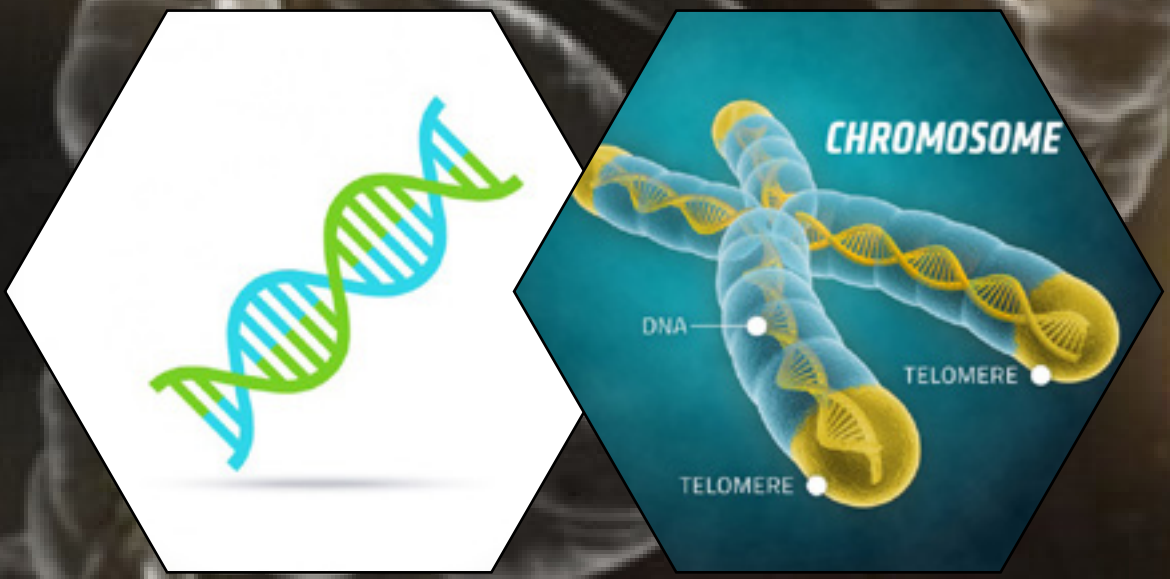
www.datasvt.com

بسم الله الرحمان الرحيم

دروس
علوم الحياة و الأرض



ثانية باكالوريا علوم رياضية

الدروس من إنجاز الأستاذ
يوسف الأندلسي

تصميم و نشر الأستاذ
صبير سوفيان

www.datasvt.com

الوحدة الأولى:

نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي
القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية
علم الوراثة البشرية

تتكاثر الكائنات الحية ضمانا لاستمرارية نوعها. ويتم هذا التكاثر عن طريق التوالد، الذي يمكن أن يكون جنسيا أو لا جنسيا.
عندما يتعلق الأمر بالتوالد الجنسي فانه توالد يستلزم تدخل خليتين جنسيتين، ذكرية وأنثوية.
يمكن التوالد الجنسي من نقل الخبر الوراثي من جيل لآخر، ويتميز بحدثين هامين:

- ✓ تشكل الأمشاج الذي يتجلى في إنتاج خلايا أحادية الصيغة الصبغية قادرة على الالتحام فيما بينها لاسترداد ثنائية الصيغة الصبغية.
- ✓ الإخصاب الذي يتجلى في التحام النواة الذكرية والنواة الأنثوية، فيؤدي إلى تشكل بيضة ثنائية الصيغة الصبغية.

- **كيف ينقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي عند ثنائيات الصيغة الصبغية؟**
- **أين تتجلى أهمية الانقسام الاختزالي و الإخصاب عند الكائنات الحية؟**
- **ما الذي يُسبب تنوع الخبر الوراثي من جيل لآخر عند أفراد نفس النوع؟**
- **ما القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية؟ وما تأويلها الصبغي؟**

www.datasvt.com

الفصل الأول:
نقل الخبر الوراثي عبر التوالد الجنسي

تمهيد : أنظر الوثيقة 1

الوثيقة 1: دور التوالد الجنسي في ثبات عدد الصبغيات عند نفس النوع.

★ خلال الانقسام غير المباشر، تنشطر الصبغيات و تنتقل من خلية إلى أخرى، ممايوحي بأنها تلعب دورا في انتقال البرنامج الوراثي عبر الخلايا. مكنت الأبحاث من تحديد عدد الصبغيات عند الكائنات الحية (أنظر الشكل أ).

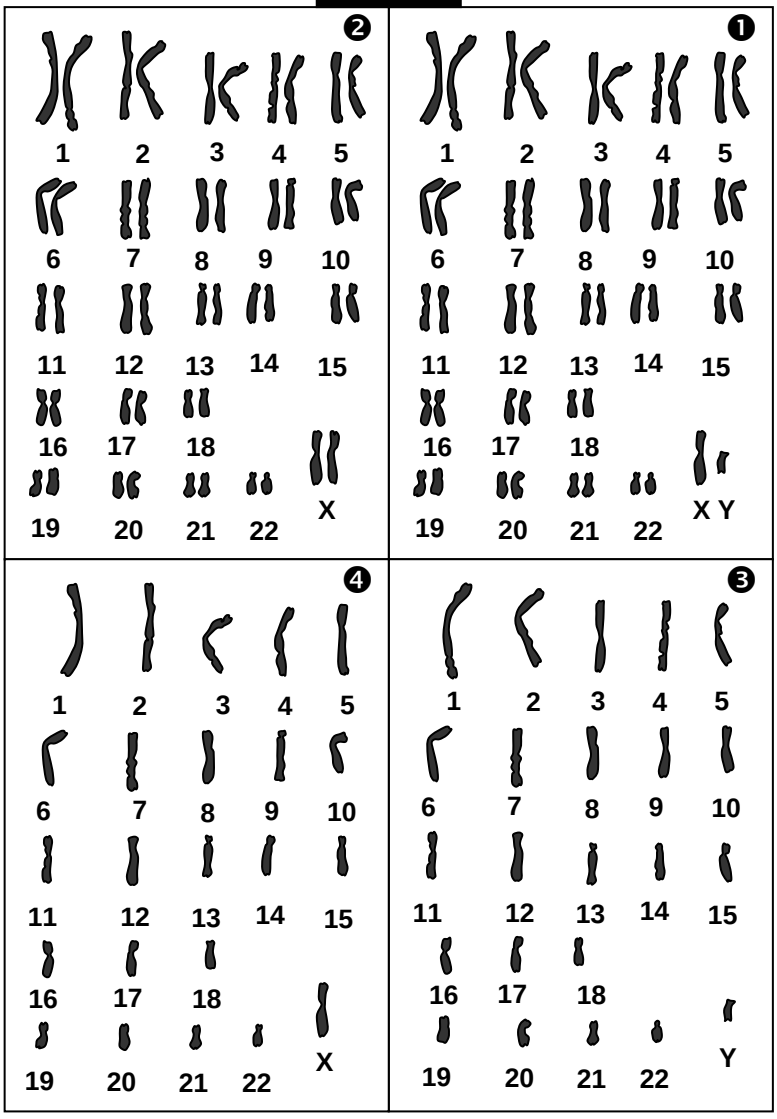
الشكل أ بعض الأنواع الثنائية الصيغة الصبغية

حيوانات		نباتات	
ذبابة الخل	08	البصل	16
الضفدعة	26	الخميرة	18
القط	38	الأسيتابولاريا	20
الفأر	40	الأرز	24
الإنسان	46	الفاصوليا	22
الحصان	64	التبغ	48
الدجاجة	78	البطاطس	48

بعض الأنواع الأحادية الصيغة الصبغية

فطر نوروسبورا	07
فطر صورداريا	07
فطر البينسيليوم	04
البكتيريا	01

الشكل ب



★ لإنجاز خريطة صبغية نعتمد التقنيات التالية:

⇦ نوقف الانقسام خلال الطور الاستوائي حيث تكون الصبغيات واضحة، وذلك بواسطة مادة السورنجين.

⇦ نفجر الخلية بوضعها في وسط ناقص التوتر فتتحرر الصبغيات.

⇦ نثبت الصبغيات بمواد خاصة مثل الكحول ثم نصورها، فنحصل على زينة صبغية.

⇦ نرتب هذه الصبغيات بالاعتماد على المعايير التالية:

- ✓ قدها (من الأكبر إلى الأصغر).
- ✓ موقع الجزيء المركزي (وسط، طرف)
- ✓ الأشرطة الملونة الفاتحة والداكنة.
- ✓ في حالة الخلايا الثنائية الصيغة الصبغية نرتب الصبغيات بالأزواج، حيث يضم كل زوج صبغيين متماثلين.

يعطي الشكل ب خرائط صبغية لخلايا الإنسان:

❶ = خلية جسدية عند الرجل.
❷ = خلية جسدية عند المرأة.
❸ = خلية جنسية ذكرية.
❹ = خلية جنسية عند الرجل وعند المرأة.

انطلاقا من هذه الوثائق، ماذا يمكنك استخلاصه من حيث دور التوالد الجنسي في ثبات عدد الصبغيات عند الكائنات الحية؟

www.datasvt.com

★ انطلاقا من تحليل معطيات الشكل أ من الوثيقة 1 يتبين أن:

⇦ عدد الصبغيات يختلف من كائن حي لآخر، لكنه يبقى ثابتا بالنسبة لجميع أفراد نفس النوع، وبالتالي فعدد الصبغيات (الصيغة الصبغية) يُميز جميع أفراد نوع معين من الكائنات الحية.
⇦ نعبر عن عدد الصبغيات في الخلية بالصيغة الصبغية = Formule chromosomique.
⇦ تضم خلايا بعض الكائنات الحية عددا زوجيا من الصبغيات، حيث أن لكل صبغي صبغي آخر مماثل له، نقول أن هذه الخلايا ثنائية الصيغة الصبغية = diploïde، فنرمز إلى الصيغة الصبغية ب 2n حيث يمثل n عدد الأزواج أي عدد الصبغيات المتماثلة. مثلا عند ذبابة الخل 2n = 8 ← n = 23، يعني
⇦ هناك كائنات أخرى أحادية الصيغة الصبغية = Haploïde مثلا البينيسيليوم: n = 4 يوجد 4 الصبغيات المختلفة.

★ انطلاقا من تحليل معطيات الشكل ب من الوثيقة 1 يتبين أن:

⇦ الإنسان يتوفر على 46 صبغي، وأن هذه الصبغيات تتواجد على شكل أزواج (2n = 46)، فنقول أن الإنسان ثنائي الصيغة الصبغية diploïde. عن ترتيب وتصنيف هذه الصبغيات حسب البنية وحسب تموضع الجزيء المركزي ننجز وثيقة تعرف بالخريطة الصبغية.
⇦ يلاحظ تشابه في أزواج الصبغيات من 1 إلى 22 عند كل من الرجل والمرأة، تسمى هذه الصبغيات، بالصبغيات الجسدية (اللا جنسية) les autosomes. (نرمز لها بالحرف A)، لكن في الزوج 23، هناك اختلاف حيث تتوفر المرأة على صبغيين متماثلين نرمز لهما ب X، بينما الرجل يتوفر على صبغيين مختلفين (نرمز لهما بـ X و Y) تسمى هذه الصبغيات، بالصبغيات الجنسية (Les chromosomes sexuels) لكونها تحدد جنس الأفراد.

✓ الصيغة الصبغية عند المرأة: 2n = 44 A + XX نكتب كذلك 2n = 22 AA + XX
✓ الصيغة الصبغية عند الرجل: 2n = 44 A + XY نكتب كذلك 2n = 22 AA + XY

★ تحتوي خلايا الكائن الحي الثنائي الصيغة الصبغية على 2n صبغي، هذا الأخير ينتج أمشاجا أحادية الصيغة الصبغية n، يلزم أن نسلم إذن أن الخلايا الأم للأمشاج والمتواجدة على مستوى المناسل، تخضع إلى اختزال صبغي. نسمي الظاهرة المسؤولة عن اختزال عدد الصبغيات إلى النصف بالانقسام الاختزالي la méiose،

- **فما ميزات الانقسام الاختزالي؟**
- **ما هي أهمية الانقسام الاختزالي والإخصاب؟ وما علاقتهما بانتقال الصفات الوراثية؟**

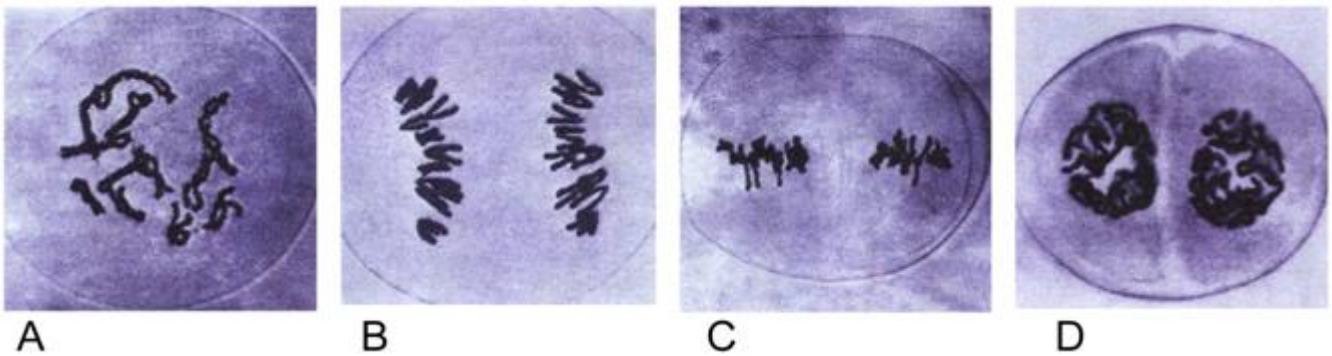
I – مراحل الانقسام الاختزالي La méiose

يمكن الانقسام الاختزالي من المرور من صيغة صبغية ثنائية إلى صيغة صبغية أحادية. نبحث من خلال الوثائق التالية عن آلية هذا الانقسام وعن علاقته بتطور كمية ADN، ثم دوره في تنوع الصفات الفردية.

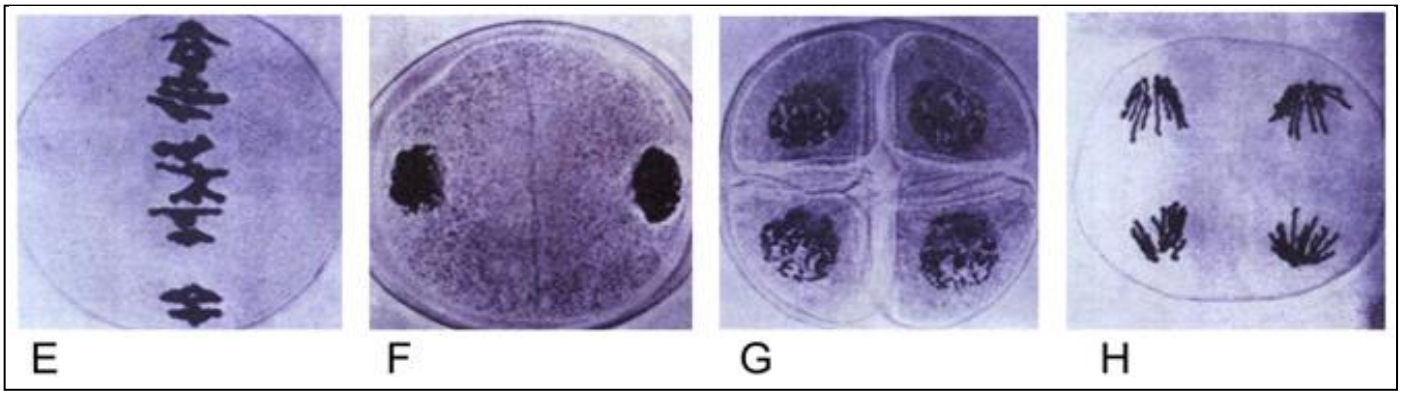
① ملاحظات مجهرية لمراحل الانقسام الاختزالي. أنظر الوثيقة 2.

الوثيقة 2: ملاحظات مجهرية لخلايا خلال الانقسام الاختزالي La méiose.

تعطي الصور أسفله ملاحظات مجهرية لخلية نبات أثناء الانقسام الاختزالي.
صف مظهر هذه الخلايا ثم أعط عنوانا مناسبا لكل صورة بعد ترتيبها ترتيبا زمنيا.



www.datasvt.com



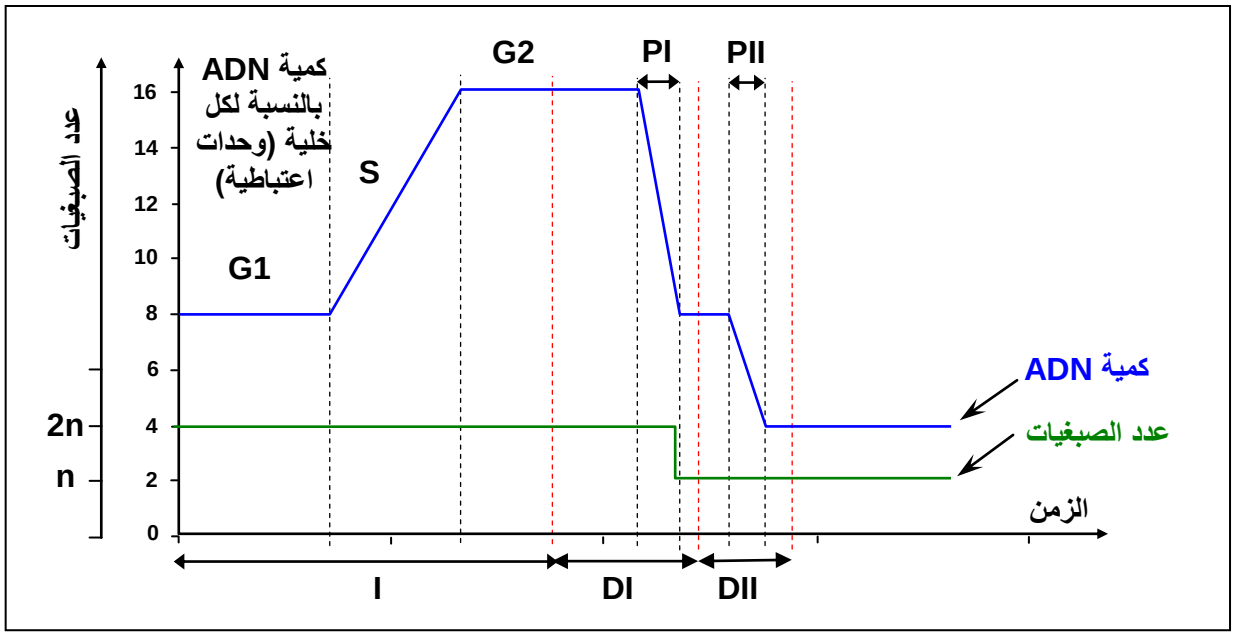
يتبين من هذه الملاحظة أن الانقسام الاختزالي يتم عبر انقسامين متتاليين، يتضمن كل واحد منهما المراحل المعتادة للانقسام غير المباشر.

الترتيب الزمني للصور: A = الطور التمهيدي I. B = الطور الانفصالي I. C = الطور الاستوائي II.
D = الطور التمهيدي II. E = الطور الاستوائي I. F = الطور النهائي I.
G = الطور النهائي II. H = الطور الانفصالي II.

② **تطور كمية ADN خلال الانقسام الاختزالي.** أنظر الوثيقة 3.

الوثيقة 3: تطور كمية ADN أثناء الانقسام الاختزالي.

لتأكيد التغيُّرات التي تتعرض لها الخلايا الأم للأمشاج خلال الانقسام الاختزالي، تم تتبع تغير كمية الـ ADN على مستوى إحدى هذه الخلايا، ويمثل المبيان أسفله، النتائج المحصل عليها. ماذا تستخلص من تحليل هذه الوثيقة؟



★ يسبق الانقسام الاختزالي مرحلة السكون (I) التي تعرف مضاعفة ADN في طور التركيب S من كمية q (8) إلى الكمية 2q (16).

★ خلال الانقسام المنصف (DI) تنفصل الصبغيات المتماثلة فتحصل كل خلية على كمية q من ADN. كما ينخفض عدد الصبغيات من 2n صبغي إلى n صبغي.

★ خلال الانقسام التعادلي (DII) تنفصل صبيغيات الصبغي الواحد فتحصل كل خلية على q/2 من كمية ADN. بينما يبقى عدد الصبغيات ثابت.

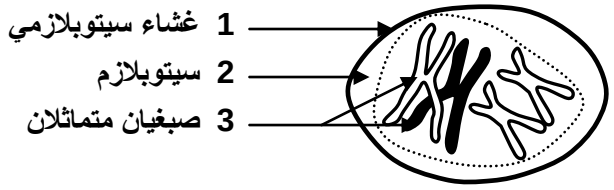
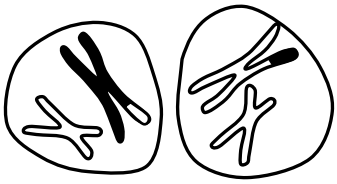
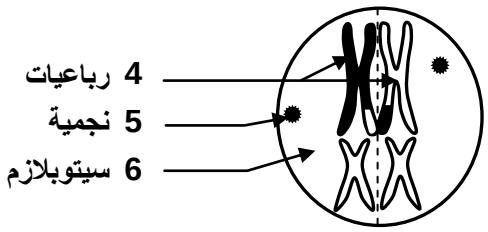
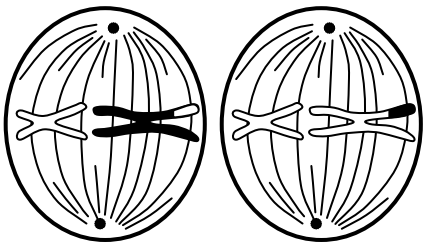
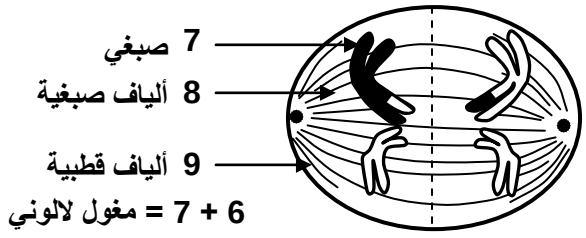
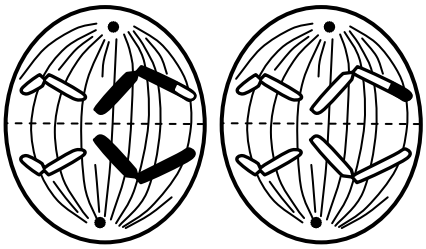
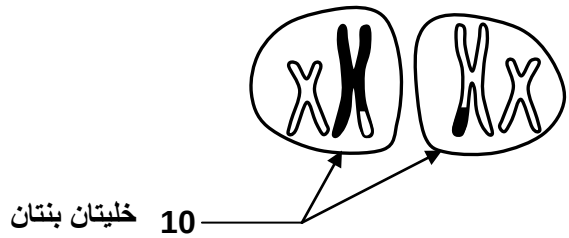
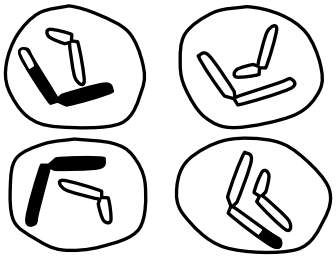
نستخلص من تحليل هذه الوثيقة أن الانقسام الاختزالي يمكننا من الحصول على خلايا أحادية الصيغة الصبغية انطلاقا من خلايا ثنائية الصيغة الصبغية، وهذه الظاهرة مهمة خلال تشكل الخلايا الجنسية التي يجب أن تكون أحادية الصيغة الصبغية.

www.datasvt.com

③ **مراحل الانقسام الاختزالي.** أنظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4 : رسوم تخطيطية تفسيرية لأطوار الانقسام الاختزالي .

حلل هذه الرسوم محددا مختلف أطوار الانقسام الاختزالي.

I = الانقسام الأول = الانقسام المنصف	**II =** الانقسام الثاني = الانقسام التعادلي
	
① الطور التمهيدي I يتميز بتكثيف الصبغيات، وباقتران الصبغيات المتماثلة ، مشكلة أزواجا تسمى الرباعيات. اختفاء الغشاء النووي والنويات	**⑤ الطور التمهيدي II** تبتدئ مباشرة بعد الطور النهائي I في كل خلية، تبقى الصبغيات منشطرة طوليا، و يظهر المغزل اللالوني في كل خلية.
	
② الطور الاستوائي I تتموضع الصبغيات المتماثلة في المستوى الاستوائي للخلية، تتكون النجميتين ويبدأ تشكل المغزل اللالوني.	**⑥ الطور الاستوائي II** بعد اكتمال تشكل المغزل اللالوني، تتموضع الصبغيات على مستوى وسط الخلية مشكلة صفيحة استوائية.
	
③ الطور الانفصالي I انفصال الصبغيات المتماثلة بعضها عن بعض، وهجرتها نحو القطب الخلوي القريب منها، كل صبغي مكون من صبيغيين.	**⑦ الطور الانفصالي II** انشطار الجزيء المركزي لكل صبغي بفعل تقلص خيوط المغزل اللالوني، فنحصل على صبغيات مُشكلة من صبيغي واحد، تهاجر في اتجاه قطبي الخلية.
	
④ الطور النهائي I تجمع الصبغيات المكنة من صبيغيين في كل قطب، ونحصل على خليتين بنتين أحاديتا الصيغة الصبغية.	**⑧ الطور النهائي II** تنقسم كل خلية مُشكلة خليتين، وبذلك نحصل علي أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية.

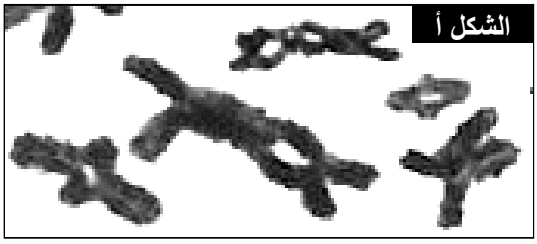
www.datasvt.com

أ – الانقسام المنصف :

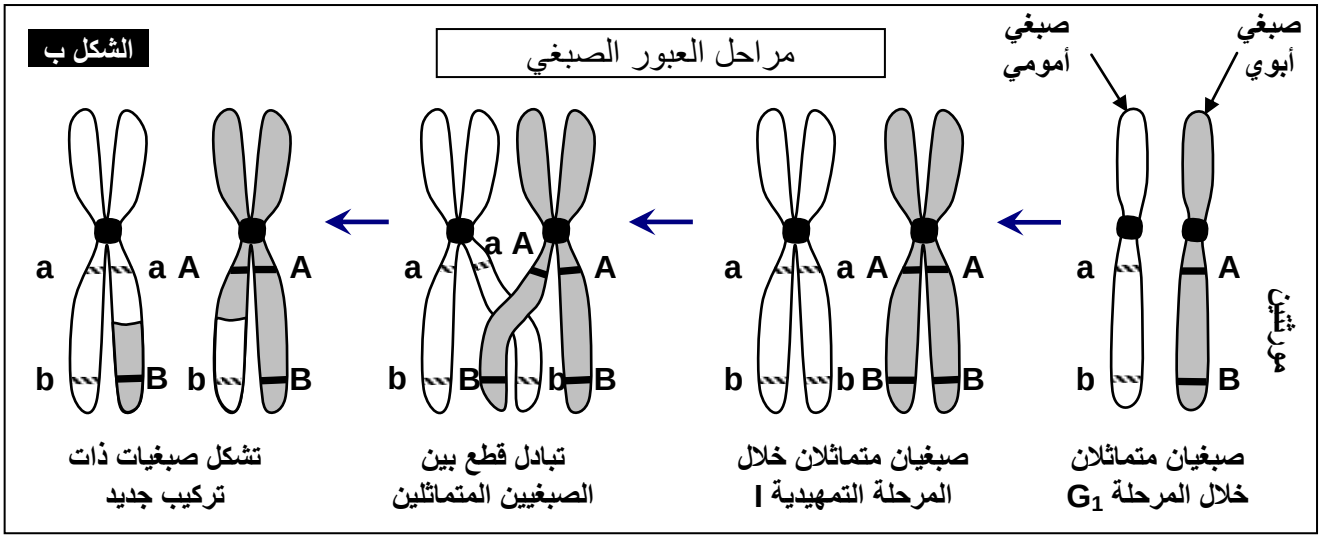
a – المرحلة التمهيدية I :

تتميز هذه المرحلة بتكثيف الصبغيات واقتران الصبغيات المتماثلة لتشكل أزواجا تسمى الرباعيات (تتشكل من صبغيين متماثلين كل صبغي مكون من صبيغيين)، اختفاء الغشاء النووي و النويات.
خلال هذه المرحلة تتقاطع صبيغيات الصبغيين المتماثلين، فيتم تبادل أجزاء فيما بينها أثناء تباعدهما، وتسمى هذه الظاهرة العبور Crossing-over. أنظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5 : دور ظاهرة العبور الصبغي Crossing over.



يعطي الشكل أ من الوثيقة صورة بالمجهر الالكتروني لصبغيات أثناء المرحلة التمهيدية I، والشكل ب رسم تفسيري لظاهرة تحدث خلال هذه المرحلة.
تعرف هذه الظاهرة وبين دورها في التأثير على الصفات الفردية.



تتجلى ظاهرة العبور الصبغي في تبادل قطع بين الصبغيات خلال الانقسام المنصف. وتلعب هذه الظاهرة دورا هاما في تنوع الأمشاج الناتجة عن الانقسام الاختزالي، حيث تساهم في تنوع التركيبات الوراثية بين مختلف الحليلات.

b – المرحلة الاستوائية I:

تتموضع الصبغيات المتماثلة في المستوى الاستوائي للخلية، تتكون النجيتين ويظهر بينهما المغزل اللالوني.

c – المرحلة الانفصالية I:

انفصال الصبغيات المتماثلة دون انقسام الجزيء المركزي، وهجرتها نحو القطب الخلوي القريب منها، وهكذا يتجمع في كل قطب من قطبي الخلية نصف الصيغة الصبغية، أي n صبغي كل واحد بصبيغيين.

d – المرحلة النهائية I:

يتجمع نصف عدد الصبغيات في كل قطب، يتلاشى المغزل اللالوني ويحدث انقسام السيتوبلازم للحصول على خليتين بنتين أحاديتا الصيغة الصبغية (n).

ب – الانقسام التعادلي :

a – المرحلة التمهيدية II:

قصيرة جدا تبتدئ مباشرة بعد النهائية I، تبقى الصبغيات منشطرة طوليا، و يظهر المغزل اللالوني في كل خلية.

b – المرحلة الاستوائية II:

تتموضع الصبغيات لكل خلية في المستوى الاستوائي مشكلة الصفيحة الاستوائية.

c – المرحلة الانفصالية II:

انشطار الجزيء المركزي لكل صبغي، وتنفصل صبيغيات كل صبغي فيمثل كل واحد منهما صبغي ، يهاجر نحو أحد قطبي الخلية.

www.datasvt.com

d – المرحلة النهائية II:

تتجمع الصبغيات في كل قطب و يزال تلولبها و يتشكل الغشاء النووي وتظهر النويات، ويختفي مغزل الانقسام، وينقسم السيتوبلازم لتتكون في النهاية أربع خلايا أحادية الصيغة الصبغية (n)، كل صبغي مكون من صبيغي واحد.

II – دور الانقسام الاختزالي والإخصاب في تخليط الحليلات.

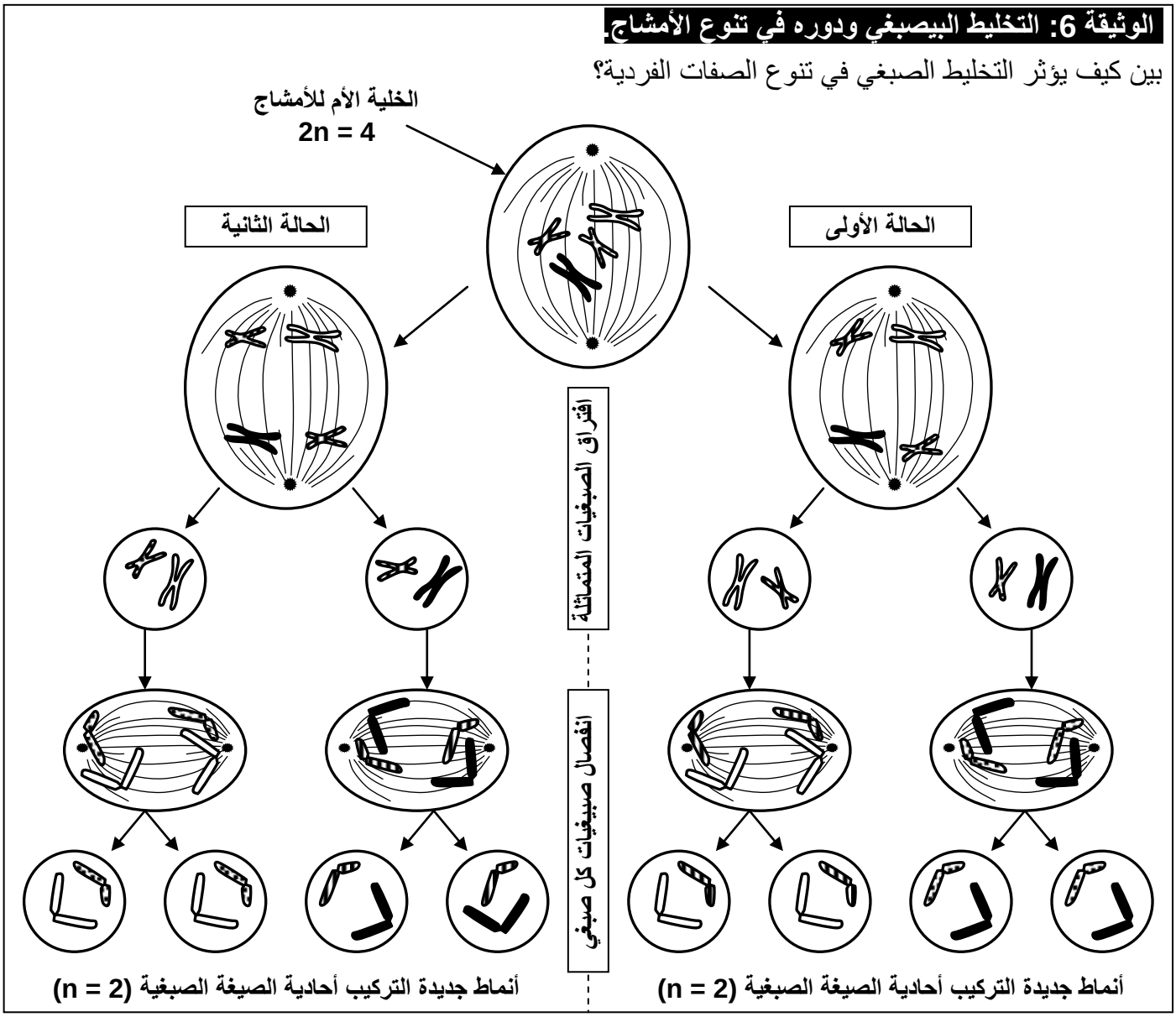
① – دور الانقسام الاختزالي:

يضمن الانقسام الاختزالي إنتاج خلايا أحادية الصيغة الصبغية انطلاقا من خلايا ثنائية الصيغة الصبغية، كما يضمن تخليط الحليلات وانتقال الصفات الوراثية من جيل إلى آخر، وذلك من خلال ظاهرتين مهمتين، وهما التخليط البيصبغي والتخليط الضمصبغي.

أ – التخليط البيصبغي Brassage interchromosomique: أنظر الوثيقة 6.

الوثيقة 6: التخليط البيصبغي ودوره في تنوع الأمشاج.

بين كيف يؤثر التخليط الصبغي في تنوع الصفات الفردية؟



يتبين من معطيات الوثيقة أن مجموع التركيبات الجديدة المختلفة للأمشاج يساوي 4، وهذا راجع إلى الهجرة العشوائية للصبغيات أثناء الطور الانفصالي I، حيث أن هناك احتمالين لتموضع كل صبغي، مما يرفع عدد التركيبات التركيبات الجديدة الممكنة. باستعمال الصيغة 2^n، وبما أن لدينا فقط زوجين من الصبغيات (2n=4)، فإن عدد التركيبات الجديدة هو: 2^2 يعني 4، وهو نفس العدد المحصل عليه في المثال أعلاه.

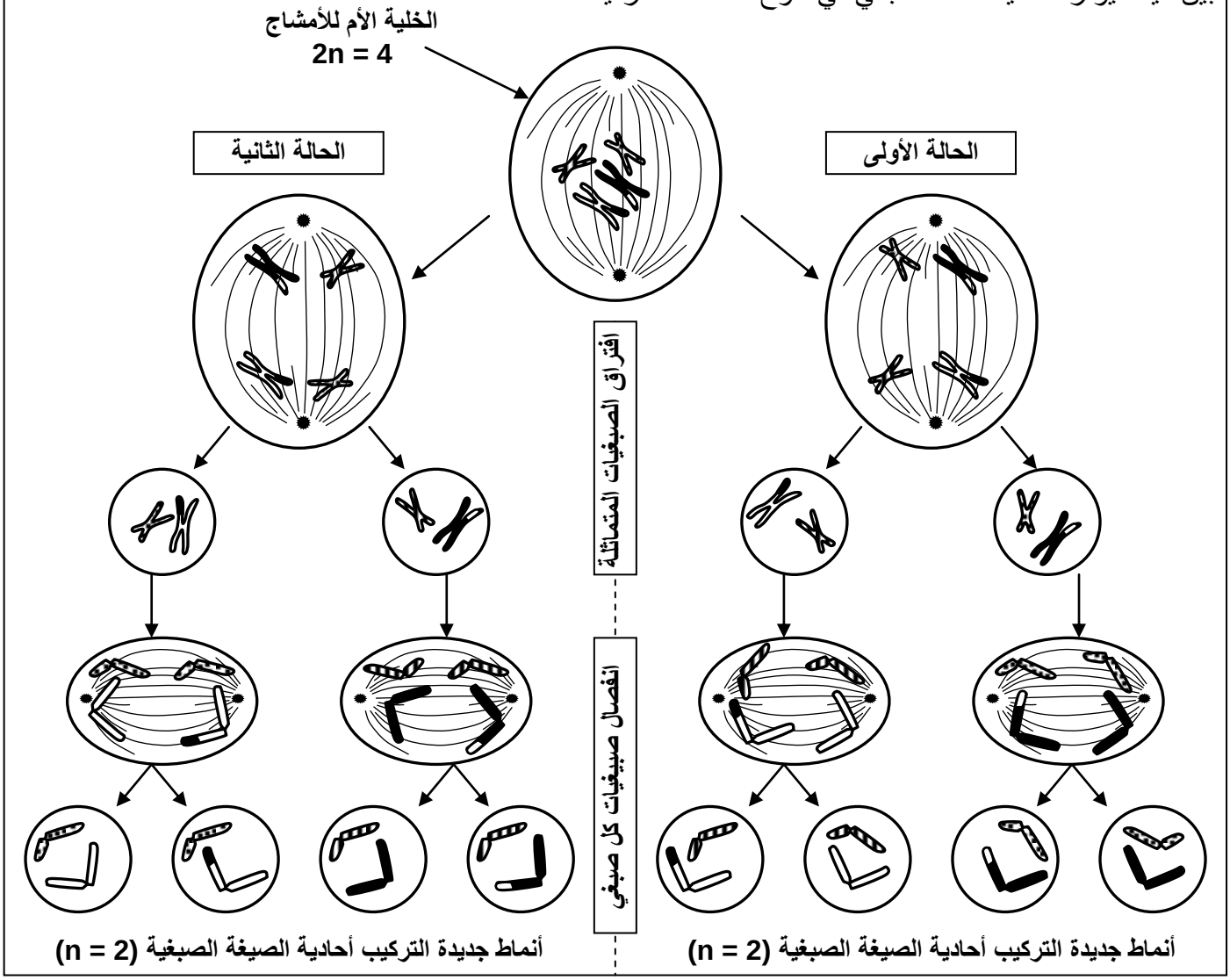
مثلا يتوفر الإنسان على 23 زوجا من الصبغيات، وبالتالي سيكون عدد التركيبات الجديدة المختلفة للأمشاج هو: 2^{23} أي 8388608 مشيج مختلف، وهو عدد كبير جدا على الرغم من عدم الأخذ بعين الاعتبار ظاهرة التخليط الضمصبغي، والتي ترفع كثيرا من هذا العدد.

www.datasvt.com

ب – التخليط الضمصبغي Brassage intrachromosomique: أنظر الوثيقة 7.

الوثيقة 7: التخليط الضمصبغي ودوره في تنوع الأمشاج Le brassage intrachromosomique.

بين كيف يؤثر التخليط الضمصبغي في تنوع الصفات الفردية؟



في نهاية الطور التمهيدي I يمكن تبادل قطع من الصبغيات المتماثلة، إنها ظاهرة العبور الصبغي، التي تلعب دورا هاما في تنوع الأمشاج الناتجة عن الانقسام الاختزالي، حيث تساهم في تنوع التركيباتالوراثية بين مختلف الحليلات، نتكلم إذن عن التخليط الضمصبغي.

② – دور الإخصاب:

بعد تشكل الأمشاج، وفي حالة حدوث تزاوج، تلتقي الأمشاج الذكريةبالأمشاج الأنثوية، مما يؤدي إلي تكون خلية تسمى البيضة، تدعى هذه الظاهرة بالإخصاب، وتلعب دورا هاما في تنوع الأفراد مثلها مثل ظاهرة الانقسام الاختزالي

تختلف معظم الحليلات المتواجدة في المشيج الذكري عن الحليلات المتواجدة في المشيج الأنثوي، مما يفسر التنوع الهائل في أصناف البيضات المحصل عليها بعد الإخصاب.

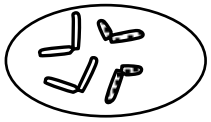
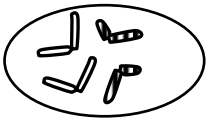
نأخذ مثلا خلية أم للأمشاج ذات صيغة صبغية 2n = 4، أي أن المورثات عند هذه الخلية محمولة على زوجين من الصبغيات المتماثلة. يؤدي الانقسام الاختزالي إلى تشكل أمشاج مختلفة وراثيا، وعددها أربعة أمشاج ممكنة لدى كل أب، في حالة عدم حدوث التخليط الضمصبغي (أنظر الوثيقة 6).

تعطي الوثيقة 8 مختلف البيضات الناتجة عن الإخصاب في هذه الحالة.

www.datasvt.com

الوثيقة 8: دور الإخصاب في تخليط الحليلات (تخليط بيصبغي).

يمثل الجدول أسفله احتمالات البيضات الممكن الحصول عليها بالنسبة لخلية أم للأمشاج ذات صيغة صبغية 2n=4. انطلاقا من هذه المعطيات أبرز دور الإخصاب في تخليط الحليلات.

الأمشاج الذكرية / الأمشاج الأنثوية				
				
				

- عند الأب لدينا 4 احتمالات أمشاج مختلفة، وعند الأم لدينا كذلك 4 احتمالات أمشاج مختلفة، مما يجعل عدد البيضات المختلفة الممكنة يساوي (4x4) أي 16 بيضة.
- لحساب عدد البيضات الممكن تشكلها عند الإنسان، نحدد أولا عدد الأمشاج المختلفة الممكن تشكلها عند الأبوين وهو 2^{23} بالنسبة لكل أب. وهكذا فعدد البيضات الممكنة هو: ($2^{23}x2^{23}$) أي 2^{46} أي (7.10^{13})، وهو عدد هائل، دون الأخذ بعين الاعتبار حدوث ظاهرة العبور الصبغي.

يتبين إذن أن الإخصاب يزيد من التنوع الوراثي للبيضات، بفعل الالتقاء العشوائي للأمشاج، الشيء الذي يعطي أفرادا بصفات مختلفة. وهكذا فان الإخصاب يعمق التخليط البيصبغي. كما أن الإخصاب يساهم في استرداد حالة ثنائية الصيغة الصبغية (2n) أثناء تشكل البيضة، نتيجة اندماج مشيجين بـ (n) صبغي لكل واحد.

www.datasvt.com

الفصل الثاني:
القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية
عند ثنائيات الصيغة الصبغية

تمهيد :

تعتبر الكائنات الثنائية الصيغة الصبغة نتيجة إخصاب لخلايا جنسية أحادية الصيغة الصبغية، الشيء الذي يعطي بيضة ثنائية الصيغة الصبغية تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة وبذلك توجد كل مورثة على شكل زوج من حليلين.ولفهم الآليات التي تتحكم في انتقال هذه الحليلات عبر أجيال هذه الكائنات، قام العلماء بمجموعة من الأبحاث والتجارب. وشكلت أعمال العالم ماندل Gregor Mendel، الدراسات الأولية التي مكنت من وضع قوانين إحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند ثنائيات الصيغة الصبغية.
بعد العالم Mendel، ساهم علماء آخرون، من بينهم العالم Thomas Hunt Morgan، في فهم أكثر دقة للكيفية التي تنتقل خلالها الصفات الوراثية عبر الأجيال.

- **ما هي نتائج أعمال ماندل Mendel؟ وما تأويلها الصبغي؟**
- **ما هي القوانين الإحصائية المتحكمة في انتقال الحليلات عبر الأجيال؟**

I – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة السيادة التامة: الهجونة الثنائية.

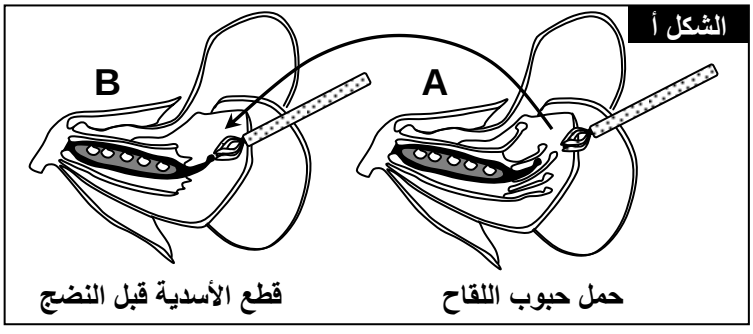
① تجارب Mendel وتأويلها الصبغي:

أ - تجارب Mendel. أنظر الوثيقة 1.

الوثيقة 1: تجارب ماندل Mendel.

JOHANN GREGOR MENDEL

★ اختار Mendel لهذه الدراسة نبات الجلبانة الذي يظهر صفات متعارضة (بذور صفراء أو خضراء، أزهار بيضاء أو بنفسجية، بذور ملساء أو متجعدة) فقام بزرع سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة، تتميز السلالة الأولى ببذور ملساء Graines lisses والسلالة الثانية ببذور متجعدة (Graines ridées). ولضمان الإخصاب المتبادل بين هاتين السلالتين منع Mendel الإخصاب الذاتي الذي يتم بصورة طبيعية قبل تفتح أزهار الجلبانة وذلك بقطع الأسدية Les étamines قبل نضجها في مستوى الأزهار المستقبلة لحبوب اللقاح من أزهار أخرى (أنظر الشكل أ).
نتج عن هذا التزاوج تشكل بذور كلها ملساء تكون الجيل الأول الذي سوف نرمز له بـ F_1.



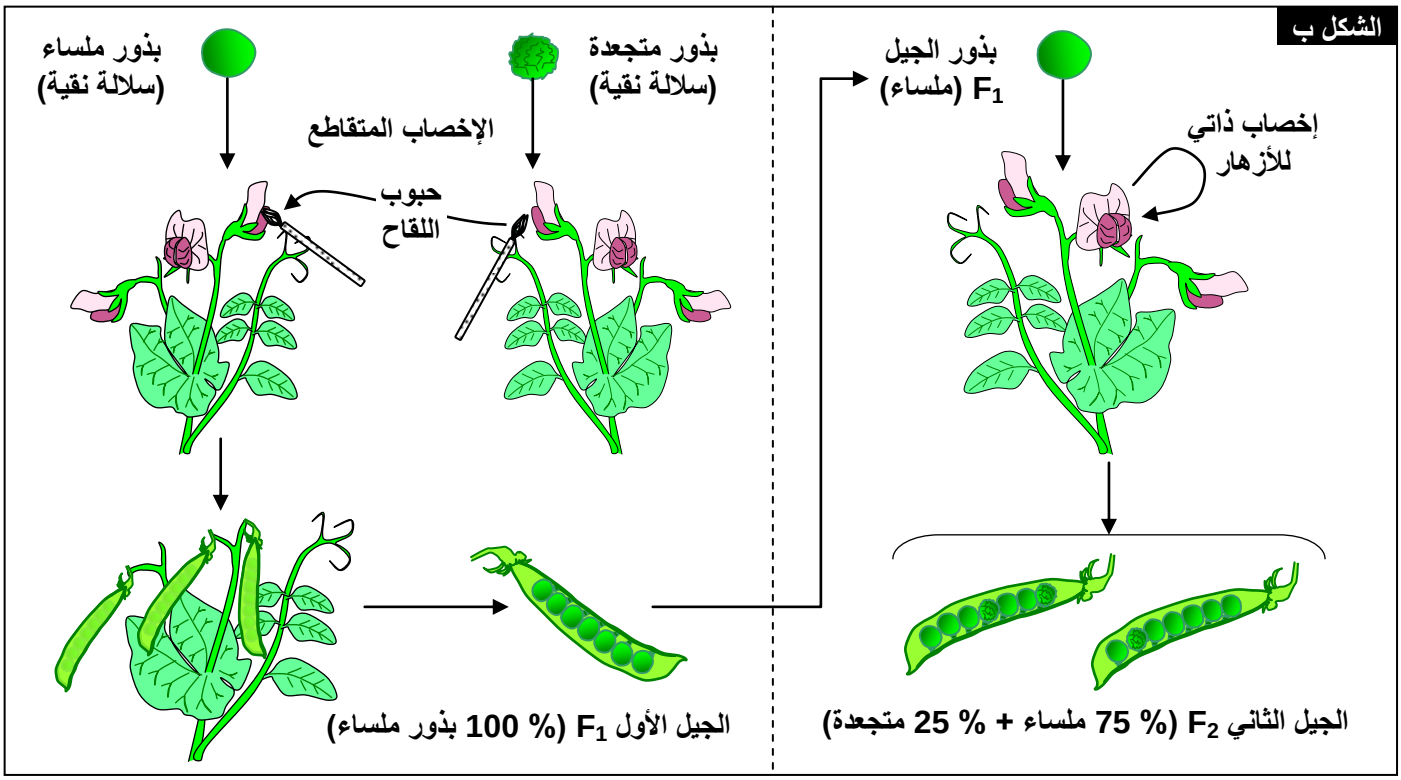
★ قام Mendel بإحداث تزاوج بين أفراد الجيل الأول (F_1XF_1) بنفس الطريقة السابقة فحصل على الجيل الثاني F_2 مكون من 75 % من بذور ملساء، و25 % من بذور متجعدة. (أنظر الشكل ب).
قام Mendel بعد ذلك بزرع بذور الجيل F_2 تاركا أزهارها تلقح ذاتيا.

حصل ماندل على النتائج التالية:

- ✓ البذور المتجعدة F_2 تعطي 100 % من البذور المتجعدة.
- ✓ 25 % من البذور الملساء أفراد الجيل F_2 تعطي 100 % من البذور الملساء.
- ✓ 50 % من البذور الملساء أفراد الجيل F_2 يعطون 75 % من البذور الملساء و25 % من البذور المتجعدة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج تجربة ماندل؟
2) أعط التأويل الصبغي لنتائج تجربة ماندل، آخذا بعين الاعتبار معطيات جدول الوثيقة2 حول الترميز.

www.datasvt.com



الوثيقة 2: معطيات حول الترميز.

⇦ نرمز للمظهر الخارجي لفرد ما بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية للصفة المدروسة. ويكتب هذا الحرف بين معقوفتين وبكتابة كبيرة Majuscule عندما تكون الصفة سائدة Dominante، وبكتابة صغيرة Minuscule عندما تكون الصفة متنحية Récessif.

مثال : بذور ملساء [L] ، بذور متجعدة [r] .

⇦ نرمز للحليلات المسئولة عن صفة ما كما هو الشأن بالنسبة للمظهر الخارجي بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية لهذه الصفة.

⇦ نرمز للنمط الو راثي بالشكل التالي: L//L حيث يمثل الخطآن الزوج الصبغي الذي يحمل الحليلين كما نرمز لكل حليل بحرفه.
مثال: النمط الو راثي للبذور المتجعدة هو : r//r والنمط الو راثي للبذور الملساء هو إما L//L أو L// r.

⇦ تعريف **بعض المفاهيم :**

- ✓ السلالة النقية: تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة من جيل إلى آخر دون تغيير.
- ✓ السلالة المتوحشة: السلالة ذات الصفة المرجعية الأكثر حضورا في الطبيعة.
- ✓ التهجين: تزاوج طبيعي أو اصطناعي بين حيوانات أو نباتات من أنواع أو سلالات مختلفة، ينتج عنه أفراد هجناء.
- ✓ المظهر الخارجي: هو الشكل الظاهر أو المعبر عنه لصفة معينة.
- ✓ النمط الوراثي: حليلات المورثة المتحكمة في الصفة المدروسة، وعند ثنائيات الصيغة الصبغية تكون كل مورثة ممثلة بحليلين، حليل على كل صبغي من الصبغيات المتماثلة. وهكذا يكون الفرد إما متشابه الاقتران عندما يكون الحليلان متشابهان، أو مختلف الاقتران، عندما يكون الحليلان مختلفان.

ب – تحليل نتائج تجارب Mendel.

