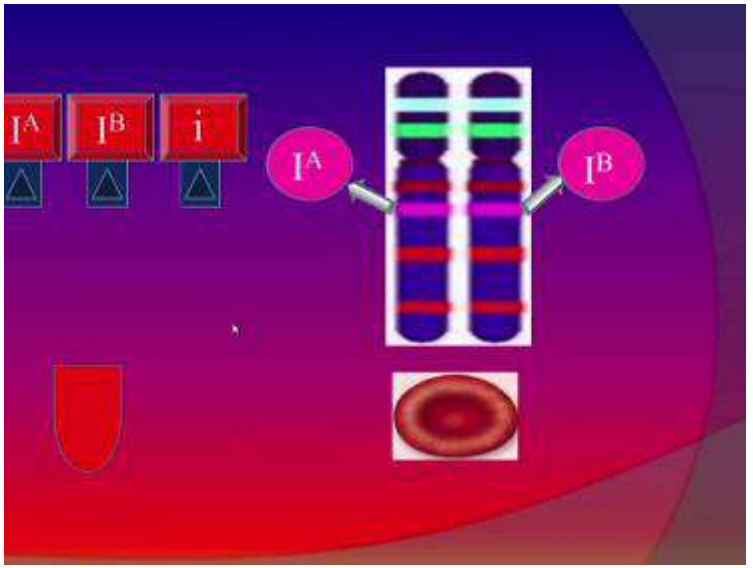
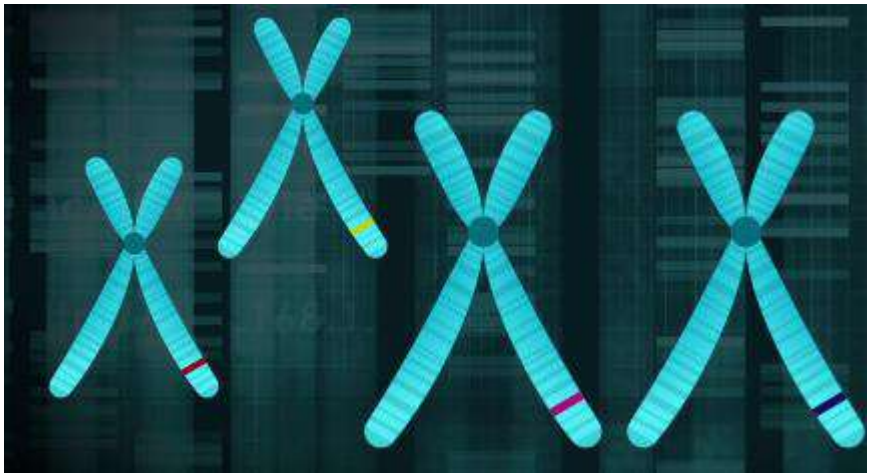
كلية الزراعة الثانية بالسويداء
د. ربا محمد

المحاضرة السادسة

الأليلات المتعددة والأثر المتعدد لجين الواحد.





الأليلات المتعددة multiple alleles

إن أقصى عدد للأليلات لموقع جيني واحد في الكائن الحي هو اثنان، واحد على كل من الكروموزومات المتماثلة. وبما أن تغير الجين إلى أشكال بديلة أخرى يتم عن طريق الطفرات فمن الممكن حدوث طفرات متعددة في الجين وتسمى هذه الطفرات المتعددة في الجين الواحد بالأليلات المتعددة إذا ما سببت تغييراً في النمط الظاهري البري للكائن.

فالأليلات المتعددة هي وجود بدائل أو أليلات مختلفة لنفس المورثة تحدث نتيجة لطفرة في جزيء المادة الوراثية (DNA) والتي تؤدي إلى حصول تغير في تعبير المورثة.

الأليلات المتعددة multiple alleles

أولاً: وراثة لون الفراء في الأرانب:

❖ لون الفراء في الأرانب: شفع من المورثات مسؤولة عن تدرّج اللون C^{+} رمادي (النمط البري)، C^{ch} رمادي فضي (لون الشنشلا نسبة إلى أحد القوارض)، C^{h} لون الهيمالايا، C^{a} اللون الأبيض.

