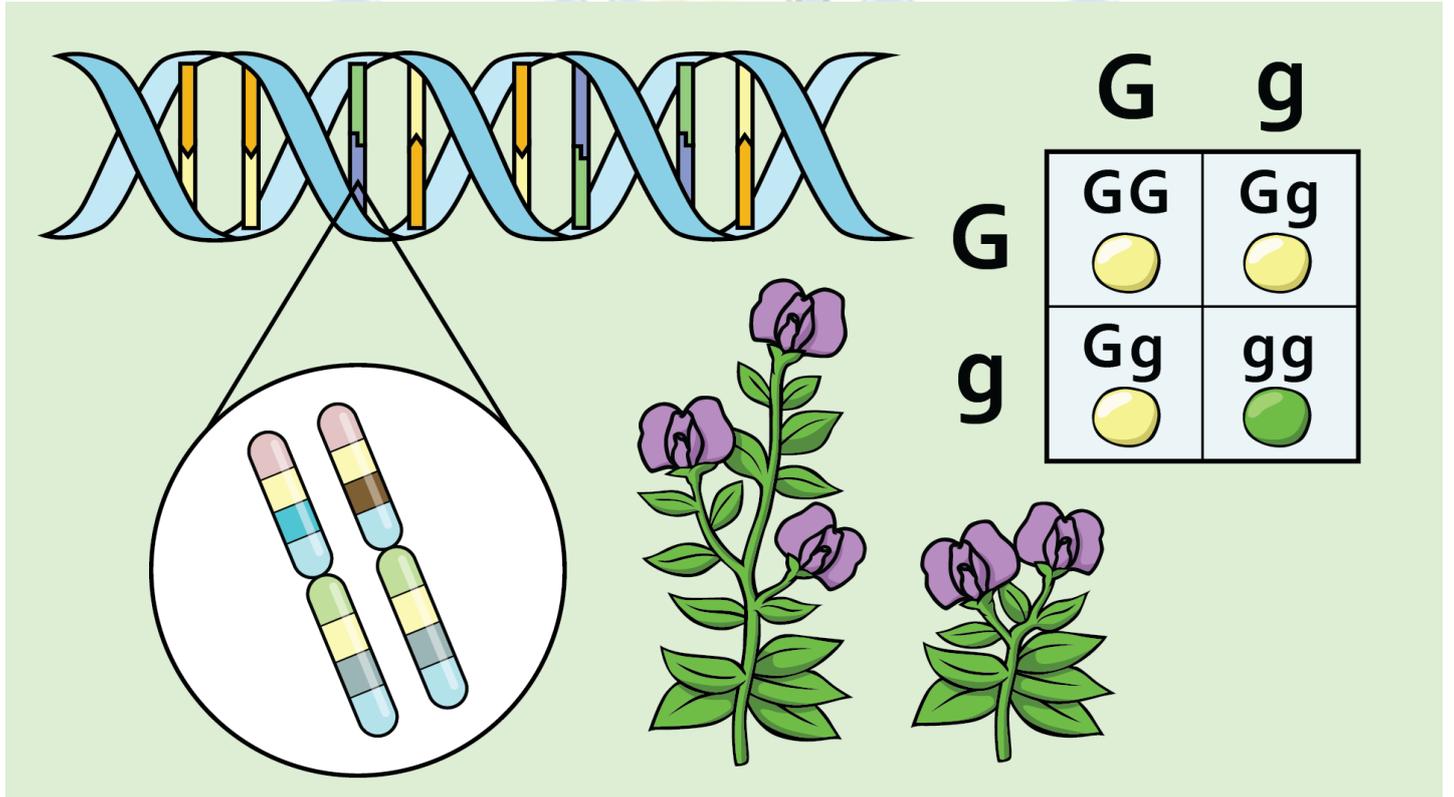


| | |
|---|----------------------------------|
| التربية للعلوم الصرفة | الكلية |
| علوم الحياة | القسم |
| Genetics 2 | المادة باللغة الانجليزية |
| علم الوراثة ٢ | المادة باللغة العربية |
| الثالثة | المرحلة الدراسية |
| م.د. هبه عباس جاسم | اسم التدريسي |
| nucleic acids | عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية |
| الاحماض النووية | عنوان المحاضرة باللغة العربية |
| ٥ | رقم المحاضرة |
| العذاري، عدنان حسن (١٩٨٧) اساسيات في الوراثة، جامعة الموصل | المصادر والمراجع |
| تاج الدين، سعد جابر و العيسى، عبدالنبي هادي (١٩٨٩) علم الوراثة ج٢، جامعة البصرة | |
| Brooker, R.J. (2005). Genetics Analysis and Principles, 2 ^{ed} Edition, McGraw Hill. | |



التركيب الكيميائي للأحماض النووية Chemical structure of nucleic acids

اكتشف جيمس واتسن وفرانسس كريك ١٩٥٣ التركيب البنائي والكيميائي للمادة الوراثية الـ DNA وإشارة إلى أن الـ DNA عبارة عن حلزون مزدوج double helix لسلسلتين من النيوكليوتيدات المتعددة وتتألف كل نيوكليوتيدة من سكر خماسي منقوص الأوكسجين في ذرة الكربون ٢ ومجموعة فوسفاتية وقاعدة نتروجينية، وترتبط السلسلة الأولى مع الثانية عن طريق الأواصر ما بين القواعد النتروجينية والتي تكون متقابلة إلى الداخل بينما تكون مجاميع الفوسفات إلى الخارج، وتتقابل السلسلتين بصورة متعكسة الاتجاه.

