥ انقلاب قطعة من الصبغي، يؤدي إلى تغير في ترتيب المورثات.

⑦ تبادل قطع من الصبغي بين صبغيين غير متماثلين.

b – الطفرات الموضعية : (Ponctuelle) (انظر الوثيقة 19)**الوثيقة 19 : الطفرات الموضعية**

ينتج الخضاب الدموي العادي (β – globuline) عند الإنسان بواسطة белок HbA. غير أنه توجد مجموعة من الحليات الطافرة المسببة لأمراض مرتبطة بفقر الدم عند الإنسان.

تمثل المتاليات النوكليوتيدية أسفله حليات مختلفة (السلسلة غير المنسوخة) لمورثة β – globuline ، ومتالية 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 الحليات وتعدد المظاهر الخارجية.

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

CA <u>T</u>	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbA ₁
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين

CAC	CTG	ACT	CCT	G <u>T</u> G	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	HbS
His	Leu	Thr	Pro	Val	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	بروتين

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

CA <u>T</u>	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TAG	GGC	AAG	GTG	Tha ₂
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu					بروتين

- A

CAC	CTG	ACT	CCT	GGG	AGA	AGT	CTG	CCG	TTA	CTG	CCC	TGT	GGG	GCA	AGG	TGA	Tha ₃
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Arg	Ser	Leu	Pro	Leu	Leu	Pro	Cys	Gly	Ala	Arg		بروتين

+ C

CAC	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	CTC	TGC	CGT	TAC	TGC	CCT	GTG	GGG	CAA	GGT	Tha ₄
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Lru	Cys	Arg	Tyr	Cys	Pro	Val	Gly	Gln	Gly	بروتين

1) تجلى الطفرات التي تصيب مورثة β -globuline في استبدال أو إضافة أو حذف قاعدة ازوتية، الشيء الذي يؤدي إلى تغير القراءة المتمتالية الوراثية. ويؤدي إلى توقف تركيب البروتين، أو تركيب بروتين مختلف. فينتج عن ذلك أمراضًا مختلفة.

(2) ملأ الجدول :

صنف الطفرة	النتائج على مستوى البروتين	نوع التغيير على مستوى الحليل	الحيل
طفرة صامتة Silencieuse	لا شيء	استبدال قاعدة بأخرى (استبدال C ب T)	HbA ₁
المعنى الخطأ Faux sens	استبدال حمض أميني بأخر	T - A : 14	HbS
المعنى الخطأ Faux sens	استبدال حمض أميني بأخر	A - G : 13	HbC
بدون معنى Non sens	توقف القراءة في موقع الاستبدال	A - G : 41	Tha ₂
ضياع Frame – shift	تغير طور القراءة : استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال	(A) - G : 14	Tha ₃
إضافية Frame – shift	تغير طور القراءة	(C) - 22	Tha ₄

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

د – العلاقة بين نسبة الطفرات وتردد الحليلات داخل الساكنة. أنظر الوثيقة 20.

		الوثيقة 20 : تأثير الطفرات في المحتوى الجيني للساكنة.
		يعطي الجدول أسفله نسبة الطفرات المقاسة بالنسبة لمورثة معينة عند أربعة متضاعفات مختلفة.
<p>ماذا تلاحظ ؟</p> <p>يعطي الرسم أمامه نموذج تفسيري لتأثير الطفرات على المحتوى الجيني للساكنة. أتمم هذا الشكل ثم استنتاج.</p>		ماذا تلاحظ ؟
المتضاعي	نسبة الطفرة في الجيل	
$2.5 \cdot 10^{-9}$		حمة العائشة
$2 \cdot 10^{-8}$	Escherichia Coli	بكتيريا
$2.9 \cdot 10^{-4}$		الذرة
$2.6 \cdot 10^{-5}$		نبابة الخل

★ نلاحظ أن نسبة الطفرات ضعيفة جداً، لأن تغير تردد الحليلات داخل الساكنة بواسطة الطفرات المتكررة يكون ضعيفاً جداً خلال الفترة التي تتضمن أجيالاً 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 نحو A).

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

② الانتقاء الطبيعي .La sélection naturelle

أ – مفهوم الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 21

الوثيقة 21 : بعض مظاهر الانتقاء الطبيعي	استخرج من خلال شكلي هذه الوثيقة أبرز العوامل المتدخلة في الانتقاء
<p>ب – اختيار الشريك الجنسي يتم بناء على مجموعة من الخصائص التي ترتبط بالنمط الوراثي للفرد . ـ (استعراض زاهي مميز للريش عند ذكر الطاووس)</p>	<p>أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة</p>

تعد خصائص 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 حميلاً 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 بخصائص مرتبطة بالنمط الوراثي للفرد.
ـ (الاختيار التفاضلي للأزواج)

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

ب - دراسة مثال للانتقاء الطبيعي. انظر الوثيقة 22

الوثيقة 22 : تغير تردد أرفية السندر حسب اللون

أرفية السندر **Biston betularia** فراشة ليلية تستريح في النهار على أغصان السندر. في إنجلترا وإلى منتصف القرن التاسع عشر، كانت الغالبية الكبرى لهذه الفراشات ذات لون فاتح. لكن بعد ذلك أصبحت الفراشات ذات اللون الداكن أكثر ترددًا قرب المناطق الصناعية، بينما ظلت الفراشات ذات اللون الفاتح أكثر انتشارًا في الأرياف.

