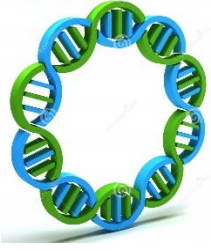


الأسبوع	النظري	العملي
1	مقدمة عن علم الوراثة وعلاقته بالعلوم الأخرى وأهميته في المجالات الزراعية وخدمة الإنسان.	التعرف على العدد المستخدمة في الدراسات الوراثية والأجهزة المختبرية ، دراسة تركيب الخلية.
2	طبيعة المادة الوراثية وتنظيمها داخل الخلية والتركيب الكيماوي للـ DNA و RNA	التعرف على العدد المستخدمة في الدراسات الوراثية والأجهزة المختبرية ، دراسة تركيب الخلية.
3	الأدلة المباشرة وغير المباشرة على أن DNA هو المادة الوراثية.	التعرف على العدد المستخدمة في الدراسات الوراثية والأجهزة المختبرية ، دراسة تركيب الخلية.
4	تضاعف المادة الوراثية.	الانقسام الخيطي والانقسام الاختزالي ، تكوين الكميات وتعاقب الأجيال والإخصاب المزدوج.
5	تركيب الكروموسوم.	الانقسام الخيطي والانقسام الاختزالي ، تكوين الكميات وتعاقب الأجيال والإخصاب المزدوج.
6	الارتباط والعبور الوراثي.	الانقسام الخيطي والانقسام الاختزالي ، تكوين الكميات وتعاقب الأجيال والإخصاب المزدوج.
7	الارتباط والعبور الوراثي.	الوراثة المنديلية ، قانون مندل الأول ، قانون مندل الثاني.
8	الاتحادات الجديدة .	الوراثة المنديلية ، قانون مندل الأول ، قانون مندل الثاني.
9	رسم الخرائط الوراثية.	حل تمارين على قوانين مندل والأثر عليها.
10	الطفرة وأنواعها.	حل تمارين على قوانين مندل والأثر عليها.
11	الطفرة وأنواعها.	انحرافات عن قانون مندل
12	الوراثة السايكوبلازمية	انحرافات عن قانون مندل
13	التعبير الجيني ، وتصنيع البروتين في الخلية و أنواع الـ RNA	الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المحددة للجنس في النبات.
14	التعبير الجيني ، وتصنيع البروتين في الخلية و أنواع الـ RNA	الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المحددة للجنس في النبات.
15	الهندسة الوراثية	الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المحددة للجنس في النبات.



Genetics الوراثة

عرف علم الوراثة Genetics في اوائل القرن العشرين بأنه العلم الذي يبحث في اساسيات التشابه والاختلاف في الصفات بين الافراد الذين تربطهم صلة القرابة. الان هذا التعريف حالياً يعتبر غير شامل لمحتويات هذا العلم نتيجة لتشعبه ونموه السريع وشموله لكل ما يتعلق بالمادة الحية التي تنتقل بين الاجيال (المادة الوراثية) من حيث:

- 1- طبيعة المادة وتركيبها وتحديد امكان وجودها وكيفية تنظيمها.
 - 2- طريقة تكوين المادة الوراثية وانتقالها بين الاجيال وتغيرها في مجاميع الكائنات وتطورها بمرور الوقت تلقائياً او صناعياً.
 - 3- كيفية عمل المادة الوراثية وتأثيرها في صفات الكائن الحي واجياله.
 - 4- كيفية توزيع الاختلافات في العشيرة وتأثير عوامل البيئة والتكوين واعتماداً على ماتقدم فالتعريف المقبول حالياً لعلم الوراثة هو ((العلم الذي يدرس كل مايتعلق بالمواد الحية التي تنتقل بين اجيال الكائنات))
- يعد علم الوراثة من العلوم البيولوجية مولدة جاء في بداية القرن العشرين عندما اكتشف ثلاثة علماء هم النمساوي Tscher mark والهولندي Devries والالمانى Correns



قانوني الانعزال والتوزيع الحر للذين كان قد وضعهما العالم مندل Gregor Mendel عام 1865 ونشرهما 1866 ولكن لم يهتم بها احد في زمانه

وخلال النصف الاول من القرن العشرين وضعت دعائم علم الوراثة واكتشفت واثبتت قوانينه المختلفة والحقائق المتعلقة بها وفي النصف الثاني من القرن العشرين وشهد علم الوراثة تقدماً كبيراً لم يشهده غيره من العلوم وتشعب وتفرع بحيث يمكن اعتبار اياً من فروعه علماً مستقلاً

اهم فروع علم الوراثة: الوراثة السانيلوجية، وراثه العشائر، الوراثة الكمية، الوراثة الجزيئية، الوراثة المناعية، والهندسة الوراثية... وغيرها

يعتمد علم الوراثة على اجراء التجارب وتحليل النتائج واستنباط القوانين واثباتها ولذلك تحتاج دراسته الى معرفة جيدة لعلوم الحياة والعلوم الاساسية وعلوم المورفولوجيا مثل التشرع والاجنة والانسجة والخلية والكيمياء الحيوية والعضوية والفيزياء والرياضيات والاحصاء.

$$\binom{n}{n-1} + \binom{n}{n-2} + \binom{n}{n-3} + \dots + \binom{n}{n-n+1}, \text{ where } \binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

اهمية الوراثة في المجالات الزراعية

ان علم الوراثة من اهم ركائز النهوض بالانتاج الزراعي عن طريق



- استخدامه في انتاج سلالات وهجن عالية الانتاج من الناحية الكمية والنوعية للمحاصيل الحقل كالذرة الصفراء والرز والقطن وغيرها وبعض محاصيل الخضر مثل الطماطة والخيار ... وغيرها.

- كذلك استخدمت الوراثة في تحسين القيمة الفيزيائية وزيادة كمية البروتين والزيت في بعض المحاصيل

- كما استخدمت في زيادة كفاءة النبات لامتنصاص المعادن والاملاح

- استعملت في تربية وتحسين بعض النباتات وجعلها ملائمة للمكننة الزراعية ولانتاج اصناف مقاومة للافات الزراعية وغيرها...

اهمية الوراثة لخدمة الانسان عدا الزراعة



1- فهم الامراض الوراثية وامكانية التقليل من حدوثها او التخلص منها وذلك من خلال

أ- زيادة الجينات ذات المظاهر المرغوبة.

ب- منع او تقليل الجينات ذات المظاهر غير المرغوبة.

واعتماداً على ذلك ظهرت المكاتب الاستشارية الوراثية للمقبلين على الزواج

الغرض منها معرفة الامراض الوراثية في العوائل ومعرفة احتمال حصول المرض الوراثي لدى المتزوجين

2- علاج بعض الامراض عن طريق الهندسة الوراثية. اذ يتم التشخيص وكذلك انتاج العقارات والادوية.

3- معرفة مجاميع الدم وزرع الانسجة والاعضاء (الوراثة المناعية).

4- اطالة الحياة وتأخر الشيخوخة فالشيخوخة هي تغيرات وظيفية في الخلايا الحية لها علاقة بعامل الزمن واثناء

تقدم العمر قد تتكون خلايا غير طبيعية من الناحية التركيبية منذ دراسة الخلايا المسنة سوف نعلم ما حدث فيها ويمكن ان يؤخر الشيخوخة اكثر.

5- الاستئصال او الاستنساخ (التوائم الصناعية)

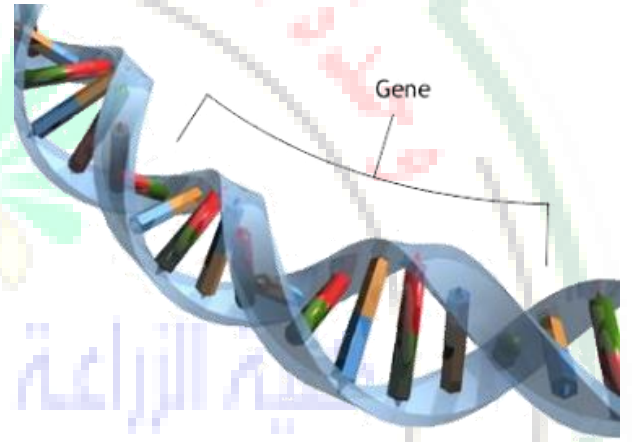
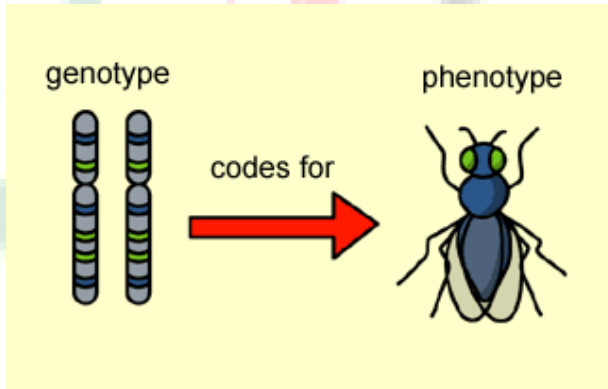
6- تنشيط المادة الوراثية غير المستغلة فمن المعروف ان ما يترجم من المعلومات الوراثية في البيضة المخصبة

الى DNA لايزيد عن 10% من المادة الوراثية.



طبيعة المادة الوراثية

استخدم العالم الدنماركي جوهانسن لفظ (الجين) Gene بدلاً من العامل الوراثي واطلق تعبير التركيب الجيني genotype على التركيب الحقيقي لهذه الجينات في الكائن الحي وتعبير المظهر الخارجي phenotyp على الصفة الوراثية التي تبدو على الكائن الحي. وبذلك أصبح ينظر الى الجينات المختلفة التي تنتظم في صف واحد على الكروموسوم على انها العوامل الوراثية.



من اهم مميزات الجينات

- 1- خزن المعلومات الوراثية وحملها من خلية الى اخرى ومن جيل الى اخر وبذلك فهي تحافظ على الشكل العام للنوع.
- 2- القدرة على التضاعف (التكاثر) أو الاستنساخ.
- 3- المادة الوراثية تقوم بأظهار الصفة (اي تسيطر على تطور المظهر الخارجي) للتركيب الوراثي سواء كان فايروس، بكتيريا ، حيوان، نبات او انسان.
- اي ان المادة الوراثية تعبر عن نفسها باشتراكها بترجمة المعلومات الوراثية المخزونة بتكوين مادة حيوية اخرى وهذا ما يطلق عليه بالتعبير الجيني gene expression.
- 4- المادة الوراثية لها قابلية محدودة على التغيير (اي يحدث التغيير عند حدوث الطفرات وهو امر نادر الحدوث) والقدرة على التغيير مهمة من ناحية التطور الحيوي أو العضوي للكائن الحي او النوع.

لفهم طبيعة الجينات والية عملها لابد من دراسة الاحماض النووية

Nucleic acids

الاحماض النووية

وجد ان الخلايا تحتوي على نوعين من الاحماض النووية هي حامض نووي دي اوكس رايبوزي (DNA) وحامض نووي رايبوزي (RNA).

وقد ثبت باستعمال الصبغات ان الـ DNA يقتصر وجوده بالكامل في داخل الكروموسومات فقط كما تبين ان كمية الـ DNA في خلايا اجسام الكائنات هي ضعف الكمية الموجودة في امساجها او كمياتها

يتكون الحامض النووي من وحدات تسمى النيوكليوتيدات Nucleotides

و يتكون النيوكليوتيد من ثلاث مكونات هي:

جزء سكر خماسي، ومجموعة فوسفات وقاعدة نتروجينية

Pentose Sugar

اولاً: السكر الخماسي

يوجد في جزء الـ DNA على شكل Deoxyribose وفي جزء الـ RNA على شكل Ribose والفرق بين الاثنين ان الاولى اقل اوكسجيناً من الثاني

Phosphate

ثانياً: مجموعة الفوسفات

group

تربط مجموعة الفوسفات بين جزيئات السكر الخماسية في سلسلة الـ DNA و RNA . و يطلق على المركب الناتج من ارتباط السكر الخماسي باحدى القواعد النتروجينية باسم نيوكليوسايد Nucleoside .

Nitrogen

ثالثاً: القاعدة النتروجينية

Base

تعد القواعد النتروجينية اهم الجزيئات المكونة لسلاسل الاحماض النووية وتنقسم الى قسمين اساسيين هما

1- البيورينات Purines

وتضم الادنين (A) Adenine

والكوانين (G) Guanine

وهي جزيئات حلقيه مزدوجة

2- البريميدينات Pyrimidines

وتضم الساييتوسين (C) cytosine

والثايمين	(T)	Thymine
واليوراسيل	(U)	uracil

وهي جزيئات حلقية مفردة.