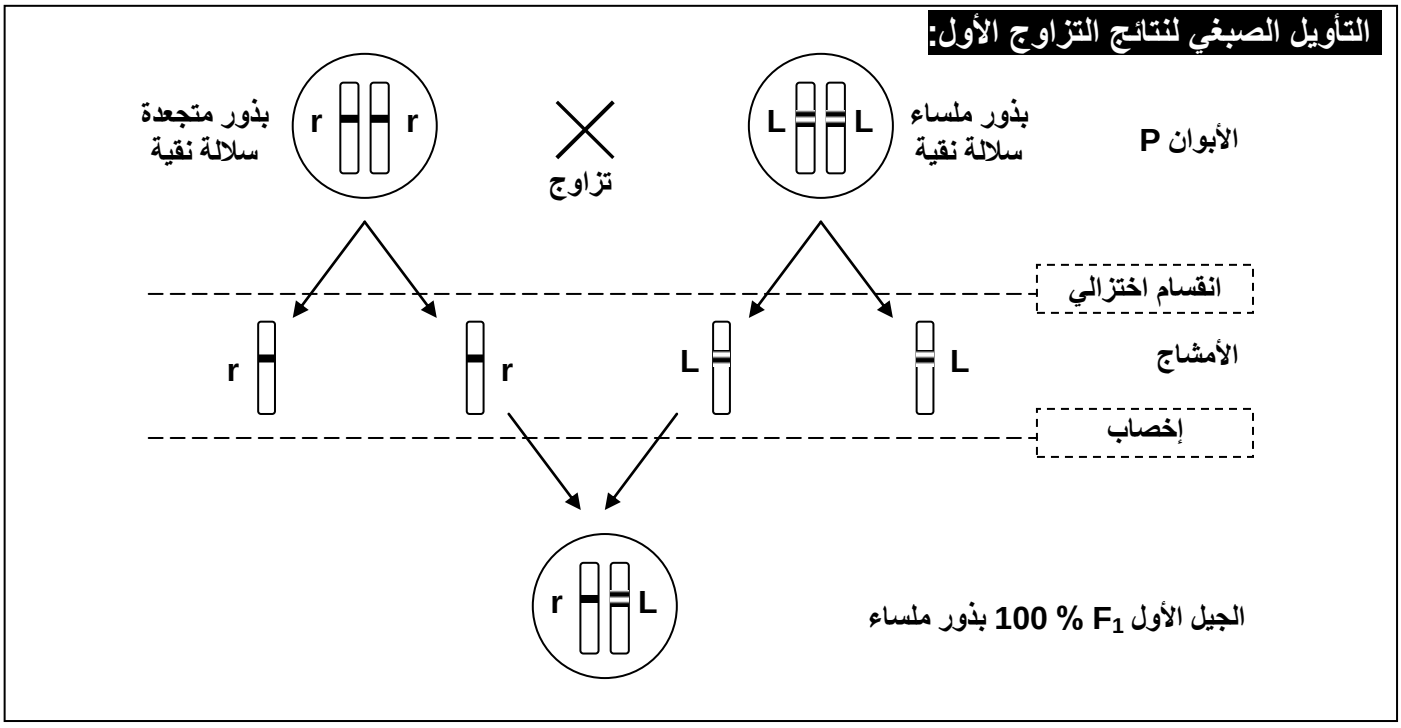
1) نتج عن تزاوج نبتتين من سلالة نقية، لإحداهما بذور ملساء والأخرى بذور متجعدة (جيل الآباء P)، جيل أول F_1 يتكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجعد. نعلم أن الأبوين من سلالة نقية، إذن سيكونان متشابها الاقتران، حيث ستكون النبتة ذات البذور الملساء، حاملة لحليلي الشكل الأملس، بينما النبتة ذات البذور المتجعدة، ستكون حاملة لحليلي الشكل متجعد. أما النبتات الناتجة عن هذا

www.datasvt.com

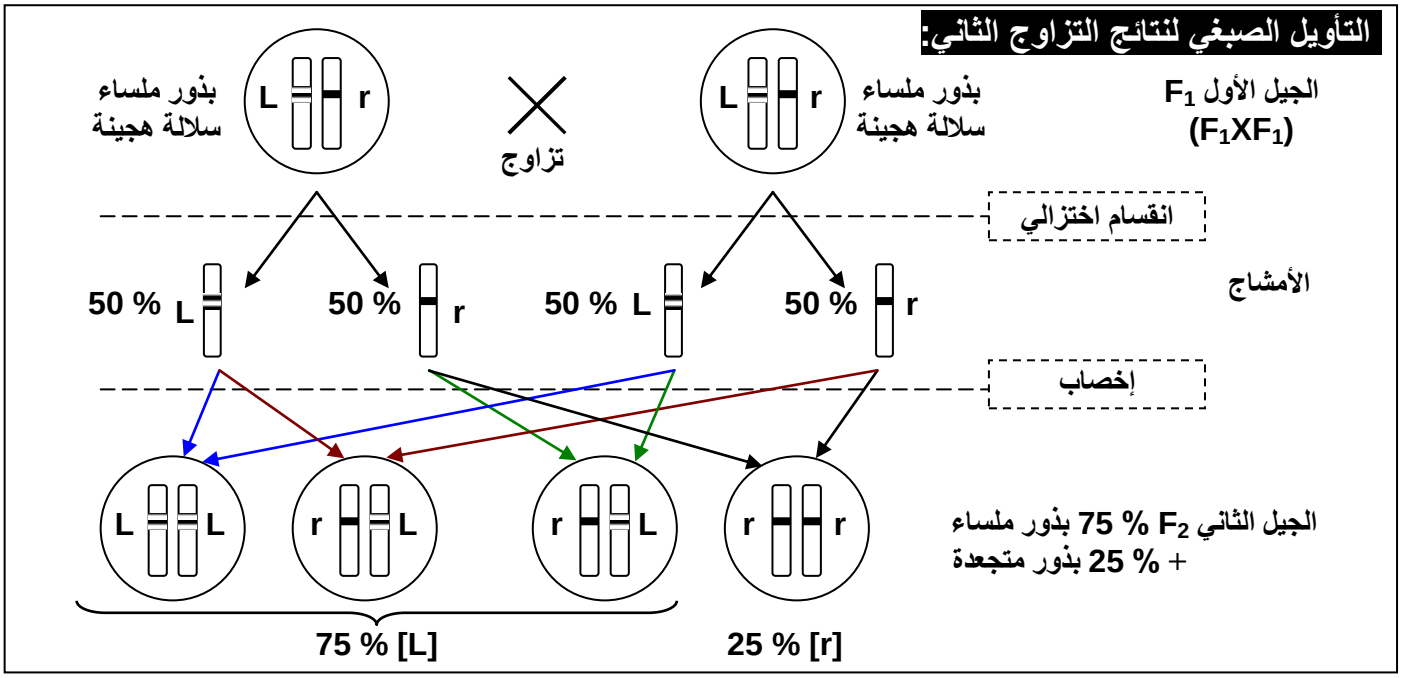
التزاوج، ورغم إبدائها للمظهر بذور ملساء، إلا أنها حاملة لحليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، أي أنها مختلفة الاقتران بالنسبة لهذه الصفة، فنقول أنها هجينة. ورغم أن بذور نبتات الجلبانة للجيل F_1 تتوفر على حليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، إلا أنها تبرز الشكل أملس فقط. نستنتج إذن، أنه يتم فقط تعبير أحد الحليلين إلى مظهر خارجي، نقول أن حليل الشكل أملس سائد على حليل الشكل متجعد Dominant، وبالتالي هذا الأخير هو حليل متنحي Récessif .

2) لدينا حليل مسؤول عن الشكل أملس Lisse سائد، وحليل مسؤول عن الشكل متجعد Ridé متنحي، إذن سنرمز لأملس بالحرف L، وللمتجعد بالحرف r. وهكذا نفسر التزاوجات كما يلي:

★ يعطي التزاوج الأول بين الآباء P، الجيل الأول F_1 مكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجعد.



★ عند التزاوج الثاني (F_1 X F_1)، يظهر جيل ثاني F_2، مكون من أفراد غير متجانسين (25 % متجعدة + 75 % ملساء). هذا يعني أن أفراد الجيل الأول F_1 كانت تحمل الشكل متجعد ولكنه لم يظهر إلا في الجيل الثاني F_2. يعني أن الفرد الهجين F_1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين.



www.datasvt.com

ج – استنتاجات.

★ إن الفرد الهجين F_1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين. وهكذا فالمظهر الخارجي لهجناء F_1 الذي يشبه أحد الأبوين هو سائد، وبالمقابل فالمظهر الثاني الذي بقي مستترا في هذا الجيل وظهر في الجيل الثاني F_2، هو مظهر متنحي. من كل ما سبق استنتج القانون الأول لماندل:

نسمي هذا القانون قانون تجانس الهجناء:

في حالة تزاوج سلالتين نقيتين تختلفان بصفة واحدة، نحصل في الجيل الأول F_1 على أفراد متجانسة ذات صفة الأب السائدة.

★ تفسر النتائج المحصل عليها في الجيل الثاني F2 بافتراض أن العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين يفترقان أثناء تشكل أمشاج النبات الهجين (كل مشيج يحمل فقط أحد هذين العاملين) ويلتقيان بالصدفة أثناء الإخصاب. ومن ذلك استنتج القانون الثاني لماندل:

نسمي هذا القانون قانون نقاوة الأمشاج:

أثناء تشكل الأمشاج يفترق العاملان الوراثيان اللذان يحملان الصفتين المتعارضتين، فيحتوي كل مشيج على أحد حليلي المورثة، ادن هو نقي.

② انتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

أ – معطيات تجريبية. أنظر الوثيقة 3.

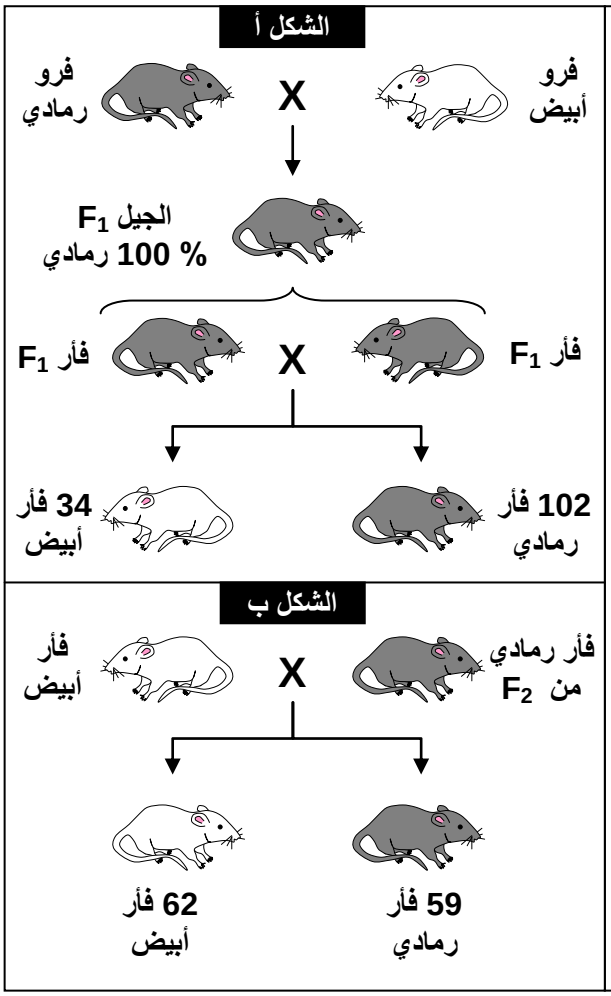
الوثيقة 3: دراسة تجريبية لانتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

عند ظهور نتائج Mendel (1866)، حاول هذا الباحث تطبيق مبادئه على الحيوانات، فدرس انتقال صفة لون الفرو عند الفئران. لدينا سلالتين نقيتين من الفئران تختلفان بلون الفرو، أحدهما ذو فرو أبيض والثاني ذو فرو رمادي. يعطي التزاوج بين فئران إحداها رمادية والأخرى بيضاء (سلالة الآباء P)، خلفا متجانسا مكون فقط من فئران رمادية اللون (الجيل الأول F_1).
نقوم بتزاوج أفراد F_1 مع بعضها فنحصل على الجيل الثاني F_2 يتكون من فئران رمادية وفئران بيضاء (أنظر الشكل أ).

1) حدد نمط التزاوج المنجز.
2) عرف السلالة النقية.
3) حلل النتائج المحصل عليها في F_1 وفي F_2.
4) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في كل من F_1 وF_2.

من أجل التأكد من نقاوة سلالة الفئران ذات اللون الرمادي في الجيل الثاني F_2، نقوم بإجراء تزاوج بين فرد رمادي من F_2 وفرد آخر أبيض، فنحصل على خلف يضم فئران رمادية وفئران بيضاء كما هو ممثل على الشكل ب.

5) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج؟ ماذا تستنتج من تحليل نتيجة هذا التزاوج؟



ب – تحليل نتائج التزاوجات.

1) لقد تم التزاوج بين أفراد من نفس النوع، ينتمون لسلالتين نقيتين، تختلفان في صفة واحدة. ادن نمط التزاوج هو عبارة عن هجونة أحادية.

www.datasvt.com

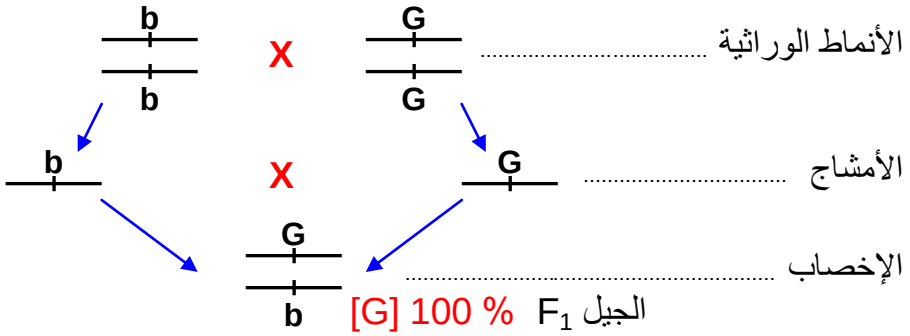
2) تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة إلى الخلف بدون تغير عبر أجيال متعددة. ونفسرها بوجود حليلين متشابهين بالنسبة للمورثة المرتبطة بتلك الصفة.

3) إن جميع أفراد الجيل F_1 متجانسون فيما بينهم، ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي اللون الرمادي. اعتمادا على القانون الأول لـ Mendel نستنتج أن صفة اللون رمادي صفة سائدة، بينما الصفة لون أبيض صفة متنحية. نلاحظ كذلك أن الصفة أبيض ظهرت لدى أفراد الجيل F_2، ولم تكن تظهر عند الجيل F_1، نستنتج أن أفراد الجيل F_1 يحملون الحليل المسؤول عن الصفة أبيض، ولا يظهر عندهم لكونه حليل متنحي

4) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:

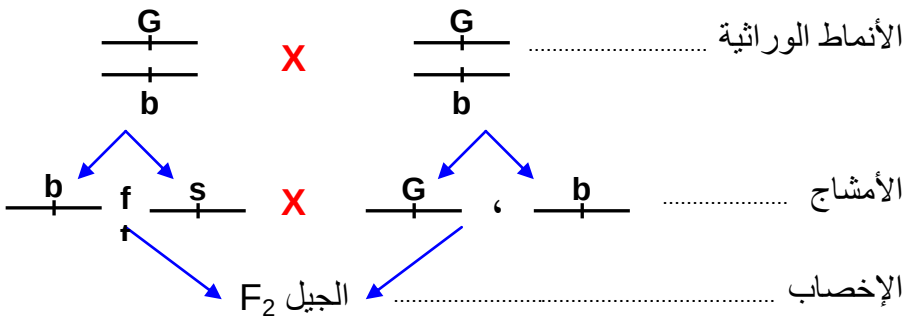
بما أن رمادي سائد سنرمز له ب G، وأبيض متنحي سنرمز له ب b.

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P:** المظاهر الخارجية لـ P ..... : [G] X [b]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي G//b، وبما أن الحليل G سائد على الحليل b، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [G].

★ **التزاوج الثاني: F1 X F1.** المظاهر الخارجية لـ F_1 ..... : [G] X [G]



في F_2 يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في جدول ذي مدخلين، يسمى شبكة التزاوج L'échiquier de croisement. حيث يكتب في المدخل العمودي، مختلف أصناف الأمشاج الأنثوية ونسبها، وفي المدخل الأفقي، مختلف أصناف الأمشاج الذكرية ونسبها.

شبكة التزاوج

♂ / ♀	G 50%	b 50%
G 50%	G//G 25%	G//b 25%
b 50%	G//b 25%	b//b 25%

يتكون الجيل الثاني F_2 من :

★المظاهر الخارجية: [G] 75 % + [b] 25 %.

★ الأنماط الوراثية: 25 % بنمط وراثي b//b.
50 % بنمط وراثي G//b.
25% بنمط وراثي G//G.

www.datasvt.com

5) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الاختباري Test Cross، وهو تزاوج يتم بين فرد ذي مظهر خارجي سائد ونمط وراثي غير معروف، وفرد ذي مظهر خارجي متنح أي متشابه الاقتران بالنسبة للصفة المدروسة.

في هذا التزاوج، يرتبط المظهر الخارجي للخلف بنمط الأمشاج التي ينتجها الأب ذو المظهر الخارجي السائد. وبذلك نجد حالتين:

★ **الحالة الأولى:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو G//G، فسوف ينتج نمطا واحدا من الأمشاج G/، وبالتالي نحصل عند الخلف على 100 % G//b. أي 100 % فئران رمادية.

★ **الحالة الثانية:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو G//b، فسوف ينتج نمطين من الأمشاج G/ و b/، وبالتالي نحصل عند الخلف على 50 % G//b + 50 % b//b. أي 50 % فئران بيضاء + 50 % فئران رمادية.

نلاحظ أن نتيجة هذا التزاوج الاختباري هي 50 % فئران بيضاء + 50 % فئران رمادية. نستنتج ادن أن الفأر الرمادي المختبر هجين أي مختلف الاقتران G//b.

II – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة تساوي السيادة La codominance.

① التهجين عند نبات شب الليل أنظر الوثيقة 4.

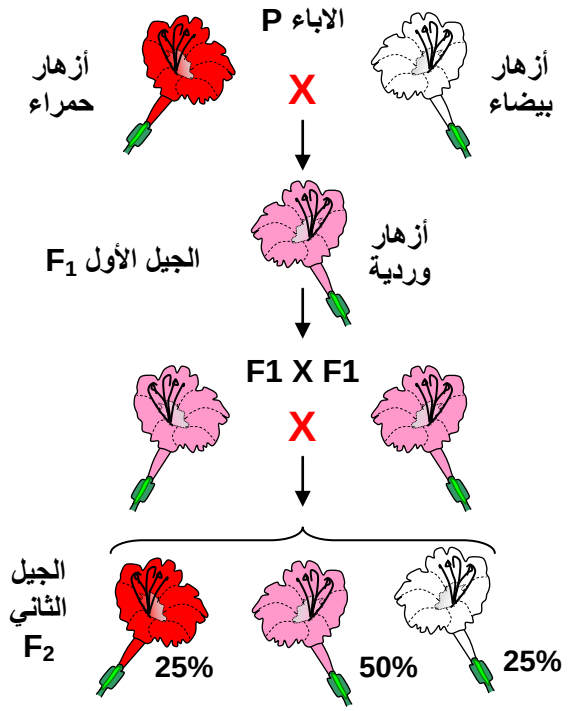
الوثيقة 4: التهجين عند نبات شب الليل:

قصد دراسة مظهر آخر لكيفية انتقال الصفات الوراثية وتعبيرها، تم إجراء تزاوج عند نبات شب الليل Mirabilis jalapa، حيث تم إنجازه بين سلالتين نقيتين من نبات شب الليل، الأولى ذات أوراق تويجية حمراء Rouge، والثانية ذات أوراق تويجية بيضاء Blanche، فتم الحصول نباتات هجينة ذات أوراق تويجية وردية Rose تمثل الجيل الأول F1 (أنظر الرسم أمامه). نشير إلى أنه تم اعتماد الإخصاب المتقاطع، لتجنب حدوث إخصاب ذاتي لنفس الأزهار.

1) حلل هذه النتائج، ثم استنتج.

يعطي تزاوج نباتات F_1 فيما بينها جيل ثاني F_2 غير متجانس ومكون من 25 % نباتات ذات أزهار بيضاء و25 % نباتات ذات أزهار حمراء و50 % نباتات ذات أزهار وردية.

2) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في F_1 و في F_2.



② تحليل نتائج التزاوج:

1) إن تزاوج سلالتين نقيتين من شب الليل تختلفان بصفة لون الأوراق التويجية أعطى جيل أول F_1 يتكون من أفراد متجانسون، إذن الجيل F_1 سيكون هجينا (تحقق القانون الأول لماندل). إلا أن صفةأفراد الجيل F_1 لا تشبه أي صفة من صفات الوالدين، بل هي صفة وسيطة بين صفتي الأبوين. نستنتج من هذا أن هناك غياب للسيادة أو نقول كذلك تساوي السيادة أو السيادة غير التامة.

2) التفسير الصبغي لنتائج التزاوجات:

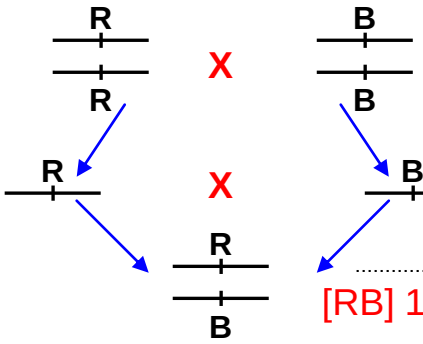
بما أن الحليلان متساويا السيادة، سنرمز لهما معا بحروف كبيرة Majuscules، فنعطي للحليل المسؤول عن اللون الأحمر Rouge للأوراق التويجية الحرف R، والحليل المسؤول عن اللون الأبيض Blanc للأوراق التويجية الحرف B.

سيكون التفسير الصبغي إذن على الشكل التالي:

www.datasvt.com

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P:**

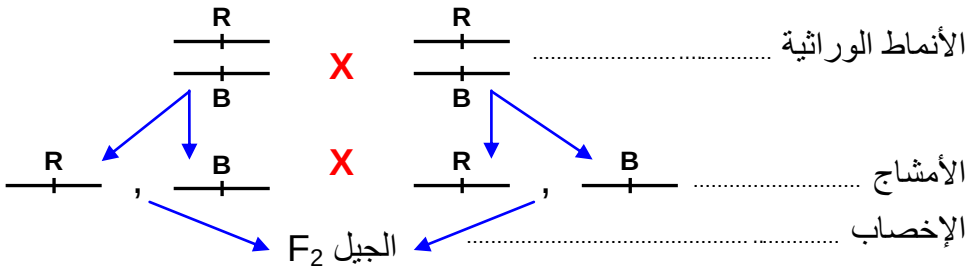
المظاهر الخارجية لـ P: ..... [B] X [R]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي R//B، وبما أن هناك تساوي السيادة، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [RB].

★ **التزاوج الثاني : F1 X F1.**

المظاهر الخارجية لـ F1: ..... [RB] X [RB]



في F_2 يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في شبكة التزاوج التالية:

♂ / ♀	R 50%	B 50%
R 50%	R//R 25%	R//B 25%
B 50%	R//B 25%	B//B 25%

يتكون الجيل الثاني F_2 من:

★ المظاهر الخارجية: [R] 25 % + [B] 25 % + [RB] 50 %.

★ الأنماط الوراثية: R//R 25 % بنمط وراثي.
+ R//B 50 % بنمط وراثي.
+ B//B 25 % بنمط وراثي.

III – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة المورثة المميتة.

① انتقال صفة مرتبطة بمورثة مميتة عند الفئران أنظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5: دراسة صفة مرتبطة بمورثة مميتة عند الفئران:

نقوم بتزاوج سلالتين من فئران صفراء Jaune، فنحصل على خلف غير متجانس يضم: 202 فأر أصفر و98 فأر رمادي Gris.

1) ماذا يمكنك استنتاجه من خلال نتائج هذا التزاوج؟ علل جوابك؟
2) أحسب نسبة الأنماط المحصل عليها. ماذا تلاحظ؟
3) فسر صبغيا هذه النتائج علما أنه لوحظ في رحم الأم فئران صفراء ميتة

www.datasvt.com

② تحليل نتائج التزاوج:

1) من خلال تحليل نتائج هذا التزاوج نستنتج:

★ لقد تم التزاوج بين فئران صفراء، فحصلنا في الخلف على فئران غير متجانسة (صفراء ورمادية)، إذن لم يتحقق القانون الأول لمانـدل، وبالتالي فالأبوين لا ينتميان لسلالة نقية.

★ إن ظهور فئران رمادية عند الخلف، يدل على أن الحليل المسؤول عن هذه الصفة كان عند الآباء ولم يظهر عندهم. يمكننا القول إذن أن صفة لون رمادي صفة متنحية وصفة لون أصفر صفة سائدة.

★ إن الحصول في الجيل الأول F_1 على أفراد بلون رمادي، يعني أن الأبوين معا يتوفران على الحليل المسؤول عن هذا اللون، لكنهما يبديان مظهرا خارجيا أصفر، نستنتج بالتالي أن الأبوين معا مختلفي الاقتران (هجناء).

2) نسب الأنماط المحصل عليها:

نسبة الفئران الصفراء هي: (2/3) 67.33 % = 100 x ((202 / (202 + 98))

نسبة الفئران الرمادية هي: (1/3) 32.66 % = 100 x ((98 / (202 + 98))

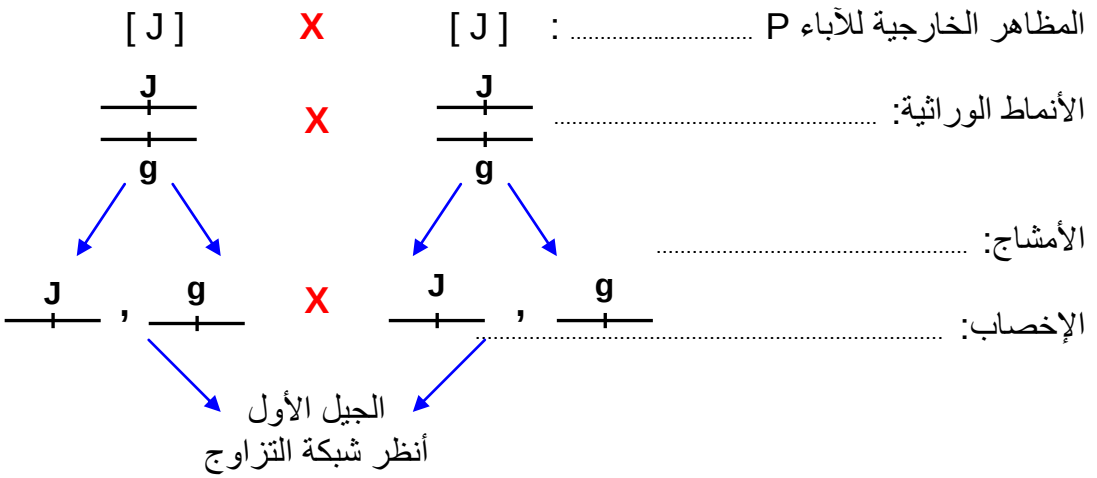
بما أننا في حالة سيادة تامة، فالنسب المتوقعة هي 25 % (أي 1/4) للمظهر الخارجي المتنحي + 75 % (أي 3/4) للمظهر الخارجي السائد.

نلاحظ أن النسب المحسوبة تخالف النسب المتوقعة F_2 في حالة السيادة التامة.

3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:

ننجز التفسير الصبغي باستعمال الرموز التالية: الحليل المسؤول عن اللون الأصفر Jaune سائد، سنرمز له بالحرف J، والحليل المسؤول عن اللون الرمادي Gris متنحي، سنرمز له بالحرف g.

التأويل الصبغي للتزاوج [J] X [J].



شبكة التزاوج

♂ / ♀	J	g
J	J//J	J//g
g	J//g	g//g

♂ / ♀	J 50%	g 50%
J 50%	J//J 25%	J//g 25%
g 50%	J//g 25%	g//g 25%

إن تشابه الاقتران بالنسبة للحليلين السائدين J//j يؤدي إلى موت هذه الفئران، وهذا ما يفسر وجود فئران ميتة في رحم الأم، ويفسر أن ثلث الفئران ذات لون رمادي، والثلثين بلون أصفر.

من خلال هذا التفسير الصبغي، يتضح أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، وبالتالي، فنحن فعلا أمام حالة مورثة مميتة Gène létale.

www.datasvt.com

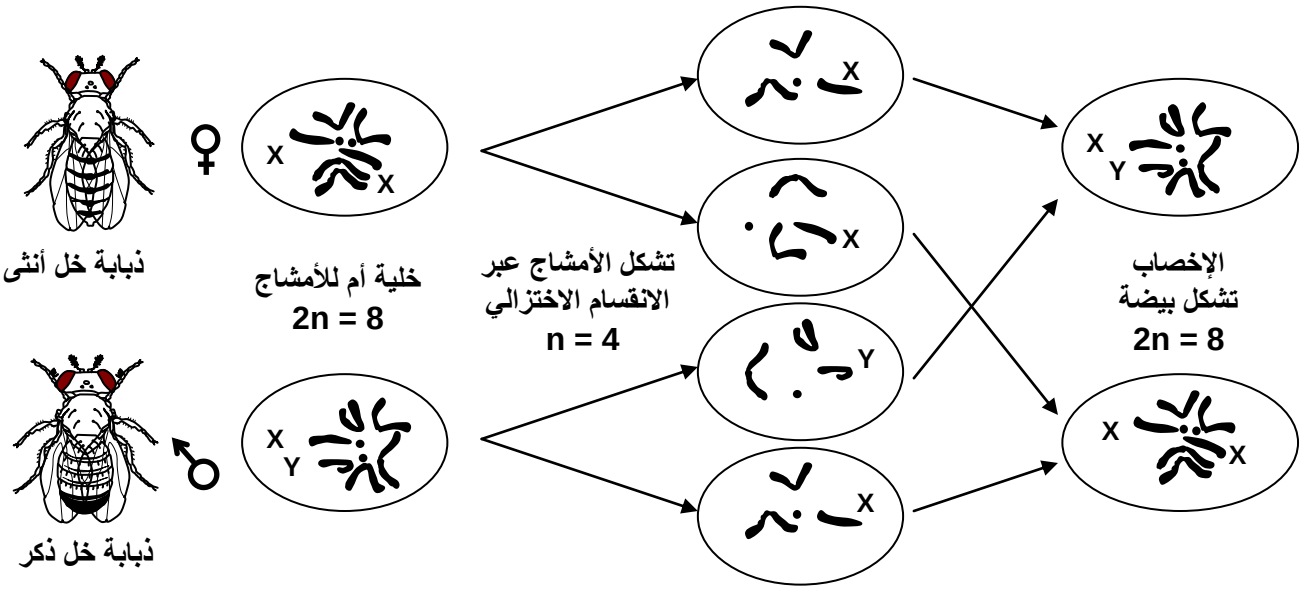
IV – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

① دور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس. أنظر الوثيقة 6.

الوثيقة 6: دور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس:

استعمل Morgan في تجاربه حول انتقال الصفات الوراثية ذبابة الخل Drosophile، وذلك نظرا لخصوصياتها المتجلية في نموها في أوساط بسيطة وقصر دورة نموها وقلة عدد صبغياتها (2n = 8).
خلال تجارب التهجين عند ذبابة الخل، لاحظ العالم Morgan، اختلافا في النتائج المحصل عليها بمجرد تغيير جنس الأفراد المتزاوجين، فاستنتج على أنه ليست كل الصفات الوراثية محمولة على صبغيات لاجنسية، بل أن بعضها يكون محمولا على الصبغيات الجنسية.
تعطي الوثيقة أسفله رسما تخطيطيا توضيحيا لدور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس عند ذبابة الخل.

انطلاقا من تحليل معطيات هذه الوثيقة، صف سلوك الصبغيات الجنسية أثناء الانقسام الاختزالي والإخصاب.

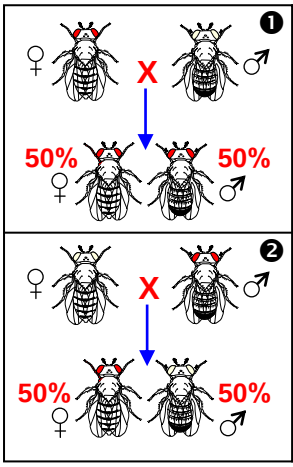


إن ملاحظة الخريطة الصبغية لكائن ثنائي الصيغة الصبغية يبين أن النواة تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة، تشكل الصبغيات اللاجنسية، بالإضافة إلى صبغيان جنسيان. عند الذكر يكون الصبغيان الجنسيان مختلفين فنقول أنه متغاير الأمشاج ونرمز له ب XY. عند الأنثى يكون الصبغيان الجنسيان متشابهين فنقول أنه متشابه الأمشاج ونرمز له بـXX.
لكن هناك حالات استثنائية، حيث يكون الذكر فيها متشابه الأمشاج، فنرمز لصبغياته الجنسية بـ Z . والنمط الوراثي في هذه الحالة هو ZZ، بينما تكون الأنثى متغايرة الأمشاج، ونرمز لصبغياتها الجنسية بـZ وW ، والنمط الوراثي في هذه الحالة هو ZW.
هناك حالات أخرى استثنائية، حيث يتوفر الذكر على صبغي جنسي واحد X النمط الوراثي في هذه الحالة هو XO بينما الأنثى تتوفر على صبغيين جنسيين X ، والنمط الوراثي في هذه الحالة هو XX، مثل حالة الجراد.

② انتقال صفة مرتبطة بالجنس عند ذبابة الخل.

أ – معطيات تجريبية. أنظر الوثيقة 7.

الوثيقة 7: دراسة انتقال صفة لون العيون عند ذبابة الخل:



ننجز تزاوجات بين سلالتين نقيتين من ذباب الخل تختلفان بلون العيون، الأولى متوحشة ذات عيون حمراء Rouge وسلالة طافرة ذات عيون بيضاء Blanche.

★ **التزاوج الأول ❶:** تم بين أنثى ذات عيون حمراء وذكر ذو عيون بيضاء فحصلنا في الجيل الأول F_1 على أفراد كلهم بعيون حمراء.

1) ماذا تستخلص من نتائج هذا التزاوج؟

★ **التزاوج الثاني ❷:** تزاوج عكسي تم بين أنثى ذات عيون بيضاء وذكر ذو عيون حمراء. فحصلنا على جيل F_1 مكون من 50 % إناث بعيون حمراء و50 % ذكور بعيون بيضاء.

2) حلل هذه النتائج؟ ماذا تستنتج؟

3) أعط تفسيرا صبغيا للنتائج المحصل عليها.

www.datasvt.com

ب – تحليل نتائج التزاوج.

1) في التزاوج الأول نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون ولهم الصفة عيون حمراء. طبقا للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن الحليل المسؤول عن اللون الأحمر للعيون سائد، والحليل المسؤول عن لون العيون البيضاء متنحي.

2) يعطي التزاوج العكسي (تغيير الصفة بين الذكور والإناث)، جيل F_1، يتكون من أفراد غير متجانسين، رغم أن الأبوين من سلالة نقية (لم يتحقق القانون الأول لماندل)، كما نلاحظ خلال هذا التزاوج أن الذكور أخذوا صفة أمهاتهم، بينما الإناث أخذن صفة أبائهن، مما يدعو للاعتقاد بكون هذه المورثة محمولة على صبغي جنسي، وبالضبط الصبغي الجنسي X، لان هذه الصفة تظهر عند الذكور و الإناث.

3) التفسير الصبغي للنتائج المحصل عليها:

الحليل المسؤول عن لون العيون الحمراء Rouges سائد، نرمز له بالحرف R، أما الحليل المسؤول عن لون العيون البيضاء Blanches متنح، نرمز له بالحرف b.
عندما تكون المورثة محمولة على الصبغي الجنسي X، يجب الإشارة في الرموز المستعملة خلال التفسير الصبغي إلى كل من الصبغيين X عند الأنثى والصبغيين X و Y عند الذكر. أما بخصوص المظهر الخارجي، فتُستعمل نفس الطريقة المعتمدة في حالة الصبغيات اللاجنسية.

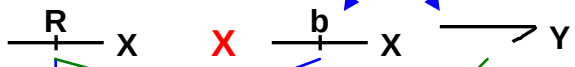
خلال التزاوج الأول، سيكون النمط الوراثي للأنثى X^RX^R ، بمظهر خارجي [R] ، والذكر X^bY بمظهر خارجي [b]،
وخلال التزاوج الثاني، سيكون النمط الوراثي للأنثى X^bX^b ، بمظهر خارجي [b] ، والذكر X^RY بمظهر خارجي [R]

★ التزاوج الأول:

المظاهر الخارجية لـ P ..... : ذكور بعيون بيضاء [b] X إناث بعيون حمراء [R]

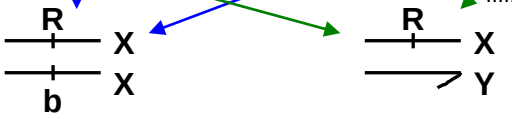
الأنماط الوراثية: .....

الأمشاج: .....



الإخصاب: .....

الجيل F_1:



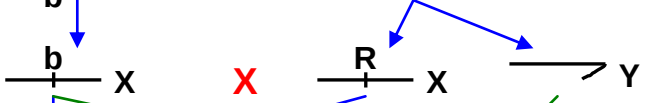
الجيل F_1 100 % [R]، 50 % إناث X^RX^b + 50 % ذكور X^RY

★ التزاوج الثاني = التزاوج العكسي:

المظاهر الخارجية لـ P: ..... : ذكور بعيون حمراء [R] X إناث بعيون بيضاء [b]

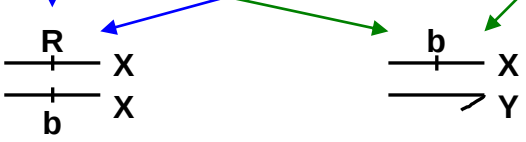
الأنماط الوراثية: .....

الأمشاج: .....



الإخصاب: .....

الجيل F_1:

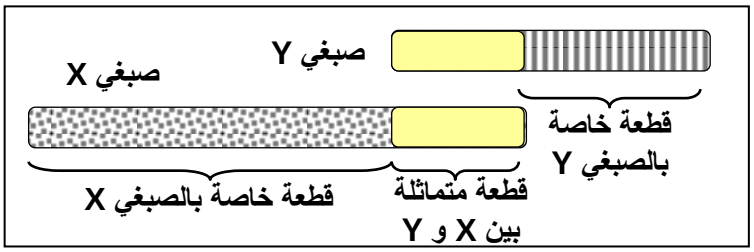


الجيل F_1 50 % إناث [R] + 50 % ذكور [b] : 50 % إناث X^RX^b + 50 % ذكور X^bY

www.datasvt.com

ملاحظة:

يمكن تفسير انتقال الصفات الوراثية المرتبطة بالجنس بكون المورثات المسؤولة عن هذه الصفات تتموضع على جزء الصبغي الجنسي X الذي ليس له مماثل على الصبغي Y. أو على جزء الصبغي Y الذي ليس له مقابل على X.

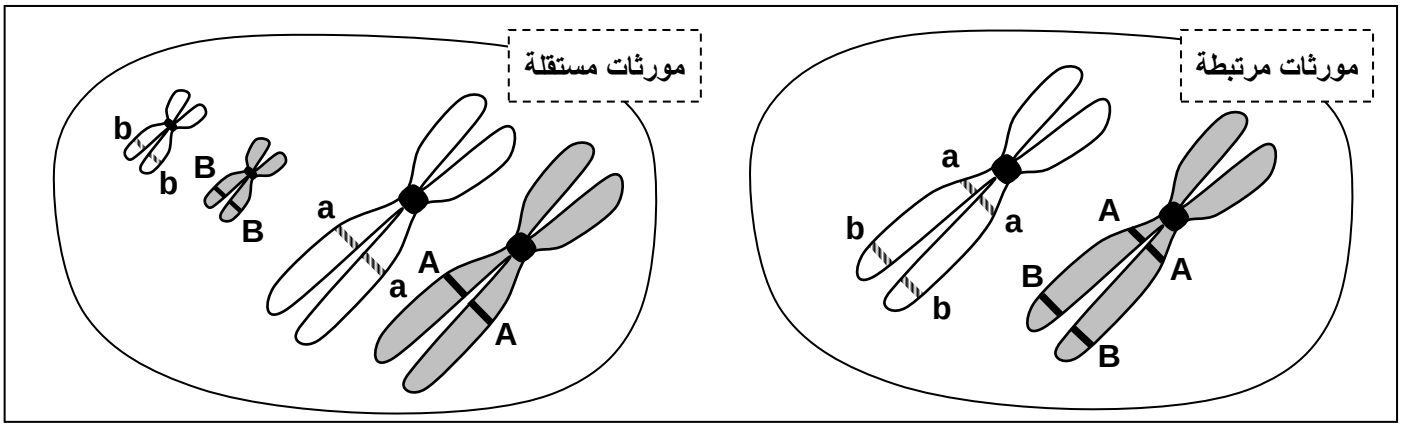


ادن التموضعات الممكنة للمورثة عند الصبغي الجنسي:

- ✓ على الجزء المميز للصبغي X : المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى وبحليل واحد عند الذكر.
- ✓ على الجزء X الذي له مماثل في الصبغي Y: المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى، و بحليلين عند الذكر. تخضع لنفس قوانين الصفة غير المرتبطة بالجنس.
- ✓ على الجزء المميز للصبغي Y: المورثة ممثلة بحليل واحد عند الذكر، وغير ممثلة بأي حليل عند الأنثى. ادن صفة خاصة بالذكور.

V – دراسة انتقال زوجين من الحليلات: الهجونة الثنائية.

نتكلم عن الهجونة الثنائية Le dihybridisme إذا كان التزاوج بين أفراد ينتمون لسلالتين نقيتين تختلفان في صفتين. وفي هذه الحالة فالمورثتين إما أن تكونان على نفس الصبغي فنتكلم عن مورثات مرتبطة Les gènes liés. وإما أن تكونان على صبغيين مختلفين فنتكلم عن مورثات مستقلة Les gènes indépendants.



① حالة المورثات المستقلة:

أ – الهجونة الثنائية عند نبات الجلبانة.

a - تمرين أنظر الوثيقة 8.

الوثيقة 8: دراسة انتقال صفتين متعارضتين عند نبات الجلبانة:

قام العالم Mendel بتزاوج سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة تختلفان بصفتين، شكل ولون البذرة: الأولى ملساء Lisse وصفراء Jaune. والسلالة الثانية متجعدة Ridée وخضراء Verte. فحصل في الجيل الأول F_1 على بذور كلها ملساء و صفراء.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذا التزاوج؟

قام Mendel بزرع بذور من F_1 و ترك الأزهار تتلقح ذاتيا، وبعد الإثمار جني بذور الجيل F_2 فحصل على 556 بذرة تتوزع كالتالي:

★ 315	بذرة صفراء وملساء	★ 101	بذرة خضراء وملساء
★ 108	بذرة صفراء ومتجعدة	★ 32	بذرة خضراء ومتجعدة

3) أحسب النسب المئوية المحصل عليها في الجيل F_2.

4) فسر صبغيا نتائج F_1 و F_2 ، مستعملا الرموز: أخضر(V,v)، اصفر (J,j) ، أملس (L,l) ، متجعد (R,r) .

www.datasvt.com

b - حل التمرين:

1) تحليل واستنتاج:

★ تم التزاوج بين فردين من سلالتين نقيتين تختلفان بصفتين اثنتين، يتعلق الأمر ادن بالهجونة الثنائية.

★ نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الشكل الأملس واللون الأصفر (تحقق القانون الأول لماندل بالنسبة للصفتين). نستنتج ادن أن الصفة أملس سائدة على متجعد، وأصفر سائد على أخضر. وهكذا نكتب الحليلات كما يلي: أملس L، أصفر J، متجعد r، وأخضر v.

★ ليس في نتيجة هذا التزاوج ما يدل على أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، نستنتج إذن أنهما محمولتان على صبغيات لاجنسية.

2) حساب النسب المئوية عند F_2:

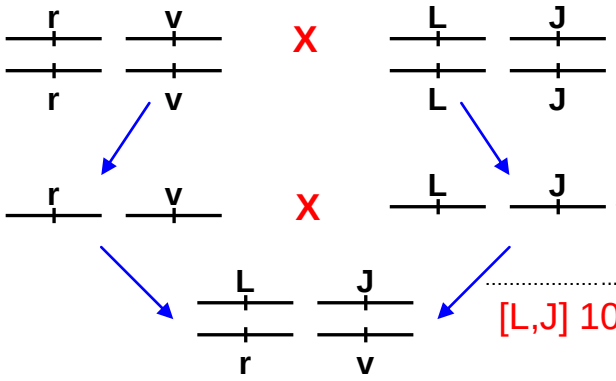
- نسبة المظهر الخارجي [L,J] : (315 / 556) x 100 = 56.6 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,v] : (32 / 556) x 100 = 5.75 %
- نسبة المظهر الخارجي [L,v] : (101 / 556) x 100 = 18.16 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,J] : (108 / 556) x 100 = 19.4 %

★ نلاحظ أن الجيل F_2 غير متجانس ويضم أربعة مظاهر خارجية. مظهران يشبهان المظاهر الخارجية للآباء: [L,J] و[r,v]، نسميها مظاهر أبوية. ومظهران خارجيان جديدان: [L,v] و[r,J]، نسميها مظاهر جديدة التركيب.

★ عندما يتعلق الأمر بمورثتين محمولتين على صبغيين مختلفين (مستقلتين)، فإن التخليط البيصبغي سيساهم في تنوع الأمشاج المحصل عليها في حالة اختلاف الاقتران، وبالتالي فلا يمكن تفسير ظهور صفات جديدة إلا بالافتراق المستقل للحليلات أثناء تشكل الأمشاج.

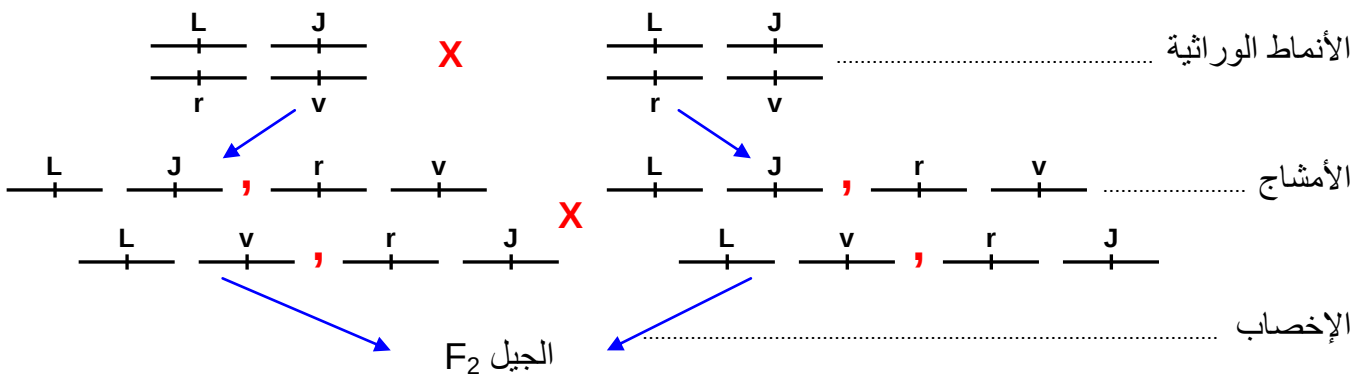
3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P** المظاهر الخارجية لـ P ..... : [L,J] X [r,v]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي L//r,J//v، وبما أن L و J سائدين، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [L,J].

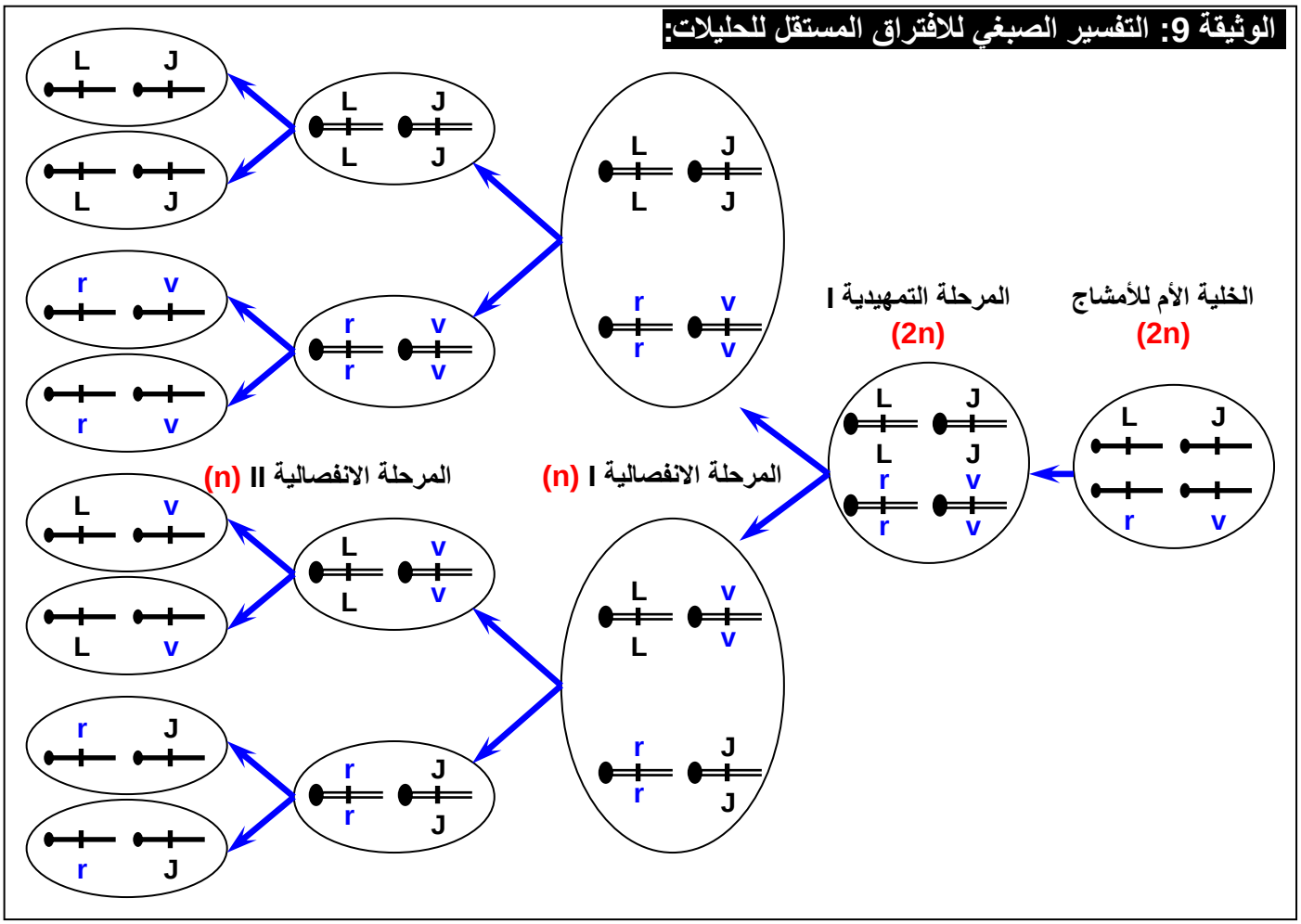
★ **التزاوج الثاني : F1 X F1** المظاهر الخارجية ..... : [L,J] X [L,J]



www.datasvt.com

بفعل التخليط البيصبغي ينتج كل فرد هجين من الجيل F_1 أربعة أنواع من الأمشاج بنسب متساوية: 1/4 لكل نوع، مشيجان أبويان بنسبة 50 % ومشيجان جديدا التركيب بنسبة 50 % (أنظر الوثيقة 9).
بعد تحديد الأمشاج لدى الأبوين ننجز شبكة التزاوج كما هو ممثل على الوثيقة10.

الوثيقة 9: التفسير الصبغي للافتراق المستقل للحليلات:



الوثيقة 10: شبكة التزاوج:

♂ \ ♀	L J	L v	r J	r v
L J	[L,J]	[L,J]	[L,J]	[r,J]
L v	[L,J]	[L,v]	[L,J]	[r,v]
r J	[L,J]	[L,J]	[r,J]	[r,J]
r v	[L,J]	[L,v]	[r,J]	[r,v]

www.datasvt.com

في الجيل الثاني F2 نحصل على المظاهر الخارجية التالية:

- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,J] ، يشكلون 9/16 من F_2 أي 56.25 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,v] ، يشكلون 3/16 من F_2 أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,J] ، يشكلون 3/16 من F_2 أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,v] ، يشكلون 1/16 من F_2 أي 6.25 %.

يتبين من خلال التفسيرين الصبغيين للتزاوجين الأول والثاني، أن النتائج المحصل عليها نظريا، تطابق النتائج المحصل عليها تجريبيا، وبالتالي فالمورثتان فعلا مستقلتان.

c - القانون الثالث لـ Mendel:

يسمى هذا القانون: قانون استقلالية أزواج الحليلات.

أثناء تشكل الأمشاج وأثناء المرحلة الانفصالية I، يمكن لكل فرد من زوج صبغي معين أن يجتمع بأحد فردي الزوج الصبغي الآخر. وينتج عن هذا أن كل عنصر من زوج حليلي معين، يمكنه أن يجتمع بأحد عنصري الزوج الحليلي الآخر، وهذا ما يسمى بالافتراق المستقل للحليلات.

ب – الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل

a - تمرين أنظر الوثيقة 11.

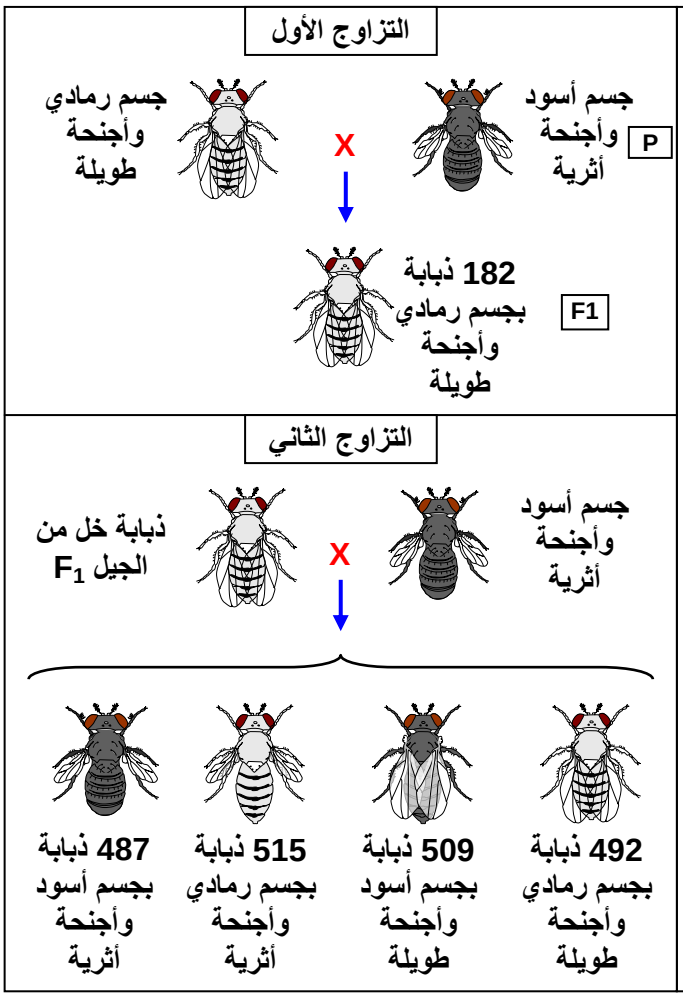
الوثيقة 11: دراسة الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل:

نقوم بتزاوج أول عند سلالتين نقيتين من ذبابة الخل (أنظر الرسوم التخطيطية أمامه)، الأولى ذات جسم رمادي Gris وأجنحة طويلة Longues. والثانية ذات جسم أسود حالك Eben وأجنحة أثرية Véstigiales. نحصل في الجيل الأول F_1 على 182 ذبابة خل رمادية ذات أجنحة طويلة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذا التزاوج؟

نقوم بعد ذلك بتزاوج ثاني بين ذبابة خل من الجيل الأول F_1 وذبابة خل ذات جسم أسود حالك وأجنحة أثرية. فنحصل على النتائج الممثلة على الرسم أمامه.

2) كيف نسمي هذا النوع من التزاوج؟ وما هي الغاية منه؟
3) أحسب النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2. ماذا تستنتج؟
4) فسر صبغيا نتائج التزاوجين، مستعملا الرموز: رمادي (G,g)، أسود (E,e)، طويلة (L,l)، أثرية (V,v).



b - حل التمرين:

1) بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون بالنسبة للصفتين، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الجسم الرمادي والأجنحة الطويلة. ادن طبقا للقانون الأول لـMendel نستنتج أن:
   - الحليل المسؤول عن صفة اللون رمادي سائد على الحليل أسود.
   - الحليل المسؤول عن صفة الأجنحة طويلة سائد على الحليل أثرية.
   - ليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن هما محمولتان على صبغي لاجنسي.

www.datasvt.com

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، لأنه تم بين فرد هجين F_1 وأب P متنحي. الغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل لزوجي الحليلين.

3) حساب النسب المئوية المحصل عليها في F2:

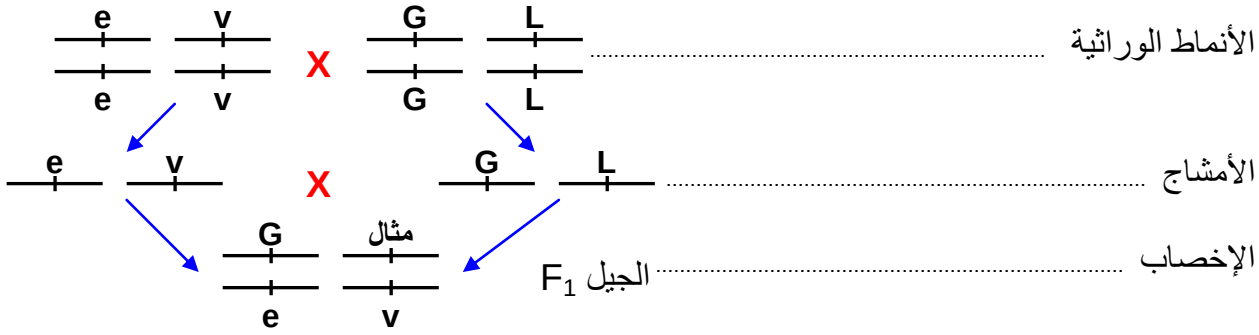
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة طويلة): % 24.56 = (492/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة طويلة): % 25.41 = (509/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة أثرية): % 25.71 = (515/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة أثرية): % 24.31 = (487/(487+509+515+492))x100

★ إن الفرد الثنائي التنحي [e,v]، لا ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج (e/,v/)، وبالتالي فالمظهر الخارجي لأفراد الخلف F_2 سيعكس النمط الوراثي للأمشاج التي أنتجها الفرد الهجين. ومنه نستنتج هل المورثات مستقلة أم مرتبطة.