إن الأحماض النووية nucleic acids هي عبارة عن جزيئات كبيرة نسبياً وذات أهمية بيولوجية 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 وتتحكم أيضاً في ترجمة هذه الصفات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية. يوجد نوعان من الأحماض النووية وهي :

1- الحامض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين Deoxyribonucleic Acids (DNA) ويعرف بأنه حامل المعلومات الوراثية يوجد بصورة رئيسية في النواة، تحتوي معظم الكائنات الحية على كميات متفاوتة من الأحماض النووية بنوعيهما، بينما تحتوي الفيروسات على (DNA) فقط والبعض الآخر على (RNA) فقط.

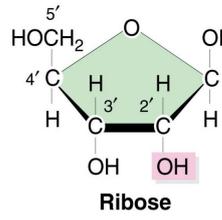
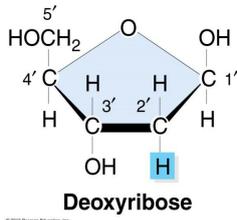
2- الحامض النووي الريبوز (Ribonucleic Acid (RNA) يوجد بصورة رئيسية في السائتوبلازم.

صفات المادة الوراثية: هناك بعض الخواص التي يجب أن تتصف بها المادة الوراثية للقيام بنقل المعلومات الوراثية وهي :

- ١- يجب أن تحتوي المادة الوراثية على معلومات نافعة ثابتة حياتياً
- ٢- المادة الوراثية قابلة للتكاثر والانتقال إلى الخلايا البنوية ومن جيل إلى آخر
- ٣- تستطيع المادة الوراثية التعبير عما تحتويه من معلومات عن طريق آلية التشفير الوراثية التي تترجم المعلومات إلى نواتج وجزيئات خلوية.
- ٤- للمادة الوراثية القدرة على التغيير بسبب الطفرة mutation التي تغير المعلومات المنقولة من الإباء إلى الأبناء والاتحادات الجديدة recombination التي تحدث أثناء تكوين الكميات وهي خلط المعلومات الوراثية الأبوية بحيث تتكون اتحادات جديدة من الجينات .

النوكليوتايد Nucleotide

تتكون الحوامض النووية من اجزاء صغيرة تسمى النوكليوتايد ، النوكليوتايد يتكون من السكر ومجموعة الفوسفات وقاعدة نايتروجينية

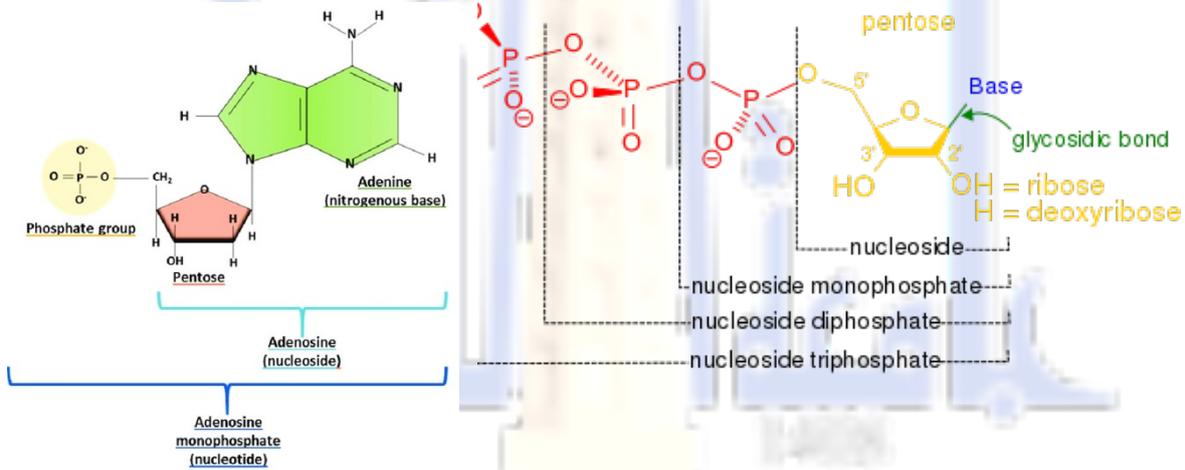


Nitrogen bases ، السكر يحتوي على خمسة ذرات كربون يسمى رايبوز Ribose او يكون ناقص لذرة اوكسجين واحدة ويسمى ديوكسي رايبوز Deoxyribose ، وعليه يوجد نوعان من

الحوامض النووية وهما : الحامض النووي الرايبوزي (RNA) Ribonucleic acid والحامض النووي الديوكسي رايبوزي (DNA) Deoxyribonucleic acid.

