

الفصل الرابع:

القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند ثنائيات الصيغة الصبغية

تمهيد :

تعتبر الكائنات الثنائية الصيغة الصبغية 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.

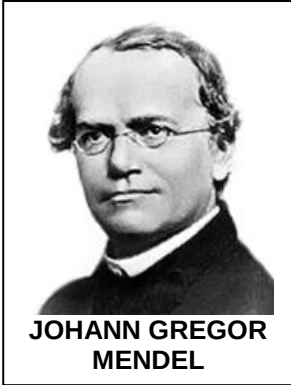
- ما هي نتائج أعمال ماندل Mendel؟ وما تأويلها الصبغي؟
- ما هي القوانين الإحصائية المتحكم في انتقال الحليلات عبر الأجيال؟

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

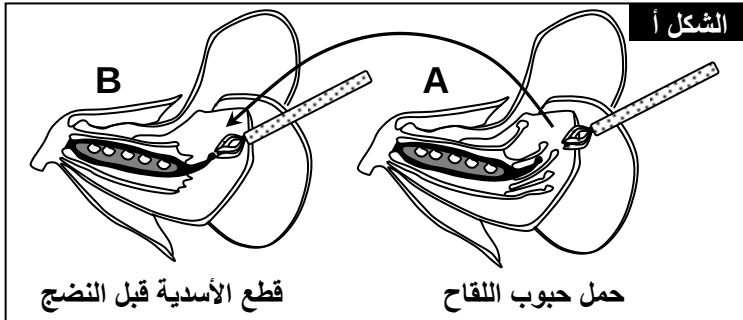
① تجارب Mendel وتأويلها الصبغي:

أ - تجارب Mendel. أنظر الوثيقة 1.

الوثيقة 1: تجارب ماندل Mendel.



★ 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 المستقبلية 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 ($F_1 \times F_1$) بنفس الطريقة السابقة فحصل على الجيل الثاني F_2 مكون من 75 % من بذور ملساء، و 25 % من بذور متجعدة. (أنظر الشكل ب).
قام Mendel بعد ذلك بزرع بذور الجيل F_2 تاركا أزهارها تلقح ذاتيا.

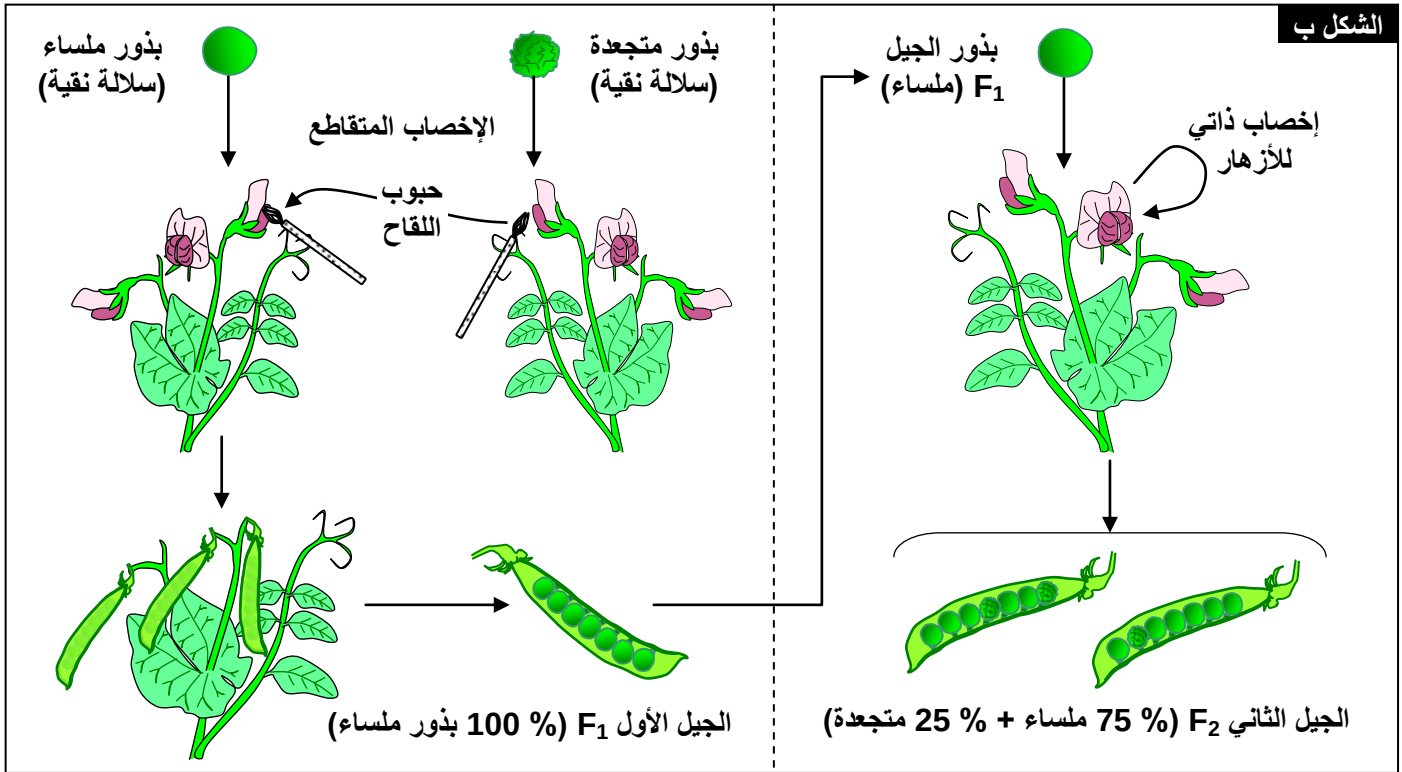
حصل ماندل على النتائج التالية:

- ✓ 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 و 25 % من البذور المتجعدة.

(1) ماذا تستنتج من تحليل نتائج تجربة ماندل؟

(2) أعط التأويل الصبغي لنتائج تجربة ماندل، أخذا بعين الاعتبار معطيات جدول الوثيقة 2 حول الترميز.





الوثيقة 2: معطيات حول الترميز.

↔ نرسم 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 متجدة [r].

↔ نرسم للحيالات المسؤولة عن صفة ما كما هو الشأن بالنسبة للمظهر الخارجي بالحرف الأول اللاتيني من التسمية الفرنسية لهذه الصفة.

↔ نرسم للنمط الوراثي بالشكل التالي: L/L حيث يمثل الخطان الزوج الصبغي الذي يحمل الحليلين كما نرسم لكل حليل بحرفه.

مثال: النمط الوراثي للبذور المتجدة هو: r/r والنمط الوراثي 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 هجين.
- ✓ المظهر الخارجي: هو الشكل الظاهر أو المعبر عنه لصفة معينة.
- ✓ النمط الوراثي: حليلات المورثة المتحكم 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.

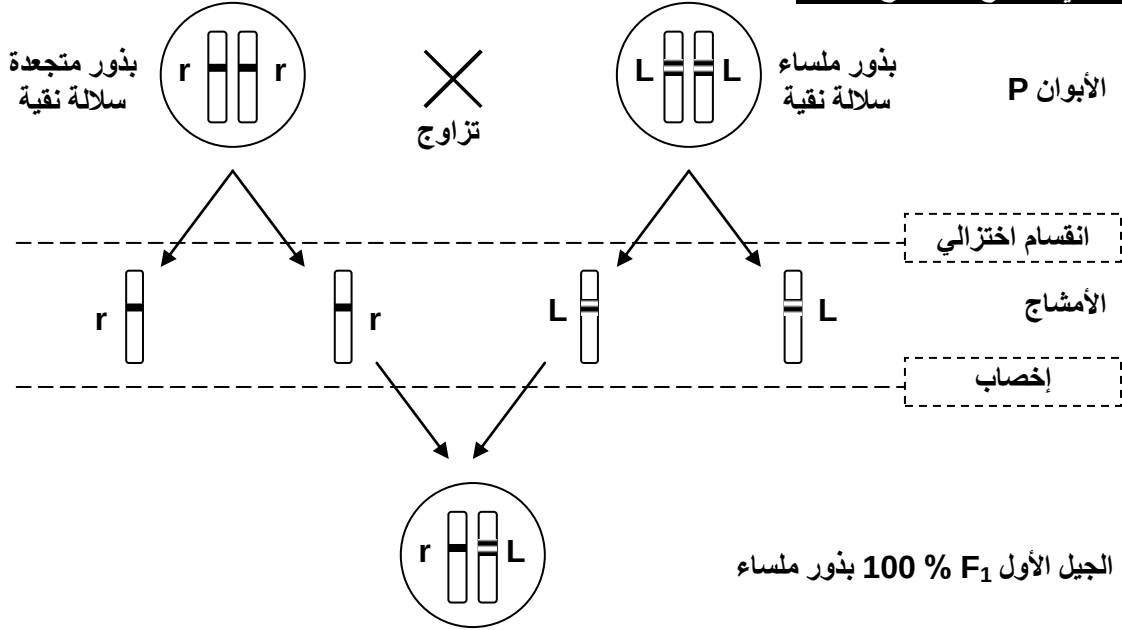
(1) نتج عن تزاوج نباتين من سلالة نقية، لإحدهما بذور ملساء والأخرى بذور متجدة (جيل الآباء P)، جيل أول F1 يتكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجد. نعلم أن الأبوين من سلالة نقية، إذن سيكونان متشابهين الاقتران، حيث ستكون النبتة ذات البذور الملساء، حاملة لحليلي الشكل الأملس، بينما النبتة ذات البذور المتجدة، ستكون حاملة لحليلي الشكل متجد. أما النباتات الناتجة عن هذا

التزاوج، ورغم إبدائها للمظهر بذور ملساء، إلا أنها حاملة لحليل الشكل أملس وحليل الشكل متجدد، أي أنها مختلفة الاقتران بالنسبة لهذه الصفة، فنقول أنها هجينة. ورغم أن بذور نباتات الجلبانة للجيل F_1 تتوفر على حليل الشكل أملس وحليل الشكل متجدد، 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 متجدد **Dominant**، وبالتالي هذا الأخير هو حليل متنحي **Récessif**.

