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.

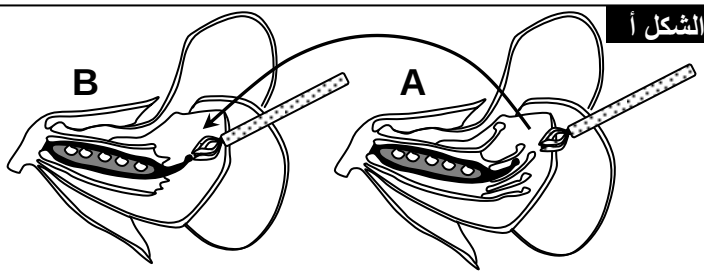
① تجارب Mendel وتأويلها الصبغي:

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.

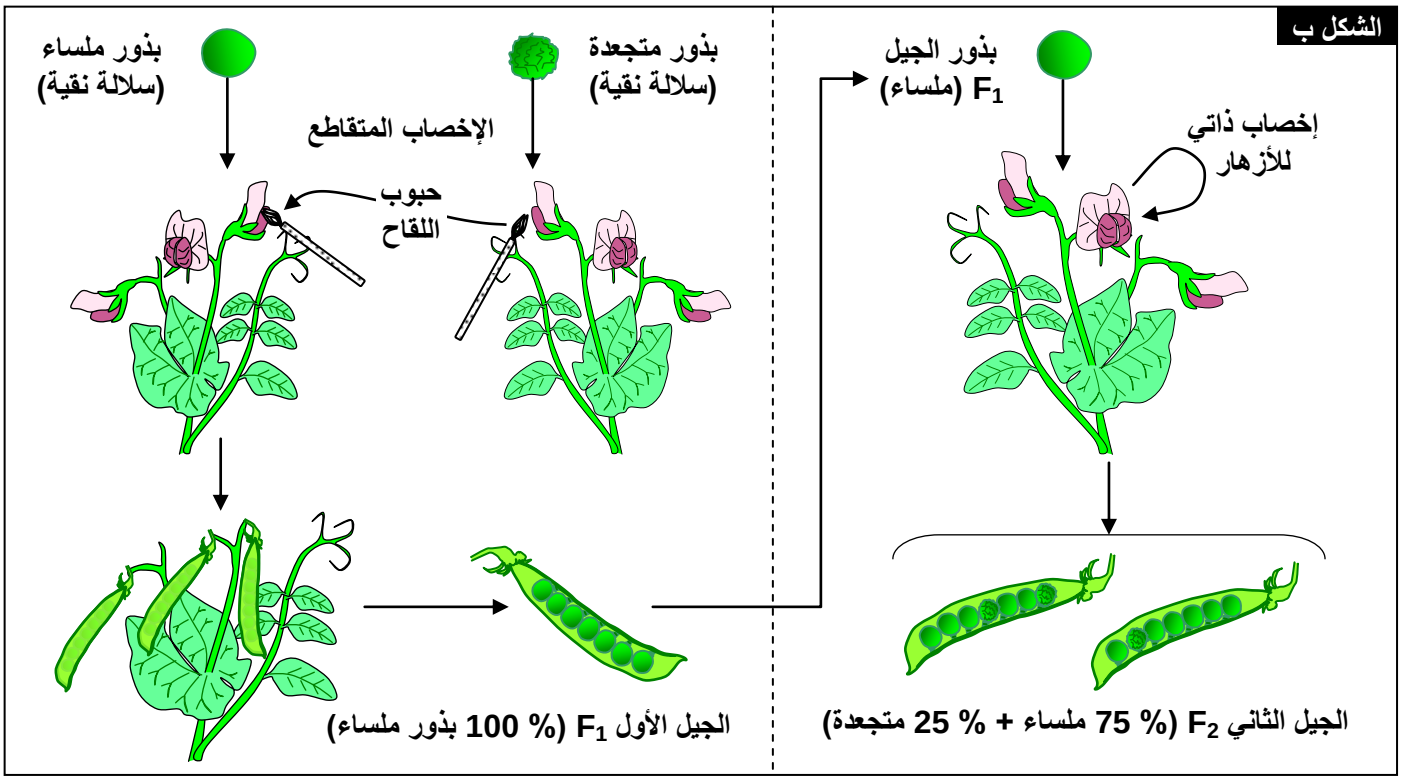


★ قام Mendel بإحداث تزاوج بين أفراد الجيل الأول (F_1XF_1) بنفس الطريقة السابقة فحصل على الجيل الثاني F_2 مكون من 75 % من بذور ملساء، و25 % من بذور متجعدة. (أنظر الشكل ب).
قام Mendel بعد ذلك بزرع بذور الجيل F_2 تاركا أزهارها تلقح ذاتيا.

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.



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.

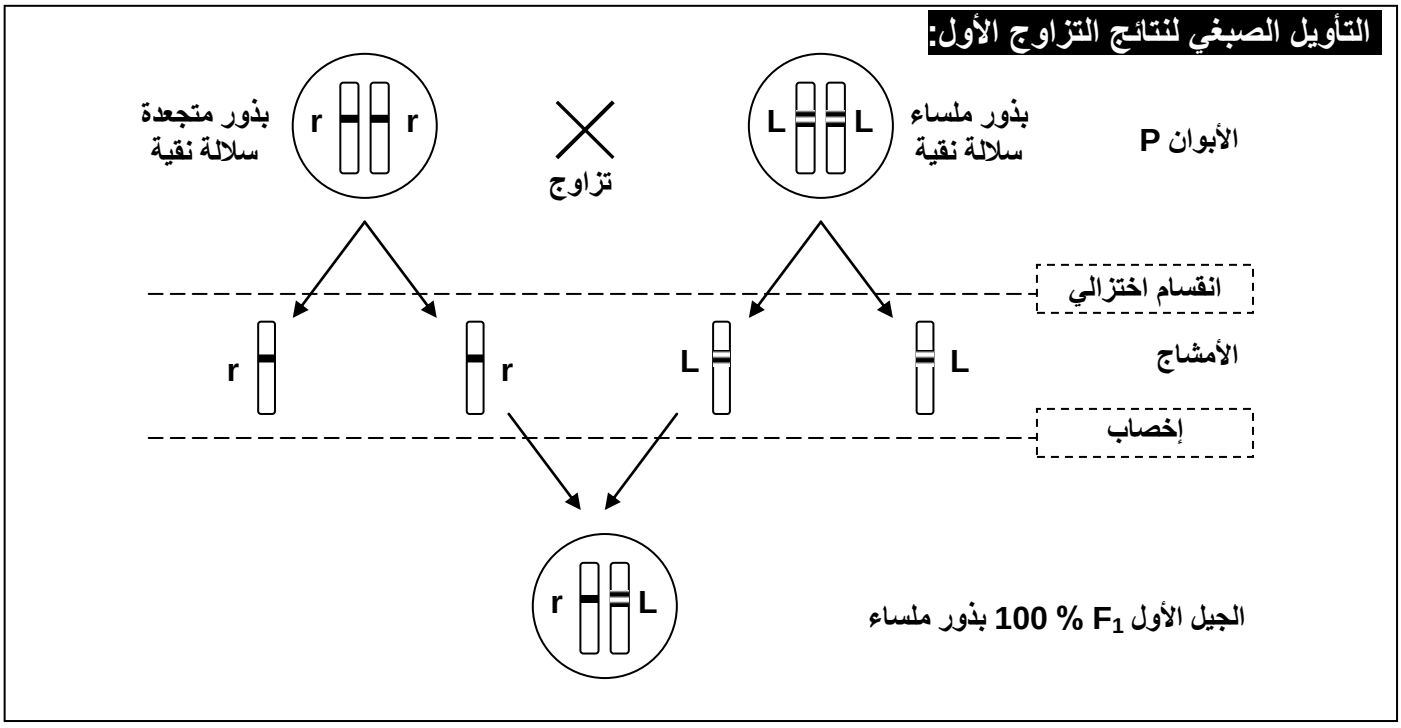
ب – تحليل نتائج تجارب Mendel.

