

الارتباط والعبور الوراثي ورسم الخرائط الوراثية

الارتباط والعبور Linkage and Genetic Crossing

من خلال دراستنا السابقة تبين لنا أن الجينات التي تحدد صفات الفرد تكون محمولة على الكروموسومات، وبما أن عدد الكروموسومات يكون محدود في خلايا الكائنات الحية، إذاً لابد أن يحتوي الكروموسوم على أعداد كبيرة من الجينات، فمثلاً في ذبابة الفاكهة نجد أربعة أزواج من الكروموسومات بينما يبلغ عدد الجينات التي تحملها حوالي عشرة آلاف جين. وبما أن الجينات واقعة على الكروموسومات فإذن لابد من وجود أنظمة معينة تحدد علاقة الجينات مع بعضها خلال عملية الانقسام الاختزالي وانعزال العوامل الوراثية.

وهناك ثلاث حالات من العلاقات بين الجينات مع بعضها اثناء الانعزال وهي:

1. حالة الانعزال الحر: هذه الحالة هي كما جاء بها قانوني مندل الأول والثاني، حيث أن الجينات المختلفة والمتعلقة كل منها بصفة معينة تكون واقعة على كروموسومات مختلفة وعليه فإنها تتوزع توزيعاً حراً طبقاً لقوانين مندل في التوزيع الحر، وللكشف على هذه الحالة فإننا نستخدم التلقيح الاختباري للجيل الأول مع الأب المتنحي، فإذا حصلنا على أربعة أشكال مظهرية وبنسبة 1:1:1:1 فيعني ذلك أن هذه الجينات تتوزع توزيعاً حراً وتخضع لقوانين مندل.

كما هو موضح أدناه: أي نحصل على أربعة أشكال مظهرية وبنسب متساوية:

$$P_1: AA BB \times aa bb$$



$$G_1: (A)(B) \times (a)(b)$$



$$F_1: Aa Bb$$

$$P_2: Aa Bb \times aa bb \text{ تلقيح اختباري مع الأب المتنحي}$$



$$G_2: (AB),(Ab),(aB),(ab) \quad (ab)$$

$$\text{الجيل الاختباري : } AaBb : Aabb : aaBb : aabb$$

$$1 : 1 : 1 : 1$$

الجينات الموجودة على كروموسومات مختلفة تتوزع مستقلة معطية نسبة التلقيح الاختباري

$$.1:1:1:1$$

2. حالة الارتباط التام بين الجينات:

وهي أن تنتقل الجينات المرتبطة مع بعضها ارتباطاً تاماً دون أن تنتزع توزيعاً حراً. أي أن الجينات واقعة على نفس الكروموسوم فهي تنتقل معاً من جيل لآخر دون انفصال. كما في المثال التالي:

$$\begin{array}{r} \text{P1: } \text{A B} \times \text{a b} \\ \hline \hline \text{A B} \times \text{a b} \end{array}$$

$$\text{G1: } \underline{\text{A B}} \quad \underline{\text{a b}}$$

$$\text{F1: } \begin{array}{r} \text{A B} \\ \hline \hline \text{a b} \end{array}$$

تلقيح اختبري مع الأب المتحي ← $\text{A B} \times \text{a b}$

$$\begin{array}{r} \hline \hline \text{a b} \quad \text{a b} \end{array}$$

$$\text{G: } \text{A B} \text{ (a b)} \quad \text{(a b)}$$



$$\begin{array}{r} \text{A B} \quad \text{a b} \\ \hline \hline \text{a b} \quad \text{a b} \\ \text{1 : 1} \end{array}$$

وللكشف عن حالة الارتباط التام فإننا نعمل تضريب اختبري للجيل الأول مع الأب المتحي فإذا حصلنا على شكلين مظهرين فقط وبنسبتين متساويتين أي (1:1) فإن ذلك يعني وجود ارتباط تام بين ذلك الزوج من الجينات كما موضح في المثال أعلاه.

