الأرتباط والعبور ورسم الخارطة الجينية

أصبح من المعلوم ان الجينات تحمل على الكروموسومات و انها تحتوي على اكثر من جين واحد مثلا الانسان يمتلك ٤٦ كروموسوم تضم مئات الالاف من الجينات وكذلك حشرة الدروسوفلا تحتوي على اربعة كروموسومات فقط في حين امكن دراسة عدة مئات من الجينات على هذه الكروموسومات.

وحيث أن الجينات تنتقل من جيل إلى أخر عن طريق الأمشاج فإن الصفات الوراثية أما أن تورث مستقلة عن بعضها ، أو تورث معاً على كرموسوم واحد أى تورث كأنها صفة واحدة (مرتبطة). واقترح Sntton بان الكروموسوم يحمل اكثر من جين وهي تورث معا كمجموعة ولكنه لم يتمكن من تأييد نظريته واننا قد اوضحنا أن الأفراد الابوين لكل زوج من الكروموسومات تتوزع توزيعا مستقلا إلى الأمشاج بالانقسام الاختزالي فالجينات المحمولة على الكروموسومات مختلفة ويكون لها توزيع حر وتعطي النسب المندلية المعروفة والجينات المحمولة على نفس الكروموسوم لا تتوزع توزيع حر بالنسبة لبعضها أي أن القانون الثاني لمندل ليس عام وهو محدود في الجينات الموجودة على الكروموسومات المختلفة. بمعنى اخر ان هناك صفات وراثية لاتخضع في انتقالها من جين الى اخر الى قوانين مندل منها.

١- **الجينات المرتبطة (الأرتباط) :** هى جينات مختلفة يقع بعضها قرب بعض و تحمل على نفس الكرموسوم وتنتقل معاً على الكروموسوم أثناء الأنقسام الأختزالي عند تكوين الأمشاج كوحدة واحدة وهى لا تخضع لقانون التوزيع الحر للعوامل . بل تؤدى إلى نسب وراثية جديدة. و استنتج العلماء ان الجينات المرتبطة يمكن ان تنفصل اثناء العبور الجيني و أجريت دراسات عديدة وظهرت قوانين مختلفة لمعرفة ظاهرة انتقال الجينات او الصفات ومواقع والية انفصالها ولكن أهمها لما ذكر Morgan ومساعدوه سنة ١٩١٠-١٩١٥ في حشرة الدروسلافلا أن ظاهرتي الازدواج والتنافر عبارة عن وجهين لظاهرة واحدة وهي الارتباط. وافترض أن مثل هذه الجينات المرتبطة للبقاء مما في تراكيبها الاصلية يرجع لوجودها على نفس الكروموسوم وكما انه اظهر شدة الارتباط تتوقف على المسافة بين الجينات المرتبطة على الكروموسوم. من اهم صفات ظاهرة الارتباط :

•تنتقل الجينات المحمولة على الكروموسوم كوحدة وراثية واحدة من جيل إلى آخر عن طريق الأمشاج – أى تورث كصفة وراثية واحدة .

•لا تبقى الجينات المحمولة على نفس الكروموسوم مترابطة إلا إذا كانت الجينات قريبة جداً من بعضها على نفس الكروموسوم.

•الأرتباط التام يؤدى إلى ثبات توارث الجينات. وبالتالى ثبات في توارث الصفات الوراثية مثلا لو أن هناك مجموعة من الصفات السائدة عند الأب فيظهر جميع الأبناء يحملون نفس الصفات.

٢- **العبور (الارتباط غير التام) Crossing over**: هي حالة وراثية لا تبقى فيها الجينات المرتبطة على نفس الكروموسوم مرتبطة دائماً بل تنفصل عن بعضها وتنتقل من كروموسوم إلى الكروموسوم النظير نتيجة العبور الذى يحدث أثناء الانقسام الأختزالي وتكوين الأمشاج فتظهر على الأبناء صفات جديدة. أو يمكن تعريفها هي عملية حدوث تبادل مادي بين اجزاء الكروموسومات المتماثلة أو المتقاربة غير الشقيقتين.

