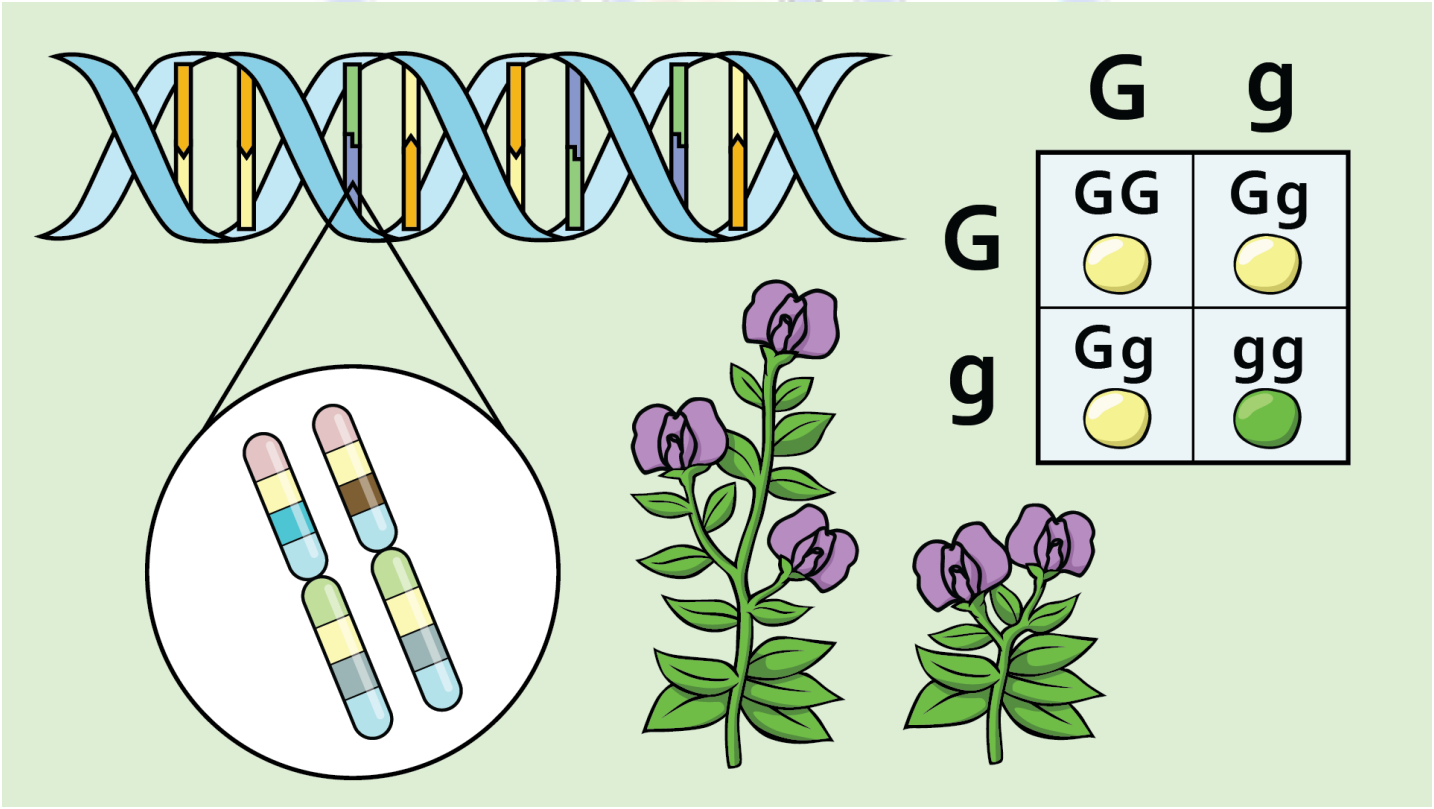
الكلية	التربية للعلوم الصرفة
القسم	علوم الحياة
المادة باللغة الانجليزية	Genetics 2
المادة باللغة العربية	علم الوراثة ٢
المرحلة الدراسية	الثالثة
اسم التدريسي	م.د. هبه عباس جاسم
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	Linkage and Crossing over
عنوان المحاضرة باللغة العربية	الارتباط والعبور
رقم المحاضرة	٢
المصادر والمراجع	العذاري، عدنان حسن (١٩٨٧) اساسيات في الوراثة، جامعة الموصل
	تاج الدين، سعد جابر و العيسى، عبدالنبي هادي (١٩٨٩) علم الوراثة ج٢، جامعة البصرة
	Brooker, R.J. (2005). Genetics Analysis and Principles, 2ed Edition, McGraw Hill.