❖ $C^{+} > C^{\underline{ch}} > C^{h} > C^{a}$

$C^{\underline{ch}}$: يشير الخط إلى السيادة غير التامة للقرين C^{ch} على القرينين $C^{a}\ C^{h}$

الأليلات المتعددة multiple alleles

تحديد الطوابع الوراثية والظاهرية للون الفراء في الأرانب

القرين	الطابع الوراثي	الطابع الظاهري
C^+	C^+C^+، C^+C^{ch}، C^+C^h، C^+C^a	اللون الرمادي (النمط البري)
C^{ch}	$C^{ch}C^{ch}$	رمادي فضي
	$C^{ch}C^h$، $C^{ch}C^a$	رمادي فاتح
C^h	C^hC^h، C^hC^a	لون الهيمالايا (اللون الأبيض ما عدا الذيل والقوائم والآذان والأنف)
C^a	C^aC^a	اللون الأبيض والعيون وردية

- C^+C^+ مع جميع السلالات الأخرى و C^hC^h مع C^aC^a نسلاً في F1 يحمل الصفة السائدة وفي F2 تكون ¾ الأفراد سائدة ¼ الأفراد متنحية.

الأليلات المتعددة multiple alleles

- بينما يعطي التهجين بين السلالة النقية $C^{ch}C^{ch}$ وإحدى السلالتين $C^{h}C^{h}$ و $C^{a}C^{a}$ ونظراً للسيادة غير التامة نسلاً ذات لون متوسط (رمادي فاتح) في F1، وفي F2 يكون الانفصال بالطابع الظاهري مطابقاً للانفصال في الطابع الوراثي (1:2:1)