أثناء انقسام الكروموسومات طوليا إلى كروماتيدات بنفس الوقت يحصل انكسار الكروماتيدات غير الشقيقة في مواضع متقابلة تماما والذي يعود لنشاط الانزيم النووي المعروف Endonuclease ثم تلتحم سطح الكسور بحيث تتبادل الكروماتيدات

غير الشقيقة اجزاء مع بعضها يحدث بفعل الانزيم المعروف Ligase وتنتج عن ذلك تكون كيازامات (التصالب) Chiasma وهي أشكال حليبية او أشكال حرف X وتعتبر المظهر الخلوي أو مناطق لحدوث التبادل او العبور. بينت دراسات عديدة أن كل وحدة ثنائية لابد وان يحدث فيها كيازما واحدة على الاقل. وقد يحدث اكثر من تبادل واحد وقد يصل عدد الكيازمات بالكروموسوم الواحد إلى عشرة او اكثر ويحدث التبادل بين كروماتيدين فقط من الاربع كروماتيدات او قد يتكرر التبادل بين كروماتيدين ذاتها.

يحدث العبور فى الطور التمهيدى الأول من الانقسام الأختزالي ويحدث كالأتى :

* فى الطور التمهيدى الاول تتقارب أزواج الكروموسومات المتماثلة وتكون الرباعى حيث يظهر كل زوج كأربعة كروماتيدات ملتفة. تتكون الكيازما عند كل نقطة من نقط الالتفاف بين الكروماتيدات الداخلية وهى مناطق قد يحدث عندها كسر فتتبادل الكروماتيدات الداخلية (غير الشقيقتين) بعض القطع الكروماتيدية بما عليها من جينات بما يعرف بالعبور. فى الطور الانفصالى الثاني ينفصل زوج الكروموسومات المتماثل بعد حدوث العبور . ينشق السنترومير وينفصل كل كروماتيد إلى كروموسوم .

أهمية العبور : تتمثل فى

١-يعمل على زيادة فرص التنوع فى الصفات الوراثية بين أفراد النوع الواحد مما يساعد على بقائها وتطورها .

٢- يفيد فى عمل الخرائط الكروموسومية أو الوراثة (Genetic maps).

ملحوظة هامة : العبور يحدث فى أناث الدروسوفيلا الهجينية دون الذكور فحتى لو كان الذكر هجين لا يحدث به عبور

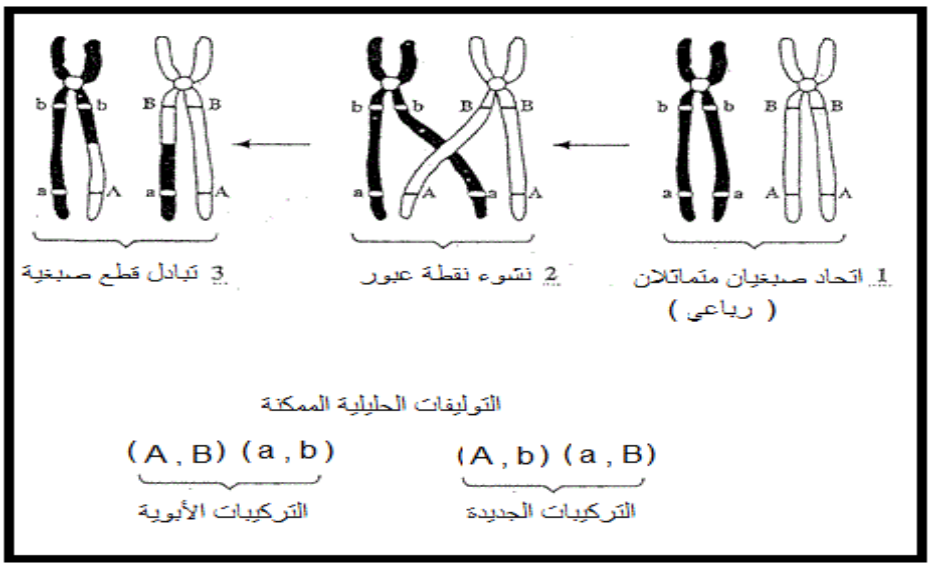
ملاحظات :

