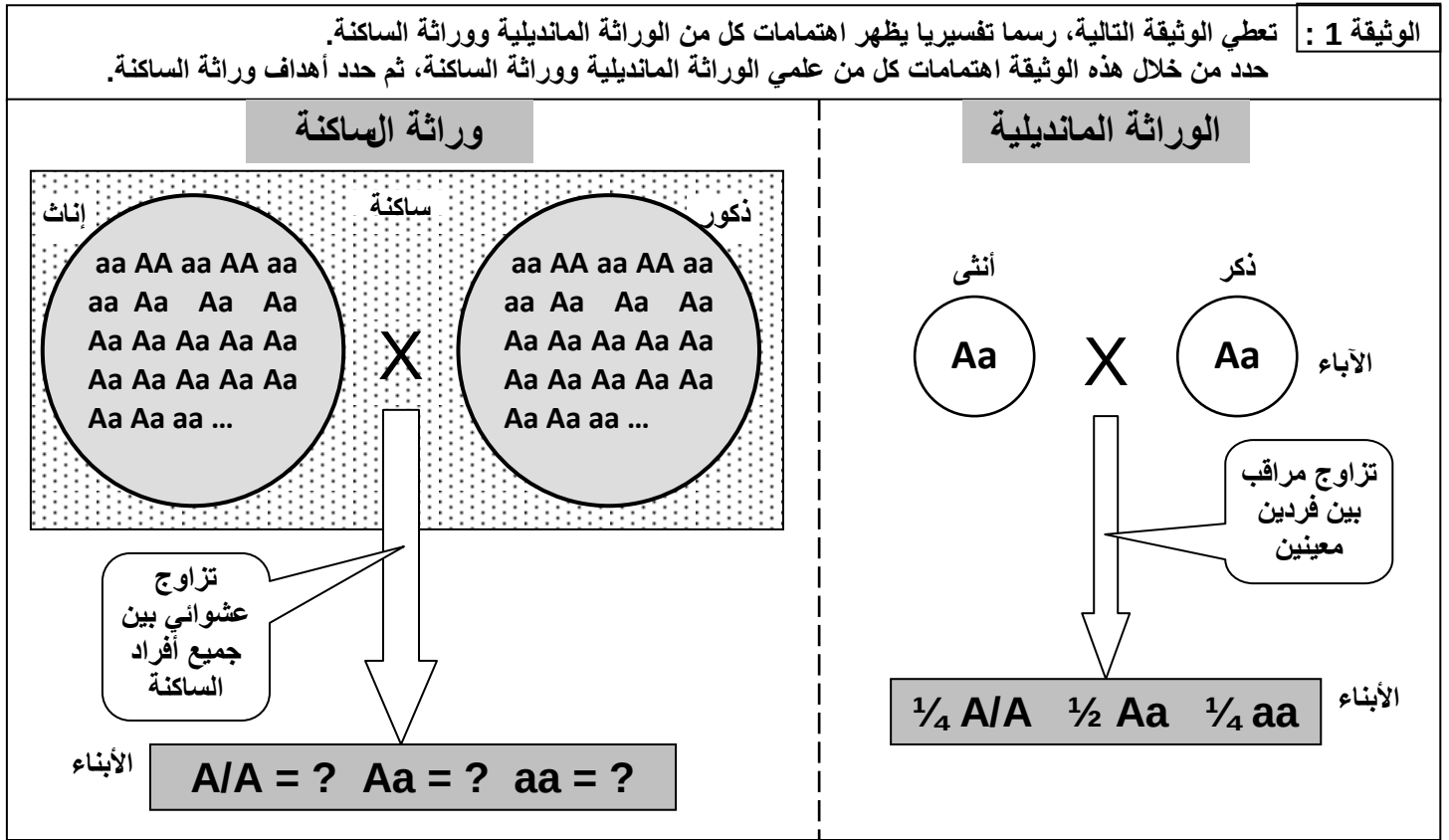


علم وراثاة الساكنة

مقدمة: أنظر 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 انطلاقاً 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 فإن وراثاة 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؟

1 - مفهوم الساكنة والمحتوى الجيني : La population et pool génétique

① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب: أنظر الوثيقة 2 والوثيقة 3.

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

الوثيقة 3	الوثيقة 2
Macaca sylvanus المعروف بالقرود زعطوط هو نوع من القرود التي تستوطن المغرب، وبشكل 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 قرود بدون ذيل، يصل وزنه إلى 20 كغ عند الذكور و15 كغ عند الإناث، وطوله زهاء 60 سم. 	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 ، شيبسية ، 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 لتتقل إلى ميسم الزهرة فتلتصق به لتثبت أنبوب اللقاح الذي ينمو في اتجاه الببيضة. 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 .  

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

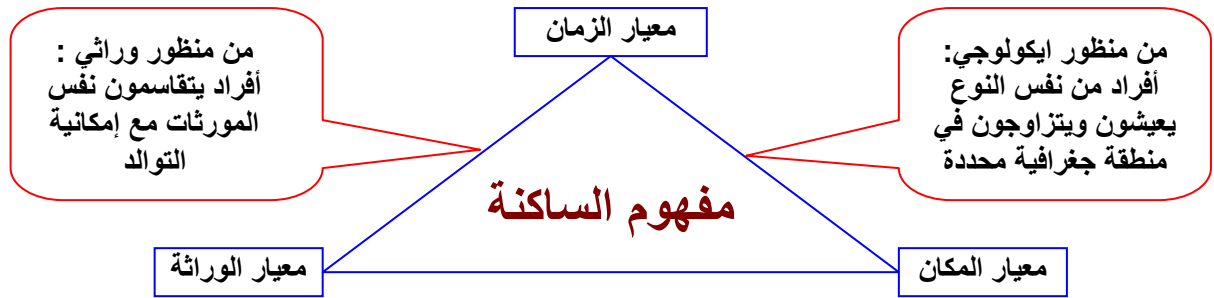
② مفهوم الساكنة: أنظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4 : 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. أفراد تنتمي لنفس النوع مجال توزيع الساكنة

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 الوثيقة 2، لوحة 2.

ب - حساب الترددات باستعمال طريقة الاحتمالات:

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

الوثيقة 5:

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:

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

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

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 $f(A)$: $f(A) = (D \times 1) + (H \times 1/2) + (R \times 0)$

$$\Rightarrow f(A) = D + H/2$$

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

$$\Rightarrow f(a) = R + H/2$$

وهكذا يمكن حساب تردد حليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

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

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

• تردد المظاهر الخارجية:

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

• تردد الأنماط الوراثية:

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

• 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:

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 الوثيقة 6، خاصيات الساكنة النظرية المثالية.

