المحاضرة الرابعة

قوانين مندل في علم الوراثة:

القوانين الإحصائية لانتقال الصفات الوراثية عند الكائنات ثنائية الصيغة الصبغية ؟

– تتميز خلايا الكائنات ثنائية الصيغة الصبغية بوجود الصبغيات على شكل أزواج، وبالتالي تكون كل مورثة ممثلة بأليلين إما متشابهين، نقول أنها متشابهة الاقتران Homozygote ويكون الفرد من سلالة نقية pure Line بالنسبة للصفة أو الصفات المدروسة، أو مختلفين ونقول في هذه الحالة أنها مختلفة الاقتران Heterozygote ويكون الفرد من سلالة هجينة Hybrid.

– إذا كان لأفراد السلالة الهجينة مظهراً خارجياً مطابقاً لأحد أليلي المورثة، نسمي الأليل الذي يتم التعبير عنه بالأليل السائد Allele Dominant ونسمي الأليل الذي لم يُعبر عنه بالأليل المتنحي Allele recessive.

أما في حالة ظهور مظهر وسيط نتحدث عن تساوي السيادة Co - dominance.

لمعرفة كيفية انتقال الصفات الوراثية عند الكائنات ثنائية الصيغة الصبغية والقوانين المحددة لهذا الانتقال، نقترح المعطيات التجريبية التالية:

أولاً – انتقال زوج واحد من الأليلات : الهجونة الأحادية

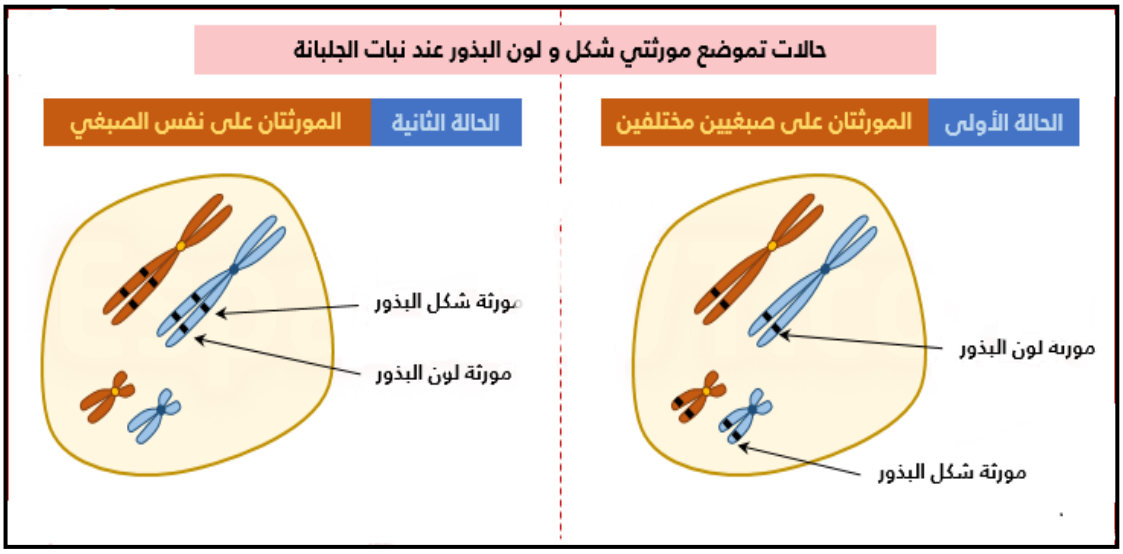
ثانياً: انتقال زوجين من الأليلات: الهجونة الثنائية

عندما يتعلق الأمر بدراسة مورثتين، نميز حالتين حسب تموضعهما على الصبغيات :

الحالة الأولى : يمكن لكل مورثة أن تتواجد على صبغي مختلف، نقول أن المورثتان مستقلتان.

الحالة الثانية : يمكن للمورثتين أن تتواجدا على نفس الصبغي، نقول أن المورثتان مرتبطتان.

يوضح الرسم الموالي، الحالتين الممكنتين:



كيف يساهم اختلاف تموضع المورثات على الصبغيات في اختلاف النتائج المتحصل عليها بعد التزاوجات. عندما يتعلق الأمر بمورثتين محمولتين على صبغيين مختلفين (مستقلتين)، فإن التخليط البيصبغي سيساهم في تنوع الأمشاج المتحصل عليها في حالة اختلاف الاقتران، أما إذا كانت المورثتان محمولتان على نفس الصبغي (مرتبطتان)، فإن تركيبات الأليلات ستبقى مرتبطة، ولن تنفصل إلا في حالة حدوث ظاهرة العبور (التخليط الضمصبغي). و بالتالي، فإن اختلاف نسب الأمشاج المحصلة في كل حالة، سيكون له تأثير على نسب المظاهر الخارجية الناتجة بعد الإخصاب.

** يساهم الانقسام الاختزالي في الانتقال من الصيغة الصبغية الثنائية للخلية الأم للأمشاج، إلى الصيغة الصبغية الأحادية على مستوى الأمشاج المُشكلة. إلا أنه يلعب كذلك دورا هاما في تنوع هذه الأمشاج من خلال ظاهرتين مهمتين، و هما التخليط الضمصبغي و التخليط البيصبغي.

التخليط الضمصبغي : ظاهرة العبور الصبغي: وهو من الظواهر المرافقة للانقسام الاختزالي، وهو عبارة عن تخليط يتم ضمن (داخل) الصبغي يؤدي إلى تغيير الأليلات التي يحملها ونسميه ظاهرة العبور التي تبدأ عند المرحلة التمهيدية من الانقسام المنصف باقتران كل صبغيين متماثلين ثم تبادل القطع الصبغية (التي تحمل المورثات) بينهما عند المرحلة الانفصالية من الانقسام المنصف؛ إذاً خلال الانقسام الاختزالي، تتجمع الصبغيات مشكلة رباعيات، مما يسمح لها بتبادل قطع صبغية بينها، تسمى هذه الظاهرة بالعبور الصبغي.

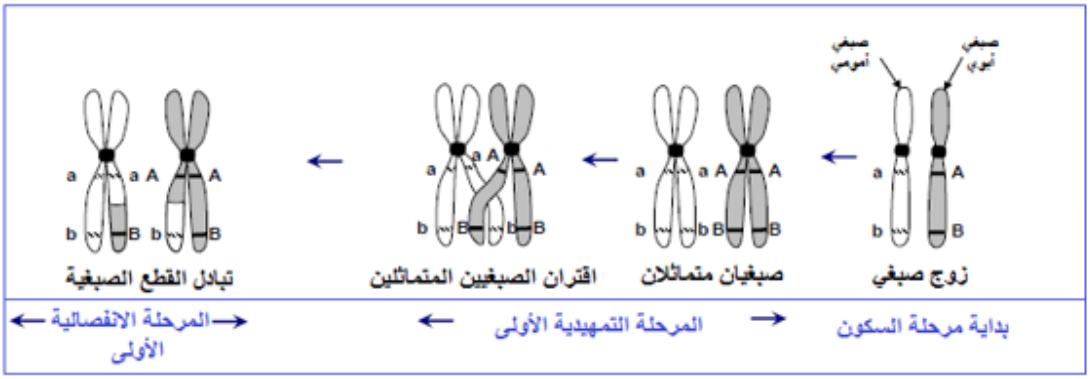
إن ظاهرة العبور نسبية:

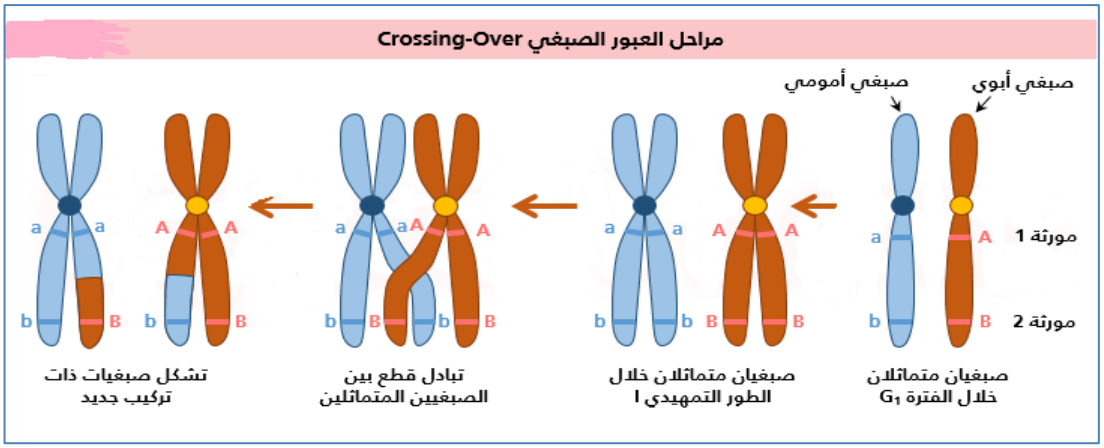
1– قد تحدث بين بعض الصبغيات دون أخرى

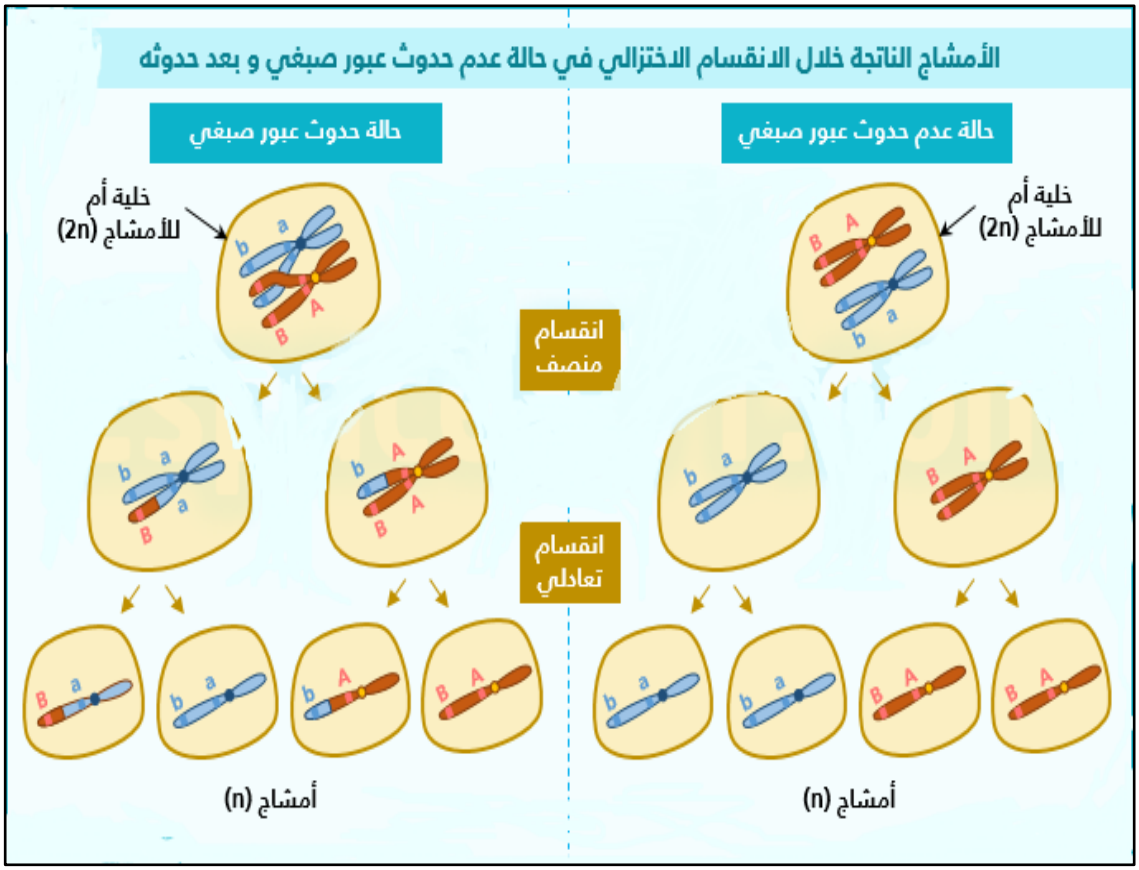
2– لا تحدث عند بعض الأنواع الحية خاصة ذكر ذبابة الخل

3– قد تحدث في موقع واحد أو أكثر من موقع وكلما زاد عدد مواقع التقاطع الصبغي ارتفعت حدة تنويع الأمشاج. 4– لا يمكن توقع نسبة حدوثها.

تمثل الوثيقة التالية نتيجة عبور صبغي بين صبغيين متماثلين، مع إدراج مورثتين : مورثة 1 ذات أليلين A و a، و مورثة 2 ذات أليلين B و b.



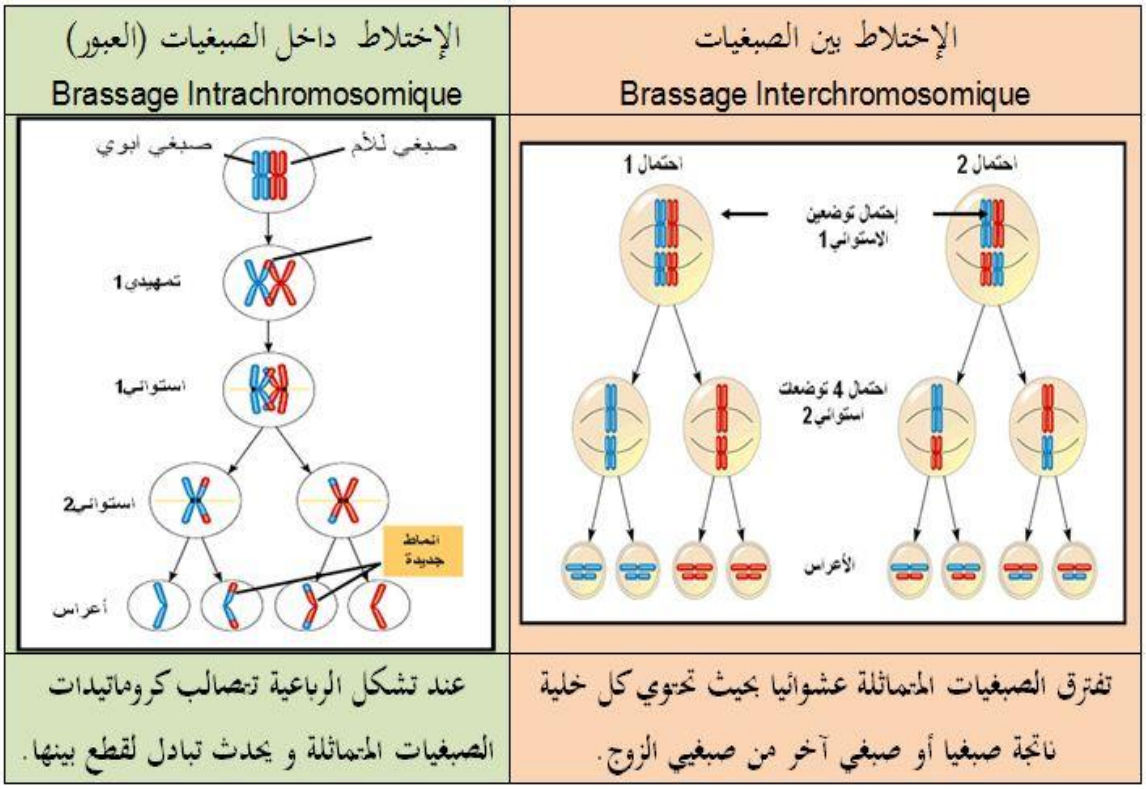




رسم تخطيطي يوضح طبيعة الامشاج الناتجة خلال الانقسام الاختزالي في حالة عدم حدوث عبور صبغي وفي حالة حدوثه

أهمية حدوث العبور بالنسبة للأمشاج المشكلة: في حالة عدم حدوث عبور صبغي، نحصل على نوعين من الأمشاج فقط، النوع الأول يضم الأليلين AB و نوع ثاني يضم الأليلين ab. بينما في حالة حدوث عبور، تتشكل 4 أنواع من الأمشاج: أمشاج تضم الأليلين AB، و أخرى تضم الأليلين ab، إضافة إلى أمشاج ذات الأليلين Ab، و أخرى ذات الأليلين aB. المشيجين الاخيرين يتوفران على تركيبات مورثية جديدة.

نستنتج مما سبق، على أن ظاهرة العبور الصبغي، تلعب دورا هاما في تنوع الأمشاج الناتجة عن الانقسام الاختزالي، حيث تساهم في تنوع التركيبات الوراثية بين مختلف الأليلات، إنه التخليط الضمصبغي (تغيير ضمن الصبغيات). تتجلى كذلك أهمية هذه الظاهرة، بالعدد المرتفع و المختلف للمورثات المنقولة خلال عملية العبور الصبغي، مما يجعل التركيبات المورثية الجديدة، متنوعة جدا.



في أي مرحلة من مراحل الانقسام الاختزالي يحدث التخليط الضمصبغي و التخليط البيصبغي؟؟

بالنسبة للتخليط الضمصبغي، يتم في الغالب خلال اقتران الصبغيات المتماثلة، أي خلال الطور التمهيدي الأول من الانقسام المنصف. أما بالنسبة للتخليط البيصبغي فيتم بتموضع الصبغيات المتماثلة عشوائيا خلال الطور الاستوائي الأول من الانقسام المنصف.

التخليط الضمصبغي يحدث بين صبغيات نفس الزوج، أما التخليط البيصبغي فيتعلق بتموضع صبغيات الأزواج المختلفة.

هل من الضروري أن يقع التخليط البيصبغي و الضمصبغي أم هي مجرد احتمالات ؟

التخليط البيصبغي يحدث باحتمالات مرتفعة لكون تموضع الصبغيات يتم بشكل عشوائي، ونظراً لكثرة الأمشاج المتشكلة فهذه الظاهرة تحدث بشكل دائم... أما فيما يخص التخليط الضمصبغي (العبور الصبغي)، فالأمر يتعلق بالمسافة بين المورثتين على الصبغي: فكلما كانت المورثتان متباعدتان على الصبغي، كلما زاد احتمال حدوث العبور الصبغي، والعكس صحيح.

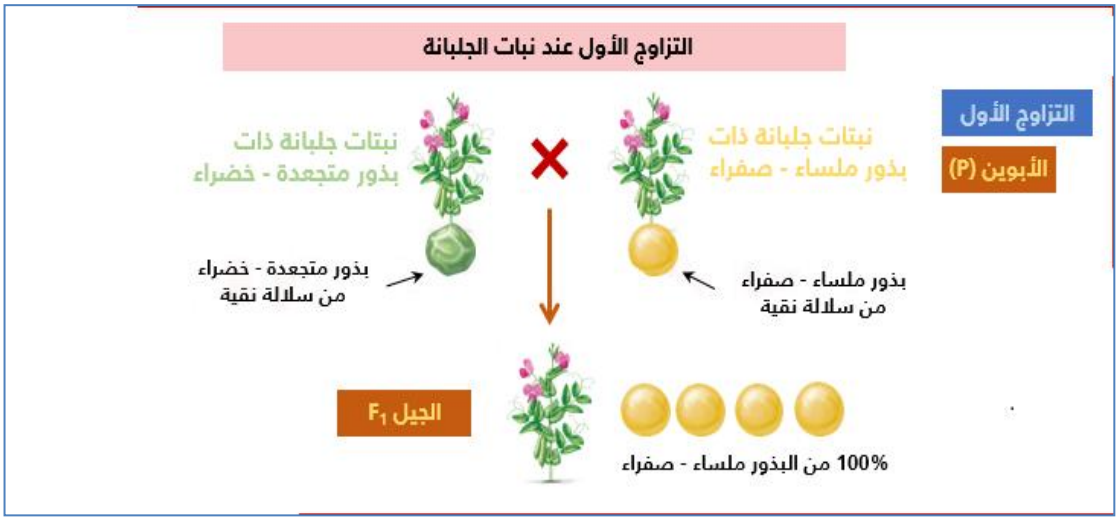
1- الهجونة الثنائية : حالة مورثتين مستقلتين

عند دراسة انتقال صفتين وراثيتين، نتحدث عن الهجونة الثنائية، و الأمر لا يقتصر فقط على دراسة انتقال زوج واحد من الأليلات، بل انتقال زوجين من الأليلات، كل واحد من هذين الزوجين يمثل مورثة معينة.