يطلق على ارتباط قاعدة نايتروجينية مع جزيئة سكر خماسية بالنوكليوسايد Nucleoside. النوكليوتايد الذي يحتوي على مجموعة فوسفات واحدة يسمى

Adenine ribonucleoside nucleoside monophosphate مثل Adenine ribonucleoside monophosphate (AMP) او مجموعتين Adenine ribonucleoside diophosphate (ADP) او ثلاث مجاميع Adenine ribonucleoside triphosphate (ATP). النوكليوتايد الذي يحتوي ثلاث مجاميع من الفوسفات هي التي تشكل المصدر الاساسي لبناء الحامض النووي DNA



تركيب الحامض النووي منقوص الاوكسجين (DNA) Deoxyribonucleic Acid

سنة ١٩٥٣ اقترح العالمان واتسون وكريك Watson & Crick التركيب الجزيئي للـ DNA على انه يتكون من سلسلتين متوازيتين تنتظمان على هيئة سلم ملفت 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 بالنوكليوتيدة من ثلاثة اجزاء وهي:

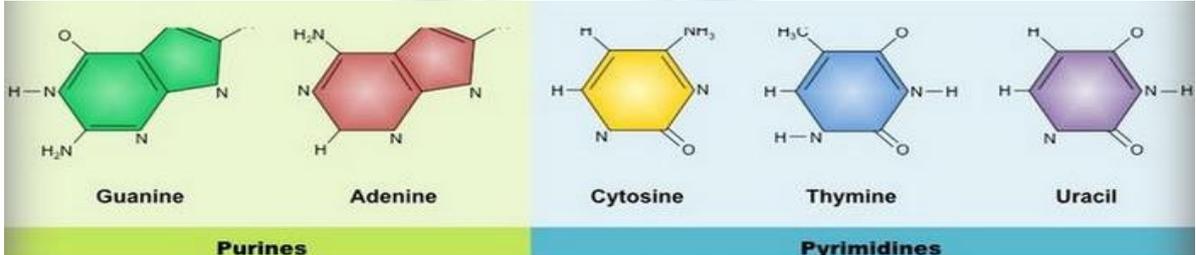
- سكر خماسي (الرايبوز) منقوص الأوكسجين

- مجموعة الفوسفات

- قاعدة نيتروجينية والتي تشمل :

أ- البيورينات (Purines): تحتوي على حلقتين من الكربون والنتروجين وتشمل أدينين (A) و جوانين (G)

ب. البيريميدينات (Pyrimidines) تحتوي على حلقة من الكربون والنتروجين وتشمل السايروسين (C) والثايمين (T) Thymine



ترتبط القاعدة النيتروجينية بذرة الكربون الأولى للسكر الخماسي، يكون اتصال الكربون رقم ١ في السكر الخماسي مع النتروجين في الموقع رقم ٩ في البيورينات والموقع رقم ١ في البيريميدينات ، في حين ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون الخامسة للسكر. ان اتجاهات ارتباط ذرة الكربون الخامسة للسكر في النيوكليوتيد مع ذرة الكربون الثالثة للنيوكليوتيد اخر تستمر على طول الشريط 5' - 3' - 5' مما يولد قطبية (Polarity) مهمة جداً في التضاعف والوظيفة الوراثية . ويلاحظ من اتجاهات الارتباط بأن المجموعة النهائية لكل شريط متعدد النيوكليوتيد هي مجموعة 5- فوسفوريل ((p-5) phosphoryl

حيث ترتبط ذرة الكربون الخامسة لنيوكليوتيد مع مجموعة الفوسفور لتكوين هذه النهاية فيما تقع مجموعة 3- هيدروكسيل ((3-OH) 3-hydroxyl في النهاية الثالثة . تترتب