تحتوي نيوكليوتيدات الحامض النووي DNA على القواعد النتروجينية

كوانين	سايوسين	ثايمين	ادنين
G	C	T	A

اما نيوكليوتيدات الحامض النووي RAN فيحتوي على القواعد النتروجينية

كوانين	سايوسين	يوراسيل	ادنين
G	C	U	A

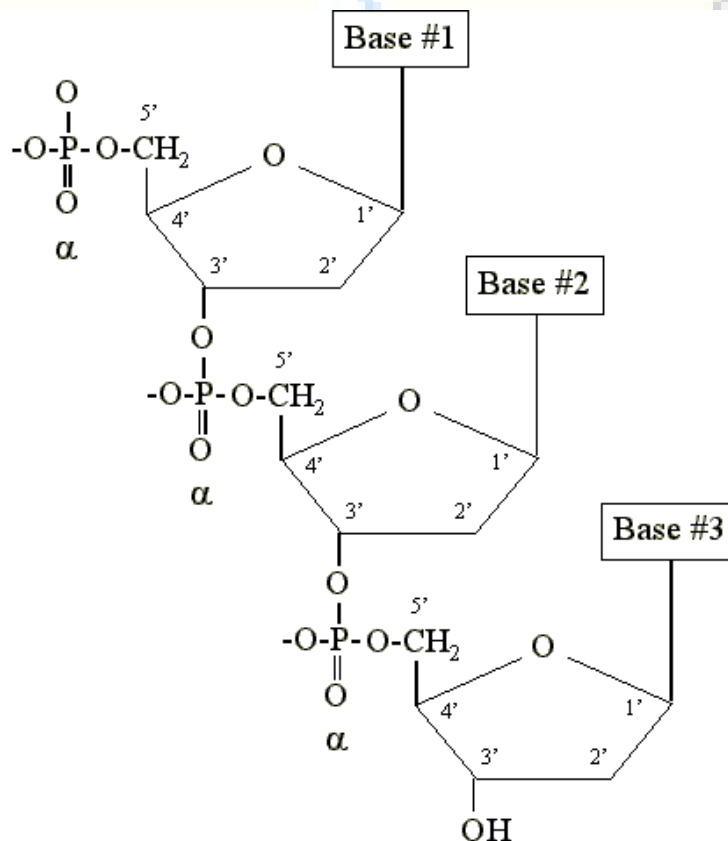
ترتبط كل نيوكليوسيده (سكر + قاعدة نتروجينية) بمجموعة فوسفاتية لتصبح نيوكليوتيده وهي الوحدات البنائية للحمض النووي.

كل نيوكليوسيدة (سكر + قاعدة نتروجينية) عندما تتحد او ترتبط مع مجموعة فوسفات واحدة تدعى بـ AMP

وعندما تتحد مع مجموعتين فوسفات تدعى ADP

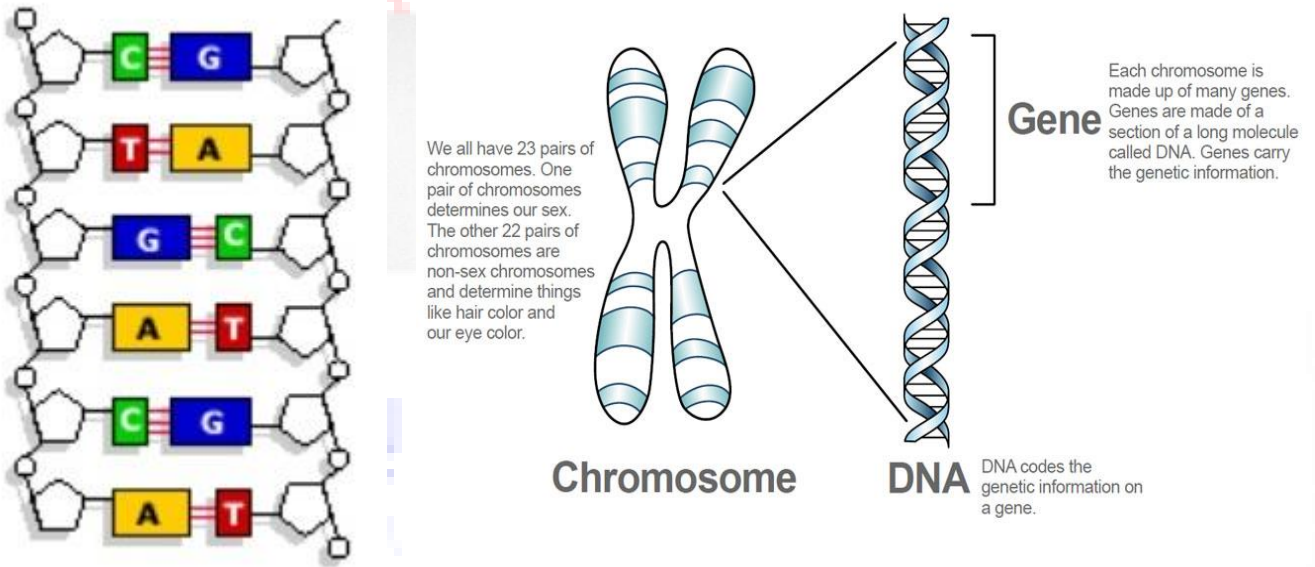
وعندما تتحد مع ثلاث مجموعات من الفوسفات ATP

اظهرت الدراسات ان الحامض النووي DNA مؤلف من عدة نيوكليوتيدات Polynucleotides تتصل فيما بينها بواسطة المجموعات الفوسفاتية كما يلي :

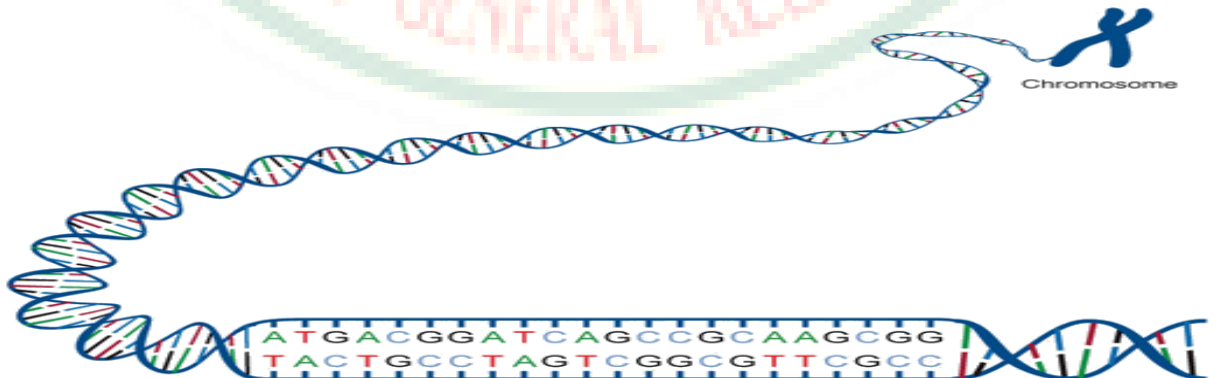


اللولب المزدوج او الحلزون المزدوج Double helix

في عام 1953 افترض العالمان واتسون وكريك ان جميع الـ DNA موجود بشكل لولب مزدوج . وان الـ DNA يترتب داخل الكروموسوم.



جزيئة الـ DNA مكونة من شريطين حلزونين متقابلين بشكل متعاكس ومتصلين ببعضها البعض بواسطة اواصر هيدروجينية في القواعد النتروجينية اذ ان القاعدة النتروجينية A في احد الشريطين دائماً تقترن مع القاعدة النتروجينية T على الشريط الاخر باصرتين هيدروجينية كما ان القاعدة النتروجينية G على احد الشريطين دائماً تقترن مع القاعدة C على الشريط الاخر بثلاث اواصر هيدروجينية ، ان العمود الفقري للـ DNA يتشكل من جزيئتي السكر والفوسفات. فاذا امكن التعرف على تسلسل القواعد النتروجينية لأي شريط امكن معرفه تسلسل القواعد النتروجينية على الشريط



الآخر.

يقوم الـ DNA بنقل المعلومات من جيل لأخر وقد وجد ان تسلسل القواعد النتروجينية Sequence على الشريط يسمى بالشفرة الوراثية. وان كل شريط يحتوي على عدد من الجينات وان الجين الواحد عبارة عن تسلسل عدد من النيوكليوتيدات التي يختلف عددها باختلاف الجينات وان تسلسل القواعد النتروجينية يختلف باختلاف انواع الكائنات الحية الا ان كمية الـ DNA تعد كمية ثابتة ضمن النوع الواحد.

الحامض النووي RNA

ستكون خيطاً مفرداً single strands ويتكون من سلسلة متعددة النيوكليوتيدات Polynucleotides وعادة تكون جزيئاته اقصر من جزيئات الـ DNA وهناك ثلاث اشكال من جزيئات RNA

1- الحامض النووي المرسل mRNA Messenger RNA :-

ويقوم بنقل المعلومات الوراثية من المادة النووية الـ DNA الى الرايبوسوم.

2- الحامض النووي الناقل tRNA Transfer RNA :-

يوجد في السايروبلازم ويقوم بنقل الاحماض الامينية النشطة الى الرايبوسوم.

3- الحامض النووي الرايبوسومي rRNA Ribosomal RNA

تتشارك هذه الجزيئات في بناء الرايبوسوم.

الفروقات بين DNA و RNA

RNA	DNA
1- يوجد في النوية وفي سايروبلازم الخلية.	1- يوجد في الكروموسومات غالباً.
2- يتركب من سلسلة مفردة.	2- يتركب من سلسلة مزدوجة.
3- السكر الداخل في تكوينه سكر رايبوز.	3- السكر الداخل في تكوينه دي اوكسي رايبوز.
4- مادة الوراثة في بعض الفايروسات.	4- مادة الوراثة في معظم الكائنات الحية.
5- يحتوي على قاعدة يوارسيل.	5- يحتوي على قاعدة ثايمين.
6- لا يتضاعف بالنسخ الذاتي.	6- يتضاعف بالنسخ الذاتي.

تضاعف المادة الوراثية DNA Replication

توجد ثلاث نظريات حول كيفية تضاعف الـ DNA وهي :

1- الطريقة المحافظة Conservative

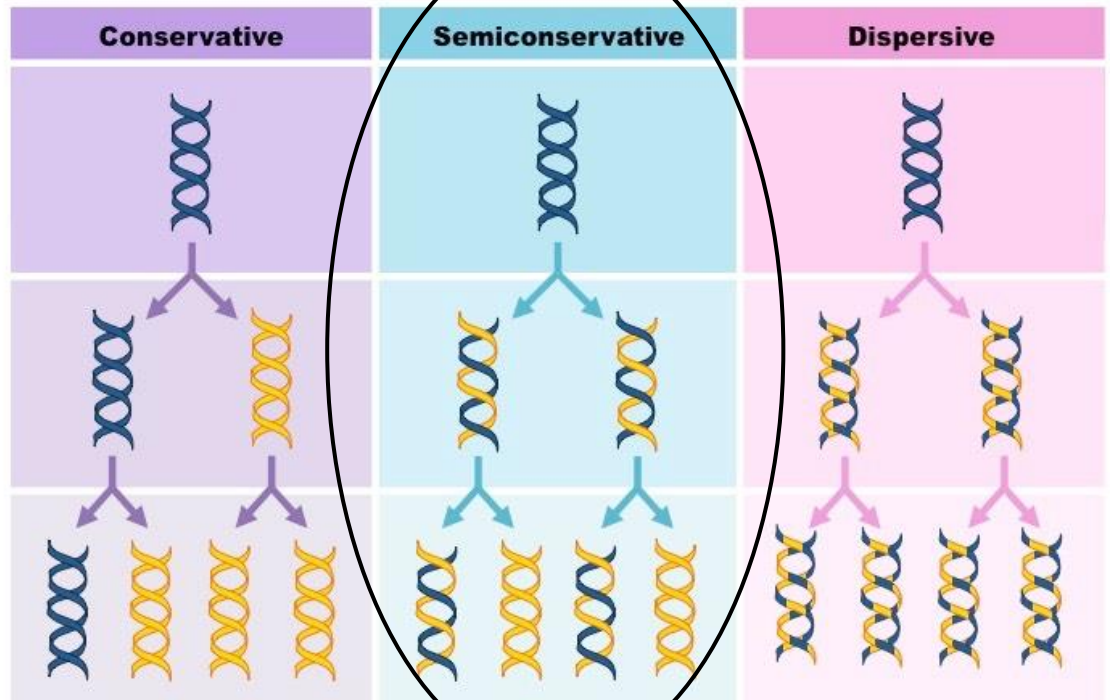
تدعى هذه النظرية بان جزيئة الـ DNA يحصل فيها انفكاك للشريطين Denaturation بواسطة انزيم الـ DNase ومن ثم كل شريط يكون شريطاً جديداً وبذلك تكون النتيجة وجود اربعة اشربة متكاملة وبعد ذلك تعاد الحلزونة Renaturation بين شريطين قديمين وشريطين جديدين بواسطة انزيم DNA Polymerase اي تتكون جزيئين من الـ DNA احدهما مكون من شريطين قديمين والاخرى مكونة من شريطين جديدين ان هذه النظرية ضعيفة ولم تلق تأييد من قبل الباحثين.

2- الطريقة المشتتة Dispersive

يحصل فيها تضاعف للنوكليوتيدات الموجودة في DNA وفي مواقع مختلفة بحيث يزداد طول DNA الى الضعف وعند ذلك تنقسم الجزيئة الى قسمين ولكل قسم منها نيوكليوتيدات قديمة وجديدة هذه النظرية ضعيفة جداً ولم تلق اي تأييد.

3- الطريقة شبه المحافظة semi conservative

يحصل فيها عملية فك الحلزونة Denaturation لجزيئة DNA بواسطة انزيم DNase ثم يبدأ كل شريط من اشربة DNA يكون شريط اخر مكمل له ثم تعاد الحلزونة Renaturation مرة اخرى بين شريط قديم واخر جديد بواسطة انزيم DNA - Polymerase بحيث تتكون جزيئين من DNA كل جزيئة فيها شريط قديم وشريط جديد وهذه النظرية هي المعتمدة حالياً.



تجربة Meselson و Stall عام 1958

قام العالمان بسلسلة من التجارب لاختبار فرضية واتسون وكريك حول تضاعف الـ DNA بالطريقة شبه المحافظة
اذ قاما بـ

زراعة بكتريا القولون في وسط غذائي يحتوي على نيتروجين ثقيل (N15) وبذلك يعلم جميع الـ DNA بالنيتروجين
الثقيل.

نقلت هذه الخلايا الى وسط غذائي جديد يحوي (N14) العادي.

بعد مرور جيل واحد من تكاثر البكتريا واخذت عينة من الخلايا واستخلص الـ DNA .

ان الـ DNA الناتج من التضاعف يجب ان يكون هجيناً اي يجب ان يحتوي على شريط (N15) قديم و آخر فيه
(N14) جديد.