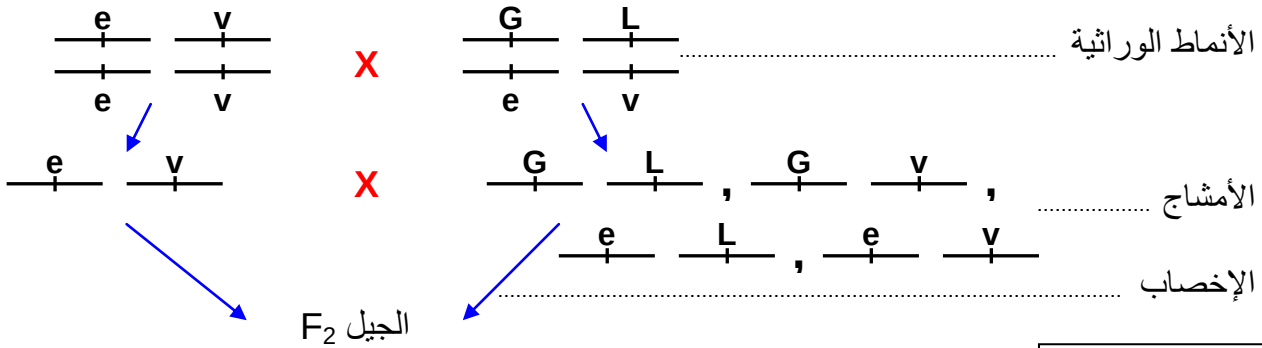
★ تدل النسب المحصل عليها في F2: (25 % + 25 % + 25 % + 25 %) على أنه خلال تشكل الأمشاج عند الفرد الهجين، يجتمع كل حليل من زوج حليلي معين بلا تميز مع أحد حليلي الزوج الحليلي الآخر (القانون الثالث لماندل). نستنتج من ذلك أن الحليلان (G,e) و(L,v) محمولان على زوجين مختلفين من الصبغيات. أي أن المورثات مستقلة.

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجين:

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P** المظاهر الخارجية عند P : ..... [G,L] X [e,v]



★ **التزاوج الثاني = التزاوج الراجع:** المظاهر الخارجية لـ F_1..... : [G,L] X [e,v]



شبكة التزاوج	G L	G v	e L	e v
e v	1/4	1/4	1/4	1/4
G L	1/4	1/4	1/4	1/4
G v	1/4	1/4	1/4	1/4
e L	1/4	1/4	1/4	1/4
e v	1/4	1/4	1/4	1/4

نحصل في F_2 على % 25 [G,L] + % 25 [G,v] + % 25 [e,L] + % 25 [e,v].
نلاحظ أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، ادن المورثات مستقلة.

www.datasvt.com

② حالة المورثات المرتبطة:

أ – التهجين عند ذبابة الخل.

a - تمرين أنظر الوثيقة 12.

الوثيقة 12: دراسة الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل:

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من ذبابة الخل تختلفان بزوجين من الصفات. الأولى ذات أجنحة عاديةNormal وعيون حمراء Rouge والأخرى ذات أجنحة مقورة Tronqué وعيون بنية Brun. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس ذو مظهر خارجي بأجنحة عادية وعيون حمراء.

1) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين أنثى هجينة من F_1 وذكر ثنائي التنحي، فحصلنا في الجيل الثاني F_2 على:

★ 400 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون بنية .
★ 109 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون بنية
★ 111 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون حمراء.
★ 410 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون حمراء

2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟
3) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F_2. ماذا تستنتج؟
4) أعط تفسيرا صبغيا لهذه النتائج.

نقوم بتزاوج ثالث بين أنثى ذات أجنحة مقورة وعيون بنية مع ذكر F_1 ذو أجنحة عادية وعيون حمراء. فحصلنا على الجيل F'_2 مكون من:

★ 170 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون حمراء
★ 175 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون بنية.

5) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F'_2. ماذا تلاحظ؟
6) كيف تفسر هذه النتيجة؟

b - حل التمرين:

1) ★ بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن الجيل الأول F_1 متجانس بالنسبة للصفتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو أجنحة عادية وعيون حمراء. طبقا للقانون الأول لـMendel نستنتج أن حليل الأجنحة العادية سائد على حليل الأجنحة المقورة، وحليل العيون الحمراء سائد على حليل العيون البنية.
★ لقد تم هذا التزاوج بين ذكور وإناث، وأعطى نفس النتيجة، وليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن فالمورثتان محمولتان على صبغي لاجنسي.
★ سنرمز للمظهر أجنحة عادية وعيون حمراء بـ[N,R] ، والمظهر أجنحة مقورة وعيون بنية بـ[t,b].

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، والغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

3) النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2:

- نسبة المظهر الخارجي [N,R] هي: 39.81 % = (410/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,b] هي: 38.83 % = (400/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [N,b] هي: 10.58 % = (109/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,R] هي: 10.78 % = (111/(410+400+111+109))x100

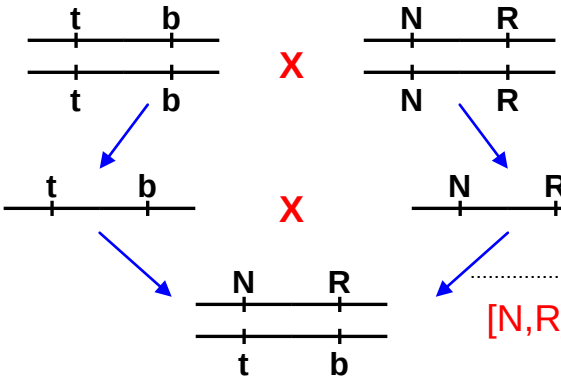
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـMendel (قانون الافتراق المستقل للحليلات)، إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية (50% مظاهر أبوية + 50% مظاهر جديدة التركيب)، بل نحصل على مظهرين خارجيين أبويين [N,R] و[t,b] بنسب كبيرة (78.64%)، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [N,b] و [t,R] بنسب ضعيفة (21.36%).

تدل هذه النتائج على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطتين.

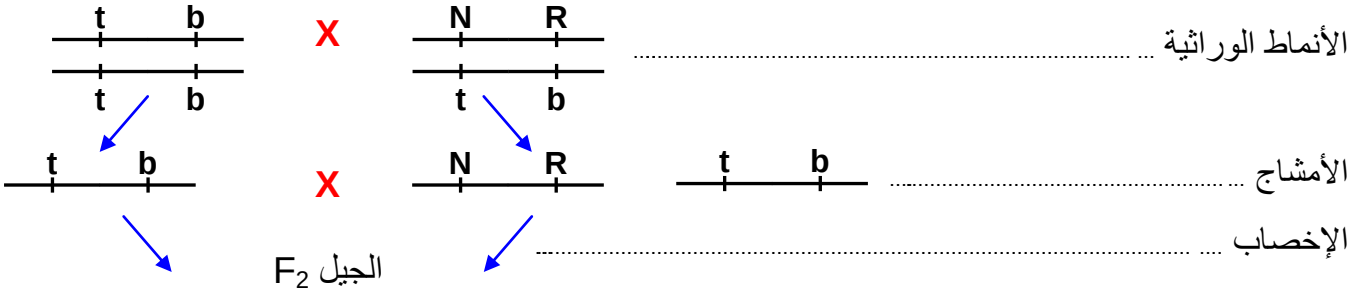
www.datasvt.com

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .** المظاهر الخارجية لـ P : [N,R] ..... [t,b]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.** المظاهر الخارجية ..... : [N,R] X [t,b]



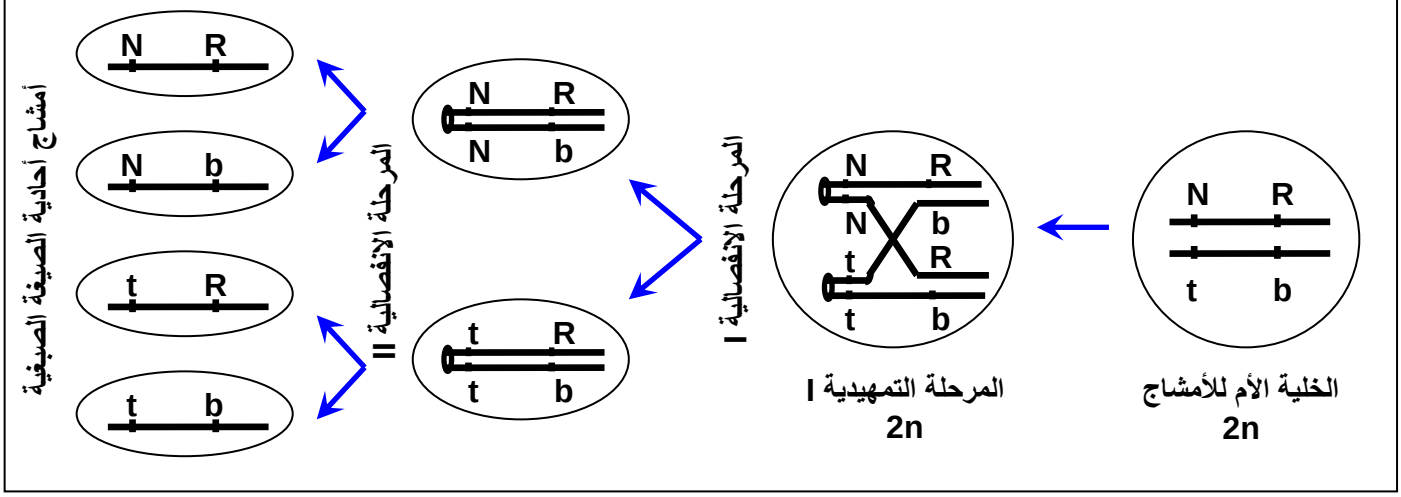
يعطي الإخصاب جيل F_2، أنظر شبكة التزاوج

♀ / ♂	N R	t b
t b	50 %	50 %
t b / t b	50 %	50 %
t b	100 %	

نلاحظ أن النتائج النظرية تخالف النتائج التجريبية حيث نحصل في F_2 على مظاهر خارجية أبوية فقط، [N,R] بنسبة 50% و[t,b] بنسبة 50%.

إن ظهور مظاهر خارجية جديدة التركيب في F_2، يفسر بافتراض وجود تركيبات جديدة في أمشاج الأنثى الهجينة، وذلك لحدوث تبادل أجزاء صبغية بين الصبغيات المتماثلة خلال الانقسام الاختزالي. (أنظر الوثيقة13).

الوثيقة 13 : كيفية إنتاج الأمشاج عند أنثى ذبابة الخل الهجينة:



www.datasvt.com

وبالتالي تكون شبكة التزاوج على الشكل التالي:

♀ / ♂	N R	N b	t R	t b
t b	N R t b 39.81 %	N b t b 10.58 %	t R t b 10.78 %	t b t b 38.83 %
t b 100 %	N R t b 39.81 %	N b t b 10.58 %	t R t b 10.78 %	t b t b 38.83 %

5) التزاوج الثالث هو تزاوج عكسي (تزاوج راجع)، لنحسب نسب المظاهر الخارجية في F'_2:

- نسبة مظهر الخارجي [N,R] هي: (170/(170+175))x100 = 49.27 %
- نسبة مظهر الخارجي [t,b] هي: (175/(170+175))x100 = 50.73 %

★ نلاحظ أن هذا التزاوج يعطي فقط مظاهر خارجية أبوية بنسبة 50 % + 50 %.
★ نلاحظ اختلاف نتائج التزاوجين الراجعين الأول الثاني (= تزاوج عكسي)، لكن لا يمكننا في هذه الحالة أن نقول أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، وذلك لعدم اختلاف الصفات بين الذكور والإناث المحصلة، كما أن الفرق يتجلى فقط في ظهور صفات جديدة التركيب، بغض النظر عن جنس الأفراد. إذن المورثتان محمولتان علي صبغي لاجنسي.

6) تفسر هذه النتيجة بكون الذكر الهجين أنتج فقط أمشاجا أبوية، ولم ينتج الأمشاج الجديدة التركيب، وذلك لعدم حدوث العبور الصبغي خلال تشكل الأمشاج عند ذكر ذبابة الخل. نقول أن المورثات مرتبطة ارتباطا مطلقا.

ب – التهجين عند نبات الطماطم.

a - تمرين (تمرين منزلي) أنظر الوثيقة 14.

الوثيقة 14: دراسة الهجونة الثنائية عند نبات الطماطم:

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من الطماطم، تختلفان بزوجين من الصفات. الأولى سهلة الجني وحساسة لطفيلي stemphyllium والأخرى صعبة الجني ومقاومة لهذا الطفيلي. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس يتكون من طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي.

1) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين طماطم ثنائية التنحي وطماطم هجينة من F_1، فحصلنا في الجيل الثاني F_2 على:
★ 39 % من الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلي. ★ 11 % من الطماطم سهلة الجني ومقاومة للطفيلي.
★ 11 % من الطماطم صعبة الجني وحساسة للطفيلي. ★ 39 % من الطماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي.

2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟
3) ماذا تستنتج من النسب المحصل عليها في هذا التزاوج ؟
4) أعط تفسيرا صبغيا لهذه النتائج.

b - حل التمرين:

1) ★ بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن الجيل الأول F_1 متجانس بالنسبة للصفتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي. طبقا للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن حليل الطماطم صعبة الجني سائد على حليل الطماطم سهلة الجني، وحليل الطماطم المقاومة للطفيلي سائد على حليل الطماطم الحساسة للطفيلي.
★ لقد تم هذا التزاوج بين ذكور وإناث، وأعطى نفس النتيجة، وليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن فالمورثتان محمولتان على صبغي لاجنسي.
★ سنرمز للمظهر طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي ب[D,R] ، والمظهر الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلي ب[f,s].

www.datasvt.com

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، والغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

3) النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2:

- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني ومقاومة للطفيلي [D,R] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني وحساسة للطفيلي [f,s] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني وحساسة للطفيلي [D,s] هي: 11 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني ومقاومة للطفيلي [f,R] هي: 11 %

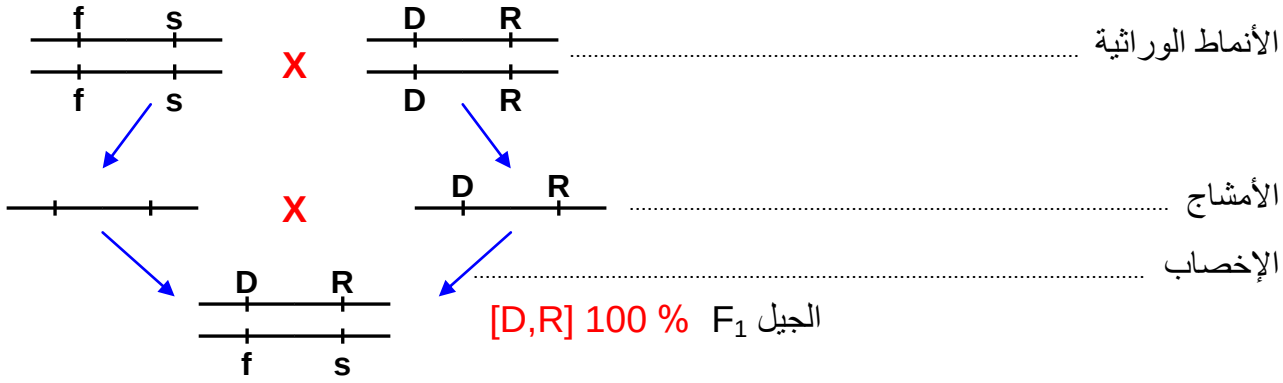
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـ Mendel (قانون الافتراق المستقل للحليلات)، إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية (50% مظاهر أبوية + 50% مظاهر جديدة التركيب)، بل نحصل على مظهرين خارجيين أبويين [D,R] و[f,s] بنسب كبيرة (78%)، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [D,s] و [f,R] بنسب ضعيفة (22%).

تدل هذه النتائج على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطتين.

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

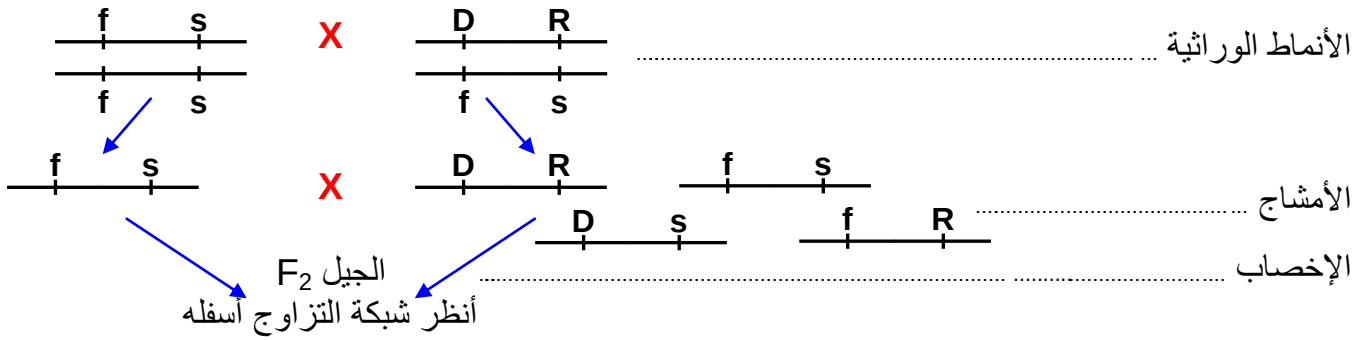
★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .**

المظاهر الخارجية لـ P ..... : [D,R] X [f,s]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.**

المظاهر الخارجية ..... : [N,R] X [t,b]



♀ / ♂	D R	D s	f R	f s
f s	D R 39 %	D s 11 %	f R 11 %	f s 39 %
f s	D R 39 %	D s 10.58 %	f R 11 %	f s 39 %
f s	D R 39 %	D s 11 %	f R 11 %	f s 100 %

www.datasvt.com

ج – خلاصة:

★ عندما نحصل بعد تزاوج أفراد الجيل F_1 فيما بينهم ($F_1 \times F_1$) على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 37,5% (16/6)، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

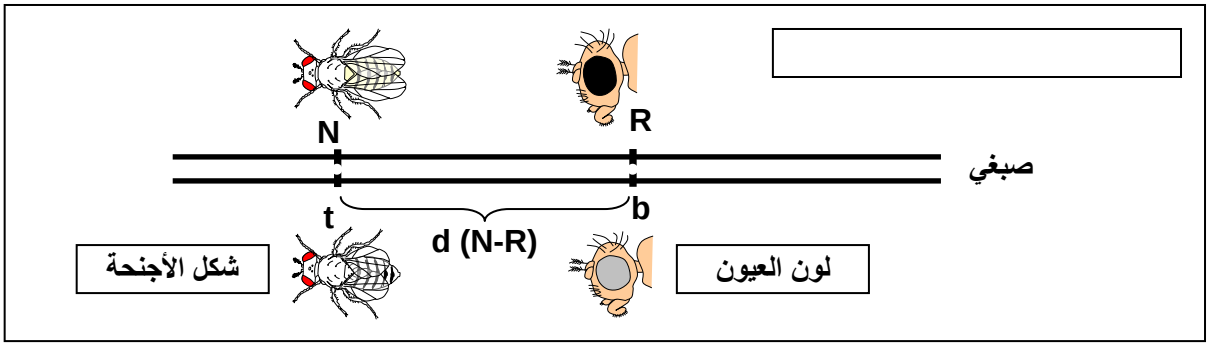
★ عندما نحصل بعد التزاوج الراجع على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 50%، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

VI – قياس المسافة بين مورثتين.

① العلاقة بين نسبة التركيبات الجديدة والمسافة بين مورثتين: أنظر الوثيقة 15.

الوثيقة 15: قياس المسافة بين مورثتين ووضع الخريطة العاملية (La carte factorielle).

لقد لاحظ العالم الأمريكي Thomas Hunt Morgan أنه في حالة تزاوج سلالتين تختلفان بصفتين في حالة مورثتين مرتبطتين، فان نسبة التركيبات الجديدة الناتجة عن هذا التزاوج تكون دائما ثابتة.
انطلاقا من هذه الملاحظة افترض Morgan أن موقع المورثة فوق الصبغي يكون دائما ثابتا. فوضع علاقة بين نسبة التركيبات الجديدة ونسبة احتمال حدوث عبور صبغي. إذ كلما كبرت المسافة بين مورثتين إلا وارتفعت نسبة احتمال حدوث العبور وبالتالي ارتفعت نسبة التركيبات الجديدة. ومنه فان نسبة التركيبات الجديدة تمكننا من تحديد المسافة الفاصلة بين مورثتين، وبالتالي انجاز الخريطة العاملية.



لقياس المسافة بين مورثتين، استعمل Morgan وحدة (Centimorgan = CMg)، بحيث أن 1CMg = 1% من التركيبات الجديدة. وهكذا فالمسافة الفاصلة بين مورثتين a وb هي d(a-b).

$$d\,(a\text{-}b) = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100$$

باستثمار هذه المعطيات ومعطيات تمرين الوثيقة 12:
1) أحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة d(N – R).
2) أنجز الخريطة العاملية.

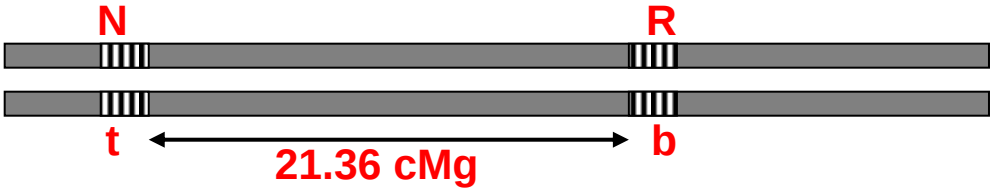
انطلاقا من معطيات تمرين الوثيقة 12:

1) نحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة d(R,N):

$$d(R,N) = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100 = \frac{109 + 111}{1030} \times 100 = 21.36\ cMg$$

www.datasvt.com

2) الخريطة العاملية:



② دراسة أمثلة:

أ – التهجين عند الطماطم.

a - تمرين أنظر الوثيقة 16.

الوثيقة 16: تحديد التموضع النسبي للمورثات لدى نبات الطماطم.

تم التزاوج بين سلالتين نقيتين من الطماطم، سلالة (SM) ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء، مع سلالة (M) ذات أوراق مبقعة بالأصفر وقد قصير وثمار ناعمة. نحصل على جيل أول F_1 متجانس بأوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء. ويعطي التزاوج الراجع بين نبتة هجينة F_1 ونبتة من السلالة (M) النتائج التالية:

- ✓ 417 نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء.
- ✓ 425 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد قصير وثمار ناعمة.
- ✓ 16 نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ناعمة.
- ✓ 3 نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ملساء.
- ✓ 55 نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ناعمة.
- ✓ 59 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد عادي وثمار ملساء.
- ✓ 5 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد عادي وثمار ناعمة.
- ✓ 20 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد قصير وثمار ملساء.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج التزاوج الأول؟
2) باستعمال الرموز التالية: قد عادي (N,n)، أوراق خضراء (V,v)، ثمار ملساء (L,l)، قد قصير (C,c)، أوراق مبقعة (T,t)، ثمار ناعمة (R,r). حدد المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F_2، مع حساب نسبة كل مظهر.
3) ماذا تستنتج من نتيجة التزاوج الراجع؟ وكيف تفسر ظهور التركيبات الجديدة عند نبات الطماطم؟
4) احسب المسافة بين المورثات المدروسة.
5) أنجز الخريطة العاملية La carte factorielle بالنسبة للمورثات الثلاث.

b - حل التمرين:

1) لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية، نتكلم ادن عن الهجونة الثلاثية.
نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء. واعتمادا على القانون الأول لماندل فأن الصفات قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء سائدة على الصفات قد قصير، أوراق مبقعة، وثمار ناعمة.

2) المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F2 هي:

- 41.7 % = 100.(417/1000) بنسبة [V,N,L]
- 42.5 % = 100.(425/1000) بنسبة [t , c, r]

مظاهر أبوية بنسبة 84.2 %

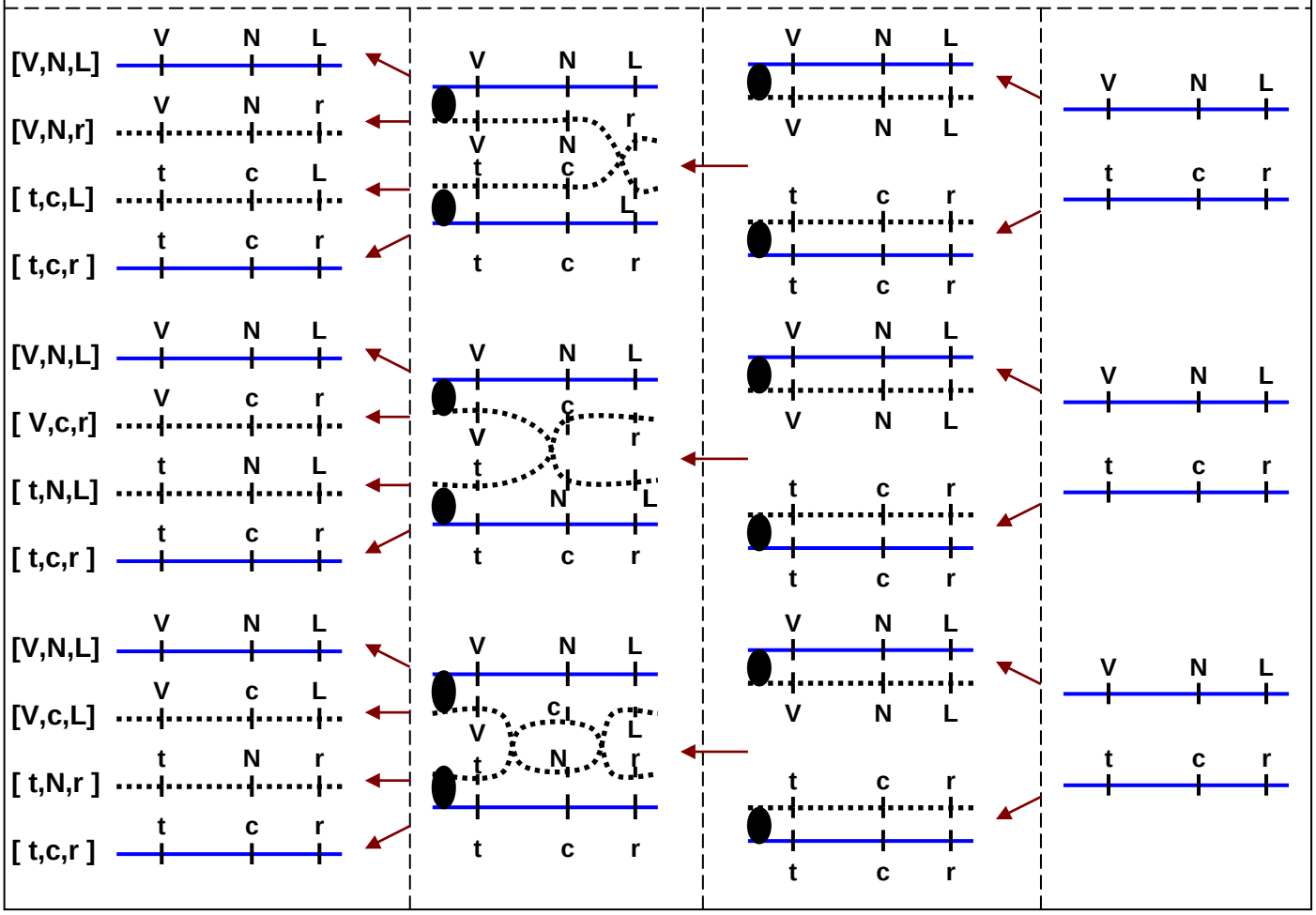
- 1.6 % = 100.(16/1000) بنسبة [V,N ,r]
- 0.3 % = 100.(3/1000) بنسبة [V,c,L]
- 5.5 % = 100.(55/1000) بنسبة [V,c,r]
- 5.9 % = 100.(59/1000) بنسبة [t,N,L]
- 0.5 % = 100.(5/1000) بنسبة [t,N,r]
- 2 % = 100.(20/1000) بنسبة [t,c,L]

مظاهر جديدة التركيب بنسبة 15.8 %

www.datasvt.com

3) نلاحظ أن نسبة المظاهر الخارجية الأبوية كبيرة جدا بالمقارنة مع المظاهر الخارجية الجديدة التركيب. نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة. ويفسر ظهور تركيبات جديدة لدى النبتة بحدوث ظاهرة العبور الصبغي عند تشكل الأمشاج لدى الأب الهجين F_1 (أنظر الوثيقة 16).

الوثيقة 17: حالات العبور الصبغي وتفسير التركيبات الجديدة.



4) حساب المسافة بين المورثات:

❖ المسافة بين القد ولون الأوراق هي: $d(V\text{-}N) = \frac{5+59+55+3}{1000} \times 100 = 12.2$ cMg

❖ المسافة بين القد وشكل الثمار هي: $d(N\text{-}L) = \frac{16+3+5+20}{1000} \times 100 = 4.4$ cMg

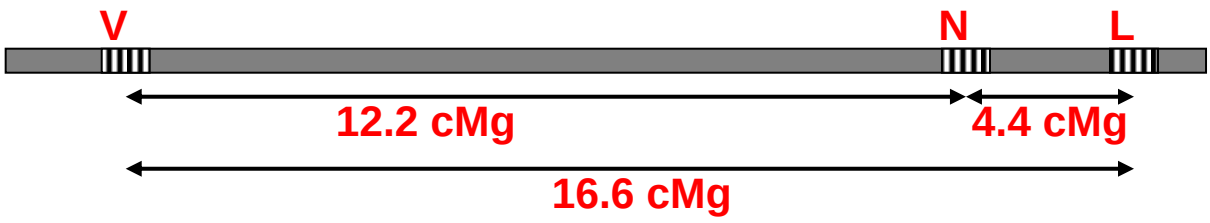
❖ المسافة بين اللون وشكل الثمار هي: $d(V\text{-}L) = \frac{+55+59+20}{1000} \times 100 = 15$ cMg

نلاحظ أن: $d(V\text{-}L) = d(V\text{-}N) + d(N\text{-}L)$ نستنتج من هذا أن المورثة (N,c) تتموضع بين المورثتين (V,t) و(L,r).
نلاحظ كذلك حدوث عبور مزدوج بين L وv، ولم يحتسب خلال تحديد المسافة بين المورثتين، لذلك فان $d(V\text{-}L) < d(V\text{-}N) + d(N\text{-}L)$. ادن يجب الأخذ بعين الاعتبار وقوع عبورين في نفس الوقت وبذلك فالمسافة d(V-L) هي:

$$d(V\text{-}L) = \frac{16+55+59+20 + (2X(5+3))}{1000} \times 100 = 16.6 \text{ cMg}$$

www.datasvt.com

5) الخريطة العاملية هي تمثيل لصبغي على شكل خط طولي، ترتب عليه المورثات حسب تموضعها النسبي فوق الصبغيات.



الخـــريـــطـــة العـــامـــلـــيـــة

ب – التهجين عند ذبابة الخل.

a - تمرين أنظر الوثيقة 18.

الوثيقة 18: التهجين لدى ذبابة الخل.

تم تزاوج أول بين أنثى من ذباب الخل من سلالة نقية ذات جسم رمادي Gris وعيون ملساء Lisse وأجنحة كاملة Complètes مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر Jaune وعيون حرشاء Rugueuses وأجنحة مبتورة Tronquées. فحصلنا في الجيل F_1 على خلف متجانس ذو جسم رمادي، عيون ملساء، وأجنحة كاملة.

تم تزاوج ثاني بين أنثى من الجيل الأول F_1 مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة. فحصلنا في الجيل F_2 على 2880 ذبابة خل موزعة على 8 مظاهر خارجية:

- 1080 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
- 78 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
- 1071 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون حر شاء، وأجنحة مبتورة.
- 66 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
- 293 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.
- 6 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
- 282 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
- 4 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التزاوجات؟
2) عن ماذا يعبر تركيب الجيل F_2؟

باستعمال الرموز التالية: جسم رمادي (G,g)، عيون ملساء (L,l)، أجنحة كاملة (C,c)، جسم أصفر (J,j)، عيون حرشاء (R,r)، أجنحة مبتورة (T,t). أعط تفسيرا صبغيا لنتائج التزاوج الأول والتزاوج الثاني.

3) أعط تفسيرا صبغيا لهذه التزاوجات.
4) أحسب المسافة بين المورثة j وr. و بين المورثة r وt. و بين المورثة j وt.
5) استنتج التموضع النسبي للمورثات الثلاث، ثم أنجز الخريطة العاملية بالنسبة لهذه المورثات.

b - حل التمرين:

1) تحليل واستنتاج:

★ لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية يتعلق الأمر إذن بالهجونة الثلاثية Trihybridisme.
★ كل أفراد الجيل F_1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة.
وتطبيقا للقانون الأول لـ Mendel فان الصفات جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة سائدة على الصفات جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
لقد تم التزاوج الثاني بين فرد من F_1 غير متشابه الاقتران، نمطه الوراثي معروف، مع فرد من النمط الأبوي ثلاثي التنحي نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Backcross، الغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

www.datasvt.com

★ يعطي التزاوج الثاني جيل F_2 يتكون من 8 مظاهر خارجية بالنسب التالية:

- الأفراد [G,L,C] النسبة المئوية: (1080/2880)X100 = 37.50 %
- الأفراد [j, r, t] النسبة المئوية: (1071/2880)X100 = 37.19 %

أنماط أبوية 74.69 %

- الأفراد [G,L, t] النسبة المئوية: (293/2880)X100 = 10.17 %
- الأفراد [j, r, C] النسبة المئوية: (282/2880)X100 = 9.79 %
- الأفراد [j, L, C] النسبة المئوية: (78/2880)X100 = 2.71 %
- الأفراد [G, r, t] النسبة المئوية: (66/2880)X100 = 2.29 %
- الأفراد [G,r,C] النسبة المئوية: (6/2880)X100 = 0.21 %
- الأفراد [j, L, t] النسبة المئوية: (4/2880)X100 = 0.14 %

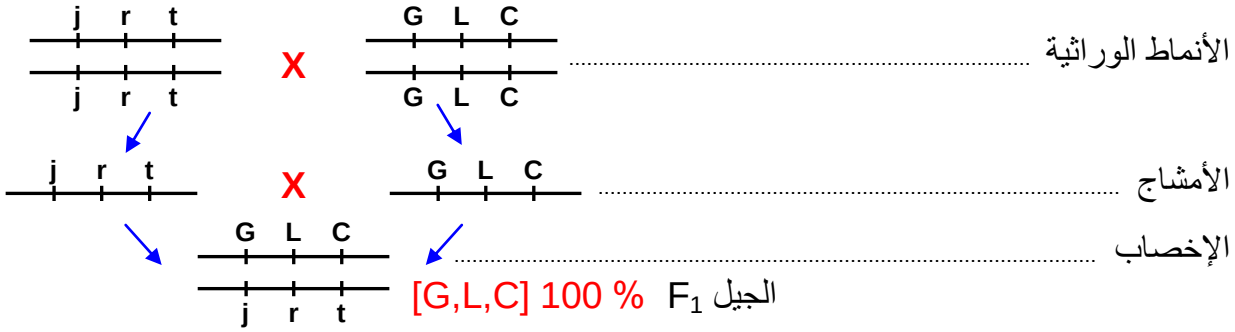
أنماط جديدة التركيب 25.31 %

نلاحظ أن الأنماط الجديدة التركيب تظهر بنسب ضعيفة مقارنة بالأنماط الأبوية، نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة.

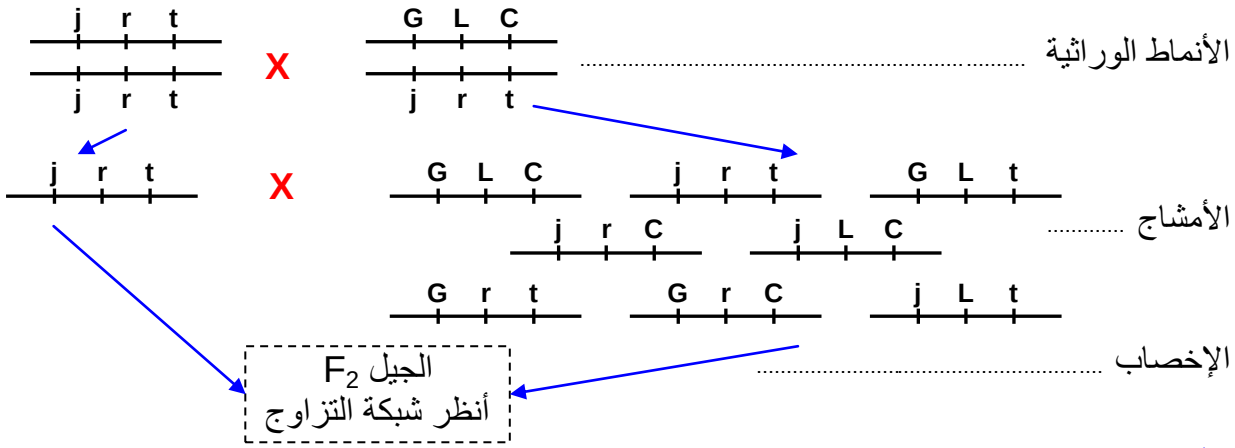
2) إن تركيب الجيل F_2 يعبر عن تركيب أنماط الأمشاج الأنثوية، لأن الذكر هو من سلالة نقية وثلاثي التنحي، فانه لن ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج.أنظر الوثيقة.

3) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .** المظاهر الخارجية لـ P :..... ♀ [G,L,C] X ♂ [j, r, t]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.** المظاهر الخارجية لـ P :..... ♀ [G,L,C] X ♂ [j, r, t]



شبكة التزاوج

♀ / ♂	G L C	j r t	G L t	j r C	G r t	j L C	G r C	j L t
G L C	G L C / j r t	G L C / j r t	G L t / j r t	j r C / j r t	G r t / j r t	j L C / j r t	G r C / j r t	j L t / j r t
المظاهر الخارجية	[G,L,C]	[j,r,t]	[G,L,t]	[j,r,C]	[G,r,t]	[j,L,C]	[G,r,C]	[j,L,t]

www.datasvt.com

4) حساب المسافة بين المورثة j و r: d(j-r)

d(j-r) = ((4+6+66+78)/2880)X100 = 5.35 cMg

حساب المسافة بين المورثة r و t: d(r-t)

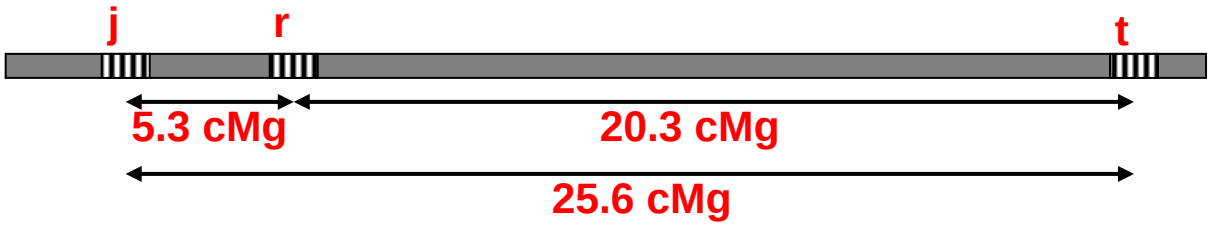
d(r-t) = ((4+6+282+293)/2880)X100 = 20.31 cMg

حساب المسافة بين المورثة j و t: d(t-j)

d(t-j) = ((2X(4+6)+66+78+282+293)/2880)X100 = 25.66 cMg

5) يتبين من النتائج المحصل عليها في السؤال السابق أن: d (j-t) ≈ d(r-j) + d(r-t)

نستنتج من هذا أن المورثة r تتواجد بين المورثة j والمورثة t، وبالتالي فللخريطة العاملية بالنسبة للمورثات الثلاث ستكون على الشكل التالي:



الخـــريـــطـــة العـــامـــلـــيـــة

ملاحظات:

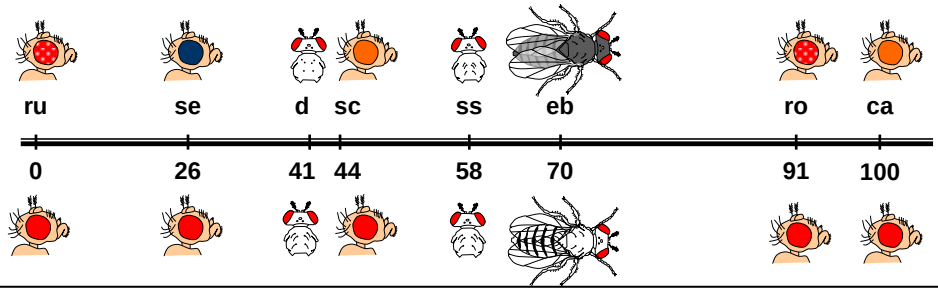
★ مكن إجراء عدة تزاوجات ودراسة مورثات مختلفة، من تحديد تموضع نسبي لعدة مورثات عند مجموعة من الكائنات الحية، ويوضح الشكل أ من الوثيقة 19 جزءا من الخريطة العاملية للصبغي 3 عند ذبابة الخل.

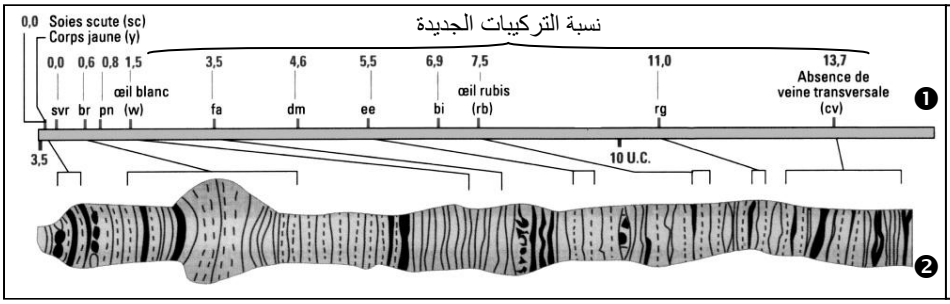
★ لقد مكنت الملاحظة المجهرية لصبغيات عملاقة في مستوى الغدد اللعابية ليرقات ذبابة الخل من الكشف عن وجود أشرطة متعاقبة تختلف حسب تلوينها، وسمكها، ولها ترتيب ثابت بالنسبة لصبغي معين. وقد تبين أن كل خلل في تعاقب هذه الأشرطة يؤدي إلى خلل في ظهور الصفات المتوحشة وظهور صفات جديدة.
انطلاقا من هذه الملاحظات تمكن الباحثون من وضع خرائط صبغية (carte chromosomique, Cytologique ou physique) ، توضح التموضع المضبوط وليس النسبي للمورثات على الصبغيات أنظر الشكل ب من الوثيقة 19.

الوثيقة 19: الخريطة العاملية والخريطة الصبغية.

الشكل أ: الخريطة العاملية للصبغي 3 عند ذبابة الخل (المسافة بالسنتمتر –d'après E. Altenburg–)

ru = roughoid (oeil rugueux)
se = sepia (œil foncé)
d = dichaete (soies thoraciques absentes)
sc = scarlet (oeil vermillon)
ss = spineless (soies très courtes)
eb = ebony (corps noir)
ro = rough (oeil rugueux)
ca = claret (oeil rouge)





الشكل ب: الخريطة الصبغية لصبغي عند ذبابة الخل.

❶ = خريطة عاملية.
❷ = خريطة صبغية.

www.datasvt.com

خلاصة: أنظر الوثيقة 20.

الوثيقة 20: حصيلة القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية.

			النسب الإحصائية		حالة خاصة
			الجيل الأول F_1	الجيل الثاني F_2	
الهجونة الأحادية (أبوان من سلالة نقية)	سيادة تامة		100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	1/4 ، 3/4	في حالة مورثة مرتبطة بالجنس، لا يعطي تزاوج ذكر من سلالة A بأنثى من سلالة B نفس نتيجة التزاوج العكسي، أي أنثى من سلالة A بذكر من سلالة B.
	تساوي السيادة		100 % صفة وسيطة	1/4 ، 1/4 ، 1/2	
الهجونة الثنائية (أبوان من سلالة نقية)	مورثتان مستقلتان	سيادة تامة بالنسبة للحليلين	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	1/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 9/16	
		سيادة تامة بالنسبة لزوج حليلي وتساوي السيادة بالنسبة للآخر	جيل متجانس له الصفة السائدة بالنسبة للزوج الحليلي الأول، وصفة وسيطة بالنسبة للزوج الحليلي الثاني	1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 6/16	
		تساوي السيادة بالنسبة للزوجين الحليلين	جيل متجانس له صفتين وسيطتين بالنسبة للزوجين الحليلين.	1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 4/16	
	مورثتان مرتبطتان	أحد الأبوين سائد والآخر متنحي	100 % صفة الأب ذي الحليلين السائدين.	1/4 ، 3/4	

www.datasvt.com

الوحدة الثانية

التغير وعلم وراثة الساكنة

مدخل عام :

الساكنة هي مجموعة من الأفراد من نفس النوع يعيشون في مجال جغرافي معين و قادرين على التزاوج فيما بينهم. ومن تم فمفهوم الساكنة يستحضر عدة معايير:

- **جغرافي:** أفراد تستوطن مجال جغرافي معين في فترة زمنية معينة.
- **وراثي:** ذخيرة وراثية مشتركة، أفراد تنتمي إلى نفس النوع.
- **بيئي:** أفراد يعيشون في نفس المجال الجغرافي، وفي تفاعل مستمر مع الوسط وفيما بينهم.
- **بيولوجي:** إمكانية التزاوج بين الأفراد.

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

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

إذا كانت الوراثة الماندلية 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 الماندلية على مستوى الساكنة.

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

www.datasvt.com

الفصل الأول:
الدراسة الكمية للتغير: القياس الإحيائي

مقدمة: أنظر اللوحة 1

خلال الدروس السابقة من علم الوراثة تطرقنا إلى كيفية انتقال الصفات الوراثية عند الكائنات الثنائية الصيغة الصبغية، الأمر يتعلق بالصفات النوعية والتي يمكن تصنيفها إلى مظاهر خارجية مميزة بعضها عن الأخر:كحالة لون البذور عند الذرة : المظهر الأصفر يتميز عن المظهر الأسود، و طول الأجنحة عند ذبابة الخل :الأجنحة الطويلة تتميز عن الأجنحة ألأثرية ...
تنعت الوراثة هنا بالوراثة المانديلية :هذا النوع من الصفات له علاقة بمورثة واحدة أو بعدد محدود من المورثات وهي لا تتأثر بالعوامل الخارجية.
بالمقابل هناك صفات وراثية أخرى ذات أهمية كبيرة خاصة في المجال الفلاحي تظهر تنوعا كبيرا حيث يصعب معه تحديد مظاهر خارجية منفصلة بل تتميز بسلسلة من المظاهر الخارجية:كطول النباتات أو نسبة نمو الحيوانات أو عدد البذور المنتجة ...
هذه الصفات الكمية تكون عادة مرتبطة بعدد كبير من المورثات وتتأثر بالعوامل الخارجية ,وبما أنها كمية فإنها قابلة للقياس.
إليك الجدول التالي لفهم خصائص وأهداف الوراثة الكمية مقارنة بالوراثة النوعية التي سبق التطرق إليها:

الوراثة المانديلية	الوراثة الكمية
تهتم بطبيعة الصفة الوراثية	تهتم بقيمة الصفة وليس بطبيعتها
كل صفة تتميز بمظاهر خارجية مميزة بعضها عن الأخرى	مظاهر خارجية يصعب تحديد الحدود بين مظهر وأخر موالي
كل صفة مرتبطة بمورثة أو بعدد محدود من المورثات	الصفة مرتبطة بتأثير عدد كبير من المورثات
المظهر الخارجي ناتج عن تأثير المورثة دون تدخل العوامل الخارجية	المظاهر الخارجية نتاج تأثير المورثات و العوامل الخارجية
الدراسة تتم بإنجاز تزاوجات بين سلالات أبوية ثم القيام بتحديد نسب مختلف المظاهر الخارجية المحصل عليها عند الأجيال الموالية	الدراسة تهتم بالساكنة حيث نعتبر كل التزاوجات المحتملة ونهتم بعد ذلك بقياس تابثات إحصائية لتحديد خصائص الصفة المدروسة على نطاق أوسع

يهدف قياس الصفات الوراثية الكمية عند الساكنة إلى تحديد مدى تجانس هذه الساكنة، ورصد بعض الصفات المرغوب فيها خاصة في مجال تربية الحيوانات وفي المجال الفلاحي من أجل تحسين مردودية الإنتاج (الانتقاء الاصطناعي)، وهكذا فالعلم الذي يهتم بهذه القياسات يعرف بعلم القياس الإحيائي.

I – الطرق الإحصائية المعتمدة في علم القياس الإحيائي La biométrie:

تتميز الكائنات الحية بمجموعة من الصفات الكمية التي يمكن قياسها ودراستها إحصائيا، وتنعت بالمتغيرات. نذكر من بينها الوزن، الطول، عدد البذور في الثمرة، عدد المواليد بالنسبة لكل حمل، كمية الحليب المنتجة من طرف الأبقار، نسبة الكولسترول في الدم، ...

- تجميع المعطيات الإحصائية المرتبطة بالمتغير المدروس(الوزن، القد، القامة، إنتاج الحليب، عدد البذور...).
- ترتيب هذه المعطيات بشكل تصاعدي أو تنازلي لنحصل على سلسلة من القياسات.(في بعض الحالات نقتصر على ترتيب السلسلة على شكل أقسام ...).
- تحويل المعطيات الرقمية إلى بيانات من أجل تسهيل قراءتها.
- تحليل المعطيات وتفسيرها, من أجل إجراء المقارنات داخل نفس الساكنة أو بين ساكنات قابلة للمقارنة، نلجأ إلى بعض الثابتات الرياضية.

① التغير غير المتواصل للصفات الكمية:

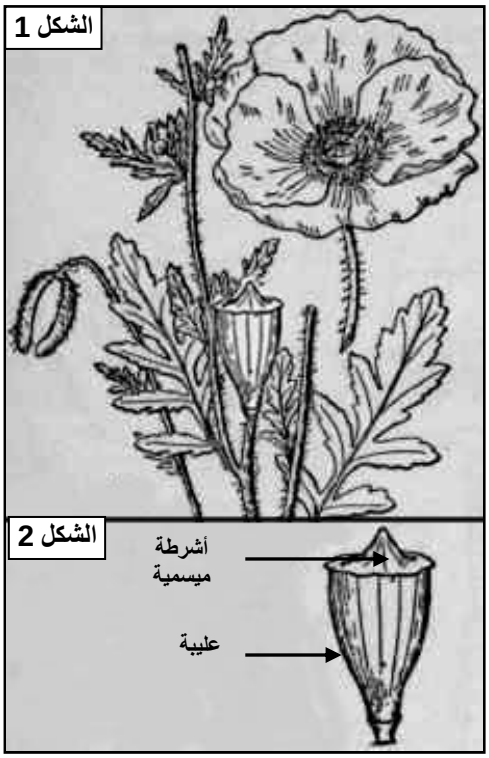
www.datasvt.com

أ – معطيات إحصائية عند نبات شقائق النعمان (أنظر نشاط 1، لوحة1).

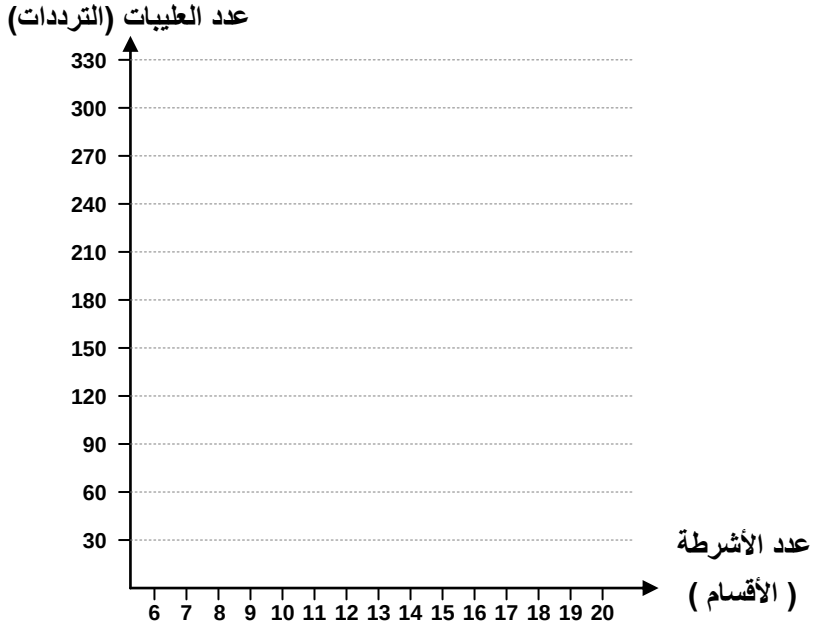
① نشاط 1: التغير غير المتواصل للصفات الوراثية الكمية.

يكون نبات شقائق النعمان Anemone coronaria (الشكل 1) بعد نضجه ثمرة تسمى العليبة، تنقسم كل عليبة بفواصل إلى حجيرات، وتظهر الفواصل في غطاء العليبة على شكل أشرطة ميسمية (الشكل 2).
يختلف أفراد هذا النوع فيما بينهم من حيث عدد الفواصل مما يشكل نموذجا للدراسة الكمية للتغير غير المتواصل.
في إطار دراسة إحصائية لعدد الأشرطة الميسمية قام Pearson (1900) عند مجموعة من ثمار شقائق النعمان بعد الأشرطة الميسمية، فحصل عل النتائج المبينة على الجدول أسفله:

عدد الأشرطة	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
عدد العليبات	1	9	35	110	162	236	308	320	304	235	132	51	18	4	2



1) حلل هذه المعطيات، واستنتج طبيعة التغير.
2) أنجز التمثيل البياني لهذا المتغير: (منحنى الترددات ومضلع الترددات)
3) صف تطور منحنى الترددات ثم استخرج المتغير الأكثر تكرارا.



لقد نظمت مياسم شقائق النعمان في 15 مظهرا، حسب عدد الأشرطة الميسمية، يمثل كل منها قسما، ويقابل كل قسم عدد من الأفراد يسمى التردد. أما عدد الأشرطة فيمثل المتغير.
نلاحظ أن المتغير المدروس هنا يأخذ فقط عددا محدودا من القيم (لا يمكن أن نجد أشكالا وسيطة من الأشرطة الميسمية) لذا نتكلم عن التغير غير المتواصل. Variation discontinu

ب – التعبير البياني:

لجعل المعطيات الرقمية أكثر وضوحا، وتسهيل قراءتها وتحليلها، نقوم بتجميعها على شكل بيانات. ومن بين التمثيلات البيانية المستعملة في تجميع هذا النوع من القياسات الكمية:

✶المخطط العصوي Diagramme en bâtons:

باستعمال متعامد ممنظم نضع على محور الأفاصيل مختلف قيم المتغير، وعلى محور الأراتيب مختلف الترددات المحصلة.بواسطة نقط، نمثل على الممنظم كل قيمة من قيم المتغير، حسب التردد المقابل لها.
نصل كل نقطة بأفصولها في محور الأفاصيل بواسطة خط عمودي. (أنظر المبيان، لوحة1).

www.datasvt.com

✶مضلع الترددات ومنحنى الترددات Polygone et courbe de fréquences:

بعد انجاز المخطط العصوي، نصل النقط العليا النهائية لأعمدة هذا المخطط بعضها ببعض بواسطة قطع مستقيمة، فنحصل بذلك على مضلع الترددات.

