الارتباط والعبور والخرائط الوراثية Linkage , Crossing over and Genetic maps

الارتباط : Linkage

ان الوحدات الوراثية التي تحدد صفات الفرد تكون محمولة على الكروموسومات وان عدد الكروموسومات في اي كائن حي يكون اقل من عدد العوامل الوراثية للفرد الذي يحملها ، ويكون عدد الكروموسومات محدد في خلايا الكائنات الحية ويحتوي الكروموسوم الواحد على اعداد كبيرة من العوامل الوراثية ، وان الجينات الواقعة على الكروموسومات المختلفة تظهر الصفات التي تحددها في الجيل اللاحق اما معاً او بصورة منفصلة ، والصفات السبع التي درسها مندل على نبات البزاليا كانت جميعها ذات انعزال حر بعضها عن البعض الاخر ، وان الجينات المختلفة الواقعة على نفس الكروموسوم تتصل بعضها مع البعض الاخر بقوة ولا تتوزع توزيعاً حراً عند تكوين الكاميتات لذا لا بد من وجود انظمة معينة تحدد علاقة الجينات مع بعضها خلال عملية الانقسام الاختزالي وانعزال العوامل الوراثية

وهنالك ثلاث حالات من العلاقات بين الجينات مع بعظها اثناء الانعزال

1. الارتباط الكامل او التام Complete Linkage

لغرض دراسة الارتباط التام بين الجينات يجب ان تدرس في كائنات حية ينعدم فيها الانعزال الحر بين ازواج الجينات ، وتكون الجينات متقاربة جداً وتنتقل معاً من جيل الى اخر دون ان تتوزع توزيعاً حراً ولا يحصل بينها العبور كما في المثال التالي

$$P1 \quad \frac{A \quad B}{A \quad B} \times \frac{a \quad b}{a \quad b}$$

$$G1 \quad (A \quad B) \qquad (a \quad b)$$

$$F1 \quad \frac{A \quad B}{a \quad b}$$

للكشف عن الحالة يتم التلقيح الاختباري مع الاب المتنحي

$$P2 \quad \frac{A \quad B}{a \quad b} \times \frac{a \quad b}{a \quad b}$$

$$G2 \quad (A \quad B) \qquad (a \quad b) \qquad (a \quad b)$$

$$F2\ \frac{A\ \ B}{a\ \ b}\ :\ \frac{a\ \ b}{a\ \ b}$$

للكشف عن حالة الارتباط التام فاننا نعمل تضريب اختباري لافراد الجيل الاول مع الاب المتنحي فاذا حصلنا على شكلين مظهرين فقط وبنسبتين متساويتين 1:1 فان ذلك يعني وجود ارتباط تام بين ذلك الزوج من الجينات .

المجموعة الارتباطية (الارتباط التام) هو عبارة عن كل الجينات المحمولة على كروموسوم واحد تنتقل كوحدات مستقلة من جيل الى اخر الا في الحالات التي يحدث فيها العبور .

ويحدث الارتباط العام عند ما توجد الجينات بصورة مرتبطة مع بعضها البعض وتنتقل سوية كما في الاباء

مثال/ الكروموسوم الرابع في حشرة الدروسوفلا يحمل الجينات التي تنتج الجناح المنحني وعديم الشعيرات والذي يرمز له بالرمز (bt svn) اما الجناح الطبيعي والذي يحمل الشعيرات يرمز لها (bt^+ svn^+) فعند اجراء تزاوج حشرتين من الدروسوفلا احداهما تحمل الجناح الطبيعي والحاوي على الشعيرات بحشرة اخرى تحمل الجناح المنحني وعديم الشعيرات نحصل على افراد الجيل الاول والتي يكون جميعها طبيعية المظهر الخارجي حاوية على الشعيرات (هجينية التركيب الوراثي) وعند اجراء التضريب الاختباري لافراد الجيل الاول مع الاب الذي يحمل الصفة المتنحية فانه ينتج نوعين من الافراد فرد طبيعي للصفتين لكنه هجين وفرد ذو جناح منحني وعديم الشعيرات ولا نحصل هنا على افراد منحنية الجناح ذو شعيرات او طبيعية الجناح عديمة الشعيرات لوجود الارتباط الكامل وعدم وجود الانعزال الحر بين ازواج الجينات ، والاربتاط الكامل يحصل في حشرة الدروسوفلا عندما تقترن جينات الجناح المنحني وعديمة الشعيرات سوية على نفس الكروموسوم بينما تظهر جينات الجناح الطبيعي والحاوية على شعيرات سويةً على نفس الكروموسوم كما في المثال التالي

P1 $\frac{bt+\ svn+}{bt+\ svn+} \times \frac{bt\quad svn}{bt\quad svn}$

G1 $bt^{+}\ svn^{+}$: bt svn

F1 $\frac{bt+\ svn+}{bt\quad svn}$

حيث ان

bt^{+} تمثل الجناح الطبيعي

svn+ تمثل وجود الشعيرات *في الجناح*

bt *تمثل الجناح المنحني*

svn تمثل عدم وجود الشعيرات *في الجناح*

P2 $\frac{bt+\ svn+}{bt\quad svn} \times \frac{bt\quad svn}{bt\quad svn}$

F2 $\frac{bt+\ svn+}{bt\quad svn}$: $\frac{bt\quad svn}{bt\quad svn}$

مثال/ توجد على المجموعة الارتباطية الثانية (الكروموسوم الثاني) في حشرة الدروسوفلا اليلات سائدة ومتنحية حيث تمثل جينات اللون الاحمر للعيون والجناح الطويل الصفة السائدة والجينات اللون البرتقالي للعيون والجناح المختزل الصفة المتنحية ، فعند تلقيح حشرتين نقيتين احداهما ذات عيون حمراء وجناح طويل بحشرة دروسوفلا اخرى ذات عيون برتقالية وجناح مختزل فتكون جميع افراد الجيل الاول حمراء العيون وطويلة الجناح هجينية والتلقيح الاختباري لهذه الصفة بين افراد الجيل الاول مع الاب المتنحي يعطي ابناء بنسبة فرد واحد نقي للعيون البرتقالية والجناح المختزل كما في التضريب التالي