الوثيقة 6 : خاصيات الساكنة النظرية المثالية

- ساكنة لمتعضيات ثنائية الصيغة الصبغية ذات توالد جنسي وأجيالها غير مترابكة (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 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** 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 .
- حدد تردد كل من الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل الأصلي G_0 .
 - حدد تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1 .
 - حدد تردد الحليلات في الجيل G_1 من خلال تردد أنماطه الوراثية.
 - ماذا تستنتج ؟

ساكنة نظرية مثالية (الجيل G_0)

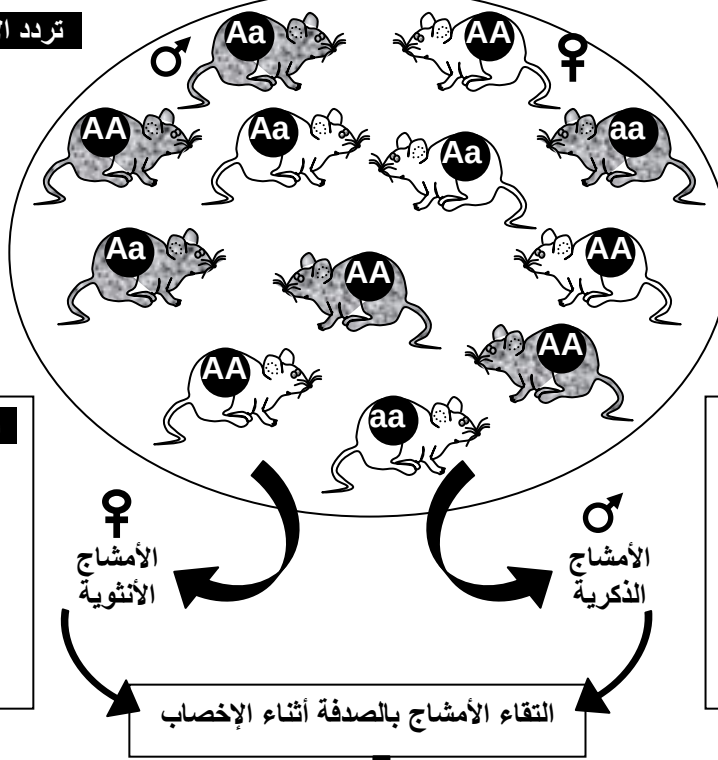
تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_0 :

$$f(AA) = \dots\dots\dots$$

$$f(Aa) = \dots\dots\dots$$

$$f(aa) = \dots\dots\dots$$

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



تردد الحليلات في الجيل G_0 :

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

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

$$p + q = \dots\dots\dots$$

تردد حليلات الأمشاج الذكرية:

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

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

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

تردد حليلات الأمشاج الأنثوية:

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

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

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

التقاء الأمشاج بالصدفة أثناء الإخصاب

تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1 :

$$f(AA) = \dots\dots\dots$$

$$f(Aa) = \dots\dots\dots$$

$$f(aa) = \dots\dots\dots$$

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

شبكة التزاوج ⇐ الجيل G_1			
♀	♂	A	a
		p	q
A	p		
a	q		

تردد الحليلات في الجيل G_1 :

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

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

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

(1) تردد الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل G_0 :

$$\star \text{ الأنماط الوراثية : } f(AA) = D \quad , \quad f(Aa) = H \quad , \quad f(aa) = R$$

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

$$\star \text{ الحليلات : } f(A) = p = D + H/2 \quad , \quad f(a) = q = R + H/2$$

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

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

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

(3) تردد الحليلات في الجيل G_1 :

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

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

(4) استنتاج:

نلاحظ أن هناك استقراراً 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 انطلاقاً 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 ، فإن تردد الأنماط الوراثية ستحسب كالآتي:

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

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 و q و r . إذن $(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$

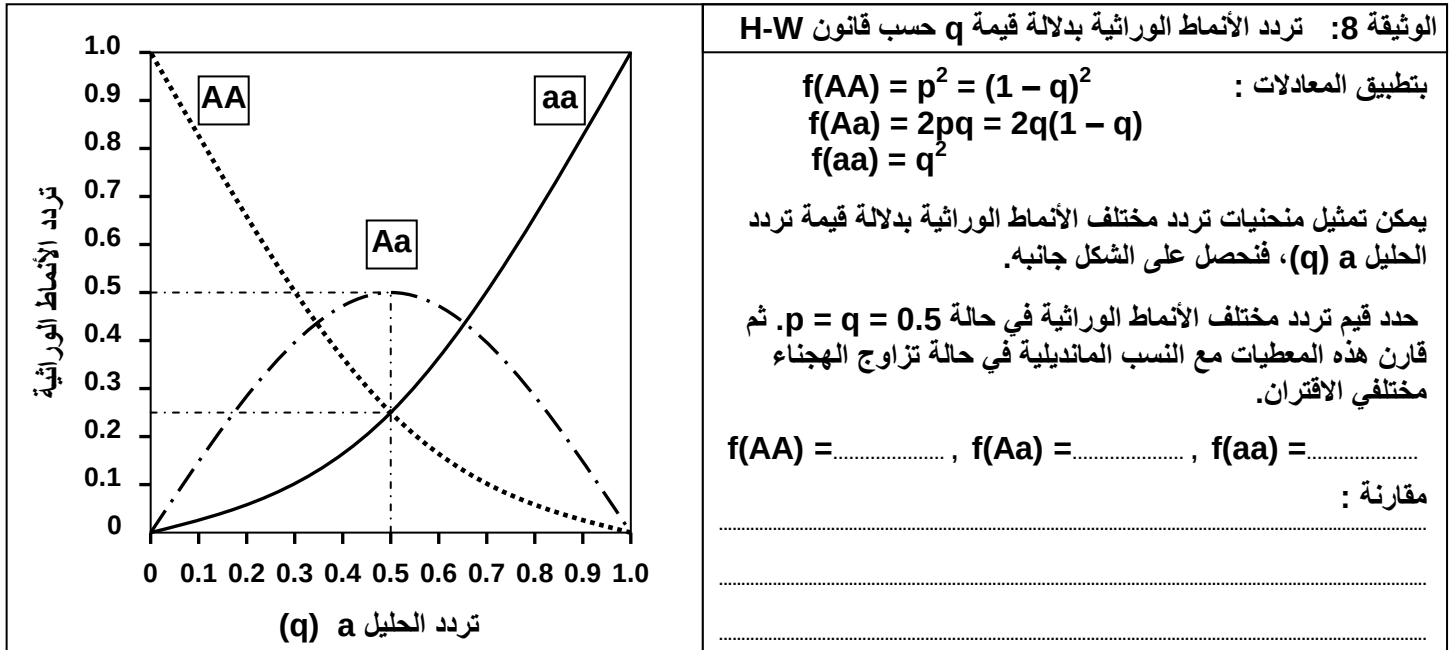
$$\begin{aligned} f(AA) &= p^2, \quad f(BB) = q^2, \quad f(OO) = r^2 \\ f(AB) &= 2pq, \quad f(AO) = 2pr, \quad f(BO) = 2qr \end{aligned}$$

وهكذا فتردد الأنماط الوراثية هو

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

★ سؤال :

تمثل منحنيات الوثيقة 8 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 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 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 التوافقية 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:

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

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

← احتمال الخطأ α ويتم اختياره من طرف المختبر وهو عادة 0.05 أي 5 %.

← درجة الحرية ddl.