إذاً الجينات المرتبطة لا تنتزع مستقلة، ولكنها تميل للبقاء مع بعضها بالتوافق نفسها كما كانت موجودة في الآباء؛ ويمكن أن تؤخذ الانحرافات الكبيرة عن نسبة 1 : 1 : 1 : 1 في نسل التلقيح الاختبري كدليل على وجود ارتباط. إلا أن المورثات المرتبطة لا تبقى معاً دائماً، لأن الصبغيات المتناظرة غير الشقيقة، قد تتبادل قطعاً بأطوال مختلفة بعضها مع بعض أثناء الدور الأول للانقسام الاختزالي (I).

3. حالة الارتباط غير التام بين الجينات **Linkage Incomplete**:

إن الكروموسومات غالباً لا تنتقل سليمة بكامل جيناتها الى الجاميطات أي أن الارتباط التام بين الجينات يكون نادراً في الكائنات التي تتكاثر جنسياً، و أول من لاحظ هذه الظاهرة هو العالم موركان عند دراسته لصفتين في الدورسوفيللا، ينتج الارتباط غير التام إذا كان الجينان على كروموسوم واحد وحدث عبور بين أزواج الكروموسومات المتناظرة في المسافة بين الجينين ويمكن الكشف على هذه الحالة من خلال اجراء تضريب اختباري للجيل الأول مع الأب المتنحي فإذا حصلنا على أربعة أشكال مظهرية على شرط أن لا تكون متشابهة أي لا تخضع للنسبة (1:1:1:1) فعند ذلك يكون الارتباط غير التام.

ومثال على ذلك: في نبات الذرة: وجد أن أليل الحبوب الملونة (C) سائد على أليله عديم اللون (c) وأليل الحبوب الممتلئة (S) سائد على أليل الحبوب المجعدة (s). وعند تضريب نبات ذات حبوب ملونة ممتلئة مع نبات عديم اللون وبذوره مجعدة كانت نباتات الجيل الأول كلها ذات حبوب ملونة ممتلئة، وعند تلقيح الجيل الأول اختبارياً مع الأب المتنحي للصفتين أمكن الحصول على أربع أشكال مظهرية وبنسب مختلفة وبهذا فلم تتحقق النسبة المندلية (1:1:1:1) وعليه فإن الارتباط في هذا المثال هو ارتباط غير تام . كما هو موضح أدناه:

$$\begin{array}{c}
 P_1: \quad \frac{CS}{\quad} \times \frac{cs}{\quad} \\
 \quad \quad \quad \frac{CS}{\quad} \quad \frac{cs}{\quad} \\
 \quad \quad \quad \text{عديم اللون مجعد البذور} \quad \text{ملون ممتلئ البذور} \\
 \downarrow \\
 F_1: \quad \frac{CS}{\quad} \times \frac{cs}{\quad} \\
 \quad \quad \quad \frac{cs}{\quad} \quad \frac{cs}{\quad} \\
 \quad \quad \quad \text{عديم اللون مجعد البذور} \quad \text{ملون ممتلئ البذور} \\
 \downarrow \\
 \begin{array}{cccc}
 \frac{CS}{\quad} & \frac{Cs}{\quad} & \frac{cS}{\quad} & \frac{cs}{\quad} \\
 \frac{CS}{\quad} & \frac{Cs}{\quad} & \frac{cS}{\quad} & \frac{cs}{\quad}
 \end{array}
 \end{array}$$

عديم اللون مجعد : عديم اللون ممتلئ : ملون مجعد : ملون ممتلئ
 % 22.48 % 1.82 % 1.78 % 48.18

بعد أن اوضحنا علاقة الجينات مع بعضهما نتطرق الآن لتوضيح بعض المفاهيم حول الارتباط **Linkage** ، لقد تطورت دراسات الخلية بشكل كبير بعد اكتشاف قوانين مندل لاسيما ملاحظة سلوك الكروموسومات المنتظم سواء في الانقسام الاختزالي ام الخيطي، ومن ملاحظات ودراسات العلماء Sutton (1903) و Morgan (1910) و Bridges (1916) اتضح أن الجينات محمولة فعلا على الكروموسومات ولا بد أن تكون وراثتها وانتقالها من جين إلى آخر مماثلة لوراثة الكروموسومات، وإن أي كائن حي لا بد أن يحمل عدد من الجينات أكبر بكثير جداً من عدد أزواج الكروموسومات التي يحملها.