في سنة 1955 قام الباحث **Kettlewell** بابحاث مجموعه من فراشات الأرفية السوداء والبيضاء وأطلقها في منطقتين مختلفتين: منطقة **Birmingham** برمنغهام التي تحتوي على أشجار ذات أغصان داكنة بفعل التلوث (الميلانيزم الصناعي **Mélanisme Industriel**) ، ومنطقة دورسي **Dorset** التي تحتوي على أشجار غير ملوثة. بعد ذلك عمل على اصطيادها من جديد مع حساب نسب تردداتها. يلخص الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة:

- (1) ماذا تلاحظ فيما يخص توزيع شكل هذه الفراشة؟
- (2) أوجد تفسيراً لتعدد الفراشين في كل من المنطقتين المدروستين إذا علمت أن هذه الفراشات تستهلك من طرف بعض الطيور.

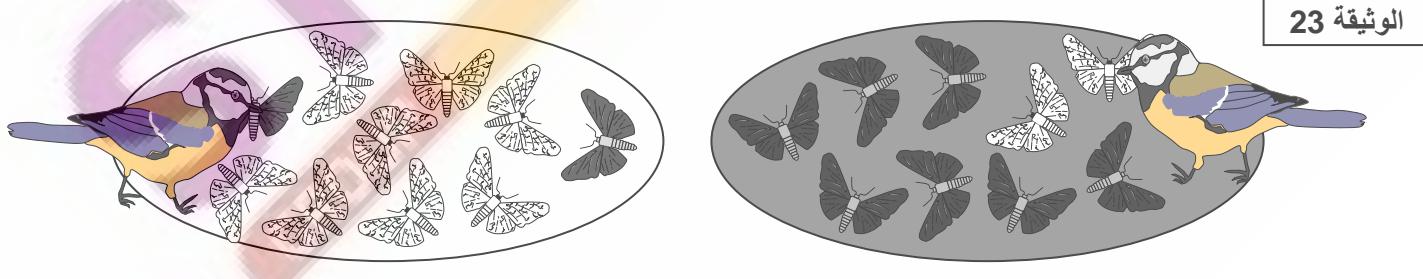
في برمنغهام		في دورسي		
فاتحة	داكنة	فاتحة	داكنة	
64	154	496	474	عدد الفراشات الموسومة والمحررة
16	82	62	30	عدد الفراشات الموسومة المصطادة
% 25	% 53.2	% 12.5	% 6.3	نسبة الفراشات الموسومة المصطادة



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

(2) يفسر اختلاف تردد المظاهر الخارجية بين المنطقتين بتأثير الطيور المفترسة:
انظر الوثيقة 23

الوثيقة 23



★ 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.

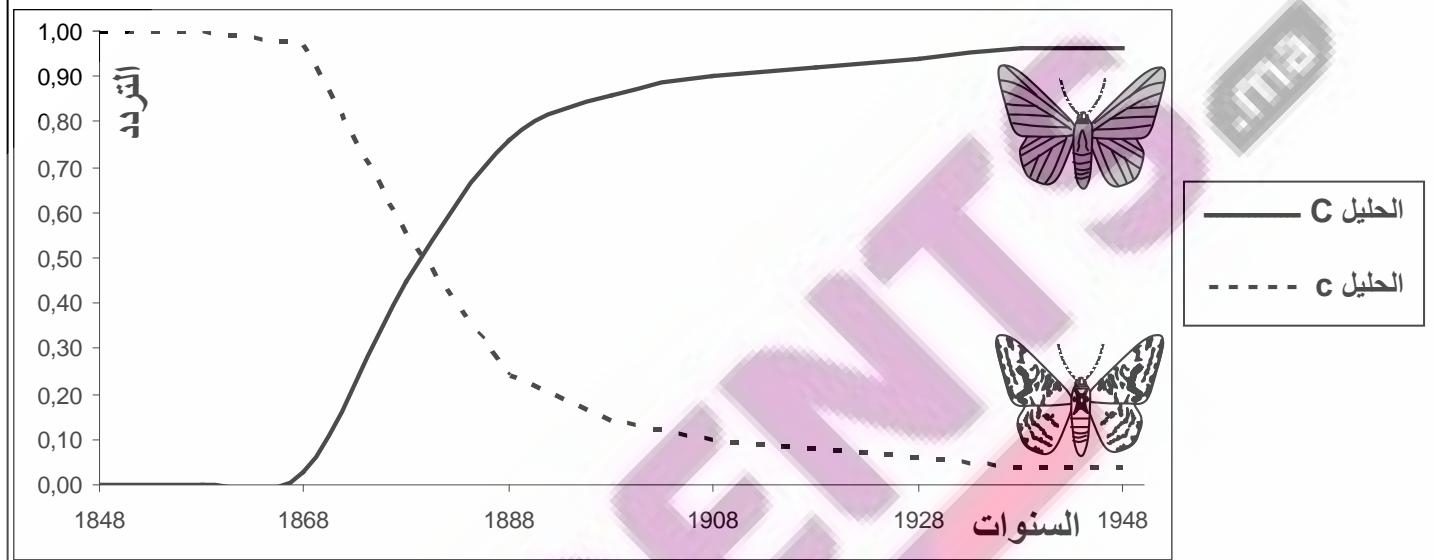
يعود إذن توزيع الفراشات في هذه المناطق إلى اختلاف مؤهلات البقاء عند هذه الفراشات، وهو عامل من عوامل الانقاء الطبيعي. حيث أن أفراداً بمظهر وراثي معين يكون لديهم احتمال أكبر على البقاء وبالتالي نقل مورثاتهم بشكل تفاضلي للأجيال المولالية.