نهايات شريطي

الحامض النووي

باتجاهات

متعاكسة حيث

يبدأ الشريط

الاول بالنهاية

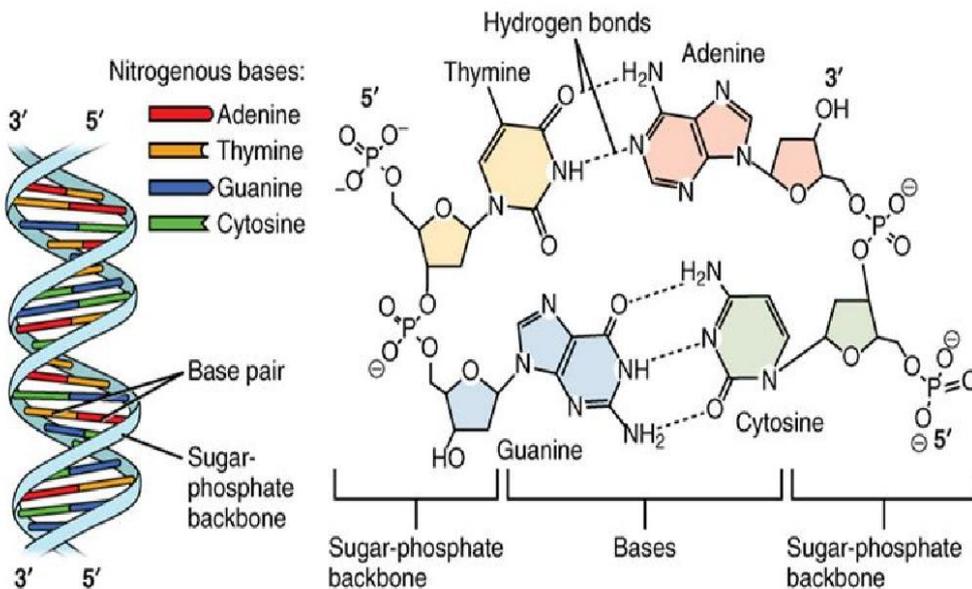
الخامسة لينتهي

بالنهاية الثالثة

بينما يبدأ الشريط

الثاني بالنهاية

المجاورة لبداية

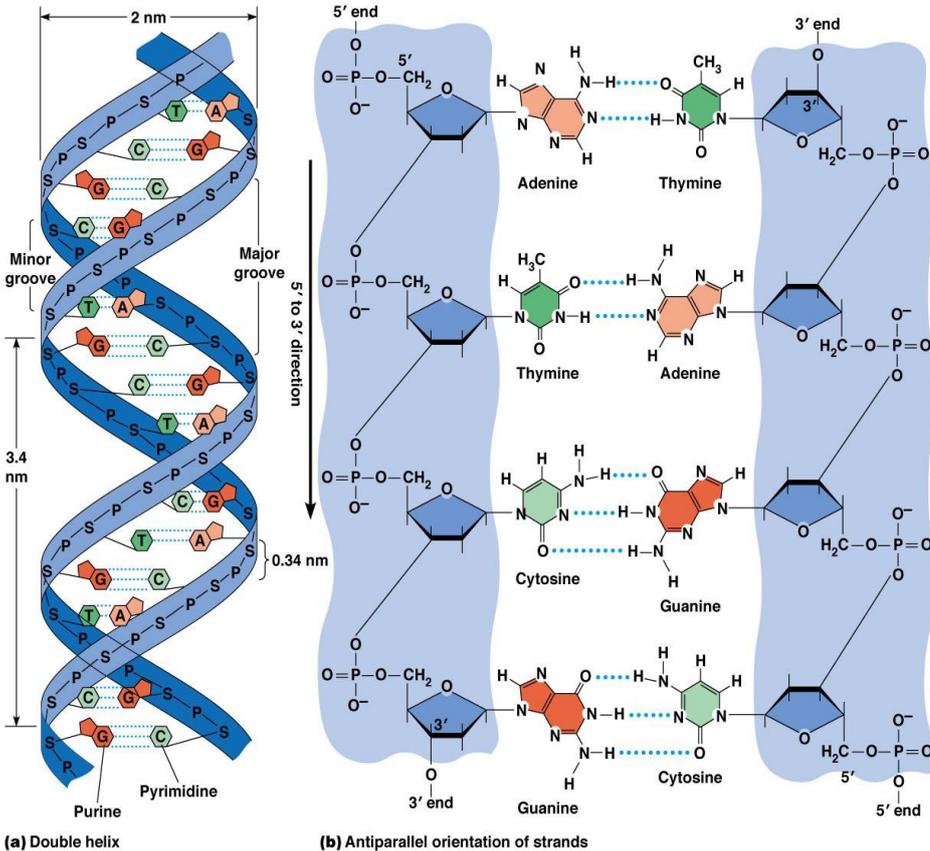


الشريط الاول بالنهاية الثالثة لينتهي بالنهاية الخامسة ، يطلق عليه التوازي المتضاد antiparallel. وهذا يدل على ان القواعد النيتروجينية في الشريط الاول باتجاه معاكس لاتجاه القواعد في الشريط الثاني .

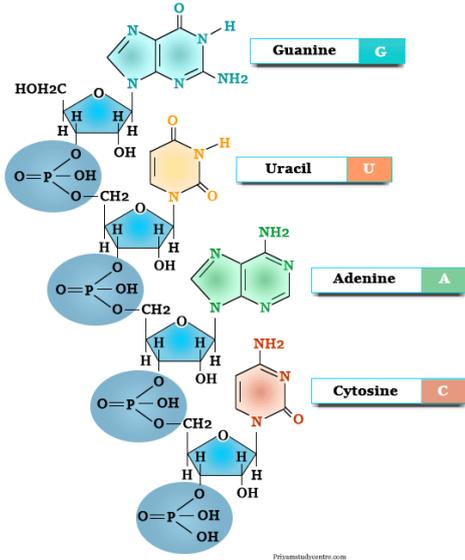
ترتبط أزواج القواعد ببعضها في سلسلتي الـ DNA المتقابلة بروابط هيدروجينية Hydrogen Bond التي تساعد على تثبيت جزيئة الحلزون المزدوج وتحقيق درجة كبيرة من الاستقرار . كما ترتبط القواعد مع بعضها بشكل منظم بحيث ترتبط القاعدة النيتروجينية أدينين (A) مع القاعدة النيتروجينية ثايمين (T) السلسلة المقابلة برابطة ثنائية هيدروجينية، بينما يرتبط القاعدة النيتروجينية الكوانين (G) برابطة هيدروجينية ثلاثية مع القاعدة النيتروجينية السايروسين (C). ولذلك فإن عدد قواعد الـ A يجب ان يساوي عدد قواعد الـ T وكذلك عدد قواعد الـ G يجب ان يساوي عدد قواعد الـ C. لذلك يكون قطر الجزيء ثابت (3 حلقات).