الارتباط والعبور

الارتباط Linkage

ان الوحدات الوراثية او الجينات التي تعين صفات الفرد تكون محمولة على الكروموسومات وان أي كروموسوم يحتوي على عدد كبير من الجينات. ان جينات الصفات المختلفة تكون موضوعة على نفس الكروموسوم او على كروموسومات مختلفة. ان الجينات الواقعة على الكروموسومات المختلفة تظهر الصفات التي تعينها في الجيل التالي اما معا او بصورة منفصلة، حيث انها تتوزع توزيعا حرا طبقا لقانون مندل في التوزيع الحر. ان الجينات المختلفة الواقعة على الكروموسوم تكون بطبيعة الحال متصلة مع بعضها بصورة شديدة. وانها لا تتوزع توزيعا حرا عند تكوين الكميتات وان هذا النوع الذي يكون فيه وجود جينات او اكثر على نفس الكروموسوم يعرف بالارتباط Linkage وهو حركة وانتقال زوجين من عوامل الصفات المتضادة سويا من جيل الى اخر دون ان يحدث بينهما انفصال. يتميز الارتباط بوجود جينات الصفات المتضادة على نفس الكروموسوم، وتكون متقاربة في الموقع.

العبور crossing over

ان الجينات المرتبطة تنفصل احيانا ولا تظل معا في جميع الحالات اي لا يكون هناك ارتباط تام حيث ان الاتحادات الجديدة تحدث نتيجة تبادل مادي بين اجزاء الكروموسومات المتماثلة وهو ما يعرف بـالعبور crossing over وهو تبادل قطع كروماتيدية كاملة بين الكروماتيدات الشقيقة بين الكروموسومات المتماثلة وتحدث في الطور التمهيدي الاول من الانقسام الاختزالي الاول حيث ينقسم كل كروموسوم الى كروماتيدين فتكون بذلك مكونة من ٤ كروماتيدات وتعرف هذه المرحلة بالمرحلة رباعية الخيوط حيث تتبادل الكروماتيدات غير الشقيقة اجزاء مع بعضها وينتج عن ذلك تكون الكيازما Chiasma وهي اشكال صليبية وتعد المظهر الخلوي لحدوث العبور. كلما كان طول الكروموسوم اكبر كلما كان عدد الكيازمات اكثر، كلما كانت الجينات متباعدة كان احتمال حصول الكيازما اكبر بينما كلما كانت الجينات متقاربة كلما قل حدوث الكيازما. يبدأ العبور في الطور الازدواجي وتنتهي في الطور الانفصالي، عند عدم حدوث العبور تدعى بالارتباط

UNIVERSITY OF ANBAR

مثال // استنادا على قانون التوزيع الحر لمندل تتوزع الجينات على الكروموسومات المختلفة توزيعا حرا بحيث تكون نسبة التلقيح الاختباري ١:١:١:١

P1 AABB X aabb

(AB) (ab)

F1 AaBb

P2 AaBb X aabb

AB Ab aB ab ab

F2 ¼ AaBb ¼ Aabb ¼ aaBb ¼ aabb

مثال٢// استنادا الى نظرية الارتباط تنتقل الجينات المرتبطة مع بعضها ارتباطا تاما دون ان تتوزع توزيعا حرا كما في ادناه

AB/AB X ab/ab

AB ab

AB/ab

التلقيح الاختباري

AB/ab X ab/ab

AB ab ab

½ AB/ab : ½ ab/ab

اقترح Sutton سنة ١٩٠٣ ان الكروموسوم يحمل اكثر من جين واحد تورث معا كمجموعة واحدة ، كما اطلق Bateson & Punnett سنة ١٩٠٦ على بقاء بعض الألائل السائدة مع بعضها بالنظام الازدواجي cis arrangement وبقاء الالائل السائد والمتنحي مع بعضها بالنظام التنافري trans arrangement كما وجد Morgan ومساعدوه سنة ١٩١٠-١٩١٥ ان ظاهرتي الازدواج والتنافر متشابهتان واطلق عليها بالارتباط ، كما اظهر ان شدة الارتباط تتوقف على المسافة بين الجينات المرتبطة في الكروموسوم.