إن المجموعة الارتباطية **Linkage group** هي عبارة عن كل الجينات المحمولة على كروموسوم واحد، وتنتقل هذه المجموعة الارتباطية كوحدة مستقلة واحدة دائماً من جيل لآخر إلا في الحالات التي يحدث فيها العبور **Crossing over** . وإن عدد المجاميع الارتباطية في أي كائن حي يساوي العدد الأحادي **Monoploid** لكروموسومات ذلك الكائن الحي كحد أعلى.

الجينات المرتبطة: لاحظ كل من العلماء Punnett و Bateson (1906) عند تهجين سلالتين من البازلاء الحلوة تختلفان بزوجين من الصفات المتضادة أن النتائج المشاهدة للنسب المظهرية في الجيل الثاني لا تتفق مع ما وجده مندل (1:3:3:9) أي التوزيع الحر. وهذا ما وجده ايضا العالم Morgan والعاملين معه (1910-1915) من أن مبدأ الانعزال الحر لا ينطبق على بعض التهجينات في الدورسوفيليا فقد اتضح بقاء التراكيب الأبوية مرتبطة بنسبة عالية وتنتج تراكيب جديدة بنسبة واطئة. ومن هذه الدراسات أسست جماعة Morgan نظرية الارتباط والعبور على أسس خلوية ثابتة. وهذه الدراسات دعمت نظرية الكروموسومات ودورها في الوراثة وقادت إلى إعداد الخرائط الوراثية التي صورت العلاقة بين الجينات والكروموسومات.

إذاً **الارتباط:** هو ميل الجينات غير الأليلية الواقعة على نفس الكروموسوم أو نفس المجموعة الارتباطية للبقاء معاً بنسبة أعلى مما يتوقع في الانعزال الحر. وترتبط الجينات غير الأليلية بسبب وقوعها على نفس الكروموسوم لذا تحاول أن تبقى معاً خلال الانقسام الاختزالي وتدخل نفس الجاميط. وفي حالة بقاء الجينات معاً على نفس الكروموسوم يحدث الارتباط التام ال **Complete linkage** اما اذا حدث عبور بين ازواج الكروموسومات المتناظرة فينتج عنه

الارتباط غير التام **Incomplete Linkage**

اذن الارتباط التام يحصل عندما تكون الجينات متقاربة جداً وواقعة على كروموسوم واحد وتنتقل معاً على الدوام من جيل الى آخر ومثال على ذلك في الدورسوفيللا: عند تضريب حشرة تحمل جينين طافرين على الكروموسوم الرابع ومسؤولين عن ظهور صفة الاجنحة المتحنية و الشعيرات المحلوقة ويرمز لها $bs | bs$ مع ذبابة طبيعية $++$ تكون النتائج كمايلي:

$$\begin{array}{r}
 P_1: \quad \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \times \frac{++}{\underline{\hspace{1cm}}} \\
 \qquad \qquad \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \quad ++ \\
 \qquad \qquad \text{متحنية ومحلوقة} \quad \text{طبيعية} \\
 \qquad \qquad \downarrow \\
 F_1: \quad \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \\
 \qquad \qquad \downarrow \\
 \text{نجري تهجين اختباري مع الاب المتحني} \quad ++ \\
 \qquad \qquad \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \times \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \text{ متحنية ومحلوقة} \quad \text{طبيعية} \\
 \qquad \qquad \frac{++}{\underline{\hspace{1cm}}} \times \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \\
 \qquad \qquad \downarrow \\
 \text{F: الاختباري} \quad \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} : \frac{bs}{\underline{\hspace{1cm}}} \text{ طبيعية} \\
 \qquad \qquad \frac{++}{\underline{\hspace{1cm}}} : \frac{++}{\underline{\hspace{1cm}}} \\
 \qquad \qquad 1 : 1 \\
 \qquad \qquad 50\% : 50\% \quad \text{أو}
 \end{array}$$

ملاحظة: رغم وجود صفتين إلا أن هذا التهجين لم يخضع لقوانين مندل في التوزيع الحر ولم يعطي إلا شكلين مظهريين مما يدل على أن الارتباط قوي بين الجينات وهو ارتباط تام لأنه يوجد شكلين مظهريين وبنسبتين متساويتين (1:1) كما مر معنا سابقاً.