تبتعد أزواج القواعد عن بعضها بمسافة 3,4 أنجستروم (A) اي (0,34 نانوميتر) وكل 10 أزواج من القواعد النيتروجينية المقترنة تمثل دوره كاملة لشريطي السكر. فوسفات 34 A (للدورة الكاملة) اي 3,4 نانوميتر. يمكن تشبيه شريط DNA بسلم تتكون الدرجات فيه من أزواج القواعد المقترنة. كما يبلغ قطر شريط DNA حوالي 20

أنجستروم (A) اي (2 نانوميتر) ويعرف هذا النموذج باسم B-model وهو السائد في معظم الكائنات ويلتف حول المحور الوسطى إلى ناحية اليمين وتنتج انخفاضات على طول الحلزون تعرف بالانخفاضات الكبيرة Grooves Major مع الانخفاضات الصغيرة Minor Grooves



Ribonucleic Acid (RNA)



Ribonucleic Acid (RNA)

يتكون في النوية طبقاً لشفرة على حمض DNA يتكون من سلسلة واحدة فقط من النيوكليوتيدات وقد تكون خطية أو حلقة أو كروية. وتركيب نيوكليوتيدية RNA كالتالي:

- سكر خماسي الكربون يسمى ريبوز Ribose
- مجموعة فوسفات

- أحد القواعد النيتروجينية من البيورينات (A أو G) او من البيريميدينيات (C او U) حيث ان Uracil U بدل من القاعدة T.

الاختلاف بين الثايمين واليوراسيل هو وجود مجموعة المثلل Ch3 في موقع رقم 5 في حلقة مركب الثايمين وعدم وجودها في اليوراسيل.

يشمل عدة انواع منها

1- الحامض النووي الرايبوزي الرسول Messenger RNA

يتكون من جزيئة مفردة الشريط ، وظيفته هي تنظيم تسلسل الحوامض الامينية عند صناعة البروتين .

2- الحامض النووي الرايبوزي النقل Transfer RNA

يتميز بانطوائته المعقدة مشكلا تراكيب ثلاثية ، يتميز بوجود قواعد نتروجينية A-C-C غير مزدوجة في النهاية 3 تشكل ما يعرف anticodon والتي تستطيع الازدواج مع ثلاث قواعد متممة لها في شفرة في mRNA اثناء عملية تصنيع البروتين.

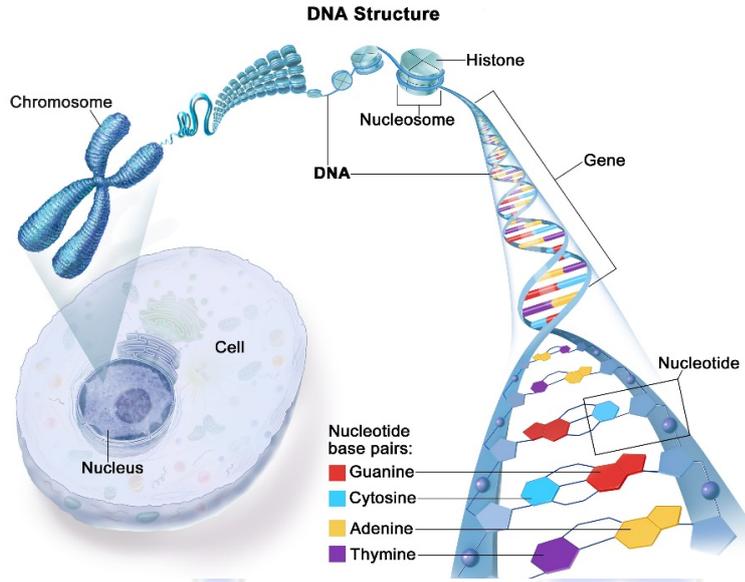
3- الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي Ribosomal RNA

يكون مفرد الشريط لكن يحتوي بعض الاحيان على بعض الانطوائت ، يتميز بارتباطه مع الرايبوسومات.

الكروماتين Chromatin

وهو عبارة عن حلزون مزدوج طويل واحد من ال DNA مضافا اليه نوعين من البروتينات الكروموسومية الهستونات و الالهستونات ، حيث تنتشر الياف في النواة وتتصل بمناطق عديدة بالطبقة الداخلية للغلاف النووي. يمكن ملاحظة نوعين من الكروماتين الاول يسمى بالكروماتين الحقيقي Euchromatin ويمثل اغلب كروماتين

الكروموسوم ويتميز ببقائه في حالة مبعثرة ، اما النوع الثاني فيدعى بالكروماتين المتباين Heterochromatin ويتميز بكثافته العالية .



تظهر اليف شبكة الكروماتين تحت الفحص المجهرى الالكتروني محببه تحتوي على انتفاخات او اجسام حبيبية تنفصل هذه عن بعضها بمسافة . تختلف المسافة بين كل حبيبة او انتفاخ اعتماداً على موقعها في الكروماتين.