الأليلات المتعددة multiple alleles

تحديد الطوابع الوراثية والظاهرية للون الفراء في الأرانب

$C^{h}C^{h}$ x $C^{ch}C^{ch}$

C^{h} C^{ch}

F1 $C^{ch}C^{h}$

رمادي فاتح

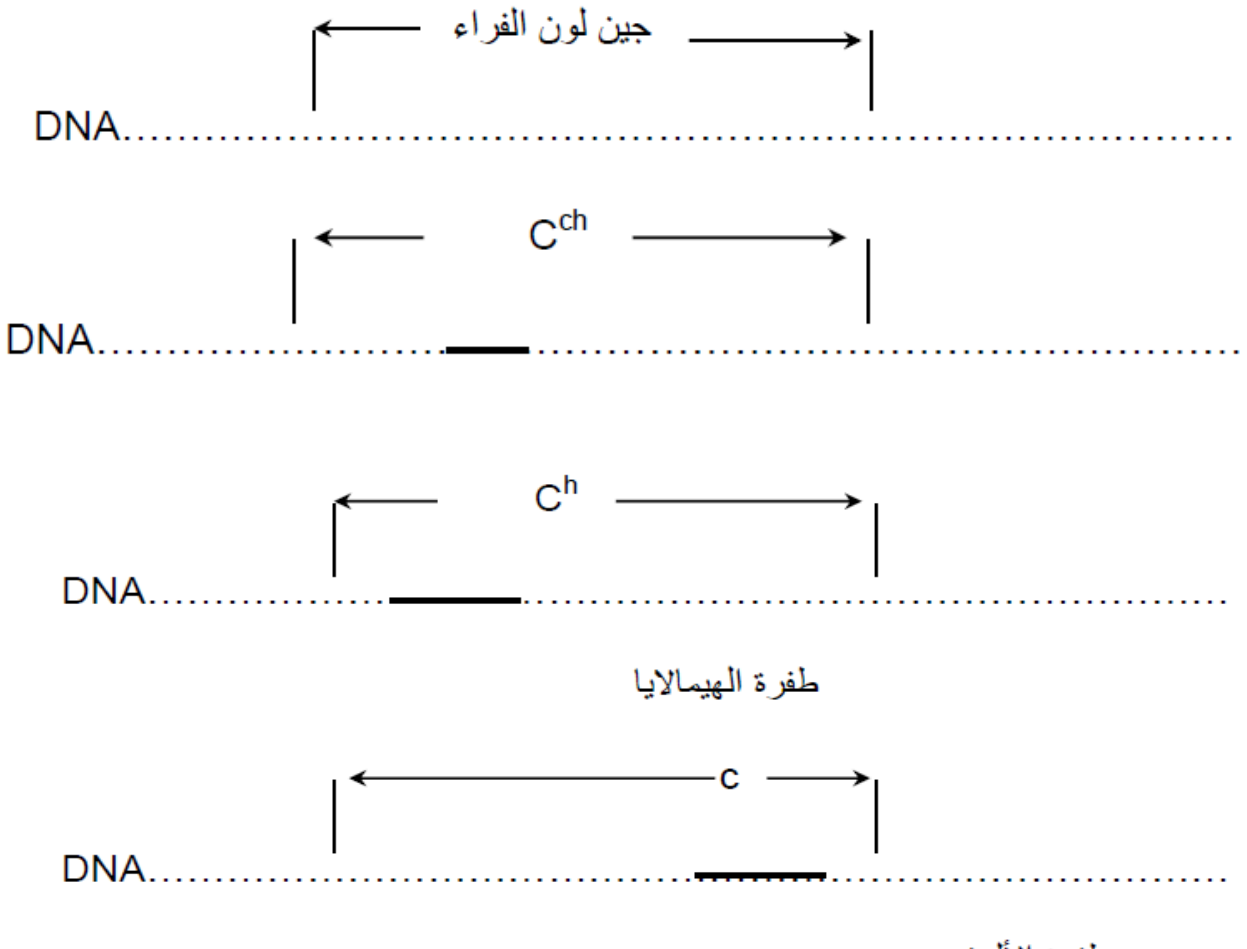
$C^{ch}C^{h}$ x $C^{ch}C^{h}$

F2 $C^{ch}C^{ch}$ $C^{ch}C^{h}$ $C^{ch}C^{h}$ $C^{h}C^{h}$

رمادي فضي رمادي فاتح رمادي فاتح لون الهيمالايا

الأليلات المتعددة multiple alleles

تفسير الأليلات المتعدة والتغير في الصفات المظهرية



الأليلات المتعددة multiple alleles

❖ الزمر الدموية ABO عند الإنسان، يسيطر عليها مورثات جسمية،

I^A، I^B، I^O

القرين	الطابع الوراثي	الطابع الظاهري
I^O	I^OI^O	O
I^A	I^AI^A ، I^AI^O	A
I^B	I^BI^B ، I^BI^O	B
I^A , I^B	I^AI^B	AB

الأليلات المتعددة multiple alleles

❖ **الزمر الدموية ABO عند الإنسان، يسيطر عليها مورثات جسمية،**

القرين I^A يمتلك عدة نظائر بمثابة زمر فرعية للزمرة A: I^{A1} ، I^{A2} ، I^{A3}، I^{A4}

$$I^o < (I^B = I^{A4} < I^{A3} < I^{A2} < I^{A1})$$

الأليلات المتعددة multiple alleles

الأليلات المتعددة في الدروسوفلا :

يتحكم بلون عين الدروسوفلا عدد من الأليلات التي تسبب تبايناً في اللون من الأحمر في النوع البري والطابع الوراثي للأليل الموافق (w^+) إلى اللون القرنفلي (w^{co}) والأحمر القاني (w^{bl}) والوردي (w^e) والأحمر الفاتح (w^{ch}) والمشمشي (w^a) والعسلي (w^h) والأصفر البرتقالي (w^{bf}) والبرتقالي الفاتح (w^t) واللؤلؤي (w^p) والعاجي (w^i) والأبيض (w) . إن هذه الأليلات قادرة على أن تنتج صبغة ما عدا الأليل (w) ويمكن توضيح كمية الصبغة المنتجة من قبل هذه الأليلات بالصورة التالية :-

$$w^+ > w^{co} > w^{al} > w^e > w^{ch} > w^a > w^h > w^{bf} > w^t > w^p > w^i > w$$

الأليلات المتعددة multiple alleles

حيث إن الأليل البري (w^+) يكون ذو سيادة كاملة على كل الأليلات الأخرى في هذه السلسلة ، أما الأليل (w) فيكون متنحياً لكل الأليلات الأخرى في هذه السلسلة الأليلية ، وعندما تكون أليلات هذه السلسلة (ما عدا w^+) متباينة الزيجة (Heterozygote) فإنها تميل إلى إعطاء نمط ظاهري متوسط (Intermediate) بين ألوان عين الدروسوفلا الأبوية .

وراثة سلسلة أليلات عدم التوافق الذاتي في النبات
Self-incompatibility multiple alleles

لو حظ في بعض النباتات كالدخان وبعض نباتات الزينة والفاكهة أن حبوب اللقاح الناتجة من نبات معين تكون غير قادرة على إخصاب البويضة الناتجة من نفس النبات أو من نبات آخر معين، وبالفحص تبين أنّ حبوب اللقاح هذه تامة الحيوية ولها القدرة على إخصاب بويضات نبات آخر.