بتسوية حدود مضلع الترددات، نحصل على منحنى الترددات، والذي يميز توزيع ترددات التغير المدروس

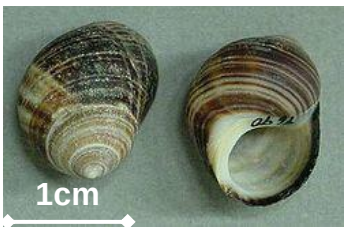
② التغير المتواصل للصفات الكمية:

أ – معطيات إحصائية عند قواقع جيبيل Gibbule (أنظر نشاط 2، لوحة2).

② نشاط 2: التغير المتواصل للصفات الوراثية الكمية.

نجمع عينة من 500 فرد من قواقع " جيبيل Gibbule"، ثم نقيس قطر القواقع بواسطة قدمة (pied à coulisse)، فنصنف بعد ذلك النتائج المحصلة إلى فئات من 0.5 mm، كل فئة تشكل قسما.

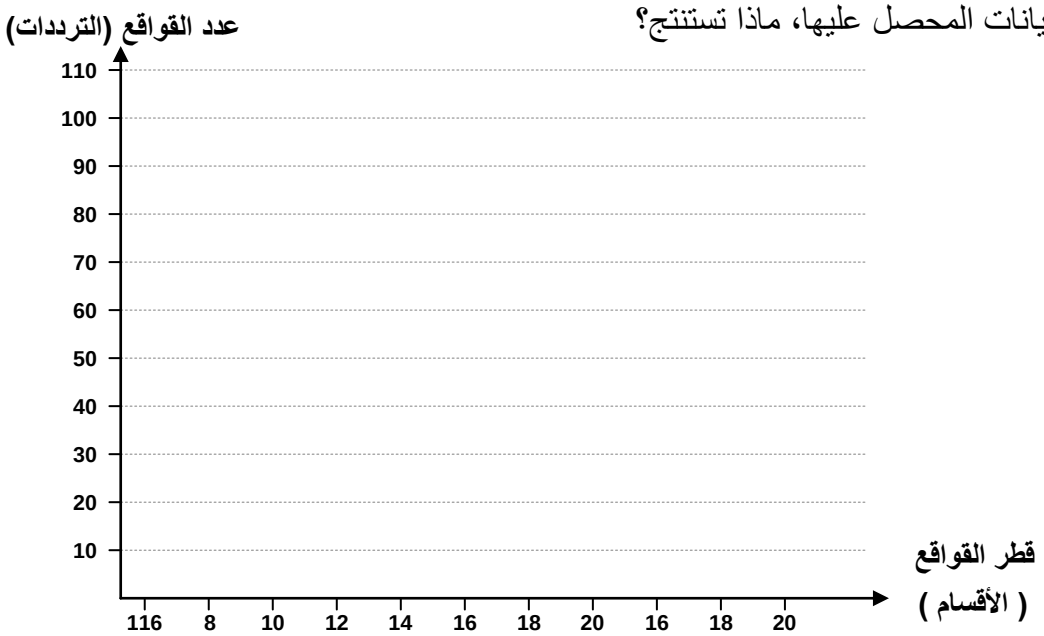
يعطي الجدول أسفله نتائج هذه الدراسة:



قواقع حيوان من معديات الأرجل يدعى جيبيل

قطر القواقع 10-1mm	-116 120	-121 125	-126 130	-131 135	-136 140	-141 145	-146 150	-151 155	-156 160	-161 165
الترددات	1	8	29	55	107	82	61	26	3	3

1) حلل هذه المعطيات، واستنتج طبيعة التغير.
2) أنجز التمثيل البياني لهذا المتغير.
3) حلل المبيانات المحصل عليها، ماذا تستنتج؟



نلاحظ في هذه الحالة أن المتغير المدروس يأخذ جميع القيم في مجال التغير (بما فيها القيم العشرية)، لذلك ينعت المتغير بكونه متواصل. في هذه الحالة عوض تمثيل كل القياسات المحصل عليها، نقتصر على تجميع القياسات المتقاربة داخل نفس القسم. مثال القسم [116 – 120]. يصبح التوزيع ادن عبارة عن متتالية من الأقسام،حيث يحافظ على نفس وسع المجال بالنسبة لكل الأقسام.(هنا مثلا وسع المجال هو 5)

ب – التعبير البياني: (أنظر المبيان، لوحة 2).

✶مدراج الترددات Histogramme de fréquences:

www.datasvt.com

باستعمال متعامد ممنظم نضع على محور الأفاصيل حدود الأقسام، وعلى محور الأراتيب مختلف الترددات المحصلة. يمثل كل قسم بمستطيل يكون طوله مساويا لقيمة التردد المقابل له.

✶مضلع الترددات Polygone de fréquences:

نحصل عليه انطلاقا من مدراج الترددات بوصل النقط المقابلة للقيم الوسيطة لمختلف الأقسام في القاعدة العليا للمستطيلات بعضها ببعض بواسطة قطع مستقيمة.وبتسوية حدود مضلع الترددات نحصل على منحنى الترددات.

③ ثوابت توزيع الترددات في دراسة التغير:

يبقى التمثيل البياني لتوزيع الترددات غير كاف لإجراء المقارنات والاستنتاجات المناسبة للمتغير المدروس. لهذا نلجأ عادة إلى ثابتات رياضية لمعرفة مدى تغير الساكنة والقيام بالمقارنات اللازمة.

أ – ثابتات الموضع:

تمكن بصفة عامة ومطلقة من موضعة القيم المتوسطة للمتغير التي تتوزع حولها القيم الأخرى، وهي:

★ المنوال Mode (Mo) :

يعبر المنوال في حالة التغير غير المتواصل عن قيمة المتغير الأكثر ترددا، وفي حالة التغير المتواصل يعبر عن قيمة وسط القسم الأكثر ترددا.

★ المعدل الحسابي ($\bar{X}$) Moyenne arithmétique:

هو مجموع قيمة كل متغير مضروب في قيمة تردده على عدد الأفراد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_1^i (f_i x_i)}{n}$$

$\bar{X}$ = المعدل الحسابي n = مجموع عدد أفراد الجماعة

f_i = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

x_i = قيمة المتغير في حالة التغير غير المتواصل أو قيمة وسط القسم أو الفئة في حالة المتغير المتواصل.

● مثال عند نبات شقائق النعمان:

المنوال: Mo = 13.

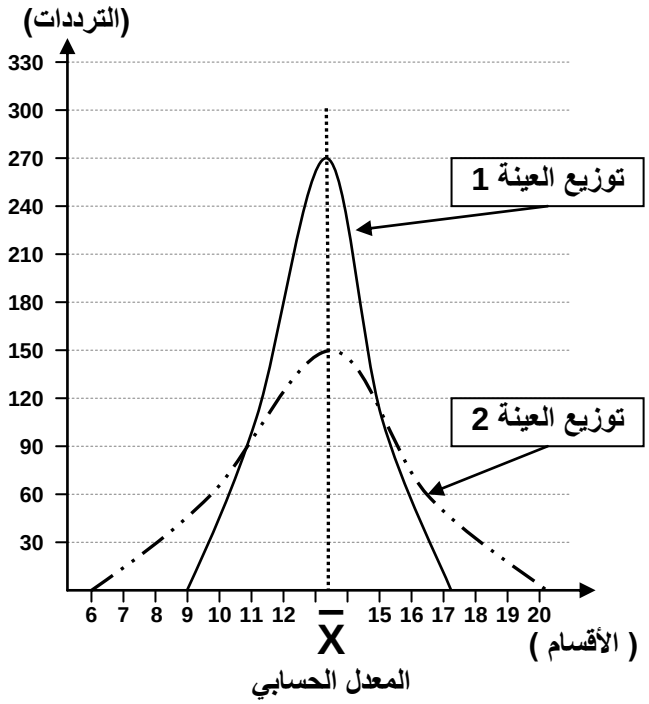
المعدل الحسابي $\bar{X}$:

$$\bar{X} = \frac{(6 \times 1) + (7 \times 9) + (8 \times 35) + \ldots + (20 \times 2)}{1927} = 12.77$$

● ملاحظة : يشير المعدل الحسابي للقيمة المتوسطة للمتغير (المعدل)، لكنه يبقى غير كاف لتحديد مميزات العينة المدروسة، بحيث يمكن لعينتين أن تشتركا في نفس المعدل الحسابي رغم اختلاف توزيع القياسات حول هذا المعدل. (أنظر الوثيقة1، لوحة2).

www.datasvt.com

الوثيقة 1



ب – ثابتات التشتت (التبدد):

تمكن من تقدير التغير وتشتت توزيع الترددات حول القيم المتوسطة وهي:

★ الفارق الوسطي الحسابي (E) Ecart moyen arithmétique:

هو معدل الفارق بين قيمة كل متغير والمعدل الحسابي، ويأخذ دائما قيمة موجبة، ويتم حسابه باستعمال المعادلة التالية:

$$E = \frac{\sum_{1}^{i} | x_i - \bar{x} | \times f_i}{n}$$

E = الفارق الوسطي الحسابي

$| x_i - \bar{x} |$ = فارق المتغير مع المعدل الحسابي
تستعمل القيمة المطلقة للفارق للتجرد من علامات القيم.

f_i = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

n = مجموع عدد أفراد الجماعة

★ المغايرة (V) Variance:

لجعل الفوارق موجبة يمكن اللجوء للتربيع. وعليه سيتم حساب معدل تربيع الفوارق بدل معدل الفوارق. ويسمى معدل تربيع الفوارق المغايرة (V).

$$V = \frac{\sum_{1}^{i} (x_i - \bar{x})^2 \times f_i}{n}$$

V = الفارق الوسطي الحسابي

f_i = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

n = مجموع عدد أفراد الجماعة

www.datasvt.com

★ الانحراف النمطي المعياري (σ) Ecart type:

هو الجدر التربيعي للمغايرة.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^i (x_i - \bar{x})^2 \times f_i}{n}}$$

σ = الفارق الوسطي الحسابي

f_i = تردد المتغير أو تردد قسم أو فئة المتغير

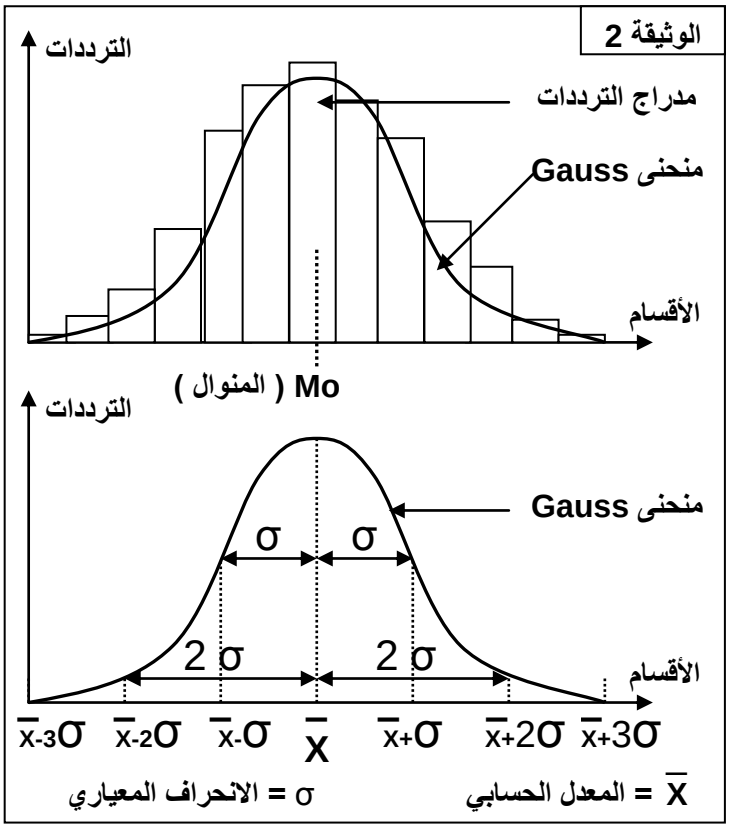
n = مجموع عدد أفراد الجماعة

نستعمل الانحراف النمطي المعياري والمعدل الحسابي لحساب مجال الثقة الذي يأخذ الدلالات التالية:

- في المجال $[\bar{X} - \sigma , \bar{X} + \sigma]$ نجد 68 % من أفراد الجماعة
- في المجال $[\bar{X} - 2\sigma , \bar{X} + 2\sigma]$ نجد 95.4 % من أفراد الجماعة

II – ما هي الدلالات الإحصائية لثابتات توزيع الترددات ؟

إن ملاحظة توزيع الترددات يشير إلى أنه خاضع لقواعد رياضية، وبذلك يمكن تعديل منحنى الترددات على شكل جرس متماثل محوريا يسمى القانون المنظمي أو منحنى Gauss. (أنظر الوثيقة2، لوحة2.)



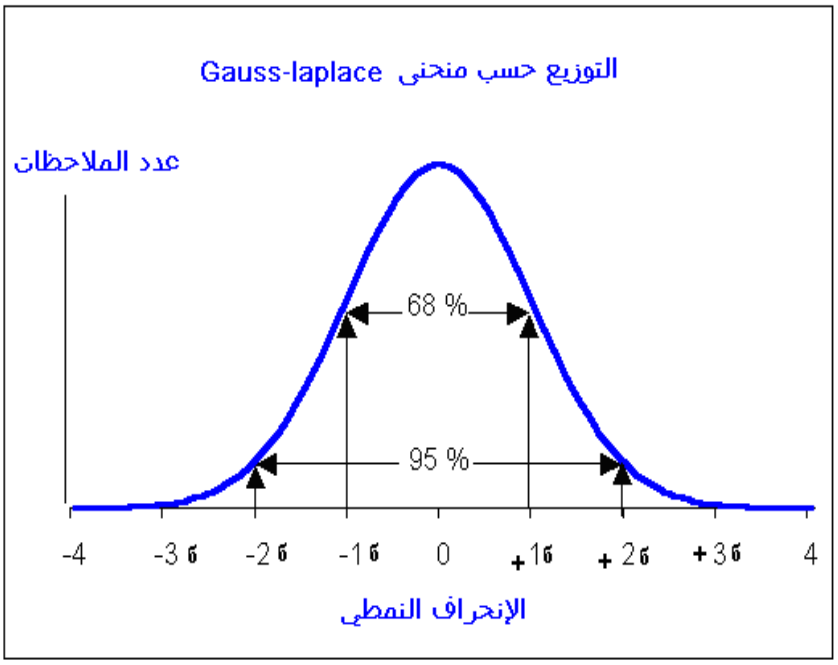
المتغايرة والانحراف النمطي يعبران عن تبدد المتغير خاصة، فهما معا مرتبطين بالمعدل الحسابي ويعبران عن التوزيع الحقيقي للمتغير خاصة إذا كان توزيع هذا الأخير عادي أي مطابق لمنحنى Gauss.

كلما كان الانحراف النمطي كبير كلما اعتبرنا تبدد قيم المتغير المدروس كبير بحيث يجب أن يغطي الانحراف النمطي 68% من قيم المتغير الملاحظة حول المعدل الحسابي.

www.datasvt.com

على هذا الأساس فالانحراف النمطي ثابت أساسي لمقارنة تبدد المتغير عند نفس الساكنة في أزمنة مختلفة، أو مقارنة التبدد عند ساكنات قابلة للمقارنة.

قيمة الإنحراف النمطي معبرة عندما يكون توزيع المتغير عادي أي وفق منحنى Gauss, في هذه الحالة 68% من الملاحظات منحصرة في المجال [X -1б , X+б] و 95% منحصرة في المجال [X -2б , X +2б] .



في بعض الحالات يصعب تفسير الانحراف النمطي بحيث أن القيمة الكبرى لا تعني بالضرورة تبدد كبير، لأن القيمة قد ترتبط كذلك بعدد الملاحظات بالنسبة للمتغير المدروس. لهذا وللتعرف على مدى تبدد توزيع المتغير نلجأ عادة إلى معامل التغير المرتبط هو الأخر بالمعدل الحسابي والذي يخضع للصيغة أمامه:

$$K = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{X}}$$

حسب قيمة هذا المعامل نستنتج شدة التبدد

K ≤ 15% نعتبر التبدد ضعيف والجماعة متجانسة

15% ≤ K ≤ 30% التبدد متوسط والتجانس كذلك متوسط

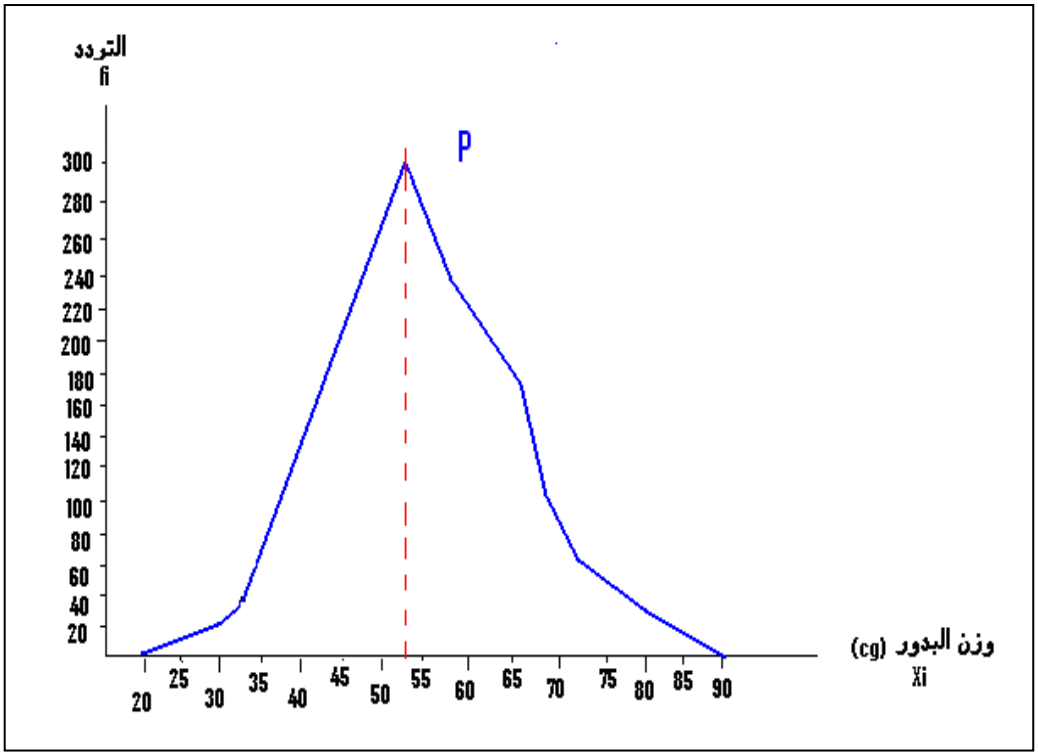
K ≥ 30% التبدد قوي والجماعة غير متجانسة

III – أهمية القياس الإحيائي في الانتقاء:

يظهر البيان التالي منحنى الترددات بالنسبة لتوزيع كتلة البذور عند الفاصوليا:

عدد البذور داخل السنفة	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
عدد السنفات Gousse	3	8	10	20	26	35	22	9	5	2

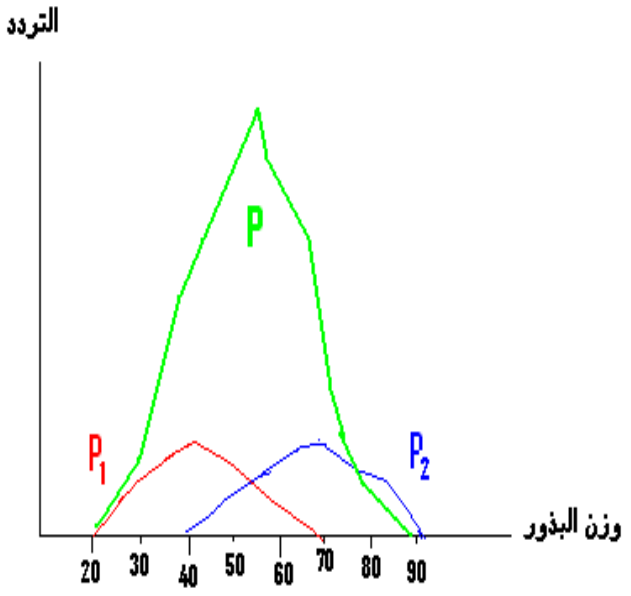
www.datasvt.com



نلاحظ أن المنحنى المحصل عليه أحادي المنوال مما يوحي بتجانس العينة المدروسة بالنسبة لصفة الوزن. فهل فعلا هذه العينة متجانسة ؟

للتأكد من ذلك نقوم بالانتقاء الاصطناعي: نقوم بعزل البدور الخفيفة (المنتمية للقسم الأول [20-25]) عن البذور الثقيلة (المنتمية للقسم الأخير [85-90]).
ونقوم بزرع كل صنف في وسطين منعزلين, النباتات المحصل عليها تخضع بعد ذلك للإخصاب الذاتي (تلقيح الزهور بحبوب لقاح نفس النباتات). بعد الإثمار ننجز نفس الدراسة الإحصائية السابقة على البذور المحصل عليها عند العينتين, نحصل على منحنيات الترددات التالية:

نلاحظ أننا نحصل على مضلعين للتردد كلاهما أحادي المنوال مع اختلاف واضح في منوال كل مجموعة: البذور الخفيفة (P1) ومجموعة البذور الثقيلة (P2). هذه النتائج تعبر على أن الجماعة P غير متجانسة بالنسبة للصفة المدروسة، بحيث نلاحظ أن الانتقاء داخل هذه الجماعة مكننا من عزل جماعتين متباينتين P1 و P2 كلاهن تشكل سلالة.
للكشف عن تجانس السلالتين نقوم بعملية اصطفاء جديدة. وفي حالة حصولنا على نتائج مشابهة،(الانتقاء غير فعال) سنعتبر السلالتين نقيتين.



في الطبيعة ظاهرة الانتقاء الطبيعي تنتج عن التنافس الحيوي بين أفراد نفس الجماعة، هذا التنافس يهدف إلى استمرار الكائنات المفضلة.

www.datasvt.com

يلجأ الإنسان إلى الانتقاء الاصطناعي للحصول على بعض الأنواع الحيوانية والنباتية ذات مرد ودية الإنتاج العالية...

IV – تطبيقات :

التمرين الأول:

المثال الأول: قمنا بوزن كتلة البذور عند جماعة من الجلبانة, الدراسة شملت 1442 بذرة ويظهر الجدول التالي توزيع تردد هذه البذور حسب الكتلة:

الوزن(cg)=Xi	[20-25[	[25-30[	[30-35[	[35-40[	[40-45[	[45-50[	[50-55[	[55-60[	[60-65[	[65-70[	[70-75[	[75-80[	[80-85[	[85-90]
عدد البذور=fi	3	5	32	90	180	540	340	150	80	38	10	6	4	2

1) هل يتعلق الأمر بتغير متواصل أم غير متواصل؟ علل جوابك.
2) أنجز منحنى الترددات المناسب وماذا تستنتج من قراءتك لهذا المنحنى فيما يتعلق بتوزيع وزن البذور عند هذه العينة المدروسة؟
3) أحسب المعدل الحسابي والإنحراف النمطي مبرزا تفاصيل هذه القياسات.
4) أنجز منحنى Gauss المناسب لتوزيع هذا المتغير.
5) حدد احتمال تموضع وزن البذور في المجالات التالية: [σ- .σ+] و [2σ-. 2σ+] .

التمرين الثاني:

يظهر الجدول التالي نتائج قياسات أنجزت عند نوع من الأبقار المستوردة والمنتجة للحليب: القياس يهم توزيع تردد الأفراد حسب كمية الحليب المنتجة في اليوم (Kg).عدد الجماعة المدروسة 50 فرد.

كمية الحليب(Xi)	16-13	19-16	22-19	25-22	28-25	31-28	34-31	37-34	40-37
التردد (fi)	2	6	8	12	10	5	4	2	1

1) هل يتعلق الأمر بمتغير متواصل أم غير متواصل ؟علل جوابك.
2) أنجز مدراج ومضلع الترددات المناسبين .
3) أحسب ثابتات الموضع وثابتات التبدد .
4) حدد احتمال القياس المنحصر في المجال التالي [2σ- , 2σ+]
5) بين كيف يمكن تأكيد أو نفي تجانس جماعة الأبقار المدروسة.

التمرين الثالث:

بعد القيام بالدراسة الإحصائية لتوزيع الترددات عند الدرة نسبة لوزن البذور حصلنا على منحنى الترددات أحادي المنوال:
1) ماذا يمكنك إستنتاجه من هذه الملاحظة بالنسبة لوزن البذور عند الساكنة المدروسة؟
2) كيف يمكنك التأكد من تجانس هذه الساكنة؟
3) بين أنماط الانتقاء الاصطناعي و ما الهدف منه في المجال الفلاحي؟

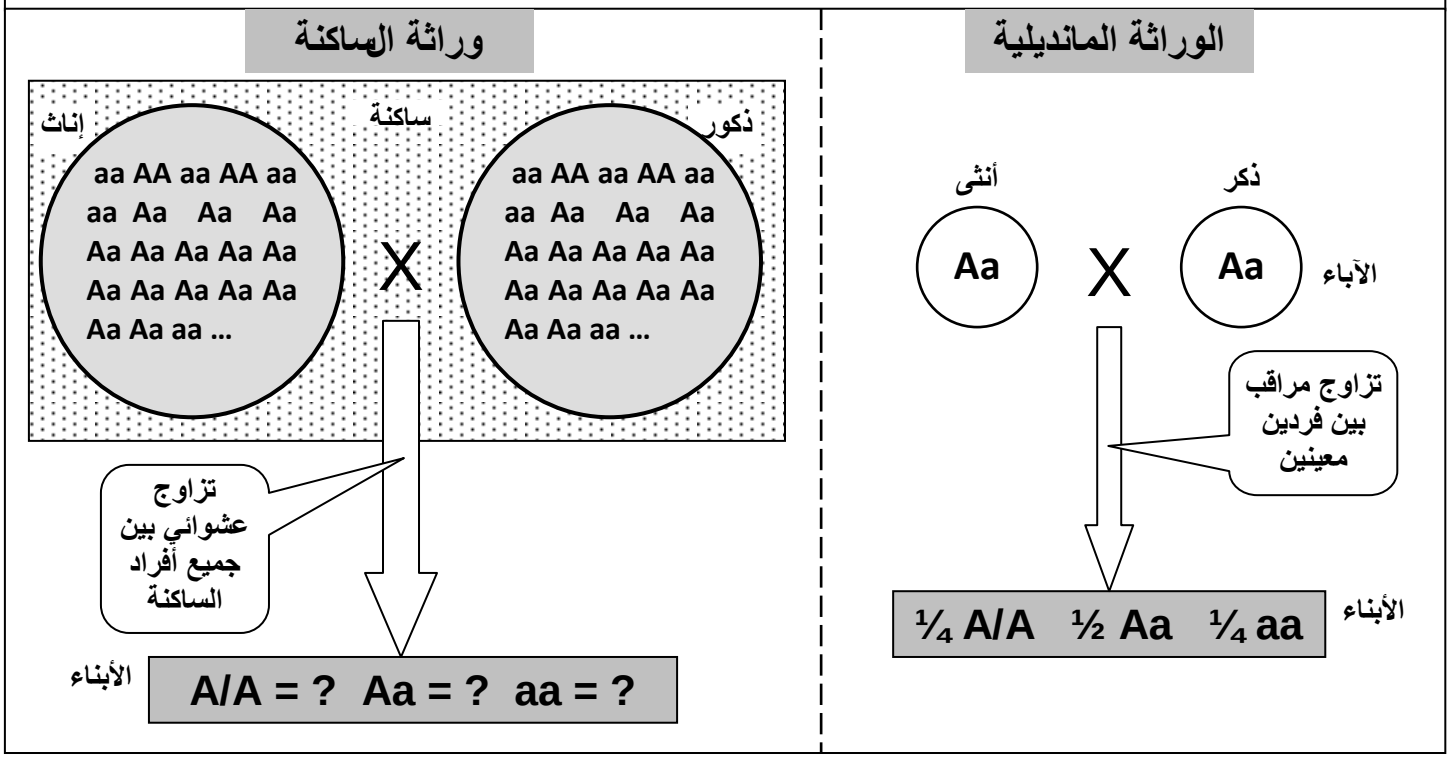
www.datasvt.com

الفصل الثاني:

علم وراثة الساكنة

مقدمة: أنظر الوثيقة1.

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



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

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

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

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

www.datasvt.com

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

① ملاحظة بعض أنواع الساكنات المستوطنة بالمغرب: أنظر الوثيقة2 والوثيقة 3.

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

الوثيقة 2

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

الوثيقة 3

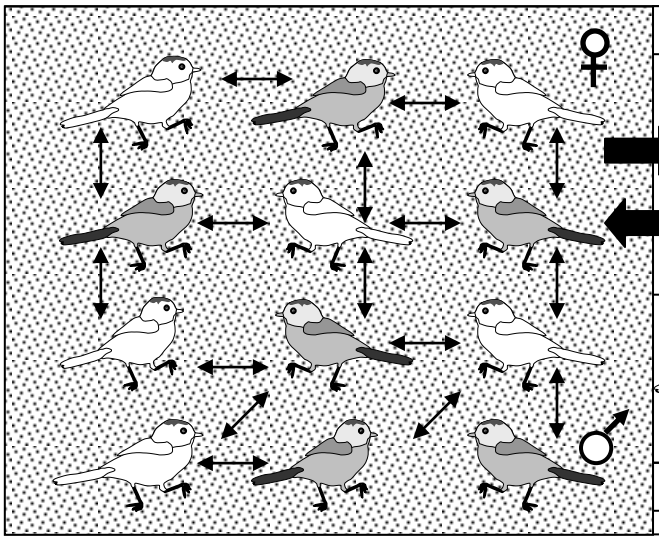
Macaca sylvanus المعروف بالقرد زعطوط هو نوع من القردة التي تستوطن المغرب، ويشكل ساكنة يبلغ عددها حاليا زهاء 10000 بين المغرب والجزائر.
تنتشر هذه الساكنة على الخصوص في غابات شجر الأرز بجبال الأطلس المتوسط، على ارتفاع يتراوح بين 1200 و2000 متر، يتميز بقدرته على تحمل التغيرات المناخية (صيف حار وجاف وشتاء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

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

② مفهوم الساكنة: أنظر الوثيقة 4.

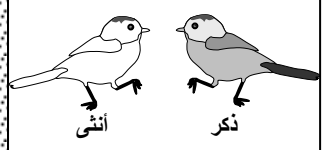
الوثيقة 4 : نموذج تفسيري لمفهوم الساكنة.

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



فقدان الأفراد

ولوج الأفراد



أفراد تنتمي لنفس النوع

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

= مجال توزيع الساكنة

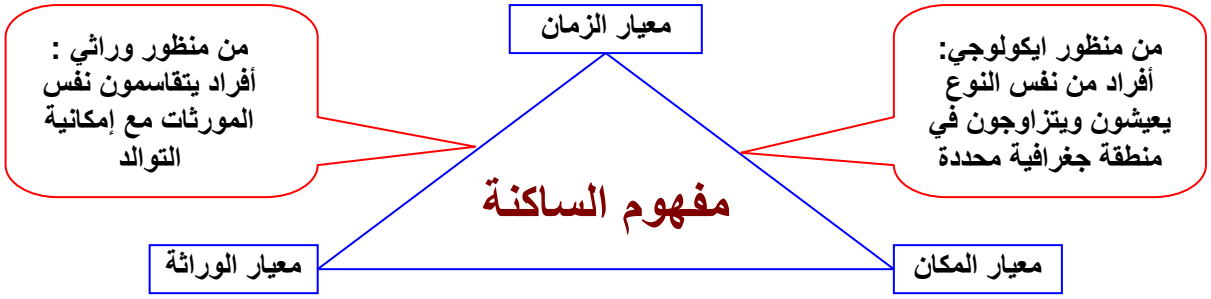
الساكنة La population هي مجموعة من الأفراد المنتمية لنفس النوع. وهي مجموعة تعيش في مجال جغرافي معين، يتمكن فيه كل فرد من أفرادها من التزاوج والتوالد مع أي فرد آخر من أفراد المجموعة.

www.datasvt.com

والساكنة ليست كيانا جامدا بل هي على العكس من ذلك بنية دينامية يتخللها تدفق للأفراد من خلال:

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

ويمكن توضيح الساكنة من خلال الرسم التالي:



③ المحتوى الجيني للساكنة:

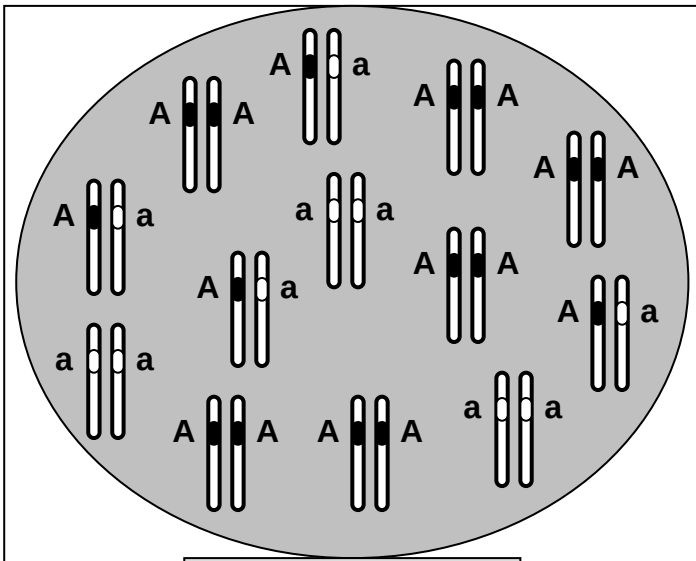
أ – تعريف المحتوى الجيني للساكنة:

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

ب – حساب التردادات باستعمال طريقة الاحتمالات:

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

الوثيقة 5:



المحتوى الجيني لساكنة P

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

⇨ $f(A) = D + H/2$

www.datasvt.com

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

⇨ $f(a) = R + H/2$

وهكذا يمكن حساب تردد حليل داخل ساكنة باستعمال الصيغة التالية:

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

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

- تردد المظاهر الخارجية:

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

- تردد الأنماط الوراثية:

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

- تردد الحليلات:

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

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

② قانون Hardy و Weinberg:

أ – نص القانون:

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

www.datasvt.com

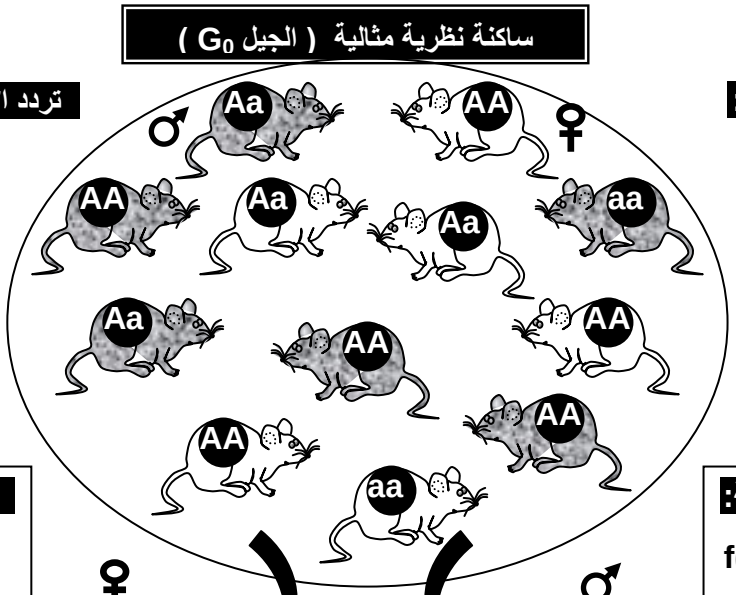
ب – برهنة القانون في حالة مورثة ذات حليلين:

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.

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



تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_0 :

f(AA) = ...

f(Aa) = ...

f(aa) = ...

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

= .....

تردد الحليلات في الجيل G_0 :

f(A) = p = ...

f(a) = q = ...

p + q = ...

تردد حليلات الأمشاج الذكرية:

f(A) = ...

f(a) = ...

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

.....

تردد حليلات الأمشاج الأنثوية:

f(A) = ...

f(a) = ...

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

.....

♀ الأمشاج الأنثوية

♂ الأمشاج الذكرية

التقاء الأمشاج بالصدفة أثناء الإخصاب

تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1:

f(AA) = ...

f(Aa) = ...

f(aa) = ...

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

.....

.....

شبكة التزاوج ⇦ الجيل G_1

♀ \ ♂	A p	a q
A p		
a q		

تردد الحليلات في الجيل G_1:

f(A) =

.....

f(a) =

.....

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

.....

.....

1) تردد الأنماط الوراثية والحليلات في الجيل G_0:

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

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

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

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

www.datasvt.com

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل G_1:

انطلاقا من شبكة التزاوج:

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

3) تردد الحليلات في الجيل G_1:

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

وبما أن $(p + q) = 1$ فان $f(A) = p$

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

وبما أن $(p + q) = 1$ فان $f(a) = q$

4) استنتاج:

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

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

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

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

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

وهكذا فتردد الأنماط الوراثية هو

$$f(AA) = p^2 \quad , \quad f(BB) = q^2 \quad , \quad f(OO) = r^2$$
$$f(AB) = 2pq \quad , \quad f(AO) = 2pr \quad , \quad f(BO) = 2qr$$

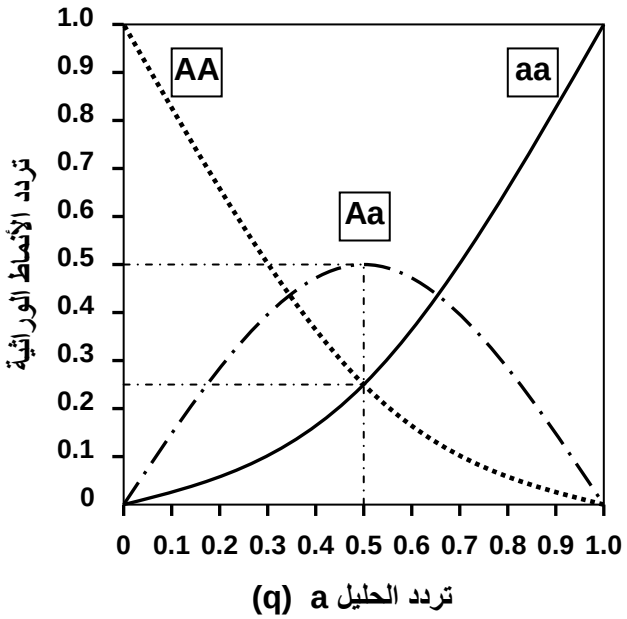
www.datasvt.com

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 الماندیلية في حالة تزاوج الهجناء مختلفي الاقتران.

الوثيقة 8: تردد الأنماط الوراثية بدلالة قيمة q حسب قانون H-W



بتطبيق المعادلات :

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

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

$f(aa) = q^2$

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

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

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

مقارنة :

.....

.....

.....

★ جواب :

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

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

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

① اختبار التوازن χ^2 (Khi deux):

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

- حساب χ^2 :

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

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

هي فارق عدد الأنماط الوراثية وعدد الحليلات المدروسة:

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

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

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

⬅ درجة الحرية ddl.

www.datasvt.com

الوثيقة 9: اختبار التوازن χ^2 :

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

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

② تطبيق قانون Hardy – Weinberg على ساكنة نظرية مثالية: (أنظر الوثيقة 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).

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

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

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

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

1) حساب الترددات عند الساكنة الأم :

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

★ تردد الحليلين R و b :

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

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

www.datasvt.com

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

إذن : $f(b) = q = \sqrt{0.04} = 0.2$

$q = 0.2$

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

$p = 0.8$

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

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

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

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

★ العدد النظري للأنماط الوراثية RR و Rb:

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

ادن عدد الأفراد الحاملين ل RR هو $f(RR) \times N = 0.64 \times 500 = 320$
وعدد الأفراد الحاملين ل Rb هو $f(Rb) \times N = 0.32 \times 500 = 160$
وعدد الأفراد الحاملين ل bb هو $f(bb) \times N = 0.04 \times 500 = 20$

2) حساب الترددات عند الساكنة البنت :
ينتج أفراد الساكنة الأم أمشاجا تتضمن الحليلين R و b بنفس التردد الذي توجد عليه في هذه الساكنة.
لننجز شبكة التزاوج:

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

ترددات الأنماط الوراثية عند الساكنة البنت هي : $f(RR) = p^2 = 0.64$
$f(Rb) = 2pq = 2 \times 0.16 = 0.32$
$f(bb) = q^2 = 0.04$

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

www.datasvt.com

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^+]، والحليل d متنحي بحيث النمط الوراثي dd يعطي الفصيلة [Rh^-].
في سنة 1976 أظهرت دراسة خصت 400 فرد من منطقة الباسك باسبانيا أن 230 منهم من الفصيلة [Rh^+].
بتطبيق قانون Hardy -Weinberg، أتمم الجدول التالي.

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

b – مثال ثاني: مرض Mucoviscidose (أنظر الوثيقة 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. (أستعمل الرمز m^+ بالنسبة للحليل السائد)
2) أحسب تردد الأفراد المصابين في هذه الساكنة.
3) أحسب تردد الأفراد مختلفي الاقتران في هذه الساكنة.

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

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

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

لنعتبر q تردد الحليل m و p تردد الحليل m^+.
نعلم أن $p + q = 1$ وأن $f(mm) = f(m) = q^2$

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

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

$$P = 1 – q = 1 – 0.018 = 0.982$$

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

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

www.datasvt.com

ب – حالة تساوي السيادة. (أنظر الوثيقة 13، ❶)

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

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

1) تردد مختلف الأنماط الوراثية في هذه الساكنة:

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

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

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

2) تردد الحليلين M و N :

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

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

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

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

★ تردد NN المنتظر يساوي p^2 ويتمثل في $(0.18)^2$ أي 0.032 ⇦ f(NN) = 0.032

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

★ تردد MN المنتظر يساوي 2pq ويتمثل في (2x0.18 x0.82) أي 0.295 ⇦ f(MN) = 0.295

www.datasvt.com

4) عدد الأنماط الوراثية النظري :

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

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

5) اختبار التوازن :

★ حساب قيمة χ^2 :

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

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

Eo = الأعداد الملاحظة Et والأعداد النظرية

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

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

★ حساب قيمة درجة الحرية ddl :

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

★ احتمال الخطأ α يساوي 0.05 أي 5 %

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

χ^2 العتبة المحسوبة < χ^2 العتبة المقروءة ⇦ { χ^2 قيمة العتبة المقروءة = 3.84 ; χ^2 قيمة العتبة المحسوبة = 0.05 }

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

خلاصة :

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

www.datasvt.com

المثال الثاني : اختبار توازن ساكنة (أنظر الوثيقة 13، ❷)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\chi^2 = 6087.42$$

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

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

www.datasvt.com

تمرين تطبيقي:

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

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

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

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

حل التمرين:

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

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

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

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

② حالة مورثات مرتبطة بالصبغيات الجنسية:

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

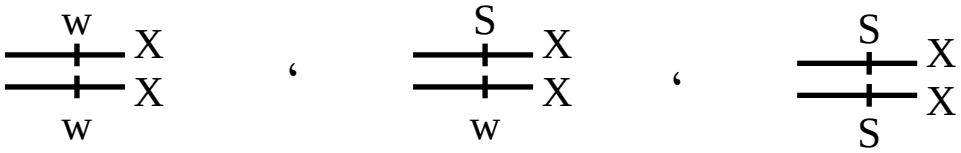
الوثيقة 14 : انتقال مورثة مرتبطة بالصبغي الجنسي X

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

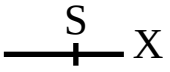
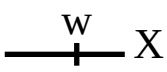
1) أعط الأنماط الوراثية الممكنة عند أفراد هذه الساكنة.
2) أحسب تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G_1. ثم قارن نتائج تطبيق قانون Hardy – Weinberg عند كل من الذكور والإناث.
3) ماذا تستنتج من تطبيق قانون H –W في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.
4) يساعد تطبيق قانون Hardy – Weinberg على توقع انتشار بعض الأمراض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

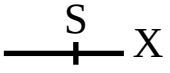
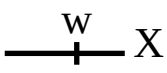
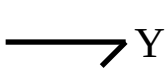
www.datasvt.com

1) الأنماط الوراثية الممكنة داخل هذه الساكنة :

★ عند الإناث :  ، ،

★ عند الذكور :

★ عند الأمشاج الأنثوية :  ، 

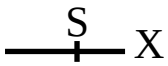
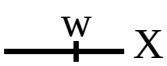
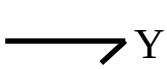
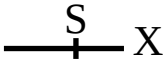
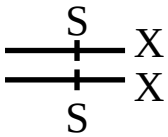
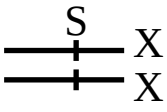
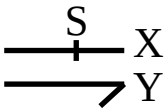
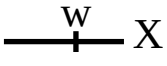
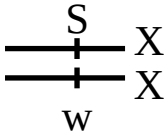
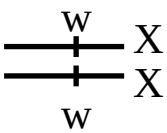
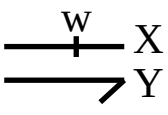
★ عند الأمشاج الذكرية :  ،  ، 

2) تردد الأنماط الوراثية في الجيل الثاني G_1 :

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

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

★ شبكة التزاوج في هذه الساكنة :

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

★ تردد الأنماط الوراثية عند الجيل الثاني G_1 :

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

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

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

www.datasvt.com

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

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

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

ب – تمرين تطبيقي. (أنظر الوثيقة 15)

الوثيقة 15 : تمرين تطبيقي

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

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

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

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

1) نحسب نسبة ظهور المرض:

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

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

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

2) نحسب نسبة ظهور المرض :

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

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

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

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

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

أي بنسبة 16.6 %

www.datasvt.com

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

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

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

ج – تمرين منزلي : لون الفرو عند القطط. (أنظر الوثيقة 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:

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

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

1) النمط الوراثي المناسب لكل مظهر خارجي هو :

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

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

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

تردد الحليل (Cn) يساوي q: $q = ((300x2)+50+300)/(360x2)+350 = 0.887$

ومنه تردد الحليل (Cj) يساوي p : $p = 1 – q = 1 – 0.887 = 0.113$

4) لا لأن الحليل Cn موجود في نسختين عند الأنثى [Cn]، وفي نسخة واحدة عند الأنثى [Cn,Cj]، أما الذكور [Cn] فيتوفرون على نسخة واحدة من الحليل Cn.

ومنه فان تردد الحليل Cn عند الإناث هو : $((300x2)+50))/(360x2) = 0.90$
وتردد الحليل Cn عند الذكور هو : $300/350 = 0.86$

www.datasvt.com

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

نعلم أن تردد الحليل Cn عند الإناث هو 0.9، بينما تردد نفس الحليل عند الذكور هو 0.86، ومنه فان النسبة المطلوبة هي 0.90 x 0.86 x 100 = 77.4 %

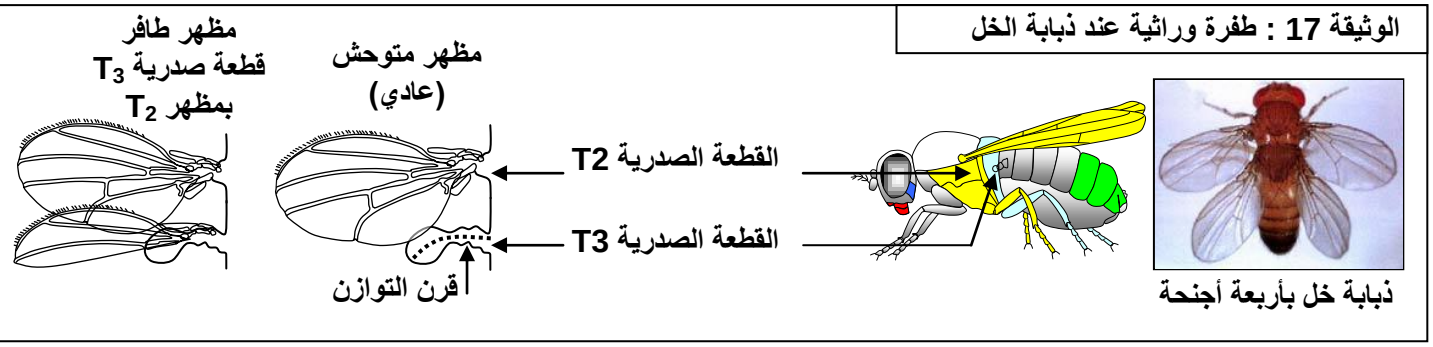
V – عوامل تغير الساكنة :

① الطفرات وتأثيراتها في المظهر الخارجي:

أ – أمثلة لبعض الطفرات.

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

الوثيقة 17 : طفرة وراثية عند ذبابة الخل



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

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

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

ب – تعريف الطفرة :

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

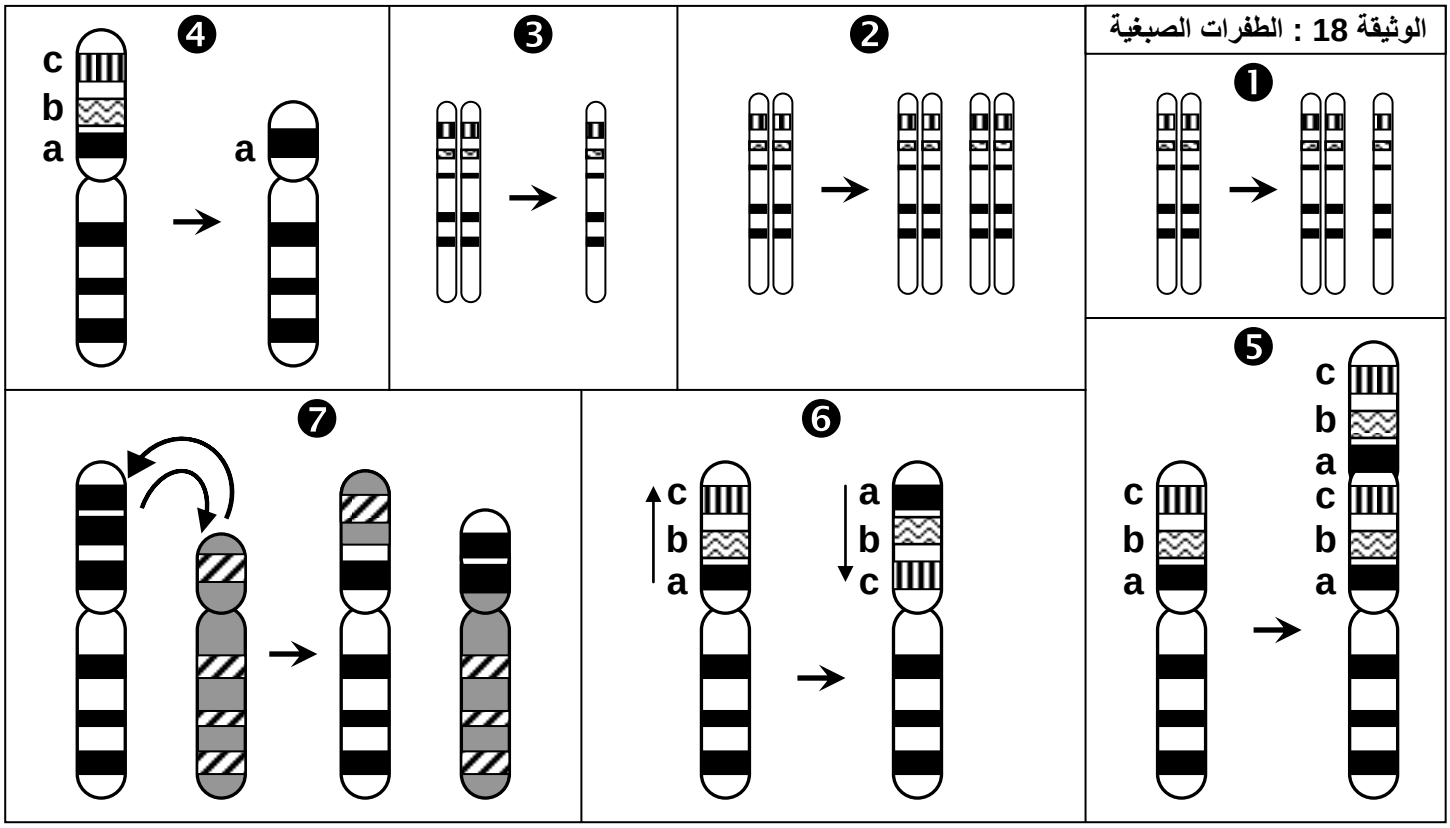
ج – أنواع الطفرات .

نجد نوعين من الطفرات الوراثية:

a – الطفرات الصبغية :

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

www.datasvt.com



★ تغير عدد الصبغيات :

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

★ تغير بنية الصبغي :

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

b – الطفرات الموضعية : (Ponctuelle) (أنظر الوثيقة 19)

الوثيقة 19 : الطفرات الموضعية

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

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

www.datasvt.com

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

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

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

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

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

(- A)

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

(+ C)

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

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

2) ملأ الجدول :

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

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

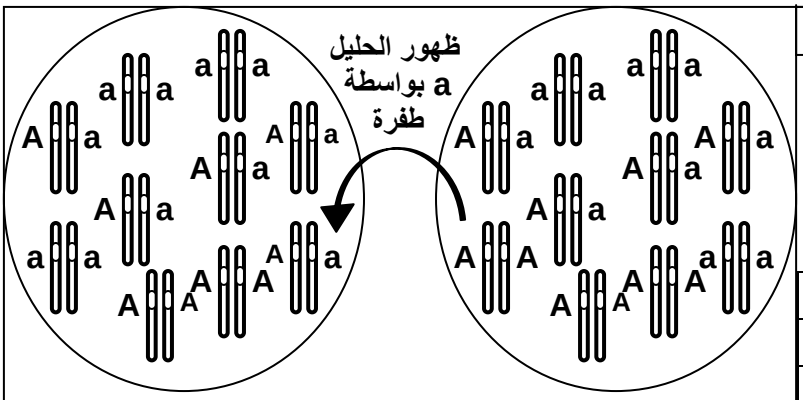
www.datasvt.com

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 متعضيات مختلفة.
ماذا تلاحظ ؟
يعطي الرسم أمامه نموذج تفسيري لتأثير الطفرات على المحتوى الجيني للساكنة. أتمم هذا الشكل ثم استنتج.

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



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

★ تكون الطفرات تبادلية، 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 نحوA).

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

② الانتقاء الطبيعي La sélection naturelle.

أ – مفهوم الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 21

الوثيقة 21 : بعض مظاهر الانتقاء الطبيعي — استخرج من خلال شكلي هذه الوثيقة أبرز العوامل المتدخلة في الانتقاء

أ - ليس لمختلف الكائنات المؤهلات نفسها على البقاء قيد الحياة

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

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

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

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

www.datasvt.com

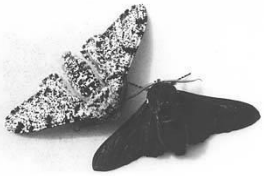
★ استنتاج : يتبين من المعطيات السابقة أن أقدر الأفراد على العيش وعلى التوالد بشكل أفضل هو الذي يساهم في انتقال المحتوى الجيني بشكل تفاضلي للأجيال الموالية، الشيء الذي سيترتب عنه تغيير في البنية الوراثية للساكنة. يسمى تغير تردد الحليلات عبر الأجيال بالانتقاء الطبيعي.