(2) لدينا حليل مسؤول عن الشكل أملس **Lisse** سائد، وحليل مسؤول عن الشكل متجدد **Ridé** متنحي، إذن سنرمز لأملس بالحرف **L**، وللمتجدد بالحرف **r**. وهكذا نفس التزاوجات كما يلي:

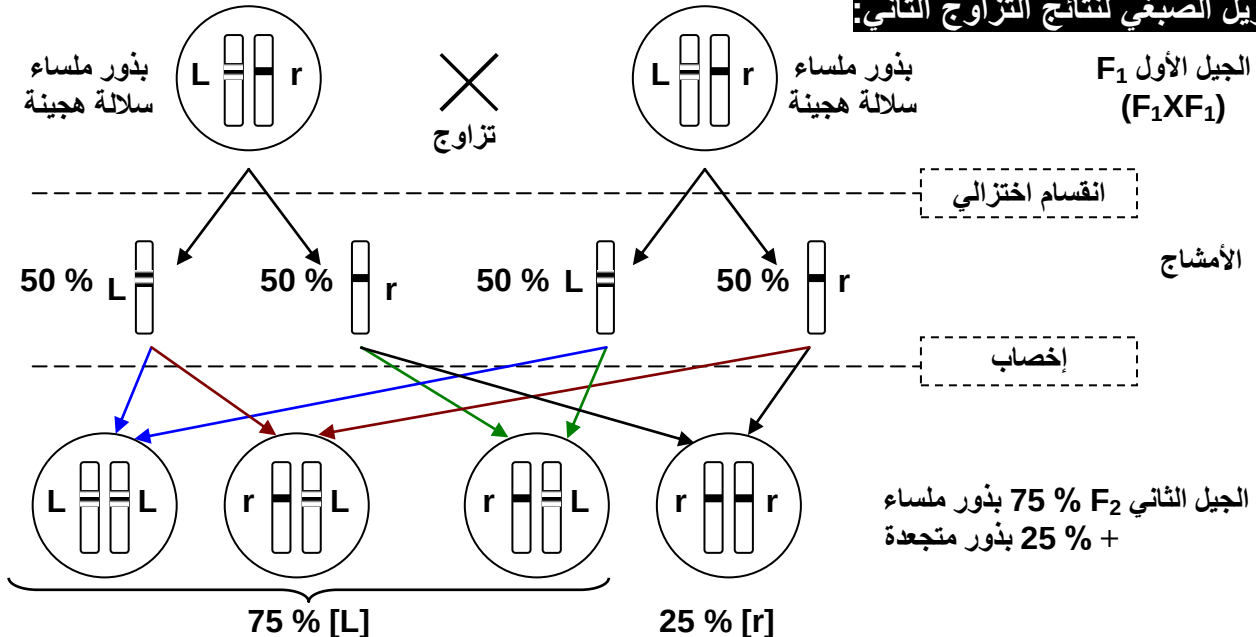
★ يعطي التزاوج الأول بين الآباء **P**، الجيل الأول F_1 مكون من أفراد متجانسون ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي الشكل الأملس، مع غياب الشكل متجدد.

التأويل الصبغي لنتائج التزاوج الأول:



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

التأويل الصبغي لنتائج التزاوج الثاني:



ج - استنتاجات.

★ إن الفرد الهجين F_1 يحمل العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين. وهكذا فالمظهر الخارجي لهجين 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 الهجين:

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

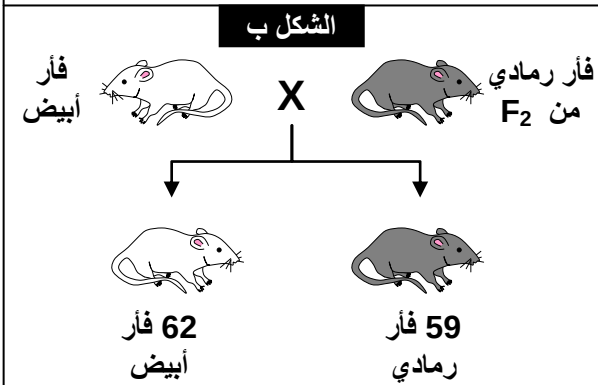
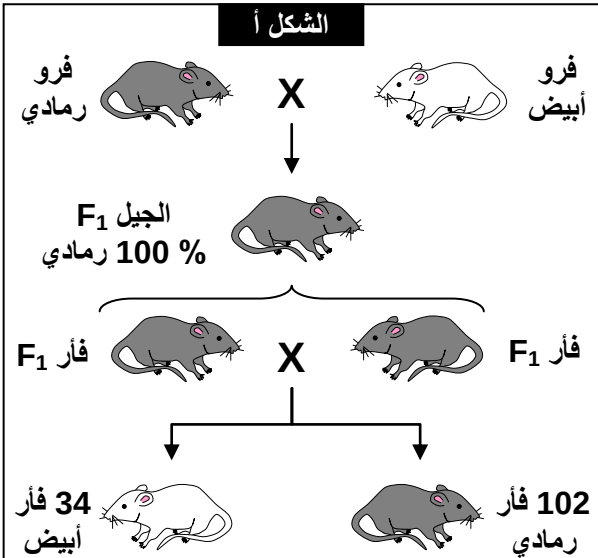
★ تفسر النتائج المحصل عليها في الجيل الثاني F_2 بافتراض أن العاملين الوراثيين المسؤولين عن المظهرين الخارجيين المتعارضين ينفترقان أثناء تشكل أمشاج النبات الهجين (كل مشيج يحمل فقط أحد هذين العاملين) ويلتقيان بالصدفة أثناء الإخصاب. ومن ذلك استنتج القانون الثاني لماندل:

نسمي هذا القانون قانون نقاوة الأمشاج:

أثناء تشكل الأمشاج ينفترق العاملان الوراثيان اللذان يحملان الصفتين المتعارضتين، فيحتوي كل مشيج على أحد حليلي المورثة، اثنان 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 إحداهما 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 و F_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.

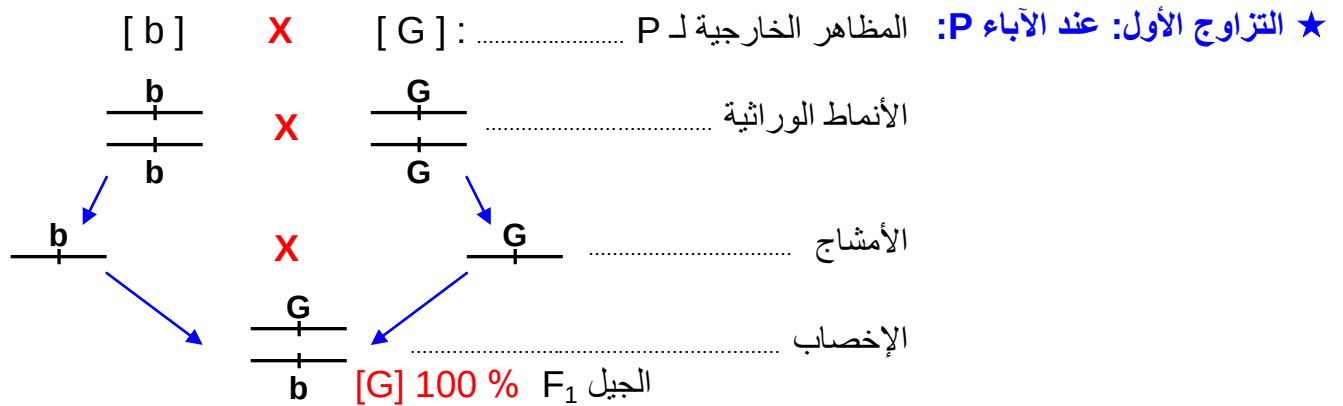
- 1) لقد تم التزاوج بين أفراد من نفس النوع، ينتمون لسلالتين نقيتين، تختلفان في صفة واحدة. اثن نمط التزاوج هو عبارة عن هجونة أحادية.

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

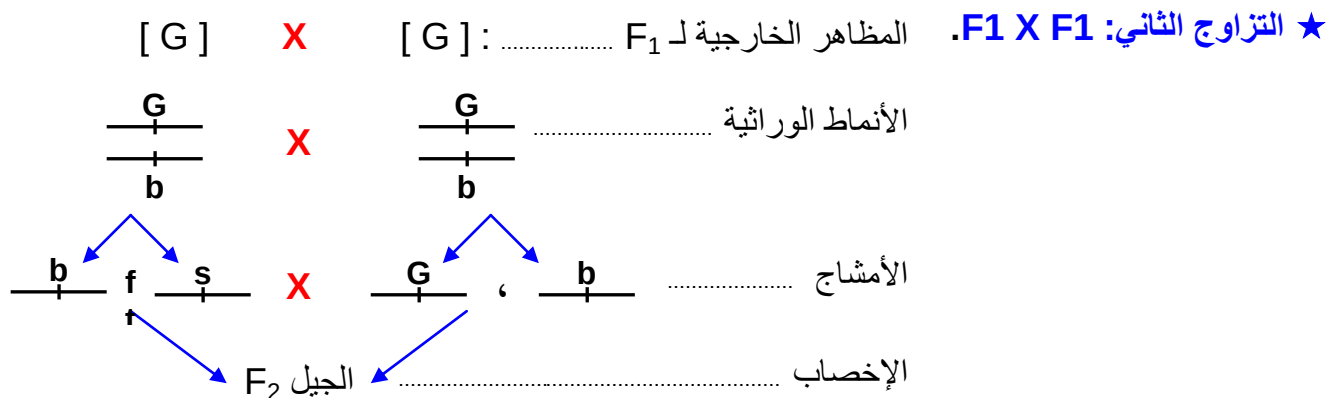
(3) إن جميع أفراد الجيل F_1 متجانسون فيما بينهم، ويشبهون في المظهر الخارجي الأب ذي اللون الرمادي. اعتمادا على القانون الأول لـ Mendel نستنتج أن صفة اللون رمادي صفة سائدة، بينما الصفة لون أبيض صفة متنحية. نلاحظ كذلك أن الصفة أبيض ظهرت لدى أفراد الجيل F_2 ، ولم تكن تظهر عند الجيل F_1 ، نستنتج أن أفراد 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 بـ G ، وأبيض متنحي سنرمز له بـ b .



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



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

	♂	♀
♂	$\frac{G}{G}$ 50% $\frac{G}{b}$ 25% $\frac{b}{G}$ 25% $\frac{b}{b}$ 25%	$\frac{G}{G}$ 50% $\frac{G}{b}$ 50% $\frac{b}{G}$ 50% $\frac{b}{b}$ 50%

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 .



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:

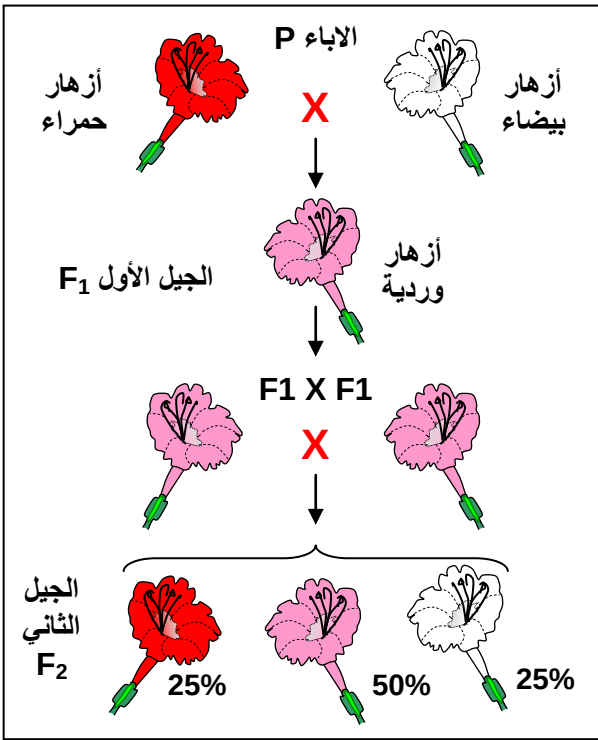
★ **الحالة الأولى:** إذا كان النمط الوراثي للأب ذو المظهر السائد هو $G//G$ ، فسوف ينتج نمطا واحدا من الأمشاج $G/$ ، وبالتالي نحصل عند الخلف على $G//b$ 100 % أي 100 % فئران رمادية.