العبور الوراثي Crossing over

يلعب العبور دوراً بالغ الأهمية في التطور، ويعد العبور والتوزيع الحر من أكثر الآليات أهمية لإنتاج اتحادات جديدة من الجينات ويعمل الانتخاب الطبيعي على حفظ تلك التركيب التي تنتج كائنات تمتاز بأعلى درجات الموائمة والتي تمنح الكائن الحي أعلى فرص البقاء والاستمرار العبور الوراثي: هو تبادل بين أجزاء الكروماتيدات الداخليه للكروموسومات المتماثله و يحدث في الطور التمهيدي الأول للانقسام الميوزي و ينتج عنه تغير في الصفات الوراثيه (التنوع

الوراثي) وهو ارتباط غير تام ينتج عنه تغير في الصفات الوراثية بنسب محدودة تتناسب مع المسافة بين الجينات على الصبغي.

أهميه العبور الوراثي :

زيادة فرص التنوع في الصفات الوراثية بين افراد النوع الواحد مما يساعد على بقائها وتطورها يفيد في عمل الخرائط الصبغية

خطوات العبور

* قبل ان تبدأ الخلية في الانقسام تتضاعف مادة الصبغيات (في الطور التحضيري)

(1) ازدواج وتجاور الصبغيات المتماثلة (في الطور التمهيدي 1) فيظهر كل زوج منها مكونا (ما يعرف بالرباعي) لانه يتكون من اربعة كروماتيدات ملتفة وكل نقطة من نقاط الالتفاف او التصالب بين الكروماتيدات الداخلية تسمى كيازما وهي مناطق يحدث بها كسر

(2) يحدث عبور وتبادل قطع بين الكروماتيدات الداخلية بما عليها من جينات (الكروماتيدات الداخلية الغير شقيقة)

(3) انفصال ازواج الصبغيات المتماثلة في الطور الانفصالي (1) (دون انقسام السنتروميير)

(4) انفصال الصبغيات الى كروماتيدات بسبب انقسام السنتروميير وتوزيعها على الامشاج عشوائيا (خلال الطور الانفصالي (2))

* الكروماتيدات الداخلية التي حدث بها تبادل للجينات تسمى كروموسومات جديدة او ترتيبات جديدة

* بينما الكروماتيدات الخارجية التي لم يحدث بها عبور تسمى كروموسومات ابوية (حيث تحمل نفس تتابع الجينات الموجودة في كروموسومات الآباء)

* قد يحدث اكثر من عبور على نفس الصبغي

* قد يحدث عبور بين كروماتيدين لهما نفس الجينات فلا يترتب على ذلك العبور تغير في النسب ولا يؤدي الى تغير في الصفات الوراثية (كما في حالة الجينات النقية او المتنحية)

الرباعي : هو ظهور كل زوج من الصبغيات مكونا من اربعة كروماتيدات مستوية (في الطور التمهيدي (1) من الانقسام الميوزي)

الكيازما **chiasma**: كل نقطة من نقاط الالتفاف او التصالب بين الكروماتيدات الداخلية للصبغيات المتماثلة وهي مناطق يحدث بها كسر. وهي أشكال حلبيية او أشكال حرف X وتعتبر المظهر الخلوي لحدوث التبادل او العبور.