P1 $\frac{Pr+\ \ Vg+}{Pr+\ \ Vg+} \times \frac{Pr\quad Vg}{Pr\quad Vg}$

F1 $\frac{Pr+\ \ Vg+}{Pr\quad Vg}$

P2 $\frac{Pr+\ \ Vg+}{Pr\quad Vg} \times \frac{Pr\quad Vg}{Pr\quad Vg}$

F2 $\frac{Pr+\ \ Vg+}{Pr\quad Vg}$: $\frac{Pr\quad Vg}{Pr\quad Vg}$

Pr+ عيون حمراء

Vg+ جناح طويل

Pr عيون برتقالية

Vg جناح مختزل

افراد ذات عيون حمراء وجناح طويل

افراد ذات عيون برتقالية وجناح مختزل

اما سبب غياب الانعزال الحر فالمجاميع الارتباطية على الكروموسومات الثانية والرابعة هو لعدم وجود الارتباط التام

2. الارتباط غير التام Incomplete Linkage

ان الكروموسومات لا تنتقل سليمة بكل جيناتها عند توارثها ، فالارتباط التام بين الجينات نادر الحدوث في الكائنات التي تتكاثر جنسياً . وظاهرة الارتباط غير التام واضحة في الذرة الشامية والتي يحدث فيها تراكيب وراثية جديدة لكلا الجنسين مثال ذلك في نبات الذرة وجد ان اليل الحبوب الملونة C سائد على اليله عديم اللون c واليل الحبوب الممتلئة S سائد على اليل الحبوب المجعدة s وعند تضريب نباتات ذات حبوب ملونة وممتلئة مع نبات عديم اللون وبذور مجعدة كانت نباتات الجيل الاول كلها ذات حبوب ملونة وممتلئة وعند تلقيح نباتات الجيل الاول اختبارياً مع الاب المتنحي للصفتين تمكنا من الحصول على اربعة اشكال مظهرية وبنسب مختلفة لكن لم تتحقق النسب المندلية (1:1:1:1) والنتائج على الشكل التالي

حبوب ملونة ممتلئة = CS/cs 4032
حبوب ملونة مجعدة = Cs/cs 149
حبوب غير ملونة ممتلئة = cS/cs 152
حبوب غير ملونة مجعدة = cs/cs 4035
المجموع = 8368

ونلاحظ ان المجموعتين الاولى والاخيرة نسبتها كانت اعلى من المجموعتين الثانية والثالثة وهذا يعني ان التراكيب الابوية (غير العبورية) كانت نسبتها اعلى من التراكيب العبورية

الذي حصل الاتي: التراكيب الابوية 4032 + 4035 = 8067 اي بنسبة 96.4%

التراكيب العبورية : 149 + 152 = 301 اي بنسبة 3.6% ومن هنا يتضح ان زوجي الجينات لا تتوزع توزيعاً حراً كما في المثال التالي

ملون ممتلأ البذور **عديم اللون مجعد البذور**

P1 $\frac{C\ S}{C\ S}$ **X** $\frac{c\ s}{c\ s}$

F1 $\frac{C\ S}{c\ s}$

P2 $\frac{C\ S}{c\ s}$ **X** $\frac{c\ s}{c\ s}$ **تلقيح اختباري**

F2 $\frac{C\ S}{c\ s}$ **:** $\frac{C\ s}{c\ s}$ **:** $\frac{c\ S}{c\ s}$ **:** $\frac{c\ s}{c\ s}$

ملون ممتلأ		**ملون مجعد**	**عديم اللون ممتلأ**		**عديم اللون مجعد**
1	**:**	**1**	**1**	**:**	**1**
4032		**149**	**152**		**4035**

ليس من الضروري ان يكون احد الابوين سائد في الصفتين ويكون الاب الثاني متنحي في الصفتين فعند تلقيح نباتات حبوبها ممتلئة عديمة اللون مع نباتات مجعدة ملونة وتلقح نباتات F1 مع الاب المتنحي للصفتين وجد ان التراكيب الابوية نسبتها اعلى على الرغم من ان هذه التراكيب عكس ما كانت عليه في التجربة السابقة

ملونة ممتلئة = CS/cs 639

ملونة مجعدة = Cs/cs 21379

غير ملونة ممتلئة = cS/cs 21906

غير ملونة مجعدة = cs/cs 672

فهنا يتبين مهما كانت التراكيب الابوية لزوجين من الجينات المرتبطة فان الارتباط يميل لابنائها بنفس النسبة .