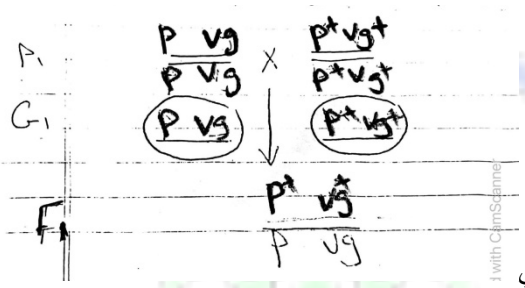
انواع الارتباط Kinds of linkage

الارتباط التام complete linkage

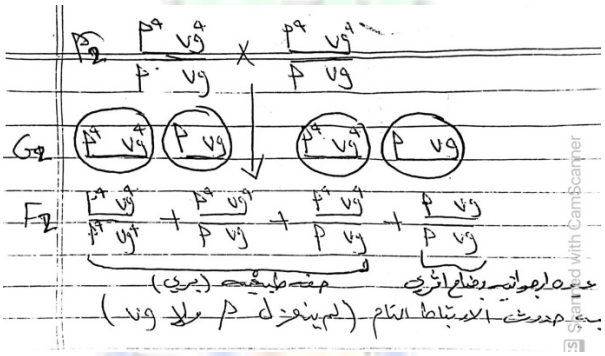
يقصد به حركة وانتقال الجينات عبر عدة اجيال دون ان يحدث بينهما انفصال. ان العبور في ذكور حشرة الدروسوفلا نادر الحدوث لذلك يكون الارتباط تاما بين الجينات في الذكر. كما لا يحدث العبور في حشرة دودة الحرير. من المعروف ان الجين b الخاص بلون الجسم الاسود في حشرة الدروسوفلا واليله الطبيعي b^+ المسؤول عن اللون الرمادي

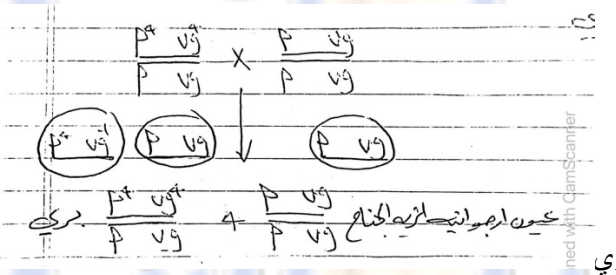
يوجدان على الكروموسوم الثاني الذي يوجد عليه ايضا جين الجناح المختزل vg او اليله السائد vg^+ الخاص بالجناح العادي الطويل.

مثال / تم تضريب ذكر اسود مختزل وانثى رمادية طويلة الجناح من ثم تم تلقيح ذكرمن الجيل الاول اختباريا ما ناتج افراد الجيل الثاني



تضريب ذاتي





تضريب اختباري

الارتباط غير التام Incomplete linkage

هو حركة وانتقال زوجين من الجينات في بعض الاحيان من جيل الى اخر وانفصالهما في احيانا اخرى نتيجة حصول ظاهرة التعابر بينهما، تظهر هذه الظاهرة واضحة في نبات الذرة الشامية وفيها تحدث تراكيب جديدة في كلا الجنسين ، وجد ان الحبوب الملونة C سائدة على عديم اللون c والحبوب الممتلئة S سائدة على المجعدة s

مثال/ عند تضريب حبوب ملونة ممتلئة CS/CS مع نبات عديم اللون مجعد cs/cs كانت جميع افراد الجيل الاول ذات حبوب ملونة ممتلئة CS/cs فلو كان انعزال C, S حرا لاعطت افراد الجيل الاول CS, Cs, cS, cs باعداد متساوية عند التضريب الاختباري مع نبات متنحي cs/cs وعليه يتوقع الحصول على اربعة اشكال متساوية ١:١:١:١ لو كان التوزيع حرا ، في هذا التلقيح لم تتحقق هذه النسبة بل كانت النتائج التالية:

توافقات ابوية ..... ٤٠٣٢ CS/cs حبوب ملونة ممتلئة

اتحادات جديدة..... ١٤٩ Cs/cs حبوب ملونة مجعدة

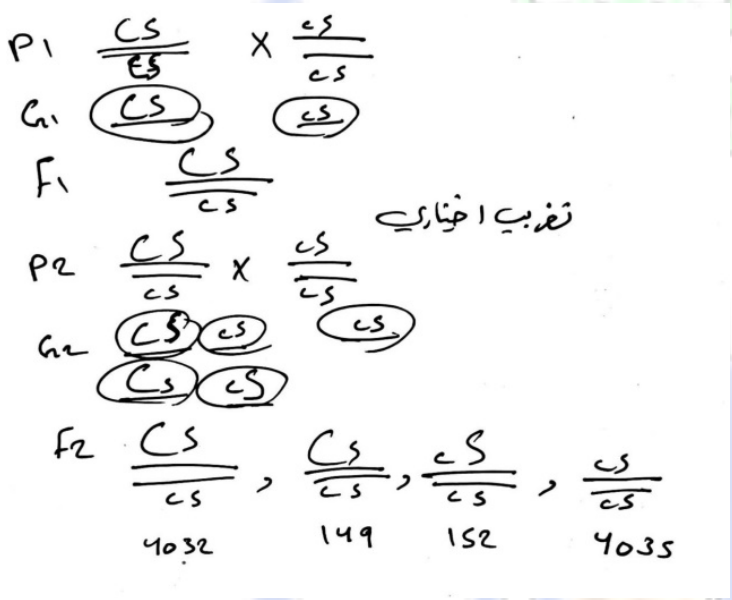
اتحادات جديدة..... ١٥٢ cS/cs حبوب غير ملونة ممتلئة

توافقات ابوية ..... ٤٠٣٥ cs/cs حبوب غير ملونة مجعدة

يلاحظ ان المجموعتين الاولى والرابعة نسبتها كانت اعلى من المجموعتين الثانية والثالثة ، بمعنى اخر ان التراكيب الابوية parental combinations او الاعبورية non-cross-over كانت اعلى من التراكيب الجديدة او العبورية.

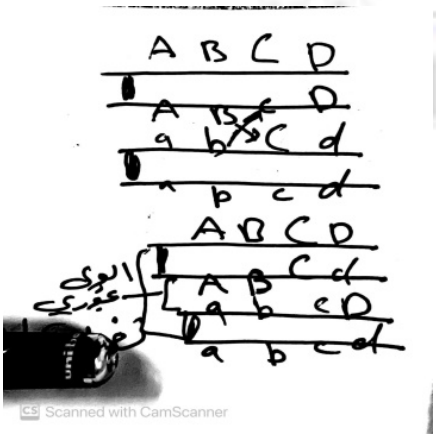
التراكيب الابوية = ٤٠٣٢+٤٠٣٥= ٨٠٦٧ ٩٦,٤%