ويمكن تلخيص أهم خصائص مفهوم العبور الوراثي بالاتي:

1. يطلق على مكان وجود الجين على كروموسوم معين اسم Locus والجمع Loci وتترتب مواقع الجينات على الكروموسومات في تتابع طولي، ويطلق أحياناً على مجموعة الجينات المتجاورة والتي تربطها علاقة وظيفية اصطلاح الموقع Locus.
 2. يشغل أليلي الجين في التركيب الوراثي الخليط أماكن متطابقة على الكروموسومين النظيرين، اي ان الاليل A يشغل نفس المكان على الكروموسوم (1) والذي يشغله الاليل a على الكروموسوم النظير (2).
 3. يتضمن العبور كسر لكل من الكروموسومين النظيرين ويتبادل الاجزاء فيما بينهما.
 4. يحدث العبور أثناء تلاصق الكروموسومات المتناظرة في الدور التمهيدي الأول Prophase من الانقسام الميوزي.
 5. تتكون الكروموسومات ذات الاتحادات الوراثية الجديدة بالنسبة للجينات المرتبطة كنتيجة لحدوث العبور في المناطق بين موقعين.
 6. يزداد احتمال حدوث العبور بين الموقعين بزيادة المسافة بينهما على الكروموسوم.
- اذن فالعبور يحدث بعد عملية اسنساخ او تضاعف الكروموسومات أثناء الانقسام الاختزالي، أي بعد أن يصبح كل كروموسوم عبارة عن كروموتيدتين شقيقتين ومتطابقتين، وبعد أن تتزاوج الكروموسومات المتناظرة يحدث العبور بين الكروماتيدات غير الشقيقة. **وتتضمن هذه العملية** على كسر وإعادة الالتحام لاثنتين فقط من الخيوط الأربعة عند أية نقطة على الكروموسومات. لذلك إن اثنتين من الكروماتيدات الناتجة من الانقسام الميوزي وهي الكروماتيدة AB والكروماتيدة ab مثلاً تكون فيها الجينات مرتبطة بنفس التسلسل كما كانتا في الكروموسومات الأبوية، ويطلق على هذه الكروماتيدات التي لم تشترك في العبور بالكروماتيدات الأبوية او اللا عبورية.
- من هنا يتضح أن التراكيب الأبوية الجديدة مضمونة بنسبة لا تقل عن 50% لأن اثنتين من أربع كروماتيدات لم يحصل فيها عبور. أما الكروماتيدتين الأخريين aB و Ab اللتان نشأتا من العبور الوراثي قد شكلتا اتحادين جديدين من العلاقات الارتباطية وتسمى بالاتحادات العبورية أو الطرز العبورية، والارتباطات الناشئة الجديدة تكون على شكلين:

1- الدور التجاذبي (Coupling) (AB / ab) : حيث يكون الأليلان السائدان على كروموسوم (AB) والأليلان المتنحيان (ab) على الكروموسوم الآخر فيطلق على العلاقة الارتباطية الدور التجاذبي.

2- الدور التنافري (Repulsing) (Ab / aB) : حيث يحتل الأليل السائد لموقع وراثي والأليل المتنحي للموقع الآخر على نفس الكروموسوم أي aB على كروموسوم و Ab على الكروموسوم الآخر.

تكرار الكيازما (تكرار التصالبات) Chiasma Frequency ورسم الخرائط الوراثية:

تعرف الكيازما بأنها نقطة التبادل الوراثي، إذ يتكون الزوج الكروموسومي المتلاصق (الوحدة الثنائية) من أربعة كروماتيدات تسمى الرباعيات Tetrad ولا بد لكل رباعية من كيازما واحدة على الأقل في مكان ما على طولها، وكلما زاد طولها على الكروموسوم زاد عدد الكيازما. وكلما زادت المسافة بين الجينات على الكروموسوم كلما زاد احتمال حدوث كيازما بينهما وبالعكس كلما اقترب الجينين من بعضهما كلما قل احتمال حصول كيازما بينهما، ويمكن الاستفادة من حدوث الكيازما في التنبؤ بنسب الجاميطات الأبوية والعبورية المتوقع أن ينتجها تركيب وراثي معين. وتعتبر نسبة الجاميطات العبورية أي الاتحادات الجديدة الناتجة من تركيب وراثي معين كنتيجة للعدد الذي تتكون به الكيازما بين الجينات (أي عدد الكيازما).