قام العالم Mendel بدراسة انتقال صفتين عند نبات البازلاء (الهجونة الثنائية)، حيث تتبع انتقال صفة شكل البذور، و الممثلة بأليلين : بذور ملساء و بذور متجعدة، و صفة لون البذور، الممثلة كذلك بأليلين : بذور صفراء و بذور خضراء. قام Mendel بإجراء التزاوجات التالية :

التزاوج الأول : تم إنجازه بين نباتات بازلاء تنتمي لسلالة نقية، و ذات بذور ملساء – صفراء، مع نباتات بازلاء تنتمي كذلك لسلالة نقية، و ذات بذور متجعدة – خضراء. حصل Mendel خلال هذا التزاوج على جيل F_1 مكون من نباتات بازلاء، كلها ذات بذور ملساء – صفراء.

تمثل الوثيقة أسفله، ظروف هذا التزاوج و النتائج المحصل عليها.



ما المعلومات الممكن استخراجها من التزاوج الأول؟

عند مزاوجة نباتات بازلاء تنتمي لسلالة نقية، و ذات بذور ملساء – صفراء، مع نباتات بازلاء تنتمي كذلك لسلالة نقية، و ذات بذور متجعدة – خضراء، حصلنا في الجيل F_1 على نباتات بازلاء، كلها ذات بذور ملساء – صفراء. ندرس الصفتين، كل على حدة : بالنسبة لصفة الشكل، فجميع أفراد الجيل F_1 لهم شكل أملس، إذن فهذا الجيل F_1 متجانس بالنسبة لصفة شكل البذور. نفس الشيء بالنسبة لصفة اللون، حيث أن جميع البذور المحصلة لها لون أصفر. إذن، لدينا تحقق القانون الأول لمندل بالنسبة للصفتين، كما أن أفراد الجيل F_1 كلهم متجانسون و هجناء.

نستنتج كذلك من هذا التزاوج أن أليل الشكل الأملس سائد على أليل الشكل المتجعد، و أليل اللون الأصفر سائد على أليل اللون الأخضر، لكون أفراد الجيل F_1 الهجناء يبدون هذه الصفات و هي بالتالي سائدة.

نشير كذلك إلى أن نتيجة هذا التزاوج لم تسفر على ما يجعلنا نعتقد أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، فنقول أنهما محمولتان على صبغيات لاجنسية.

التزاوج الثاني : التزاوج الأول وحده غير كاف لتحديد ما إذا كانت المورثتان مستقلتان أم مرتبطتان، لذلك قام Mendel بإجراء تزاوج ثان، بين أفراد الجيل F_1 فيما بينهم $(F_1 \times F_1)$.

حصل Mendel في الجيل F2 على 320 بذرة، تتنوع كالتالي :

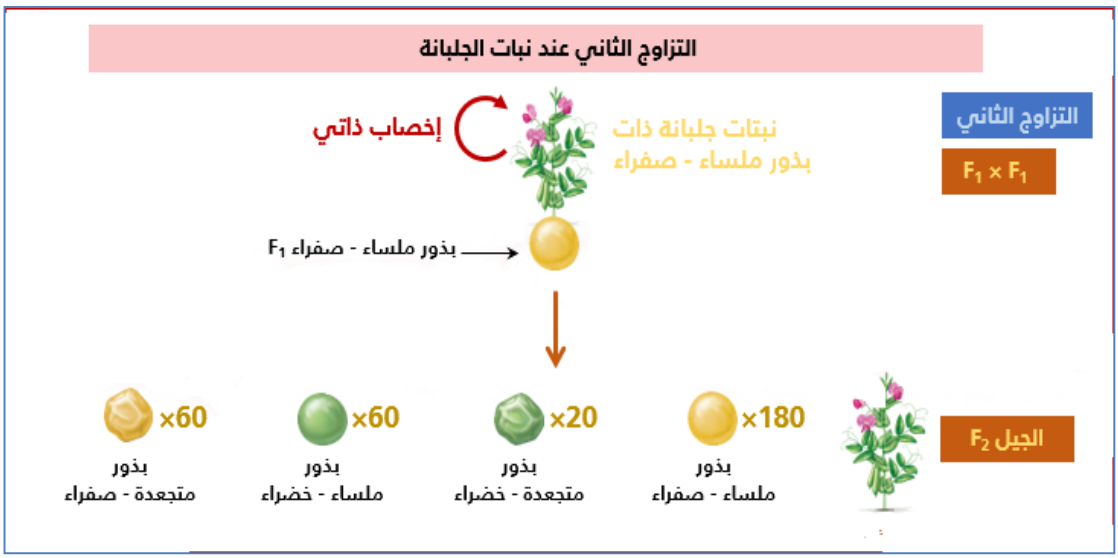
180 بذرة ملساء – صفراء.

20 بذرة متجعدة – خضراء.

60 بذرة ملساء – خضراء.

60 بذرة متجعدة – صفراء.

تمثل الوثيقة أسفله، ظروف ونتائج هذا التزاوج.



حول الأرقام المتحصل عليها إلى نسب مئوية، ثم حلل النتائج المتحصل عليها في F_2 .

بالنسبة للمثال أعلاه .. نأخذ مجموع البذور و التي هي كالأتي

320 = 180 + 20+ 60 + 60

ثم نأخّذ عدد بذور أحد الأصناف المتحصل عليها و نقسمها على المجموع هكذا :

16/3 = 320/60

16/3 = 320/60

16/1 = 320/20

16/9 = 320/180

و للحصول على نسب مئوية نقوم بضرب كل نسبة في 100

%18.75 = 100 × 16/3

%18.75 = 100 × 16/3

%6.25 = 100 × 16/1

%56.25 = 100 × 16/9

ستكون النسب المئوية لمختلف المظاهر الخارجية على الشكل التالي :

180 بذرة ملساء – صفراء : 56,25% ⇐ 9/16.

20 بذرة متجعدة – خضراء : 6,25% ⇐ 1/16.

60 بذرة ملساء – خضراء : 18,75% ⇐ 3/16.

60 بذرة متجعدة – صفراء : 18,75% ⇐ 3/16.

نلاحظ من خلال هذه النتائج، أن هناك ظهور أربعة مظاهر خارجية بنسب مختلفة، مظهرين خارجيين، شبيهين بمظهري الأبوين (البذور الملساء – الصفراء و البذور المتجعدة – الخضراء) نسميهما مظاهر أبوية و نسبتها 10/16، و مظهرين خارجيين جديدين (البذور الملساء – الخضراء و البذور المتجعدة – الصفراء) نسميهما مظاهر جديدة التركيب و نسبتها 6/16.

النسبة 16/10 هي مجموع النسب " مظاهر أبوية "

16/10 = 16/1 + 16/9

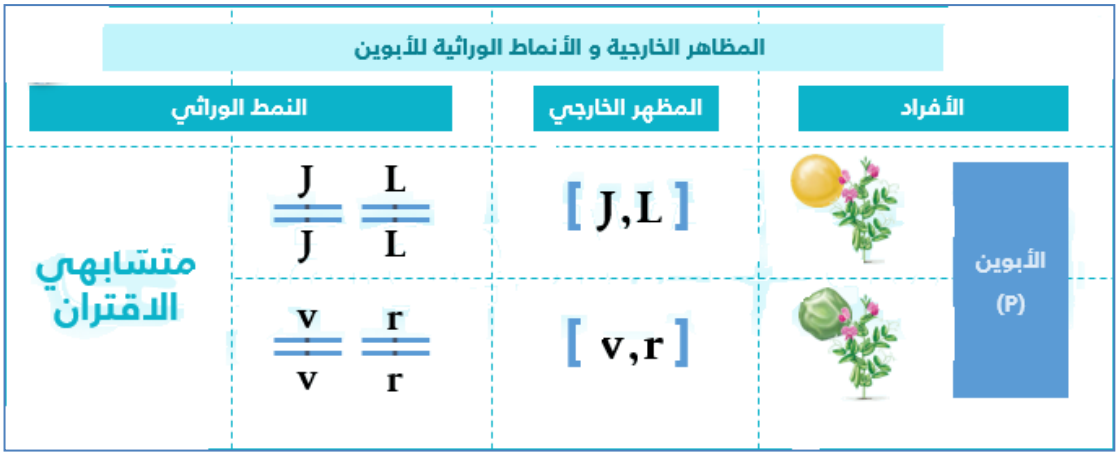
النسبة 16/6 هي مجموع النسب " مظاهر جديدة التركيب "

16/6 = 16/3 + 16/3

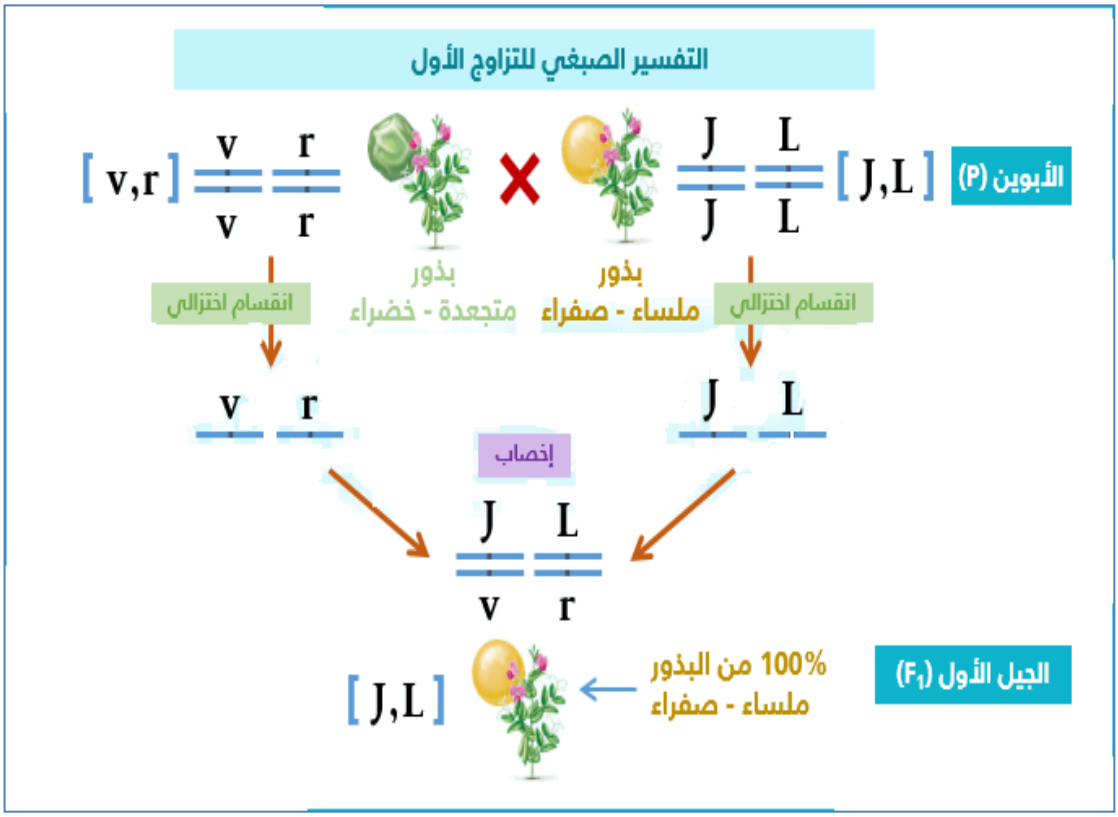
حدد النمط الوراثي للأبوين باعتبار المورثتين مستقلتين، ثم اعط تفسيراً صبغياً للتزاوجين الأول والثاني في هذه الحالة وماذا تستنتج؟