ج - تأثير الانقاء الطبيعي على تردد الحيليات. انظر الوثيقة 24

الوثيقة 24 : تأثير الانقاء على تردد الحيليات عند أرفية السندر

يتحكم في لون فراشة الأرفية حللين : المظهر الخارجي الداكن مرموز بواسطة الحليل السائد C. والمظهر الخارجي الفاتح مرموز بواسطة الحليل المتنحي C'.

يعطي المبيان أسفله تردد حللي أرفية السندر في المنطقة الصناعية لمانشستر Manchester خلال 100 سنة. حل المبيان واستنتج تأثير الانقاء الطبيعي على تردد الحيليات في هذه الساكنة.



في ساكنة المنطقة الصناعية انخفض تدريجياً 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 الانقاء الطبيعي تؤثر على تردد الحيليات مع توالي الأجيال، وبذلك تنتشر وتشيع بعض الحيليات فتعطي للأفراد الحاملة لها انقاء تفاضلية، في حين تتقلص أخرى وتنتقرض. وينتج عن كل هذا تغيير في البنية الوراثية للساكنة.

د - القيمة الانقائية. انظر الوثيقة 25

الوثيقة 25 : القيمة الانقائية

القيمة الانقائية (Valeur sélective) تعبر عن قدرة فرد معين على نقل حيلاته إلى الجيل المولالي. ونميز بين:

- **القيمة الانقائية المطلقة لنمط وراثي معين :** هي عدد الأفراد الذين ينجذبهم في المعدل كل فرد حامل لهذا النمط الوراثي، والقادرين على العيش وعلى نقل حيلاتهم إلى الجيل المولالي. ويمكن التعبير عنها بالصيغة أعلاه :

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

- **القيمة الانقائية النسبية :** تعطي القيمة 1 للنمط الوراثي ذو أعلى قيمة انقائية مطلقة. أما بالنسبة للأنمط الوراثية الأخرى، فتساوي القيمة الانقائية المطلقة للنمط الوراثي المعنى مقسومة على القيمة الانقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعاً.