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. 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 Hardy - Weinberg على ساكنة نظرية مثالية: (أنظر الوثيقة 10)

الوثيقة 10 : 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). باعتبار هذه الساكنة في حالة توازن، وبتطبيق معادلة Hardy-Weinberg $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$ مع p = تردد الحليل R ، و 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 و Rb في هذه الساكنة.		
المظهر الخارجي	مظهر خارجي متحي [b]	مظهر خارجي سائد [R]
النمط الوراثي	bb	RR + Rb
عدد الأفراد	20	480

1) حساب الترددات عند الساكنة الأم :

★ تردد النمط الوراثي bb: يسهل حساب تردد حاملي الصفة المتنحية، لأن عدد مظاهرها الخارجية يكون

$$f(bb) = f[b] = 20/500 = 0.04$$

★ 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 $p^2(RR) + 2pq(Rb) + q^2(bb) = 1$

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

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

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

$$q = 0.2$$

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

$$p = 0.8$$

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

★ تردد النمط الوراثي RR :
بناءً 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 :

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

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

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

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

(2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :
ينتج أفراد الساكنة الأم أمشاجاً 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 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 ساند 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.

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	
DD	f(DD) = p ²	= (0.35) ²	= 0.122	
Dd	f(Dd) = 2pq	= 2 x 0.65 x 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 12)

الوثيقة 12: 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. (أستمع 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):
 $f(mm) = \frac{1}{3000} = 3.3 \cdot 10^{-4}$

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

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

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

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

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

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

ب - حالة تساوي السيادة. (أنظر الوثيقة 13، 1)

الوثيقة 13: النظام الدموي MN عند الإنسان

1 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: $[N] 492 + [M] 22 + [MN] 216$.

- (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).

2 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]، و 1000 فرد [NB]، و 6000 فرد [BB]. بتطبيقك نفس المراحل المعتمدة في الجزء 1 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 $\Leftrightarrow f(NN) = 0.032$

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

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

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

(5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة χ^2 :

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

$$\chi^2 = (E_{NNO} - E_{Nnt})^2 / E_{Nnt} + (E_{MMO} - E_{Mmt})^2 / E_{Mmt} + (E_{MNO} - E_{Mnt})^2 / E_{Mnt}$$

E_o = الأعداد الملاحظة E_t 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 :

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

$$= 3 - 2$$

$$= 1$$

★ احتمال الخطأ α يساوي 0.05 أي 5 %

★ قيمة χ^2 العتبة المقروءة في جدول الوثيقة 2 لوحة 4 هي 3.84

$$\chi^2_{\text{العتبة المقروءة}} = 3.84 \quad \chi^2_{\text{العتبة المحسوبة}} = 0.05$$

$$\chi^2_{\text{العتبة المحسوبة}} < \chi^2_{\text{العتبة المقروءة}}$$

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 13، 2)

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

• 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:

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

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

$$\begin{aligned} E_o &= \text{عدد الأفراد الملاحظ بالنسبة لمظهر خارجي معين.} \checkmark \\ E_t &= \text{عدد الأفراد النظري بالنسبة لمظهر خارجي معين.} \checkmark \end{aligned}$$

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

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

$$\chi^2 = 6087.42$$

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 فرقاً شاسعاً بين أعداد الأفراد بالنسبة للمظاهر الخارجية الملاحظة والمتوقعة. 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 النباتات	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 الرياضياتية 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 لـ $\alpha = 0.05$ فقيمة χ^2 النظري هي 3.84.
- نلاحظ أن قيمة χ^2 النظري تفوق قيمة χ^2 التي تم حسابها. إذن 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 14)

الوثيقة 14 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

- ترتبط صفة لون العيون عند ذبابة الخل بمورثة محمولة على الصبغي الجنسي X تتضمن حليلين: الحليل w متتح مسؤول عن العيون البيضاء. والحليل S ساند 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 : $\begin{array}{c} W \\ \text{---} \\ \text{---} \\ W \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \\ w \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \\ S \end{array} X$

★ عند الذكور : $\begin{array}{c} W \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} W \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} Y$ ، $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} Y$

★ عند الأمشاج الأنثوية : $\begin{array}{c} W \\ \text{---} \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \end{array} X$

★ عند الأمشاج الذكورية : $\begin{array}{c} S \\ \text{---} \end{array} X$ ، $\begin{array}{c} W \\ \text{---} \end{array} X$ ، $\text{---} Y$

(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 الساكنة :

♀ \ ♂	$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \end{array} X$ p	$\begin{array}{c} W \\ \text{---} \end{array} X$ q	$\text{---} Y$
$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \end{array} X$ p	$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \\ S \end{array} X$ p^2	$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \\ w \end{array} X$ pq	$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} X$ $\text{---} Y$ p
$\begin{array}{c} W \\ \text{---} \end{array} X$ q	$\begin{array}{c} S \\ \text{---} \\ \text{---} \\ w \end{array} X$ pq	$\begin{array}{c} W \\ \text{---} \\ \text{---} \\ w \end{array} X$ q^2	$\begin{array}{c} W \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} X$ $\text{---} Y$ q

★ تردد الأنماط الوراثية عند الجيل الثاني G_1 :

$$\begin{aligned} \text{عند الإناث : } f(X_w X_w) &= q^2 , \quad f(X_s X_w) = 2pq , \quad f(X_s X_s) = p^2 \\ \text{عند الذكور : } f(X_w Y) &= q , \quad f(X_s Y) = p \end{aligned}$$

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

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

الحصيلة	أنثى		ذكر		
	غير مصابة	مصابة	غير مصاب	مصاب	
$q > q^2$ الإناث اقل إصابة من الذكور	p^2+2pq	q^2	p	q	حالة حليل متنح
$p^2 + 2pq > p$ 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 إبطار 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: $f(X_d,X_d) = q^2 = (0.1)^2 = 0.01$

★ بالنسبة للذكور سيكون تردد المرض مساو 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 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 فإن الأنثى ستكون مصابة في حالة تشابه الاقتران (X_AX_A) وفي حالة اختلاف الاقتران (X_AX_n) :

$$\text{ادن } f(X_AX_A) = p^2 \text{ و } f(X_AX_n) = 2pq$$

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

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

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 حملة الصبغي X_A .

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

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

ج - تمرين منزلي : لون الفرو عند القطط. (أنظر الوثيقة 16)

الوثيقة 16 : 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: أعط النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي. فسر غياب المظهر الخارجي المبقع بالأصفر والأسود عند الذكور. أحسب تردد الحليل Cn وتردد الحليل Cj عند هذه العينة. هل تردد الحليل Cn متطابق عند الجنسين ؟ علل إجابتك. أحسب تردد القطط بفرو أسود في الجيل الموالي في حالة ما إذا تمت التزاوجات بشكل عشوائي على مستوى العينة المدروسة.			
المظهر الخارجي للقطط			
فرو أسود	فرو مبقع بالأصفر والأسود	فرو أصفر	
300	0	50	ذكور
300	50	10	إناث

(1) النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي هو :

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

(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:

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

$$p = 1 - q = 1 - 0.887 = 0.113 \text{ : } p \text{ يساوي } Cj$$

(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 .

$$\text{ومنه فان تردد الحليل } Cn \text{ عند الإناث هو : } ((300 \times 2) + 50) / (360 \times 2) = 0.90$$

$$\text{وتردد الحليل } Cn \text{ عند الذكور هو : } 300 / 350 = 0.86$$

(5) يرجع الحصول على قطرات بفرو أسود في الجيل الموالي إلى حدوث إخصاب بين مشيج أنثوي حامل للحليل Cn وآخر ذكر حامل لنفس الحليل.