تطابقت نتائج هذه التجربة مع التخمينات التي اوردها واتسون وكريك حول التكرار شبه المحافظ للـ DNA .

تركيب الكروموسومات

جميع الكائنات الحية لها مادة وراثية منتظمة في الكروموسومات وذلك له فائدة في التطور اذ ان الكروموسومات
تمثل الطريق الذي بواسطته تستطيع الخلية من ضم الجينات ثم توريثها الى الخلايا الجديدة. ويختلف تركيب
الكروموسومات بدرجة كبيرة حسب موضع الكائن الحي في سلم التطور كما ان هناك اختلافات شائعة في حجم
الكروموسومات والشكل والعدد والتركيب بين الكائنات الحية الموجودة.

ان الكروموسوم البسيط في البكتيريا او الفايروس يمكن ان تتكون من جزيئة DNA او RNA في بعض الاحيان اما
كروموسومات الكائنات العليا للنبات والحيوان يكون تركيبها و تنظيمها اعقد بكثير .
تركيب الكروموسوم وضع من قبل واتسون وكريك 1953 ، يتألف الكروموسوم من...

اولاً :- المادة الوراثية DNA

تتغير كمية DNA في النواة من $\frac{4}{10}$ نيوكليوتيدات في بعض الفايروسات الى $\frac{12}{10}$ في اللبائن. كما ان تكرار القواعد

النتروجينية يختلف من نوع لآخر في الكائنات الراقية يكون تكرار A و T اكثر من C و G مقارنة بالكائنات الدقيقة.

هناك ثلاثة اشكال من الـ DNA في كروموسومات الكائنات ذوات النواة الحقيقية .

حامض نووي غير متكرر Non-Repetitive DNA

يكون هذا النوع القسم الأكبر من الكرموسوم ويحتوي على عدة آلاف من النيوكليوتيدات ويعتقد بأنه يؤلف القسم الحائلي على المعلومات الوراثة المهمة في الخلية وان كل تعاقب معين من النيوكليوتيدات يعبر عن جين واحد وفي بعض الاحيان يحصل تداخل بين المواقع الجينية نفسها. هذا النوع يكون 50-60 % من كمية DNA الكلية .

حامض نووي متوسط التكرار Moderately repetitive DNA يكون هذا النوع من 10-30% من كمية الـDNA الكلية ويحتوي على متواليات من النيوكليوتيدات مكررة من (2-105) ويتراوح طولها بين 300 الى عدة الاف من ازواج القواعد كل منها معاد لعدة مرات في الجينوم كما ان هذه المتتاليات المعادة متشابهة ولكنها ليست متماثلة ولا يقع هذا النوع من الـDNA في موقع معين من الكرموسوم (اي توجد اجزاء مكررة من الـDNA في داخل الكرموسوم ويتوزع هذا النوع من الـDNA بشكل عشوائي في طول الكرموسوم) ولهذا النوع من الـDNA نشاطات منتظمة.

حامض نووي عالي التكرار Highly repetitive DNA

يكون هذا النوع نسبة 5-10% من كمية الـDNA الكلية ويشمل على نيوكليوتيدات مكررة الا انها تكون متواليات قصيرة والتي يمكن ان تحدث التكرار اكثر من 105 في الجينوم الواحد ويتركز هذا النوع من الـDNA في منطقة السترومير وكذلك في منطقة التخصر الثانوي في الكرموسوم ويعتبر هذا النوع من الـDNA بالرغم من تكراره غير فعال وراثياً اذا انه لا يعبر عن نفسه لظهور صفة معينة في الكائن.

ثانياً :- الهستونات Histones (البروتينات القاعدية)

وهي بروتينات ذات شحنات موجبة عند درجة الحموضة المتعادلة وتوجد في كرموسومات جميع الكائنات الراقية ذات النواة الحقيقية وبكميات مكافئة لكمية DNA الموجودة (وزن / وزن). توجد خمسة انواع من الهستونات الغالبية العظمى في اشكال الخلايا H1 و H2a و H2b و H3 و H4 وتكون نسبتها ثابتة من خلية لآخري ولكون الهستونات قاعدية بسبب احتوائها على 20-30 % Arginine و lysine وهما حامضان امينان ذات شحنة موجبة ولهذه الهستونات وظائف هي:

مسؤلة عن عملية حلزنة DNA اي انها تعمل على فك الحلزنة واعادة شدها اثناء عملية التضاعف ويكون ذلك بواسطة انزيمات خاصة منها DNase و DNA Polymerase .

تتحكم بعملية استنساخ DNA Transcription وتكوين mRNA وبالتالي تحديد الاحماض الامينية ثم البروتينات التي تصنع في النسيج مع العلم ان هذه البروتينات تحت سيطرة جينات اخرى تنظم عملها.

ثالثاً :- اللاهستونات non histones (البروتينات غير المتجانسة) :-

وهي مجموعة من البروتينات الحامضية ذات شحنة سالبة في درجة الحموضة المتعادلة تدخل في تكوين الكروموسوم . ويتغير تكوينها بصورة واسعة من انماط الخلايا المختلفة لنفس الكائن لذلك فهي لها دوراً في التنظيم والتعبير عن جينات معينة او مجموعة من الجينات خلال مدة تطور الكائن الحي.

رابعاً :- توجد كمية قليلة من RNA والانزيمات في الكروموسومات

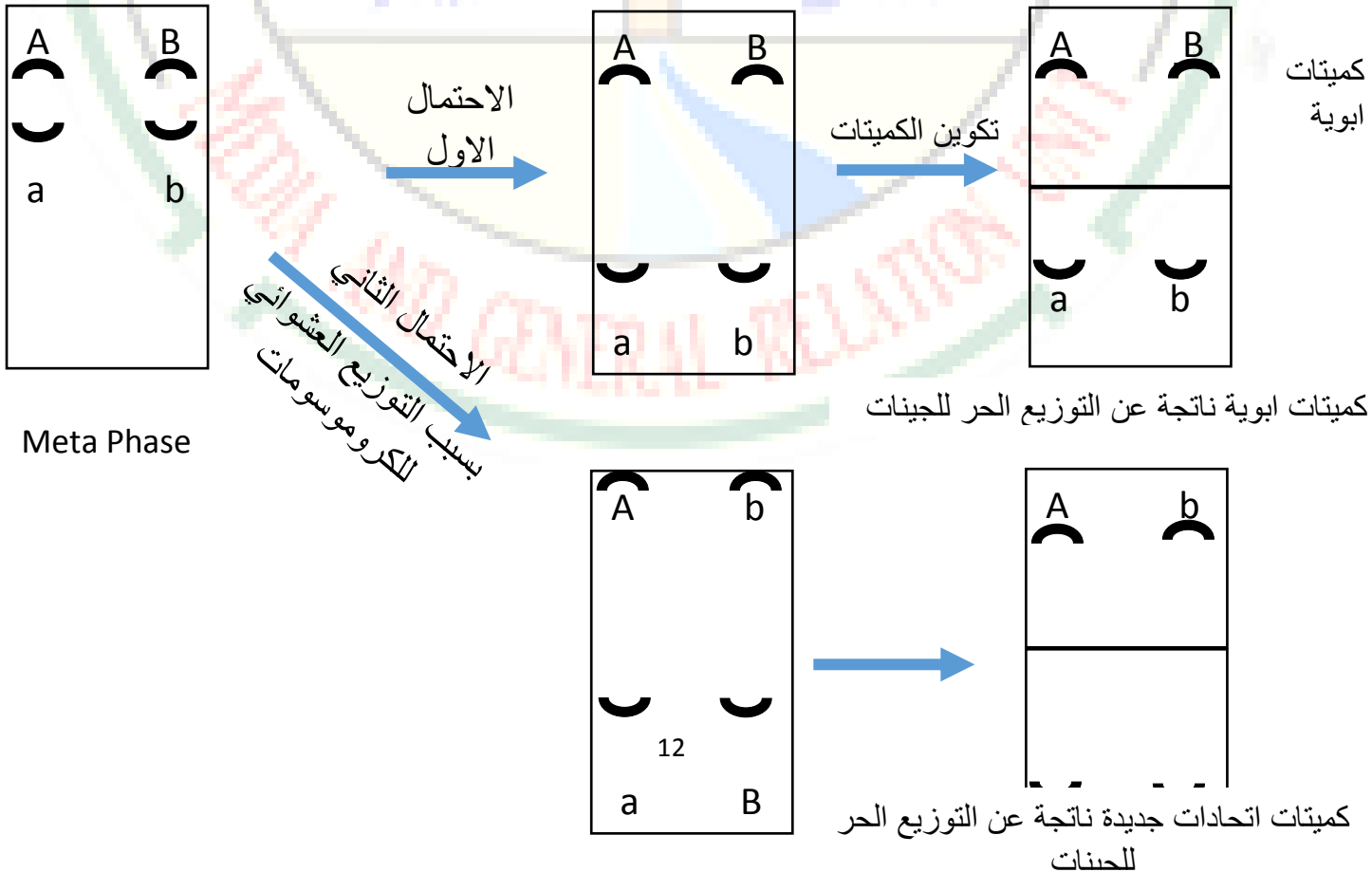
Recombination

الاتحادات الجديدة

هي عبارة عن تكوين افرادا تركيبها الوراثي يختلف عن التركيب الوراثي للابوين ولذلك تكون مصدرا مهما من مصادر التغيرات الوراثية في المجتمع و من مصادر الاتحادات الجديدة :-

1- التوزيع الحر للجينات :-

في الانقسام الاختزالي Meiosis تنفصل الكروموسومات المتماثلة في الطور الانفصالي الاول Anaphase (I) ويتجه كل كروموسوم الى احد الاقطاب ، ان هذا الانفصال او الانعزال يكون عشوائى وكذلك توزيع الجينات يكون عشوائياً أيضاً او توزيعاً حرراً كما جاء به مندل وهذا التوزيع الحر للجينات يعد مصدرا مهما من مصادر التغيرات الوراثية لانه يؤدي الى تكوين اتحادات جديدة كما موضح في المخطط التالي :-



2- العبور الوراثي :-

يعتبر العبور الوراثي مصدر مهم من مصادر التغيرات الوراثية و هذا ناتج عن وجود ارتباط غير كامل بين الجينات الواقعة على نفس الكروموسوم .

3- الطفرات :-

هي مصدر مهم من مصادر التغيرات الوراثية وتوجد بثلاث انواع

أ- طفرات بالمستوى الجزيئي (طفرات في DNA مباشرة).

ب- طفرات بسبب تغيرات في بناء (تركيب) الكروموسوم .

ت- طفرات بسبب تغيرات في عدد الكروموسومات.

الارتباط والعبور الوراثي و رسم الخرائط الكروموسومية :-

ذكر مندل ان الانعزال الحر للآليلات (زوج من الآليلات) كان الأساس لقانون مندل الأول (قانون الانعزال) ، عندما قام بتهجين نباتات البازيلاء التي تختلف بصفاتين مظهريتين كان انعزال الآليلات في الجيل الثاني مستقلاً عن انعزال الآليلات في الجيل الأول وكان هذا الأساس لقانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر) .

وتتفق قواعد مندل مع ما هو متوقع عن سلوك الكروموسومات في الانقسام الاختزالي على فرض ان كل زوج او زوجين من العوامل الوراثية محمولة على زوج مختلف من الكروموسومات وتعرف ازواج الجينات في هذه الحالة بانها غير مرتبطة Unlinked وذلك يعني ان اي اليل من اي زوج له نفس الفرصة ليوجد فيه كميت يحتوي اليل اخر من اي زوج اخر من ازواج الجينات

من خلال دراسات وراثية عديدة تبين ان الجينات محمولة فعلا على الكروموسومات و لابد ان تكون وراثتها وانتقالها من جيل لآخر مماثلة لوراثة الكروموسومات وان اي كائن حي (عدا بعض الفيروسات البسيطة) لابد و ان يحمل عدد من الجينات اكبر بكثير جدا من عدد ازواج الكروموسومات التي يحملها فنباتات البازيلاء لها سبعة ازواج من الكروموسومات $2n=14$ ولا نعرف بالضبط عدد الجينات في البازيلاء و لكنه بالتأكيد اكثر من 10000 جين كذلك لا بد وان يحمل الكروموسوم عدد كبير (مئات او الاف) من الجينات لذا في دراسة مندل لو كانت هذه الجينات واقعة بالقرب من بعضها البعض على الكروموسوم لما استطاع مندل ملاحظة التوزيع الحر للآليلات هذه الجينات ولا استطاع صياغة قانونه الثاني .

عند وجود جينين او اكثر على نفس الكروموسوم يقال بأنها جينات مرتبطة linked وقد تكون الجينات مرتبطة على كروموسوم جسمي او جنسي و تميل الجينات المرتبطة الى البقاء معاً خلال تكوين الكميات وتدعى هذه المجموعة من الجينات المجموعة الارتباطية linkage group التي هي عبارة عن كل الجينات المحمولة على كروموسوم واحد تنتقل هذه المجموعة الارتباطية كوحدة واحدة دائماً من جيل لأخر الا في الحالات التي يحدث فيها عبور وراثي

Crossing over.