ب – دراسة مثال للانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 22

الوثيقة 22 : تغير تردد أرفية السندر حسب اللون

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

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

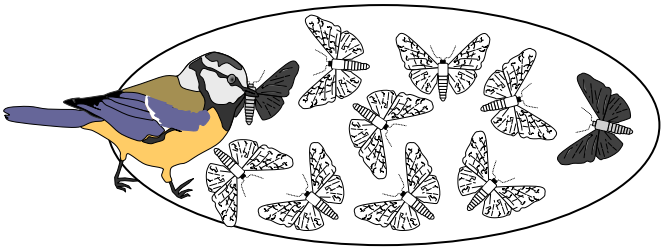


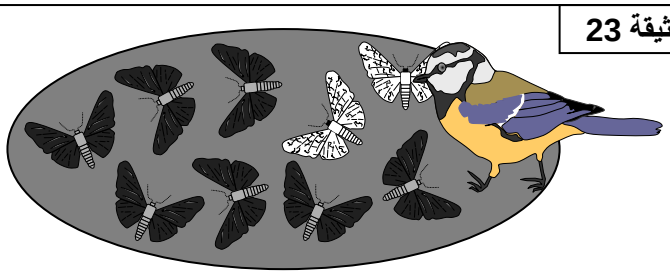
	في دورسي		في برمنغاهم	
	داكنة	فاتحة	داكنة	فاتحة
عدد الفراشات الموسومة والمحررة	474	496	154	64
عدد الفراشات الموسومة المصطادة	30	62	82	16
نسبة الفراشات الموسومة المصطادة	% 6.3	% 12.5	% 53.2	% 25

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

2) يفسر اختلاف تردد المظاهر الخارجية بين المنطقتين بتأثير الطيور المفترسة:
أنظر الوثيقة 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.

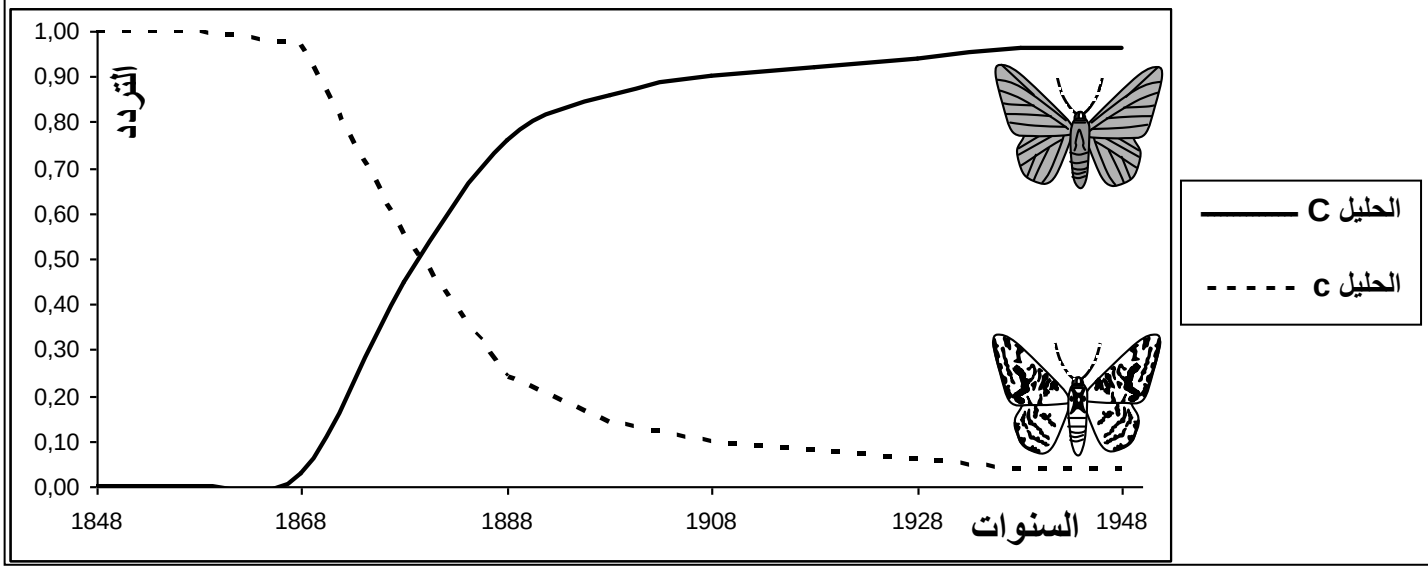
www.datasvt.com

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

الوثيقة 24 : تأثير الانتقاء على تردد الحليلات عند أرفية السندر

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



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

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

د – القيمة الانتقائية. أنظر الوثيقة 25

الوثيقة25 : القيمة الانتقائية

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

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

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

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

www.datasvt.com

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

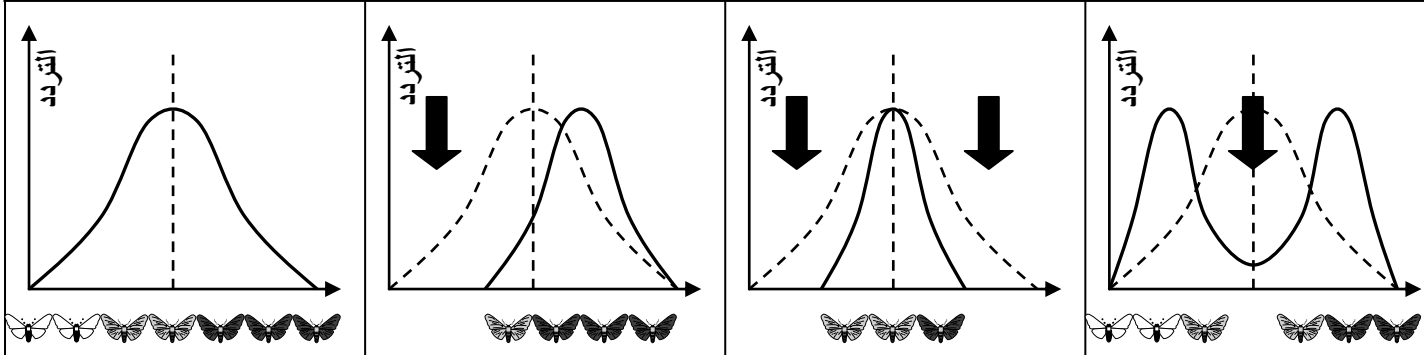
	عدد الفراشات المحصاة في بداية الدراسة	عدد الفراشات المحصاة في نهاية الدراسة	نسبة الفراشات القادرة على العيش والتوالد	القيمة الانتقائية المطلقة	القيمة الانتقائية النسبية
الفراشات الفاتحة	64	16			
الفراشات الداكنة	154	82			

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

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

هـ – أنواع الانتقاء الطبيعي. أنظر الوثيقة 26

الوثيقة26:أنواع الانتقاء الطبيعي — يمثل المنحنى المتواصل توزيع المظاهر داخل ساكنة، والمنحنى المتقطع توزيع الساكنة الأصلية



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

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

③ الانحراف الجيني Dérive génétique:

أ – مفهوم الانحراف الجيني. أنظر الوثيقة 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 تم خلال سنة 1880 إلى أمريكا الشمالية حيث كون سلسلة من المستعمرات في Docota و Montana وفي أجزاء قريبة من كندا. يمثل الشكل أ من الوثيقة النتائج التي توصل إليها Steinberg .

الشكل أ

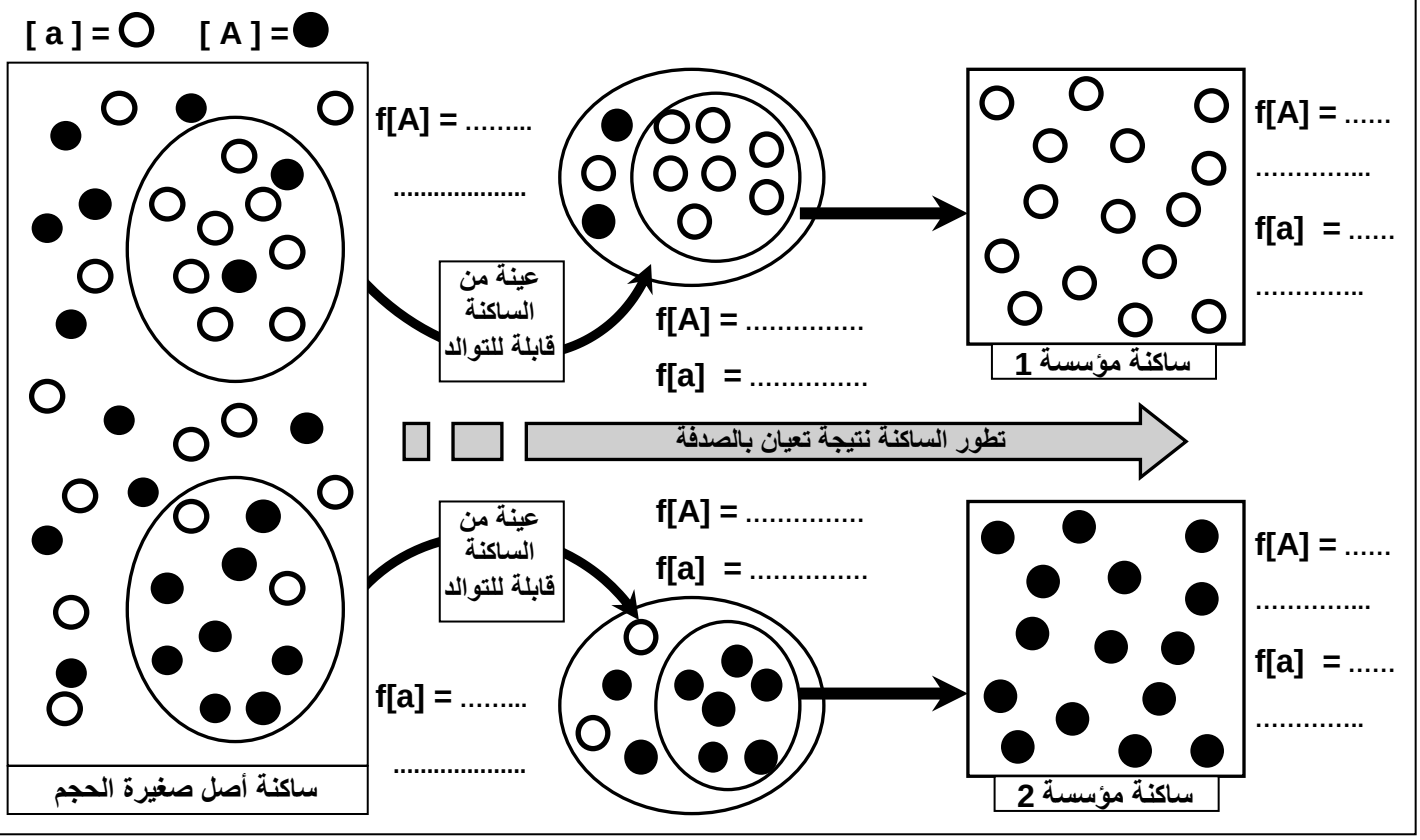
الفصيلة الدموية	O	A
عند أفراد التجمع العقائدي	تقارب 29 %	45 %
عند أغلب الساكنات الأوربية والأمريكية	تفوق 40 %	% 30 - % 40

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 نموذجا تفسيريا لهذه الظاهرة.

www.datasvt.com

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 الأوربية والأمريكية وبين أفراد التجمع العقائدي، حيث نجد عند هذا الأخير تردد الفصيلة الدموية O منخفض وتردد الفصيلة الدموية A مرتفع.
نستنتج من هذا أن بنية ساكنة Les huttérites تختلف عن بنية الساكنات الأوربية والأمريكية (ليس لها نفس المحتوى الجيني).

2) أنظر الوثيقة.

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

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

www.datasvt.com

ب – تأثير ظاهرة الانحراف في المحتوى الجيني. أنظر الوثيقة 28.

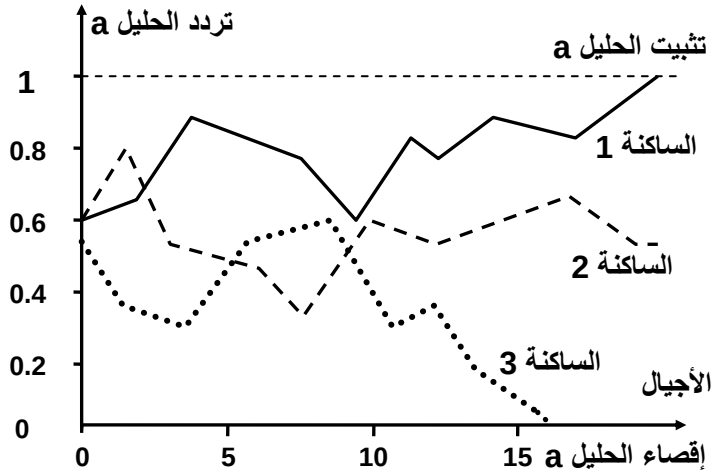
الوثيقة 28:

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

1) ما هي الظاهرة التي يعبر عنها هذا المبيان ؟

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

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



1) الانحراف الجيني

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

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

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

3) مفهوم الانحراف الجيني.

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

يحدث الانحراف الجيني داخل الساكنات الصغيرة.

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

④ الهجرة La migration:

أ – حالة الهجرة الأحادية الاتجاه Unidirectionnelle. أنظر الوثيقة 29

الوثيقة 29: الهجرة الأحادية الاتجاه

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

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

www.datasvt.com

الشكل أ

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

الشكل ج

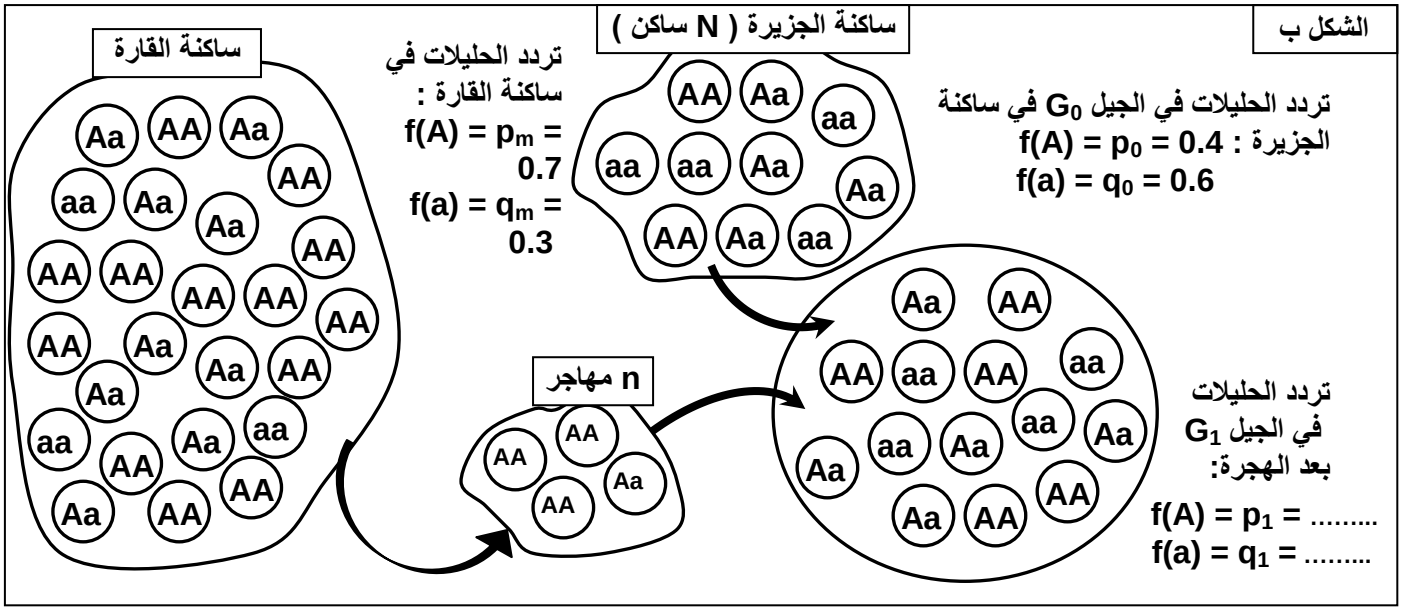
التدفق الهجري m : هو نسبة المهاجرين الذين يتدفقون على الساكنة المستقبلة في كل جيل، ويحسب بتطبيق المعادلة التالية $m = n / (N + n)$

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

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

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

الشكل ب



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

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

2) ★ حساب التدفق الهجري m:

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

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

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

$f(A) = p_1 = 0.48$

www.datasvt.com

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

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

$f(a) = q_1 = 0.52$

$p_1 + q_1 = 0.48 + 0.52 = 1$

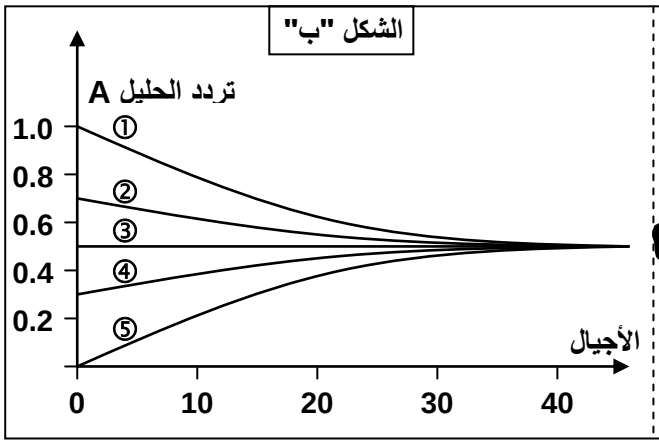
3) يلاحظ ارتفاع في تردد الحليل A عند ساكنة الجزيرة بعد الهجرة. إذا استمرت الهجرة على هذا المنوال، ستتجه البنية الوراثية لساكنة الجزيرة نحو البنية الوراثية لساكنة القارة.

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

ب – حالة الهجرة المتعددة الاتجاهات Multidirectionnelle. أنظر الوثيقة 30.

الوثيقة 30 :

يمثل الشكل " أ " نموذج تدفق هجري متعدد الاتجاهات بين خمس ساكنات تقطن خمس جزيرات أرخبيلية. ويمثل الشكل "ب" تطور تردد حليل A لدى هذه الساكنات الخمس تحت تأثير هذه الهجرة. حلل مبيان الشكل "ب" ثم استنتج.



في البداية كان تردد الحليل A جد مختلف بين هذه الساكنات، مثلا كان التردد عند الساكنة ① هو $f(A) = 1$، وعند الساكنة ③ هو $f(A) = 0.5$ وعند الساكنة ⑤ هو $f(A) = 0$.

تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات، ومع مرور الأجيال، بدأت تتقلص الاختلافات الحاصلة في تردد الحليلات تدريجيا بين مختلف هذه الساكنات، فنحت كلها إلى تردد حليلي مشترك يقابل معدل تردد الحليلات عند هذه الساكنات ($f(A) = 0.5$).

إذن يحدث تحت تأثير التدفق الهجري المتعدد الاتجاهات خلط وراثي يؤدي إلى تجانس الساكنات والحد من تنوعها.

VI – مفهوم النوع L'espèce

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

أ – المعايير المميزة للنوع

a – المعيار المرفولوجي والسلوكي: Morphologiques , Comportemental

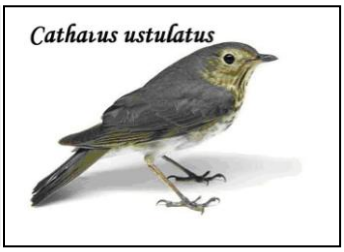
يتمثل المعيار المورفولوجي في تشابه الشكل، لكن إلى أي حد يمكن هذا المعيار من تمييز نوع عن آخر ؟
مثال1 : ينتشر النمر حاليا في جنوب شرق آسيا ويوزع على خمس ساكنات : نمر البنغال، نمر سيبيريا، نمر الهند الصينية، نمر الصين. لهذه الساكنات خصائص مرفولوجية مشتركة.
مثال2 : هناك اختلافات مرفولوجية بين الكلاب إلا أنها تنتمي لنفس النوع.

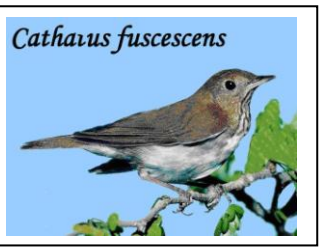
www.datasvt.com

مثال3 : 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 الخاصيات (المعايير) المميزة لكل نوع. ويعطي الجدول التالي بعض خاصيات أربعة أنواع من هذا الطائر تقطن أمريكا الشمالية.
من خلال تحليل هذه المعطيات بين الخاصيات المعتمدة لتصنيف هذه الطيور.





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

يتبين من هذه الأمثلة قصور المعيار المرفولوجي في تحديد النوع.

b – المعيار الاكولوجي (البيئي) : Ecologique

تتوفر أفراد نوع معين على خصائص تكيفية مميزة كالمحيا والسلوك الغذائي والدفاعي والجنسي، مما يساعد على الاندماج داخل عشيرة إحيائية.

c – المعيار الفزيولوجي : Morphologique أنظر الوثيقة 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

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

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

www.datasvt.com

أنظر الوثيقة 33

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 وتردد الحليلات الرامزة لكل بروتين عند كل نوع. تعبر القيم بين قوسين عن تردد الحليلات. قارن بين هذه المعطيات واستخلص المعيار الذي اعتمد لتمييز هذه الأنواع من السمندل.

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

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

e – المعيار الخصوبة : La fécondité

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

ب – تعريف النوع :

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

www.datasvt.com

الفصل الثالث:
علم الوراثة البشرية

تمهيد:

يمكن علم الوراثة البشرية من دراسة آليات انتقال الصفات الوراثية من جيل لآخر عند الإنسان. وتهدف هذه الدراسة إلى محاولة فهم كيفية انتقال بعض العاهات الوراثية، من أجل التنبؤ بإمكانية ظهورها من جديد واتخاذ الإجراءات الضرورية. إذن الهدف وقائي بالدرجة الأولى. إلا أن هذه الدراسة تواجه عدة صعوبات رغم أنها تخضع لنفس قوانين انتقال الصفات عند باقي الحيوانات. ومن بين هذه الصعوبات نذكر:

- ✓ أن الإنسان لا يشكل مادة تجريبية يمكن إخضاعها لتزاوجات موجهة.
- ✓ يصعب تتبع انتقال صفة وراثية معينة عبر الأجيال وذلك لطول عمر الإنسان.
- ✓ لا يمكن تطبيق القوانين الإحصائية نظرا لقلة أفراد كل جيل.
- ✓ العدد الكبير للصبغيات 46 يمكن أن يعطي 2^{23} نوعا ممكنا من الأمشاج لدى كل من الرجل والمرأة، وبالتالي 2^{46} نوعا ممكنا من البويضات الملقحة ($2^{23} \times 2^{23}$) وهذا يطرح صعوبات في البحث بحكم أن التوليفات الممكنة بين الصبغيات مرتفعة جدا.

تتمحور إذن أغلب الدراسات حول انتقال الأمراض الوراثية، والدراسات السريرية لحالات وراثية عند سلالة الأسر العريقة التي غالبا تكون معروفة لهذا تؤخذ كمثال لدراسة انتقال صفة وراثية داخل السلالة البشرية.

- **كيف تنتقل الأمراض الوراثية عند الإنسان؟**
- **ما هي الشذوذات الصبغية التي يتعرض لها الإنسان، و كيف يتم تشخيصها؟**

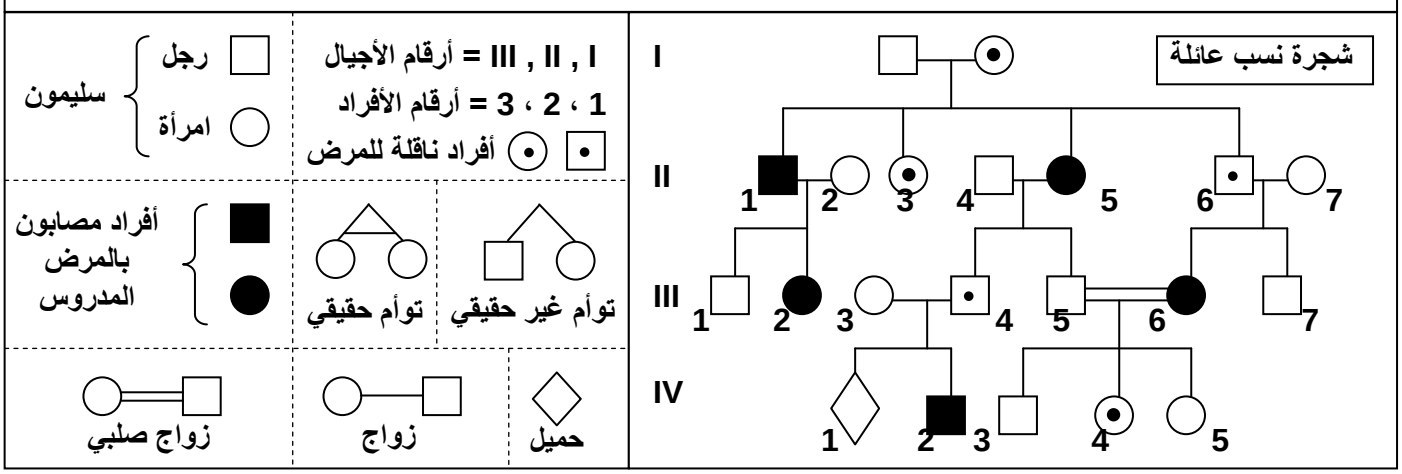
I – وسائل دراسة الوراثة عند الإنسان.

نظرا لصعوبة دراسة الوراثة عند الإنسان، فأهم الوسائل التي اعتمدت لهذا الغرض هي تتبع بعض الأمراض الوراثية من خلال شجرات النسب ورصد المورثات واعتماد الخرائط الصبغية.

① شجرات النسب Les arbres généalogiques أنظر الوثيقة 1.

الوثيقة 1: شجرات النسب Les arbres généalogiques.

يمكن تتبع نقل بعض الصفات والأمراض عبر أجيال سلالة عائلة وكذلك احتمال انتقال هذه الصفات للأجيال الموالية وذلك بإنجاز ما يسمى شجرة النسب، وهي رسم بياني يبين جميع الأحداث العائلية من زواج وإنجاب وظهور أو عدم ظهور الصفة الوراثية المدروسة عند السلف والخلف (الآباء والأبناء). حيث نرمز للإناث بدائرة والذكور بمربع ونلون هذه الرموز بالأسود إذا كان الفرد يحمل الصفة المدروسة، ونتركه فارغا إذا كان الفرد لا يحمل هذه الصفة، ونضع نقطة صغيرة سوداء إذا كان الفرد ناقلا للمرض دون أن يظهر عليه، كما نضع أفراد الجيل الواحد على نفس الخط من الأكبر على اليسار إلى الأصغر على اليمين بالنسبة لكل زواج.



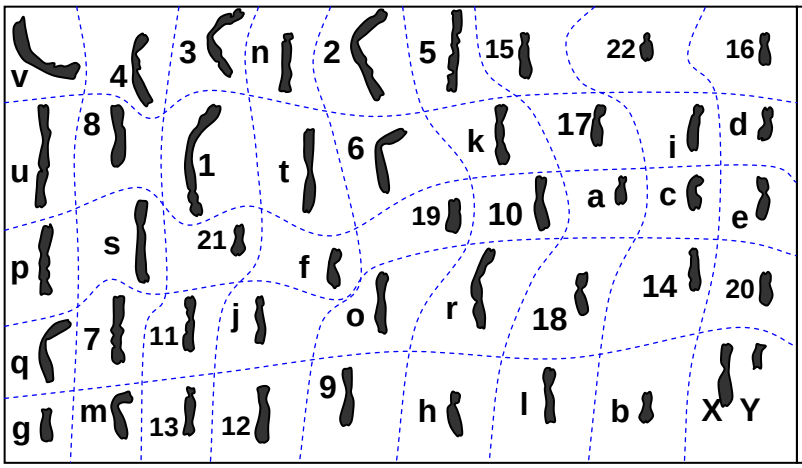
تنجز شجرات النسب من طرف أطباء اختصاصيين، بعد استرداد كل الأحداث العائلية العامة لعدة أجيال، مع رصد الصفة الملاحظة عند السلف وعند الخلف.

www.datasvt.com

② الخرائط الصبغية Les cartes chromosomiques أنظر الوثيقة 2.

الوثيقة 2: الخرائط الصبغية:

تعتمد تقنية انجاز الخريطة الصبغية على تصوير صبغيات إحدى خلايا الشخص الخاضع للفحص وترتيبها حسب القد والشكل وموقع الجزيء المركزي...
ويمكن تحليل الخريطة الصبغية من الكشف عن حالات الشذوذ الصبغي، ومن تشخيص التشوهات المرتبطة بتغيير عدد أو شكل الصبغيات.
قطع صبغيات الخريطة الصبغية أمامه، ثم رتبها على شكل أزواج.



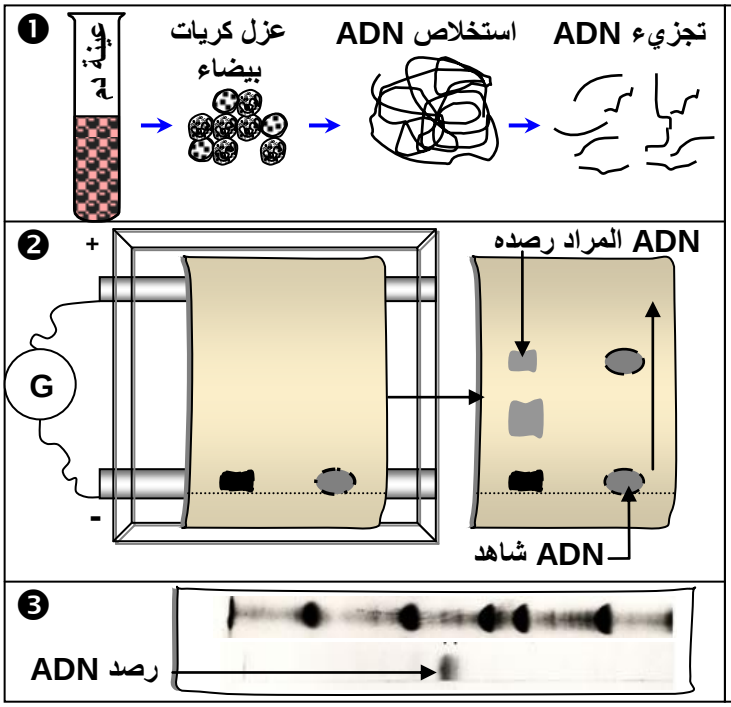
الخريطة الصبغية هي عبارة عن وثيقة تبين مجموع الصبغيات التي توجد في خلية كائن معين، مرتبة على شكل أزواج حسب جملة من المعايير كالقد وموقع الجزيء المركزي ,,,
يمكن تحليل الخرائط الصبغية من الكشف عن حالات الشذوذ الصبغي ومن تشخيص التشوهات المرتبطة بتغير في عدد أو بنية الصبغيات.

③ تحليل الـ ADN أنظر الوثيقة 3.

الوثيقة 3: تحليل الـ ADN.

❶ نعزل ADN من خلايا الشخص المختبر ونعالجها بأنزيمات فصل نوعية، ونضع خليط القطع المحصلة في حفر أنجزت في غراء يسمى Agarose.
❷ نخضع الغراء لمجال كهربائي: بما أن قطع ADN ذات شحنة سالبة فإنها تهاجر نحو القطب الموجب بسرعة تتناسب وقدها، فتنتشر منفصلة بعضها عن بعض، لنحصل على قطع يمكن تحديد قدها بمقارنتها بمواقع قطع أخرى معروفة القد (قطع عيار).
❸ نرصد متتالية معينة تنتمي للمورثة ب:

- معالجة قطع ADN لفصل لولبيها.
- إضافة قطع ADN مشعة ومتكاملة مع متتالية ADN التي نبحث عنها، حيث تشكل معها ADN هجين يسهل رصده بالتصوير الإشعاعي الذاتي.



تعتبر تقنية رصد المورثات، من التقنيات الحديثة المعتمدة في دراسة الوراثة عند الإنسان، وتتم حسب المراحل التالية:

- ✓ بعد أخذ خلايا من الشخص المراد دراسته، يتم عزل الـ ADN، وتقطيعه بواسطة أنزيمات الفصل، يتم إخضاع قطع ADN للهجرة الكهربائية، بجوار ADN شخص سليم (ADN شاهد).
- ✓ تتم معالجة الـ ADN على مستوى الغراء، حتى ينفصل اللولبان المشكلان له.
- ✓ تُضاف إلى الغراء مجسات مشعة، وهي عبارة عن قطع ADN مشعة، ومتكاملة مع متتالية الـ ADN المراد دراستها.
- ✓ بعد انجاز التصوير الإشعاعي، يتم تحديد تموضع المورثات على الأشرطة الظاهرة في الغراء (الأشرطة المشعة)، ومقارنة هذا التموضع عند الشخصين المدروس والشخص السليم (الشاهد).

يمكن التحليل الدقيق لـ ADN من الكشف عن وجود أو غياب بعض المورثات.

www.datasvt.com

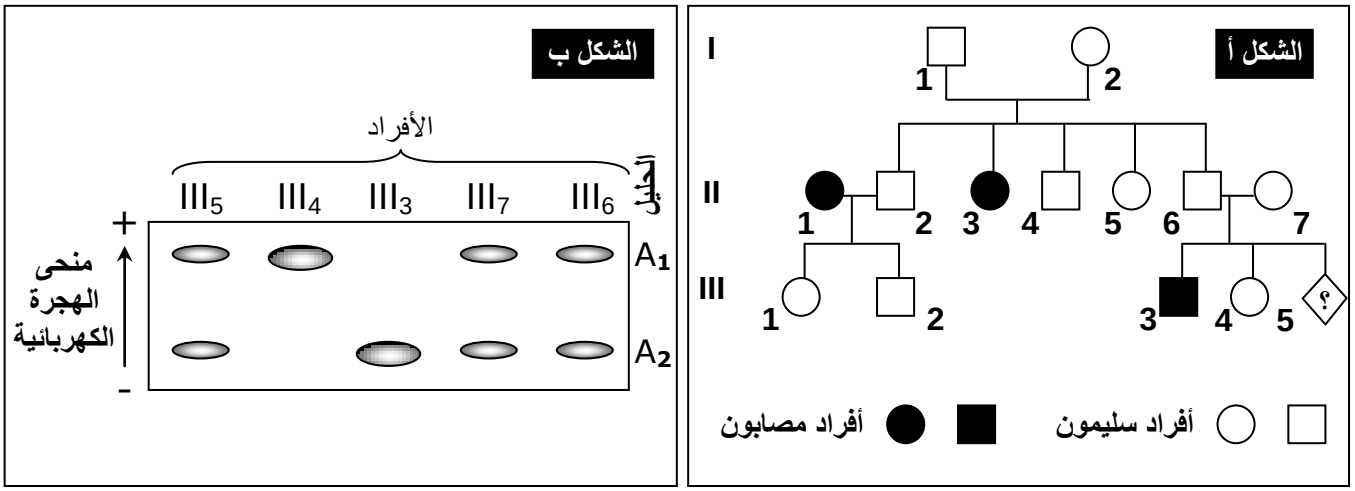
II – دراسة انتقال أمراض وراثية غير مرتبطة بالجنس.

① انتقال مرض Mucoviscidose

أ – تمرين: أنظر الوثيقة 4.

الوثيقة 4: مرض Mucoviscidose.

مرض التليف الكيسي Mucoviscidose مرض وراثي يتميز باضطرابات هضمية وتنفسية، تسببها إفرازات لزجة للغدد المخاطية، الشيء الذي يؤدي إلى انسداد في القنوات الناقلة للعصارة البنكرياسية، وبالتالي اضطرابات في الوظيفة الهضمية للبنكرياس: كما يؤدي إلى انسداد التشعبات الرئوية، فيسبب ذلك عسر تنفسي والإصابة بالتعفنات.
يعطي الشكل أ من الوثيقة، شجرة نسب عائلة بعض أفرادها مصابون بهذا المرض.
(أرمز للحليل العادي Normal بـ N أو n، وللحليل الممرض Mucoviscidose بـ M أو m)



1) حلل هذه الشجرة ثم استنتج نوع السيادة بين الحليل العادي والحليل المسؤول عن المرض.
2) حدد هل الحليل المسؤول عن المرض محمول على صبغي جنسي أم صبغي لاجنسي؟ علل إجابتك.
3) انطلاقا من التأويل الصبغي فسر كيف ينتقل هذا المرض من جيل لآخر.
4) حدد معللا إجابتك، النمط الوراثي للأفراد: III_3 وII_3 وII_6 وII_7 و III_4، ثم حدد احتمال إصابة الحميل III_5.

سبّب إنجاب مولود مصاب بمرض التليف الكيسي (الابن (III_3)، تخوفا لأبويه من احتمال إصابة مولودهم المنتظر (III_5) بنفس المرض، مما جعلهم يقومون بتحليل الـ ADN عند مجموعة من أفراد هذه العائلة وعند مولودهم المنتظر، وذلك باعتماد تقنية رصد المورثات Southern Blot. يمثل الشكل ب من الوثيقة نتائج هذا التحليل.

5) هل تعتبر نتائج تحليل الـ ADN، مُطَمئِنة للأبوين؟ علل إجابتك.

ب – حل التمرين:

1) لتحديد ما إذا كان الحليل المسؤول عن المرض، سائد أم متنحي نحلل نتائج بعض التزاوجات في شجرة النسب:
تبين شجرة النسب في هذه الحالة أن البنت II_3 مصابة بالمرض، بينما أبواها I_1 و I_2 سليمين. إذن الشخص II_3 ورِث من أبويه الحليل المُمرض، لكن هذا الحليل لم يكن يظهر عندهما، نستنتج من هذا أن المرض المعني متنحي.

2) لتحديد ما إذا كان حليل المرض محمولا على صبغي جنسي أم على صبغي لاجنسي، نعطي الافتراضات التالية ونتحقق منها في شجرة النسب (نرمز للحليل العادي **Normal** بـ N لأنه سائد، والحليل الممرض **Mucoviscidose** بـ m، لأنه متنحي):

⇦ نفترض أن الحليل المُمرض محمول على الصبغي الجنسي Y:
لدينا في شجرة النسب إناث مصابات رغم أنهن لا يتوفرن على الصبغيY، إذن فالافتراض خاطئ، والحليل غير محمول على الصبغي الجنسي Y.

⇦ نفترض أن الحليل محمول على الصبغي الجنسي X:

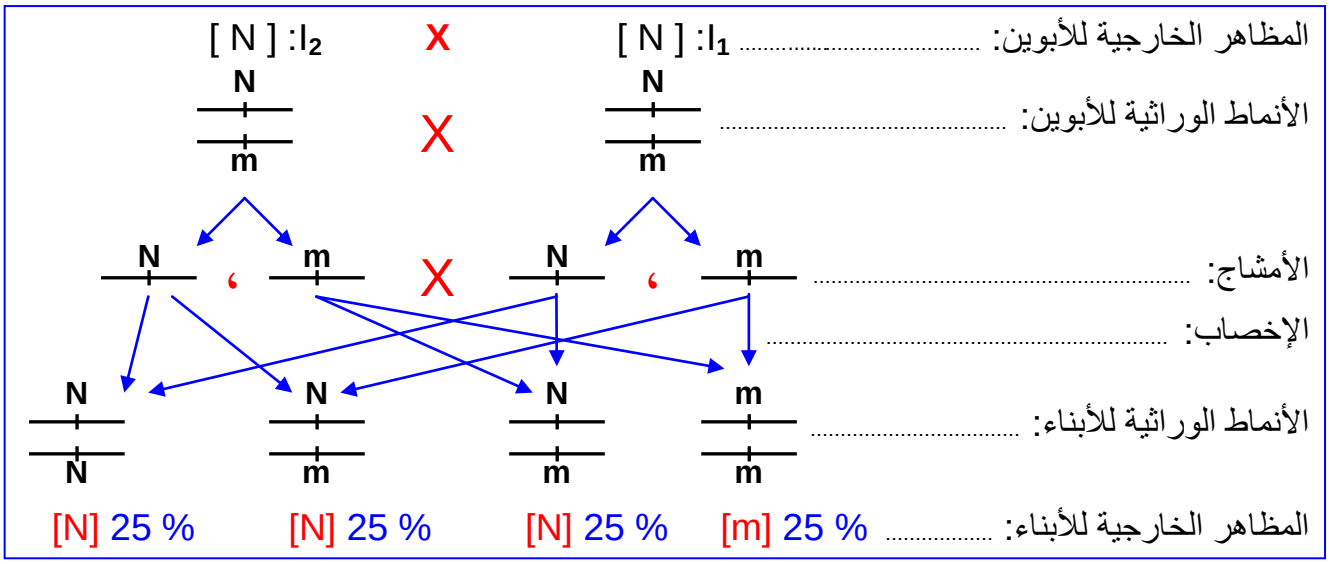
www.datasvt.com

✓ **طريقة أولى:** لدينا المرأة II_3 مصابة، وبما أن حليل المرض متنحي فإنها ستكون متشابهة الاقتران ونمطها الوراثي $X_m//X_m$، أي أنها ورثت أحد الحليلين المتنحيين من والدها I_1، الذي يُفترض أن يكون نمطه الوراثي $Y//X_m$، أي أنه مصاب كذلك. هذا الأمر غير صحيح لكون الأب سليم، إذن فالافتراض خاطئ، والحليل غير محمول على الصبغي الجنسي X.

✓ **طريقة ثانية:** لدينا الأم II_1 مصابة، فلو كان الحليل محمولا على الصبغي X، لكان نمطها الوراثي $X_m// X_m$، ويفترض أن يكون كل أبنائها الذكور مصابون، لأنها ستعطيهم الحليل X_m الممرض المتنحي والذي سيلتقي مع الصبغي Y/ للأب ليصبح نمطهم الوراثي $X_m//Y$ المسبب للمرض، لكن من خلال شجرة النسب، يتضح أن أحد أبنائها الذكور (III_2) سليم، مما ينفي هذه الفرضية.

بما أن الحليل غير محمول على الصبغي الجنسي Y، ولا على الصبغي الجنسي X، فلن يكون إلا محمولا على صبغي لاجنسي.

3) نلاحظ أن الأبوين I_1 و I_2 أنجبا البنت II_3، لا يمكن ادن تفسير هذه الحالة إلا بكون الأبوين مختلفي الاقتران N//m. وهكذا فكل أب يعطي نمطين من الأمشاج: N/ و m/، وبالتالي فالأنماط الوراثية للأبناء ستكون كما يلي:



إذن انطلاقا من التفسير الصبغي فالأنماط الوراثية للأبناء هي:

N//N بنسبة 25 % + m//m بنسبة 25 % + N//m بنسبة 50 %.

والمظاهر الخارجية للأبناء هي:

[N] (سليمين) بنسبة 75 % + [m] (مصابين) بنسبة 25 %.

4) نحدد النمط الوراثي للأفراد:

الفردان III_3 وII_3 مصابان، وبما أن حليل المرض متنحي، سيكونان متشابهي الاقتران أي أن نمطهما الوراثي هو m//m

الفردان II_6 وII_7 سليمان، لكنهما أنجبا ابنا مصابا (III_3)، هذا الابن يتوفر على الحليلين المتنحيين اللذان ورثهما من أبويه، هذين الأخيرين، سيكونان إجباريا مختلفي الاقتران و نمطهما الوراثي N//m.

الفرد III_4 سليم، إذن فيمكن أن يكون نمطه الوراثي N//N أو N//m.

5) لتحديد احتمال إصابة الحميل III_5 بالمرض، ننجز شبكة التزاوج الخاصة بأبويه II_6 وII_7، وبما أن هؤلاء الآباء مختلفي الاقتران، فشبكة التزاوج هي نفسها المنجزة في السؤال 3. وبالتالي فاحتمال إصابة الحميل III_5 بمرض التليف الكيسي هو 1/4 أي 25%.

6) بينت تقنية Southern Blot أن الحميل III_5 هو مختلف الاقتران، إذ يتوفر على حليلين مختلفين A_1 وA_2، (أي N و m)، وبما أن حليل المرض متنحي فهذا الطفل سيكون سليما ونمطه الوراثي N//m. إذن فنتائج تحليل الـ ADN تعتبر مُطمئنة للأبوين.

www.datasvt.com

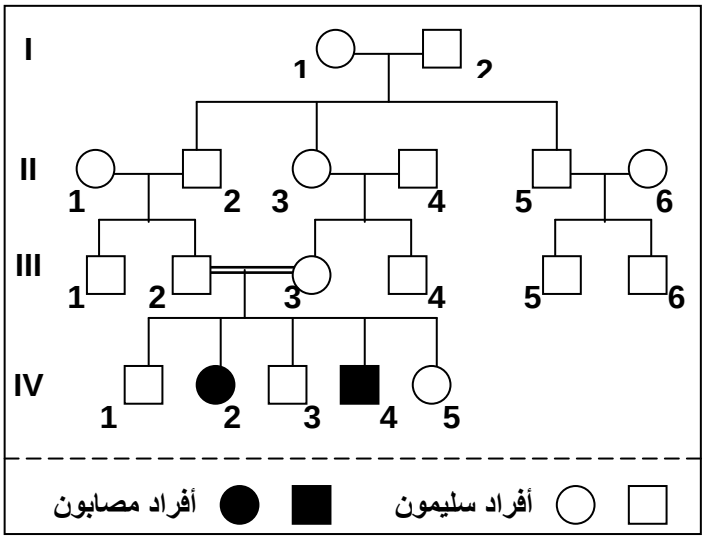
ج – حصيلة:

- عندما نجد في شجرة نسب معينة، أحد أفرادها مصاب، و أبواه معا سليمان، نقول أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي.
- إذا وجدنا في شجرة النسب إناث مصابات، لا يمكن أن يكون الحليل محمولا على الصبغي الجنسيY ، لعدم توفر الإناث على هذا الصبغي.
- إذا كان حليل المرض متنحي، ووُجدت في شجرة النسب أنثى مصابة وأبوها سليم، لا يمكن أن يكون الحليل محمولا على الصبغي الجنسي X، لأنه في هذه الحالة، يفترض أن يكون أبوها كذلك مصاب.
- إذا كان حليل المرض متنحي، ووُجدت في شجرة النسب أنثى مصابة وأحد أبنائها سليم، لا يمكن أن يكون الحليل محمولا على الصبغي الجنسي X، لأنه في هذه الحالة، يفترض أن يكون جميع أبنائها الذكور مصابون.

② انتقال مرض Thalassémie

أ – تمرين : أنظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5: مرض فقر الدم المتوسطي الثلاسيميا (Thalassémie).



فقر الدم المتوسطي الثلاسيميا مرض وراثي منتشر على الخصوص في بعض الدول المطلة على البحر الأبيض المتوسط. يتميز هذا المرض بفقر دم حاد ناتج عن تدمير تدريجي للكريات الحمراء الدموية، ويرجع سببه إلى خلل في تركيب جزيئات الخضاب الدموي الذي يلعب دورا أساسيا في نقل الغازات التنفسية. يولد المصاب بالثلاسيميا نتيجة الزواج بين ناقلين للمرض (عندما يكون الزوج والزوجة كلاهما حاملين للمرض). الشخص الناقل للمرض لا تظهر عليه أي أعراض ظاهرة، ولكن يمك تشخيصه بالتحاليل الطبية.

تعطي الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة تظهر المرض.

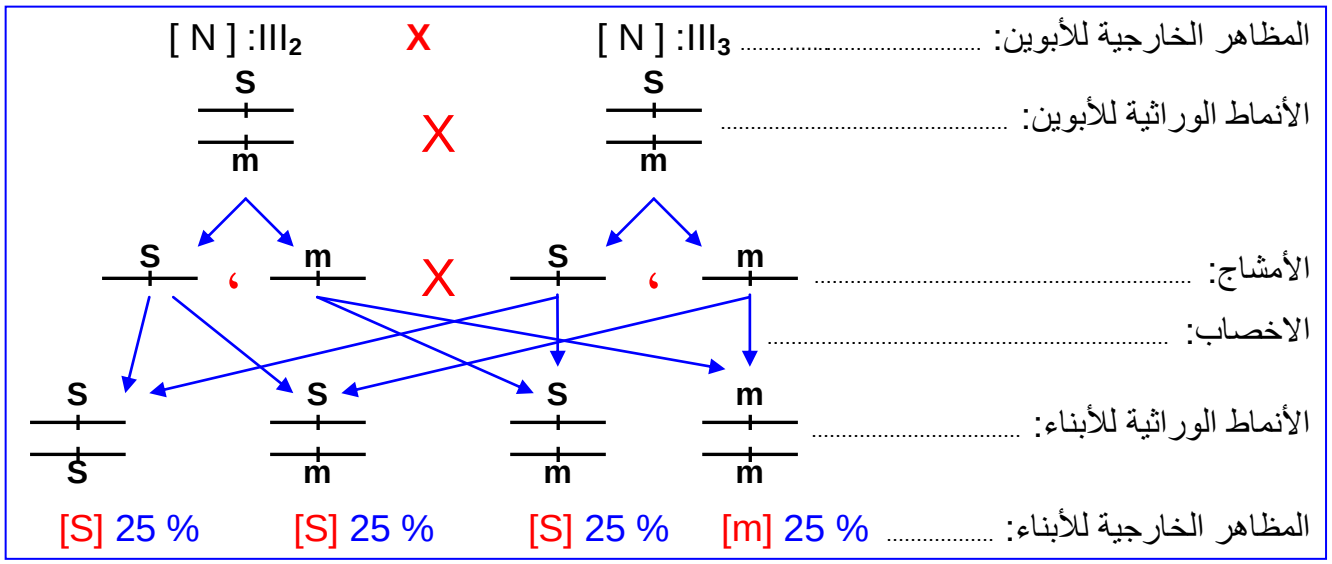
1) حلل هذه الشجرة ثم استنتج نوع السيادة بين الحليل العادي والحليل المسؤول عن المرض.
2) استخرج العامل الذي ساعد على ظهور المرض في الجيل الرابع، وأعط تفسيرا صبغيا لذلك. (نستعمل الرموز التالية: S أوs بالنسبة للحليل العادي، وM أوm للممرض).

ب – حل التمرين :

1) نلاحظ أن الحليل المسؤول عن المرض المدروس غائب ظاهريا عند السلف وموجود عند الخلف (IV_2 و IV_4)، نستنتج من هذا أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي.
الحليل المسؤول عن المرض غير مرتبط بالصبغي الجنسي Y لأن هناك إناث مصابات بالمرض، بالإضافة إلى وجود ذكور سليمين. وغير مرتبط بالصبغي الجنسي X لأن البنت IV_2 مصابة وأباها سليم: ادن الحليل محمول على صبغي لاجنسي.

2) إن العامل الذي ساعد على ظهور المرض في الجيل الرابع هو زواج الأقارب.
نلاحظ أن الأبوين III_3 و III_2 سليمين أنجبا أبناء مصابين بالمرض IV_2 و IV_4، وبما أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي فلا يمكن تفسير هذه الحالة إلا بكون الأبوين مختلفي الاقتران S//m. وهكذا فكل أب يعطي نمطين من الأمشاج: S/ و m/، وبالتالي فالأنماط الوراثية للأبناء ستكون S//S أوS//m بالنسبة للأفراد السليمين، وm//m بالنسبة للأفراد المصابين.

www.datasvt.com



إذن انطلاقا من التفسير الصبغي فالأنماط الوراثية للأبناء هي:

S//S بنسبة 25 % + m//m بنسبة 25 % + S//m بنسبة 50 %.

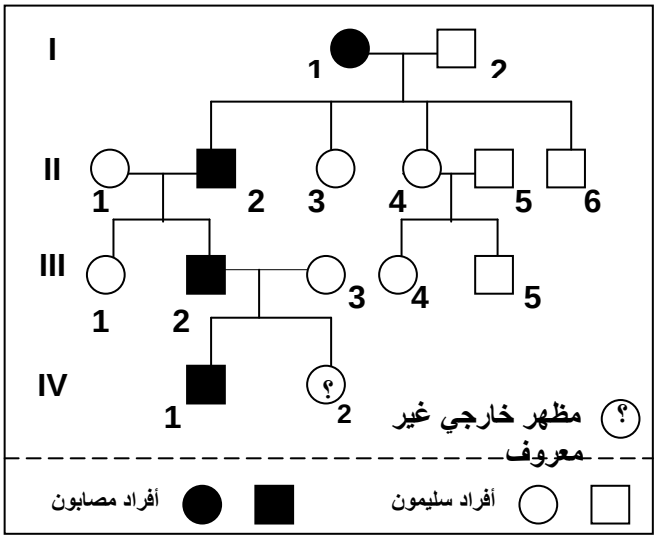
والمظاهر الخارجية للأبناء هي:

[S] (سليمين) بنسبة 75 % + [m] (مصابين) بنسبة 25 %.

③ انتقال مرض Huntington

أ – تمرين : أنظر الوثيقة 6.

الوثيقة 6: مرض هنتنغتون Huntington.



مرض هنتنغتون Huntington هو مرض عقلي وراثي يؤثر في وظيفة الدماغ، يظهر عموما ما بين 30 و45 سنة. تتجلى أهم أعراض هذا المرض في اضطرابات حركية ونفسية، حيث يصاب مريض داء هنتنغتون بالخرف وفقد الذاكرة. وصف المرض لأول مرة سنة 1872 على يد الطبيب الأمريكي George Huntington، ومن هنا اكتسب المرض هذا الاسم.

يرتبط ظهور هذا المرض بمورثة سائدة محمولة على صبغي لا جنسي. وتبين الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة بعض أفرادها مصابون بهذا المرض.

1) بين أن مرض Huntington مرتبط بحليل سائد.

2) بين أن هذا المرض محمول على صبغي لا جنسي.
(نرمز للحليل العادي Normal بـ N أو n والحليل الممرض Huntington بـ H أو h).

3) أعط النمط الوراثي للأفراد السليمين والأفراد المصابين I_1 و II_2 وIII_2، ثم حدد بعد ذلك احتمال إصابة الحميل VI_2 بهذا المرض.

ب – حل التمرين :

1) لتحديد ما إذا كان الحليل المسؤول عن المرض سائد أم متنحي، نحلل نتائج بعض التزاوجات في شجرة النسب:

نلاحظ من خلال شجرة النسب، أن المرض يظهر في جميع الأجيال، كما أن الآباء السليمين (II_4 وII_5)، ليس لديهم أبناء مصابون. نستنتج من هذه المعطيات أن الحليل المُمرض سائد.

2) لتحديد ما إذا كان حليل المرض محمولا على صبغي جنسي أو على صبغي لاجنسي، نعطي الافتراضات التالية ونتحقق منها في شجرة النسب (نرمز للحليل العادي بـ n، لأنه متنحي، والحليل الممرض بـ H، لأنه سائد)

www.datasvt.com

⇦ نفترض أن الحليل المُمرض محمول على الصبغي الجنسي Y:

لدينا في شجرة النسب إناث مصابات رغم أنهن لا يتوفرن على الصبغي Y، إذن فالافتراض خاطئ، والحليل غير محمول على الصبغي الجنسي Y.

⇦ نفترض أن الحليل محمول على الصبغي الجنسي X:

- ✓ **طريقة أولى:** لدينا الذكر IV_1 مصاب، وبما أن حليل المرض سائد، فإن نمطه الوراثي سيكون$X_H//Y$، أي أنه ورث الحليل X_H من أمه III_3، التي يُفترض أنها تتوفر على الحليل الممرض X_H، أي أنها مصابة كذلك. هذا الأمر غير صحيح لكون هذه الأم سليمة، إذن فالافتراض خاطئ، وبالتالي الحليل غير محمول على الصبغي الجنسي X.
- ✓ **طريقة ثانية:** لدينا الأب II_2 مصاب، فلو كان الحليل محمولا على الصبغي X، لكان نمطه الوراثي$X_H//Y$ ، ويفترض أن تكون كل بناته مصابات (لأنه سيعطيهن الحليل X_H الممرض والسائد)، لكن من خلال شجرة النسب، يتضح أن بنته (III_1) سليمة، مما ينفي هذه الفرضية.

بما أن الحليل غير محمول على الصبغي الجنسيY، ولا على الصبغي الجنسي X، فهو إذن محمول على صبغي لاجنسي.