في الارتباط غير الكامل لحشرة الدروسوفلا لاحظ العالم موركان عند القيام باجراء تزاوج بين انثى حشرة دروسوفلا ذات عيون حمراء وجناح طويل مع ذكر ذو عيون بيضاء وجناح قصير (متنحية المظهر ومرتبطة بالجنس) فكانت جميع افراد الجيل الاول الاناث هجينية لصفتي العيون الحمراء والجناح الطويل ، اما افراد

الجيل الثاني الذكور الناتجة من اناث الجيل الاول فتكون اما حمراء العيون طويلة الاجنحة او بيضاء العيون قصيرة الاجنحة معتمداً على كروموسوم الجنس X الذي يستلموه من امهم التي هي احد افراد الجيل الاول فهنالك احتمالين

اولاً– اذا كان الارتباط كامل بين الجيل الابيض للعيون وجيل الجناح القصير فالابناء تكون بنفس المظاهر الخارجية للاباء وهما فردان

ثانياً–اما اذا كان الانعزال كامل بين الجيل الابيض للعيون وجيل الجناح القصير الموجودان على كروموسوم الجنس X فأفراد الجيل الثاني من الذكور تظهر فيها اربعة مظاهر خارجية بنسب متساوية . النتائج التي حصل عليها العالم موركان في الجيل الثاني تقع بين حالة ارتباط كامل وانعزال عشوائي كما في التضريبات التالية

اناث ذات عيون حمراء وجناح طويل — ذكور ذات عيون بيضاء وجناح مختزل

P1 $\frac{Wm}{Wm} \times \frac{W+\ \ m+}{W+\ \ m+}$

F1 $\frac{W+\ \ m+}{W\ m}$

اناث هجينية لصفتي العيون الحمراء والجناح الطويل

P2 $\frac{W+\ \ m+}{W\ m} \times \frac{Wm}{Wm}$

لاحظ موركان نتيجة التجربة التي اجراها الاحتمالين التاليين

1.اذا كان الارتباط كامل بين الجين الابيض للعيون وجين الجناح القصير فتكون الافراد الناتجة في الجيل الثاني فردان بنفس المظاهر الخارجية للاباء W^+m^+ : $W\ m$

2. اذا كان الانعزال حر في افراد الجيل الثاني فان الافراد الناتجة تكون باربعة مظاهر خارجية وكانت نسبها 1 : 1 : 1 : 1 وهي كمايلي

W^+m^+ : $W\ m$: W^+m : $W\ m^+$

بيضاء العيون : حمراء العيون : بيضاء العيون : حمراء العيون

طويلة الاجنحة قصيرة الاجنحة قصيرة الاجنحة طويلة الاجنحة

3. الانعزال الحر بين الجينات : هذه الحالة كما جاءت بها القوانين المندلية ان الجينات المختلفة والمتعلقة كل منها بصفة معينة تكون واقعة على كروموسومات مختلفة وعليه فانها تتوزع توزيعاً حراً

طبقاً للقوانين المندلية في التوزيع الحر وللكشف عن هذه الحالة نستخدم التلقيح الاختباري للجيل الاول مع الاب المتنحي اذا حصلنا على اربعة اشكال مظهرية وبنسب متساوية 1 : 1 : 1 : 1 هذا يعني ان الجينات تتوزع توزيعاً حراً وتخضع للقوانين المندلية

P_1 AABB x aabb
G_1 AB ab
F_1 AaBb
P_2 AaBb x aabb تلقيح اختباري مع الاب المتنحي
G_2 AB , Ab , aB , ab ab
F_2 AaBb : Aabb : aaBb : aabb
1 : 1 : 1 : 1

مثال : اذا كان لديك تركيب وراثي هجين TtRr كيف تتاكد من انعزال العوامل الوراثية (الكشف عن الارتباط)

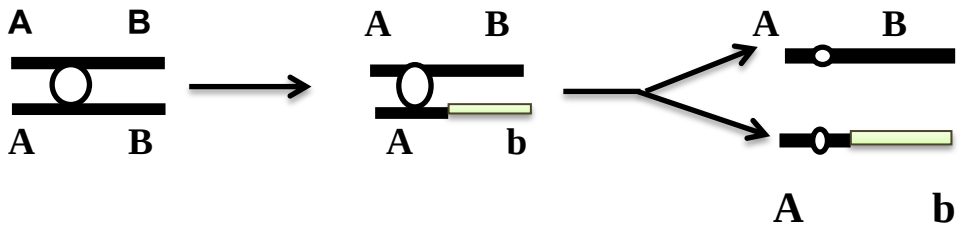
الحل : يضرب مع الاب الذي يحمل الصفة المتنحية (تضريب اختباري)

P_1 TtRr x ttrr

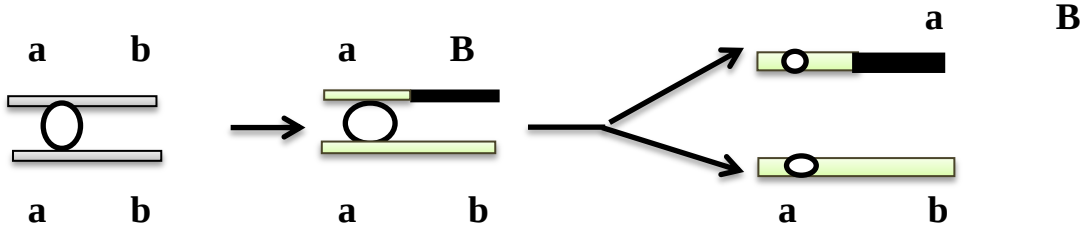
ويستخدم هذا الاختبار للتاكد من انعزال العوامل الوراثية حراً ام وجود عوامل اخرى تمنع الانعزال الحر ، فاذا ضهرت النسبة 1 : 1: 1: 1 بنسب متساوية هذا يعني ان العوامل الوراثية انعزلت انعزالاً مستقلاً ، اما اذا انحرفت عن هذه النسبة يدل على ان الجينات غير مستقلة في توزيعها ويسمى بالارتباط الوراثي، واذا حصل عبور بين الجينات يسمى بالارتباط الوراثي غير التام اي انها لا تخضع لمبدأ الانعزال الحر وهذا ما لاحظه العلماء Punnt و Bateson (1906) بان زوجين مختلفين من الاليلات لا تنعزل بسورة مستقلة في البزاليا الحلوة.