عدد المجاميع الارتباطية في اي كائن حي يساوي العدد الاحادي monoploid number لكروموسومات ذلك الكائن الحي كحد اعلى. مثلاً في ذبابة الفاكهة

كروموسوم $2n=8$

كروموسوم $1n=4$

اذاً هنالك اربع مجاميع ارتباطية في هذه الحشرة

Linked genes

الجينات المرتبطة

عند دراسة وراثة زوجين من الصفات قد تختلف النسب للأشكال المظهرية عن النسب المتوقعة على أساس قانون التوزيع الحر (قانون مندل الثاني) و أول من لاحظ ذلك هما العالمان Punnett و Bateson عام 1906

عند تهجين سلالتين من البزاليا الحلوة تختلفان عن بعضهما في زوجين من الصفات المتضادة ، إذ كانت النسب المظهرية المشاهدة في الجيل الثاني لا تتفق مع النسب المتوقعة وكذلك الدراسات على حشرة الدروسوفيليا من قبل العالم Morgan دلت على أن مبدأ الانعزال الحر لا ينطبق كلياً بسبب وجود بعض التحويرات لبعض التضريريات لزوجين أو أكثر من الجينات حيث اتضح بقاء التراكيب الأبوية Parental Combination مرتبطة بنسب عالية وتنتج اتحادات جديدة Recombination بنسب واطئة وعلى ضوء ذلك وضع Morgan وجماعته نظرية الارتباط والعبور على أساس خلوية ثابتة. وهذه الدراسات دعمت نظرية الكروموسومات و دورها في الوراثة و قادت إلى أعداد الخرائط الوراثية التي صورت العلاقة بين الجينات في الكروموسومات .

استعمل Morgan الاصطلاحين أو النظامين التاليين :-

1- النظام التجاذبي (التوافقي أو التزاوجي) Coupling Arrangement

و هذا النظام استعمل للدلالة على الحالات التي تحمل فيها الكميات عاملين وراثيين سائدين أو متنحيين على كروموسوم واحد معين

$$\left(\frac{AB}{ab} \right)$$

أي عند التضرير بين AABB X aabb يميل الأليلين AB للبقاء سوياً وكذلك الأليلين ab كما يلي :-

P	$\frac{AB}{AB}$	X	$\frac{ab}{ab}$
G	$\frac{AB}{AB}$		$\frac{ab}{ab}$

الجين السائد A ينتقل مع الجين السائد B وكذلك المتنحي b مع a

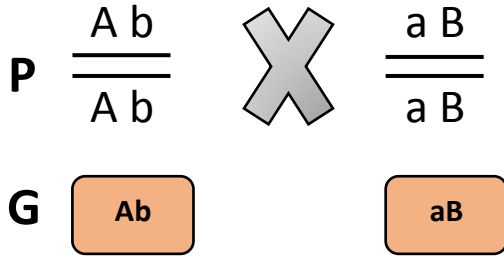
يطلق على هذا النظام Cisarrangement بدلاً من Coupling طبقاً لما أطلقه العالم Haldane 1942

2- النظام التنافري Repulsion Arrangement

يستعمل هذا النظام للدلالة على الحالات التي تحمل فيها الكميات عاملاً وراثياً سائداً و آخر متنحي على كروموسوم واحد معين

أي أنه عند التضرير بين AAbb X aaBB يميل الأليلين Ab للبقاء معاً وكذلك aB كما موضح

$$\frac{Ab}{aB}$$



اي انه في هذا النظام ينتقل جين سائد A مع جين متنحي b وكذلك
a مع B يطلق عليه Trans Arrangement بدلا من Repulsion

حسب Haldane 1942

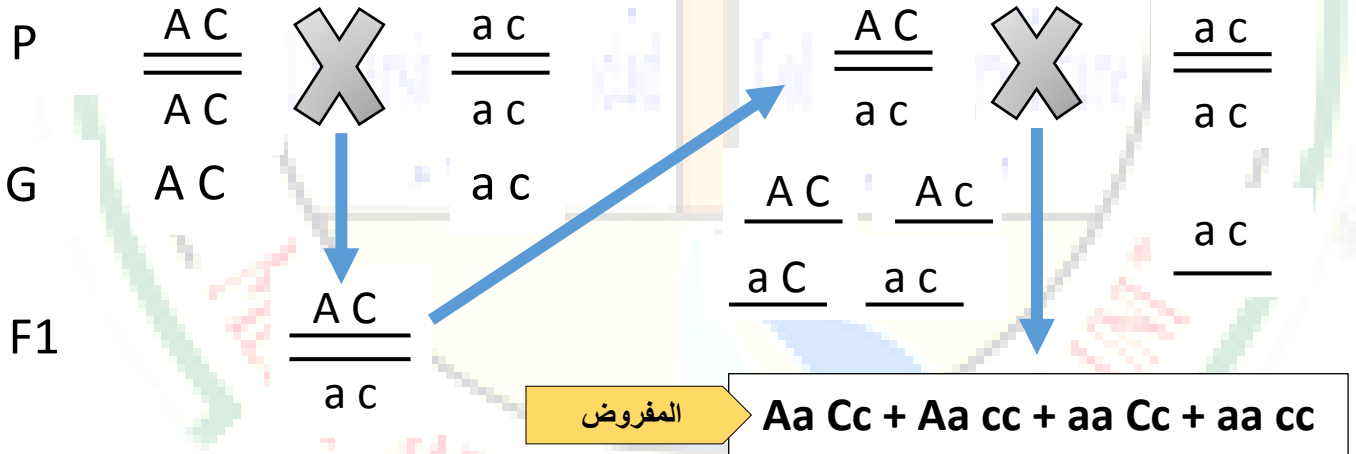
الارتباط -: Linkage

هو ميل الجينات غير الاليلية الواقعة على نفس الكروموسوم للبقاء معا من جيل لآخر و تكوين نسب مظهرية تختلف عن نسب الانعزال الحر و هناك نوعين من الارتباط

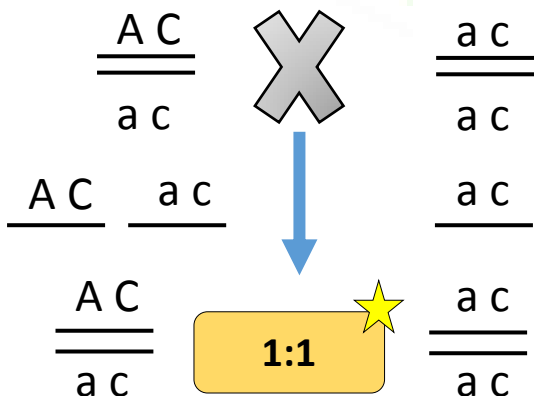
1- الارتباط التام Complete Linkage

عندما تكون الجينات متقاربة وواقعة على كروموسوم واحد وتحاول ان تبقى معا اثناء الانقسام الاختزالي وتدخل في نفس الكميته و تنتقل دائما سوية من جيل لآخر دون حصول اي تبادل بالمادة الوراثية بين الكروماتيدات غير الاخوية (دون حصول عبور وراثي) هذا النوع من الارتباط يدعى بالارتباط التام و هو نادر الحدوث .

نفرض ان الجين C واقع في نفس الكروموسوم الذي يحتوي على الجين A فعند التضريب بين



عند اجراء تهجين أختباري Test cross لأفراد الجيل الأول كما يلي ...



سوف تنتج شكلين من الكميات فقط وهذا يعني ان الجينات A و C مرتبطة تماما و تنتج جميع التوافقات الابوية فقط ولا تحدث اتحادات جديدة .

2- الارتباط غير التام Incomplete Linkage

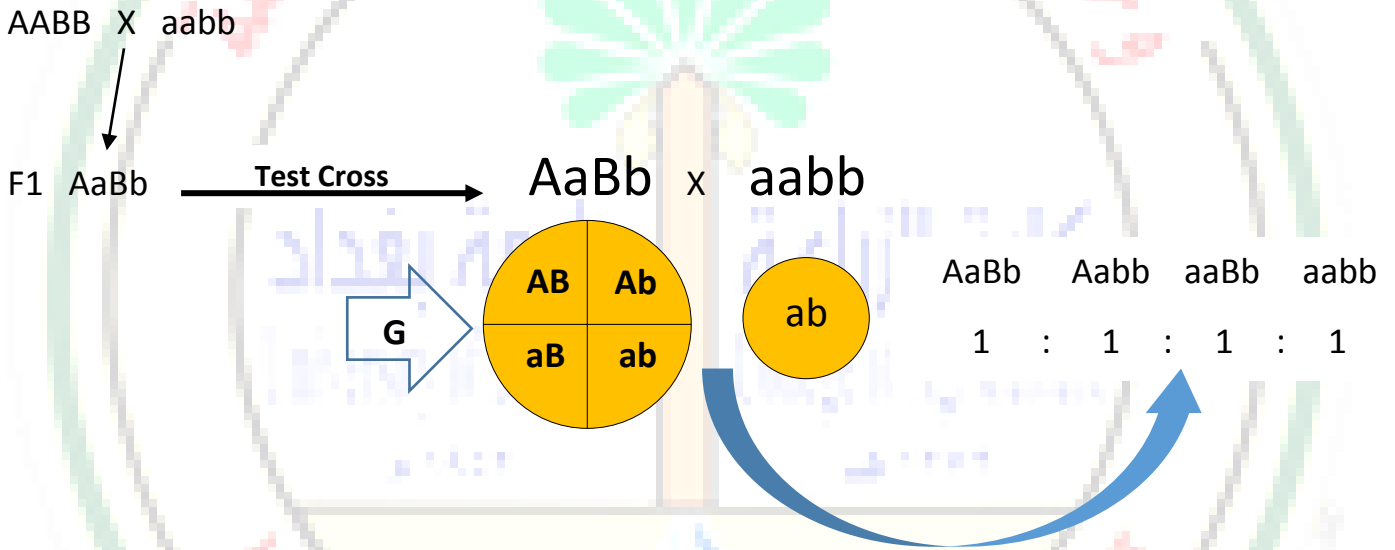
هناك حالات كثيرة من الارتباط غير التام و التي يكون فيها الانعزال الحر جزئياً بين الجينات للمجاميع الارتباطية.

ينتج الارتباط غير التام اذا كان الجينان واقعين على كروموسوم واحد وحدث عبور وراثي بين ازواج الكروموسومات المتناظرة و بذلك تتكون اتحادات جديدة بالاضافة الى الابوية الا ان نسب التراكيب الوراثية للاتحادات الجديدة تكون اقل من الابوية.

الاختلاف في النسب للتراكيب الوراثية يدل على ان زوجي الجينات لا تتوزع توزيعاً حراً لانهما واقعان على نفس الكروموسوم و مرتبطان ارتباطاً غير تام .

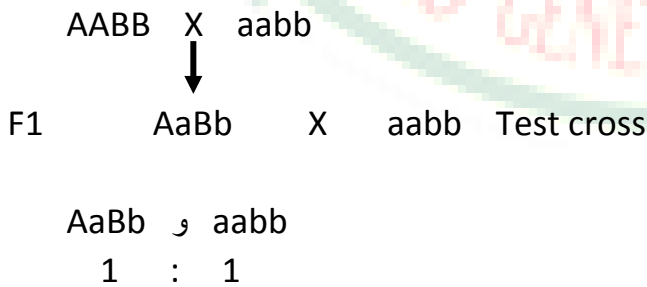
لغرض التأكد من التركيب الوراثي ولزوجين من الجينات هل انها تتوزع توزيعاً حراً ام مرتبطة و ما نوع الارتباط يجب اجراء تهجين اختباري Test Cross مع الاب المتنحي ويكون الناتج احد الاحتمالات الاتية :

1- تكوين اربع اشكال مظهرية و بنسب متساوية وهذا دليل على وجود توزيع حر لزوجين من الجينات (كل جين واقع في كروموسوم مستقل عن الاخر) كما في المخطط التالي :



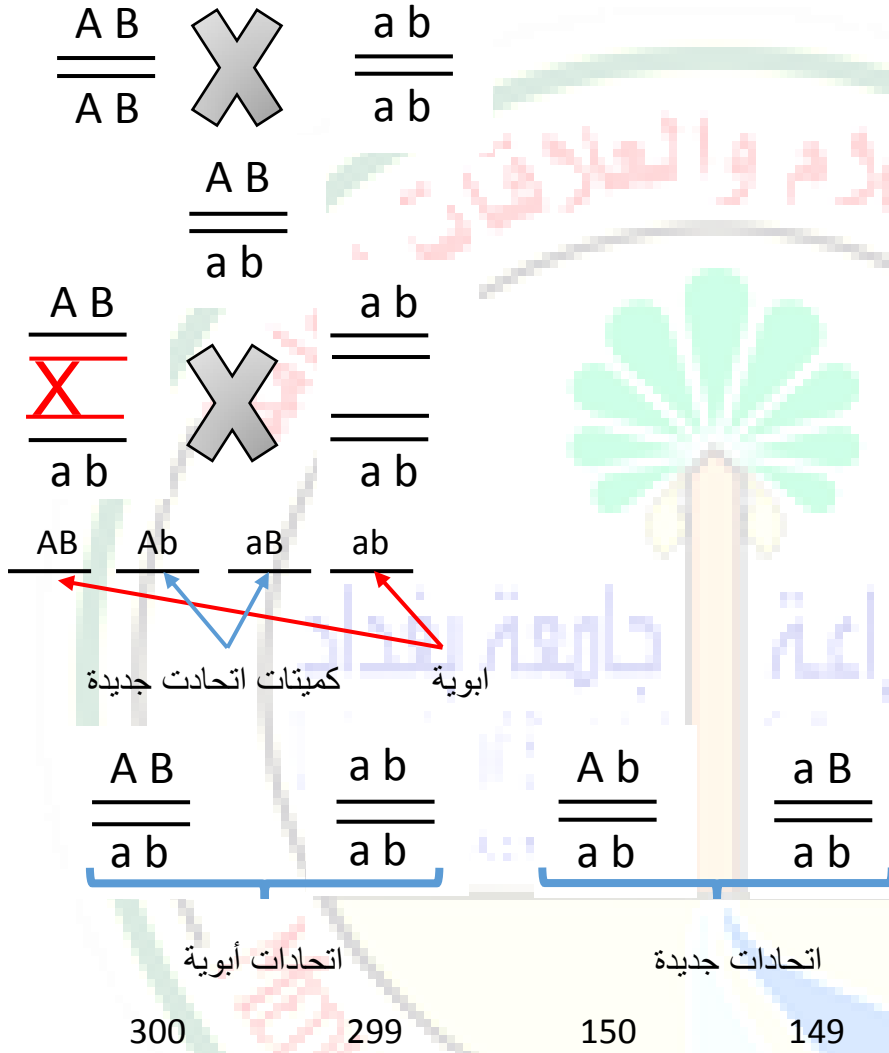
التوزيع حر للجينات وتنتج التراكيب الوراثية بنسب متساوية

2- تكوين تركيبين وراثيين (مختلفين في الشكل المظهري فقط) هذا دليل على وجود ارتباط تام بين زوجي الجينات كما في المخطط التالي :



في هذا التضريب لا تنتج اتحادات جديدة وانما تنتج تراكيب أبوية فقط

3- في حالة تكوين اربع اشكال مظهرية و بنسب مختلفة هذا دليل على وجود ارتباط غير تام مع حصول عبور وراثي بين الجينين اي ان الجينين في نفس الكروموسوم الا انه حصل تبادل مادة وراثية بين كروماتيدين غير اخويين (عبور وراثي) و في هذه الحالة يكون تكرار الانماط الابوية اعلى من الاتحادات الجديدة كما في المخطط :-



غالباً تكرارات التراكيب الابوية اعلى من تكرارات الاتحادات الجديدة كما ان الابوية تكون متقاربة من بعضها و كذلك الجديدة .