التراكيب الجديدة = ١٤٩+١٥٢=٣٠١ ٣,٦%

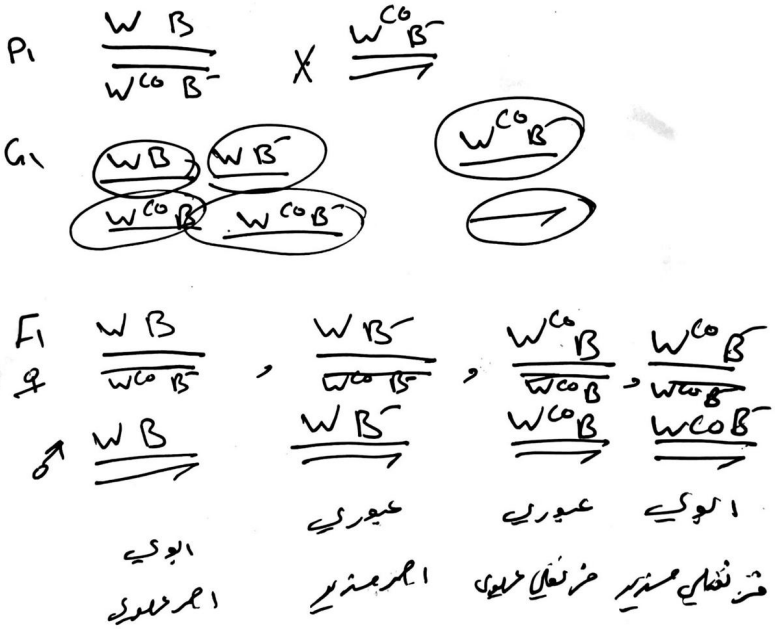


كيف يتم تحقيق العبور خلويا ووراثيا

١- **وراثيا**: تنص النظرية الجينية على ان عوامل الصفات المظهرية هي عبارة عن اجسام مرتبة على الكروموسوم بترتيب طولي وفردي مثلا الجين السائد يعطي رمز بحروف كبيرة والمتنحي حروف صغيرة.



٢- **خلويا** : قام العالم استر باجراء تجارب على حشرة الدروسوفيلا حيث اخذ زوج من الصفات المتضادة المرتبطة بكروموسوم الجنس وهي العين القرنفلية W^{co} قضيبية الشكل B، اجري تضريب بين اناث حمراء قضيبية العيون هجينة مع ذكر قرنفلي مستدير لشكل العيون وتم الحصول على حشرات عيون قرنفلية قضيبية الشكل وحشرات طبيعية للصفتين وحشرات قضيبية وحشرات قرنفلية العين لكن كانت النسب غير متساوية ، ان ظهور اربعة طرز مظهرية وبنسب غير متساوية لا تحقق النسبة المندلية ويدل ذلك على حدوث ظاهرة العبور شرح استر الحشرات الناتجة من التضريب وقارن بين الكروموسومات التي بدأ بتضريبها فلاحظ ان الكروموسومات قد عادت الى طولها الطبيعي مما يدل على انتقال اجزاء من الكروموسومات الطويلة الى الكروموسومات القصيرة لتصبح بنفس الطول من هذه النتيجة اثبت خلويا حصول ظاهرة العبور.

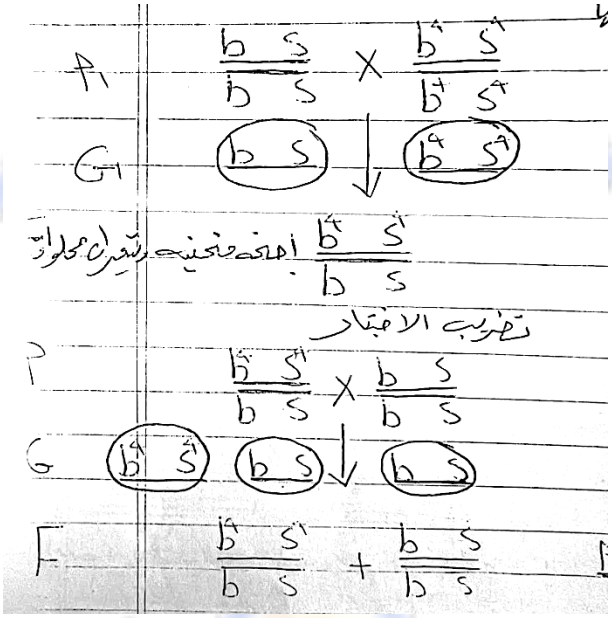


UNIVERSITY OF ANBAR

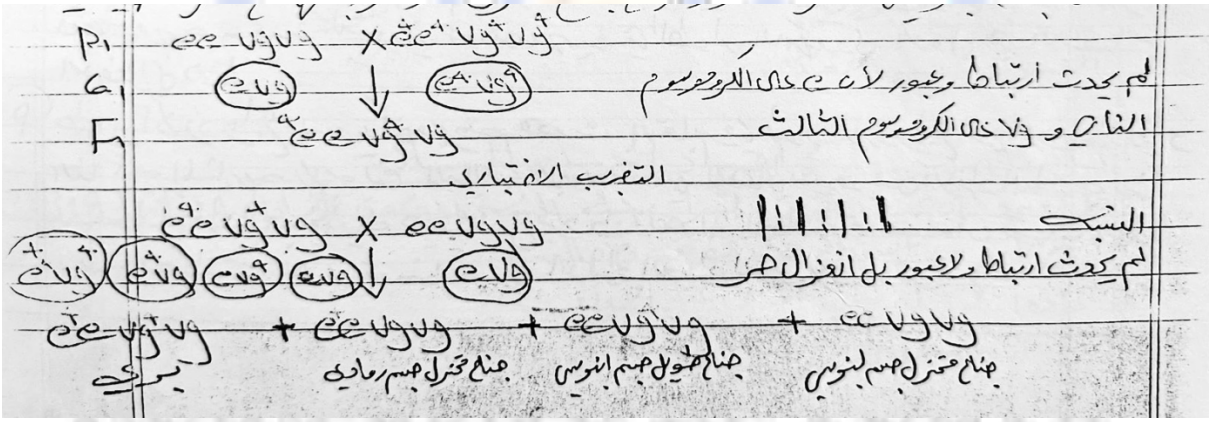
كيف يمكن الكشف عن حدوث العبور والارتباط بين الجينات.؟