العبور الوراثي Crossing Over

هو عملية تبادل الاجزاء المتطابقة بين كروماتيدات الكروموسومات المتماثلة وذلك بانفصالها واعادة اتحادها وذلك بعد ازدواج الكروموسومات والعملية تتم في الانقسام الاختزالي لتتكون لدينا تراكيب وراثية جديدة تشمل الكاميتات الابوية والكاميتات العابرة وتكون الكاميتات الابوية بتكرار عالي والعابرة بتكرار قليل كما في المثال التالي



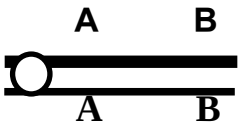
AB / ab تمثل الكاميتات الابوية



Ab / aB الكاميتات العبورية **حدوث العبور بين الكروموسومات المتماثلة**

وهنا يلاحظ بان الجينات الموجودة على الكروموسوم AB/AB تنتقل سوية والجينات الموجودة على الكروموسوم المشابة ab/ab تنتقل سوية والذي يحدث في الانقسام الاختزالي هو تبادل المادة الوراثية بين الكروموسومات المتماثلة . ان الجينات المرتبطة على الكروموسوم تنفصل احياناً لذلك في نباتات الذرة جينات لون الحبوب الملونة C والحبوب الممتلئة S تبقى بنسبة 97% في الاتحادات الابوية ولكنها تنفصل عن بعضها في حوالي 3% وعزى العالم موركان هذا السبب هو حصول تبادل وراثي بين اجزاء الكروموسومات المتماثلة ، وينقسم كل كروموسوم الى كروماتيدين وبذلك تتكون اربعة كروماتيدات وتعرفه هذه المرحلة بالمرحلة الرباعية الخيوط (4 strand stage) وتتكسر الكروماتيدات غير الشقيقة في المواضع المتقابلة ثم يعود نشاط الانزيم النووي Endonuclease ثم تلتحم المناطق المتكسرة بحيث يتم تبادل الكروماتيدات غير الشقيقة بعضها مع البعض الاخر بفعل الانزيم Ligase وينتج عن ذلك تكوين كايازمات chiasma التي تعتبر المظهر الخلوي لحدوث العبور وبصورة عامة كلما كان طول الكروموسوم اكبر كلما كان عدد الكايازما اكبر ، لذلك نجد كلما تباعد الجينان على الكروموسوم كان هنالك احتمال اكبر لحدوث الكايازما .

اذا حصل العبور الوراثي خارج منطقة الجينات الموجودة على الكروموسومات المتناظرة فهنا لا يمكن الحصور على الاتحادات الجديدة او الكميتات العبورية وسبب ذلك ان العبور الوراثي خارج الجينين



فوائد حدوث الكايازما

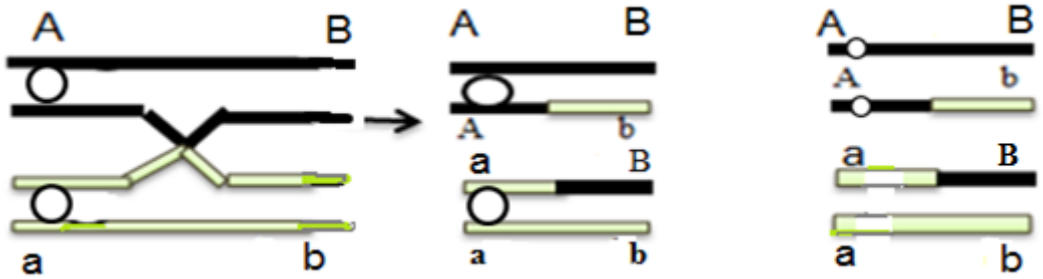
1. التنبأ بنسبة الكاميتات الابوية والعبورية الناتجة من تركيب وراثي معين
2. يحدد نوع العلاقة الارتباطية تجاذبية ام تنافرية

الدور التجاذبي Coupling : اذا كانت الاليلات السائدة على كروموسوم والاليلات المتنحية على كروموسوم آخر (AB / ab) تسمى العلاقة الارتباطية تجاذبية .

الدور التنافري Repelusion : اذا كان الاليل السائد يحتل موقع وراثي والاليل المتنحي يحتل موقع وراثي اخر على نفس الكروموسوم تسمى العلاقة الارتباطية تنافرية كما في (Aa / aB) .