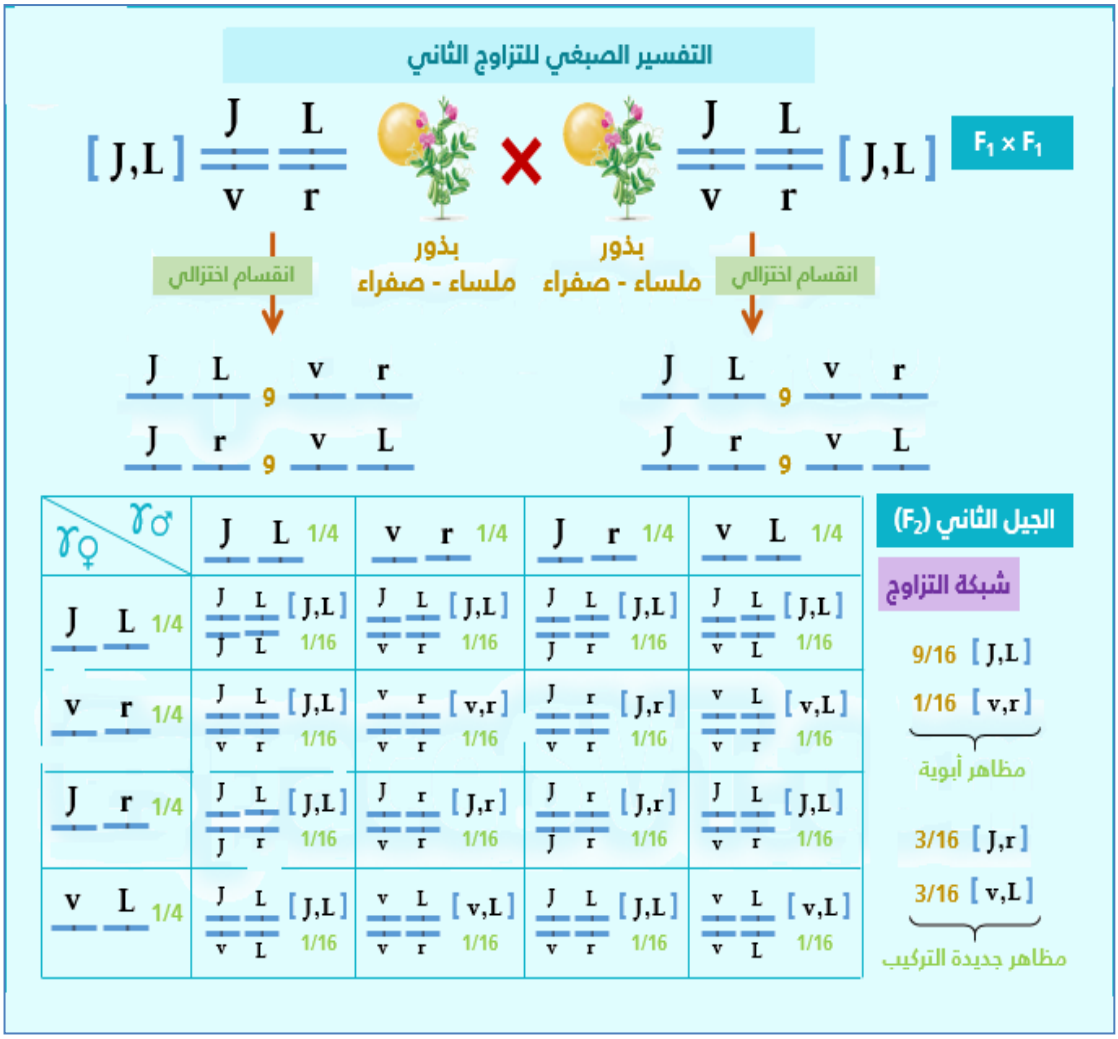
لإنجاز التفسير الصبغي، نضع أولا الرموز: بالنسبة لصفة شكل البذور، نرمز للأليل المسؤول عن الشكل الأملس Lisse، بالحرف L (لأنه سائد)، و نرمز للأليل المسؤول عن الشكل المتجعد Ridée، بالحرف r (لأنه متنحي). أما بالنسبة لصفة لون البذور، فنرمز للأليل المسؤول عن اللون الأصفر Jaune، بالحرف J (لأنه سائد)، و نرمز للأليل المسؤول عن اللون الأخضر Vert، بالحرف v (لأنه متنحي).

النمط الوراثي للأبوين باعتبار المورثتين مستقلتين، سيكون على الشكل التالي :



سيكون التفسير الصبغي للتزاوجين الأول والثاني، باعتبار المورثتين مستقلتين، على الشكل التالي:

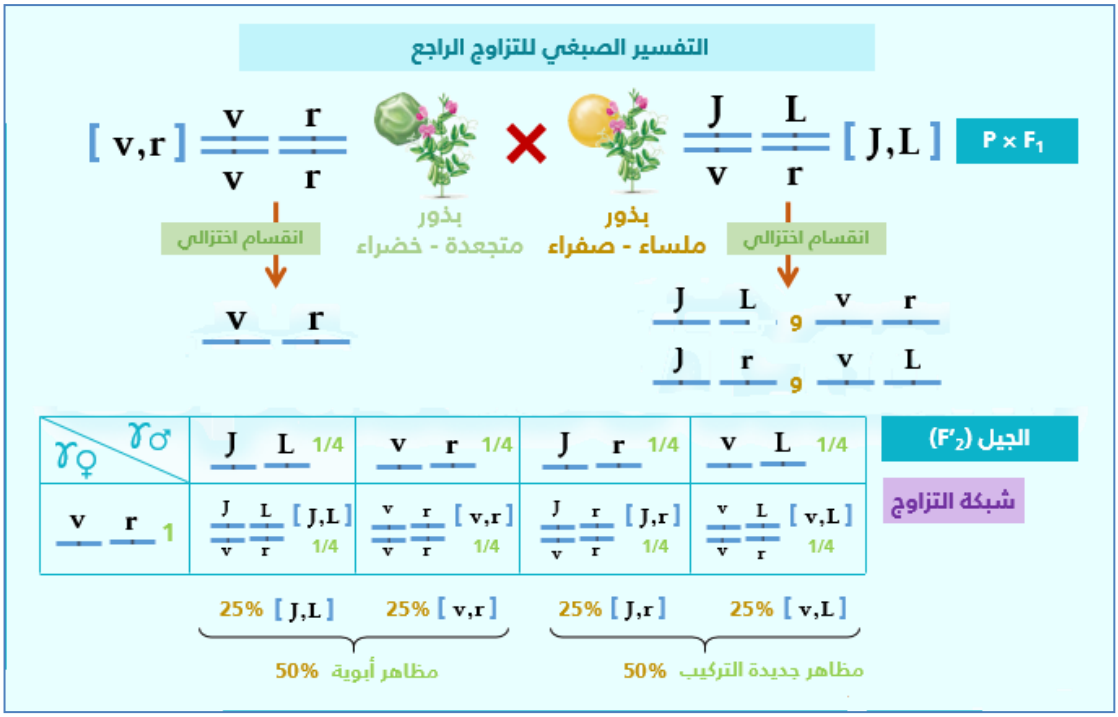




تبين من خلال التفسيرين الصبغيين للتزاوجين الأول و الثاني، أن النتائج المتحصل عليها نظرياً، تطابق النتائج المتحصل عليها تجريبياً، و بالتالي فالمورثتان فعلاً مستقلتان.

ما النتائج المرتقب الحصول عليها عند مزاوجة نبتة من الجيل الأول F_1 مع نبتة ثنائية التنحي (تحمل الصفتين المتنحيتين). ماذا نسمي هذا النوع من التزاوجات؟

للتعرف على النتائج المرتقب الحصول عليها عند مزاوجة نبتة من F_1 مع نبتة ثنائية التنحي، يجب إنجاز التفسير الصبغي، و الذي سيكون كما يلي :



نحصل بعد هذا التزاوج، على نسب متساوية للمظاهر الخارجية الأربع (25% لكل مظهر خارجي)، نصفها أبوي و النصف الآخر جديد التركيب.

يسمى هذا التزاوج، بالتزاوج الراجع Back Cross، و يتم بين فرد من F_1 هجين، و فرد يحمل الصفتين المتنحيتين (ثنائي التنحي)، و تمكن نتائجه من التعرف فيما إذا كانت المورثتان المدروستان، مستقلتان أم مرتبطتان (إذا كانت المورثتان مستقلتان، تكون النتائج متساوية للمظاهر الأربعة المتحصل عليها، نصفها أبوي و النصف الآخر جديد التركيب).

القانون الثالث لمندل : قانون استقلالية أزواج الأليلات: عند انتقال صفتين وراثيتين أو أكثر، فإن افتراق أزواج الأليلات يتم بصفة مستقلة.