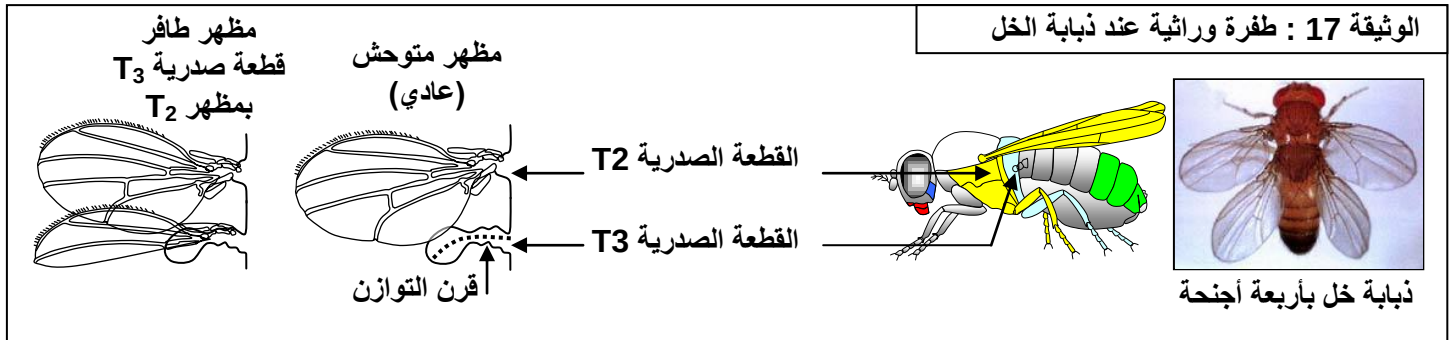
نعلم أن تردد الحليل Cn عند الإناث هو 0.9، بينما تردد نفس الحليل عند الذكور هو 0.86، ومنه فإن النسبة المطلوبة هي $0.90 \times 0.86 \times 100 = 77.4 \%$

V - عوامل تغير الساكنة :

① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

أ - أمثلة لبعض الطفرات.

★ يرتبط تشكل 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.

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 :

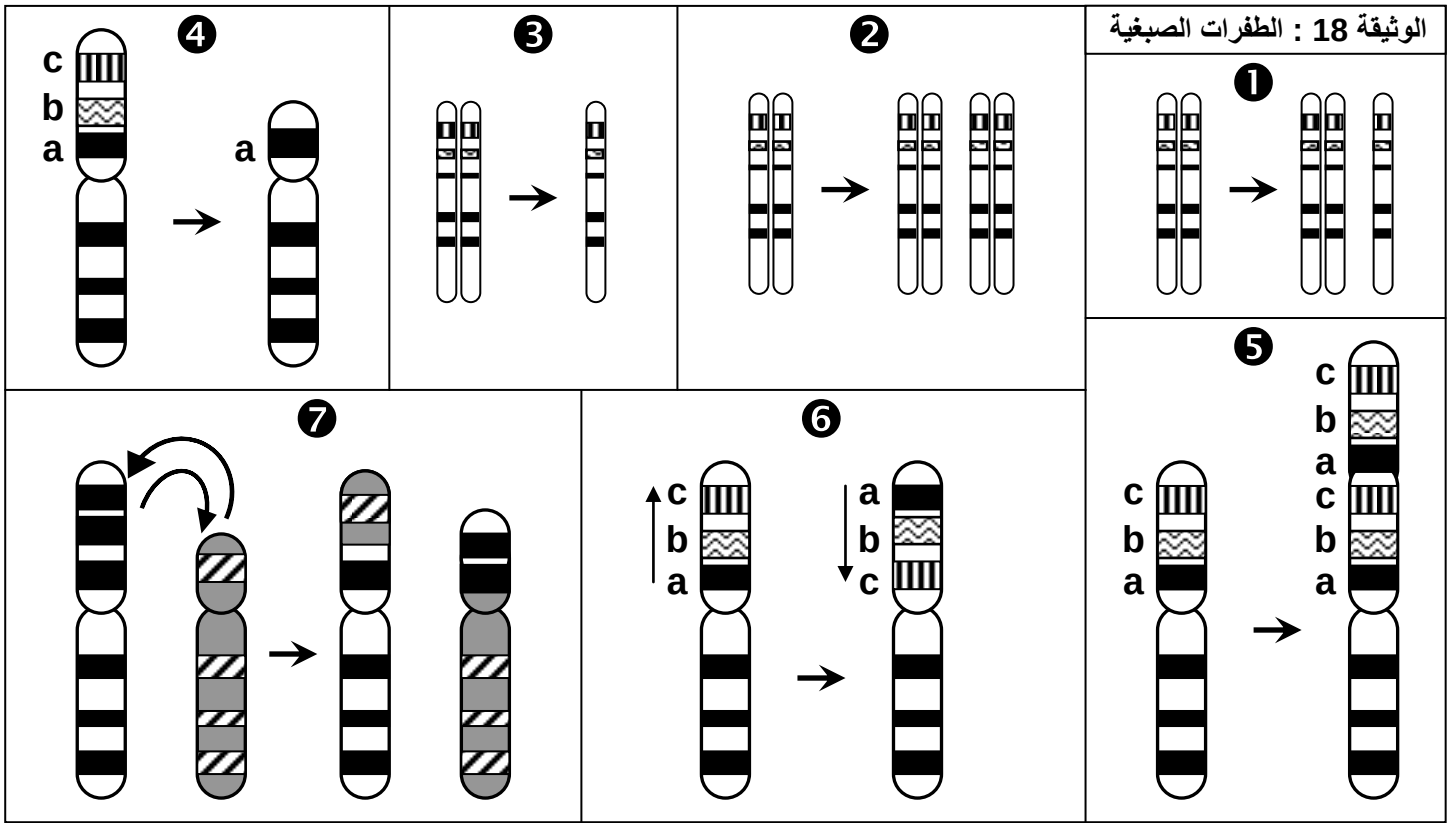
الطفرة هي تغير وراثي تلقائي يصيب المادة الوراثية على مستوى المتتالية النيكلوتيدية لجزيئة ADN، فتؤدي إلى تغير البرنامج الوراثي وبالتالي تغير البروتينات ثم تعدد الأشكال الخارجية لأفراد الساكنة. يمكن أن تصيب الطفرات مختلف خلايا الجسم، لكنها حينما تصيب الخلايا الجنسية، تنتقل الطفرة إلى الخلف، فننكلم عن طفرة 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 18.



★ 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) (أنظر الوثيقة 19)

الوثيقة 19 : الطفرات الموضعية

ينتج الخضاب الدموي العادي (β - globuline) عند الإنسان بواسطة الحليل HbA. غير أنه توجد مجموعة من الخلايا 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 الخلايا وتعدد المظاهر الخارجية.