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

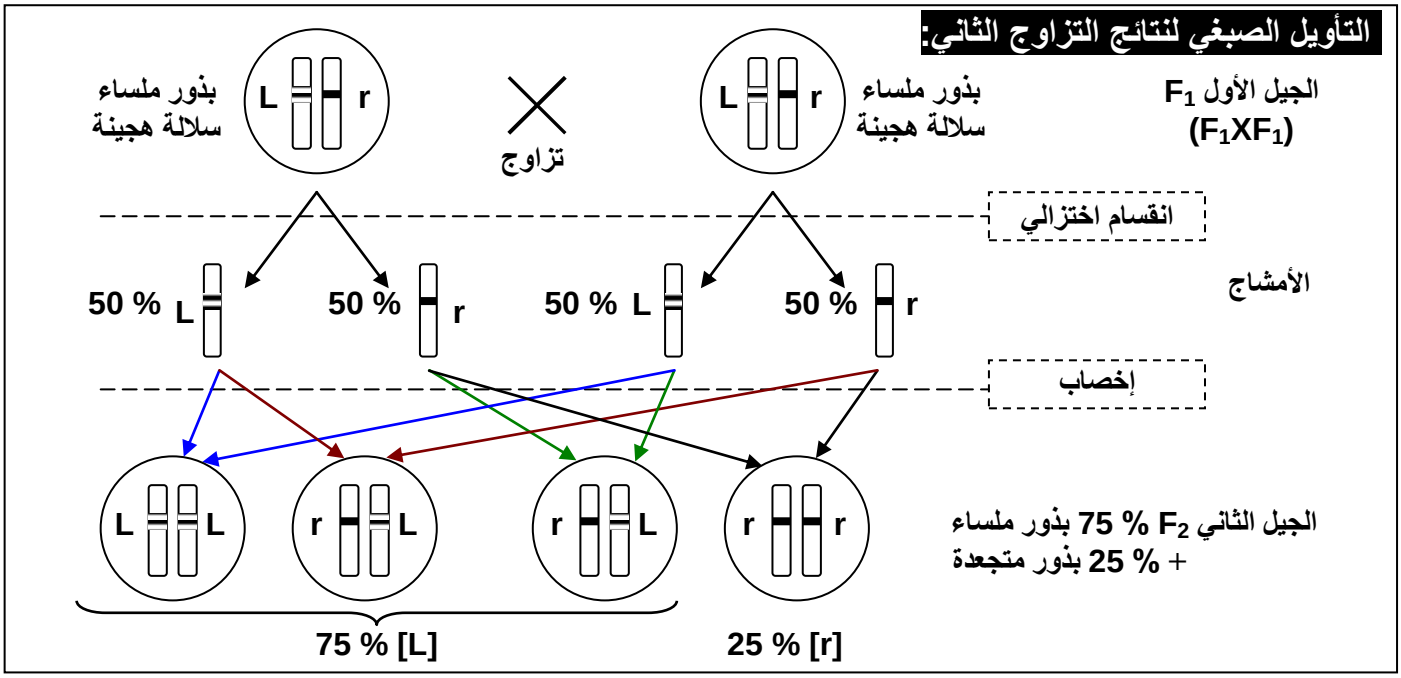
التزاوج، ورغم إبدائها للمظهر بذور ملساء، إلا أنها حاملة لحليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، أي أنها مختلفة الاقتران بالنسبة لهذه الصفة، فنقول أنها هجينة. ورغم أن بذور نبتات الجلبانة للجيل F_1 تتوفر على حليل الشكل أملس وحليل الشكل متجعد، إلا أنها تبرز الشكل أملس فقط. نستنتج إذن، أنه يتم فقط تعبير أحد 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.



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.

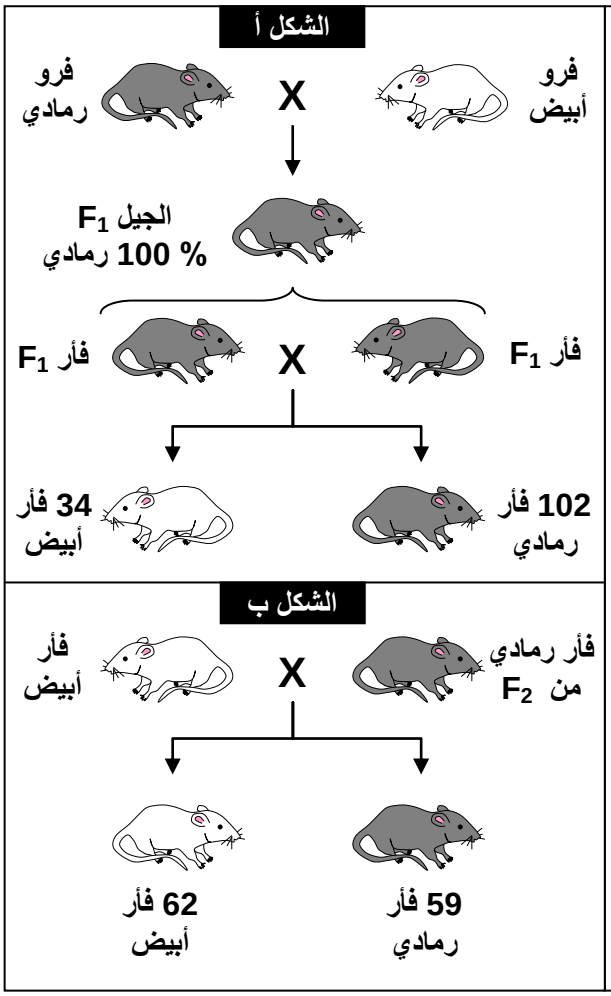
الوثيقة 3: دراسة تجريبية لانتقال صفة لون الفرو عند الفئران:

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.

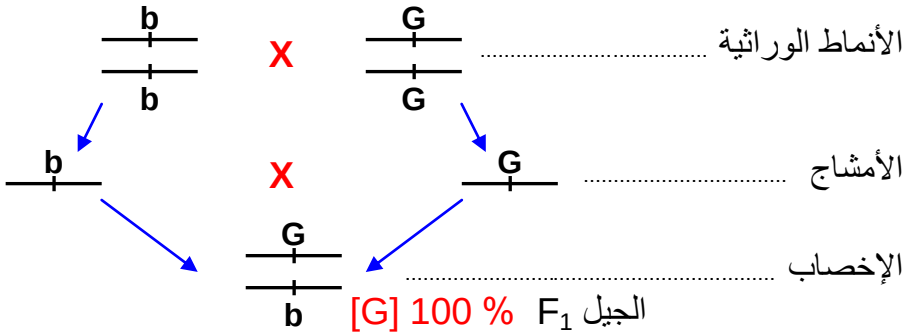
2) تكون السلالة نقية بالنسبة لصفة معينة، عندما تنتقل هذه الصفة إلى الخلف بدون تغير عبر أجيال متعددة. ونفسرها بوجود حليلين متشابهين بالنسبة للمورثة المرتبطة بتلك الصفة.

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:

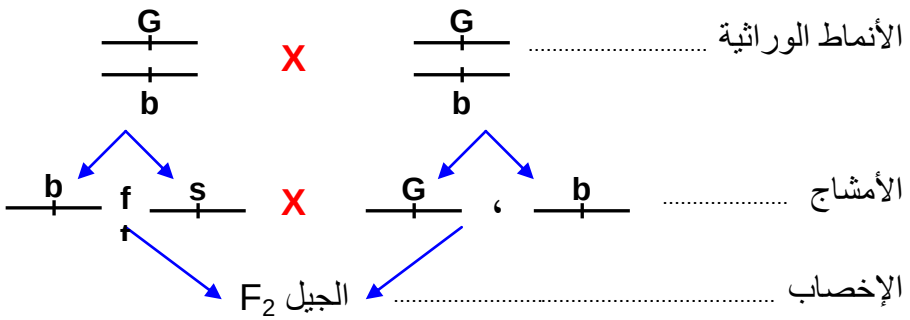
بما أن رمادي سائد سنرمز له ب G، وأبيض متنحي سنرمز له ب b.

★ **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

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

يتكون الجيل الثاني F_2 من :

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

★ 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 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.