الخلاصة: نقول أن المورثتان المدروستان، مستقلتان عندما نحصل على إحدى النتائج التالية

1- النسب المتحصل عليها بعد تزاوج أفراد الجيل F_1 الهجناء فيما بينهم، تساوي : 9/16 و 3/16 و 3/16 و 1/16.

2- عندما تكون النسب المحصل عليها خلال التزاوج الراجع، متساوية بالنسبة للمظاهر الأربعة (25%)، نصفها أبوي و النصف الآخر جديد التركيب.

ملاحظة: عندما تتم مزاوجة فردين هجينين يحملان المظهر السائد، و يظهر في خلفهم أفراد يحملون المظهر المتنحي، هذا يدل على أن هناك التقاء الأليلات المتنحية، وبالتالي نستنتج أن الأمشاج نقية (أي تضم فقط أليلاً واحداً)، هذا الأمر لا تتم الإشارة إليه في تأليل التزاوجات، لكن يجب فهمه جيداً.

ما هو التزاوج الراجع و ما هو التزاوج الاختباري ؟؟ بين متى يتم ؟؟ و ما الهدف منه؟

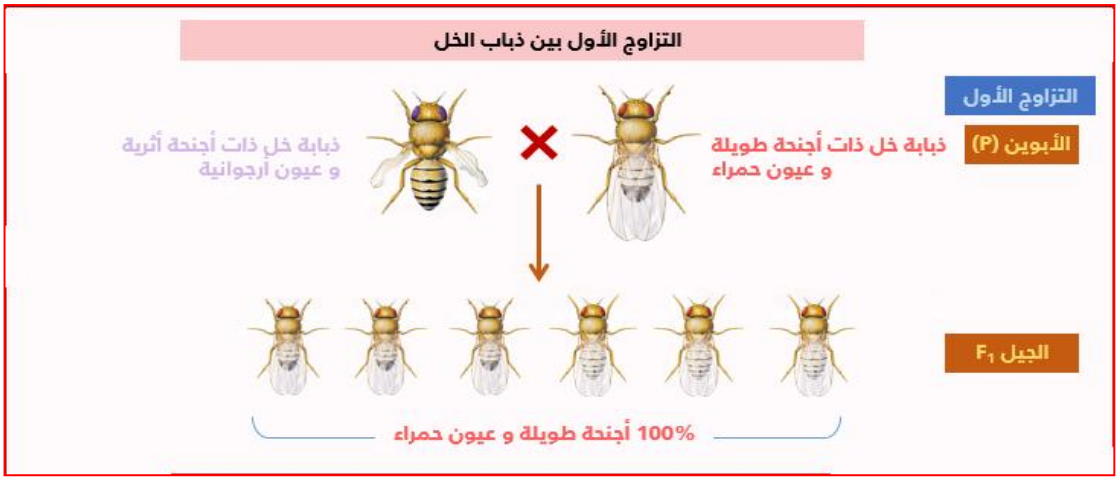
التزاوج الراجع : هو تزاوج يتم بين فرد من F_1 هجين، و فرد يحمل الصفتين المتنحيتين (ثنائي التنحي). يمكن اعتماد التزاوج الراجع كما يسمى أيضاً بالتزاوج الاختباري حسب المراجع المستدمة ويستخدم لتحديد ما إذا كانت المورثتان المدروستان في حالة الهجونة الثنائية، مستقلتان أم مرتبطتان: إذا كانت المورثتان مستقلتان، تكون النتائج متساوية للمظاهر الأربعة المحصلة، نصفها أبوي و النصف الآخر جديد التركيب، أما إذا كانت المورثتان مرتبطتان، فنحصل فقط على مظاهر أبوية، او نسبة ضعيفة من المظاهر جديدة التركيب.

التزاوج الاختباري: يهدف هذا التزاوج إلى تحديد النمط الوراثي لفرد مجهول النمط (أو يحتمل عدة أنماط وراثية)، وذلك بإجراء تزاوج لهذا الفرد مع فرد يحمل الصفة المتنحية (لأنه معروف النمط : متشابه الاقتران بالنسبة للأليلين المتنحيين). كيفية انجاز التزاوج الاختباري: يتم هذا التزاوج بين فرد مجهول النمط الوراثي (أو فرد يحتمل عدة أنماط وراثية) مع فرد يحمل الصفة المتنحية (معروف النمط الوراثي: متشابه الاقتران بالنسبة للأليلين المتنحيين).

2- الهجونة الثنائية : حالة مورثتين مرتبطتين

عندما يتعلق الأمر بدراسة انتقال صفتين وراثيتين (الهجونة الثنائية)، نميز حالتين حسب تموضع المورثتين المدروستين، الأولى عندما تكون المورثتان مستقلتان (على صبغيين مختلفين) كما تم التطرق لها خلال الفقرة الخاصة بالمورثتين المستقلتين، و الثانية تتعلق بارتباط المورثتين، أي عندما تكون الأخيرتان على نفس الصبغي.

خلال دراسته لانتقال الصفات الوراثية عند ذبابة الخل، قام العالم Morgan بإجراء التزاوجات التالية: التزاوج الأول: تم بين ذباب خل من سلالة متوحشة ذي أجنحة طويلة و عيون حمراء و تنتمي لسلالة نقية، مع ذباب خل من سلالة طافرة ذي أجنحة أثرية و عيون أرجوانية، تنتمي كذلك لسلالة نقية. نتج عن هذا التزاوج جيل F_1 مكون من ذباب خل لجميع أفراده أجنحة طويلة و عيون حمراء. تمثل الوثيقة أسفله، ظروف هذا التزاوج و النتائج المتحصل عليها.



ما المعلومات الممكن استخراجها من التزاوج الأول؟

بدراستنا لكل صفة على حدة، يتبين أن لجميع أفراد الجيل F_1 أجنحة طويلة رغم أن للأبوين صفتان مختلفتان و هما من سلالة نقية. نستنتج إذن ان الجيل F_1 متجانس و هجين بالنسبة لهذه الصفة: تحقق القانون الأول لمندل. نفس الشيء نحصل عليه بخصوص صفة لون العيون، حيث أن كل افراد الجيل F_1، لهم عيون حمراء، إذن هناك تحقق القانون الأول لمندل بالنسبة للصفتين.

نستنتج كذلك من هذا التزاوج أن أليل الأجنحة الطويلة سائد على أليل الأجنحة الأثرية، و أليل اللون الأحمر للعيون سائد على أليل اللون الأرجواني لها، لكون أفراد الجيل F_1 الهجناء يبدون هذه الصفات و هي بالتالي سائدة.

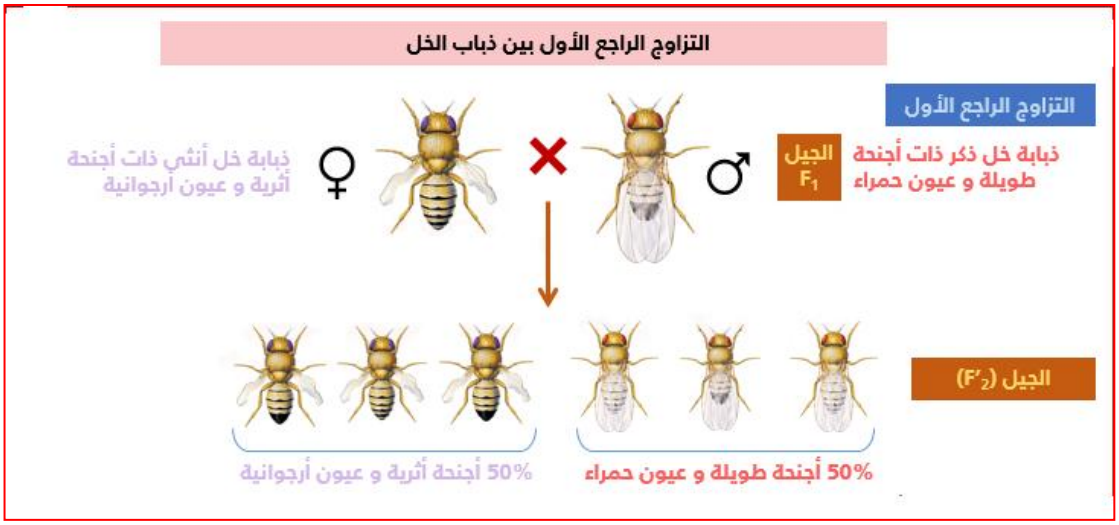
تم هذا التزاوج بين ذكور و إناث، و أعطى نفس النتيجة، و ليس هناك ما يدل أن المورثتان محمولتان على صبغي جنسي، إذن فالمورثتان محمولتان على صبغي لاجنسي.

حدد المظاهر الخارجية والأنماط الوراثية للأبوين

نضع أولا الرموز: بالنسبة لصفة شكل الأجنحة، نرمز للأليل المسؤول عن الأجنحة الطويلة Longues، بالحرف L (لأنه سائد)، و نرمز للأليل المسؤول عن الأجنحة الأثرية Vestigiales، بالحرف v (لأنه متنحي). أما بالنسبة لصفة لون العيون، فنرمز للأليل المسؤول عن اللون الأحمر Rouge، بالحرف R (لأنه سائد)، و نرمز للأليل المسؤول عن اللون الأرجواني Pourpre، بالحرف p (لأنه متنحي).

المظاهر الخارجية و الأنماط الوراثية للأبوين سيكون على الشكل التالي :

التزاوج الراجع الأول: و هو تزاوج تم بين ذبابة خل ذكر من الجيل F_1 ذات أجنحة طويلة و عيون حمراء، مع أنثى ثنائية التنحي، بأجنحة أثرية و عيون أرجوانية. حصل Morgan في الجيل F_2 على ذباب خل، لنصفه أجنحة طويلة و عيون حمراء، و النصف الآخر، أجنحة أثرية و عيون أرجوانية. تمثل الوثيقة أسفله، ظروف ونتائج هذا التزاوج.