المظاهر المهمة للعبور الوراثي

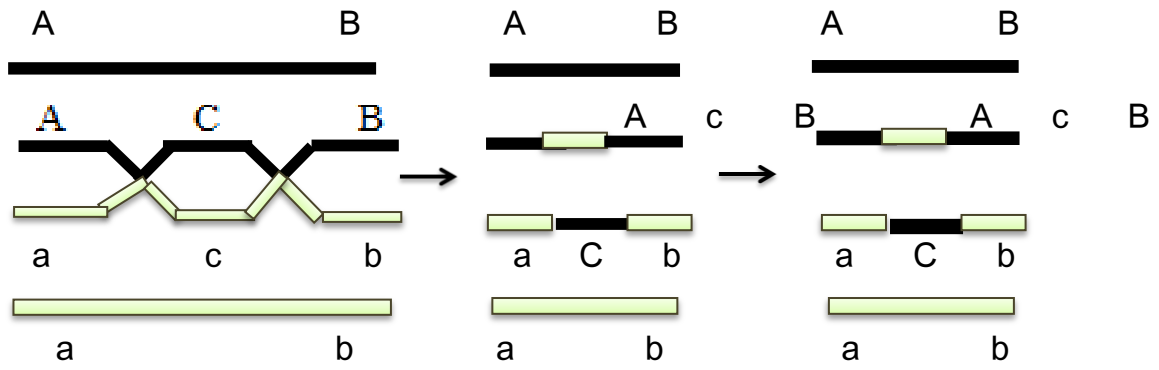
1. يسمى موقع الجين على الكروموسوم Locus ويتم ترتيب المواقع الجينية على الكروموسوم طولياً
2. يحتل اليلا الجين في التركيب الوراثي الخليط اماكن متطابقة على الكروموسومين النظيرين اي ان الاليل A يشغل نفس المكان في الكروموسوم الاول والذي يشغل الاليل a على الكروموسوم النظير
3. يتضمن العبور كسر الكروموسومين المتناظرين لتبادل الاجزاء المتشابهة
4. يحصل العبور الوراثي خلال اقتران الكروموسومات المتشابهة في الدور التمهيدي الاول من الانقسام المايوزي
5. تتكون الكروموسومات ذات التوافقات الجينية الجديدة بحدوث العبور بين الجينات المتباعدة على الكروموسوم ويزداد احتمال حدوث الكايازما كلما زادت المسافة الوراثية بين الجينات الواقعة على الكروموسوم .



تبادل اجزاء متقابلة بين كروماتيدات الكروماسومات المتماثلة للعبور المفرد

العبور المتعدد Multiple crosses

هو عبور وراثي مزدوج يحدث بين جينين يتم الحصول منها على الكميتات الابوية كما في الشكل التالي . ولغرض معرفة هذا العبور لابد من استعمال جين ثالث بين الجينين A و B كما في الجين C فاذا كان هنالك احتمال معين لحدوث العبور الوراثي بين الجين A و C واحتمال عبور اخر بين C و B فان احتمال حدوث العبور الوراثي المزدوج هو حاصل ضرب الاحتمالين



العبور المزدوج

مثال/ اذا كان العبور الوراثي بين الجين A و C هو 20% وبين الجين B وC 10% في فرد ذو تركيب وراثي A C B فان العبور الوراثي المزدوج AcB و aCB يكون مساوي الى 0.20 × 0.10 يساوي 2% من الكاميتات العبورية

اسباب حدوث العبور

1. الاتصالات الجديدة التي تتكون بين الجينات حديثة الازدواج
2. زيادة المسافة بين الجينات التي تقع على الكروموسومات

3. تركيب الكروموسوم : قد يكون الكروموسوم سهل الانكسار فتحدث عملية العبور بين الجينات المرتبطة
4. الحرارة : تزداد معدلات العبور في درجات الحرارة الكثيرة الارتفاع والانخفاض

اما اهم العوامل التي تعتمد علها نسبة وجود الكاميتات العابرة هي طول الكروموسوم ، نسبة حدوث التقاطعات في الكروموسومات (الكايازما)و(التقاطعات الصليبية) : هي التقاطعات التي يتم فيها تبادل اجزاء او قطع الكروماتيدات اثناء عملية العبور .

العوامل المؤثرة في العبور الوراثي

1. الجنس : يؤثر على نسبة العبور وتكون الاجناس المختلفة الكاميتات (الامشاج) نسبة العبور فيها قليلة اما الامشاج المتماثلة تكون نسبة العبور فيها اعلى .
2. عمر الام : بزيادة تقدم الام في العمر يقل العبور .
3. الحرارة : زيادة درجات الحرارة تؤثر على نسبة العبور ودرجة الحرارة بحدود(20) °م تزيد من نسبة العبور
4. تاثير الغذاء والاشعاع: التركيز العالي للكالسيوم يقلل من نسبة العبور بين الجينات ، بينما يزداد العبور عند التعرض للاشعاع .
5. تاثير التركيب الوراثي : تختلف نسبة العبور بين الحينات باختلاف التركيب الوراثي .
6. تاثير السنترومير : يقل العبور بين الجينات قرب مناطق السنترومير .

الخريطة الوراثية Genetic Map

رسم تخطيطي بياني بصورة ترتيب العوامل الوراثية داخل الكروموسومات ويوضع لمعرفة مواقع الجينات على الكروموسومات ويتم ذلك بتحديد موقع الجين على الكروموسوم بناءً على حدوث الاتحادات والتوافيق الجينية الجديدة .

وعند رسم الخريطة الوراثية يجب معرفة المسافة الوراثية وهنا يجب مراعات نقطتان هما

1. تحديد تتابع الجينات على الكروموسوم
2. تحديد المسافة الوراثية بين الجينات

ومن اهم الدلائل لمعرفة الخريطة الجينية هو حدوث العبور بين الكروموسومات المتماثلة وعند رسم الخارطة الوراثية تحتاج الى الامور التالية

1. تعيين مجاميع الارتباط : هنا يجب معرفة العدد الحقيقي لكروموسومات النوع المراد رسم الخارطة الوراثية له ، وتعيين العدد الكلي للجينات التي تقع على الكروموسوم
2. تعيين المسافة الخرائطية : يجب تعيين المسافات النسبية بين الجينات المرتبطة ، وتحسب المسافة الجينية على اساس النسبة المئوية للعبور لان تكرار العبور يتناسب بصورة مباشرة مع المسافة بين الجينات.