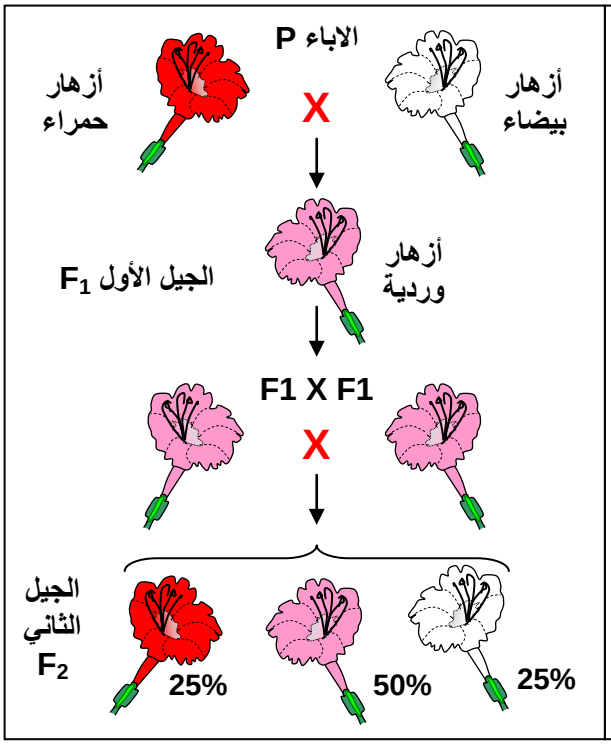
الوثيقة 4: التهجين عند نبات شب الليل:

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:

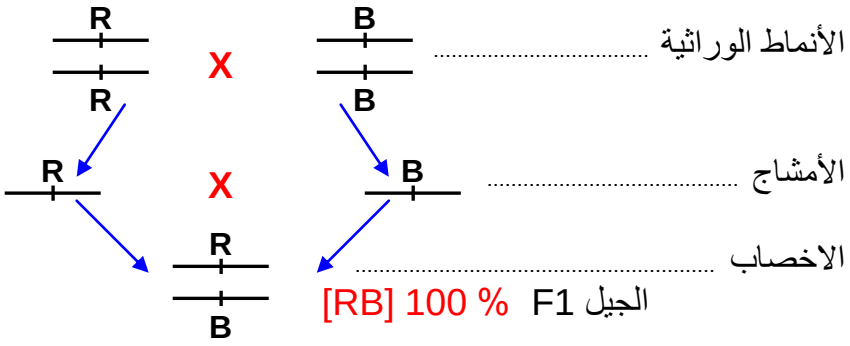
1) إن تزاوج سلالتين نقيتين من شب الليل تختلفان بصفة لون الأوراق التويجية أعطى جيل أول F_1 يتكون من أفراد متجانسون، إذن الجيل F_1 سيكون هجينا (تحقق القانون الأول لماندل). إلا أن صفةأفراد الجيل F_1 لا تشبه أي صفة من صفات الوالدين، بل هي صفة وسيطة بين صفتي الأبوين. نستنتج من هذا أن هناك غياب للسيادة أو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

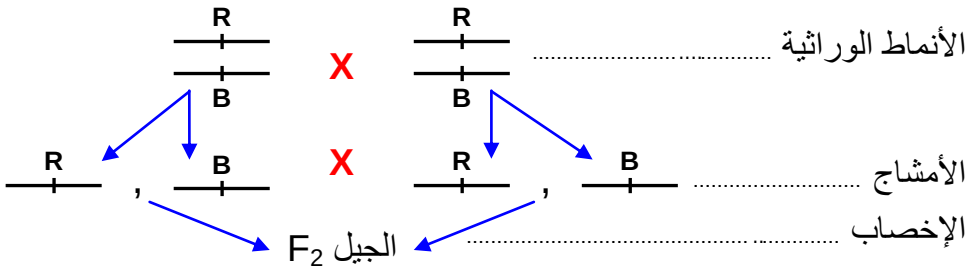
سيكون التفسير الصبغي إذن على الشكل التالي:

★ **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

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 ((98 + 202) / 202)

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

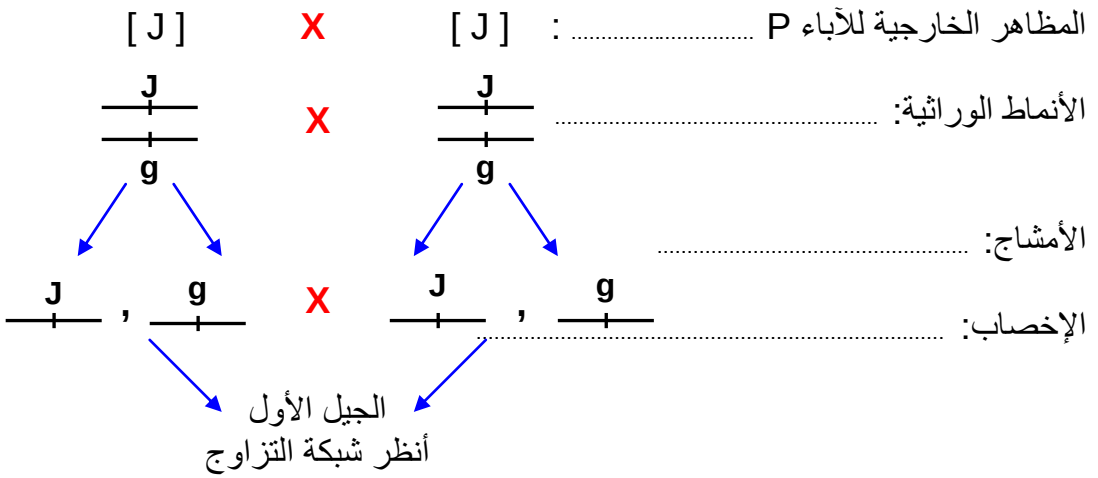
بما أننا في حالة سيادة تامة، فالنسب المتوقعة هي 25 % (أي 1/4) للمظهر الخارجي المتنحي + 75 % (أي 3/4) للمظهر الخارجي السائد.

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 (25%)	J//g (25%)
g	J//g (25%)	g//g (25%)

J 50%

g 50%

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.

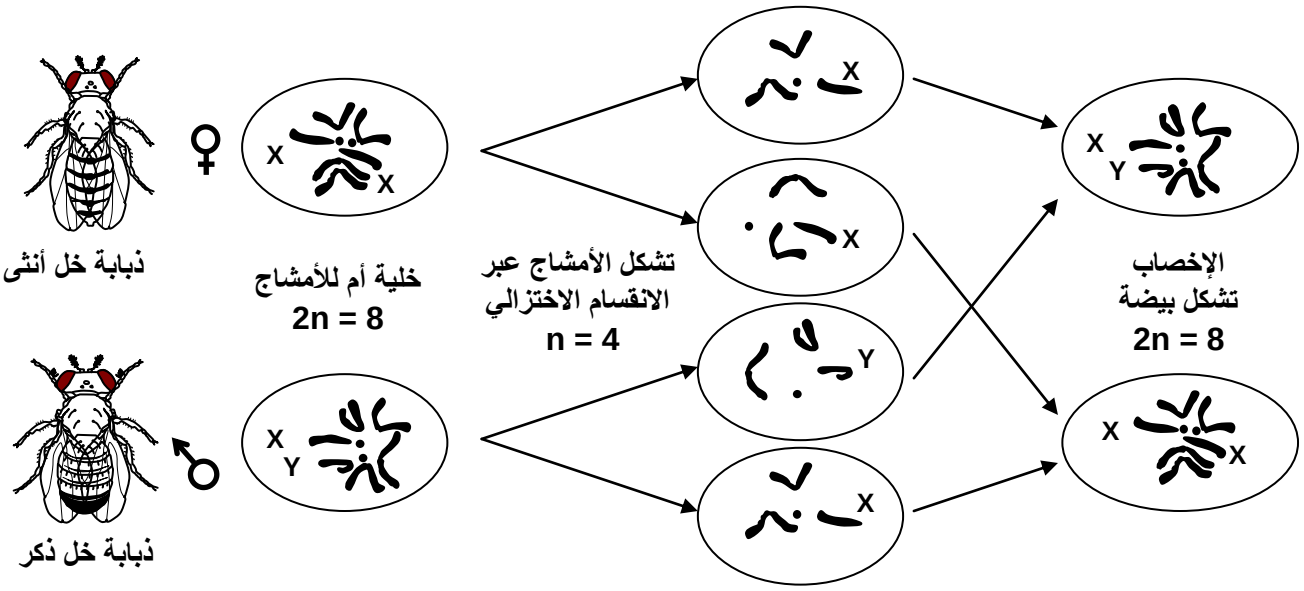
IV – دراسة انتقال زوج من الحليلات في حالة مورثة مرتبطة بالجنس.

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.

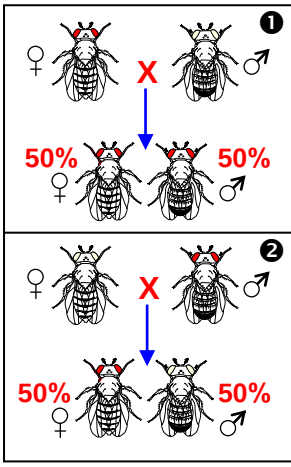
★ **التزاوج الأول ❶:** تم بين أنثى ذات عيون حمراء وذكر ذو عيون بيضاء فحصلنا في الجيل الأول F_1 على أفراد كلهم بعيون حمراء.