وسندرس ذلك بشيء من التفصيل: إن الجينات المرتبطة تنفصل أحيانا ولا تظل معاً في جميع الحالات أي لا يوجد ارتباط تام ولذلك فجينات لون الحبوب الملونة والحبوب الممتلئة S في الذرة تظل معاً. كما في الاتحادات الابوية حوالي 97% من الجاميطات ولكنها تنفصل عن بعضها في حوالي 3% وقد عزى موركان الاتحادات الجديدة للجينات المرتبطة لحدوث تبادل مادي بين اجزاء الكروموسومات المتماثلة وهي العمليات التي تعرف بـ (العبور) Crossing over وقد دل تتبع الكروموسومات اثناء الانقسام الاختزالي تحت المجهر على حدوث ظاهرة تفسير انفصال الجينات المرتبطة ففي اواخر الدور الضام pachytene من التمهيدي الاول prophase للانقسام الاختزالي الاول ينقسم كل كروموسوم إلى كروماتيدين Chromatids فيتكون الوحدة الثنائية bivalent وبذلك تكون مكونة من 4 كروماتيدات وتعرف هذه المرحلة بالمرحلة الرباعية الخيوط Strand stage 4 مع انقسام الكروموسومات طولياً إلى كروماتيدات بنفس الوقت يحصل انكسار الكروماتيدات غير الشقيقة في مواضع متقابلة تماماً 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 كيازمات chiasma وهي أشكال حلبيية او أشكال حرف X وتعتبر المظهر الخلوي لحدوث التبادل او العبور.

وبصورة عامة كلما كان طول الكروموسوم اكبر كلما كان عدد الكيازمات اكبر ويكون لكل نوع من الكروموسومات ضمن النوع الواحد خصائص مميزة وعدد معين من الكيازمات. وان لحدوث الكيازمات بين مواقع جنينية معينة واحتمالات معينة وكلما كان الجينات متباعدين على الكروموسوم كلما كان هناك احتمال اكبر لحصول الكيازما بينهما وعكس ذلك كلما كان الجينين متقاربين كلما قل حدوث الكيازمات وان معرفة تكرار الكيازمات مفيد لمعرفة نسبة الجاميطات

التي لها نفس التركيب الوراثي الجديد علاقة مباشرة مع تكرار حدوث الكيازما في الجاميطات وعند حدوث عملية العبور الوراثي بين الجينات نستطيع التعرف على الاتحادات الجديدة. وعند حدوث العبور لا تنتقل الكروموسومات او كروماتيدات كوحدة سليمة بل تنتقل بعد حدوث تبادل الكروموسومات الابوية منها. وفي النهاية فان الكروموسومات الجديدة التي تمر للجاميطات بعد انتهاء عملية الانقسام الاختزالي هي ليست نفس الكروموسومات التي توجد في الاصل قبل الانقسام ولكن هي حاملة للجينات التي كانت في الاصل محمولة على الكروموسومين المتماثلين. وبهذه الحالة فان الكروماتيدات او الكروموسومات العبورية هي التي تتبادل اجزاء بمثل هذه الطريقة والجاميطات التي تمر اليها الكروموسومات هذه هي تسمى جاميطات عبورية والكروموسومات الاخرى التي لم يتم التبادل بين اجزاء مع غيرها فتسمى بالكروموسومات غير العبورية .

بينت دراسات عديدة أن كل وحدة ثنائية لابد وان يحدث فيها كيازما واحدة على الاقل. وقد يحدث اكثر من تبادل واحد وقد يصل عدد الكيازما بالكروموسوم الواحد إلى عشرة او اكثر ويحدث التبادل بين كروماتيدين فقط من الاربع كروماتيدات او قد يتكرر التبادل بين كروماتيدين ذاتها. وكذلك قد تشترك الكروماتيدات المختلفة في عمليات التبادل بطرق مختلفة وبالرغم من عمليات تعدد العبور واشترك اكثر من كروماتيدين فيها فان العبور عند نقطة معينة بالذات على الكروموسوم يتم دائما بين كروماتيدين فقط من الاربع كروماتيدات وبطبيعة الحال يحدث الكسر في المناطق الواقعة بين الجينات وإذا حصل العبور الوراثي خارج منطقة الجينات المأخوذة بنظر الاعتبار ولنفرضها الجينات B,A فلا نستطيع الحصول على الاتحادات الجديدة بين هذه الجينات.