★ **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 $G//b$ 50 % + $b//b$ 50 % 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 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 إنجازها 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) حل هذه النتائج، ثم استنتج.

يعطي تزاوج نباتات F1 فيما بينها جيل ثاني F2 غير متجانس ومكون من 25 % نباتات ذات أزهار بيضاء و 25 % نباتات ذات أزهار حمراء و 50 % نباتات ذات أزهار وردية.

(2) فسر صبغيا النتائج المحصل عليها في F1 و في F2.

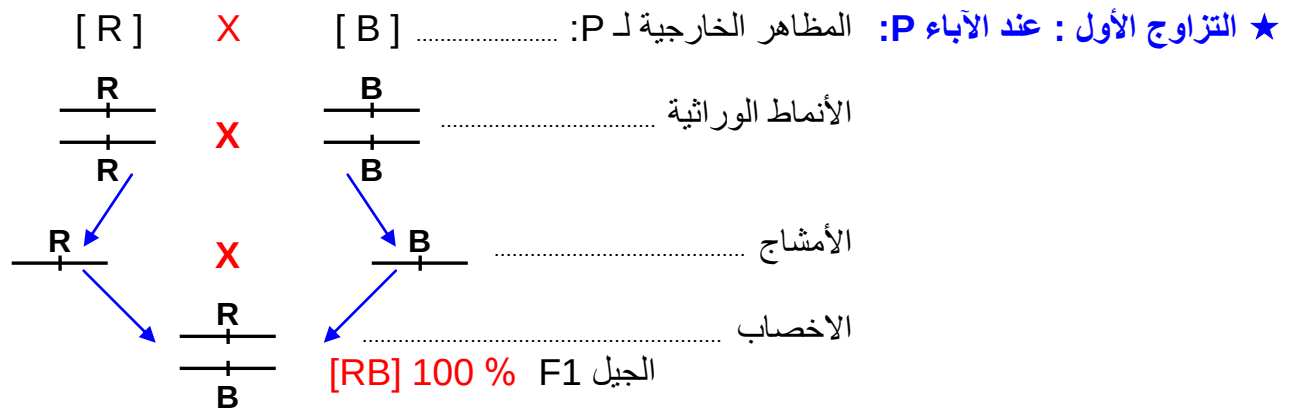
② تحليل نتائج التزاوج:

(1) إن تزاوج سلالتين نقيتين من شب الليل تختلفان بصفة لون الأوراق التويجية أعطى جيل أول F1 يتكون من أفراد متجانسون، إذن الجيل F1 سيكون هجينا (تحقق القانون الأول لماندل). إلا أن صفات أفراد الجيل F1 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.

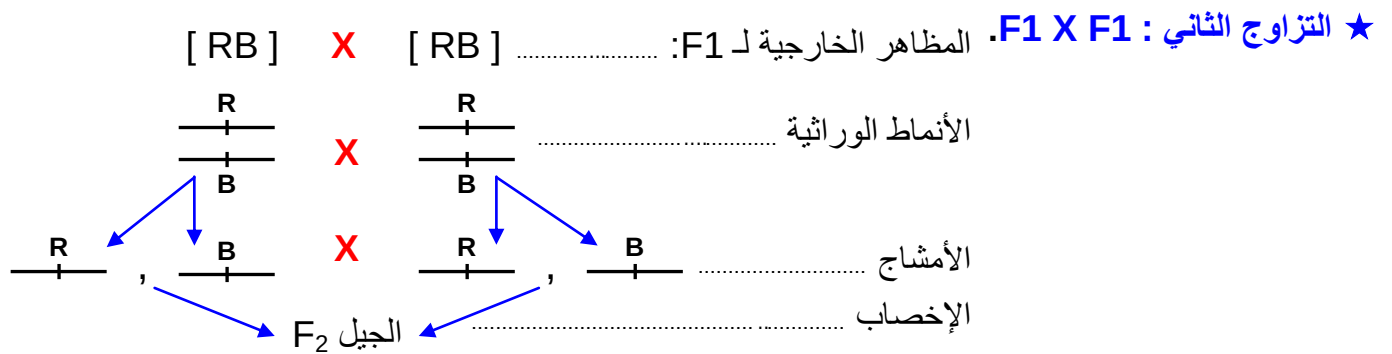
(2) التفسير الصبغي لنتائج التزاوجات:

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:



كل أفراد الجيل الأول F₁ لهم النمط الوراثي R//B، وبما أن هناك تساوي السيادة، فإن كل أفراد F₁ سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [RB].



في F₂ يمكن تلخيص إمكانية الإخصاب، في شبكة التزاوج التالية:

	♂	♀
50% $\frac{B}{+}$	50% $\frac{R}{+}$	
25% $\frac{R}{+}$ 25% $\frac{B}{+}$	25% $\frac{R}{+}$ 25% $\frac{B}{+}$	50% $\frac{R}{+}$
25% $\frac{B}{+}$ 25% $\frac{B}{+}$	25% $\frac{R}{+}$ 25% $\frac{B}{+}$	50% $\frac{B}{+}$

يتكون الجيل الثاني F₂ من:

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

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

III - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة المورثة المميّنة.

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

الوثيقة 5: دراسة صفة مرتبطة بمورثة مميّنة 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 مميّنة



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 لماندل، 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: $(2/3) = 67.33\%$ $(202 / (202 + 98)) \times 100$

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

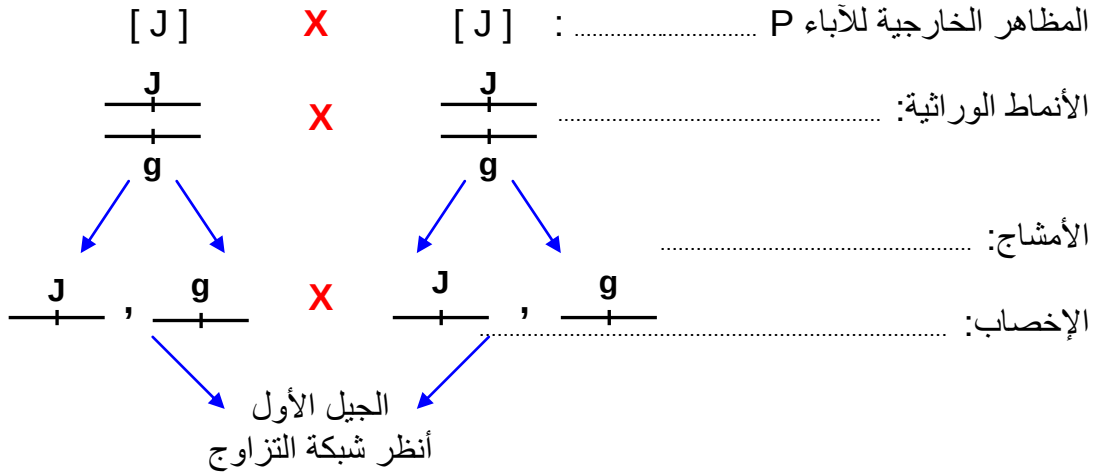
بما أننا في حالة سيادة تامة، فالنسب المتوقعة هي 25 % (أي 1/4) للمظهر الخارجي المتنحي + 75 % (أي 3/4) للمظهر الخارجي السائد.

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

	♂	♀
♂	50% $\frac{g}{g}$ 50% $\frac{J}{g}$	50% $\frac{J}{J}$ 50% $\frac{J}{g}$
♀	25% $\frac{J}{J}$ 25% $\frac{J}{g}$ 25% $\frac{g}{J}$ 25% $\frac{g}{g}$	50% $\frac{J}{J}$ 50% $\frac{g}{J}$

إن تشابه الاقتران بالنسبة للحليلين السائدين j/z يؤدي إلى موت هذه الفئران، وهذا ما يفسر وجود فئران ميتة في رحم الأم، ويفسر أن ثلث الفئران ذات لون رمادي، والثلث بلون أصفر. من خلال هذا التفسير الصبغي، يتضح أن النتائج النظرية تطابق النتائج التجريبية، وبالتالي، فنحن فعلا أمام حالة مورثة مميتة *Gène létale*.

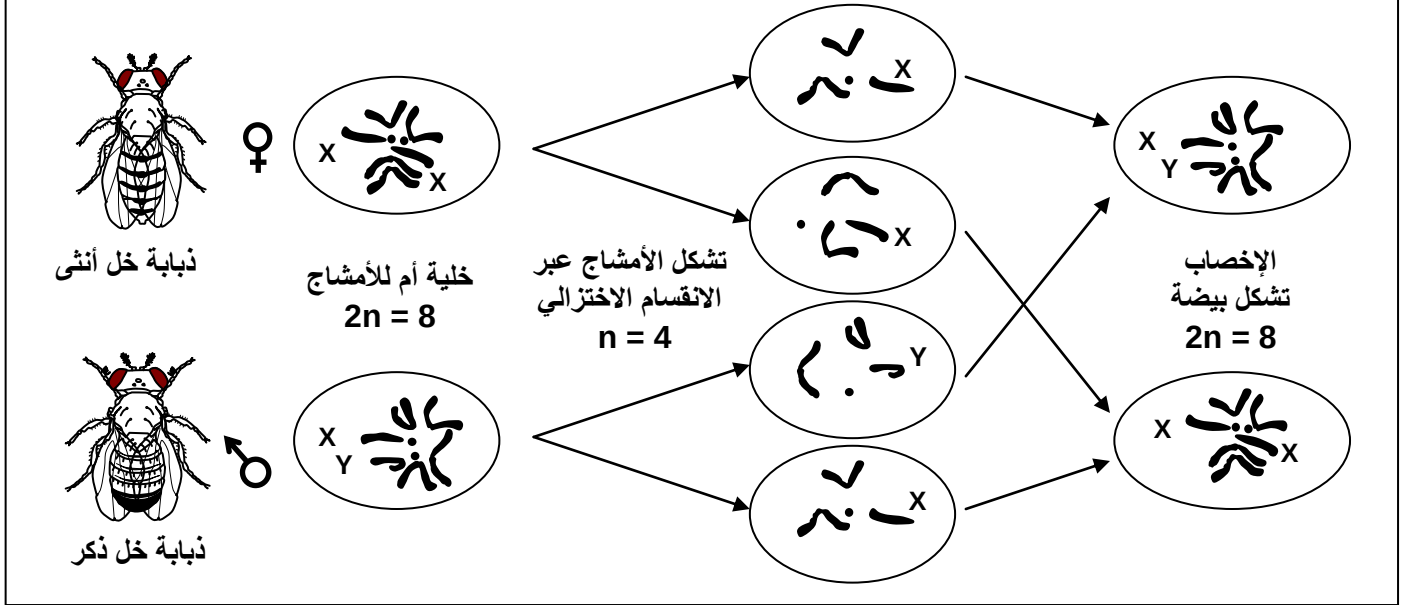


IV - دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

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 بـ XY . عند الأنثى يكون الصبغيان الجنسيان متشابهين فنقول أنه متشابه الأمشاج ونرمز له بـ XX .
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 بـ Z و W ، والنمط الوراثي في هذه الحالة هو ZW .