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.



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.

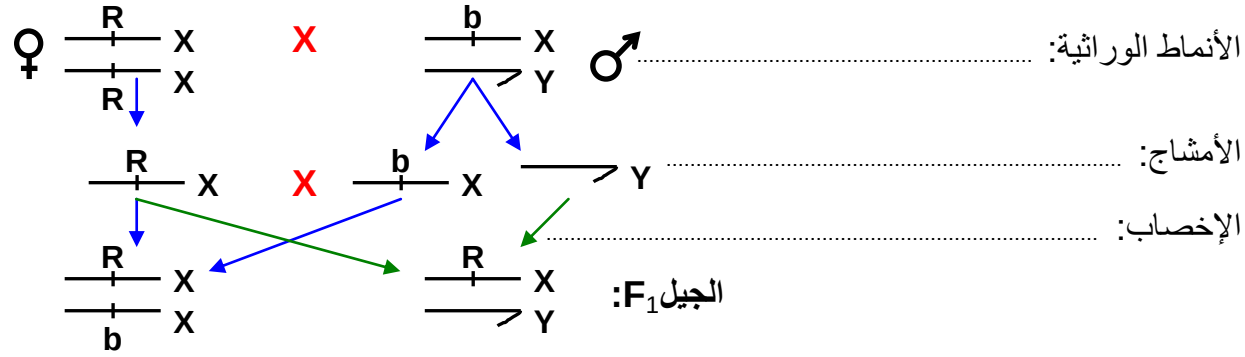
3) التفسير الصبغي للنتائج المحصل عليها:

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:

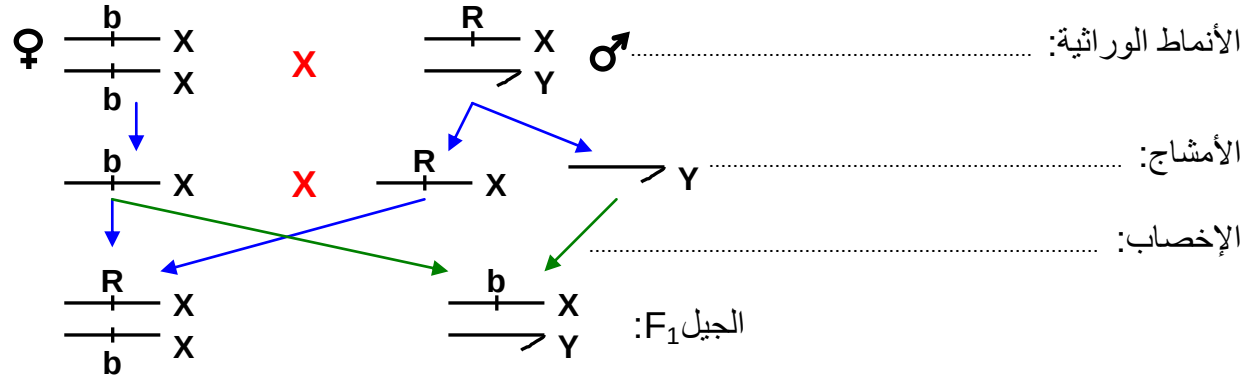
المظاهر الخارجية لـ P ..... : ذكور بعيون بيضاء [b] X إناث بعيون حمراء [R]



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

★ التزاوج الثاني = التزاوج العكسي:

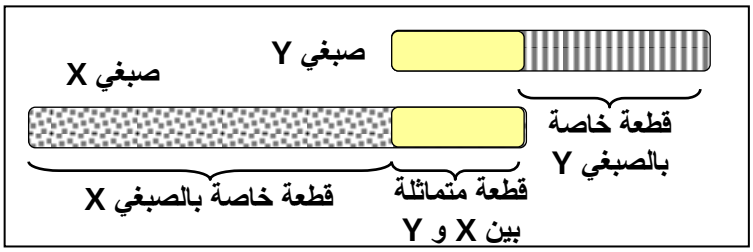
المظاهر الخارجية لـ P: ..... : ذكور بعيون حمراء [R] X إناث بعيون بيضاء [b]



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

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.

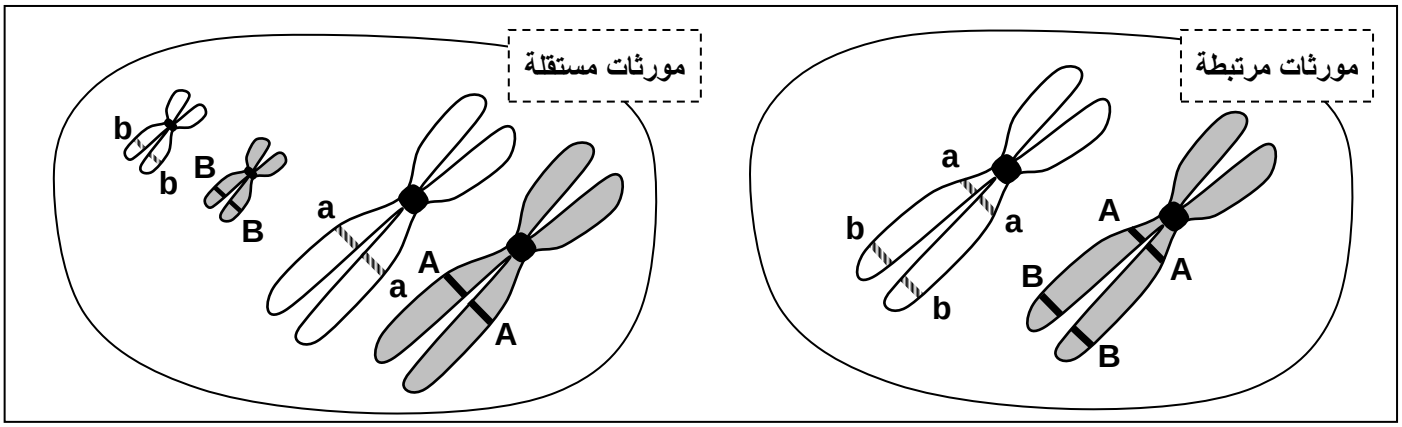


ادن التموضعات الممكنة للمورثة عند الصبغي الجنسي:

- ✓ 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) .

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:

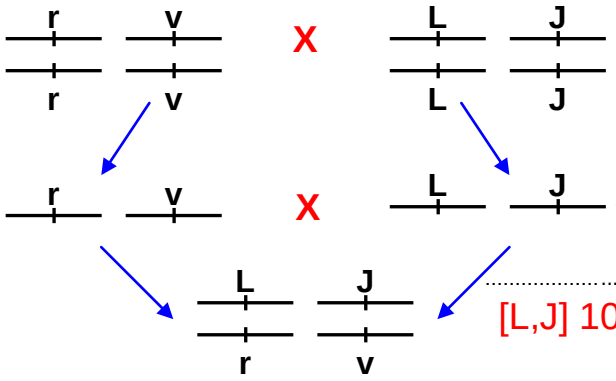
- نسبة المظهر الخارجي [L,J] : (315 / 556) x 100 = 56.6 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,v] : (32 / 556) x 100 = 5.75 %
- نسبة المظهر الخارجي [L,v] : (101 / 556) x 100 = 18.16 %
- نسبة المظهر الخارجي [r,J] : (108 / 556) x 100 = 19.4 %

★ 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.