تناول العالم East عام 1926 هذه الظاهرة بالدراسة المستفيضة في نبات Nicotinana alata وقد وجد أنه يتحكم في هذه الظاهرة سلسلة طويلة من الأليلات المتعددة لجين واحد (عبارة عن 15 أليل أطلق عليهم S^{15} ,..... S^3 , S^2 , S^1 **بحيث أنه إذا وجد أحد هذه الأليلات في حبة اللقاح فإن حبة اللقاح لا تنمو إذا سقطت على ميسم زهرة تحوي نفس الأليل.**

وراثة سلسلة أليلات عدم التوافق الذاتي في النبات
Self-incompatibility multiple alleles

مثال : حبوب لقاح تحمل الأليلين S^2S^3 لايمكنها تلقيح مياسم الأزهار التي تحمل نفس الأليلين

حبوب اللقاح	S^2S^3		x		S^2S^3	**ميسم الزهرة**
الأعراس	S^2	S^3		S^2	S^3	

لا تنمو حبوب اللقاح هذه على ميسم نفس النبات

الأليلات المتعددة multiple alleles

ويطلق على هذه الظاهره عدم التوافق الذاتى. أما إذا أخذت حبوب لقاح من هذا النبات S^2 ، S^3 ولقحت بها مياسم نبات اخر تركيبه S^2S^4 مثلاً فإن حبة اللقاح التى تحتوى على الأليل S^2 لا تنمو ويكون نتيجه هذا التلقيح مايلى:

حبوب اللقاح S^2S^3 x S^2S^4 **ميسم الزهرة**

الأعراس S^2 S^3 S^2 S^4

تموت

النسل S^2S^3 S^3S^4

وفى التلقيح العكسى للتلقيح السابق تكون النتيجه كما يلى:

حبوب اللقاح S^2S^4 x S^2S^3 **ميسم الزهرة**

الأعراس S^2 S^4 S^2 S^3

تموت

النسل S^2S^4 S^3S^4

ويلاحظ أن النتيجه قد إختلفت فى التلقيح والتلقيح العكسى.

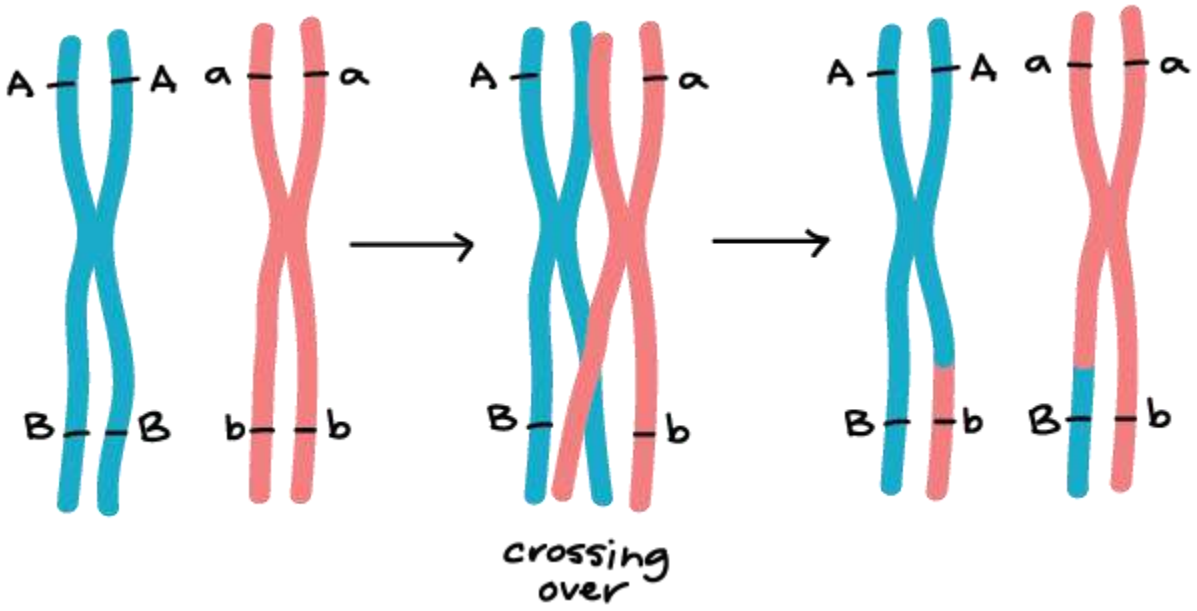
الأليلات المتعددة multiple alleles

أما إذا لقح نباتين يحتويان على أليلات مختلفه من سلسلة عدم التوافق الذاتى هذه فإن حبوب اللقاح سوف تنمو وتخصب البويضات المؤنثه وتتكون البذور كما يلى:

ميسم الزهرة	S^1S^2	x	S^3S^4	**حبوب اللقاح**	
الأعراس	S^1	S^2	S^3	S^4	
النسل	S^1S^3	S^2S^3	S^1S^4	S^2S^4	

ولقد وجدت ظاهرة عدم التوافق الذاتى والتى يتحكم فيها سلسله من الأليلات المتعدده لنفس الجين فى عدد كبير من النباتات الأخرى مثل الكرنب والأنوثيرا والبرسيم الأحمر وبنجر السكر.