هناك حالات أخرى استثنائية، حيث يتوفر الذكر على صبغي جنسي واحد X والنمط 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 ①: 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 ②: تزاوج عكسي تم بين أنثى ذات عيون بيضاء وذكر ذو عيون حمراء. فحصلنا على جيل F_1 مكون من 50% إناث بعيون حمراء و 50% ذكور بعيون بيضاء.

(2) حلل هذه النتائج؟ ماذا تستنتج؟

(3) أعط تفسيرا صبغيا للنتائج المحصل عليها.

①

♀ (بيضاء) × ♂ (حمراء)

50% ♀ (حمراء) 50% ♂ (حمراء)

②

♀ (حمراء) × ♂ (بيضاء)

50% ♀ (بيضاء) 50% ♂ (بيضاء)

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 التحليل المسؤول عن اللون الأحمر للعيون سائد، والتحليل 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 آبائهن، مما يدعو للاعتقاد بكون هذه المورثة محمولة على صبغي جنسي، وبالضبط الصبغي الجنسي X، لأن هذه الصفة تظهر عند الذكور و الإناث.

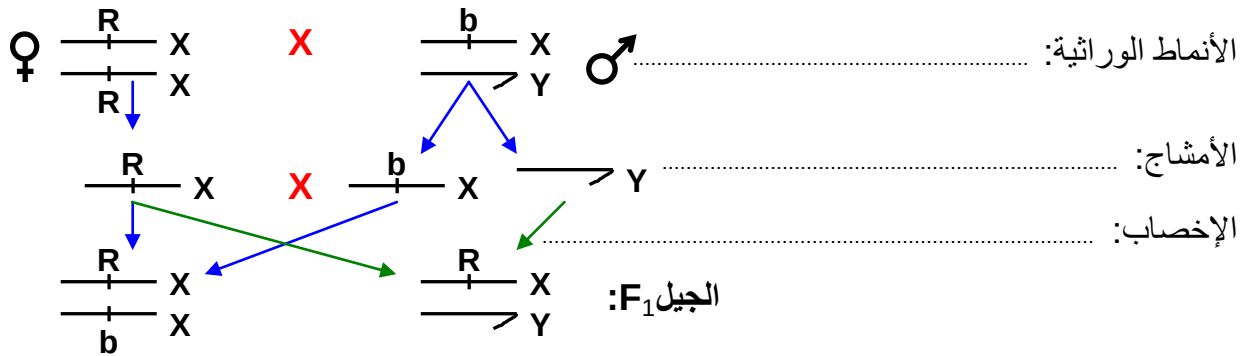
(3) التفسير الصبغي للنتائج المحصل عليها:

التحليل المسؤول عن لون العيون الحمراء Rouges سائد، نرسم له بالتحرف R، أما التحليل المسؤول عن لون العيون البيضاء Blanchés متنحي، نرسم له بالتحرف 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، فتستعمل نفس الطريقة المعتمدة في حالة الصبغيات اللاجنسية.

خلال التزاوج الأول، سيكون النمط الوراثي للأنثى $X^R X^R$ ، بمظهر خارجي [R]، والذكر $X^b Y$ بمظهر خارجي [b]، وخلال التزاوج الثاني، سيكون النمط الوراثي للأنثى $X^b X^b$ ، بمظهر خارجي [b]، والذكر $X^R Y$ بمظهر خارجي [R]

★ التزاوج الأول:

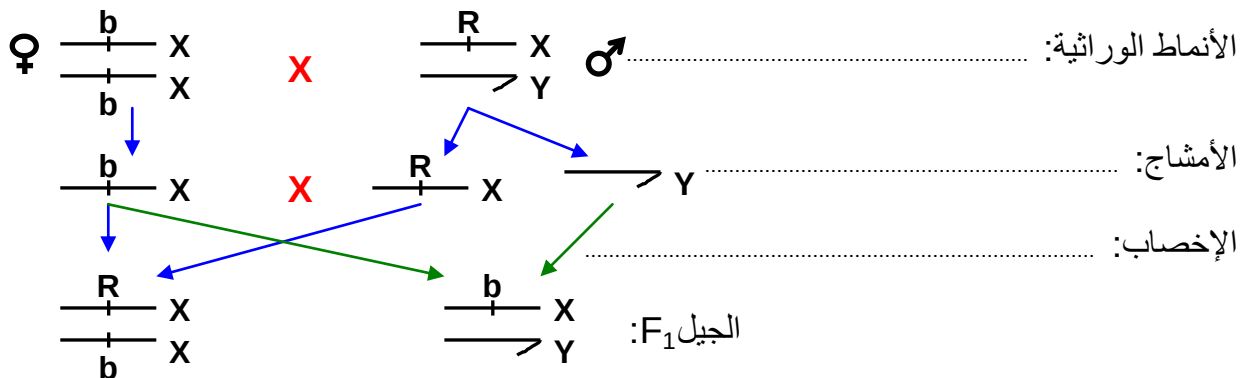
المظاهر الخارجية لـ P : ذكور بعيون بيضاء [b] X إناث بعيون حمراء [R]



الجيل F_1 100% [R]، 50% إناث $X^R X^b$ + 50% ذكور $X^R Y$

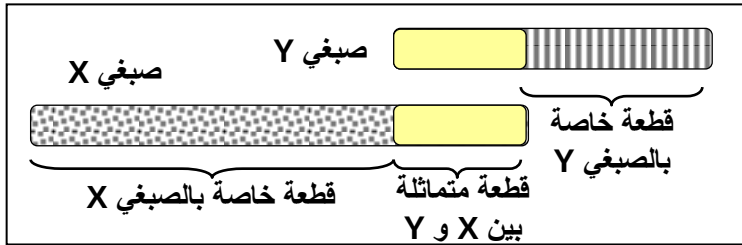
★ التزاوج الثاني = التزاوج العكسي:

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



الجيل F_1 50% إناث [R] + 50% ذكور [b] : 50% إناث $X^R X^b$ + 50% ذكور $X^b Y$





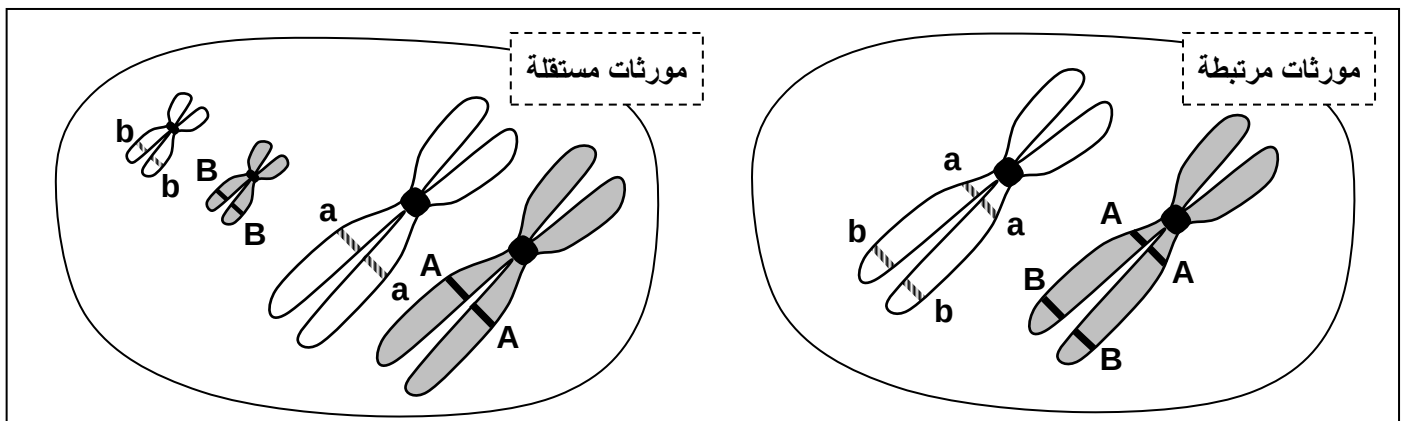
يمكن تفسير انتقال الصفات الوراثية المرتبطة بالجنس بكون المورثات المسؤولة عن هذه الصفات تتموضع على جزء الصبغي الجنسي X الذي ليس له مماثل على الصبغي Y. أو على جزء الصبغي Y الذي ليس له مقابل على X.

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. اذن 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 فننتكلم عن مورثات مرتبطة Les gènes liés. وإما أن تكونان على صبغيين مختلفين فننتكلم 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 وصفراء.

(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)، أصفر (J,j)، أملس (L,l)، متجعد (R,r) .



b - حل التمرين:

(1) تحليل واستنتاج:

★ تم التزاوج بين فردين من سلالتين نفيتين تختلفان بصفتين اثنتين، يتعلق الأمر اذن بالهجنة 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 اذن 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، نعلم إذن أنهما محمولتان على صبغيات لاجنسية.

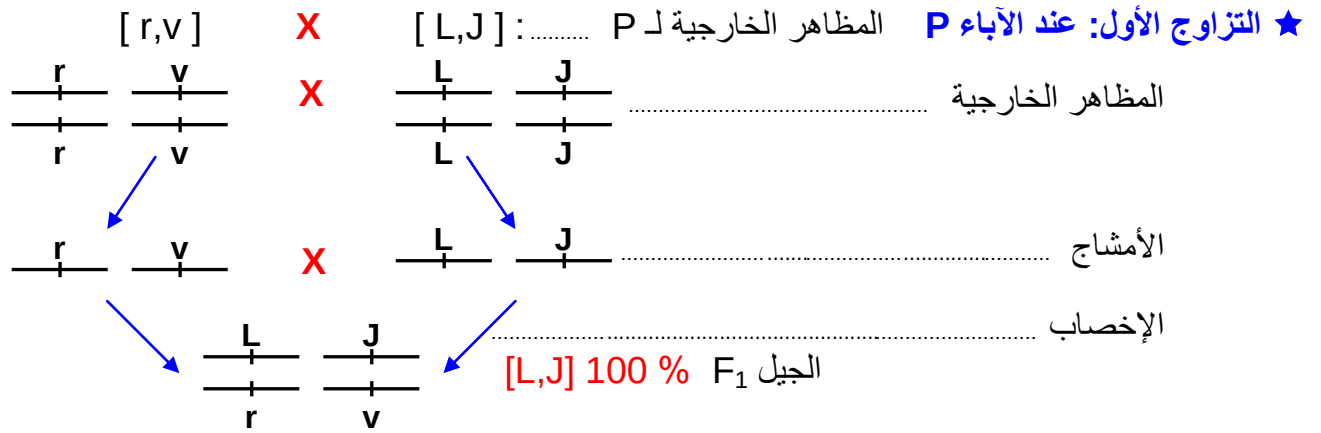
(2) حساب النسب المئوية عند F_2 :