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

CA	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	TGG	GGC	AAG	GTG	Hba ₁ الحليل الطافر
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu	Thp	Gly	Lys	Val	HbA البروتين

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

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

CA	CTG	ACT	CCT	GAG	GAG	AAG	TCT	GCC	GTT	ACT	GCC	CTG	T	GGC	AAG	GTG	Tha ₂ الحليل الطافر
His	Leu	Thr	Pro	Glu	Glu	Lys	Ser	Ala	Val	Thr	Ala	Leu					Tha ₂ البروتين

- A

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

+ C

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

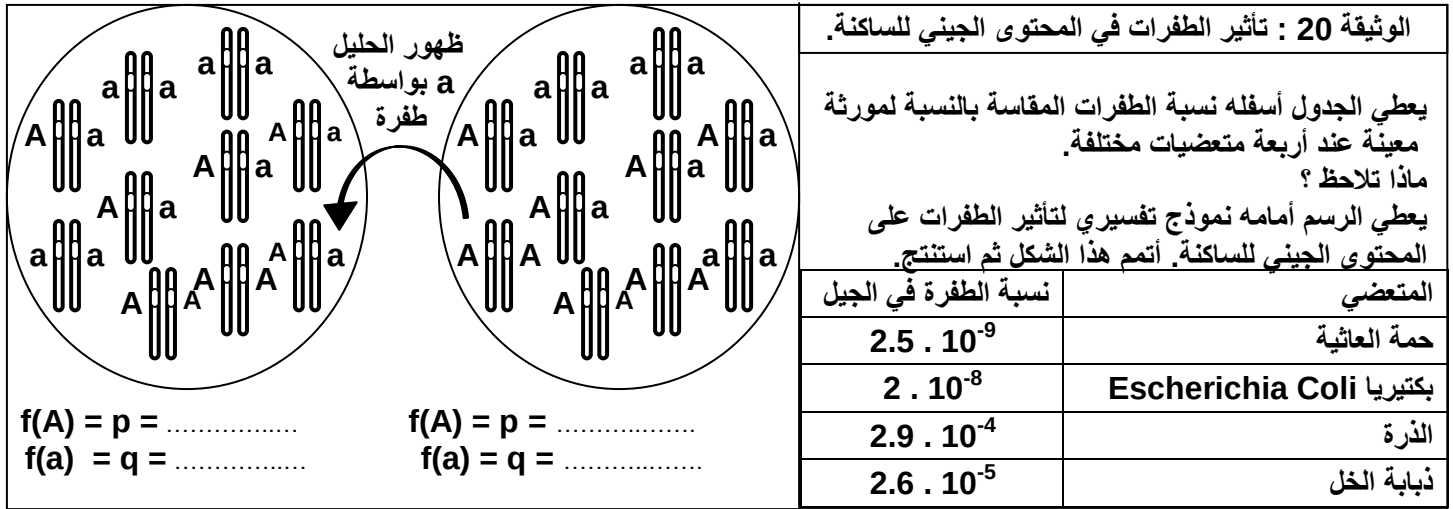
1) تتجلى الطفرات التي تصيب مورثة β - globuline في استبدال أو إضافة أو حذف قاعدة ازوتية، الشيء الذي يؤدي إلى تغير قراءة المتتالية الوراثية. ويؤدي إلى توقف تركيب البروتين، أو تركيب بروتين مخالف. فينتج عن ذلك أمراضا مختلفة.

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	ضياح القاعدة الأزوتية 14 (A)	تغير طور القراءة : استبدال كافة الأحماض الأمينية بعد موقع الاستبدال	ضياح 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 20.



★ 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، وعيله 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



ب - اختيار الشريك الجنسي يتم بناءً على مجموعة من الخصائص التي ترتبط بالنمط الوراثي للفرد. (استعراض زاهي مميز للريش عند ذكر الطاووس)



أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة

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 حميلة بيئية تقوم الحيوانات المفترسة باقتراض 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. (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 للسكان. يسمى تغير تردد الحليلات عبر الأجيال بالانتقاء الطبيعي.

ب - دراسة مثال للانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 22

الوثيقة 22 : تغير تردد أرفية السندر حسب اللون

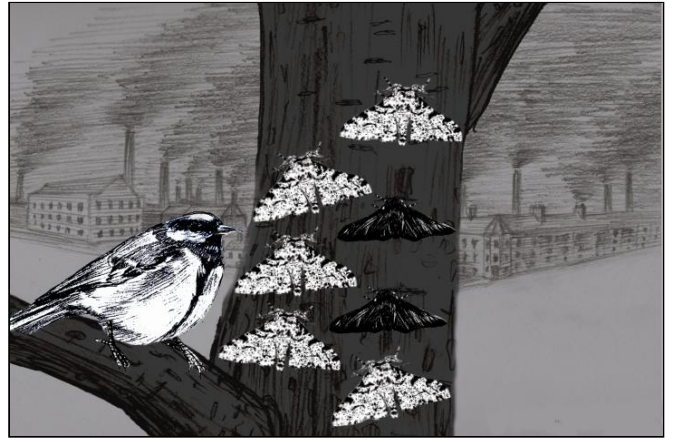
أرفية السندر *Biston betularia* فراشة ليلية تستريح في النهار على أغصان السندر. في إنجلترا وإلى منتصف القرن التاسع عشر، كانت الغالبية الكبرى لهذه الفراشات ذات لون فاتح. لكن بعد ذلك أصبحت الفراشات ذات اللون الداكن أكثر ترددا قرب المناطق الصناعية، بينما ظلت الفراشات ذات اللون الفاتح أكثر انتشارا في الأرياف.

في سنة 1955 قام الباحث Kettlewell بايسام مجموعة من فراشات الأرفية السوداء والبيضاء وأطلقها في منطقتين مختلفتين: منطقة برمنغهام *Birmingham* التي تحتوي على أشجار ذات أغصان داكنة بفعل التلوث (الميلاينيزم 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 تفسيراً لتردد الفراشتين في كل من المنطقتين المدروستين إذا علمت أن هذه الفراشات تستهلك من طرف بعض الطيور.

في دورسي		في برمنغهام	
فاتحة	داكنة	فاتحة	داكنة
474	496	154	64
عدد الفراشات الموسومة والمحرة			
30	62	82	16
عدد الفراشات الموسومة المصطادة			
6.3%	12.5%	53.2%	25%
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:
أنظر الوثيقة 23