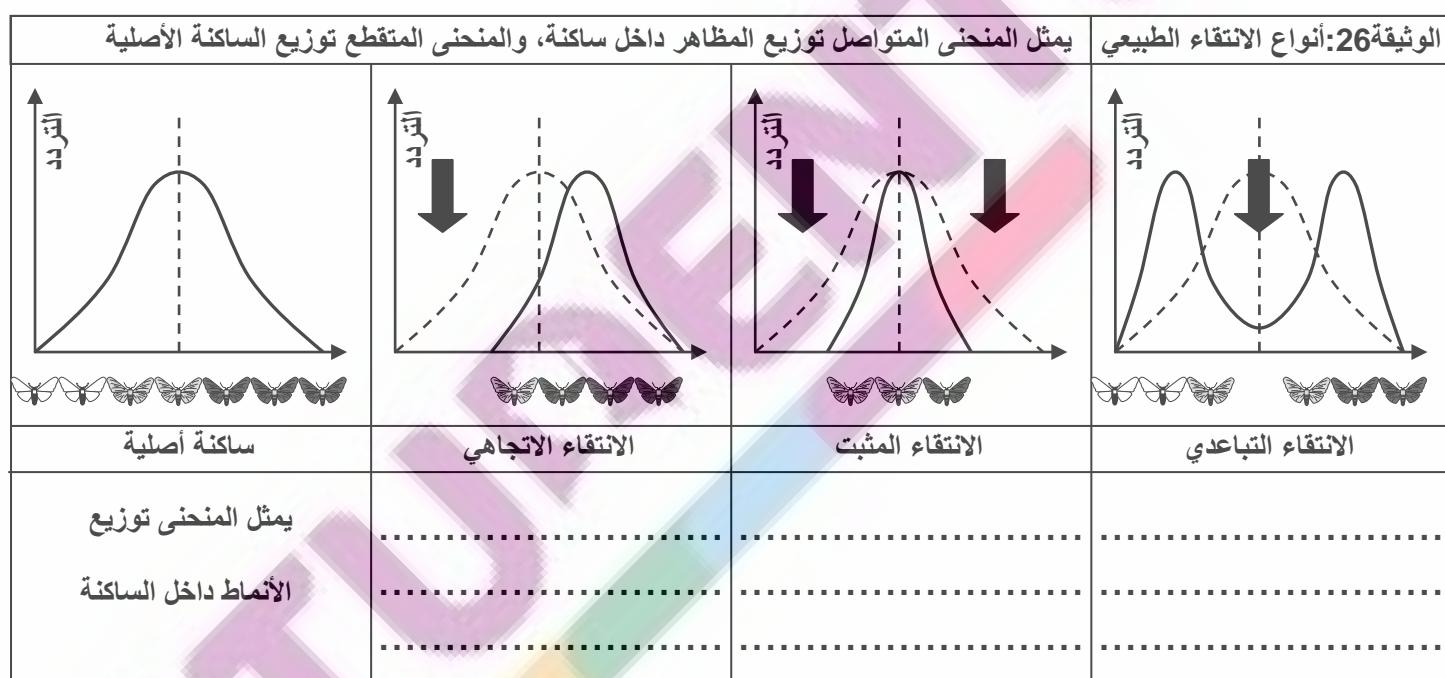
في منطقة صناعية تم إحصاء عدد كل من الفراشات الفاتحة والداكنة في فترتين متتاليتين فأجاءت النتائج على الشكل التالي :

القيمة الانتقائية النسبية	القيمة الانتقائية المطلقة	نسبة الفراشات القادرية على العيش والتولاد	عدد الفراشات المحصنة في نهاية الدراسة	عدد الفراشات المحصنة في بداية الدراسة	
			16	64	الفراشات الفاتحة
			82	154	الفراشات الداكنة

