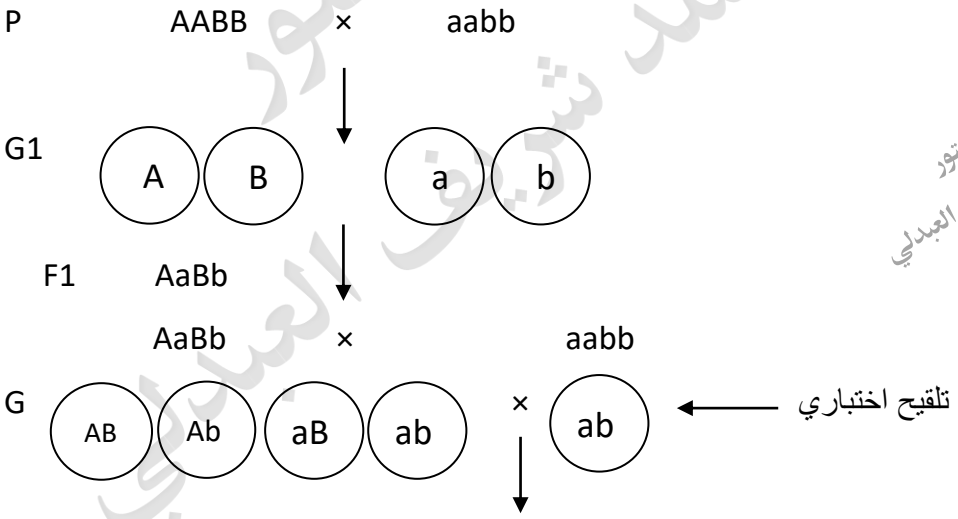
linkage, crossing over, and genetic maps:

من خلال دراستنا السابقة تبين النا ان الجينات التي تحدد صفات الفرد تكون محمولة على الكروموسومات وبما ان عدد الكروموسومات يكون محدوداً في الخلايا الحية اذاً لابد ان يكون الكروموسوم حاوي على أعداد كبيرة من الجينات، مثلاً ذبابة الفاكهة نجد ان فيها أربعة ازواج من الكروموسومات فقط بينما تبلغ عدد الجينات التي تحملها حوالي عشرة الاف جين. وبما ان الجينات واقعة على الكروموسومات فلابد من وجود أنظمة معينة تحدد علاقات الجينات مع بعضها من خلال عملية الانقسام الاختزالي وانعزال العوامل الوراثية وهناك ثلاث حالات من العلاقات بين الجينات مع بعضها أثناء الانعزال وهي: -

1- حالة الانعزال الحر (العبور الوراثي) Crossing over:

وهذه الحالة كما جاء في قانوني مندل الأول والثاني حيث ان الجينات المختلفة والمتعلقة كل منها بصفة معينة تكون واقعة على الكروموسومات المختلفة وعليه فأنها تتوزع توزيعا حراً طبقاً لقوانين مندل في التوزيع الحر، وللكشف عن هذه الحال نستخدم التلقيح الاختباري Test cross لافراد الجيل الأول مع الاب المتنحي فإذا حصلنا على أربعة اشكال مظهرية وبنسبة 1 : 1 : 1 : 1 فهذا يعني ان الجينات تتوزع توزيعاً حراً وتخضع لقوانين مندل وكما موضح:



الجيل الاختباري	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
	1	1	1	1

2- حالة الارتباط التام: -

وهي ان تنتقل الجينات المرتبطة مع بعضها ارتباطا تاماً دون ان تتوزع توزيعاً حراً أي ان الجينات واقعة على نفس الكروموسوم فهي تنتقل معاً من جيل لآخر دون انفصال كما في المثال:

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

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

G $A\ B \quad\quad a\ b$

F1 $\frac{A\ \ B}{a\ \ b}$ نعمل تلقيح اختباري

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

$A\ B \quad a\ b \times a\ b$

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

1 : 1

للكشـــف عن حالة الارتباط التام نعمل تضـــريب اختباري لأفراد الجيل الأول مع الاب المتنحي فاذا حصـلنا على شـكلين مظهرية فقط وبنسـب متسـاوية 1:1 فذلك يعني وجود ارتباط تام بين ذلك الزوج من الجينات

3- الارتباط غير التام Incomplet linkage:

في هذا النوع من الارتباط يحدث عبور وراثي وتتكون اتحادات جديدة بالإضـــافة للتراكيب الابوية وتكون نسبة التراكيب الوراثية الى الاتحادات الجديدة تكون اقل من الابوية.

مثال: -

في نبات الذرة وجد ان اليل الحبوب الملونة (C) ســـائد على اليله عدين اللون (c) واليل الحبوب الممتلئة (S) سـائد على اليل الحبوب المجعدة (s) وعند تضـريب نبات بحبوب ملونة مختلفة مع نبات عديم اللون وبذور مجعدة، كانت نباتات الجيل الأول جميعها ذات حبوب ممتلئة ملونة، وعند تلقيح افراد الجيل الأول اختباريا مع الاب المتنحي أمكن الحصـــول على أربعة اشـــكال مظهرية وبنســـب مختلفة وبهذا لم تحقق النسب المندلية 1:1:1:1 وهذا يدل على وجود ارتباط غير تام كما موضح ادناه

P ملون ممتلئ البذور $\frac{C\ \ S}{C\ \ S} \times \frac{c\ \ s}{c\ \ s}$ عديم اللون مجعد البذور

F1 ملون ممتلئ $\frac{C\ \ S}{c\ \ s}$ نجري التلقيح اختباري

$\frac{C\ \ S}{c\ \ s} \times \frac{c\ \ s}{c\ \ s}$ Test cross

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

F2 $\frac{C\ S}{c\ s}$, $\frac{C\ s}{c\ s}$, $\frac{c\ S}{c\ s}$, $\frac{c\ s}{c\ s}$

48.18% 1.78% 1.82% 22.48%

اذن فالارتباط هو الحالة التي تميل فيها الجينات للبقاء سوية جيلاً بعد آخر ولا تحصل هذه الظاهرة الا عندما تكون الجينات واقفة في نفس الكروموسومات.

اكتشف العالمان Bunnet وBatson في تجاربهما على نبات البزاليا ان انعزال صفة لون الازهار وشكل البذور كانت نسبتها 1:3 لكل منهما ولكن عند دراسة الصفتين معاً لم تكن النسبة 1:3:3:9 بل كانت مختلفة كثيرا عن ذلك مما يدل على ان المجاميع الأربعة من الكميتات لا تنتج باعداد متساوية بل كانت تلك التي تشبه الآباء سبعة اضعاف نسب التراكيب الوراثية الجديدة، أي ان جين صفة لون الازهار وجين صفة شكل الحبوب تبقى مع بعضها في التراكيب الوراثية وتنتقل سويه من جيل لاخر بنسب متباينة حيث عند تزاوج AABB×aabb فان A-B يميلان للبقاء سوية وكذلك الاليلان a-b ويطلق ع هذه الظاهرة بنظام الازدواج Cis او Coupling بينما في التلقيح بين AABB×aaBB فان A-b وa-B يميلان للبقاء سويه من جيل لاخر واطلق على هذا النظام بالنظام التنافري trans او Repulsion arrangement ويمكن الكشف عن حالة الارتباط او غياب التوزيع الحر للجينات من اجراء التلقيح الاختباري الافراد الجيل الأول فاذا أعطت أربعة طرز وراثية بنسب متساوية كما في قانون مندل الثاني فهذا يدل على عدم وجود العبور ووجود التوزيع الحر، اما اذا أعطت طرازين وراثية فقط بنسب متساوية 1:1 هذا دليل على وجود الارتباط التام وغياب التوزيع الحر.