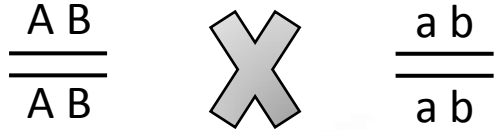
مثال :- اجري تضريب بين حشرة ذبابة الفاكهة (طويلة الاجنحة و عيون حمراء نقية) مع حشرة ثنائية صغيرة الاجنحة والعيون بيضاء كانت الاجنحة الطويلة تعتمد على وجود الجين سائد A والقصيرة a ولون العيون الحمراء B سائد والابيض b ، كان الجيل الاول (طويل الاجنحة و عيون حمراء) طبيعي ، اجري تلقيح اختباري لافراد الجيل الاول كان الناتج

حشرات طويلة الاجنحة عيون بيضاء	101 حشرة
حشرات قصيرة الاجنحة و عيون حمراء	99 حشرة

حشرات طويلة الاجنحة عيون حمراء	200 حشرة
حشرات قصيرة الاجنحة عيون بيضاء	201 حشرة

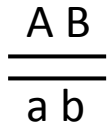
المطلوب :-

هل هناك توزيع حر للجينات ام الجينات مرتبطة وماهي نسب الاتحادات الجديدة والابوية و العبور الوراثي و الكايزماتا

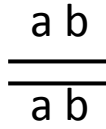
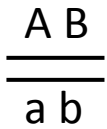


طويلة حمراء

قصيرة بيضاء



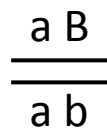
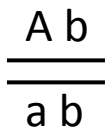
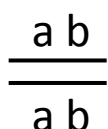
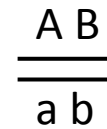
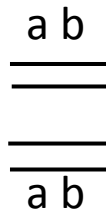
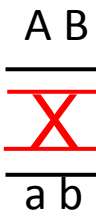
طويلة حمراء



Test Cross

طويلة حمراء

قصيرة بيضاء



طويلة حمراء

قصيرة بيضاء

طويلة بيضاء

قصيرة حمراء

200

201

101

99

اتحادات أبوية

اتحادات جديدة

201+200

$$\% 67 = 100 \times \frac{201+200}{600} = \text{نسبة الاتحادات الابوية}$$

101+99

$$\% 33 = 100 \times \frac{101+99}{600} = \text{نسبة الاتحادات جديدة}$$

او نسبة العبور الوراثي

نسبة الكايزماتا (نقاط الاشتباك) = نسبة الاتحادات الجديدة $2 \times$

= نسبة العبور الوراثي $2 \times$

= $2 \times 33\%$

= 66%

تضرب نسبة الاتحادات الجديدة $2 \times$

وذلك لانه حتى تحصل على عبور وراثي واحد يجب حصول نقطتين كايزماتا Chiasmata .

ان نسبة الاتحادات الابوية اعلى من الاتحادات الجديدة والحد الادنى للابوية 50% لان العبور الوراثي يحصل بين كروماتيدين غير اخوين وعليه فان هناك كروماتيدين سليمين و بدون عبور وراثي اذ ان لدينا مسبقا 50% بين الاتحادات الابوية يضاف اليها النسبة التي لمي حصل بها عبور وراثي بين الكروماتيدات غير الاخوية .

الارتباط:

عندما يقع جينان او اكثر على نفس الكروموسوم يقال لهما بانهما مرتبطان اي ان الجينات المحمولة على كروموسوم واحد تكون مرتبطة ببعضها البعض و تورث كمجموعة واحدة اي انها تميل الى البقاء معا خلال تكوين الكميات قد تكون الجينات مرتبطة ارتباطا تاما او ارتباطا غير تام ، وتتوزع الجينات الموجودة على كروموسومات مختلفة في كميات مستقلة عن بعضها البعض (قانون مندل للتوزيع الحر) الا ان الجينات الموجودة على نفس الكروموسوم تميل للبقاء مع بعضها اثناء تكوين الكميات ، وعلى ضوء ذلك فان نتائج التلقيح الاختباري للأفراد ثنائية الجين ستعطي نتائج مختلفة تبعا لما اذا كانت الجينات مرتبطة او على كروموسومات مختلفة

1- الجينات الموجودة على كروموسومات مختلفة تتوزع مستقلة معطية نسبة التلقيح الاختباري **1:1:1:1**

التركيب الابوية	AaBb X aabb
الكميات	AB,Ab Ab aB ab
النتائج	AaBb : Aabb : aaBb : aabb

1/4	:	1/4	:	1/4	:	1/4
ابوية		اتحادات جديدة		ابوية		

2- الجينات المرتبطة لا تتوزع مستقلة ولكنها تميل للبقاء مع بعضها بنفس التوافق كما كانت موجودة في الالاء

التركيب الابوية	AaBb	X	aabb
الكميات	AB	ab	ab
الجيل الاول		↓	

AaBb aabb

1/2 : 1/2

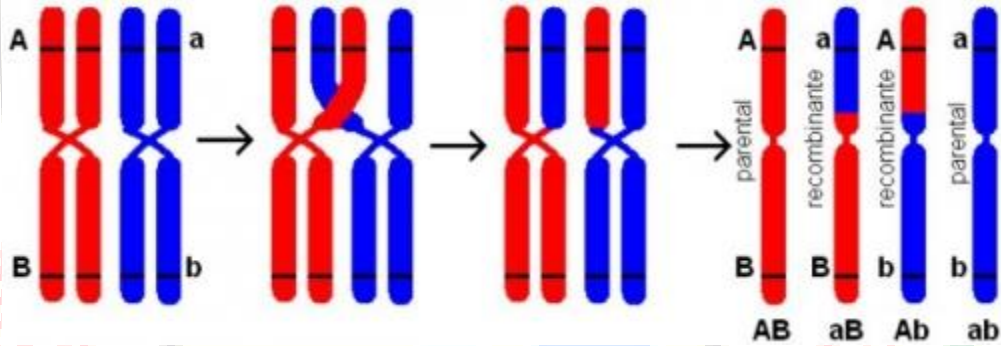
وجود ارتباط تام تنتج تراكيب ابوية فقط

3- يمكن ان تحدث انحرافات كبيرة عن نسبة **1:1:1:1** في نسل التلقيح الاختباري هذا دليل على وجود ارتباط غير تام مع حصول تبادل قطع كروما تيدية بين الكروما تيدات المتناظرة غير الشقيقة مع بعضها البعض اثناء الطور التمهيدي 1 Meiosis (عبور وراثي) و في هذه الحالة يكون تكرار التراكيب الابوية اعلى من الاتحادات الجديدة

الكروموسومات المتناظرة تتلاصق مع بعضها البعض و منطقة التقاء كروماتيدين غير شقيقين تدعى كيزاماتا (نقاط التبادل الوراثي) تنتج عنها كميات باتحادات جديدة من خلال العبور الوراثي .

العبور الوراثي Cross over

في اثناء الانقسام Meiosis يتضاعف كل كروموسوم مكونا كروماتيدين شقيقين متطابقين وتتلاصق الكروموسومات المتناظرة و يحدث العبور بين الكروماتيدات غير الشقيقة و هذه العملية الاخيرة تشتمل على كسر و اعادة التحام الاثنين فقط من الخيوط الاربعة عند نقطة معينة على الكروموسومات



نلاحظ من الرسم ان اثنين من نواتج الـ Meiosis هي الكميات AB , ab تكون بها الجينات مرتبطة بنفس الطريقة مثلما كانا في الكروموسومات الابوية و تأتي هذه الكروماتيدات التي لم تكن مشتركة في العبور و يطلق عليها تراكيب ابوية اما الكميات aB , Ab اللتان نشأتا من العبور الوراثي قد شكلت اتحادين جديدين من العلاقات الارتباطية الاصلية للاباء في توافق جديدة تسمى اتحادات جديدة او طرز عبورية .

و قد تظهر اليالات للفرد الخليط في اي موضعين كالاتي :

اذا كان الاليلان السائدان على كروموسوم والاليلان المتنحيان على الكروموسوم الاخر $\frac{AB}{ab}$ فيطلق على العلاقة

الارتباطية الدور التجاذبي

وعندما يحتل الاليل السائد لموقع وراثي و الاليل المتنحي للاخر نفس الكروموسوم $\frac{Ab}{aB}$ فتسمى العلاقة

دور التنافر و ستكون الكميات الابوية و العبورية (الاتحادات الجديدة)
من طرز مختلفة اعتمادا على كيفية ارتباط هذه الجينات في الاب .

الاب (تجاذبي)	Aa Bb		
الكميات	AB	ab	الابوية
	Ab	aB	العبورية

2

الاب (تنافري)	Aa Bb		
الكميات	Ab	aB	الابوية
	AB	ab	العبورية

تكرار الكيازما :

في Meiosis تتلاصق الكروموسومات المتناظرة و تكون الزوج الكروموسومي المتلاصق من اربعة كروماتيدات تسمى رباعيات ولا بد ان يحدث لكل رباعية كيازما واحدة على الاقل في مكان ما على طولها و عموما كلما زاد طول الكروموسوم كلما زادت اعداد الكيازومات . والتكرار الذي تحدث به الكيازما بين اي موقعين وراثيين يكون له درجة متوسطة من الاحتمال فكلما تباعدت المسافة بين جينين على الكروموسوم كلما زادت فرصة حدوث كيازما فيها وكلما ازداد اقتراب الجينين المرتبطين كلما قلت فرص حدوث الكيازما بينهما.

وتفيد احتمالات الكيازومات هذه في التنبؤ بنسب الكميات الابوية و العبورية المتوقع ان ينتجها تركيب وراثي معين ، وتعتبر نسبة الكميات العبورية (الاتحادات الجديدة) الناتجة من تركيب وراثي معين بمثابة انعكاس مباشر للتكرار الذي تكونت به كيازما بين الجينات .

عندما تكون كيازما بين موقعين وراثيين فان نصف النواتج الميوزية فقط ستكون من النوع العبوري و على ذلك فان تكرار الكيازما يساوي ضعف تكرار النواتج العبورية .

نسبة الكيازما % = 2 (العبورية%) او

نسبة النواتج العبورية % = 1/2 نسبة الكيازما %

مثال : اذا تكونت كيازما بين موقعين جينين A,B في 30% من الرباعيات لفرد بتركيب وراثي AaBb فان نسبة الكميات العبورية = 15% محتوية على تراكيب وراثية جديدة aB,Ab و 85% ستكون كميات ابوية ab,AB .

مثال : افترض ان النسل الناتج من التلقيح الاختباري الاتي كالاتي :

Aa Bb	X	aa bb
Ab,AB,aB,ab		ab

Aabb , aaBb , AaBb , aabb
10% 10% 40% 40%

كم نسبة الكميات العبورية؟

التركيبة الوراثية AaBb , aabb هي كميات ابوية لان نسبتها اعلى

وعلى ذلك فان 20% من الكميات المتكونة كانت عبورية و يعني ذلك انه تحدث كيازما بين هذين الموقعين في 40% من كل الرباعيات .