اهم صفات الخريطة الوراثية هو استقامتها ، اي ان الجينات الموجودة على الكروموسومات ترتسم بشكل طولي وعادة ترسم الخريطة الوراثية لعدة اغراض منها

1. معرفة القيمة الوراثية للنوع
2. تحديد موقع الجين على الكروموسوم لتمييزه عن غيره والاستفادة من ذلك في عمليات النقل الجيني
3. معرفة نوع الطفرات التي حدثت على الكروموسوم سواء كانت طفرات جينية او كروموسومية
4. تحديد عدد الجينات التي تؤثر على الصفة

ان تعيين الخرائط الوراثية للنباتات تساعد مربي النبات في رسم البرامج السليمة لتربية محصول معين وذلك بتحديد عدد الكروموسومات او الجينات الواجب نقلها من سلالة الى اخرى . وكلما زادت المسافة بين الجينات على الكروموسوم زادت التقاطعات الصليبية (الكايازما) بينما اذا قلة المسافة يقل احتمال حدوث كايازما ، وتعتبر نسبة الكاميتات العبورية الناتجة من تركيب وراثي معين كنتيجة لعدد الكايزمات الذي يحدث بين الجينات وهنا يكون

عدد الكايازمات = 2 : 1 عدد الكاميتات العبورية

او نسبة الكايازمات = 2 × نسبة النواتج العبورية

المسافة الوراثية = نسبة الكايازما

المسافة الوراثية = 2 × نسبة النواتج العبورية

مثال: اذا كان التركيب الوراثي Ab/aB بنسبة 12% ناتج من الكاميتات العبورية AB و ab فما هي المسافة بين الجينين A و B ؟

المسافة الوراثية = المسافة الجينية = نسبة الكايازما%

المسافة الوراثية = 2× نسبة النواتج العبورية%

= 2 × 12 = 24 وحدة مسافة وراثية

مثال: ظهرت كايازما بين المواقع الجينية A وB بنسبة 30% للتركيب الوراثي AB/ab جد نسبة الكاميتات العابرة والابوية ؟

نسبة العبور = $\frac{1}{2}$ نسبة الكايازما = $\frac{1}{2}$ × 30 = 15%

نسبة الكاميتات الابوية = 100% − 15% = 85%

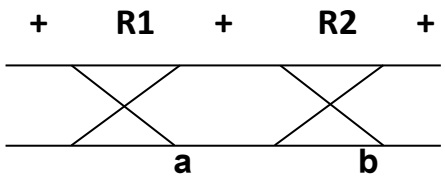
كيفية رسم الخارطة الكروموسومية للجينات المرتبطة

من الامثلة على رسم الخرائط الكروموسومية للجينات المرتبطة ما يلي

مثال:- اذا تم التزاوج بين تركيبين وراثيين

$$\frac{a\ \ b\ \ c}{a\ \ b\ \ c} \times \frac{+\ \ +\ \ +}{a\ \ b\ \ c}$$

يتم تحديد مواضع العبور بين الجينات على ازواج الكروموسومات



التركيب الوراثي	العدد(التكرار)
a b c	390
+ + +	400
+ b c	75
a + +	75
a b +	7
+ + c	7
المجموع الكلي	1000

تراكيب ابوية P=790

تراكيب عبورية بين a - b منطقة رقم1 ، R_1=148

تراكيب عبورية بين b – c منطقة رقم 2 ، R_2 = 17

1.النسبة المئوية للتراكيب العبورية a – b $= \frac{\text{عددالتراكيب العبورية R1}}{\text{المجموع الكلي التراكيب}} \times 100 = \frac{148}{1000} \times 100$ =15% وحدة

2.النسبة المئوية للتراكيب العبورية b – c $= \frac{\text{عددالتراكيب العبورية R2}}{\text{المجموع الكلي التراكيب}} \times 100 = \frac{14}{1000} \times 100$ =1% وحدة

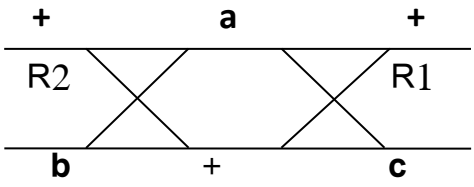
المسافة بين a – c = 15+ 1 = 16 وحدة

15 وحده 1 وحده

a b c

R_1 R_2

مثال:- ارسم الخارطة الكروموسومية للجينات المرتبطة على كروموسوم الدروسوفلا للأبوين



العدد(التكرار)	التركيب الوراثي
360	+ a +
400	b + c
75	+ + c
75	b a +
7	+ a c
7	b + +
4	+ + +
2	b a c
1000	المجموع الكلي

تراكيب ابوية P=746

كميتات عبورية بين a - b منطقة عبورية رقم1 ، $134=R_1$

كميتات عبورية بين c – a منطقة عبورية رقم 2 ، $114 = R_2$

$$6 = \frac{R1 + R2}{R1 + R2}$$

تكرار العبورين الجينين a – b = $\frac{\text{عددالتراكيب العبورية}}{\text{المجموع الكلي التراكيب}} = 100 \times \frac{(R1+R2)+(R1+R2)+R1}{1000} \times 100 = \frac{(6 + 134)}{1000}$

=14% وحدة ،

تكرار العبورين الجينين a – c = $\frac{(6)+(54+60)}{1000} \times 100$ =12% وحدة ،

ملاحظة:- في حالة حدوث العبور المزدوج يجمع ويضاف للعبور الاول وكذلك يضاف للعبور الثاني

الرسم وتحديد المسافات الخرائطية

12 وحدة 14 وحدة

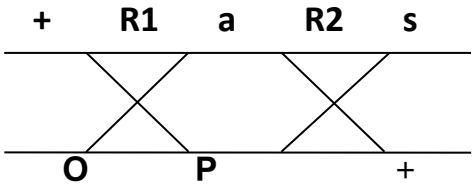
c a b

26 وحدة

مثال:- يوجد على الكروموسوم الثاني في محصول الطماطم الجين O المنتج للثمار المسطحة والجين P المنتج للثمار الزغبية والجين S المنتج للازهار المتعددة .