اولا: من ناتج التضريب الاختباري

١ -اذا كان ناتج التضريب الاختباري طرازين مظهريين فقط فهذا يدل على حدوث الارتباط التام كما في الاجنحة المنحنية والشعيرات المحلوقة في ذبابة الفاكهة

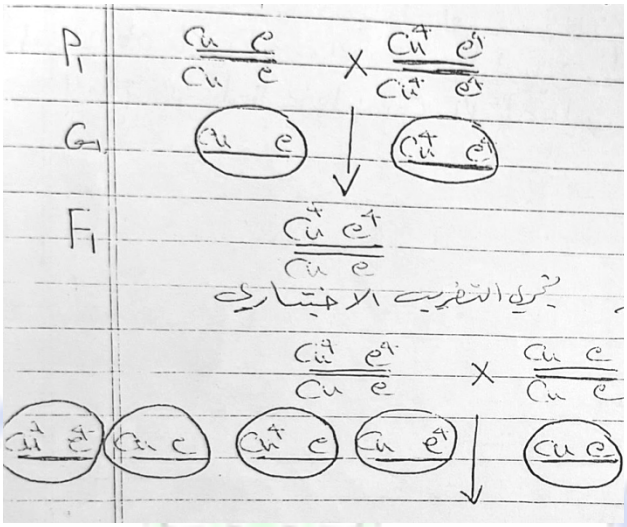


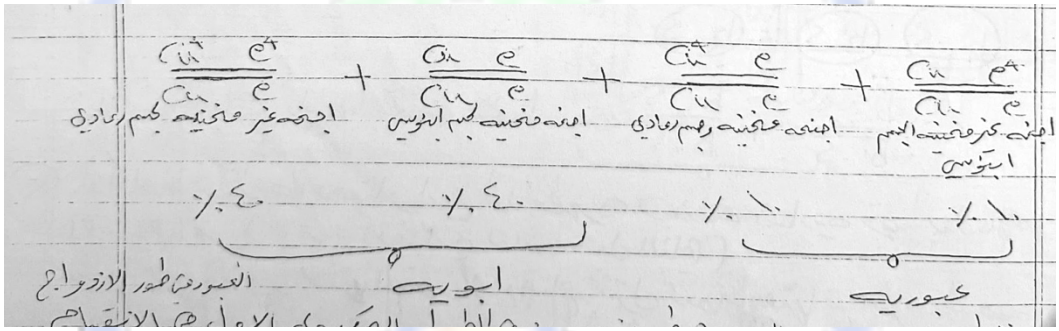
٢ -اذا كان ناتج تضريب الاختبار اربع طرز مظهرية وبسب متساوية فهذا يدل على حدوث التوزيع الحر (قانون مندل الثاني)، مثالا/ عند تضريب حشرة ذات جسم ابنوسي وجناح مختزل مع حشرة طبيعية يكون الناتج بنسبة ١:١:١:١



٣ -اذا كان ناتج التضريب الاختباري اربع طرز مظهرية وبنسب مختلفة هذا يدل على حدوث العبور