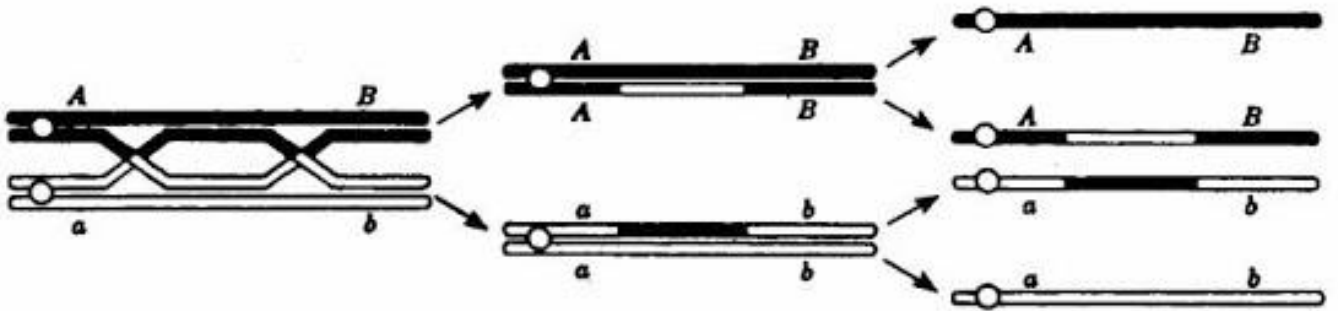
لان نسبة الكيازما = نسبة العبورية $2 \times$

$$2 \times 20 =$$

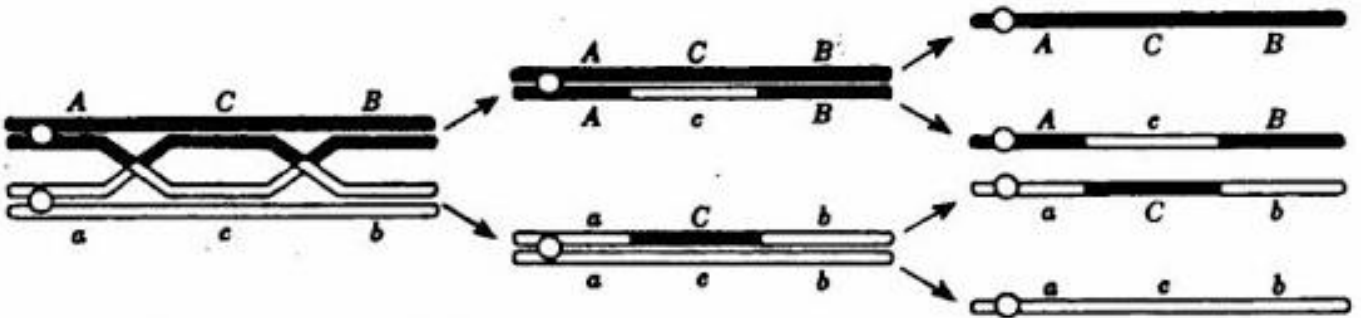
$$40\% =$$

العبور المزدوج (العبور المتعدد)

عندما يحدث عبور مزدوج بين جينين فان النواتج التي يمكن التعرف عليها من الطرز المظهرية للنسل ستكون من النوع الابوي فقط اي لا يمكن الاستدلال على حدوث العبور في هذه الحالة :



ولكي يمكن التعرف على نواتج العبور المزدوج فإنه لا بد من استخدام موقع وراثي ثالث C بين الموقعين A , B وبذلك يكون المخطط كالاتي :



إذا كان هناك احتمال حدوث عبور بين الموقعين C,A و ان هناك احتمال اخر مستقل كحدوث عبور اخر بين الموقعين B,C فان احتمال حدوث عبور مزدوج عبارة عن حاصل ضرب الاحتمالين المستقلين .

اي ان قيمة العبور الوراثي المزدوج = قيمة العبور الوراثي الاول X قيمة العبور الوراثي الثاني

مثال :

إذا حدث عبور وراثي بين الموقعين C و A في 20% من الرباعيات و عبور اخر بين الموقعين C و B في 10% من الرباعيات في فرد بتركيب وراثي AaBbCc فما هو احتمال حدوث العبور المزدوج

نسبة العبور المزدوج = نسبة العبور الاول X نسبة العبور الثاني

$$10\% \times 20\% =$$

$$0.02 = 0.10 \times 0.20 =$$

اي 2% من الكميات الناتجة ستكون من العبور المزدوج وهي AcB , aCb

رسم الخرائط الكروموسومية :

توجد سمتان رئيسيتان لرسم الخرائط الكروموسومية و هي

1- تحديد مواقع الجينات و ترتيبها على طول الكروموسومات (تتابع الجينات)

2- تحديد المسافة بين الجينات تقاس بوحدة تدعى (سنتي مورجان) مكافئة لـ 1% عبور .

قام العالمان Morgan و Sturtevant برسم الخرائط الوراثية بطريقة سميت Three point linkage وذلك بسبب استعمالهم ثلاث جينات سوية عند الدراسة وعلى ضوء ذلك قسم العبور الوراثي في حالة ثلاث جينات

1- العبور الوراثي المفرد في المنطقة الاولى **single Crossing over I** ويرمز له **SCO I**

هذا النوع من العبور يكون اقل تكرارا من العبور الوراثي في المنطقة الثانية

2- العبور الوراثي المفرد في المنطقة الثانية **single Crossing over II** ويرمز له **SCO II**

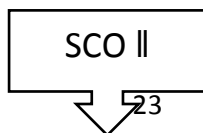
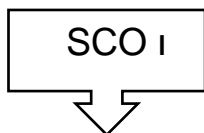
التكرار فيه يكون اقل من التراكيب الابوية الا انه اكثر من تكرار العبور الوراثي المفرد في المنطقة الاولى

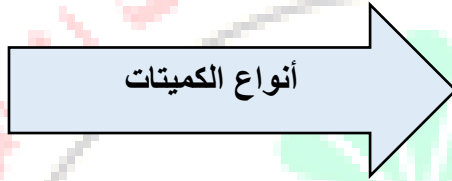
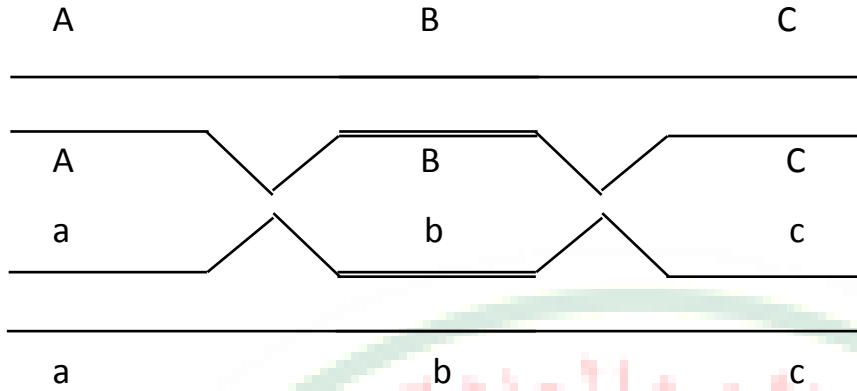
3- العبور الوراثي المزدوج **Double Cross Over DCO**

هو العبور الذي يحدث بين منطقتين عبوريتين وتكون نسبته اقل قيمة عبورية

:: الترتيب التنازلي للتكرارات كما يلي :

	50%	1- التراكيب الابوية
SCO II	30%	2- العبور الوراثي في المنطقة الثانية
SCO I	20%	3- العبور الوراثي في المنطقة الاولى
DCO	10%	4- العبور الوراثي المزدوج





$\underline{a b c}, \underline{A B C}$	ابوية
$\underline{a b C}, \underline{A B c}$	SCO II
$\underline{a B C}, \underline{A b c}$	SCO I
$\underline{a B c}, \underline{A b C}$	DCO

الطفرة :

الطفرة الوراثية : هي تغيير فجائي في الصفة الوراثية ينتج عند ظهور صفات مظهرية جديدة في الابناء لم تكن موجودة في الالباء و هي ناتجة عن تغيرات فجائية في كمية المادة الوراثية او في تركيبها .

قد تسبب هذه الطفرات ضرر في الكائنات الحية بصورة امراض وراثية او قد تعود بالفائدة كمصدر لظهور انواع جديدة من الحيوان او النبات او انها قد تساعد الكائن الحي على التكيف مع التغيرات البيئية و بعضها قد لا تؤثر على حيوية الكائن الحي و معيشتة. قد تحدث الطفرات تلقائيا او صناعيا

تقسم الطفرات الى

Molecular Mutation

1- طفرات جزيئية

Chromosomal Mutation

2- طفرات كروموسومية

1- طفرات الجزيئية :

او تسمى الطفرات الجينية يحصل هذا النوع نتيجة تغير في القواعد النتروجينية في نيو كليوتيدات او في زوج او اكثر من النيوكليوتيدات في الجين الواحد في DNA و هي على نوعين

أ- الطفرات النقطية (الموضعية) Point Mutation

وهي الطفرة التي تحدث عند تغير نيوكليوتايد واحد في DNA وذلك عند احلال قاعدة بيورينية Purine محل قاعدة برميدنية Pyrimidine ومن امثلة الطفرة الموضعية التي تم توارثها مرض فقر الدم المنجلي Sickle cell anemia نتيجة احلال القاعدة النتروجينية A (الادنين) محل T (الثايمين) وهذا سوف يؤدي الى تغيير الشفرة الوراثية من CTT الى CAT مما يؤدي الى تكوين الحامض النووي الفالين (Valine) محل الحامض النووي كلوتاميك Glutamic Acid الامر الذي ينتج عنه الاصابة بهذا المرض اما اذا حل

الثايمين T محل السايتوسين C سوف يتكون الحامض الاميني Lysine اللايسين وبذلك يحدث مرض Hemoglobin C Disease .

يمكن ايضاح ذلك بالجدول الاتي

نوع الهيموكلوبين	نوع الحامض الاميني	تتابع القواعد النتروجينية في الـ DNA
Normal	Glutamic Acid	CTC or CTT
Sickel Cell anemia	Valine acid	CAC or CAT
Hemoglobin C Disease	Lysine	TTC TTT

ب- الطفرات الزحفية Frame shift Mutation

ان حدوث اي خلل في ترتيب القواعد النتروجينية في الـ DNA يؤدي الى تغير في الشفرة الوراثية (الثلاثية) يعني ثلاث احرف تقرأ مرة واحدة و هي تشير الى CODE معين وهي كالاتي

CAT CAT CAT C
 ↑
 حذف

فلو حذف A من سلسلة تقرأ السلسلة الجديدة كالاتي :

CTC ATC ATC A

ان الزيادة او النقصان في احد القواعد النتروجينية يؤدي الى حصول ما يسمى بطفرة زحفة القلب و كل القوالب التي بعدها وحصول تغير في الشفرة الوراثية و هذه لها تأثير بالغ الاهمية .

2- طفرات كروموسومية :

هذا النوع من الطفرات يحدث فيه تغير في اعداد الكروموسومات او في تركيبها اي انها تقسم الى قسمين

1- طفرات نتيجة التغيرات في العدد الكروموسومي

2- طفرات نتيجة التغيرات البنائية للكروموسومات

التغيرات في العدد الكروموسومي

ان لكل نوع من الكائنات الحية عدد معين من الكروموسومات كما ان معظم الكائنات العليا هي كائنات ثنائية المجموعة الكروموسومية (2N) Diploid المجموعة الاولى تأتي من الاب و الثانية تأتي من الام و عند حدوث اختلافات في اعداد الكروموسومات سواء زيادة او نقصان في كروموسوم واحد او اكثر يؤدي الى حدوث اعراض معينة في الانسان مثلا قد يحدث الخلل في اعداد الكروموسومات الجسمية او الجنسية كما في متلازمة داون Down Syndrome تنتج عن وجود كروموسوم زائد مماثل للزوج رقم 21 و بالتالي فان كل خلية من خلايا جسم الانسان يحتوي على 47 كروموسوم .

هناك نوعين من الاختلافات في اعداد الكروموسومات

اولا- التعدد الكروموسومي التام Euploidy

ثانيا- التعدد الكروموسومي غير التام Aneuploidy

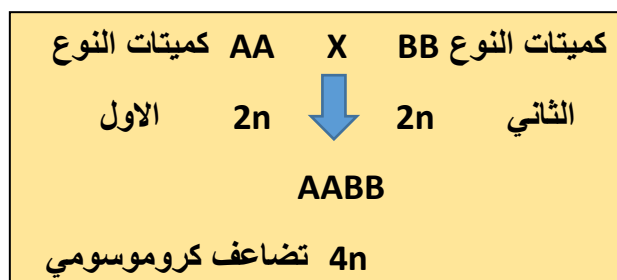
التعدد الكروموسومي التام يمتاز الافراد فيه باحتوائهم على عدد كروموسومي متضاعف لعدد اساسي n وهو يشمل

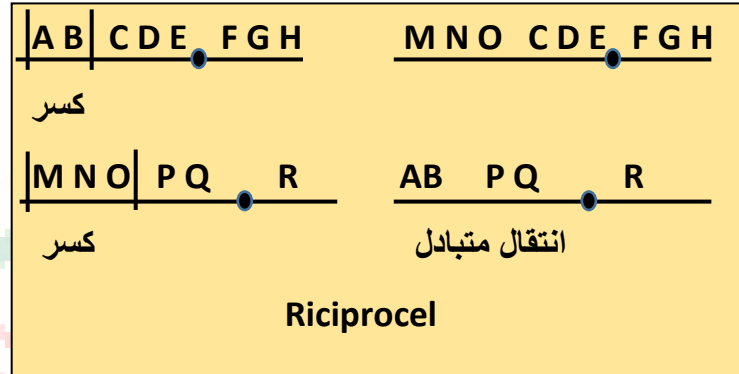
ا- تعدد المجاميع الكروموسومية المتشابهة (الذاتية) وفيه يحدث تعدد مجاميع كروموسومية متناظرة Atopolyploids



وهكذا

ب- تعدد المجاميع الكروموسومية غير المتشابهة (الخليطة) او يسمى تعدد الهجين Allo poly ploid وفيه يحدث تضاعف او تعدد مجاميع كروموسومية غير متشابهة مثلا اتحاد كميات غير مختزلة (ثنائية المجموعة الكروموسومية 2n) من نوعين مختلفين ينتج افراد رباعية المجموعة الكروموسومية و يكون كنوع جديد بخصائصه.