الارتباط والعبور

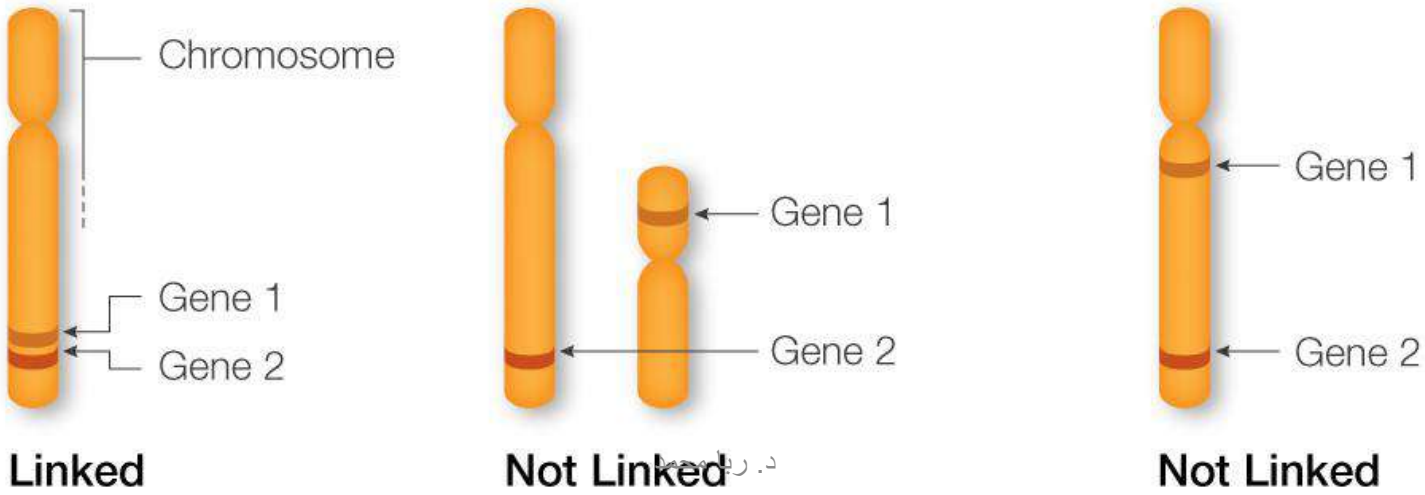


أولاً الارتباط:

- تسمى المورثات المحمولة على صبغي واحد بالمورثات المرتبطة Linked genes.

- تميل هذه المورثات للبقاء مرتبطة مع بعضها عند تكوين الأعراس.

- يطلق على ظاهرة انتقال المورثات معاً من الآباء إلى الأبناء مع المحافظة على التركيب الوراثي الأبوي بالارتباط Linkage. والصفات المحكومة بتلك المورثات تسمى بالصفات المرتبطة Linked characters.



أولاً الارتباط:

فرضية التجاذب والتنافر: اكتشفها العالمان باتيسون وبوينت عام 1906 عند دراستهما توارث صفة لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح في نباتات البازلاء الحلوة *Lythrus adoratus*.

بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة	x	أحمر الأزهار حبوب اللقاح مستديرة
PPLL		ppll
PL	الأعراس	pl

أفراد الجيل الأول F1

PpLl

بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة

أولاً الارتباط:

فرضية التجاذب والتنافر:

بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة x بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة F1

PpLl PpLl

أفراد الجيل الأول F2

النمط الظاهري	التركيب الوراثي	العدد	النسبة
بنفسجي طويل	P-L-	296	11
بنفسجي مستدير	P-ll	29	1
أحمر طويل	ppL-	27	1
أحمر مستدير	ppll	85	3

استنتج الباحثان أن القرينين السائدين يميلان للبقاء معاً

أولاً الارتباط:

فرضية التجاذب والتنافر:

لتفسير النتائج تم إجراء تلقيح اختباري لنباتات الجيل الأول مع الأب المتنحي

بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة x **أحمر الأزهار حبوب اللقاح مستديرة**

PpLl **ppll**

أفراد الجيل الأول F2

النمط الظاهري	التركيب الوراثي	النسبة
بنفسجي طويل	P-L-	7
بنفسجي مستدير	P-ll	1
أحمر طويل	ppL-	1
أحمر مستدير	ppll	7

الاتحادات الأبوية أكثر بسبع مرات من الاتحادات غير الأبوية،

استنتج الباحثان أن القرينين السائدين يميلان للبقاء معاً وكذلك القرينان المتنحيان بينما يميل كل قرين سائد وقرين متنحي إلى التنافر.