3) نحدد النمط الوراثي للأفراد:

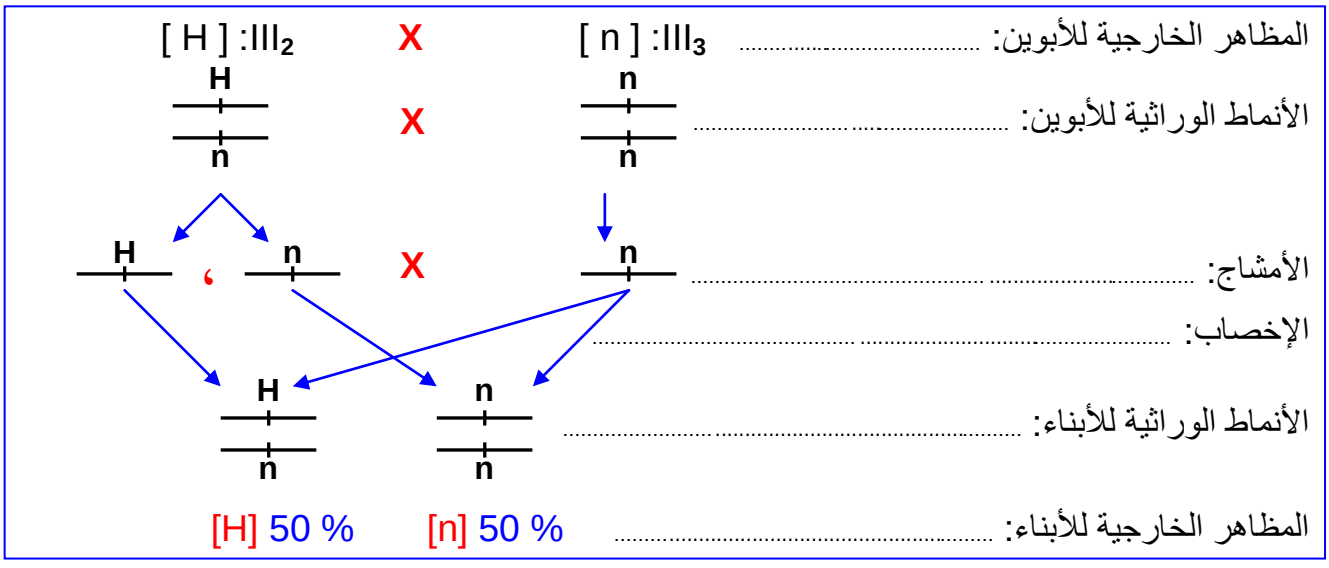
★ الأفراد السليمون: بما أنهم يحملون المظهر الخارجي المتنحي، سيكونون متشابهي الاقتران، أي أن نمطهم الوراثي هو n//n.

★ الأفراد المصابون I_1 وII_2 هؤلاء الأفراد مصابون بالمرض، لكنهم أنجبوا بعض الأبناء السليمين ذوي النمط الوراثي n//n، هؤلاء الأبناء السليمين يتوفرون على الحليلين المتنحيين اللذان ورثوهما من آبائهم، وبالتالي فالآباء، سيكونان إجباريا مختلفي الاقتران ونمطهما الوراثي هو H//n.

★ الفرد III_2 مصاب بالمرض، إذن فهو يتوفر علي الحليل الممرض السائد. من جهة أخرى، أبوه II_1 سليم ونمطه الوراثي هو n//n، فلن يعطي لابنه إلا الحليل السليم المتنحي n/ ، فهو بذلك مختلف الاقتران، ونمطه الوراثي هو H//n.

★ احتمال إصابة الحميل IV_2 بالمرض: لتحديد احتمال إصابة هذا الحميل بالمرض، ننجز شبكة التزاوج الخاصة بأبويه III_2وIII_3 بعد تحديد نمطهما الوراثي:

الأنماط الوراثية للأبوين III_2 وIII_3: بما أن الأم III_3 سليمة فنمطها الوراثي لا يمكن أن يكون سوى n//n ، أما الأب III_2 المصاب فنمطه الوراثي هو H//n، بما أنه منحدر من أم سليمة (n//n).
وهكذا فالتزاوج سيكون على الشكل التالي:



انطلاقا من هذا التحليل يتبين أن احتمال ظهور المرض عند الابن IV_2 هو 1/2 أي 50 %.

www.datasvt.com

ج – حصيلة:

- إذا وجدنا في شجرة النسب، ابن سليم من أبوين مصابين، نكون متأكدين على أن حليل المرض سائد، والحليل السليم متنحي.
- إذا كان حليل المرض سائد، ووُجد في شجرة النسب ذكر مصاب وأمه سليمة، لا يمكن أن يكون الحليل محمولا على الصبغي الجنسي X، لأنه في هذه الحالة، يفترض أن تكون الأم كذلك مصابة.
- إذا كان حليل المرض سائد، ووُجد في شجرة النسب ذكر مصاب وإحدى بناته سليمة، لا يمكن أن يكون الحليل محمولا على الصبغي الجنسي X، لأنه في هذه الحالة، يفترض أن تكون جميع بناته مصابات.

III – دراسة انتقال أمراض وراثية مرتبطة بالجنس.

① انتقال مرض الدلتونية Le daltonisme

أ – تمرين : أنظر الوثيقة 7.

الوثيقة 7: دراسة انتقال شذوذ الدلتونية Le daltonisme.

الدلتونية شذوذ ليس له خطر صحي،وإنما يمثل عيبا في إبصار الألوان، إذ أن الشخص المصاب لا يميز بين الأحمر والأخضر. يصيب هذا الشذوذ 8 % من الذكور مقابل 0.4 % من الإناث. نقترح تتبع انتقال هذا المرض عند عائلة معينة.

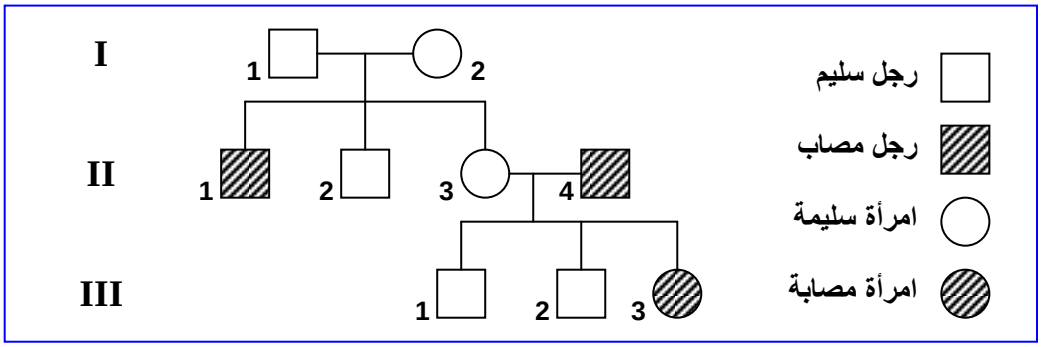
تزوج رجل سليم من الدلتونية (I_1) بامرأة سليمة من هذا العيب (I_2)، فأنجبا ولدين وبنت: (ولد II_1 مصاب بالدلتونية، وولد II_2 سليم من الدلتونية، وبنت II_3 سليمة من الدلتونية).

تزوجت البنت II_3 برجل II_4 مصاب بالدلتونية، فأنجبا: ولدين سليمين من الدلتونية III_1 وIII_2، وبنت مصابة بالدلتونية III_3.

1) أنجز شجرة نسب هذه العائلة.
2) استخرج من معطيات هذه الشجرة دليلا على كون الحليل المسؤول عن المرض متنحيا.
3) علما أن الحليل المسؤول عن الدلتونية محمول على الصبغي الجنسي X، ومستعملا D للتعبير عن الحليل السائد، وd للتعبير عن الحليل المتنحي: أعط الأنماط الوراثية للأفراد I_1، I_2، II_1، II_3.

ب – حل التمرين :

1) انجاز شجرة النسب:



2) نلاحظ أن الأبوين I_1 و I_2 سليمين وأنجبا ابنا مصابا بالمرض (II_1)، هذا يعني أن الأبوين يحملان الحليل المسؤول عن المرض دون أن يظهر عندهما، وبالتالي فالحليل المسؤول عن المرض هو حليل متنحي.

3) الأنماط الوراثية للأفراد:

- I_1: ذكر سليم فلن يكون سوى $X_D//Y$.
- I_2: أنثى سليمة فنمطها الوراثي سيكون إما $X_D//X_D$ أو $X_D//X_d$، وبما أن هذه المرأة لها ابن مصاب ورث منها الحليل المسؤول عن المرض $X_d/$، فنمطها الوراثي لن يكون سوى $X_D//X_d$.
- II_1: ذكر مصاب فنمطه الوراثي لن يكون سوى $X_d//Y$.

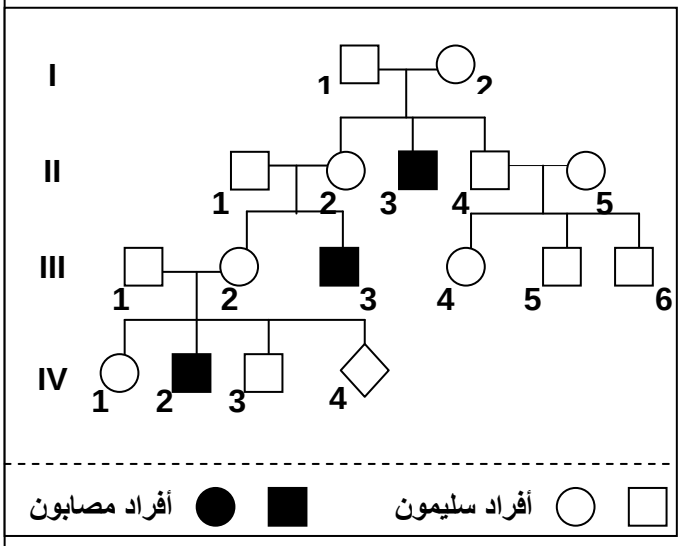
www.datasvt.com

- II_3: هي أنثى سليمة فنمطها الوراثي سيكون إما $X_D//X_D$ أو $X_D//X_d$، لكنها أنجبت بنت مصابة (III_3) ورثت منها الحليل الممرض $X_d/$، وبالتالي فالمرأة II_3 ناقلة ونمطها الوراثي هو $X_D//X_d$.

② انتقال مرض الهزال العضلي لـ Duchenne

أ – تمرين : أنظر الوثيقة 8.

الوثيقة 8: انتقال مرض الهزال العضلي لـ Duchenne.



الهزال العضلي لـ Duchenne مرض يصيب بعض الأطفال، حيث يلاحظ ضمور وانحلال تدريجي لعضلاتهم التي تصبح غير قادرة على تأمين الحركة والتنفس.
تعطي الوثيقة أمامه شجرة نسب عائلة أصيب بعض أفرادها بمرض الهزال العضلي لـ Duchenne.

1) اعتمادا على تحليل شجرة النسب بين أن المرض مرتبط بالجنس ومحمول من طرف الصبغي الجنسي X.
2) هل الحليل المسؤول عن المرض سائد أم متنح.
3) أعط الأنماط الوراثية للأبوين I_1 و I_2. ولأبنائهما، مستعينا بالرموز التالية:
- ✓ S أو s بالنسبة للحليل المسؤول عن الحالة العادية.
- ✓ M أو m بالنسبة للحليل المسؤول عن المرض.

4) حدد احتمال إصابة الحميل IV_4 بالمرض.

ب – حل التمرين :

1) يظهر من خلال شجرة النسب أن المرض يصيب الذكور دون الإناث، هذا يعني أن المورثة المسؤولة عن المرض مرتبطة بالجنس.
يتضح من شجرة النسب أن الأب II_1 سليم، وأنجب ذكرا مصابا (III_3) مما يدل على أن المورثة المسؤولة عن المرض غير محمولة على الصبغي الجنسي Y، ادن هي محمولة على الصبغي الجنسي X. (الأب II_1 أعطى للابن III_3 الصبغي Y وأخذ من الأم II_2 الصبغي X الممرض).

2) الأبوان II_1 و II_2 سليمان وأنجبا طفلا مصابا (III_3) مما يدل على أن الحليل المسؤول عن المرض متنحي.

3) الأنماط الوراثية:
- الأب I_1 : X_SY لأنه ذكر سليم.
- الأم I_2 : X_SX_m لأنها أنثى سليمة وأنجبت ابن مصاب II_3 أعطته الحليل X_m.
- البنت II_2 : X_SX_m لأنها أنثى سليمة وأنجبت ابن مصاب III_3 أعطته الحليل X_m.
- الابن II_3 : X_mY لأنه ذكر مصاب .
- الابن II_4 : X_SY لأنه ذكر سليم.

4) حساب احتمال إصابة الحميل IV_4 بالمرض:

المظاهر الخارجية للأبوين: ..... III_1 : [S] X III_2 : [S]

الأنماط الوراثية للأبوين: ..... X^S_X X X^S_Y X X^S_X

الأمشاج: ..... X^S ، Y X X^S ، X^m

أنظر شبكة التزاوج

www.datasvt.com

شبكة التزاوج

♂ \ ♀	X S	X S
Y — 50%	X S // Y — 25%	X S // X S — 25%
X S	X S // Y — 25%	X S — 50%
X S	X m // Y — 25%	X S // X m — 25%
X m	X S // X m — 25%	X m — 50%

انطلاقا من شبكة التزاوج:

المظاهر الخارجية للأبناء:

- [m] ♂ 25 % -
- [S] ♂ 25 % -
- [S] ♀ 50 % -

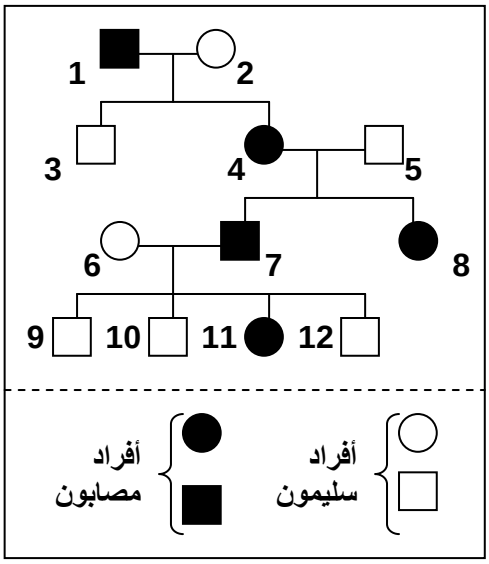
يتبين من هذا التحليل الصبغي أن احتمال إصابة الحميل IV_4 بالمرض هو 1/4 أي 25 %.

③ انتقال مرض الكساح المقاوم للفيتامين Le Rachitisme Vitamino-résistant

أ – **تمرين :** أنظر الوثيقة 9.

الوثيقة 9: انتقال مرض الكساح المقاوم للفيتامين Le Rachitisme Vitamino-résistant.

مرض الكساح المقاوم للفيتامين مرض وراثي يؤدي إلى تشوه عظام الأطراف السفلية، نتيجة تكلس رديء للعظام. وهذا المرض لا يمكن علاجه بواسطة الحقن العادية من فيتامين D فهو مرض مقاوم للفيتامين. وتبين الوثيقة أسفله شجرة نسب عائلة، بعض أفرادها مصابون بالكساح المقاوم للفيتامين .



1) هل المورثة المسؤولة عن الكساح المقاوم للفيتامين مرتبطة بالصبغيات الجنسية أم بالصبغيات اللاجنسية؟ علل جوابك.
2) انطلاقا من تحليلك لشجرة النسب حدد الحليل السائد والحليل المتنحي.
3) حدد الأنماط الوراثية للأفراد 2، 4، 3، 6،11، و9. (نرمز للحليل المسؤول عن المرض بـ R أو r، وللعادي بـ N أو n).
4) حدد الإناث الناقلات للمرض داخل هذه العائلة . علل جوابك.
5) إذا علمت أن البنت 8 قد تزوجت برجل سليم، حدد الأنماط الوراثية الممكن الحصول عليها عند أبنائها.

ب – حل التمرين :

1) انطلاقا من شجرة النسب نلاحظ أن الآباء الذكور المصابون يكون أبنائهم الذكور سليمون بينما الإناث مصابات، وهذا يدل على أن المورثة المسؤولة عن هذا المرض محمولة على الصبغي الجنسي X، وهذا يعني أن المورثة مرتبطة بالصبغيات الجنسية.

2) لقد ورثت البنت 8 من الأب 5 الصبغي X الحامل للحليل العادي، ومن الأم 4 الصبغي X الحامل للحليل الممرض، وكانت مصابة. هذا يعني أن الحليل المسؤول عن الكساح سائد.

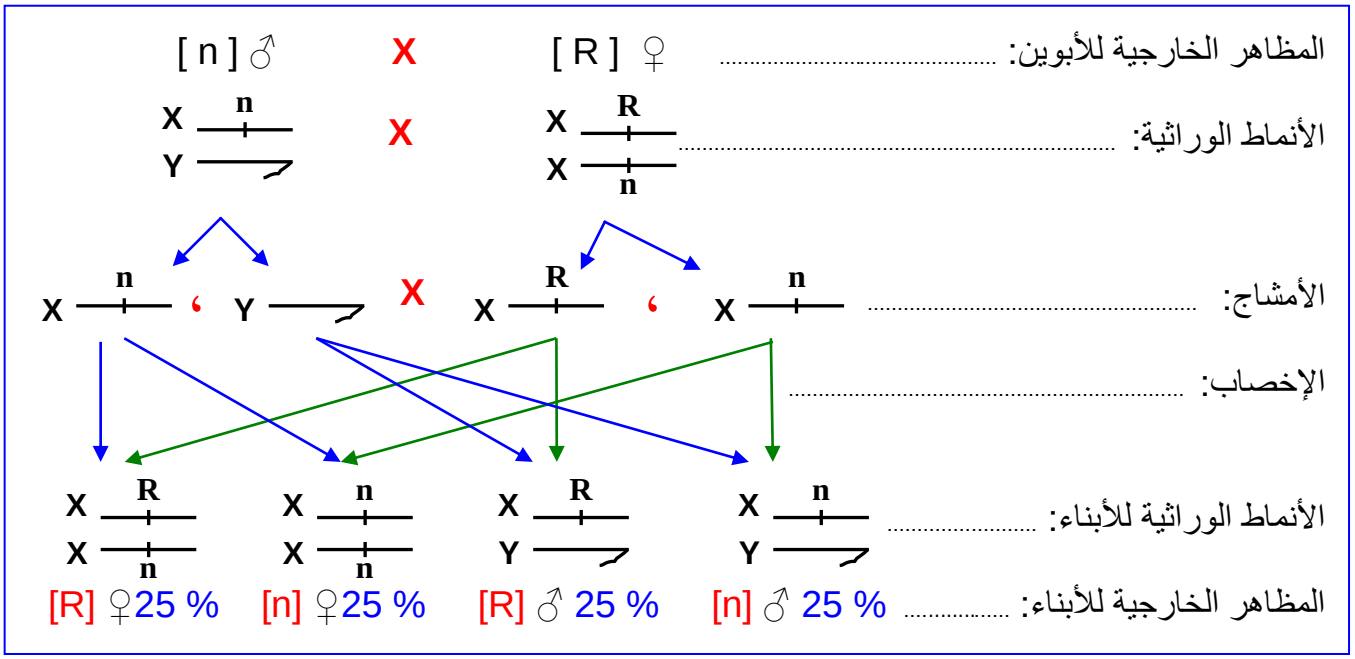
3) الأنماط الوراثية للأفراد:

- الفرد 2: $X_n//X_n$ لأنها أنثى سليمة وتحمل صفة متنحية، يجب ادن أن تكون متشابهة الاقتران.
- الفرد 4: $X_R//X_n$ لأنها ورثت من الأب الحليل X_R ومن الأم الحليل X_n.
- الفرد 3: $X_n//Y$ لأنه ذكر سليم.
- الفرد 6: $X_n//X_n$ لأنها أنثى سليمة يجب أن تكون ثنائية التنحي بالنسبة للحليل العادي.
- الفرد 11: $X_R//X_n$ لأنها أنثى مصابة ورثت من الأب الحليل الممرض X_R ومن الأم الحليل X_n.
- الفرد 9: $X_n//Y$ لأنه ذكر سليم.

www.datasvt.com

4) إن المقصود بالإناث الناقلات للمرض هو أنها إناث تحمل الحليل المسؤول عن ظهور المرض إلا أنها غير مصابة به (مظهر خارجي سليم).
ادن في هذه الحالة لا توجد إناث ناقلات للمرض لأن الحليل R المسؤول عن المرض حليل سائد، وبالتالي فكل أنثى مختلفة الاقتران X_RX_n تكون مصابة.

5) الأنماط الوراثية الممكن الحصول عليها عند أبناء البنت 8 بعد زواجها من رجل سليم:



حصيلة عامة:

⇦ عند انتقال أمراض غير مرتبطة بالجنس:

- **في حالة مرض مرتبط بحليل متنح:**

- الشخص المصاب يكون متشابه الاقتران بالنسبة للحليل المسؤول عن المرض.
- الشخص السليم يكون مختلف الاقتران أو متشابه الاقتران بالنسبة للحليل العادي.
- في حالة تزاوج فردين مختلفي الاقتران فاحتمال إنجاب طفل مصاب هو 1/4 وإنجاب طفل سليم هو 3/4.

- **في حالة مرض مرتبط بحليل سائد:**

- الشخص المصاب يكون مختلف الاقتران أو متشابه الاقتران بالنسبة للحليل الممرض.
- الشخص السليم يكون متشابه الاقتران بالنسبة للحليل المتنحي.
- في حالة تزاوج أبوين أحدهما مصاب، فاحتمال إنجاب طفل مصاب هو 50 %.

⇦ عند انتقال أمراض مرتبطة بالجنس:

- **في حالة مرض مرتبط بحليل متنح:**

- تكون الأمهات مختلفات الاقتران ناقلات لهذا الحليل الممرض بواسطة أحد صبغييها الجنسيين X.
- عندما يرث الأبناء الذكور من الأم الصبغي الجنسي X الحامل للحليل الممرض، يكون حتما مصابا بالمرض.
- لا تصاب الأنثى إلا في حالة الحصول على الصبغي الجنسي X الحامل للحليل الممرض من الأم والأب معا.

- **في حالة مرض مرتبط بحليل سائد:**

- ينتج عن قران أم مصابة مختلفة الاقتران بأب سليم، إنجاب ذكور وإناث مصابين بالمرض، بنسبة 50 %.
- ينتج عن قران رجل مصاب بأم سليمة (متشابهة الاقتران)، إنجاب ذكور سليمون وإناث مصابة بالمرض.

www.datasvt.com

IV – الشذوذات الصبغية عند الإنسان وعواقبها. Les anomalies chromosomiques

رغم أن عدد الصبغيات تابت عند جميع أفراد النوع، حيث يتوفر الإنسان مثلا على 46 صبغيا، إلا أنه في بعض الحالات، تحدث اختلالات خلال تشكل الأمشاج عند أحد الأبوين، مما يُغيّر عدد الصبغيات في البيضة الناتجة عن الإخصاب، الشيء الذي يعطي حالة من الشذوذ الصبغي، تتسبب في أمراض تؤثر في النمو الجسمي والعقلي للشخص المصاب. وترتبط هذه الشذوذات بتغير في عدد أو بنية الصبغيات.

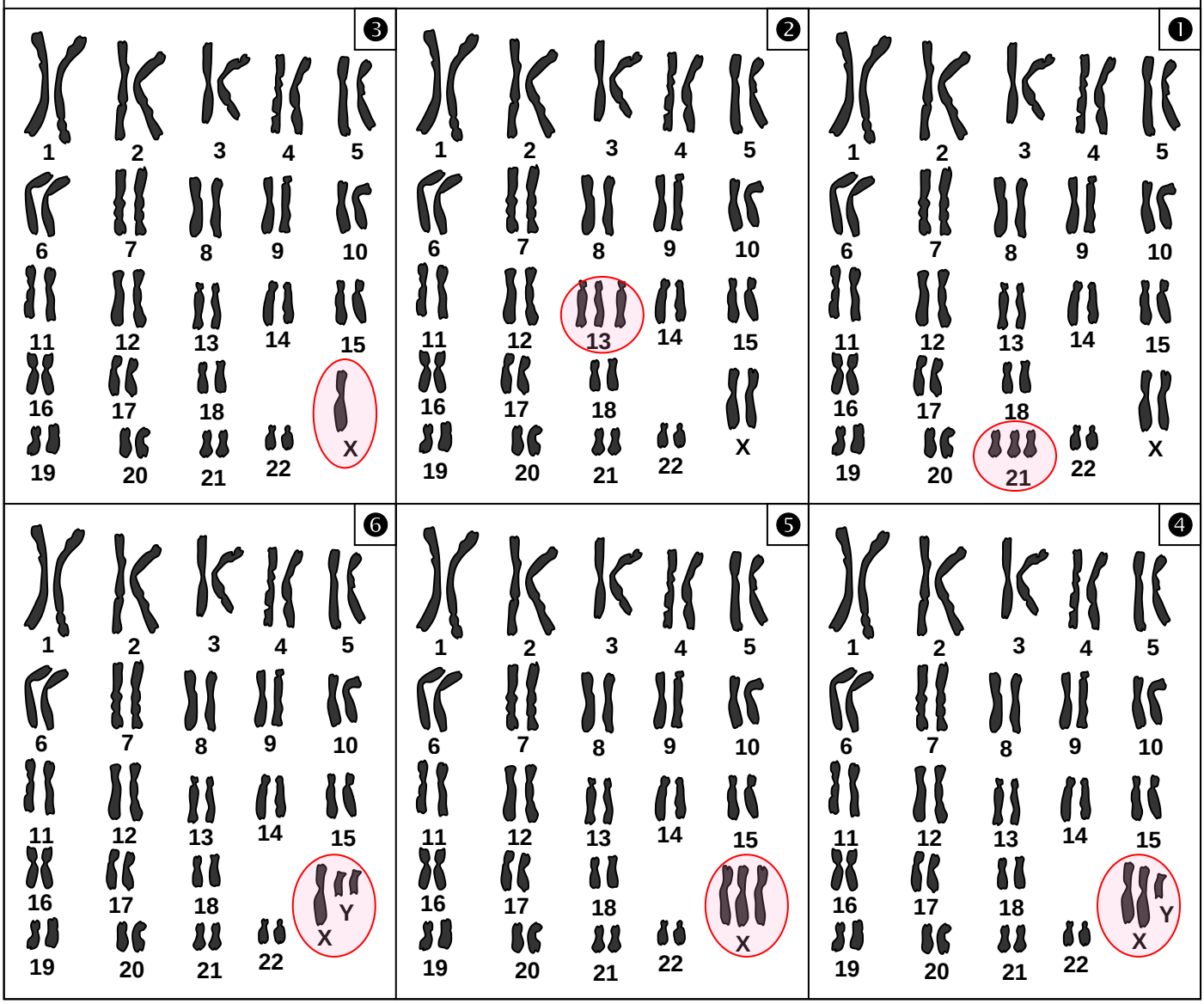
① الشذوذ المرتبط بتغير في عدد الصبغيات. أنظر الوثيقة 10.

الوثيقة 10: الشذوذات الصبغية المرتبطة بتغير في عدد الصبغيات.

تعطي الوثائق ❶، ❷، ❸، ❹، ❺،❻. خرائط صبغية لحالات مختلفة من الشذوذات الصبغية.

1) بعد ملاحظتك لهذه الخرائط، تعرف على هذه الحالات وعلى خصائص كل منها.

2) بواسطة رسوم تخطيطية أعط التأويل الصبغي لحالة الشذوذ الممثلة على هذه الخرائط الصبغية.



أ – تغير في عدد الصبغيات اللاجنسية:

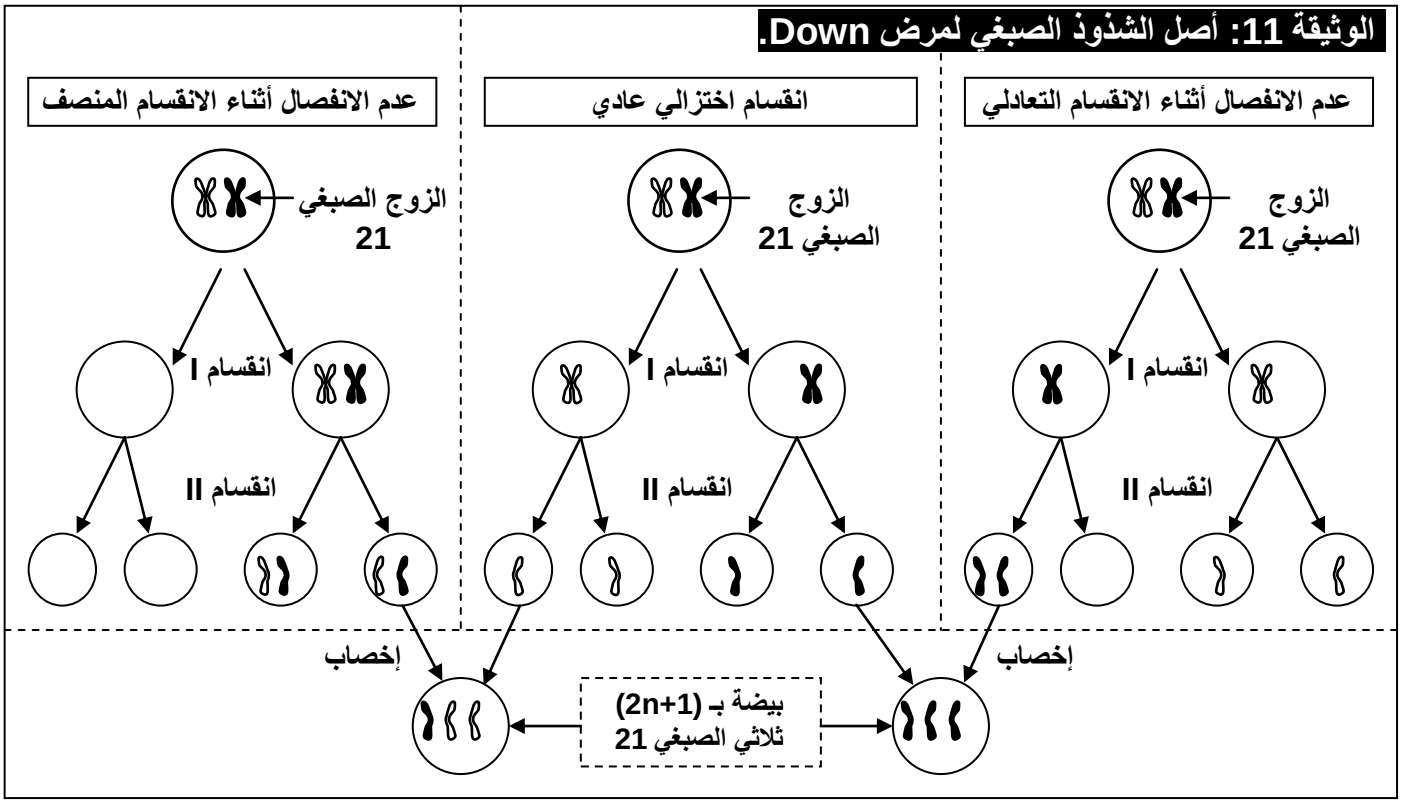
- **الخريطة الصبغية ❶:**

نلاحظ على هذه الخريطة أن كل الصبغيات عادية باستثناء الصبغي 21 فهو ممثل بثلاثة نماذج وبالتالي هناك زيادة صبغي واحد في هذه الخريطة الصبغية لذلك يسمى الشذوذ بثلاثي الصبغي Trisomie 21، أو المنغولية Mongolisme أو متلازمة Down (Longdon Down طبيب بريطاني أول من شخص الحالة 1866).

www.datasvt.com

إذن هناك زيادة في العدد الإجمالي لصبغيات الشخص المصاب، وستكون صيغته الصبغية على الشكل التالي:
2n+1=45A+XY=47
يعاني المصابون بهذا المرض من شذوذ جسدي وعقلي (تأخر عقلي، تشوهات داخلية على مستوى القلب والأوعية الدموية والأمعاء، قامة قصيرة، يدين بأصابع قصيرة مع وجود طية وحيدة عرضية، وجه ذو تقاسيم مميزة).
تمكن ممارسة الأنشطة التي تنبه الحواس منذ الطفولة، والتمرين على اللغة وعلى الحركات من تحسين ظروف عيش هؤلاء الأشخاص.

التفسير الصبغي لمرض Down: أنظر الوثيقة 11.



يفسر حدوث هذا الشذوذ بعدم انفصال صبغيي الزوج الصبغي 21 أثناء مراحل الانقسام الاختزالي عند تشكل الأمشاج لدى أحد الأبوين، إذ يؤدي التقاء مشيج غير عادي (بصبغي 21 إضافي) بمشيج آخر عادي إلى تكون بيضة تحتوي على ثلاثة صبغيات 21، ينتج عنها فرد مصاب بالمرض.

- **الخريطة الصبغية ❷:**

ثلاثي الصبغي 13، يعاني المصابون بهذا الشذوذ من تشوهات جسدية وعقلية، غياب الفاصل البيمنخري، شفة علوية مفتوحة، سداسي الأصابع.

ب – تغير في عدد الصبغيات الجنسية:

من بين الشذوذات الناتجة عن تغير في عدد الصبغيات الجنسية نجد:

- **مرض Turner:** (الخريطة الصبغية ❸)

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي جنسي X واحد و44 صبغيا لاجنسيا. ادن يصيب الإناث فقط، ومن أهم أعراضه قصر القامة، وضعف تطور الصفات الجنسية الثانوية، والعقم.

- **مرض Klinefelter:** (الخريطة الصبغية ❹)

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي X زائد عند الرجال المصابين، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاثة صبغيات جنسية XXY. ومن أهم أعراضه اجتماع الصفات الجنسية الثانوية الذكرية والأنثوية، صغر الخصيتين، والعقم.

www.datasvt.com

- **مرض ثلاثي الصبغي X:** (الخريطة الصبغية ❺)

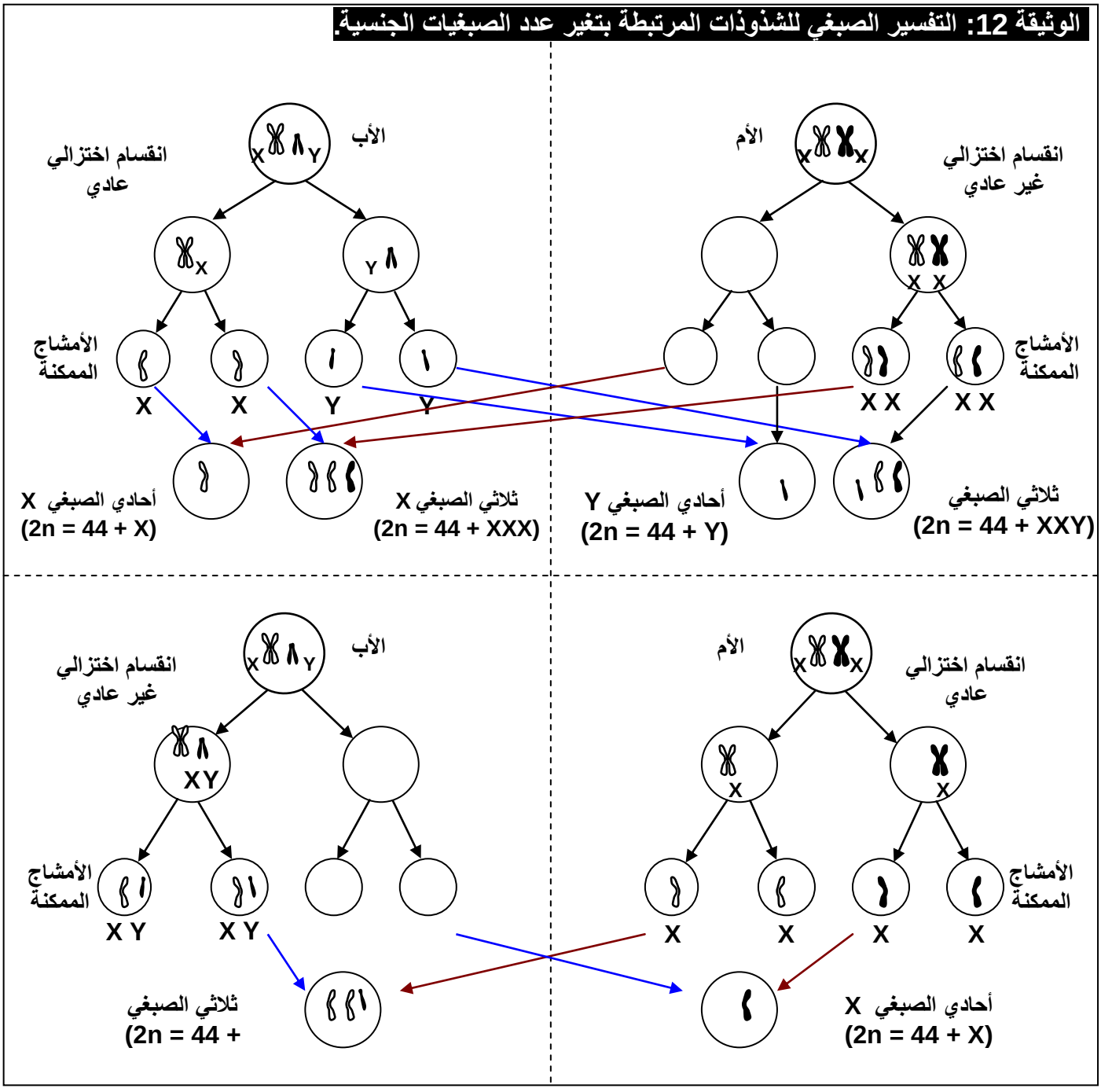
يرتبط هذا المرض بوجود صبغي X زائد عند النساء، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاثة صبغيات جنسية XXX. عادة يتميز الشخص المصاب بمظهر أنثوي عادي، قامة شيئا ما طويلة، قدرات ذهنية متوسطة إلى عادية، خصوبة محدودة.

- **مرض ثلاثي الصبغي XYY:** (الخريطة الصبغية ❻)

يرتبط هذا المرض بوجود صبغي Y زائد عند الرجال المصابين، حيث يملكون 47 صبغيا، منها 44 صبغيا لاجنسيا، وثلاثة صبغيات جنسية XYY. عادة يتميز الشخص المصاب بمظهر عادي، وقدرات ذهنية عادية، وخصوبة عادية. وأحيانا يلاحظ عند الأطفال صعوبة في التعلم.

التفسير الصبغي للشذوذات المرتبطة بتغير عدد الصبغيات الجنسية: أنظر الوثيقة 12.

الوثيقة 12: التفسير الصبغي للشذوذات المرتبطة بتغير عدد الصبغيات الجنسية.

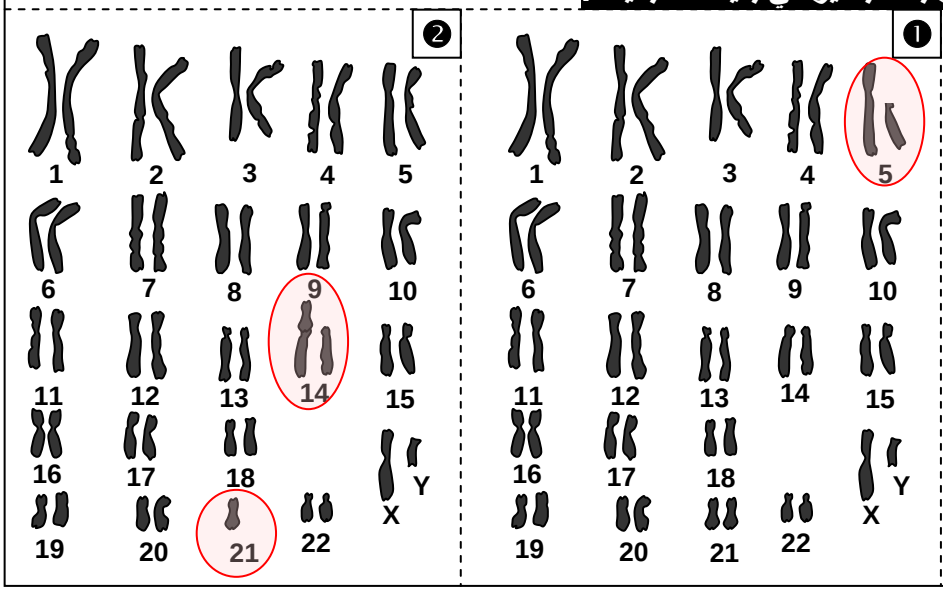


يرجع ظهور هذه الشذوذات إلى الافتراق غير السليم لأزواج الصبغيات الجنسية أثناء الانقسام الاختزالي عند تشكل الأمشاج لدى أحد الأبوين.

www.datasvt.com

② الشذوذ المرتبط بتغير في بنية الصبغيات. أنظر الوثيقة 10.

الوثيقة 13: الشذوذات الصبغية المرتبطة بتغير في بنية الصبغيات.



تعطي الوثائق ❶، ❷ خرائط صبغية لبعض حالات الشذوذ الصبغي.

بعد ملاحظتك لهذه الخرائط، تعرف على هذه الحالات وعلى خصائص كل منها.

أ – ضياع قطع صبغية La délétion chromosomique : (الخريطة الصبغية ❶)

تنتج هذه الشذوذات عن فقدان جزء من أحد الصبغيات، وأهم هذه الحالات هو ضياع الذراع القصير للصبغي 5. يعاني المصابون بهذا الشذوذ من تأخر عقلي حاد، ومن تشوهات جسمية خاصة على مستوى الحنجرة، حيث يصدر الطفل المصاب صوتا يشبه مواء القطة، لهذا يسمى هذا المرض بـ "صياح القطة".

ب – الانتقال الصبغي La translocation : (الخريطة الصبغية ❷)

تتمثل هذه الشذوذات في انتقال صبغيات أو قطع منها ولحمها بصبغيات أخرى. مثلا في هذه الحالة نتكلم عن الانتقال الصبغي المتوازن، إذ نجد نموذج واحد من الصبغي 21، أما النموذج الثاني فهو محمول على الصبغي 14. يتميز الأشخاص المصابون بهذا الشذوذ بمظهر عادي لأن خريطتهم الصبغية كاملة، رغم أنها تتضمن صبغيا هجينا (14-21). إلا أن هؤلاء الأشخاص قد ينتجون أمشاجا غير عادية، تتسبب في إنجاب أبناء مصابين بشذوذات كالمنغولية (ثلاثي الصبغي 21 المقنع).

V – تشخيص الشذوذ الصبغي قبل الولادة:

① دواعي إجراء التشخيص قبل الولادي:

يتم اللجوء إلى اختبارات التشخيص قبل الولادي، عندما يرغب الوالدان في الاطمئنان على سلامة و صحة الحميل، لكنها في بعض الأحيان تكون ضرورية، و ذلك لعدة أسباب، نذكر من بينها:

- إذا كان للأبوين، أو لأحد أفراد عائلتهما، طفل مصاب بشذوذ صبغي، أو تشوه خلقي.
- إذا سبق للأبوين إنجاب طفل مصاب بتشوه خلقي أو شذوذ صبغي.
- إذا كان أحد الأبوين يعاني من شذوذ صبغي، رغم سلامة جسمه من الأعراض حالة الانتقال الصبغي المتوازن
- إذا تجاوز عمر الأم الحامل 40 سنة لوجود احتمال كبير لإنجاب خلف ثلاثي صبغي.
- إذا ظهرت مؤشرات غير عادية عند الفحص بالصدى.

يُعتمد في تشخيص الشذوذات الصبغية قبل الولادة، على عدة تقنيات، تلخص الوثيقة أسفله أهمها.

② أهم الوسائل المعتمدة في هذا التشخيص:

أ – التصوير بالصدى L'échographie :

www.datasvt.com

بواسطة مسبار يوضع على الجلد، تسلط موجات فوق صوتية على الجنين وتنعكس عليه، ثم يتم التقاطها بواسطة نفس المسبار. ونظرا لاختلاف خاصيات كل نسيج، تنعكس الموجات بشكل مختلف فتعطي صورا للجنين، يمكن تحليلها ومقارنتها بالحالات العادية. (أنظر الوثيقة 14).

الوثيقة 14: الكشف عن الإصابة بمرض Down بواسطة التصوير بالصدى الصوتي.

يعطي الشكل أ من الوثيقة صورة بالصدى لحميل مصاب بمرض Down (علامات مميزة عند الحميل المصاب: وجه مسطح وانتفاخ في مستوى القفا وعنق عريض...)، هذه العلامات لا تلاحظ عادة عند الحميل العادي، الملاحظ على الشكل ب من الوثيقة).

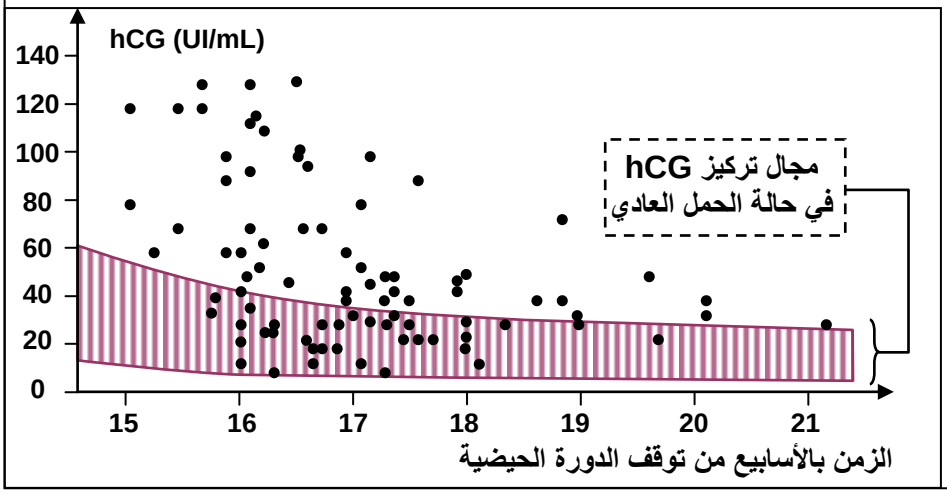
ملاحظة: أنظر الوثيقة 15.

الوثيقة 15: الكشف عن مرض Down بتحليل الدم.

بينت تحاليل الدم عند الأمهات الحوامل بأجنة مصابة بمرض Down، وجود تركيز كبير من هرمون hCG (humain Chorionic Gonadotropin)، وبروتين يركبه الحميل يرمز له بـ AFP (alpha-fœtoprotéine). تسمى هذه المواد الموجودة بالمصل بالواسمات المصلية Marqueurs sériques.

تبين الوثيقة أمامه التركيز البلازمي لهرمون hCG حسب مدة الحمل عند 86 حالة أصيب فيها الجنين بمرض Down.

بين كيف تمكن تقنية تحليل دم المرأة الحامل من تدعيم نتائج تقنية الفحص بالصدى.



★ بالإضافة إلى فحص التصوير بالصدى، تمكن معايرة كمية هرمون hCG وبروتين AFP في دم المرأة الحامل من تشخيص حالة ثلاثي الصبغي 21، وذلك لارتفاع تركيز هذه المواد في دم المرأة الحامل بجنين مصاب بمرض Down.

★ إن احتمال إنجاب أطفال مصابين بمرض Down يزداد كلما زاد سن الأم.

سن الأم	20	25	30	35	37	42	45
احتمال إنجاب طفل مصاب	1/2300	1/1600	1/1000	1/500	1/300	1/100	1/60

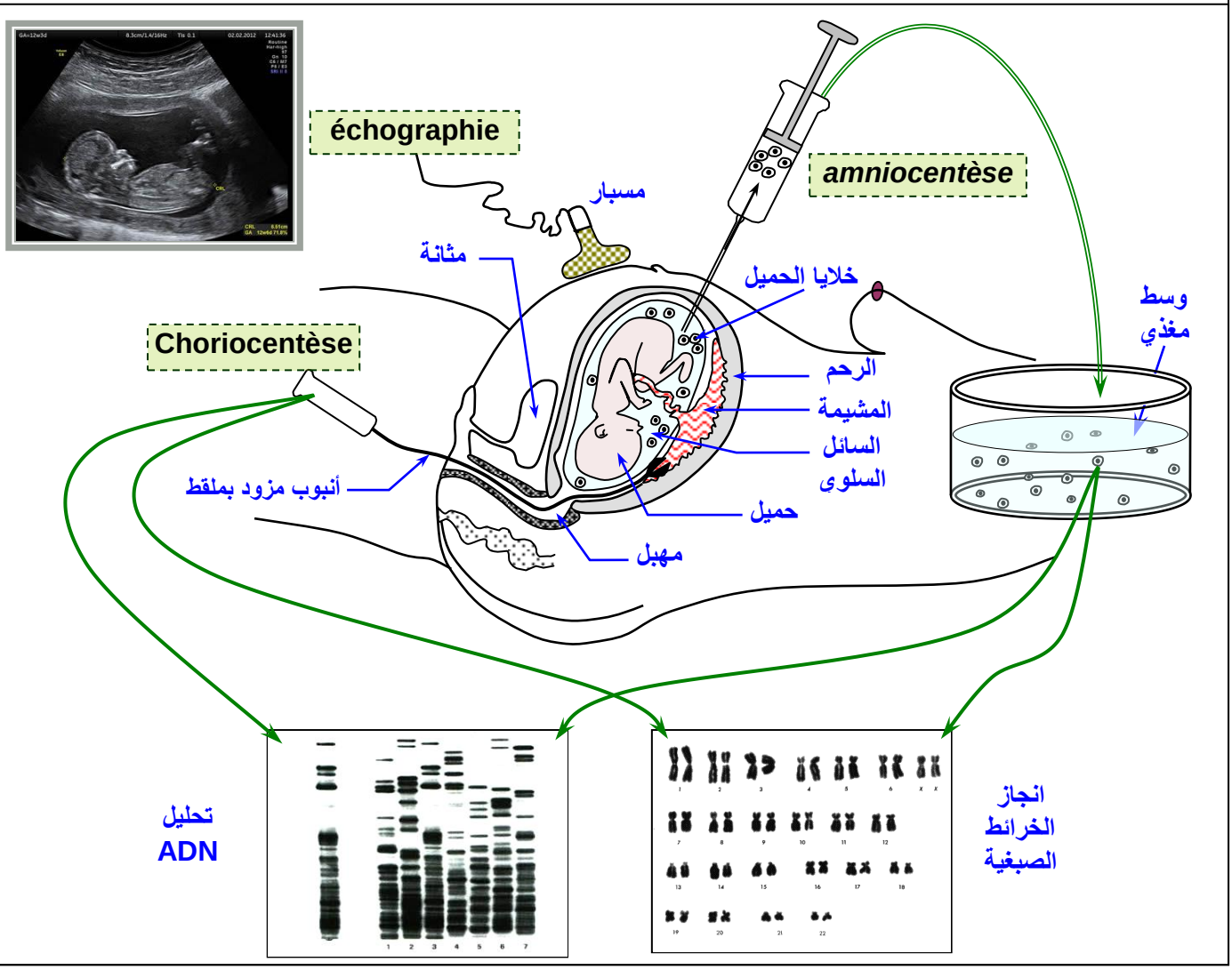
www.datasvt.com

ب – **التقنيات الحديثة للفحص قبل الولادي:** أنظر الوثيقة 16.

الوثيقة 16: فحص السائل السلوي والزغابات الجنينية Amniocentèse وChoriocentèse.

يمكن الكشف عن الشذوذات الصبغية عند الجنين أثناء الحمل إما:

- باختبار السائل السلوي بعد 15 إلى 17 أسبوع من توقف الدورة الحيضية.
- باختبار دم الحبل السري بعد الأسبوع 20 من توقف الدورة الحيضية.
- باقتلاع زغابات جنينية وتحليلها، انطلاقا من الأسبوع التاسع للحمل.



a - تقنية Amniocentèse

هو اختبار يجرى في الأسبوع 17 من الحمل، حيث يؤخذ قليل من السائل السلوي الذي يطفو داخله الحميل، وانطلاقا من الخلايا العالقة بهذا السائل تنجز الخريطة الصبغية للجنين التي تمكن من الكشف عن الشذوذات الصبغية المحتملة.

b - تقنية Choriocentèse

بواسطة ملقاط يتم اقتطاع عينات من الأنسجة الحميلية (أخذ خلايا من غدد الغشاء الخارجي للحميل) قصد إنجاز خريطة صبغية و تحليلها للتأكد من خلوها من أي شذوذ صبغي. (هذه الخلايا تنحدر من البيضة وبالتالي فهي تملك نفس الزينة الصبغية للحميل).

c - تقنية الرصد الجنيني Embryoscopie

بواسطة نظام عدسي يدخل عبر عنق الرحم، يمكن أخذ صور واضحة للجنين، الشيء الذي يمكن من التشخيص المبكر للتشوهات العضوية المرافقة لبعض الشذوذات الصبغية.

www.datasvt.com

الفصل الرابع:
القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية
عند ثنائيات الصيغة الصبغية

تمهيد :

تعتبر الكائنات الثنائية الصيغة الصبغة نتيجة إخصاب لخلايا جنسية أحادية الصيغة الصبغية، الشيء الذي يعطي بيضة ثنائية الصيغة الصبغية تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة وبذلك توجد كل مورثة على شكل زوج من حليلين.ولفهم الآليات التي تتحكم في انتقال هذه الحليلات عبر أجيال هذه الكائنات، قام العلماء بمجموعة من الأبحاث والتجارب. وشكلت أعمال العالم ماندل Gregor Mendel، الدراسات الأولية التي مكنت من وضع قوانين إحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند ثنائيات الصيغة الصبغية.
بعد العالم Mendel، ساهم علماء آخرون، من بينهم العالم Thomas Hunt Morgan، في فهم أكثر دقة للكيفية التي تنتقل خلالها الصفات الوراثية عبر الأجيال.

- **ما هي نتائج أعمال ماندل Mendel؟ وما تأويلها الصبغي؟**
- **ما هي القوانين الإحصائية المتحكمة في انتقال الحليلات عبر الأجيال؟**

I – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة السيادة التامة: الهجونة الثنائية.

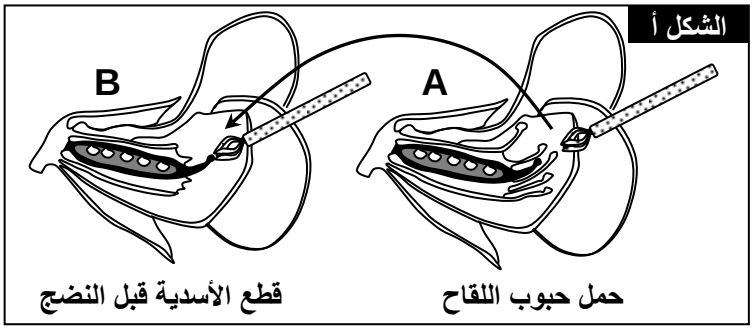
① تجارب Mendel وتأويلها الصبغي:

أ - تجارب Mendel. أنظر الوثيقة 1.

الوثيقة 1: تجارب ماندل Mendel.

JOHANN GREGOR MENDEL

★ اختار Mendel لهذه الدراسة نبات الجلبانة الذي يظهر صفات متعارضة (بذور صفراء أو خضراء، أزهار بيضاء أو بنفسجية، بذور ملساء أو متجعدة) فقام بزرع سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة، تتميز السلالة الأولى ببذور ملساء Graines lisses والسلالة الثانية ببذور متجعدة (Graines ridées). ولضمان الإخصاب المتبادل بين هاتين السلالتين منع Mendel الإخصاب الذاتي الذي يتم بصورة طبيعية قبل تفتح أزهار الجلبانة وذلك بقطع الأسدية Les étamines قبل نضجها في مستوى الأزهار المستقبلة لحبوب اللقاح من أزهار أخرى (أنظر الشكل أ).
نتج عن هذا التزاوج تشكل بذور كلها ملساء تكون الجيل الأول الذي سوف نرمز له بـ F_1.