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

*** العبور الوراثي Grossing over**

مما تقدم يظهر بان الجينات في الكروموسوم الواحد لها صفة الارتباط وتختلف درجة الارتباط باختلاف مواقع الجينات حيث لوحظ ان هناك حالات ارتباط غير كامل وتكوين اتحادات جديدة نتيجة العبور الوراثي والذي يمكن تعريفه: تبادل المادة الوراثية بين جزاء الكروماتيدات غير الأخوية للكروموسومات المتماثلة وذلك بعد حدوث عملية الاتزان وتكوين مناطق العبور (الكيازماتا)

يلعب العبور الوراثي دوراً مهما في التطور ويعد من أكثر الاليات أهمية في انتاج الاتحادات الجديدة من الجينات ويمكن تلخيص اهم خصائص مفهوم العبور بالآتي: -

1- يطلق على مكان وجود الجين على كروموسوم معين اسم Locus وتترتب مواقع الجينات على الكروموسومات في تتابع طولي.
2- يشغل اليلي الجين في التركيب الوراثي الخليط أماكن متطابقة على الكروموسومين النظيرين أي ان الاليل A يشغل نفس الكان على الكروموسوم 1 والذي يشغله الاليل a على الكروموسوم 2.

3- يتضمن العبور كسر لكل من الكروموسومين النظيرين وتبادل الأجزاء فيما بينهما.
4- يحدث العبور اثناء تلاصق الكروموسومات المتناظرة في الدور التمهيدي من الانقسام المايوزي.
5- تتكون الكروموسومات ذات الاتحادات الوراثية الجديدة بالنسبة للجينات المرتبطة نتيجة حدوث العبور الوراثي بين موقعين.
6- يزداد احتمال حدوث العبور بين الموقعين بزيادة المسافة بينهما على الكروموسوم.

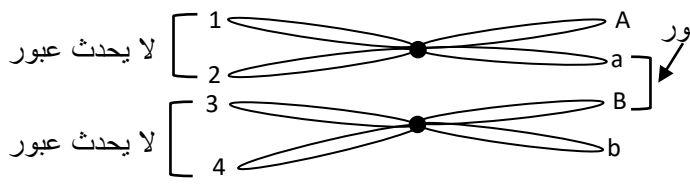
لذلك فان اثنين من الكروماتيدات الناتجة من الانقسام المايوزي هي AB و ab تكون مرتبطة مع بعضها بنفس التسلسل كما كانت في الكروموسومات الابوية ويطلق عليها الكروماتيدات الابوية أو اللا عبورية والتي لم تشترك بالعبور. وهنا يتضح ان التراكيب الابوية مضمونة بنسبة لا تقل عن 50% لان إثنين من أربع كروماتيدات لم يحصل فيها عبور. أما الكروماتيدين aB و Ab اللتان نشأتا من العبور الوراثي قد شكلتا اتحادين جديدين من العلاقات الارتباطية وتسمى بالاتحادات العبورية أو الطرز العبورية وتكون على شكلين:

1- العبور التجاذبي Coupling AB أو ab أليلان سائدان او متنحيان.
2- العبور التنافري Repulsion aB أو Ab أليل سائد مع آخر متنحي.

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

ومن شروط حدوث العبور الوراثي: -

1- يجبان تكون الجينات في الكروموسومات مرتبة ترتيباً خطياً.
2- يجب أن يكون الجين وأليله في موقعين متقابلين من الكروموسومين المتماثلين.
3- يحدث العبور الوراثي في الانقسام الاختزالي وفي الدور الذي تكون فيه الكروموسومات مقترنة بوجود نقاط إشتباك، وتكون الكروموسومات منشطرة الى كروماتيدات أو رباعيات Tetrades.
4- ان وجود 100% نقاط إشتباك يؤدي الى تكوين 50% اتحادات جديدة وتعتبر أعلى قيمة حيث لا يوجد إتحادات جديدة أكثر من 50% والسبب لان هناك أربعة كروماتيدات للكروموسومين المتماثلين والمتقابلين إثنان اخوية لا يحدث فيها عبور وإثنان غير اخوية يحصل فيها عبور وراثي.