ملاحظة:

عدد الكيازما = $1/2$ عدد الجاميطات العبورية.

او نسبة الكيازما (نسبة التصالب %) = $2 \times$ عدد النواتج العبورية (%).

المسافة الوراثية = نسبة الكيازما (%).

او تساوي $2 \times$ نسبة النواتج العبورية (%).

وحدة المسافة الوراثية هي سنتي موركان (CMg) CentiMorgan وهي تكافئ 1% عبور

وراثي أي المسافة الوراثية هي نفسها نسبة الكيازما.

لرسم الخرائط الوراثية يجب معرفة مايلي:

مسافة الخريطة: هناك نقطتان رئيسيتان يجب مراعاتها عند رسم الخرائط الوراثية هي:

أ - تحديد تتابع الجينات على الكروموسوم.

ب - تحديد المسافة الوراثية بين الجينات.

مثال: إذا كان التركيب الوراثي Ab / aB بنسبة 8% ناتج من الجاميطات العبورية AB و ab فما هي المسافة بين الجينين A و B ؟
الحل:

المسافة الوراثية = نسبة الكيازما (%).

$$= 2 \times \text{نسبة النواتج العبورية} (\%)$$

$$= 8 \times 2 =$$

$$= 16 \text{ وحدة خريطة او وحدة مسافة.}$$

طريقة رسم الخرائط بثلاث نقاط:

يعتبر مورغان وسترونفان أول من وصفا طريقة لرسم الخرائط الكروموسومية وبطريقة سميت بطريقة الارتباط الثلاثي Linkage point Three وذلك بسبب استعمال ثلاث مواقع جينية (أي ثلاث أزواج من الجينات) معاً.

وعلى ضوء ذلك قسما العبور الوراثي وفي حالة ثلاث أزواج من الجينات إلى :

1. عبور وراثي مفرد في المنطقة الأولى (1) وتشمل aBC و Abc .

2. عبور وراثي مفرد في المنطقة الثانية (2) وتشمل abC و ABc .

3. عبور وراثي مزدوج ويشمل aBc و AbC .

أما التراكيب الأبوية فهي تشمل abc و ABC .

ويمكن التمييز بين النسل الناتج من الاتحادات العبورية عن الاتحادات الأبوية وذلك من معرفة إعداد النسل الناتج من كل منها كالاتي :

1. يكون تكرار الاتحادات الأبوية أعلى من العبورية أي أعلى قيمة في النسل وتكون متقاربة فيما بينها أي أن: ABC و abc لها أعلى قيمة.

2. العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) أقل من الاتحادات الأبوية تكراراً وأكثر من بقية العبورات.

3. العبور الوراثي المفرد في المنطقة (1) أقل من تكرار العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) وأكثر من العبور الوراثي المزدوج.

4. تكرار العبور الوراثي المزدوج أقل من جميع الاتحادات الأبوية والعبورية الناتجة.

مثال: نبات هجين لثلاثة أزواج من الجينات عمل له تلقيح اختباري وكانت كما يلي:

التراكيب الأبوية:

$$345 = ABC|abc$$

$$335 = Abc|abc$$

التراكيب العبورية في المنطقة (2):

$$102 = ABC|abc$$

$$98 = AbC |abc$$

التراكيب العبورية في المنطقة (1):

$$57 = Abc|abc$$

$$43 = Abc|abc$$

العبور المزدوج:

$$9 = AbC|abc$$

$$11 = Abc|abc$$

المطلوب: ارسم الخارطة الوراثية، أي المسافة بين الجينات ABC

الحل:

الخرائط الصبغية (أول من رسمها Morgan) وهي رسم تخطيطي للصبغي يوضح نوع وعدد الجينات والمسافة بين تلك الجينات وترتيبها على هذا الصبغي وهي وسيلة لتوضيح نتائج الارتباط و العبور، ولقياس المسافة بين الجينات نستعمل وحدة CentiMorgan (CMg) ، بحيث أن كل 1CMg = 1% من التركيبات الجديدة.