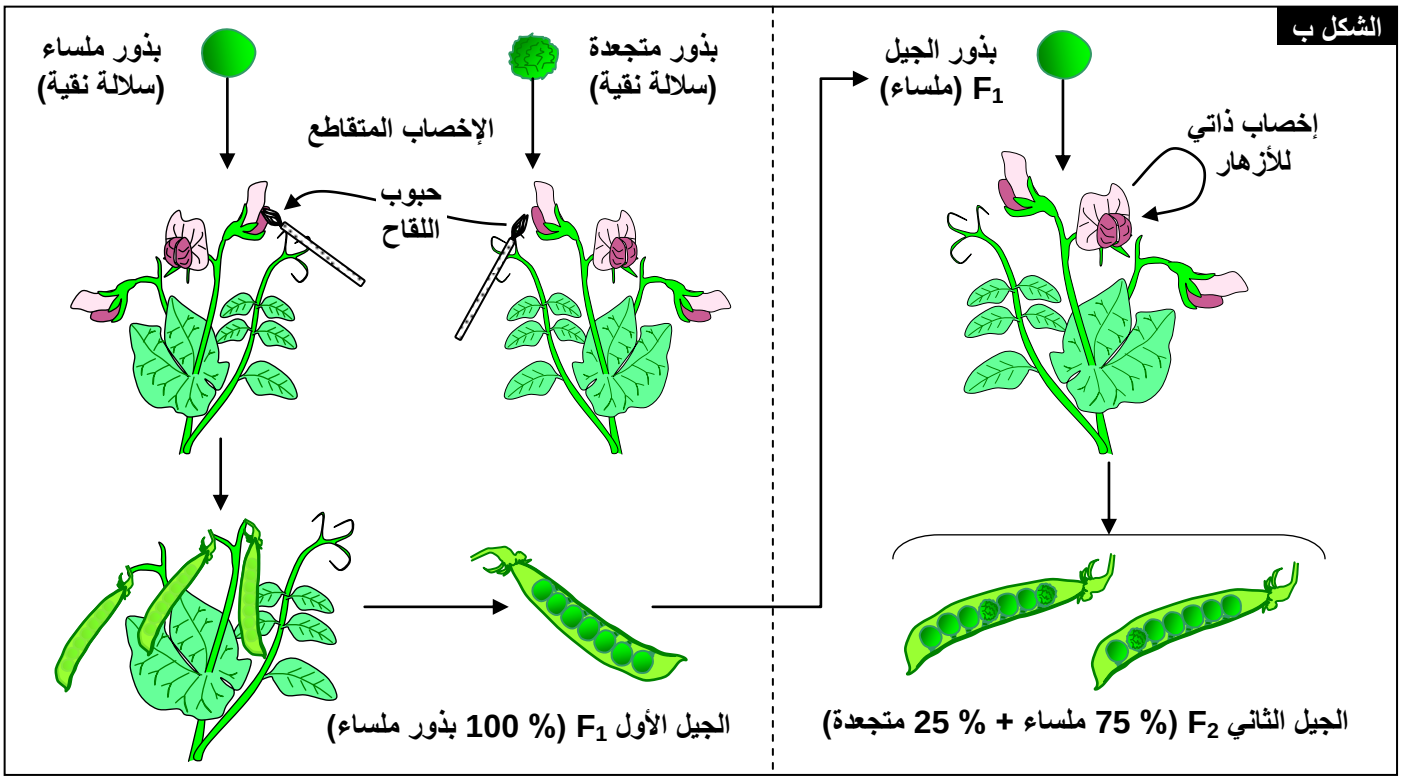
★ قام Mendel بإحداث تزاوج بين أفراد الجيل الأول (F_1XF_1) بنفس الطريقة السابقة فحصل على الجيل الثاني F_2 مكون من 75 % من بذور ملساء، و25 % من بذور متجعدة. (أنظر الشكل ب).
قام Mendel بعد ذلك بزرع بذور الجيل F_2 تاركا أزهارها تلقح ذاتيا.

حصل ماندل على النتائج التالية:

- ✓ البذور المتجعدة F_2 تعطي 100 % من البذور المتجعدة.
- ✓ 25 % من البذور الملساء أفراد الجيل F_2 تعطي 100 % من البذور الملساء.
- ✓ 50 % من البذور الملساء أفراد الجيل F_2 يعطون 75 % من البذور الملساء و25 % من البذور المتجعدة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج تجربة ماندل؟
2) أعط التأويل الصبغي لنتائج تجربة ماندل، آخذا بعين الاعتبار معطيات جدول الوثيقة2 حول الترميز.

www.datasvt.com



الوثيقة 2: معطيات حول الترميز.

⇦ نرمز للمظهر الخارجي لفرد ما بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية للصفة المدروسة. ويكتب هذا الحرف بين معقوفتين وبكتابة كبيرة Majuscule عندما تكون الصفة سائدة Dominante، وبكتابة صغيرة Minuscule عندما تكون الصفة متنحية Récessif.

مثال : بذور ملساء [L] ، بذور متجعدة [r] .

⇦ نرمز للحليلات المسئولة عن صفة ما كما هو الشأن بالنسبة للمظهر الخارجي بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية لهذه الصفة.

⇦ نرمز للنمط الو راثي بالشكل التالي: L//L حيث يمثل الخطآن الزوج الصبغي الذي يحمل الحليلين كما نرمز لكل حليل بحرفه.
مثال: النمط الو راثي للبذور المتجعدة هو : r//r والنمط الو راثي للبذور الملساء هو إما L//L أو L// r.

⇦ تعريف **بعض المفاهيم :**

- ✓ السلالة النقية: تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة من جيل إلى آخر دون تغيير.
- ✓ السلالة المتوحشة: السلالة ذات الصفة المرجعية الأكثر حضورا في الطبيعة.
- ✓ التهجين: تزاوج طبيعي أو اصطناعي بين حيوانات أو نباتات من أنواع أو سلالات مختلفة، ينتج عنه أفراد هجناء.
- ✓ المظهر الخارجي: هو الشكل الظاهر أو المعبر عنه لصفة معينة.
- ✓ النمط الوراثي: حليلات المورثة المتحكمة في الصفة المدروسة، وعند ثنائيات الصيغة الصبغية تكون كل مورثة ممثلة بحليلين، حليل على كل صبغي من الصبغيات المتماثلة. وهكذا يكون الفرد إما متشابه الاقتران عندما يكون الحليلان متشابهان، أو مختلف الاقتران، عندما يكون الحليلان مختلفان.

ب – تحليل نتائج تجارب Mendel.

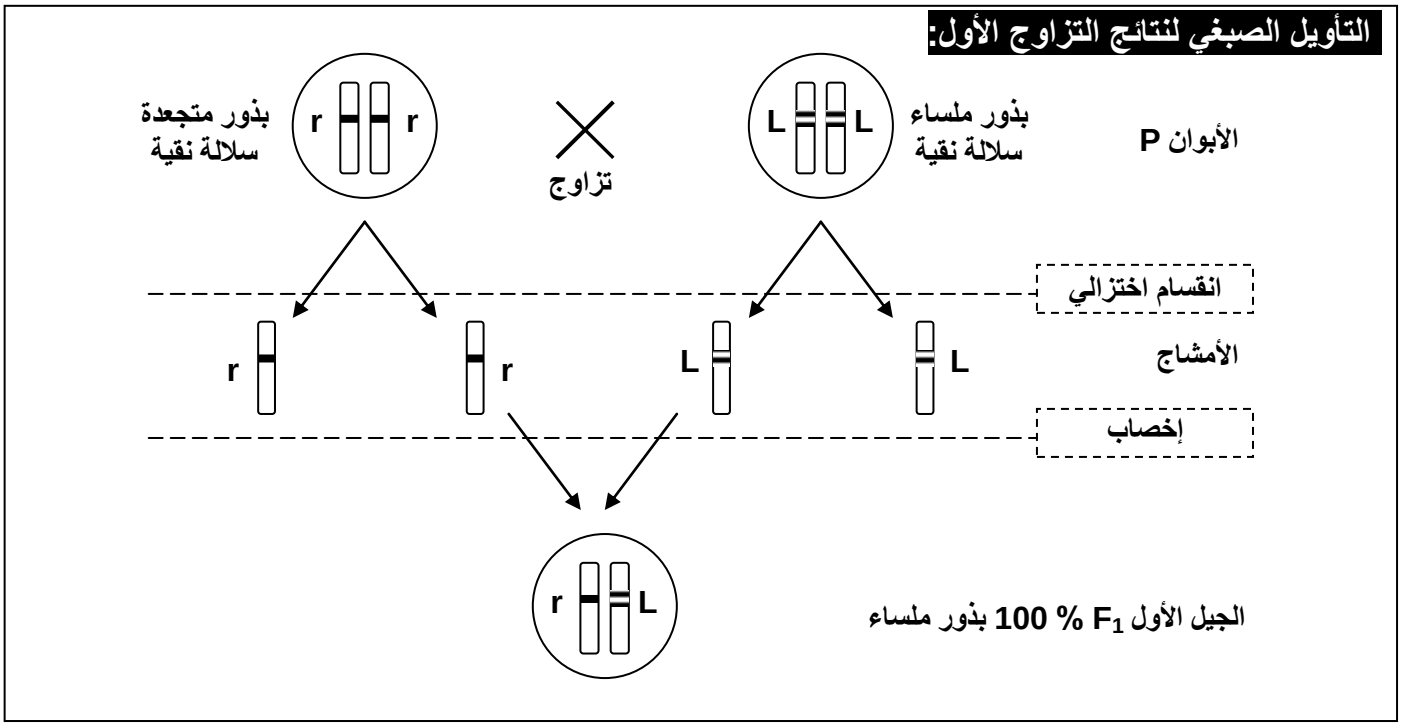
1) نتج عن تزاوج نبتتين من سلالة نقية، لإحداهما بذور ملساء والأخرى بذور متجعدة (جيل الآباء P)، جيل أول F_1 يتكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجعد. نعلم أن الأبوين من سلالة نقية، إذن سيكونان متشابها الاقتران، حيث ستكون النبتة ذات البذور الملساء، حاملة لحليلي الشكل الأملس، بينما النبتة ذات البذور المتجعدة، ستكون حاملة لحليلي الشكل متجعد. أما النبتات الناتجة عن هذا

www.datasvt.com

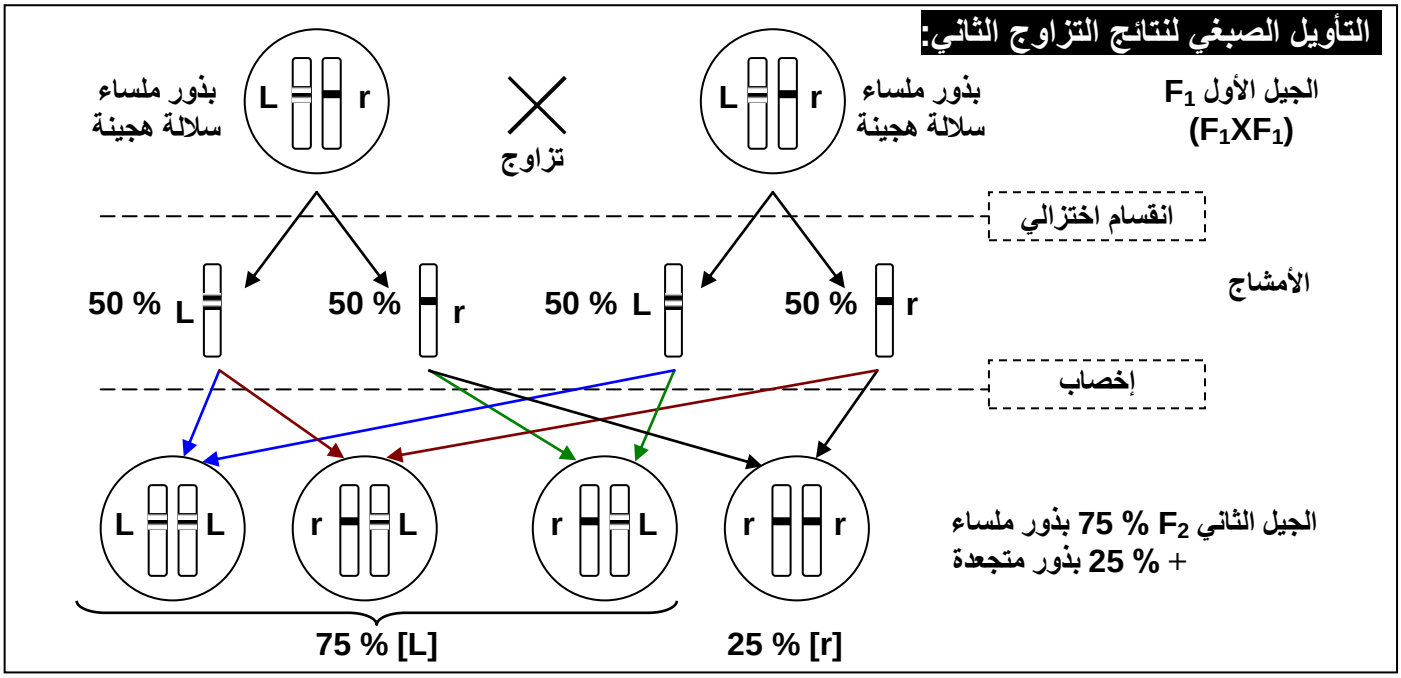
التزاوج، ورغم إبدائها للمظهر بذور ملساء، إلا أنها حاملة لحليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، أي أنها مختلفة الاقتران بالنسبة لهذه الصفة، فنقول أنها هجينة. ورغم أن بذور نبتات الجلبانة للجيل F_1 تتوفر على حليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، إلا أنها تبرز الشكل أملس فقط. نستنتج إذن، أنه يتم فقط تعبير أحد الحليلين إلى مظهر خارجي، نقول أن حليل الشكل أملس سائد على حليل الشكل متجعد Dominant، وبالتالي هذا الأخير هو حليل متنحي Récessif .

2) لدينا حليل مسؤول عن الشكل أملس Lisse سائد، وحليل مسؤول عن الشكل متجعد Ridé متنحي، إذن سنرمز لأملس بالحرف L، وللمتجعد بالحرف r. وهكذا نفسر التزاوجات كما يلي:

★ يعطي التزاوج الأول بين الآباء P، الجيل الأول F_1 مكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجعد.



★ عند التزاوج الثاني (F_1 X F_1)، يظهر جيل ثاني F_2، مكون من أفراد غير متجانسين (25 % متجعدة + 75 % ملساء). هذا يعني أن أفراد الجيل الأول F_1 كانت تحمل الشكل متجعد ولكنه لم يظهر إلا في الجيل الثاني F_2. يعني أن الفرد الهجين F_1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين.



www.datasvt.com

ج – استنتاجات.

★ إن الفرد الهجين F_1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين. وهكذا فالمظهر الخارجي لهجناء F_1 الذي يشبه أحد الأبوين هو سائد، وبالمقابل فالمظهر الثاني الذي بقي مستترا في هذا الجيل وظهر في الجيل الثاني F_2، هو مظهر متنحي. من كل ما سبق استنتج القانون الأول لماندل:

نسمي هذا القانون قانون تجانس الهجناء:

في حالة تزاوج سلالتين نقيتين تختلفان بصفة واحدة، نحصل في الجيل الأول F_1 على أفراد متجانسة ذات صفة الأب السائدة.

★ تفسر النتائج المحصل عليها في الجيل الثاني F2 بافتراض أن العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين يفترقان أثناء تشكل أمشاج النبات الهجين (كل مشيج يحمل فقط أحد هذين العاملين) ويلتقيان بالصدفة أثناء الإخصاب. ومن ذلك استنتج القانون الثاني لماندل:

نسمي هذا القانون قانون نقاوة الأمشاج:

أثناء تشكل الأمشاج يفترق العاملان الوراثيان اللذان يحملان الصفتين المتعارضتين، فيحتوي كل مشيج على أحد حليلي المورثة، ادن هو نقي.

② انتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

أ – معطيات تجريبية. أنظر الوثيقة 3.

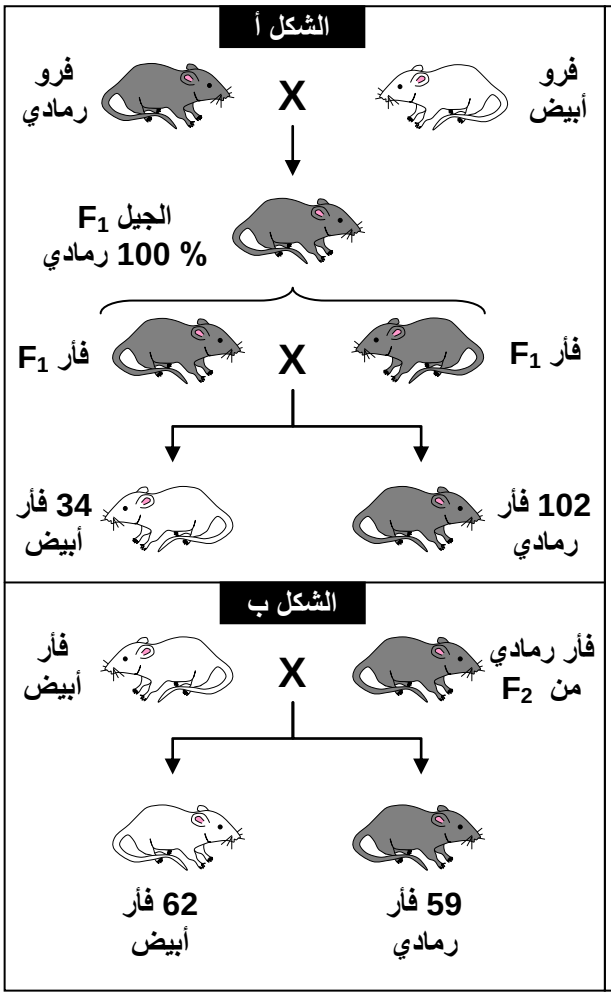
الوثيقة 3: دراسة تجريبية لانتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

عند ظهور نتائج Mendel (1866)، حاول هذا الباحث تطبيق مبادئه على الحيوانات، فدرس انتقال صفة لون الفرو عند الفئران. لدينا سلالتين نقيتين من الفئران تختلفان بلون الفرو، أحدهما ذو فرو أبيض والثاني ذو فرو رمادي. يعطي التزاوج بين فئران إحداها رمادية والأخرى بيضاء (سلالة الآباء P)، خلفا متجانسا مكون فقط من فئران رمادية اللون (الجيل الأول F_1).
نقوم بتزاوج أفراد F_1 مع بعضها فنحصل على الجيل الثاني F_2 يتكون من فئران رمادية وفئران بيضاء (أنظر الشكل أ).

1) حدد نمط التزاوج المنجز.
2) عرف السلالة النقية.
3) حلل النتائج المحصل عليها في F_1 وفي F_2.
4) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في كل من F_1 وF_2.

من أجل التأكد من نقاوة سلالة الفئران ذات اللون الرمادي في الجيل الثاني F_2، نقوم بإجراء تزاوج بين فرد رمادي من F_2 وفرد آخر أبيض، فنحصل على خلف يضم فئران رمادية وفئران بيضاء كما هو ممثل على الشكل ب.

5) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج؟ ماذا تستنتج من تحليل نتيجة هذا التزاوج؟



ب – تحليل نتائج التزاوجات.

1) لقد تم التزاوج بين أفراد من نفس النوع، ينتمون لسلالتين نقيتين، تختلفان في صفة واحدة. ادن نمط التزاوج هو عبارة عن هجونة أحادية.

www.datasvt.com

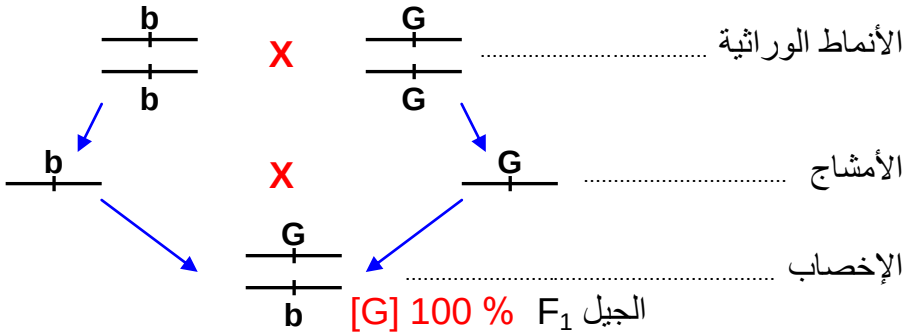
2) تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة إلى الخلف بدون تغير عبر أجيال متعددة. ونفسرها بوجود حليلين متشابهين بالنسبة للمورثة المرتبطة بتلك الصفة.

3) إن جميع أفراد الجيل F_1 متجانسون فيما بينهم، ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي اللون الرمادي. اعتمادا على القانون الأول لـ Mendel نستنتج أن صفة اللون رمادي صفة سائدة، بينما الصفة لون أبيض صفة متنحية. نلاحظ كذلك أن الصفة أبيض ظهرت لدى أفراد الجيل F_2، ولم تكن تظهر عند الجيل F_1، نستنتج أن أفراد الجيل F_1 يحملون الحليل المسؤول عن الصفة أبيض، ولا يظهر عندهم لكونه حليل متنحي

4) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:

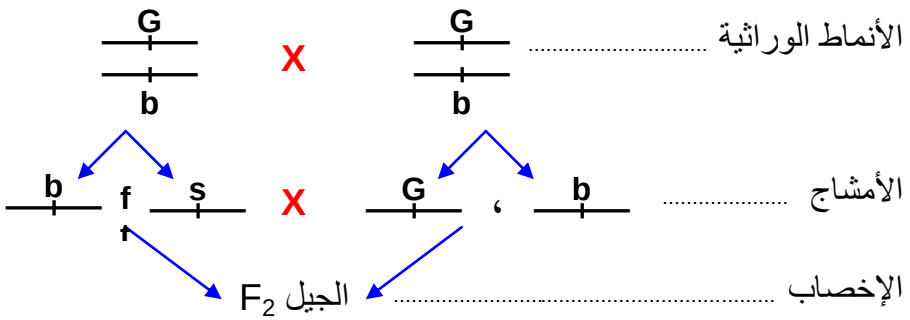
بما أن رمادي سائد سنرمز له ب G، وأبيض متنحي سنرمز له ب b.

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P:** المظاهر الخارجية لـ P ..... : [G] X [b]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي G//b، وبما أن الحليل G سائد على الحليل b، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [G].

★ **التزاوج الثاني: F1 X F1.** المظاهر الخارجية لـ F_1 ..... : [G] X [G]



في F_2 يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في جدول ذي مدخلين، يسمى شبكة التزاوج L'échiquier de croisement. حيث يكتب في المدخل العمودي، مختلف أصناف الأمشاج الأنثوية ونسبها، وفي المدخل الأفقي، مختلف أصناف الأمشاج الذكرية ونسبها.

شبكة التزاوج

♂ / ♀	G 50%	b 50%
G 50%	G//G 25%	G//b 25%
b 50%	G//b 25%	b//b 25%

يتكون الجيل الثاني F_2 من :

★المظاهر الخارجية: [G] 75 % + [b] 25 %.

★ الأنماط الوراثية: 25 % بنمط وراثي b//b.
50 % بنمط وراثي G//b.
25% بنمط وراثي G//G.

www.datasvt.com

5) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الاختباري Test Cross، وهو تزاوج يتم بين فرد ذي مظهر خارجي سائد ونمط وراثي غير معروف، وفرد ذي مظهر خارجي متنح أي متشابه الاقتران بالنسبة للصفة المدروسة.

في هذا التزاوج، يرتبط المظهر الخارجي للخلف بنمط الأمشاج التي ينتجها الأب ذو المظهر الخارجي السائد. وبذلك نجد حالتين:

★ **الحالة الأولى:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو G//G، فسوف ينتج نمطا واحدا من الأمشاج G/، وبالتالي نحصل عند الخلف على 100 % G//b. أي 100 % فئران رمادية.

★ **الحالة الثانية:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو G//b، فسوف ينتج نمطين من الأمشاج G/ و b/، وبالتالي نحصل عند الخلف على 50 % G//b + 50 % b//b. أي 50 % فئران بيضاء + 50 % فئران رمادية.

نلاحظ أن نتيجة هذا التزاوج الاختباري هي 50 % فئران بيضاء + 50 % فئران رمادية. نستنتج ادن أن الفأر الرمادي المختبر هجين أي مختلف الاقتران G//b.

II – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة تساوي السيادة La codominance.

① التهجين عند نبات شب الليل أنظر الوثيقة 4.

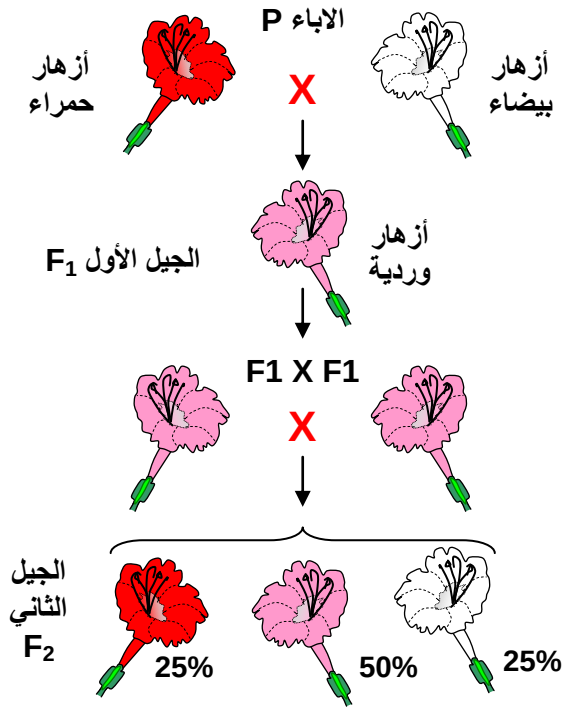
الوثيقة 4: التهجين عند نبات شب الليل:

قصد دراسة مظهر آخر لكيفية انتقال الصفات الوراثية وتعبيرها، تم إجراء تزاوج عند نبات شب الليل Mirabilis jalapa، حيث تم إنجازه بين سلالتين نقيتين من نبات شب الليل، الأولى ذات أوراق تويجية حمراء Rouge، والثانية ذات أوراق تويجية بيضاء Blanche، فتم الحصول نباتات هجينة ذات أوراق تويجية وردية Rose تمثل الجيل الأول F1 (أنظر الرسم أمامه). نشير إلى أنه تم اعتماد الإخصاب المتقاطع، لتجنب حدوث إخصاب ذاتي لنفس الأزهار.

1) حلل هذه النتائج، ثم استنتج.

يعطي تزاوج نباتات F_1 فيما بينها جيل ثاني F_2 غير متجانس ومكون من 25 % نباتات ذات أزهار بيضاء و25 % نباتات ذات أزهار حمراء و50 % نباتات ذات أزهار وردية.

2) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في F_1 و في F_2.



② تحليل نتائج التزاوج:

1) إن تزاوج سلالتين نقيتين من شب الليل تختلفان بصفة لون الأوراق التويجية أعطى جيل أول F_1 يتكون من أفراد متجانسون، إذن الجيل F_1 سيكون هجينا (تحقق القانون الأول لماندل). إلا أن صفةأفراد الجيل F_1 لا تشبه أي صفة من صفات الوالدين، بل هي صفة وسيطة بين صفتي الأبوين. نستنتج من هذا أن هناك غياب للسيادة أو نقول كذلك تساوي السيادة أو السيادة غير التامة.

2) التفسير الصبغي لنتائج التزاوجات:

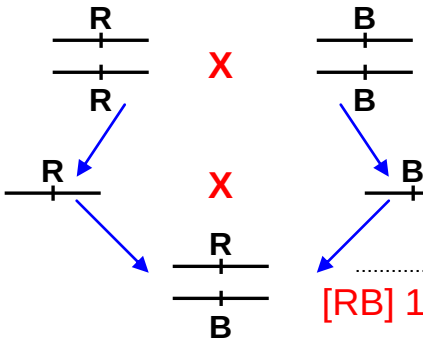
بما أن الحليلان متساويا السيادة، سنرمز لهما معا بحروف كبيرة Majuscules، فنعطي للحليل المسؤول عن اللون الأحمر Rouge للأوراق التويجية الحرف R، والحليل المسؤول عن اللون الأبيض Blanc للأوراق التويجية الحرف B.

سيكون التفسير الصبغي إذن على الشكل التالي:

www.datasvt.com

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P:**

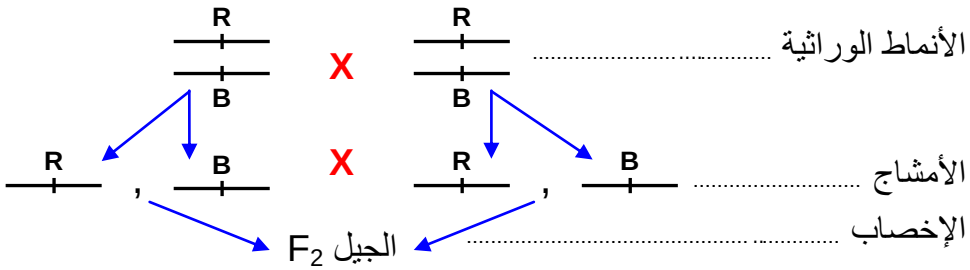
المظاهر الخارجية لـ P: ..... [B] X [R]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي R//B، وبما أن هناك تساوي السيادة، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [RB].

★ **التزاوج الثاني : F1 X F1.**

المظاهر الخارجية لـ F1: ..... [RB] X [RB]



في F_2 يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في شبكة التزاوج التالية:

♂ / ♀	R 50%	B 50%
R 50%	R//R 25%	R//B 25%
B 50%	R//B 25%	B//B 25%

يتكون الجيل الثاني F_2 من:

★ المظاهر الخارجية: [R] 25 % + [B] 25 % + [RB] 50 %.

★ الأنماط الوراثية: R//R 25 % بنمط وراثي.
+ R//B 50 % بنمط وراثي.
+ B//B 25 % بنمط وراثي.

III – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة المورثة المميتة.

① انتقال صفة مرتبطة بمورثة مميتة عند الفئران أنظر الوثيقة 5.

الوثيقة 5: دراسة صفة مرتبطة بمورثة مميتة عند الفئران:

نقوم بتزاوج سلالتين من فئران صفراء Jaune، فنحصل على خلف غير متجانس يضم: 202 فأر أصفر و98 فأر رمادي Gris.

1) ماذا يمكنك استنتاجه من خلال نتائج هذا التزاوج؟ علل جوابك؟
2) أحسب نسبة الأنماط المحصل عليها. ماذا تلاحظ؟
3) فسر صبغيا هذه النتائج علما أنه لوحظ في رحم الأم فئران صفراء ميتة

www.datasvt.com

② تحليل نتائج التزاوج:

1) من خلال تحليل نتائج هذا التزاوج نستنتج:

★ لقد تم التزاوج بين فئران صفراء، فحصلنا في الخلف على فئران غير متجانسة (صفراء ورمادية)، إذن لم يتحقق القانون الأول لمانـدل، وبالتالي فالأبوين لا ينتميان لسلالة نقية.

★ إن ظهور فئران رمادية عند الخلف، يدل على أن الحليل المسؤول عن هذه الصفة كان عند الآباء ولم يظهر عندهم. يمكننا القول إذن أن صفة لون رمادي صفة متنحية وصفة لون أصفر صفة سائدة.

★ إن الحصول في الجيل الأول F_1 على أفراد بلون رمادي، يعني أن الأبوين معا يتوفران على الحليل المسؤول عن هذا اللون، لكنهما يبديان مظهرا خارجيا أصفر، نستنتج بالتالي أن الأبوين معا مختلفي الاقتران (هجناء).

2) نسب الأنماط المحصل عليها:

نسبة الفئران الصفراء هي: (2/3) 67.33 % = 100 x ((202 / (202 + 98))

نسبة الفئران الرمادية هي: (1/3) 32.66 % = 100 x ((98 / (202 + 98))

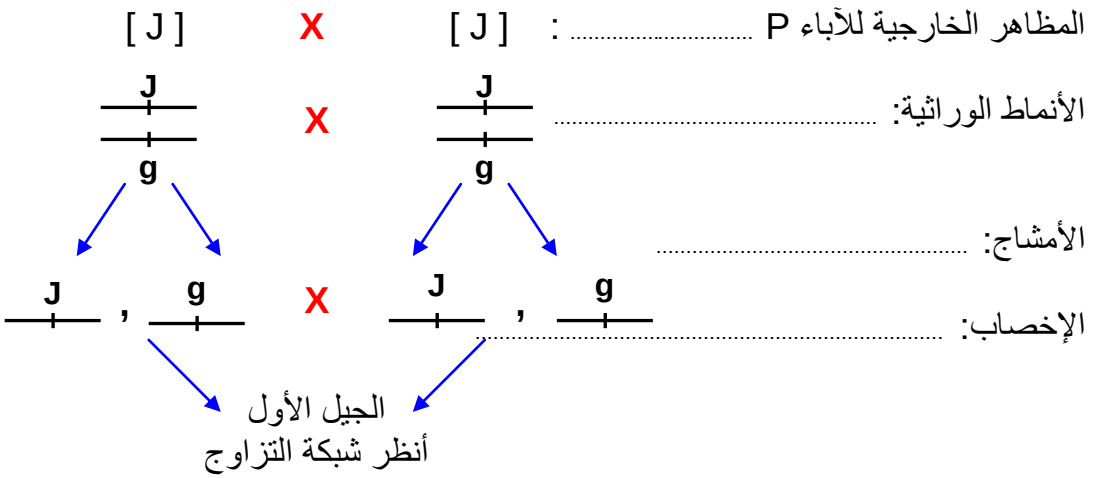
بما أننا في حالة سيادة تامة، فالنسب المتوقعة هي 25 % (أي 1/4) للمظهر الخارجي المتنحي + 75 % (أي 3/4) للمظهر الخارجي السائد.

نلاحظ أن النسب المحسوبة تخالف النسب المتوقعة F_2 في حالة السيادة التامة.

3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:

ننجز التفسير الصبغي باستعمال الرموز التالية: الحليل المسؤول عن اللون الأصفر Jaune سائد، سنرمز له بالحرف J، والحليل المسؤول عن اللون الرمادي Gris متنحي، سنرمز له بالحرف g.

التأويل الصبغي للتزاوج [J] X [J].



شبكة التزاوج

♂ / ♀	J	g
J	J//J	J//g
g	J//g	g//g

♂ / ♀	J 50%	g 50%
J 50%	J//J 25%	J//g 25%
g 50%	J//g 25%	g//g 25%

إن تشابه الاقتران بالنسبة للحليلين السائدين J//j يؤدي إلى موت هذه الفئران، وهذا ما يفسر وجود فئران ميتة في رحم الأم، ويفسر أن ثلث الفئران ذات لون رمادي، والثلثين بلون أصفر.

من خلال هذا التفسير الصبغي، يتضح أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، وبالتالي، فنحن فعلا أمام حالة مورثة مميتة Gène létale.

www.datasvt.com

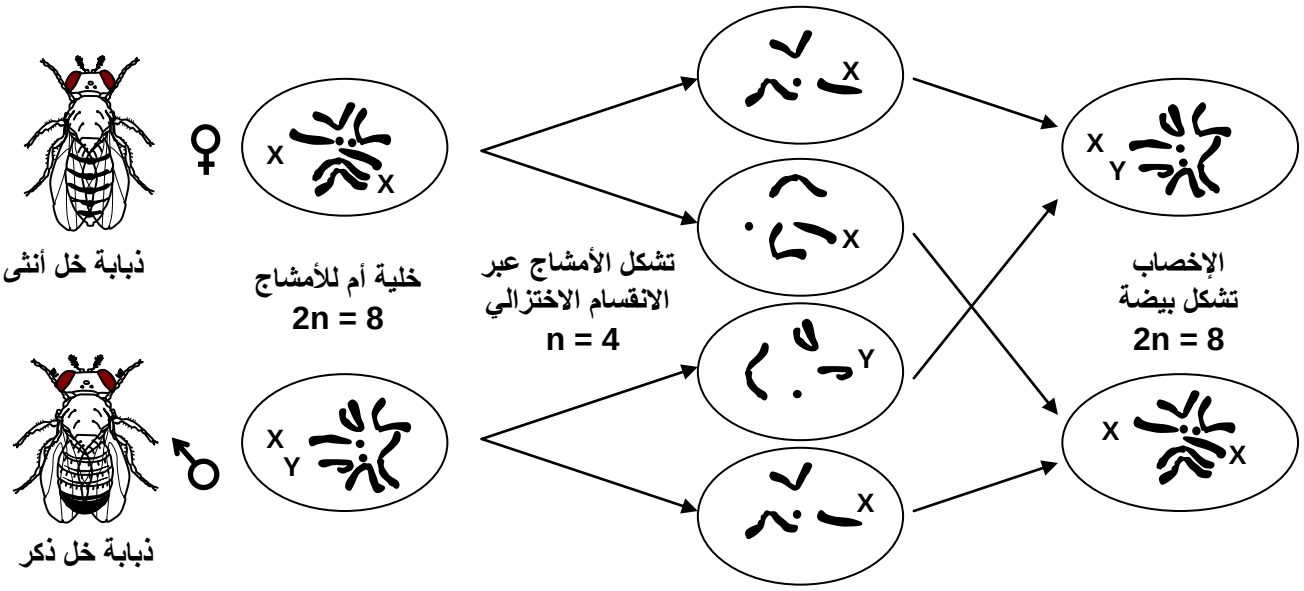
IV – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

① دور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس. أنظر الوثيقة 6.

الوثيقة 6: دور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس:

استعمل Morgan في تجاربه حول انتقال الصفات الوراثية ذبابة الخل Drosophile، وذلك نظرا لخصوصياتها المتجلية في نموها في أوساط بسيطة وقصر دورة نموها وقلة عدد صبغياتها (2n = 8).
خلال تجارب التهجين عند ذبابة الخل، لاحظ العالم Morgan، اختلافا في النتائج المحصل عليها بمجرد تغيير جنس الأفراد المتزاوجين، فاستنتج على أنه ليست كل الصفات الوراثية محمولة على صبغيات لاجنسية، بل أن بعضها يكون محمولا على الصبغيات الجنسية.
تعطي الوثيقة أسفله رسما تخطيطيا توضيحيا لدور الصبغيات الجنسية في تحديد الجنس عند ذبابة الخل.

انطلاقا من تحليل معطيات هذه الوثيقة، صف سلوك الصبغيات الجنسية أثناء الانقسام الاختزالي والإخصاب.

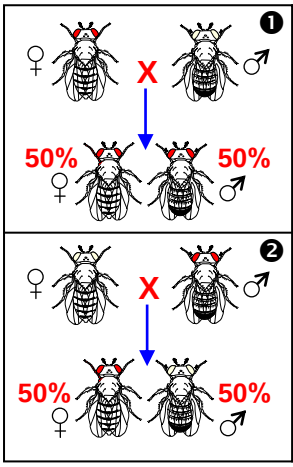


إن ملاحظة الخريطة الصبغية لكائن ثنائي الصيغة الصبغية يبين أن النواة تحتوي على أزواج من الصبغيات المتماثلة، تشكل الصبغيات اللاجنسية، بالإضافة إلى صبغيان جنسيان. عند الذكر يكون الصبغيان الجنسيان مختلفين فنقول أنه متغاير الأمشاج ونرمز له ب XY. عند الأنثى يكون الصبغيان الجنسيان متشابهين فنقول أنه متشابه الأمشاج ونرمز له بـXX.
لكن هناك حالات استثنائية، حيث يكون الذكر فيها متشابه الأمشاج، فنرمز لصبغياته الجنسية بـ Z . والنمط الوراثي في هذه الحالة هو ZZ، بينما تكون الأنثى متغايرة الأمشاج، ونرمز لصبغياتها الجنسية بـZ وW ، والنمط الوراثي في هذه الحالة هو ZW.
هناك حالات أخرى استثنائية، حيث يتوفر الذكر على صبغي جنسي واحد X النمط الوراثي في هذه الحالة هو XO بينما الأنثى تتوفر على صبغيين جنسيين X ، والنمط الوراثي في هذه الحالة هو XX، مثل حالة الجراد.

② انتقال صفة مرتبطة بالجنس عند ذبابة الخل.

أ – معطيات تجريبية. أنظر الوثيقة 7.

الوثيقة 7: دراسة انتقال صفة لون العيون عند ذبابة الخل:



ننجز تزاوجات بين سلالتين نقيتين من ذباب الخل تختلفان بلون العيون، الأولى متوحشة ذات عيون حمراء Rouge وسلالة طافرة ذات عيون بيضاء Blanche.

★ **التزاوج الأول ❶:** تم بين أنثى ذات عيون حمراء وذكر ذو عيون بيضاء فحصلنا في الجيل الأول F_1 على أفراد كلهم بعيون حمراء.

1) ماذا تستخلص من نتائج هذا التزاوج؟

★ **التزاوج الثاني ❷:** تزاوج عكسي تم بين أنثى ذات عيون بيضاء وذكر ذو عيون حمراء. فحصلنا على جيل F_1 مكون من 50 % إناث بعيون حمراء و50 % ذكور بعيون بيضاء.

2) حلل هذه النتائج؟ ماذا تستنتج؟

3) أعط تفسيرا صبغيا للنتائج المحصل عليها.

www.datasvt.com

ب – تحليل نتائج التزاوج.

1) في التزاوج الأول نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون ولهم الصفة عيون حمراء. طبقا للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن الحليل المسؤول عن اللون الأحمر للعيون سائد، والحليل المسؤول عن لون العيون البيضاء متنحي.

2) يعطي التزاوج العكسي (تغيير الصفة بين الذكور والإناث)، جيل F_1، يتكون من أفراد غير متجانسين، رغم أن الأبوين من سلالة نقية (لم يتحقق القانون الأول لماندل)، كما نلاحظ خلال هذا التزاوج أن الذكور أخذوا صفة أمهاتهم، بينما الإناث أخذن صفة أبائهن، مما يدعو للاعتقاد بكون هذه المورثة محمولة على صبغي جنسي، وبالضبط الصبغي الجنسي X، لان هذه الصفة تظهر عند الذكور و الإناث.

3) التفسير الصبغي للنتائج المحصل عليها:

الحليل المسؤول عن لون العيون الحمراء Rouges سائد، نرمز له بالحرف R، أما الحليل المسؤول عن لون العيون البيضاء Blanches متنح، نرمز له بالحرف b.
عندما تكون المورثة محمولة على الصبغي الجنسي X، يجب الإشارة في الرموز المستعملة خلال التفسير الصبغي إلى كل من الصبغيين X عند الأنثى والصبغيين X و Y عند الذكر. أما بخصوص المظهر الخارجي، فتُستعمل نفس الطريقة المعتمدة في حالة الصبغيات اللاجنسية.

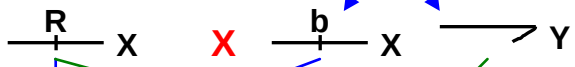
خلال التزاوج الأول، سيكون النمط الوراثي للأنثى X^RX^R ، بمظهر خارجي [R] ، والذكر X^bY بمظهر خارجي [b]،
وخلال التزاوج الثاني، سيكون النمط الوراثي للأنثى X^bX^b ، بمظهر خارجي [b] ، والذكر X^RY بمظهر خارجي [R]

★ التزاوج الأول:

المظاهر الخارجية لـ P ..... : ذكور بعيون بيضاء [b] X إناث بعيون حمراء [R]

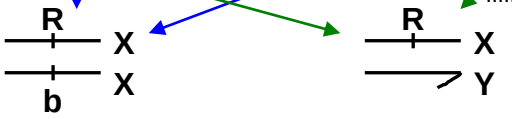
الأنماط الوراثية: .....

الأمشاج: .....



الإخصاب: .....

الجيل F_1:



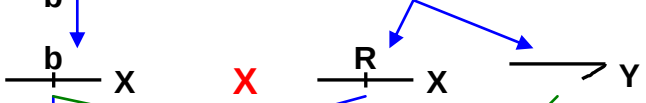
الجيل F_1 100 % [R]، 50 % إناث X^RX^b + 50 % ذكور X^RY

★ التزاوج الثاني = التزاوج العكسي:

المظاهر الخارجية لـ P: ..... : ذكور بعيون حمراء [R] X إناث بعيون بيضاء [b]

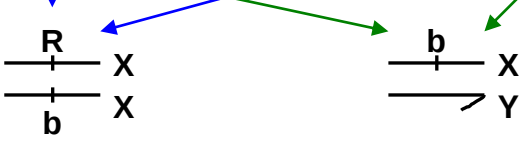
الأنماط الوراثية: .....

الأمشاج: .....



الإخصاب: .....

الجيل F_1:

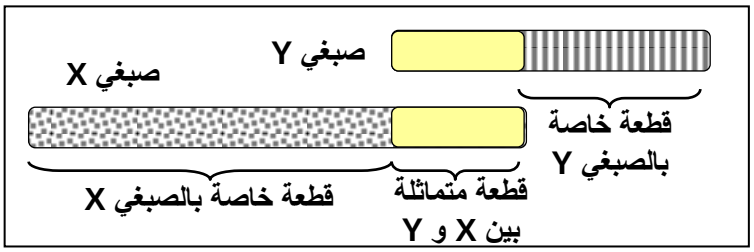


الجيل F_1 50 % إناث [R] + 50 % ذكور [b] : 50 % إناث X^RX^b + 50 % ذكور X^bY

www.datasvt.com

ملاحظة:

يمكن تفسير انتقال الصفات الوراثية المرتبطة بالجنس بكون المورثات المسؤولة عن هذه الصفات تتموضع على جزء الصبغي الجنسي X الذي ليس له مماثل على الصبغي Y. أو على جزء الصبغي Y الذي ليس له مقابل على X.

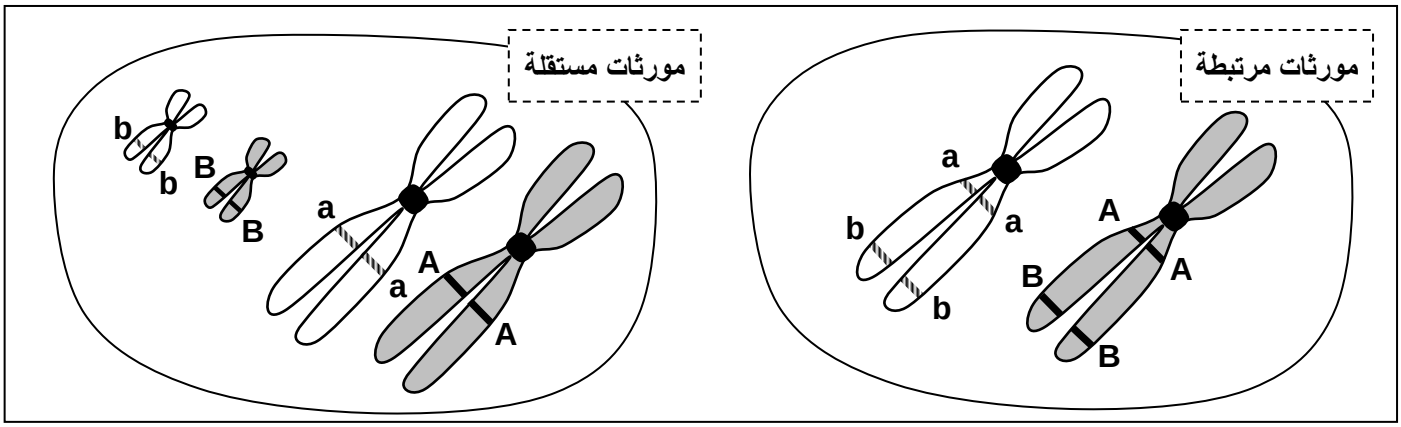


ادن التموضعات الممكنة للمورثة عند الصبغي الجنسي:

- ✓ على الجزء المميز للصبغي X : المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى وبحليل واحد عند الذكر.
- ✓ على الجزء X الذي له مماثل في الصبغي Y: المورثة ممثلة بحليلين عند الأنثى، و بحليلين عند الذكر. تخضع لنفس قوانين الصفة غير المرتبطة بالجنس.
- ✓ على الجزء المميز للصبغي Y: المورثة ممثلة بحليل واحد عند الذكر، وغير ممثلة بأي حليل عند الأنثى. ادن صفة خاصة بالذكور.

V – دراسة انتقال زوجين من الحليلات: الهجونة الثنائية.

نتكلم عن الهجونة الثنائية Le dihybridisme إذا كان التزاوج بين أفراد ينتمون لسلالتين نقيتين تختلفان في صفتين. وفي هذه الحالة فالمورثتين إما أن تكونان على نفس الصبغي فنتكلم عن مورثات مرتبطة Les gènes liés. وإما أن تكونان على صبغيين مختلفين فنتكلم عن مورثات مستقلة Les gènes indépendants.



① حالة المورثات المستقلة:

أ – الهجونة الثنائية عند نبات الجلبانة.

a - تمرين أنظر الوثيقة 8.

الوثيقة 8: دراسة انتقال صفتين متعارضتين عند نبات الجلبانة:

قام العالم Mendel بتزاوج سلالتين نقيتين من نبات الجلبانة تختلفان بصفتين، شكل ولون البذرة: الأولى ملساء Lisse وصفراء Jaune. والسلالة الثانية متجعدة Ridée وخضراء Verte. فحصل في الجيل الأول F_1 على بذور كلها ملساء و صفراء.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذا التزاوج؟

قام Mendel بزرع بذور من F_1 و ترك الأزهار تتلقح ذاتيا، وبعد الإثمار جني بذور الجيل F_2 فحصل على 556 بذرة تتوزع كالتالي:

★ 315	بذرة صفراء وملساء	★ 101	بذرة خضراء وملساء
★ 108	بذرة صفراء ومتجعدة	★ 32	بذرة خضراء ومتجعدة

3) أحسب النسب المئوية المحصل عليها في الجيل F_2.

4) فسر صبغيا نتائج F_1 و F_2 ، مستعملا الرموز: أخضر(V,v)، اصفر (J,j) ، أملس (L,l) ، متجعد (R,r) .

www.datasvt.com

b - حل التمرين:

1) تحليل واستنتاج:

★ تم التزاوج بين فردين من سلالتين نقيتين تختلفان بصفتين اثنتين، يتعلق الأمر ادن بالهجونة الثنائية.

★ نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الشكل الأملس واللون الأصفر (تحقق القانون الأول لماندل بالنسبة للصفتين). نستنتج ادن أن الصفة أملس سائدة على متجعد، وأصفر سائد على أخضر. وهكذا نكتب الحليلات كما يلي: أملس L، أصفر J، متجعد r، وأخضر v.

★ ليس في نتيجة هذا التزاوج ما يدل على أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، نستنتج إذن أنهما محمولتان على صبغيات لاجنسية.

2) حساب النسب المئوية عند F_2:

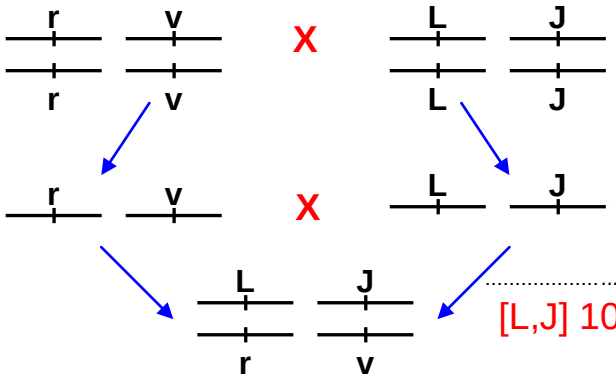
- نسبة المظهر الخارجي [L,J] : (315 / 556) x 100 = 56.6 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,v] : (32 / 556) x 100 = 5.75 %
- نسبة المظهر الخارجي [L,v] : (101 / 556) x 100 = 18.16 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,J] : (108 / 556) x 100 = 19.4 %

★ نلاحظ أن الجيل F_2 غير متجانس ويضم أربعة مظاهر خارجية. مظهران يشبهان المظاهر الخارجية للآباء: [L,J] و[r,v]، نسميها مظاهر أبوية. ومظهران خارجيان جديدان: [L,v] و[r,J]، نسميها مظاهر جديدة التركيب.

★ عندما يتعلق الأمر بمورثتين محمولتين على صبغيين مختلفين (مستقلتين)، فإن التخليط البيصبغي سيساهم في تنوع الأمشاج المحصل عليها في حالة اختلاف الاقتران، وبالتالي فلا يمكن تفسير ظهور صفات جديدة إلا بالافتراق المستقل للحليلات أثناء تشكل الأمشاج.

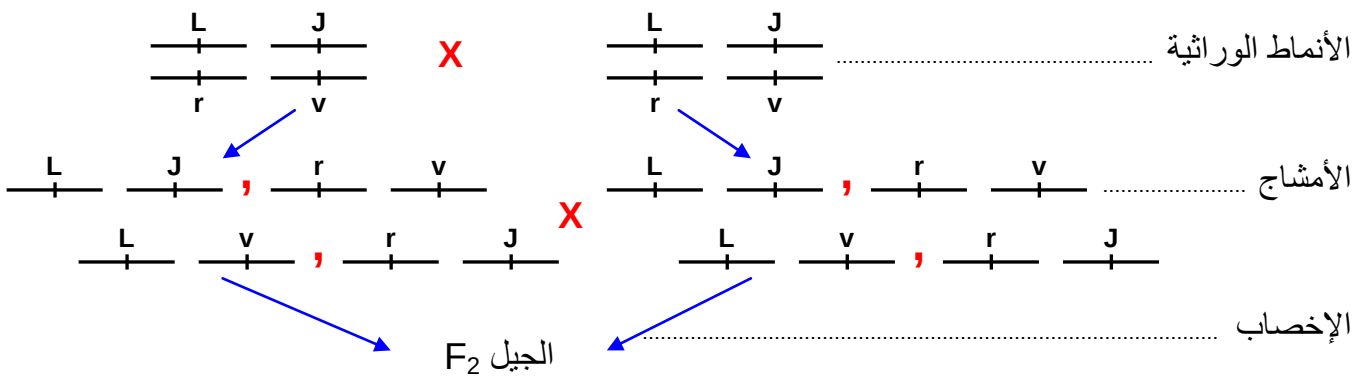
3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P** المظاهر الخارجية لـ P ..... : [L,J] X [r,v]



كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي L//r,J//v، وبما أن L و J سائدين، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [L,J].