100% كيازماتا 50% اتحادات جديدة
50% تراكيب ابوية

50% كيازماتا 25% اتحادات جديدة
75% تراكيب ابوية

إذا نسبة الاتحادات الجديدة = $\frac{\text{نسبة الكيازماتا (مناطق العبور)}}{2} \times 100$.

يمكن الاستفادة من حدوث الكيازماتا في التنبؤ بنسب الكميتات الابوية والعبورية المتوقع ان ينتجها تركيب وراثي معين. وتعتبر الكميتات العبورية أي الاتحادات الجديدة الناتجة من تركيب وراثي معين كنتيجة للعدد الذي تتكون فيه الكيازما بين الجينات.

ملاحظة:

عدد الكيازما = 2 : 1 عدد الكميتات العبورية

أو نسبة الكيازما = 2 × النواتج العبورية (%)

المسافة الوراثية = نسبة الكيازما (%)

أو تساوي 2 × نسبة النواتج العبورية (%)

وحدة المساحة الوراثية هي سنتي موركان وهي مكافئ 1% عبور وراثي أي المسافة الوراثية هي نفسها نسبة الكيازما.

مثال:

إذا كان التركيب الوراثي Ab / aB نسبة 8% ناتج من الكميتات العبورية AB و ab فما هي المسافة بين الجينين A و B؟

المسافة الوراثية = نسبة الكيازما (%).

= 2 × نسبة النواتج العبورية

= 2 × 8 = 16 وحدة مسافة أو سنتي موركان.

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

طريقة رسم الخرائط الوراثية:

يعتبر مورغان و ستورتيفانت أول من وصف طريقة لرسم الخرائط الكروموسومية وبطريقة الارتباط الثلاثي Three point linkage وذلك بسبب استعمال مواقع جينية ثلاثة أي ثلاث ازواج من الجينات وعلى ذلك يقسم العبور الوراثي في ثلاث ازواج من الجينات الى:

1- عبور وراثي مفرد في المنطقة الأولى Abc ، aBC.
2- عبور وراثي مفرد في المنطقة الثانية ABc ، abC.
3- عبور وراثي مزدوج AbC ، aBc.
4- التراكيب الابوية ABC ، abc . ويمكن التمييز بين النسل الناتج من الاتحادات الجديدة عن الاتحادات الابوية وذلك من معرفة أعداد النسل الناتج وكما يلي:

1- تكون الاتحادات الابوية اعلى من الاتحادات العبورية وتكون متقاربة فيما بينها أي ABC ، abc لها اعلى القيم.
2- العبور الوراثي المفرد في المنطقة 2 أقل من الاتحادات الابوية وأكثر من باقي العبورات.

3- العبور الوراثي المفرد في المنطقة 1 تكون اقل من تكرار العبور الوراثي في المنطقة الثانية وأكثر من العبور المزدوج.

4- تكرار العبور الوراثي المزدوج أقل من جميع الاتحادات الابوية والعبورية

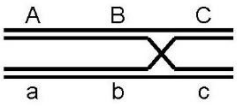
مثال / نبات هجين بثلاث ازواج من الجينات عمل له تلقيح اختباري وكانت كما يلي.

345، 335، 102، 98، 57، 43، 9، 11 . المطلوب تمييز أنواع العبور ورســـم الخارطة الوراثية أي المسافة بين الجينات ABC.