١- العبور هو عبارة عن ارتباط غير تام ينتج عنه تغير فى الصفات الوراثية ولكن بنسب محدودة.

٢- قد يحدث أحيانا اكثر من عبور واحد على نفس الكروموسوم .

٣- هناك علاقة طردية بين نسبة العبور والمسافة بين الجينات على الكروموسوم أي كلما نقصت المسافة بين الجينات المرتبطة قلت نسبة العبور والعكس صحيح .

٤- لو حدث العبور بين كروماتيدين بهما نفس الجينات كما فى حالة الجينات السائدة أو الجينات المتنحية كما فى الأفراد النقية – فلا يترتب على ذلك العبور أى تغير فى النسب الناتجة .



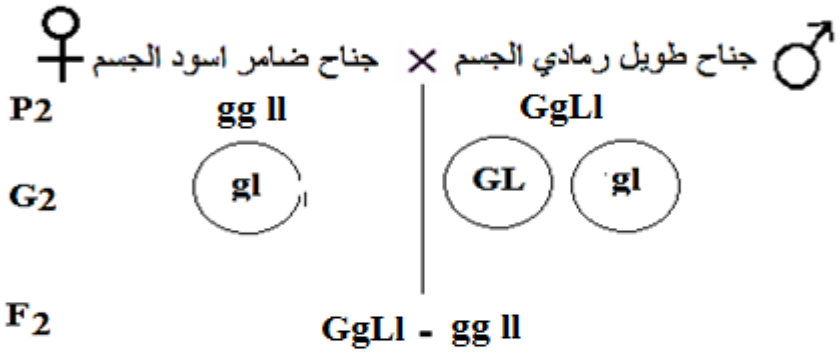
صورة توضح الية العبور للأليلات بين الكروموسومات المتقاربة

مثال : أجري تهجين بين سلالتين صافيتين من ذبابة الخل طويلة رمادية مع ضامرة سوداء كان الجيل الأول كله طويل الاجنحه رمادي لون الجسم. علما ان يرمز لطويل الجناح السائد L وللضامر المتنحي l في حين يرمز لأليل الجسم الرمادي السائد G و الأليل اللون الاسود المتنحي g.