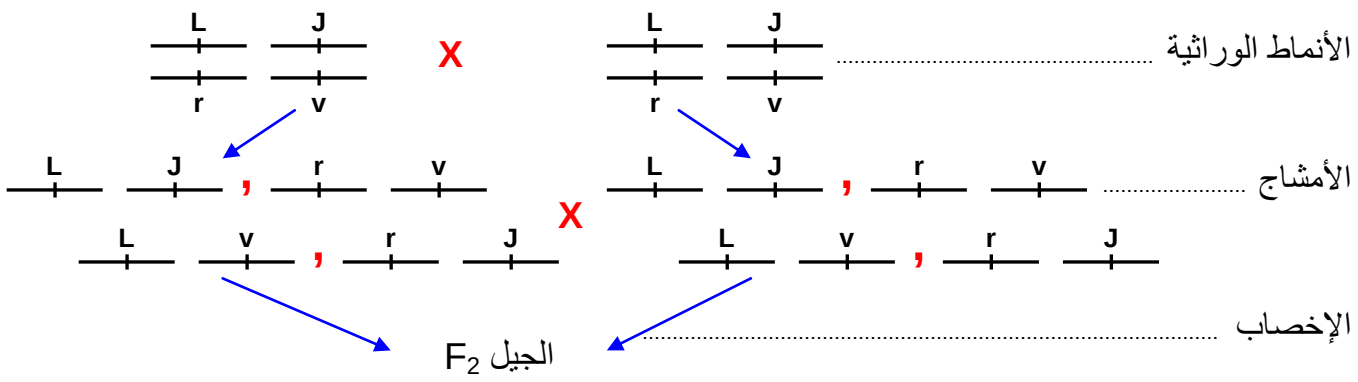
3) التأويل الصبغي لنتائج التزاوج:

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



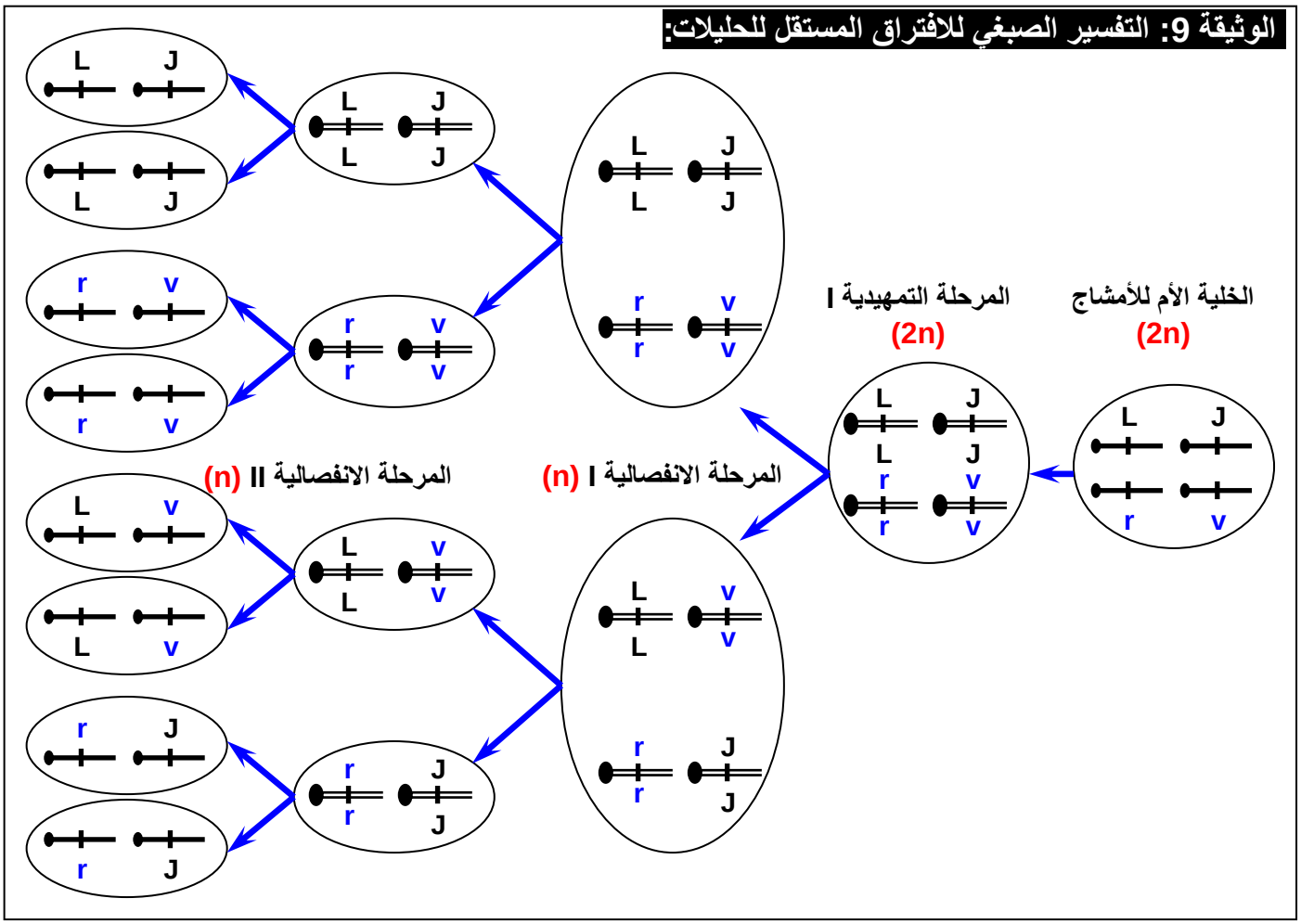
كل أفراد الجيل الأول F_1 لهم النمط الوراثي L//r,J//v، وبما أن L و J سائدين، فان كل أفراد F_1 سوف يكون لهم نفس المظهر الخارجي [L,J].

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



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 الوثيقة 10.

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]

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.

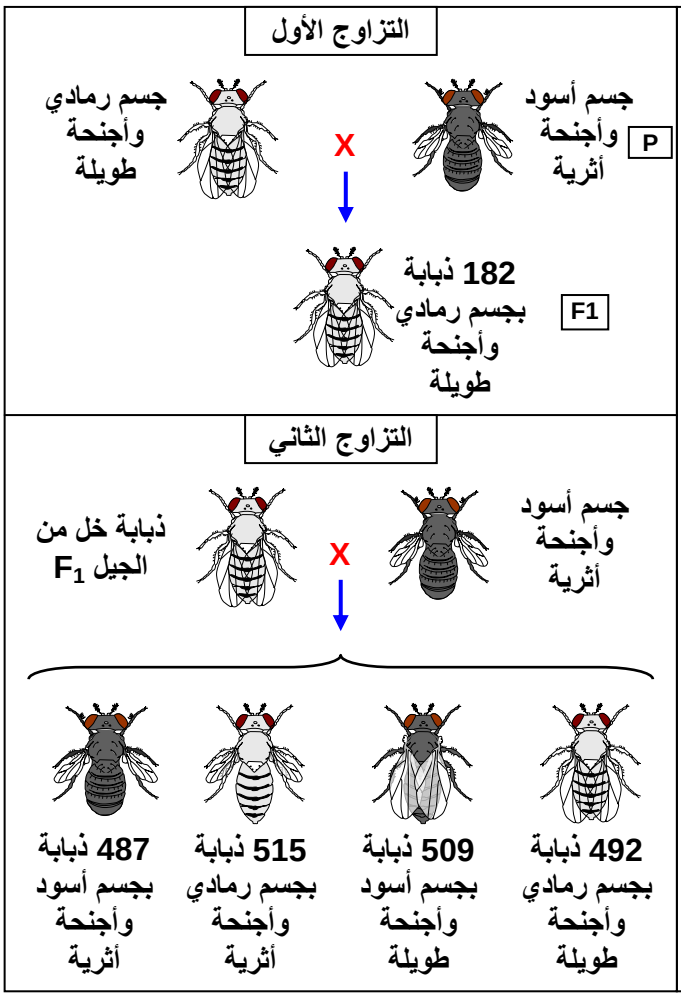
الوثيقة 11: دراسة الهجونة الثنائية عند ذبابة الخل:

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.

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:

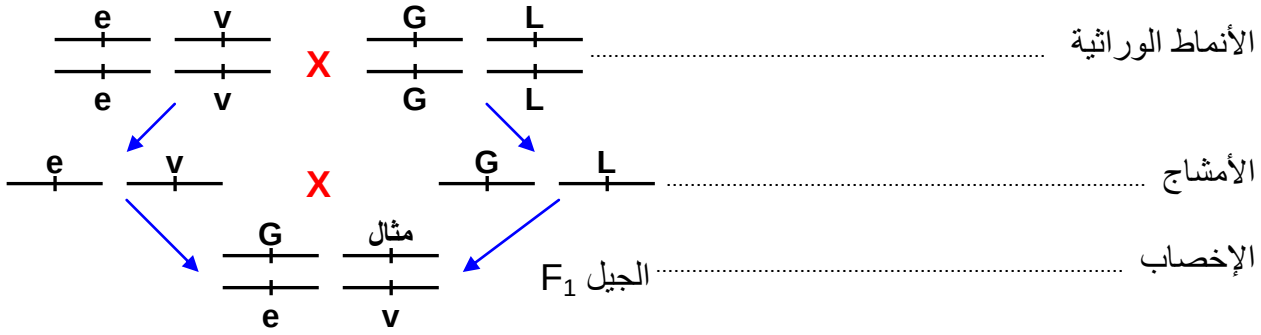
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة طويلة): % 24.56 = (492/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة طويلة): % 25.41 = (509/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (رمادية، أجنحة أثرية): % 25.71 = (515/(487+509+515+492))x100
- المظهر الخارجي (سوداء، أجنحة أثرية): % 24.31 = (487/(487+509+515+492))x100

★ 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.