لهذا استعملا تعبير النظام الازدواجي (cis-arrangement) والنظام التنافري (trans-arrangement).

أولاً الارتباط:

فرضية التجاذب والتنافر:

الشيء الذي عجزت هذه النظرية عن تفسيره

أحمر الأزهار حبوب اللقاح متطاولة ppLL x بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح مستديرة PPll

بنفسجي الأزهار حبوب اللقاح متطاولة PpLl F1

التلقيح الذاتي

أفراد الجيل الأول F2

النمط الظاهري	التركيب الوراثي	العدد	النسبة
بنفسجي طويل	P-L-	52	%4,8
بنفسجي مستدير	P-ll	480	%45,1
أحمر طويل	ppL-	480	%45,1
أحمر مستدير	ppll	52	%4,8

أولاً الارتباط:

مفهوم مورغان للارتباط :

إنّ ظاهرتي التجاذب والتنافر هما وجهان لظاهرة واحدة هي الارتباط.

أثبت ميل المورثات إلى البقاء مرتبطة بنسب عالية في تراكيبها الأصلية أو الأبوية مما يدل على ميلها للبقاء على الصبغي نفسه (ظاهرة التجاذب)، ويزداد ميل المورثات إلى إنتاج تراكيب جديدة كلما تباعدت عن بعضها أي كلما زادت المسافة الوراثية أو الصبغية بينها، مما يؤدي إلى إضعاف قوة الارتباط (ظاهرة التنافر) وليس لهاتين الظاهرتين علاقة بالسيادة أو التنحي الوراثي عكس ما توقع باتيسون وبوينت.

أولاً الارتباط:

النظرية الصبغية في الارتباط:

خصائص هذه النظرية:

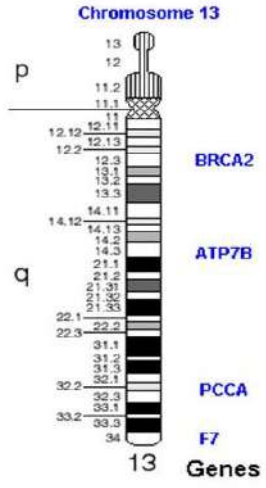
1- تقع المورثات التي تظهر ارتباطاً فيما بينها في الصبغي نفسه.

2- ترتيب مواقع المورثات على الصبغيات في تتابع خطي Linear fashion.

3- تتوقف قوة الارتباط على المسافة بين المورثات المرتبطة على الصبغي، حيث تزداد قوة الارتباط بين المورثات عندما تكون متقاربة بشدة بتوضعها في الصبغي، وتقل قوة الارتباط كلما زادت المسافة بين المورثات.

4- تميل المورثات المرتبطة الواقعة على الصبغي نفسه للبقاء معاً أثناء التكاثر الجنسي.

- Note that all genes are located in a linear fashion from one end of the chromosome to the other



أولاً الارتباط:

ترتيب المورثات المرتبطة على الصبغي Arrangement of linked genes

عند دراسة شفعين من المورثات (A و B) يحملان قرينين خليطين (Aa و Bb) في فرد، والواقعان بالقرب من بعضهما على الصبغي نفسه، ومرتبطان مع بعضهما البعض، فإنّ الارتباط سيأخذ أحد هذين النمطين:

(i) القرينان السائدان لكلا المورثتين (A و B) يقعان على صبغي واحد وكذلك القرينان المتنحيان (a و b) يقعان على الصبغي الآخر القرين. يطلق على هذا النوع الترتيب التجاذبي Cis arrangement، وتدعى الأفراد الخليطة التي تحمل مثل هذا الترتيب (AB/ab) بالأفراد الخليطة ذات الترتيب التجاذبي Cis-heterozygotes.