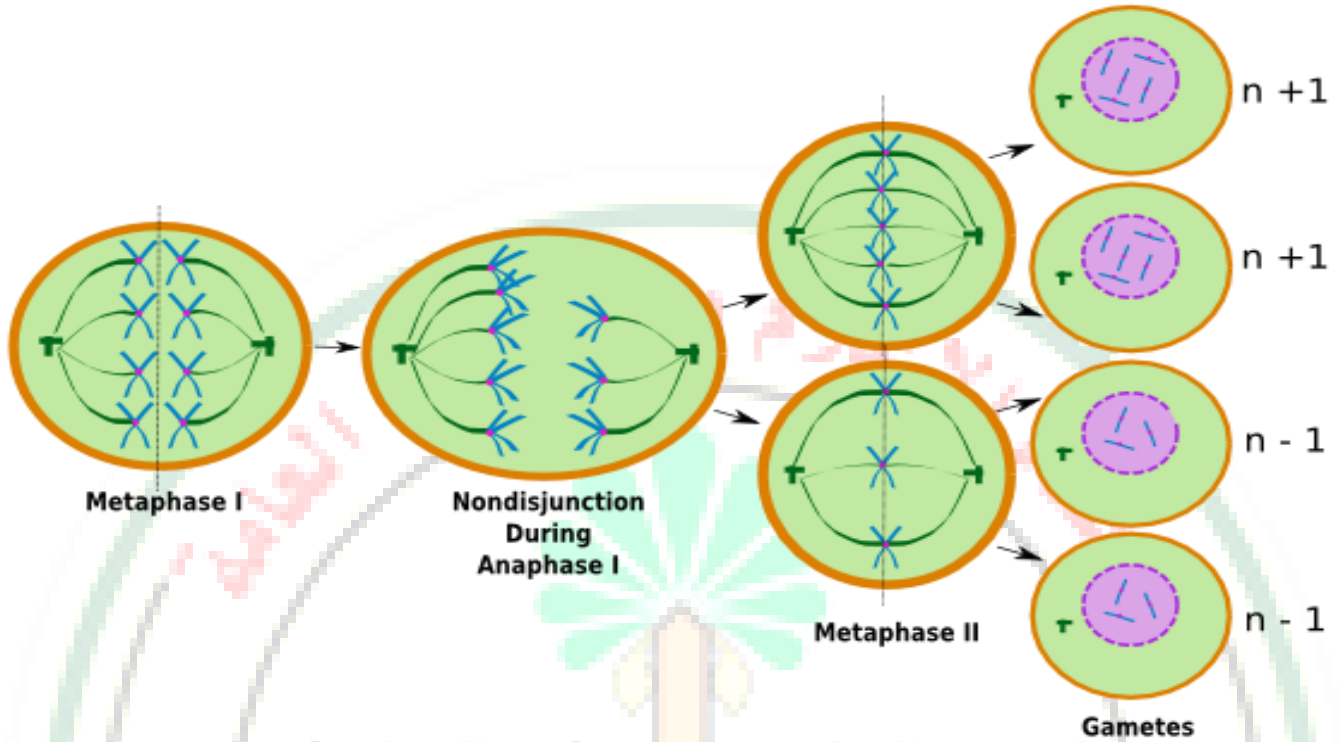
التعدد الكروموسومي غير التام

يحصل هذا التعدد عندما لا يشمل التغير مجموعة كاملة من الكروموسومات

التسمية	اعداد الكروموسومات	مثال
ثاني المجموعة الكروموسومية Disomic	$2n$	AABBCC
1- في حالة زيادة كروموسوم واحد او اكثر		
Mono somic Nulli somic	$2n-1$ $2n-2$	AABBC AABB
2- في حالة زيادة كروموسوم واحد او اكثر		
ثلاثي Tri somic Double Tri somic رباعي Tetra somic خماسي Penta somic	$2n+1$ $2n+1+1$ $2n+2$ $2n+3$	AABBCCC AABBCCCC AABBCCCC AABBCCCCC

اسباب تغاير العدد الكروموسومي

1- عدم القدرة على انفصال الكروموسومات المقترنة Non disjunction



2- عدم الاقتران Asynapsis

يحدث عدم اقتران زوج او اكثر من الكروموسومات و تبقى سائبة في السايوتوبلازم و اثناء الدور الانفصالي تذهب بحرية الى احد القطبين وبالتالي تؤدي الى زيادة في كميته ونقصان في الكميته الاخر.

3- ضعف الاقتران De synapsis

قد يحدث الاقتران الا انه لا يستمر الى نهاية الانقسام الاختزالي و الكروموسومات غير المقترنة تكون عشوائية الحركة و يمكنها ان تذهب الى اي قطب وبالتالي تحصل زيادة في كميته و نقصان في الكميته الاخر.

4- الانقسام ثم الاندماج

يحصل الانقسام الاختزالي بشكل طبيعي الا انه في المراحل الاخيرة يحصل اندماج الكروموسومات الحديثة المتكونة و عند حصول اخصاب مع كميته اخر يؤدي الى حصول تغيرات عديدة في الكروموسومات .

5- تأخر بعض الكروموسومات في الانقسام الخيطي و الاختزالي

عند انفصال الكروموسومات قد يتخلف واحد او اكثر منها عن الحركة الى الاتجاه الصحيح و تبقى وسط الخلية اما تضمحل او تتجه الى احد القطبين .

6- الانقسام الخيطي الداخلي Endo mitosis

يحدث الانقسام الخيطي للخلية بشكل اعتيادي الا انه يتجه لحدوث خلل في الجسم المغزلي او عدم تكوين الغشاء النووي او عدم تكوين الجدار الخلوي يؤدي الى تكوين خلية فيها ضعف العدد الاصلي من الكروموسومات .

$$2n \xrightarrow{\text{endo mitosis}} 4n$$

Chromosomal Abberation التغييرات البنائية للكروموسومات او تسمى الزيغ الكروموسومي

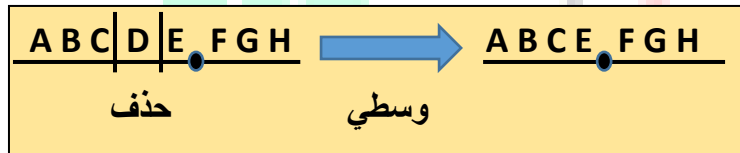
قد تحدث تغييرات بنائية بشكل كسور في التركيب الاساسي للكروموسومات و يحصل ذلك بفعل عوامل مطفرة كالتعرض للاشعاع او للمواد الكيماوية او قد تحدث بشكل تلقائي دون اي مؤثر خارجي .

يمكن التعرف على التغييرات الكروموسومية من الاتي

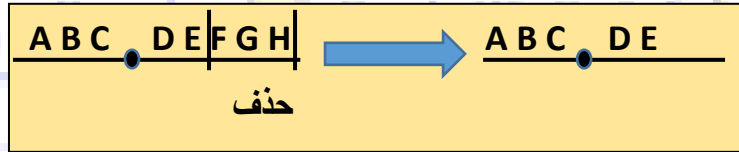
- 1- الحصول على نسب مظهرية غير متوقعة
- 2- تغيير في علاقات الارتباط
- 3- انخفاض نسب الخصوبة و زيادة الاجهاض الذاتي

هناك اربع انواع من التغييرات البنائية للكروموسومات و هي

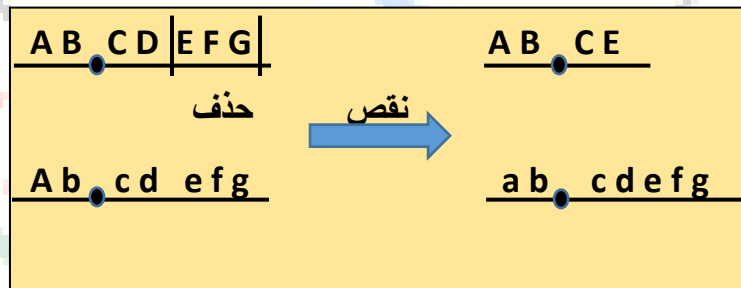
1- النقص او الحذف Deletion



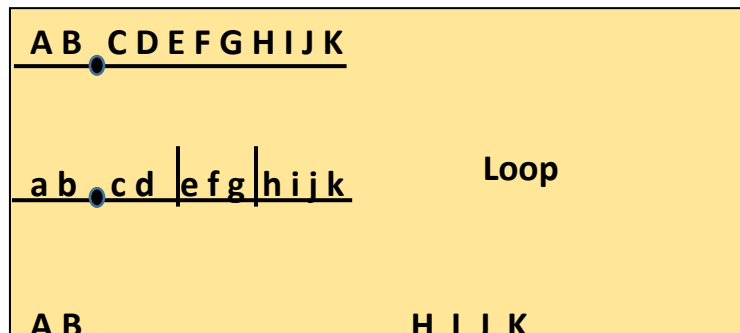
قد يكون طرفي

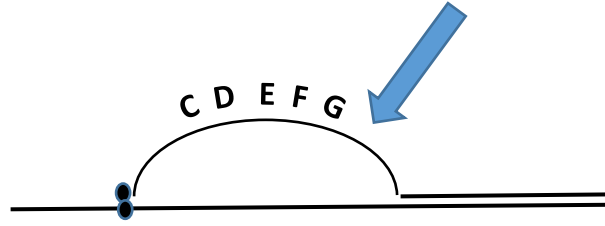


قد يكون النقص متمائل في الكروموسومين المتماثلين او قد يكون غير متمائل . بسبب النقص تظهر حالة السيادة الكاذبة و فيها يظهر تأثير بعض الجينات المتنحية عند فقدان الجينات السائدة عليها و عند ذلك فان الجين المتنحي يعبر عن نفسه بشكل كامل .



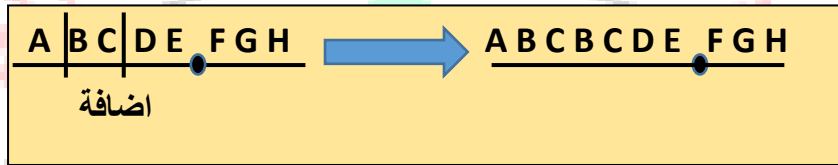
و يمكن الكشف عن بعض حالات النقص عندما يكون وسطيا غير متمائل بمشاهدة حلقة النقص عندما تكون الكروموسومات مقترنة في الانقسام الاختزالي و تسمى هذه الحلقة حلقة النقص Deficiency Loop





2- التكرار او التضاعف Duplication

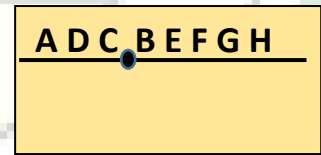
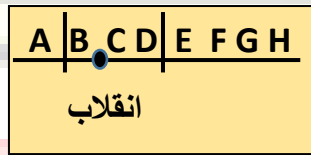
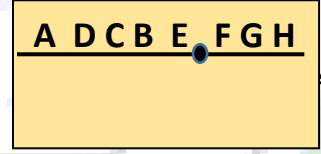
هي زيادة اجزاء كروموسومية



قد تكون الاضافة طرفية او وسطية

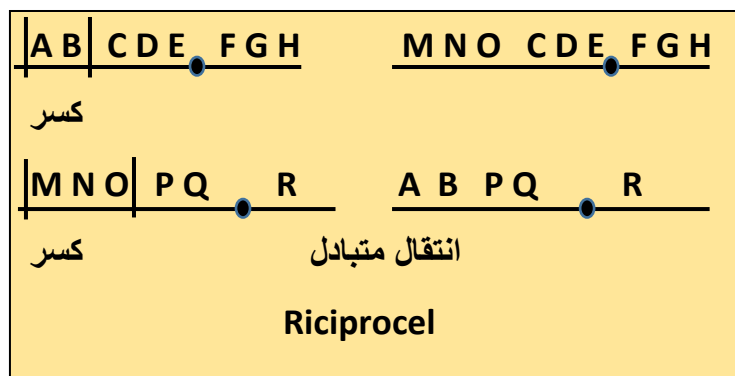
الاضافة لها تأثير مشابه لتأثير النقص تماما عندما تكون الاضافة وسطية اذ تتكون Loop

3- اذا حدث كسران في الكروموسوم ثم التحمت القطعة الكروموسومية بصورة معكوسة



1- النقل Translocation

وهو حدوث كسر في كروموسومين مختلفين ثم تتبادل القطع بينهما



التعبير الجيني :

من المعروف ان المظهر النهائي للكائن الحي يتكون نتيجة فعل الجينات وتداخلاتها مع الظروف البيئية، لذلك فان مسار او نقل المعلومات من الجين الى التأثير النهائي للجين على المظهر الخارجي يكون معقداً جداً حيث ان كل جين يؤثر على قدرة الكائن او النوع ليجعله قادراً على المنافسة في ظروف بيئية ملائمة في محيطنا الحيوي. وقد وضعت اول نظرية للجين من قبل Tatum و Beadle في العام 1941 على اساس ان كل جين مسؤول عن تكوين انزيم معين سميت

هذه النظرية بنظرية one Gene → one enzyme

بنيت هذه النظرية على الفرضيات التالية:

1. جميع العمليات الحيوية للكائنات الحية تحت سيطرة الجينات
2. جميع هذه العمليات الحيوية تحصل شكل مراحل متسلسلة من التفاعلات الفردية
3. كل جين يسيطر على تفاعل حيوي واحد فقط.

وكما كانت العديد من الأنزيمات اضافة الى الهيموغلوبين مؤلفة من اثنين او اكثر من السلاسل البروتينية المختلفة وان كل سلسلة بروتينية تنتج عن جين منفصل لذلك من الضروري تحويل مفهوم نظرية جين واحد --- انزيم واحد الى مفهوم جين واحد ----- سلسلة بروتينية واحدة

one gene → One poly peptide

هذه النظرية هي الأشمل والفعالة في عمل الجينات.

