

محاضرات وراثية

جامعة تكريت / كلية الزراعة / المرحلة الثالثة /

قسم المحاصيل الحقلية

عدد الوحدات 3 (2 ساعة نظري + 3 ساعة عملي)

الاستاذ المساعد الدكتور داود سلمان مدب

الفصل الخريفي لعام 2023-2024

المصادر:

- 1- شكارة ، مكرم ضياء(2012). علم الوراثة. دار المسيرة للنشر والتوزيع, عمان.
- 2- الفيصل ، عبدالحسين (1999). الوراثة العامة.الاهلية للنشر والتوزيع ، عمان ،الاردن.

3- Benjamin A (2002) Cenetics: A conceptual Approach

الجزء النظري

المحتويات

الصفحة	الموضوع	الاسبوع
5	مقدمة تاريخية ، تكاثر الخلايا: الانقسامات الخلية (الانقسامات الجسمية و الانقسامات الجنسية).الفروقات بين المادة الوراثية للكائنات البدائية والحقيقية النواة	1
	الوراثة المنديلية : الشكل المظهري والتركيب الوراثي ،التجارب المنديلية (قوانين مندل : قانون مندل الاول (قانون الانعزال) ،اساس قاعدة الانعزال التضريب بين الكائنات الحية بطريقة التفرع ومربع بونت ،	2
	الاختلاقات النباتية ، التضريب الاختباري	3
	تحورات النسب المنديلية لقانون مندل الاول ، التحورات في النسب المنديلية لقانون مندل الثاني	4
	التركيب البنائي والجزيئي للمادة الوراثية (ال DNA) ، تركيب الحامض النووي (ال RNA)	5
	ادلة التي تثبت ان الجينات محمولة على الكروموسومات ، الادلة التي تثبت ان ال DNA هو المادة الوراثية	6
	انظمة تحديد الجنس في الكائنات ، الارتباط بالجنس	7
	العبور والارتباط الوراثي ، الخرائط الكروموسومية	8
	التهجين العكسي والوراثة السايكوبلازمية	9
	التغيرات الكروموسومية ، الطفرات	10
	تحليل النسب ، الاليلالات المتعددة	11
	وراثة فصائل الدم في الانسان ، تضاعف المادة الوراثية	12
	الاستنساخ والترجمة	13
	الشقرة الوراثية وبناء البروتين	14
	تنظيم التعبير الجيني ، الوراثة الكمية	15

الجزء العملي

المحتويات

الصفحة	الموضوع	الاسبوع
	التعرف على المواد المستخدمة في الوراثة والاجهزة المختبرية	1
	زراعة بعض النباتات مثل البصل والشعير والباقلع لاستخدامها في الدراسات المختبرية	2
	دراسة تركيب الخلية ووظائفها والتعرف على طريقة تحضير الصبغة والشرائح وفحصها في المجهر المركب	3
	الانقسام في الخلايا الجسمية والجنسية	4
	تمييز اطوار الانقسامات المختلفة	5
	تكوين الامشاج المذكرة والمؤنثة للنباتات والخصاب المزدوج	6
	تطبيقات عملية لحل المسائل الوراثةية رياضيا حسب قوانين مندل في انواع السيادة والتنحي والعوامل المميتة	7
	التعرف على حشرة الدروسوفلا وبعض الامثلة على تضريباتها	8
	استخدام بذور بعض المحاصيل في تطبيق قوانين مندل باستعمال مربع كاي	9
	حالات التفوق وتمارين الاليات المتعددة	10
	مجاميع الدم في الانسان	11
	تمارين في الارتباط والعبور ورسم الخرائط الكروموسومية	12
	الصفات المتاثرة بالجنس	13
	تطبيقات في الوراثة الكمية والعشائر	14

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

بدأ الإنسان بالتفكير في تفهم اساسيات الوراثة والشيء الخفي ورائها وما يورث وكيف تتكون الاشياء وكيف تؤدي وظيفتها لتحديد الصفات منذ زمن طويل ومع بدأ الحضارة الانسانية وتطورها على كوكب الارض، فقد لوحظ عدم تطابق الابناء مع ابائهم كليا الا ان التشابه واضح ولم تكن ميكانيكية السلوك الوراثي الذي يحدد التشابه والاختلاف بين الاباء والابناء معروفا. بدأت الاختلافات بين الاجناس والتشابه بين الاقارب وطريقة حدوث هذا الاختلاف والتشابه والقوة الكامنة وراء ذلك محيرة وغامضة، وكان من الاشياء المدهشة هو الجهد المبذول لشرح منشأ الاختلاف والتشابه والجوهر والقوة المسيطرة عليه. ان الفترة التي سبقت اكتشاف قوانين مندل كان فيها قليل من التجارب الحقلية سواء التجارب على النباتات ام الحيوانات ولهذا التجارب اهمية من ناحية التضريب بين الانواع المختلفة من اجل الخلط Crossing والانتخاب Selection واول من اشتغل بتجارب الحقائق هو كولريتر (1733-1806) الالماني الذي نشر ابحاثه سنة 1760 التي تناولت السلوك الجنسي في النبات وكان اول من لاحظ انعزال الصفات وقوة الهجين hybrid vigor ونموه وصحته وعقم النبات في التلقيح الذاتي self fertilization وهو اول من تتبع نتائج تجاربه وبصورة نظامية لاكثر من جيل واحد ولاحظ وسجل انعزال الصفات segregation of characteristics ولكنه كان غير مكترث للنتائج التي حصل عليها لوجود المدارس والاراء السائدة في ذلك الوقت واورد بان الهجائن غير مستقرة لانها غير طبيعية وتعود لاي اتجاه لترجع الى ابائها الاصليين.

يعد العالم النمساوي كريكور مندل (1822-1884) المؤسس لعلم الوراثة اذ انه بدأ تجاربه عام 1857 فجمع انواعا مختلفة من بزاليا الحديقة واستعملها في حديقة الدير، وبعد سبع سنوات من العمل البحثي نشر مندل نتائج تجاربه وبعد مناقشتها امام اجتماع جمعية التاريخ الطبيعي بمدينة برنو نشرت تحت اسم (تجارب في تهجين النبات) في المجلة العلمية للجمعية عام 1866. وبقيت نتائج بحوث مندل مهمة على رفوف المكتبات مايقارب 35 عام اذ اكتشفت

اعماله عام 1900 من قبل ثلاثة علماء وبصورة مستقلة وهم دي فريس الهولندي وكورينس الالمانى وتشير مارك النمساوي اذ لاحظوا ابحاث مندل عند مراجعتهم للمصادر في المكتبات وكل واحد في بلد. كان اكتشاف اعمال مندل وقوانينه بداية لعلم الوراثة الحديثة ودعا هذا الاكتشاف الى دراسة سلوك الكروموسومات وميكانيكيته واتساع رقعة علم الوراثة في كافة المجالات والاتجاهات.

اشار بعض الباحثين في بداية القرن التاسع عشر الى ان الكائنات الحية تتركب من الخلايا ومنهم ميربل وجين لامارك وازدادت دراسة الخلية ودورها في بناء جسم الكائن الحي ففي عام 1839 اقترح ماثياس شلايدن وثيودور شوان نظرية الخلية والقائلة: ان جميع الحيوانات والنباتات تتألف من خلايا وان الخلية هي الوحدة الاساسية للحياة ودرسا تركيب الخلية. أطلق روبرت براون (1773-1858) تسمية النواة Nucleus ودرسها بتعمق ووصفها. واطلق ستراسبوركر (1844-1922) تسمية Nucleoplasm على النواة واسم سايتوبلازم Cytoplasm على المواد المحيطة بالنواة و اشار الى اهمية النواة في الوراثة. سمي شنايدر (1873) الخيوط النووية في الخلية التي تصطبغ بصورة داكنة بالصبغات Chromosome ، و اشار فلمنج (1843-1915) الى ان الخلية تنقسم طوليا خلال انقسامها الخلوي. و اوضح فان بندن (1845-1910) ان محتويات الخلية تتوزع بصورة متساوية الى الخليتين الناتجتين اثناء الانقسام الخلوي وان العدد الكلي للصبغيات (كروموسومات) يبقى ثابتا في جميع خلايا الكائن الحي الا في حالة تكوين الكميئات. وازدادت دراسات الخلية بصورة واضحة في بداية القرن العشرين ولوحظ انفصال كروموسومات النواة في الانقسام الاختزالي ومن قبل بايلوجيين كثيرين منهم بوفري (1862-1915) وهنكنك 1891 ومونتكمري 1873-1912 ، وتوصل سوتن (1876-1916) من تجاربه على نواة الخلية ودرسته للمادة الوراثية بصورة خاصة الى استنتاج ثابت وهو ان الكروموسومات هي الحاملة للمواد الوراثية والتجارب المشهورة لعالم الاحياء الامريكي توماس موركان (1866-1945) وتلامذته على حشرة ذبابة الفاكهة (دروسوفلا) في العشرينات من القرن العشرين اذ اثبت بان الصفات الوراثية تنتقل من الاباء الى الابناء عن طريق العوامل الوراثية وهي الجينات والمحمولة على الكروموسومات. وبذلك يكون قد استبدل مفهوم العوامل الوراثية التي افترضها مندل الى مفهوم علمي حقيقي وهي الجينات التي تحمل على الكروموسومات وبترتيب خطي ومفرد وبذلك ظهرت نظرية الجينات Gene theory ، واطلق العالم الدنماركي جوهانسن عام 1909 تسمية الجينات Genes على الوحدات الوراثية التي ثبت وجودها في مختلف الكائنات الحية ، وبعد تبين المسلك الصحيح لعلم الوراثة بعد اكتشاف قوانين مندل استمرت الدراسات الوراثية ، ففي عام 1953 استطاع جيمس واتسن وفرنسيس كريك من وضع نموذج متكامل

لتركيب وترتيب المادة الوراثية وهي جزيئة الDNA (deoxy ribonucleic acid) . تطور علم الوراثة وتوسع نتيجة للاكتشافات العلمية والفهم الاوسع للمادة الوراثية وقد شمل فروعاً عديدة لازالت تزداد مع الزمن ومنها:

- 1-الوراثة العامة
- 2-الوراثة الطبية
- 3-وراثة العشائر
- 4-الوراثة الخلوية
- 5-الوراثة الكمية
- 6-وراثة السلوك
- 7-الوراثة الكيميائية الحياتية
- 8-الوراثة المناعية
- 9-الهندسة الوراثية
- 10-الوراثة السايتوبلازمية
- 11-الوراثة السكانية
- 12-تربية وتحسين النبات

تكاثر الخلايا

خلق الله تعالى الكائنات الحية على سطح الأرض بصفات متعددة، وتتكوّن أغلبها من عدد كبير من الخلايا، حيث يبدأ تكون الكائن الحي من خلية مخصّبة (الزيجوت)، ثمّ تنقسم هذه الخلايا بشكل مستمر للوصول إلى تكوين جسم كامل، واستطاع الإنسان التعرف على هذا

الانقسام بفضل تطور الأجهزة المستخدمة في الأبحاث، كما استطاع التعرف على طريقتين لانقسام الخلايا في الكائنات الحية المتقدمة وهي: الانقسام الميوزي (يحصل في الخلايا الجسمية) والانقسام الميوزي (يحصل في الخلايا الجنسية) ، وتمر الخلايا خلال التكاثر بالطريقتين بعدة مراحل، فما هي مراحل الانقسام الميوزي؟

الانقسام الميوزي

ينتشر الانقسام الميوزي في تكاثر الخلايا الجسمية مثل خلايا العظام والجلد والأنسجة وزيادة عددها في جسم الكائن الحي، حيث يكون عبارة عن سلسلة متواصلة غير منفصلة من الانقسامات حيث تعطي الخلية المنقسمة خليتين بكل منها (2ن) من الصبغيات، ولها المعلومات الوراثية والوظيفة للخلية الأم نفسها، ويفيد هذا النوع من الانقسامات في تجديد الخلايا التالفة في جسم الكائن الحي وتعويض المفقود منها، ويعد السبب الرئيسي في نمو جسم الكائن الحي.

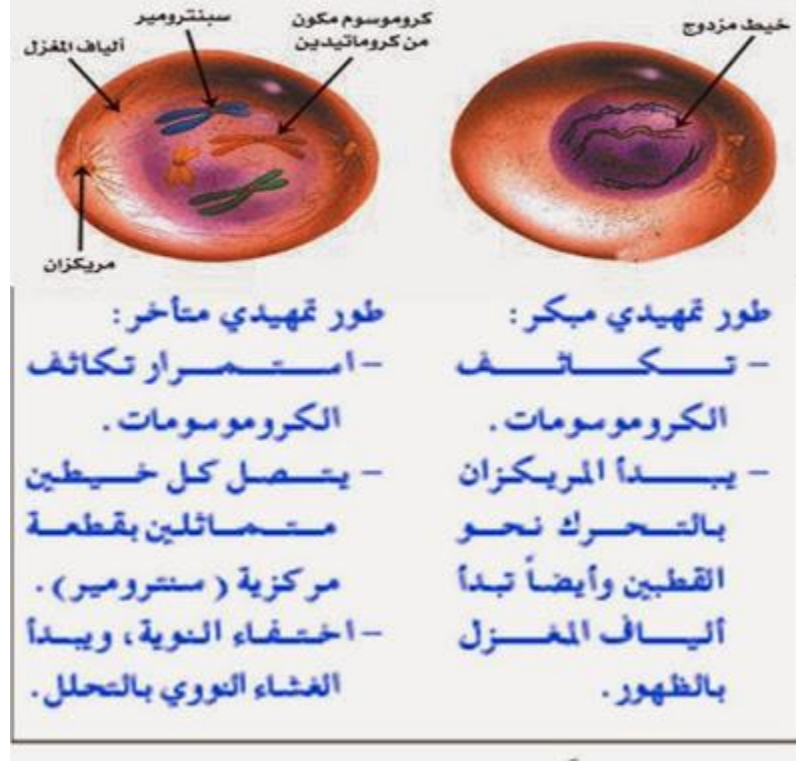
مراحل الانقسام الميوزي

الطور البيني

يمر الانقسام الميوزي بأربع مراحل رئيسية مترابطة معاً، لكن يسبق المرحلة الأولى مرحلة تهيؤ الخلية للانقسام وتضاعف الشبكة الكروماتينية التي تمثل المادة الوراثية للكائن الحي ويطلق عليها مرحلة الطور البيني.

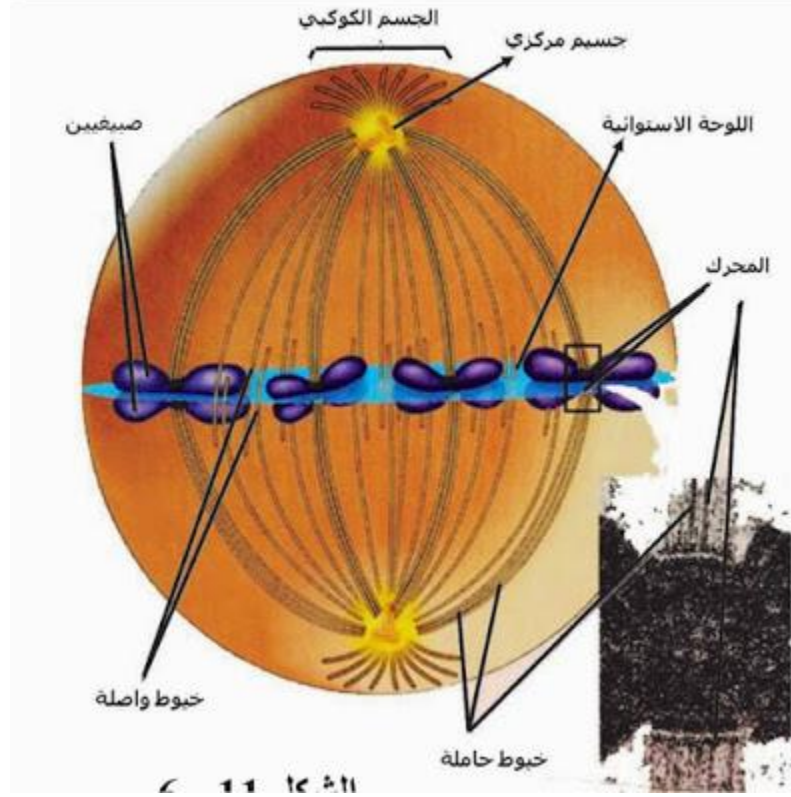
1- الطور التمهيدي

تختفي نواة الخلية وتتضاعف الشبكة الكروماتينية، كما يختفي الغلاف النووي المحيط بالنواة، ويبدأ الجسم المركزي في إفراز خيوط المغزل، وفي نهاية المرحلة يلاحظ أنّ الكروموسومات تتكوّن من خيوط متصلة هي الكروماتيدات (Chromatids) ترتبط ببعضها بواسطة ما يسمى القطعة المركزية أو السنترومير (Centromere) ، وتعد هذه المرحلة أطول المراحل زمنياً.



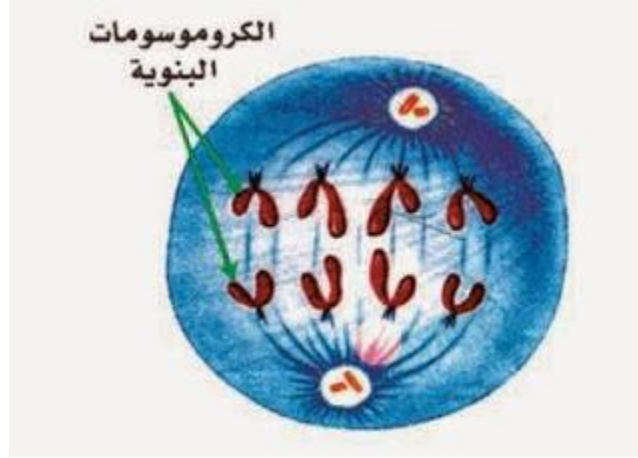
2-الطور الاستوائي

تترتب الكروموسومات المتصلة بخيوط المغزل في صف يمتد على الخط الاستوائي (equatorial plane) للخلية (منطقة الوسط).



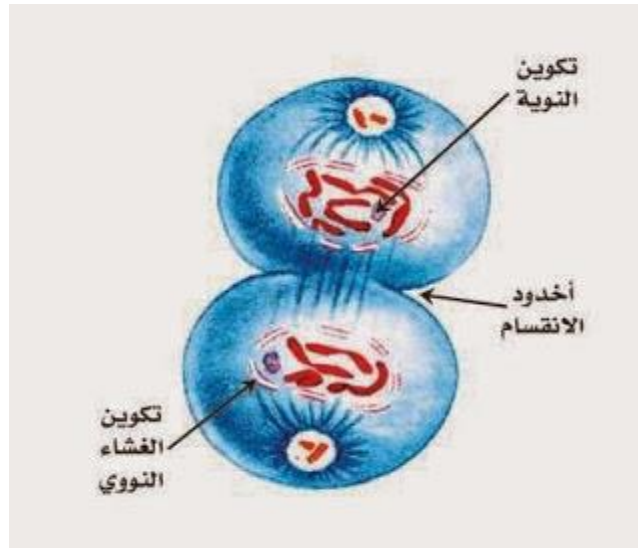
3-الطور الانفصالي

ينقسم السنترومير في كل كروموسوم طولياً، ويتباعد الكروموسومان عن بعضهما حيث يتحركان في اتجاهين متعاكسين؛ فيتجه أحدهما إلى أحد قطبي الخلية ويتجه الآخر إلى القطب المقابل، ويعتقد العلماء أنّ سبب هذه الحركة يعود إلى تأثير قوة التنافر بين كل كروموسومين متماثلين، وقوة جذب من قبل الحبيبة المركزية المقابلة لكل كروموسوم، وتتقلص خيوط المغزل ساحبة معها الكروموسومات أحادية الكروماتيد.



الطور النهائي

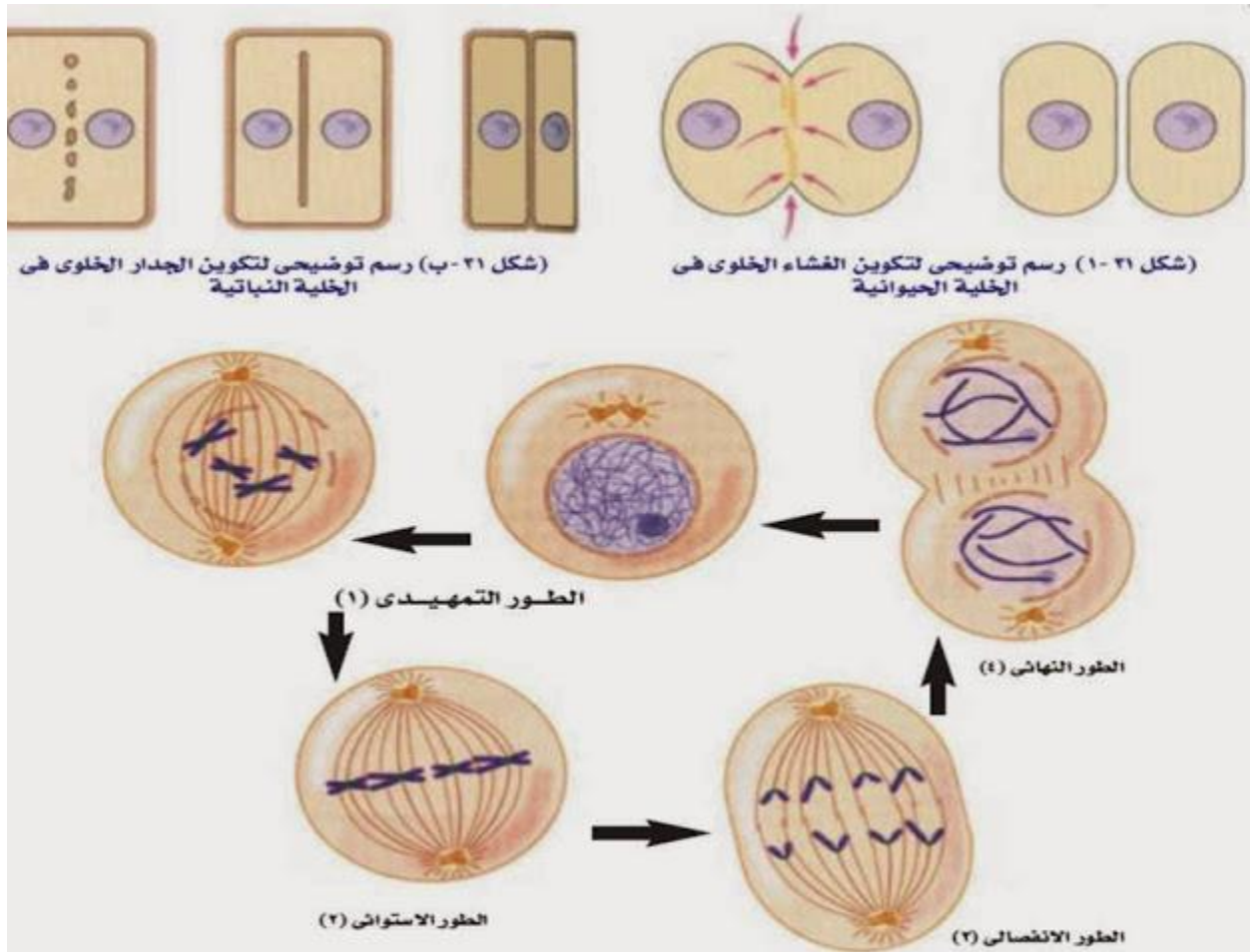
تختفي خيوط المغزل وتكوّن نواة جديدة، وتنتج لدينا مجموعتان من الكروموسومات أحادية الكروماتيد عند كل قطبٍ من أقطاب الخلية، ثم تنقسم الخلية الى خليتين تحتوي كلّ منهما على عددٍ من الكروموسومات يساوي عدد الكروموسومات الموجود في الخلية الأم.



وتبدو الكروموسومات أقل وضوحا مما كانت عليه سابقا ولذلك تعتبر هذه المرحلة معاكسة لما يحدث في المرحلة التمهيديّة , ثم يزداد اختناق السيتوبلازم ويمتد إلى وسط الخلية , ويزداد عمقا حتى يتم انفصاله إلى قسمين يحيط كل منهما بنواة.

وهكذا تنتج خليتان جديدتان في كل منهما عدد متساو من الكروموسومات (العدد الثنائي) والتراكيب الخلوية الأخرى (العضيات السيتوبلازمية الأخرى , وتمتاز الخلية الحيوانية بتكون تخر من الخارج الى الداخل لانقسام السيتوبلازم بعد انقسام النواة وتكوين الغشاء النووي بينما يحصل ترسيب على طبقات الجدار الخلوي من الداخل لتكوين الخليتين الجديدتين.

الشكل التالي يبين لنا مراحل الانقسام المتساوي في الخلية:



مراحل الانقسام المتساوي في الخلية

الانقسام الاختزالي Reduction division or meiosis

هو طراز خاص من انقسام الخلية وتعتبر عملية مضادة للاخصاب حيث انها تختزل الكروموسومات وقد اظهرت الدراسات الخلوية لاطوار الانقسام الاختزالي عدة حقائق من التغيرات في المظهر الطبيعي للكروموسومات وترتيبها داخل غلاف النواة والتغيرات السيتوكيميائية التي تحدث بالكروموسومات والمكونات الخلوية الاخرى. ويتكون الانقسام الميوزي Meiosis أساساً من انقسامين نوويين يحدث الواحد منهما بعد الآخر في تتابع سريع ويشمل الانقسام الاول انفصال الكروموسومات بعد تزاوج كل كروموسوم مع شقيقه خلال الدور التمهيدي والتي يكون احد الكروموسومين في كل زوج منها ابوياً والآخر امياً ويؤدي هذا الانفصال الى تكوين نواتين احاديتي المجموعة الكروموسومية. Haploid.

ويشمل الانقسام الثاني الانفصال الطولي لكروماتيدي كل كروموسوم في كل من هاتين النواتين الاحاديتين مما ينتج عنه تكوين اربع انوية احادية المجموعة تكون الكاميتات الجنسية gametes or meiospores بعد انقسام السائتوبلازم والتي قد يكون جزءاً منها عاملاً او قد تكون كلها عاملة في الكثير من الانواع.

ادوار الانقسام الاختزالي

ان الانقسام الاختزالي عملية طويلة حيث تستغرق الدورة الكاملة اياماً او اسابيع ويكون الدور التمهيدي الاول معقداً ويستغرق فترة طويلة وهو يقسم الى خمس ادوار ثانوية وهي القلاذي، والتزاوجي والضام والانفراجي والتشتتي ثم يتبع الدور التمهيدي الاول الدور الاستوائي الاول ثم الدور الانفصالي الاول والدور النهائي الاول ويتبع هذه الادوار ادوار الانقسام الثاني التي تشمل الدور التمهيدي الثاني والدور الاستوائي الثاني والدور الانفصالي الثاني والدور النهائي الثاني وبين الانقسام الاول والثاني يقع الدور البييني .

1-الدور التمهيدي الاول

أ- الطور القلاذي Leptotene Stage

يؤشر حلول الدور القلاذي نهاية الدور البييني قبل الانقسام الاختزالي. وخلال فترة (S) فترة تصنيع الحامض النووي (DNA) يكتمل تكرار الكروموسومات- وهو تكرار يبدو للجميع بانه

يمثل التكرار الذي يسبق الانقسام المايوتوزي. وفي الحقيقة يمكن من الناحية التجريبية تحويل بعض انواع من الخلايا التي تجري فيها عملية الانقسام الاختزالي اعتياديا بعد مرحلة (S) في ان تتجه الى الخيطي (المايتوزي) بدلا من الاختزالي. ولكن بمجرد دخول الخلية الدور القلادي فأنها تلزم نفسها في الانقسام الاختزالي.

تعني كلمة Leptonema الخيط الاسطواني Slender thread ويؤذن بحلول هذه المرحلة وجود كروموسومات خيطية الشكل في الطور الابتدائي من التلايف الاختزالي meiotic coiling وفي الحقيقة يمثل كل خيط زوجا من الكروماتيدات الاختية Sister chromatids المتماثلة (كما في الانقسام المايوتوزي) ويرتبطان معا بواسطة قطعة مركزية مشتركة. كذلك ممكن ان تظهر على هذه الخيوط القلادية الكروموميرات المرحلية Chromomeric periodicity . وقد كشف استخدام المجهر الالكتروني Electron microscope عن وجود حزم من مادة تدعى بالمكون الجانبي Lateral component او العنصر الجانبي Lateral element بين او على طول كل زوج من ازواج الكروماتيدات الاختية خلال الدور القلادي. يبلغ عرض هذا المكون الجانبي 500 A (انكستروم) * ويظهر بانه معقد متكون من مادة DNA والبروتين Ribonucleoprotein ومرافقة مع الحامض النووي RNA ويظهر ان تصنيع المكون الجانبي يكون نتيجة نشاط الكروماتيدات الاختية في زوج الكروماتيدات، ويعتقد وجود حامض نووي DNA من الكروماتيدين الاختيين في معقد المكون الجانبي.

ان تكاثف الكروموسوم وتكوين العنصر الجانبي فان الدور القلادي يؤذن بانتهاء المرافقة بين اطراف Telomeres الكروموسومات ومقاطع معينة من الغلاف النووي. ومرارا مايفتقر هذا المقطع من الغلاف الى الثقوب النووية Nuclear pores ويمكن ان تظهر بشكل منطقة مثخنة تدعى بمواقع الالتصاق Attachment site ويعتقد ان هذا المقطع المتميز من الغشاء النووي يعمل كموقع للمركز حيث يبدأ عنده ترافق او تلاصق الكروموسومات المتشابهة مع بعضها البعض.

ب- الطور التزاوجي Zygotene

يعرف الدور التزاوجي Zygonema بانه الدور الذي يكتمل فيه ترافق المجاميع المتشابهة من الكروماتيدات الاختية جنبا الى جنب وهذا الترافق يدعى بالاقتران Synapsis وهي كلمة من الإغريقية Syn وتعني معا وكلمة Apsis وتعني ربط ويظهر ان الاقتران يبدأ من نقطة اتصال طرف الكروموسوم Telomere بالغشاء النووي والتي وضحت سابقا، وعلى نطاق

واسع يفترض انها تبدأ من موضع اتصال طبيعي **Physical attachment** ولفترة قصيرة بين العناصر الجانبية المتشابهة. ولم تؤيد هذه الاتصالات عند الفحص بالمجهر الالكتروني وبدلا من ذلك لوحظ تحرك العناصر الجانبية المقترنة الى مسافة 200-300 نانومتر (nm) * عن بعضها البعض ومن ثم تشترك في تكوين معقد يدعى بمعقد الاقتران **Synaptinomal Complex** يتالف هذا المعقد من اثنين من العناصر الجانبية مع منطقة مركزية **Central region** تبلغ 100 نانومتر (nm) في العرض تقريبا في حالة الاكتمال والتي تكون مقطعة بحزم ضيقة بعرض 20 نانومتر (nm) من المكون المركزي **Central component**. ليس من الواضح تكوين المنطقة المركزية هل يكون نتيجة جهد مشترك لاقتران الكروموسومات المتشابهة ام انها مادة مركزية مصنعة مسبقا **prefabricated** ومن ثم ادخلت بين اثنين من المكونات الجانبية والموضوعة على مسافات متساوية، وان كلا الافتراضين ورد في المصادر، ومن المتفق عليه بصورة عامة هو احتواء المكونات المركزية

central component شأنها شأن المكونات الجانبية على حامض **DNA** وبروتين. واذا وجد حامض **DNA** فانه يوجد بكميات صغيرة جدا.

معقد الاقتران

chr1 و **chr2** : يمثل زوج الكروماتيدات و **LE** العناصر الجانبية و **CC** المكون المركزي و **CE** العنصر المركزي.

ان تكوين معقد الاقتران **Synaptinomal complex** حادثة وراثية هامة جدا بسبب توسط هذه المعقدات عملية التبادل الوراثي خلال الانقسام الاختزالي حيث يتم تبادل المعلومات الوراثية والتي تعرف بالعبور الوراثي **crossing over** او الاتحادات الجديدة **Recombination** بين الكروموسومات المتشابهة. ويجب ان تكون الكروموسومات التي تشارك في تكوين الاتحادات الجديدة متماثلة بدرجة كافية **Homologous** لتتوافق مع بعضها بانطباق جين على جين. ومن ثم تتبادل الكروموسومات المتماثلة قطعا من احماضها النووية **DNA** بطريقة لا يحصل فقدان او اكتساب للمعلومات في أي من الكروموسومات. وللدقة ان رمزنا للكروموسومات المقترنة بـ **ABCD** و **abcd** فانه يمكن ان يؤدي احد الاتحادات الجديدة الى الحصول على كروموسومات بشكل **ABcd** او **abCD** ومن اتحاد اخر نحصل على كروموسومات **Abcd** و **aBCD** وهكذا. ويجب ان يشمل تكوين معقد الاقتران

على عملية التطابق بين أزواج الكروماتيدات الاختية واقترانها الدقيق بنقطة بحيث لا يحصل عن العبور الوراثي بين الكروموسومات انتقال معلومات وراثية كثيرة جدا وقليلة جدا والمطلوبة للنوع.

ولا يمكن الاقتران والعبور الوراثي بين الكروموسومات التي لا يوجد بينها معقد الاقتران **Synaptonemal complex** اذن لماذا توجد مثل هذه التراكيب المعقدة في جميع الخلايا التي يجري فيها اقتران وعبور وراثي؟ وما هو الدور (او الادوار) التي تقوم به؟ وان من احدى التوضيحات المعقولة ولو انها لم تبرهن لحد الان، وهو عمل المكونات الجانبية كمنصات او هياكل **Scaffold** يقع عليه مفتاح متوالية تعارف او تطابق الحامض النووي **Recognition sequences DNA** خلال الدور القلادي. وخلال الدور التزاوجي فان هذه المتواليات تشارك في عملية التعريف والاصطفاف وبذلك تزيل مشكلة الاربك الناتج عن كيفية اقتران الكروماتيدات المتشابهة على امتداد طولها الذي يبلغ طول محتواة من **DNA** حوالي 0.5 متر. وبمجرد حصول التطابق فيمكن اضافة العناصر المركزية بين الكروموسومات المتشابهة مما يجعل حالة من الاستقرار للاقتران.

ويمكن بوساطة المجهر الالكتروني فقط ملاحظة معقدات الاقتران والتعرف على نواة الدور التزاوجي وبطريقتين ففي العديد من الكائنات تتصل النهايات الكروموسومية **Telomers** بالغشاء النووي وبذلك ستعطي شكل باقة الزهور **Bouquet** للكروموسومات. وتبدو الكروموسومات بشكل اسمك في الدور التزاوجي مقارنة مع شكلها في الدور القلادي وان زيادة السمك هذه ناتجة من استمرار الكروموسوم في عملية التكاثر فبالرغم من ذلك فانه ناتج من التحام الكروماتيدات الاختية مع بعضها البعض الى درجة يستحيل فيها التمييز بينهما، ولهذا السبب تبدو مجموعة الكروموسومات المتشابهة والمقترنة من اربع كروماتيدات في الحقيقة وكأنها مؤلفة من كروموسومين فقط ولهذا يقال لمجموعة المتشابهات المقترنة بانها الوحدة الثنائية الكروموسومية **Bivalent**.

ج- الطور الضام Pachytene Stage

معنى كلمة الضام **Pachynema** : الحبل السميك **Strand Thick** (وتعني استمرار قصر وتتخذ الوحدة الثنائية الكروموسوم **Bivalent** والذي يحصل خلال هذه المرحلة من الانقسام الاختزالي. ان تكوين معقد الاقتران واقتران الكروموسومات المتشابهة يتم في بداية الدور الضام، وان التبادل الطبيعي الحقيقي والذي ينتج عنه العبور الكروموسومي **Chromosomal crossing over** يحدث خلال هذه المرحلة. ويصاحب اتمام عملية

الاقتران تشتت الالياف الكروموسومية في باقة الزهور للدور التزاوجي Zygoten bouquet

د- الدور الانفراجي Diplonema

ان التنافر بين الكروماتيدات الاربعة في الوحدة الثنائية الكروموسوم يُعد من علامات نهاية الطور الضام وبداية هذا الطور حيث يصبح واضحا (الانفراج) بين ازواج الكروماتيدات الاختية وكذلك يظهر انفراج بين الكروموسومات المتشابهة في كل مجموعة وعند الفحص بواسطة المجهر يلاحظ اندثار اغلب مادة معقدة الاقتران خلال الطور الانفراجي. ويفترض ان التنافر يكون نتيجة هذا الاندثار.

وهناك اثنين من العوامل المحددة والتي تمنع الكروموسومات المتنافرة من الانفصال الكامل الاول هو استمرار الكروماتيدات الاختية بالاتصال مع بعضها البعض عند منطقة القطعة المركزية والعامل الثاني هو اتصال الكروماتيدات غير الاختية في الوحدة الثنائية الكروموسوم مع بعضها البعض في منطقة او عدة مناطق وعلى امتداد طولها بمناطق ملاصقة ظاهرة تدعى بالكيازومات Chiasmate المفرد (Chiasma) تعني كلمة الكيازما (تقاطع) او تصالب اما تحت المجهر الالكتروني فتظهر الكيازما وهي تحتوي على اطوال قصيرة من معقد الاقتران الذي لم يندثر بعد وتستمر في امسك الكروماتيدات غير الاختية معا في مناطق متقابلة وعلى امتداد اطرافها.

الكيازما في الدور التشتتي

ويمكن ان تشارك في تكوين الكيازما اثنين او ثلاثة او جميع الكروماتيدات الاربع في الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent. وقد تكون في الكروماتيدة اكثر من كيازما واحدة. فمثلا لو رمزنا للكروماتيدات الاربع 1 A, B, A, B فان كروماتيدة A يمكن ان تكون كيازما مع كروماتيدة B في احد المواقع او بالتناوب مع كروماتيدة B1، تحدث الكيازما دائما. ففي الانقسام الاختزالي الاعتيادي هناك كيازما واحدة على الاقل في كل وحدة ثنائية الكروموسوم. وقد يلاحظ 52 كيازما في خلية البيضة الامية Oocyte النموذجية في الانسان والتي تحتوي على 23 وحدة ثنائية الكروموسوم واغلب التأكيد فان للكيازما علاقة بالعبور الوراثي.

وفي اغلب الكائنات يكون تتابع بقية ادوار الانقسام الاختزالي بسرعة بعد الدور الانفراجي. ولكن في خلية البيضة الامية للعديد من الحيوانات يستغرق الدور الانفراجي فترة طويلة جدا. فمثلا يمتلك جنين الانثى في الانسان حوالي 3.400.000 خلية بيضة امية في كل مبيض وتدخل هذه المراحل الاولى من الانقسام خلال الفترة من الشهر الرابع الى الشهر السابع من حياة الجنين وبعدها تبقى خلية البيضة الامية ضمن المبيض في مرحلة الدور الانفراجي (يطلق عليها في بعض الاحيان اسم Dictyotene) والذي قد يستغرق فترة 50 سنة وعند البلوغ بوجود هرمون منبه (FSH (Follicle- Stimulating hormone) وهرمون LH (Lenteinizing hormone) تخرج خلية بيضة امية واحدة في كل دورة شهرية وتذهب لاكمال الانقسام الاختزالي في قنوات فالوب Fallopian tubes في حالة حدوث الاخصاب.

و-الطور التشتتي Diakinesis

خلال فترة الدور التمهيدي الاول Prophase-I تستمر الكروموسومات في التحلزن (الالتفاف) وتكون اقصى كثافة لها في الطور التشتتي Diakinesis. وتظهر الكيازما تحت المجهر الالكتروني خالية من مادة معقد الاقتران وتحتوي بدلا منها على خيوط كروماتينية ممتدة وغير معوقة ثم تدخل الكيازما خلال هذا الطور عملية تعرف بالانزلاق Terminalization، حيث يظهر انها تتحرك من خلال الكروماتيدات حتى تصل الى نهايات الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent. ترتبط الوحدات الثنائية الكروموسوم وبصورة مخصوصة بواحدة او اثنين من الكيازما الطرفية (او جزئيا طرفية) وهي في طريقها لتدخل الدور الاستوائي الاول Metaphase I. ان ميكانيكية الانزلاق وفعاليتها غير معروفة بشكل واضح.

2الدور الاستوائي الاول Metaphase-1

يتميز هذا الدور من الانقسام الاختزالي بتكوين المغزل Spindle كما هو الحال في الدور الاستوائي المايوتوزي حيث ان كل وحدة ثنائية الكروموسوم تشمل على اثنين من القطع المركزية المتميزة وكل منها يمسك باثنين من الكروماتيدات معا. وتترتب القطع المركزية باتجاه المستوى الذي يناظر الصفيحة الاستوائية Metaphase plate اما الانقسام الاختزالي الذي يشمل اكثر من وحدة واحدة من الوحدة الثنائية الكروموسوم فيرى مظهر واضح للدور الاستوائي وذلك من معرفتنا لامتلاك كل وحدة ثنائية الكروموسوم على سنترومير من الام وسنترومير من الاب، ففي احد الوحدات الثنائية الكروموسوم فمن الممكن

ان يقع سنتروميير الأم فوق صحيفة الاستواء وسنتروميير الاب تحتها. ويمكن في وحدة ثنائية الكروموسوم ثنائية ان نشاهد ان سنتروميير الأم يقع فوق الاستواء ايضا وسنتروميير الاب في الاسفل هذا من ناحية ومن ناحية اخرى هناك احتمال مساو في حصول العكس أي سنتروميير الاب فوق وسنتروميير الأم تحت وبعبارة اخرى فان ترتيب السنترومييرات المتشابهة Homologous للام والاب بالنسبة لموقعها من صحيفة الاستواء مستقل بصورة كلية عن ترتيب المجموعات الاخرى، ولذلك ممكن الحصول على جميع التوافقات الممكنة الاخرى وبتكرار متساو عند دراسة عدد كبير من الخلايا في الدور الاستوائي الاول. ان لهذه الحقيقة نتائج وراثية مهمة جدا.

3 الدور الانفصالي الاول والدور النهائي الاول -Anaphase-I and Telophase-I

يستمر امسك الوحدة الثنائية الكروموسوم Bivalent معا بواسطة كيازما طرفية حتى الدور الانفصالي الاول Anaphase 1 حيث تقطع هذه الارتباطات وتتحرك سنترومييرات الوحدة الثنائية الكروموسوم الى قطبي الخلية. ولغرض المقارنة مع الدور الانفصالي المايوتوزي. فان الانفصال الاختزالي يشمل فقط على انفصال السنترومييرات المستقلة. ولا يحدث انقسام للسنترومييرات في الدور الانفصالي الاول.

وخلال هذين الدورين يتحلل الغشاء النووي. ويمكن ان يعاد تكوين النشاء النووي حول المجموعات المنفصلة من الكروموسومات المتشابهة (ويعتمد ذلك على نوع الكائن) خلال الدور النهائي الاول. او تدخل الكروموسومات مباشرة الى الانقسام الاختزالي الثاني. وبالمثل فقد تنقسم الخلية اولا تنقسم الى خليتين بنويتين بواسطة اخدود.

وتمر الخلايا الجرثومية لاغلب اناث الحيوانات في انقسامات اختزالية غير متناظرة Asymmetric meiotic division، وتعني وجود صحيفة الدور الاستوائي قرب احد اطراف الخلية وليس عند خط استوائها وخلال الدور الانفصالي الاول، تتحرك احدى مجاميع الكروموسوم الى الطرف الضيق من السايوتوبلازم، بينما تبقى المجموعة الاخرى على شكل خلية بيضة كبيرة الحجم enormous egg cell والتي تعرف في هذه المرحلة بخلية البيضة الامية Oocyte وعند الدور الثاني الاول تنفصل المجموعة الكروموسومية الموجودة في الزاوية الصغيرة عن الخلية بواسطة اخدود والناتج يكون خلية صغيرة تدعى بالجسم القطبي الاول. First polar body.

4الدور البيني Interphase

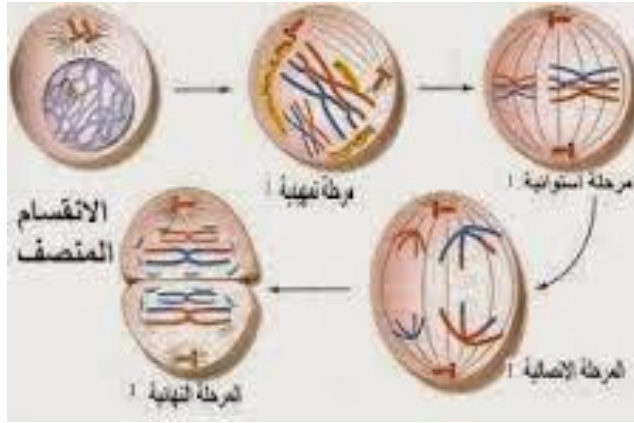
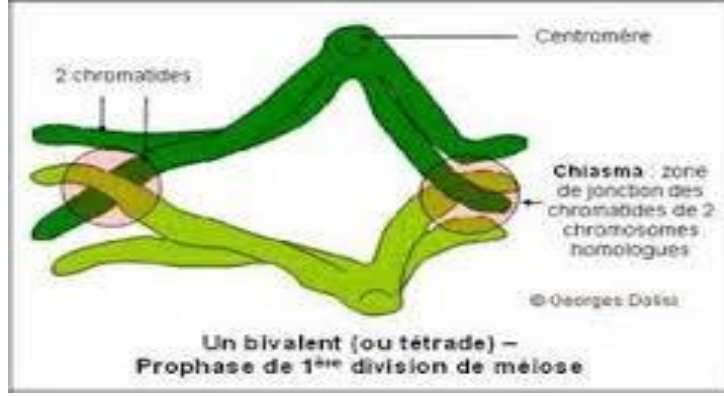
قد يكون الدور البيني الذي يفصل بين الانقسامين الاختزاليين قصيرا. وفيه لايتضاعف الحامض النووي الرايبوزي منقوص الوكسجين (DNA) وهذا مايميزه عن الدور البيني في الانقسام المايوتوزي او الدور البيني الذي يسبق الانقسام الاختزالي الاول.

5-الادوار (التمهيدي الثاني، الاستوائي الثاني، الانفصالي الثاني النهائي الثاني

لايكون للخلايا التي تجتاز الدور التمهيدي الاول وتدخل الانقسام الاختزالي الثاني دور تمهيدي ثان حقيقي Trueprophase فالانقسام الاختزالي الثاني لايتميز من الناحية المورفولوجية عن الانقسام المايوتوزي.

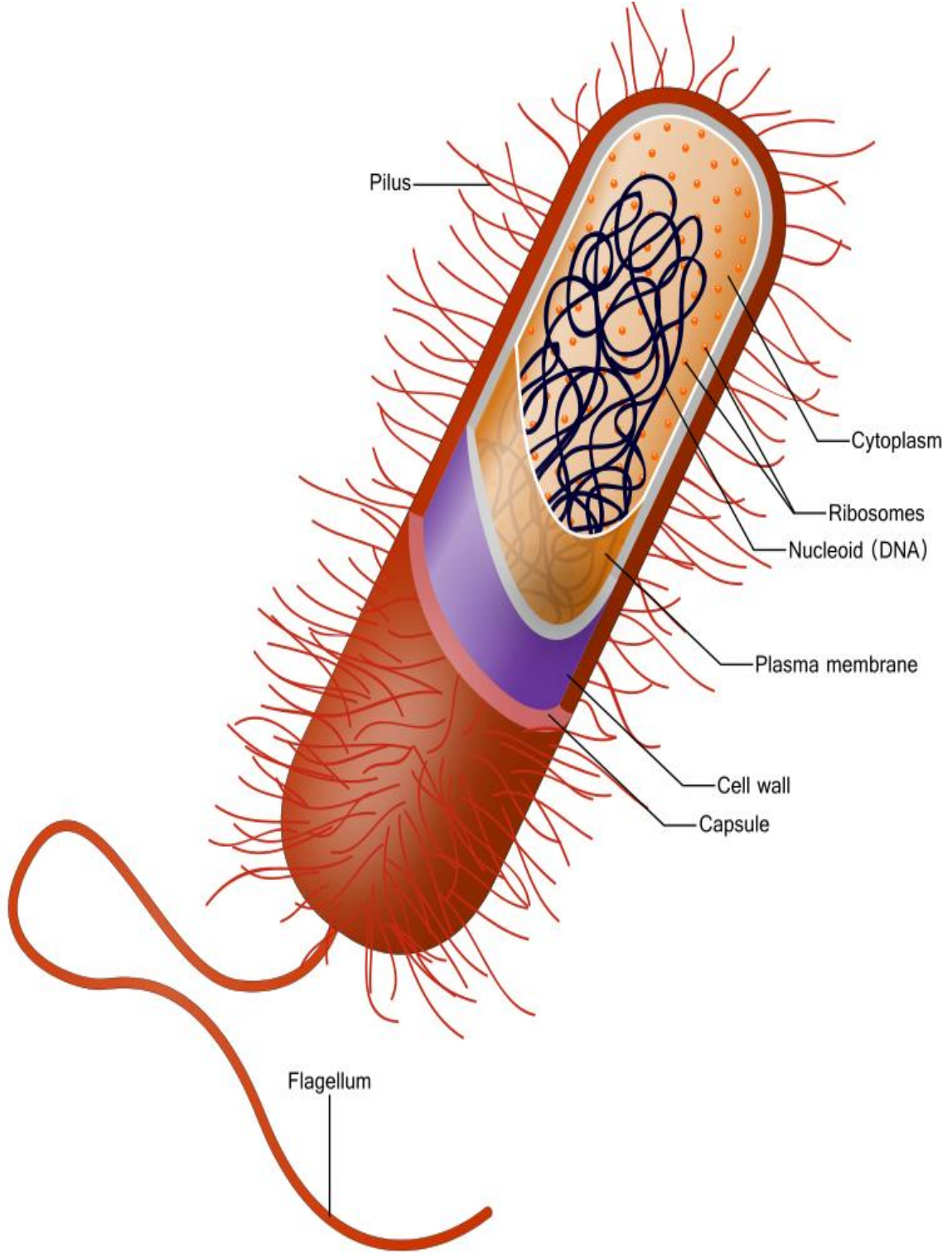
تتحرك السنتروميترات التي تربط ازواج الكروماتيدات الى صفيحة الاستواء ثم تنقسم الى اثنين (وهو انقسام يجري لأول مرة خلال عملية الانقسام الاختزالي). بعدها تتحرك الى الاقطاب المضادة عند الدور الانفصالي. وبعد اكمال الدور النهائي الثاني Telophase II نحصل على اربع خلايا احادية haploid تسمى بالرباعية tetrad وهي مشتقة من الخلية الثنائية الاصلية وتعود كل خلية احادية الى حالة الدور البيني.

وفي خلية البيضة الامية Oocyte يكون كل من الدور الانفصالي الثاني والدور النهائي الثاني غير متناظرة مرة اخرى ويتكون بذلك الجسم القطبي الثاني Second polar body وقد ينقسم الجسم القطبي الاول ايضا انقساما اختزاليا ثانيا بحيث نحصل على اربعة نواتج احادية وهي ثلاثة اجسام قطبية وبيضة Ovum وبدل عن هذا الانقسام يمكن ان لاينقسم الجسم القطبي الاول في هذه الحالة سيكون هناك ثلاثة نواتج اختزالية احدها ثنائي Diploid واثنين من الاحاديات Haploid وفي كلتا الحالتين تكون البيضة الاحادية الكاميت الحي الوحيد مقارنة مع عملية تكوين الحيامن Spermatogenesis في ذكر الحيوان والذي تكون فيه النواتج الاختزالية الاربعة حية.



الفروقات بين المادة الوراثية للكائنات البدائية والحقيقية النواة

تشير بدائيات النوى إلى الكائنات الحية التي ليس لها نواة وعضيات محاطة بالأغشية. جميع بدائيات النوى هي كائنات وحيدة الخلية. معظم بدائيات النوى هي 0.2 إلى 2 ميكرون في الحجم. غشاء الخلية من بدائيات النوى يحوي البروتينات القابلة للذوبان في الماء ، والحمض النووي ، والأبيض في السيتوبلازم. على الرغم من أن بدائيات النوى لا تحتوي على عضيات في السيتوبلازم ، إلا أنها تحتوي على الحبيبات الدقيقة تسمى الرايبوسومات ، التي تعمل كعضيات بدائية. تشمل البكتيريا والبكتيريا الزرقاء هما نوعان من بدائيات النوى.



الشكل 1: خلية البكتيريا بدائية النواة

السايتوبلازم هو مادة تشبه الهلام التي تذوب فيه مجموعة متنوعة من الجزيئات العضوية كما تتألف من هيكل خلوي بدائي. الريبوسومات 70S الصغيرة موجودة لتخليق البروتين. تم العثور على الحمض النووي الجيني في منطقة تسمى nucleoid في السيتوبلازم. تتكون البكتيريا من كروموسوم دائري واحد. يمكن العثور على بعض قطع الحمض النووي في السيتوبلازم مثل البلازميدات الدائرية.

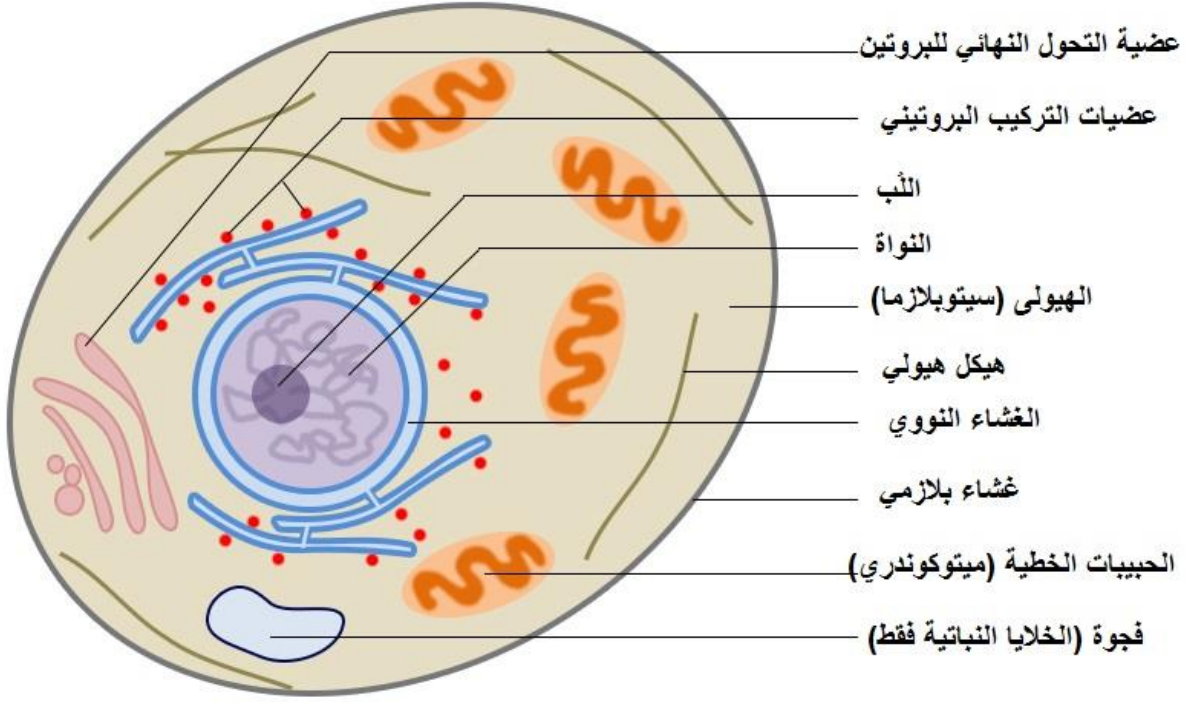
يحدث التكاثر اللاجنسي في بدائيات النوى عن طريق الانشطار الثنائي. طريقة التكاثر الجنسي في بدائيات النوى هي نقل الجينات الأفقي. يحدث نقل الجينات البكتيرية في ثلاث طرق: التحور بواسطة البكتيريا ، الاقتران بواسطة البلازميدات ، والتحول الطبيعي. هياكل تشبه قضيب تسمى pili تسمح للنقل الجيني. بما أن بدائيات النوى تتكون من تنوع كبير ، فإنها تحصل على الطاقة من المركبات غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين بالإضافة إلى التمثيل الضوئي والمركبات العضوية. يمكن أيضاً أن تكون حية في ظروف قاسية مثل أسطح الثلوج في أنتاركتيكا والينابيع الساخنة والفتحات الحرارية المائية تحت البحر. ويعتقد أن حقيقيات النوى تتطور من بدائيات النوى.

ما هي حقيقيات النوى؟

هي كائنات حية تمتلك عضيات مرتبطة بالغشاء بما في ذلك النواة. يمكن أن تكون إما كائنات أحادية الخلية أو متعددة الخلايا. تحتوي الخلايا حقيقية النواة متعددة الخلايا على أنسجة متخصصة مصنوعة من أنواع مختلفة من الخلايا. يمكن التعرف على حقيقيات النوى في أربع ممالك: المملكة بروتستستا ، والمملكة النباتية ، والمملكة الفطرية ، والمملكة الحيوانية.

خلايا حقيقية النواة كبيرة الحجم (10 إلى 100 ميكرون) بالمقارنة مع بدائيات النوى. الأنواع الثلاثة الرئيسية للخلايا بدائية النواة هي الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية والخلايا الفطرية. تمتلك النباتات والفطريات جداراً خلويًا يتكون من السليلوز والهيمسلولوز والبكتين والكتين على التوالي. يتكون هيكل الخلوي الخلوي حقيقي النواة من خيوط دقيقة وأنابيب دقيقة وخيوط بسيطة. إنها تلعب دوراً حيوياً في التنظيم الخلوي والحفاظ على شكل الخلية.

رسم مبسط لخلية حقيقية النواة



تتكون الخلايا حقيقية النواة من مجموعة متنوعة من العضيات المرتبطة بالغشاء. يحيط بالنواة أغشية تسمى الأغشية النووية. تحتوي حقيقيات النوى عادة على أكثر من كروموسوم واحد في النواة. هذه الكروموسومات خطية وغالبًا ما توجد في نسخ متعددة تسمى متجانسة. الأغشية النووية تطوير الشبكة الإندوبلازمية (ER) التي تشارك في نضوج البروتين والنقل. الريبوسومات كبيرة الحجم ، بحجم 80S وهي مرتبطة بـ ER. ER يشار إلى ER الريبوسوم ER كما الخام. توجد حويصلات لتحويل الجزيئات المختلفة داخل الخلية مثل أجسام جولجي والليزومات والبيروكسيسومات. يحيط الميتوكوندريا أيضًا بطبقتين من الفسفوليبيد. أنها سرية السكر في اعبي التنس المحترفين لاستخدامها في الطاقة. تحتوي الخلايا النباتية على البلاستيدات الخضراء لعملية التمثيل الضوئي. تتكاثر حقيقيات النوى إما عن طريق الانقسام الاعتيادي أو عن طريق الانقسام الجنسي عن طريق تكوين الأمشاج.

الفروقات بين جينوم بدائية وحقيقية النواة كما يلي

جينوم بدائية النواة يوجد في السيتوبلازم بينما حقيقية النواة داخل النواة.

يشير الجينوم إلى المجموعة الكاملة من الحمض النووي للكائن الحي. بمعنى آخر ، الجينوم هو المادة الوراثية للكائن الحي الذي يحتوي على المعلومات الجينية الكلية. تحتوي بعض الفيروسات على جينومات من نوع RNA عند النظر في إجمالي المواد الجينية للكائن الحي ، فإنه لا يشمل فقط الجينات الفعالة بل التسلسلات غير المشفرة للحمض النووي.

أن المعلومات الجينية في الجينوم تتضمن النسخ والترجمة من أجل إنتاج البروتينات. هناك فرق بين عمليات التعبير الجينومي بدائية النواة وحقيقية النواة. علاوة على ذلك ، فإن تخزين وتكرار كلا الجينوم يختلف أيضا بين بدائيات النوى وحقيقيات النوى. لكن بناء الحمض النووي تبقى كما هي (Double Helix) في كلا النوعين.

ما هو جينوم بدائية النواة؟

بدائيات النوى هي الكائنات الحية أحادية الخلية البسيطة التي تفتقر إلى عضيات مرتبطة بالغشاء. علاوة على ذلك ، لديهم أجسام صغيرة وجينوم صغير. عادة ، تتكون جينومات بدائية النواة من جزيء DNA واحد أو أكثر. ببساطة تتضمن كروموسوم واحد في السيتوبلازم. بصرف النظر عن هذا الكروموسوم الفردي ، تحتوي بعض البكتيريا على دنا كروموسومي إضافي يسمى البلازميد وهي جزيئات DNA. توفر البلازميدات مزايا إضافية للبكتيريا مثل مقاومة المضادات الحيوية ومقاومة مبيدات الأعشاب وغيرها. فهي جزيئات DNA دائرية صغيرة لها القدرة على التكاثر الذاتي. وبالتالي ، تعمل البلازميدات كنواقل مهمة في نقل الصفات. نظراً لصغر حجمها ، يحتوي جينوم بدائية النواة بشكل أساسي على تسلسلات تشفير (exons) لكنها لا تحتوي على إنترونات ومتواليات متكررة. الكروموسوم الفردي أو المادة الوراثية دائرية الشكل ويلامس غشاء الخلية من بعض النقاط. من الناحية الهيكلية ، يكون جينوم بدائية النواة لا يحتوي على مسافات بين الجينات.

ما هو جينوم حقيقيات النوى؟

حقيقيات النوى هي الكائن الذي يحتوي على نواة وعضيات خلوية مرتبطة بالغشاء. داخل نواة حقيقيات النوى ، يمكننا العثور على جينوم حقيقيات النواة الذي يحتوي على المعلومات الجينية الكاملة للكائن الحي وبشكل كروموسومات وتتكون جزيئات الحمض النووي مع بروتينات الهيستون والDNA. في الجينوم البشري ، يوجد

إجمالي 46 كروموسوم في كل خلية. يحيط الغشاء النووي بكل هذه الكروموسومات. تحتوي الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء على بعض جزيئات الحمض النووي المستقل.

يعتبر جينوم حقيقيات النواة أقل ضغطاً ، ويحتوي على تسلسلات متكررة بالإضافة إلى العديد من التسلسلات غير المشفرة مثل الإنترونات والحمض النووي الفاصل. بالمقارنة مع جينوم بدائية النواة ، فإن جينوم حقيقيات النوى أكبر ويحتوي على مليارات الأزواج الأساسية و يحتوي على العديد من الجينات بنسخ متعددة.

ما هي أوجه التشابه بين جينوم بدائية النواة وحقيقية النواة؟

- يتكون كل من جينوم بدائية النواة وحقيقية النواة من جزيئات الحمض النووي.
- تعمل الجينوم كمخازن للمعلومات الجينية لكلا النوعين من الكائنات الحية.
- أيضا ، يحتوي كلا الجينومين على جينات.
- علاوة على ذلك ، يخضع كلاهما للنسخ والترجمة.
- إلى جانب ذلك ، فإن كلا الجينوم ينسخ ويرث الأجيال القادمة.

ما هو الفرق بين جينوم بدائية النواة وحقيقية النواة؟

الكائنات الحية نوعان إما بدائيات النوى أو حقيقيات النوى. تحتوي بدائيات النوى على تنظيم خلوي بسيط بينما تحتوي حقيقيات النوى على تنظيم خلوي معقد. على غرار ذلك ، فإن جينوم بدائية النواة أصغر وأقل تعقيداً مقارنة بجينوم حقيقيات النواة. من الناحية الهيكلية ، يقيد جينوم بدائية النواة على كروموسوم واحد بينما يحتوي جينوم حقيقيات النوى على كروموسومات متعددة. هذا هو اختلاف واحد بين جينوم بدائية النواة وحقيقية النواة. علاوة على ذلك ، هناك اختلاف آخر بين جينوم بدائية النواة وحقيقية النواة وهو أن جينوم بدائية النواة موجود في السيتوبلازم بينما يوجد جينوم حقيقيات النوى داخل النواة. أيضاً ، عند النظر في حجم الجينوم ، يكون جينوم بدائية النواة أصغر بكثير من جينوم حقيقيات النواة. علاوة على ذلك ، فيما يتعلق بالتركيب ، يحتوي جينوم حقيقيات النوى على العديد من الحمض النووي المتكرر ، والإنترونات ، والحمض النووي الفاصل الغائب في جينوم بدائية النواة.

الوراثة المنديلية Mendelian genetics

يمكن التعبير عن علم الوراثة بانه العلم الذي يتعامل مع العوامل الوراثية (الجينات) التي توجد على الكروموسومات في نواة الخلية النباتية وهي تمثل المادة الوراثية في الخلية وتتكون من DNA وهي المسؤولة عن نقل الصفات الوراثية من الاباء الى الابناء او ما نطلق عليه بالذرية.

يعد الراهب كريكور مندل Gregor Mendel المؤسس الاول لعلم الوراثة . ولد عام 1822 في اقليم زراعي بتشيكوسلوفاكيا ودخل الكنيسة (الدير) صبيا فقيرا، اهتم منذ صباه بدراسة علم الحياة وعلم الرياضيات، التحق عام 1851 في جامعة فيينا لدراسة التاريخ الطبيعي، ثم عاد 1854 ليعمل مدرسا للعلوم الطبيعية في مدينة بورن. Burn. بدأ في سنة 1856 بتنفيذ تجارب على نبات البزاليا *pisum sativum* أوبسلة الحدائق Garden-pea. فجمع اصناف من البزاليا التجارية وذلك لدراسة الاختلافات فيها، وبعد سبع سنوات من التجارب قدم نتائجه والتغيرات التي توصل اليها (قانونيه الشهيرين في كيفية توارث الصفات) في اجتماع لجمعية التاريخ الطبيعي في Burnn سنة 1869، ونشرت تلك النتائج في مجلة الجمعية 1866.

الا ان احدا لم يهتم بنتائجه المهمة لانشغال العلماء حين ذاك براء دارون في التطور والنشوء. وبقيت طي النسيان اكثر من 34 عام الى ان اعيد اكتشافها عام 1900 من قبل ثلاثة علماء كلا على انفراد وهم كارل كورنز Karl Correns (المانيا) و دي فرايز De Vries (هولندا) و فون تشيرماك Von Tschermak (النمسا)، ووجد كل منهم تقرير مندل اثناء مراجعته للمصادر المتعلقة بعمله وأشاروا الى التقرير في بحوثهم التي نشرها عام 1900.

تجارب مندل

اطلع مندل على تجارب تهجين النباتات التي قام بها الباحثون الذين سبقوه في تربية النباتات واستفاد من نتائجهم حيث لجأ منذ البداية على تثبيت الصفة الوراثية المدروسة، وذلك بالتأكد على نقاوة الصفة من خلال السماح للنباتات بان تلقح نفسها بنفسها لعدة اجيال (جميع الأفراد متشابهة للابوين) وبذلك يمكن الحصول على سلالة نقية.

درس العالم مندل نباتات البازاليا *Pisum sativa* Pea وقد اختار سبع صفات هي :-

- 1- ملمس البذور (البذور الملساء والبذور المجعدة).
- 2 – لون الفلقتين (الاصفر و الاخضر).
- 3 – لون البذور (رصاصي او ابيض).
- 4 – لون القرنة (خضراء او صفراء).
- 5 – نوع القرنة (ممتلئة او فارغة).
- 6 – طول النبات (طويل هو قصير).
- 7 – موقع الازهار (متدللية على طول الساق او متجمعة في نهاية الساق).

السؤال هو لماذا اختار مندل نبات البازاليا ؟

الجواب هو:-

1- بسبب وجود اختلافات وراثية واضحة بين نباتات البازاليا . Clear Genetic Diversity .

2- النباتات ذات تلقيح ذاتي. Self- Pollinated Crops

3 – سهولة النمو و التطور و لقصر دورة حياتها. Short Life Cycle

4 – سهولة التميز و السيطرة على الصفة المراد دراستها. Easy to Control Traits

قانون مندل الاول

سبق ان ذكرنا ان مندل قد اختار سبعة ازواج من الصفات لنبات البازليا كما استعمل اعدادا كبيرة من العينات التجريبية، وحصل على اعداد كبيرة من افراد النسل خلافا لما سبقوه الذين استعملوا اعدادا قليلة من العينات، ركز في كل تجربة على صفة واحدة فقط، كما استعمل معلوماته الرياضية لتفسير نتائجه.

فقد قام مثلا بزراعة بذور البازلاء، لها الصفة النقية لطول الساق وبذور اخرى لها الصفة النقية لقصر الساق. عند تكوين الازهار قام بنشر لقاح من متك نبات طويل الساق على ميسم نبات قصير الساق. كما قام بعكس العملية أي نثر حبوب اللقاح من متك نبات قصير الى ميسم نبات طويل الساق.

وقد ضمن نجاح العملية بقطع اسدية النباتات المنقول اليها حبوب اللقاح، اي انه اجرى التلقيحات اليدوية بين النباتات وجمع البذور الناتجة من كل نبات ثم زرعها مرة ثانية فوجد ان جميع النباتات الناتجة من التضريب او التهجين كانت طويلة الساق وتشبه احد الابوين فقط، ولا تبدي أي اثر لصفة الاب الاخر (أي لا توجد نباتات قصيرة، وهذه هي صفة الجيل الاول (F1))، كما ظهر لمندل ان هذه النتائج لاتعتمد على طبيعة الجنس ذكر ام انثى.