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

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

هـ – أنواع الانتقاء الطبيعي. انظر الوثيقة 26

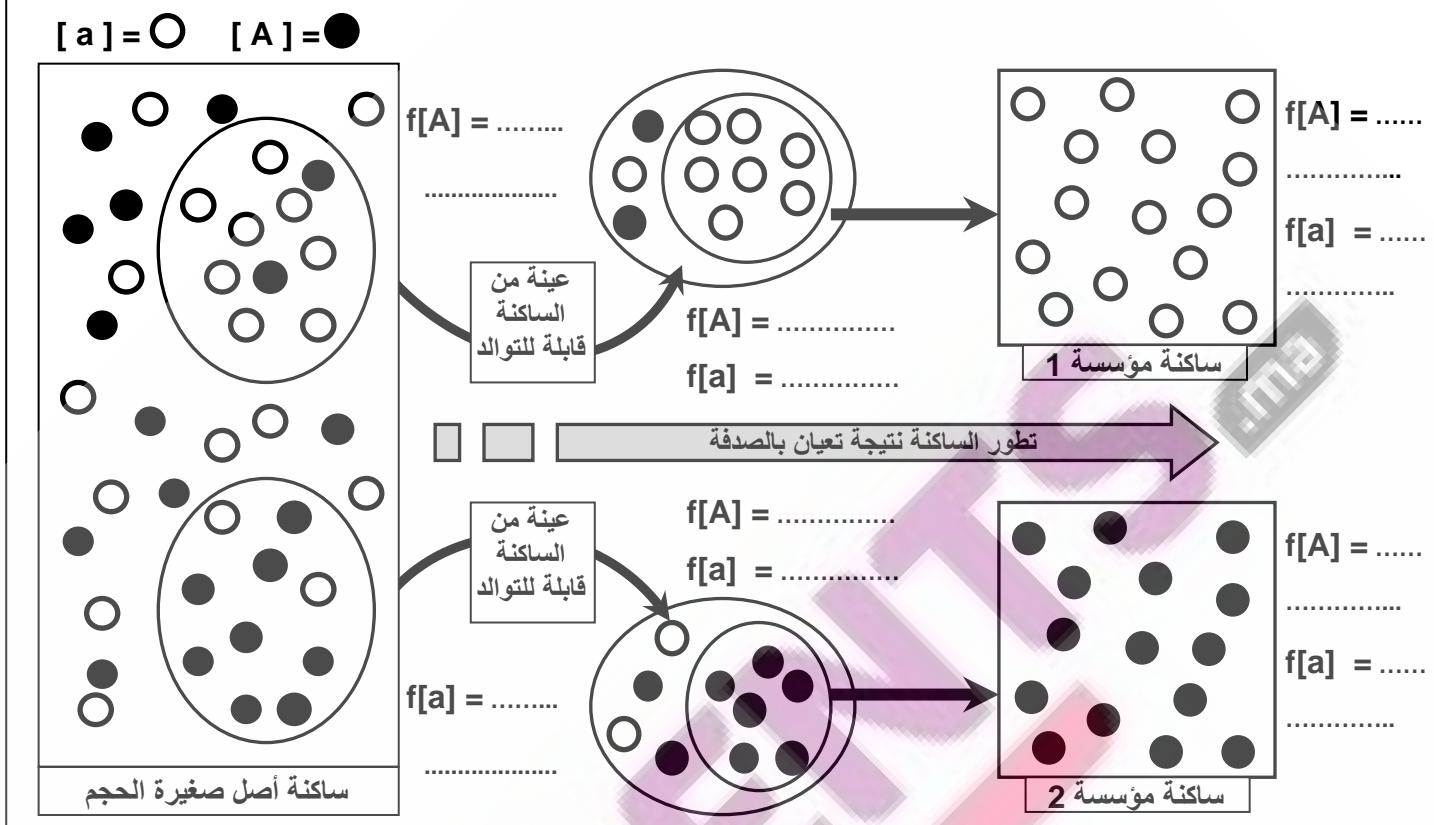


تنوّع المظاهر الخارجية داخل الساكنة حسب نوع الانتقاء الطبيعي اتجاهي، أو مثبت أو تباعي.

③ الانحراف الجيني :Dérive génétique أ – مفهوم الانحراف الجيني. انظر الوثيقة 27

الوثيقة 27: مفهوم الانحراف الجيني														
يتعلق الأمر بتجمع عقائدي « Secte » ، هاجر من سويسرا إلى روسيا ومن تم خلال سنة 1880 إلى أمريكا الشمالية حيث كون سلسلة من المستعمرات في Montana و Docota وفي أجزاء قريبة من كندا. يمثل الشكل أ من الوثيقة 27 النتائج التي توصل إليها Steinberg .														
الشكل أ														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>O</th> <th>الفصيلة الدموية عند أفراد التجمع العقائدي</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45 %</td> <td>29 %</td> <td>تقرب العقائدي</td> </tr> <tr> <td>% - 30 %</td> <td>تفوق 40 %</td> <td>عند أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			A	O	الفصيلة الدموية عند أفراد التجمع العقائدي	45 %	29 %	تقرب العقائدي	% - 30 %	تفوق 40 %	عند أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية	40		
A	O	الفصيلة الدموية عند أفراد التجمع العقائدي												
45 %	29 %	تقرب العقائدي												
% - 30 %	تفوق 40 %	عند أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية												
40														
(1) قارن بين معطيات الجدول. ماذا تستنتج ؟														
فسر Steinberg البنية الوراثية لساكنة Les Hutterites بتعريضها لظاهرة تسمى الانحراف الجيني. لتعرف هذه الظاهرة نقترح عليك الرسم التخطيطي أسفله، والذي يمثل نموذجاً تفسيرياً لهذه الظاهرة.														

- (2) أحسب تردد مختلف المظاهر الخارجية في هذه الساكنات.
 على معيطيات هذه الوثيقة موضحا فيما تجلي ظاهرة الانحراف الجيني.
 على ضوء هذه المعيطيات فسر أصل البنية الوراثية المسجلة عند ساكنة **Les Hutterites**.