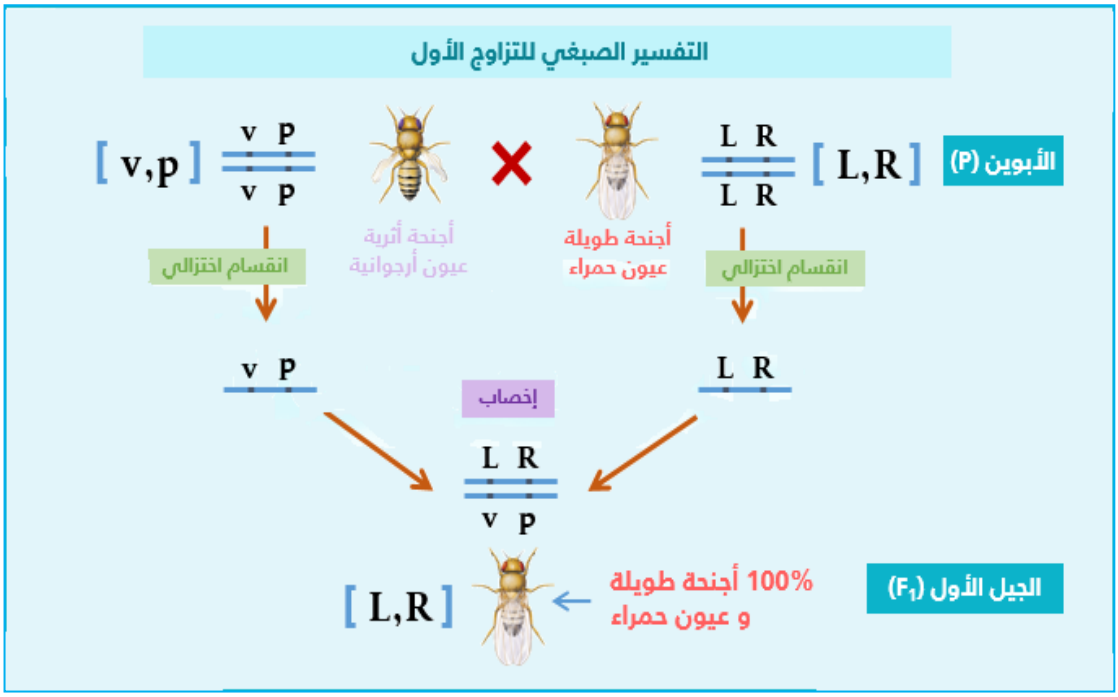


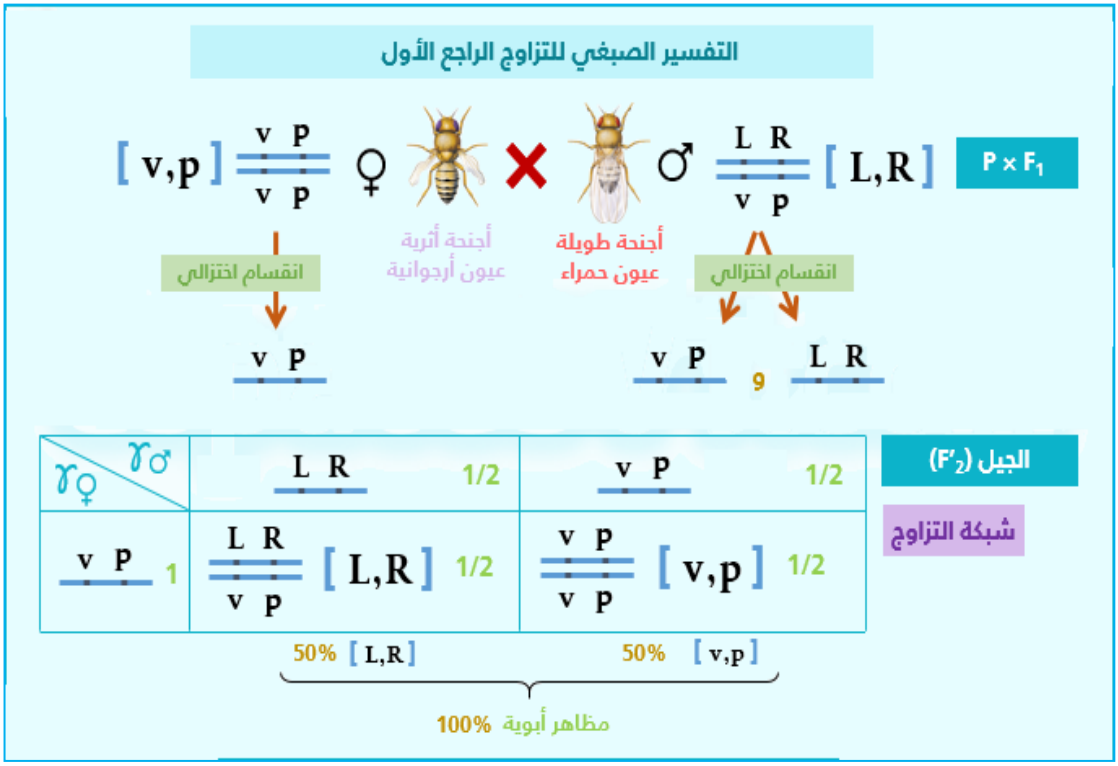
حلل النتائج المتحصل عليها في التزاوج الراجع الأول، ماذا تستنتج؟

أعطى التزاوج الراجع الأول، مظاهر أبوية فقط : ذباب خل بأجنحة طويلة و عيون حمراء، و ذباب خل بأجنحة أثرية و عيون أرجوانية، عكس ما حصلنا عليه في حالة مورثتين مستقلتين، حيث أن التزاوج الراجع يعطي مظاهر أبوية بنسبة 50% و مظاهر جديدة التركيب بنسبة 50% كذلك. إذن فالأليلات لم تفترق بشكل مستقل، و هو الأمر الذي يتسبب في ظهور مظاهر جديدة التركيب. نستنتج من هذه المعطيات، على أن مورثتي شكل الأجنحة و لون العيون ليستا مستقلتان، و إنما محمولتان على نفس الصبغي، نقول أنهما مرتبطتان ارتباطا مطلقا.

اعط التفسير الصبغي للتزاوجين السابقين:

سيكون التفسير الصبغي للتزاوج الأول و التزاوج الراجع الأول على الشكل التالي :





النتائج المتحصل عليها نظريا، تطابق النتائج المحتصل عليها تجريبيا، و بالتالي فالمورثتان فعلا مرتبطتان.

التزاوج الراجع الثاني: تم هذا التزاوج بين ذبابة خل أنثى من الجيل F_1 ذات أجنحة طويلة و عيون حمراء، مع ذكر ثنائي التنحي، بأجنحة أثرية و عيون أرجوانية. حصل Morgan في الجيل F_2 على ذباب خل بأربعة مظاهر خارجية :

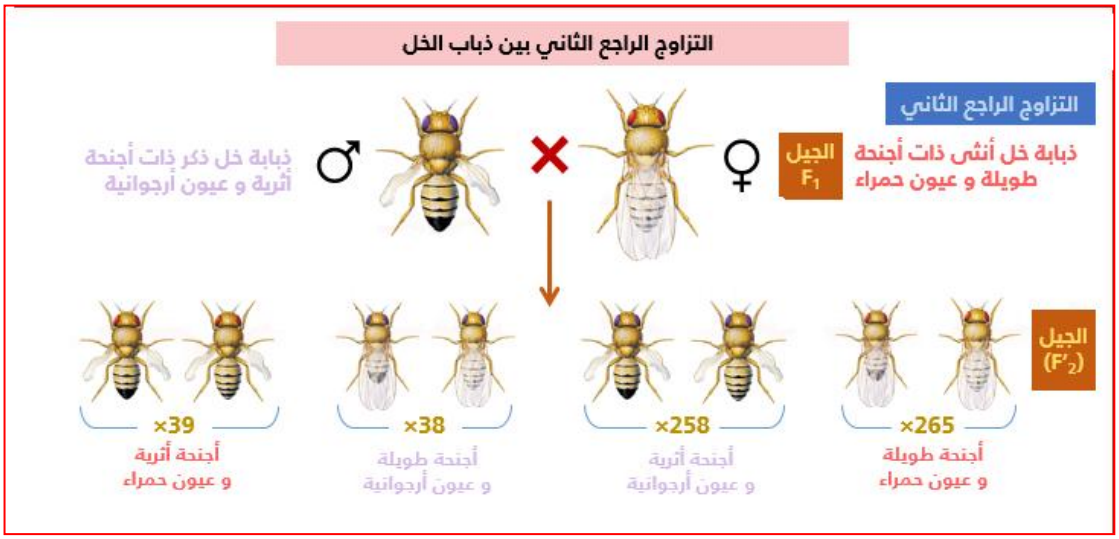
265 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون حمراء.

258 ذبابة خل بأجنحة اثرية و عيون أرجوانية.

38 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون أرجوانية.

39 ذبابة خل بأجنحة أثرية و عيون حمراء.

تمثل الوثيقة أسفله، ظروف ونتائج هذا التزاوج.



حدد النسب المئوية لكل مظهر خارجي، ثم حلل النتائج المتحصل عليها، مقترحاً تفسيراً منطقياً لها

ستكون النسب المئوية لمختلف المظاهر الخارجية على الشكل التالي :

265 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون حمراء : 44,17%.

258 ذبابة خل بأجنحة اثرية و عيون أرجوانية : 43%.

38 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون أرجوانية : 6,33%.

39 ذبابة خل بأجنحة أثرية و عيون حمراء : 6,5%.