ترك مندل هذه النباتات لكي تتلقح ذاتيا، وضمن ذلك بان غطي الازهار قبل نضجها باكياس من النايلون حتى لاتصل حبوب لقاح من نباتات اخرى وبعد نضوج ثمارها جمع البذور وزرعها مرة اخرى فوجد ان النباتات الناتجة بعضها قصير وبعضها الاخر طويل وكانت النسبة تقرب من 3:1 (1:2.84) وهذه صفة الجيل الثاني (F2)

كرر مندل الخطوات السابقة وعلى صفات اخرى لنبات البازلاء وهي ماحصل لجميع التزاوجات التي اختارها. وكانت النتائج ظهور صفة واحدة متماثلة لصفة احد الابوين فقط واختفاء الصفة الثانية في الجيل الاول (F1) وحصل على نتائج متماثلة اطلق مندل على الصفة التي تظهر في جميع افراد الجيل الاول بالصفة السائدة (المتغلبة) **Dominant trait** اما الصفة الاخرى التي لم تظهر في الجيل الاول وظهرت بنسبة 25% تقريبا من افراد الجيل الثاني هذه صفة بقيت كامنة في افراد الجيل الاول اطلق عليها اسم الصفة المنتجة **Recessive trait**، ومن حسن حظ مندل انه لم يلاحظ وجود أشكال وسطية بين الصفتين التي عمل بها تضريب في افراد الجيل الاول. في حين عند تهجين الجيل الاول مع بعضها للحصول على افراد الجيل الثاني ظهر لمندل ان بعض الافراد تحمل صفة احد الابوين المختفية.

اجرى مندل عدا للأفراد التي حصل عليها في الجيل الثاني (F2) وكرر التجربة لبقية الصفات المدروسة السبعة فوجد انها تقترب من النسبة 1:3 (3 سائدة: 1 متنحية).

لقد اقترح مندل لتفسير نتائجه ان صفة طول الساق ناتجة عن مسبب سائد موجود في الوحدات التناسلية (الكميات) اسماء العنصر السائد Dominant element او العامل السائد Dominant Factor رمز له بالحرف (T) الكبير. اما صفة النبات ذي السيقان القصيرة ناتجة عن عامل متنحي اسماء العنصر المتنحي Recessive element او العامل المتنحي Recessive Factor ورمز له حرف (t) الصغير والتي تشير الى مبدأ وحدة الصفات Principle of unit characters فيما بعد استعويض عن كلمة element او العامل factor بكلمة الجين Gene وهي كلمة اغريقية تعني عرف او عنصر ومنها جاءت تسمية العلم الذي يهتم بدراسة كيفية انتقال الصفات الوراثية. Genetics.

افترض مندل وجود زوج من العناصر (الجينات-المورثات) لكل صفة وراثية وذلك لان نبات الجيل الاول تحمل في ذاتها عاملا الصفة السائدة (طويل الساق) الى جانب قصر الساق، مما يدل على وجود زوج من الاليلات (الجينات) السائدة والمتنحية في هذا النبات (نباتات الجيل الاول). اذ لا يمكن ان تظهر الصفة السائدة ان لم تحو اليل السيادة، ولا يمكن ان ينتج عن تزاوجها نباتات ذات الصفة متنحية ان لم تحو الاليل المتنحي. ان كل كميت يمثل جينا (اليل) واحد منها فقط. كعامل الطول وعامل القصر مثلا، اما البيضة المخصبة Zygote المتكونة من اتحاد الكميت الذكري والانثوي والتي تكون الجنين ثم الفرد فانها تحتوي زوجا (اثنين) فقط.

فاذا كان النمط التركيبي الجيني Genotype هو (TT) فان كل كميت يحمل اليل واحد فقط (T)، اما اذا كان التركيب الوراثي الجيني (tt) فان كل كميت يحمل اليل واحد ايضا (t). واذا كان النمط الجيني بتركيب هجين (Tt) فان نصف الكميات تحمل تركيب وراثي (T) والنصف الاخر بصيغة (t).

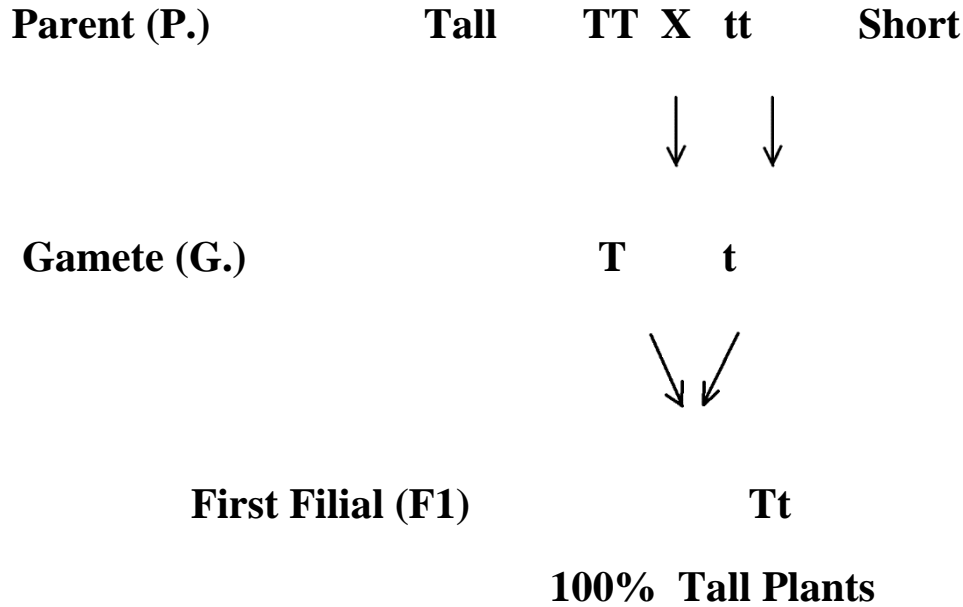
نستنتج مما تقدم ان الأفراد التي تعود الى سلالة اصيلة التركيب الوراثي نقية تحمل نوعا واحدا من الكميات وهي تنشأ عن اجتماع كميات متماثلة لاليلات الصفة Alleles اثناء تكوين البيضة المخصبة Zygote ولذلك تدعى متماثلة الاليلات Homozygous ، اما الأفراد الهجينة التي تنتج نوعين مختلفين من الكميات، وتنشأ في الاصل من اجتماع الكميات المختلفة الاليلات المتقابلة فتدعى مختلفة الاليلات او الكميات Hetrozygous وينعزل الاليلين عن بعضهما كما في المثال السابق T,t عند تكوين الكميات وهذا هو

قانون مندل الاول

الذي يدعى بقانون الانعزال **Law of segregation** او
انعزال الجينات (الاليات) والذي ينص : فردا أي زوج من
الجينات تنعزل عن بعضها عند تكوين الكميات الذكرية
والانثوية.

ويمكن صياغة قانون مندل الاول بالشكل الاتي:-

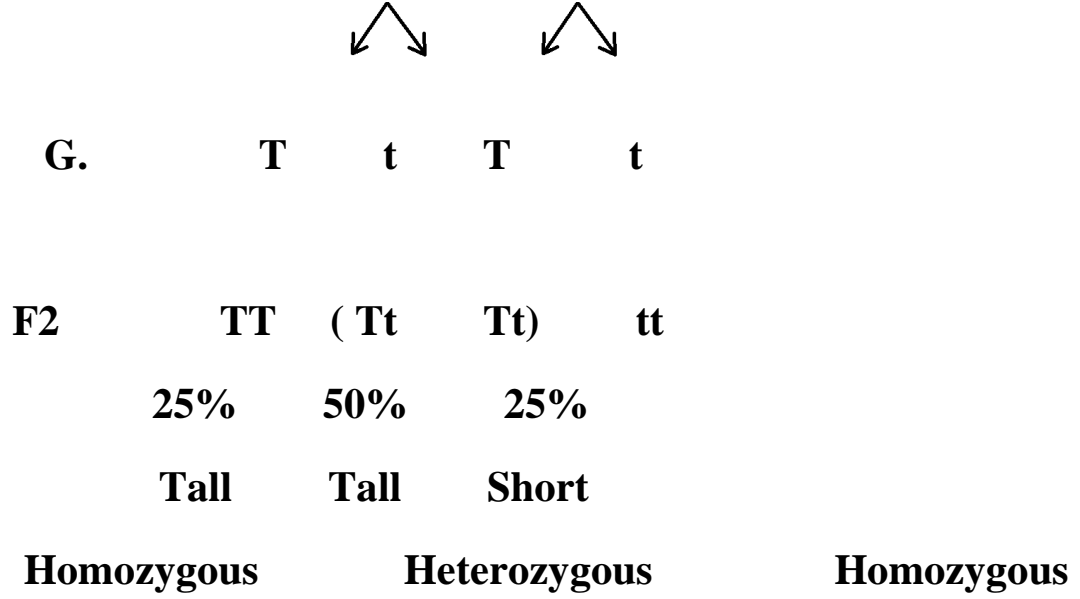
إذا تزوج فردان يختلفان فيما بينهما لزوج من الصفات، فان افراد الجيل الاول (الهيين)
تظهر عليهما الصفة السائدة فقط. وفي الجيل الثاني تنعزل الصفات السائدة عن المتنحية
بنسبة 3 سائد:1متنحي. وكما مبين فيما يلي:



وعندما زرع نباتات الجيل الاول F1 وتركها تتلقح ذاتيا **Self-Pollination**

وبصورة طبيعية **Naturally** وكما يلي:

P.	Tt	X	Tt
-----------	-----------	----------	-----------



وبذلك تكون نسبة النباتات الطويلة الى النباتات القصيرة هي 3:1 . ان الارقام الحقيقية
Real Numbers التي حصل عليها مندل فعلا هي: **Tall Plants= 798 , Short Plants=266**
 وبذلك فان النسبة تكون:-
798 : 266 وهي 3 Tall : 1 Short

ان اليلات الجين قد تكون متماثلة او غير متماثلة وكما يلي:

Homozygous الجين في النبات له اليلات **Allele** متماثلة للصفة تحت الدراسة مثل
TT,tt

Heterozygous الجين في النبات له اليلات **Allele** غير متماثلة للصفة تحت الدراسة
 مثل **Tt**

ان هناك مصطلحان مهمان يجب التأكيد عليهما وكما يلي:-

F1=First Filial ونعني الجيل الاول. **F2=Second Filial** وهي الجيل الثاني. و هكذا
 الى **F3, F4** وغيرها من الاجيال الاخرى.

يمكن الاستنتاج من المثال السابق بان الانقسام الاختزالي **Meiosis Division** الذي يحدث
 في الخلايا الجسمية **Somatic Cells** يؤدي الى انتاج خلايا جنسية **Sexual Cells** وهي

احادية المجموعة الكروموسومية وتسمى Haploid or Mono- ploid وهذه الخلايا الجنسية تمثل الكميات Gametes.

ان الخلايا الجسمية Somatic Cells تحتوي على العدد الكامل من الكروموسومات $2n$ اي انها ثنائية التضاعف Diploid بينما الخلايا الجنسية Sexual Cells احادية Haploid، اي تحوي نصف العدد الأصلي من الكروموسومات (n). لتوضيح الامر اكثر نأخذ الانسان Human كمثال حيث ان العدد الكلي للكروموسومات هو 46 ويعني ذلك 23 زوج من الكروموسومات في الخلايا الجسمية Somatic Cells عند الانسان ولكن عند حصول الانقسام الاختزالي Meiosis تتكون الخلايا الجنسية Sexual Cells والتي تحتوي على نصف العدد الاصلي Original Number من الكروموسومات وهو 23 كروموسوم فقط.

الخلية الجنسية الذكرية في الانسان Sperm تحتوي على 23 كروموسوم.

الخلية الجنسية الانثوية في الانسان Oval تحتوي على 23 كروموسوم.

وبذلك فان اتحاد Sperm مع Oval عند العملية الجنسية Make-Love Process بين الذكر Male و الانثى Female تؤدي الى تكوين الجنين والذي تحتوي خليته الاولى Zygote على 46 كروموسوم ، 23 كروموسوم جاءت من الام و 23 كروموسوم جاء من الاب . تنقسم خلية Zygote انقساماً اعتيادياً Mitosis Division و بذلك يحدث النمو Growth . ان الخلية الذكرية في النبات تسمى حبة اللقاح Pollen والخلية الانثوية في النبات تسمى البويضة Oval.

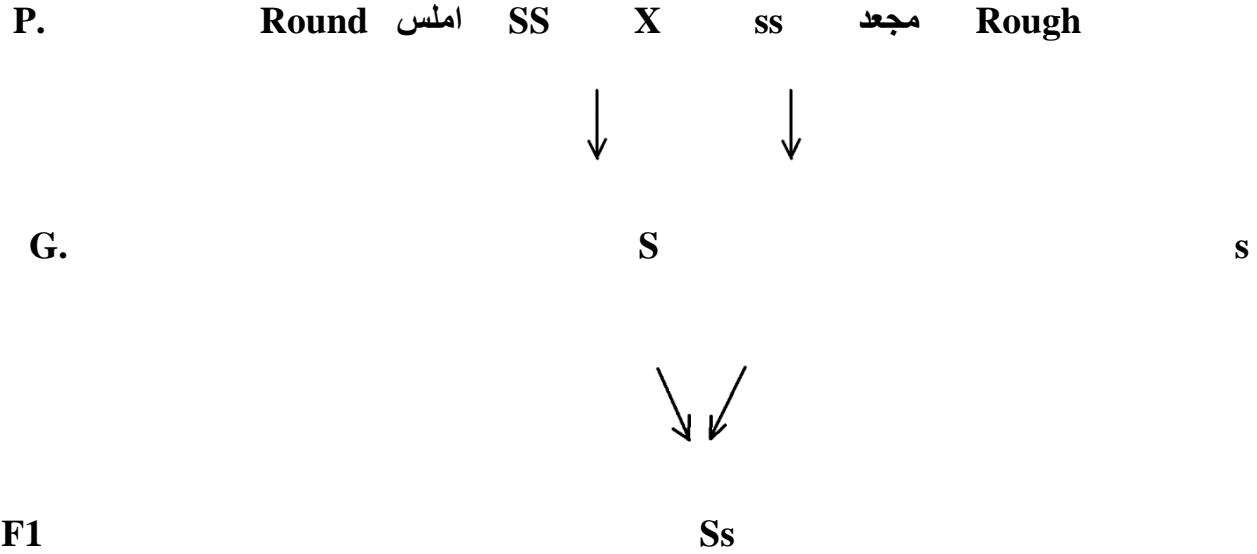
لقد تم صياغة معادلة جبرية لتعبر عن نتائج F2 اي الجيل الثاني في ما سبق من الامثلة وكما يلي:

$A^2+2Aa+a^2$ حيث ان : A^2 =نباتات طويلة اصلية اي نقية متغلبة. وان $2Aa$ =نباتات طويلة خليطة.

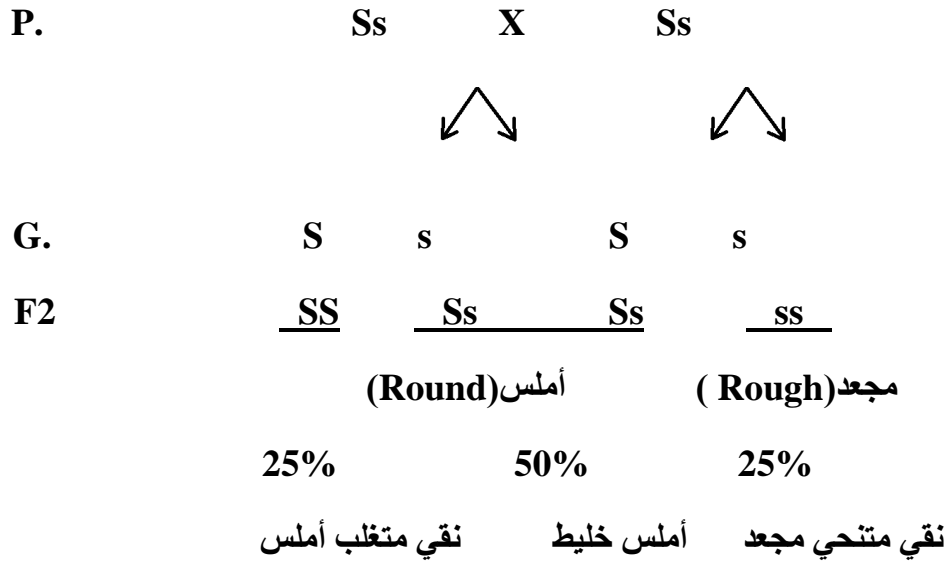
واخيرا a^2 = نباتات قصيرة اصلية اي نقية متنحية.

يمكن ان نضع مثال اخر لتوضيح الامر وهو عن تجربة اجراها مندل حول صفة ملمس بذور نباتات البازليا

(املس Round و مجعد Rough) ووجد ما يلي:-



وعندما عمل تلقيح ذاتي Self-Pollination للنبات Ss وكما يلي:-



Round Dominant Pure Mixed Round Rough Recessive Pure

وبذلك حصل على نفس النسب السابقة وكما في المثال الاول.

يتضح من المثالين السابقين حول البزاليا من تجارب مندل بان قانون انعزال العوامل الوراثية Genes الى اليالاتها من خلال الانقسام الاختزالي والمسمى Law of Segregation of Alleles . أن الجينات تنعزل اليالاتها وتكون كميات Gametes ويمكن ان يعرف هذا القانون بانه (عاملا اي زوج من الصفات

المتضادة-جين خليط الأليلات- او من الصفات الأليلية -جين متماثل الأليلات- ينغزلان عن بعضهما عند تكوين الكميات دون اي تغير). لتوضيح الامر نتابع هذه الجينات ومن ثم أليلاتها وكما يلي:-

aa , Aa , AA
a , a A , a A , A

يمكن ان نضع القاعدة التالية:- ان الكائنات الجنسية تحمل أزواجا من العوامل الوراثية aa , Aa , AA ينغزل فردا كل زوج منها عند تكوين الكميات خلال الانقسام الاختزالي Meiosis وتتحد هذه الكميات عند تكوين الذرية Offspring بعد التضرير (النسل الجديد).

Dominant Genes and Recessive Genes

الجينات المتغلبة والجينات المتنحية:-

من خلال الامثلة السابقة حول طول نباتات البزاليا و ملمس بذورها نرى بان هناك نباتات طويلة هجينة في الجيل الاول Tt وبذور ملساء هجينة في الجيل الاول Ss. اما في الجيل الثاني F2 فان هناك 25% نباتات طويلة نقية TT و 50% نباتات طويلة هجينة Tt و 25% نباتات قصيرة نقية tt. ان نسبة النباتات القصيرة الى الطويلة هي 1-3 وان الجينات السائدة Dominant Genes وهي تظهر صفتها في حالة جين نقي متغلب TT او مختلط متغلب Tt. اما الجينات المتنحية Recessive Genes فهي تظهر صفتها فقط في حالة الجين المتنحي النقي tt كما في المثال السابق عن البزاليا.

ان ما جاء به مندل يختلف عن النظرة السابقة حول طبيعة المادة الوراثية Nature of Genetic Materials في الحيوانات و المطروحة من قبل العالم الاغريقي Hippocrates وذلك في 400 B. C.

والتي ايدها لاحقا العالم البيولوجي دارون Darwin وهو صاحب نظرية النشوء التطور والارتقاء Scientific Proves اثبتت بطلان نظريته واثبات الحقيقة المطلقة من ان الله His Mightily GOD جل جلاله خالق الكون The Creator of Our Universe وما فيه وان الكون محدث (مخلوق من قبل الخالق) Created by the Creator GOD وليس أزلي Permanent كما زعم دارون وزملائه الماديين Materialist . ان نظرية Hippocrates تزعم بان كل من الانثى و الذكر Male and Female يفرزان مواد من خلاصة اجسامهم خلال عملية الجماع Mating وعند اتحاد هذه المواد يتكون فرد جديد New Individual . أن مندل نقض هذه النظرية Rejected This Theory واثبت من خلال تجاربه على نباتات البزاليا بان المادة الوراثية Genetic Material ليست خلاصة جسمية متجانسة وانما على العكس من ذلك فهي عدد من الوحدات الوراثية الثابتة و المستقلة Genes

(الجينات). ان الجيل الاول F1 في المثال السابق هو نباتات طويلة Tt ولو كان الامر هو اتحاد خلاصات جسمية متجانسة كما ذكر Hippocrates فكانت نتيجة التضييب هو نباتات متوسطة الطول وهذا لم يحدث. كما ان صفة قصر النبات لم يتم فقدانها وانما تم نقلها الى الجيل الثاني F2 كوحدة وراثية ثابتة Fixed Genetic Factors حيث تم الحصول على نباتات قصيرة الطول tt Short Plants وبنسبة 25%.

تعريف مهمة:-

- 1- Phenotype :- الشكل الخارجي للنبات الفرد. اي المظهر الخارجي.
- 2- Genotype :- التركيب العاملي للنبات الفرد. اي التركيب الوراثي.
- 3- Phenotype Ratio :- وهي النسبة المظهرية والمعتمدة على الشكل الظاهري.
- 4- Genotype Ratio :- وهي النسبة العاملية و المعتمدة على التركيب الوراثي.

Genotype-Phenotype Interaction التداخل بين المظهر الخارجي و التركيب الوراثي

ان المصطلح Phenotype هو المظهر الخارجي للنبات الفرد Individual Plant وذلك بالنسبة للصفة تحت الدراسة و Genotype هو التركيب الوراثي او العاملي للنبات الفرد ونعني به Genetic Structure للصفة تحت الدراسة.
أ ن الصفات للنباتات هي نوعيين وهما :-

1- الصفات النوعية Qualitative Traits ونعني بها الصفات التي يكون تأثيرها بالظروف البيئية قليل او معدوم Low or Never Affected by Environment . توارث الصفات النوعية من الاءاء Parents الى الذرية Offspring مسؤول عنها عدد قليل من الجينات (2-3) وتكون هذه الجينات من الرئيسية التأثير Major Genes ومثال على ذلك انتقال لون الزهرة الاحمر من جيل لأخر في نباتات الزينة. الصفات النوعية هي صفات منقطعة Discrete وعملية التوريث لها تسمى Inheritance وهي في الغالب 100% .

2- الصفات الكمية Quantitative Traits الصفات الكمية تتأثر بالظروف البيئية بدرجة كبيرة Affected Too Much By Environment . انتقال الصفة من الاءاء الى الذرية تكون مسؤول عنة مجموعة كبيرة العدد من الجينات Large Number of Genes وهذه الجينات ذات تأثير ثانوي Minor

Genes . كمية الانتاج للحنطة او الشعير او اشجار الفاكهة او نبات الطماطم من الحبوب و الثمار كلا حسب نوعه امثله عن الصفات الكمية. ان الصفات الكمية هي صفات مستمرة **Continues** وعملية التوريث لها تسمى **Heritability** وهي دائما اقل من 100%.

ان المظهر الخارجي للصفات النوعية **Qualitative Traits** قد تم ذكرها في المثال السابق حول طول النبات في البزاليا حيث من خلال التضريب بين **TT X tt** حصلنا على **F1** وهو **Tt 100%** اي نبات طويل في الشكل الخارجي. اما في **F2** فحصلنا على **tt 25%** , **Tt 50%** , **TT 25%** فالنسب للشكل الخارجي هنا هي **Tall-Short 3-1** الا ان التركيب الوراثي للنباتات الطويلة **Tall Plants** يختلف حيث ان **TT** هو **25%** اي متغلب نقي **Pure Dominant** و **Tt 50%** اي متغلب هجين **Mixed Dominant** و **tt 25%** وهو متحي نقي **Pure Recessive**.

ان العوامل الوراثية ممكن ان تتأثر بالظروف البيئية **Environmental Conditions** وكما ذكرنا بان الصفات النوعية **Qualitative Traits** يكون تأثيرها قليل جدا او معدوم على العكس من الصفات الكمية **Quantitative Traits** التي يكون تأثيرها بالبيئة كبير. بصورة عامة ان التداخل بين التركيب الوراثي **Genotype** والبيئة **Environment** يعطينا المظهر الخارجي للنبات **Phenotype** للفرد النبات **Plant Individual** وكما يلي:-

$$\text{Genotype} \times \text{Environment} = \text{Phenotype}$$

ان نسبة التوريث في الصفات الكمية **Quantitative Traits** تسمى **HERITABILITY** بينما نسبة التوريث للصفات النوعية **Qualitative Traits** تسمى **INHERITANCE** .
مثال لتوضيح تأثير البيئة على النباتات:-

تتأثر النباتات بالبيئة الخارجية مثل درجة الحرارة **Temperature** و الضوء **Light** و الرطوبة النسبية **Relative Humidity** و الماء **Water Stress or Availability** و ظروف التربة **Soil Conditions** وتوفر العناصر الغذائية **Nutrient Elements Availability** و حامضية التربة **Soil pH** و الملوحة **Salinity** و التهوية **Aeration** وغيرها من الظروف.

فمثلا لو اخذنا اربعة عقل من نبات واحد **One Plant** والعقلة هو قلم يحتوي على عدة عقد و سلاميات **Node and Internodes** وقد تم تجذيرها للحصول على اربعة نباتات مستقلة جديدة **Four New Plants** و تكون متماثلة وراثيا **Genetically Identical Plants** (اكثر لا جنسي او خضري **Asexual or Vegetative Reproduction**). تم زراعة هذه النباتات المتماثلة وراثيا في بيئتين مختلفتين **Two Different Environments** فمثلا البيئة الاولى هي قمة الجبل **Top** والثانية هي اسفل الوادي **Valley** وقد تم زراعة نباتين في كلا الموقعين . نجد ان النباتات التي زرعت في بيئة واحدة **One Environment** نمت بصورة متماثلة تقريبا (جيدة او غير جيدة) . بينما عندما نقارن النباتات التي زرعت في بيئتين مختلفتين **Different Environments** نجد حدوث اختلافات بينها بالرغم من انها متماثلة وراثيا و الاختلافات قد تكون من حيث ارتفاع النبات، حجم الاوراق و عددها ، حجم الازهار و

عددها و غيرها من الاختلافات في المظهر الخارجي. أذن هنا نذكر القاعدة الذهبية Golden Rule التي تخضع لها مملكة الحياة LIVING KINGDOM و التي تقول بان الكائن الحي هو نتاج عاملين متداخلين و هما التركيب الوراثي Genetic Structure و العوامل البيئية Environmental Factors .

Living Kingdom = Genetic Structure + Environment

ان البعض يقول بان الصفات هي صفات وراثية Genetic Traits و اخرى بيئية Environmental Traits الا ان هذا التعبير تماما خطأ Absolutely Wrong وليس له اي قاعدة علمية قطعا No Scientific Bases. ان الحقيقة The Fact هي ان المظهر الخارجي Phenotype هو نتاج العوامل الوراثية Genetic Factors و المتأثرة بالظروف البيئية Environmental Conditions (ظروف المناخ و ظروف التربة).

الاختلافات النباتية Plants Variations

توجد اختلافات بين نباتات الصنف الواحد One Variety or Cultivar او بين نباتات الاصناف المختلفة Different Varieties or Cultivars . ان تكوين النبات الواحد من حيث صفاته ووظائف اعضائه خاضع لأكثر من عشرات الالاف من الجينات Genes الموجودة على الكروموسومات Chromosomes في نواة الخلية Cell Nuclease وهي التي تضمن توارث الصفات التي يحملها النبات من الاباء الى الذرية Parents to Offspring . كقاعدة عامة فان بذرة الحنطة Wheat Seed لا تعطي الا نبات حنطة Wheat Plant ولا يمكن ان تعطي نبات شعير Barely Plant وبذور شعير Barely Seeds تحت اي ظروف لا يمكن ان تعطي الا نبات شعير Barely Plant وكذلك الحال بالنسبة الى انواع النباتات الاخرى. ان الجينات Genes لا ترى حتى بالمجهر Microscope ولكن يمكن ادراك وجودها من خلال اليالاتها المتبادلة Alternative Alleles المختلفة عن بعضها البعض والتي تضمن وجود التغيرات Variation.

مصادر الاختلافات في النباتات Sources of Variations in Plants

يمكن ان نختصر مصادر الاختلافات في ثلاثة نقاط وهي:-

1 – الاختلافات البيئية Environmental Variations

ان زراعة بذور صنف نبات واحد متميز في بيئتين مختلفتين (بيئة الجو او التربة) سوف يؤدي الى اختلافات في نمو و صفات النباتات المزروعة في هاتين البيئتين المختلفتين في الغالب. المثال السابق حول زراعة عقلتين متماثلتين Identical Plants في بيئتين

مختلفتين **Different Environments** يوضح الامر بجلاء. مثال اخر حول نقص الكالسيوم و البوتاسيوم **Deficiency of Ca and K** وتوفر الزنك بكمية كبيرة **High Zn Availability** في التربة يؤدي الى ضعف النبات او التسمم والعكس صحيح. هذا يوضح تأثير بيئة التربة على النبات والمثال الاخر الذي ذكرناه سابقا اوضح تأثير البيئة الخارجية وظروف المناخ على النبات.

2-الاختلافات الوراثية Genetic Variations

ان الاختلافات الوراثية هي ثابتة ولا تتغير **Never Changed** تحت الظروف البيئية المختلفة ، فالصفات النوعية **Qualitative Traits** مثل لون الزهرة الاحمر او وجود او عدم وجود سفا في سنابل الحنطة **Spikes of Wheat** تكون ثابتة ولا تتأثر بالظروف البيئية المختلفة ، ولهذا فالصفات النوعية تتوارث بصورة كاملة من الاباء الى الابناء و تسمى **Inheritance** اما الصفات الوراثية الكمية **quantitative traits** فهي تتأثر بالظروف البيئية المختلفة و تسمى درجة التوريث **Heritability** فمثلا عندما تكون الظروف البيئية غير مناسبة فان محصول الحنطة قد يقل الى النصف وهو صفة كمية بينما سفا السنابل تبقى ثابتة بدون تغير وهو صفة نوعية. عند الزراعة تحت ظروف بيئية ملائمة فان الانتاج وهو صفة كمية كما تعلمون سوف يعود الى المعدل الطبيعي للصفة تحت الدراسة.

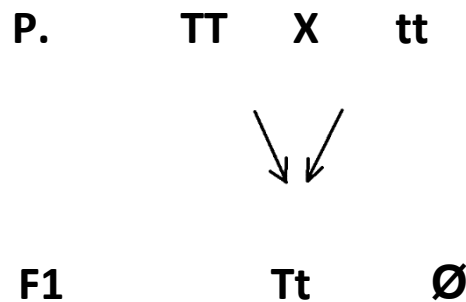
3 – التداخل بين الوراثة و البيئة Genetic X Environment Interaction

عند زراعة نباتات خضراء اللون في الظل **Shadow** اي تحت ظروف عدم توفير الضوء **Light** بصورة جيدة فان اوراق هذه النباتات تفقد القدرة على انتاج مادة الكلوروفيل **Chlorophyll** اي المادة الخضراء ويتحول لونها الى اصفر شاحب **Pale Color** . ان الجينات المسؤولة عن انتاج الكلوروفيل تتوقف عن اداء وظيفتها **Function** نتيجة لعدم توفر الضوء. عند تغير موقع النباتات من الظل **Shadow** الى الضوء **Light** فسوف تستعيد الاوراق لونها الاخضر **Green Color** من خلال عودة الجينات المسؤولة عن انتاج الكلوروفيل لنشاطها وحيويتها واداء وظيفتها من جديد.

التضريب الاختباري:

اختبار الشكل المظهري لصفة واحدة Phenotype Test
(Test Cross)

يمكن معرفة التركيب الوراثي Genotype Structure لطبيعة صفة النبات من خلال المعلومات عن الآباء ومن هي الجينات السائدة النقية Pure Dominant او السائدة الخليطة Mixed Dominant واخير المتحية النقية Pure Recessive وبذلك يمكن معرفة طبيعة الذرية Offspring . اما من ناحية المظهر الخارجي Phenotype للنبات يمكن معرفة النباتات التي تمتلك الجينات المتحية النقية Pure Recessive Genes كما هو الحال في النباتات القصيرة Short Plants و البذور المجعدة Rough Seeds، و غيرها من الصفات المتحية. ان النباتات التي تظهر الصفات السائدة Dominant Traits فان جيناتها قد تكون سائدة نقية Pure Dominant او سائدة مختلطة Mixed Dominant . اي ان التراكيب الوراثية Genotype قد تكون متماثلة Homogenous او غير متماثلة Heterogeneous وقد اجري مندل تضريب اختباري Test Cross للتمييز بين الصفات المتماثلة والغير متماثلة وراثيا للصفة السائدة و ذلك بتضريب نباتات الجيل الاول F1 التي تسيطر عليها الجينات السائدة مع نبات متحي متماثل Recessive Homogenous. المثال التالي يوضح الحالات:-



F2 TT Tt Tt tt

الآن نجري التضريريات التالية والتي هي تضريب كل فرد من F2 مع النبات
المتنحي لنفس الصفة :-

P. TT X tt -1



وهذا يعني النبات الطويل

Tt 100% Tall

هو سائد نقي (TT) Homozygote Dominant

P. Tt x tt -2



G. T t t t

Tt Tt tt tt

وهذا يعني ان النبات الطويل Tall Plant هو طويل خليط Heterozygote
Dominant وليس نقي. ان النسب التي تم الحصول عليها هي:-

50% Tall Heterozygote and 50% Short Homozygote

النسب المندليه المحورة لقانون مندل الاول والتداخل الجيني

Modified Ratios of First Mendel Law and Gene Interaction

احيانا لا نحصل على النسبة المندلية المظهرية 3:1 والتي هي النسبة المندلية لقانون مندل الاول ويعود سبب ذلك الى احد الاسباب الثلاثة التالية :

1-السيادة غير التامة: Incomplet Dominance:

تتحور النسبة المندلية 3:1 الى النسبة 1:2:1 بسبب السيادة غير التامة للاليلات وكما موضح في المثال التالي لنباتات حلق السبع:

فغد تضريب نبات احمر التويج x نبات ابيض التويج

↓
نباتات وردية التويج

وعند التضريب الذاتي لافراد الجيل الاول حصلنا على النسبة
1أحمر:2وردي:1ابيض

2-السيادة المشتركة Codominance

وفيها يشارك كلا الاليلين في المظهر الخارجي للفرد والمثال التالي يوضح ذلك:

لون الرون (اي وجود شعيرات حمراء وكذلك بيضاء في الفرد الهجين) وفيها تتحور النسبة 3:1 الى 1أحمر:2 روني:1 ابيض

وكذلك الحال لوراثة مجاميع الدم MN الذي يعطي نوعين من الاجسام المضادة

3-الجينات المميّنة Leathal Genes

تميت حاملها وتتحوّر النسبة 3:1 الى 3:0 او 1:0

ومن المثال على ذلك التضريب بين نباتين ذرة صفراء فان الهجين يكون اخضر وعند تضريبه ذاتيا فان جزءا من النباتات للجيل الثاني تموت لانها بيضاء ولا تحتوي صبغة الكلوروفيل الخضراء وتتحوّر النسبة المندلية.

قانون مندل الثاني

Mendel Second Law

Mendel Law of Independent Assortment of Genes

ان قانون مندل في التوزيع الحر للجينات Independent Assortment ينص على (تتوزع الجينات المختلفة بصورة مستقلة عن بعضها البعض في الهجين الوراثي). اذا ما تم تضريب Crossing نباتين من البزاليا ويكونان مختلفين بصفتين ولذا يدعى هذا النظام من التهجين بالتهجين الثنائي الصفة Dihybrid System . ان التوزيع الحر للجينات يحدث في الجيل الثاني F2 ويمكن توضيح ذلك من خلال تضريب نباتين ذوات صفات مختلفة ونتيجة التضريب هي نباتات الجيل الاول F1 التي تكون ذات صفة واحدة فقط ويكون مظهرها الخارجي Phenotype معتمدا على الصفات ان كانت متغلبة Dominant Traits او متنحية Recessive Traits . اما في الجيل الثاني F2 فتتوزع كل صفة عن الاخرى متمثلة بجيناتها ولهذا يسمى هذا بالقانون الحر او المستقل لتوزيع الجينات.

Example 1

تم تضرير نبات طويل (Tall) TT وله ازهار حمراء اللون (Red) RR وبهذا يكون (Tall-Red) ورمز النبات TTRR مع نبات اخر قصير الساق (Short) tt وازهاره بيضاء اللون (White) rr وبذا يكون تركيبة الوراثة Short-White ttrr . صفتي النبات الطويل ولون الازهار الاحمر متغلبة Dominant ، بينما صفتي قصر النبات ولون الازهار البيضاء متحية Recessive والتضريب كما يلي:-

P. TTRR Tall-Red X ttrr Short- White



G. TR

tr



F1

TtRr

Tall-Red

تم بعد ذلك تضريب Crossing افراد الجيل الاول مع بعضها Self-Pollination وكما يلي:-

P. TtRr X TtRr

G. TR,Tr , tR, tr TR,Tr,tR,tr

ونعمل الجدول الاتي للحصول على نباتات الجيل الثاني F2 .

	TR	Tr	tR	Tr
TR	TTRR	TTRr	TtRR	TtRr
Tr	TTRr	TTrr	TtRr	Ttrr
tR	TtRR	TtRr	ttRR	ttRr

tr	TtRr	TtRr	ttRr	TtRr
----	------	------	------	------

Phenotype:- 9 : 3 : 3 : 1

Red-tall : white-tall : Short-Red : Short-White

Genotype:-

Homozygous	1	9	Red-Tall
Heterozygous	8		
Homozygous	1	3	white-Tall
Heterozygous	2		
Homozygous	1	3	Short-Red
Heterozygous	2		
Homozygous	1	1	Short-White

Example 2

تم اجراء التضريب Crossing بين نباتات بزاليا ذات بذور مدورة ولون اصفر Round- Yellow Seeds واخرى ذات بذور مجعدة ولون اخضر Rough-Green Seeds. صفتي البذور المدورة SS واللون الاصفر YY متغلبة Dominant بينما صفتي البذور المجعدة ss واللون الاخضر yy متنحية Recessive. اجري عملية التضريب Crossing للجيلين الاول و الثاني F1 and F2 مع ذكر افراد و نسب المظهر الخارجي Phenotype و التركيب الوراثي Genotype. (واجب بيتي للطالب).

ملاحظة مهمة:- شروط عمل قانون مندل الثاني هي:-

1 - عدم وجود ظاهرة الارتباط Linkage.

2- عدم وجود ظاهرة تداخل الجينات Genes Interaction.

التهجين الاختباري في الهجين لصفتين—قانون مندل الثاني

Test Cross For Two Traits Hybrid

ان هذا الاختبار هو تضريب اي فرد من الجيل الثاني F2 الذي عددها 16 فرد من النباتات مع فرد نقي متنحي للصفتين Recessive For Both Traits لمعرفة طبيعة التركيب الوراثي للتركيب المجهول وكذلك يعطينا فكرة عن الارتباط وانواعه والتوزيع الحر للجينات وكما مفصل في المثال التالي:-

تم تضريب نبات بزاليا ذا بذور صفراء مستديرة Round Yellow مع اخر ذو بذور خضراء مجعدة Rough Green وتم الحصول على الجيل الاول ثم ضرب افراد الجيل الاول مع بعضها (اي تلقيح ذاتي) Self-Pollination وحصل على افراد الجيل الثاني F2 وعددها 16 نبات . اخيرا تم تضريب كل فرد من الجيل الثاني F2 مع فرد نقي متنحي للصفتين Plant With Two Recessive Traits. التضريب للجيلين الاول و الثاني كالآتي:-

P. AABB (Round Yellow) X aabb (Rough Green)



G.

AB

ab



F1

AaBb

(Round Yellow)

P.

AaBb

X

AaBb

G.

AB , Ab , aB , ab

AB , Ab , aB , ab

F2

	AB	Ab	aB	Ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	Aabb

المظهر الخارجي Phenotype 9 : 3 : 3: 1

التركيب الوراثي Genotype

Homozygous 1 9 Round Yellow

Heterozygous 8

Homozygous 1 3 Rough Yellow

Heterozygous 2

Homozygous 1 3 Round Green

Heterozygous 2

Homozygous 1 1 Rough Green

قام مندل بتضريب كل افراد F2 المذكورة في الجدول أعلاه مع سلالة نقية متحية للصفتين
aabb وكما يلي:-

Test Cross One -1

P. A ABB X aabb

↓

↓

G. AB ab



F1 AaBb 100%

وتم الحصول في F1 على نباتات من فئة مظهرية واحدة هي:-

A—B-- وعندما زواج بين **AaBb** اي افراد الجيل الاول مع الاب النقي المتنحي
لصفتين **aabb** وكما يلي:-

p. AaBb x aabb

G AB, Ab , aB, ab ab

F2 AaBb , Aabb , aaBb , aabb

والنسب هي **1 : 1 : 1 : 1**

ان الشكل الظاهري **Phenotype** يمثل انعكاسا مباشرا لا نماط الكميات الابوية في الاب
الهجين **AaBb** لان مشاركة الاب النقي المتنحي لصفتين **aabb** لا تؤثر على نمط النسل
النتج وبذلك تم الحصول على النسب **1 : 1 : 1 : 1** في **F2**. وهذا يظهر بان الاب الذي انتج
F2 هو متغلب نقي للصفتين **AABB**.

Test Cross Two -2

P. AABb X aabb



G. AB, Ab ab

F1 AaBb , Aabb 50% : 50%

Test Cross Three -3

P. AaBB X aabb



G. AB , aB ab

F1 AaBb , aaBb 50% :50%

Test Cross Four -4

P. AaBb x aabb

G. AB , Ab , aB , ab ab

F1 AaBb , Aabb , aaBb , aabb

25% : 25% : 25% : 25%

Test Cross Five -5

P. AAbb X aabb



G. Ab ab



F1 Aabb 100%

Test Cross Six -6

P. **Aabb X aabb**



G. **Ab, ab ab**

F1 **Aabb : aabb 50% :50%**

Test Cross Seven -7

P. **aaBB X aabb**



G. **aB ab**

F1 **aaBb 100%**

Test Cross Eight -8

P. **aaBb X aabb**

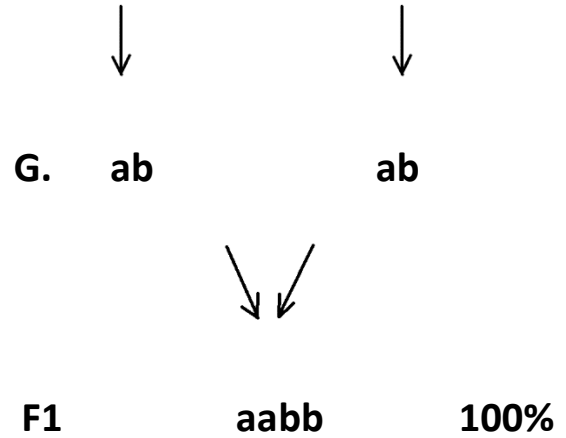


G. **aB , ab ab**

F1 **aaBb : aabb 50% : 50%**

Test Cross Nine -9

P. **aabb X aabb**



يمكن ان نختصر التضريبات الاختبارية Test Crosses المذكورة أعلاه في جدول Table
يمثل النسب المظهرية Phenotype Ratios المتوقعة من التهجين الاختباري Test Cross
لزوجين من الصفات (زوجين من الجينات) وكما يلي:-

aabb	AaB--	A—bb	A--Bb	Test Cross	TEST Cross#
0	0	0	1	AABB X aabb	1
0	0	0.5	0.5	AABb X aabb	2
0	0.5	0	0.5	AaBB X aabb	3
0.25	0.25	0.25	0.25	AaBb X aabb	4
0	0	1	0	AAbb X aabb	5
0.5	0	0.5	0	Aabb X aabb	6
0	1	0	0	aaBB X aabb	7
0.5	0.5	0	0	aaBb X aabb	8
1	0	0	0	aabb X	9

				aabb	
--	--	--	--	------	--

التحويرات في النسب المظهرية لقانون مندل الثاني

1 : 3: 3: 9

Modified Mendel Law Number 2 For Phenotype Ratios

هناك حالات لا نحصل فيها على النسبة المندلية 9:3:3:1 وذلك لاسباب يمكن ايجازها كما يلي:

1-السيادة غير التامة Incomplet Dominance

من الامثلة على ذلك التضريب بين نباتين طماعة

نبات طويل ذو شعيرات كثيفة×نبات قصير عديم الشعيرات وكانت نسبة نباتات الجيل الثاني بنسبة 3:6:3:1:2:1

2-التفوق او التداخل الجيني Epistasis

وهو على انواع :

أ-الجينات المتكاملة Complementary Genes

مثال التضريب بين نباتين بيضاء الازهار لنبات البزاليا وظهرت افراد الجيل الاول كلها ارجوانية وعند تضريبها ذاتيا فان النسبة الناتجة ستكون 9 ارجوانية :7بيضاء لان الجينات يكمل بعضها الاخر في اظهار الصفة

ب-الجينات متماثلة التأثير Duplicate Genes Interaction

وفيها يكون التفاعل بين الاليلات السائدة من الزوجين الجينيين كما في حالة التضريب بين خنازير كلاهما لونهما رملي وفيها تتحور النسبة الى 9 احمر :6:رملية :1ابيض

ج-العوامل المكررة Duplicate Factors

مثال: نبات مثلث الثمار (سائد) × نبات بيضوي الثمار (متنحي)

فان افراد الجيل الاول كانت مثلثة وان تضريبها ذاتيا ينتج 15 مثلثة : 1 بيضوية

د-التفوق المتنحي المتماثل التاثير " Recessive Epistasis

تتحور النسبة المندلية بسبب ان العامل او الجين المتنحي عند وجوده بحالة نقية فانه يؤدي الى اظهار مظهر خاص مؤديا الى تغير النسب كما في التضريب بين فئران اسود × البينو سينتج لون اجوتي والذي ينتج نسبة 9اجوتي:3اسود:4البينو

ه-التفوق السائد Dominant Epistasis

مثال التضريب بين نبات اصفر الثمار × ابيض الثمار سينتج نباتات الجيل الاول كلها بيضاء والتضريب الذاتي لها ينتج النسبة 12 بيضاء : 3صفراء:1خضراء

و-الجينات المانعة السائدة Dominant Inhibitor Genes

تتحور النسبة الى 3:13 كما في التضريب بين سلالتين من الدجاج الاولى بيضاء ليكهورن والثانية بيضاء وايندوت فان افراد الجيل الاول كلها بيضاء اما الجيل الثاني فكانت النسبة فيها 13 بيضاء الريش بسبب الجين المانع السائد : 3 ملون الريش لغياب الجين المانع السائد.

سؤال / وضح انواع السيادة بمخطط للتضريب بين نباتين؟

ان المعلومات تم اختصارها في الجدول التالي:-

النسب المندلية	9	3	3	1
التفوق	12		3	1

				المتغلب
		7	9	التفوق المتحي
1		6	9	التفوق المتحي المضاعف
1			15	التفوق المتغلب المضاعف
		3	13	التفوق المثبط

التركيب الجزيئي للمادة الوراثية

Molecular Structure of The Genetic Material

اكتشف جيمس واطسن وفرانسس كريك 1953 التركيب البنائي والكيميائي للمادة الوراثية (ال DNA) وأشاروا الى ان ال DNA عبارة عن حلزون مزدوج double helix لسلسلتين من النيوكليوتيدات المتعددة وتتألف كل نيوكليوتيدة من سكر رايبوز منقوص الاوكسجين في ذرة الكربون 2 ومجموعة فوسفاتية وقاعدة نتروجينية ، وترتبط السلسلة الاولى مع الثانية عن طريق الاواصر ما بين القواعد النتروجينية والتي تكون متقابلة الى الداخل بينما تكون مجاميع الفوسفات الى الخارج ، وتتقابل السلسلتين بصورة متعكسة الاتجاه . ان الاحماض النووية هي عبارة عن جزيئات كبيرة نسبيا وذات أهمية بيولوجية قصوى لها وزن جزيئي

مرتفع. توجد هذه الأحماض في جميع الخلايا الحية في صورة حرة أو متحدة مع البروتين، حيث لها أدوار رئيسية تقوم بها وهي حفظ المادة الوراثية ونقلها من جيل لآخر، كما أنها مسؤولة عن حمل وانتقال الصفات الوراثية و تتحكم أيضاً في ترجمة هذه الصفات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية.

أنواع الأحماض النووية (Kinds of Nucleic Acid)

1- الحامض النووي الريبوزي (Ribonucleic Acid (RNA)

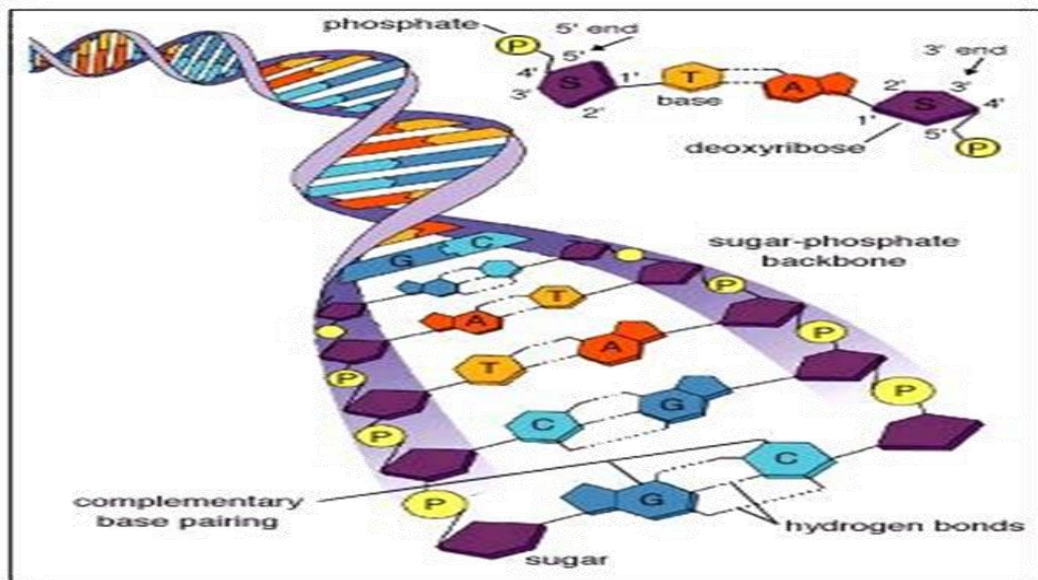
2- الحامض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين (DNA) .
Deoxyribonucleic Acid. تحتوي معظم الكائنات الحية على كميات متفاوتة من الأحماض النووية بنوعها ، بينما تحتوي الفيروسات على (DNA) (فقط) والبعض الآخر على (RNA) فقط.

تركيب جزئ الـDNA

يتكون الـ DNA من سلسلتين متوازيتين تنتظمان على هيئة سلم (ملتف لولبيا (Double Helix) يتكون جانبا السلم اللولبي من تعاقب السكر الخماسي ومجموعة الفوسفات ويتصل بكل جزيء من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية.

، تتكون الوحدة الأساسية لبناء جزئ DNA والتي تسمى بالنيوكليويدة من ثلاثة أجزاء، وهي: -سكر خماسي: 1-سكر الرايبوز منقوص الأوكسجين 2 - حامض فوسفوريك 3 -قاعدة نيتروجينية



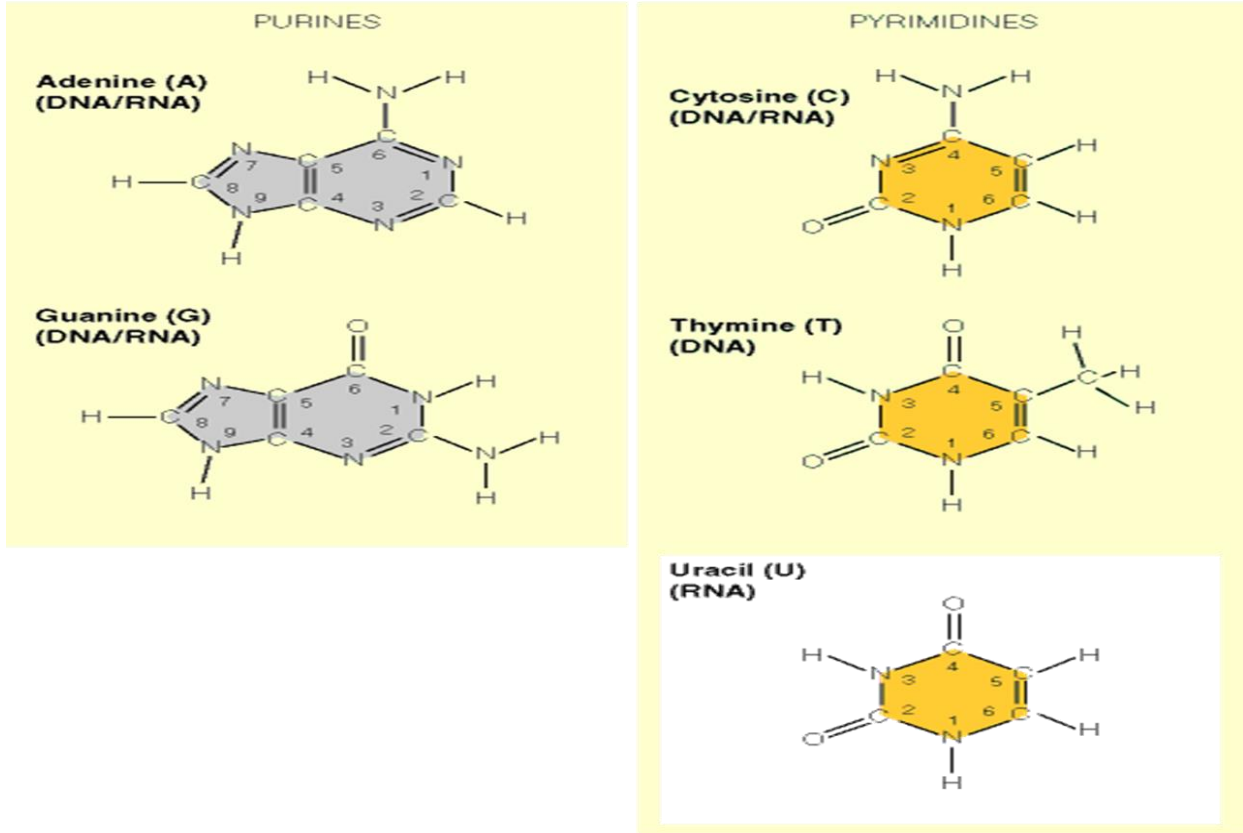




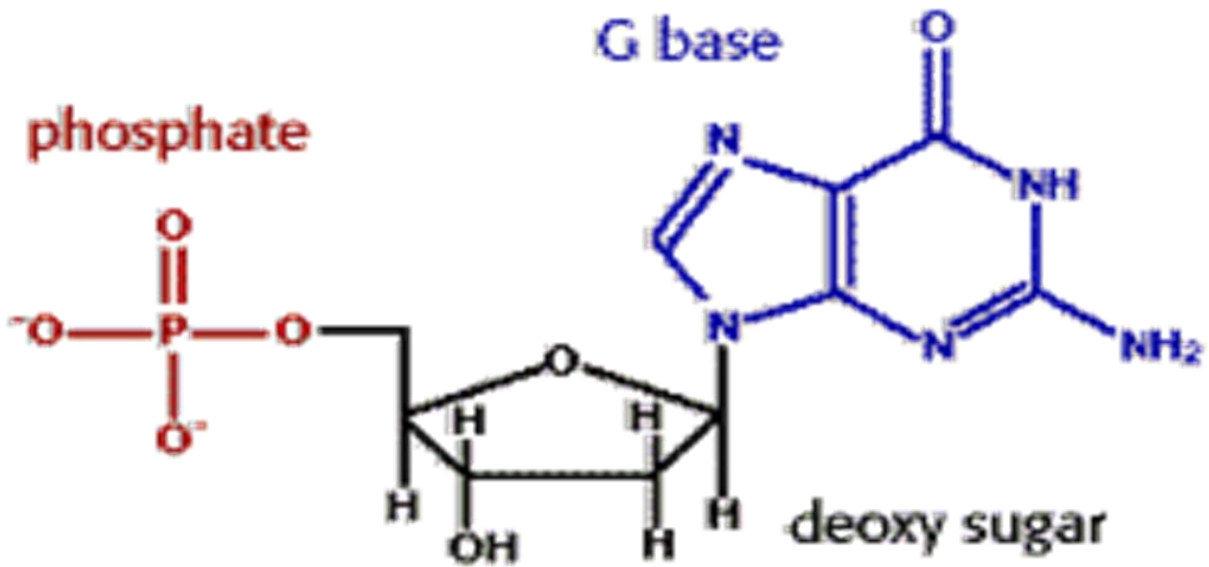
ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون الأولى للسكر الخماسي، في حين ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون الخامسة للسكر ، تخزن المعلومات في ال DNA من خلال تسلسل القواعد النيتروجينية وهي نوعان:

أ- اثنتان من البيورينات (Purines) وهما أدينين Adenine وتختصر A و جوانين ← Guanine وتختصر G

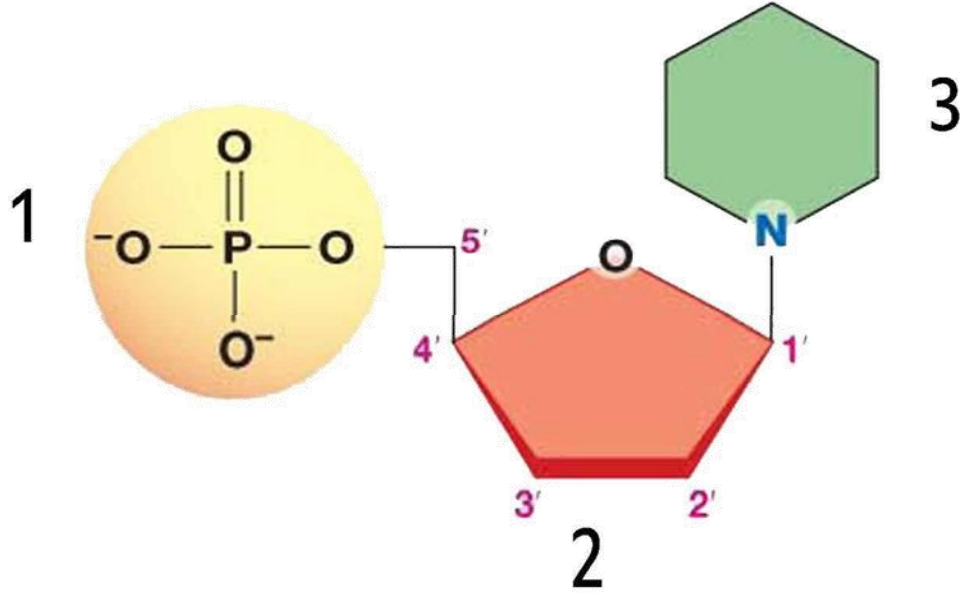
ب- اثنتان من البيريميديئات (Pyrimidines) وهما ثايمين Thymine وتختصر T ← وسائتوسين Cytosine وتختصر ← C



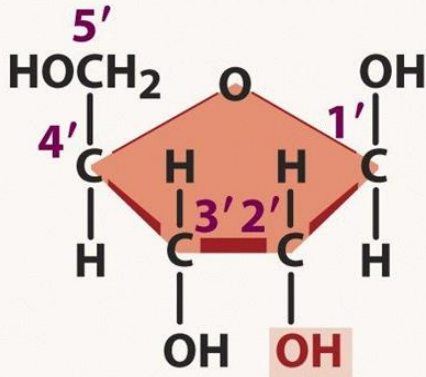
ويمكن بيان ارتباط السكر الخماسي مع البيريميدين



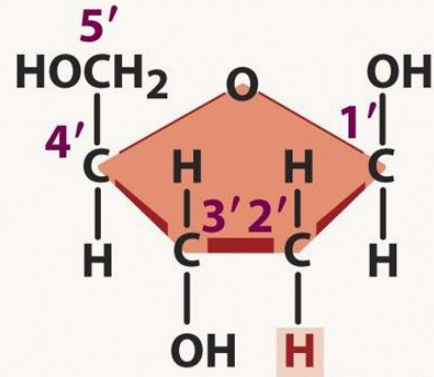
كذلك فان ارتباط السكر الخماسي مع البيورين كما يلي



Sugars



Ribose

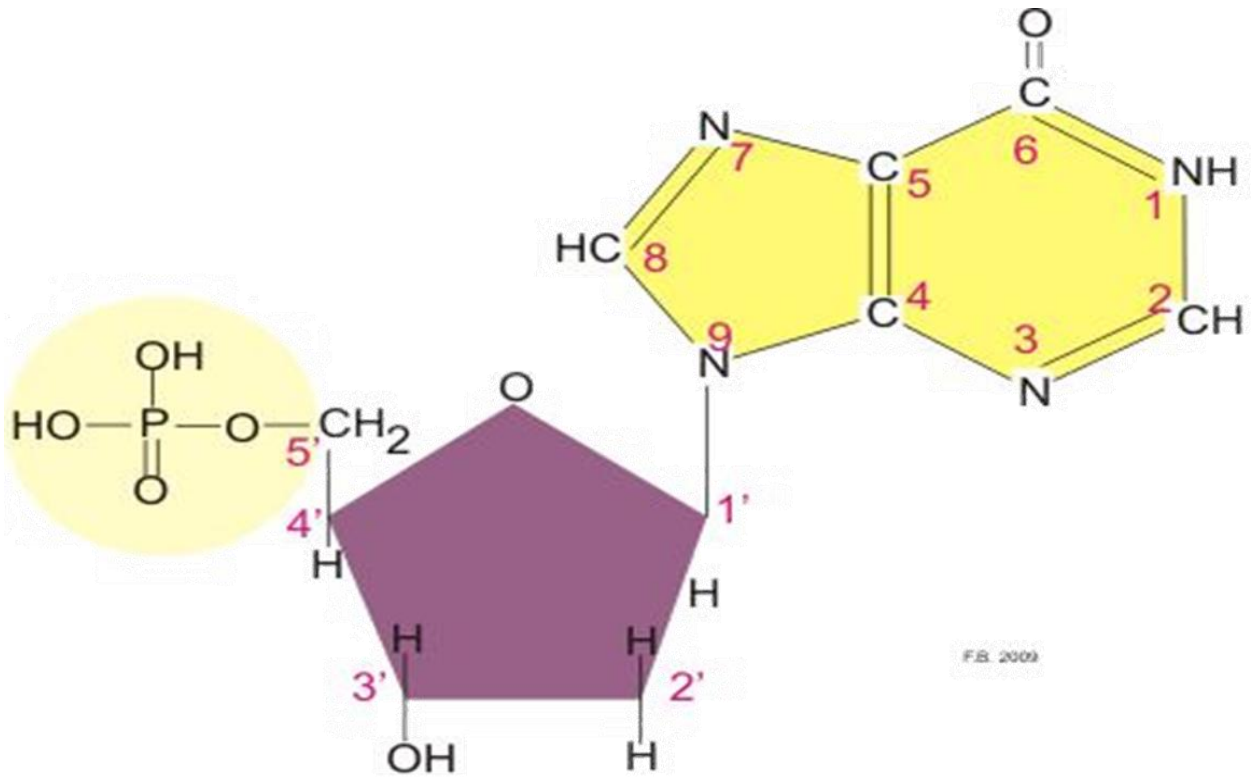
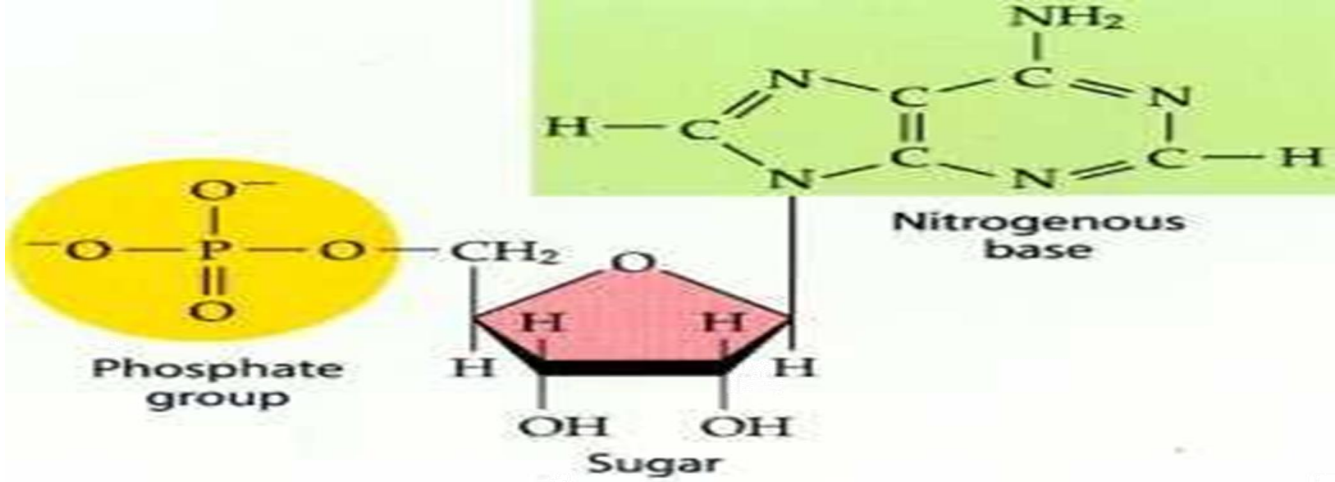


Deoxyribose

Figure 4-1b Biological Science, 2/e

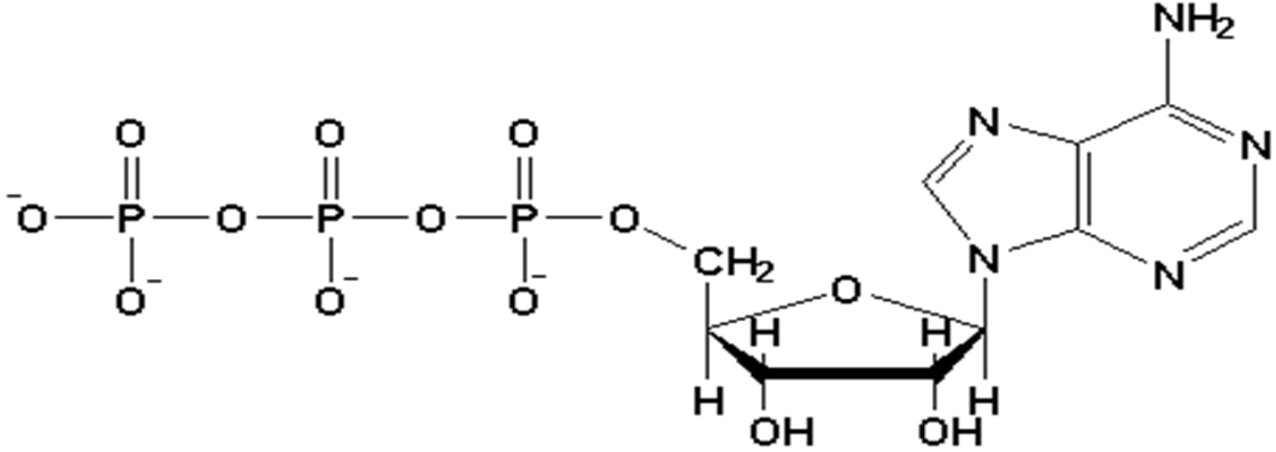
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

سؤال/ سمي الأجزاء الثلاثة النيوكليوتيدية في الشكل التالي • مانوع السكر • رقم ذرات الكربون في جزئ السكر؟



النيوكليو تيدة ثلاثية الفوسفات ATP

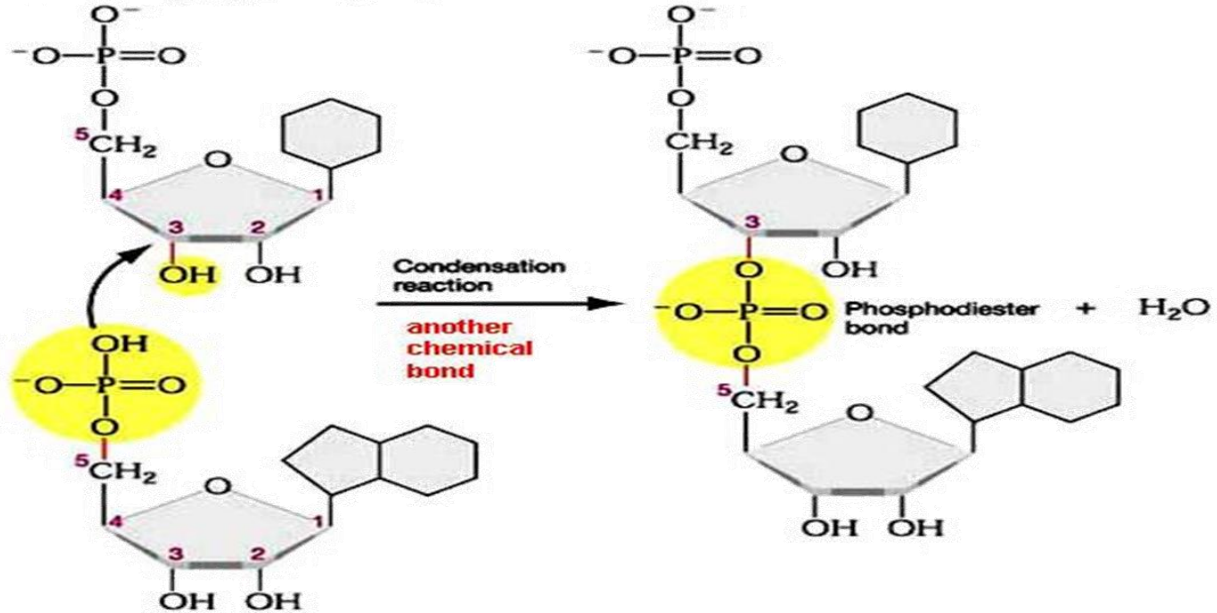
تتكون من ارتباط ثلاث مجاميع فوسفات مع السكر الرايبوزي والقاعدة النتروجينية المتمثلة بالادين وكما مبين في الشكل التالي:



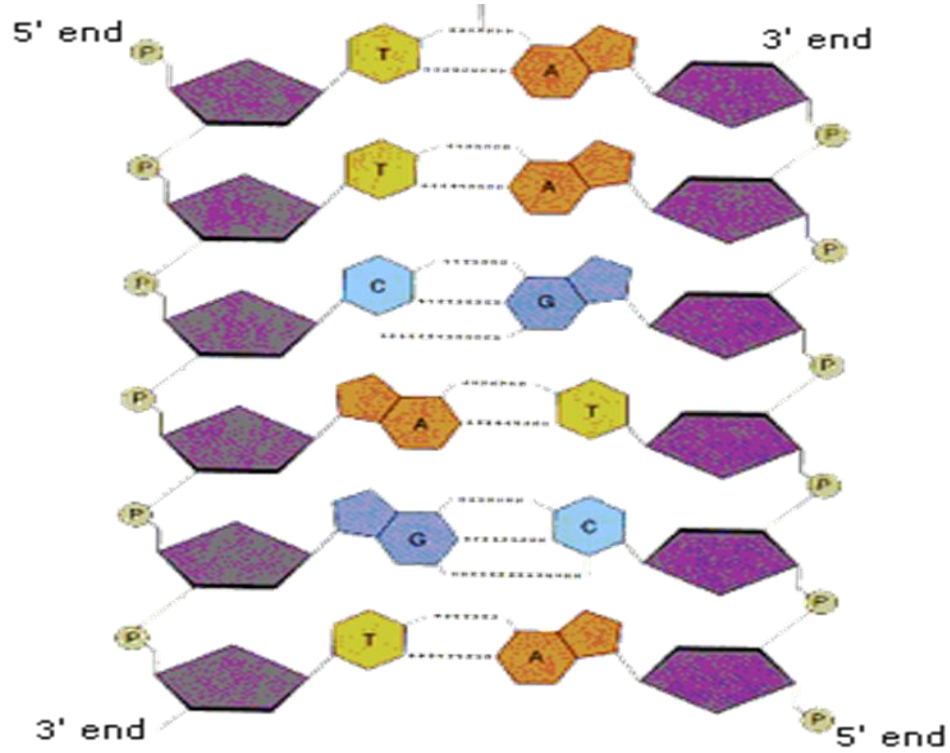
Adenosine triphosphate (ATP)

ترتبط جزيئات السكر في ال DNA مع بعضها برابطة فوسفاتية
Phosphodiester Bond في كل من ذرات الكربون الثالثة والخامسة اي ان
النيوكليوتيدات مع بعضها في الترتيب الطولي من خلال جزيئات السكر باتجاه 3-5
في الشريط الاول وباتجاه معاكس 3-5 في الشريط المقابل او المعاكس. وكما مبين
في الرسم التالي:

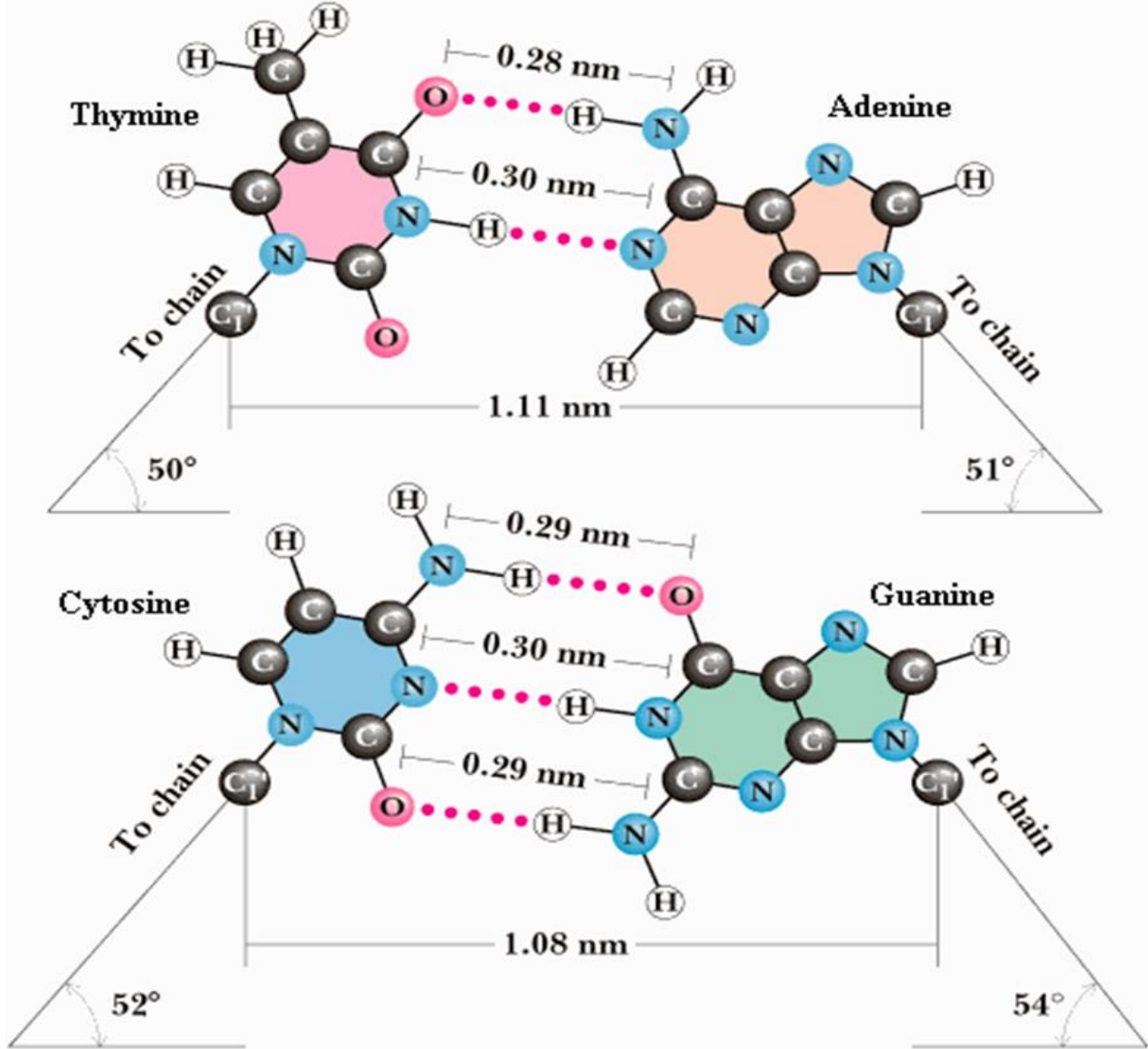
Formation of phosphodiester bond



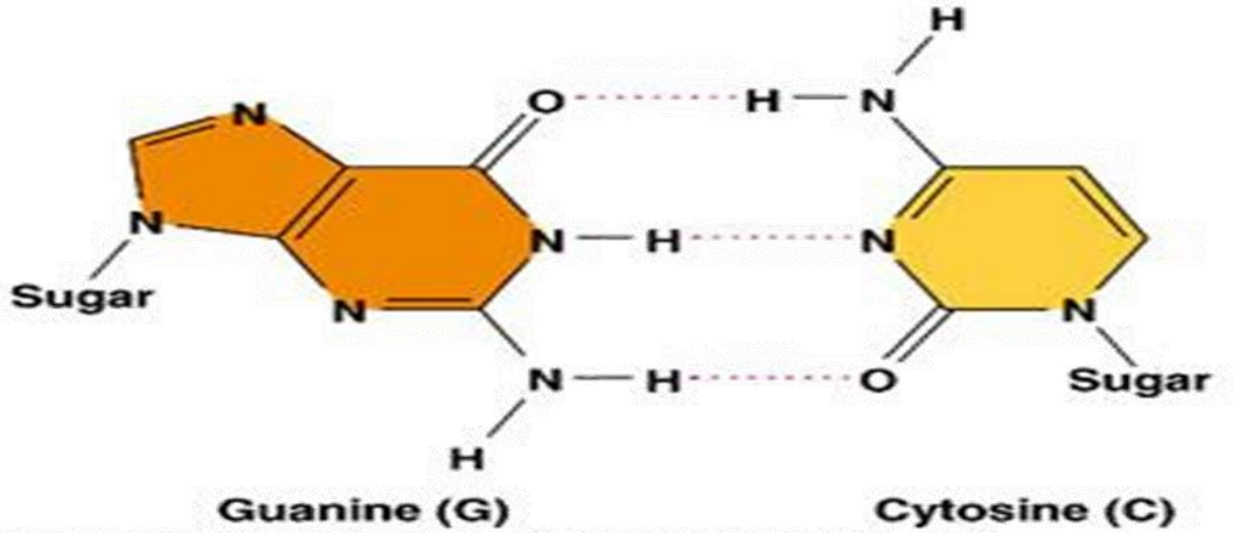
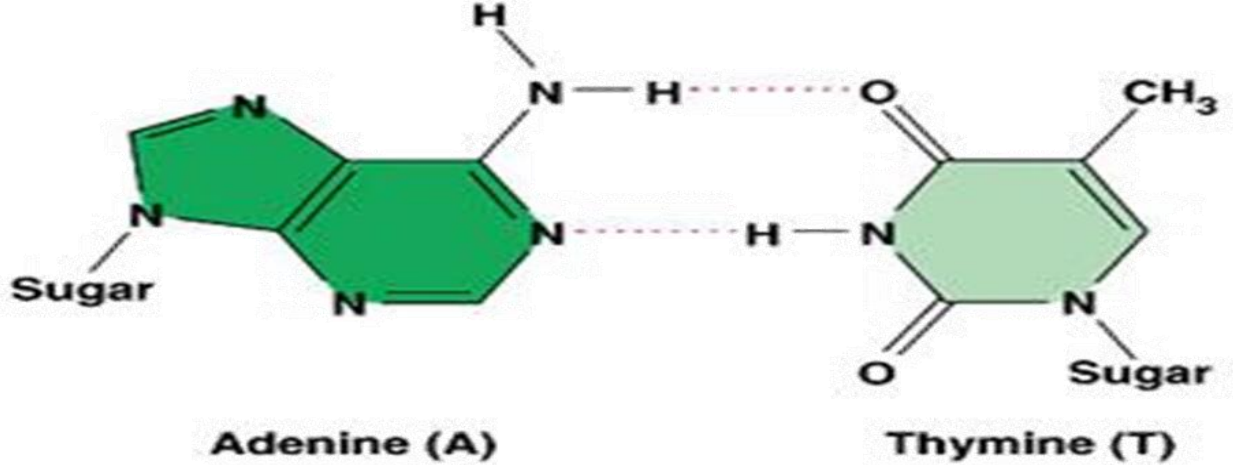
ترتبط أزواج القواعد ببعضها في سلسلتي الـ DNA المتقابلة بروابط هيدروجينية Hydrogen Bond



ترتبط القواعد مع بعضها • بشكل منظم بحيث ترتبط مع (A) القاعدة أدينين في (T) القاعدة ثايمين السلسلة المقابلة برابطة بينما ، هيدروجينية ثنائية مع (G) يرتبط الجوانين برابطة (C) السائتوسين هيدروجينية ثلاثية.



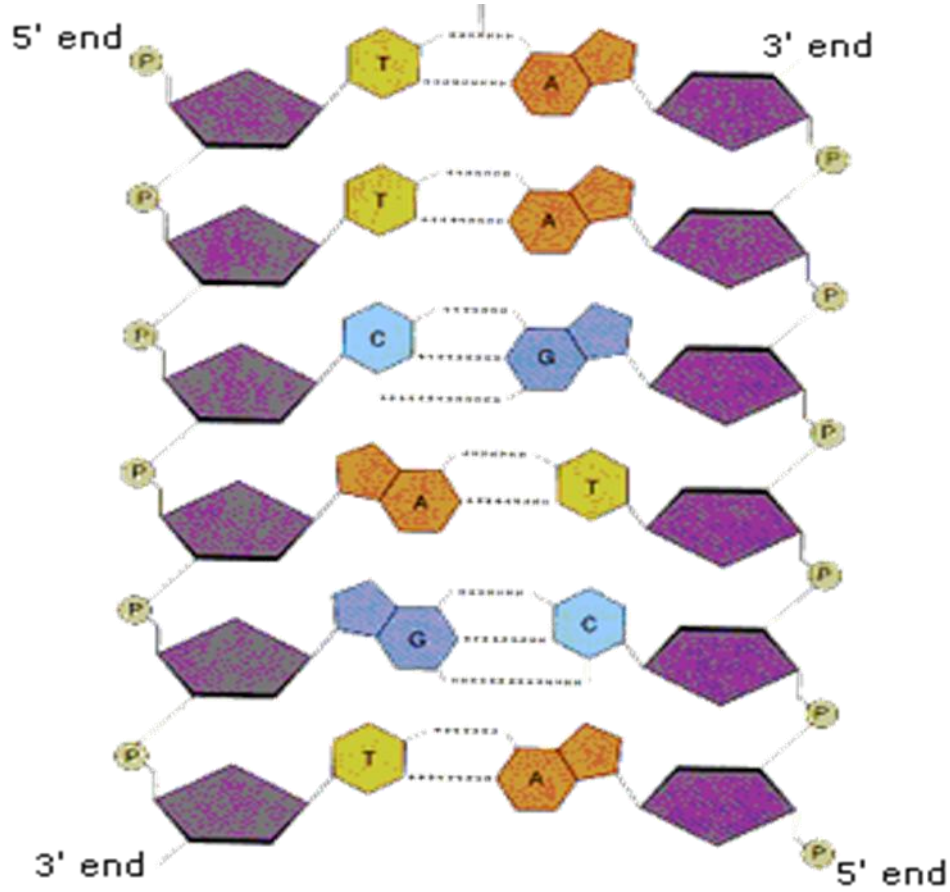
ازدواج القواعد النيتروجينية يتاصر الأدينين (A) مع الثايمين (T) باصرة
هايدروجينية ثنائية بينما تكون الاصرة بين الجوانين (G) والسائتوسين
(C) ثلاثية



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

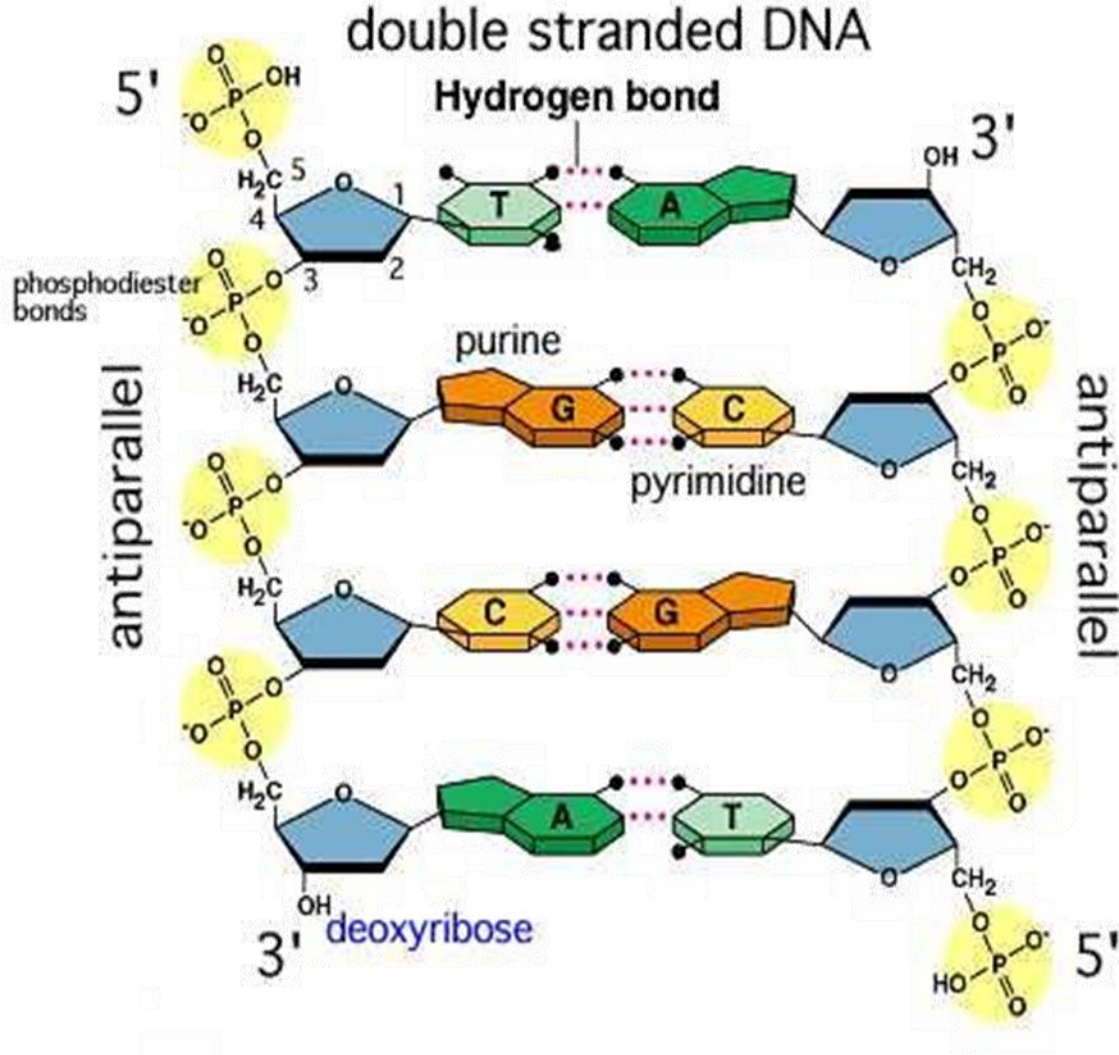
سؤال / الـ DNA التالي أجب عما يلي :

- 1- كم عدد نيوكليوتيدات الأدينين (A) في الجزئ؟
- 2- كم عدد نيوكليوتيدات الثايمين (T) في الجزئ؟
- 3- كم عدد نيوكليوتيدات السيتوسين (C) في الجزئ؟
- 4- كم عدد نيوكليوتيدات الجوانين (G).
- 5- من أعداد النيوكليوتيدات الأربع نستنتج أن عدد نيوكليوتيدات مساوياً لعدد وأن عدد مساوياً لعدد
- 6- كم عدد النيوكليوتيدات في جزئ الـ DNA كاملاً؟



الأحماض النووية

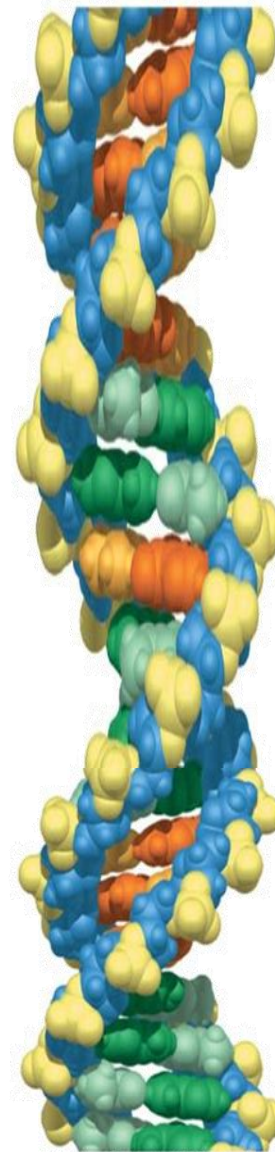
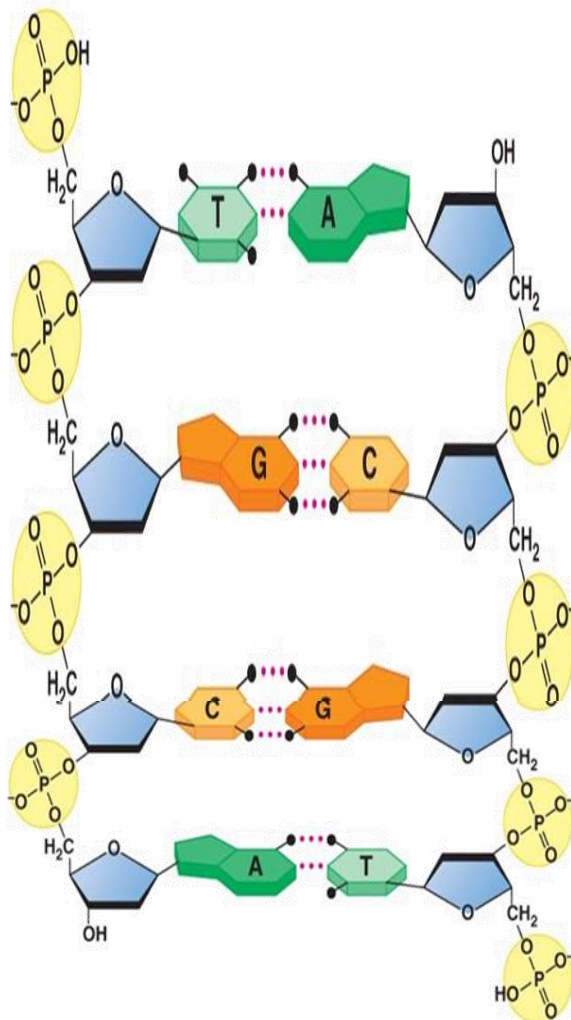
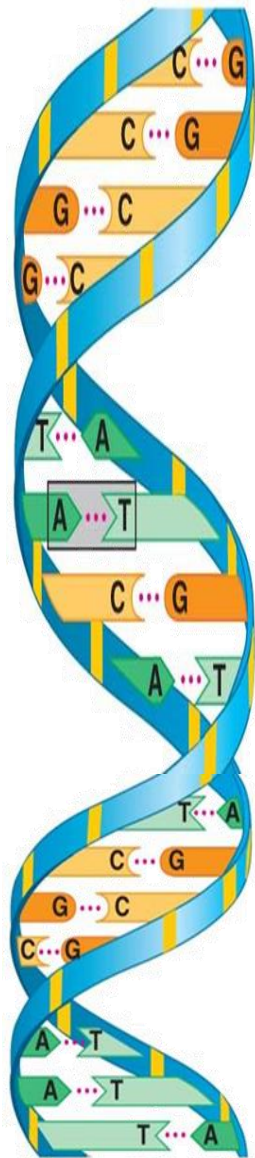
تسمى إحدى سلسلتي ال DNA بالسلسلة 5-3 بينما تسمى الأخرى بـ 3-5 تبعاً لترقيم ذرات الكربون في جزئ السكر، وتلتقي السلسلتين بشكل متوازي و عكسي (Antiparallel) بحيث أن النهاية 5 يقابلها على السلسلة الموازية النهاية 3.

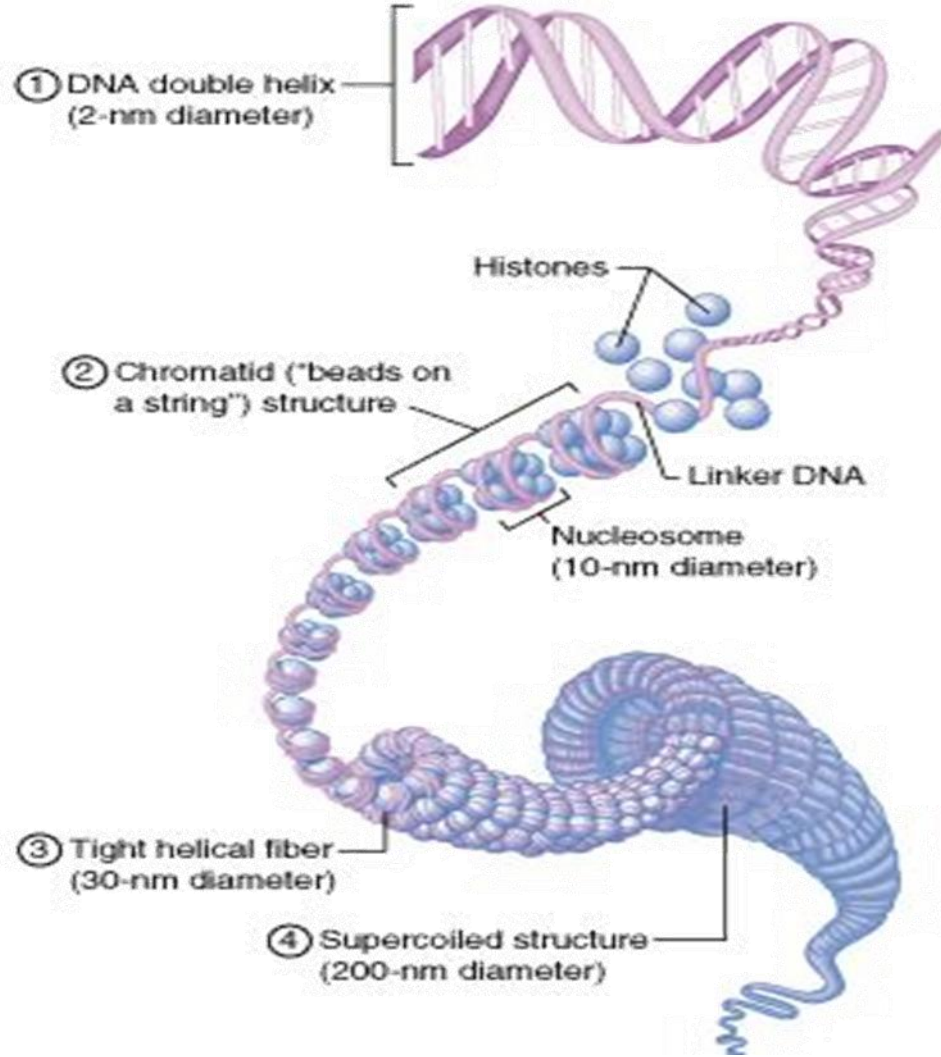


تركيب حلزون الـ DNA

تمر كروموسومات الكائنات حقيقية النواة بعدة مستويات من الطي والالتفاف والتي تسمى تعبئة الـ DNA (DNA Packing)

الحلزنة الفائقة الـ Supercoil هي التفاف خيط الـ DNA التفاف مضاعف ويمثل كروموسوم الطور الاستوائي أعلى مستوى من مستويات التعبئة (أقصى حالات الالتفاف والحلزنة والتكثف

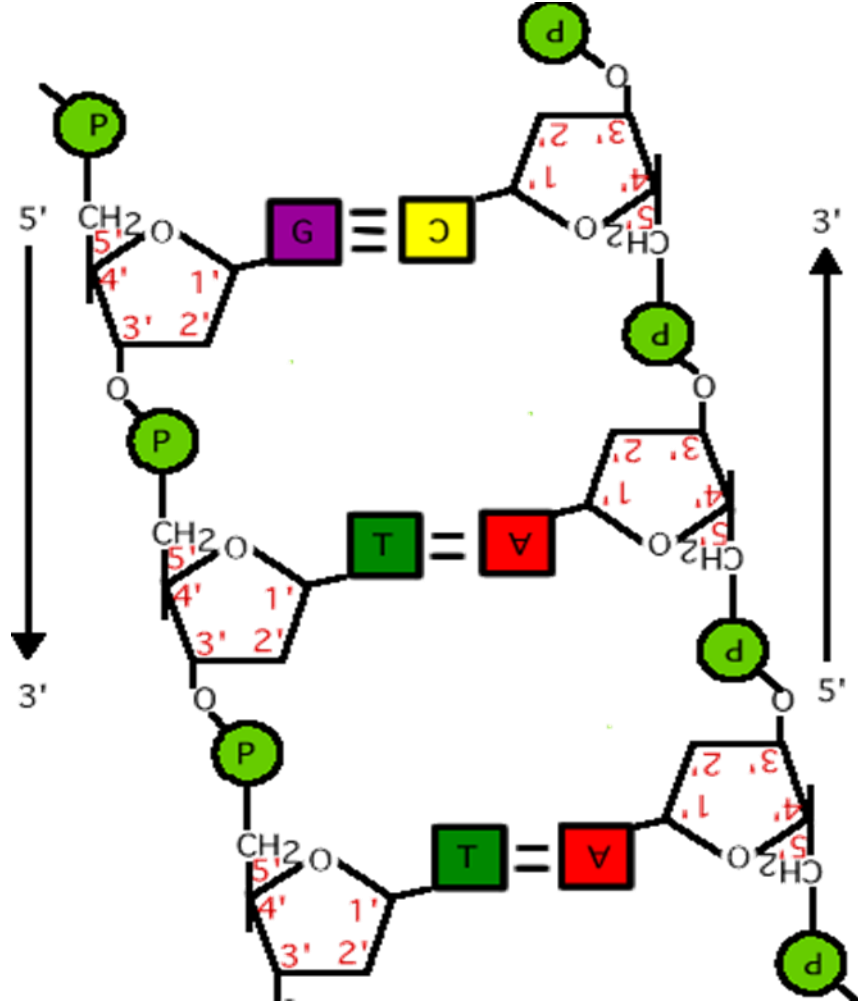




سؤال/ جزئ فيرسي يحتوي على حلزون مزدوج من DNA به 200,000 نيوكليوتيدة .. ؟

أ- كم عدد النيوكليوتيدات في أحد سلسلتي الـ DNA ؟

ج: في كل سلسلة من الـ DNA • 100,000 نيوكليوتيدة



سؤال/ عند استخلاص جزئ DNA من خلايا بكتيريا وجد أنه مكون من 200000 قاعدة نيوكليوتيدية وأن عدد قواعد الأدينين A فيه يساوي 27000 قاعدة ما مدى صحة العبارات التالية (مع تصحيح العبارة الخاطئة):

- 1- عدد النيوكليوتيدات في جزئ DNA البكتيري .200،000 نيوكليوتيدة
- 2- جزئ DNA البكتيري مكون من 200،000 ذرة فسفور
- 3- عدد قواعد الثايمين T في جزئ DNA البكتيري يساوي 27،000 (
- 4- عدد قواعد السائتوسين C في جزئ DNA البكتيري يساوي 34،000 قاعدة.

سؤال/ إذا أعطيت سلسلة مفردة من جزئ DNA تتابعها النيوكليوتيدي كالتالي 3

5' ---TAC CGA GTA CTG --- 3'

DNA اكتب السلسلة المقابلة لهذه السلسلة

5' --- ATG GCT CAT GAC --- 3'

تركيب الحمض النووي

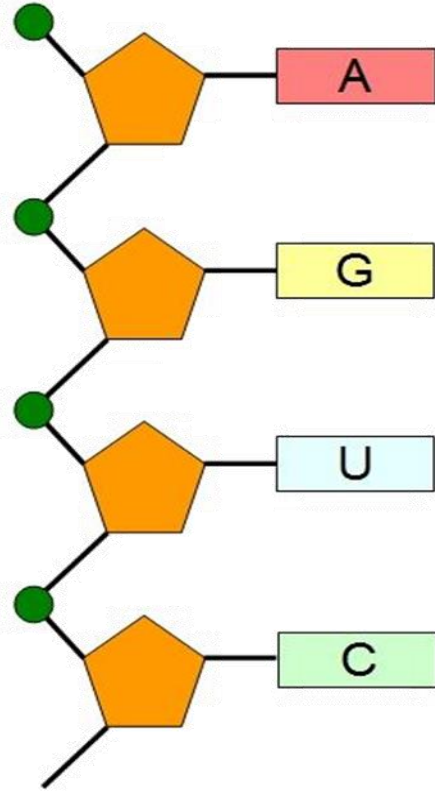
“Ribonucleic Acid” RNA

، يتكون في النوية طبقاً لشفرة على حمض DNA و تركيب نيوكليوتيدية RNA كالتالي 1- جزيء من سكر خماسي الكربون يسمى " ريبوز Ribose ”

2- مجموعة فوسفات

3 -أحد القواعد النيتروجينية من البيورينات A أو G او من البريميدينات (C او U بدل من القاعدة T الغائبة نهائياً .

Structure of RNA:

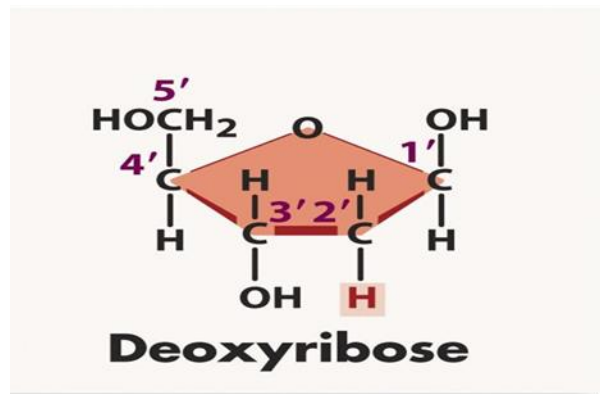
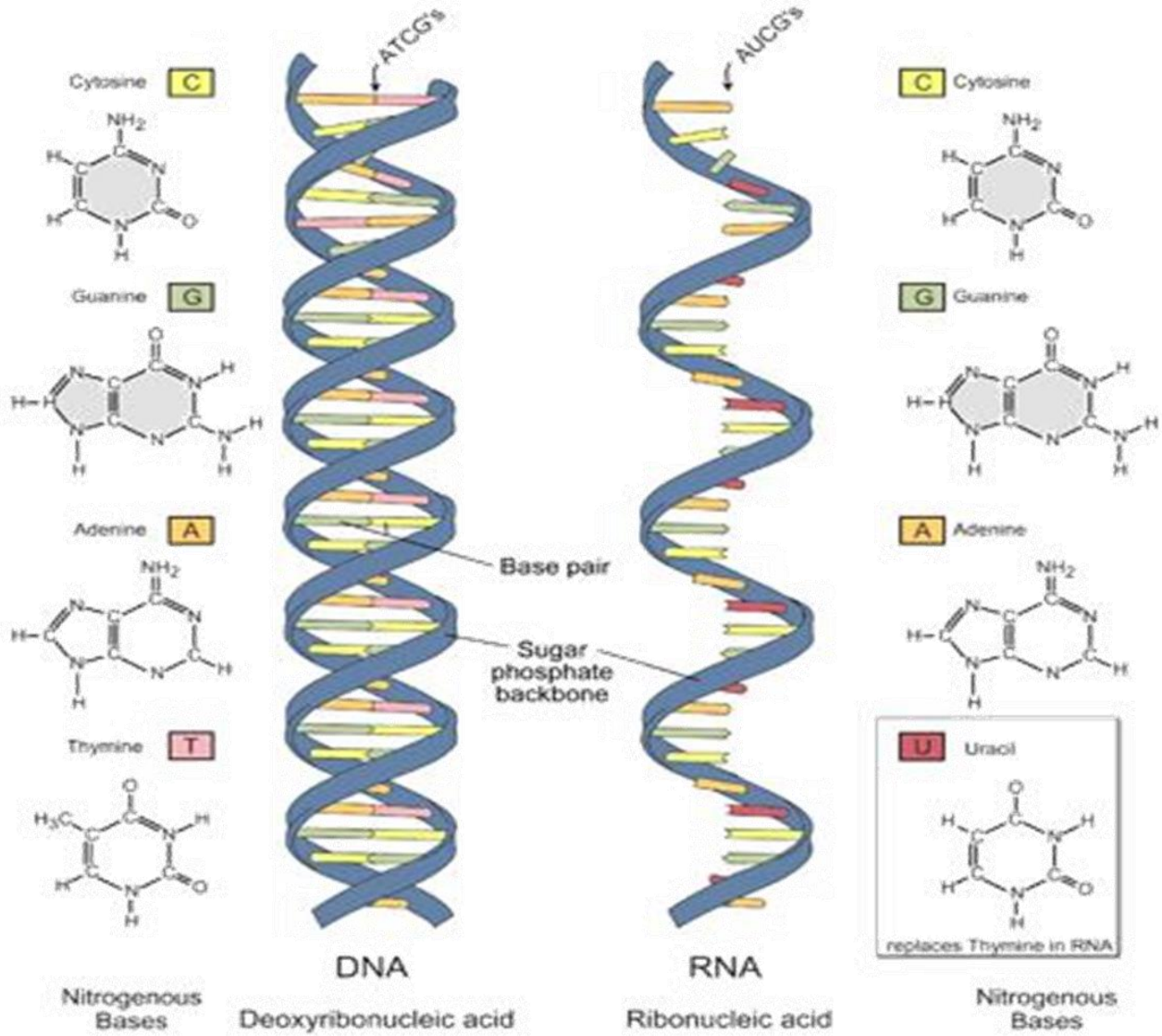


RNA “Ribonucleic Acid” تركيب الحمض النووي

يتكون من سلسلة واحدة فقط من النيوكليوتيدات وقد تكون • خطية او حلقيه او كروية .

: يحتوي على القواعد النيتروجينية التالية: الأدينين A والجوانين G والسيتوسين C واليوراسيل U

الفروقات التركيبية والبنائية بين الاحماض النووية DNA و RNA



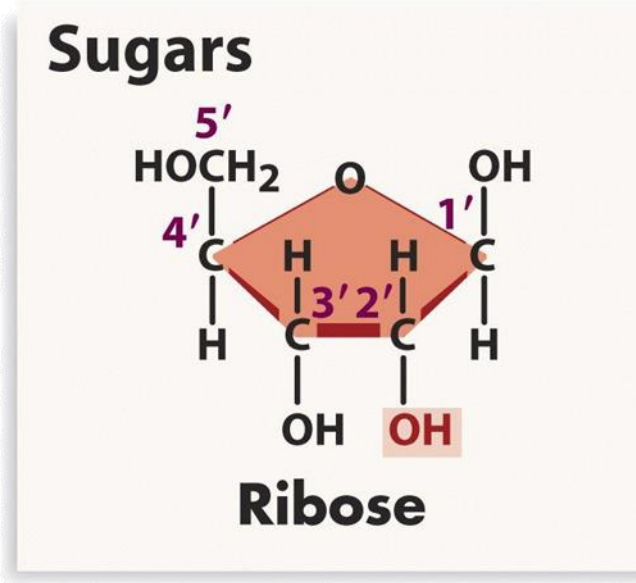


Figure 4-1b Biological Science, 2/e

الفرق بين الأحماض النووية DNA و RNA

RNA	DNA	
في السيتوبلازم أساسا	في النواة أساسا	الموقع
رايبوز	دي اوكسي رايبوز منقوص الأوكسجين	السكر الخماسي
(U),(C)	(T),(C)	البيرميدين
(G),(A)	(G),(A)	البيورين
سلسلة مفردة	سلسلة مزدوجة	الشكل
بناء البروتين	المادة الوراثية	دوره في الخلية
منخفض نسبيا	مرتفع جدا	الوزن الجزيئي



حمض RNA “Ribonucleic Acid”

هناك ثلاثة أنواع من الحمض النووي الريبوزي وهي

1- الحمض النووي الريبوزي الناقل (t RNA)

2- الحمض النووي الريبوزي الرسول (m RNA)

3- الحمض النووي الريبوزي الرايبوسومي (r RNA)

DNA العالمان واطسون و كريك أمام نموذج حمض

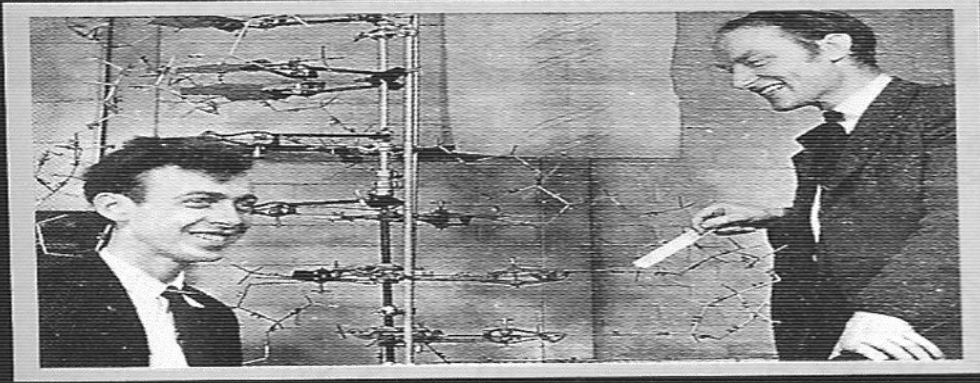


Figure 10.5H • James Watson, an American biologist (left) and Francis Crick, a British physicist turned biologist (right) with their model of DNA at the Cavendish Laboratory, Cambridge. You can see the spiral pattern of the double helix. Notice the model sugar ring at Watson's left shoulder.

سؤال/ جزئ RNA فيرسي يحتوي على 20% من
السايروسين C

أ- ماهي نسبة الجوانين G في جزئ RNA ؟

ب- ماهي نسبة كل من اليوراسيل U والأدينين A ؟

أ- دائما في جزيئات الأحماض النووية نسبة الجوانين $C = G$ والادينين
=الثايمين او اليوراسيل لذلك فان نسبة الكوانين =20%

ب-مجموع اليوراسيل U ومجموع الادنين A =100-(20+20)=40=60%

لذلك فان نسبة اليوراسيل 30% والادنين 30%

الادلة الاساسية لاثبات ان الجينات محمولة على الكروموسومات

تطرق بوفري (1862-1915) الى دور الكروموسومات في الانقسام الخلوي وسلوكها المنتظم في الانقسام ، وكان ساطون (1876-1916) اول من شرح بوضوح وباسلوب علمي مقنع العلاقة بين الكروموسومات والجينات وان الاخيرة محمولة عليها وقدم استنتاجاته ومناقشاته عام 1903 وكانت كما ياتي:

1- بما ان الخلايا التناسلية (الحيوانات المنوية والبويضات) وهي الوحيدة التي تشكل الجسر بين جيل واخر لذا فان جميع الصفات الوراثية يجب ان تكون محمولة بواسطتها

2- الحيوانات المنوية Sperm cells تفقد كل الساييتوبلازم خلال عملية النضج والتكوين وبما ان دور الحيوانات المنوية هو نفس دور البيضة وراثيا لذا فان العوامل الوراثية يجب ان تكون موجودة داخل النواة

3- ان المحتوى المرئي الوحيد في النواة والذي ينقسم بدقة خلال انقسام الخلية هو الكروموسومات مما يدل ان العوامل الوراثية موجودة على الكروموسومات

4- ان الكروموسومات موجودة بشكل ازواج كذلك العوامل المنديلية تكون بشكل ازواج

5- ان الكروموسومات تنعزل في الانقسام الاختزالي meiosis اي كل جديدة او كروماتيد من الكروموسوم تنفصل وتذهب الى خلية كذلك العوامل المنديلية تنعزل في وقت ما عند تكوين الكميات

6- كل جديلة من الكروموسوم تنعزل مستقلة عن الجديلة الأخرى عند الانقسام الاختزالي ليذهب كل منها إلى خلية كذلك العوامل الوراثية المنديلية تنعزل بصورة مستقلة

إن استنتاجات ستون Sutton تدل على أن الكروموسومات تخضع لتطبيقات قوانين مندل لذا فإن الرأي القائل أن العوامل الوراثية (الجينات) تحمل على الكروموسومات أصبح شيئاً واضحاً ومقبولاً من قبل جميع الباحثين في هذا المجال ، ولقد أيدت جميع الأبحاث والاكتشافات والدراسات التي جاءت بعد ذلك على صحة ذلك حتى أصبح من الممكن في الوقت الحاضر تاشير مواقع خاصة لبعض الجينات على الكروموسومات.

يتميز كل نوع من الكائنات الحية Species بعدد وشكل ثابت من الكروموسومات لا يتغير أبداً ويبقى عدد الكروموسومات ثابتاً في جميع خلايا الفرد.

الأدلة التي تثبت أن ال DNA هو المادة الوراثية

عند تتبع تاريخ تطور علم الوراثة يلاحظ أن التركيز كان منصفاً في البداية على مسائل التوارث وأنماط وراثية صفات معينة من الآباء إلى الأبناء كلون الأزهار ولون العيون وقد افترض أن الجينات قد حدثت هذه الصفات بطريقة ما وأنها (أي الجينات) مرتبة بشكل خطي ومفرد على طول الكروموسوم كما عرفت الخرائط الوراثية لتحديد توالي ترتيب الجينات على الكروموسوم ثم أعطى الاهتمام لمعرفة كيفية عمل الجينات واستخدمت الأحياء المجهرية لأغراض هذه التجارب خصوصاً البكتريا وفايروساتها. وتم الافتراض أن عمل أغلب الجينات هو تعيين تكوين البروتينات، كما درست الطبيعة الكيمياء للجين بعد أن تم التأكد من وجود أغلب الجينات ضمن الحامض النووي ولهذا ففي الوقت الحاضر يعرف بأن الحامض النووي الـ DNA هو الحامل للمعلومات الوراثية (في بعض الفيروسات يؤدي الـ RNA نفس الوظيفة) ولذلك فإذا ما أردنا أن نشير إلى الجينات أو علم الوراثة

فانه تكفي الاشارة الى الحامض النووي ال-DNA.

صفات المادة الوراثية ال DNA

- 1- ان تحمل المادة الوراثية معلومات وظيفية كافية لتحديد الخصائص المظهرية والتركيبية للكائن الحي.
- 2- يجب ان تكون المادة الوراثية مستقرة وان تنقل بصورة امينة من خلية الى اخرى ومن جيل الى اخر.
- 3- لها القدرة على التضاعف بشكل دقيق وتنقسم على نحو متساوي بحيث كل خلية ناتجة من الانقسام تستلم تشكيلة كاملة متطابقة مع تشكيلة الخلية الام.
- 4- يجب ان تكون المادة الوراثية قادرة على اظهار ذاتها بحيث ينتج عنها جزيئات مهمة كالبروتينات والانزيمات. وفي النهاية ينتج عنها خلايا او كائنات حية ولتحقيق هذه الخاصية لابد من توفر الية معينة لترجمة المعلومات التي تحويها المادة الوراثية.
- 5- يجب ان تكون لها القدرة على التباين من مصدرين للتغاير هما الطفرات Mutations والاتحادات الجديدة New Recombination.

التجارب التي تثبت ان ال-DNA وال-RNA هو المادة الوراثية Experiments Indicating DNA and RNA As Genetic Material

اشارت العديد من التجارب ان بإمكان الحامض النووي ال-DNA فقط ان ينقل المعلومات الوراثية من جيل الى جيل الذي يليه. وفيما يلي وصف لهذه التجارب اذ كانت تجربة كرفت على البكتريا pneumoniae Diplococcus المسببية لمرض ذات الرئة والموضحة ادناه هي الاولى في هذه السلسلة من التجارب يوجد نمطان مختلفان من خلايا Diplococcus pneumoniae تكون خلايا النمط الاول محاطة بمحفظة تعطي

المستعمرات النامية مظهرًا ناعمًا وتسمى الخلايا الناعمة (s) Smooth cell) ويكون هذا النمط مرضيًا بسبب وجود المحفظة. أما خلايا النمط الثاني فيطلق عليها الخلايا الخشنة (cell R) Rough) لأنها تكون مستعمرات خشنة المظهر بسبب فقدانها للمحفظة وبهذا فهي غير مرضية لوحظ أن حقن الفئران بالخلايا الناعمة يؤدي إلى موتها بعد فترة نتيجة تكاثر هذه الخلايا، إلا أن قتل الخلايا الناعمة بالحرارة قبل الحقن سيفقدها التأثير على الفئران. كما لا تظهر الخلايا الخشنة الحية أي تأثير مؤذي على الفئران لأنها غير مرضية، ولكن عند خلط كل من البكتريا الناعمة السامة المقتولة بالحرارة مع البكتريا الخشنة وحقنها في دم الفئران تشببت في موت الفئران؟. وكان الاستنتاج المنطقي الوحيد لتفسير هذه الظاهرة هو أن الخلايا الناعمة الميتة من السلالة (IIS) قد حولت الخلايا الخشنة الحية إلى خلايا ناعمة مرضية من نوع (IIS) خلال تواجدهما معا في الفأر. استغنى في تجارب لاحقة إجراها باحثون آخرون عن الفئران حيث لوحظ إمكانية الحصول على خلايا حية ناعمة مرضية نتيجة خلط خلايا ناعمة مقتولة بالحرارة مع خلايا خشنة في أنبوب اختبار ووجد في تجارب أخرى أن إضافة مستخلص الخلايا الناعمة المقتولة بالحرارة يكون فعالاً في تحويل الخلايا الخشنة الحية إلى خلايا ناعمة.

تركز البحث بعد هذه السلسلة من التجارب حول طبيعة المادة الموجودة في مستخلص الخلايا الناعمة والمسؤولة عن عملية التحول التي أطلق عليها آنذاك اسم مبدأ التحول Transforming principle لقد اكتشف فيما بعد وعلى أثر سلسلة من التجارب أن مبدأ التحول هو الـ DNA. وكانت تجربة أيفري وماكلوريد ومكارتني في عام 1944م من أولى التجارب التي أثبتت ذلك حيث أضافوا جزيئات الـ DNA محضرة بصورة نقية من الخلايا الناعمة من نوع IIS إلى خشنة في أنبوبة اختبار ونتج عن هذه الإضافة الحصول على بعض الخلايا الحية الناعمة من نوع IIS تاکد دور الـ DNA في عملية التحول بصورة لا تقبل الشك بعد تنقية انزيم نيوكليير الـ deoxyri bonuclease (DNA ase) الذي يعمل على تحطم جزيئات الـ DNA فقد وجد أن معاملة DNA بهذا الانزيم قبل إضافتها للخلايا الخشنة أبطل نهائياً عملية التحول في حين أن معاملة الـ DNA بانزيم التربسين Trypsin (الذي يحطم البروتينات) وبنفس الطريقة لم يكن له أي تأثير على عملية التحول مما أدى استبعاد احتمالية وجود ملوثات بروتينية مع الـ DNA المحضرة يمكن أن تكون قد قامت بدور في عملية التحول.

2- تجارب هيرشي- شاس Hershey- chase Experiments

نشر في سنة 1952 هيرشي Hershey وشاس Chase تجارب اشارت إلى أن الحامض النووي الـ DNA مادة وراثية بطريقة أكثر مباشرة وتسمى بانتقال الـ DNA (transduction) وقد اهتمت تجاربها بفاج البكتريا Bacteriophage T2 وهو فايروس يتكاثر داخل بكتريا القولون *Escherichia coli* فقط تركيب فايروس . يتالف الفيروس من راس سداسي hexagonal يحتوي على الحامض النووي الـ DNA وذيل Tail والياف الذيل fibers tail وقد تضمنت الخطوة الاولى اصابة بكتريا القولون بالفاج T2 والمعروفة في ذلك الوقت عن طريق التصاق Adsoption الفاج بالغلاف الخارجي لخلية العائل بواسطة الياف الذيل بحيث تدخل مادة الفاج إلى داخل البكتريا بطريقة ما ثم تتضاعف على حساب البكتريا حتى تنفجر البكتريا وتتحل (lysed) محررة حوالي المائة من نسل الفاج الجديد.

والمعروف أن فاج T2 يتكون من كميات متساوية تقريبا من الحامض النووي والبروتين. وبما أن الحامض النووي الـ DNA يحتوي على الفسفور ولايحتوي على الكبريت، وان اغلب البروتينات لا تحتوي على الفسفور ولكنها (اعتياديا) تحتوي على بعض الكبريت لذلك يمكن التفريق بين المادتين باستعمال النظائر المشعة Isotopes Radioactive لكل من الفسفور والكبريت لذلك نمي هيرشي وشاس بكتريا القولون *E. coli* في وسط يحتوي على النظير المشع للفسفور (p32) او النظير المشع للكبريت (S35) وبعدها سمح للفاج T2 باصابة خلايا العائل المعلمة Labeled host والتكاثر داخلها. ومن ثم جمع نسل الفاج الذي ظهر بعد انحلال خلية البكتريا. ووجد أنه معلم بدرجة متساوية وبهذه الطريقة حصل هيرشي وشاس على مجموعتين من الفاج T2 الاولى تحتوي على حامض نووي معلم بالفسفور المشع ^{32}P Labeled DNA والثانية على بروتين معلم بالكبريت المشع S35. Labeled protein بعد ذلك اخذوا المعلق المحتوي على الفاج المعلم. وبعد تعريضه لدرجة ازموزية shock Osmotic والتي اطلقت الفاج. وعند معالجة الفاج المعلم بالفسفور المشع (P32) بهذه الطريقة وجد أن اغلب النشاط الاشعاعي في المحلول، اما بعد انحلال الفاج المعلم بالكبريت المشع (S35) فان النشاط الاشعاعي وجد ضمن شكل خاص from particulate وقد كشفت

دراسات المجهر الإلكتروني لهذه الجزيئات عن فاج يبدو فارغا ويبدو على شكل أشباح (ghosts) أي أننا نجد الجدران الخارجية للفاج في المحلول فقط. وهذا أكد أن للفاج غلاف بروتيني خارجي فقط يحيط بكتلة الحامض النووي الـ DNA الداخلية ويمكن من الناحية التجريبية القيام بفصل الحامض النووي الـ DNA عن البروتين.

وتم استعمال الفاج المعلم في إصابة خلايا بكتريا القولون coli .E غير المعلمة Unlabelled وقد حصل على معلومات قيمة جدا. فعندما تمت الإصابة بالفاج المعلم بالفسفور المشع P32، وجد أن غالبية النشاط الإشعاعي داخل البكتريا العائلة. إضافة لذلك وجد بعد تحلل البكتريا، على بعض الفسفور المشع في نسل الفاج الناتج. ومن ناحية ثانية وعندما استعمل الفاج المعلم بالكبريت المشع S32 ظهرت كمية ضئيلة جدا من المادة المعلمة في بكتريا القولون العائلة او في نسل الفاج، فقد بقيت اغلب المادة المعلمة خارج البكتريا بشكل ممدص adsorbed إلى جدار الخلية البكتيرية. لذلك فقد وضح انفصال الحامض النووي الـ DNA للفاج من الغلاف البروتيني خلال عملية الإصابة. فالحامض النووي يدخل خلية العائل، ثم يحصل تضاعف الفاج phage replication ويظهر أن عمل الغلاف البروتيني أساسا يكون في عملية الامتصاص الخارجي. لم تقدم تجربة هيرشي وشاس في الحقيقة اثباتا واضحا على كون الحامض النووي الـ DNA هو المادة الوراثية للفاج. فقد وجد أن حوالي 20% من الكبريت المشع S35 قد دخل العائل مع الحامض النووي الـ DNA وعليه يمكن المجادلة بالتأكيد في قيام هذه الكمية الصغيرة بحمل معلومات وراثية وفي السنة التالية تم نشر نموذج واتسون- كريك وبدأت حقبة الأبحاث الموجهة لدراسة الحامض النووي الـ DNA.

وتمت البرهنة على عدم امكانية اجراء تجارب نظيفة على غرار تجربة هيرشي- شاس ما دامت إصابة البكتريا بالفاج الكامل تكون جزءا من الطريقة التجريبية وذلك لان زرق كمية صغيرة من البروتين تكون عاملا ضروريا لعملية الإصابة الطبيعية بالفاج وإذا امكن تجريد البكتريا من جدارها الخلوي لتكوين البروتوبلاست Protoplast فلا حاجة للفاج الكامل Intact phage لحدوث الإصابة. وبهذا يمكن ادخال الحامض النووي النقي للفاج إلى داخل البروتوبلاست ويستمر ظهور نسل الفاج

ويتضح من ذلك احتواء الحامض النووي الـ DNA لوحدة على جميع المعلومات الضرورية لبناء الفاج الوبائي (T2 phage T2 Virulent)

3- التجارب على الفايروسات التي تحتوي الحامض النووي RNA

يتكون فايروس مرض تبرقش نبات التبغ (TMV Tobacco Mosaic) من بروتين وحامض نووي. يهاجم الفايروس أوراق نبات التبغ ويسبب لها مرض التبقع، ويمكن أحداث الإصابة بحك (تخديش) أوراق التبغ ثم تعريضها لـ TMV يحدث الحك تمزق المنطقة ليتمكن الفيروس أن يدخل من خلالها إلى خلية العائل، وبعد أن تدخل وحدة واحدة من TMV لخلية العائل تتكون بعد مرور فترة مئات من النسل الجديد لـ TMV يمكن فصل البروتين الفيروس عن الـ RNA الخاص به بوضع الفيروسات في خليط من الفينول (حامض الكاربونيك) والماء، إذ ينتقل لـ RNA إلى الماء في حين ينتقل البروتين إلى الفينول وبعد ذلك يمكن فصل الفينول عن الماء والتخلص من الماء والفينول للحصول على كل من البروتين و RNA بصورة نقية. وإذا عرضت أوراق التبغ (المخدشة) لبروتين الفيروس فقط (المنقى) لم يلاحظ في خلايا أوراق التبغ نسلا جديدا من الفيروس، بينما إذا عرضت أوراق التبغ (المخدشة) لـ RNA الفيروس نقي نتجت مئات من ذرية الفيروس TMV (المتكون من بروتين و RNA الفيروس). مما يدل على أن الـ RNA المستخلص من الفيروس يحتوي على المعلومات الوراثية لبناء كلا من البروتين والـ RNA الفيروس داخل خلايا العائل

1- من أهم الفيروسات التي تحتوي على الـ RNA وبروتين تلك التي تهاجم الخلايا الحيوانية مثل فايروسات شلل الأطفال والأنفلونزا والتهاب الدماغ وبعض الفيروسات التي تهاجم الخلايا البكتيرية (الفاجات Phages او bacteriophages).

2- من الفيروسات التي تحتوي على الـ DNA والبروتين الملتهمات البكتيرية وفاج T و x 174 التي تصيب بكتريا القولون.

نظم تحديد الجنس

Sex determination systems

بذلت محاولات عدة لمعرفة النظم المسؤولة عن تحديد الجنس داخل الكائن الحي، والكشف عن الأسباب التي تجعل من البويضة الملقحة ذكراً أو أنثى. وأخيراً توصل العلماء لأن الفارق بين خلية الذكر وخلية الأنثى هو X المحتوى الكروموسومي، حيث يوجد لدى الأنثى كروموسوم إضافياً، بينما تحمل الذكور نسخة واحدة من كروموسوم X إضافة إلى لكروموسوم آخر يقترن معه أثناء الإنقسام الإختزالي، ولا يماثله من الناحية المورفولوجية وهو كروموسوم Y وكان الاقتراح أن كروموسوم X الإضافي هو المسؤول عن تحديد الجنس أطلق على الكروموسومات التي تحدد الجنس كروموسومات الجنس Sex chromosomes بينما تعرف بقية الكروموسومات بالكروموسومات الجسدية Autosomes

نظم تحديد الجنس Sex determination systems

توجد أنماط مختلفة لتحديد الجنس في الكائنات الحية ومن أشهرها:

نمط تحديد الجنس: (XX - XY)

هو نمط موجود في الإنسان وفي ذبابة الفاكهة، حيث يكون لدى الأنثى نسختين من كروموسوم X في حين أن الذكر يحتوي نسخة واحدة من كروموسوم Y بالإضافة إلى كروموسوم X

نمط تحديد الجنس: (XO -XX)

وهو نمط موجود في بعض الحشرات كالنحل والصراصر ويعني الرمز 0 ان كروموسوم (Y) غائب أو غير موجود في الذكر ، أما الأنثى فتحتوي كروموسومين جنسيين هما (XX).

نمط تحديد الجنس: (ZZ -ZW)

يوجد في الطيور وبعض الأسماك والفراشات وأبي دقيق، فالذكر يحوي كروموسومين متماثلين (ZZ) بينما الأنثى تحوي كروموسومين مختلفين (ZW)

في نوع من الحمام الذي يحمل عاملاً كريماً سائداً مرتبطاً بالجنس، أجري تزاوج بين أنثى رؤوسها رمادية $Zi W$ وذكور رؤوسها باللون الكريمي $Zi Zi$ (خليطة) وكانت نسبة أفراد الجيل الأول: أنثى رأسها رمادي، ذكر رأسه رمادي، أنثى رأسها كريمي، ذكر رأسه كريمي...وضح ذلك؟

في الطيور والفراشات نجد أن الأناث هو الجنس المختلف الجاميتات والذكر هو الجنس المتماثل الجاميتات

التركيب الوراثي للذكر ZZ

التركيب الوراثي للأنثى ZW

نرمز للجين المسؤول عن اللون الكريمي I ونرمز للجين المسؤول عن اللون الرمادي i

التركيب الوراثي للذكر $ZI Zi$ والتركيب الوراثي للأنثى $Zi W$

$P \quad IZiZ \times Zi W$

أنثى رمادية ZiW ذكر رمادي $ZiZi$ أنثى كريمة ZIW ذكر
كريمي $ZIZi$

الارتباط بالجنس Sex linkage

اكتشفت ظاهرة الارتباط بالجنس من خلال متابعة توارث صفة لون العين الأبيض في ذبابة الفاكهة، لاحظ مورجان Morgan عام 1910 م ، أثناء قيامه بتجارب تربية ذبابة الفاكهة من النمط ، البري ذو العيون الحمراء ، وجود ذكر ذو عيون بيضاء في النسل واستخدم هذا الذكر في عدد من التهجينات مع إناث حمر العيون فكانت النتائج كالتالي:

لقح مورجان إناث ذات عيون حمراء مع ذكور ذات عيون بيضاء ولاحظ بأن جميع ذبابات الجيل الأول $F1$ ذات عيون حمراء اما ذبابات الجيل الثاني ($F2$) لاحظ بأن حوالي ثلاثة أرباعها ذات عيون حمراء وحوالي ربعها ذات عيون بيضاء. ولكن عند تصنيف (ذبابات الجيل الثاني ($F2$) إلى الجنس ولون العيون، وجد مورجان بأن كل الإناث حملت عيون حمراء بينما نصف الذكور حمل عيوناً حمراء والنصف الآخر حمل عيوناً بيضاء ، أي أن العيون البيضاء وهي الصفة المتنحية كانت مقتصرة على الذكور فقط في الجيل الثاني .

كذلك أجري مورجان تلقيح متبادلاً وذلك بتلقيح إناث ذات عيون بيضاء مع ذكور ذات عيون حمراء ولاحظ بأن ذبابات الجيل الأول (بأن الإناث ذات عيون حمراء وأما الذكور $F1$) إلى الجنس ولون ($F2$) ذات عيون بيضاء ، ومن ذبابات الجيل الثاني العيون وجد مورجان أن نصف الإناث

ونصف الذكور ذات عيون بيضاء بينما النصف الآخر من الإناث والذكور ذات عيون حمراء .

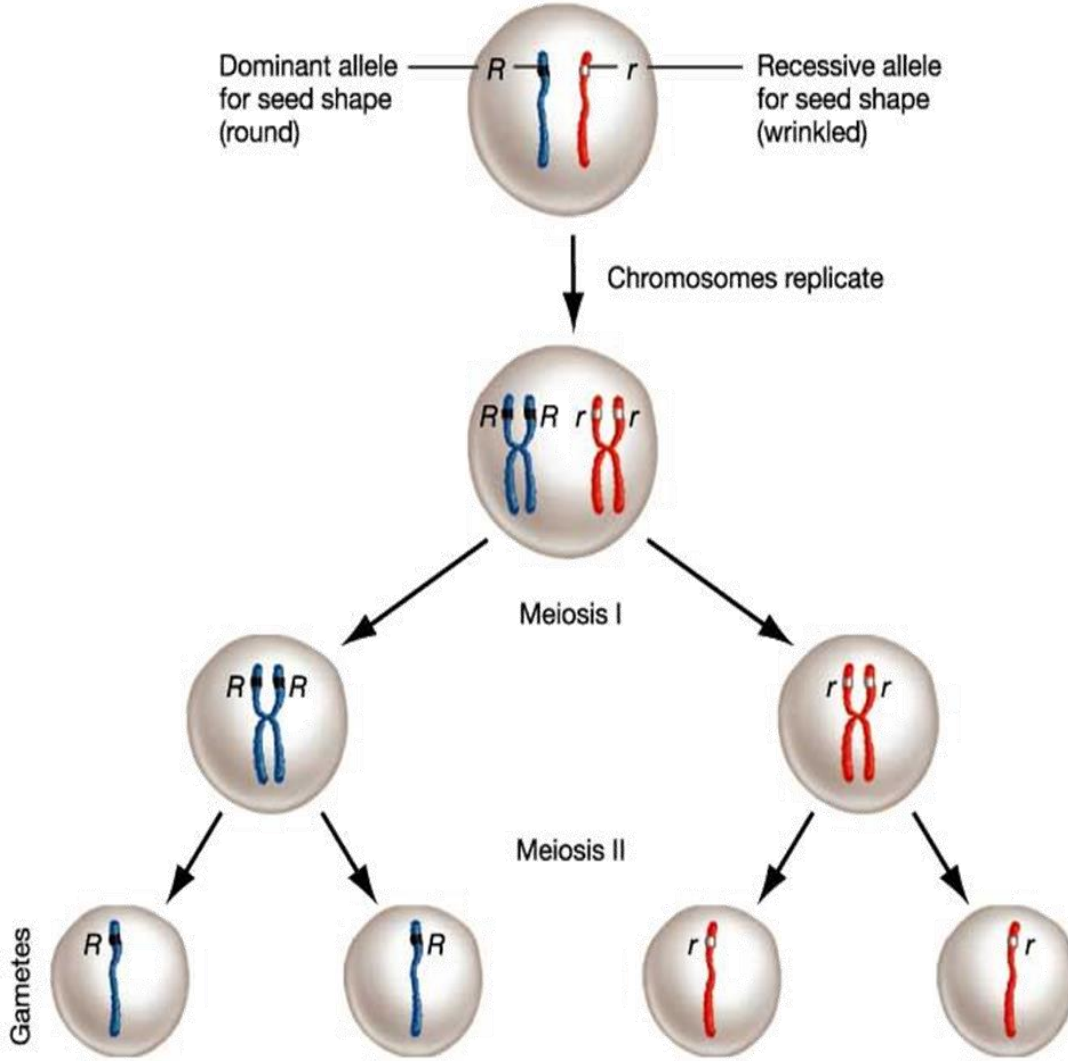
ولتفسير نتائج هذه التلقيحات التي تضمنت دراسة وراثية صفة لون العين في ذبابة الفاكهة أفترض مورجان بأن جين لون العين يقع على كروموسوم X وأن كروموسوم Y لا يحمل أليل لهذا الجين .

ولتوضيح هذه الفرضية يرمز لجين العين الحمراء السائد بـ w^+ ولجين العين البيضاء المتنحي بـ w ويمثل كروموسوم X بخط على شكل قضيب، ويمثل كروموسوم Y بخط نهايته معقوفة

الارتباط بالجنس في الإنسان

Sex linkage in Man

يحدث الارتباط بالجنس في الإنسان مثل ما يحدث في ذبابة الفاكهة وحيوانات كثيرة، ومن هذه الصفات الشائعة في الإنسان هي عمى اللون وبأخص للأخضر والأحمر - Red green color blindness حيث يوجد جين متنحي يقع على كروموسوم X مسؤولاً عن عمى الألوان وأن كروموسوم Y لا يحمل أليلاً لهذا الجين. وبذا يمكن بسهولة معرفة سبب ارتفاع نسبة عمى اللون في الذكور عن تلك في الإناث، وذلك لأنها تتعين بجين متنحي ويحمل الذكور كروموسوم X واحد أما الإناث فأنها تحمل كروموسومين لـ X الذي يؤدي إلى عدم - ظهور عمى الألوان في الإناث الخليطة.



توارث صفة عمى الألوان في الإنسان

الإليل المتنحي - يؤدي للإصابة بالمرض

الإليل السائد + يؤدي للسلامة من المرض

وكلا الإليلان يحملان على الكروموسوم الجنسي X

الأنثى ممكن تكون مصابة $X-X$

(حامله للمرض) خلية - $X+X$ او سليمة $X+ X+$ الذكر يكون إما مصاب $X- Y$ أو سليم $X+ Y$

سؤال/ تزوجت امرأة إبصارها عادي كان أبوها مصاباً بعمى الألوان برجل إبصاره عادي . ماهي نسب الأشكال المظهرية والتراكيب الوراثية المتوقعة في النسل الناتج ؟ بما أن المرأة كان أبوها مصاب فهي أذن حامله للمرض لأنها ورثت الكروموسوم X من الأب = X

تركيب الزوجة - $X+X$ = تركيب الزوج $X+ Y$ $X+X- \times Y X+ P$ $X+ X- Y X+ G$ F1 $X+X+, X+X-, X+Y, X-Y$

مثال اخر :

صفة أخرى مرتبطة بالجنس في الإنسان هي مرض الهيموفيليا أو سيولة الدم :النزف الوراثي (Hemophilia)والمقتصر كليا على الرجال والناتج من جين متحي مرتبط بالجنس ايضاً.