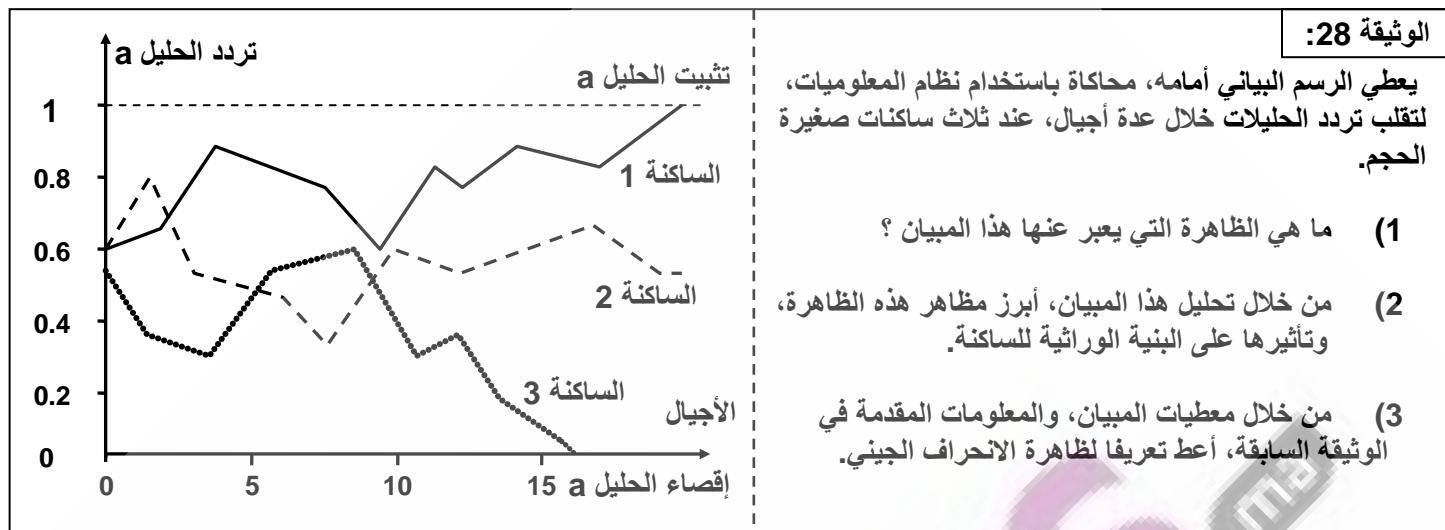
(1) هناك اختلاف واضح في نسبة الفصيلتين الدمويتين A و O بين أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية وبين أفراد التجمع العقائدي، حيث نجد عند هذا الأخير تردد الفصيلة الدموية O منخفض وتزداد الفصيلة الدموية A مرتفع.

نستنتج من هذا أن بنية ساكنة **Les hutterites** تختلف عن بنية الساكنات الأوروبية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

(2) أنظر الوثيقة.

(3) انبثقت الساكنة 1 عن هجرة مجموعة صغيرة من الساكنة الأصلية، ونظرًا لتعيين عرضي (بالصدفة) Echantillonnage aléatoire تضمنت هذه المجموعة فريدين فقط يحملان المظهر المتواوح مما سبب تغيراً في البنية الوراثية لهذه الساكنة مقارنة مع الساكنة الأصلية. صدفة وقع التزاوج بين أفراد تحمل الصفة الطافرة فحدث إقصاء المظهر المتواوح في الجيل الثاني مع تثبيت المظهر المتاح.

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



الوثيقة 28:

يعطي الرسم البياني أمامه، محاكاة باستخدام نظام المعلومات، تقلب تردد الحليلات خلال عدة أجيال، عند ثلاثة 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 تعريفاً لظاهرة الانحراف الجيني.

1) الانحراف الجيني

2) يتقلب تردد الحليل a في الساكنات الثلاث بشكل عشوائي بين 0 و 1 اللتان تمثلان القيمتين الحدين للتعدد في كل جيل. وهكذا توجد وضعيتان حدان تتحققان عاجلاً أو آجلاً 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 يؤدي 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 المولادي.

4) الهجرة :La migration

أ - حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle

الوثيقة 29: الهجرة الأحادية الاتجاه

نظراً للتمييز العنصري الذي ظل سائداً في الولايات المتحدة الأمريكية فإن كل فرد ناتج عن زواج مختلط (خلاسي Métis) يعد منتمياً إلى الساكنة السوداء. وبهذا يتم نقل الحليلات في اتجاه واحد من البيض نحو السود.

لتعرف تأثير هذه الهجرة في البنية الوراثية لساكنة السوداء، قام Gauss و Li سنة 1953 بدراسة تطور تردد الحليل R0 لنظام Rhésus (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.