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

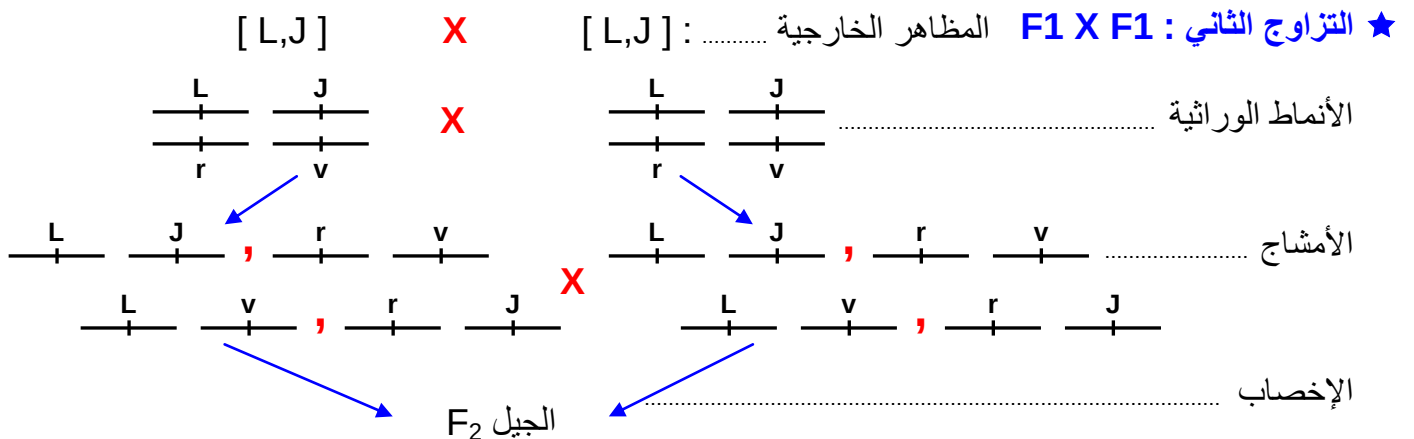
★ نلاحظ أن الجيل F_2 غير متجانس ويضم أربعة مظاهر خارجية. مظهران يشبهان المظاهر الخارجية للأباء: [L,J] و [r,v]، نسميها مظاهر أبوية. ومظهران خارجيان جديان: [L,v] و [r,J]، نسميها مظاهر جديدة التركيب.

★ عندما يتعلق الأمر بمورثتين محمولتين على صبغيتين مختلفتين (مستقلتين)، فإن التخليط البصبغي 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:

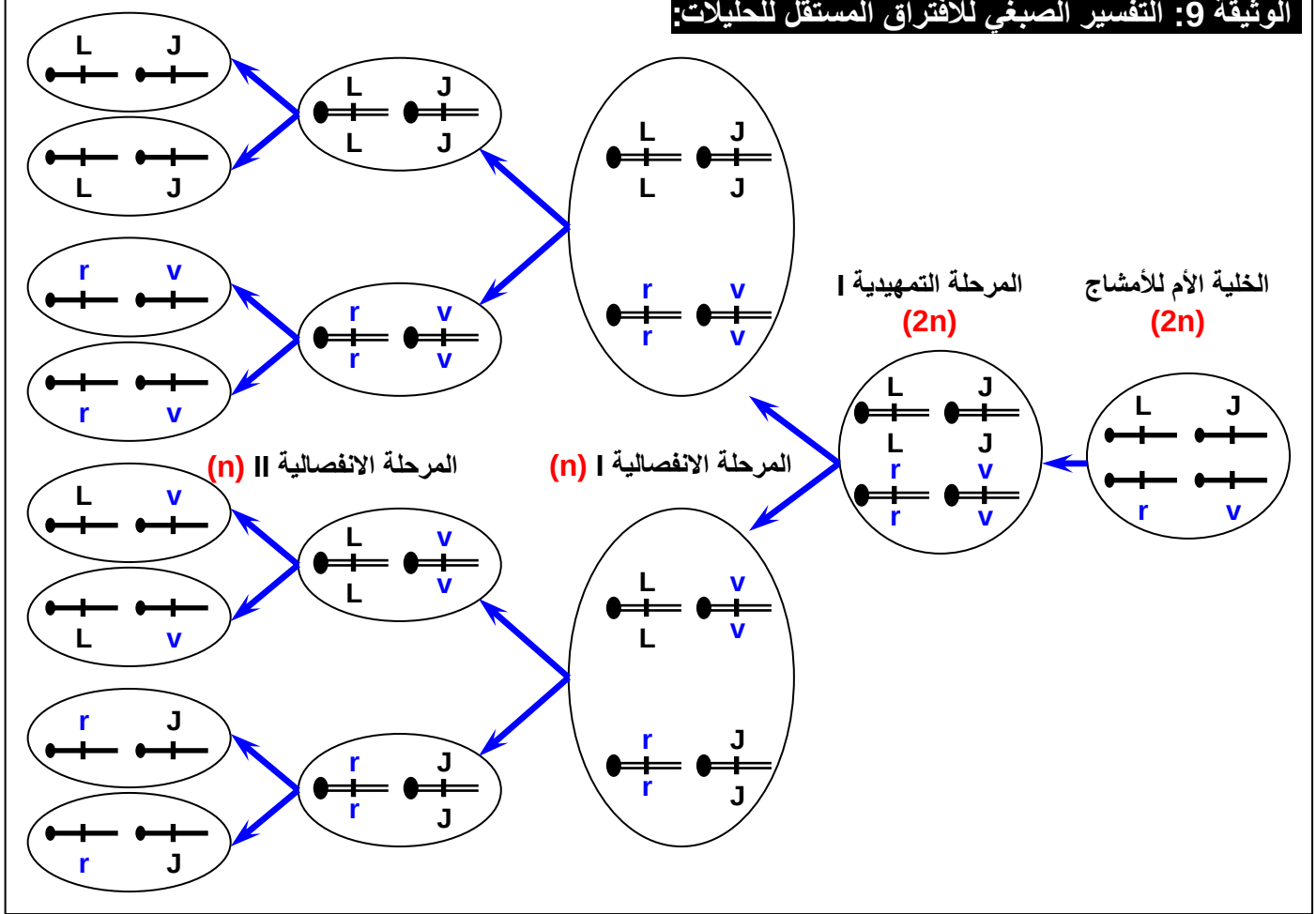


كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي $L/r, J/v$ ، وبما أن L و J سائدين، فإن كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [L,J].



بفعل التخليط البيصغي 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 الوثيقة 10.

الوثيقة 9: التفسير الصبغي للافتراق المستقل للحيليات:



الوثيقة 10: شبكة التزاوج:

				♂	♀
$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$		
$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$	
$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$	
$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ [r,J]	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ [r,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$	
$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ [r,v]	$\frac{r}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ [r,J]	$\frac{L}{+} \quad \frac{v}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,v]	$\frac{L}{+} \quad \frac{J}{+}$ $\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$ [L,J]	$\frac{r}{+} \quad \frac{v}{+}$	



في الجيل الثاني F2 نحصل على المظاهر الخارجية التالية:

- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,J] ، يشكلون 9/16 من F₂ أي 56.25 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [L,v] ، يشكلون 3/16 من F₂ أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,J] ، يشكلون 3/16 من F₂ أي 18.75 %.
- أفراد لهم المظهر الخارجي [r,v] ، يشكلون 1/16 من F₂ 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 - 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.

التزاوج الأول جسم رمادي وأجنحة طويلة × جسم أسود وأجنحة أثرية [P] ↓ 182 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة طويلة [F₁]	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 F₁ 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 F₁ 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 F₂. ماذا تستنتج؟ (4) فسر صبغيا نتائج التزاوجين، مستعملا الرموز: رمادي (G,g)، أسود (E,e)، طويلة (L,l)، أثرية (V,v).				
التزاوج الثاني ذبابة خل من الجيل F₁ × جسم أسود وأجنحة أثرية ↓ <table border="0"> <tr> <td>487 ذبابة بجسم أسود وأجنحة أثرية</td> <td>515 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة أثرية</td> <td>509 ذبابة بجسم أسود وأجنحة طويلة</td> <td>492 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة طويلة</td> </tr> </table>	487 ذبابة بجسم أسود وأجنحة أثرية	515 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة أثرية	509 ذبابة بجسم أسود وأجنحة طويلة	492 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة طويلة	
487 ذبابة بجسم أسود وأجنحة أثرية	515 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة أثرية	509 ذبابة بجسم أسود وأجنحة طويلة	492 ذبابة بجسم رمادي وأجنحة طويلة		

b - حل التمرين:

- (1) بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن أفراد الجيل الأول F₁ متجانسون بالنسبة للصفاتين، ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو الجسم الرمادي والأجنحة الطويلة. ادن طبقا للقانون الأول لمندل 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.



(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.

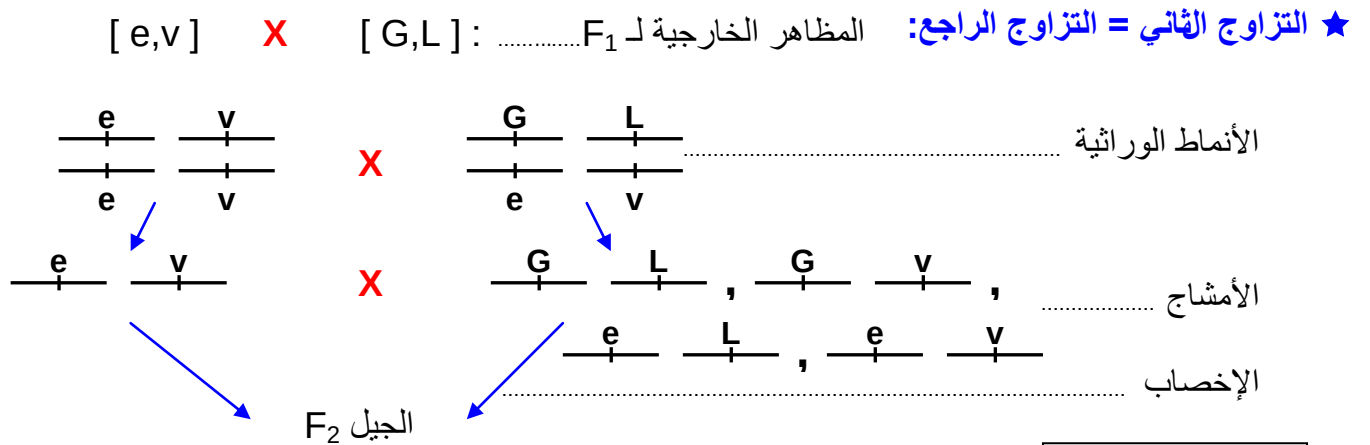
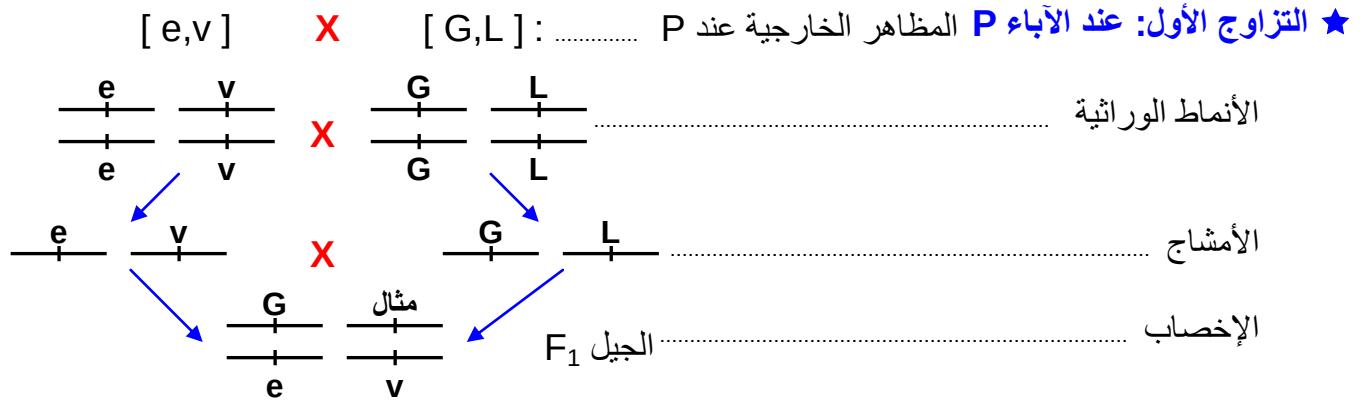
(3) حساب النسب المئوية المحصل عليها في F_2 :

- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة طويلة): $\% 24.56 = (492/(487+509+515+492)) \times 100$
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة طويلة): $\% 25.41 = (509/(487+509+515+492)) \times 100$
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة أثرية): $\% 25.71 = (515/(487+509+515+492)) \times 100$
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة أثرية): $\% 24.31 = (487/(487+509+515+492)) \times 100$

★ 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 F_2 : $(25\% + 25\% + 25\% + 25\%)$ على أنه خلال تشكل الأمشاج عند الفرد الهجين، يجتمع كل حليل من زوج حليلي معين بلا تمييز مع أحد حليلي الزوج الحليلي الآخر (القانون الثالث لماندل). نستنتج من ذلك أن الحيلان (G,e) و (L,v) محمولان على زوجين مختلفين من الصبغيات. أي أن المورثات مستقلة.

(4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجين:



شبكة التزاوج				
$\frac{e}{e} \quad \frac{v}{v}$ 1/4	$\frac{e}{e} \quad \frac{L}{L}$ 1/4	$\frac{G}{G} \quad \frac{v}{v}$ 1/4	$\frac{G}{G} \quad \frac{L}{L}$ 1/4	♂ / ♀
$\frac{e}{e} \quad \frac{v}{v}$ 1/4	$\frac{e}{e} \quad \frac{L}{L}$ 1/4	$\frac{G}{G} \quad \frac{v}{v}$ 1/4	$\frac{G}{G} \quad \frac{L}{L}$ 1/4	$\frac{e}{e} \quad \frac{v}{v}$

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



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 عادية Normal و عيون حمراء Rouge والأخرى ذات أجنحة مقورة Tronqué و عيون بنية Brun. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس ذو مظهر خارجي بأجنحة عادية و عيون 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 و عيون بنية. ★ 109 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون بنية

★ 111 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة و عيون حمراء. ★ 410 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون 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 تفسيراً صعباً لهذه النتائج.

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

★ 170 ذبابة خل ذات أجنحة عادية و عيون حمراء ★ 175 ذبابة خل ذات أجنحة مقورة و عيون 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 للصفاتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو أجنحة عادية و عيون حمراء. طبقاً للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن تحليل الأجنحة العادية سائد على تحليل الأجنحة المقورة، وتحليل العيون الحمراء سائد على تحليل 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 و عيون حمراء بـ $[N,R]$ ، والمظهر أجنحة مقورة و عيون 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: $\% 39.81 = (410/(410+400+111+109)) \times 100$
- نسبة المظهر الخارجي $[t,b]$ هي: $\% 38.83 = (400/(410+400+111+109)) \times 100$
- نسبة المظهر الخارجي $[N,b]$ هي: $\% 10.58 = (109/(410+400+111+109)) \times 100$
- نسبة المظهر الخارجي $[t,R]$ هي: $\% 10.78 = (111/(410+400+111+109)) \times 100$

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 $[N,R]$ 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.



وبالتالي تكون شبكة التزاوج على الشكل التالي:

$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 38.83 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{R}{R}$ 10.78 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{b}{b}$ 10.58 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{R}{R}$ 39.81 %	♀ / ♂
$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 38.83 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{R}{R}$ 10.78 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{b}{b}$ 10.58 %	$\frac{N}{N} \quad \frac{R}{R}$ 39.81 %	$\frac{t}{t} \quad \frac{b}{b}$ 100 %

(5) التزاوج الثالث هو تزاوج عكسي (تزاوج راجع)، لنحسب نسب المظاهر الخارجية في F_2' :

• نسبة مظهر الخارجي [N,R] هي: $(170/(170+175)) \times 100 = 49.27 \%$

• نسبة مظهر الخارجي [t,b] هي: $(175/(170+175)) \times 100 = 50.73 \%$

★ 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 على 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 نقبتين من الطماطم، تختلفان بزوجين من الصفات. الأولى سهلة الجني وحساسة لطفيلى *stemphyllium* والأخرى صعبة الجني ومقاومة لهذا الطفيلى. نحصل في الجيل الأول F_1 على خلف متجانس يتكون من طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلى.

(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 للطفيلى. ★ 11 % من الطماطم سهلة الجني ومقاومة للطفيلى.

★ 11 % من الطماطم صعبة الجني وحساسة للطفيلى. ★ 39 % من الطماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلى.

(2) ماذا نسمي هذا النوع من التزاوج و ما هي الغاية منه ؟

(3) ماذا تستنتج من النسب المحصل عليها في هذا التزاوج ؟

(4) أعط تفسيراً صعباً لهذه النتائج.

b - حل التمرين:

(1) ★ بدراستنا لكل صفة على حدة، نلاحظ أن الجيل الأول F_1 متجانس بالنسبة للصفاتين، ويشبه في مظهره الخارجي الأب ذو طماطم صعبة الجني ومقاومة للطفيلى. طبقاً للقانون الأول لـ Mendel نستنتج أن تحليل الطماطم صعبة الجني سائد على تحليل الطماطم سهلة الجني، وتحليل الطماطم المقاومة للطفيلى سائد على تحليل الطماطم الحساسة للطفيلى.

★ 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 للطفيلى بـ [D,R] ، والمظهر الطماطم سهلة الجني وحساسة للطفيلى بـ [f,s].



(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 :

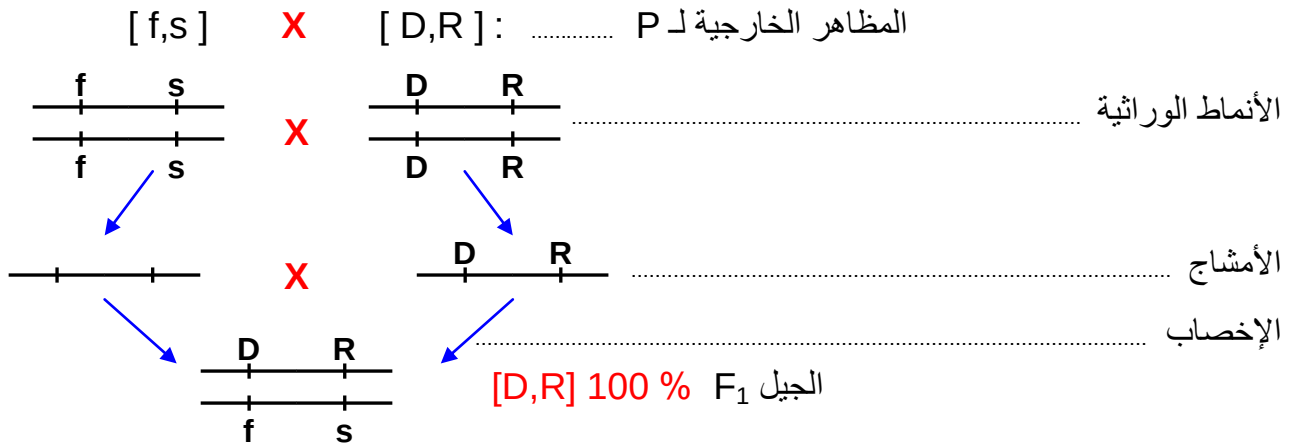
- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني ومقاومة للطفيلي [D,R] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني وحساسة للطفيلي [f,S] هي: 39 %
- نسبة المظهر الخارجي صعبة الجني وحساسة للطفيلي [D,S] هي: 11 %
- نسبة المظهر الخارجي سهلة الجني ومقاومة للطفيلي [f,R] هي: 11 %

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%).

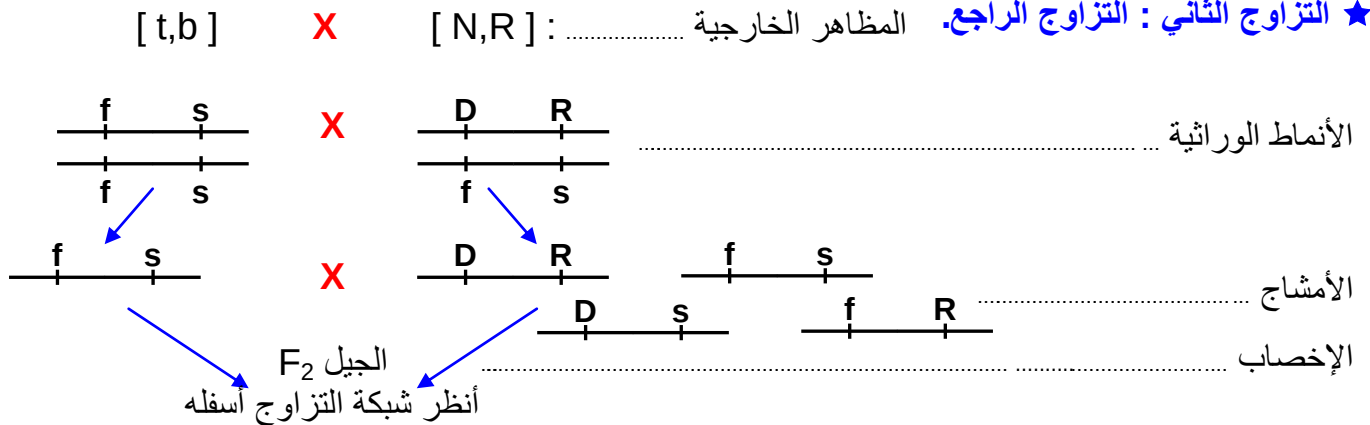
تدل هذه النتائج على عدم الافتراق المستقل للحليلات، وهو ما يعني أن المورثتين مرتبطتين.

(4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

★ التزاوج الأول : عند الآباء P .



★ التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.