توارث مرض الهيموفيليا (سيولة الدم) في الإنسان

الإليل المتنحي h يؤدي للإصابة بالمرض

الإليل السائد + يؤدي للسلامة من المرض X وكلا الإليلان يحملان على الكروموسوم الجنسي X

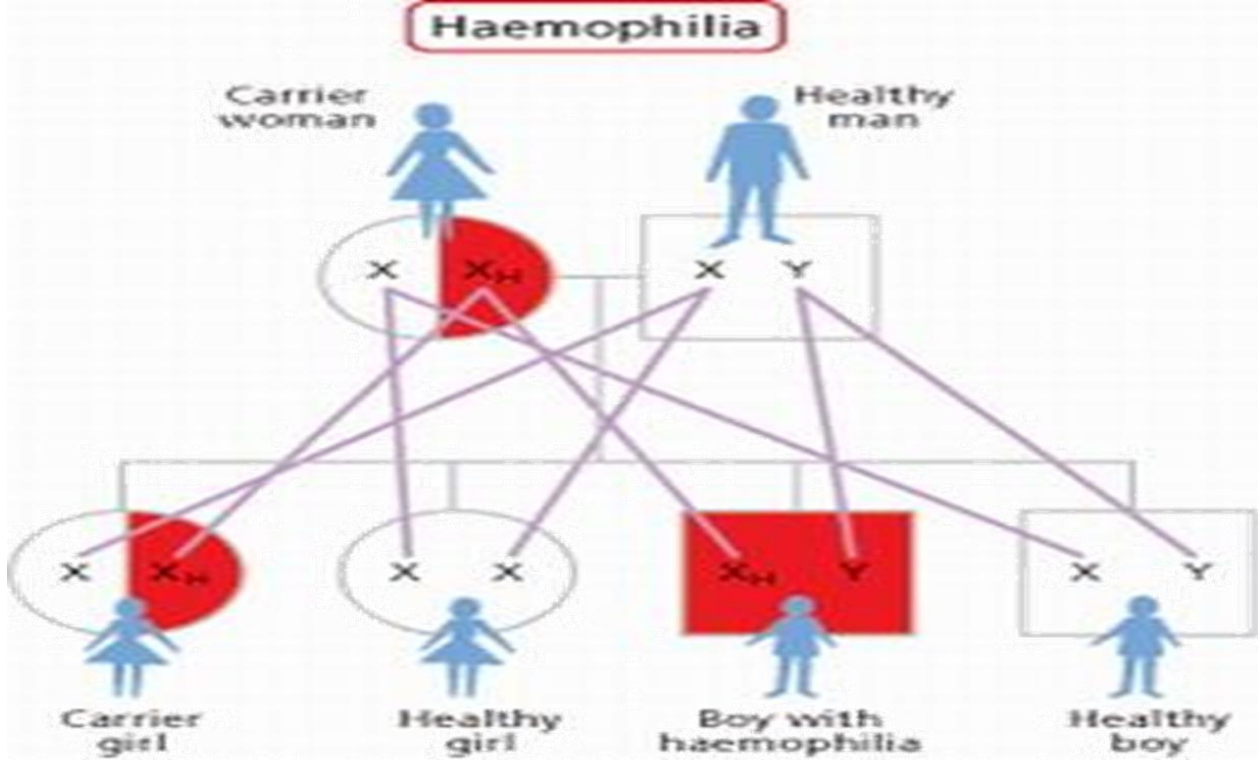
الأنثى ممكن تكون مصابة $Xh Xh$ او (حاملة للمرض) خليطة $Xh X+$

او سليمة $X+ X+$ والذكرا ما يكون سليم $X+ Y$ او مصاب $Xh Y$

مثال: رجل تجلط دمه عادي كان أبوه مصاباً بالهيموفيليا (مرض سيولة الدم) تزوج امرأة والدها مصاب بهذا المرض. ماهي فرصة ظهور الهيموفيليا في أبنائها؟ التركيب الوراثي للأم $X+ Xh$ والتركيب الوراثي للاب $X+Y$.

$X+Y$, XhY , $X+X+$, $X+Xh$, $XhXh$

فاذا تم التزاوج بين ذكر سليم وانثى حاملة. فما هي التراكيب الناتجة من ذلك؟



توارث صفة لون العين في ذبابة الفاكهة

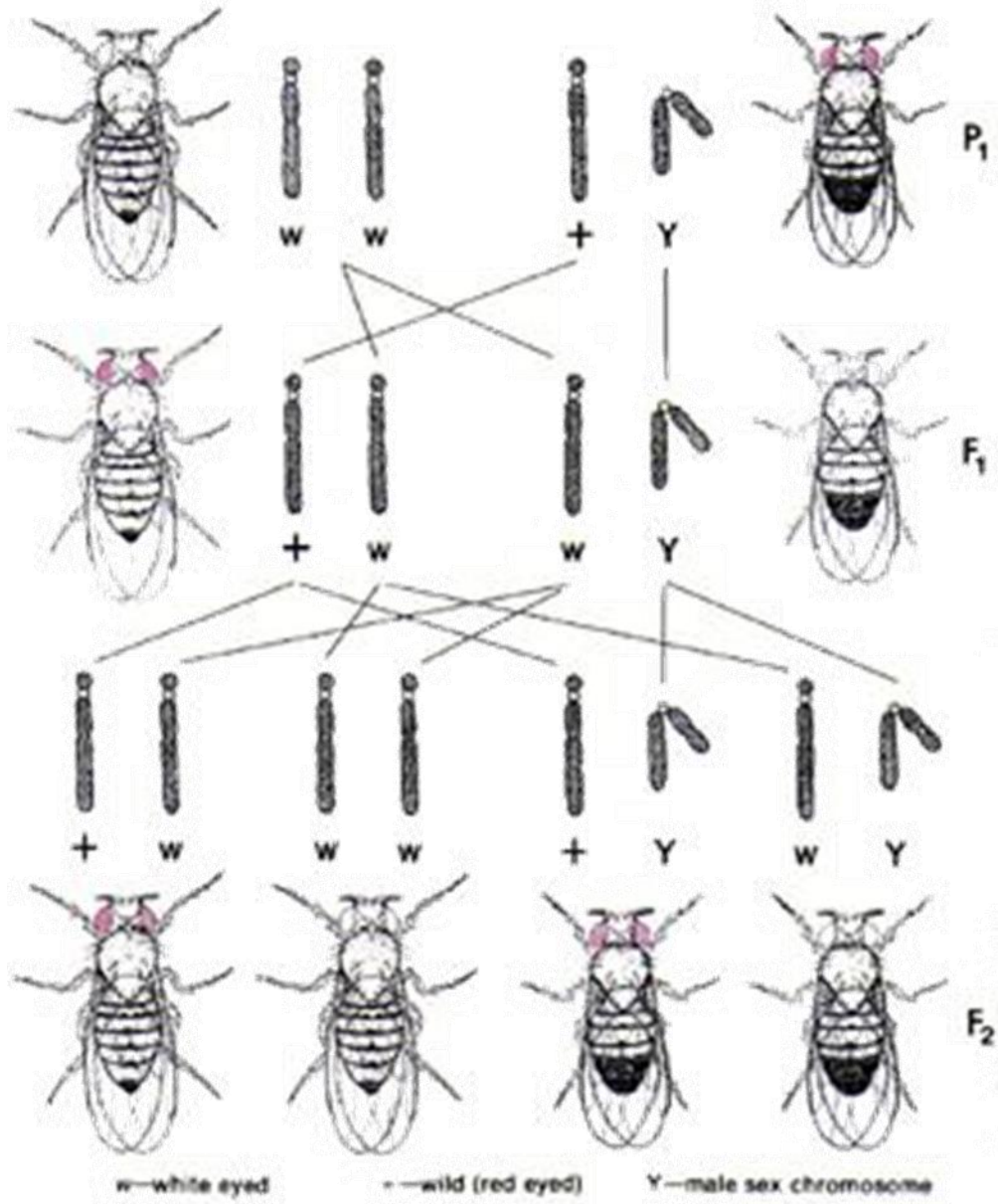
سؤال/ وضح بالتحليل الوراثي تزاوج أنثى ذبابة الفاكهة بيضاء العيون $X^w X^w$ ، مع ذكر أحمر العيون $X^+ Y$ علماً أن لون العين الأحمر سائد على الأبيض وأن الجين المسؤول عن هذه الصفة محمول على الكروموسوم X

توارث صفة لون العين في حشرة الدروسوفلا

الليل المتحى w خاص بلون العين الأبيض والليل السائد W خاص بلون العين الأحمر وكلا الأليلان يحملان على كروموسوم الجنس X .

الانثى ممكن ان تكون بيضاء العين $X^w X^w$ او حمراء العين (خليطة) $X^w X^W$ او حمراء اصيلة $X^W X^W$ اما الذكر $X^w Y$ فيكون ابيض العين أو $X^W Y$ أحمر العين.

سؤال/ وضح بالتحليل الوراثي تزاوج أنثى ذبابة الفاكهة حمراء العيون $X^W X^W$ مع ذكر أبيض العيون $X^w Y$ علماً أن لون العين الأحمر سائد على الأبيض وأن الجين المسؤول عن هذه الصفة محمول على كروموسوم X .



العبور الوراثي (c. o.) Crossing Over

يحدث العبور Crossing Over في عملية الانقسام الاختزالي Meiosis و خلال عملية الازدواج . Pairing كل خلية جسمية $2n$ (Somatic Cell) تعطي اربعة خلايا جنسية (n) مختلفة عن بعضها. ان هذه الاختلافات في الخلايا الجنسية هي نتيجة لحدوث العبور في عملية الانقسام الاختزالي. يحدث تبادل Exchange بين الجينات الموجودة على الكروميدات Chromosomes ويسمى هذا (العبور) ويكون لدى انتاج حبوب اللقاح Pollens التي هي الكميات الذكورية او البويضة Oval التي هي الكمية الانثوية وان الكميات الانثوية والذكورية تحتوي على نصف العدد الاصلي من الكروموسومات . ان عملية عبور الجينات تعتبر الاساس في حدوث التغيرات الوراثية Genetic Variations في الذرية Offspring والتي تحدث عاداتا في عملية التكاثر الجنسي. ان C.O. لا يحدث في التكاثر اللاجنسي لان الانقسام يكون اعتيادي Meiosis وكل خلية جسمية $2n$ تعطي خليتين جسميتين $2n$.

اذا كانت النباتات متماثلة الجينات Homozygous فأنها تعطي نفس الذرية بدون تغير لان الأليلات متماثلة و بذلك فالعبور لا يؤثر فيها. ان هذه الحالات تكون في السلالات النقية Inbred من النباتات خلطيه التلقيح والتي يتم اجراء تلقيح ذاتي لها ولعدة اجيال حتى نحصل على هذه السلالات النقية . Inbred اما في نباتات ذاتية التلقيح فنحصل على الخطوط النقية. Pure Line

ان كل كروموسوم يتضاعف ويكون زوج من الكروميدات المتشابهة وذلك يحصل في الانقسام الاختزالي كما ذكرنا سابقا. عبور المادة الوراثية (الجينات) بين الكروميدات يزيد الاختلافات الوراثية ويؤدي الى توزيع جديد لاليلات الجينات. توجد مواقع كسر واعادة التحام على الكروميدات وتسمى هذه المواقع الكايزما chiasma . ان مواقع الكسر واعادة الالتحام قد تكون في موقع واحد او اكثر. المثال التالي يوضح الامر:-:

في حالة حدوث كسر واحد في الكروميدات . One Break

في حالة حدوث كسر عدد اثنين في الكروميدات. Two Breaks

المثال أعلاه يوضح تبادل جينات معينة بين الكروميدات من خلال منطقة عبور واحدة أو أكثر وهذا الذي اسميناها العبور **Crossing Over** وعندما يتحد الكروميدان من جديد لتكوين كروموسوم جديد فالكروموسوم الجديد يكون مختلف عن الكروموسوم الأصلي من ناحية ترتيب الليلات الجينات. الاختلافات الوراثية تزداد كلما ازدادت مناطق الكسر و إعادة الالتحام.

ان العبور يحدث خلال عملية الانقسام الاختزالي والتي يؤدي الى تكوين الخلايا الجنسية الحاوية على نصف العدد الأصلي من الكروموسومات . في الانقسام الاختزالي يكون انعزال حر ومستقل للعوامل الوراثية (الجينات) وهذا يعني ان كل جين له تأثير معين وينعزل بصورة حرة ومستقلة في الجيل الثاني . **F2** المثال السابق حول تضريب نبات طويل احمر **TTRR** مع اخر قصير ابيض **ttrr** وتم الحصول على **F1** الذي هو **TtRr** وكما يلي:-

P. TTRR X ttrr

G. TR tr

F1 TtRr

وتم اجراء اختبار نسل **Test Cross** الافراد الجيل الاول **TtRr** من خلال تضريبه مع فرد يملك

الصفاتين تحت الدراسة ولكن بصورة متحفية وكما يلي:-

P. TtRr X ttrr

G. TR , Tr , tR , tr tr

F2 TtRr , Ttrr , ttRr , ttrr**1 : 1 : 1 : 1**

ان هذا يعني ان العوامل الوراثية (الجينات) قد انعزلت انعزالا مستقلا و بذلك خضعت لقانون مندل الثاني وان عبور لاليات الجينات قد حدث. اما اذا لم نحصل على النسب 1:1:1:1 فيعني ان العوامل الوراثية (الجينات) غير مستقلة في توزيعها و بالتالي فهي غير خاضعة لقانون مندل الثاني. هذا يحدث بسبب وجود ظاهرة تسمى ارتباط الجينات . **Linkage** هذه الظاهرة مهمة وهي تقلل الاختلافات الوراثية الا ان لها فوائد سنتكلم عنها بالتفصيل لاحقا.

ملاحظة:-

اذا كانت النباتات الخاضعة للانقسام الاختزالي ذات جينات متماثلة (تكون الليلات الجينات اما كلها متغلبة او كلها متنحية) اي متماثلة **Homozygous** فانها تعطي نفس الذرية لان الليلات متماثلة وبذلك فان العبور وان حدث لا يؤثر ولا يؤدي الى احداث اختلافات وراثية جديدة. المثال التالي يوضح الامر فعندما يحصل العبور في موقع واحد وتكون الليلات الجين متماثلة **Homozygous** يتكون الشكل التالي:-

الشكل يبين بان تسلسل الجينات في الذرية هو نفسة كما في الاباء وبذلك فان العبور ليس له تأثير في احداث اختلافات وراثية جديدة.

الارتباط:- Linkage

ان عدم حدوث عملية العبور **Crossing Over** يعني بان كافة الجينات الموجودة على الكروموسوم سوف يتم توارثها سويتا. في الحقيقة ان هذه الحالة نادرا ما تحدث ولكن قد تحدث عندما تكون المسافة بين جينين واقعين على نفس الكروموسوم قليلة جدا ومرتبطن بقوة و بدأ تكون فرصة ضعيفة جدا لحدوث مناطق عبور وفرصة اكبر للصفتين المسيطر عليهما من قبل هذين الجينين

المرتبطتين بقوة بان يتم توارثهما سوياً. ان حالة التقارب بين الجينات والتي تؤدي الى ظاهرة عدم العبور تسمى بالارتباط . Linkage في حالة الارتباط لا يكون انعزال حر للعوامل الوراثية Genes وفي الجيل الثاني F2 وعندما نعمل تضريب اختباري Test Cross مع نبات يحمل الصفتين المتنحيتين النقيتين لا نحصل على النسب المتدلئية 1:1:1:1 كما شاهدنا في المثال السابق في موضوع العبور. ان الارتباط يقلل من مستوى الاختلافات الوراثية Genetic Differences وهذا طبعا غير جيد لان الحصول على الاختلافات الوراثية يزيد قدرة عالم الوراثة ومربي النبات على الانتخاب الكلي Bulk Selection او انتخاب النبات الفرد Single Plant Selection . يوجد للارتباط فائدة هامة في حالات خاصة ومثال على ذلك عندما تكون الجينات المرتبطة والتي تتوارث سوياً مسيطرة على صفات معينة ومهمه مثل الانتاجية العالية للنبات وفي نفس الوقت المقاومة العالية لمرض خطير ومعروف وبهذا تكون لظاهرة الارتباط فائدة كبيرة في توارث هاتين الصفتين الجيدتين سوياً. نستنتج بان الارتباط لا يؤدي الى الحصول على توافقات جديدة New Recombination بل تبقى التوافقات الابوية Parental Combination على حالها . اما عند حدوث العبور فان توافقات جديدة New Recombination سوف تتكون وتسمى هذه التوافقات الجديدة بالأفراد العابرة Crossing Over Types بالإضافة الى التوافقات الابوية Parental Combination الاصلية.

ان العبور Crossing Over وحدوثه يعتمد على النقاط الاتية:-

1- طول الكروموسوم والمسافة بين الجينات Chromosome Length and Distance Among Genes، حيث كلما زاد طول الكروموسوم والمسافة بين الجينات زادت نسبة العبور والعكس صحيح. Vice Versa

2-نسبة حدوث التقاطعات الكروموسومية او ما يسمى بالكيازما Chiasmi والتي تعرف بانها النقاط التي يتم من خلالها تبادل اجزاء او قطع الكروميدات اثناء عملية العبور. كلما ازدادت التقاطعات الكروموسومية زادت نسبة العبور.

Chromosome Mapping الخرائط الكروموسومية

ان الخرائط الكروموسومية او الوراثة Genetic Mapping هي تعين مواقع الجينات وترتيبها Genes Locations and Arrangements على امتداد طول الكروموسوم ثم تبيان المسافات التي تفصل الجينات عن بعضها. يمكن القول بعبارة اخرى بان الخريطة الوراثة Genetic Map هي رسم تخطيطي يصور ترتيب العوامل الوراثة (الجينات) على الكروموسومات بناء على تكرارات حدوث الاتحادات والتوافيق الجديدة. ان الفكرة هو استخدام الاختلاف في درجة الارتباط بين الجينات مقاسة بنسبة التراكيب او التوافقات الجديدة والتي ترتبط بالاختلافات في المسافات التي تفصلها. ان التوافقات الجديدة للجينات تنشأ نتيجة للعبور الوراثي وهي عملية يحصل خلالها كسر وتبادل والتحام للأجزاء الكروموسومية المتشابهة.

ان رسم الخرائط الوراثة يهدف الى :-

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

5- ان تحديد الخرائط الوراثية لنوع النبات تساعد المربي والباحث الوراثي على رسم البرامج الدقيقة لتربية محصول معين وذلك بتحديد الكروموسومات ومواقع الجينات عليها والوجب نقلها من سلالة لأخرى. ان الخارطة الوراثية يمكن تصورها من خلال فهم عملية العبور وتحديد نقاط الكيازما (نقاط العبور) وكما يلي:-

نسبة الكيازما = $2 \times$ نسبة العبور (الاتحادات الجديدة)

نسبة العبور = $2/1$ نسبة الكيازما .

نأخذ الامثلة التالية لتوضيح الامر:-

1- اذا ظهرت الكيازما بين المواقع الجينية A , B بنسبة 30% للتركيب الوراثي AB/ab . فما هي نسبة الكميات العابرة (غير الابوية) والكميات الابوية؟

الجواب:-

نسبة العبور = $2/1 \times$ نسبة الكيازما

نسبة العبور = $2/1 \times 30\% = 15\%$

وهذه تمثل التوافقات الجديدة اي غير الابوية .

$85\% = 100\% - 15\%$ وهذه تمثل التوافقات الاصلية اي الابوية.

2- اذا ظهرت الكيازما ما بين المواقع الجينية C,D بنسبة 20% للتركيب الوراثي CD/cd فما هي نسبة الافراد الابوية والتوافقات الجديدة؟

الجواب:-

نسبة العبور = $2/1$ نسبة الكيازما

نسبة العبور = $2/1 \times 20\% = 10\%$ نسبة الافراد الجديدة الغير الابوية.

$90\% = 100\% - 10\%$ نسبة الافراد الابوية.

ان ترتيب مواقع الجينات على الكروموسوم يمكن معرفتها من خلال نظرية الاحتمالات Probability Theory اما حسابيا للجينات القليلة العدد او استعمال الحاسوب الفائق السرعة لعدد الجينات الكبير. المثال التالي يوضح الامر:-

المسافة بين (A-B) هي B,A هي 12 وحدة وراثية و المسافة (B-C) هي 7 وحدة وراثية والمسافة

(A-C) هي 5 وحدة وراثية. كيف يتم ترتيب مواقع الجينات على الكروموسوم؟

الجواب:-

يجب ان نفرض مجموعة من الفرضيات (الاحتمالات) حتى نصل الى الجواب الصحيح.

1-نفرض ان الجين A يقع في المنتصف.

C-----5-----A-----12-----B

C-----7-----B

عندما افترضنا ان A يقع في المنتصف فان $BC=5 + 12= 17$ وحدة وراثية الا ان السؤال يصرح ان BC هو 7 وحدة وراثية ، وبهذا فان الفرضية الاولى خطأ.

2-نفرض ان الجين B يقع في الوسط.

C -----7-----B-----12-----A

C -----5---A

ظهر ان $AC = 12+ 7= 19$ بينما السؤال يذكر بان $AC=5$ وبذلك فان فرضية B تقع في المنتصف هي خطأ ايضا.

3-نفرض ان الجين C يقع في المنتصف.

B-----7-----C-----5-----A

B-----12-----A

الفرضية الثالثة التي تقول ان C يقع في المنتصف هي فرضية صحيحة لان

$$CB=7$$

$$AC=5$$

$$AB=12$$

النتيجة ان ترتيب الجينات على الكروموسوم هي (ACB) وهي تمثل الخارطة الوراثة.

مثال/ اظهرت نتائج بعض التضريبات المظاهر التالية :

224 نبات بيضاء الازهار طويلة و 223 نبات حمراء قصيرة و 372 نبات بيضاء قصيرة و 371 نبات حمراء طويلة ففي هذه الحالة تكون

1- نسبة الاتحادات الابوية = $(371+372) \backslash$ المجموع الكلي (1190) = 62.44%

2- نسبة الاتحادات الجديدة = $(223+224) \backslash$ المجموع الكلي (1190) = 37.56%

3- نسبة الكيازومات = نسبة الاتحادات الجديدة $\times 2 = 2 \times 37.56 = 75.12\%$

اما المسافة بين الجينين فتساوي نسبة الاتحادات الجديدة = 37.56 وحدة وراثية .

التهجين العكسي والوراثة السيتوبلازمية Reciprocal Crosses and Cytoplasmic Inheritance

التهجين العكسي هو تضريب بين نباتين وكمثال على ذلك النباتين A , B واعتبار A هو ذكر Male و B هو انثى Female ، ثم القيام بتضريب اخر بين نباتين متماثلين واعتبار A هو انثى و B هو ذكر. لقد وجد ان هناك اختلافات بين هذين التهجينين والسبب هو اختلاف كميات السيتوبلازم . ان هذا يؤدي الى الشك بوجود توريث سيتوبلازمي خارج النواة . ان التوريث السيتوبلازمي يكون من خلال سيتوبلازم النبات الام (سيتوبلازم البويضة). ان اصغر وحدة وراثية خارج الكروموسوم في النواة تسمى بلاسموجين Plasmogene و يطلق على مجموع البلاسموجينات التي تحتويها الخلية البلاسمون plasmon . المثال التالي يوضح الامر.

ان صفة الورقة المخططة في الذرة الصفراء محكومة بالوراثة السيتوبلازمية والمخطط التالي يوضح الامر بجلاء:-

اذا تم تضريب نبات ذرة صفراء ذات ورق مخطط واعتبر هذا النبات ذكرا ونرمز له بالرمز A مع نبات ذرة صفراء ذات ورق اخضر واعتبر هذا النبات انثى ونرمز له بالرمز B وكما يلي:-

A Male X B Female

ورقة مخططة

ورقة خضراء

ان الجيل الاول F1 كله يحتوي نباتات ذات اوراق خضراء اللون.

ثم نقوم بآلته جين العكسي وكما يلي:-

A Female X B Male

ورقة مخططة

ورقة خضراء

ان الجيل الاول F1 يحتوي على نباتات ذرة صفراء على ثلاثة اشكال وهي:-

نباتات خضراء الاوراق

نباتات مخططة الاوراق

نباتات بيضاء الاوراق

ان هذا التضريب يبرهن على ان النبات الاثنى هي التي تورث الصفة عن طريق التوريث الساييتوبلازمي.

Cytoplasmic Inheritance الوراثة الساييتوبلازمية

وهي الوراثة المعتمدة على وحدات وراثية Genetic Factors موجودة في السيتوبلازم Cytoplasm ونقصد انها موجودة خارج النواة Outside Nucleus ولكن ضمن الخلية نفسها. لقد وجد ان حوالي 98 – 99 % من كمية DNA التي تتكون منها الجينات Genes موجودة داخل نواة الخلية Inside Nucleus اما البقية الباقية من DNA والتي تمثل 1-2 % فتوجد في السيتوبلازم ونقصد هنا في العصيات خارج النواة والسابحة في سيتوبلازم الخلية ومنها الميتاكوندريا Mitochondria والكلوروبلاست Choloroplast. بالرغم من قلة كمية DNA غير الكروموسومي Non Chromo somatic DNA الموجودة في السيتوبلازم الى كمية DNA الكروموسومي Chromo somatic DNA الموجودة في النواة Nucleus الا ان DNA غير الكروموسومي يلعب دورا مهما في عمليات التنفس Respiration وتصنيع البروتين Protein Synthesis والتركييب الضوئي Photosynthesis. ان DNA غير الكروموسومي الموجود في سيتوبلازم الخلية يعمل على اقامة نظام وراثي Genetic System خارج النواة Outside Nucleus يسمى بالوراثة الساييتوبلازمية Cytoplasmic Inheritance . في الوراثة الساييتوبلازمية ، الجينات الموجودة في الساييتوبلازم مستقلة وذات تضاعف ذاتي لاحماضها النووية ولا تختلف عن الجينات في النواة الا من خلال موقعها المكاني في الخلية . ان DNA غير الكروموسومي لا يتبع في توارثه القواعد العامة للوراثة المنديلية التي تم ذكرها سابقا.

ان الادلة التي تبرهن على وجود الوراثة الساييتوبلازمية تتضمن ما يلي:-

1- في التهجينات العكسية Reciprocal Crosses نجد انحراف عن الوراثة المنديلية للجين المتحكم بصفة معينة كما تكلمنا عنها سابقا.

B Male X A Female

Or

B Female X A Male

ان الاختلافات في نتائج التهجينات العكسية تشير الى كون احد الاباء (الام عادتاً) لها تأثير اكبر من الاب في وراثة الصفة تحت الدراسة.

2- الخلية التكاثرية للأنثى تحتوي على كمية اكثر من السيتوبلازم و العصيات السيتوبلازمية مقارنة بالخلية الذكرية.

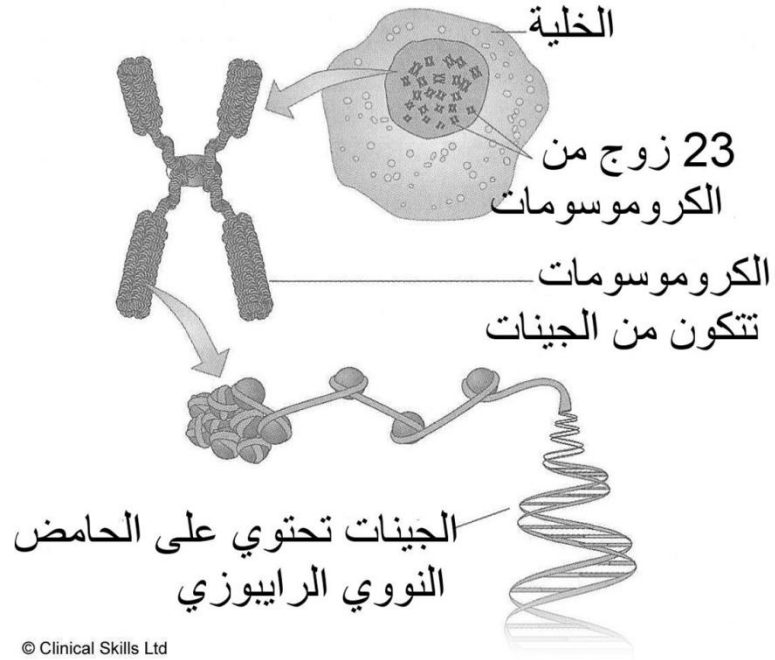
3- ان توريث الصفات دون توريث جينات نووية يؤيد التوريث السيتوبلازمي اي توريث الصفة تحت الدراسة بسبب وجود جين معين في السيتوبلازم.

ما هي الجينات؟ وما هي الكروموسومات؟

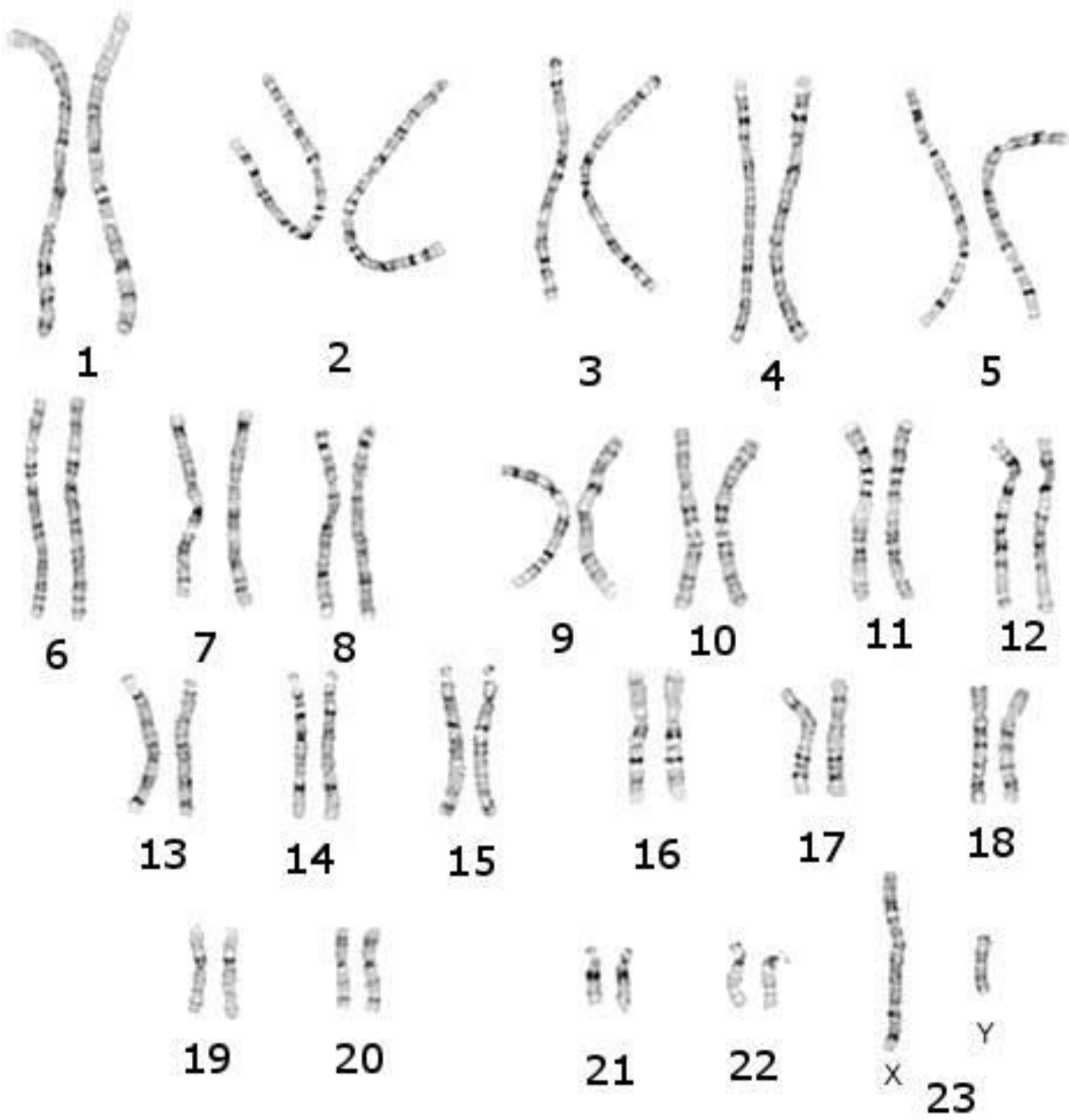
تتكون أجسامنا من مليارات الخلايا، ومعظم هذه الخلايا تحتوي على مجموعة متكاملة من الجينات، وتتصرف الجينات كمجموعة من التعليمات مسيطرة على نمونا وكيفية عمل أجسادنا، كما انها مسؤولة عن الكثير من خصوصياتنا مثل لون العين، وفصيلة الدم، والطول...

تحمل الجينات على مجموعة من الخيوط المتشابكة و الملفوفة ببعضها البعض كبكرة الخيط و يعرف هذا التركيب بالكروموسومات، تحتوي كل خلية جسدية على 46 كروموسوم، بحيث يرث الفرد 23 كروموسوما من الأب و 23 كروموسوما من الأم، و عليه يكون لدى كل فرد 23 زوجاً من الكروموسومات، و بما أن الجينات محتواه في هذه الكروموسومات، فان كل فرد لديه في الغالب نسختين من كل جين (واحدة من الأب و الأخرى من الأم)، و هذا هو سبب وجود تشابهة في الصفات

الظاهرية بين الآباء و الأبناء، تتكون هذه الكروموسومات- والجينات- من مركب كيميائي يعرف بالحمض النووي كما في الشكل التالي.



تظهر الكروموسومات مرقمة من 1 الى 22 و هي متشابهة بين الذكور و الاناث، و تسمى هذه ال 22 زوج من الكروموسومات بالكروموسومات الجسدية. بالنسبة للزوج ال 23 من الكروموسومات فهو يختلف باختلاف الجنس و لذلك فانه يعرف بزوج الكروموسومات الجنسية، و يوجد نوعان من الكروموسومات الجنسية يعرف الأول بكروموسوم X و الثاني بكروموسوم Y. و تحمل الأنثى نسختين من كروموسوم (X) ترث احداها من الأم و الأخرى من الأب، في حين يحمل الذكر نسخة من كروموسوم X يرثه من الأم و نسخة من كروموسوم Y يرثه من الأب . (XY) والشكل التالي يبين ذلك.



الكروموسومات مرتبة بناءً على أطوالها (كروموسوم رقم 1 هو الأطول)، الزوج الأخير من الكروموسومات هو عبارة عن الكروموسومات الجنسية.

التغير في الكروموسومات

من المهم جدا أن يكون لدى الفرد الواحد العدد الصحيح من الكروموسومات. ذلك لأن الجينات التي تعطي الأوامر للخلايا في أجسامنا محمولة على هذه الكروموسومات. و أي تغير يحدث في عدد الكروموسومات أو في حجمها أو تركيبها قد يؤدي الى تغير في المادة الوراثية، و قد يترتب على ذلك اصابة الفرد بتأخر في النمو، عدم القدرة على التعلم و مشاكل صحية أخرى.

من الممكن وراثه التغير في الكروموسومات من أحد الأبوين، الا ان الحالات الأكثر شيوعا لحدوث تغير في الكروموسومات يكون نتيجة خلل يحدث عند تكون البويضة أو الحيوان المنوي. كما يمكن أن يحدث هذا الخلل عند التقاء الحيوان المنوي و البويضة. جميع هذه التغيرات قد تحصل دون أن يكون لأي فرد القدرة على السيطرة عليها أو تصحيحها.

هناك نوعان أساسيين للتغيرات التي يمكن أن تطرأ على الكروموسومات:

1-تغير في عدد الكروموسومات. ينتج هذا النوع نتيجة لوجود نسخ اضافية أو نسخ محذوفة لكروموسوم معين.

2-تغير في تركيب الكروموسومات. ينتج هذا النوع نتيجة لتغير في تركيب أو ترتيب المادة الكروموسومية الناتجة عن وجود مادة اضافية أو مادة محذوفة من الكروموسوم مع عدم حدوث تغيير في العدد الكلي للكروموسومات. في هذه المطوية سنتعرض لأنواع الرئيسية للتغيرات (الطفرات) التركيبية للكروموسومات و هي: الانتقاص، التكرار، الإدخال، الانقلاب و التكوين الحلقي للكروموسومات. و اذا رغبت التعرف على التغير الانتقالي فالرجاء الاطلاع على مطوية الانتقالات الكروموسومية.

التغير في عدد الكروموسومات.

الانقسام الاختزالي ينصف او يختزل العدد الكروموسومي إلى نصف فان ناتج العملية يكون احادي المجموعة الكروموسومية $n = \text{Haploidy}$ واثناء تكوين البيضة المخصبة Zygote (تدعى الخلايا بثنائية المجموعة الكروموسومية $2n$ (Diploidy) وهذه ميزة للنباتات والحيوانات حيث تحتوي على مجموعتين متماثلتين Two homologous complement في الخلايا الجسمية في الانسان تحتوي على 46 كروموسوم والتي يطلق عليها $2n$ (Diploidy) ثنائية المجموعة الكروموسومية شكل أدناه ، الكميات الناضجة تمتلك 23 كروموسوم او haploid ((n احادي المجموعة الكروموسومية، في حين يطلق التعدد الكروموسومي او التضاعف المجموعي Poly ploidy عندما تمثل المجموعة الكروموسومية باكثر من مرتين $N3$ او $N4$ او $N5$ يطلق عليها ثلاثية المجموعة الكروموسومية . Triploidy

بعض انواع التغيرات العددية في الكروموسومات

التسمية الهيئة الكروموسومية

Tetraploidy 92,xxyy

Triploidy 69,xxxy

Trisomy 21 47, xx+21

Trisomy 18 47, xy+18

Trisomy 13 47, xx+13

Trisomy 16 47, xx+16

Klinefelter syndrome 47, xxxy

Trisomy x 47, xxx

Turner syndrome 45, x

Variant of klinefelter syndrome 49, xxxxy

احادي المجموعة الكروموسومية Haploidy

يمثل حالة احادية المجموعة الكروموسومية في الطور المشيجي. الخلايا الجنسية في النباتات الزهرية والحيوانات خاصة الراقية منها وليس الطور ثنائي المجموعة الكروموسومية والذي يمثل بالخلايا الجسمية، أي ما يماثل الطور السبوري في الكائنات الواطنة النباتية خاصة.

يلاحظ احياء احادية المجموعة الكروموسومية بطبيعتها كالنباتات الواطنة والحزازيات والسرخسيات والسبوريات احادية المجموعة الكروموسومية.

يمكن الحصول على نباتات احادية المجموعة الكروموسومية وذلك بتحفيز الازهار بالاشعاع او المواد الكيماوية وتبدأ البيضة غير المخصبة بالنمو وتكوين بذور ولكن انقسامها الاختزالي غير منتظم وكمياتها متباينة العدد الكروموسومي وذات درجات مختلفة من العقم نتيجة عدم التوازن الكروموسومي للكميات. يطلق مصطلح احادي المجموعة الكروموسومية Monohaploidy على النباتات الناشئة من انواع ثنائية المجموعة الكروموسومية.

فائدة الكائنات احادية المجموعة الكروموسومية من الناحية الوراثة والتضريبية:-

1. امكانية تضاعف كروموسوماتها لاجنسيا باستخدام الكولجسين.
2. تكوين البذور نتيجة الاخصاب الذاتي فيحصل تضاعف في عدد كروموسوماتها وبذلك نحصل على نباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية بعد المعاملة بالكولجسين نحصل على رباعي المجموعة الكروموسومية وتكون هذه المجاميع متماثلة ومتجانسة في جميع جيناتها تجانسا تاما وتدعى بـ Autopoly ploidy .
3. لمعرفة طبيعة المجموعة الكروموسومية الاساسية كالعدد الاساسي الحقيقي وكشف التكرارات بدراسة سلوكها اثناء الانقسام الخيطي الجسمي والاختزالي.

التعدد الكروموسومي (تضاعف المجموعة الكروموسومية) Polyploidy

تمتلك الحيوانات والنباتات في هذه الحالة أكثر من مجموعتين احاديتين من الكروموسومات أي تضاعف المجموعتين الكروموسوميتين الموجودتين في فرد ثنائي المجموعة، وهذه تحصل اما من خلال:

1. تضاعف جسمي Somatic doubling

تحصل نتيجة تضاعف الكروموسومي في الخلايا الجسمية وهذه تحصل اما:

أ: بسبب اجتماع خليتين بنويتين دون انقسام السايكوبلازم cytokinesis.

ب: عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة.

ج: تحفيز الخلايا عن طريق المعاملة بالكولجسين او المواد الكيماوية التي تمنع تكوين الياف المغزل والتي تمنع حركة الكروموسومات من منطقة استواء المغزل نحو القطبين.

2. تضاعف مشيجي (كميتي) Gametic doubling

تنتج من تزاوج مشيجين لم تختزل كروموسوماتها في كليهما او احدهما ويكون حدوثها اكثر من النوع الاول وينشا من عدم حدوث انقسام اختزالي في مرحلة تكوين الامشاج او نشوء امشاج من خلايا امية حدث فيها تضاعف كروموسومي لسبب ما وكذلك من عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة عن بعضها في مرحلة تكوين النطف.

الفرد ثنائي المجموعة الكروموسومية يتضمن زوج من الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosomes. فاذا حمل ازواجا من الجينات المتماثلة فيطلق عليها متجانس وراثيا Homozgous اما اذا حمل الكروموسوم المقابل طفرة في جين او اكثر يكون الكروموسوم الاخر غير متجانس وراثيا Heterozygous.

تصنف التغيرات الكروموسومية العديدة او الكمية إلى نوعين:

1-التضاعف المجموعي الكامل او الحقيقي Euploidy

تبقى المجموعة الكروموسومية في حالة توازن دون زيادة او نقصان كروموسوم واحد او اكثر من المجموعة بعد تضاعفها.

2. التضاعف المجموعي غير الكامل او غير الحقيقي

Aneuploid

في هذا النوع يفقد التوازن للمجموعة الكروموسومية بسبب زيادة او فقدان لواحد او اكثر من الكروموسومات ($n+12$) ثنائي المجموعة الكروموسومية ثلاثي الكروموسوم Trisomy والـ ($n+2$) Tetrasomy

التضاعف المجموعي الحقيقي يضم نوعين:

أ: التعدد المجموعي الذاتي Autopolyploidy

تتميز خلاياه بحتوائها على مجاميع كروموسومية متماثلة ولكل كروموسوم اكثر من نظير واحد نتيجة فشل يحدث في الانقسام الخيطي او الاختزالي بسبب المواد الكيماوية او الحرارة او باستعمال الكولجسين (colchicines) او قد تحتوي احد الامشاج (الكميات) على مجموعة ثنائية Diploid فاذا خصبت بنوع من الامشاج يحتوي على مجموعة احادية Haploid ينتج بيضة مخصبة تحتوي على ثلاث مجاميع كروموسومية، او تحصل هذه الحالة بتلقيح نطفتين ذكورية بويضة واحدة وينتج عنه بيضة مخصبة ذات ثلاث مجاميع كروموسومية.

ب: التعدد المجموعي الخلطي Allopolyploidy

ناتجة من وجود مجاميع كروموسومية مختلفة تابعة إلى أنواع أو اجناس مختلفة وهذه الحالة نادرة الحصول في الحيوانات ولكن شائعة في النباتات بسبب حالة الهجن التي تكون عقيمة لكون توزيع الكروموسومات سيكون غير منتظم.

التضاعف المجموعي غير الحقيقي Aneuploidy:

التعدد المجموعي لجزء من المجموعة أو المجاميع الكروموسومية التابعة لفرد من الأفراد إذ يحدث تضاعف كروموسوم واحد أو أكثر ضمن المجموعة الثنائية للكائن الحي والذي يحدث بسبب:

1. اخفاق انفصال الكروماتيدات لاحد الكروموسومات في الانقسام الاختزالي.

2. عدم اقتران احد الكروموسومات في الطور التمهيدي الاول الذي ينشا عنه توزيع عشوائي لكروموسومين وبالنتيجة يذهب كلا الكروموسومين الشقيقين إلى احد الاقطاب وبالتالي يتكون لدينا مشيجان احدهما يمتلك كروموسوم اضافي والآخر ناقص الكروموسوم وعند اتحادهما بمشيج اعتيادي اخر في الحالة الاولى يكون ثلاثي الكروموسوم Trisomic اما الحالة الثانية فيكون ناقص الكروموسوم واحد (احادي الكروموسوم) Monosomic

اهمية الحالة الثنائية الوراثة

1. يمتلك جينات لاتمتلك اليات لها فهي تسمح بمتابعة الجين المتنحي بشكل مفرد.
2. تحديد قيمة الارتباط والعبور في النسل.

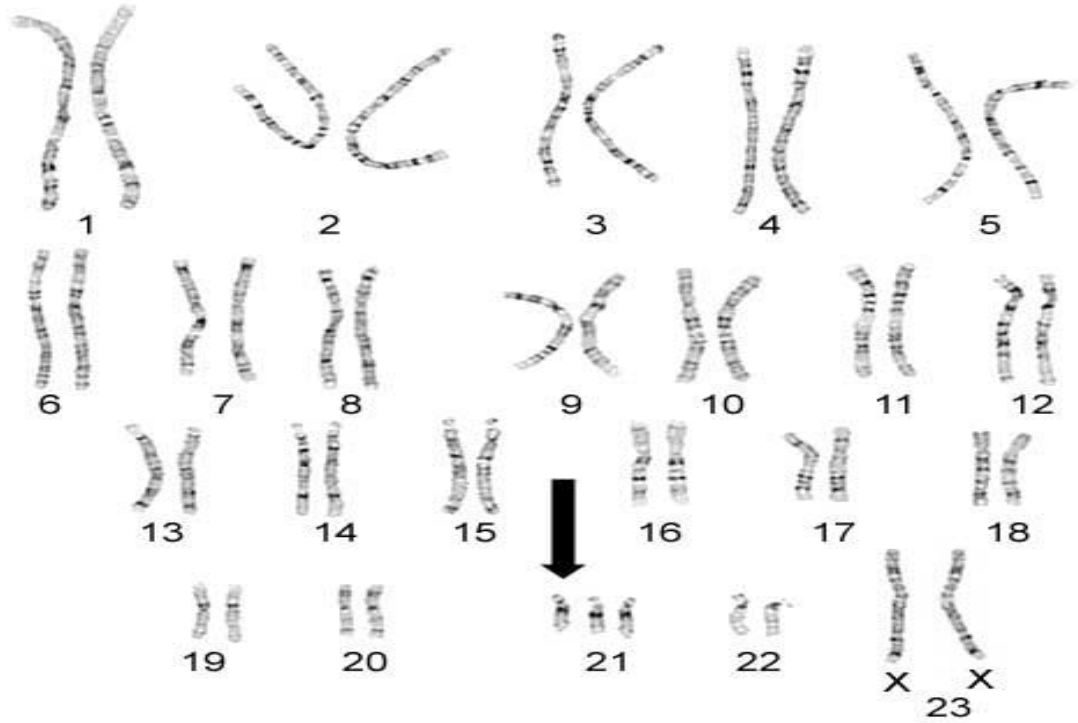
بعض التغيرات الكروموسومية في الانسان

اولا: التغيرات في الكروموسومات الجسمية

1. متلازمة داون (المنغوليا) (Down s syndrome (Mongolism

ينتج هذه الحالة المرضية بسبب زيادة كروموسوم واحد في الزوج الحادي والعشرين، والذي يصبح بثلاثة كروموسومات بدلا من الحالة الثنائية، والزيادة

هذه ناتجة عن عدم انفصال زوج الكروموسومات الجسمية رقم 21 انفصالا طبيعيا في احد الابوين اثناء الانقسام الاختزالي، البعض يرجح الام المتقدمة في السن، يمكن تشخيص اطفال هذه الثلاثية عن طريق تحليل الهيئة الكروموسومية Karyotype الشكل أدناه يتصف المصاب بهذا المرض بالتخلف العقلي وقصر القامة وذا وجه متسع دائري وجبهة بارزة وانف مضغوط وتكون جفونه كجفون المنغوليين.



2. متلازمة بتيوز (Patau syndrome (Trisomy 13

تنتج هذه الحالة بسبب وجود كروموسوم رقم 13 بثلاث نسخ مما يؤدي إلى حصول زيادة في عدد الكروموسومات إلى 47، يؤدي وجود هذه الزيادة إلى حصول تشوهات جسمية للأعضاء الداخلية والخارجية وتخلف عقلي.

3. متلازمة ادوارد (Edwards syndrome (Trisomy 18

تنتج هذه الحالة بسبب وجود كروموسوم 18 بثلاث نسخ بدل الحالة الثنائية مما يؤدي إلى حصول زيادة في عدد الكروموسومات إلى 47، يتميز افراد هذه الحالة بتخلف عقلي وتشوهات في الهيكل العظمي.

4. متلازمة صراخ القطط Cridu chat syndrome

تحصل هذه الحالة نتيجة حصول فقدان لقطعة صغيرة من الذراع القصير لكروموسوم رقم 5، مما يؤدي إلى الاطفال يصرخون بشكل يشبه مواء القطط مصحوبين بتخلف عقلي وضعف نمو الراس.

تحتوي كل خلية في جسم الانسان على 46 كروموسوم. الا انه في بعض الحالات يولد الطفل حاملا عدد كروموسومات أقل او اكثر من العدد الطبيعي. و عليه فان الطفل يكتسب او يفقد عددا من الجينات و التي تؤثر بدورها على وظائف مختلفة في الجسم.

أحد أكثر الأمراض الوراثية انتشارا نتيجة لوجود نسخة كروموسوم اضافية هو متلازمة داون. في هذه الحالة فان خلايا الشخص تحتوي على 47 كروموسوم بدلا من 46 كروموسوم. و هذا نتيجة لوجود 3 نسخ من كروموسوم رقم 21 بدلا من نسختين فقط وكما مبيّن.

التغير في تركيب الكروموسومات.

ينتج هذا النوع نتيجة لانكسار في أحد الكروموسومات ثم اعادة ترتيبها بطريقة ما. خلال هذه الخطوات قد يحدث فقد أو اكتساب للمادة الوراثية بطرق مختلفة و التي سيتم عرضها في الفقرات التالية.

في بعض الحالات، يصعب التعرف على التغير في تركيب الكروموسومات. وإذا تم التعرف عليه فانه في معظم الحالات يصعب التنبؤ بتأثير هذا التغير عندما يورث

للإبناء. و عليه فان الأباء الحاملين لأي تغير في تركيب الكروموسومات يتحملون ضغطاً نفسياً هائلاً.

الانتقال

الانتقال: عبارة عن اعادة ترتيب مواقع الجينات على الكروموسومات وتحدث بأشكال انتقالية:

أ- انتقال متبادل **Reciprocal translocation**: يحدث استبدال القطع بين كروموسومات غير متماثلة.

ب- انتقال بسيط **Simple translocation**: استبدال قطعة من احد الكروموسومات تنقل إلى جزء مغاير من نفس الكروموسوم او إلى كروموسوم اخر.

انواع الانتقالات الكروموسومية

الانتقال المتبادل يكون على نوعين اما بين كروموسومات متماثلة او غير متماثلة ففي الكروموسومات المتماثلة يحدث بين زوجين متماثلين حيث يصعب تشخيصه خلويًا عن الكروموسومات الاعتيادية، اما في حالة الانتقال بين كروموسومات غير متماثلة فانها تعطي أشكال مختلفة في مرحلة الانقسام الخيطي او الاختزالي الشكل أعلاه ويمكن تقسيم هذا النوع من الانتقال إلى :

1: الانتقال المتبادل المتماثل **Homozygous translocation**

يحدث بين زوجين من الكروموسومات غير المتماثلة وعلى مستوى واحد بحيث يتكون نتيجة ذلك زوجان من الكروموسومات متقاربان بحيث لا يميز فرد كل زوج من هذه الأزواج عن بعضها.

2: الانتقال المتبادل الخطي **Heterozygous translocation**

يحدث بين فردين لزوجين من الكروموسومات يؤدي إلى الانتقال إلى تغير موقع القطعة المركزية عند حدوث كسر قريب منها.

الانتقاص

الانتقاص الكروموسومي يعني أن جزءاً من الكروموسوم قد تم فقده أو حذفه. و هذا قد يحدث لأي كروموسوم و لأي قطعة على الكروموسوم كما انه يكون بمقاسات مختلفة. اذا تم الانتقاص في الجينات التي تحتوي على معلومات مهمة للجسم فان النتيجة قد تكون اصابة الشخص بتأخر في النمو، عدم القدرة على التعلم و مشاكل صحية أخرى. و تعتمد سوء الاصابة على حجم القطعة المفقودة من الكروموسوم و على الكروموسوم نفسه.



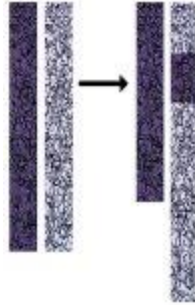
التكرار أو المضاعفة

يقصد بالتكرار الكروموسومي أن جزءاً من الكروموسوم قد تم مضاعفته، مما يؤدي إلى زيادة المادة الوراثية الموجودة و بالتالي مضاعفة بعض الجينات على الكروموسوم. هذا قد يؤدي إلى اصابة الشخص بتأخر في النمو، عدم القدرة على التعلم و مشاكل صحية أخرى.



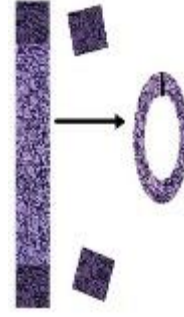
الادخال

الادخال الكروموسومي يراد به أن جزءاً من الكروموسوم قد تم ادخاله في غير مكانه الصحيح في الكروموسوم أو في كروموسوم آخر. إذا لم يحدث أثناء هذه العملية أي فقد أو اكتساب للمادة الوراثية فإن الشخص يكون عادة سليماً. فيما عدا ذلك قد يصاب الشخص الشخص بتأخر في النمو، عدم القدرة على التعلم و مشاكل صحية أخرى.



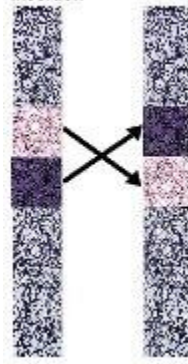
التكوين الحلقي للكروموسومات

يقصد بالتكوين الحلقي للكروموسومات أن نهايتي الكروموسوم قد اتصلتا مع بعض و بالتالي يكون شكل الكروموسوم مثل الحلقة أو الخاتم. و يحدث هذا عادة نتيجة لفقدان جزء من كل طرف من الكروموسوم، مما ينتج عنه أن يكون طرفي الكروموسوم لزوجين و بالتالي عند اتصالهما يتكون الشكل الحلقي. و يعتمد الضرر الناتج عن هذا النوع من التغير على الجزئية المفقودة من الكروموسوم قد أن يتم تشكل الكوموسوم الحلقي.



الانقلاب

انقلاب الكروموسوم يعني أن جزءاً من الكروموسوم قد حدث فيه تغيير في ترتيب الجينات. في معظم هذه الحالات لا يتأثر الشخص الحامل لهذا النوع من التغيير الكروموسومي.



الطفرات Mutations

يمكن تعريف الطفرة Mutation بأنها تغير في تسلسل أو عدد النيوكليوتيدات في الحامض النووي الـ DNA يؤدي إلى تكوين تسلسلات جديدة من النيوكليوتيدات فينتقل آثارها بصفات معينة إلى الأبناء. أن اصغر وحدة وراثية قابلة لاجداث طفرة يطلق عليها ميوتون Muton والذي يمثل اصغر عدد من النيوكليوتيدات المتنقلة والقدرة على انتاج طفرات مظهرية. وان الميوتون يمكن أن يكون من الصغر لحد

نيوكليوتيدة واحدة، تؤدي اغلب الطفرات إلى اختلاف في عدد الكروموسومات أو التغيرات في تركيب الكروموسوم الواحد، وأن هذه التغيرات يمكن أن تحدث بصورة تلقائية أو بصورة مستحدثة من خلال المطفرات (mutagens) (لأشعاع والمواد الكيميائية) إذا كان التغير على مستوى الجين قد يؤدي إلى تغير صورته أي تحول إلى حالة أخرى، وقد يكون هذا التغير خطرا يؤدي إلى وقف عمل الجين لعملية معينة (كإنتاج الأنزيم أو هرمون معين) ويصبح موقوف النشاط أو قد يقلل هذا التغير من إنتاج الجين أو قد يزيد هذا التغير من مقدرة الجين في إنتاج نشاط معين.

تقسم الطفرات إلى نوعين

أ- الطفرات الجينية Gene Mutations

أو يطلق عليها بالتغيرات الصغيرة Microlesions أو الطفرات النقطية point mutations والتي تشمل تغير في زوج نيوكليوتيدي واحد وكما تؤدي إلى تغير في عدد وتركيب الجينات ضمن الكروموسوم الواحد (تغيرات في تركيب الكروموسوم).

ب- الطفرات الكروموسومية Chromosome mutations

يطلق عليها بالتغيرات الكبيرة Macrolsions أو التغيرات في عدد الكروموسومات.

ويمكن تقسيم الطفرات على أساس تأثيراتها المظهرية:-

1- الطفرات المميتة تسبب موت الكائن الحي الذي يحتويها في أي مرحلة من مراحل النمو.

2- الطفرات الشكلية طفرات تؤدي إلى تغير اللون أو الشكل أو الحجم.

3- الطفرات الفسيولوجية تؤدي إلى تغيرات في الوظيفة كالتغيرات في معدل نمو الفرد أو في مقدرة على مقاومة ظروف بيئته كالحرارة والمنبهات الكيميائية وغيرها.

4- الطفرات الكيميائية تؤثر على قابلية الكائن الحي لإنتاج مادة أيضية مثل

نيوكليوتيديّة او سكر او حامض اميني.
5- الطفرات الشرطية التي يظهر تأثيرها على الكائن في حالة وضع الكائن تحت ظروف نمو معينة وليس غيرها كالتطفرات الشرطية الحساسة للحرارة التي تؤثر على نمو الكائن في درجة حرارة معينة وليس غيرها. كما يمكن تقسيم الطفرات على اساس سبب حدوثها إلى :

1-الطفرات التلقائية

تسمى ايضا بالطفرات الذاتية والتي تحدث عند عدم تعرض الكائن لمادة مطفرة معروفة وقد يكون سبب حدوثها:-أ- تعرض الكائن الحي للاشعاعات الموجودة في الطبيعة. ب- تفاعلات بايوكيمياوية تجري داخل الخلية.ج- حصول تبدلات طبيعية في درجة الحرارة.

2-الطفرات المستحدثة

وهذه الطفرات تحدث نتيجة التعرض إلى بعض المواد الكيميائية او الفيزيائية. الطفرات النقطية Point mutations الطفرات النقطية هي تلك التي تؤثر على نيوكليوتيدة واحدة او على عدد قليل منها ويمكن أن يحدث فيها الارتداد reversion.

انواعها:-هناك نوعان من الطفرات النقطية:
1- تلك التي تؤثر على زوج قاعدي base pair واحد وتسبب استبداله بزواج اخر Substitution pair .base
2- اما الثانية فتعرف بطفرات الازاحة Frame shift والتي تشمل حذف deletion او اضافة addition لاعداد قليلة من ازواج القواعد base pairs ويتم استبدال القواعد النروجينية بالانتقال transition او التحول transversion.

والانتقالات عبارة عن طفرات ناجمة من احلال البيورينات محل بيورينات اخرى او بيرميدينات محل بيرميدينات اخرى. اما طفرات التحولات ففيها احلال البيورين بالبرميدين او البرميدين بالبيورين، وهذا يعني أن هناك (12 نوعا) من هذه الطفرات

والطفرات من نوع الفريم شفت (الازاحة Frame shift) تؤثر عادة على جزء صغير من المادة الوراثية، وإذا اخذنا بالاعتبار أن m RNA يترجم إلى بروتين عن طريق وحدات وراثية متكونة من ثلاث قواعد وكل وحدة تسمى بالشفرة Codon فان الطفرة تحدث اذا ما انحسرت او حذفت قاعدة في جين ومن ثم في m RNA

العوامل المطفرة

1- العوامل الفيزيائية

أ- الاشعاعات المؤينة Ionizing Radiations تؤثر الاشعاعات المؤينة على بعض جزيئات الـDNA وتؤدي إلى تغير في بناءها الكيميائي. لقد وجد أن معدل الطفرات المستحدثة تتناسب طرديا مع الاشعاع ومن هذه الاشعاعات: الفا وبيتا وكاما وجميعها تسبب في تأين بعض الجزيئات وتقاس بوحدات الراد و roentgen رونتينجن وحدات جرعة الاشعاع.

ب- تعمل الاشعة فوق البنفسجية، الحرارة على انتاج دايمرات Dimers (ارتباط بين جزيئات الثايمين لنفس الشريط (المتجاورة)) وبالتالي لانستطيع قواعد الثايمين تكوين اواصر هيدروجينية مع الادلين وبالتالي يختل ترتيب او تنظيم الخيط الحلزوني. أن للاشعة المؤينة تأثير بايولوجي (مباشر او غير مباشر) ويقصد بالفعل المباشر الضرر الذي يلحق بالجزيئات المهمة بيولوجيا في الخلية الحية والتي تتاين مباشرة او تصبح بحالة متهيجة وقد تؤدي إلى تلف جزيئات الحامض النووي والجزيئات الكبيرة في السايوتوبلازم اما الفعل غير المباشر للاشعاع يؤدي إلى ضرر لجزيئات الخلية بفعل الجذور الطليقة (الجذور الحرة Free radicals والتي تنشأ

من تأين جزيئات لاسيما جزيئات الماء فهذا يؤدي إلى نشوء ايونات مختلفة مثل H_2O^* , H^* , OH^* , H_2^* , H_3O , H_2O_2 والتي تتفاعل مع نواة الخلية والسيتوبلازم وتؤدي إلى تفكك الرابطة الكيماوية لذرات الكربون بسهولة فجرعة صغيرة من الأشعة المؤينة تؤدي إلى حدوث تغيرات في الـDNA (الذي يخزن المعلومات الوراثية لجسم الكائن الحي) وقد يؤدي إلى تلف الـDNA او حصول تغيرات او ضرر بالغ في بنية الكروموسوم.

2- المواد الكيماوية
هناك العديد من المواد الكيماوية لها القدرة على احداث طفرات وراثية او تغيرات كروموسومية ففي السنوات الاخيرة تم اكتشاف تأثير العشرات من تلك المواد التي لها القدرة على احداث تغيرات كروموسومية اذا ما تعرضت لها الخلية او النسيج او الكائن الحي وبتراكيز محددة ولفترة معينة من الزمن. أن هذه الكيماويات كغاز الخردل وحامض النتروز HNO_2 شكل أدناه وهيدروكسيل الامين NH_2OH والعوامل الالكيلية Alkylating agents تتفاعل مع مقاطع معينة من المادة الوراثية ضمن الكروموسوم مسببة تغيرا في بنائه الوراثي أن تأثيرها قد يكون اخطر من الأشعة المؤينة حيث تؤدي إلى احداث تغيرات نوعية وكمية في المادة الوراثية تقود إلى ظهور طفرات وراثية وذلك لقدرتها على النفاذ إلى داخل النواة والتفاعل مع المادة الوراثية منها. هناك مواد كيماوية لها صيغة تركيبية تشبه بعض القواعد النتروجينية تدعى مشابهات القواعد Base analoges أن هذه المواد تختلف عن القواعد النتروجينية الاعتيادية كونها تستطيع أن تزيد من احتمال حصول اخطاء تزاوجية في حالة توفرها في الخلية اثناء مرحلة التضاعف (تكرار الـDNA) قد تؤدي إلى حصول تغيرات كروموسومية ومن اهم المشابهات القواعد:-
5- برومويوراسيل (bromodeoxyuracil) 5DU-5 الذي يشبه الثايمين
Thymine و-2 امينوبيورين -2 aminopurin .

الطفرات الكروموسومية

هي تغيرات كبيرة تحصل في تركيب الكروموسوم وتشمل الطفرات الكروموسومية مايلي:

1- الطفرات النوعية (التركيبية) **Qualitative (structural) aberration** تشمل التغيرات التي تطرأ على الكروموسومات وتؤثر على مواقع الجينات وترتيبها على الكروموسوم.

2- الطفرات الكمية (العددية) **Qualitative (numerical) aberration** التغيرات التي تطرأ على العدد الكروموسومي (جزء من المجموعة الكروموسومية) او جزء من كروموسوم واحد أي انها تؤثر من الناحية الكمية وليس على موقع او الترتيب الجيني على الكروموسوم.

التغيرات النوعية

يمكن أن تحدث تلقائياً او مستحثة بعوامل الحرارة او بعض المواد الكيميائية او الاشعاع. أن حدوث كسر قبل مرحلة بناء الـ (S-Phase) DNA أي في مرحلة G تسبب حدوث كسر في الكروموسوم اما تلك الكسور التي تحدث بعد مرحلة (S-Phase) أي بعد تضاعف المادة الوراثية فانها تؤدي إلى كسر في الكروماتيدات وان كسر في الكروماتيد سوف يؤدي إلى كسر في الكروموسوم عند حدوث الدورة الانقسامية التالية: أن مستوى تأثير التغيرات في الكروموسوم يعتمد على طبيعة القطعة المكسورة ففي حالة التحام القطع المكسورة لا يحدث أي تغير ملحوظ في الكروموسوم ولكنها في حال بقيت غير ملتحمة فانها تسبب تغيرات ملحوظة وكذلك

الحال اذا ما التحمت مع نهايات اخرى لنفس الكروموسوم او التحمت مع نهايات اخرى لكروموسوم اخر.

تحليل النسب Pedigree Analysis

تتم الدراسات الوراثية عن طريق تحليل النسب بتسجيل دقيق للصفات في الالباء واجيالهم السابقة ومتابعتها في الالبناء والاحفاد وربما لعدة اجيال. هناك اسلوبان رئيسيان لاجراء البحوث والدراسات الوراثية: الاسلوب الاول هو التزاوجات الموجهة ووفق طرق تربية معينة ومصممة Plant breeding اذ يختار الباحث ابوين يحملان صفات معينة وبتعبيرين مختلفين او تعبيرات معينة وحسب دراسة وتخطيط الباحث ثم يحدث تزاوجا او تلقيحا بينهما ويقوم بمراقبة الصفات تحت الدراسة الناتجة من هذا التهجين وتسجيلها لاجيال متعددة ويتقصى هذه النتائج للوصول الى استنتاجات وعلاقات وراثية معينة وهذا هو الاسلوب الذي اتبعه مندل في تجاربه على نبات البازلاء وهو الاسلوب المتبع في مجال الدراسات الكلاسيكية الوصفية بالاضافة الى الدراسات الوراثية الجزيئية الحديثة وفي مجال الهندسة الوراثية يجرى هذا النوع من اسلوب الدراسة الوراثية على النباتات والحيوانات مثل الذرة والحنطة وحلق السبع والعفن الاحمر وبكتريا القولون وذبابة الفاكهة والجرذان والدجاج والارانب والاعنام وغيرها. بينما يستحيل اجراء هذه الدراسات في الانسان وذلك لعدم امكانية التزاوج الموجه والتجريبي اضافة الى طول فترة الجيل وصغر العائلة من حيث قلة النسل لذلك يستعمل اسلوب ثان للدراسات الوراثية عند عدم امكانية التزاوج او التهجين الموجه بتحليل سلسلة النسب وتعني سلسلة النسب رسم الاجيال بشكل ادراج مرتبة وبرموز معينة وقد تستعمل الكلمات ايضا وللاجيال السالفة لصفة ما فهو رسم سجلات النسل او شجرة العائلة لعدد كبير من الافراد وهناك تعاريف لرموز مختلفة مستعملة برسم سلسلة النسب وهي: ذكر (♂□) انثى (♀○) ، جنس غير معروف (◇) واذا كانت الرموز ممثلة او سوداء فتدل على انها مريضة وتدل النقطة على انه مات في الطفولة (●)

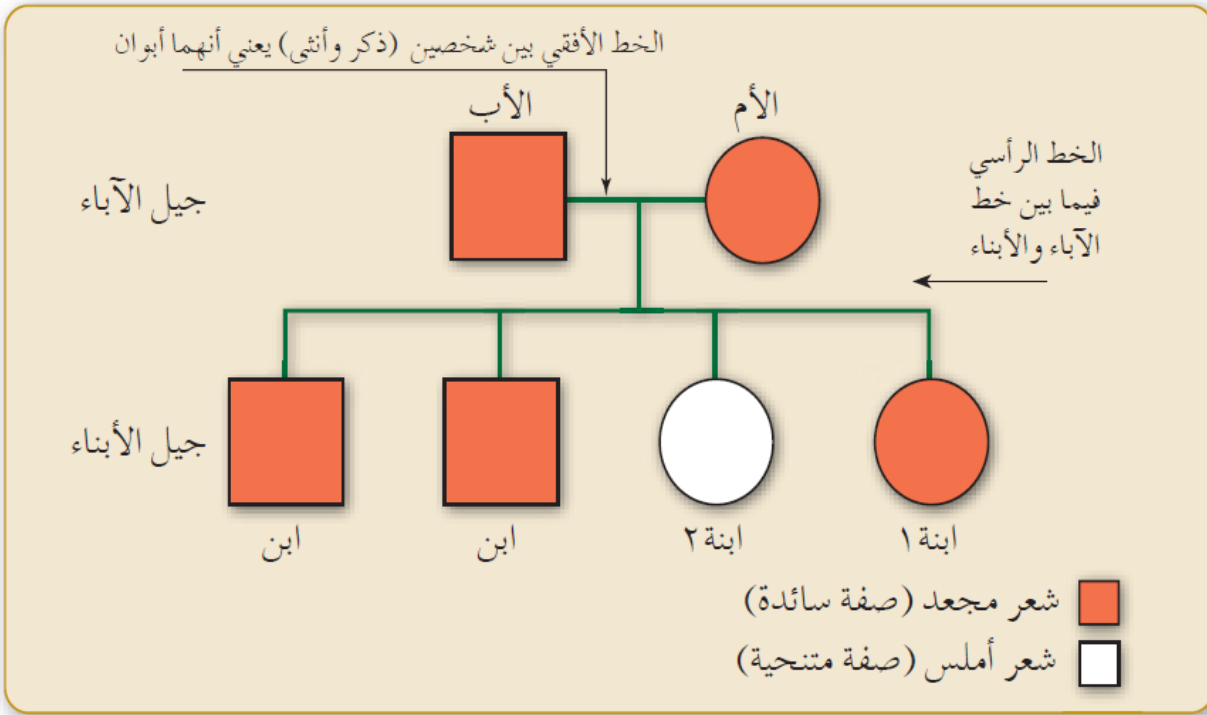
سجل النسب الوراثي : هو مخطط يبين تاريخ صفة وراثية معينة في عائلة ما .