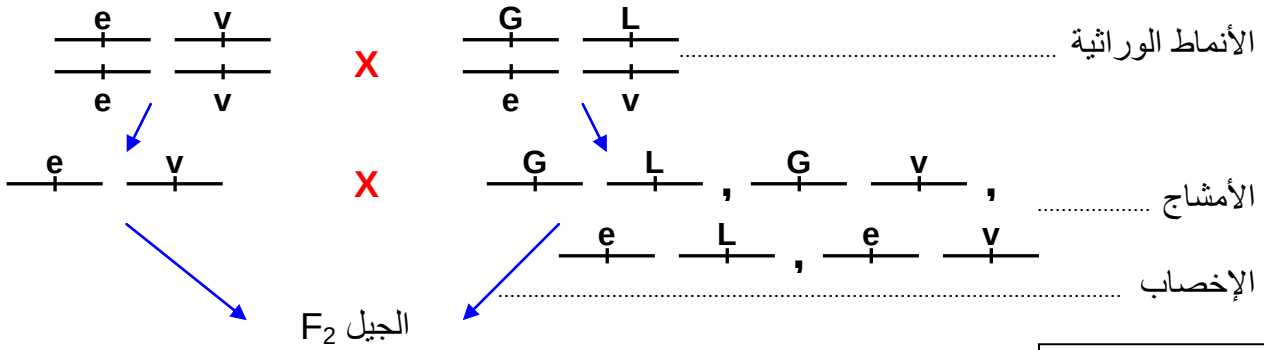
★ تدل النسب المحصل عليها في F2: (25 % + 25 % + 25 % + 25 %) على أنه خلال تشكل الأمشاج عند الفرد الهجين، يجتمع كل حليل من زوج حليلي معين بلا تميز مع أحد حليلي الزوج الحليلي الآخر (القانون الثالث لماندل). نستنتج من ذلك أن الحليلان (G,e) و(L,v) محمولان على زوجين مختلفين من الصبغيات. أي أن المورثات مستقلة.

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	G L / e v 1/4	G v / e v 1/4	e L / e v 1/4	e v / e v 1/4
	1/4	1/4	1/4	1/4

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

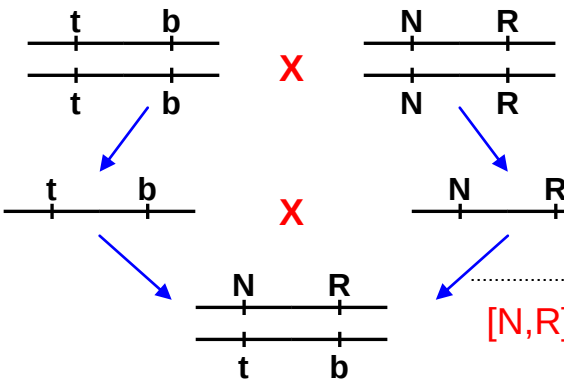
- نسبة المظهر الخارجي [N,R] هي: 39.81 % = (410/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,b] هي: 38.83 % = (400/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [N,b] هي: 10.58 % = (109/(410+400+111+109))x100
- نسبة المظهر الخارجي [t,R] هي: 10.78 % = (111/(410+400+111+109))x100

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.

4) التأويل الصبغي لنتائج التزاوجات:

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



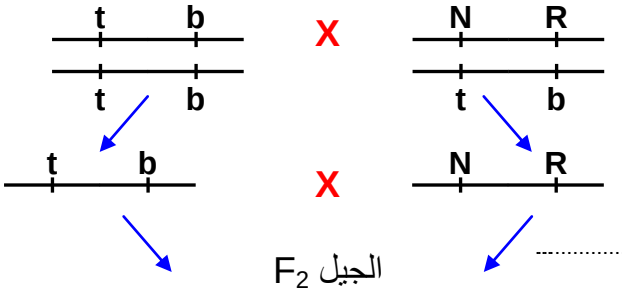
الأنماط الوراثية .....

الأمشاج .....

الإخصاب .....

الجيل F_1 [N,R] 100 %

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



الأنماط الوراثية .....

الأمشاج .....

الإخصاب .....

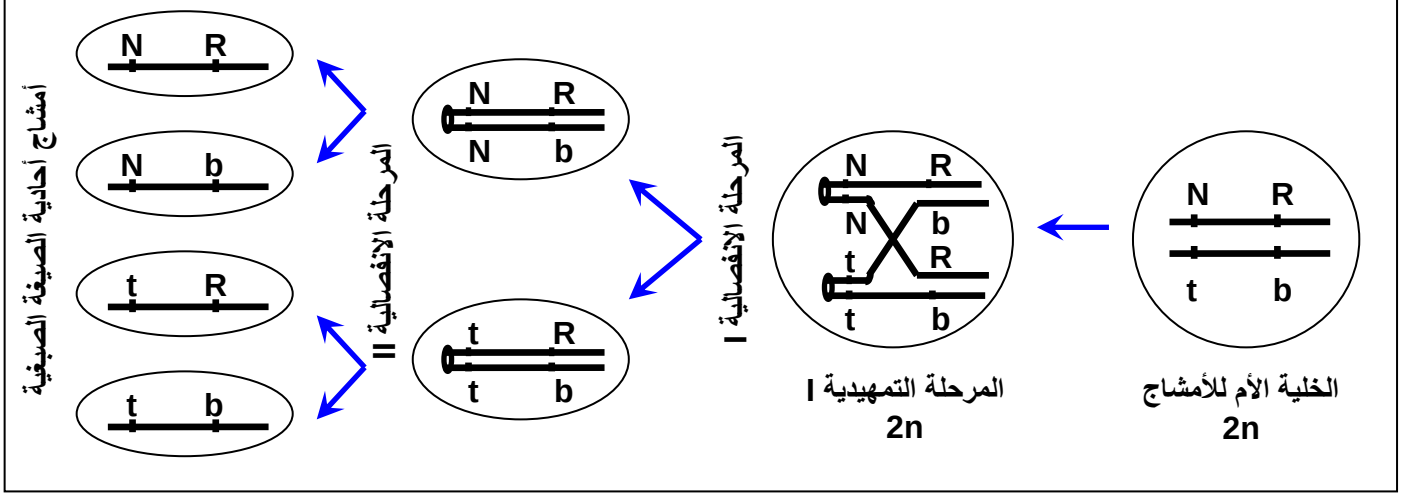
يعطي الإخصاب جيل F_2، أنظر شبكة التزاوج

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



وبالتالي تكون شبكة التزاوج على الشكل التالي:

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

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].

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 %

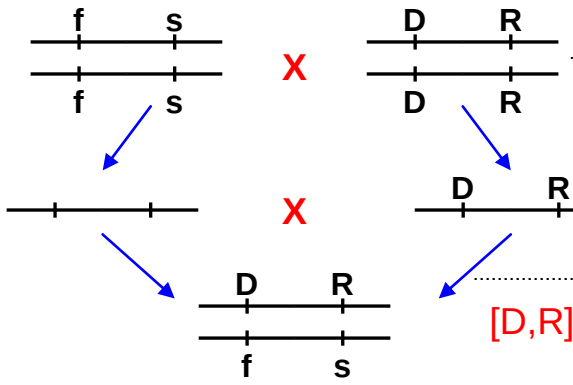
نلاحظ أن هذه النتائج تخالف القانون الثالث لـ Mendel (قانون الافتراق المستقل للحليلات)، إذ لا نحصل على أربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية (50% مظاهر أبوية + 50% مظاهر جديدة التركيب)، بل نحصل على مظهرين خارجيين أبويين [D,R] و[f,s] بنسب كبيرة (78%)، ومظاهر خارجية جديدة التركيب [D,s] و [f,R] بنسب ضعيفة (22%).

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]



الأنماط الوراثية .....