الوثيقة 23

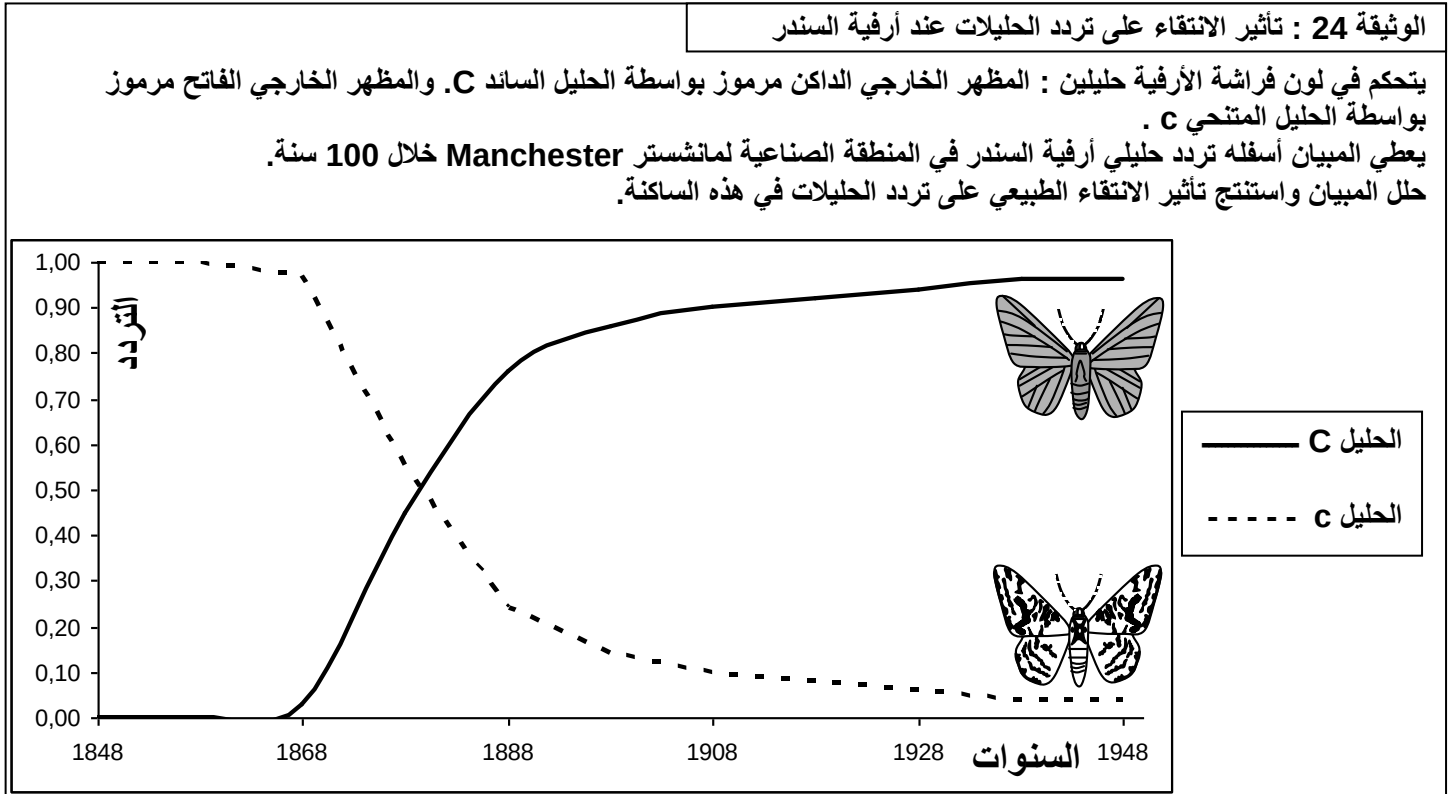


★ في المنطقة الصناعية أصبحت جذوع الأشجار داكنة، مما يجعل من السهل رؤية الفراشات الفاتحة اللون من طرف الطيور المفترسة، فتعرض للاقتراض بنسبة كبيرة.

★ في المنطقة غير الصناعية بقيت جذوع الأشجار فاتحة، فيكون من السهل على الطيور المفترسة رؤية الفراشات الداكنة، وهذا ما يعرض هذه الفئة للاقتراض 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 24



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 وتقرض. وينتج عن كل هذا تغيير في البنية الوراثية للساكنة.

د - القيمة الانتقائية. أنظر الوثيقة 25

الوثيقة 25 : 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: تعطي القيمة 1 للنمط الوراثي ذو أعلى قيمة انتقائية مطلقة. أما بالنسبة لأنماط الوراثة الأخرى، فتساوي القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي المعني مقسومة على القيمة الانتقائية المطلقة للنمط الوراثي الأكثر ارتفاعا.

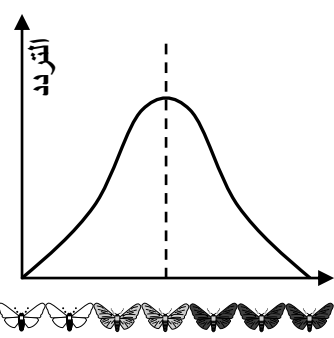
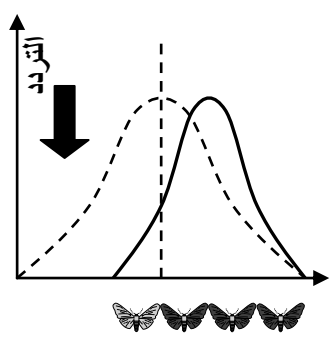
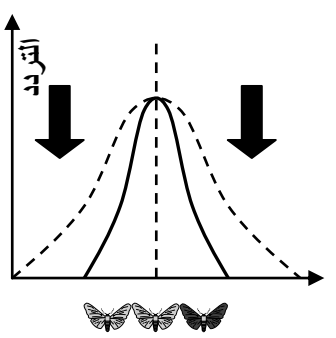
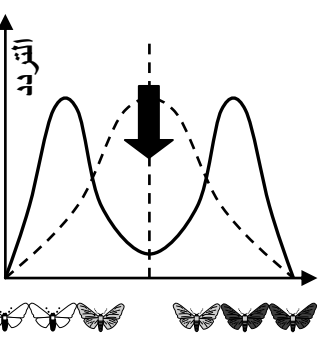
في منطقة صناعية تم إحصاء عدد كل من الفراشات الفاتحة والقاتمة في فترتين متباعدتين فجاءت النتائج على الشكل التالي :

عدد الفراشات المحصاة في بداية الدراسة	عدد الفراشات المحصاة في نهاية الدراسة	نسبة الفراشات القادرة على العيش والتوالد	القيمة الانتقائية المطلقة	القيمة الانتقائية النسبية
64	16			
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 26

الوثيقة 26: أنواع الانتقاء الطبيعي	يمثل المنحنى المتواصل توزيع المظاهر داخل ساكنة، والمنحنى المتقطع توزيع الساكنة الأصلية		
			
انتقاء التبايني	انتقاء المثبت	انتقاء الاتجاهي	ساكنة أصلية
يمثل المنحنى توزيع			
الأنماط داخل الساكنة			

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

③ الانحراف الجيني Dérive génétique:

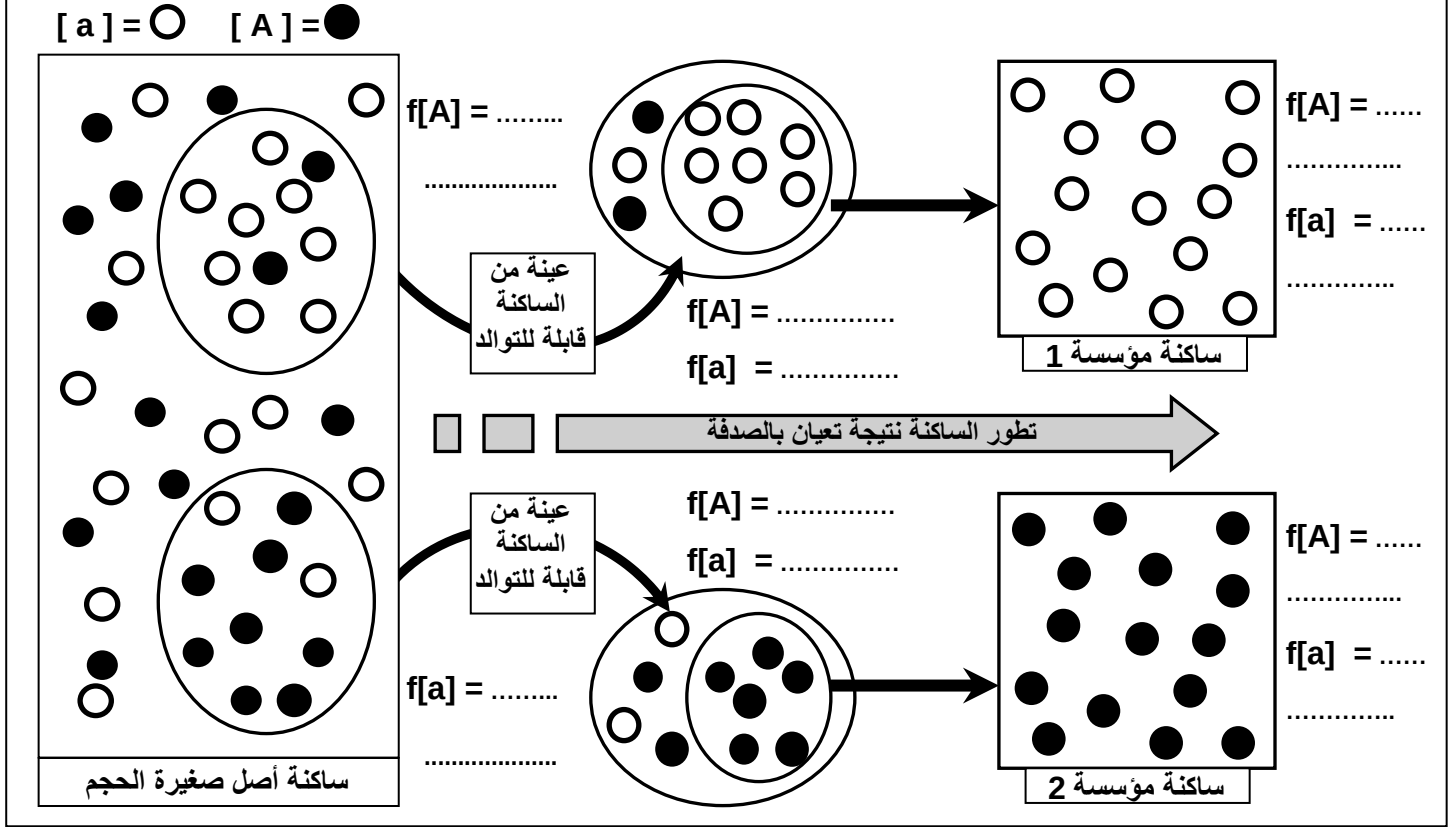
أ - مفهوم الانحراف الجيني. أنظر الوثيقة 27

الوثيقة 27: 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 ثم 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		
A	O	الفصيلة الدموية
45 %	تقارب 29 %	عند أفراد التجمع العقائدي
30 % - 40 %	تفوق 40 %	عند أغلب الساكنات الأوروبية والأمريكية

1) 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 نموذجاً تفسيريًا لهذه الظاهرة.

- (2) أحسب تردد مختلف المظاهر الخارجية في هذه الساكنات.
 (3) علق على معطيات هذه الوثيقة موضحا فيما تتجلى ظاهرة الانحراف الجيني.
 (4) 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 الأوروبية والأمريكية وبين أفراد التجمع العقائدي، حيث نجد عند هذا الأخير تردد الفصيلة الدموية O منخفض وتردد الفصيلة الدموية A مرتفع.

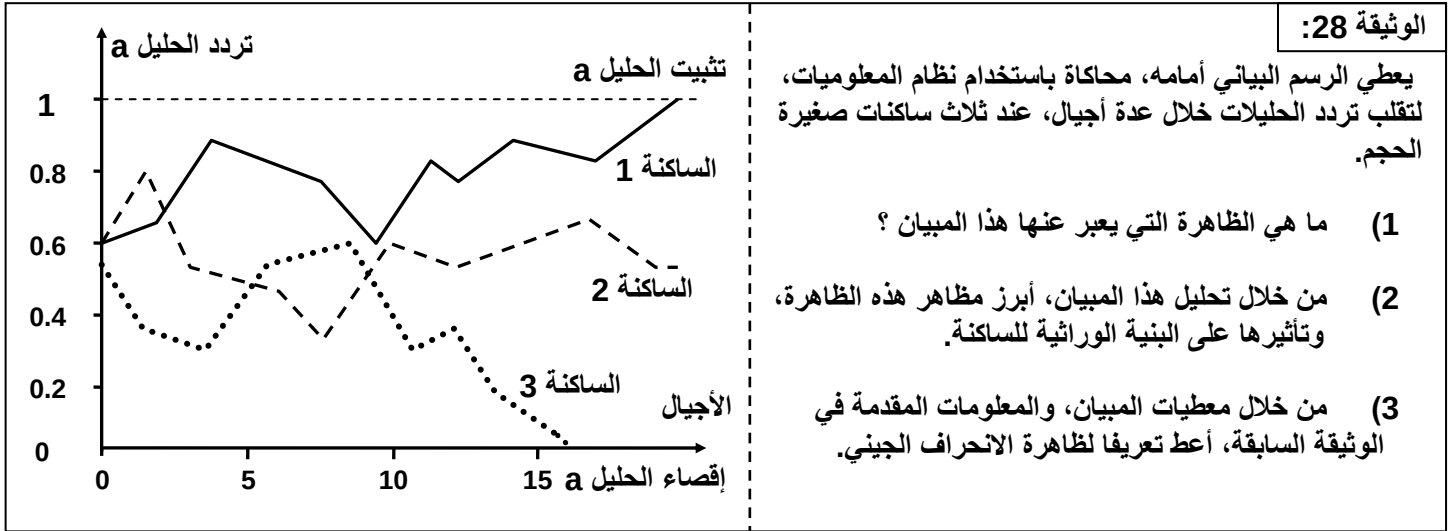
نستنتج من هذا أن بنية ساكنة Les huttérites تختلف عن بنية الساكنات الأوروبية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

(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 28.



(1) الانحراف الجيني

- (2) يتقلب تردد الحليل a في الساكنات الثلاث بشكل عشوائي بين 0 و 1 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 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 قادرين على التوالد، وعليه ستكون بعض الحليلات أكثر تمثيلية في الجيل الموالي.