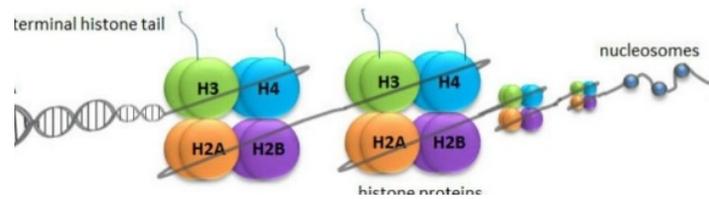
تبين نتائج التحليل الكيميائي للمكونات البروتينية النووية الى

وجود مجموعتين من البروتينات الرئيسية في النواة وهي البروتينات الهستونية والبروتينات الالهستونية. وتتميز المجموعة الهستونية بكونها بروتينات قاعدية ذات شحنة موجبة في الوسط المتعادل (pH 7.0) .

التركيب البنائي للكروماتين

يتألف الكروماتين من شبكة من الالياف ذات اجسام حبيبية تختلف في توزيعها على نوعي الكروماتين . يعتقد ان شبكة الكروماتين مؤلفة من شريط مركزي (يظهر على هيئة اليف في فحوصات المجهر الالكتروني) من الحامض النووي DNA يتخلله معقدات تركيبية تظهر في فحوصات المجهر الالكتروني كأجسام حبيبية سميت بالنيوكليوسومات Nucleosomes وهي تمثل الوحدات الاساسية للكروماتين .

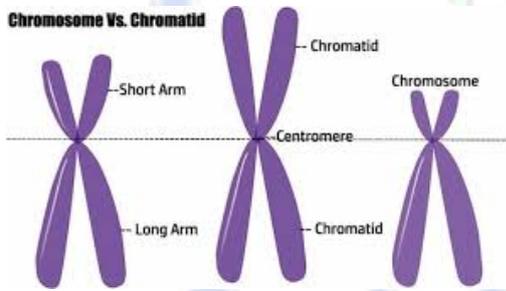
تتركب النيوكليوسومات من سلسلة من الاجسام البيضوية. تتألف الجسيمة البيضوية من لب مؤلف من ثمانية جزيئات من البروتينات الهستونية H2a , H2b , H3 , H4 تحاط بلفنتين من شريط الحامض النووي DNA ويعمل جزئ تاسع من البروتينات الهستونية وهو البروتين H1 على تثبيت اللفتين من الخارج .



الكروموسومات Chromosomes

تحتفي الشبكة الكروماتينية التي سبق مشاهدتها في نوى الخلايا في التطور البيئي عندما تدخل هذه الخلايا المراحل الانقسامية ويظهر بدلاً عنها اجسام رفيعة طويلة حبيبية مستقلة تلتف على بعضها . ويختلف عددها تبعاً لنوع الكائن الماخوذة منه الخلايا . تدعى هذه الاجسام الطويلة بالصبغيات او الكروموسومات Chromosomes . ويبدو بأن الياف شبكة الكروماتين تتوزع على الكروموسومات بحيث يحتفظ كل كروموسوم بجزء من الكروماتين .

بالنظر لاختلاف طول الكروموسومات فإن كمية الكروماتين الموجود فيها مختلف ايضاً . يزداد وضوح الكروموسومات بتغلظها عند دخولها الى اطوار او مراحل الانقسام الخلوي . ويظهر من فحوصات المجهر الالكتروني والفحوصات الهستوكيميائية للكروموسومات



بأنها مؤلفة من قلب بروتيني لاهستوني يمثل سقالة Nonhistons Scaffold يترتب حولها الكروماتين على هيئة تجمعات من الحلقات الشعاعية التي تتوزع على طول السقالة مما يعطي الكروموسومات عند فحصها بالمجهر الالكتروني بقوة عالية مظهراً يشابه الياف

القطن الدقيقة. تختلف كثافة هذه التجمعات من موقع على الكروموسوم الى اخر. ففي المواقع التي تمثل الكروماتين المتباين تكون هذه التجمعات متقاربة اضافة لوجود كثافة عالية من النيوكليوسومات فيها مما يعطيها كثافة عالية في حين تقل كثافة هذه التجمعات في مواقع الكروماتين الحقيقي .

عند بداية الطور التمهيدي Prophase تظهر الكروموسومات على هيئة مزدوجة مؤلفة من زوج من الاجسام المستديرة الطويلة (كروماتيدات Chromatids) ترتبط مع بعضها بواسطة قطعة مركزية Centromere . يختلف موقع قطعة الاتصال بين الكروماتيدات في الكروموسومات . فبعضها يكون وسطي الموقع Metacentric بحيث تكون أذرع الكروماتيدات متساوية الطول. وقد تكون منطقة الاتصال على مسافة قصيرة من وسط الكروموسوم submetacentric. لقد اظهر التحليل الوراثي بان معظم الموروثات التركيبية النشيطة القادرة على التعبير عن نفسها تقع في مناطق الكروماتين الحقيقي، بينما تقع التتابعات غير المشفرة او غير النشيطة وراثيا في مناطق الكروماتين المتباين