النتائج التالية حصل عليها من التلقيح بين افراد الجيل الاول والهجينة مع افراد نقية حاملة للصفات المنتجة الثلاثة . ارسم الخارطة الوراثية

$\frac{O\ P\ S}{O\ P\ S} \times \frac{+\ +\ S}{O\ P\ c}$ **اعطى التهجين الاعداد بالشكل التالي**



العدد(التكرار)	التركيب الوراثي	
348	+ a +	تراكيب ابوية
306	b + c	
96	+ + c	كميتات عبورية بين P - O منطقة عبورية رقم1 ، R_1
110	b a +	
63	+ a c	كميتات عبورية بين S – P منطقة عبورية رقم 2 ، R_2
73	b + +	
2	+ + +	R1 + R2 العبور المزدوج
2	b a c	R1 + R2 العبور المزدوج

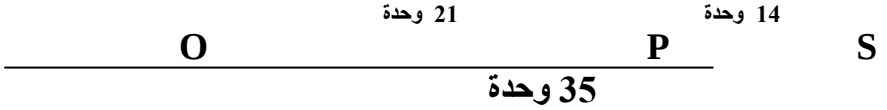
1000 المجموع الكلي

النسبة المئوية للتراكيب العبورية بين O – P = $\frac{2+2+110+96}{1000} \times 100 = \frac{21000}{1000} \times 100$ =21% = 12 وحدة

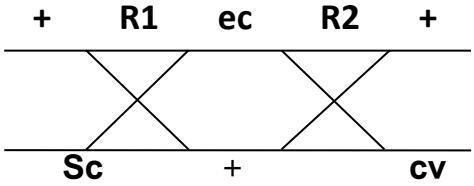
وهي تمثل المسافة بين الجينين O - P

النسبة المئوية للتراكيب العبورية بين P – S = $\frac{2+2+63+73}{1000} \times 100 = \frac{14000}{1000} \times 100$ =14% = 14 وحدة

ويتم تحديد مواقع الجينات المرتبطة والمسافات بالوحدات الخرائطية



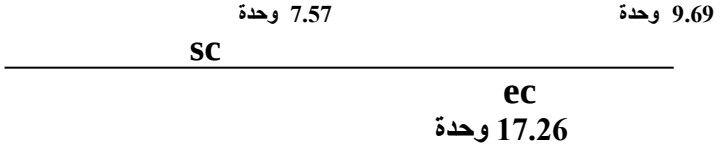
مثال/ اجري تضريب بين حشرتي دروسوفلا ولقحة نباتات F1 مع التركيب الذي يحمل الصفة المتنحية



العدد(التكرار)	التركيب الوراثي	
810	+ ec +	تراكيب ابوية
828	c + b	
62	sc ec +	تراكيب عبورية R1
88	+ + cv	
89	sc + +	تراكيب عبورية R2
103	+ ec cv	
-	+ + +	العبور المزدوج R1 + R2
-	sc ec cv	العبور المزدوج R1 + R2
1980	المجموع الكلي	

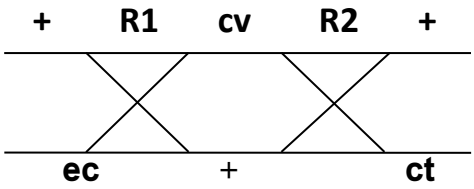
تكرار العبور R1 = $\frac{88+62}{1980} \times 100 = \%7.57 = 7.57$ وحدة
وهي تمثل المسافة بين الجينين sc - ec

تكرار العبور R2 = $\frac{103+89}{1980} \times 100 = \%9.69 = 9.69$ وحدة
وهي تمثل المسافة بين الجينين ec - cv



ملاحظة: يجب ان ناخذ جينات الفرد الهجين عند اجراء التضريب الاختباري لتحديد مسافات الخريطة الوراثي

مثال : اجري تضريب لفرد هجين مع افراد نقية وتم الحصول على التركيب التالي



العدد(التكرار)	التركيب الوراثي	
2207	**+ cv +**	**تراكيب ابوية**
2125	**ec + ct**	
265	**+ + ct**	**كميتات عبورية R1**
237	**ec cv +**	
223	**+ cv ct**	**كميتات عبورية R2**
217	**ec + +**	
5	**+ + +**	**العبور المزدوج R1 + R2**
3	**ec cv ct**	**العبور المزدوج R1 + R2**
5318	المجموع الكلي	

تكرار الجين R1 ويمثل المسافة الجينية ec - cv = $\frac{8+217+265}{5318} \times 100 = \%10.26$ =10.26وحدة

تكرار الجين R2 ويمثل المسافة الجينية cv - ct = $\frac{8+217+223}{5318} \times 100 = \%8.42$ =8.42وحدة

10.26 وحدة **8.42 وحدة**

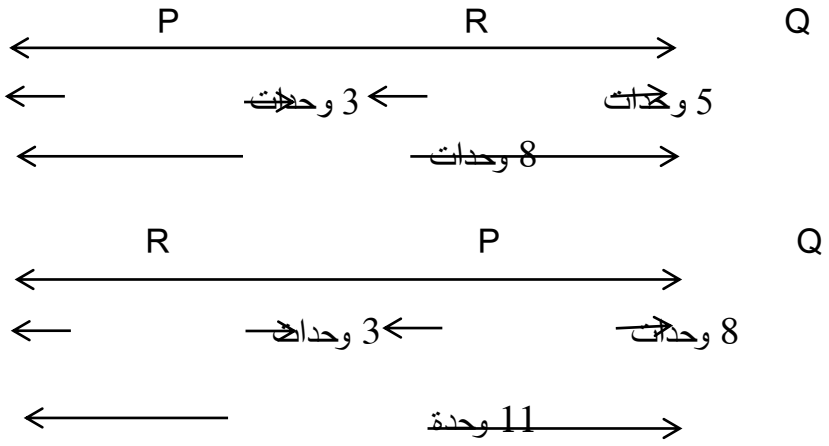
ec **ct**

cv

17.26 وحدة

التجميع: Additivity

هي خاصية يمكن بواسطتها تخمين المسافات الخرائطية اذا كانت المواقع P و Q مرتبطة والمسافة بينهما 8 وحدات ، و في المواقع R و P مرتبطة والمسافة بينهما 3 وحدات كيف يمكنك الحصول على التجميع في رسم الخارطة الوراثية بين R و Q