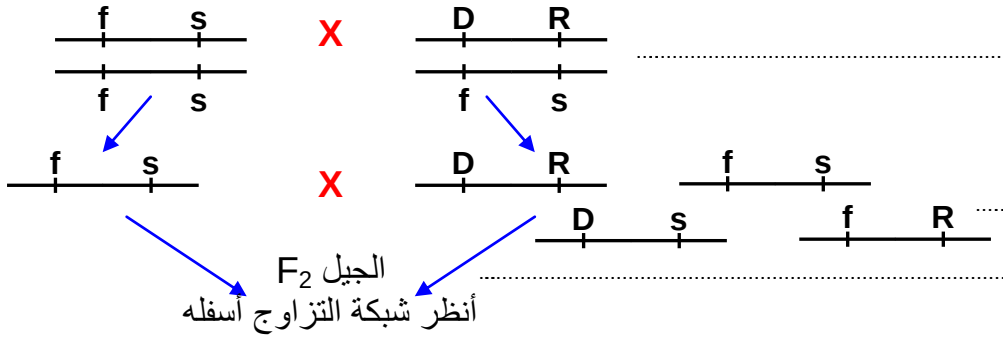
الأمشاج .....

الإخصاب .....

الجيل F_1 [D,R] 100 %

★ **التزاوج الثاني : التزاوج الراجع.**

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



الأنماط الوراثية .....

الأمشاج .....

الإخصاب .....

الجيل F_2

أنظر شبكة التزاوج أسفله

f s 39 %	f R 11 %	D s 11 %	D R 39 %	♀ / ♂
f s / f s 39 %	f R / f s 11 %	D s / f s 10.58 %	D R / f s 39 %	f 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 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).

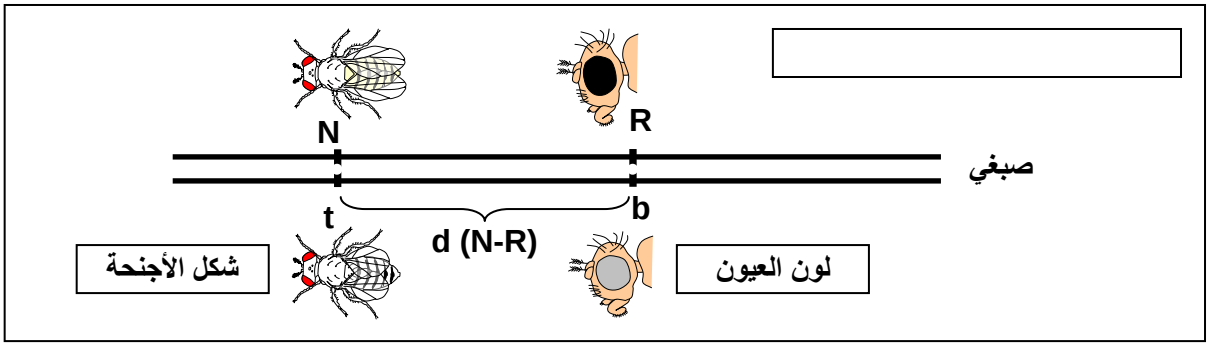
★ عندما نحصل بعد التزاوج الراجع على مظاهر أبوية فقط، فإن المورثتان المدروستان، مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور صبغي)، أما إذا حصلنا على مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة تقل بكثير عن 50%، فإن المورثتان المدروستان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (حدوث عبور صبغي).

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 1% = 1CMg من التركيبات الجديدة. وهكذا فالمسافة الفاصلة بين مورثتين a وb هي d(a-b).

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

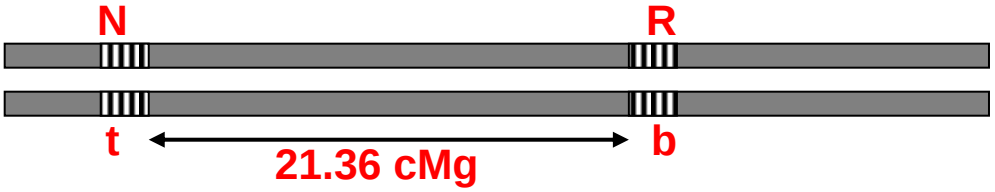
باستثمار هذه المعطيات ومعطيات تمرين الوثيقة 12:
1) أحسب المسافة بين المورثتين لون العيون وشكل الأجنحة d(N – R).
2) أنجز الخريطة العاملية.

انطلاقا من معطيات تمرين الوثيقة 12:

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

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

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:

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

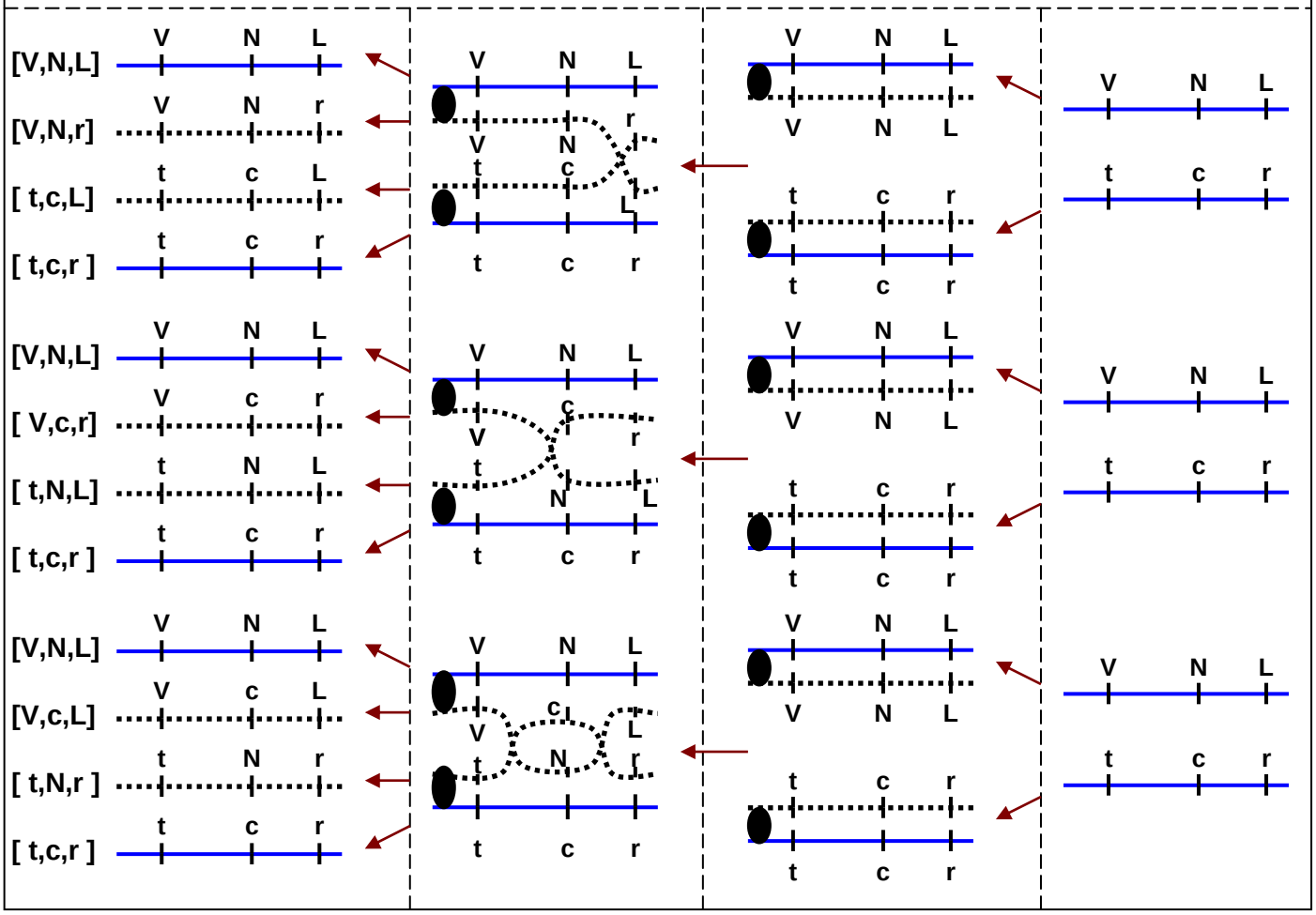
مظاهر أبوية بنسبة 84.2 %

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

مظاهر جديدة التركيب بنسبة 15.8 %

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

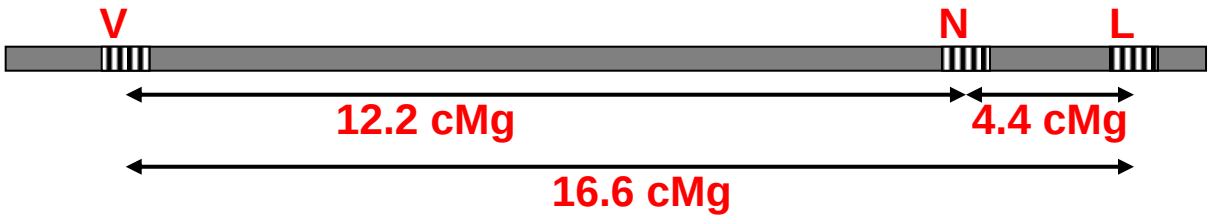
❖ المسافة بين القد وشكل الثمار هي: $d(N\text{-}L) = \frac{16+3+5+20}{1000} \times 100 = 4.4$ cMg

❖ 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:

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

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.