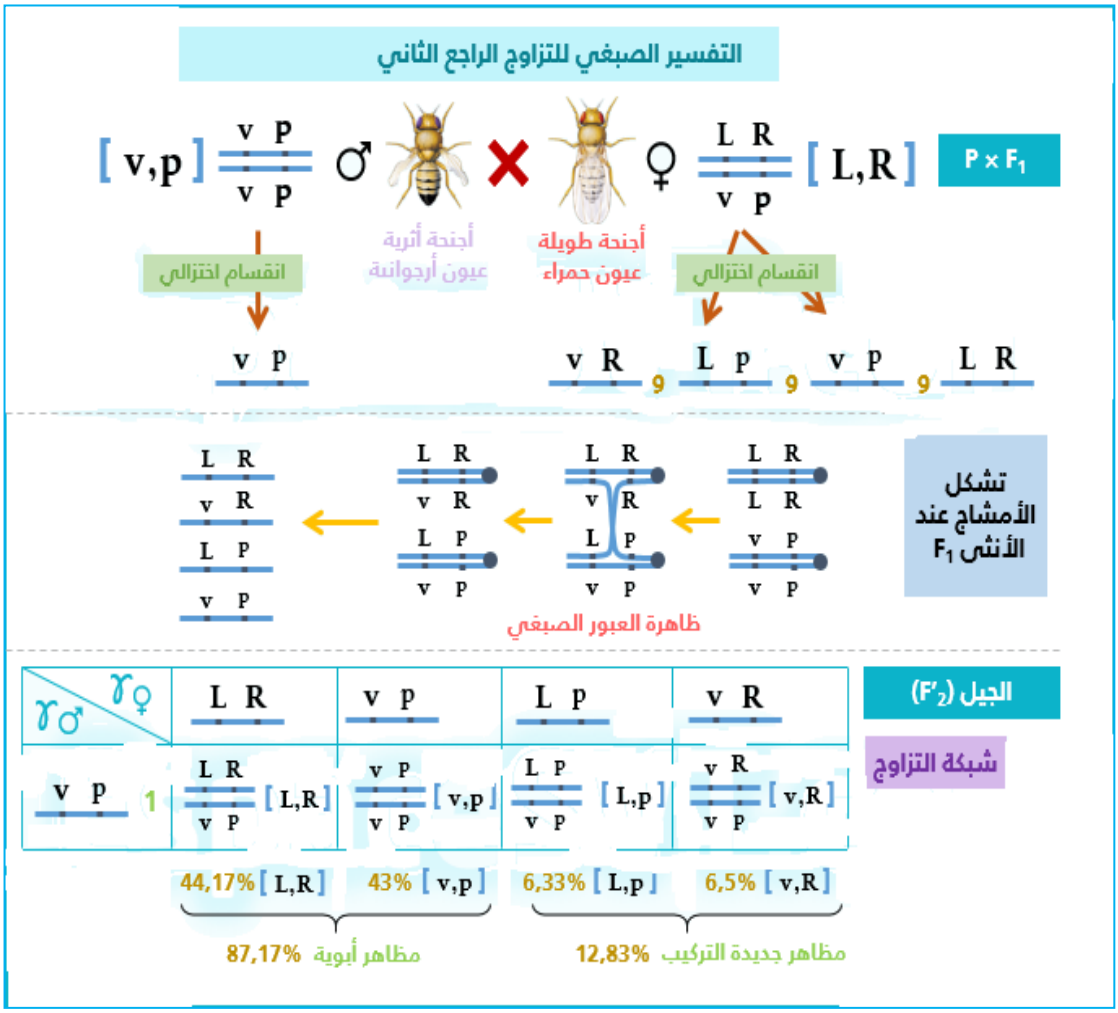
نلاحظ من خلال هذه النتائج، أن هناك ظهور مظاهر خارجية جديدة التركيب بنسبة ضعيفة (12,38%)، رغم أن المورثتان مرتبطتان كما استنتجنا ذلك من خلال التزاوج الراجع الأول، من جهة أخرى فحالة المورثتان المستقلتان تفرض ضرورة الحصول على نسبة 50% من المظاهر جديدة التركيب، و هو الشيء الذي لم يتحقق خلال هذا التزاوج. هذه النتيجة لا يمكن تفسيرها إلا بكون المورثتان مرتبطتان، لكن مع ظهور تركيبات مورثية جديدة على مستوى الأمشاج، و هو

الأمر الذي لا يمكن أن يتحقق إلا عند حدوث عبور صبغي، فنقول أن المورثتان مرتبطتان ارتباطا غير مطلق (نسبي).

ملحوظة : لا يمكننا في هذه الحالة أن نقول أن المورثتان محمولتان على صبغيات جنسية، رغم اختلاف نتائج التزاوجين الراجعين الأول الثاني، و اللذان عرفا تغيير جنس الأفراد و تغيّر النتائج، و ذلك لعدم اختلاف الصفات بين الذكور و الإناث المحصلة، كما أن الفرق يتجلى فقط في ظهور صفات جديدة التركيب، بغض النظر عن جنس الأفراد. وهذا راجع فقط إلى كون ظاهرة العبور الصبغي تحدث عند الإناث فقط، دون الذكور. إذن المورثتان محمولتان علي صبغي لاجنسي.

أنجز التفسير الصبغي للتزواج الراجع الثاني

سيكون التفسير الصبغي للتزاوج الراجع الثاني على الشكل التالي (مع ضرورة إدراج ظاهرة العبور الصبغي لتفسير الأنماط الجديدة التركيب للأمشاج) :



لا يمكن في أي حال من الأحوال، توقع النسب النظرية للمظاهر جديدة التركيب، لأنها لا تُحدد إلا تجريبياً، و بالتالي نحتفظ بها على مستوى التفسير الصبغي.

ملحوظة: عندما يتعلق الأمر بمورثتين مستقلتين، نحصل بعد تزاوج أفراد الجيل F_1 فيما بينهم ($F_1 \times F_1$)، على جيل F_2 بمظاهر جديدة التركيب بنسبة 16/6 (37,5%). أما إذا كانت المورثتان مرتبطتان ارتباطا مطلقا (دون حدوث عبور)، سنحصل في الجيل F_2 فقط على مظاهر أبوية. و إذا كانت المورثتان مرتبطتان ارتباطاً غير مطلق (مع حدوث عبور)، ستكون المظاهر جديدة التركيب في الجيل F_2 بنسبة ضعيفة (أصغر من 37,5%).

حصيلة: نقول على أن المورثتان المدروستان مرتبطان (محمولتان على نفس الصبغي) :

1- 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).

2- 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).

ثالثاً: إنجاز الخريطة العاملية

تمثل الخريطة العاملية Carte factorielle التموضع النسبي للمورثات على الصبغيات.

المسافة بين مورثتين: لاحظ العالم Morgan أن نسبة التركيب الجديد الناتجة عن ظاهرة العبور بين مورثتين مرتبطتين تكون دائما ثابتة، الشيء الذي دفعه إلى افتراض أن مكان تموضع المورثة فوق الصبغي يكون دائما ثابتا. وهكذا أعطى احد طلابه Alfred Sturtevant العلاقة بين نسبة التركيبات الجديدة والمسافة بين المورثتين بحيث:

1% من التركيبات الجديدة تقابلها 1 وحدة مسافة بين المورثتين سميت وحدة Morgan أي CMg1=%1

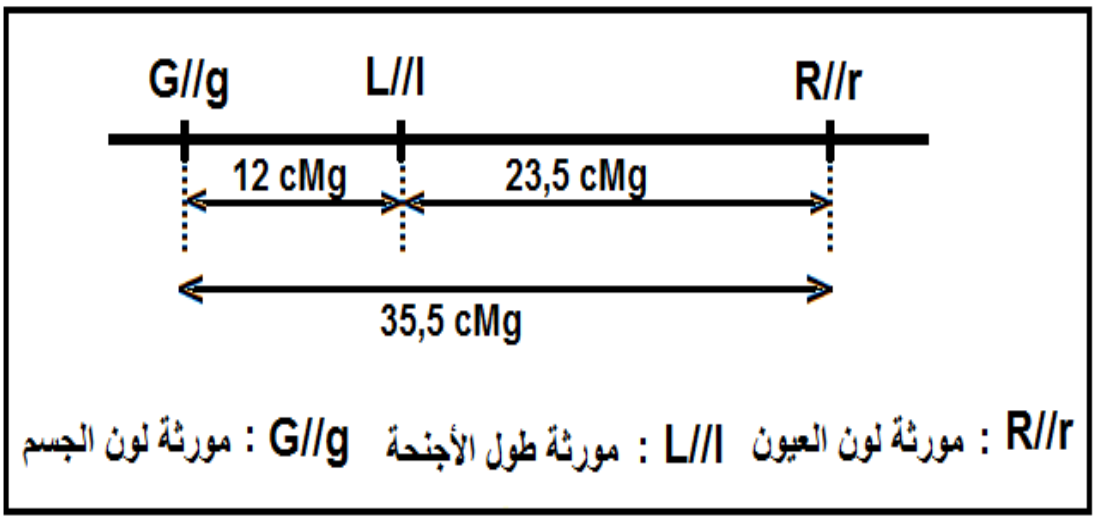
مكنت دراسة حالة المورثتين المرتبطتين من تقدير نسبي لتموضع المورثات على الصبغيات و المسافة الفاصلة بينها، و ذلك انطلاقا من نسبة المظاهر جديدة التركيب، حيث قام أحد طلاب العالم Morgan من وضع ما يسمى الخريطة العاملية عند ذبابة الخل.

تعريف الخريطة العاملية Carte factorielle

هي عبارة عن رسم يوضح تموضع المورثات بعضها بالنسبة للبعض الآخر على نفس الصبغي، و يتم إنجازها بعد دراسة نتائج التزاوجات، أو من خلال الملاحظة المباشرة للصبغيات.

الخريطة العاملية هي تمثيل لمواقع المورثات المرتبطة على نفس الصبغي، انطلاقا من نسب التركيبات الوراثية الجديدة فيما بينها. وتتحدد نسب التركيبات الجديدة فيما بين المورثات المرتبطة، اعتمادا على نتيجة التزاوج الراجع بين فرد هجين وفرد متنحي، بالنسبة للصفة أو الصفات الوراثية المعنية. كل 1% من التركيبات الجديدة يمثل مسافة cMg1 .