أولاً الارتباط:

ترتيب المورثات المرتبطة على الصبغي Arrangement of linked genes

(ii) القرين السائد للمورثة الأولى (A) والقرين المتنحي للمورثة الثانية (b) يقعان بالقرب من بعضهما على أحد الصبغيين القرينين، والقرين التنحي للمورثة الأولى (a) والقرين السائد للمورثة الثانية (B) يقعان على الصبغي الآخر. يعرف هذا النوع من الترتيب للقرين السائد والقرين التنحي في الصبغي الواحد من شفعي الصبغيات بالترتيب التنافري، وتدعى الأفراد الخليطة التي تحمل مثل هذا الترتيب (Ab/aB) بالأفراد الخليطة ذات الترتيب التنافري Trans-heterozygotes.

أولاً الارتباط:

الارتباط الكامل والارتباط غير الكامل:

يوجد نوعين للارتباط بين المجموعات:

1- الارتباط الكامل Complete linkage.

2- الارتباط غير الكامل أو العبور Incomplete linkage.

أولاً الارتباط:

1- الارتباط الكامل :

يعدّ الارتباط كاملاً عندما تكون المورثات متقاربة بشدة بتوضعها على الصبغي، مما يحتم انتقالها مع بعضها بشكل كامل في الخلايا الجنسية الناتجة من الأب ذاته إلى الأبناء. ولايحدث أي عبور وراثي فيها إلا نادراً مما يؤدي إلى عدم تكوّن اتحادات جديدة، أي تكون نسبة حدوثها صفر. يقال عن المورثات أنها مرتبطة طالما كانت الأعراس الناتجة محتوية على التراكيب الأبوية لهذه المورثات بنسبة تزيد عن 50% ، بينما ذات الاتحادات الجديدة تقل عن 50%.

أولاً الارتباط:

2- الارتباط غير الكامل :

يقال عن المورثات إنها مرتبطة ارتباطاً جزئياً عندما تكون متوضعة في صبغي واحد متباعدة عن بعضها، حيث تخضع في انتقالها جزئياً لقانون التوزيع الحر لمندل (ذلك ناتج عن عبور هذه المورثات أثناء الانقسام الاختزالي).

مهما كان الارتباط بين المورثات على الصبغي الواحد محكماً فإنه لن يكون كامل في كل الحالات بخاصة عند الأنواع التي تتكاثر جنسياً. ويعد الارتباط غير الكامل شائع جداً في معظم الكائنات الحية.

أولاً الارتباط:

العوامل المؤثرة على قوة الارتباط:

تتوقف قوة الارتباط على المسافة بين المورثتين المرتبطتين على الصبغي، توجد عوامل فيزيولوجية وبيئية تؤثر على قوة الارتباط منها:

1- قرب المورثات من المريكز centromere: كلما اقترب الموقع الوراثي من المريكز انخفضت نسبة العبور.

2- قرب المورثات من طرف الصبغي: فكلما اقترب الموقع الوراثي من الطرف الصبغي انخفضت نسبة العبور.

3- العمر: حيث يقلّ العبور بازدياد العمر، وإن كان هذا التأثير غير واضح، أو شامل لجميع الصبغيات.

4- الجنس: تقل نسبة العبور في الظروف الاعتيادية لدى ذكور ذبابة الفاكهة وإناث دودة القز.

أولاً الارتباط:

العوامل المؤثرة على قوة الارتباط:

5- درجة الحرارة: إذ تزداد نسبة العبور في درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة أكثر مقارنة بنسبتها في درجة الحرارة الملائمة لحياة الكائن الحي.

6- المضادات الحيوية والإشعاع: إذ يزيد استعمال المضادات الحيوية والإشعاع من زيادة نسبة العبور، فتعريض ذكور ذبابة الفاكهة إلى هذه المؤثرات يزيد من نسبة العبور فيها.

7- الغذاء: تزداد نسبة العبور بزيادة نسب بعض العناصر الفلزية في الغذاء مثل: الكالسيوم والمغنيزيوم كما تزداد نسبة العبور في مورثات معينة في حال الجوع.

8- النوع: إذ تختلف نسبة العبور بين مورثتين متشابهتين باختلاف النوع.

9- السيتوبلازم: إذ تزداد نسبة العبور أو تقل حسب تأثير السيتوبلازم الخلوي في بعض أنواع المورثات.