كيفية إعداد سجل النسب الوراثي:

- يتم تمثيل الذكور بمربعات والإناث بدوائر
- يتم تظليل المربعات والدوائر الخاصة بالأفراد الذين تظهر عليهم الصفة السائدة.
- يكتب إلى جانب السجل مفتاح لتوضيح أشكال الصفة التي يظهرها السجل.

1- سجل النسب الوراثي لصفة وراثية سائدة

تأمل الشكل ، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



أ- ما طبيعة شعر الأب والأم في هذه العائلة ؟ وما الصفة التي غلبت على طبيعة شعر أبنائهما ؟

ب- إذا تزوجت الأبنة الثانية من رجل شعره أملس أيضاً ، ما طبيعة شعر أبنائهما المتوقعه ؟

ج- ارسم سجل نسب لهذه الصفة في العائلة الجديدة إذا أنجبا ذكراين وأنثى.

الجواب:

أ- صفة شعر الأب والأم مجعد ، والصفة السائدة على شعر الأبناء هي الشعر المجعد

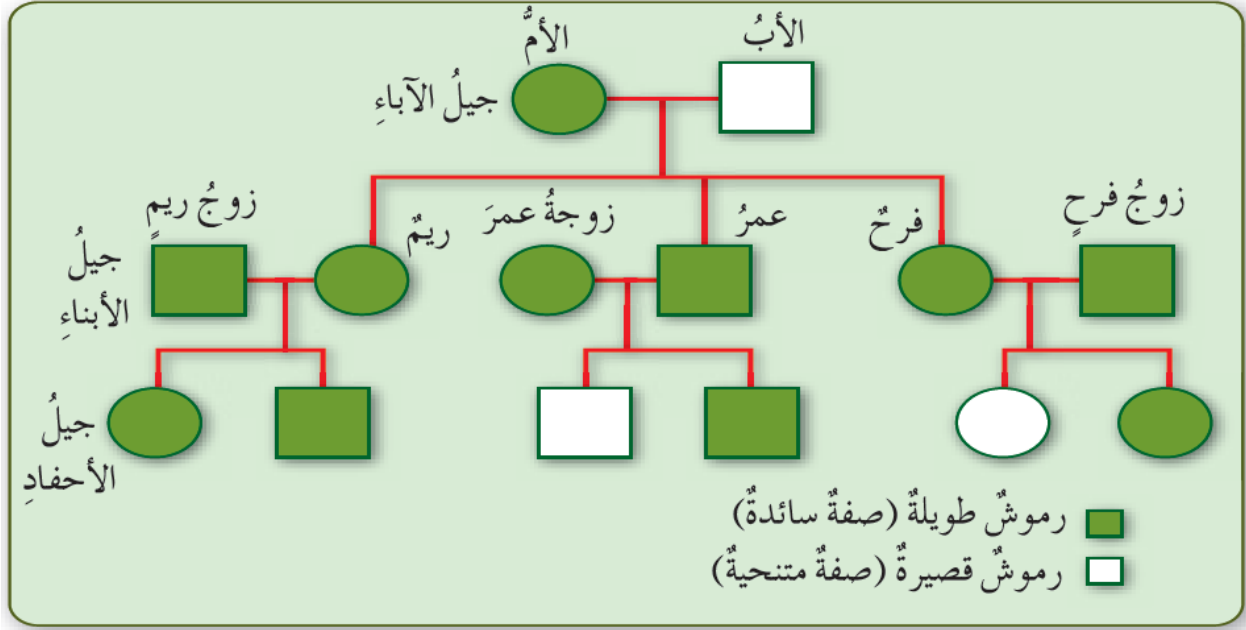
ب- الشعر المتوقع لأبنائهما هو الأملس.

ج -

ملاحظة : ظهور الصفة المتنحية في أحد الأبناء يدل على أنها موجودة في الأباء على الرغم من أنها لم تظهر لديهم ونقول أنهما ناقلان للصفة المتنحية.

2- سجل النسب الوراثي لصفة وراثية متنحية

تأمل الشكل ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه : الذي يمثل سجل النسب الوراثي لصفة وراثية متنحية وهي الرموش القصيرة في ثلاثة أجيال لعائلة ما



1- لماذا لم تظهر صفة الرموش القصيرة التي يتصف بها الأب في جيل الأبناء ؟

2- اكتب إلى جانب كل من الأحفاد صفته الشكلية فيما يتعلق بطول الرموش بعد نقل السجل إلى دفترك.

3- دُهِشَ عمر من ولادة ابنة برموش قصيرة على الرغم من أن رموشه ورموش زوجته طويلة ، ساعده في تفسير ذلك.

الجواب:

1- لأنها صفة متنحية لا تظهر في الجيل الأول.

2- تمت كتابتها على السجل انظر الصورة.

3- يحمل كل من عمر وزوجته صفة الرموش القصيرة بالرغم من عدم ظهورها عليهما لكنها انتقلت إلى ابنتهما .

الأليلات المتعددة Multiple Alleles

اقتصرت الأمثلة الوراثية السابقة على التعامل بزواج واحد من الأليلات للجين الواحد مثل AA و Aa و aa ولكن في حقيقة الأمر , فإن الموقع الجيني المعين قد يشغل بأليل واحد من ثلاثة أو أربعة أو أكثر من سلسلة من الأليلات المتعددة لجين معين. وعلى الرغم من وجود عدد كبير من الأليلات للجين الواحد إلا أن الفرد لا يحوي أكثر من اثنين منها في نفس الوقت في حين لا تحمل الأمشاج إلا الأليل واحد.

إن تغيير الجين إلى أشكال بديلة أخرى (Alternative forms) يتم عن طريق الطفرات فمن الممكن نظرياً حدوث طفرات متعددة في الجين وتسمى هذه الطفرات المتعددة في الجين الواحد بالأليلات المتعددة إذا ما سبب تغييراً في النمط الظاهري البري للكائن .

المميزات العامة للأليلات المتعددة

1-تؤثر الأليلات المتعددة عادة على صفة وراثية واحدة مسببة درجات متفاوتة من التعبير.

2-يحمل الكائن الحي ثنائي العدد الكروموسومي الأليلين فقط من هذه الأليلات مهما كان عددها .

3- تحمل الكاميطة اليلا واحد فقط

4- تخضع الاليلات المتعددة لنفس قوانين الانتقال الوراثي على الرغم من تباين علامات السيادة والتنحي بينها .

5- توجد في كل انواع الجينات تقريبا.

6- الاليل البري دائما تقريبا سائد على الاليلات الاخرى في السلسلة

7 - وجود ظاهرة الاليلات المتعددة للجين الواحد يمكن اكتشافه او تحديده باستخدام التلقيحات الوراثية بين افراد العشيرة المعينة. ومصدر الاليلات المتعددة هو الطفرات.

مثال: وراثه لون الفراء في الفئران: لون الفراء الطبيعي للفأر وهو الرمادي واللون الأسود وا لأصفر تعمل جميعها كإليلات لنفس الجين فاللون الأصفر سائد سيادة تامة على كل من، الأسود والرمادي بينما الرمادي سائد على الأسود وقد أظهرت النتائج وجود ثلاثة إليات قي الموقع A وهي A2 :اصفر و A 1 :رمادي و a :أسود ولذلك سيكون هناك 6 احتمالات للتركيب الوراثي لأي فرد بالنسبة لهذه الصفة وهي:

مثال: وراثه لون الفراء في الفئران:

الشكل المظهري	التركيب الوراثي
أصفر	A2 A2
أصفر	A2A1
أصفر	A2 a
رمادي	A1 A1

A1 a

رمادي

aa

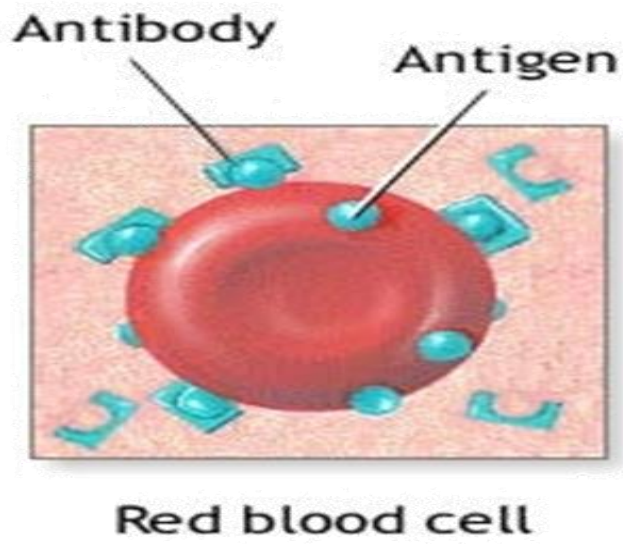
اسود

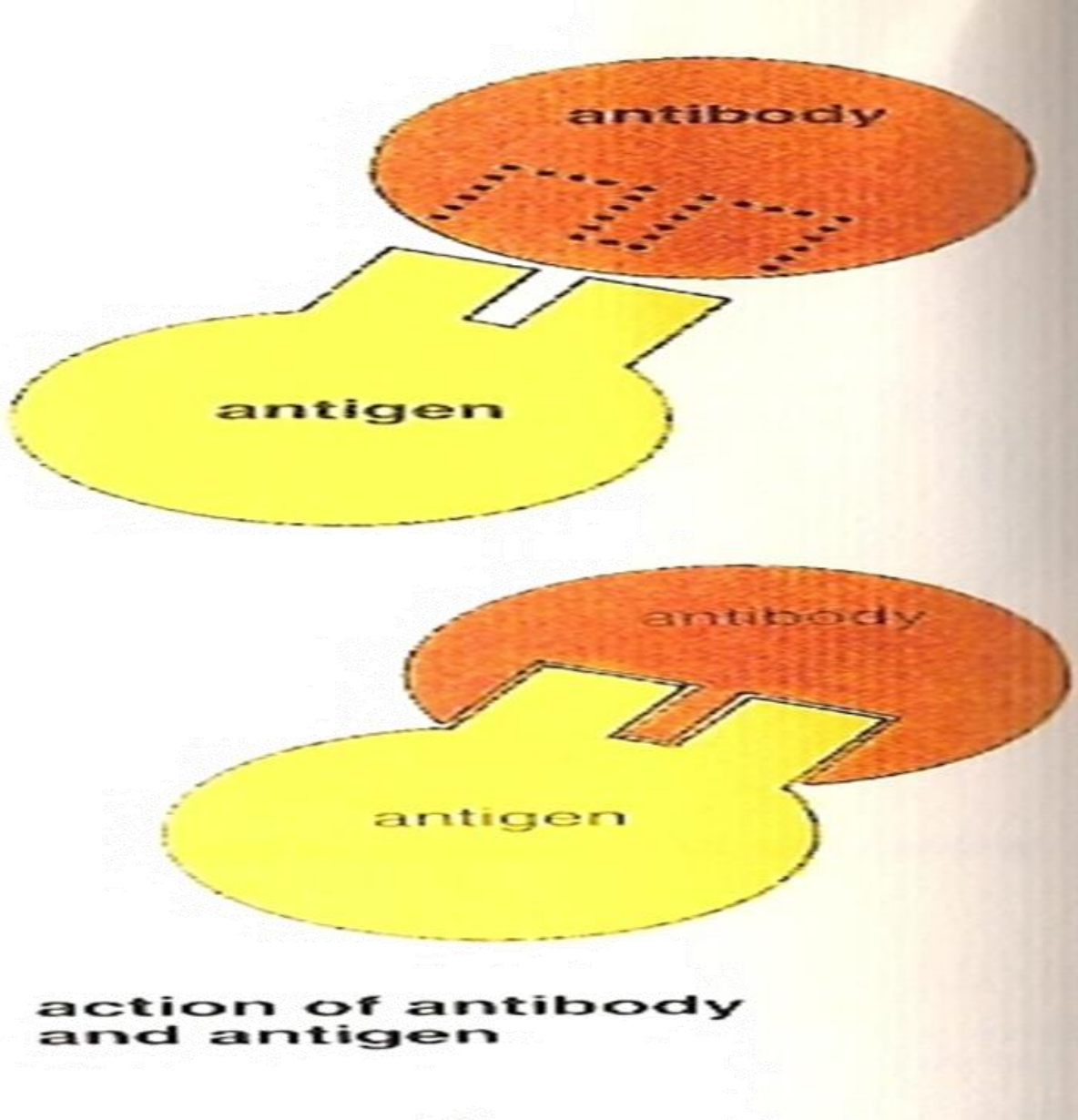
مثال: وراثة فصيلة الدم

في مطلع هذا القرن لاحظ العلماء حصول تجمع لكريات الدم الحمراء Red corpuscles لشخص عند خلطها مع مصل الدم الذي يعود لشخص آخر , وبعد عمل عدة تجارب تشمل عينات من دم أفراد عديدين إستطاعوا ان يصنفوا الدم في الإنسان الى أربعة مجاميع وهي A و B و A B و O .

مثال : وراثة فصيلة الدم

لدراسة سبب تصنيف فصائل الدم يجب ان نتعرف على مضطح الانتي جين وهو عبارة عن مادة بروتينية غريبة على الجسم اذا حققت في دم الحيوانات تقوم احد مكونات الدم بافراز اجسام مضادة لتتفاعل معها وتحمي الجسم من ضررها . توجد الانتجينات المختلفة لفصائل الدم على سطح الكريات الحمراء بينما توجد الاجسام المضادة في بلازما الدم والبلازما هي السائل المحتوي على البروتين المانع للتجلط . اذا اجتمع انتجين وجسم مضاد فانه يحدث تفاعل بينهما يؤدي لتجمع كريات الدم مع بعضها في كتل كبيرة.



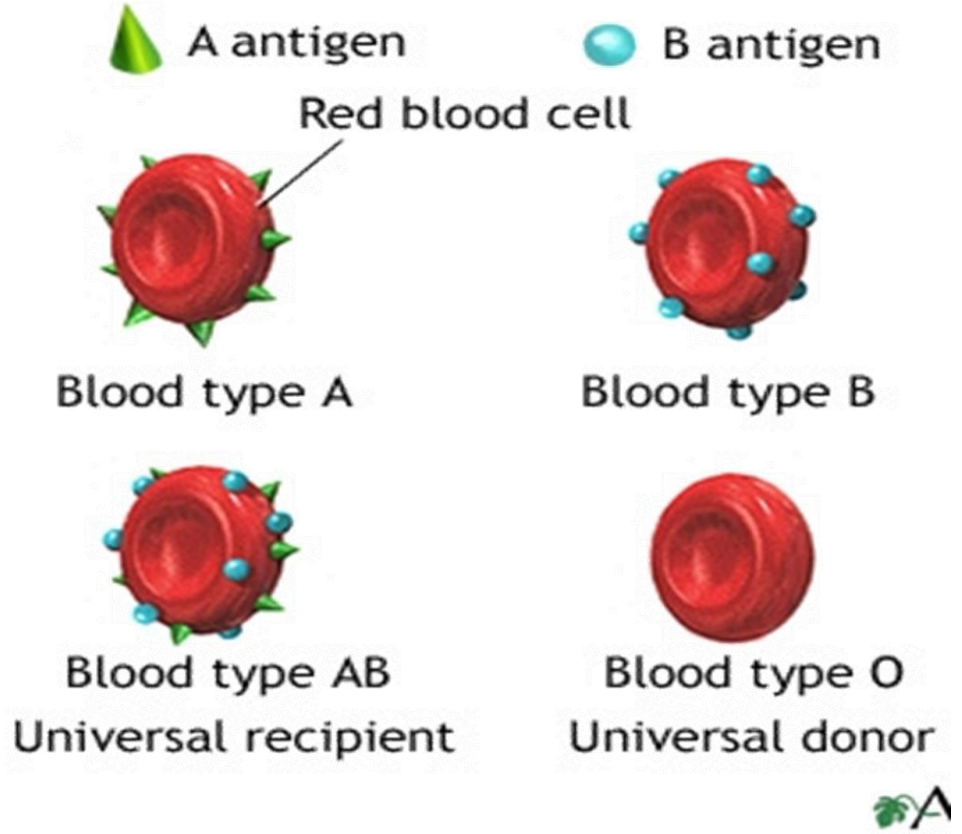


الأسس الوراثية لفصائل الدم

إن السلوك الوراثي للجينات المسؤولة عن مجاميع الدم B و A و B و A و O وضع على أساس سلسلة من ثلاثة أليلات لجين واحد وهو I. حيث يرمز الأليل IA للأنتجين A ويعتبر متساوي السيادة Codominant مع الأليل I^B الذي يمثل

الأنتجين B ويعتبر كل من الأليلين I^A و I^B ذو سيادة كاملة على أليل I^O (الذي لا يعين أي أنتجين, ويمكن أن تمثل علاقة السيادة بين هذه الأليلات كالاتي :

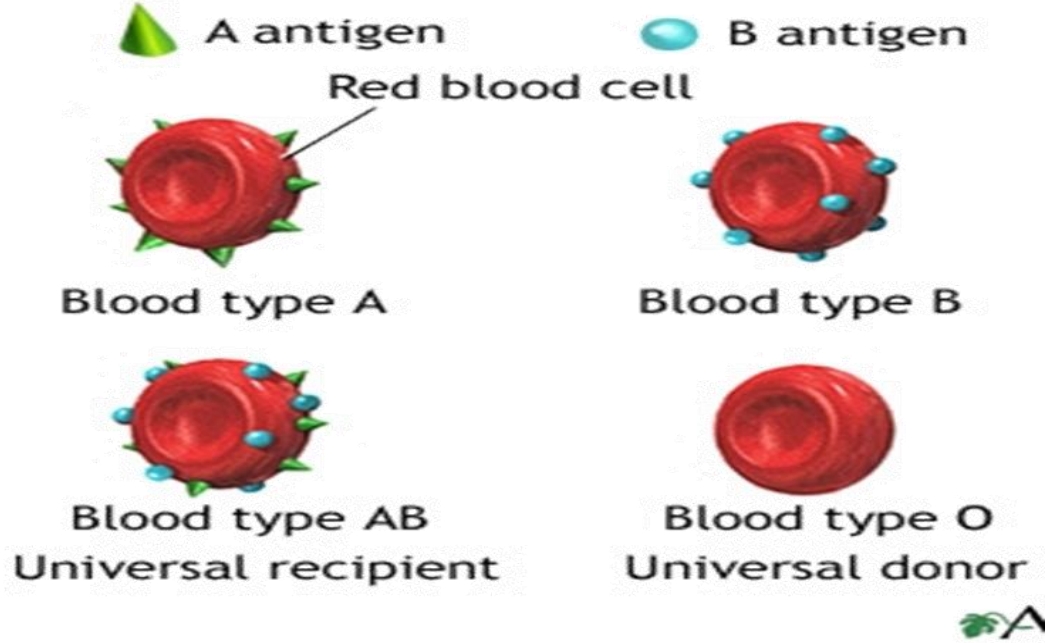
$$I^A = I^B > I^O$$



مثال : وراثه فصيلة الدم

التركيب الوراثي	الجسم المضاد	الأنتجين	فصيلة الدم
$I^A I^O, I^A I^A$	anti-B	A	A
$I^B I^B, I^B I^O$	anti-A	B	B
$I^A I^B$		A , B	AB

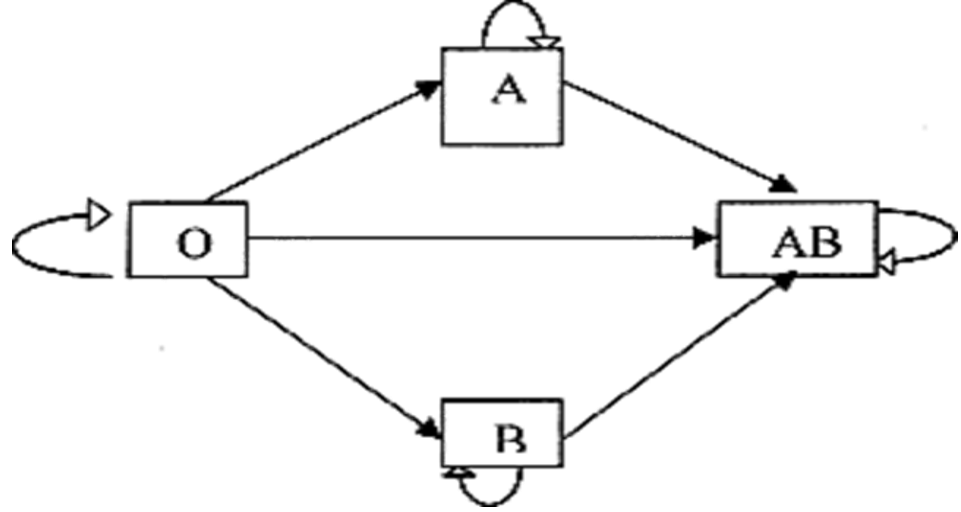
IOIO anti-B +anti-A - O



نقل الدم وفصيلة الدم

يعتبر صاحب فصيلة الدم AB مستقبل عام وذلك:

- 1- لعدم احتواء بلازما دمه على أجسام مضادة بنوعيهما - anti-A, anti-B
- 2- يعتبر صاحب فصيلة الدم O معطي عام؟ لعدم احتواء خلايا الدم الحمراء على كلا نوعي الأنتجينات A وB.



تحديد فصيلة الدم

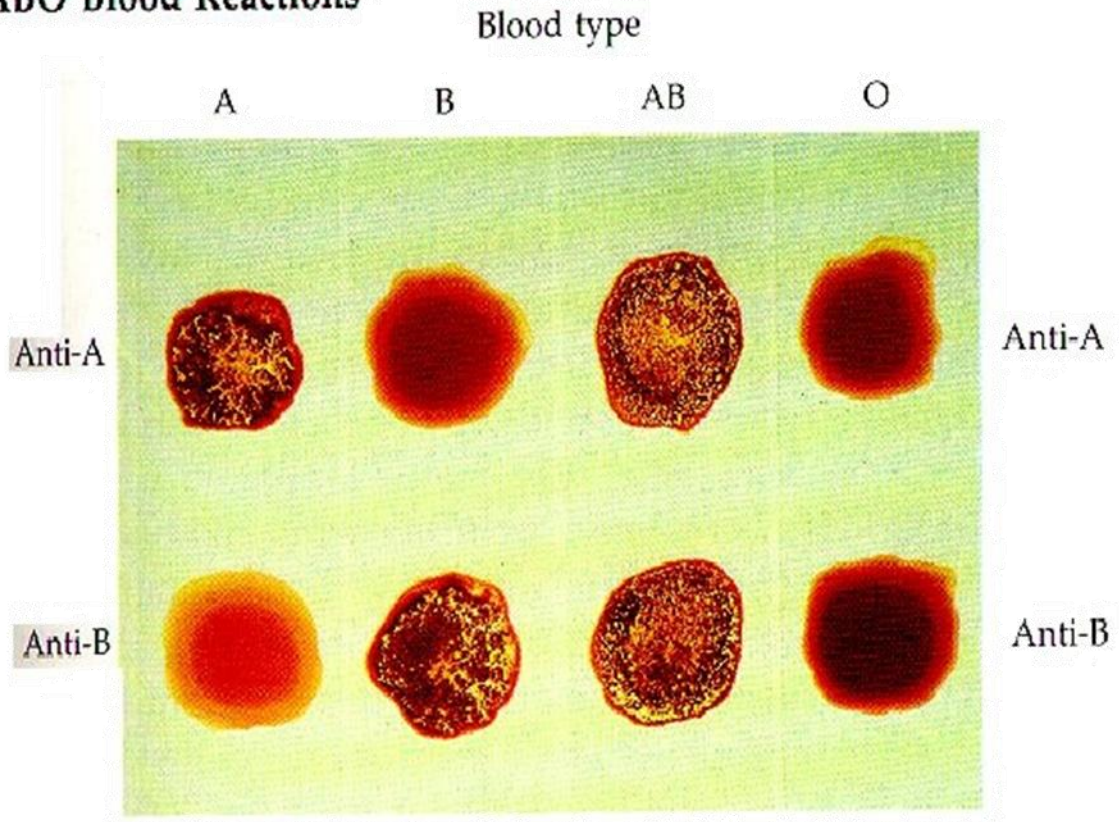
: لتعيين فصيلة الدم يلزم وجود

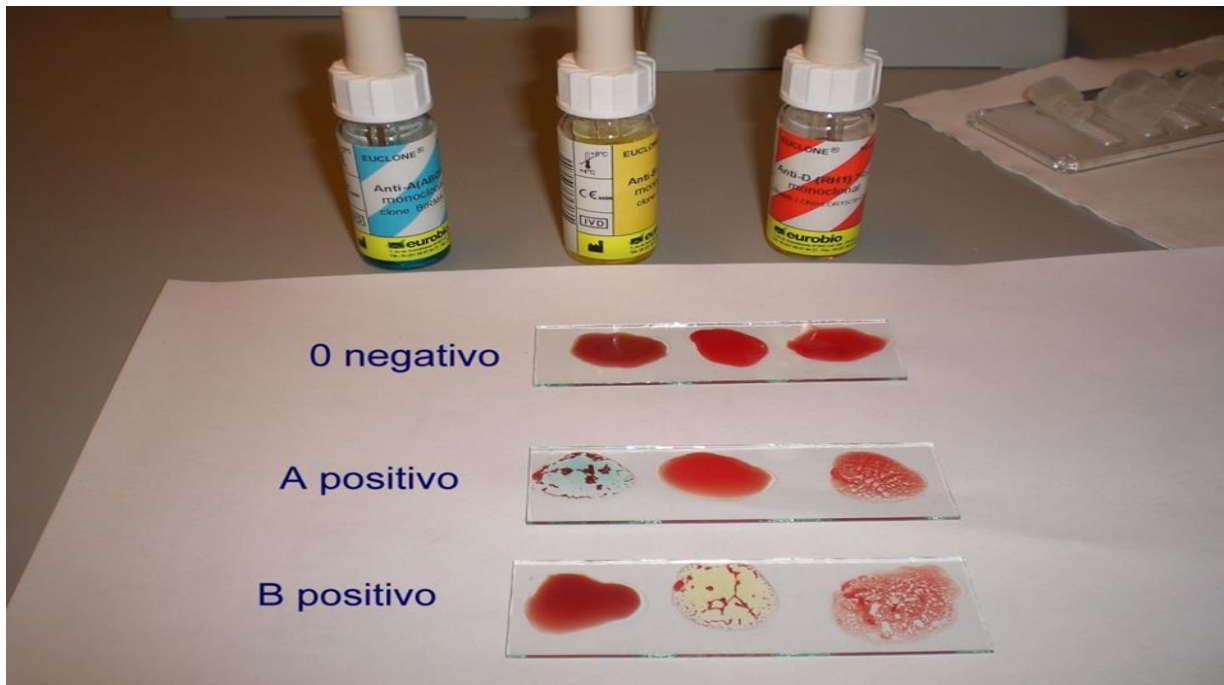
1-مصل مضاد لكل من A و B هما - anti-B nti-A .

2- نقطتين من دم الشخص المراد تحديد فصيلته

نضع نقطتين الدم على شريحة زجاجية ثم نضيف قطرة من nti-A, على نقطة الدم الأولى ثم نضيف قطرة من nti-B على نقطة الدم الثانية ونلاحظ ما يحدث

ABO Blood Reactions





سؤال:

إذا كان لأحمد فصيلة الدم ($I^A I^O$) وتزوج من سعاد ذات الفصيلة ($I^B I^O$)
فما هي فصائل دم أولادهما؟

الحل: الآباء : ($I^A I^O \times I^B I^O$)

الأمشاج:

سؤال:

إذا كان لأحمد فصيلة دم ($I^A I^O$) وتزوج من سعاد ذات الفصيلة ($I^B I^O$)
فما هي فصائل دم أولادهما؟

الحل: الآباء ($I^A I^O \times I^B I^O$)

$I^B I^O \times I^A I^O$

الأمشاج $I^A I^O$ $I^B I^O$

مثال: تزوج رجل بامرأة فكان طفلاهما الأول والثاني لهما مجاميع الدم A B , O
على الترتيب أما الطفل الثالث فكانت فصيلة دمه B

أكتب الطراز المظهري للأم والأب؟ هل الطفل الثالث الذي فصيلة دمه B ينتمي
إلى العائلة؟ نعم ينتمي الطفل الثالث إلى العائلة

$I^A I^O \times I^B I^O$ P

$I^A I^O \times I^B I^O$ Gamets

$I^B I^A$, $I^A I^O$, $I^B I^O$, $I^O I^O$

بما أن الطفل الثاني فصيلة دمه $I^A I^O$ فلا بد أن يكون التركيب الوراثي لفصيلة دم أحد الأبوين $I^A I^O$ والآخر $I^B I^O$ والطفل الثالث تركيبه $I^B I^O$

مجاميع الدم ريسس Rhesus في الإنسان:

بعد إنتشار عملية نقل الدم على نطاق واسع كنتيجة لإكتشاف مجاميع الدم

ABO حصلت عدد من حالات تجمع كريات الدم بسبب نقله من فرد الى آخر بالرغم من تطابق مجموعة الدم ABO وأكتشف بعد ذلك العامل Rh وذلك في دم أرانب سبق وإن نقل اليها دم قردة *Macaca rhesus* وأدت الأجسام المضادة المتكونة في دم الأرانب الى تجمع كريات الدم الحمراء ليس في القردة فقط ولكن في نسبة محسوسة من المجموعة البشرية القوقازية ايضا

. وعرف الأفراد الحاملين لهذا العامل في كريات الدم الحمراء بـ Rh+ اما غير الحاملين لهذا العمل فرمز له - Rh.

مجاميع الدم ريسس Rhesus في الإنسان

ويختلف البروتين Rh عن الأجسام المضادة لمجموعة الدم A B بعدم وجود الأجسام المضادة في مصل الافراد من نوع-Rh ولكن بإمكان مثل هؤلاء الأشخاص R h- من تكوين الأجسام المضادة إذا ما تم نقل الدم اليهم من أفراد Rh+. ستؤدي عملية نقل الدم ما بعد الأولى من شخص (Rh+) الى آخر (Rh-) سبق وتكونت في دمه الأجسام المضادة الى تجمع كريات الدم الحمراء التي تعود للواهب وبالتالي موت الفرد المستلم. لذلك يتم في الوقت الحاضر التأكد من نوع العامل R h إضافة الى نوع مجاميع الدم ABO قبل إجراء عملية نقل الدم.

كنتيجة لإكتشاف عامل ريسس إنتهت إحدى المشاكل الطبية المستعصية. فكما هو معروف يولد سنويا كثير من الأطفال مصابين بمرض فقر الدم الأنحلالي Hemolytic disease وقسم من الأفراد المصابين يجابهون المنية قبل الولادة. وبينت التحاليل إن العامل R h يكون في الآباء والأطفال موجبا وفي الأمهات سالبا.

وهذا يشير الى إن النمط المظهري الموجب للعامل R h هو السائد. ولا يحدث هذا المرض في الطفل الأول. ولكن عند فصل المشيمة عن جدار الرحم خلال عملية الولادة الأولى يحدث نزيف بكمية تسمح بدخول عدد من كريات الدم الحمراء من الوليد والحاملة لأنتجين من نوع + R h الى دم الأم. وهذا يؤدي الى تكوين الأجسام المضادة نتيجة وجود الأنتجين الغريب.

سؤال/ علل ما يلي

• تزوجت امرأة سالبة لعامل ريسس - Rh⁻ R h برجل موجب لعامل ريسس ،
Rh⁺ Rh⁺ فإن طفلهما الأول ، يولد سليما أما الطفل الثاني فقد يولد مصابا بأثيميا
حادة بسبب تحلل كريات الدم الحمراء أو غالبا ما يموت قبل الولادة إجهاض او
بعدها مباشرة.

سؤال:

إذا تزوج رجل من امرأة وكان الجنين داخل الرحم فإن جزء من دم الجنين يختلط
بدم أمه عند الولادة فينبه جهازها المناعي لإنتاج أجسام مضادة للأنتيجينات
الخاصة بعامل الريسس وتبقى الأجسام المضادة في دم الأم. وعند الحمل التالي فإن
الأجسام المضادة تنتقل من دم الأم إلى دم الجنين عن طريق المشيمة. فتعمل
الأجسام المضادة على تحلل خلايا دم الجنين وإصابته بأثيميا حادة قد تؤدي إلى
موته. كيف يمكن حماية الجنين الثاني؟

1- تغيير دمه بدم جديد.

2- حقن الأم بمصل لتدمير الأجسام المضادة المتكونة بفعل الطفل الاول وذلك
بعد ولادته.

تضاعف الحامض النووي DNA

Replication DNA

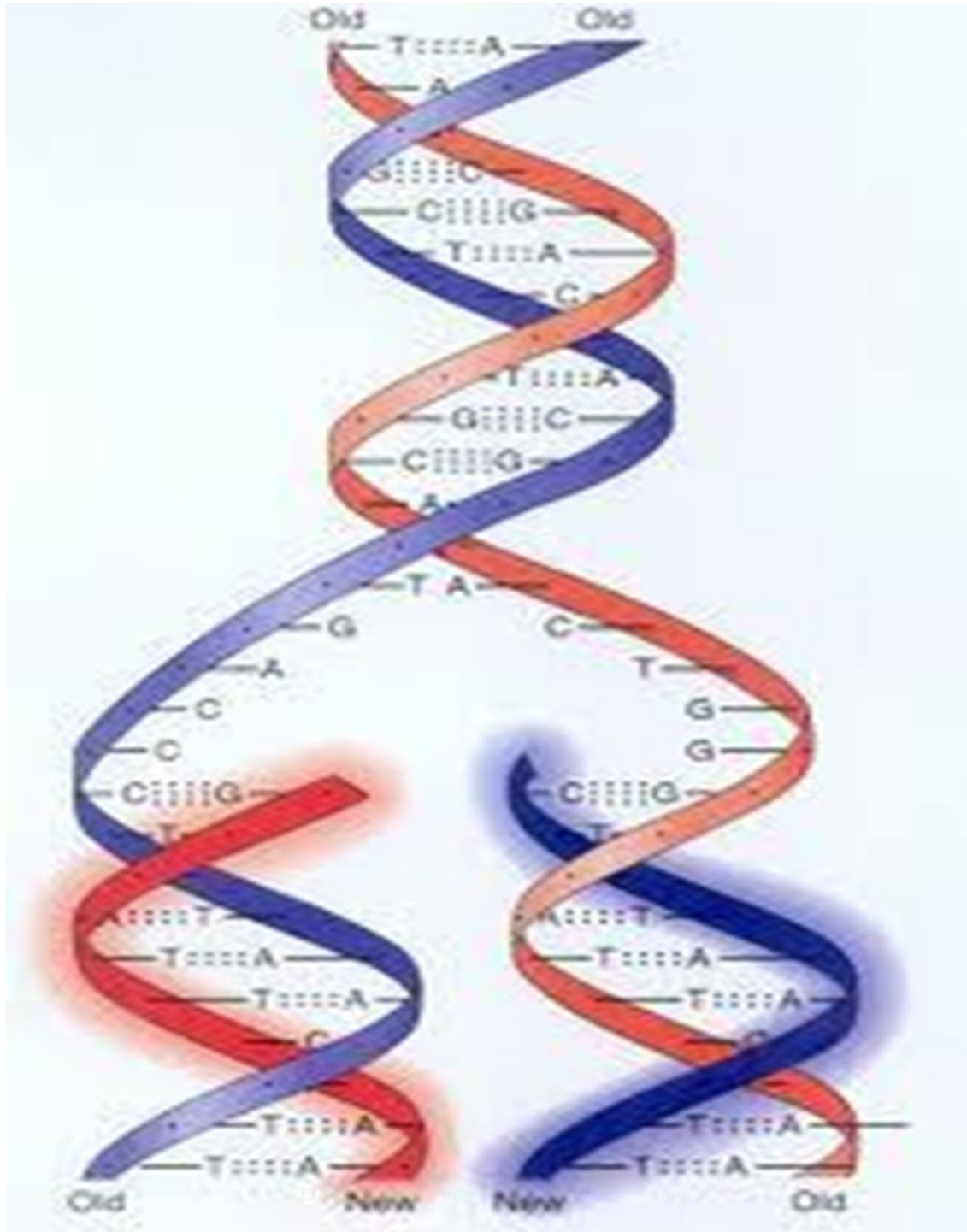
تعد عملية تضاعف المادة الوراثية مهمة للكائنات الحية وذلك لضمان انتقال المعلومات الوراثية الموجودة في المادة الوراثية بدقة متناهية عند انقسام الخلية
• توجد ثلاث طرق مقترحة لتكرار المادة الوراثية هي:

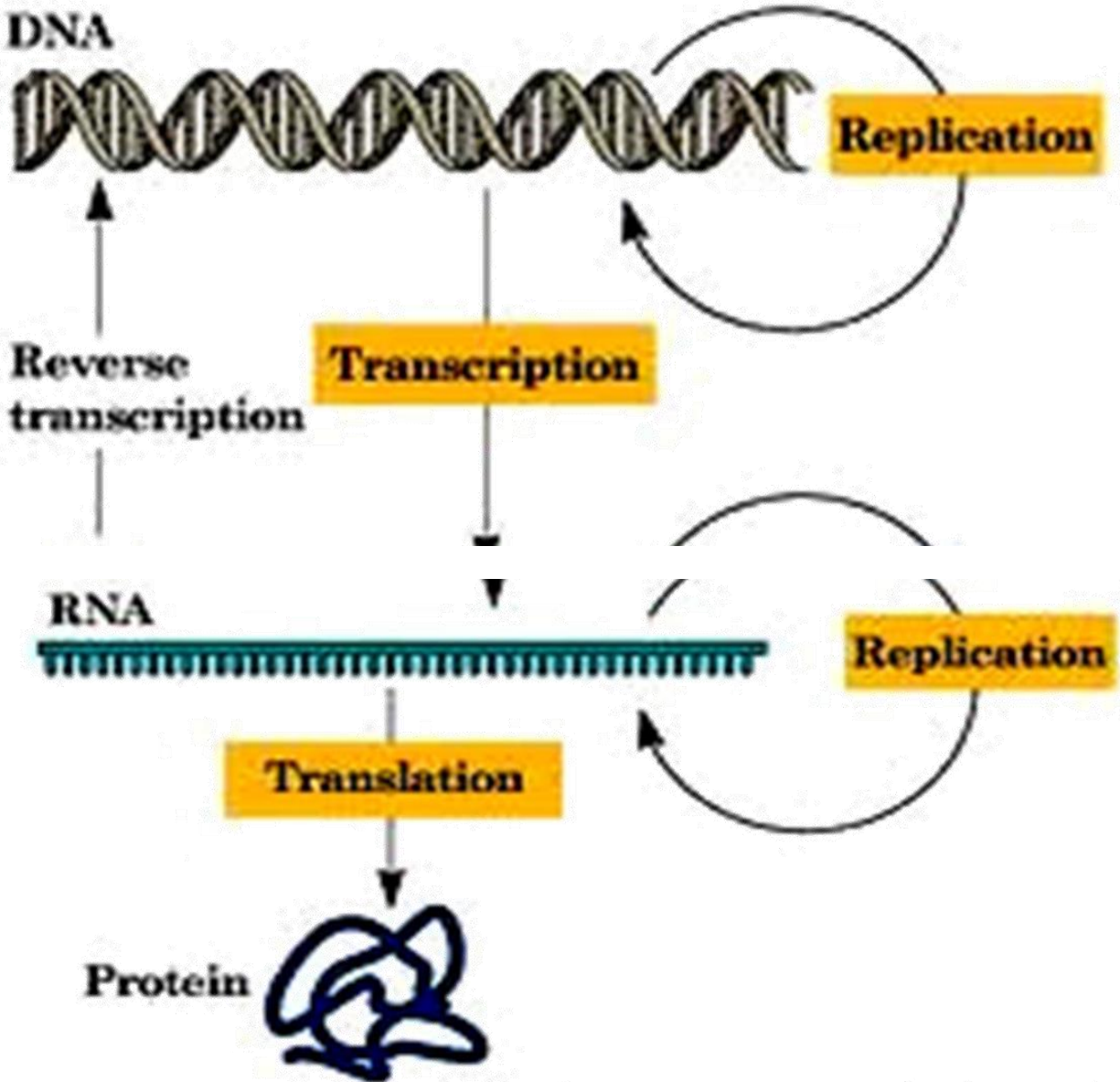
1- الطريقة المحافظة

2- الطريقة التشتتية

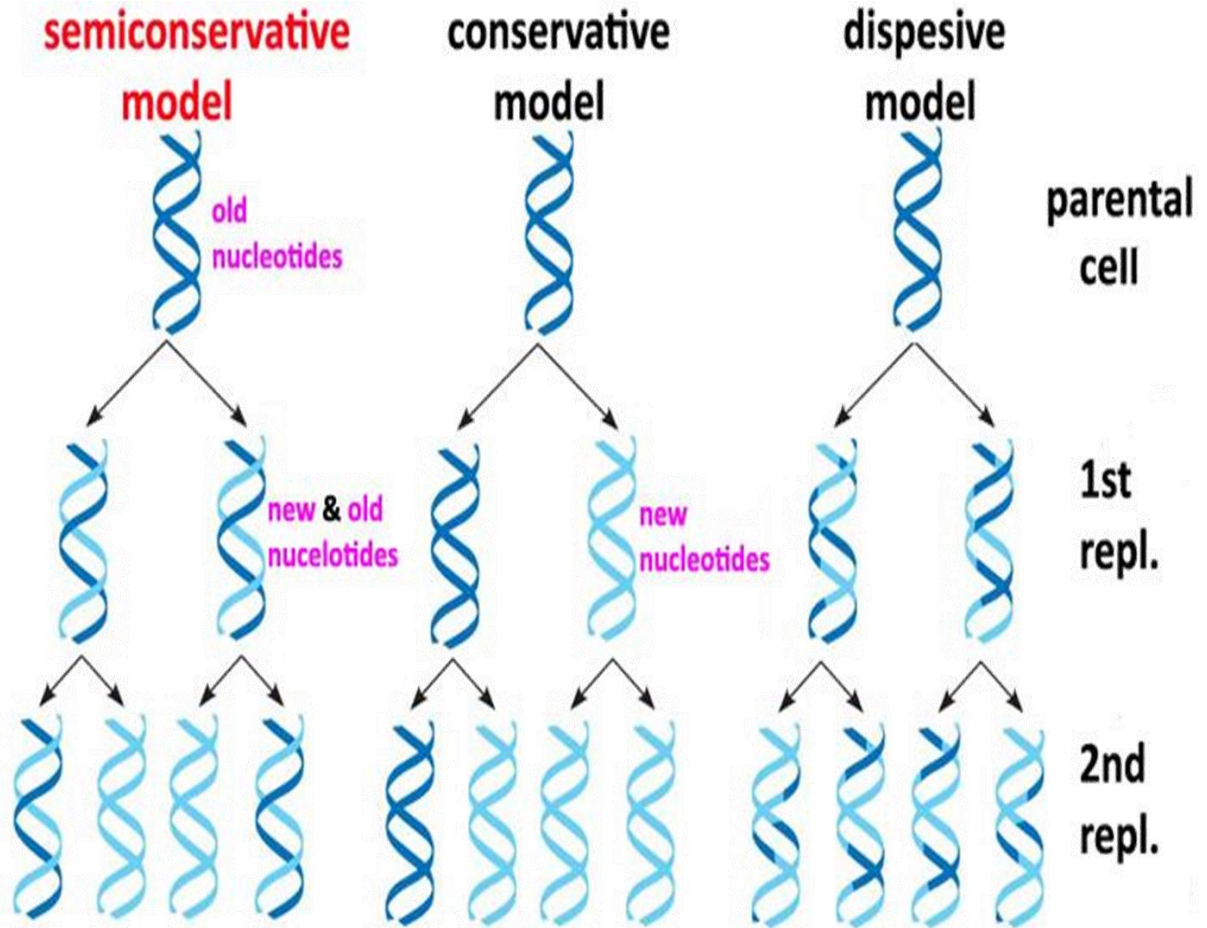
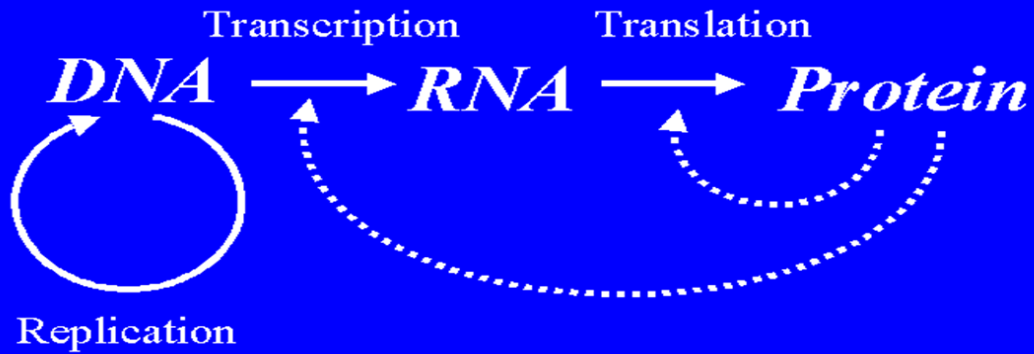
3- الطريقة شبه المحافظة

تم بعد ذلك اثبات أن الطريقة التي يتناسخ بها ال- DNA هي الطريقة شبه المحافظة عن طريق تجربة ميسلسون Mesel وستال eson & Stahl



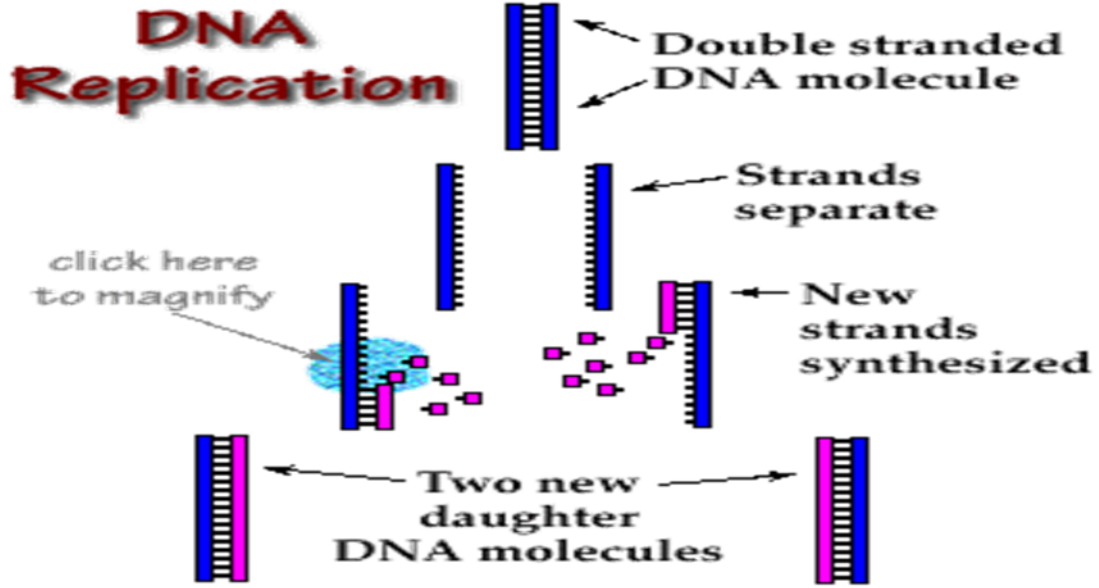


The Central Dogma of Modern Molecular Biology

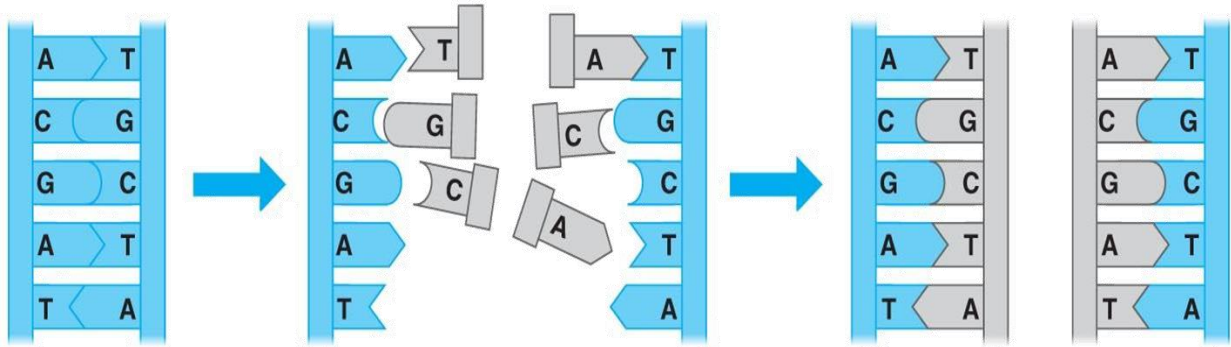


الطرق المتحملة لتضاعف الـ DNA

تناسخ الـ DNA بالطريقة شبه المحافظة Semi conservative يتم تناسخ الـ DNA بمعنى أن نصف جزئ الـ DNA الأصلي يحافظ عليه في حين يتم بناء سلسلة جديدة عليه

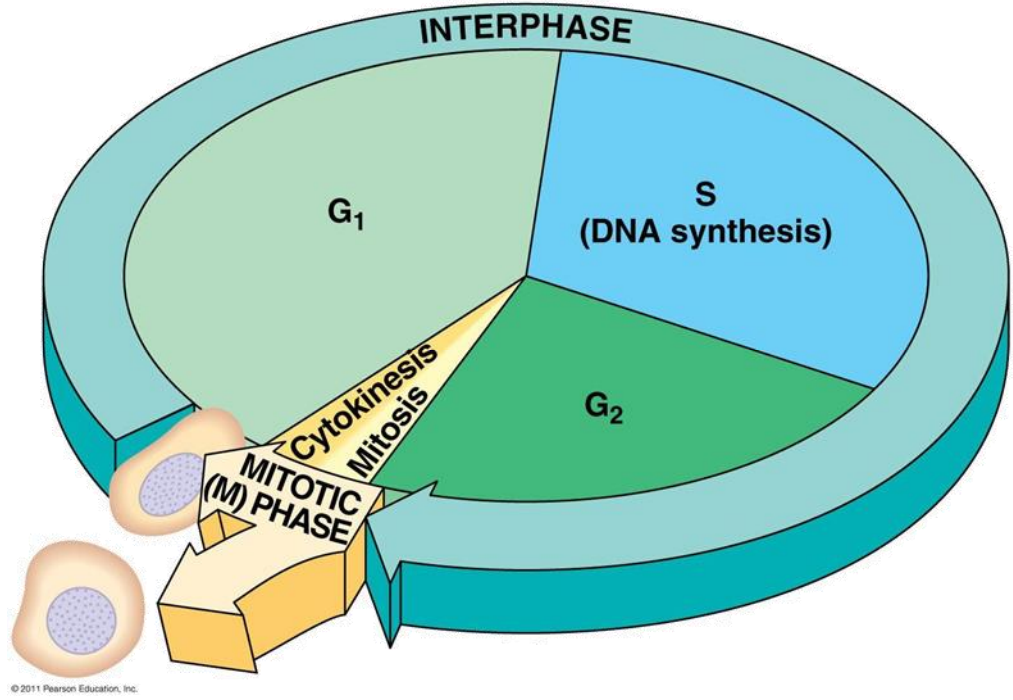


ينفصل جزئ الـ DNA المزدوج الى خيطين مفردين ويستخدم كل خيط كقالب لإنتاج خيط مكمل له باستخدام خاصية الارتباط بين القواعد النيتروجينية، حيث يقوم أنزيم بلمرة الـ DNA بعملية البناء لجزء الـ DNA الجديد مكون من خيط قديم وخيط جديد.

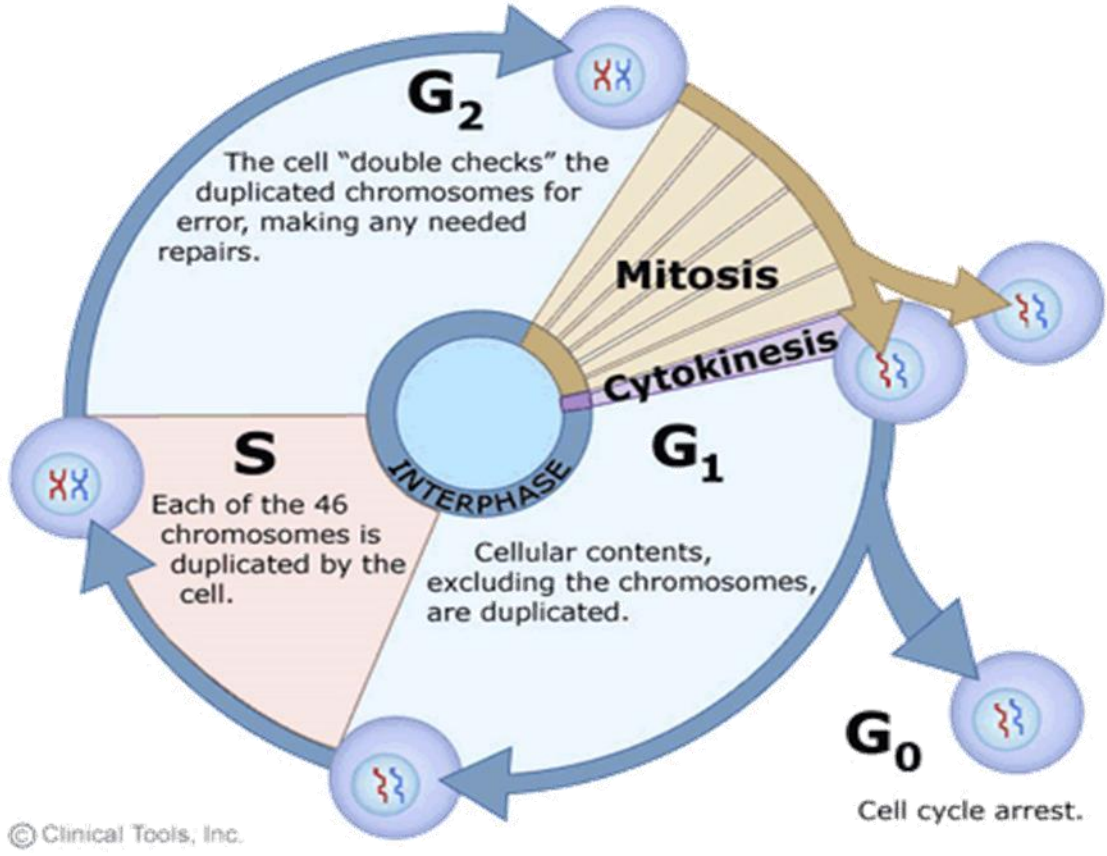


Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

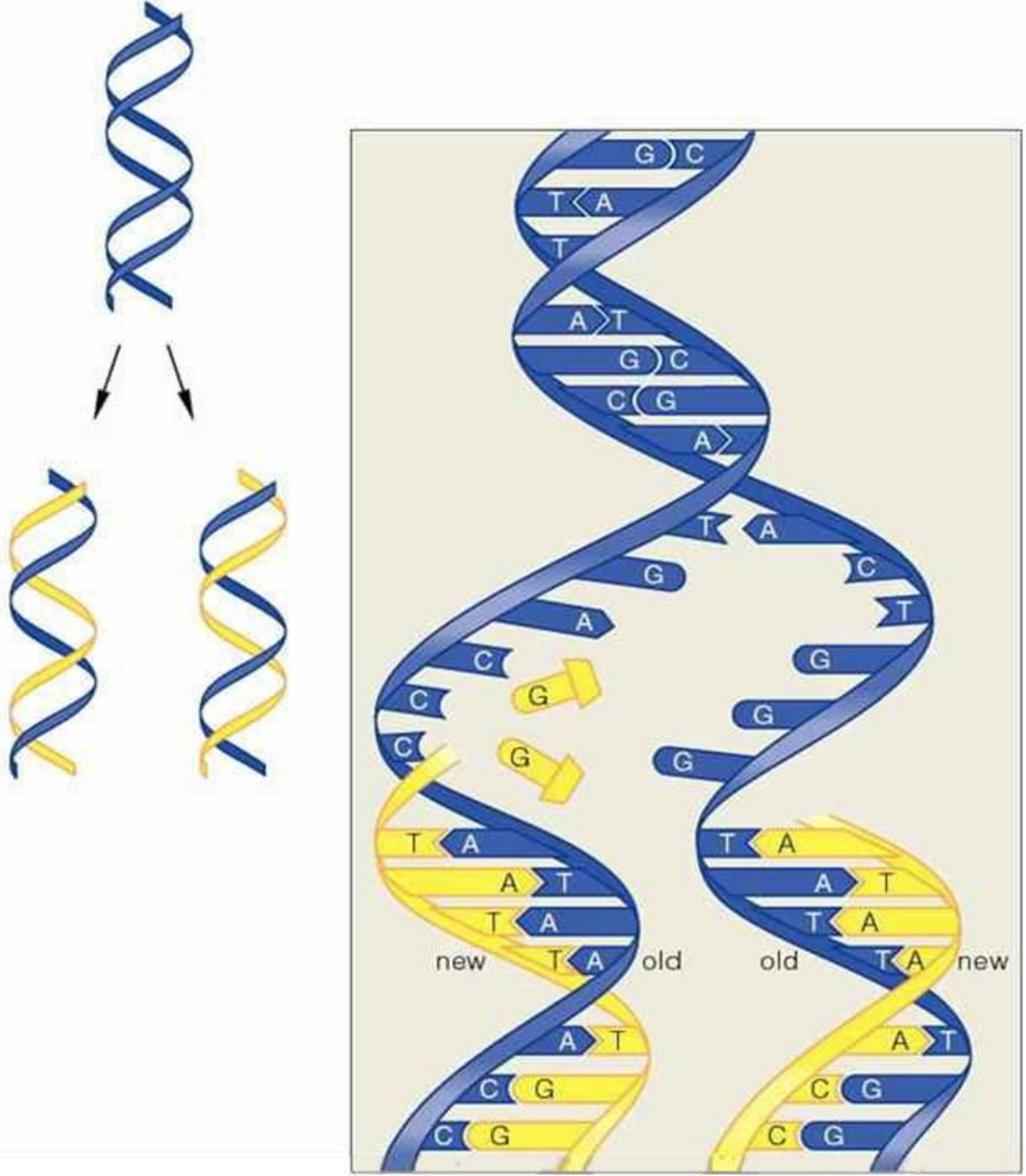
ينبغي أن يتضاعف الـ DNA في الخلية قبل كل انقسام خلوي وتتحدث عملية تضاعف الـ DNA في طور البيني Interphase DNA والخليتان الناتجتان من الانقسام يجب أن تكون متطابقة تماما من حيث محتواها من الـ DNA .



يحدث تضاعف الـ DNA في نواة الخلية خلال الطور ن S من دورة الخلية
(S Phase) Synthesis phase.



يمكن اعتبار ميكانيكية تضاعف الـ DNA نتيجة مباشرة لطبيعة تركيب الحلزون
المزدوج حيث تنفصل السلسلتان لتعمل كل منهما كقالب لبناء سلسلة جديدة من الـ
DNA.

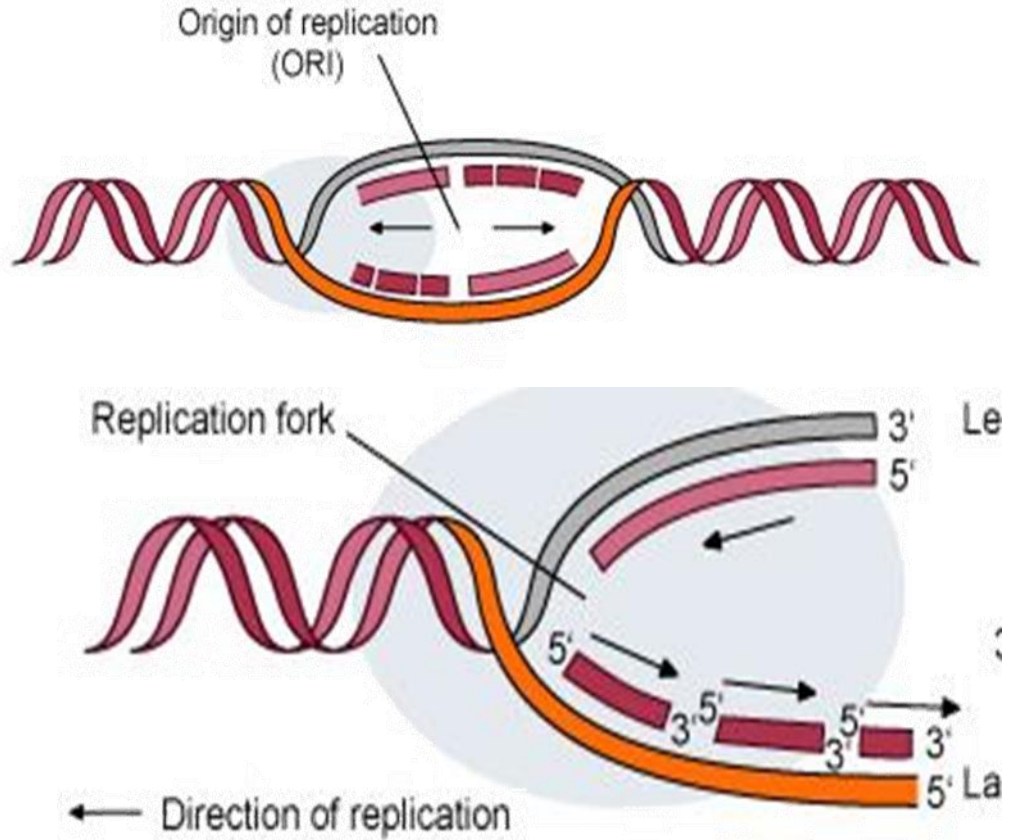


© 2006 Brooks/Cole - Thomson

منشأ تضاعف ال DNA Replication Origin

يبدأ تضاعف ال DNA عند نقطة واحدة محددة على ال-DNA تسمى نقطة منشأ التناسخ Replication Origin التي تأخذ شكل الفقاعة في بداية التضاعف نتيجة لانفصال سلسلتي ال-DNA عن بعضهما، ثم تأخذ شكل ، الشوكة عند

استمرار انفصال السلسلتين حتى نهاية جزئ الـ DNA وهذا ما يسمى بشوكة التضاعف Replication Forks. وتحتوي كروموسومات الكائنات الدقيقة غير حقيقية النواة عادة على منشأ تضاعف واحد. في حين تحتوي كروموسومات الكائنات حقيقية النواة على العديد من منشأ التضاعف.



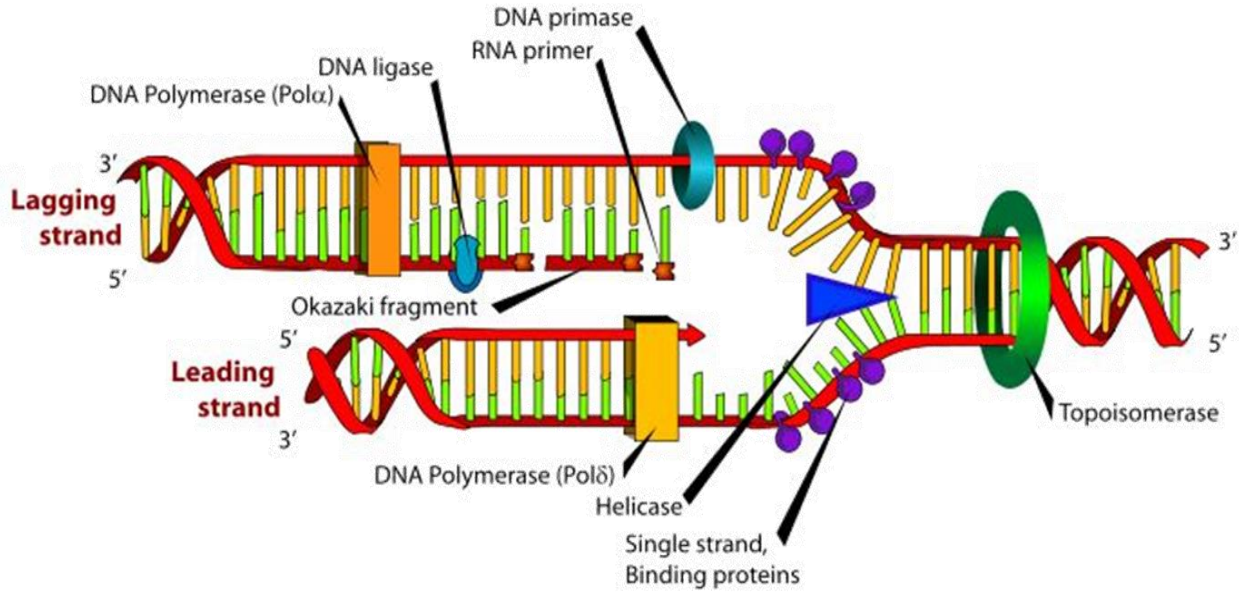
خطوات تضاعف الـ DNA

1- ينفك التفاف جزئ الـ DNA المزدوج الحلزوني بواسطة إنزيم توبوآيزوميريز Topoisomerase.

2- يتم كسر الروابط الهيدروجينية بواسطة إنزيم هيليكيز Helicases وبذلك ينفصل الخيطين.

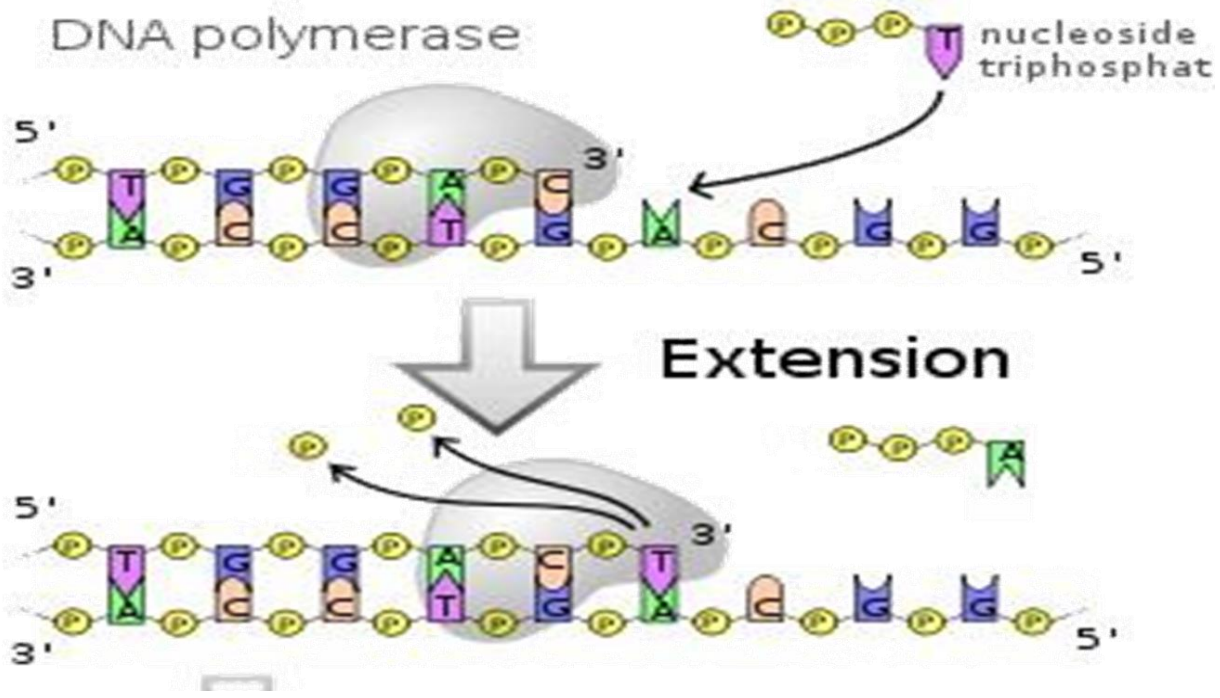
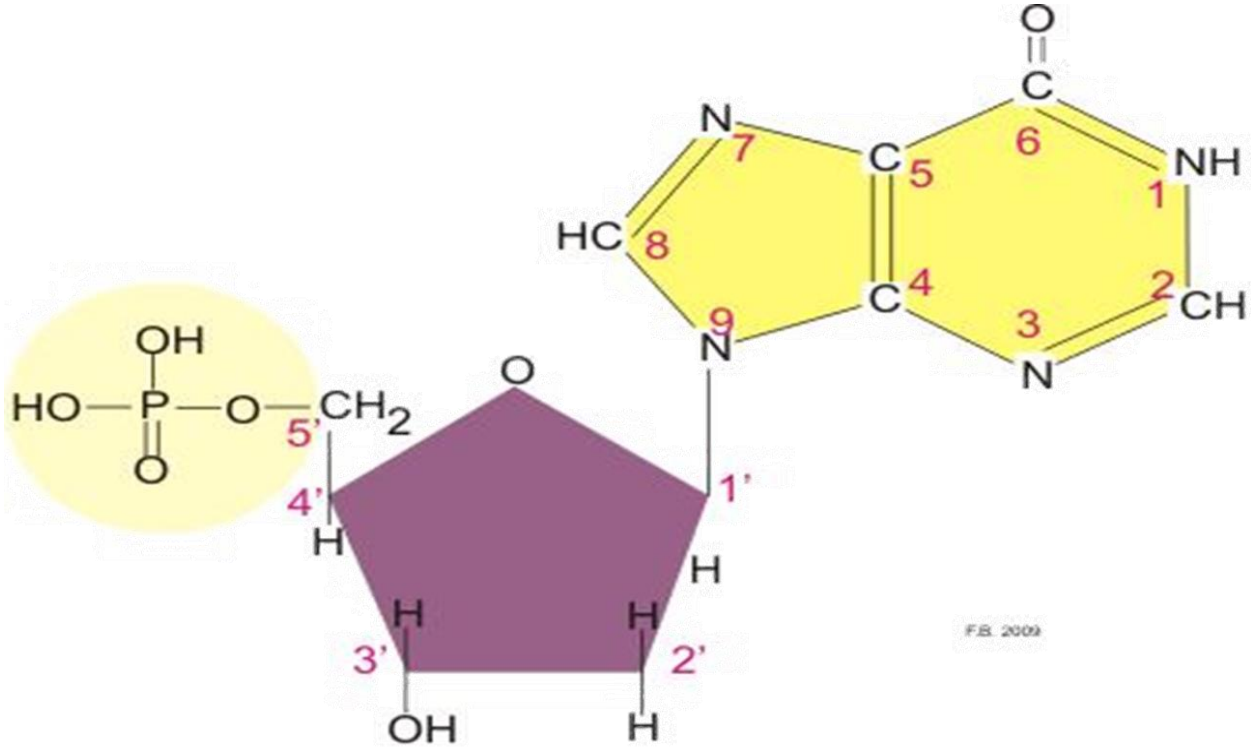
3- تبدأ بروتينات السلسلة المفردة وكذلك **Single Strand binding proteins** بالارتباط بسلسلي الـ DNA للمحافظة عليهما لتبقى ملفوفتان منفصلتان وغير.