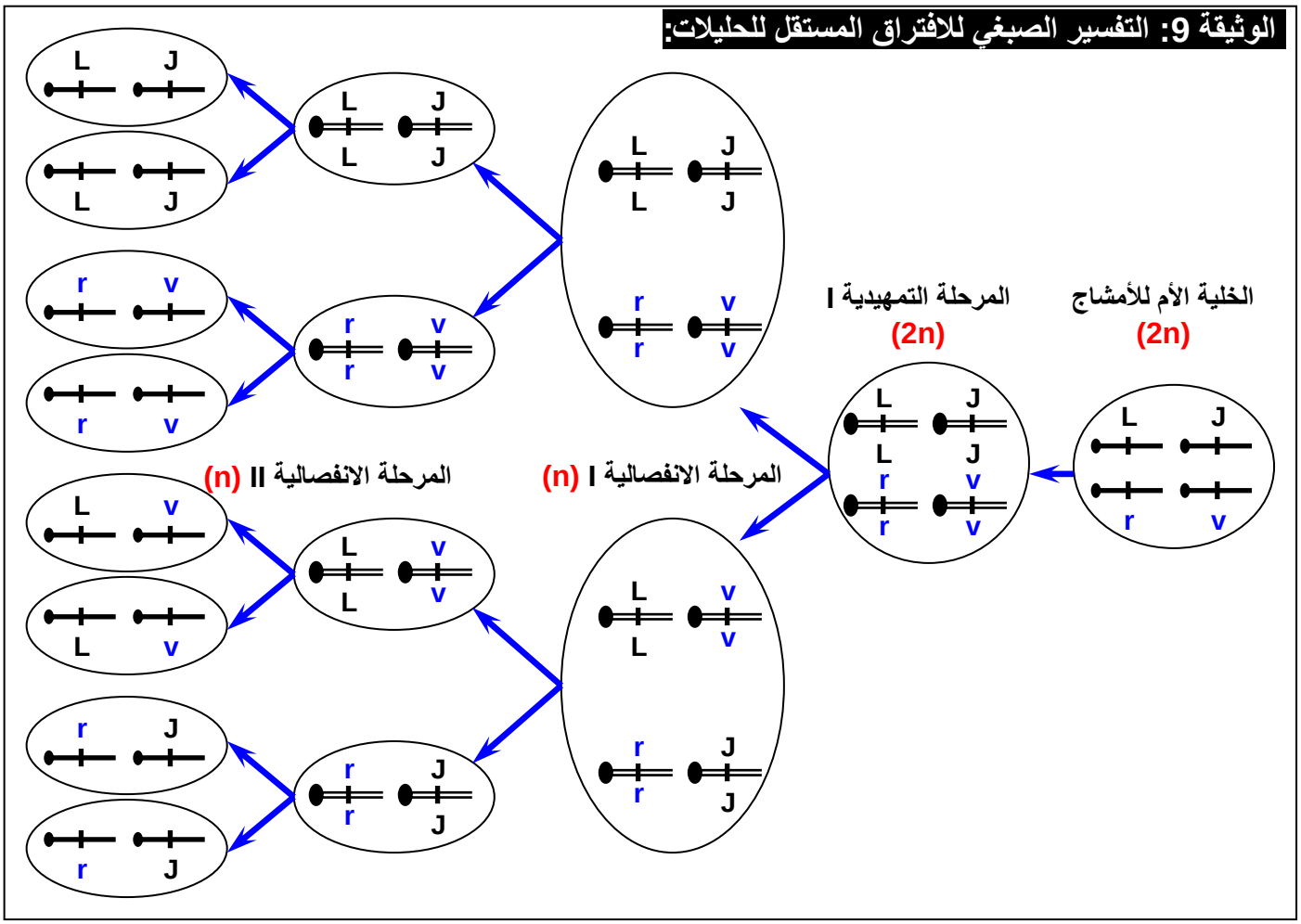
★ **التزاوج الثاني : F1 X F1** المظاهر الخارجية ..... : [L,J] X [L,J]



www.datasvt.com

بفعل التخليط البيصبغي ينتج كل فرد هجين من الجيل F_1 أربعة أنواع من الأمشاج بنسب متساوية: 1/4 لكل نوع، مشيجان أبويان بنسبة 50 % ومشيجان جديدا التركيب بنسبة 50 % (أنظر الوثيقة 9).
بعد تحديد الأمشاج لدى الأبوين ننجز شبكة التزاوج كما هو ممثل على الوثيقة10.

الوثيقة 9: التفسير الصبغي للافتراق المستقل للحليلات:



الوثيقة 10: شبكة التزاوج:

♂ \ ♀	L J	L v	r J	r v
L J	[L,J]	[L,J]	[L,J]	[r,J]
L v	[L,J]	[L,v]	[L,J]	[r,v]
r J	[L,J]	[L,J]	[r,J]	[r,J]
r v	[L,J]	[L,v]	[r,J]	[r,v]

www.datasvt.com

في الجيل الثاني F2 نحصل على المظاهر الخارجية التالية:

- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,J] ، يشكلون 9/16 من F_2 أي 56.25 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,v] ، يشكلون 3/16 من F_2 أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,J] ، يشكلون 3/16 من F_2 أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,v] ، يشكلون 1/16 من F_2 أي 6.25 %.

يتبين من خلال التفسيرين الصبغيين للتزاوجين الأول والثاني، أن النتائج المحصل عليها نظريا، تطابق النتائج المحصل عليها تجريبيا، وبالتالي فالمورثتان فعلا مستقلتان.

c - القانون الثالث لـ Mendel:

يسمى هذا القانون: قانون استقلالية أزواج الحليلات.

أثناء تشكل الأمشاج وأثناء المرحلة الانفصالية I، يمكن لكل فرد من زوج صبغي معين أن يجتمع بأحد فردي الزوج الصبغي الآخر. وينتج عن هذا أن كل عنصر من زوج حليلي معين، يمكنه أن يجتمع بأحد عنصري الزوج الحليلي الآخر، وهذا ما يسمى بالافتراق المستقل للحليلات.

ب – الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل

a - تمرين أنظر الوثيقة 11.

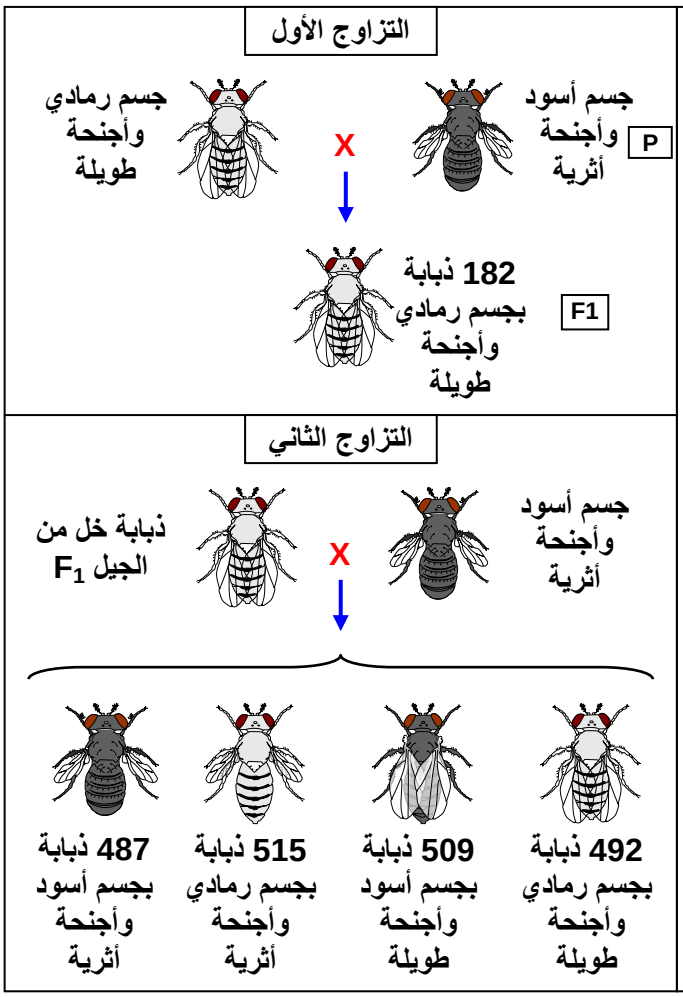
الوثيقة 11: دراسة الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل:

نقوم بتزاوج أول عند سلالتين نقيتين من ذبابة الخل (أنظر الرسوم التخطيطية أمامه)، الأولى ذات جسم رمادي Gris وأجنحة طويلة Longues. والثانية ذات جسم أسود حالك Eben وأجنحة أثرية Véstigiales. نحصل في الجيل الأول F_1 على 182 ذبابة خل رمادية ذات أجنحة طويلة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذا التزاوج؟

نقوم بعد ذلك بتزاوج ثاني بين ذبابة خل من الجيل الأول F_1 وذبابة خل ذات جسم أسود حالك وأجنحة أثرية. فنحصل على النتائج الممثلة على الرسم أمامه.

2) كيف نسمي هذا النوع من التزاوج؟ وما هي الغاية منه؟
3) أحسب النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2. ماذا تستنتج؟
4) فسر صبغيا نتائج التزاوجين، مستعملا الرموز: رمادي (G,g)، أسود (E,e)، طويلة (L,l)، أثرية (V,v).



b - حل التمرين:

1) بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون بالنسبة للصفتين، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الجسم الرمادي والأجنحة الطويلة. ادن طبقا للقانون الأول لـMendel نستنتج أن:
   - الحليل المسؤول عن صفة اللون رمادي سائد على الحليل أسود.
   - الحليل المسؤول عن صفة الأجنحة طويلة سائد على الحليل أثرية.
   - ليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن هما محمولتان على صبغي لاجنسي.

www.datasvt.com

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، لأنه تم بين فرد هجين F_1 وأب P متنحي. الغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل لزوجي الحليلين.

3) حساب النسب المئوية المحصل عليها في F2:

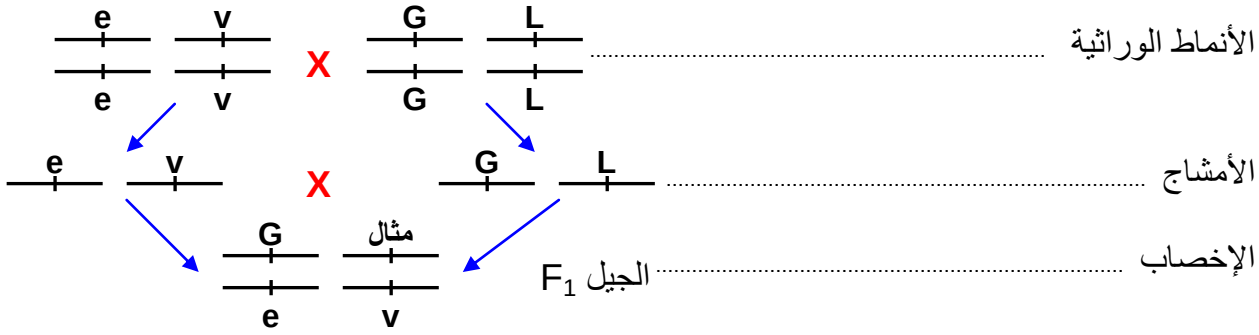
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة طويلة): % 24.56 = (492/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة طويلة): % 25.41 = (509/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة أثرية): % 25.71 = (515/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة أثرية): % 24.31 = (487/(487+509+515+492))x100

★ إن الفرد الثنائي التنحي [e,v]، لا ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج (e/,v/)، وبالتالي فالمظهر الخارجي لأفراد الخلف F_2 سيعكس النمط الوراثي للأمشاج التي أنتجها الفرد الهجين. ومنه نستنتج هل المورثات مستقلة أم مرتبطة.

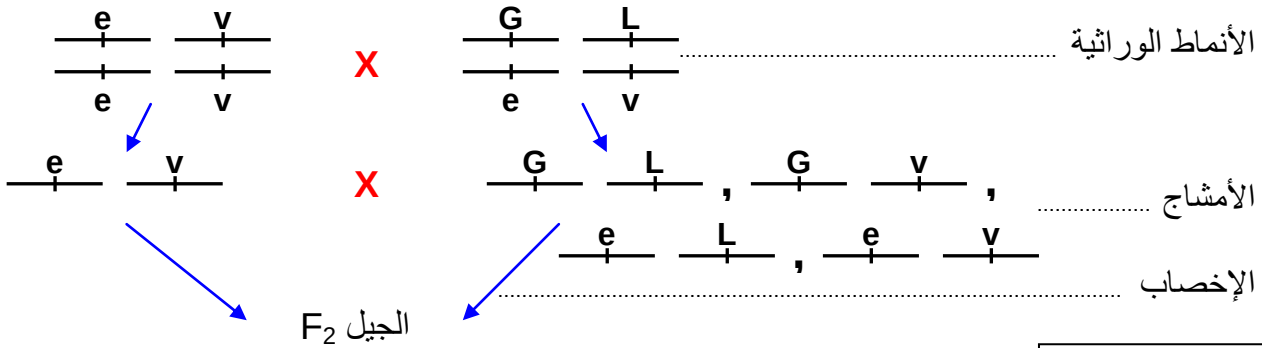
★ تدل النسب المحصل عليها في F2: (25 % + 25 % + 25 % + 25 %) على أنه خلال تشكل الأمشاج عند الفرد الهجين، يجتمع كل حليل من زوج حليلي معين بلا تميز مع أحد حليلي الزوج الحليلي الآخر (القانون الثالث لماندل). نستنتج من ذلك أن الحليلان (G,e) و(L,v) محمولان على زوجين مختلفين من الصبغيات. أي أن المورثات مستقلة.

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجين:

★ **التزاوج الأول: عند الآباء P** المظاهر الخارجية عند P : ..... [G,L] X [e,v]



★ **التزاوج الثاني = التزاوج الراجع:** المظاهر الخارجية لـ F_1..... : [G,L] X [e,v]



شبكة التزاوج	G L	G v	e L	e v
e v	1/4	1/4	1/4	1/4
G L	1/4	1/4	1/4	1/4
G v	1/4	1/4	1/4	1/4
e L	1/4	1/4	1/4	1/4
e v	1/4	1/4	1/4	1/4

نحصل في F_2 على % 25 [G,L] + % 25 [G,v] + % 25 [e,L] + % 25 [e,v].
نلاحظ أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، ادن المورثات مستقلة.

www.datasvt.com

② حالة المورثات المرتبطة:

أ – التهجين عند ذبابة الخل.

a - تمرين أنظر الوثيقة 12.

الوثيقة 12: دراسة الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل:

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من ذبابة الخل تختلفان بزوجين من الصفات. الأولى ذات أجنحة عاديةNormal وعيون حمراء Rouge والأخرى ذات أجنحة مقورة Tronqué وعيون بنية Brun. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس ذو مظهر خارجي بأجنحة عادية وعيون حمراء.

1) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين أنثى هجينة من F_1 وذكر ثنائي التنحي، فحصلنا في الجيل الثاني F_2 على:

★ 400 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون بنية .
★ 109 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون بنية
★ 111 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون حمراء.
★ 410 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون حمراء

2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟
3) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F_2. ماذا تستنتج؟
4) أعط تفسيرا صبغيا لهذه النتائج.

نقوم بتزاوج ثالث بين أنثى ذات أجنحة مقورة وعيون بنية مع ذكر F_1 ذو أجنحة عادية وعيون حمراء. فحصلنا على الجيل F'_2 مكون من:

★ 170 ذبابة خل ذات أجنحة عادية وعيون حمراء
★ 175 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة وعيون بنية.

5) حدد نسب الأفراد المحصل عليها في F'_2. ماذا تلاحظ؟
6) كيف تفسر هذه النتيجة؟

b - حل التمرين:

1) ★ بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن الجيل الأول F_1 متجانس بالنسبة للصفتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو أجنحة عادية وعيون حمراء. طبقا للقانون الأول لـMendel نستنتج أن حليل الأجنحة العادية سائد على حليل الأجنحة المقورة، وحليل العيون الحمراء سائد على حليل العيون البنية.
★ لقد تم هذا التزاوج بين ذكور وإناث، وأعطى نفس النتيجة، وليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن فالمورثتان محمولتان على صبغي لاجنسي.
★ سنرمز للمظهر أجنحة عادية وعيون حمراء بـ[N,R] ، والمظهر أجنحة مقورة وعيون بنية بـ[t,b].

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، والغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

3) النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2:

- نسبة المظهر الخارجي [N,R] هي: 39.81 % = (410/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,b] هي: 38.83 % = (400/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [N,b] هي: 10.58 % = (109/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,R] هي: 10.78 % = (111/(410+400+111+109))x100

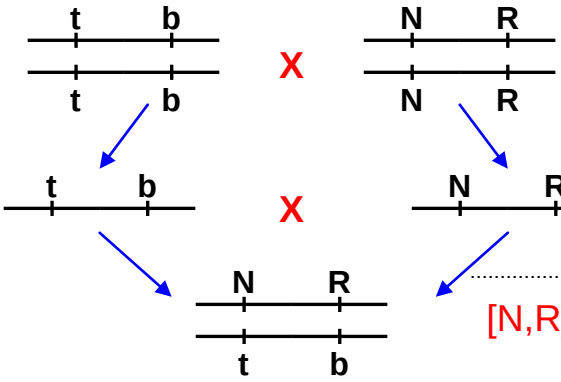
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـMendel (قانون الافتراق المستقل للحليلات)، إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية (50% مظاهر أبوية + 50% مظاهر جديدة التركيب)، بل نحصل على مظهرين خارجيين أبويين [N,R] و[t,b] بنسب كبيرة (78.64%)، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [N,b] و [t,R] بنسب ضعيفة (21.36%).

تدل هذه النتائج على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطتين.

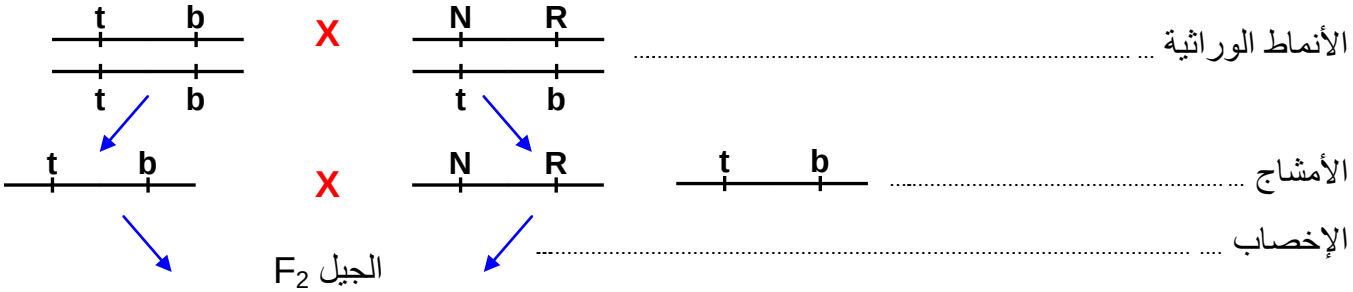
www.datasvt.com

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .** المظاهر الخارجية لـ P : [N,R] ..... [t,b]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.** المظاهر الخارجية ..... : [N,R] X [t,b]



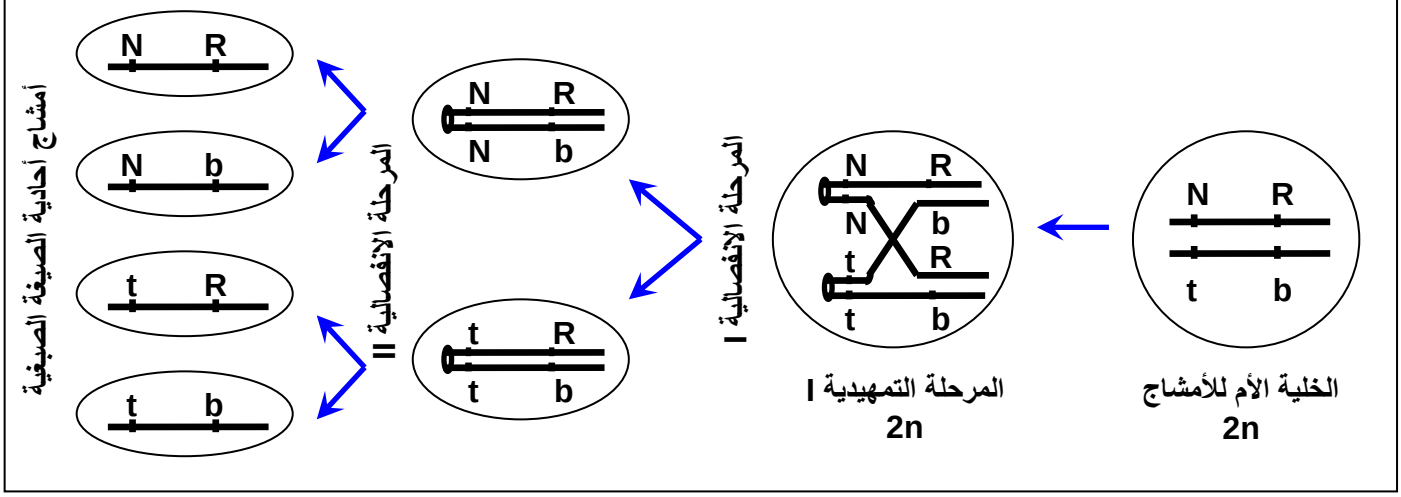
يعطي الإخصاب جيل F_2، أنظر شبكة التزاوج

♀ / ♂	N R	t b
t b	50 %	50 %
t b / t b	50 %	50 %
t b	100 %	

نلاحظ أن النتائج النظرية تخالف النتائج التجريبية حيث نحصل في F_2 على مظاهر خارجية أبوية فقط، [N,R] بنسبة 50% و[t,b] بنسبة 50%.

إن ظهور مظاهر خارجية جديدة التركيب في F_2، يفسر بافتراض وجود تركيبات جديدة في أمشاج الأنثى الهجينة، وذلك لحدوث تبادل أجزاء صبغية بين الصبغيات المتماثلة خلال الانقسام الاختزالي. (أنظر الوثيقة13).

الوثيقة 13 : كيفية إنتاج الأمشاج عند أنثى ذبابة الخل الهجينة:



www.datasvt.com

وبالتالي تكون شبكة التزاوج على الشكل التالي:

♀ / ♂	N R	N b	t R	t b
t b	N R t b 39.81 %	N b t b 10.58 %	t R t b 10.78 %	t b t b 38.83 %
t b 100 %	N R t b 39.81 %	N b t b 10.58 %	t R t b 10.78 %	t b t b 38.83 %

5) التزاوج الثالث هو تزاوج عكسي (تزاوج راجع)، لنحسب نسب المظاهر الخارجية في F'_2:

- نسبة مظهر الخارجي [N,R] هي: (170/(170+175))x100 = 49.27 %
- نسبة مظهر الخارجي [t,b] هي: (175/(170+175))x100 = 50.73 %

★ نلاحظ أن هذا التزاوج يعطي فقط مظاهر خارجية أبوية بنسبة 50 % + 50 %.
★ نلاحظ اختلاف نتائج التزاوجين الراجعين الأول الثاني (= تزاوج عكسي)، لكن لا يمكننا في هذه الحالة أن نقول أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، وذلك لعدم اختلاف الصفات بين الذكور والإناث المحصلة، كما أن الفرق يتجلى فقط في ظهور صفات جديدة التركيب، بغض النظر عن جنس الأفراد. إذن المورثتان محمولتان علي صبغي لاجنسي.

6) تفسر هذه النتيجة بكون الذكر الهجين أنتج فقط أمشاجا أبوية، ولم ينتج الأمشاج الجديدة التركيب، وذلك لعدم حدوث العبور الصبغي خلال تشكل الأمشاج عند ذكر ذبابة الخل. نقول أن المورثات مرتبطة ارتباطا مطلقا.

ب – التهجين عند نبات الطماطم.

a - تمرين (تمرين منزلي) أنظر الوثيقة 14.

الوثيقة 14: دراسة الهجونة الثنائية عند نبات الطماطم:

نقوم بتزاوج سلالتين نقيتين من الطماطم، تختلفان بزوجين من الصفات. الأولى سهلة الجني وحساسة لطفيلي stemphyllium والأخرى صعبة الجني ومقاومة لهذا الطفيلي. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس يتكون من طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي.

1) ماذا تستنتج من تحليل هذه النتائج؟

نقوم بتزاوج ثاني بين طماطم ثنائية التنحي وطماطم هجينة من F_1، فحصلنا في الجيل الثاني F_2 على:
★ 39 % من الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلي. ★ 11 % من الطماطم سهلة الجني ومقاومة للطفيلي.
★ 11 % من الطماطم صعبة الجني وحساسة للطفيلي. ★ 39 % من الطماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي.

2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟
3) ماذا تستنتج من النسب المحصل عليها في هذا التزاوج ؟
4) أعط تفسيرا صبغيا لهذه النتائج.

b - حل التمرين:

1) ★ بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن الجيل الأول F_1 متجانس بالنسبة للصفتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي. طبقا للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن حليل الطماطم صعبة الجني سائد على حليل الطماطم سهلة الجني، وحليل الطماطم المقاومة للطفيلي سائد على حليل الطماطم الحساسة للطفيلي.
★ لقد تم هذا التزاوج بين ذكور وإناث، وأعطى نفس النتيجة، وليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن فالمورثتان محمولتان على صبغي لاجنسي.
★ سنرمز للمظهر طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلي ب[D,R] ، والمظهر الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلي ب[f,s].

www.datasvt.com

2) نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Back Cross، والغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

3) النسب المئوية للأنواع المحصل عليها في F_2:

- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني ومقاومة للطفيلي [D,R] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني وحساسة للطفيلي [f,s] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني وحساسة للطفيلي [D,s] هي: 11 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني ومقاومة للطفيلي [f,R] هي: 11 %

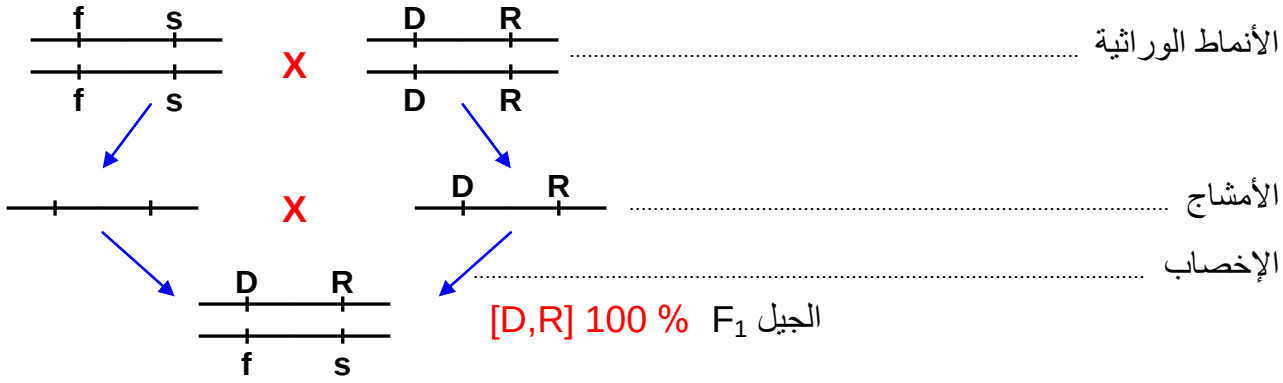
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـ Mendel (قانون الافتراق المستقل للحليلات)، إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية (50% مظاهر أبوية + 50% مظاهر جديدة التركيب)، بل نحصل على مظهرين خارجيين أبويين [D,R] و[f,s] بنسب كبيرة (78%)، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [D,s] و [f,R] بنسب ضعيفة (22%).

تدل هذه النتائج على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطتين.

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

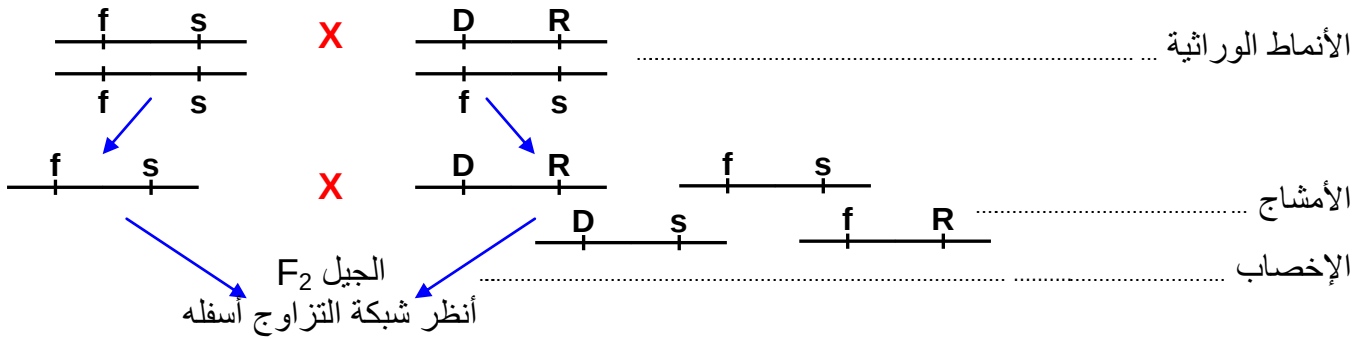
★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .**

المظاهر الخارجية لـ P ..... : [D,R] X [f,s]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.**

المظاهر الخارجية ..... : [N,R] X [t,b]



♀ / ♂	D R	D s	f R	f s
f s	D R 39 %	D s 11 %	f R 11 %	f s 39 %
f s	D R 39 %	D s 10.58 %	f R 11 %	f s 39 %
f s	D R 39 %	D s 11 %	f R 11 %	f s 100 %

www.datasvt.com

ج – خلاصة:

★ عندما نحصل بعد تزاوج أفراد الجيل F_1 فيما بينهم ($F_1 \times F_1$) على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 37,5% (16/6)، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

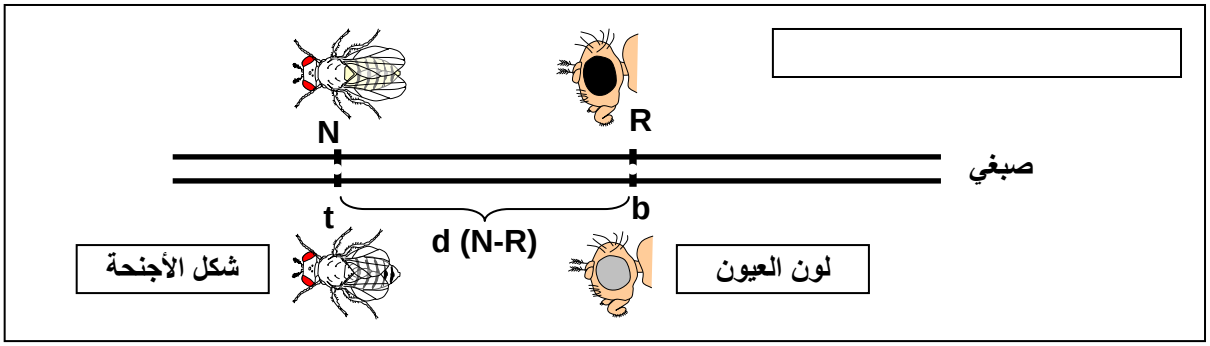
★ عندما نحصل بعد التزاوج الراجع على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 50%، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

VI – قياس المسافة بين مورثتين.

① العلاقة بين نسبة التركيبات الجديدة والمسافة بين مورثتين: أنظر الوثيقة 15.

الوثيقة 15: قياس المسافة بين مورثتين ووضع الخريطة العاملية (La carte factorielle).

لقد لاحظ العالم الأمريكي Thomas Hunt Morgan أنه في حالة تزاوج سلالتين تختلفان بصفتين في حالة مورثتين مرتبطتين، فان نسبة التركيبات الجديدة الناتجة عن هذا التزاوج تكون دائما ثابتة.
انطلاقا من هذه الملاحظة افترض Morgan أن موقع المورثة فوق الصبغي يكون دائما ثابتا. فوضع علاقة بين نسبة التركيبات الجديدة ونسبة احتمال حدوث عبور صبغي. إذ كلما كبرت المسافة بين مورثتين إلا وارتفعت نسبة احتمال حدوث العبور وبالتالي ارتفعت نسبة التركيبات الجديدة. ومنه فان نسبة التركيبات الجديدة تمكننا من تحديد المسافة الفاصلة بين مورثتين، وبالتالي انجاز الخريطة العاملية.



لقياس المسافة بين مورثتين، استعمل Morgan وحدة (Centimorgan = CMg)، بحيث أن 1CMg = 1% من التركيبات الجديدة. وهكذا فالمسافة الفاصلة بين مورثتين a وb هي d(a-b).

$$d\,(a\text{-}b) = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100$$

باستثمار هذه المعطيات ومعطيات تمرين الوثيقة 12:
1) أحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة d(N – R).
2) أنجز الخريطة العاملية.

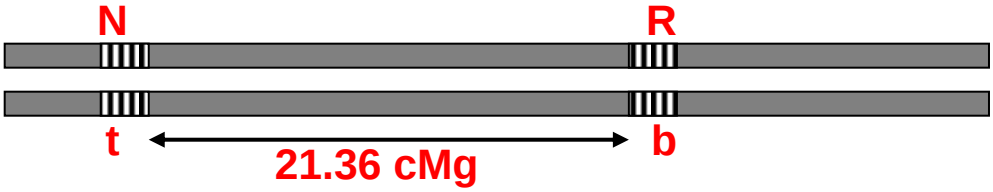
انطلاقا من معطيات تمرين الوثيقة 12:

1) نحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة d(R,N):

$$d(R,N) = \frac{\text{عدد الأفراد ذوي التركيبات الجديدة}}{\text{العدد الإجمالي للأفراد}} \times 100 = \frac{109 + 111}{1030} \times 100 = 21.36\ cMg$$

www.datasvt.com

2) الخريطة العاملية:



② دراسة أمثلة:

أ – التهجين عند الطماطم.

a - تمرين أنظر الوثيقة 16.

الوثيقة 16: تحديد التموضع النسبي للمورثات لدى نبات الطماطم.

تم التزاوج بين سلالتين نقيتين من الطماطم، سلالة (SM) ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء، مع سلالة (M) ذات أوراق مبقعة بالأصفر وقد قصير وثمار ناعمة. نحصل على جيل أول F_1 متجانس بأوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء. ويعطي التزاوج الراجع بين نبتة هجينة F_1 ونبتة من السلالة (M) النتائج التالية:

- ✓ 417 نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ملساء.
- ✓ 425 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد قصير وثمار ناعمة.
- ✓ 16 نبتة ذات أوراق خضراء وقد عادي وثمار ناعمة.
- ✓ 3 نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ملساء.
- ✓ 55 نبتة ذات أوراق خضراء وقد قصير وثمار ناعمة.
- ✓ 59 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد عادي وثمار ملساء.
- ✓ 5 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد عادي وثمار ناعمة.
- ✓ 20 نبتة ذات أوراق مبقعة وقد قصير وثمار ملساء.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج التزاوج الأول؟
2) باستعمال الرموز التالية: قد عادي (N,n)، أوراق خضراء (V,v)، ثمار ملساء (L,l)، قد قصير (C,c)، أوراق مبقعة (T,t)، ثمار ناعمة (R,r). حدد المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F_2، مع حساب نسبة كل مظهر.
3) ماذا تستنتج من نتيجة التزاوج الراجع؟ وكيف تفسر ظهور التركيبات الجديدة عند نبات الطماطم؟
4) احسب المسافة بين المورثات المدروسة.
5) أنجز الخريطة العاملية La carte factorielle بالنسبة للمورثات الثلاث.

b - حل التمرين:

1) لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية، نتكلم ادن عن الهجونة الثلاثية.
نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء. واعتمادا على القانون الأول لماندل فأن الصفات قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء سائدة على الصفات قد قصير، أوراق مبقعة، وثمار ناعمة.

2) المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F2 هي:

- 41.7 % = 100.(417/1000) بنسبة [V,N,L]
- 42.5 % = 100.(425/1000) بنسبة [t , c, r]

مظاهر أبوية بنسبة 84.2 %

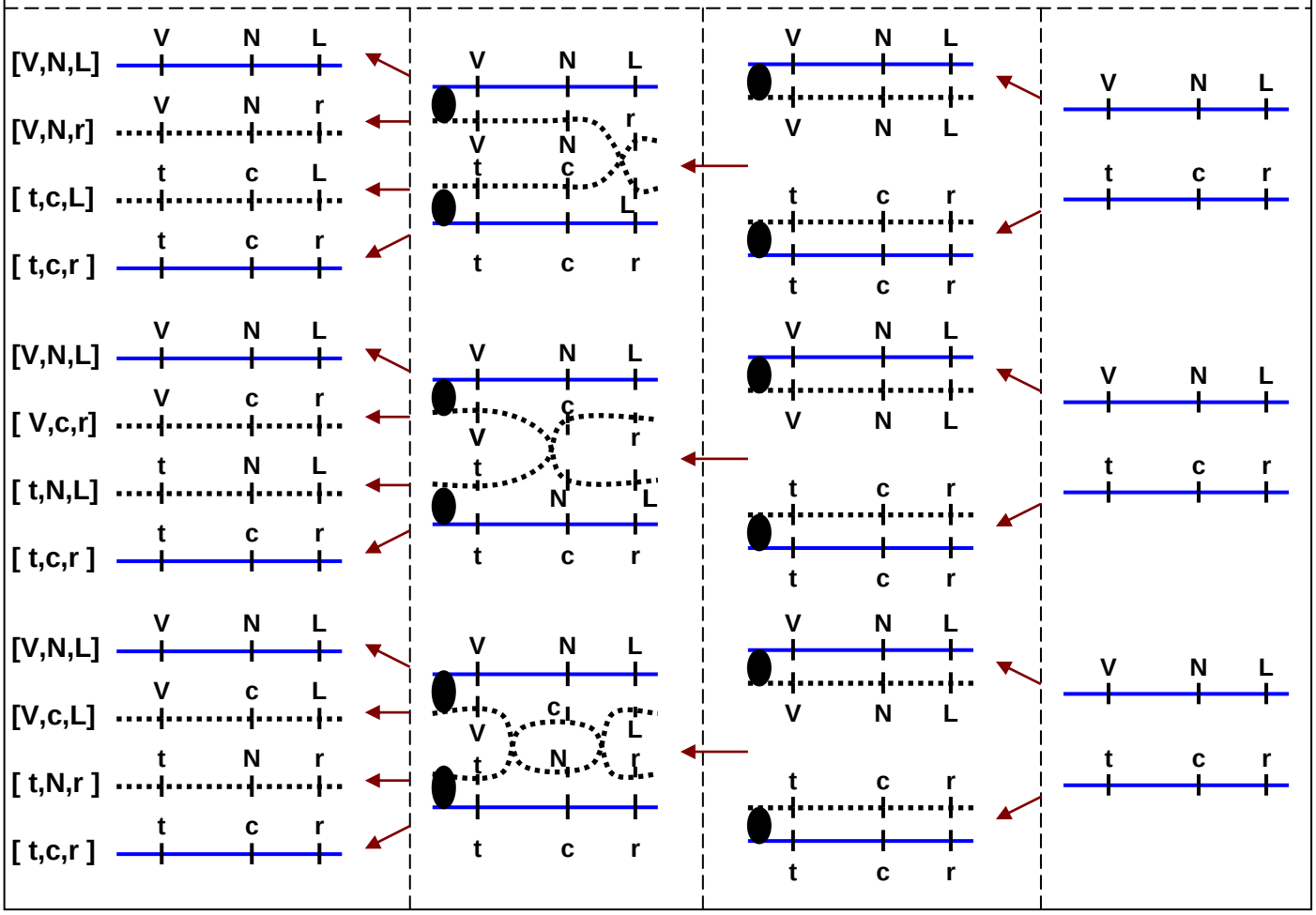
- 1.6 % = 100.(16/1000) بنسبة [V,N ,r]
- 0.3 % = 100.(3/1000) بنسبة [V,c,L]
- 5.5 % = 100.(55/1000) بنسبة [V,c,r]
- 5.9 % = 100.(59/1000) بنسبة [t,N,L]
- 0.5 % = 100.(5/1000) بنسبة [t,N,r]
- 2 % = 100.(20/1000) بنسبة [t,c,L]

مظاهر جديدة التركيب بنسبة 15.8 %

www.datasvt.com

3) نلاحظ أن نسبة المظاهر الخارجية الأبوية كبيرة جدا بالمقارنة مع المظاهر الخارجية الجديدة التركيب. نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة. ويفسر ظهور تركيبات جديدة لدى النبتة بحدوث ظاهرة العبور الصبغي عند تشكل الأمشاج لدى الأب الهجين F_1 (أنظر الوثيقة 16).

الوثيقة 17: حالات العبور الصبغي وتفسير التركيبات الجديدة.



4) حساب المسافة بين المورثات:

❖ المسافة بين القد ولون الأوراق هي: $d(V\text{-}N) = \frac{5+59+55+3}{1000} \times 100 = 12.2$ cMg

❖ المسافة بين القد وشكل الثمار هي: $d(N\text{-}L) = \frac{16+3+5+20}{1000} \times 100 = 4.4$ cMg

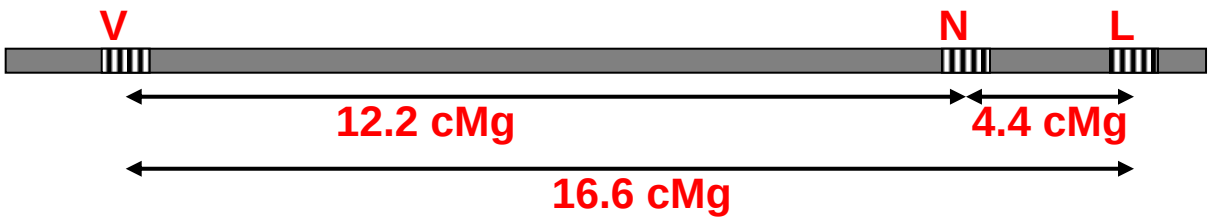
❖ المسافة بين اللون وشكل الثمار هي: $d(V\text{-}L) = \frac{+55+59+20}{1000} \times 100 = 15$ cMg

نلاحظ أن: $d(V\text{-}L) = d(V\text{-}N) + d(N\text{-}L)$ نستنتج من هذا أن المورثة (N,c) تتموضع بين المورثتين (V,t) و(L,r).
نلاحظ كذلك حدوث عبور مزدوج بين L وv، ولم يحتسب خلال تحديد المسافة بين المورثتين، لذلك فان $d(V\text{-}L) < d(V\text{-}N) + d(N\text{-}L)$. ادن يجب الأخذ بعين الاعتبار وقوع عبورين في نفس الوقت وبذلك فالمسافة d(V-L) هي:

$$d(V\text{-}L) = \frac{16+55+59+20 + (2X(5+3))}{1000} \times 100 = 16.6 \text{ cMg}$$

www.datasvt.com

5) الخريطة العاملية هي تمثيل لصبغي على شكل خط طولي، ترتب عليه المورثات حسب تموضعها النسبي فوق الصبغيات.



الخـــريـــطـــة العـــامـــلـــيـــة

ب – التهجين عند ذبابة الخل.

a - تمرين أنظر الوثيقة 18.

الوثيقة 18: التهجين لدى ذبابة الخل.

تم تزاوج أول بين أنثى من ذباب الخل من سلالة نقية ذات جسم رمادي Gris وعيون ملساء Lisse وأجنحة كاملة Complètes مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر Jaune وعيون حرشاء Rugueuses وأجنحة مبتورة Tronquées. فحصلنا في الجيل F_1 على خلف متجانس ذو جسم رمادي، عيون ملساء، وأجنحة كاملة.

تم تزاوج ثاني بين أنثى من الجيل الأول F_1 مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة. فحصلنا في الجيل F_2 على 2880 ذبابة خل موزعة على 8 مظاهر خارجية:

- 1080 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
- 78 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون ملساء، وأجنحة كاملة.
- 1071 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون حر شاء، وأجنحة مبتورة.
- 66 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
- 293 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.
- 6 ذبابة خل ذات جسم رمادي،عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
- 282 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون حرشاء، وأجنحة كاملة.
- 4 ذبابة خل ذات جسم أصفر،عيون ملساء، وأجنحة مبتورة.

1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج هذه التزاوجات؟
2) عن ماذا يعبر تركيب الجيل F_2؟

باستعمال الرموز التالية: جسم رمادي (G,g)، عيون ملساء (L,l)، أجنحة كاملة (C,c)، جسم أصفر (J,j)، عيون حرشاء (R,r)، أجنحة مبتورة (T,t). أعط تفسيرا صبغيا لنتائج التزاوج الأول والتزاوج الثاني.

3) أعط تفسيرا صبغيا لهذه التزاوجات.
4) أحسب المسافة بين المورثة j وr. و بين المورثة r وt. و بين المورثة j وt.
5) استنتج التموضع النسبي للمورثات الثلاث، ثم أنجز الخريطة العاملية بالنسبة لهذه المورثات.

b - حل التمرين:

1) تحليل واستنتاج:

★ لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية يتعلق الأمر إذن بالهجونة الثلاثية Trihybridisme.
★ كل أفراد الجيل F_1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة.
وتطبيقا للقانون الأول لـ Mendel فان الصفات جسم رمادي، عيون ملساء وأجنحة كاملة سائدة على الصفات جسم أصفر، عيون حرشاء، وأجنحة مبتورة.
لقد تم التزاوج الثاني بين فرد من F_1 غير متشابه الاقتران، نمطه الوراثي معروف، مع فرد من النمط الأبوي ثلاثي التنحي نسمي هذا النوع من التزاوج بالتزاوج الراجع Backcross، الغاية منه هو التحقق من الانفصال المستقل للحليلات.

www.datasvt.com

★ يعطي التزاوج الثاني جيل F_2 يتكون من 8 مظاهر خارجية بالنسب التالية:

- الأفراد [G,L,C] النسبة المئوية: (1080/2880)X100 = 37.50 %
- الأفراد [j, r, t] النسبة المئوية: (1071/2880)X100 = 37.19 %

أنماط أبوية 74.69 %

- الأفراد [G,L, t] النسبة المئوية: (293/2880)X100 = 10.17 %
- الأفراد [j, r, C] النسبة المئوية: (282/2880)X100 = 9.79 %
- الأفراد [j, L, C] النسبة المئوية: (78/2880)X100 = 2.71 %
- الأفراد [G, r, t] النسبة المئوية: (66/2880)X100 = 2.29 %
- الأفراد [G,r,C] النسبة المئوية: (6/2880)X100 = 0.21 %
- الأفراد [j, L, t] النسبة المئوية: (4/2880)X100 = 0.14 %

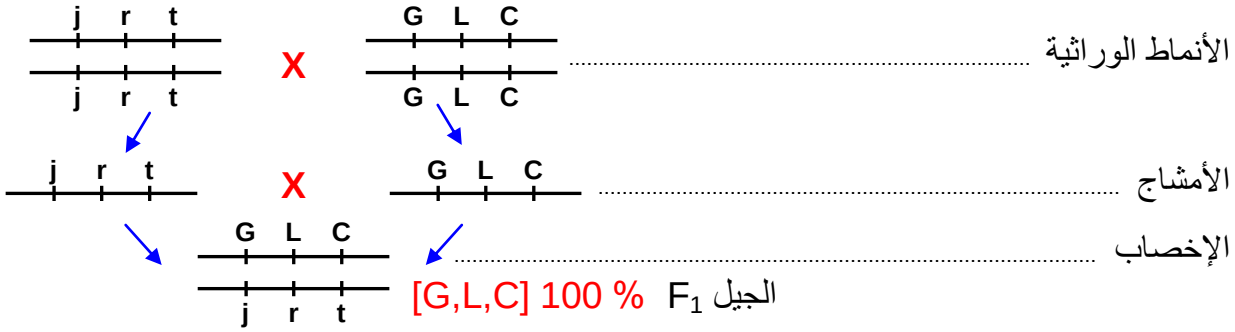
أنماط جديدة التركيب 25.31 %

نلاحظ أن الأنماط الجديدة التركيب تظهر بنسب ضعيفة مقارنة بالأنماط الأبوية، نستنتج من هذا أن المورثات مرتبطة.

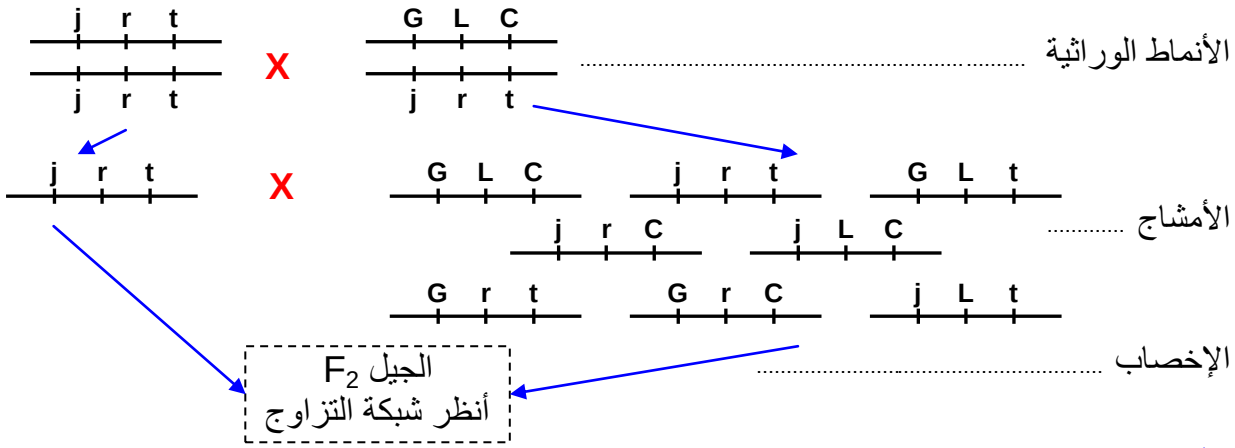
2) إن تركيب الجيل F_2 يعبر عن تركيب أنماط الأمشاج الأنثوية، لأن الذكر هو من سلالة نقية وثلاثي التنحي، فانه لن ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج.أنظر الوثيقة.

3) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:

★ **التزاوج الأول : عند الآباء P .** المظاهر الخارجية لـ P :..... ♀ [G,L,C] X ♂ [j, r, t]



★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.** المظاهر الخارجية لـ P :..... ♀ [G,L,C] X ♂ [j, r, t]



شبكة التزاوج

♀ / ♂	G L C	j r t	G L t	j r C	G r t	j L C	G r C	j L t
G L C	G L C / j r t	G L C / j r t	G L t / j r t	j r C / j r t	G r t / j r t	j L C / j r t	G r C / j r t	j L t / j r t
المظاهر الخارجية	[G,L,C]	[j,r,t]	[G,L,t]	[j,r,C]	[G,r,t]	[j,L,C]	[G,r,C]	[j,L,t]

www.datasvt.com

4) حساب المسافة بين المورثة j و r: d(j-r)

d(j-r) = ((4+6+66+78)/2880)X100 = 5.35 cMg

حساب المسافة بين المورثة r و t: d(r-t)

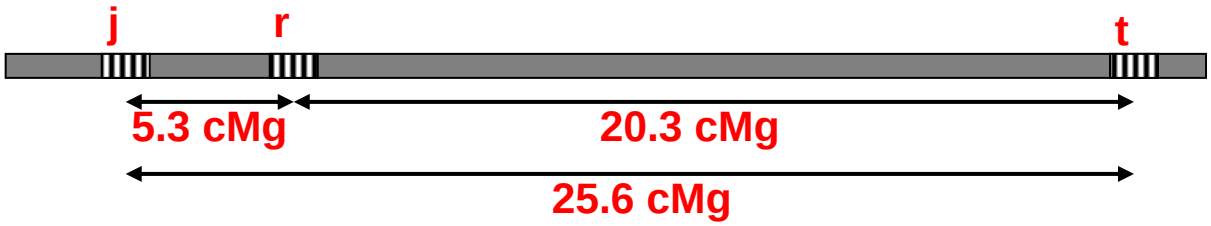
d(r-t) = ((4+6+282+293)/2880)X100 = 20.31 cMg

حساب المسافة بين المورثة j و t: d(t-j)

d(t-j) = ((2X(4+6)+66+78+282+293)/2880)X100 = 25.66 cMg

5) يتبين من النتائج المحصل عليها في السؤال السابق أن: d (j-t) ≈ d(r-j) + d(r-t)

نستنتج من هذا أن المورثة r تتواجد بين المورثة j والمورثة t، وبالتالي فللخريطة العاملية بالنسبة للمورثات الثلاث ستكون على الشكل التالي:



الخـــريـــطـــة العـــامـــلـــيـــة

ملاحظات:

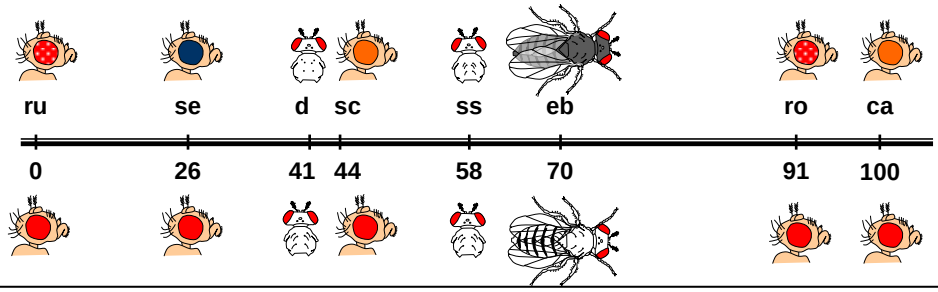
★ مكن إجراء عدة تزاوجات ودراسة مورثات مختلفة، من تحديد تموضع نسبي لعدة مورثات عند مجموعة من الكائنات الحية، ويوضح الشكل أ من الوثيقة 19 جزءا من الخريطة العاملية للصبغي 3 عند ذبابة الخل.

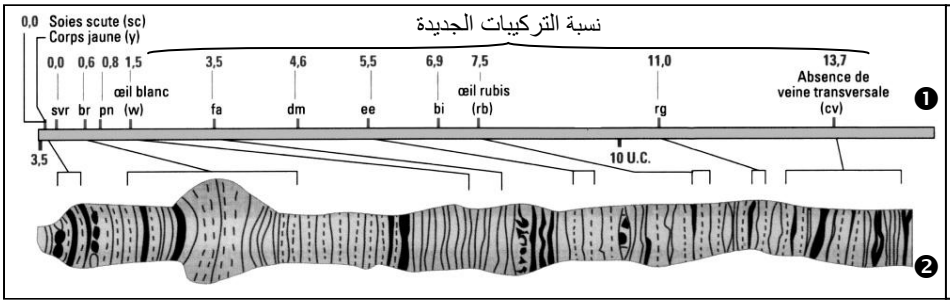
★ لقد مكنت الملاحظة المجهرية لصبغيات عملاقة في مستوى الغدد اللعابية ليرقات ذبابة الخل من الكشف عن وجود أشرطة متعاقبة تختلف حسب تلوينها، وسمكها، ولها ترتيب ثابت بالنسبة لصبغي معين. وقد تبين أن كل خلل في تعاقب هذه الأشرطة يؤدي إلى خلل في ظهور الصفات المتوحشة وظهور صفات جديدة.
انطلاقا من هذه الملاحظات تمكن الباحثون من وضع خرائط صبغية (carte chromosomique, Cytologique ou physique) ، توضح التموضع المضبوط وليس النسبي للمورثات على الصبغيات أنظر الشكل ب من الوثيقة 19.

الوثيقة 19: الخريطة العاملية والخريطة الصبغية.

الشكل أ: الخريطة العاملية للصبغي 3 عند ذبابة الخل (المسافة بالسنتمتر –d'après E. Altenburg–)

ru = roughoid (oeil rugueux)
se = sepia (œil foncé)
d = dichaete (soies thoraciques absentes)
sc = scarlet (oeil vermillon)
ss = spineless (soies très courtes)
eb = ebony (corps noir)
ro = rough (oeil rugueux)
ca = claret (oeil rouge)





الشكل ب: الخريطة الصبغية لصبغي عند ذبابة الخل.

❶ = خريطة عاملية.
❷ = خريطة صبغية.

www.datasvt.com

خلاصة: أنظر الوثيقة 20.

الوثيقة 20: حصيلة القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية.

			النسب الإحصائية		حالة خاصة
			الجيل الأول F_1	الجيل الثاني F_2	
الهجونة الأحادية (أبوان من سلالة نقية)	سيادة تامة		100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	1/4 ، 3/4	في حالة مورثة مرتبطة بالجنس، لا يعطي تزاوج ذكر من سلالة A بأنثى من سلالة B نفس نتيجة التزاوج العكسي، أي أنثى من سلالة A بذكر من سلالة B.
	تساوي السيادة		100 % صفة وسيطة	1/4 ، 1/4 ، 1/2	
الهجونة الثنائية (أبوان من سلالة نقية)	مورثتان مستقلتان	سيادة تامة بالنسبة للحليلين	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	1/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 9/16	
		سيادة تامة بالنسبة لزوج حليلي وتساوي السيادة بالنسبة للآخر	جيل متجانس له الصفة السائدة بالنسبة للزوج الحليلي الأول، وصفة وسيطة بالنسبة للزوج الحليلي الثاني	1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 3/16 ، 3/16 ، 6/16	
		تساوي السيادة بالنسبة للزوجين الحليلين	جيل متجانس له صفتين وسيطتين بالنسبة للزوجين الحليلين.	1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 1/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 2/16 ، 4/16	
	مورثتان مرتبطتان	أحد الأبوين سائد والآخر متنحي	100 % صفة الأب ذي الحليلين السائدين.	1/4 ، 3/4	