مثال / اجنحة منحنية والجسم ابنوسي كلاهما على الكروموسوم الثاني

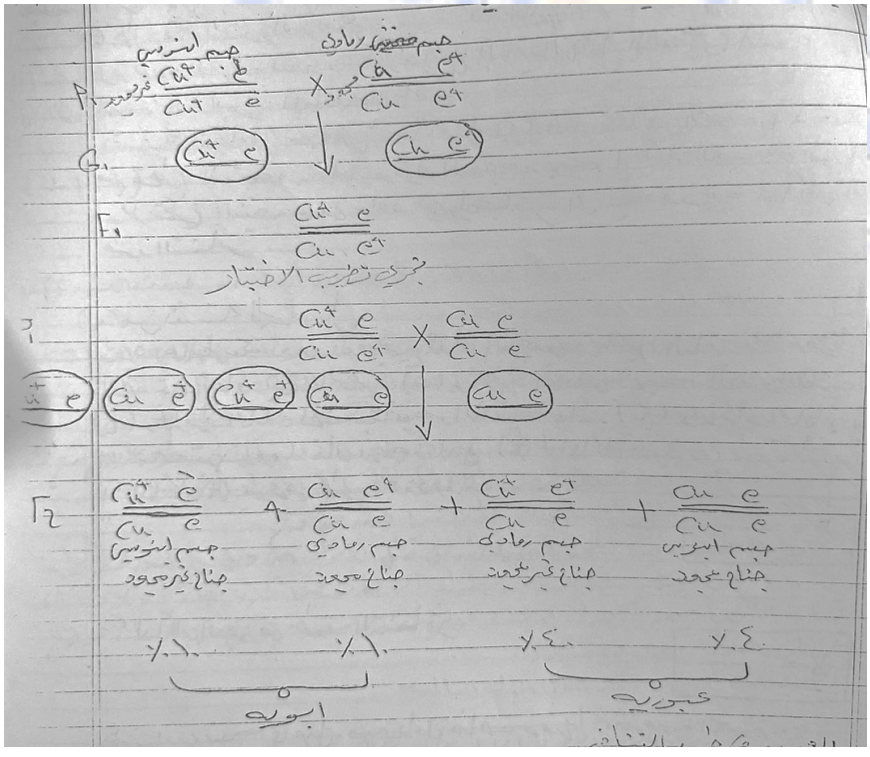




يحدث العبور في طورين مهمين الطور التمهيدي الاول في الانقسام الاختزالي وهما

أ- طور الازدواج : يمكن معرفة طور التعابر في طور الازدواج من ملاحظة الافراد الناتجة المشابهة للابوين(الافراد الابوية هي الاعلى تردد بين الافراد الناتجة) بينما نسبة الافراد العبورية هي الاقل ترددا

ب- طور التنافر: يمكن معرفة حدوث العبور في طور التنافر من ملاحظة نسبة الافراد العبورية حيث تكون اعلى تردد بين الافراد الناتجة بينما تكون الافراد الابوية هي الاقل ترددا كما في المثال التالي:



ناتج افراد الجيل الثاني ثانيا: من

لا تعتمد هذه الطريقة كثيرا بسبب النسبة المتعددة لافراد الجيل الثاني (٩:٣:٣:١) لكن لابد من استخدام هذه الطريقة في حالتين : عندما يكون تلقيح افراد الجيل الاول ذاتيا اوعندما لا يتوفر الاب الحامل للصفتين المتنحيتين لاجراء التضريب الاختباري تستخرج نسبة العبور من افراد الجيل الثاني يطريقتين:

أ- **طريقة الجذر التربيعي Square root method**

في هذه الطريقة تعتمد على افراد الجيل الثاني التي تحول الصفتين المتنحيتين وتستخرج نسبة التعابر من المعادلة التالية

$$\text{نسبة التعابر} = ٢ * \text{متنحيتين لصفتين الحاملين الثاني الجيل افراد عدد} \sqrt{}$$

ثم تطرح النسبة من (١) وتحول الى نسبة مئوية اذا كان العبور في الطور الازدواجي ولا تطرح النتيجة من ١ وتحول مباشرة الى نسبة مئوية اذا كان العبور في طور التنافر.

ب- **من نسبة الحاصل**: وفيها يعتمد على جميع الافراد الناتجة من الجيل الثاني فاذا رمزنا لافراد الصفتين السائدتين a والحاملين لصفة سائدة وثانية متنحية b والافراد الحاملين لفئة متنحية وثانية سائدة c وللافراد الحاملين لصفتين متنحيتين d فان نسبة الحاصل X اذا كان العبور

في طور الازدواج $x = 100 * bc/ad$

في طور التنافر $X=ad/bc* 100$

قيمة الارتباط = ١٠٠ – قيمة العبور