4- يتم اضافة القواعد النتروجينية إلى السلسلة الجديدة الجاري بناؤها طبقا لقاعدة تزاوج القواعد (G=C, A=T) بحيث تنعدم فرصة حدوث خطأ في إضافة القواعد ويكون ذلك بصورة دقيقة .



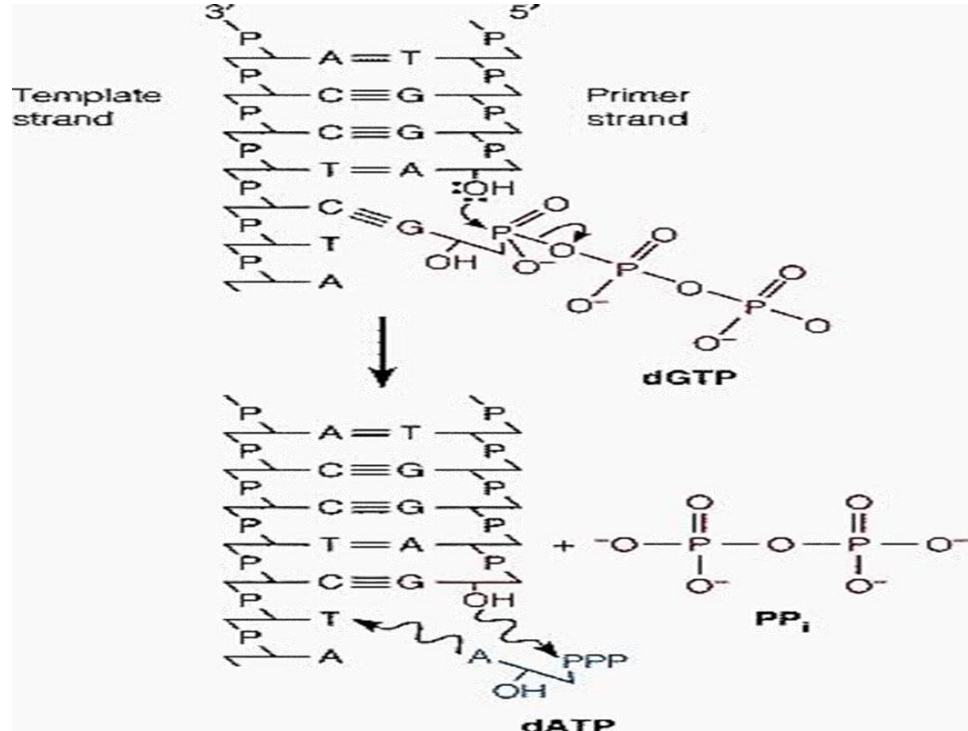
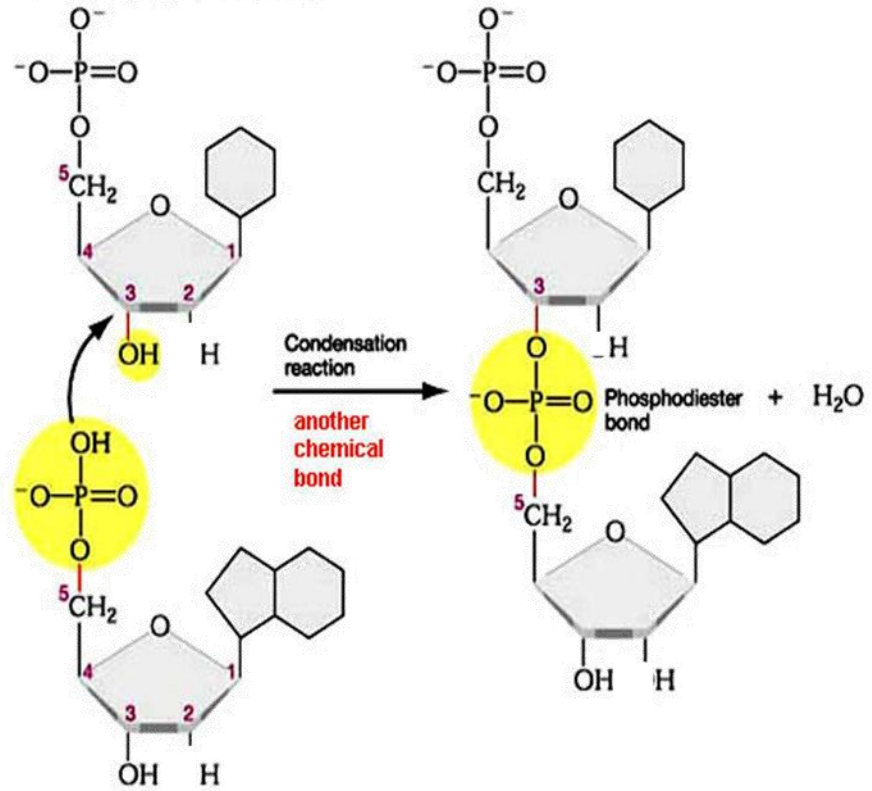
إنزيم بناء الـ DNA

يقوم إنزيم بناء الـ DNA Polymerase بإضافة النيوكليوتيدات لخيط الـ DNA الجديد حيث تمثل النيوكليوتيدات الحرة الأربع (A, T, G, C) مواد البناء، في حين أن الإنزيم هو من يقوم بالبناء، وهذا الإنزيم يتطلب بالإضافة للنيوكليوتيدات الأربع الحرة وجود بادئ أي قطعة صغيرة طولها 6 إلى 10 نيوكليوتيدات ليبدأ بإضافة النيوكليوتيدات إليها، حيث أنه لا يمكنه بدأ البناء بدون توفر مجموعة الهيدروكسيل الحرة OH في النهاية 3'.



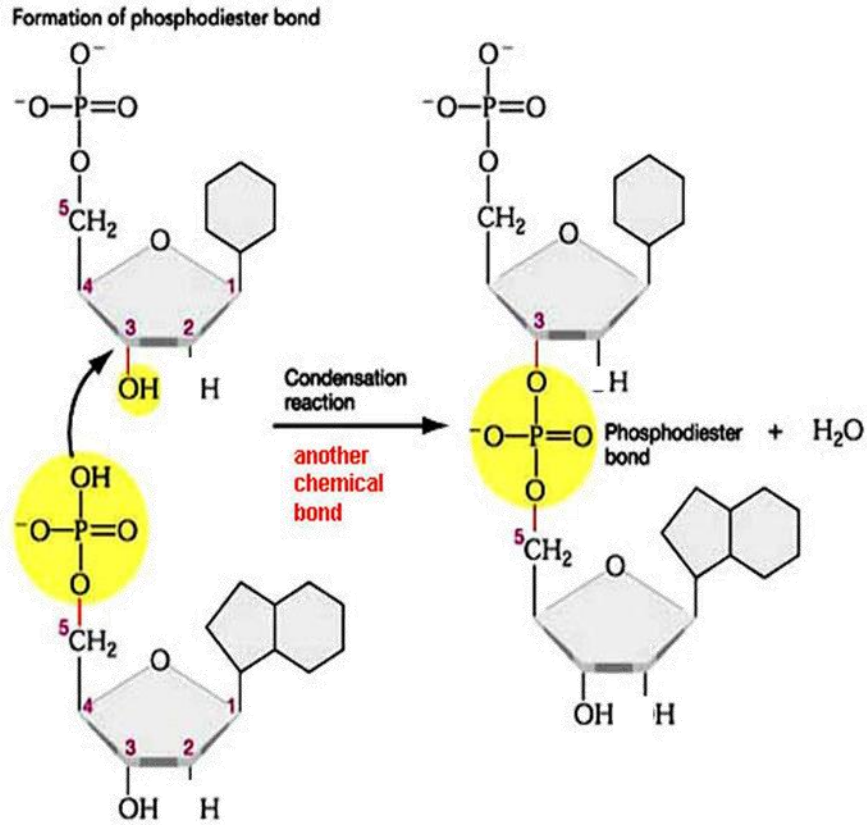
الشكل التالي يبين التفاعل الذي يقوم به أنزيم بناء الـDNA

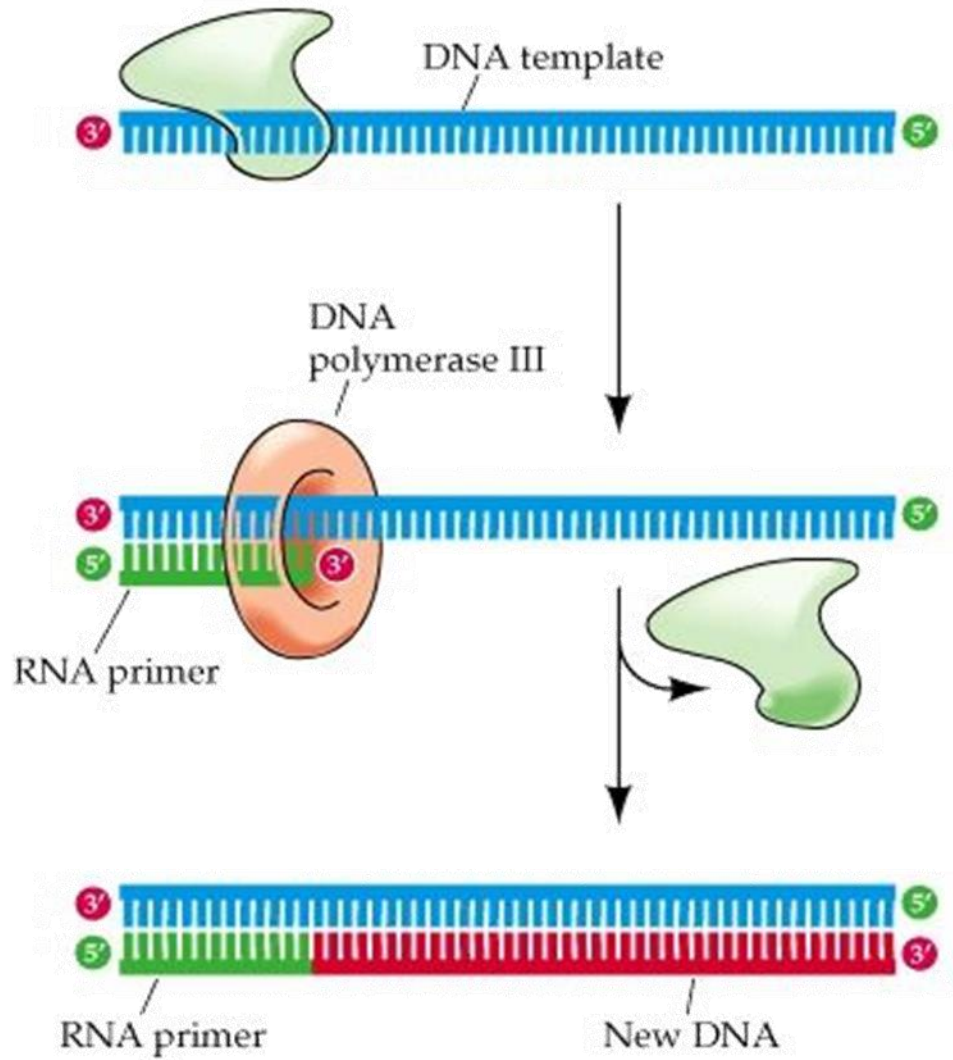
Formation of phosphodiester bond



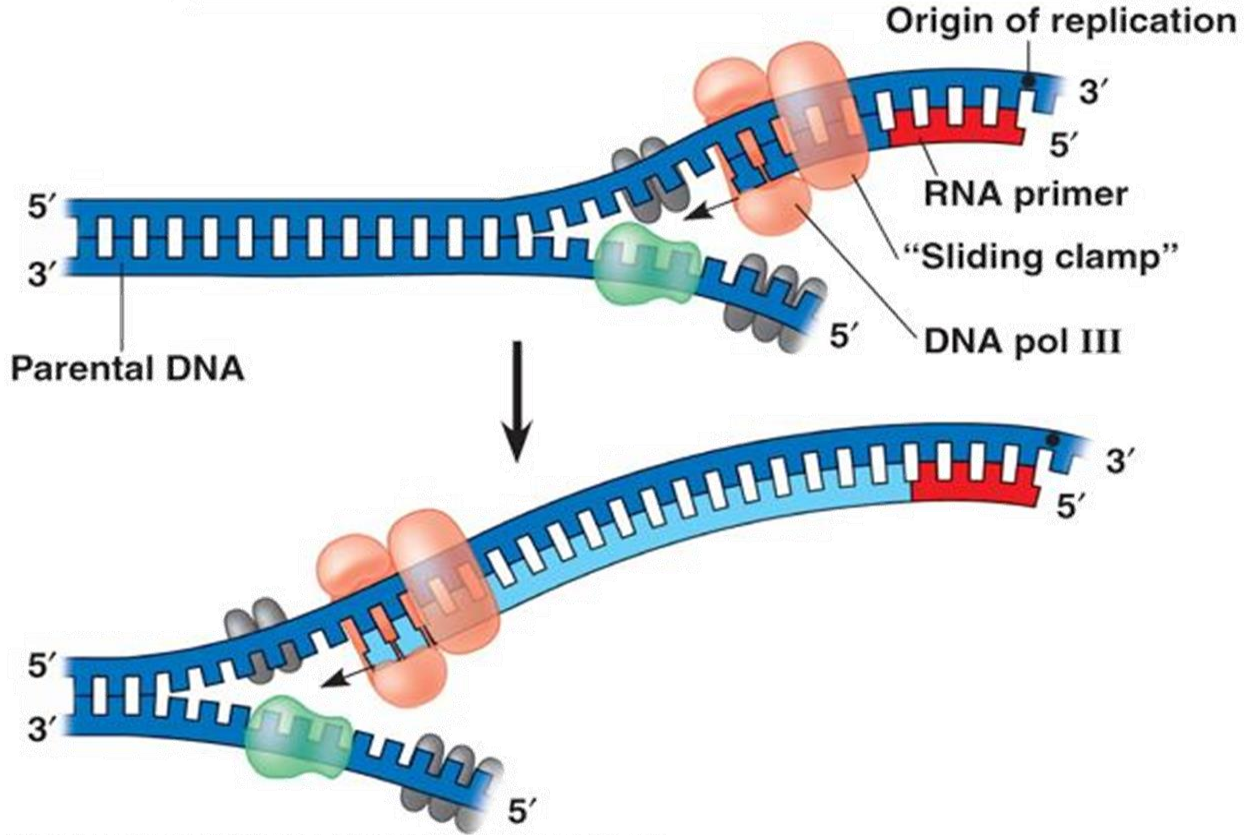
البادئ RNA Primer

يقوم أنزيم بادئ الـ RNA Primase RNA ببناء جزيء صغير من نيوكليوتيدات الـ RNA عند نقطة البداية أو منشأ التناسخ يسمى بالبادئ Primer وبهذا يزود البادئ أنزيم بناء الـ DNA بمجموعة 3OH ليتمكن من إضافة نيوكليوتيدات الـ DNA إليها.





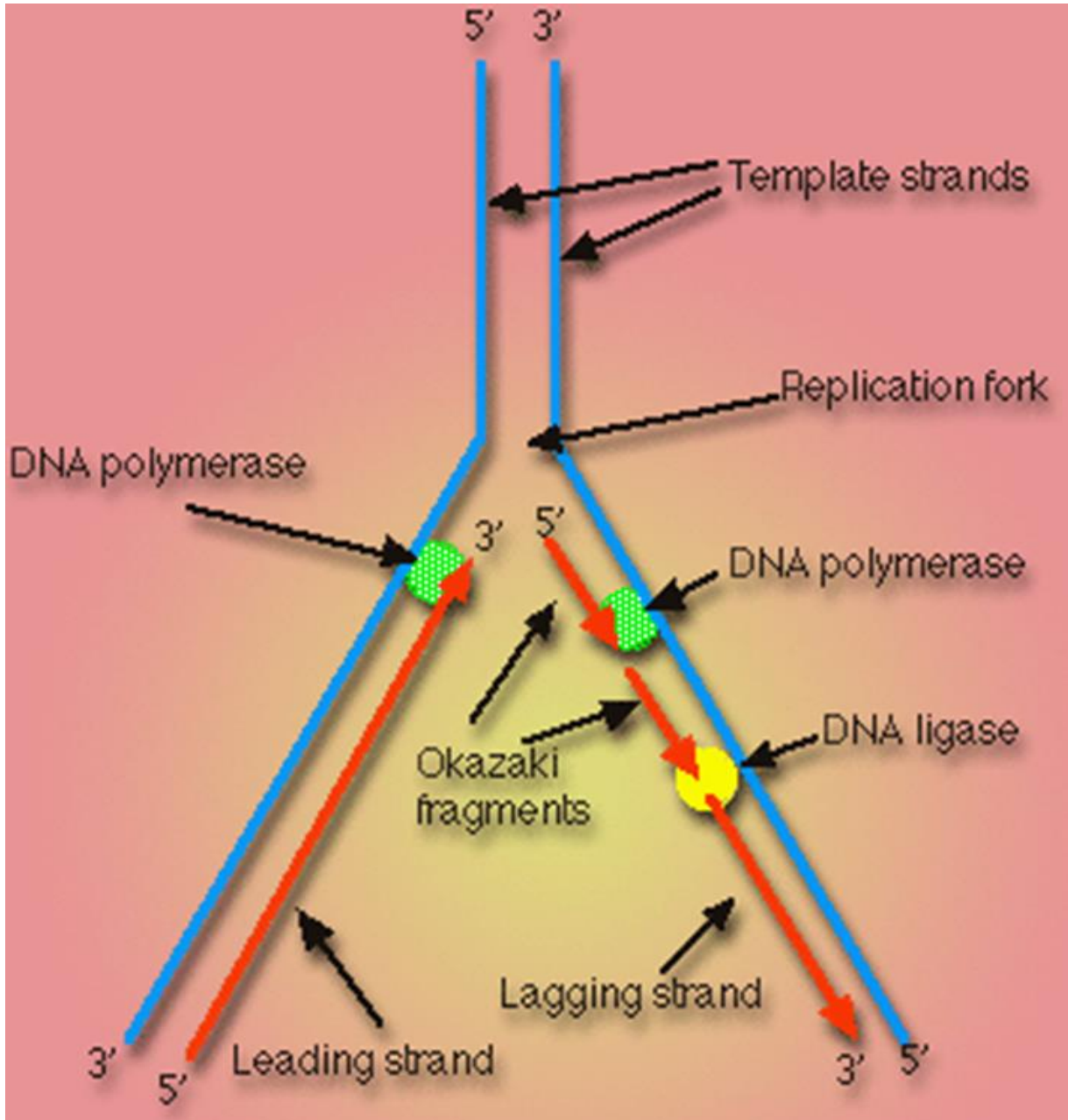
© 2001 Sinauer Associates, Inc.

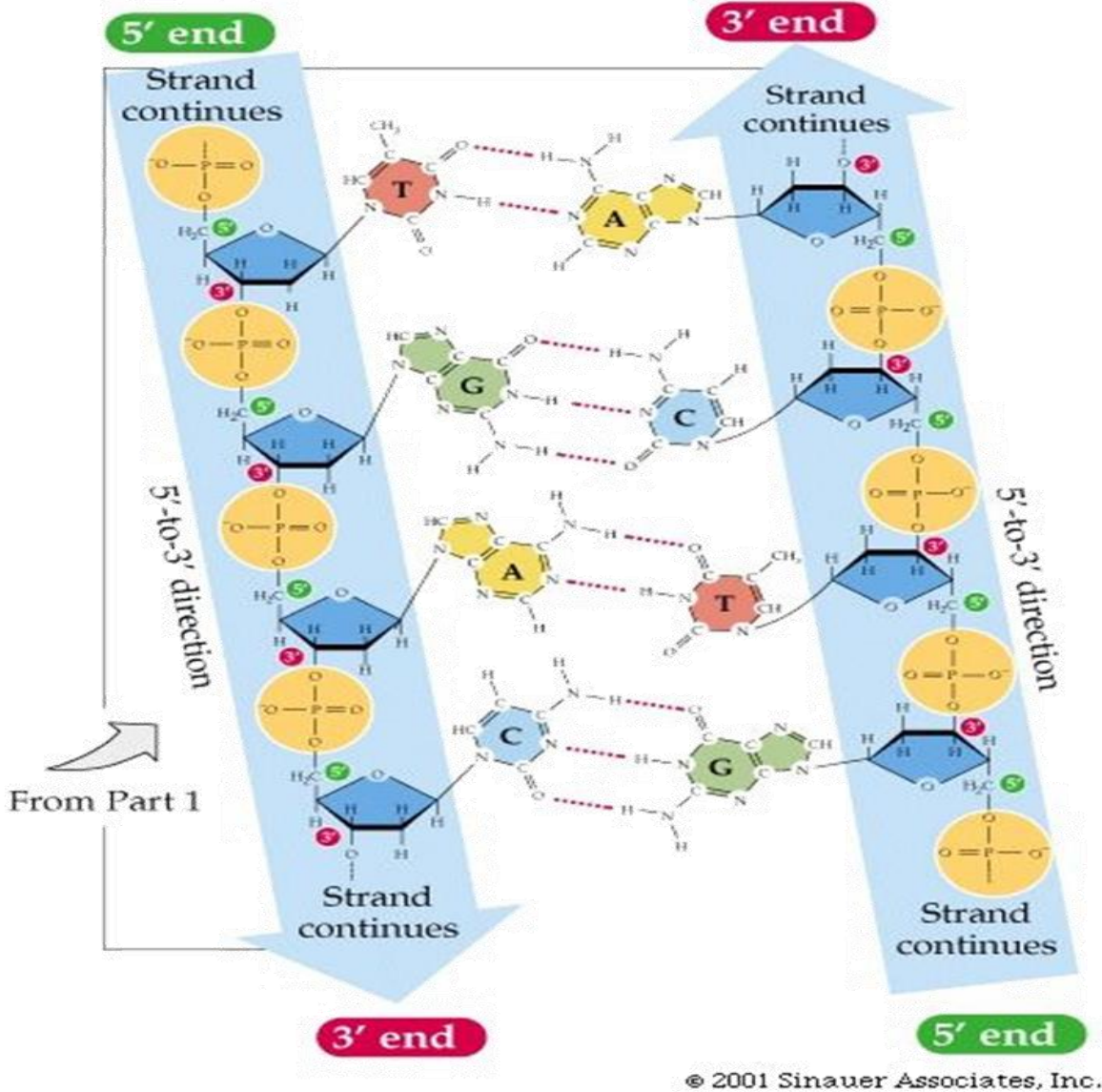


Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

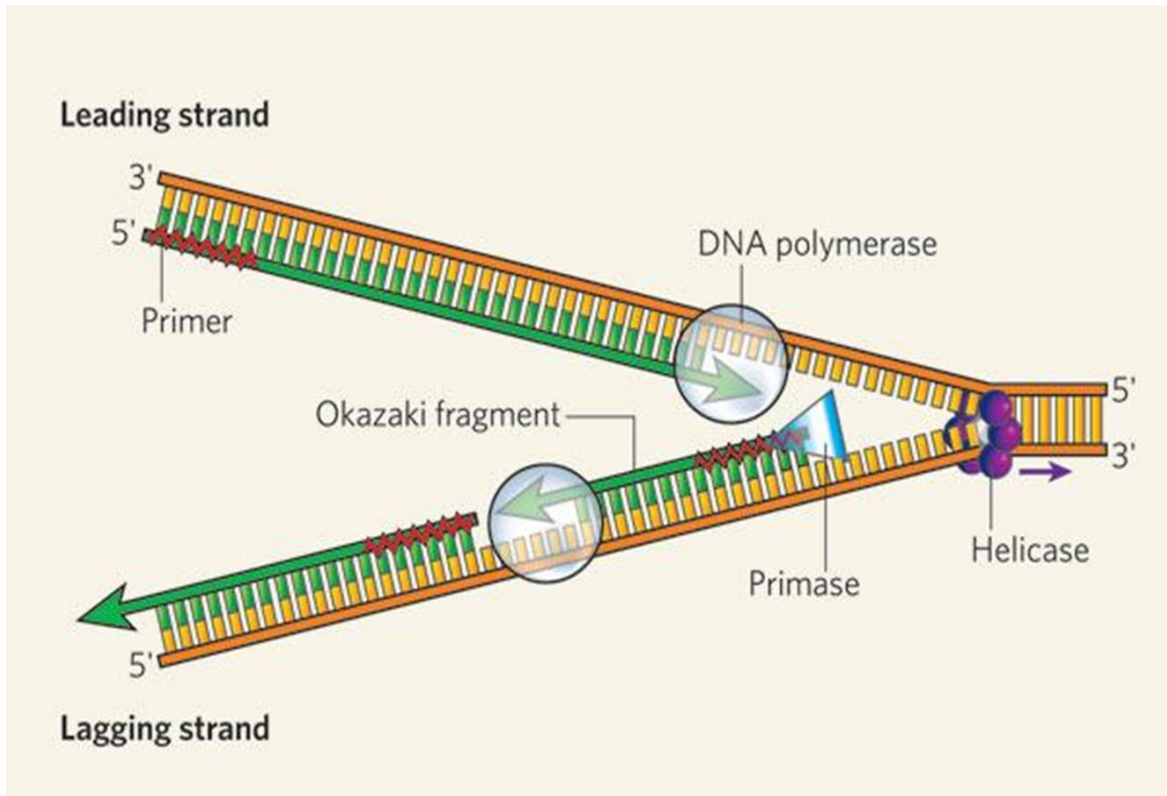
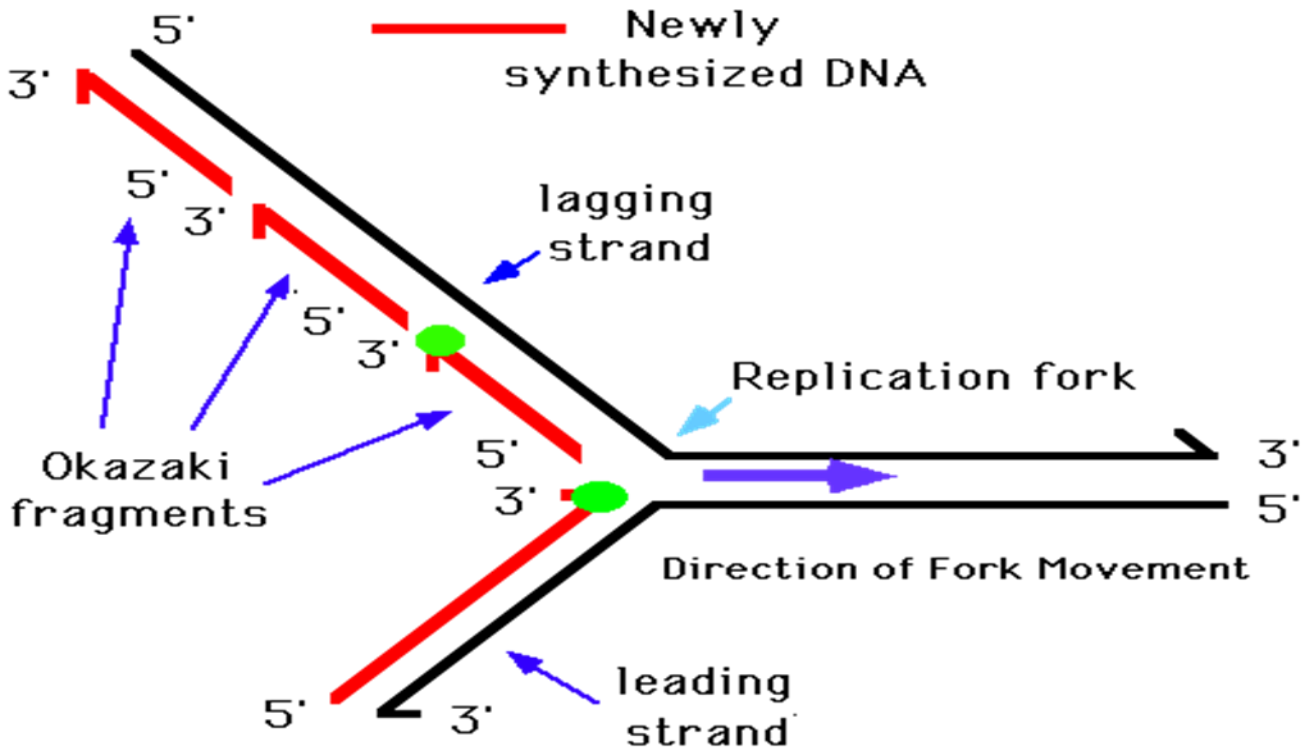
إتجاه البناء

نظراً لأن أنزيم البناء DNA Polymerase لا يعمل إلا في الإتجاه $5 \rightarrow 3$ وذلك لأن التفاعل الكيميائي الذي يساعد فيه هذا ، الإنزيم يسمح للنوكليوتيدة ثلاثية الفوسفات للتفاعل فقط مع مجموعة الهيدروكسيل OH الحرة في النهاية 3 للسلسلة النامية، ويكون إتجاه البناء دائماً $5 \rightarrow 3$ لذلك لا يستطيع أنزيم البناء DNA Polymerase تكوين الجديد المعاكس $3 \rightarrow 5$ لذا فإن هذا الشريط يتم بناؤه على شكل قطع صغيرة في الإتجاه $3 \rightarrow 5$ تسمى قطع اوكازاكي نسبة للعالم الذي اكتشفها Okazaki .



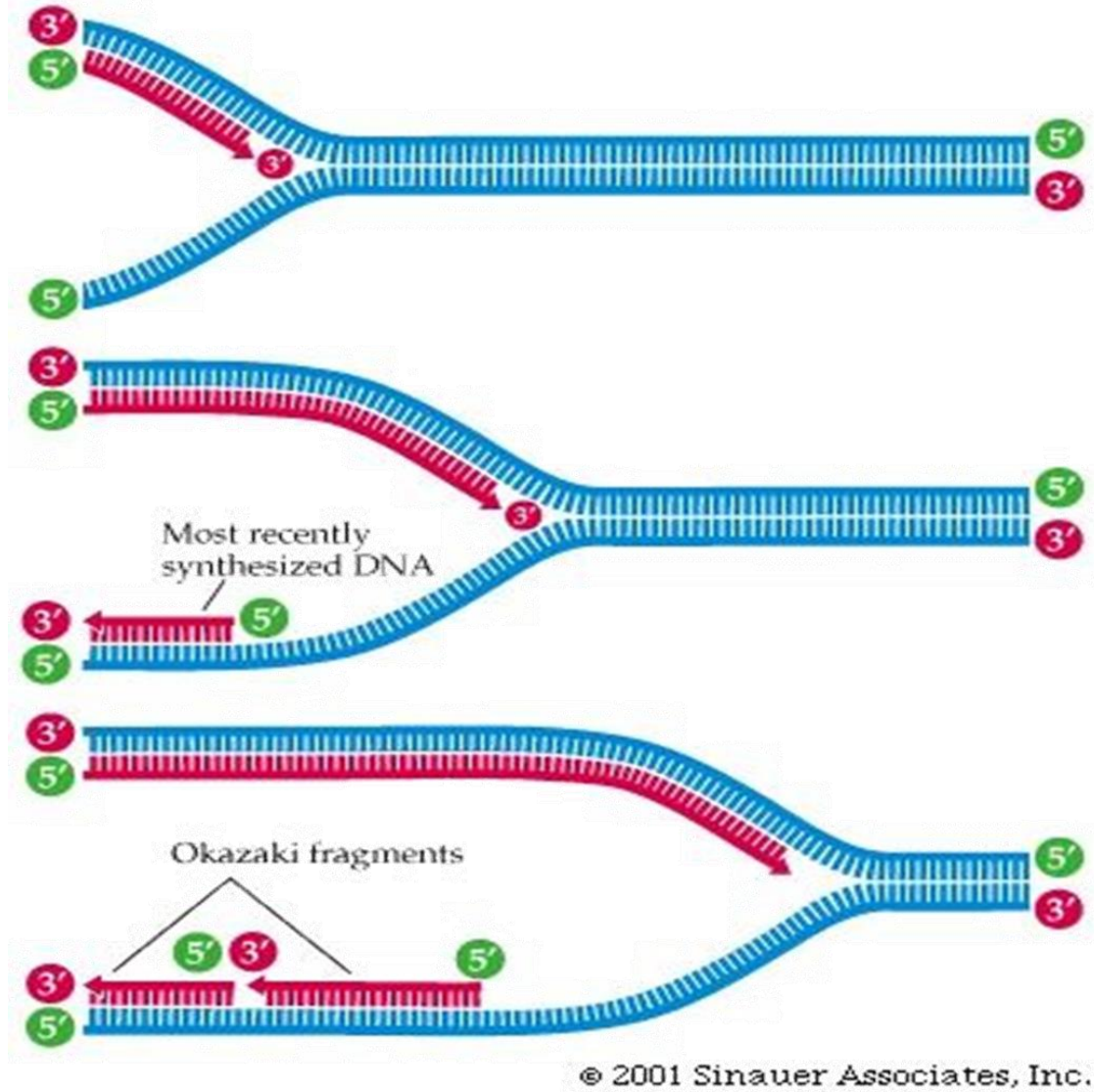


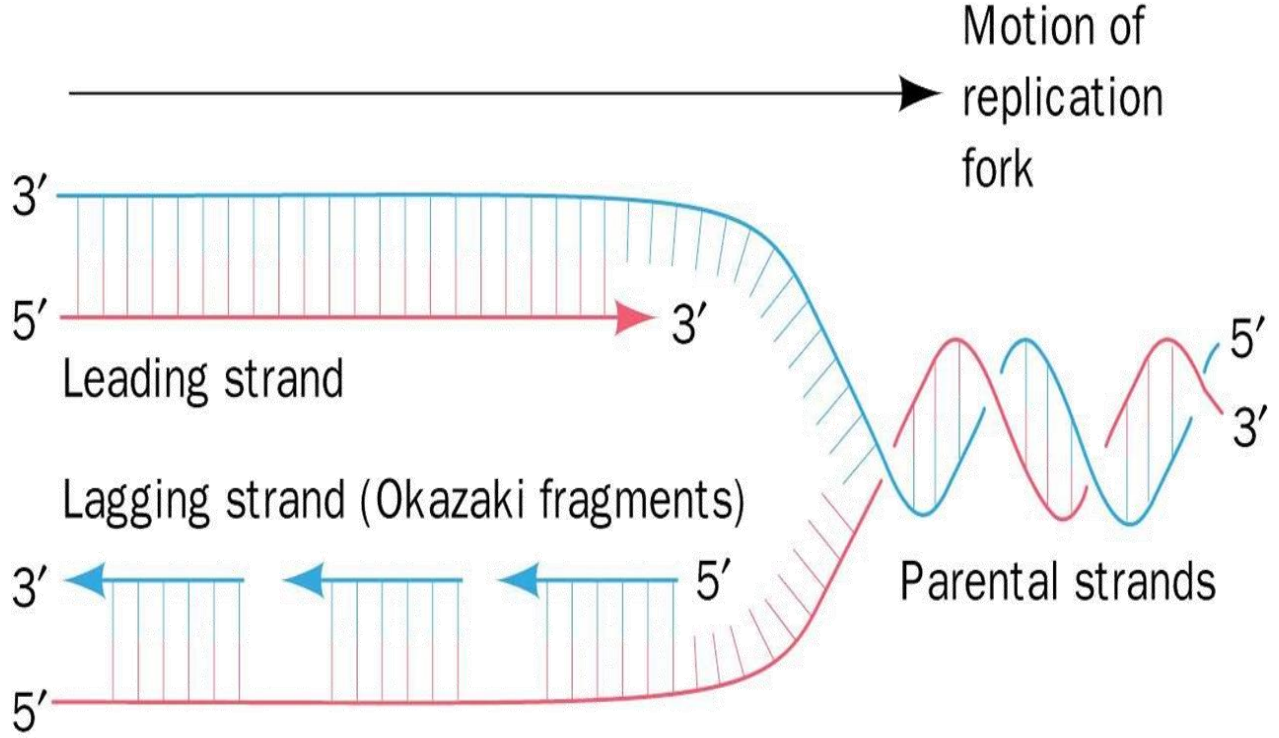
ولذلك نجد أن إحدى خيطي ال DNA الجديدين ينمو في الاتجاه الصحيح 5' → 3' ويسمى بالخيط القائد Leading strand بينما الخيط الآخر ينمو في اتجاه 3' → 5' أيضاً ولكن بطريقة غير مستمرة متقطعة ويسمى بالخيط المتكئ أو البطي strand Lagging (قطع Okazaki).



أن قطع اوكازاكي هي نواتج أولية للبناء على أحد الخيطين والذي يأخذ الاتجاه 3 → 5 حيث يأخذ شكل الخيط الكامل عند انتهائه

ان قطع اوكازاكي تفسر التساؤل حول كيفية بناء في الـ DNA في الخيط المضاد وفي نفس اتجاه الخيط الأم، لتتمكن السلسلتان من البناء معاً في اتجاه واحد وترتبط هذه قطع اوكازاكي الصغيرة مع بعضها بواسطة أنزيم اللحام DNA .ligase

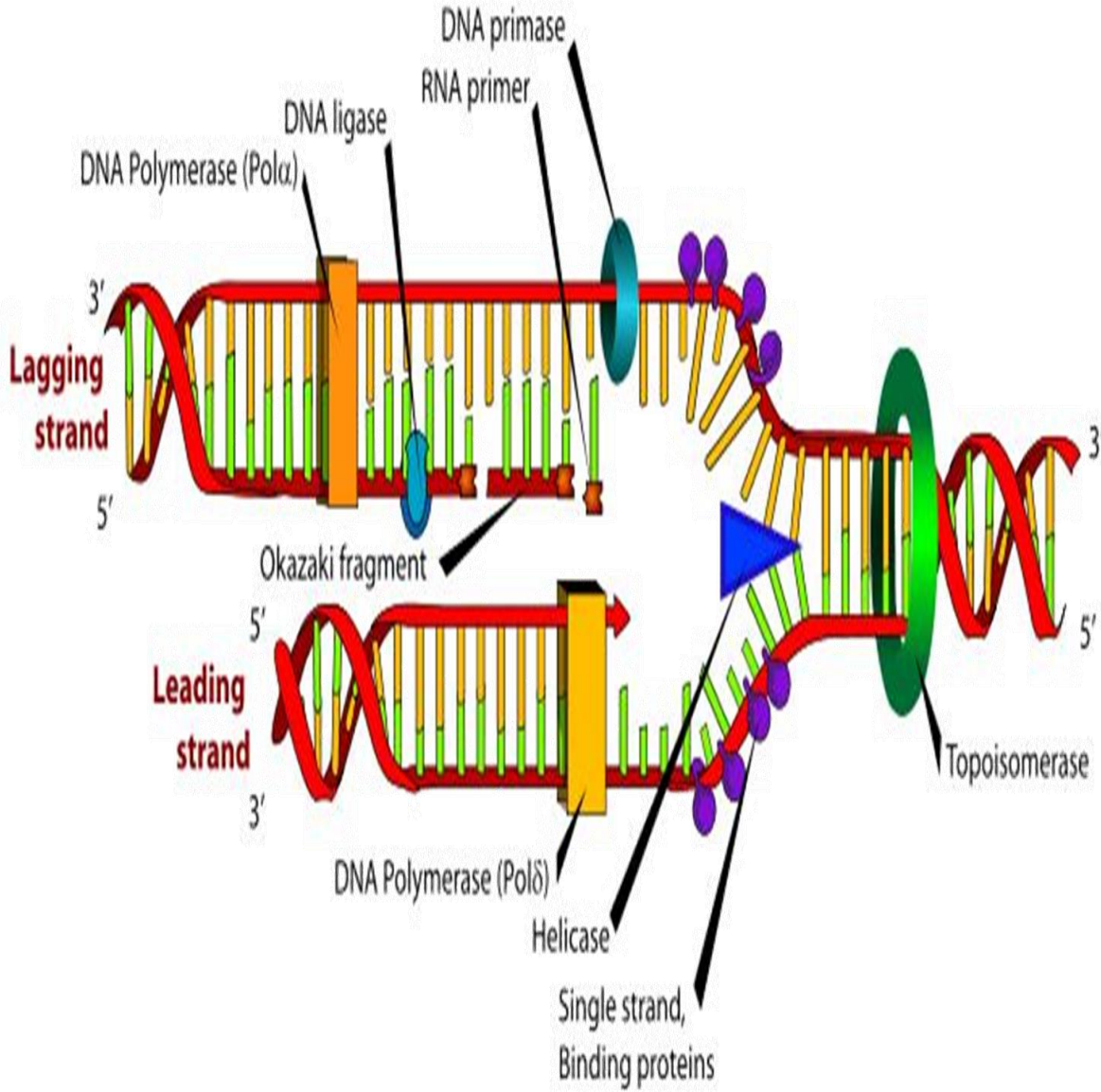




شروط تضاعف الـ DNA

لكي تبدأ عملية التضاعف لابد من توفر كل من

- 1- إنزيم البناء DNA Polymerase
- 2- البادئ Primer الذي يوفر نهاية 3OH
- 3- النيوكليوتيدات الأربع (A و G و T و C).
- 4- خيط الـ DNA المفرد (انفصال السلسلة المزدوجة في جزئ DNA)

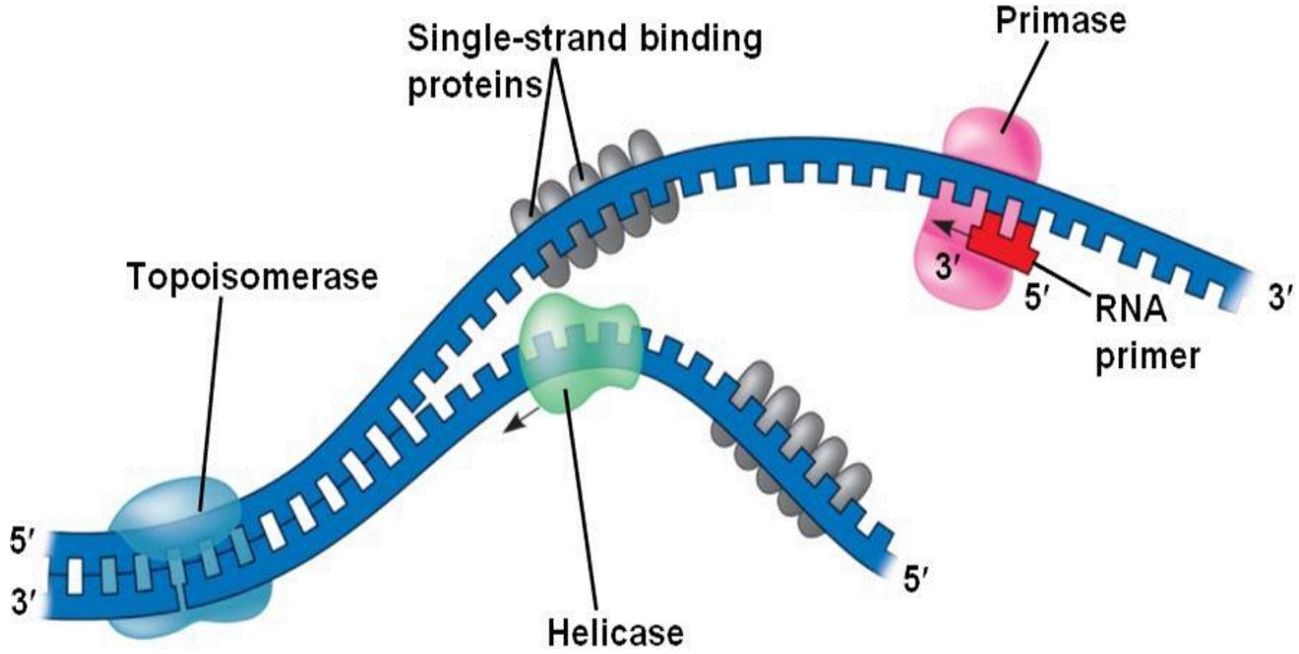


البروتينات المساهمة في عملية التضاعف

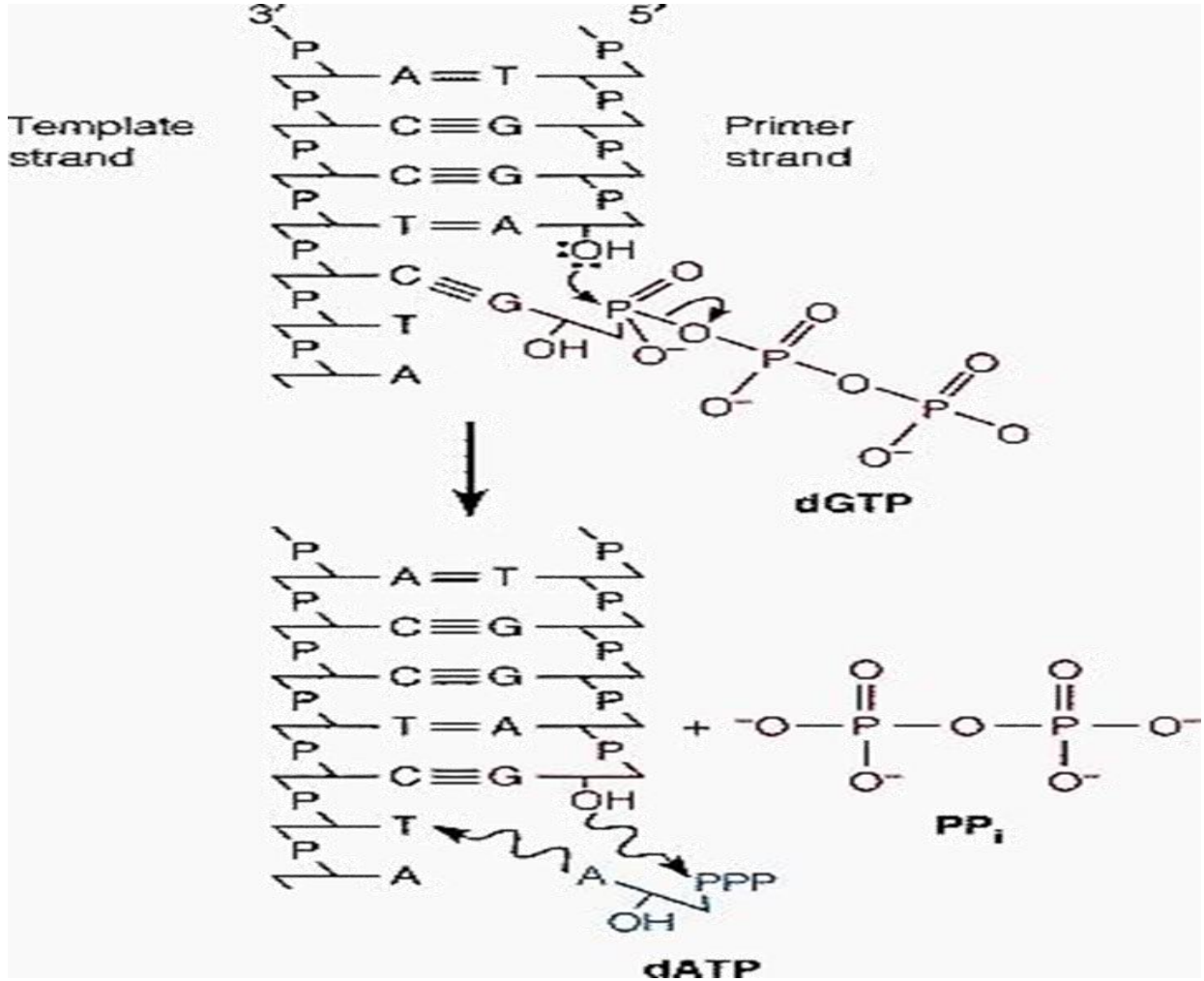
1- إنزيم توبوايزوميريز Topoisomerase يقوم بفك التفاف جزئ
الـDNA (المزدوج) الحلزوني •

2- إنزيم هيليكيز Helicases يقوم كسر الروابط الهيدروجينية بين خيطي
الـDNA المزدوج •

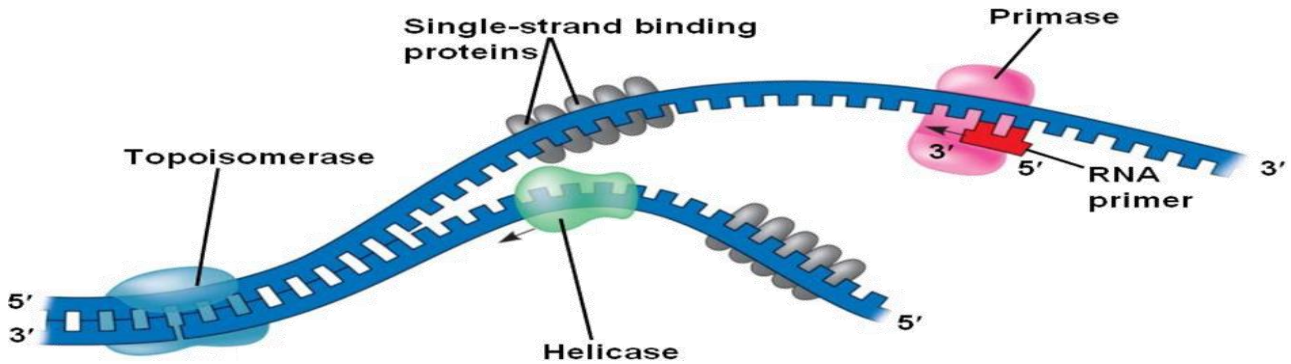
3- بروتينات الارتباط بالسلسلة المفردة Single strand binding proteins ترتبط بسلسلتي الـ DNA المنفصلتين لتحافظ على انفصالهما

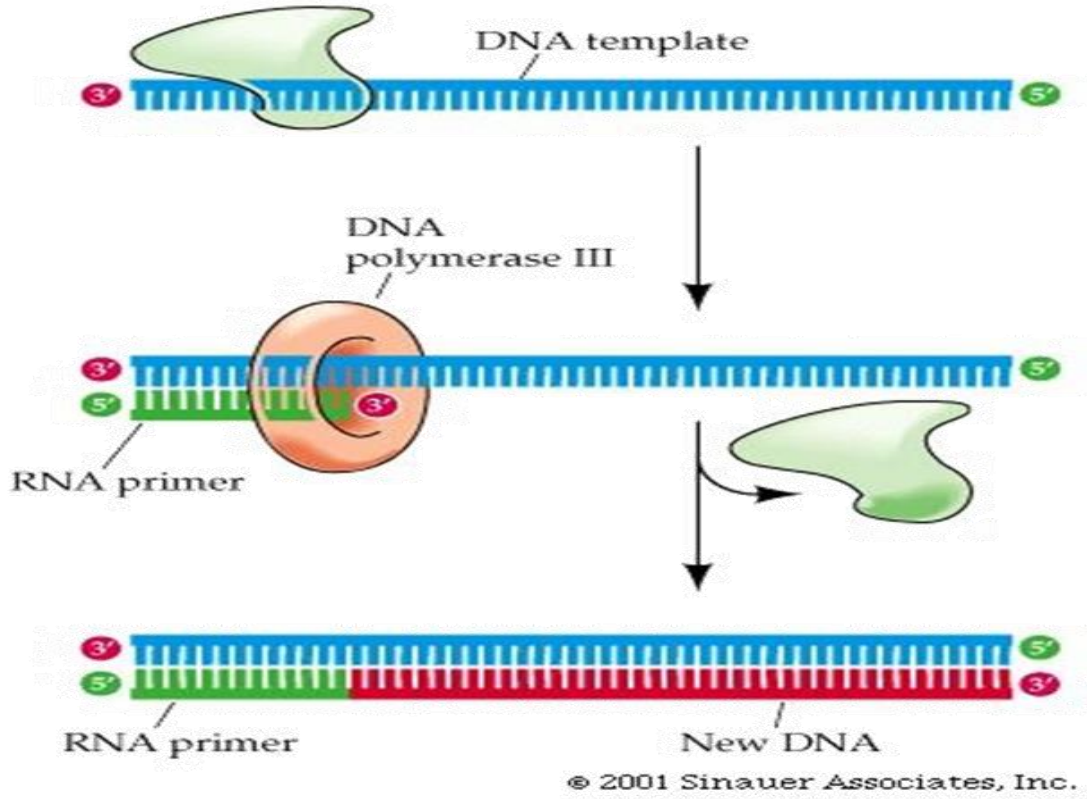


4- انزيم بناء الـ DNA Polymerase يقوم بإضافة النيوكليوتيدات لخيط الـ DNA الجديد من خلال التفاعل التالي:

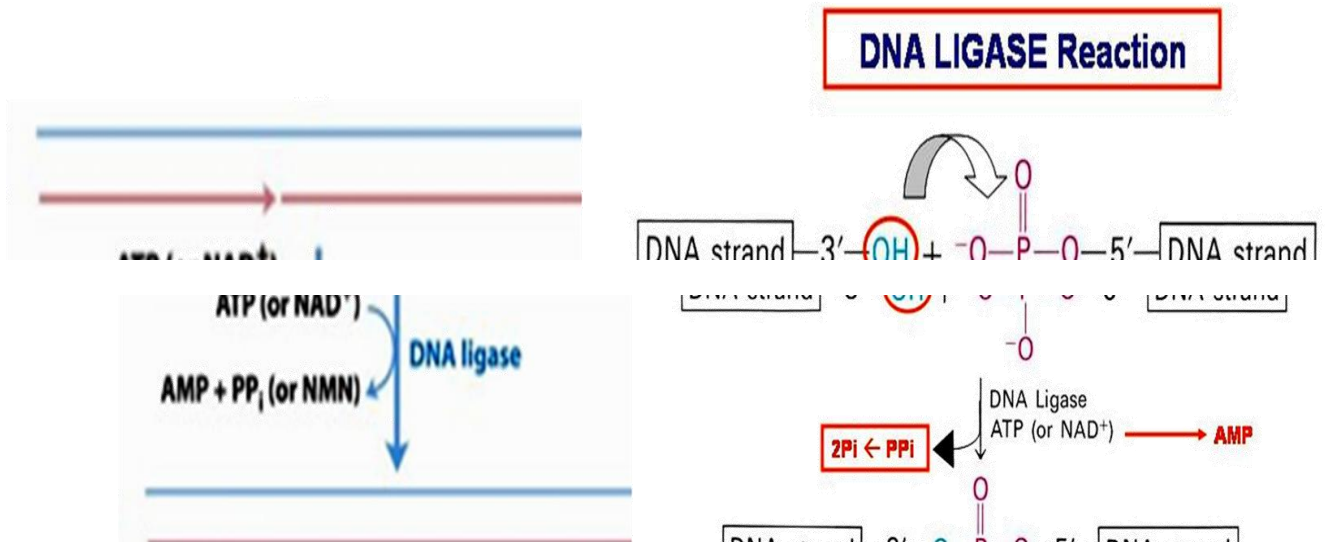


4- أنزيم بادئ الـ RNA Primase RNA يستطيع أن يكون جزيء صغير من نيوكليوتيدات الـ RNA عند منشأ التناسخ، وبهذا يزود أنزيم بناء الـ DNA بمجموعة 3OH.



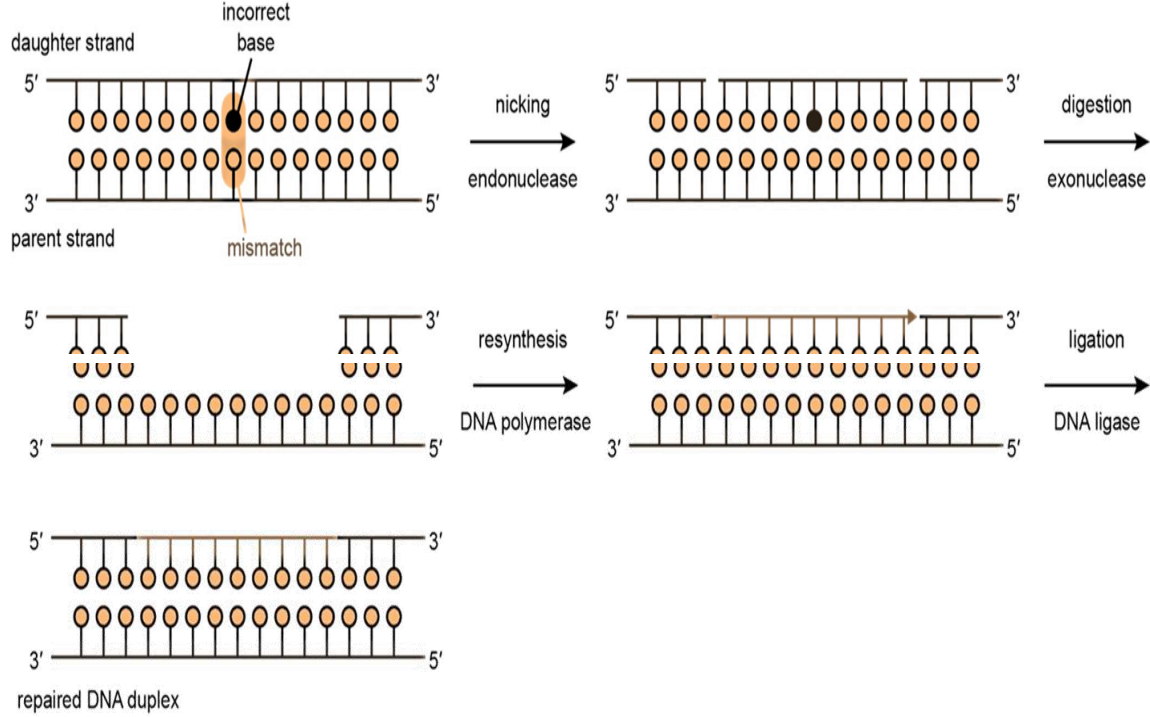


5- انزيم اللحام DNA Ligase ويقوم بلحم ثطع اوكازاكي على شريط ال DNA الجديد من خلال التفاعل التالي:



تصحيح اخطاء التناسخ

أنزيمات تصحيح القراءة تقوم ايضاً، باستئصال بادئ الـ RNA من خيط الـ DNA الجديد.
وكما مبين:



سؤال/ : إذا أعطيت خيطاً مفرداً من جزئ DNA فما هي التتابعات المكتملة في السلسلة المكتملة للـ DNA:

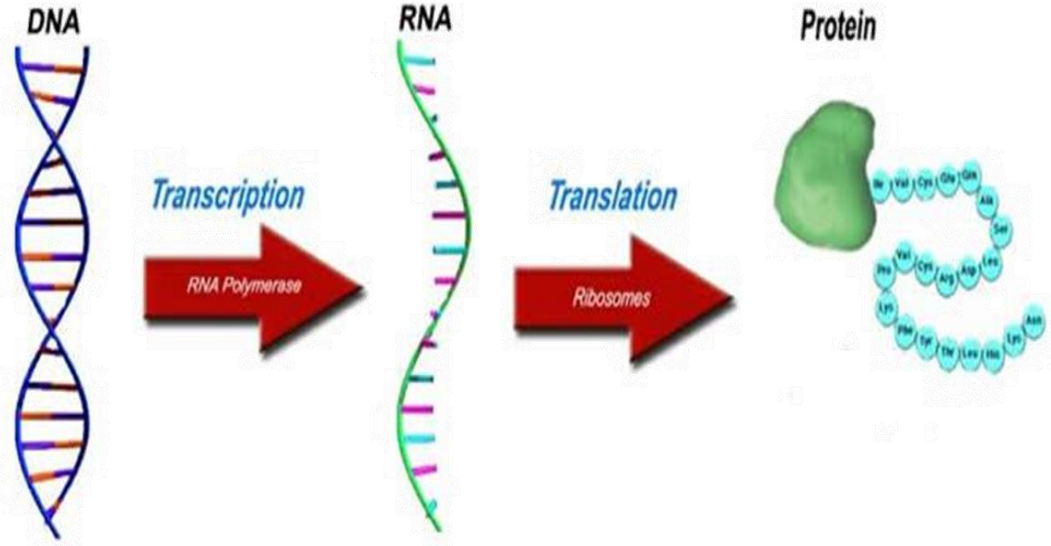
'3 1 --- 5 --- T A C CGA GTA CTG --- ' ?

الاستنساخ والترجمة

وهو المبدأ الذي يركز عليه علم الأحياء
الجزئي وتتضمن عملية بناء البروتين
من خلال خطوتي الاستنساخ والترجمة
والتي من خلالها يتم تعبير المعلومات
الموجودة في الـ DNA وكما موضح فيما
يلي:

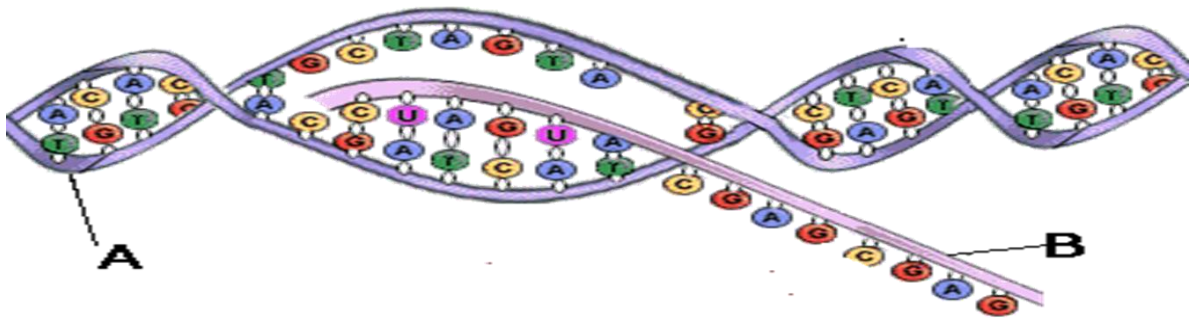
1-النسخ: Transcription وهذه العملية تستلزم تكوين
جزئ الـ mRNA لجين معين باستخدام - template DNA
كقالب

2-الترجمة (Translation) وهي عبارة عن استخدام
المعلومات الوراثية في الـ RNA المتكون (المنسوخ)
لبناء البروتين.



الاستنساخ Transcription النسخ : هي عملية نقل المعلومات الوراثية من الـ DNA الخاص بجين معين في النواة إلى mRNA وفقا لقانون تزاوج القواعد، حيث يبني جزئ RNA الخاص بجين معين من DNA كما في المثال التالي DNA: GCG TAG CTG ATC

mRNA: CGC AUC GAC UAG



- يتكون RNA من سلسلة مفردة بعكس DNA وتعتبر سلاسل RNA قصيرة جدا مقارنة بجزئ DNA ، جزئ • حيث تمثل كل سلسلة من RNA تتابعات خاصة بجين واحد فقط في حقيقة النواة Eukaryote ، أو بمجموعة جينات تربطها علاقة وظيفية مشتركة سلاسل وذلك في بدائية النواة Prokaryote فمن المعروف وجود ثلاثة انواع من RNA • وهي الرسول mRNA والريبوسومي rRNA والناقل tRNA ويقوم كل منهم بدور محدد في عملية الترجمة وبناء البروتين.

بناء جزئ RNA على قالب الـ DNA

تم إكتشاف الأنزيم المسؤول عن بناء جزئ RNA وهو أنزيم بلمرة الـ RNA Polymerase والذي يعمل على ربط الريبونيوكلئوتيدات ببعضها من خلال تكوين رابطة 3' 5' فوسفو داي استر بينها وهذا الأنزيم لا يمكن أن يعمل إلا في وجود قالب من الـ DNA في صورة سلسلة مفردة -

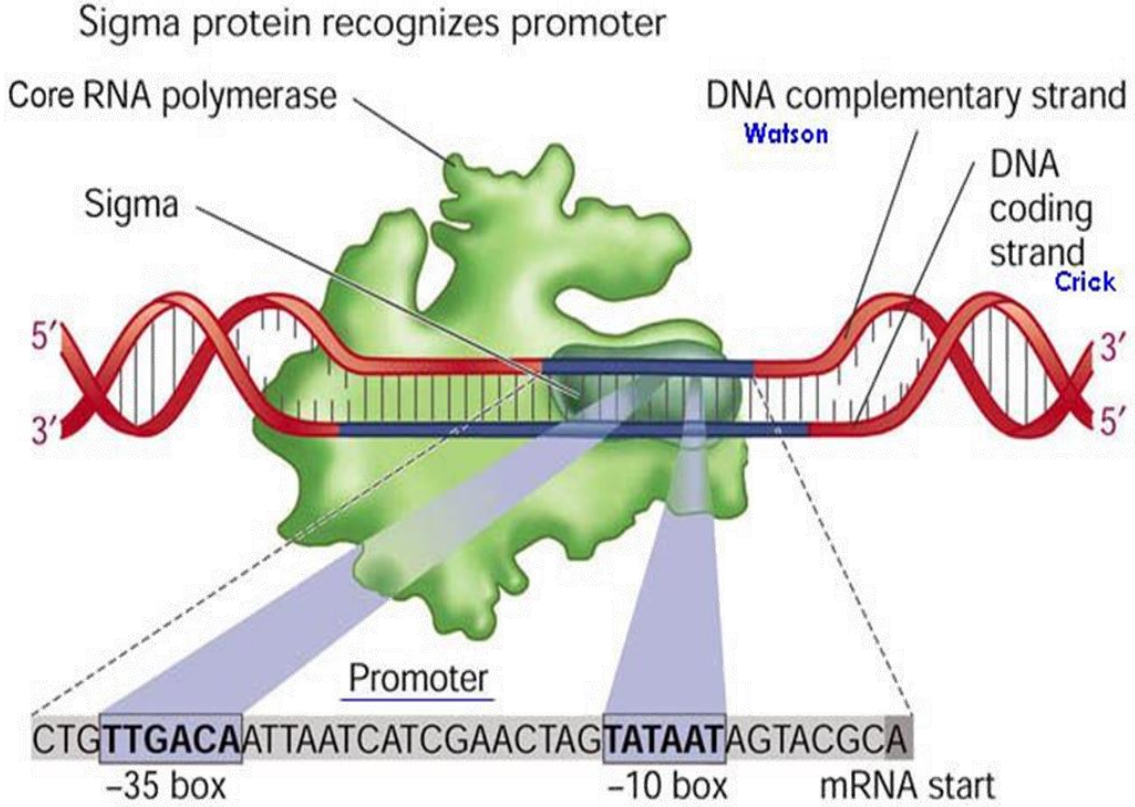
ويتم اختيار سلسلة واحدة دائماً من الـ DNA للعمل
كقالب للبناء •

يكون اتجاه البناء دائماً '3'→'5'

لا يتطلب انزيم بناء RNA وجود بادئ

دور البروموتر promoter في عملية النسخ

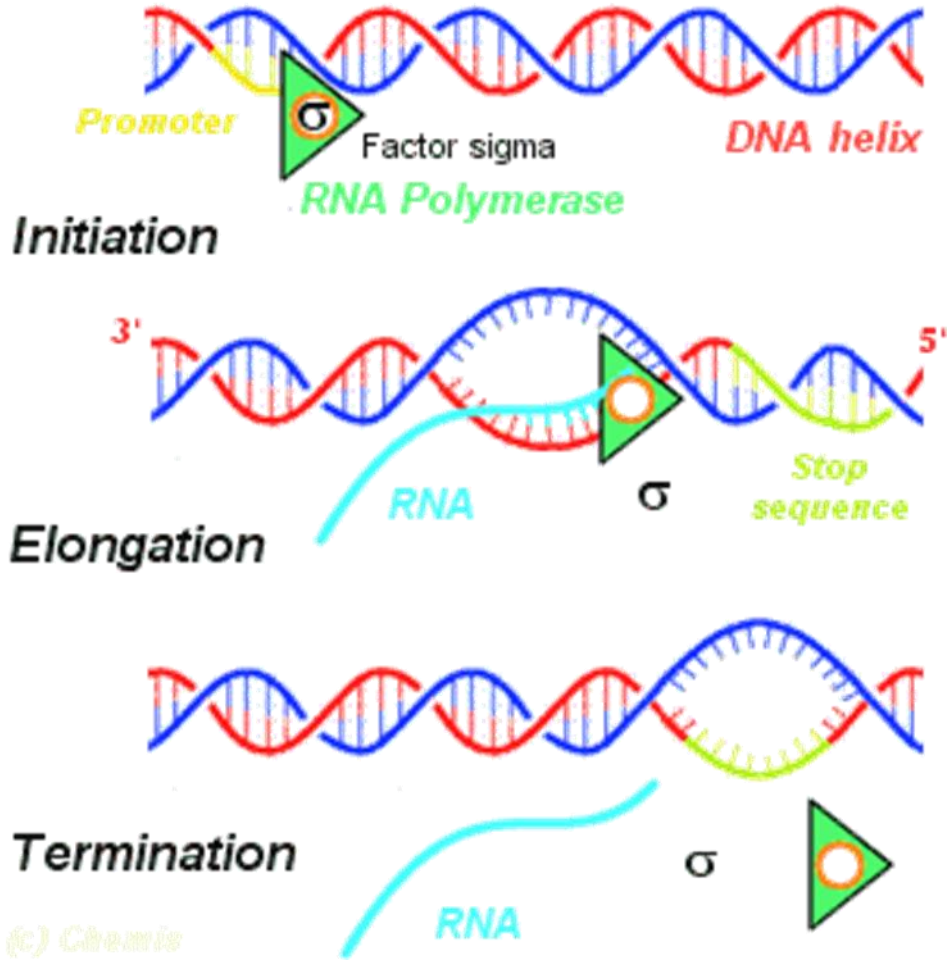
تبدأ عملية النسخ عندما يتحد انزيم بلمرة الـ RNA بالـ
DNA في موقع يطلق عليه البروموتر promoter
site وهو تتابعات نيوكليوتيدية تسبق الجين ، والبروموتر
يكون حراً فقط عندما تكون الخلية بحاجة للجين وعندما لا
تحتاج الخلية للجين فإن منطقة البروموتر تكون مرتبطة
ببروتينات معينة تمنع عملية النسخ، وهذه إحدى آليات
التحكم في تعبير الجين.