البروتينات :

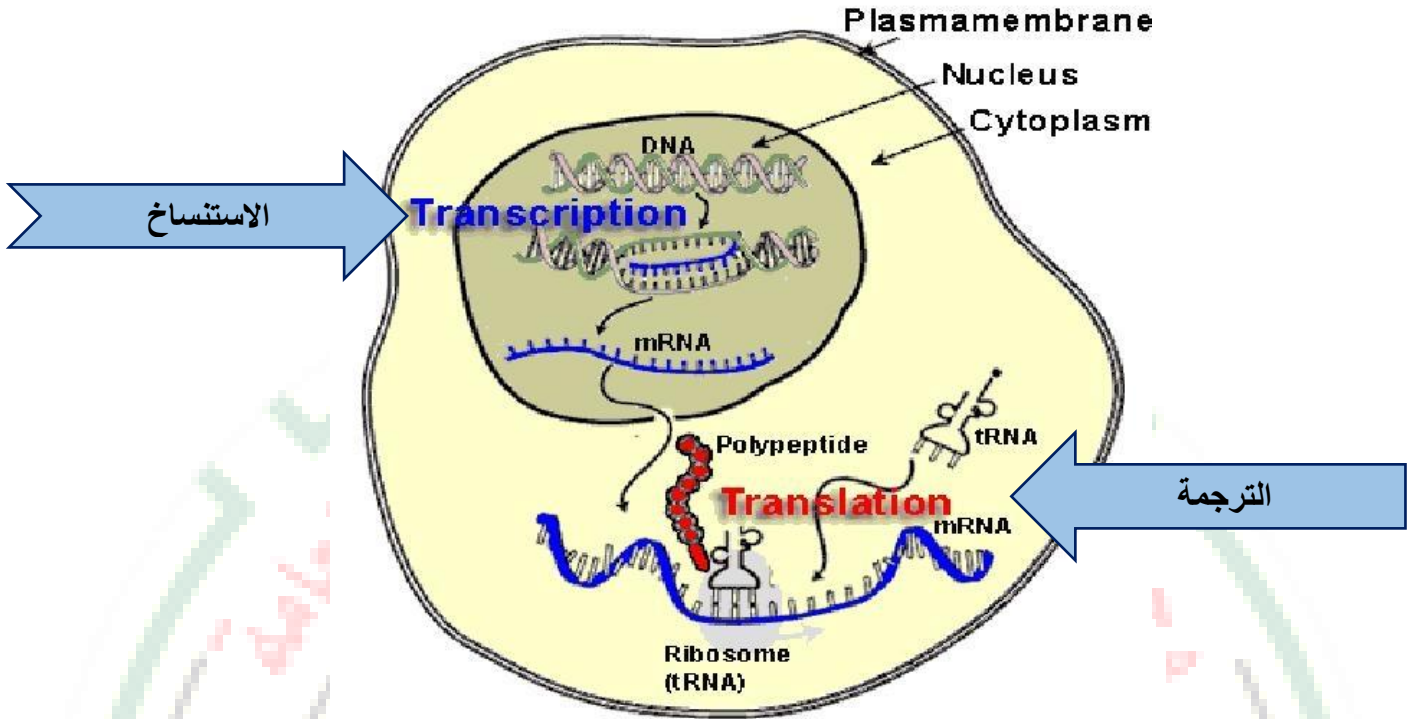
جزيئات عملاقة تتكون من سلسلة من الأحماض الأمينية التي ترتبط مع بعضها بأواصر ببتيدية ونظراً لوجود 20 حامض أميني مختلف فان التشكيلات الممكن الحصول عليها يتوقف على عدد الاحماض الامينية وعلى طريقة تعاقبها ، اي تغير كمي أو نوعي فيها تنطوي عليه تغيرات كبيرة جداً قد تمثل طفرات اما مظهرية في التركيب او الشكل او الاداء الوظيفي كما ان بعضها قد يسبب امراض او خلل مميت او شبه مميت. تمثل البروتينات واحدة من اهم المكونات الاساسية للوزن الجاف للخلية كما انها تشترك في تركيب جميع العضيات الأغشية ، الأنزيمات كما انها تشارك مع الأحماض النووية في تركيب الكروموسومات ، الاجسام المضادة ، الهرمونات ، الأهداب ، خيوط المغزل.

تتميز البروتينات بالتنوع ويوجد في الانسان 100000 نوع.

بناء البروتين في الخلية:

لاحظ الشكل التالي ثم أجب عن الاسئلة التالية:

1. في اي اجزاء الخلية يوجد الـ DNA
2. في أي العضيات الخلوية تتم عملية بناء البروتينات (سلاسل عديدة الببتايد)
3. كيف يسيطر الـ DNA على بناء البروتينات في السايكوبلازم رغم وجوده في النواة.



لقد ثبت تجريبياً أن المعلومات الوراثية DNA هي المسؤولة عن بناء البروتينات في الخلية وذلك عن طريق تصنيع الـ DNA لجزء خاص بنقل المعلومات الوراثية في الـ DNA الخاصة بتصنيع أو بناء متعدد بيتايد معين من النواة الى الرايوسومات في السايوبلازم ، هذا الجزء يسمى mRNA (Messenger RNA) وتدعى عملية نسخ جزء من الـ DNA على شكل mRNA بعملية الاستنساخ Transcription وأما عملية الترجمة Translation في بناء سلسلة متعدد الببتايد (البروتين) من الأحماض الأمينية.

الشفرة الوراثية:

من المعلوم ان الجين قطعة من جزيء الـ DNA لذا فان كل جين يتكون من سلسلتين من النيوكليوتيدات التي تشمل اربعة انواع من القواعد هي A و T و C و G وتتابع هذه النيوكليوتيدات في احد سلسلتي الـ DNA تسمى بالشفرة الوراثية هو الذي يحدد تتابع الاحماض الامينية في سلسلة متعدد الببتايد التي سيتم بناءها (يوجد في الخلايا عشرون حامض اميني) وقد توصل العلماء الى ان كل شفرة وراثية خاصة بحامض اميني معين يجب ان تتكون من ثلاث نيوكليوتيدات لذلك فان احتمالات عدد الثلاثيات يساوي 64 سيكون كافياً لتفسير 20 حامض اميني مختلف.

عدد النيوكليوتيدات في الشفرة	عدد الأحماض الأمينية الممكن تشفيرها
1	4
2	16
3	64
n	n
4	4

تمكن العلماء من فك رموز الشفرة الوراثية الخاصة بالحامض الاميني فنيل الانين وهي UUU وبفضل جهود العلماء تم التوصل الى معرفة الشفرات الثلاثية جميعها والخاصة بجميع انواع الأحماض الامينية وتسمى الشفرة الثلاثية الخاصة

بحامض اميني معين في جزيء الـ mRNA الكودون Codon وقد توصل العلماء الى الكودونات وهي عامة في جميع الكائنات الحية مثلاً الكودون GUC الخاص بالحمض الاميني فالين يكون نفسه في الخلايا الحية جميعاً.

خطوات بناء البروتين:

ان الخطوة الاولى في عملية بناء البروتينات هي بناء سلسلة mRNA من DNA يتم نسخها بصورة تتابع معين للنيوكليوتيدات في الـ mRNA ويكون هذا التتابع متمماً لأحدى سلسلتي DNA وهي السلسلة النشطة الا ان نيوكليوتايد اليوراسيل U يحل محل الثايمين T.

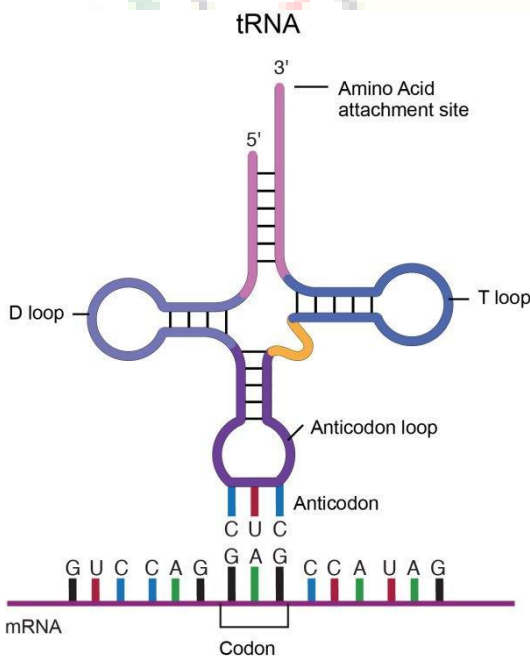
خطوات بناء الـ mRNA ...

تشتمل الخطوة الاولى عملية الأستنساخ transcription على

1. تفكك سلسلتي DNA عن بعضها في موقع محدد نتيجة تحلل الروابط الهيدروجينية فيها بفعل انزيم خاص.
2. ترتبط نيوكليوتيدات RNA الحرة في السائل النووي مع النيوكليوتيدات المتممة لها في سلسلة الشفرة (السلسلة النشطة) من DNA التي تعمل كقالب لتكوين سلسلة متممة لها.
3. ترتبط نيوكليوتيدات RNA التي اصطفت على طول سلسلة الشفرة في الـ DNA مع بعضها البعض بروابط تساهمية لتكوين سلسلة من mRNA ويلعب انزيم الـ RNA polymerase دوراً أساسياً في تكوين هذه الروابط.
4. تتفكك الروابط الهيدروجينية بين سلسلة الـ mRNA المتكونة وسلسلة الشفرة في الـ DNA مما يؤدي الى انفصال سلسلة الـ mRNA وابتعادها عن الـ DNA في موضع انفصالها.

يلاحظ ان ترتيب النيوكليوتيدات في سلسلة الـ mRNA الناتجة يكون متمماً لترتيبها في سلسلة الشفرة DNA الا ان U يحل محل T.

يصنع الـ DNA عدة انواع من الحامض النووي RNA منها tRNA الناقل و rRNA الرايبوسومي بالاضافة الى الـ mRNA الناقل.



يتم بناء tRNA في النواة وهو يتكون من سلسلة واحدة من النيوكليوتيدات تلتف لتكوين ثلاث حلقات يلتف احد طرفي tRNA مع حامض اميني معين في حين ان الحلقة المقابلة لهذا الطرف تحتوي على ثلاث نيوكليوتيدات وتكون متممة لأحد كودونات mRNA وتسمى النيوكليوتيدات الثلاث في tRNA بالكودون المضاد Anti-codon .

الرايبوسومات :

عبارة عن عضيات خلوية تختص ببناء البروتينات تتكون من البروتينات و rRNA والرايبوسوم يوفر مواقع خاصة لأرتباط جزيئات tRNA و mRNA في السائتوبلازم

اما الخطوة الثانية في بناء البروتينات هي عملية ترجمة الشفرة الوراثية

Translation لبناء سلسلة متعدد الببتايد poly peptide ، وتسمى عملية بناء سلسلة من الاحماض الأمينية (متعدد الببتايد) بحسب تتابع الكودونات في الـ mRNA بعملية الترجمة وتتضمن عملية الترجمة سلسلة معقدة من الخطوات التي تنظمها انزيمات متخصصة وعلى الشكل التالي:

بعد ان يتم نسخ سلسلة من mRNA ينتقل من النواة عبر ثقب في الغلاف النووي الى الساييتوبلازم حيث يرتبط مع الرايبوسوم وفي الوقت ذاته ترتبط جزيئات tRNA التي تحمل أحماض امينية بسلسلة mRNA في الرايبوسوم ويتم ذلك اعتماداً على ترتيب الكودونات في mRNA بحيث يرتبط الكودون المضاد في tRNA مع الكودون المتم له في mRNA ، ان وجود جزيئات متجاورة من tRNA تحمل احماضاً امينية يؤدي الى تكوين روابط ببتيدية من كل حامض امينين متجاورين ينتج عنها بناء من الاحماض الامينية (متعدد الببتايد) يكون ترتيب الاحماض الامينية فيها وفقاً لترتيب الكودونات المكونة للشفرة الوراثية في الـ mRNA . تنفصل السلسلة الببتيدية الناتجة وتنفصل جزيئات tRNA تبعاً ليقوم كل جزيء منها مرة أخرى بنقل حامض اميني معين.

أما كيف يتم انهاء بناء سلسلة متعددة الببتايد فيتم عن طريق كودونات لا تشفر احماض امينية معينة لكنها تعمل كإشارات وقف او انهاء ، عند الوصول الى كودون الانتهاء على سلسلة mRNA فان الرايبوسوم يستقبل بروتيناً خاصاً بدلاً من tRNA وهذا البروتين يفصل سلسلة الببتايد المتكونة بالتالي تنتهي عملية الترجمة.

الهندسة الوراثية Genetic engineering :

مجموعة من التقانات المستعملة في معالجة وتغيير التركيب الوراثي للكائن الحي بهدف انتاج صفات مرغوب فيها أو استبعاد اخرى غير مرغوب فيها وعندها يصبح الكائن الحي الذي تغير تركيبه الوراثي كائناً معدلاً وراثياً.

تطبيقات الهندسة الوراثية في مجال الإنتاج النباتي...

1. هندسة أنواع من المحاصيل الزراعية وراثياً لكي تصبح مقاومة لمبيدات الأعشاب والحشرات والأمراض الفايروسية ، وفي اتجاهات اخرى كانتاج نبات ذات تركيبة فسيولوجية خاصة تستطيع امتصاص عنصر النايتروجين من التربة بشكل مباشر.
2. انتاج محاصيل في المختبرات (زراعة الأنسجة) باستخدام بكتريا معدلة وراثياً لها القدرة على مضاعفة الانتاج وبنفس الوقت تكون ملائمة للظروف البيئية المحلية.
3. انتاج نباتات يستفاد منها في تصنيع بعض المواد كالبلاستيك الطبيعي ضمن سيفانها واوراقها.
4. هندسة حشرات وراثياً لتهاجم آفات زراعية اخرى تهاجم المحاصيل الزراعية.

المخاطر المحتملة من انتاج المحاصيل المعدلة وراثياً... عند تطبيق اي تكنولوجيا جديدة تكون هنالك مخاطر محتملة منها

1. خطر ناتج عن دخول مواد مسببة للحساسية ومخفضة للقيمة الغذائية الى الطعام.
2. امكانية انتقال الجينات من النباتات المزروعة ولمعدلة وراثياً الى الاصناف البرية لنفس النبات.
3. احتمالية ازدياد مقاومة الافات للسموم المنتجة من النباتات المعدلة وراثياً.
4. امكانية تاثير تلك السموم على كائنات حية غير مستهدفة.