$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{R}{R}$ 11 %	$\frac{D}{D} \frac{s}{s}$ 11 %	$\frac{D}{D} \frac{R}{R}$ 39 %	♀ / ♂
$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{R}{R}$ 11 %	$\frac{D}{D} \frac{s}{s}$ 10.58 %	$\frac{D}{D} \frac{R}{R}$ 39 %	$\frac{f}{f} \frac{s}{s}$ 100 %



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 ارتباطاً مطلقاً (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 37,5% ($16/6$)، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطاً غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

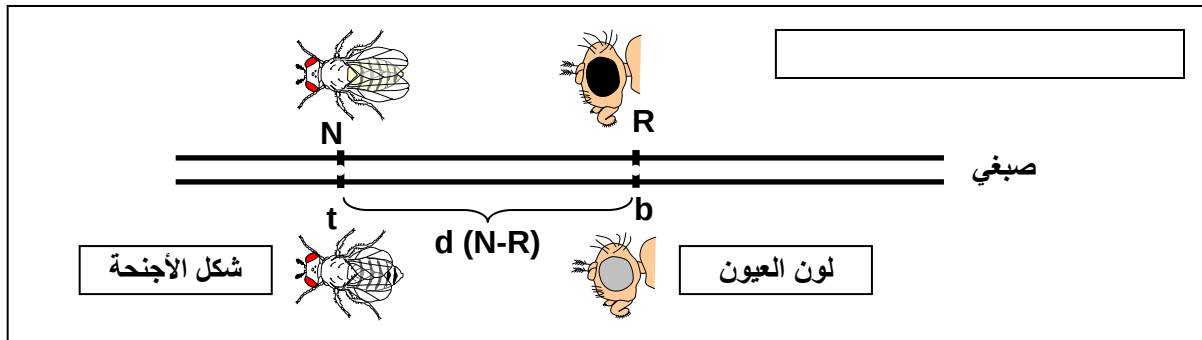
★ عندما نحصل بعد التزاوج الراجع على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطاً مطلقاً (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 50%، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطاً غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

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، فإن نسبة التركيبات الجديدة الناتجة عن هذا التزاوج تكون دائماً ثابتة. انطلاقاً من هذه الملاحظة افترض Morgan أن موقع المورثة فوق الصبغي يكون دائماً ثابتاً. 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 فإن 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 $1\% = 1\text{CMg}$ من التركيبات الجديدة. وهكذا فالمسافة الفاصلة بين مورثتين a و b هي $d(a-b)$.

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

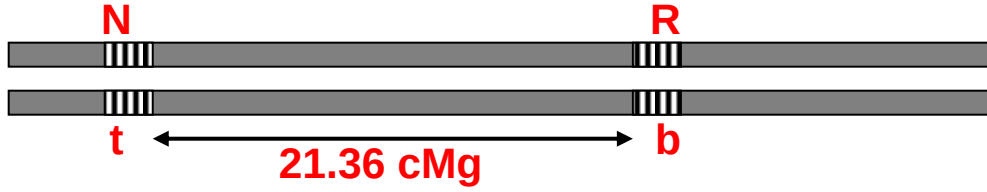
باستثمار هذه المعطيات ومعطيات تمرين الوثيقة 12:

- (1) أحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة $d(N - R)$.
- (2) أنجز الخريطة العاملية.

انطلاقاً من معطيات تمرين الوثيقة 12:

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

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



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 مبقة 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 مبقة 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 مبقة وقد عادي وثمار ملساء.
✓	5	نبتة ذات أوراق مبقة وقد عادي وثمار ناعمة.
✓	20	نبتة ذات أوراق مبقة 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 مبقة (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:

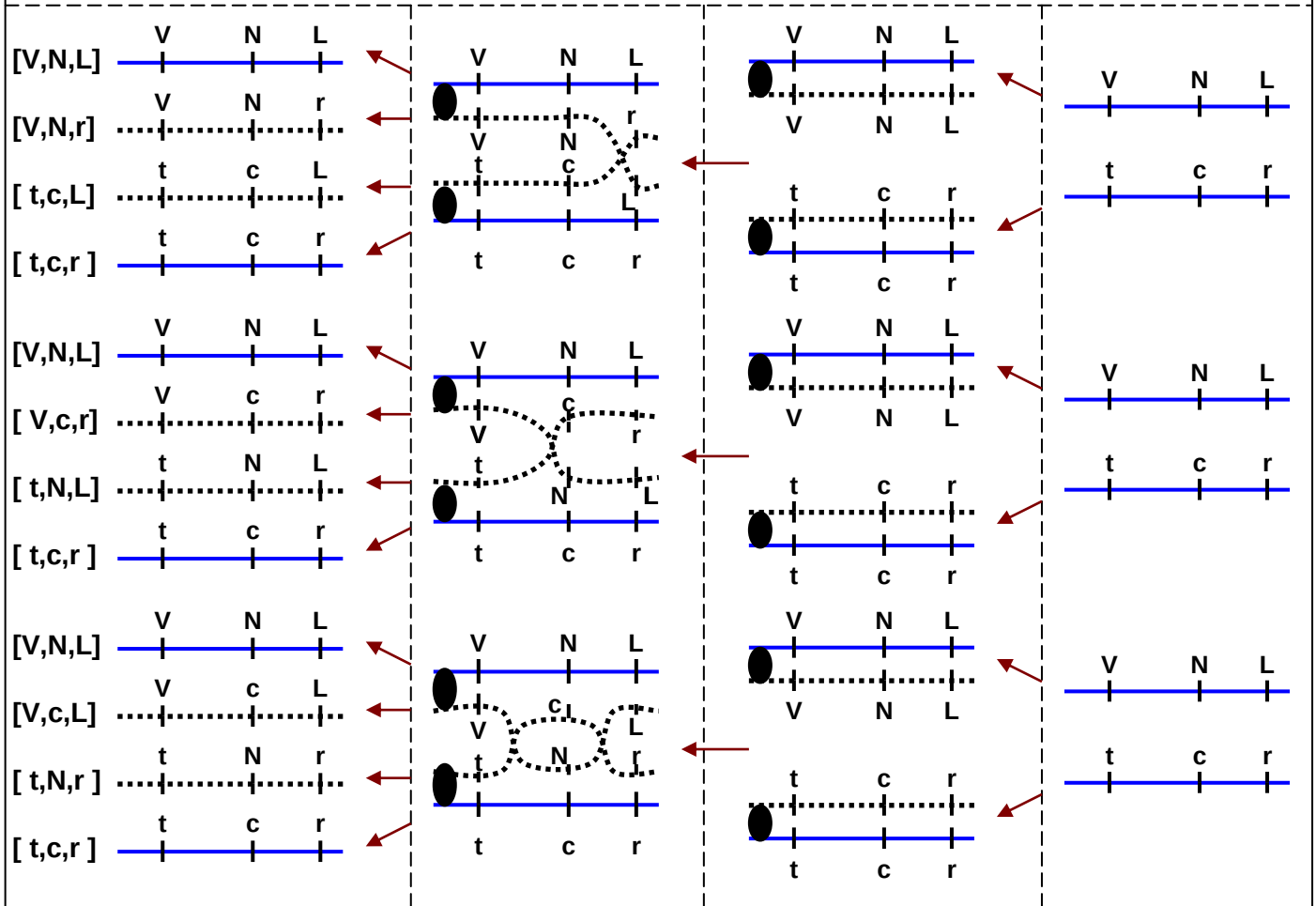
- 1) لقد تم التزاوج بين سلالتين نقيتين تختلفان بثلاث صفات وراثية، نتكلم ادن عن الهجونة الثلاثية. نلاحظ أن كل أفراد الجيل الأول F_1 متجانسون ويشبهون في مظهرهم الخارجي الأب ذو قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء. واعتمادا على القانون الأول لماندل فإن الصفات قد عادي، أوراق خضراء، وثمار ملساء سائدة على الصفات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

- 2) المظاهر الخارجية المحصل عليها في الجيل الثاني F_2 هي:

مظاهر أبوية بنسبة 84.2 %	{	• [V,N,L] بنسبة (417/1000). 41.7 %
		• [t , c , r] بنسبة (425/1000). 42.5 %
مظاهر جديدة التركيب بنسبة 15.8 %	{	• [V,N ,r] بنسبة (16/1000). 1.6 %
		• [V,c,L] بنسبة (3/1000). 0.3 %
		• [V,c,r] بنسبة (55/1000). 5.5 %
		• [t,N,L] بنسبة (59/1000). 5.9 %
		• [t,N,r] بنسبة (5/1000). 0.5 %
		• [t,c,L] بنسبة (20/1000). 2 %

(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:

$$d(V-N) = \frac{5+59+55+3}{1000} \times 100 = 12.2 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين القد ولون الأوراق هي:

$$d(N-L) = \frac{16+3+5+20}{1000} \times 100 = 4.4 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين القد وشكل الثمار هي:

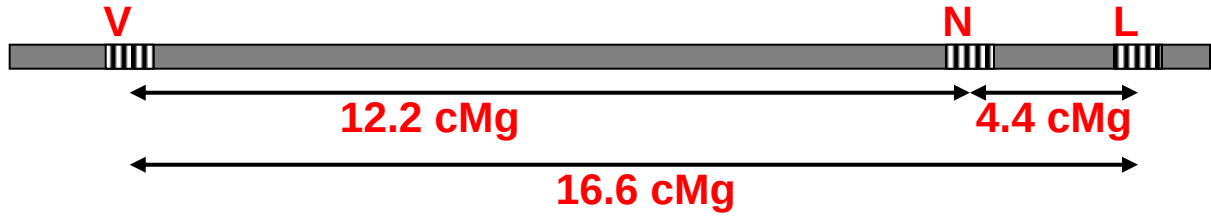
$$d(V-L) = \frac{+55+59+20}{1000} \times 100 = 15 \text{ cMg}$$

❖ المسافة بين اللون وشكل الثمار هي:

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

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

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



الخريطة العاملية

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 و عيون ملساء Lisse وأجنحة كاملة Complètes مع ذكر من سلالة نقية ذو جسم أصفر Jaune و عيون 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 و r. و بين المورثة r و t. و بين المورثة j و t.

(5) استنتج التوضع 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 بللمهجونة 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 فإن 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 من هو التحقق من الانفصال المستقل للتحليلات.