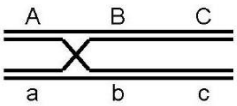
الحل / 345 ، 335 تمثل التراكيب الابوية كونها اعلى القيم

345 $\frac{A\ B\ C}{a\ b\ c}$, 335 $\frac{a\ b\ c}{a\ b\ c}$

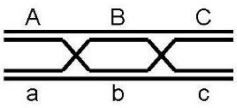
- التراكيب العبورية في المنطقة (2) 102 $\frac{A\ B\ c}{a\ b\ c}$ ، 98 $\frac{a\ b\ C}{a\ b\ c}$



- التراكيب العبورية في المنطقة (1) 57 $\frac{A\ b\ c}{a\ b\ c}$, 43 $\frac{a\ B\ C}{a\ b\ c}$



- العبور المزدوج: 9 $\frac{A\ b\ C}{a\ b\ c}$, 11 $\frac{a\ B\ c}{a\ b\ c}$



مجموع التراكيب الوراثية الكلية = 345 + 335 + ... + 11 = 1000

نسبة الاتحادات الابوية = $\frac{335+345}{1000}$ × 100 = %68

نسبة العبور في المنطقة الثانية = $\frac{98+102}{1000}$ × 100 = %20

نسبة العبور في المنطقة الأولى = $\frac{43+57}{1000}$ × 100 = %10

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

المسافة بين A، B = العبور المفرد في المنطقة الأولى + العبور المزدوج = 10 + 2 = 12 سنتي موركان.

المسافة بين B، C = العبور المفرد في المنطقة الثانية + العبور الوراثي المزدوج = 20 + 2 =22 سنتي موركان.

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

الخارطة الوراثية تكون.

A ـــ12ـــ B ـــ22ـــ C . وهذه الخرائط تعتبر تقديرية وليست واقعية 100% لان الخرائط الوراثية تعتمد على العبور الذي يحصل بين ازواج الجينات وبما ان مناطق السنترومير ونهايات الكروموسومات تيلومير هي مناطق حلزنة قوية (هتروكروماتينية) لا يحصل بها عبور وراثي إذاً فالخرائط تعتبر تقديرية وليست واقعية 100%.

* التعارض Interference: يعني حصول عبور وراثي في منطقة ما يمنع عبور وراثي في منطقة أخرى مجاورة مثلاً العبور بين A ،B يمنع حدوث عبور بين C ،D.

* التوافق Coincidence: يعني حصول عبور وراثي في منطقة ما يسمح بحصول عبور وراثي آخر في المنطقة المجاورة. وفي الحسابات التعارض + التوافق = واحد.

*** العوامل المؤثرة في العبور الوراثي: -**

1. الجنس: يؤثر في نسبة العبور فمثلاً في ذكور الدروسوفيلا تكون العبورات قليلة كذلك الامشاج المتباينة يكون فيها العبور اقل من الاجناس المتماثلة الاجناس.
2. عمر الام: يقل العبور بتقدم عمر الام.
3. الحرارة: زيادة الحرارة تزيد من العبور والحرارة الأعلى او اقل من 22 مْ تزيد من نسبة العبور.
4. الغذاء والمواد الكيميائية والاشعاع.
5. النمط الوراثي: تختلف نسبة العبور باختلاف النمط الوراثي للسلالات المختلفة.
6. تأثير السنترومير حيث يقل العبور قرب مناطق السنترومير.

الأستاذ الدكتور
معاذ محي محمد شريف العبدلي

المصادر References:

1- محاضرات جامعة ديالى. كلية الزراعة. أ. د. عزيز مهدي الشمري.
2- المسلم، عبد الباسط ووليد السعد. 2007. علم الوراثة النباتية. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية. حلب. سوريا.
3- عقل، احمد محمد أبو زيد وطاهر نجم رسول ومصلح حمد سعيد. 1981. تربية النباتات البستنية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. بغداد. العراق.
4- علي، حميد جلوب. 1988. أسس تربية ووراثة المحاصيل الحقلية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد. العراق.
5- المراني، وليد خضير غافل. 1990. المدخل الى الوراثة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. بغداد. العراق.

معاذ محي الاستاذ الدكتور محمد شريف العبدلي