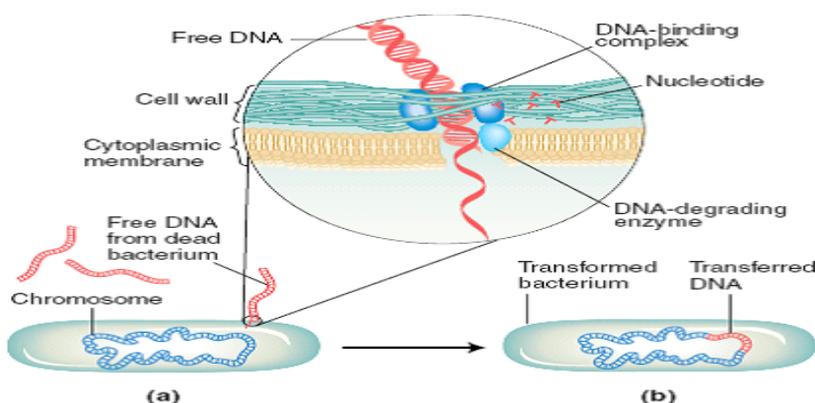
يتألف كل كروموسوم من ذراعين واحد كل طرف من اطراف التخصر وتعتبر صفة التخصر (القطعة المركزية Centromere) صفة يتميز بيها كروموسوم ما عن الاخر ضمن المجموعة الكروموسومية الواحدة . وقد قسمت الكروموسومات الى اربعة انواع على هذا الاساس هي كالآتي :

١. كروموسومات وسطية السنتروميير **metacentric** :- تكون القطعة المركزية وسطية الموقع فيأخذ الكروموسوم شكل حرف V في الطور الانفصالي.
٢. كروموسومات تحت وسطية السنتروميير **submetacentric** :- يكون احد الذراعين اطول من الاخر فيتخذ الكروموسوم شكل حرف J لان القطعة المركزية تكون غير وسطية الموقع.
٣. كروموسومات نهائية السنتروميير **Telocentric** :- تكون القطعة المركزية نهائية الموقع بحيث يتم فقدان الاذرع الكروموسومية العلوية .
٤. كروموسومات طرفية السنتروميير **subtelocentric** :- تكون حاوية على توابع في قمة احد اذرعها.

تجارب تدل على ان الحامض النووي DNA هو المادة الوراثية

١- التحول البكتيري Bacteria transformation

التحول البكتيري هو النقل الجيني الناتج من أخذ الـ DNA العاري من قبل الخلية المستلمة. يمكن لبعض البكتيريا أن تستلم قطع من الـ DNA من الوسط الخارجي. ويمكن أن يكون مصدر هذا الـ DNA خلايا أخرى من نفس النوع أو من أنواع أخرى. وفي بعض الحالات, يمكن للـ DNA أن يتحرر من الخلايا الميتة. وعلى أية حال, يمكن للـ DNA المستلم أن ينحشر في كروموسوم الخلية المستلمة. وإذا كان هذا الـ DNA يعود الى طراز جيني مختلف عن الخلية المستلمة, فيمكن للطراز الجيني للخلية المستلمة أن يتحول بشكل دائم في عملية التحول (transformation). استطاع العالم Frederick Griffith اكتشاف تلك العملية في بكتريا *Streptococcus pneumonia* عام ١٩٢٨. ومن الجدير بالذكر هنا, ان الطريقة التي ينحشر فيها الـ DNA بالكروموسوم البكتيري في عملية التحول هي مماثلة لتضريب من نوع *Hfr X F*-. ولكن في الاقتران, ينتقل الـ DNA من خلية حية الى أخرى من خلال الاتصال المباشر, بينما في التحول, يتم استلام قطع DNA خارجية معزولة من خلال الجدار الخلوي والغشاء البلازمي. يوضح الشكل (٩,١٠) طريقة عامة لكيفية حدوث هذه العملية.



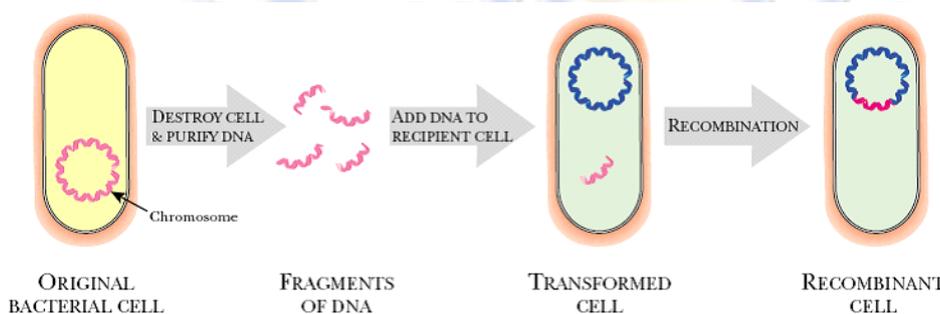
شكل يوضح كيفية حدوث التحول في البكتريا الموجبة لصبغة غرام. (a) التقاط الـ DNA الحر المتحرر من الخلايا البكتيرية الميتة. وفي الوقت الذي تقوم به المعقدات المرتبطة بالـ DNA على سطح الخلية البكتيرية باستلام الـ DNA, تقوم انزيمات معينة بتقطيع شريط DNA مفرد الى نيوكليوتيدات, أما الشريط الآخر فيحتمل أن ينحشر بالكروموسوم البكتيري كما هو موضح في الشق (b) من الشكل.