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

أنماط أبوية 74.69 %

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

أنماط جديدة التركيب 25.31 %

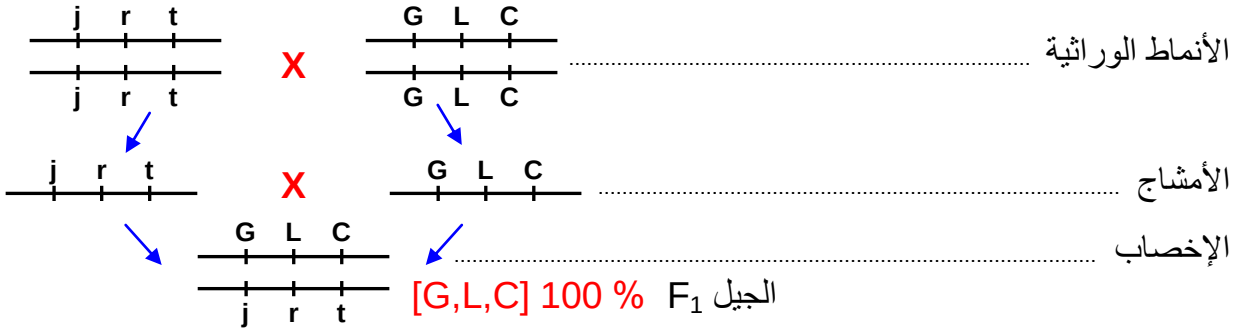
- الأفراد [G,L, t] النسبة المئوية: 10.17 % = (293/2880)X100
- الأفراد [j, r, C] النسبة المئوية: 9.79 % = (282/2880)X100
- الأفراد [j, L, C] النسبة المئوية: 2.71 % = (78/2880)X100
- الأفراد [G, r, t] النسبة المئوية: 2.29 % = (66/2880)X100
- الأفراد [G,r,C] النسبة المئوية: 0.21 % = (6/2880)X100
- الأفراد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

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

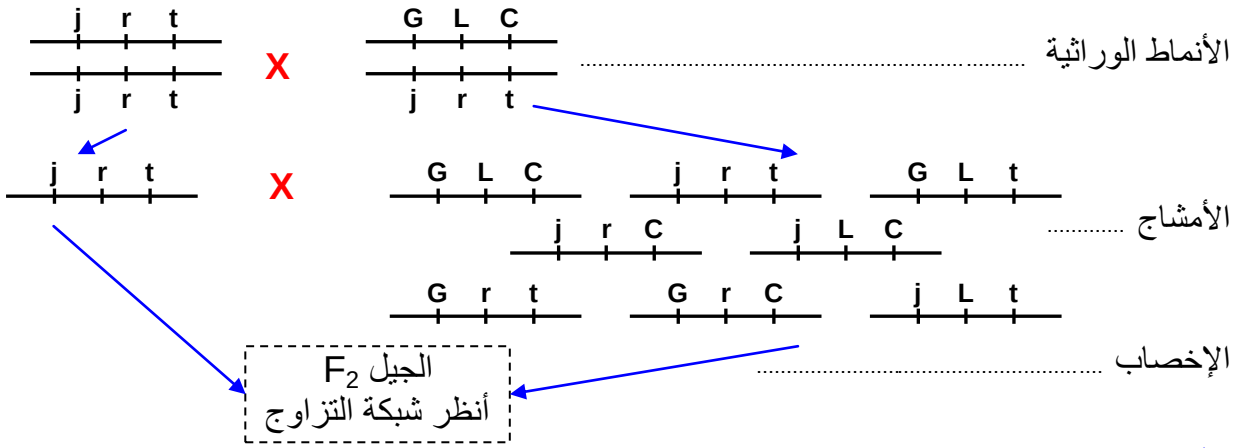
2) إن تركيب الجيل F_2 يعبر عن تركيب أنماط الأمشاج الأنثوية، لأن الذكر هو من سلالة نقية وثلاثي التنحي، فانه لن ينتج سوى نمط واحد من الأمشاج.أنظر الوثيقة.

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

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

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)

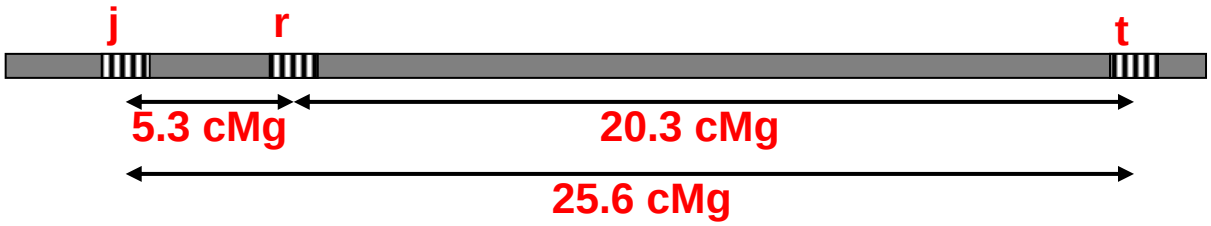
d(r-t) = ((4+6+282+293)/2880)X100 = 20.31 cMg

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:

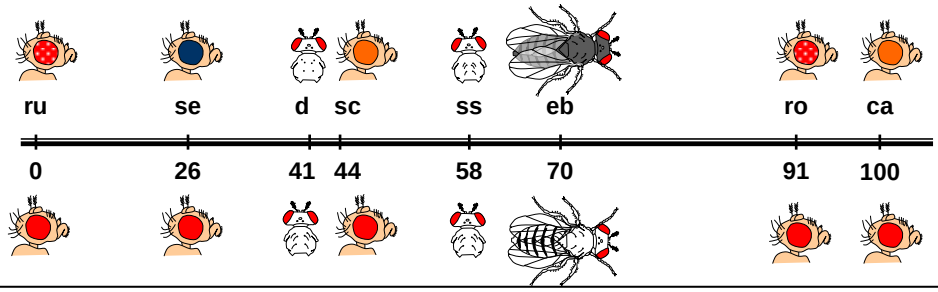
★ مكن إجراء عدة تزاوجات ودراسة مورثات مختلفة، من تحديد تموضع نسبي لعدة مورثات عند مجموعة من الكائنات الحية، ويوضح الشكل أ من الوثيقة 19 جزءا من الخريطة العاملية للصبغي 3 عند ذبابة الخل.

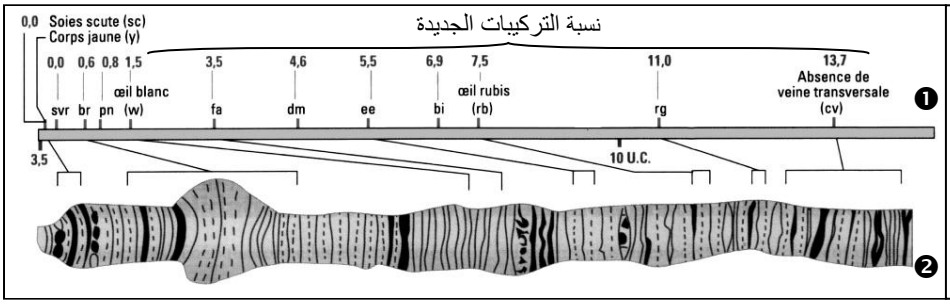
★ لقد مكنت الملاحظة المجهرية لصبغيات عملاقة في مستوى الغدد اللعابية ليرقات ذبابة الخل من الكشف عن وجود أشرطة متعاقبة تختلف حسب تلوينها، وسمكها، ولها ترتيب ثابت بالنسبة لصبغي معين. وقد تبين أن كل خلل في تعاقب هذه الأشرطة يؤدي إلى خلل في ظهور الصفات المتوحشة وظهور صفات جديدة.
انطلاقا من هذه الملاحظات تمكن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

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