نسبة العبور = عدد الافراد التي حدث بها عبور $\times 100$ / عدد الافراد الكلية

معدل العبور = ضعف نسبة العبور

$$1. \text{ مجموع التراكيب الوراثية الكلية} = 1000$$

$$\text{نسبة الاتحادات الأبوية} = \frac{335 + 345}{1000} \times 100 = 68\%$$

$$\text{نسبة العبورات في المنطقة 2} = \frac{98 + 102}{1000} \times 100 = 20\%$$

$$\text{نسبة العبورات في المنطقة 1} = \frac{43 + 57}{1000} \times 100 = 10\%$$

$$\text{نسبة العبور المزدوج} = \frac{11 + 9}{1000} \times 100 = 2\%$$

المسافة بين B و A = العبور الوراثي المفرد في المنطقة (1) + العبور الوراثي المزدوج

$$CMg \ 12 = 2 + 10 =$$

المسافة بين B و C = العبور الوراثي المفرد في المنطقة (2) + العبور الوراثي المزدوج

$$CMg \ 22 = 2 + 20 =$$

الخرائط الوراثية تكون:

$$A \quad 12 \quad B \quad 22 \quad C$$

.....

إن رسم الخرائط الوراثية يعتمد على العبور الوراثي الذي يحصل بين أزواج الجينات وبما أن مناطق السنتروميير ونهايات الكروموسومات (التيلومير) هي مناطق ذات حلزنة قوية (هيتروكروماتينية) لا يحصل بها عبور وراثي، إذن الخرائط الوراثية المرسومة والموجودة في المصادر لمواقع هذه الجينات هي تقديرية وليست واقعة 100 % .

التعارض والتوافق : Interference and Coincidence :

التعارض : Interference :

ويعني أن حصول عبور وراثي في منطقة ما يمنع عبور وراثي في منطقة أخرى مجاورة مثلاً العبور بين B و A يمنع حدوث عبور في منطقة D و C

وأسباب التعارض هي:

1. كروماتيدي: هذا النوع من التعارض يؤدي إلى نقص الكروماتيدات التي فيها عبور وراثي بسبب عدم حصول أو منع حصول انكسار والتحام الكروماتيدات.
2. تعارض الكيازما: وهو حصول عبور وراثي في منطقة يمنع حصول عبور وراثي آخر في منطقة أخرى بسبب عدم قدرة الكروماتيدة على الالتحام مرة أخرى.
3. تعارض بسبب شدة الحلزنة: إن هذا التعارض يحصل نتيجة شدة الحلزنة الموجودة في الـ DNA.

التوافق : Coincidence :

ونعني به حصول عبور وراثي في منطقة ما يسمح بحصول عبور وراثي آخر في المنطقة المجاورة.

وفي الحسابات الوراثية دائماً يكون: التعارض + التوافق = واحد

العوامل المؤثرة في العبور الوراثي:

1. الجنس: وهو يؤثر على نسبة العبور، فمثلاً في ذكور الدورسوفيليا تكون العبورات قليلة وكذلك في الأجناس المتبانية الأمشاج تكون النسبة أقل مما هو في الأجناس المتماثلة الأمشاج.
2. عمر الأم: حيث يقل العبور بتقدم عمر الأم.
3. الحرارة: زيادة درجة الحرارة تؤثر على نسبة العبور، والحرارة الأعلى أو أقل من 22م تزيد من نسبة العبور.
4. تأثيرات الغذاء والمواد الكيماوية والإشعاع: مثلاً التركيز العالي للكالسيوم يقلل من نسبة العبور بين الحينات على الكروموسوم X، بينما يزداد العبور عند التعرض للإشعاع.
5. تأثير النمط الوراثي: تختلف نسبة العبور بين جينين معينين باختلاف النمط الوراثي للسلاسل المختلفة.
6. تأثير السنتروميير: حيث يقل العبور قرب مناطق السنترومييرات.

*****انتهت المحاضرة*****