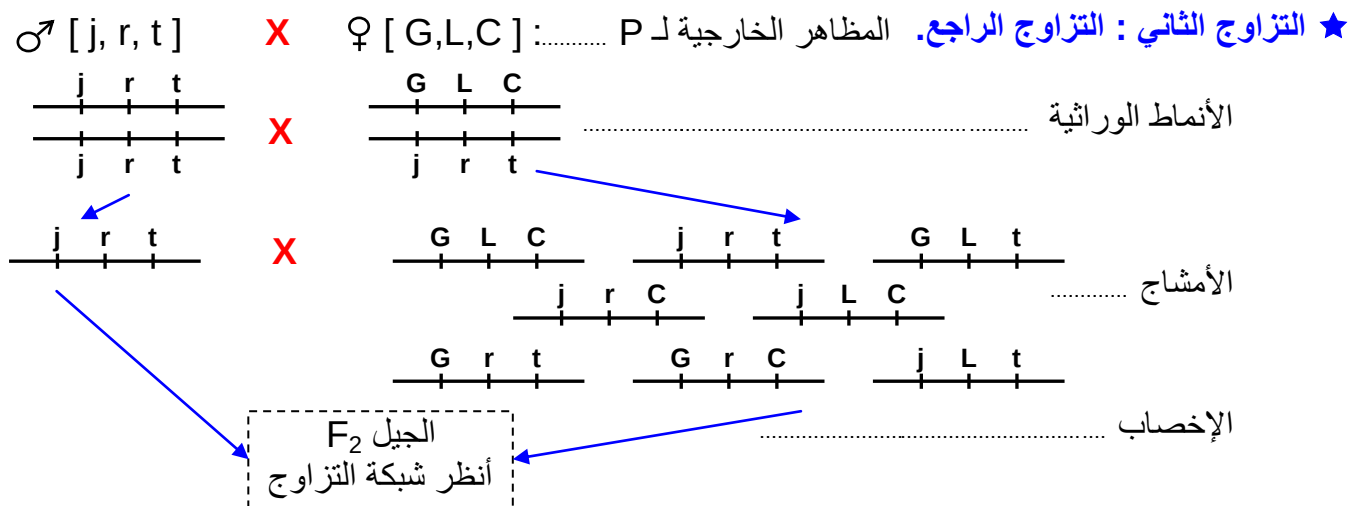
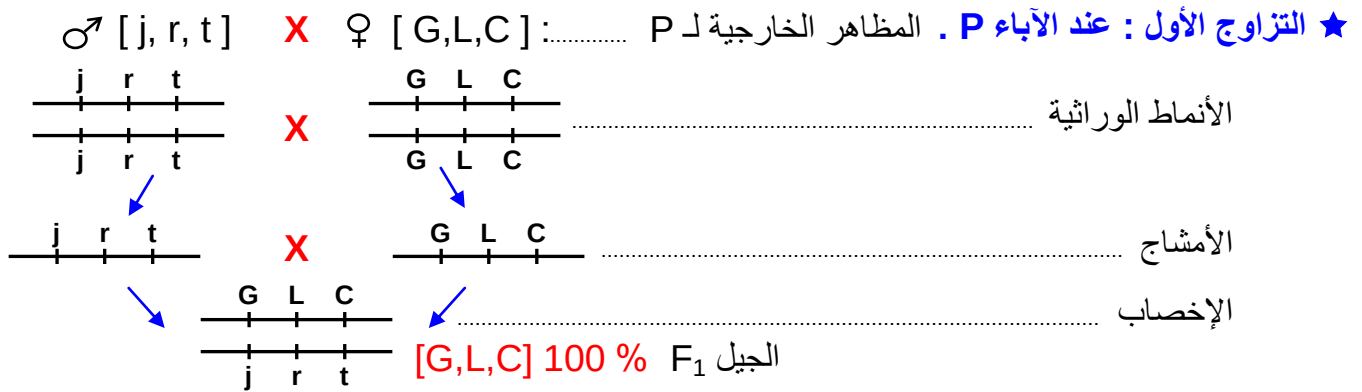
★ يعطي التزاوج الثاني جيل F₂ يتكون من 8 مظاهر خارجية بالنسب التالية:

أنماط أبوية	{	النسبة المئوية: $37.50 \% = (1080/2880) \times 100$	الأفراد [G,L,C]
74.69 %		النسبة المئوية: $37.19 \% = (1071/2880) \times 100$	الأفراد [j, r, t]
أنماط جديدة	{	النسبة المئوية: $10.17 \% = (293/2880) \times 100$	الأفراد [G,L, t]
التركيب		النسبة المئوية: $9.79 \% = (282/2880) \times 100$	الأفراد [j, r, C]
25.31 %		النسبة المئوية: $2.71 \% = (78/2880) \times 100$	الأفراد [j, L, C]
		النسبة المئوية: $2.29 \% = (66/2880) \times 100$	الأفراد [G, r, t]
		النسبة المئوية: $0.21 \% = (6/2880) \times 100$	الأفراد [G,r,C]
		النسبة المئوية: $0.14 \% = (4/2880) \times 100$	الأفراد [j, L, t]

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

(2) إن تركيب الجيل F₂ يعبر عن تركيب أنماط الأمشاج الأنتوية، لأن الذكر هو من سلالة نقية وثلاثي التنحي، فانه لن ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج. أنظر الوثيقة.

(3) التفسير الصبغي لنتائج التزاوج:



شبكة التزاوج

♀ \ ♂	$\begin{array}{c} j & L & t \\ \hline j & L & t \end{array}$	$\begin{array}{c} G & r & C \\ \hline G & r & C \end{array}$	$\begin{array}{c} G & r & t \\ \hline G & r & t \end{array}$	$\begin{array}{c} j & L & C \\ \hline j & L & C \end{array}$	$\begin{array}{c} j & r & C \\ \hline j & r & C \end{array}$	$\begin{array}{c} G & L & t \\ \hline G & L & t \end{array}$	$\begin{array}{c} j & r & t \\ \hline j & r & t \end{array}$	$\begin{array}{c} G & L & C \\ \hline G & L & C \end{array}$
♀	$\begin{array}{c} j & L & t \\ \hline j & L & t \end{array}$	$\begin{array}{c} G & r & C \\ \hline G & r & C \end{array}$	$\begin{array}{c} G & r & t \\ \hline G & r & t \end{array}$	$\begin{array}{c} j & L & C \\ \hline j & L & C \end{array}$	$\begin{array}{c} j & r & C \\ \hline j & r & C \end{array}$	$\begin{array}{c} G & L & t \\ \hline G & L & t \end{array}$	$\begin{array}{c} j & r & t \\ \hline j & r & t \end{array}$	$\begin{array}{c} G & L & C \\ \hline G & L & C \end{array}$
♂	[j,L,t]	[G,r,C]	[G,r,t]	[j,L,C]	[j,r,C]	[G,L,t]	[j,r,t]	[G,L,C]



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

$$d(j-r) = ((4+6+66+78)/2880) \times 100 = 5.35 \text{ cMg}$$

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

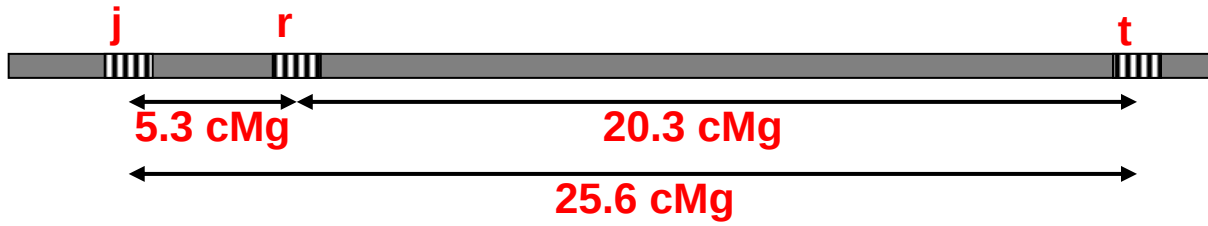
$$d(r-t) = ((4+6+282+293)/2880) \times 100 = 20.31 \text{ cMg}$$

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

$$d(t-j) = ((2 \times (4+6) + 66 + 78 + 282 + 293)/2880) \times 100 = 25.66 \text{ cMg}$$

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

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



الخريطة العاملة

ملاحظات:

★ يمكن 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 العاملة للصبغي 3 عند ذبابة الخل.

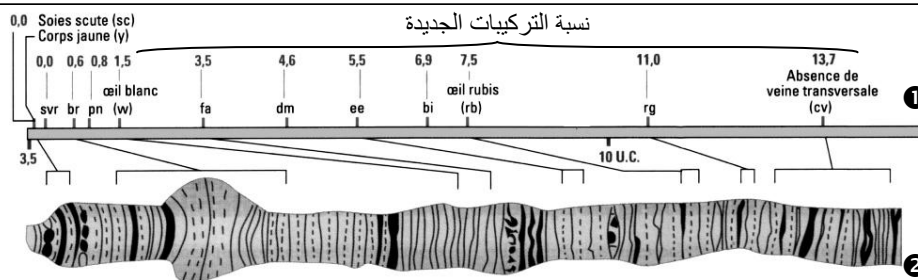
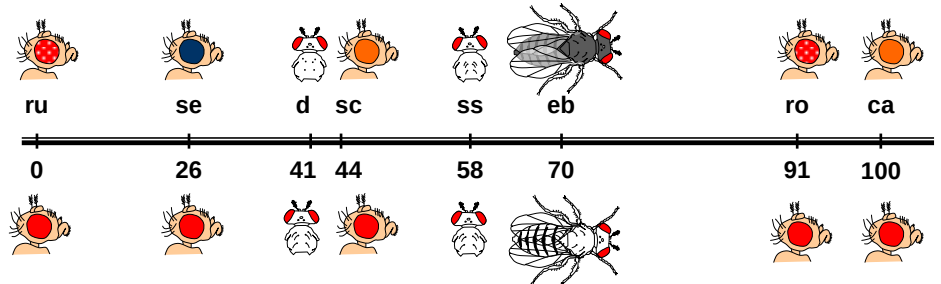
★ لقد مكنت الملاحظة المجهرية لصبغيات عملاقة في مستوى الغدد اللعابية ليرقات ذبابة الخل من الكشف عن وجود أسطرة متعاقبة تختلف حسب تلونها، وسمكها، ولها ترتيب ثابت بالنسبة للصبغي معين. وقد تبين أن كل خلل في تعاقب هذه الأسطرة يؤدي إلى خلل في ظهور الصفات المتوحشة وظهور صفات جديدة.

انطلاقا من هذه الملاحظات تمكن الباحثون من وضع خرائط صبغية (carte chromosomique, Cytologique ou physique)، توضح التوضع المضبوط وليس النسبي للمورثات على الصبغيات أنظر الشكل ب من الوثيقة 19.

الوثيقة 19: الخريطة العاملة والخريطة الصبغية.

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

ru = roughoid (oeil rugueux)
se = sepia (oeil foncé)
d = dichæte (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 للصبغي عند ذبابة الخل.

- ① خريطة عاملية.
- ② خريطة صبغية.



الوثيقة 20: حصيلة القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية.

حالة خاصة	النسب الإحصائية			
	الجيل الأول F_1	الجيل الثاني F_2		
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.	سيادة تامة	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	$1/4$ ، $3/4$	الهجونة الأحادية (أبوان من سلالة نقية)
	تساوي السيادة	100 % صفة وسيطة	$1/4$ ، $1/4$ ، $1/2$	
	مورثتان مستقلتان	سيادة تامة بالنسبة للحليين	100 % صفة الأب ذي الحليل السائد	الهجونة الثنائية (أبوان من سلالة نقية)
		سيادة تامة بالنسبة لزوج حليلي وتساوي السيادة بالنسبة للآخر	جيل متجانس له الصفة السائدة بالنسبة للزوج الحليلي الأول، وصفة وسيطة بالنسبة للزوج الحليلي الثاني	
		تساوي السيادة بالنسبة للزوجين الحليين	جيل متجانس له صفتين وسيطتين بالنسبة للزوجين الحليين.	
	مورثتان مرتبطتان	أحد الأبوين سائد والآخر متنحي	100 % صفة الأب ذي الحليين السائدين.	
			$1/4$ ، $3/4$	