الحل/

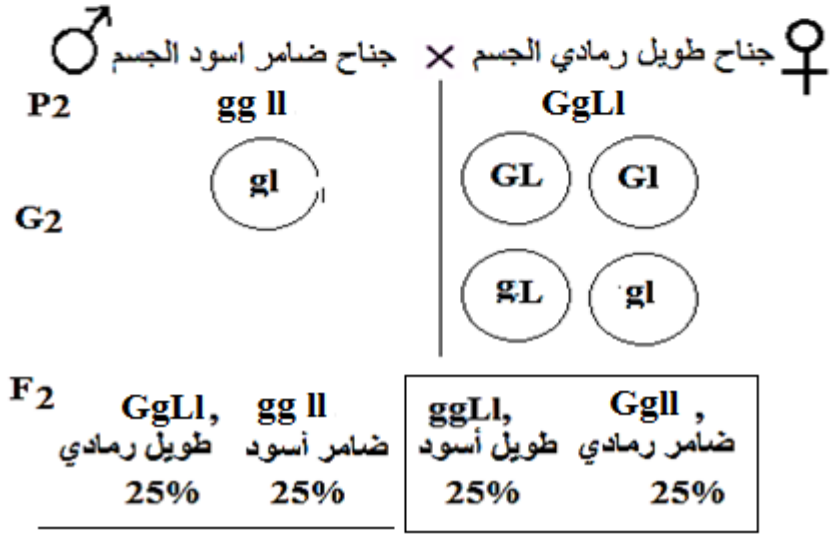
100% جناح طويل رمادى الجسم

أ ـ تلقيح ذكر من الجيل الأول مع انثى من الاباء



50% طويل رمادي و 50% ظامر أسود

ب- تلقيح أنثى من الجيل الأول مع ذكر من الأباء



الخارطة الوراثية Genetic map

هي مخطط يمثل ترتيبا خطيا يمثل مواقع الجينات على الكروموسوم. حيث يتم اعتماد ورسم هذه الخريطة على نسبة تكرار التراكيب الجديدة التي تعتمد على المسافة بين الجينات . كلما زادت المسافة بين الجينات كلما زادت التراكيب الجديده وتتكرر عملية العبور.

أستفاد أحد طلبة العالم مورغان من تقارب الجينات على الكرموسوم الواحد بحيث اذا قلت المسافة بين الجينات المتقاربة قل معدل حدوث عملية العبور والعكس صحيح.

لمعرفة المسافة بين جين واخر على نفس الكروموسوم يلزمنا معرفة نسبة تكرار عملية العبور بينهما. لأن نسبة تكرار عملية العبور هي نفسها المسافة بين الجينين على هذه الكروموسوم وتقاس المسافة بين الجينات بوحدة سنتيمورغان تكريما للعالم مورغان او تسمى بوحدة خريطه.

ان المسافة بين الجين B و الجين R في الشكل ادناه تساوي ٦ سنتيمورغان و كذلك تمثل النسبة المئوية من الطول الكلي للكروموسوم وكذلك تمثل النسبة المئوية للعبور في هذا المثال تكون نسبة العبور ٦ % اذن ستكون نسبة الارتباط ٩٤% حس المعادلة منطقة الارتباط % = ١٠٠ - منطقة العبور.

اما اذا كان هناك أكثر من جين حصلت له عملية العبور فتجمع المسافة بين الجينات وتعتبر مسافة كلية لمنطقة العبور وتعتمد كنسبة مئوية من جسم الكرموسوم مثلا: هناك ثلاثة جينات B,R,S, وكانت المسافة بين R و B تساوي ٦ سنتيمورغان و المسافة بين Rو S تساوي ١٠ سنتيمورغان اذن مجموع منطقة العبور تساوي ١٦ سنتيمورغان وبذلك تكون ١٦ % من جسم الكرموسوم يضم منطقة عبور و منطقة الأرتباط تساوي ٨٤%.

مثال : يوضح الجدول الاتي الاعداد المتوقعه والفعلية الناتجه من حدوث تلقيح اختباري لأنثى ذبابة فاكهة رمادية اللون طويلة الأجنحه.

الطراز المظهري	الطراز الجيني	الاعداد المتوقعه	الاعداد الناتجه
رمادية اللون طويلة الأجنحه	AaBb	500	582
رمادية اللون ضامرة الاجنحه	aaBb	500	724
سوداء اللون طويلة الاجنحة	Aabb	500	483
سوداء اللون ضامرة الاجنحة	aabb	500	211

١- ماهي الطرز الجينية لأنثى الذبابة ؟

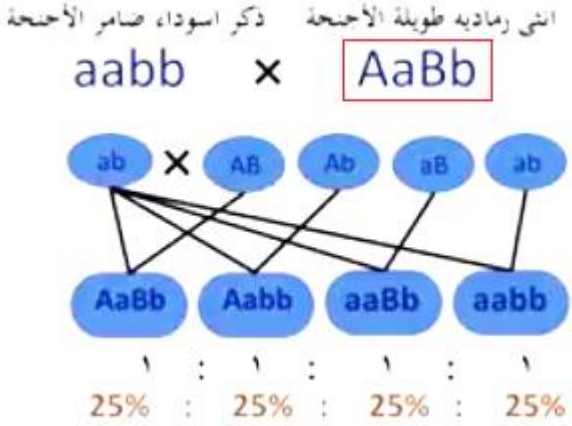
٢- ماهي الطرز المظهرية المتوقعه لجيل الأبناء؟