دور البروموتر promoter في عملية الاستنساخ

يحتوي البروموتر على تتابعات نيوكليوتيدية ثابتة ومحفوظة لكل الكائنات
مثل:

- 1- تتابع TATAAT التي تقع على بعد 10 نيوكليوتيدات قبل بداية الجين -
10
- 2- تتابع TTGACA التي تقع على بعد 35 نيوكليوتيدة قبل بداية الجين -35
يتعرف انزيم بناء ال RNA على هذه التتابعات ويرتبط بها لتبدأ عملية النسخ



مراحل عملية النسخ:

1-الإبتداء Initiation 2 الاستطالة Elongation

3-الانتهاء Termination

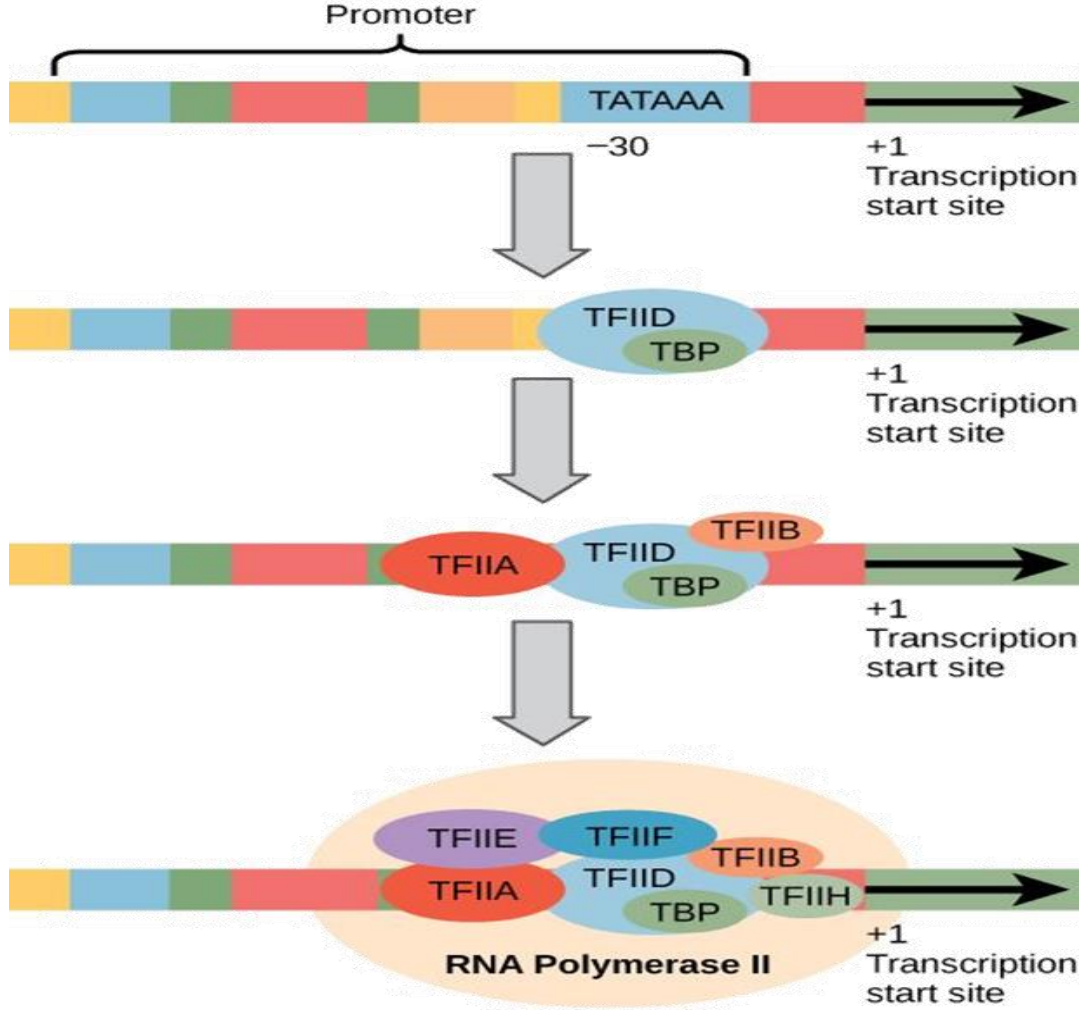
مراحل عملية النسخ – Transcription:

1-الإبتداء Initiation -يتعرف انزيم بناء الـ RNA على عملية النسخ
بالبروموتر على تتابعات البروموتر ويرتبط بها لتبدأ – RNA RNA عملية
النسخ

- 2- تتدخل عدة بروتينات في تسهيل ارتباط انزيم بناء الـ RNA بالبروموتر تسمى عوامل النسخ Transcription factors
- 3- بعيد عملية الاتصال بالبروموتر promoter site فإن انزيم RNA polymerase، يبدأ ببناء mRNA بإضافة النيوكليوتيدات الحرة ابتداءً من النيوكليوتيدة الأولى في الجين رقم 1.

Transcription Factor عوامل النسخ

عوامل النسخ: هي بروتينات ترتبط بتتابعات محددة على البروموتر تنظم نسخ الجين ، من خلال التنشيط (تعزيز ارتباط انزيم RNA polymerase بمنطقة البروموتر) او الكبح (منع انزيم RNA polymerase من الارتباط بمنطقة البروموتر) بحيث تمنع او تسمح بنسخ الجين.



2-الاستطالة Elongation

بعيد عملية الاتصال بالبروموتر promoter site فإن انزيم RNA polymerase يبدأ ببناء mRNA بإضافة النيوكليوتيدات الحرة منتقلا على طول خيط الـDNA القالب حتى يصل إلى مكان النهاية termination site .

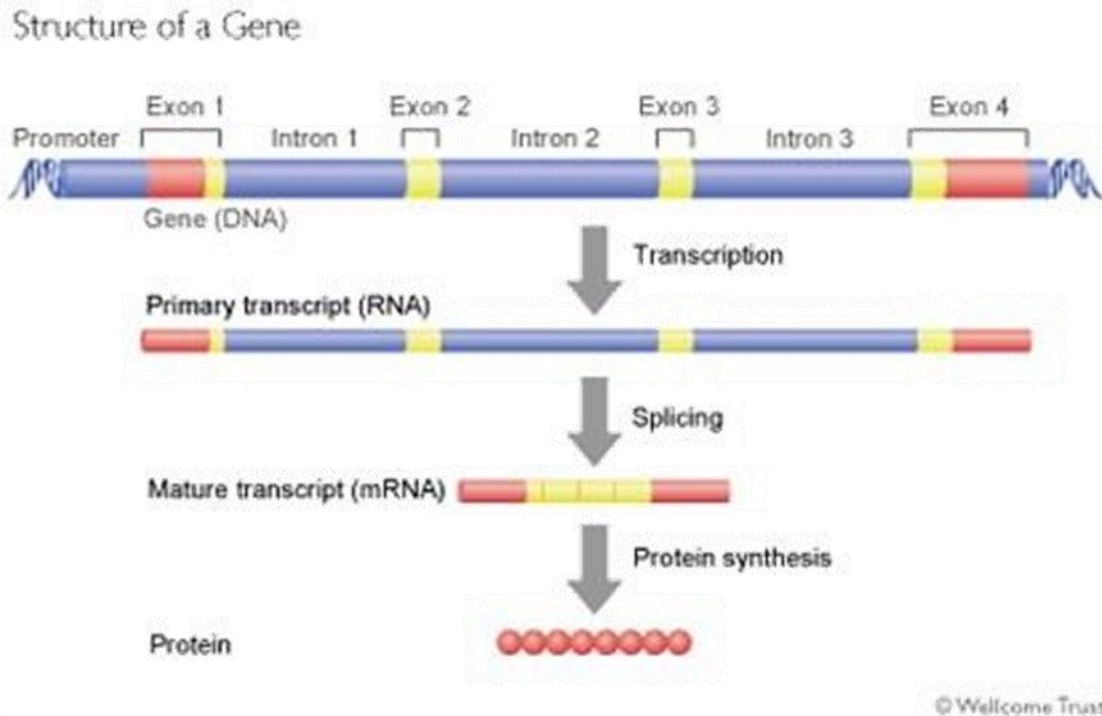
3-الانتهاء termination

عندما يصل انزيم بناء RNA إلى مكان النهاية فإنه يتعرف على تتابعات معينة تشير لنهاية الجين، يتوقف حينها عن إضافة النيوكليوتيدات وينفصل

- عن الـ DNA كاملاً وذلك لأن الروابط الهيدروجينية بين خيطي الـ DNA ،
أكثر ثباتاً عن الروابط الهيدروجينية بين كل من RNA و DNA .
- تتابعات نهاية الجين معروفة لدى أغلب الكائنات وتسمى كودونات الانتهاء
وهي أحد التتابعات الثلاثة : TAA, TAG, TGA •

تركيب الجين في حقيقة النواة

- 1-منطقة البروموتر Promoter وتوجد قبل بداية الجين من الطرف 5
- 2-يتركب الجين من مناطق مشفرة تسمى الاكسونات Exons تتخللها مناطق غير مشفرة تسمى الإنترونات Introns ويبدأ الجين وينتهي دائما بمنطقة إكسون



- 3-اول ثلاث نيوكليوتيدات في الجين تركيب الجين تسمى كودون الابداء ودائما تكون ATG .

AAGAAGACCACGCGTTCCTCCAACAAATTCA
TCAATAATGTCTGATAACGCTGACGCCAAGCCAGAAGGGGAAGGGAACGAATACATC
H S D N A D R K P E G E G N E Y I
AAACTTAAAGTTGTAGGACAGGACTCCAATGAGATCCACTTCCGAGTGAAGATGACC
K L K V V G Q D S N E I H F R V K M T
ACACAGATGGGCAAGTTAAAGAAGTCATACAGTGAGCGGGTGGGAGTCCCTGTAGCA
T Q M G K L K K S Y S E R V G V P V A
TCACTGCGTTTCTCTTCGATGGACGACGCATTAACGACGAAGAAACGCCCAAAGCT
S L R F L F D G R R I N D E E T P K A
CTGGAAATGGAGAATGATGATGTAATTGAAAGTGTACCAGGAGCAGACCGGGCGGCCAT
L E M E N D D V I E V Y Q E Q T G G H
TGATGCAACACATTCCC GCGACCATAGGAATAAGACATCGTTAGGTTAAGGAAGTTT
*
ATTTTTCGCCACACAGTGTACCTTTATTTTTCTGGCTGAGATTTTCGCACAGACCAGG
CAATGTGCGCAGACCTTTTTAGATGGAACCTCTGCGAGTCTCGTACAATGTATAATC
ACGCAAGAGTCTGAAAAATTTATTTATTTTCTCCCTTTTTTTTTATATGTATGTTAT
TTGCCCAGGAATGATTTCTGGAGCAATTTGTGCAGCAGCGGTGTGCGACTTCACCA
GGCCTATCTCAAGACCAGGCATGAGAGAACTTTAGTTTCTGCATAGCTTTTGAGATT
TGGGTG

4- اخر ثلاث نيوكليوتيدات في الجين تسمى كودون الإيقاف ودائما تكون أحد
ثلاثة تتابعات TAG, TAA, TGA •

تركيب الجين في حقيقية النواة

1 TTGGTCATAG AGATAGAGAG AGAAAGCCGA GGGAAATTA GGGTTTTT AGTTTTGAA GAATTTGGAT CTAATTATAC AGATCTGAGA AATTTGTAGA ATTTGGGTT CTGGGTTTGG GTTCTTTTAT TTAGTGTGG
M N M E E L K N E S N S E E N G S V D S L E V R F T D F C K N G L S M G E S F M V E A R K L F
141 ATGAATATGG AGGAGCTGAA GAATCATTCG AATTCGTGAAG AGAATGGTTC GGTGGACTCT CTTGAAGTTC GATTTACTGA TTTCTGCAAG AATGGATTGT CGATGGGTGA GAGTTTTATG GTAGAAGCTA GAAAGCTGTT
M D S K H L L L S N N A A I C A I T P E E V E R Y W F V F V L F S V K R L S E N E A R N S S N
281 TATGGACAGT AAACATCTTT TACTGTCAAA TAATCTGCTT ATTGGAGCTA TAACGCGCGA GGAAGCTTGA CCGTATTGGT TTGTGTTGTT CTGTGTTCTG GTGAAGAGAT TAACTGAGAA TGAAGCTTAGG AATTCAGCTA
G N E G N G F O L C Q I L R G A R L N V L D F F K E L P Q F I V K V G P V L S N L Y G S D W
421 ATGGAAATGA AGAAATGGA TTTGATCTAT GCGAATTTCT GCGAGGGGCG AAACCTCAATG TTCTAGATTT CTTCAAGAA TACCACAGT TTATTGTTAA AGTTGGTCCA GTATTAAGCA ACCTATATGG TTCAGATGG
E K R L Q A K E L Q T N F V H L S L L S K Y Y K R A Y Q E L F L S S D N N E V N Q S A T S N S
561 GAGAGAGAG TTGAGCCAAA CGAATTTGAG AGCACTTTG TGCATTTGAG CTTTTTAAGC AACTACTAGA AGCGCGATA TCAGAGCTG TTTTTGTCAA GTGATAACAA TGAATTAAT CACTGTGCTA CTTCTAATTC
I V L L P Q Y Y R F G W L L F L S L R E H V F S R P K D L V T C T N G L V S V L A I L I I H V
701 GATTTGCTTC TTGGCAGAGT ATTATCGTTT TGGCTGGTTC CTTTTCTTT CACTTCGCGA AGATGTATTC AGCGGCTTCA AGGACTGCT GACATGCGCA AATGGTTTAC TTTCTGTGCT GCGAATCTTA ATAATAGATG
P V C F R N F N I N D S P R F V K K G D K V D L L V S L S S I Y Q T S I D D L R E T M D K V
841 TGGCTGTATG CTTCAAGAA TTAACAATCA ATGACTGCGC AGATTTGTT AAGAAGGAG ACAAGCTGGA CTTGCTGTT TCATTAAGCA GCATTTACCA GACTGCGATA GATGACTTAA GGGAGACTT GGAACAAGTT
N N L I T V K L K K E L C L A S E C R A K N L D N I D A D G L T Y F E N L L E E S S L S S I
981 AATAATCTAA TAACTGAAA CTTGAGAGAG GACTTTGTT TGGCTTCAGA ATGCGAGCGA AAGACTGCGA ACAATCTGGA CCGAGATGTT TTGAGTATT TGGAAATTT ACTGGAGAGCA TCACTTTTAT CCGTACAGT
C I L E K D Y N D A I Q N E G E L D E R I F V N D E D S L L G S G S L S G G A V N M N G I K K
1121 ATGTATAGTG GAGAAGGAT ACAATGATG AATTGAGAG AAGGTTGAT TGGATGAGG GATTTTTGTC AATGATGAG ATAGCTGCT GGGGTCAGG AGTTTGTGTC GAGTGTGCT CAATATGAT GGAATCAAGA
K F D A M A S P T R T I T S P L S P Y R S P G A S N V N S N L N C G N S K M A A T P V T T A
1261 AGAAATTTGA TGCATGCTT TGGCAGCAA AGCAATTTAG AAGCTGCTG CTTCTTTAGC GTTCTGCTAT GTTAATAGCA ATCTAAATG TGGTAATCTA AAGATGGAGG CTAGCGCTGT AAGCAGAGCG
M T T A R W L R T V I A P L Q A K P S P E L E R F L S A C D R N V S A D V I R R A H I L E A
1401 ATGACACTG CCGAGTGGT GGTGCTGCTC ATAGCTGCGC TACAGCGAAA ACCTTCAGCT GAGTTGGAGA GATTTTTGTC TGGCTGTGAT AGGAATGAT GAGTGTGCT GATCGGAGG GCTCAGACTA TTCTGGAGG
I F P S S G P C E H C A A G S L Q S T S L M D N I W A E Q R R S E S L K L Y R V L Q T M C V
1541 TATATTTGCA AGTATGCTC CTGGGAGCA TTGTGGGTT GGAAGCTGCG AAAGCAGAG CTTAATGCGA ACATATGCG GAGAGAGCG TAgATGAGG TGTGTGAGT TGTATATAG GGTGTGAGG AGTATGCTC
A E S Q I L H V T N L T S L L T N E R F H R C M L A C S A E L V L A T H K T V T M L F P A V
1681 TGGCAGATTC TGAGATTTG CATGTAGCA ATTTAAGTTC CTTGCTAAGC AATGAGAGG TTGATAGATG TATGCTGGC TGGCTGAGTC AACTAGTCT TGGCAGTAC AAGACAGCTA CAATGTGTT TTGAGTGTG
L E R T C I T S P D L S K V I E S F I R H E E S L P R E L R R H L N S L E E R L L E S M V W E
1821 TTGAGAGAA CAGGAATTC ATCTTTGAT CTCAGTAAGG TGAATGAGG CTTCACTGCG CATGAGAAA CTTCTGCTCG AGAATGAGA CCGCATTTGA ATTCAGCTGA AGAAGACTC TTGGAGAGCA TGGTTTTGGG
K G S S M Y N S L T V A K P S L S A E I N R L G L L A E P M P S L D A I A M H I N S P L G N L
1961 AAGGGGCTTC TCAATGAGCA ACTGTTTTCG TGTGCAAAA CCGTACTTTC CTTGAGAAAT TAATGCTGTC GCGCTGTTGG CTAAGCGGAT CCGATGCTTC GATGCTATG CAATGACAT TAAGCCACTT TTGGAAAT
P P V F P L Q K S D L A P N G H I C D I R S P K R L C T E Y R S V L V E R N S F T S P V K D
2101 TACCAGAGT GCGACCTTTA CAGAGAGTG ACTTGGCGCC TAATGCTCAT ATCTGTGATA TGGGTCACC GAAGAGATG TGTACTGAT ATGCTAGTGT GCTGGTTGAG GGAATGCTC TCACATCAC TGTGAAGAT
R F L A L T N I K S K F P P L Q S A F A S P T R P N P G G C G E T C A E T S I N V F F G K I
2241 CTTTTGTCG CTTCAACAAA TATAAAGTCA AAGTTTCTC CAGCTTGA CTTCTGCTTT CCAAGCTCAA CAGAGCCAAA CCGTGTGCT GAGGGGAAA CATGTGCTGA GACATGAT AATGATGTT TTGGAGAG
V K L A A V R I N G M I E R L Q L S Q I R E T V Y C L F Q K I L S Q R T S L F F S R H I D Q
2381 ATGAAGTTC GCTGTGCTCA GATCAATGAG CAGCTGAGC GGGCTGAGC TTTCTCAACA AATAAGAGAG ACTGTATATT GCGTTTTTCA GAAGATTTTC AGTCAGAGCA CAAGCTTTT CTTGAGAGCA CATATGAGC
I I L C S F Y G V A R I S Q L N L T F R E I I Y N Y R K Q P Q C K P Q V F R S V F V D N T S
2521 AGATCATGCT TTGCTTTTC TATGGAGTG CCGAATTTAC ACAACTTAC TTGACTTCA AAGAATCAT ATCAACTAC CAAAGCAC CTAAGTCAA ACCCAAGTT TTGGAGAGT TTTTTGTGA CTTGACATC
A R E N G C T G S E H V D I I T F Y N E M F I P S V K P L L V E L A P A G N E Q K N N H V E K
2661 GGGGCTGACA ATGGAAAAC AGTTGAGAA CATGTGGATA TCACTAGGTT CTACAATGAA GCGTTTATTC CTTCTGTTAA GCGTTTATTA GTTGAAGCTG CAGCTGCTG AAGTAGGCAA AAGAATAAC ATGTTGAAA
T K K D G Q G P A S P R S S E F P S L P D M S F K K V S A V H N V Y V S P L R S S K M D A L I
2801 AACCAGAGG GAGGGGAGG GACCAGATC CCGCAGATCA TCTTCATTC CAGCTGCGC CGACATGCT CCAAGAGAG TATCTGCT TCAATAATGTT TATGCTGCC CCGTGGATC ATGAGAGTG GATGGTTGA
S H S S K S Y Y A C V G E S T H A Y Q S P S K D L T V I N N R L N G N R K L R G A L N F D D
2941 TTTGCCATG CTTCAAAAG TATTATGCTT GTGTGGAGA AAGCACTCAT CTTTACAGA GCGCTCAAA AGATTGACA GTAATCAACA ACCGTTCAA TGGCAATGG AAGCTGAGG GCGCTTTAA TTTGTATGAC
V D A V G L V S D S I V A N T L Y L Q N G N C I S S P R A A V K T E Q P E P
3081 GTTATGCTG TGGGCTGCT TAGTGAATTC ATAGTTGCA ACACGCTTTA CTTTCAAAAC GGAAGTGA TATCATCAC TGTGCGACT GTGAAGACTG AGCAGCGCA GCGCTAGTAC CTTGAGAAC TTGACTGTA
3221 AATAGGCTTT CCGATATGTA CATTCTTTT TCGTAGTTT TTAAGGTTT CCAAGAGTA GAGAAGTGA TGGGCTGTT GAATGAGGG TATGTTATG TAAAATGCG CCGACAGCC GATGCTTCT TTTTAACTG
3361 TTGATTTCTG ATTTGGGAA TATATATAGG GATAGATAGT CTTGTTGCTT AATAAGAGTA ATAGTTGATC ATTACAGCAC TGGTGTCTTT CTTGTATTT TCTCAACAC GATGCTGCTT CTTTCCCGT TTTTGA
3501 AAAAAAATA TAAGGCTGCT CATATATGCA TAACCTACA AGTTTCTAGT TTGA

عملية النسخ DNA إلى جزئ mRNA داخل النواة

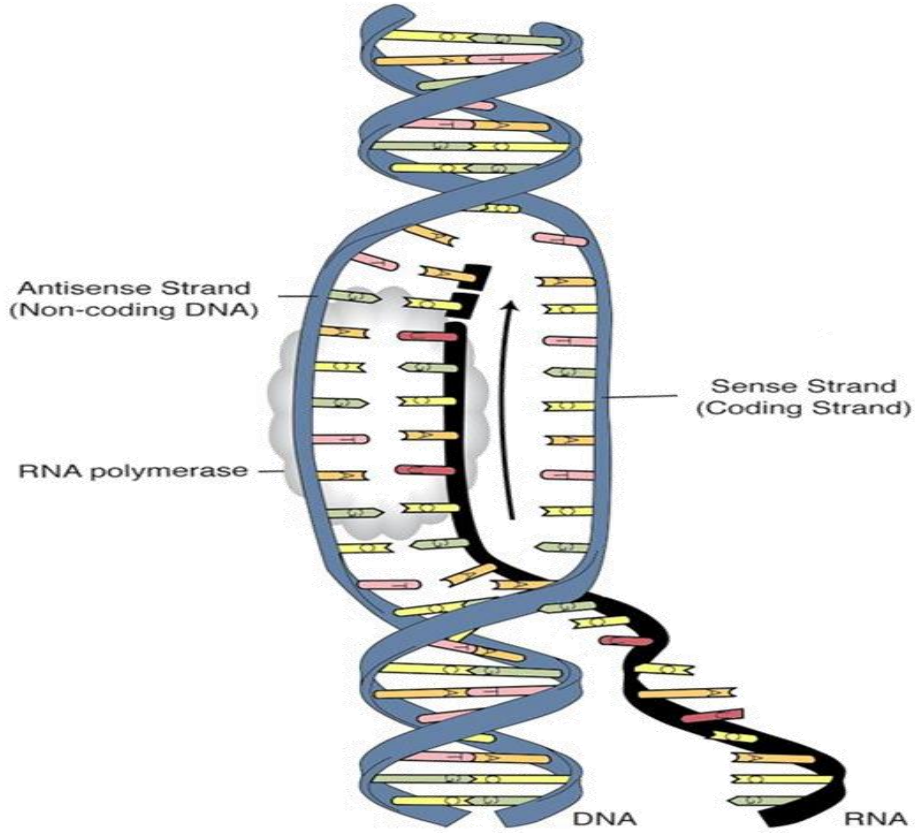


Image adapted from: National Human Genome Research Institute.
Talking Glossary of Genetic Terms. Available at: [www.genome.gov/
Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/antisense.shtml](http://www.genome.gov/Pages/Hyperion//DIR/VIP/Glossary/Illustration/antisense.shtml).

الفرق بين mRNA في بدائية النواة وحقيقية النواة

بدائية النواة Prokaryotes

1- يشفر mRNA الواحد لعدة بروتينات

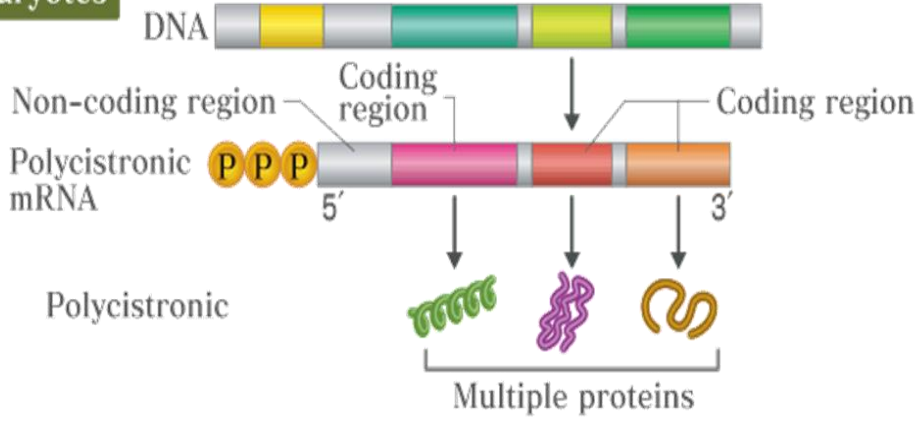
2- لا يحتوي مناطق غير مشفرة Introns

حقيقية النواة Eukaryotes

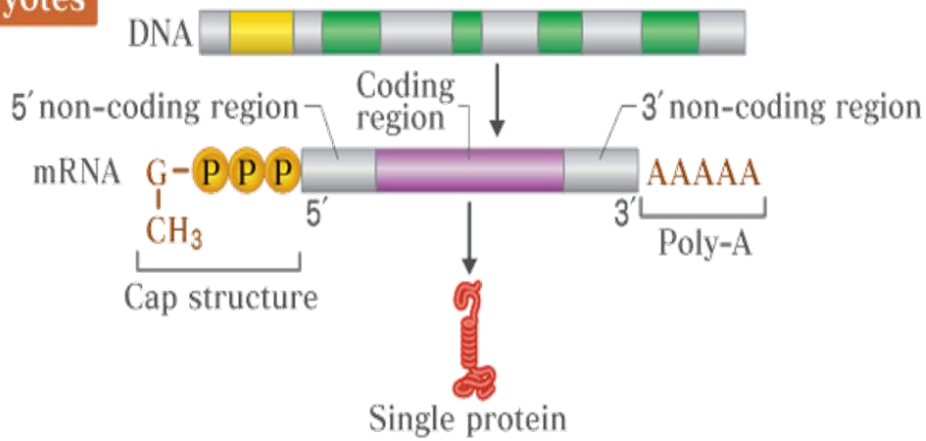
1- يشفر mRNA لبروتين واحد فقط

2- يحتوي مناطق تتابعات غير مشفرة Introns وأخرى مشفرة Exons

Prokaryotes



Eukaryotes



©CSLS / The University of Tokyo

تجهيز ال mRNA في حقيقية النواة (RNA Processing)

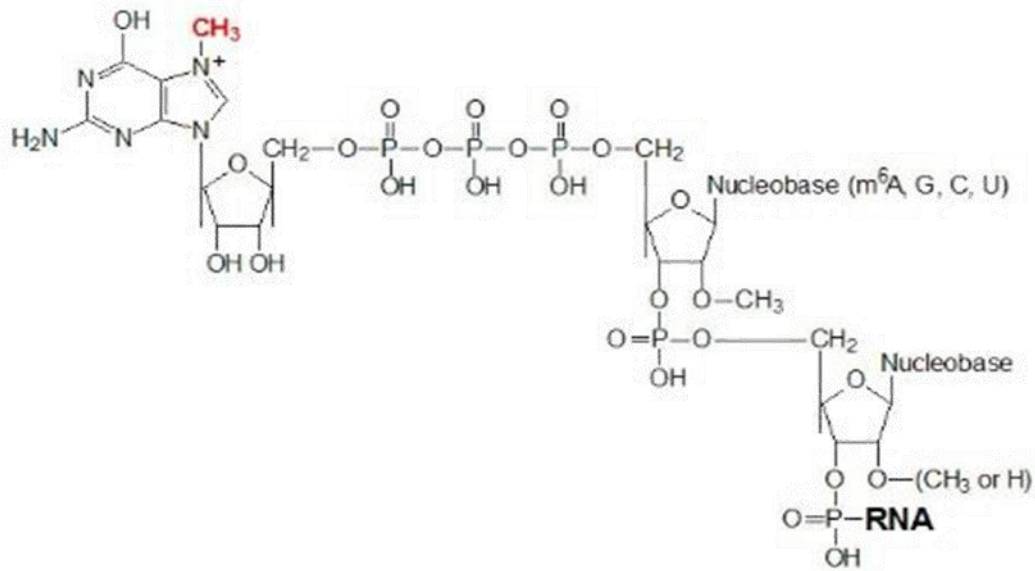
يمر mRNA بعدة تعديلات حتى يصبح جاهزاً للترجمة ويخرج من النواة ومن أهم هذه التعديلات:

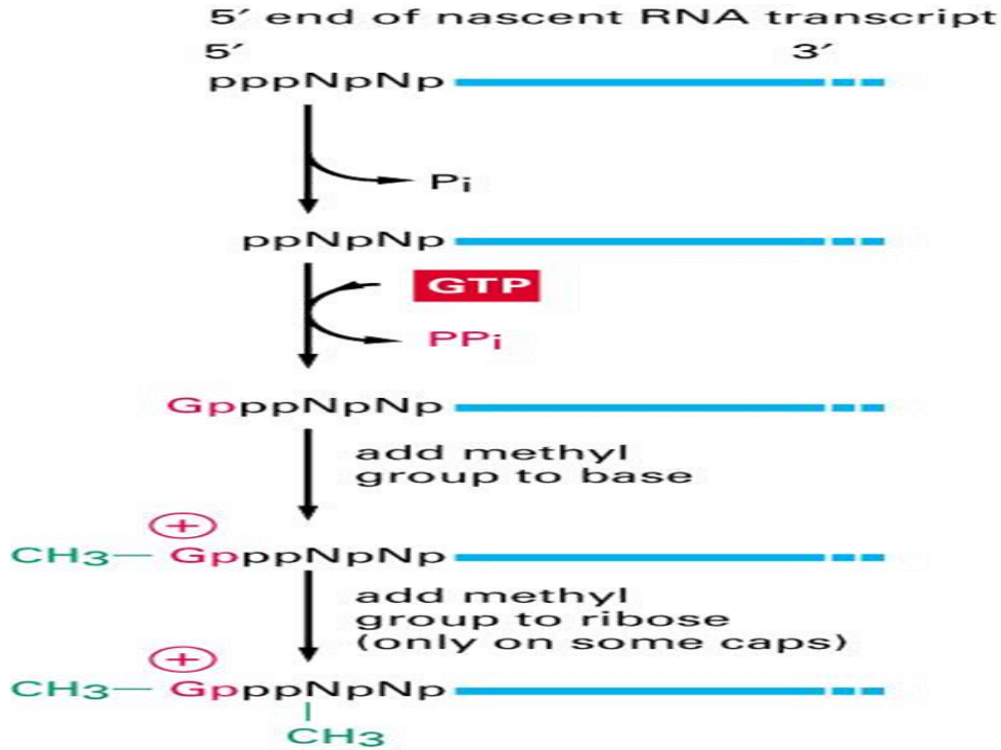
1- إزالة التتابعات غير المشفرة introns.

تزال المناطق غير المشفرة (الأنترونات) عن طريق قطع أطرافها التي تتميز بتتابعات معينة ثم يعاد التحام المناطق المشفرة (الإكسونات) في عملية تسمى **الظفر أو Splicing**

2- إضافة الكاب على الطرف 5 لـ mRNA

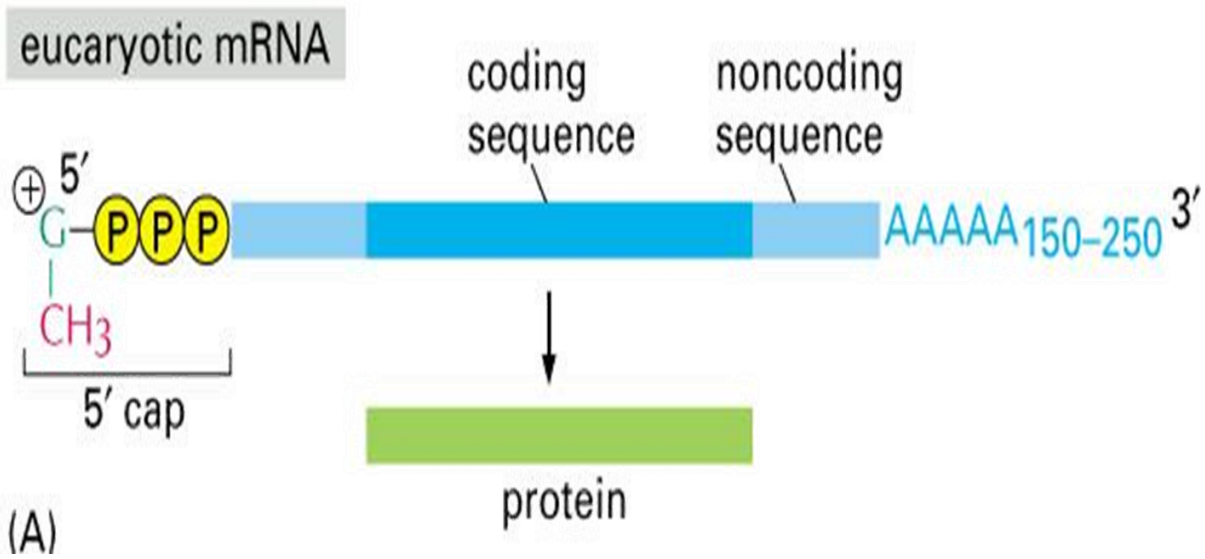
الكاب عبارة عن نيوكليوتيدة الجوانين ثلاثية الفوسفات مضافاً لها مجموعة ميثيل CH₃ تضاف للطرف 5 من mRNA أثناء تجهيز RNA الأولي

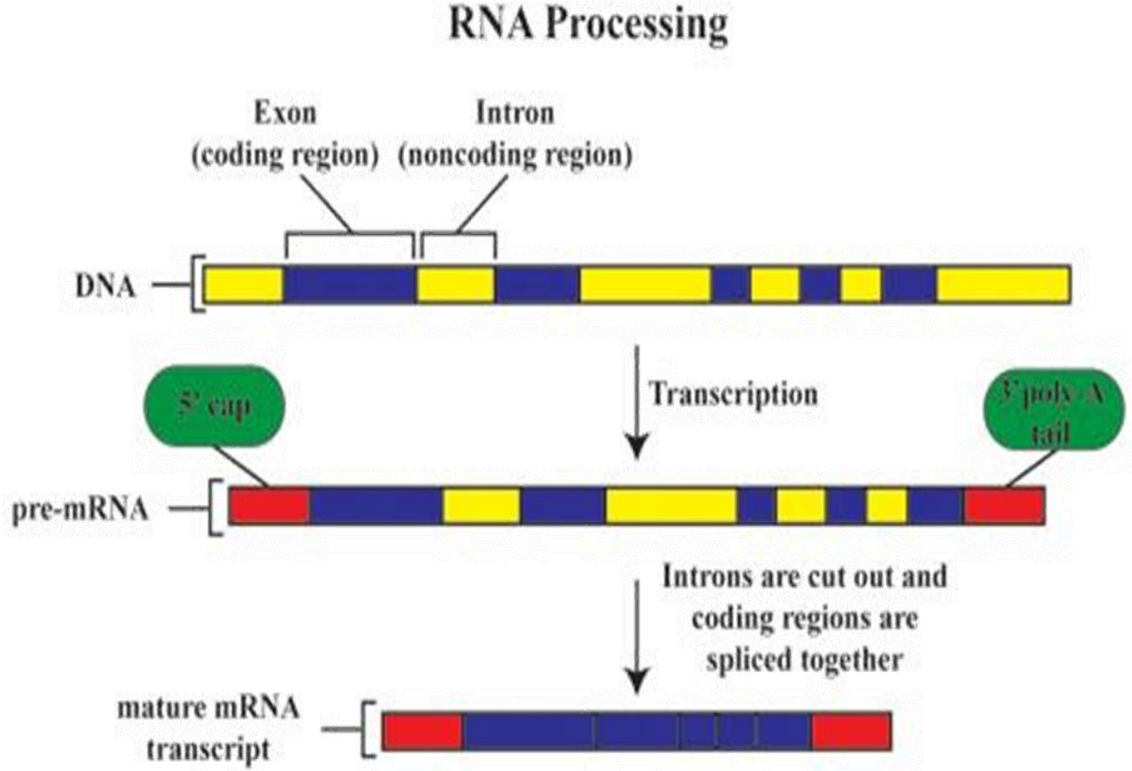




3- إضافة ذيل عديد الادنين للطرف 3 لـ mRNA

يضاف للطرف 3 من mRNA عدد غير محدد من نيوكليوتيدات الادنين اثناء تجهيز mRNA يسمى ذيل عديد الأدينين Poly A tail



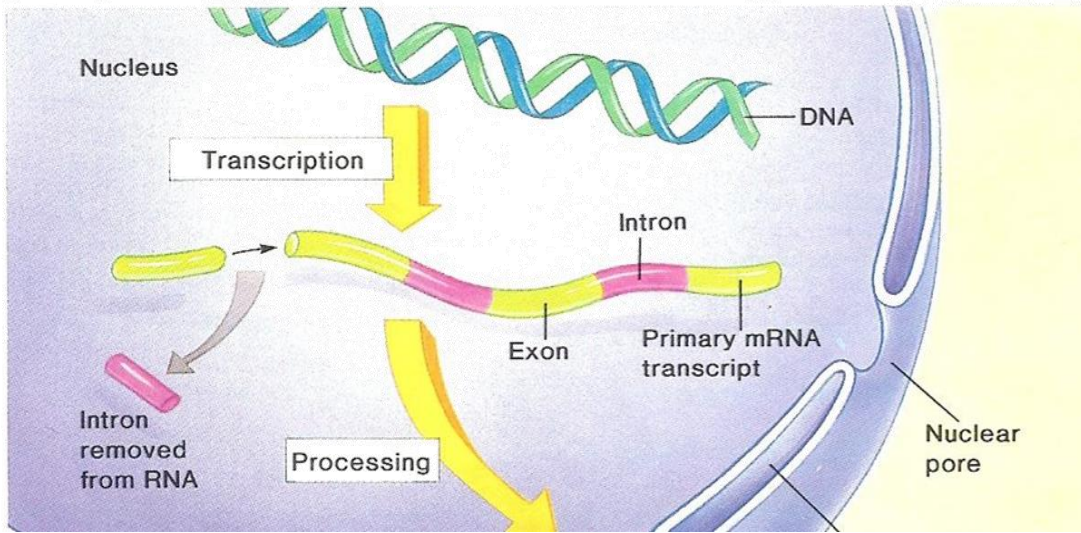


خطوات عملية النسخ Transcription steps

- 1- تنفصل سلسلتي الـ DNA المزدوجة إلى سلاسل مفردة في منطقة الجين المطلوب نسخه.
- 2- يرتبط أنزيم بلمرة الـ RNA بمنطقة البروموتر على الـ DNA ويستقر عند أول نيوكليوتيدة في الجين
- 3- يبتدئ الإنزيم بإضافة الريبونيوكلوتيدات المكملة لتتابع النيوكليوتيدات في جزئ الـ DNA طبقاً لقاعدة تزاوج القواعد ويربط ما بينها بروابط 3', 5' فوسفو داي استر متجهاً في اتجاه البناء 3→5 ومكوناً بذلك جزئ RNA الرسول (mRNA).
- 4-- عندما يصل الإنزيم إلى آخر نيوكليوتيدة في الجين يتوقف البناء عند تتابعات خاصة تسمى منطقة الإنهاء termination site وينفصل عن جزئ الـ DNA

5-mRNA الناتج من عملية النسخ يسمى mRNA الأولي - Pre mRNA
ويدخل بعد ذلك في عملية تجهيز وتحضير للترجمة تسمى RNA processing

6- يترك mRNA الناضج mature mRNA النواة ويخرج إلى
السايتوبلازم متجهاً إلى الريبوسوم حيث تتم هناك عملية الترجمة .



سؤال/ فيما يلي أوجد mRNA الناتج من DNA

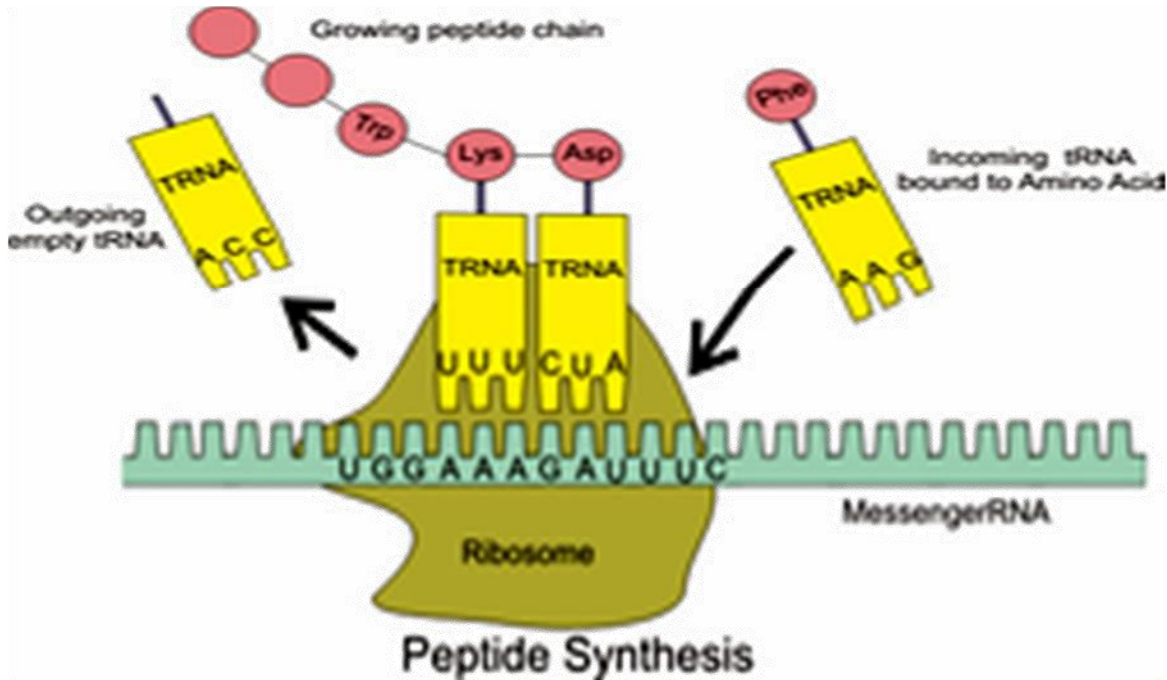
5' TCA AGT CTG AGC AGC 3' DNA

3' AGU UCA GAC UCG UCG 5' mRNA

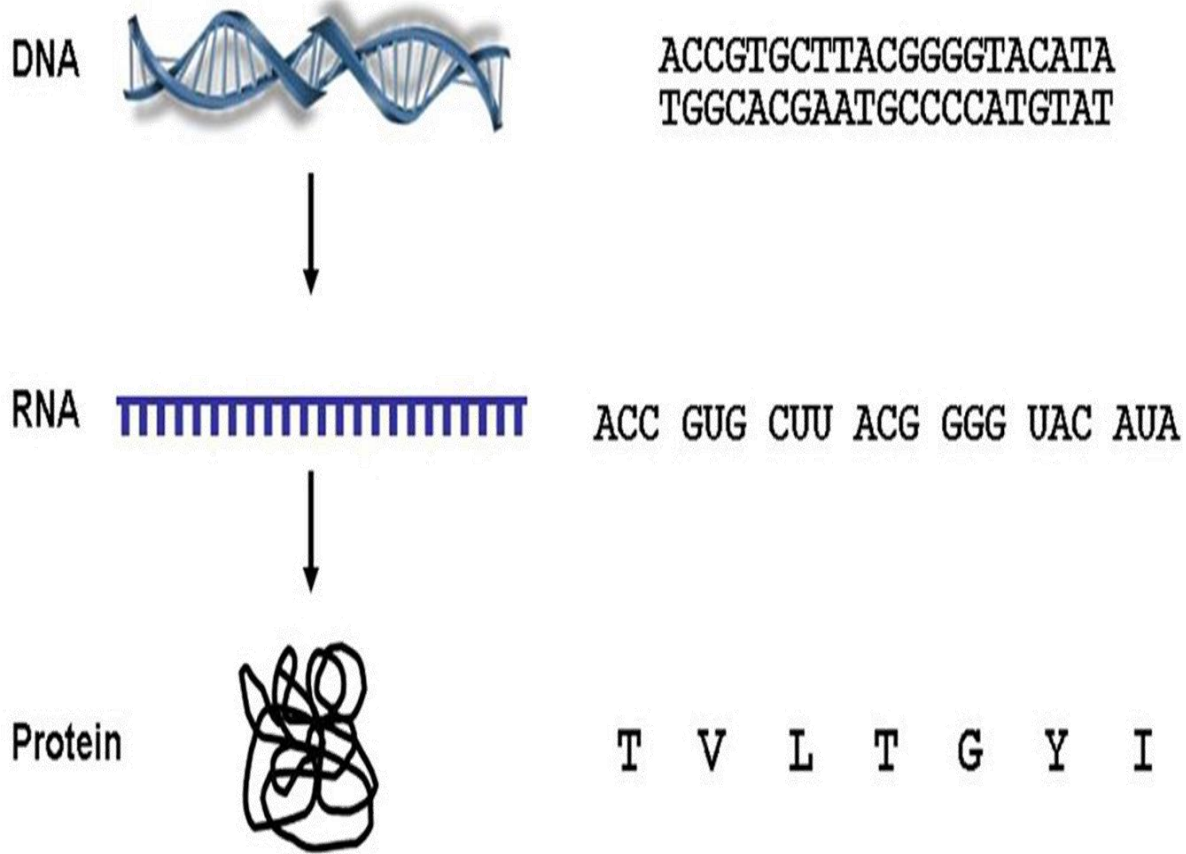
الشفرة الوراثية وبناء البروتين

Genetic code and Protein Synthesis

ثبت أن تتابع القواعد في جزئ DNA هو الذي يحدد تتابع الأحماض الأمينية في البروتين، الذي يمثل الناتج النهائي لتعبير الجين وتوجد أربعة أنواع من القواعد النيتروجينية فقط في جزئ ال DNA • وهي التي تحدد الأحماض الأمينية العشرين في البروتين ، لذا كان من الضروري أن يكون هناك توافق وتبادل لهذه القواعد الأربع لكي يتسنى لها أن تفي بالتشفير لتلك الأحماض الأمينية وفي الحقيقة فإن بناء البروتين يحتاج إلى أكثر من عشرين شفرة إذا أخذنا في الاعتبار كودونات الابداء والايقاف.



يسمى تتابع القواعد في جزيء mRNA المقابل لحامض أميني معين بالكودون Codon لهذا الحامض الأميني في حين تسمى تتابعات إشارة البدء بكودونات الابداء start Code وتتابعات إشارات الإنهاء بكودون الايقاف stop code ويطلق على مجموع هذه الكودونات الشفرة الوراثية Genetic code.



الشفرة الثلاثية Triplet code

أجريت دراسات عديدة لمعرفة حقيقة الشفرة الوراثية وتم التوصل • لأدلة تثبت ثلاثية الشفرة أي أن لكل حامض أميني في البروتين كودون مكون من ثلاث قواعد، حيث تعطي جميع الاحتمالات لترتيب القواعد الأربع في شفرة ثلاثية 64 كودون كالتالي: $4^3 = 64$ • وبالفعل تم استنباط 61 كودون محدد

لأحماض أمينية نوعية، في حين أن الكودونات الثلاث الباقية تشفر لإنهاء أو وقف بناء سلسلة البروتين.

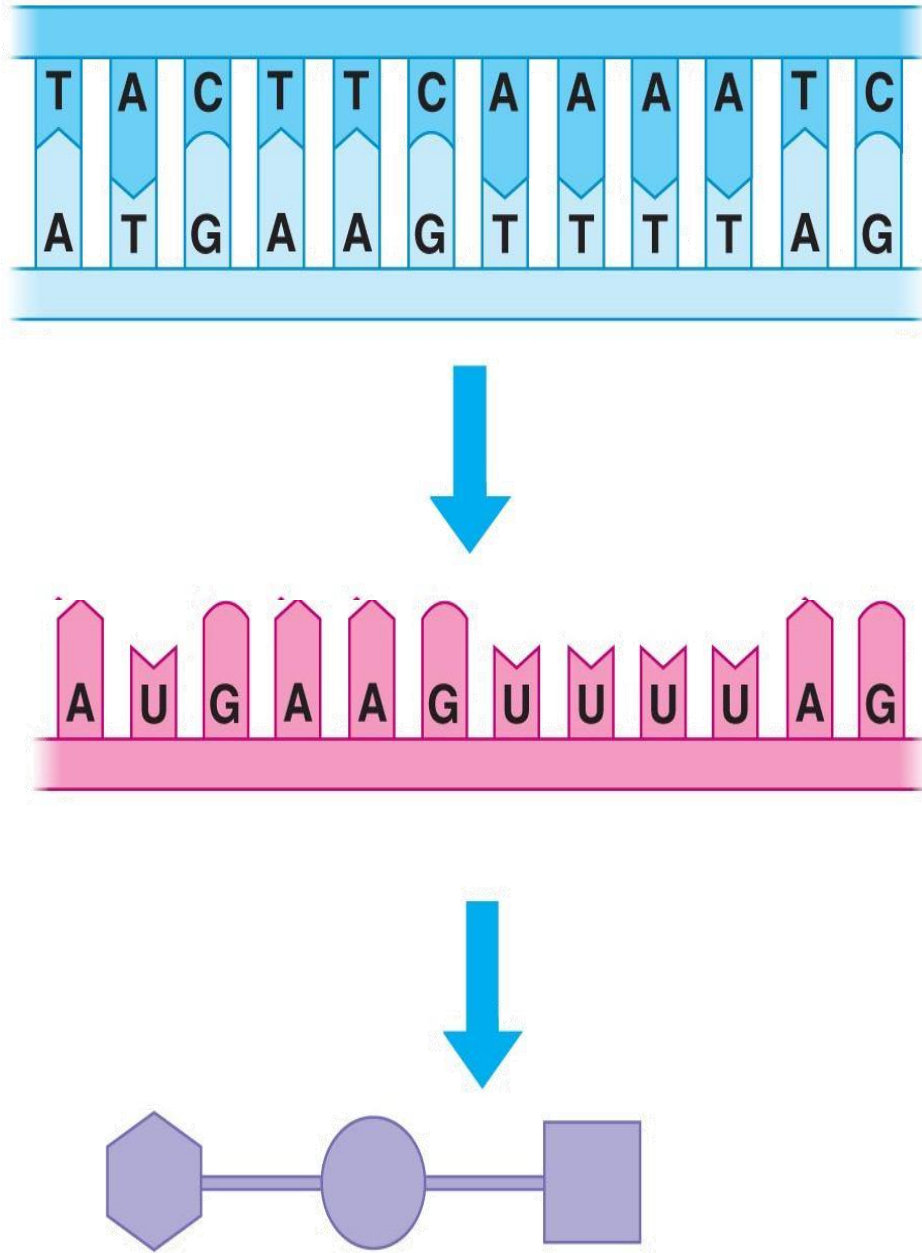
الخواص الرئيسية للشفرة الوراثية

1- الشفرة الوراثية ثلاثية: أي أن ثلاثة نيوكليوتيدات متتالية تختص بحامض أميني واحد

2- الشفرة الوراثية تقرأ بصورة مستمرة بلا فواصل أو تداخل

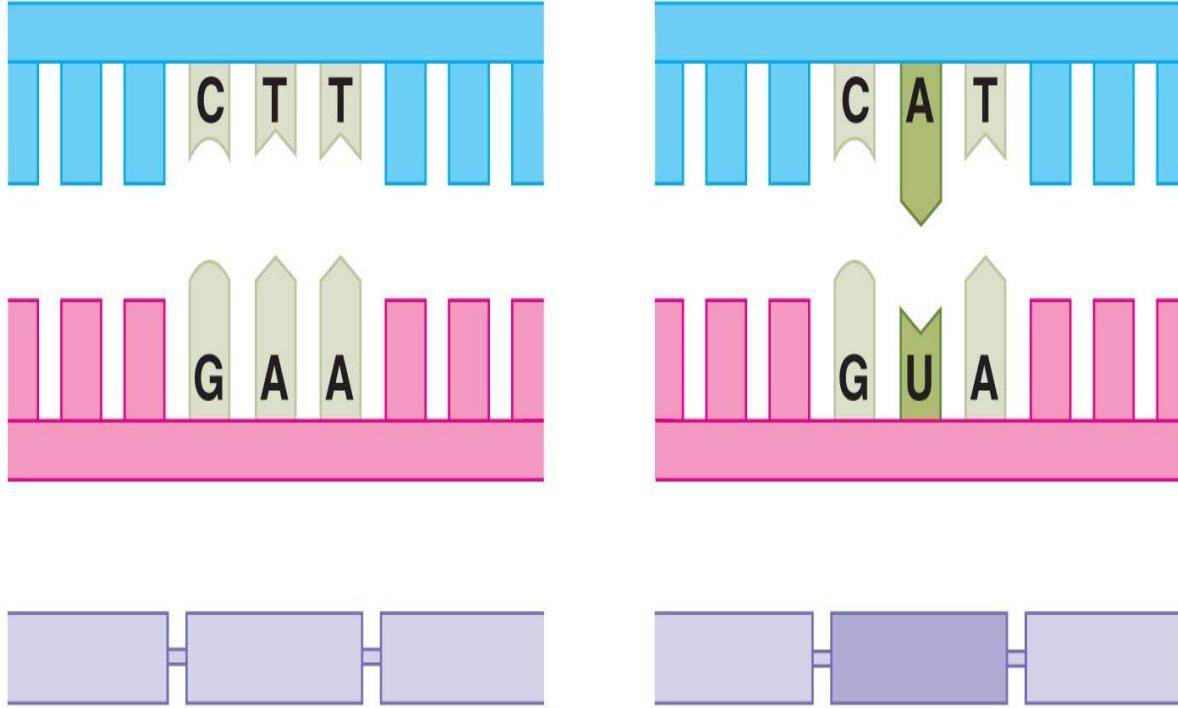
3 - الشفرة ترادفية المعنى (يوجد أكثر من كودون ثلاثي للحامض الأميني الواحد)

4- تختص 61 كودون بالعشرين حامض أميني المعروفة



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

5- يشفر الكودون AUG للميثايونين وتعطي إشارة البدء لعملية النسخ إشارة بينما تعطي الكودونات UGA, UAA, UAG انهاء عملية الترجمة.



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

هناك ثلاثة أنواع من الحمض النووي الريبوزي RNA وهي

- 1- الحمض النووي الريبوزي الناقل (t RNA)
- 2- الحمض النووي الريبوزي الرسول (m RNA)
- 3- الحمض النووي الريبوزي الرايبوسومي (r RNA)

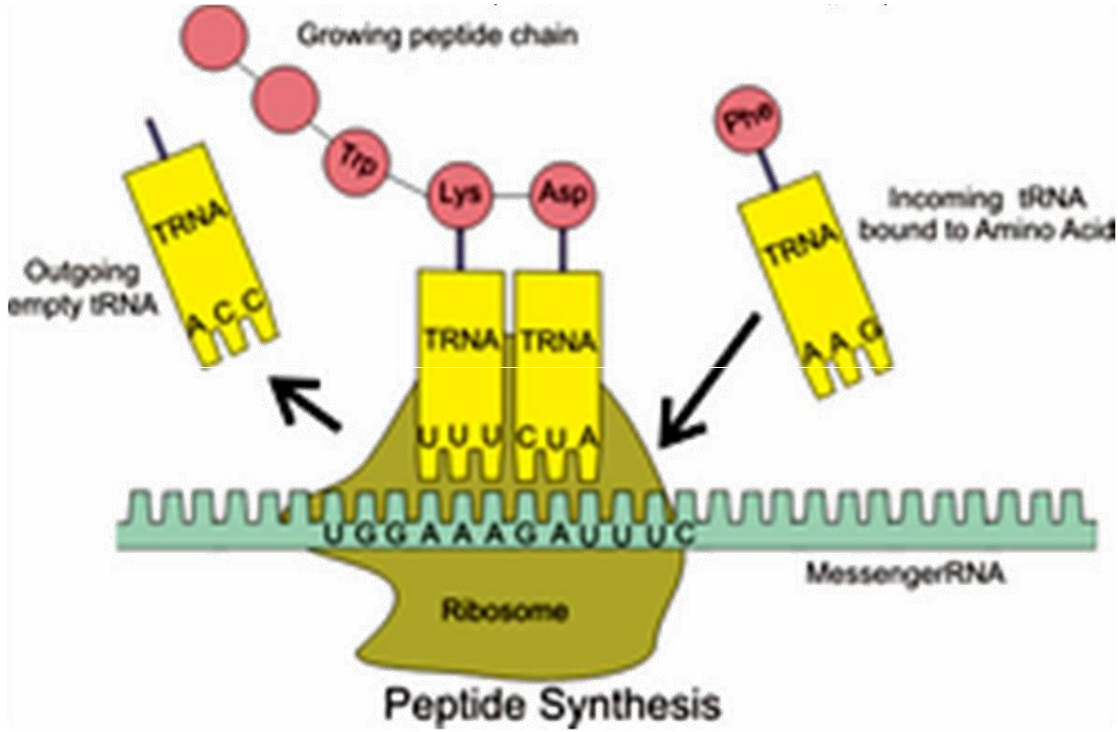
1- mRNA الرسول يقوم بنقل الشفرة الوراثية من DNA (الجينات) في النواة إلى الرايبوسومات ليتم تصنيع البروتينات المختلفة داخل السيتوبلازم

2- tRNA الناقل: يقوم بنقل الأحماض الامينية في السيتوبلازم الى الرايبوسومات لاستخدامها في عملية بناء البروتينات.

3- rRNA، الرايبوسومي: يدخل في تركيب الرايبوسومات ويعمل على التعرف على tRNA & mRNA ليسهل ارتباطهما بالريبوسوم أثناء بناء البروتين

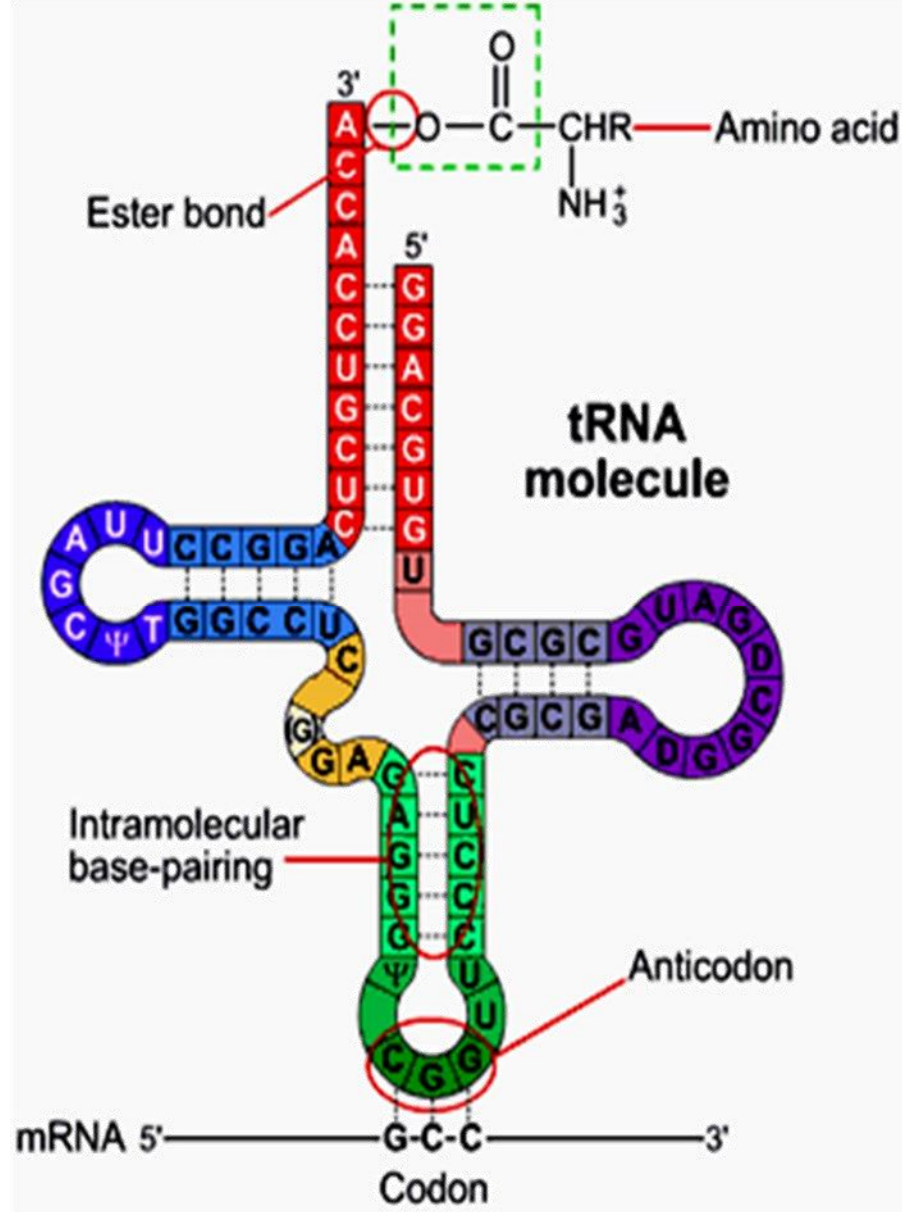
الترجمة Translation

تقوم الأنواع الثلاثة من الـ RNA وهي mRNA و rRNA و tRNA بالدور الرئيسي في عملية الترجمة Translation أي بناء البروتين حيث يستخدم mRNA كقالب أثناء الترجمة، في حين يعمل tRNA بدور الوسيط بين mRNA والأحماض الأمينية الحرة في الخلية في حين يقوم rRNA بدور مهم في تركيب الريبوسوم وارتباطه بـ mRNA



الناقل RNA الحمض النووي tRNA

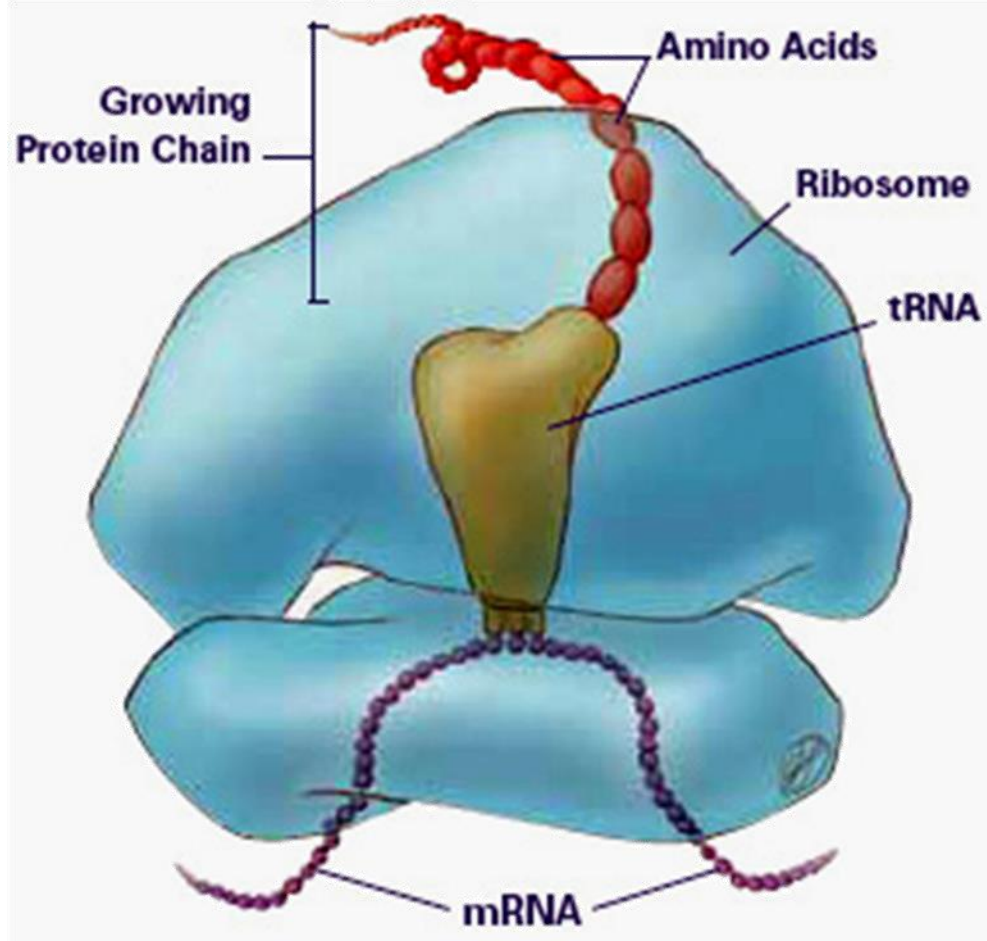
تحتوي الخلية على عدد كبير من tRNA وهي جزيئات صغيرة الحجم يسمح تركيبها بالارتباط بالأحماض الأمينية ونقلها إلى الريبوسوم ويوجد موقعين متخصصين على طرفي كل جزيء tRNA يتعرف أحدهما على الحمض الأميني ويرتبط به، في حين يحتوي الموقع الآخر في طرفه الآخر على مضاد الكودون ويقوم بالتعرف على الكودون في جزيء mRNA .