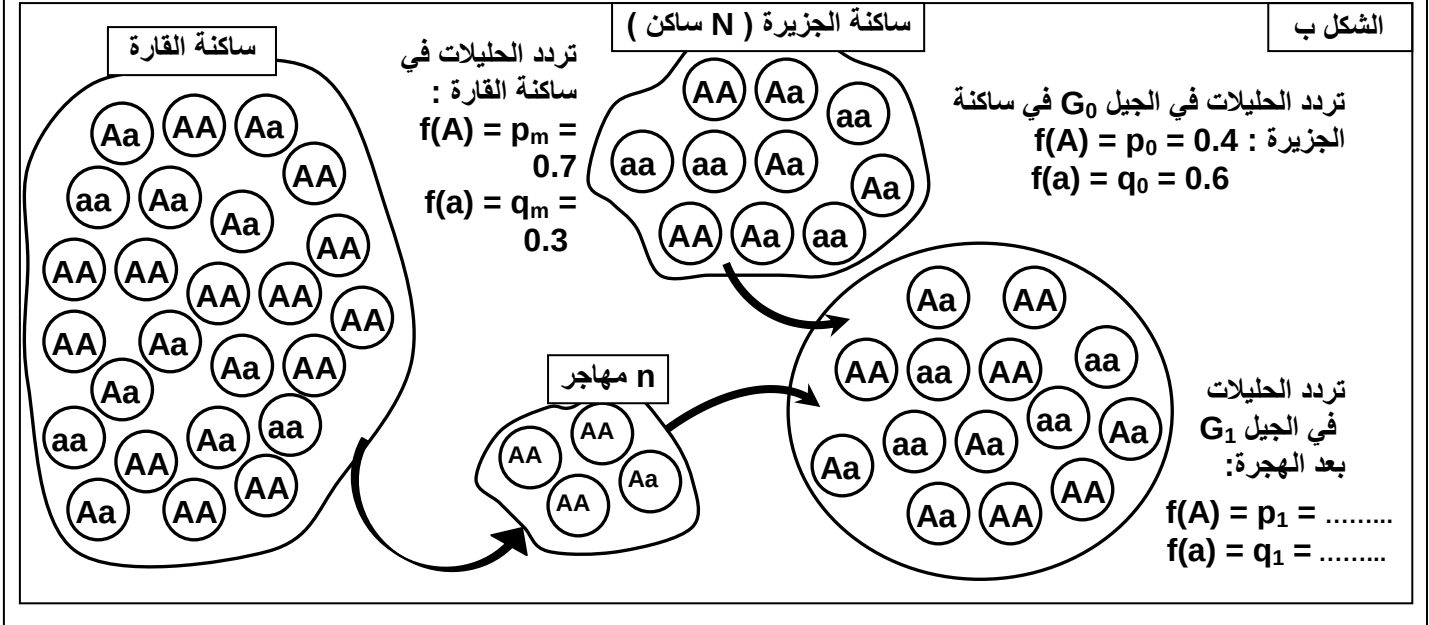
④ الهجرة La migration:

أ - حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle. أنظر الوثيقة 29

الوثيقة 29: الهجرة الأحادية الاتجاه
نظرا للتمييز العنصري الذي ظل سائدا في الولايات المتحدة الأمريكية فإن 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 تظل 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 المستقبلية في كل جيل، ويحسب بتطبيق المعادلة التالية $m = n / (N + n)$ N = عدد أفراد الساكنة المستقبلية، 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 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



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 $f(A) = p_1$

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

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

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

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

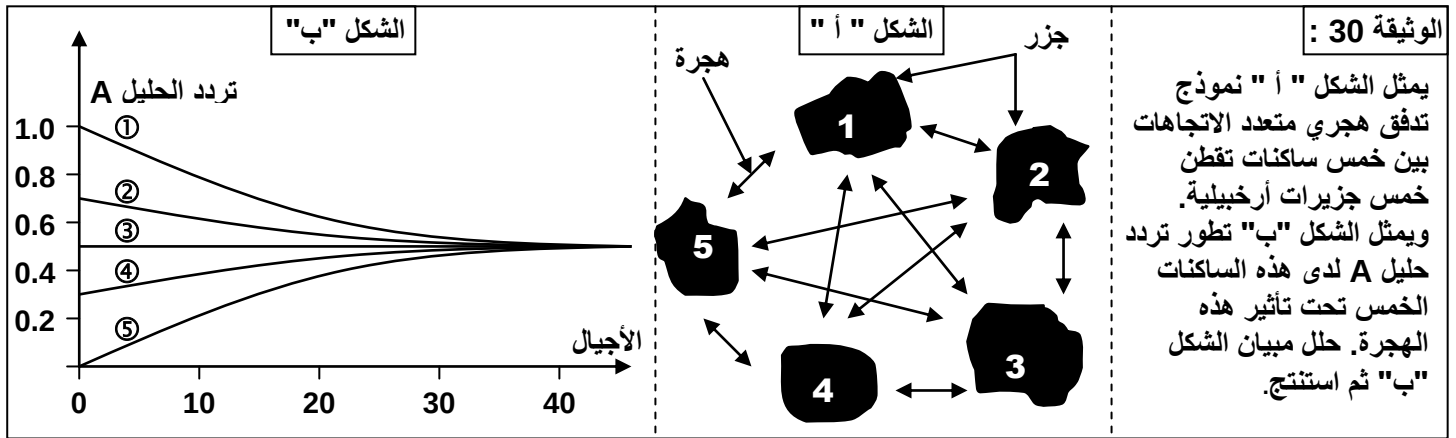
$$f(a) = q_1 = 0.52$$

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

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

(4) نفس 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 الخصائص الوراثية للساكنة السوداء دون تغير في التركيب الوراثي للساكنة 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 تتقلص الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجياً 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

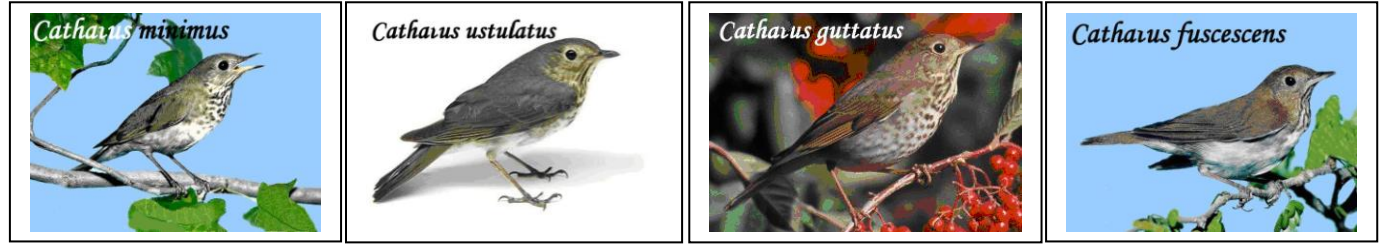
a - المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

يتمثل المعيار المورفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن هذا المعيار من تمييز نوع عن آخر ؟
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 تنتمي لنفس النوع.

مثال 3 : طائر السمنة يتضمن عدة أنواع متشابهة مرفولوجيا لكنها تختلف فيما بينها بمجموعة من المعايير المميزة لكل نوع كالمعايير السلوكية. أنظر 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	غناء أثناء الطيران

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 32

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.					
Emberiza hortulana  شرشور أرطلان			Emberiza citrinella  شرشور أصفر		
25	15	05	0	-5	درجة حرارة الوسط (°C)
05	07	09	10.5	11	كمية CO ₂ المطروح
4.5	06	07	07.5	08	ب (mg/mg)/h

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

الوثيقة 33:

السمندل Salamandre حيوان برماني،

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.

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 وتردد 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 زواجا حقيقيا، أو تكون قادرة على ذلك، والمعزولة جنسيا عن الساكنات الأخرى المشابهة لها. تجمع بين أفراد نفس النوع مجموعة من الخصائص المشتركة: مرفولوجية، شراحية، فزيولوجية، بيوكيميائية، ووراثية. ويعد الإخصاب المتبادل والخلف الخصيب الخاصيتين الأساسيتين المميزتين للنوع.