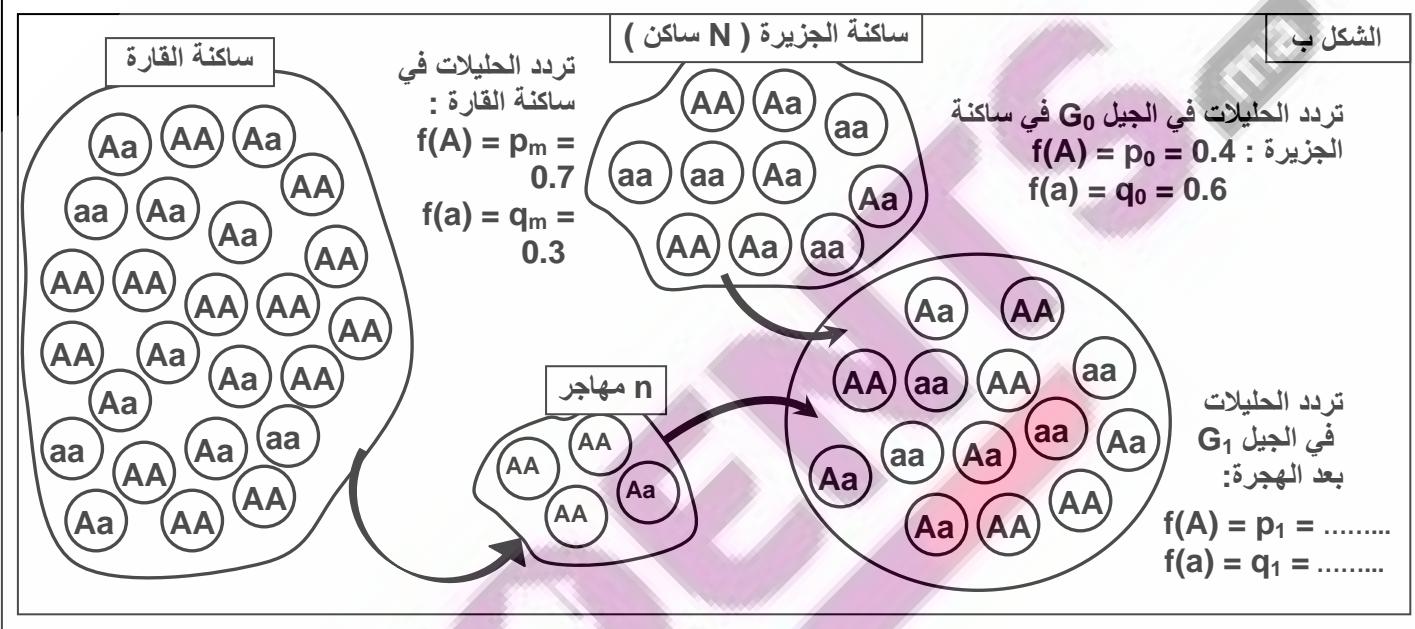
(2) باستعمال المعلومات المقدمة في الشكل ج من الوثيقة، أحسب التدفق الهجري m و تردد الحليلين A و a عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة.

(3) علماً 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 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.
تمكناً النسبة m من حساب تردد الحليل معين بعد الهجرة بتطبيق المعادلة التالية $p_1 = (1-m)p_0 + mp_m$ يمثل p_m : تردد الحليل السادس في ساكنة القارة. و p_0 تردد الحليل السادس عند ساكنة الجزيرة قبل الهجرة.

الشكل أ	الساكنات
تردد الحليل R_0	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	



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

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

$$m = \frac{n}{(N + n)} = \frac{4}{(4 + 10)} = 0.28 \quad (2) \quad \text{حساب التدفق الهجري } m:$$

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

$$\begin{aligned} f(A) &= p_1 = (1 - m) p_0 + m p_m \\ &= (1 - 0.28) \times 0.4 + (0.28 \times 0.7) \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

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

★ حساب تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة :

$$\begin{aligned} f(a) &= q_1 = (1 - m) q_0 + mq_m \\ &= (1 - 0.28) \times 0.6 + (0.28 \times 0.3) \\ &= 0.516 \end{aligned}$$