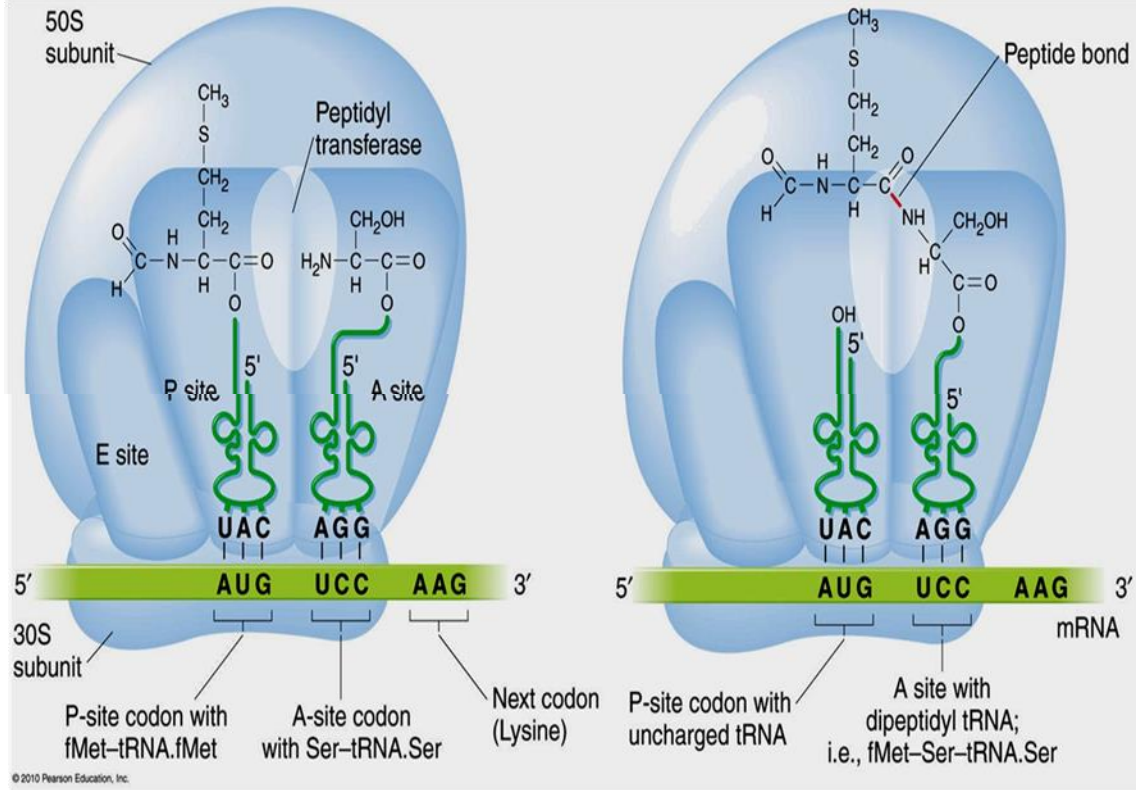
يؤدي التزاوج الصحيح بين الكودون على mRNA ومضاد الكودون على tRNA إلى ترتيب الأحماض الأمينية طبقاً لترتيب الكودونات على جزيء mRNA

دور الريبوسومات في تكوين الروابط الببتيدية

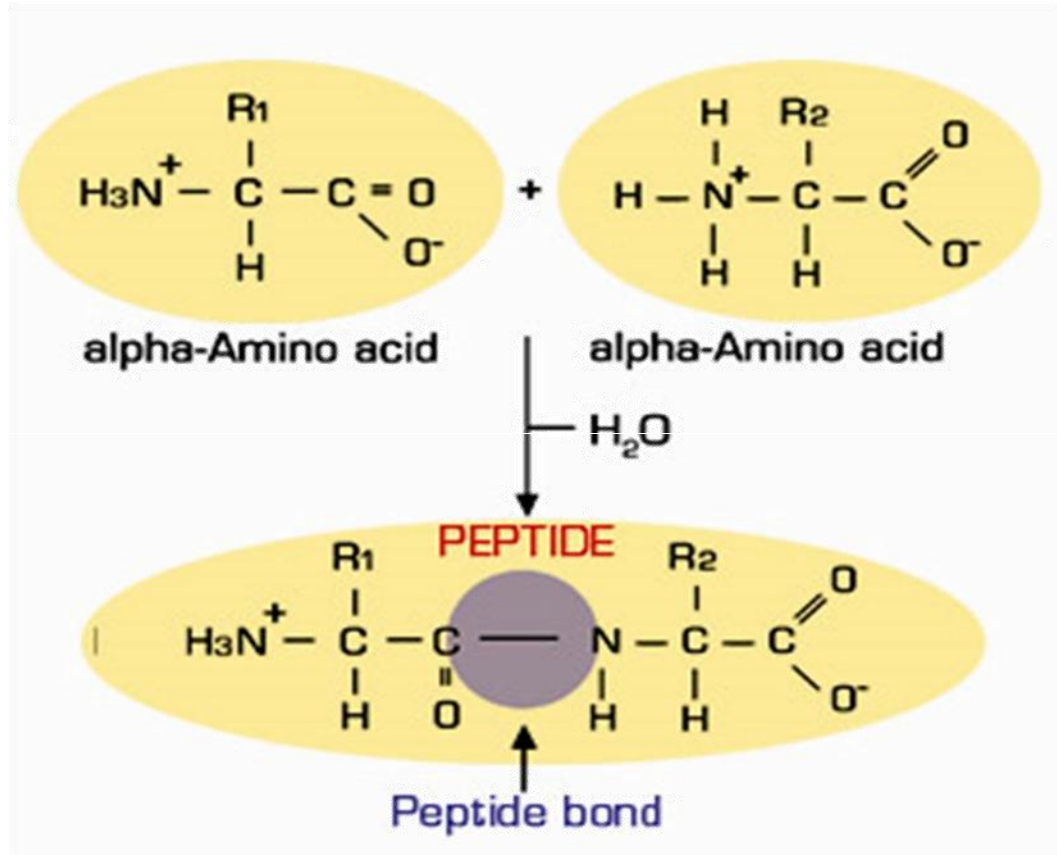
تتكون الريبوسومات من معقدات كبيرة الحجم نسبياً من rRNA والبروتينات. ويتكون كل ريبوسوم من تحت وحدة كبيرة وتحت وحدة صغيرة، ترتبطان ببعضهما فقط عند بدء اشتراك الريبوسوم في عملية الترجمة.

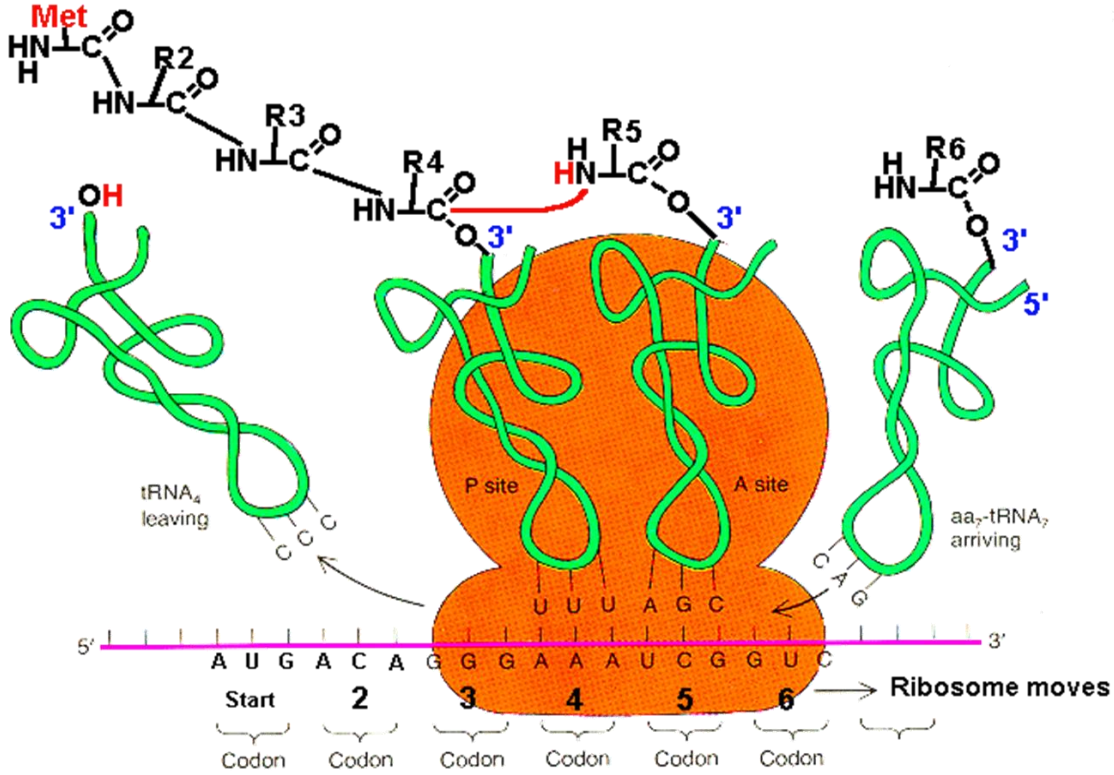


تقوم تحت الوحدة الصغيرة بالربط بين rRNA و tRNA في حين تقوم ، تحت الوحدة الكبيرة بالمساعدة في تكوين الرابطة الببتيدية بين الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد.



ترتبط مجموعة الكربوكسيل COOH في النهاية النامية لسلسلة عديد الببتيد بمجموعة الأمين NH_2 للحمض الأميني المضاف لتكون الرابطة الببتيدية بين الأحماض الأمينية في السلسلة.





Modified from Griffiths et al., AN INTRODUCTION TO GENETIC ANALYSIS, 6th Ed., W.H. Freeman & Co., 1996.

مراحل الترجمة

الخطوة الأولى بداية الترجمة (Initiation of Translation) • تبدأ الترجمة عندما ترتبط تحت الوحدة الصغيرة من الريبوسوم مع كودون الإبتداء AUG على الـ m-RNA حيث يتعرف tRNA (الحامل مضاد الكودون UAC) على كودون الإبتداء، حاملاً حمض أميني يسمى فورمايل ميثونين formylmethionine ويسمى هذا المعقد مجتمعاً بمعقد البدء

مراحل الترجمة

الخطوة الأولى Initiation of Translation

الخطوة الثانية الاستطالة Elongation of Translation

• بعد تكوين معقد البدء يعقب ذلك ارتباط tRNAs بما تحمله من الأحماض
الأمينية المتوافقة لترتبط مع mRNA على الريبوسوم.

بعد ذلك فإن tRNA الحامل للفورمايل ميثيونين يرتبط على موقع في
الريبوسوم يسمى موقع P ويرتبط tRNA الذي يحمل الحمض الأميني التالي
مع الريبوسوم و mRNA في موقع يسمى موقع A .

يدخل tRNA جديد حاملا معه حمض أميني آخر ليتعرف على الكودون
الموجود على mRNA ليرتبط به. حيث ترتبط الأحماض الأمينية السابقة
بالحمض الأميني الجديد بروابط ببتيدية، ويتحرك الريبوسوم على طول
m-RNA ليسمح بدخول tRNA جديد وترتبط الأحماض الأمينية ببعضها
البعض لتكوين البروتين.

الخطوة الثالثة نهاية الترجمة Termination of translation

عندما يصل الريبوسوم إلى أحد كودونات الانتهاء الثلاثة , UAG , UAA ,
UGA : ينتهي بناء البروتين وهي لا تشفر لأي من الأحماض الأمينية لذلك
يتوقف عندها بناء •

سؤال/

حول القطع التالية من 1 - mRNA إلى ما يكافئها من أحماض أمينية :

أ- 5 ' GAA AUC GCA GUU UAC 3'

ثيرونين- فالين -ألانين - ايزوليوسين- جلوتاميك

سؤال/

حول القطع التالية من mRNA إلى ما يكافئها من عديد الببتيدات :

5 'UUU UCG AGA UGU CAA 3 '
جلوتامين _ سيستين _ أرجنين _ سيرين _ فينيل الانين

سؤال:

إذا كانت الشفرات المرادفة للأحماض الأمينية كالتالي

Glu = GAA - GAG

His = CAU - CAC

Pro = CCU - CCC - CCA - CCG

فيما يأتي أي mRNA يمثل شفرة البروتين المكون من تتابع الأحماض
الأمينية التالي جلوتاميك - هيستيدين - بروتانين

GAC CAC CAG-1

GAA CAU CAG-2

GAA CAC CCG-3

GAA CAG CAG-4

الإجابة: GAA CAC CCG-3

سؤال:

إذا كانت لديك سلسلة ال التالية:

- إذا كانت لديك سلسلة ال DNA التالية:

3'TGC TAT GCG TTT 5'

أ- ماهي سلسلة mRNA الناتجة؟

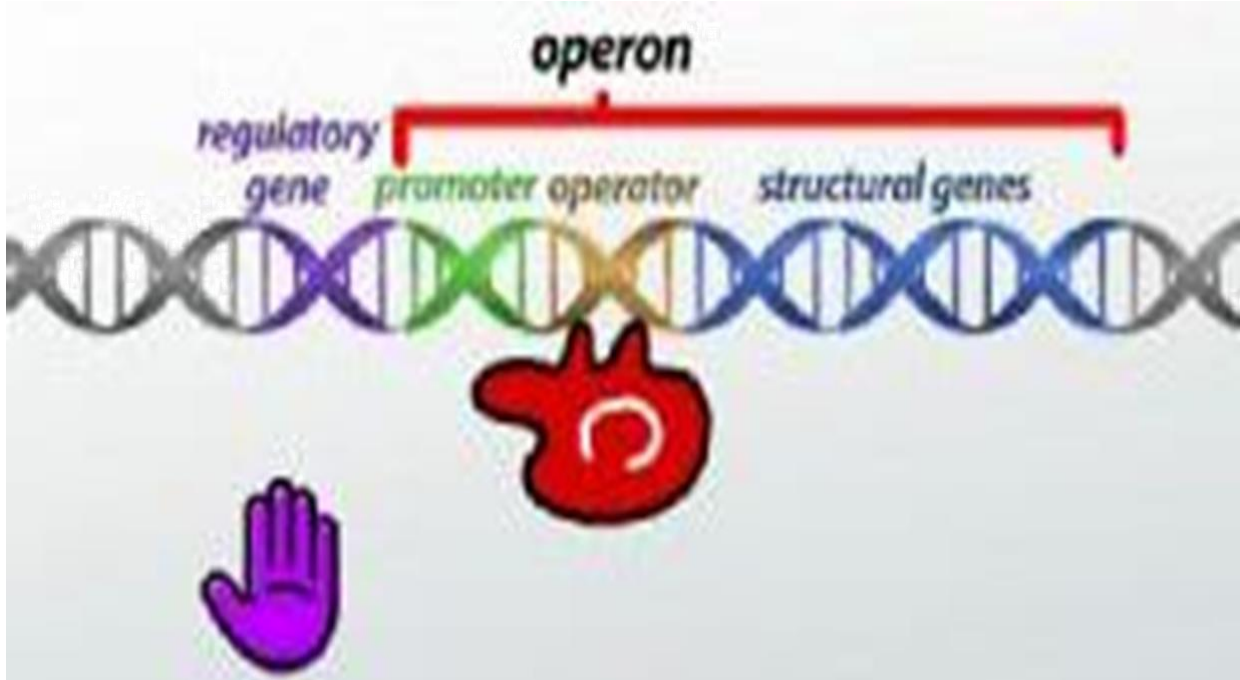
ب- ماهي مضادات الكودونات على جزيء ال tRNA ؟

الجواب: أ- ' 5'ACG AUA CGC AAA 3'

ب- UGC , UAU , GCG , UUU

تنظيم التعبير الجيني

CONTROL OF GENE EXPRESSION

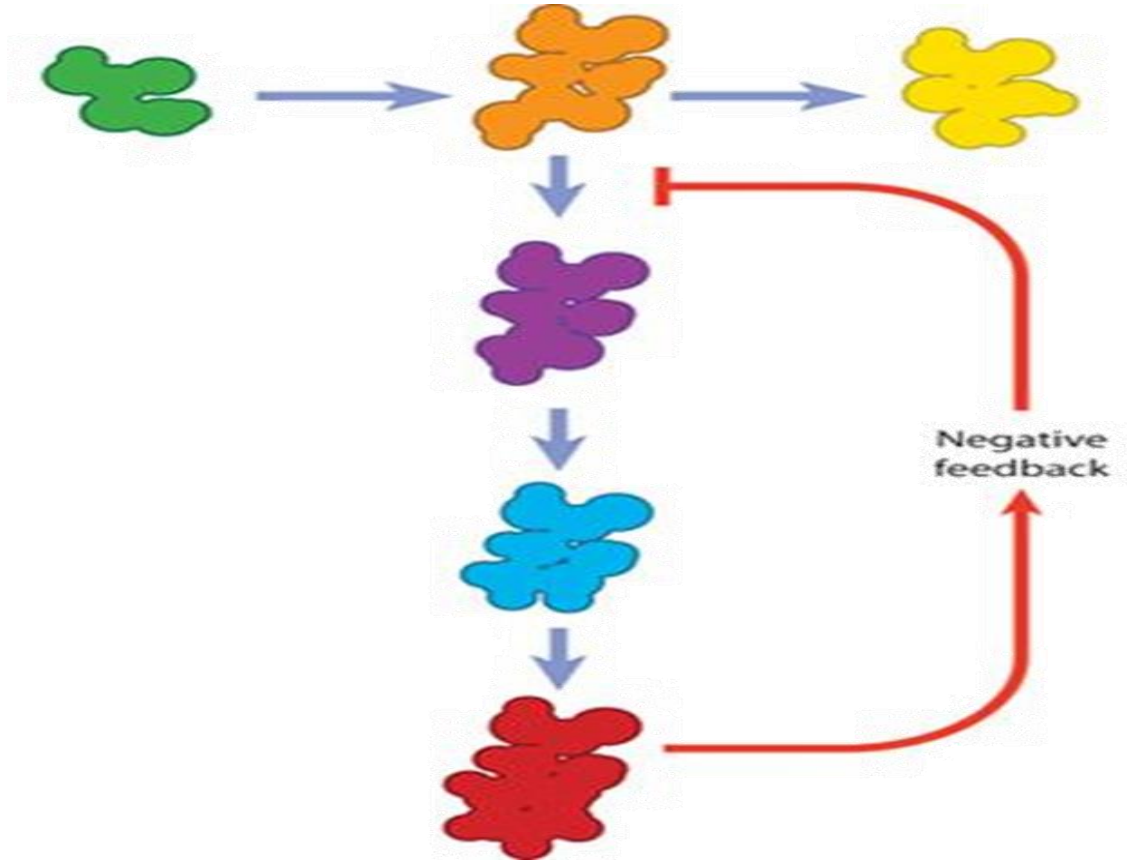


تتميز الخلية الحية بعدم استهلاك طاقتها في بناء بروتينات تزيد عن حاجتها لذلك نجد أنه داخل كل خلية نظام للتحكم في إنتاج المركبات الكيماوية بداخلها يتم التحكم

الوراثي في التعبير الجيني من خلال السماح ببدء أو منع عملية بدء عملية النسخ بواسطة إنزيم بلمرة RNA. يتضمن التحكم الوراثي تنظيم إنتاج الكمية الكلية لجزيئات إنزيم معين، حيث ينتج البروتين فقط عند الحاجة إليه. توجد ميكانيكيتين رئيسيتين لهذا النوع من التحكم وهما:

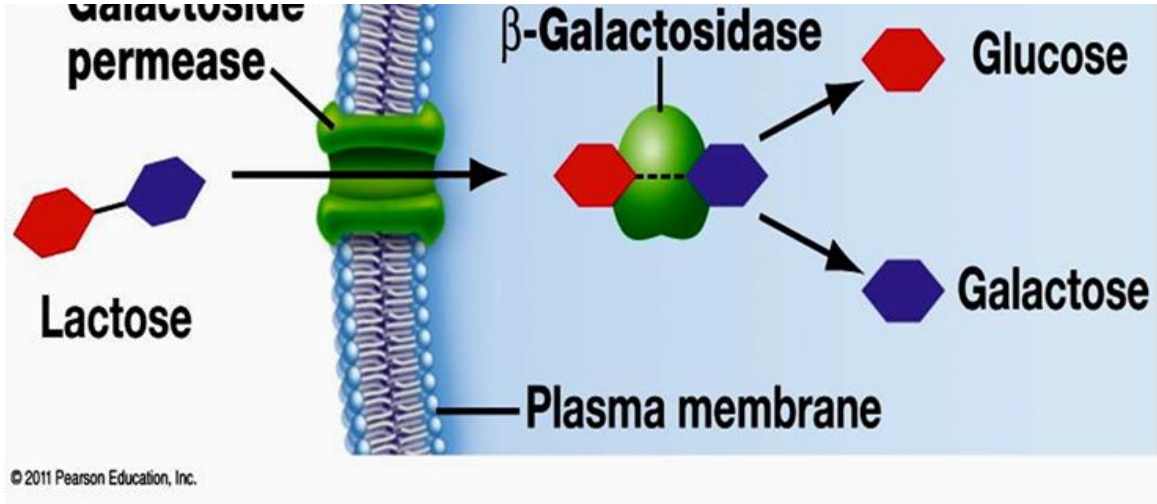
1- التثبيط بالتغذية الرجعية

2- التنشيط بمادة التفاعل الأولية

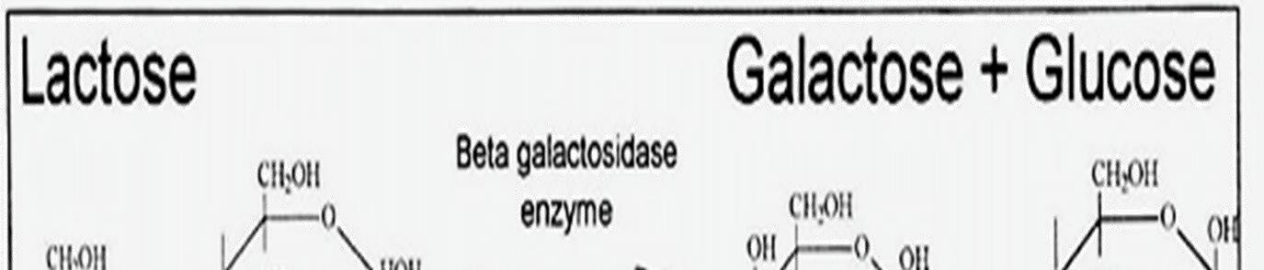


في حال التثبيط بالتغذية الرجعية يعمل المنتج النهائي كمثبط للإنزيم الأول في السلسلة، وينتج عنه إيقاف كامل للسلسلة الأيضية، وبذلك يتوقف استمرار إنتاج وتراكم مركبات أكثر من حاجة الخلية

أما في حال التنشيط بمادة التفاعل الأولية، فإن أول مادة تفاعل في سلسلة المسار الأيضي تعمل كمنشط للمسار الأيضي. يتم تنظيم التعبير الجيني في البكتيريا على مستوى النسخ ويتم ذلك عادة بالسماح ببدء أو منع بدء عملية نسخ الـ mRNA وحيث ان البكتيريا تحصل على غذائها حسب المواد المتوفرة في الوسط المحيط بها؛ فإنها تستجيب مباشرة للتغيرات التي تحدث في وحيث أن الوسط حسب توافر المواد الغذائية فيه.



إذا اتاحت للبكتيريا الفرصة للاختيار بين سكري الجلوكوز واللاكتوز كمصدر للكربون، فإنها تفضل استهلاك الجلوكوز أو لا. ولوحظ أنه قبل تحول البكتيريا لاستخدام اللاكتوز هناك فترة توقف، تقوم خلالها ببناء إنزيم بيتا جلاكتوسيديز الذي يحلل اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز. وقادت هذه المعلومات لاكتشاف بروتين مثبت لللاكتوز يرتبط بوحدة نسخية تسمى اوبرون اللاكتوز . ويقوم بإيقاف النسخ.



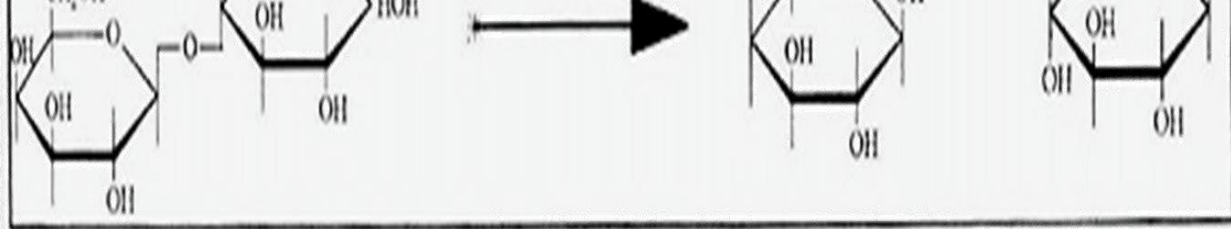
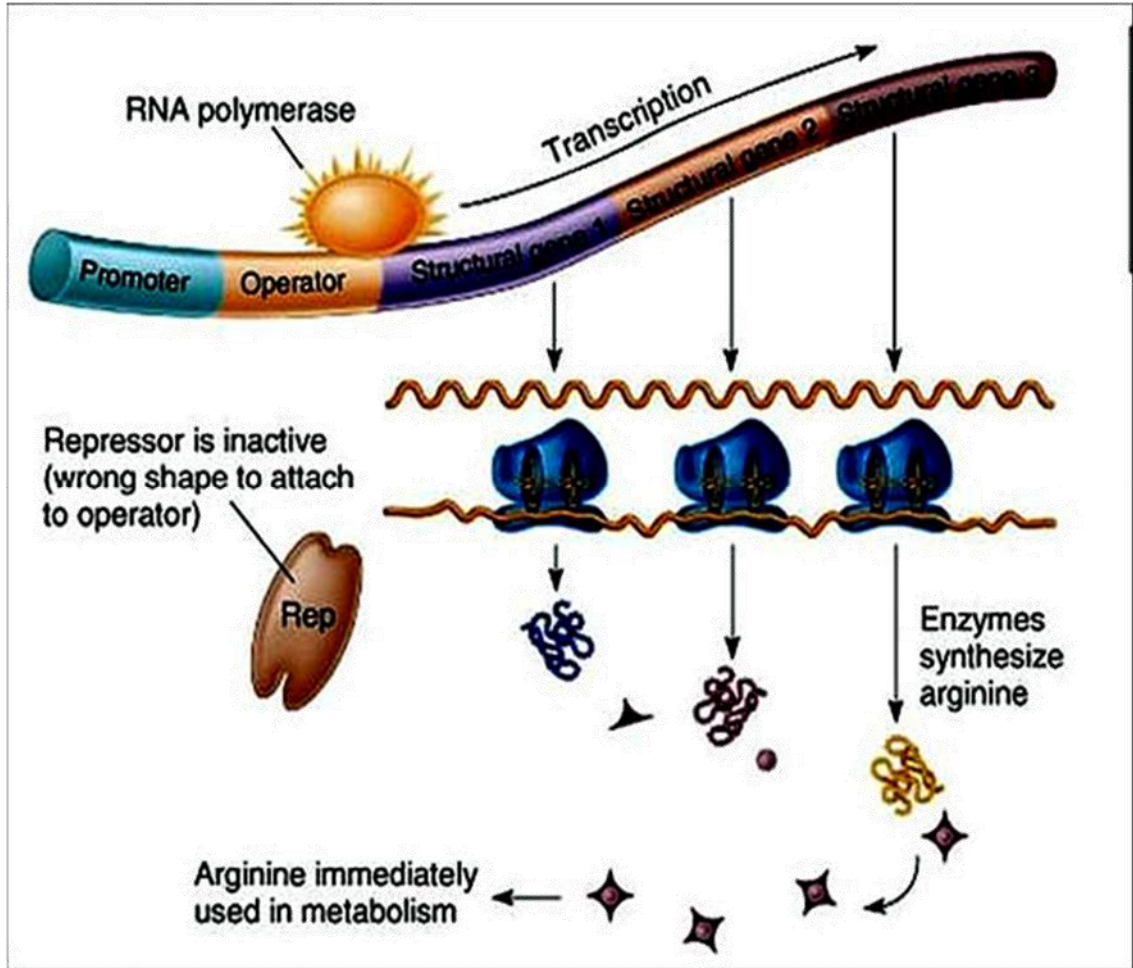


Figure 1: Action of beta-galactosidase

تعريف الأوبرون: هو الجزء من المادة الوراثية التي تحتوي عدد من الجينات التي ترتبط بعلاقة وظيفية متناسقة والتي تتكون من المشغل وعدد من الجينات أو: وحدة نسخ وراثية ذات تعبير متناسق.



العناصر الرئيسية للأوبرون:

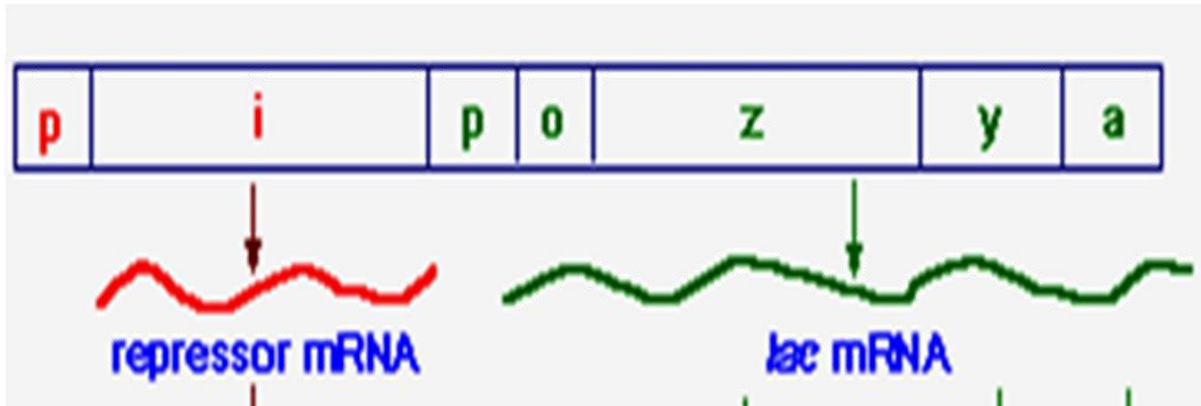
1 - يطلق على الجينات المتجاورة في الأوبرون اسم الجينات التركيبية
(Z, Y, A)(S)Structural Genes

2- المشغل (O) Operator

3- الجين المنظم (i) (Regulator) وهو ينتج البروتين المثبط

العناصر الرئيسية للأوبرون:

يبدأ أنزيم بلمرة RNA النسخ عند منطقة البروموتر Promoter التي تسبق المشغل ويتم نسخ الأوبرون كوحدة نسخية كبيرة مكونة من عدد من الجينات بدلاً من أن يتم نسخ كل جين على حده.



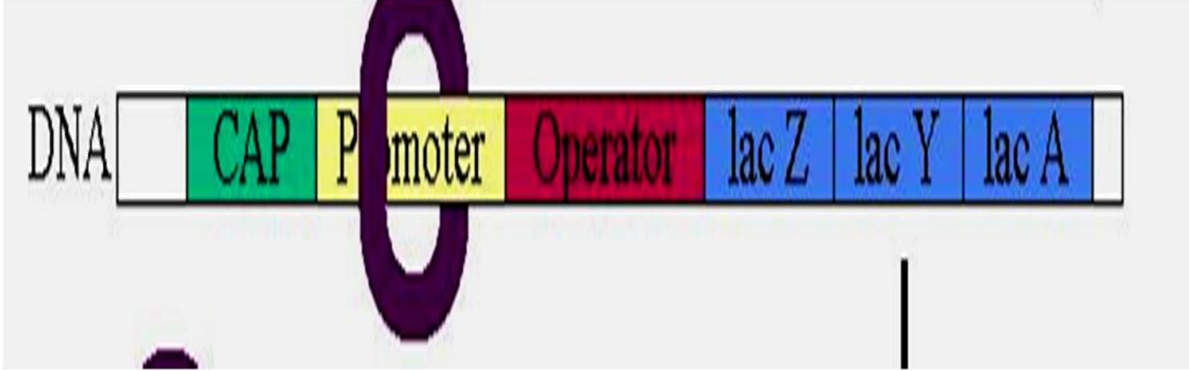
تركيب أوبرون اللاكتوز:

يتكون أوبرون اللاكتوز من ثلاثة جينات تركيبية (S) وهي:

1- الجين Z ويتحكم في إنتاج جين أنزيم بيتا جلاكتوزسيديز B Galactosidase Lac.

2- الجين Y ويقوم بإنتاج أنزيم لاک بريميز Lac Primase عند الترجمة

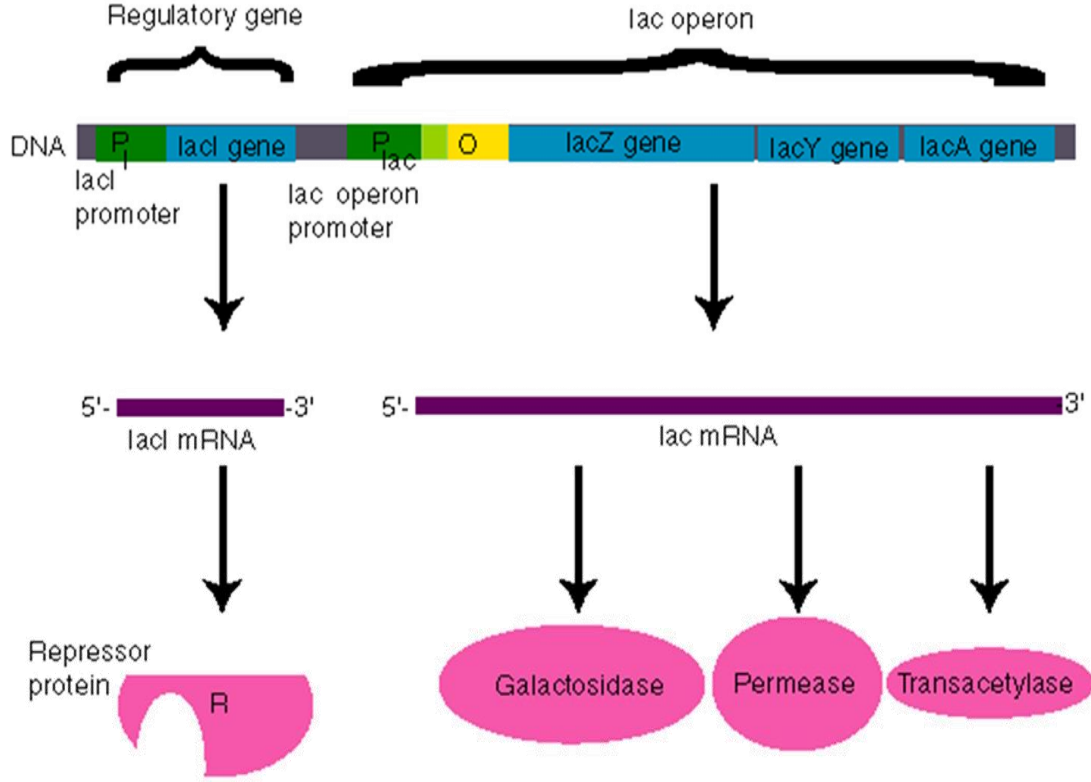
3- الجين A ويقوم بإنتاج أنزيم استيليز Transacetylase عند الترجمة و كل الجينات الثلاثة لها دور في عملية تحليل اللاكتوز إلى جلوكوز وجلاكتوز.



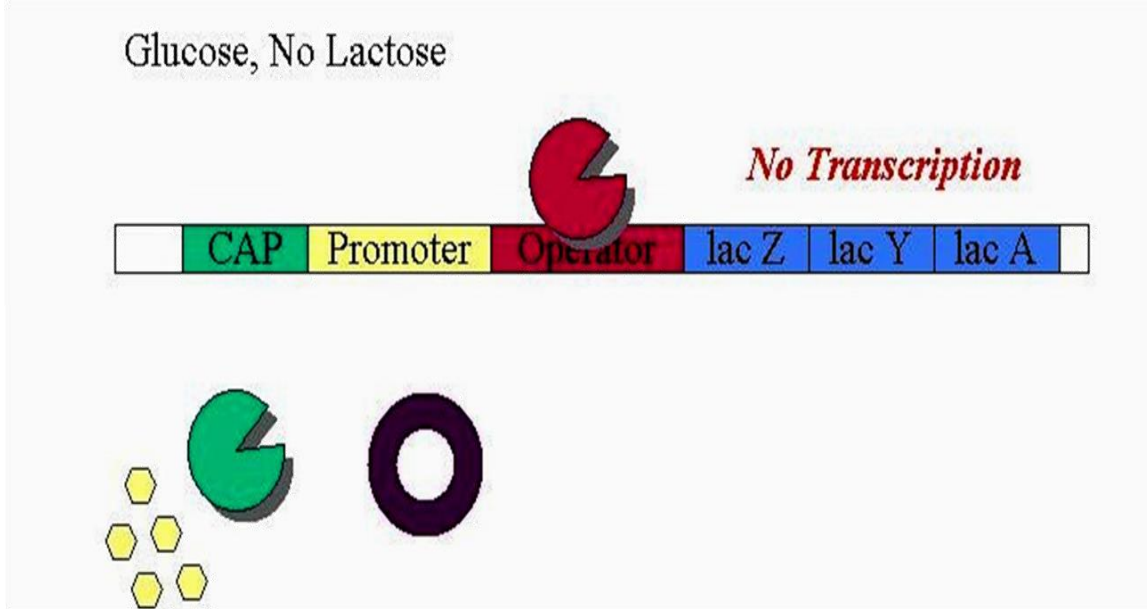
• تركيب أوبرون اللاكتوز

: يتم نسخ الجينات التركيبية الثلاثة a, y, z معا في وحدة نسخية واحدة يطلق عليها اسم أوبرون اللاكتوز.

ويوجد الجين المنظم i (الذي ينتج البروتين المثبط) إلى اليسار من الجينات التركيبية يليه البروموتر (P) الذي يرتبط به إنزيم بلمرة RNA ثم المشغل (O) الذي يرتبط به المثبط البروتين.

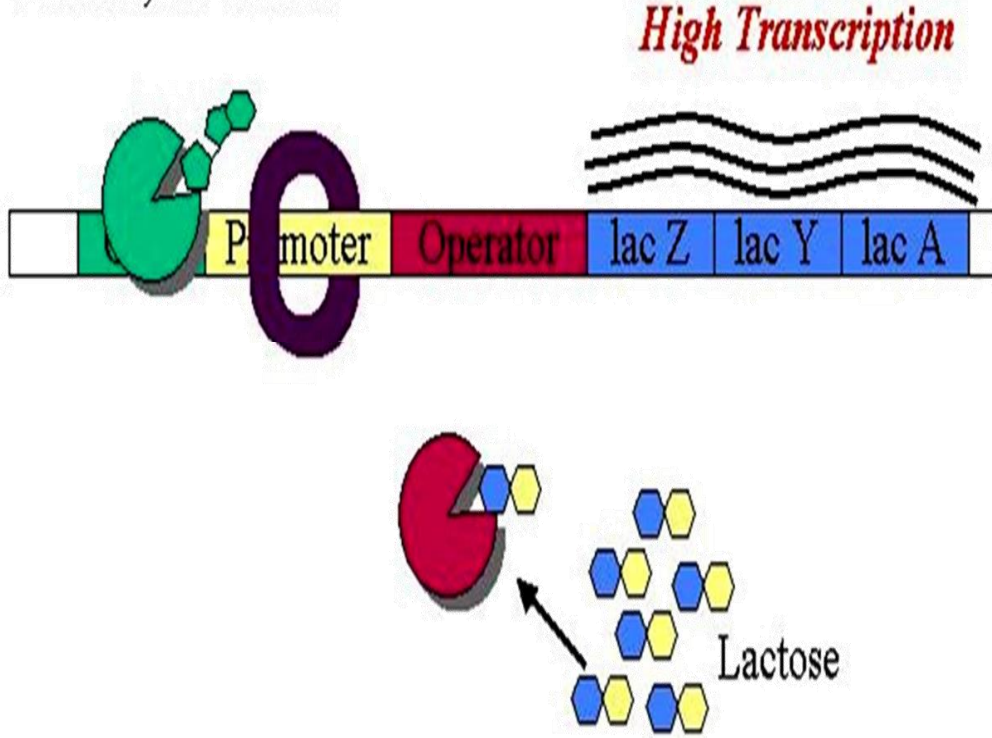


يقوم أنزيم بيتا جلاكتوزسيديز B-Galactosidase - بتحليل اللاكتوز إلى الجلوكوز والجالكتوز. ويتوقف إنتاج هذا الإنزيم في غياب اللاكتوز من بيئة البكتيريا، حيث يوجد بروتين متخصص يسمى المثبط يقوم بالارتباط بالمشغل O وبالتالي يمنع إنزيم بلمرة RNA من الارتباط بالبروموتر P وبدء النسخ للجينات التركيبية Z,Y,A جميعها. أي أن البروتين المثبط يعمل على تنظيم نسخ الأبرون، حيث يوقف النسخ في غياب اللاكتوز من الوسط .

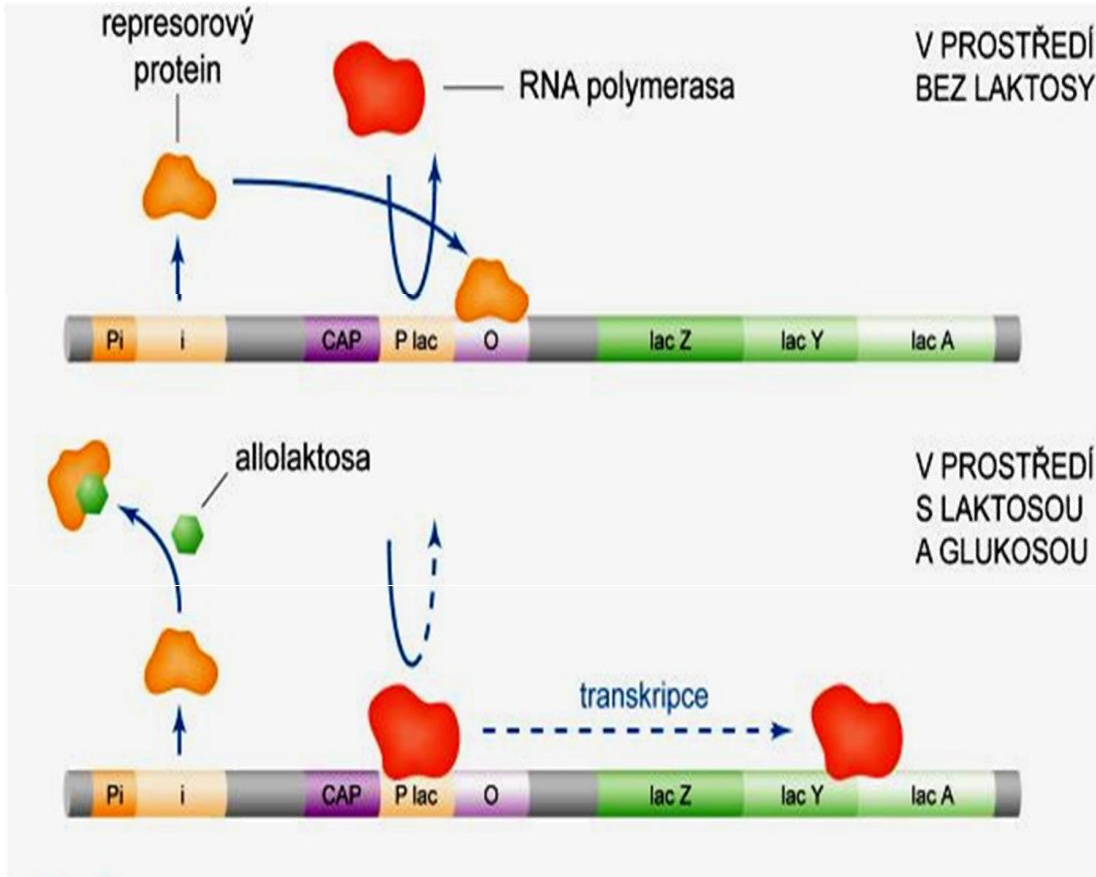


وفي وجود اللاكتوز فإنه يرتبط بجزئ المثبط ويمنعه من الارتباط بالبروموتر P وبالتالي يمكن لانزيم بلمرة RNA أن يبدأ النسخ وهذا يسمى إعادة تنشيط **Derepression** للجينات التركيبية عن طريق جزيئات اللاكتوز ذاتها.

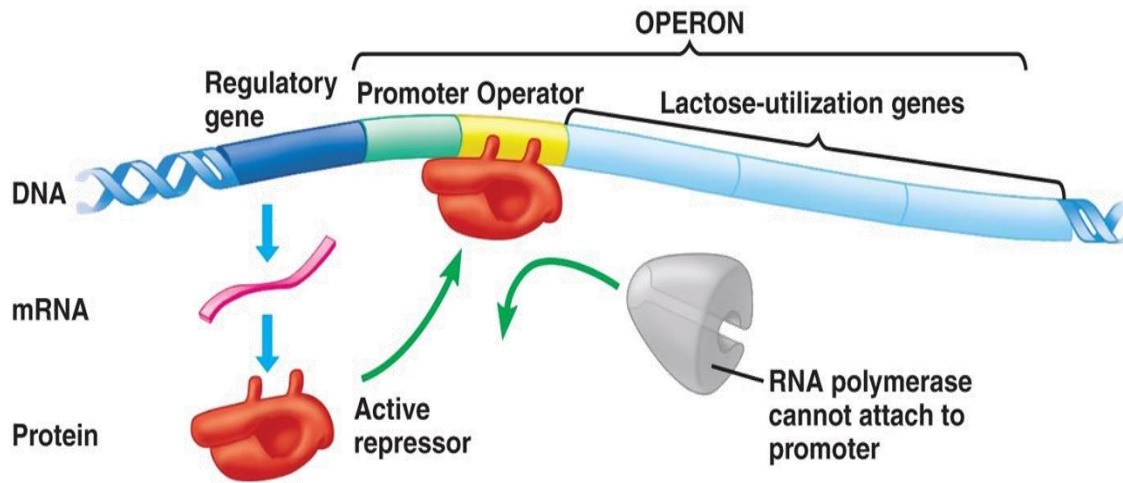
Lactose, No Glucose



أي أن اللاكتوز يعمل كجزئ إشاري نوعي ينشط نسخ الأوبرون كاملا عن طريق منع البروتين المثبط من الارتباط بالمشغل. وهذا يعني أن الزيادة في تركيز اللاكتوز تعمل على انفكاك البروتين المثبط من الجين المشغل وبالتالي تنشيط النسخ



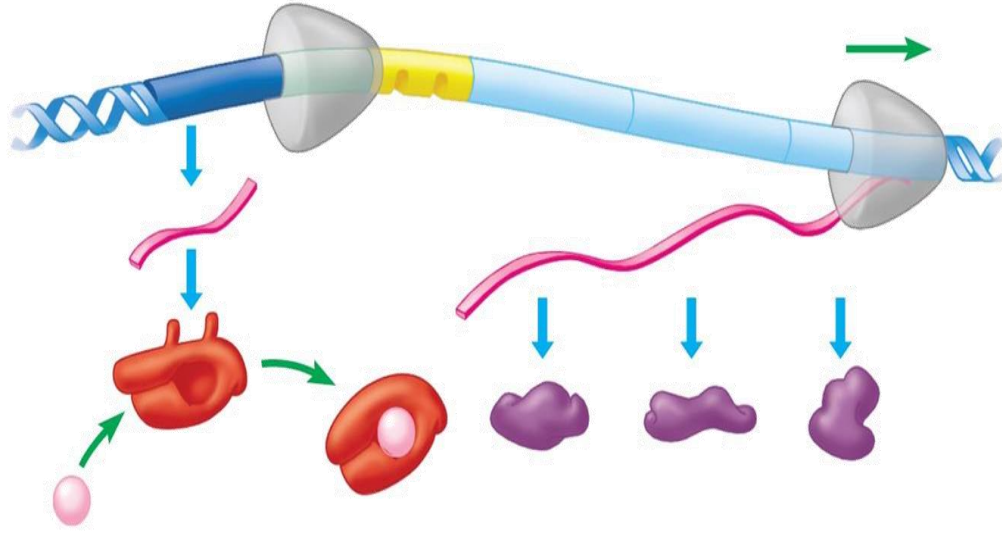
اوبرون اللاكتوز مغلق



Operon turned off (lactose absent)

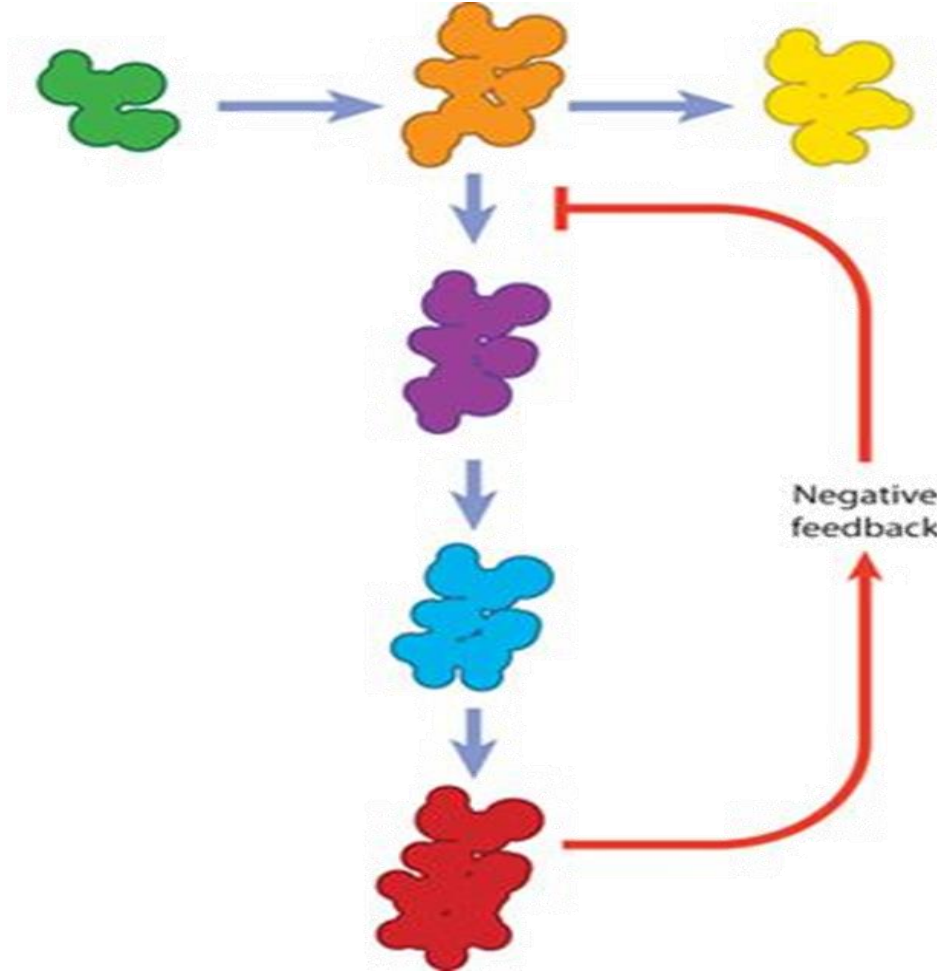
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

اوبرون اللاكتوز المفتوح

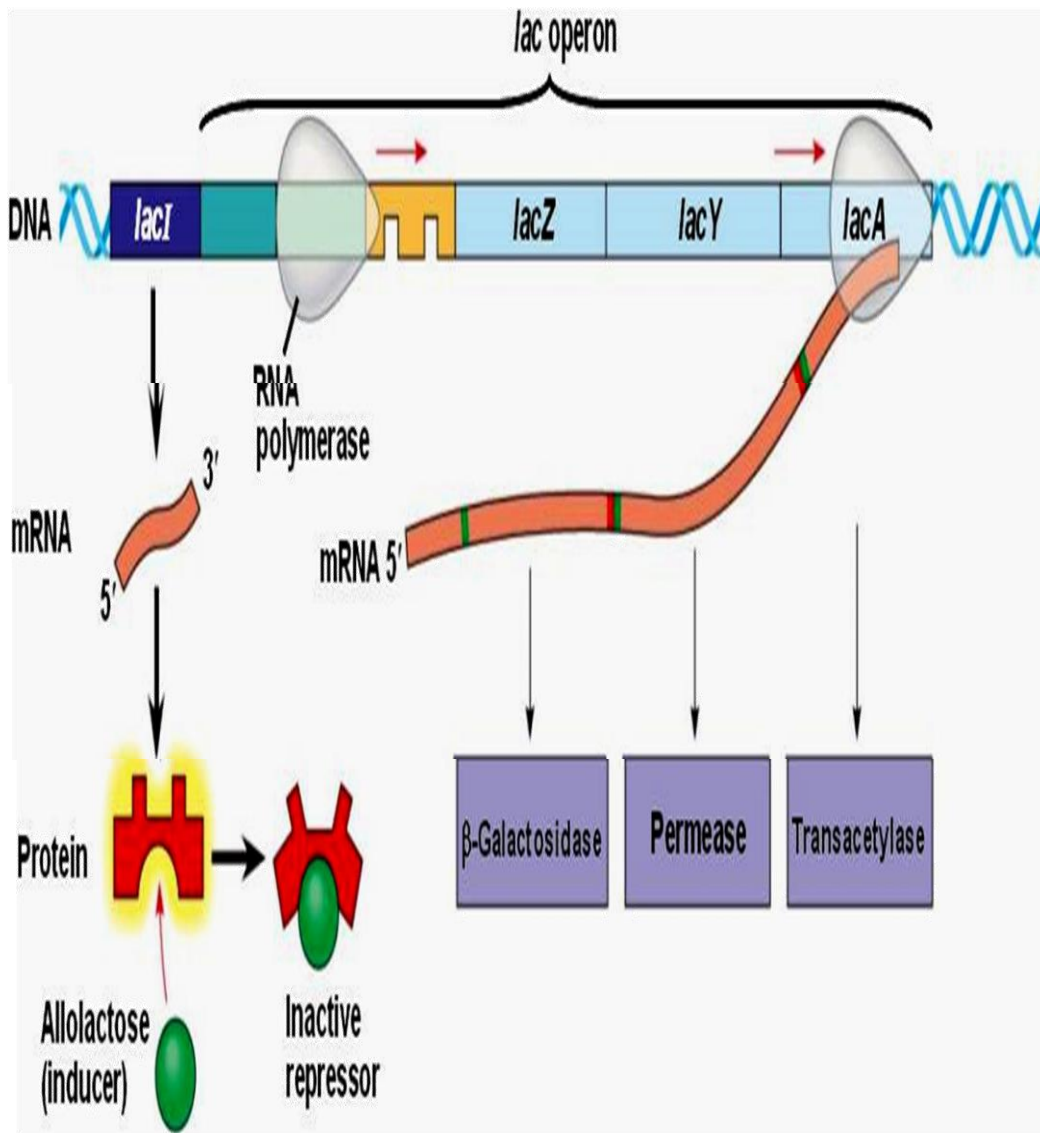


تنظيم التعبير الجيني

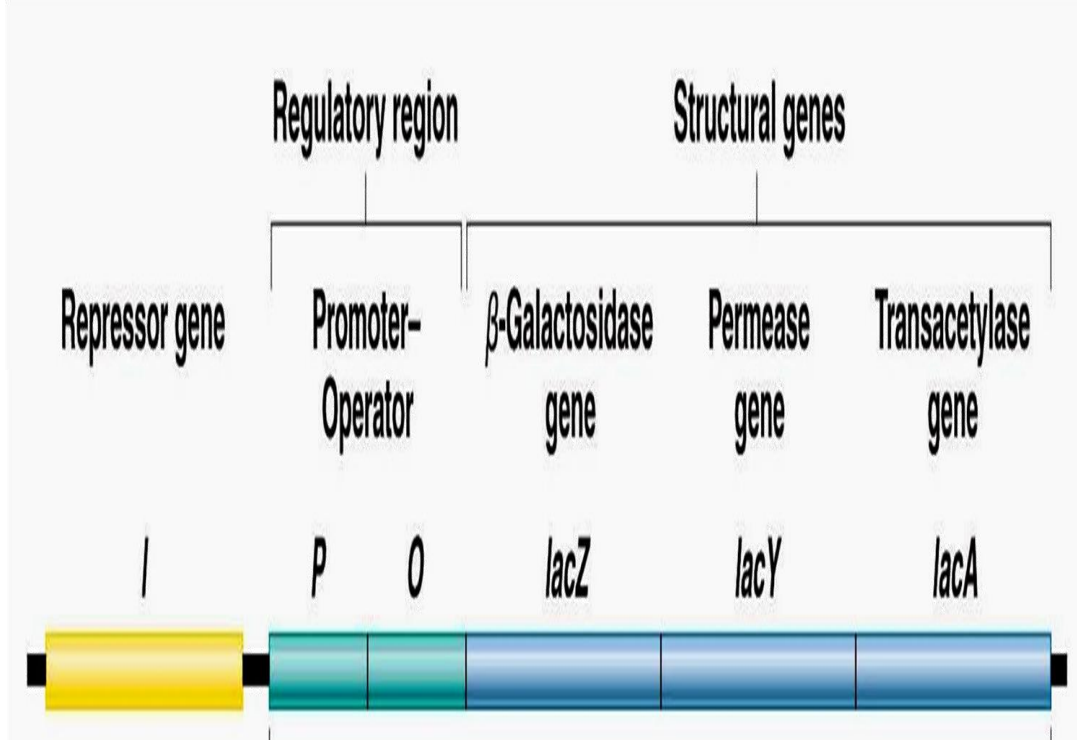
- توجد ميكانيكيتين رئيسيتين لهذا النوع من التحكم وهما: -
1- التنشيط بالتغذية الرجعية 2 - التنشيط بمادة التفاعل الأولية



سؤال/ هل أوبرون اللاكتوز في الصورة التالية مفتوح أم مغلق؟فسر
الاجابة.



سؤال/ وضح العناصر التي يتרכب منها أوبرون اللاكتوز من خلال الشكل التالي، واذكر دور كل منها؟



الوراثة الكمية Quantitative Genetics

• كانت الصفات المنديلية الكلاسيكية صفات نوعية Qualitative
trails سهلة التصنيف الى مجاميع متميزة من الأنماط الظاهرية ونتاجت
هذه الصفات من تأثير جين أو جينين. بالإضافة الى الصفات النوعية
يوجد الكثير من الصفات المهمة في النباتات والحيوانات والإنسان لا
يمكن تصنيفها الى مجاميع متميزة . ولكن يمكن قياسها والتعبير عنها
بوحدة قياس المسافة أو الوزن أو الحجم وبذا تشكل إختلافات
مستمرة. وتكون هذه

الصفات كمية **Q uantitative traits** في طبيعتها وتنتج من فعل وتفاعل عدة جينات تتراوح من 10-100 جين أو أكثر من ذلك وكذلك تتأثر هذه الصفات بعوامل البيئة المختلفة.

• ومن الأمثلة على الصفات الكمية هي الصفات المهمة زراعياً واقتصادياً في الكثير من النباتات والحيوانات ؛ كإنتاج الحبوب وإرتفاع النبات وإنتاج الحليب والبيض. ومن الصفات الكمية في الإنسان هي القامة ووزن الجسم. وقد تمت متابعة سلوك هذه الصفات باستخدام قوانين مندل إلا أن الحال ، يختلف ففي صفة الإنتاجية تختلف نباتات المحصول الواحد عن بعضها في الإنتاج. إن صفات مثل الطول والوزن ذات تباين متصل ولاً يظهر عادة في فئات واضحة منفصلة

• وكذلك العديد من صفات الحيوانات والنباتات مثل إنتاج البيض وكمية اللبن والشعيرات في ، ذبابة الفاكهة هي من أمثلة الصفات الكمية. وتتأثر الصفات الكمية بالبيئة إلى حد كبير ومن المؤكد أنها نتيجة تفاعل بين التركيب الوراثي للكائن والظروف البيئية التي تحيط به. • ويمكن أن تعزى الاختلافات في الصفات الكمية إلى عدد كبير من الجينات التي يطلق عليها البوليجينات **Polygenes** إذ أن تأثير الجين الواحد على هذه الصفة بسيط.

• تجربة جوهانسن • أجرى جوهانسن تجاربه على الفاصوليا وهو نبات ذاتي التلقيح حيث تمتاز النباتات ذاتية التلقيح بتركيب وراثي متماثل. وقد أخذ بذور غير نقية ذات أحجام مختلفة وزرعها ، منفردة فلاحظ أن البذور الكبيرة أعطت نسلا بذوره صغيرة الحجم. فعزل 19 سلالة من النسل الناتج من زراعة 19 بذرة مختلفة الحجم من عينة ، البذور الأصلية ودرس السلالات ونسلها وتوصل للتالي:

• تجربة جوهانسن

1 • لكل سلالة متوسط خاص بها ، لوزن البذرة فمثلا السلالة رقم 1 لها متوسط حجم 64 سنتي جرام أما السلالة 19 فمتوسطها يساوي م 35 سنتي جرام.

2 • توجد اختلافات في أحجام البذور داخل نسل كل ، سلالة وعزى ذلك لتباين الظروف البيئية.

• بعدها قام جوهانسن وبتقسيم بذور كل سلالة إلى مجموعات ومجال كل قسم هو 10، سنتي جرام ثم زرع بذور كل قسم ، لوحدها فوجد أن الأقسام المختلفة لأحجام البذور داخل كل سلالة قد أعطت نسلا متساويا في ، متوسط الوزن وهذا يدل على أن الانتخاب داخل السلالة النقية غير مجدي.

• نظرية العوامل المتعددة **Multiple-factor hypothesis**
• إن نظرية العوامل المتعددة تنص على أن الصفة الكمية تتأثر بفعل عدد من الجينات ذات التأثير الصغير والتي تحتل مواقع ، كروموسومية متعددة وهذه الجينات متشابهة ولها تأثير تراكمي **Cumulative effect** أي أن تأثيرات الجينات المفردة تضاف لبعضها ويمكن توضيح ذلك

• نظرية العوامل المتعددة **Multiple-factor hypothesis**

• مثال: لون الحبة في القمح **Seed Color of Wheat**
• أجري تهجين بين صنف من القمح ذي بذور حمراء وآخر ذي بذور بيضاء. كانت بذور الجيل الأول ذات لون متوسط بين الأبوين وعند ترتيب بذور الجيل الثاني حسب كثافة اللون لوحظ تدرج مستمر من الأحمر الى الأبيض كالتالي:

• 16\1 حمراء مثل الأب الأحمر البذور • 16\1 أبيض

• 16\14 متوسط اللون أي تتراوح بين لوني الأبوين .



- مثال : لون الحبة في القمح Seed Color of Wheat
- فعندما صنفت بذور الجيل الثاني ذات اللون المتوسط بصورة أدق على أساس كثافة اللون شوهدت النسب: 16\1 أبيض
- 16 \4 أحمر باهت
- 16\6 أحمر
- 16\4 أحمر داكن
- 16\1 أحمر داكن جدا





Multiple-factor hypothesis نظرية العوامل المتعددة

• مثال: لون الحبة في القمح Seed Color of Wheat

يلاحظ أن الجينات السائدة R_2, R_1 تزيد من شدة اللون الأحمر كلما زاد عددها من 1 إلى 4.

• أحمر داكن جدا $R_1R_1R_2R_2$ 4 أليلات سائدة

• أحمر داكن $R_1R_1 R_2 r_2$ 3 أليلات سائدة

أحمر $R_1 R_1r_2r_2$ 2 أليلان سائدان

أحمر باهت $R_1r_1r_2r_2$ أليل سائد

$r_1r_1r_2r_2$ أبيض لا يوجد اليل سائد

Multiple-factor hypothesis نظرية العوامل المتعددة

مثال : لون الحبة في القمح (Seed Color of Wheat) هذا الانعزال بنسبة 15 : 1 يدل على أن هناك زوجين من الجينات يتحكمان في صفة لون الحبة في القمح في حين أن أصناف أخرى ، من القمح في تجارب تهجين مشابهة بين صنفين أحمر وأبيض الحبوب كشفت) عن نسبة إنعزال في الجين الثاني 3 : 1 (وهذا يعني أن جين واحد فقط هو المتحكم بهذه الصفة وفي تهجينات أخرى أعطى الجيل الثاني ، النسبة 63 : 1 وهي تدل على وجود 3 أزواج من الجينات.

• مثال

**: لون البشرة في الإنسان يؤثر عدد الإليالات السائدة على درجة لون
البشرة في الإنسان حيث أن هناك 3 جينات, A B,C مسؤولة عن هذه
الصفة**



• يوضح الجدول الاحتمالات الممكنة للون بشرة الأبناء في حالة تزواج
آباء متوسطي لون البشرة ولكل منهما التركيب الوراثي AaBbCc

	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBCCc	AABbCC	AABbCc	AaBBCC	AaBBCCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBCCc	AABBcc	AABbCc	AABbcc	AaBBCCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc
AbC	AABbCC	AABbCc	AAbbCC	AAbbCc	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc
Abc	AABbCc	AABbcc	AAbbCc	AAbbcc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc
aBC	AaBBCC	AaBBCCc	AaBbCC	AaBbCc	aaBBCC	aaBBCCc	aaBbCC	aaBbCc
aBc	AaBBCCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc	aaBBCCc	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc
abC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	aaBbCC	aaBbCc	aabbCC	aabbCc
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc	aaBbCc	aaBbcc	aabbCc	aabbcc

Gazayeqhi S.J. Mansabi 2011

1 : 6 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1



سؤال/ إذا تزوج رجل متوسط لون البشرة $AaBbCc$ بامرأة متوسطة لون البشرة أيضا $AaBbCc$ فما احتمال ان يولد لهما طفل اسود؟

سؤال/ وضح النسل الناتج من زواج رجل لون بشرته بني داكن

$AABBCC$ بامرأة شقراء البشرة $aabbCc$

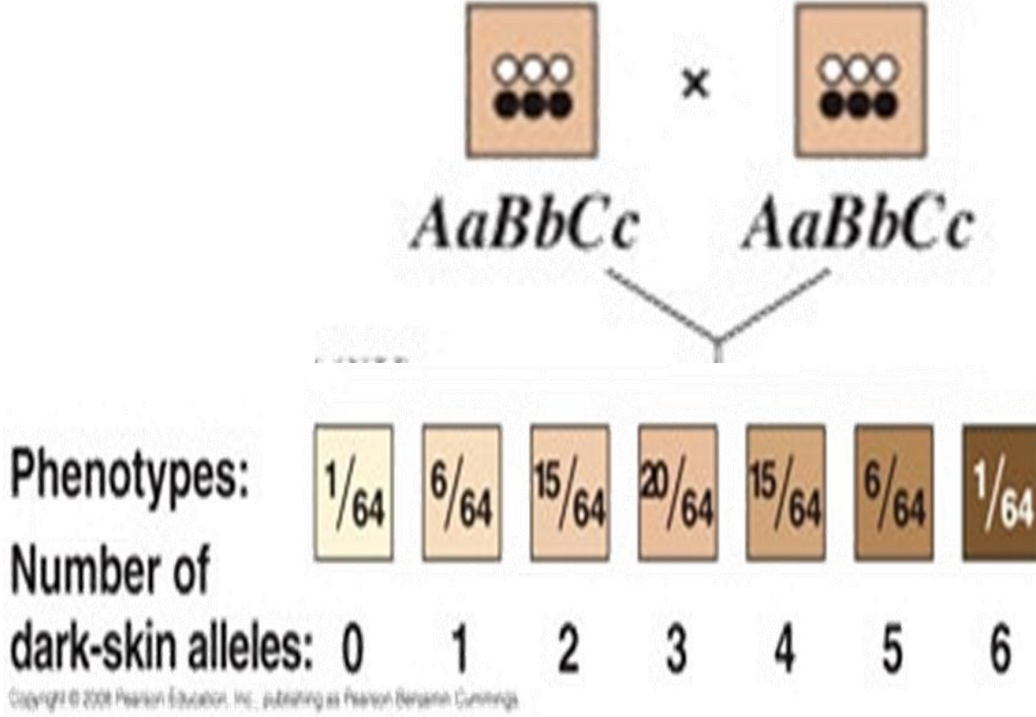
• الأمشاج للآب aBc, BC الأمشاج للآم abc, bC

النسل: $AaBbCc, AaBbCC, AaBbcc, AaBbCc$

سؤال/ وضح النسل الناتج من زواج رجل أسمر $AaBbCC$ بامرأة

شقراء البشرة $aaBbcc$ ؟

x الأمشاج للآب الأمشاج للآم



تقدير عدد الجينات للصفات الكمية

Estimating the Number of Genes for Quantitative Traits

- تساعد معرفة عدد الجينات التي تعين الصفات الكمية في تطوير طرق جديدة وكفوءة للبحث عنها, وكذلك يمكن الإستفادة من هذه المعلومات مباشرة في تربية النبات والحيوان.
- ولكن يصعب تعيين عدد الجينات بالضبط المشمولة في تهجين ما بسبب وجود الإختلافات البيئية والإختلافات الوراثية بنفس القياس .
- ولبعض الصفات يمكن إجراء تقدير تقريبي بواسطة تعيين تردد حدوث كلا من الطرفين في الجيل الثاني اللذين يشبهان النمط الظاهري للأبوين. وتعتبر هذه الطريقة تقريبية لعدد الجينات الفعالة ولكنها مفيدة للتحليل الوراثي الأولي

تقدير عدد الجينات للصفات الكمية

استنتج نلسون طريقة حساب عدد الجينات التي تحكم صفة كمية
كالتالي:

1- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $4/1$ من الجيل الثاني--
----- وجود زوج واحد من الجينات

2- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $16/1$ من الجيل
الثاني ----- وجود زوجين من الجينات

3- إذا كانت نسبة الأفراد التي تشابه أحد الآباء $4/1$ من
الجيل الثاني ----- وجود ثلاث أزواج من الجينات ويمكن

تلخيص العلاقة كالتالي:

نسبة الأفراد المشابهة لأحد الآباء $= 1:4^n$ حيث n عدد أزواج الجينات
التي تحكم الصفة الكمية.