بزيادة المسافة يزداد الانحراف عن خاصية التجمع وتكون طبيعة الانحراف اكبر ، فيحصل انخفاض عن التجمع كلما زادت المسافة وهذا راجع الى العبور المزدوج

معرفة الكاميتات العبورية في الهجين لصفتين

ان اسهل الطرق لمعرفة الكاميتات العبورية في الهجين لصفتين هو التضريب الاختباري للفرد الهجين مع الاب المتنحي ، لنفرض انه كان لدينا هجين لصفتين في حالة تجاذب AB/ab ووجدنا في النسل 40% سيادة لكلا الجينين و 10% تنحي لكلا الجينين لذا نجد ان المجموعتين 20% من الكاميتات (10% + 10%) هي عبورية وان المسافة بين الجينين A و B هي 20% وحدة خرائطية .

س: في الذرة الصفراء يوجد جينان يتحكمان بلون البذرة (A) بذره ملونة و(a) عديمة اللون الجين الثاني يتحكم بامتلاء البذرة (S) بذرة ممتلئه و (s) بذره مجعدة ، اعطت البذور الملونة والمتلئه (5020) وحدة والبذور عديمة اللون ومجعدة(4960) وحدة اما البذور الملونة و المجعدة اعطت 12 وحدة واعطت البذور عديمة اللون وممتلئه 8 وحدات . المطلوب

1. اجري التضريبات الاختبارية بين التراكيب الوراثية موزعاً الوحدات عليها ؟
2. اذكر نسبة الاتحادات الجديدة واذكر سبب هذه النسبة ؟

3. ماذا تمثل المسافة الخرائطية وما قيمتها ؟

تكون نسبة الاتحادات الجديدة قليلة

أذا المسافة قصيرة 0.2 وحدة خرائطية

AS/ as =5020

as / as = 4960

As / as =12

aS / as = 8

10000

مثال : خريطة وراثية مكونة من ثلاث مناطق عبور الاولى بين sc و ec بنسبة 9.1% والثانية بين cv وec بنسبة 10.9% والثالثة بين sc وcv بنسبة عبور 20% جد اكبر تكرار عبوري واطول مسافة خرائطية ، رتب الجينات في تسلسل تعاقبي ؟

$$sc \frac{9.1\% \qquad ec \qquad 10.9\%}{20\%} cv$$

ان اكبر تكرار عبوري واطول مسافة خرائطية هي للجين sc وcv وتبلغ 20%

التداخل والتوافق Interference and coincidence

التداخل Interference

ان حصول عبور وراثي في منطقة ما يمنع عبور وراثي في منطقة اخرى مجاورة مثلاً العبور الوراثي بين A و B يمنع حدوث عبور بين C وD

اما اهم اسباب التداخل هي

1. تداخل الكايازما : هو حصول عبور وراثي في منطقة يمنع حصول عبور وراثي في منطقة اخرى بسبب عدم قدرة الكروماتيدة على الالتحام

2. تداخل بسبب شدة الحلزنة : يحصل بسبب شدة الحلزنة في شريط DNA وعدم قدرة الكروماتيده على الالتواء
3. تداخل بسبب حصول نقص في الكروماتيدات التي فيها عبور وراثي بسبب عدم حصول انكسار والتحام الكروماتيدات

ان شدة التداخل تكون متغيرة في القطع المختلفة في للكروموسوم ويطلق عليها معامل التداخل Coefficient Coincidence وهو يمثل نسبة العبور المزدوج المشاهد الى نسبة العبور المتوقع

$$\text{معامل التداخل} = \frac{\text{النسبة المشاهدة للعبور المزدوج}}{\text{النسبة المتوقعةللعبور المزودج}}$$

التوافق Coincidence : حصول عبور وراثي في منطقة ما يسمح بحصول عبور وراثي اخر في المنطقة المجاورة .

التداخل + التوافق = 1

ان التوافق يكون مكملاً للتداخل عندما يكون التداخل تاماً لن يحصل اي عبور مزدوج ويصبح التوافق صفر فعندما يحصل اي نقص في التداخل يزداد التوافق ، ان قيم التوافق تكون متغيرة بصورة طبيعية بين (0 و 1) ويكون التوافق صغيراً للمسافة القصيرة على الخارطة وقيمته موجبة ، لايحصل اي تداخل عبر السنترومير فكل من ذراعي الكروموسوم يكون مستقلاً عن الاخر .

ان معامل التوافق عاداً يكون صفراً او قريباً من الصفر للمسافات القصيرة على الكروموسوم ويزداد بازدياد المسافة فيكون معامل التوافق صفراً للمسافات البالغة 10 – 15 وحدة وبالتالي لايحصل عبور مزدوج داخل هذه المسافة وعند زيادة المسافة الى اكثر من 15 وحدة فان معامل التوافق يزداد تدريجياً حتى يصل الى واحد صحيح اي النقطة التي لا يحصل عندها تداخل .