ثانياً العبور:

هو انتقال تبادلي بين الكروماتيدات غير الشقيقة التي ستصبح فيما بعد صبغيات في آخر مراحل الانقسام وحدوث عملية كسر أو أكثر فيها مع تبادل قطع أو أجزاء ليصار بعدها إعادة ترتيبها واتحادها، ويتم ذلك في الطور التمهيدي الأول I من الانقسام الاختزالي. إن التبادل بين المورثات المتواجدة على الصبغيين المتقابلين يحصل بشكل مستمر وبفضل هذه الظاهرة تتشكل تراكيب وراثية جديدة مختلفة عن التراكيب الأبوية

ثانياً العبور:

مثال الاتحادات الجديدة في ذبابة الفاكهة:

	رمادي مختزل الأجنحة	x	أسود طويل الأجنحة
	BBvv		bbVV
الأعراس	Bv		bV

أفراد الجيل الأول F1

BbVv

رمادية الجسم وذات أجنحة طويلة

ثانياً العبور:

مثال الاتحادات الجديدة في ذبابة الفاكهة:

	إناث		ذكور
	رمادي ذات أجنحة طويلة	x	سوداء الجسم وذات أجنحة أثرية
	BbVv		bbvv
الأعراس	BV, Bv, bV, bv		bv

أفراد الجيل الأول F2

النمط الظاهري	التركيب الوراثي	العدد	النسبة	
رمادية ذات أجنحة أثرية	Bbvv	2480	%41,5	لم يحدث عبور %83
سوداء وأجنحة طويلة	bbVv	2420	%41,5	
سوداء وأجنحة أثرية	bbvv	330	%8,5	حدث عبور %17
رمادية وأجنحة طويلة	BbVv	370	%8,5	

ثانياً العبور:

آلية حدوث الاتحادات الجديدة أو العبور:

1- التلاصق Synopsis :

2- تضاعف الصبغيين Duplication of chromosomes

3- العبور crossing over.

4- الانتهاء Terminalization.

ثانياً العبور:

1- **التلاصق Synopsis :** تقترب الصبغيات المتناظرة (الأمية Maternel والأبوية Paternel) وتزدوج أو تتلاصق synopsis خلال الدور الأول prophase-I للانقسام الاختزالي Meiosis ويحدث الازدواج بدقة متناهية، حيث إنّ الأجزاء المتناظرة من الصبغيات تتقارب وتتلاصق عند نقطة واحدة أو عدة نقاط عن طريق التجاذب المتبادل بين الأجزاء المتناظرة المتشابهة من الصبغيات وذلك بسبب احتوائها على المورثات المتقابلة نفسها.

ثانياً العبور:

2- **تضاعف الصبغيين :** في الفترة الانتقالية فيما بين مرحلة الخيوط التخينة والمضاعفة ينقسم كل من الصبغيين طولياً إلى صبغيين، وبذلك يتحول الثنائي الصبغي إلى رباعي صبيغي Tetrad.

3- **العبور Crossing over:** تبدأ أزواج الصبيغيات في التنافر والابتعاد عن بعضها البعض خلال مرحلة الخيوط المضاعفة Diplotene ولكن تبقى الصبيغيات متصلة مع بعضها عند أما أو نقاط مختلفة على طول الصبغيمكونة كل وحدة ثنائية تصاباً واحداً أو أكثر Chiasmata.

4- الانتهاء Terminalization: بعد حدوث العبور، يبدأ التنافر بين الكروماتيدات غير الشقيقة زذلك بسبب تناقص تأثير قوى التجاذب بدءاً من الجزيء المركزي إلى نهاية الصبغي، وتتحرك في الوقت نفسه التصالبات عند معظم المتعضيات في مرحلة الخيوط المتحركة باتجاه واحد من الجزيء المركزي إلى نهاية الصبغي قبل أن تختفي نهائياً. وفي نهاية المرحلة يبقى التلامس بين الكروماتيدات فقط في نهاية واحدة أو نهايتين.

ثانياً العبور:

المزايا الأساسية للعبور

1- يطلق على مكان وجود المورثة على صبغي ما اسم الموقع locus والجمع loci وتترتب مواقع المورثات على الصبغيات في تتابع خطي.

2- يشغل أليلي المورثة الواحدة في التركيب الوراثي الخليط أماكن متطابقة على الصبغيين النظيرين، أي: أن القرين (A) يشغل المكان نفسه على الصبغي 1 والذي يشغله القرين (a) على الصبغي النظير 2.

3- يتضمن العبور كسر لكل من الصبغيين النظيرين (الكروماتيدات غير الشقيقة) وتبادل الأجزاء فيما بينها.

4- يحدث العبور أثناء تلاصق الصبغيات المتناظرة في الدور التمهيدي الأول prophase I من الانقسام المنصف.

5- تتكون الصبغيات ذات الاتحادات الوراثية الجديدة بالنسبة للمورثات المرتبطة نتيجة لحدوث العبور بين موقعين.