٣- ما هي الطرز المظهرية الجديدة الناتجة في الأبناء؟

٤- ما النسبة المئوية للطرز المظهرية الابوية الناتجة في الأبناء؟

الحل:

١- بما ان كل الطرز قد ظهرت في اربع ابناء اذن الطراز المظهري للأم **AaBb**



٢- الطرز المظهرية المتوقعة للأبناء هي AaBb, Aabb, aaBb, aabb بنسبة ٢٥ % لكل طرز مظهري

٣- الطرز المظهرية الجيدة في الابناء هي aaBb و Aabb

(ويقصد بالطرز المظهرية الجديده في الابناء هي تلك الطرز التي لم تكون في احد الابوين وعادة هذه الطرز تنتج من خلال عملية العبور ولو كان الابناء يشبهون الاباء تماما فنستدل بذلك لم تحصل عملية عبور ونسبة الارتباط ١٠٠%).

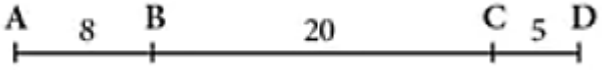
٤- الطرز المظهرية للاباء الناتجة في الابناء يمكن حسابها من خلال المعادلة التالية :

$$\text{مجموع الطرز الأبوية} \times 100 = \frac{\text{مجموع الطرز الأبوية}}{\text{مجموع الطرز الكلي}}$$

مجموع الطرز الابوية في **AaBb** و **aabb** = **582** و **211**

$$\% \ 39.65 = \ 100x \ \frac{582 + 211}{724+483+582 + 211} =$$

سؤال: يمثل الشكل المقابل خريطة جينية لأربعة جينات (A, B, C, D) والمسافة بينهما. ما نسبة الأرتباط بين الجيني (B) و (D)؟

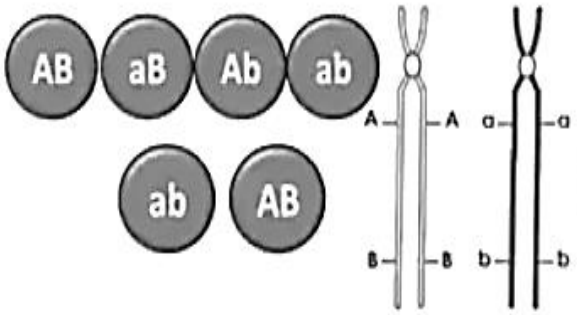


الحل : نسبة العبور بين جين B وجين D = 5+20= 25 %

اذن الارتباط = 100– نسبة العبور

الارتباط = 100– 25 = 75%

يمثل الشكل المقابل كروموسومات متماثلة لأنثى ذبابة الفاكهة تحمل زوجين من الجينات لصفتي لون الجسم (رمادي أو أسود) و شكل الأجنحة (طويلة أو ضامرة).



أ. كم عدد الأمشاج المختلفة الناتجة من الانقسام الاختزالي للكروموسومات في الحالتين الآتيتين:

١- عند حدوث عملية عبور: 4

٢- عند عدم حدوث عملية عبور: 2

ب. افترض عدم حدوث عملية عبور للكروموسومات المتماثلة وحدث تلقيح اختباري لهذه الذبابة.

١- اكتب الطرز الجينية للآباء. aabb × AaBb

٢- اكتب الطرز الجينية للأبناء. ab ab AB

aabb AaBb

٣- ما نسبة الطرز المظهرية للأبناء؟

رمادي اللون طويل الأجنحة ٪50

اسود اللون ضامر الأجنحة ٪50