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

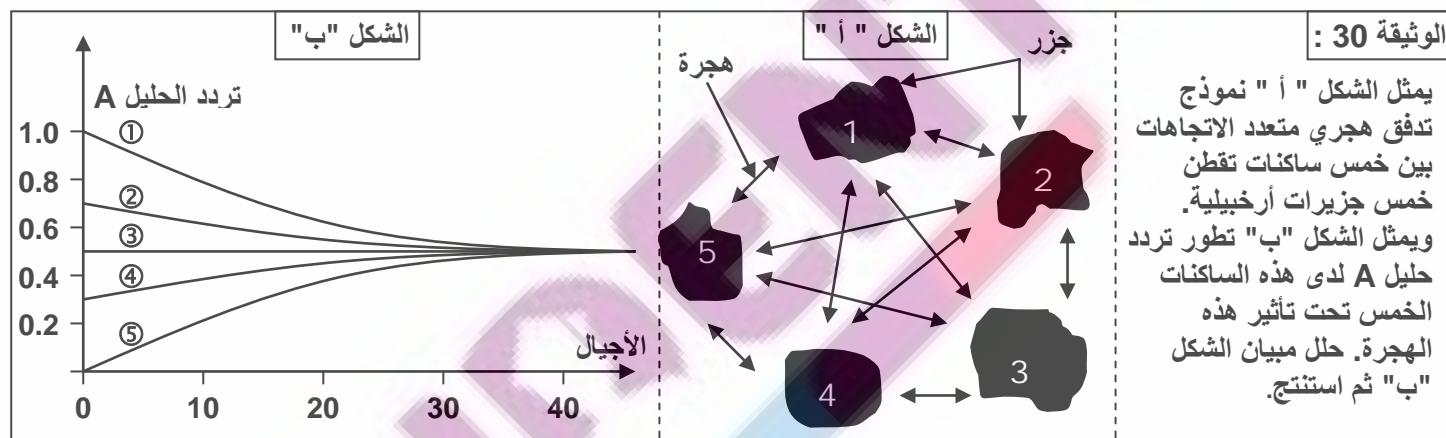
$$p_1 + q_1 = 0.48 + 0.52 = 1$$

(3) يلاحظ ارتقاض 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) نفس تغير البنية الوراثية لساكنة السوداء في أمريكا بظاهرة الهجرة. فهناك تدفق هجري أحادي الاتجاه من البيض نحو السود دون هجرة معاكسة. وبناء على هذا ستتغير الخصائص الوراثية لساكنة السوداء دون تغير في التركيب الوراثي لساكنة أصل الهجرة.

ب - حالة الهجرة المتعددة الاتجاهات Multidirectionnelle

. أنظر الوثيقة 30. .



في البداية كان تردد الحليل A جد مختلف بين هذه الساكنات، مثلاً 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 تنقص الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجياً بين مختلف هذه الساكنات، ففتحت 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 المنتسبين لنفس النوع، فماذا نعني بالنوع، وما المعايير المميزة له؟

أ - المعايير المميزة للنوع

a - المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

يتمثل المعيار المرفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن هذا المعيار من تمييز نوع عن آخر؟

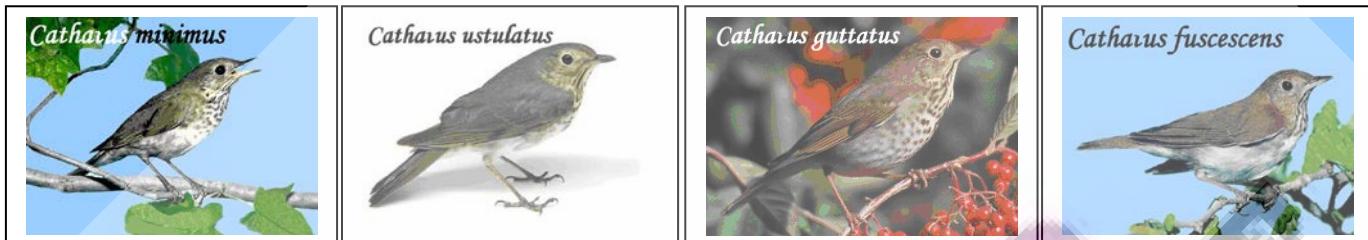
مثال 1 : ينتشر النمر حالياً في جنوب شرق آسيا ويوزع على خمس ساكنات : نمر البنغال، نمر سيبيريا، نمر الهند الصينية، نمر الصين. لهذه الساكنات خصائص مرفولوجية مشتركة.

مثال 2 : هناك اختلافات مرفولوجية بين الكلاب إلا أنها تتبع لنفس النوع.

مثال 3 : طائر السمنة يتضمن عدة أنواع متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من المعايير المميزة لكل نوع كالمعايير السلوكية. انظر الوثيقة 31.

الوثيقة 31

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



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

يتبع من هذه الأمثلة قصور المعيار المرفولجي في تحديد النوع.

b – المعيار الاكولوجي (البيئي) : Ecologique

توفر أفراد نوع معين على خصائص تكيفية مميزة كالمحيا والسلوك الغذائي والدافعي الجنسي، مما يساعد على الاندماج داخل عشيرة إحيائية.

c – المعيار الفزيولوجي : Morphologique

الوثيقة 32 :

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



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

تشابه طيور الشرشور مرفولوجيا لكنها تختلف من حيث كمية طرح CO_2 حسب درجة حرارة الوسط، وهذا معيار فيزيولوجي يمكن من التمييز بين نوعي طائر الشرشور.

الوثيقة 33: 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 وتعدد 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.



Triton vulgaris	Triton marmoratus	Triton alpestris	البروتين	المورثة
(1) a ₆	(1) a ₂	(0.2) a ₃ (0.8) a ₄	الزلال	a : عدد الحليلات 7
(1) b ₁	(1)b ₇	(0.1) b ₁ (0.55) b ₃ (0.35) b ₄	Lactose déshydrogenase	b : عدد الحليلات 7

نلاحظ أن عدد وتعدد الحليلات الرامزة للبروتينين يختلف عند كل نوع من أنواع السمندل. نستنتج إذن أن المعيار البيوكيميائي 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 زواجاً حقيقياً، أو تكون قادرة على ذلك، والمعزولة جنسياً عن الساكنات الأخرى المشابهة لها. تجمع بين أفراد نفس النوع مجموعة من الخصائص المشتركة: مرلوجية، شراحية، فزيولوجية، بيوكيميائية، ووراثية. ويعد الإخصاب المتبادل والخلف الخصيب الخصائص الأساسيتين المميزتين للنوع.