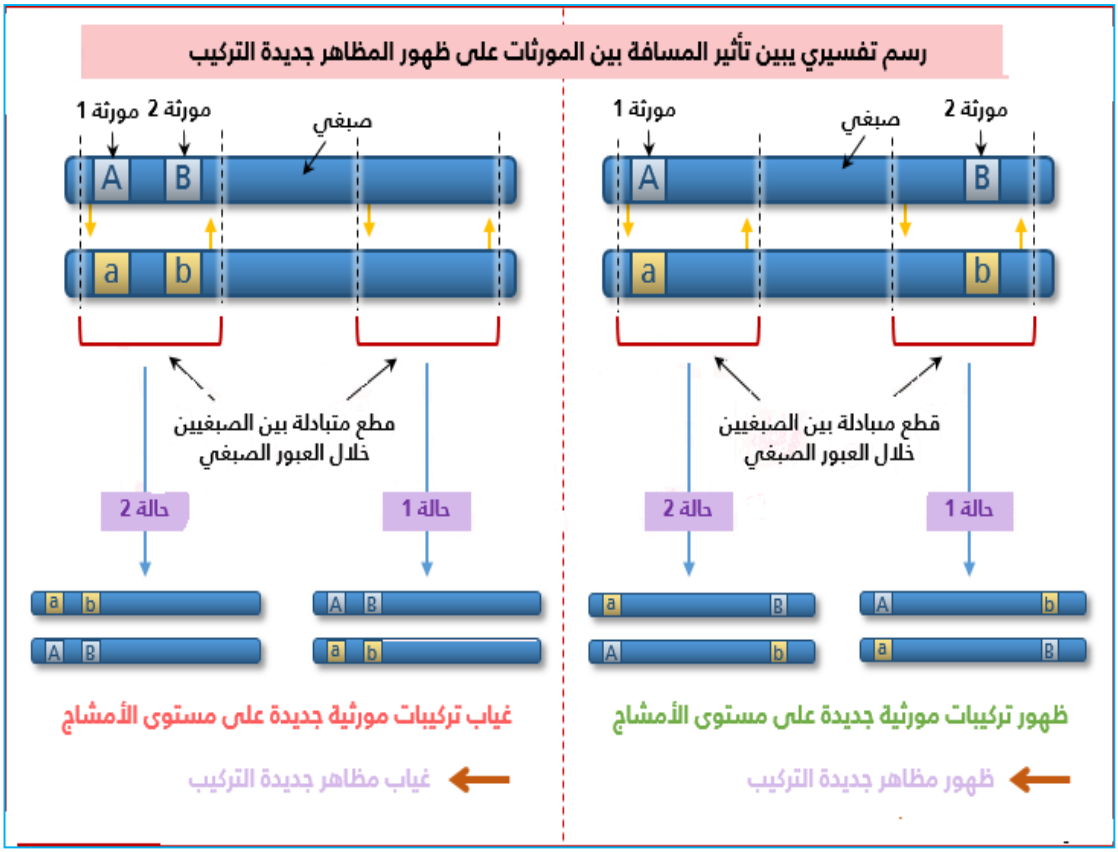
تنتج التركيبات الجديدة، في هذه الحالة، عن تخليط ضمصبغي بنشوء نقط عبور فيما بين المورثات المرتبطة.



رسم تفسيري لخريطة عاملية عند سلالة من ذبابة الخل

لمعرفة مبدأ الخريطة العاملية و كيفية إنجازها نقترح المعطيات التالية :

تمثل الوثيقة التالية، تأثير حالتي عبور صبغي (الحالة 1 و الحالة 2)، على المظاهر الجديدة التركيب، و ذلك عند صبغيين يعرفان تواجد مورثتين، تختلف المسافة الفاصلة بينهما : مورثتان متباعدتان (الشكل على اليمين)، و مورثتان متقاربتان (الشكل على اليسار).



قارن تأثير ظاهرة العبور الصبغي على المظاهر الخارجية عندما تكون المورثتان متباعدتان و عندما تكون متقاربتان .

– عندما تكون المورثتان متباعدتان، فإن حدوث العبور الصبغي لقطع بين الصبغيين المتماثلين (الحالتين 1 و 2)، يؤدي إلى تركيبات مورثية جديدة (Ab و aB) إضافة إلى التركيبات الأصلية (AB و ab)، مما يساهم في الحصول على مظاهر خارجية جديدة التركيب بعد التزاوج.

– أما عندما تكون المورثتان متقاربتان، فإن حدوث العبور الصبغي للقطع الصبغية للحالتين 1 و 2، لا يؤثر على التركيبات المورثية الناتجة، التي تبقى AB و ab.

ما الذي يمكن استنتاجه من خلال هذه المقارنة؟

يتبين من خلال المقارنة السابقة، أنه كلما كانت المسافة كبيرة بين المورثتين على صبغي معين، كلما ازداد احتمال الحصول على تركيبات مورثية جديدة على مستوى الأمشاج، وبالتالي الحصول على مظاهر خارجية جديدة التركيب مرتفعة نسبيا. أما إذا كانت المسافة الفاصلة بين المورثتين صغيرة، ينقص احتمال ظهور مظاهر جديدة التركيب.

كيف يمكنك استغلال هذه المعطيات لتقدير المسافة بين مورثتين على نفس الصبغي (مرتبطتين)؟

بما أن نسبة المظاهر الخارجية جديدة التركيب تكون مرتفعة في حالة تباعد المورثات، فيمكن من خلال نتائج التزاوجات المنجزة (تزاوج أفراد الجيل F_1 فيما بينهم و التزاوج الراجع)، تقدير المسافة الفاصلة بين المورثتين و ذلك باعتماد النسبة المئوية للمظاهر جديدة التركيب.

هذا بالذات ما قام به أحد طلاب Morgan، و المسمى Alfred Sturtevant، حيث جعل من النسبة المئوية للمظاهر الخارجية جديدة التركيب في تزاوج معين، وحدة تدل على المسافة بين المورثات المدروسة، و ذلك بإعطاء كل 1% من المظاهر جديدة التركيب قيمة تساوي 1cMg، حيث cMg = centiMorgan نسبة لأستاذه Morgan.

خلال دراستنا لانتقال صفتي شكل الأجنحة و لون العيون عند ذبابة الخل في الفقرة الخاصة بالمورثتين المرتبطتين، حصلنا في التزاوج الراجع الثاني على النتائج التالية :

265 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون حمراء : 44,17%.

258 ذبابة خل بأجنحة اثرية و عيون أرجوانية : 43%.

38 ذبابة خل بأجنحة طويلة و عيون أرجوانية : 6,33%.

39 ذبابة خل بأجنحة أثرية و عيون حمراء : 6,5%.

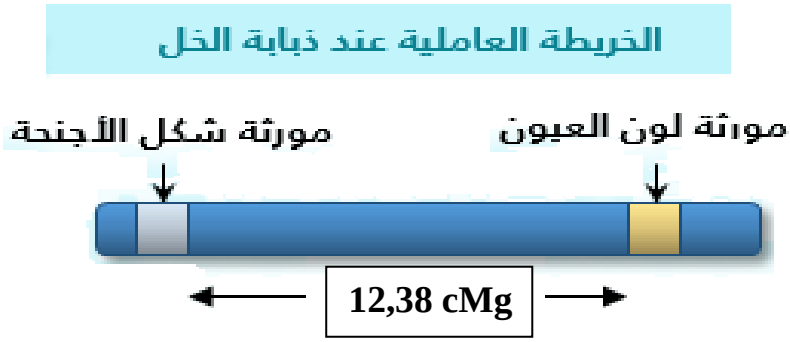
باستغلال نتائج هذا التزاوج حدد المسافة الفاصلة بين مورثة شكل الأجنحة ومورثة شكل العيون عند ذبابة الخل ثم أنجز الخريطة العاملية للصبغي الحامل للمورثتين

لدينا نسبة المظاهر الخارجية جديدة التركيب تساوي 6,33% + 6,5% = 12,38%.

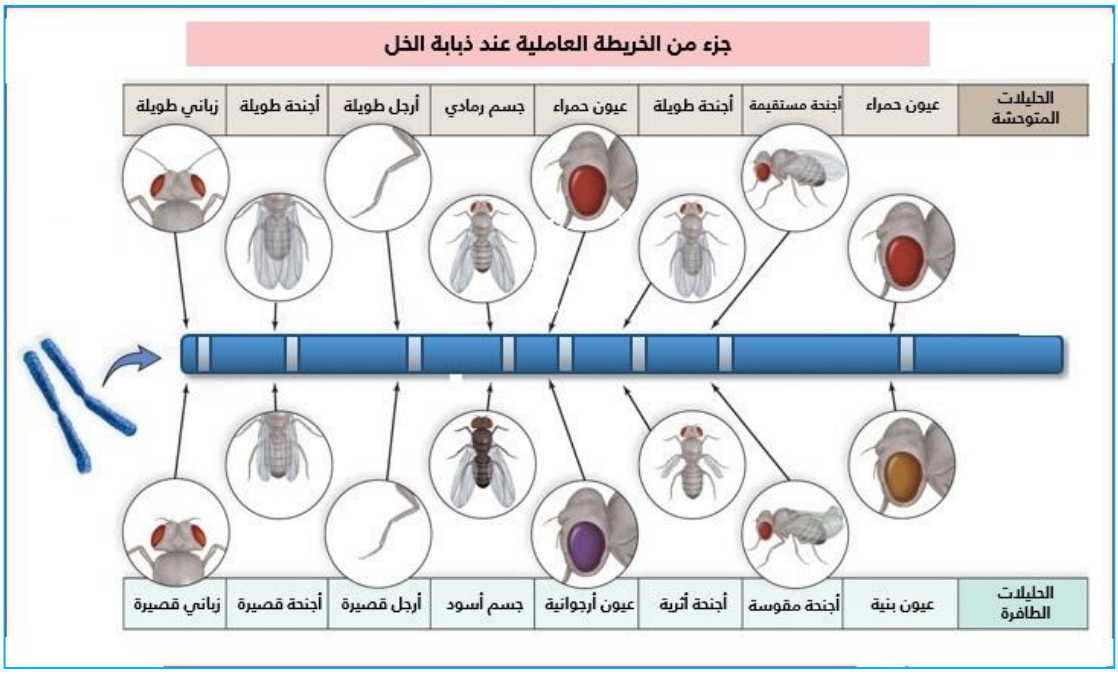
ونعلم أن كل 1 % من المظاهر جديدة التركيب = 1 cMg .

وبالتالي فإن المسافة بين مورثة شكل الاجنحة ولون العيون هي 12,38 cMg .

ستكون الخريطة العاملية كما هو ممثل في الشكل.



ممكن إجراء عدة تزاوجات و دراسة مورثات مختلفة، من خلال تحديد تموضع نسبي لعدة مورثات عند مجموعة من الكائنات الحية، وتوضح الوثيقة أسفله جزءاً من الخريطة العاملية لأحد صبغيات ذبابة الخل.



**********انتهت المحاضرة