هنالك عاملين أساسيين يؤثران على التحول: العامل الأول هو حجم الـ DNA وحالته، حيث أن حجم حلزون الـ DNA المزدوج المثالي لإجراء عملية التحول هو 10^5 دالتون، ويجب أن يمتلك هذا الـ DNA الغريب مواصفات معينة لكي ينحشر في كروموسوم العائل. كما يوصف التحول بحساسيته للإنزيمات الهاضمة للأحماض النووية nucleases في البيئة. يتمثل العامل الثاني بكفاءة الخلية المستلمة أو بجهوزية الخلية المستلمة لإجراء التحول. تتميز بعض البكتيريا بقدرتها على أخذ الـ DNA بصورة طبيعية. وعلى أية حال، تأخذ هذه البكتيريا الـ DNA فقط في وقت محدد في دورة نموها، يتمثل هذا الوقت بقدرتها على إنتاج بروتين يطلق عليه بعامل الكفاءة competence factor. وعند تلك المرحلة، يمكن أن يطلق على تلك البكتيريا وصف "كفاءة". إن أنواع بكتيرية أخرى لا يمكن لها أن تأخذ الـ DNA بشكل طبيعي. في تلك البكتيريا يمكن استحداث البكتيريا خارج جسم الكائن الحي بواسطة بعض المواد الكيميائية (كما في كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$).

آلية التحول Mechanism of Bacterial Transformation

بشكل عام، يمكن اختصار خطوات التحول البكتيري بخطوتين، الأولى استلام الـ DNA الغريب والثانية انحشاره في كروموسوم الخلية المستلمة.

أخذ الدنا DNA uptake: يختلف أخذ الـ DNA من قبل البكتيريا الموجبة لصبغة غرام Gram positive bacteria عن تلك البكتيريا السالبة للصبغة Gram negative bacteria. يؤخذ الـ DNA في البكتيريا الموجبة لصبغة غرام بشكل جزيئة مفردة الشريط بينما يصنع شريطه المكمل في خلية المستلم. وبالتناقض، تأخذ البكتيريا السالبة لصبغة غرام جزيئة الـ DNA بشكل مزدوج الشريط.



شكل يوضح عملية التحول: تأخذ البكتيريا تحت الظروف الملائمة قطعاً من الـ DNA العاري من البيئة الخارجية. وربما تعبر قطعة الـ DNA خلال أغلفة الخلية الخارجية بدون مساعدة بروتينية أو فايروسية. وحال دخول تلك القطعة في الخلية البكتيرية، يجب أن يحدث إعادة ارتباط

بينها وبين الكروموسوم لمنع تحطيمها بالإنزيمات المحطمة الخارجية والداخلية.

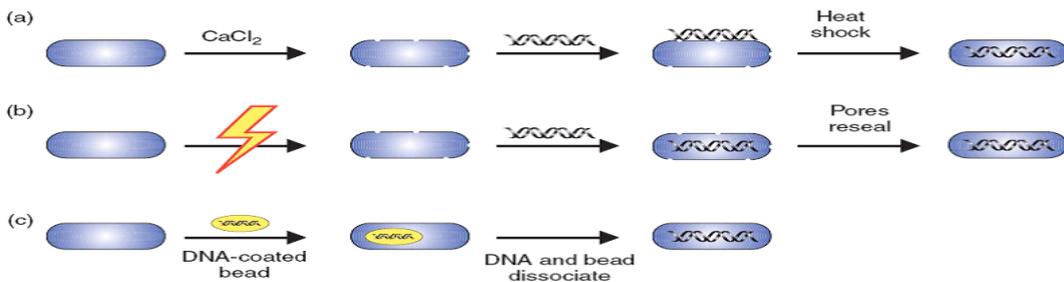
إعادة الارتباط المتماثل homologous recombination: بعد أخذ الـ DNA، تحدث عملية إعادة الارتباط المتبادل reciprocal recombination بين الكروموسوم والـ DNA الوهاب. تحتاج عملية إعادة الارتباط هذه إلى وجود مناطق متماثلة بين الـ

DNA الواهب والكروموسوم وتنتج في استبدال الـ DNA بين الواهب والمستلم كما هو في الشكل (١٠, ١٠). ويمكن أن ينتقل بنجاح فقط الـ DNA بين الخلايا البكتيرية ذات الصلة القريبة جداً من بعضها, بسبب وجود مناطق التماثل بين التسلسلات الواهبة والتسلسلات المستلمة.

أهمية التحول البكتيري Importance of Bacterial Transformation

بين الباحثون بأن لعملية التحول أهمية تتمثل بزيادة الضراوة. وقد استخدمت عملية التحول كأداة أساسية في العديد من الأبحاث البكتيرية بسبب امكانية تحول الطراز الوراثي للسلاطة البكتيرية بشكل متعمد وبشكل متخصص جداً عن طريق التحول. وعلى سبيل المثال, استخدم الباحثون التحول بشكل واسع في تجارب الهندسة الوراثية في عمليات كلونة الجينات منذ مراحلها التطورية الأولى.

أما كيفية ادخال الجينات بدائية النواة في البكتريا, فبعد عزل قطعة الـ DNA المرغوب بها, وربطها بالناقل بواسطة انزيم قاطع مناسب, وتكوين جزيئة الناقل الهجينة, تدخل تلك الجيئة الى مضيف ملائم بواسطة عملية التحول عادة. وتتم بوضع الخلايا النامية بشكل فعال للبكتريا المعنية, كما في بكتريا القولون, في محلول مخفف من كلوريد الكالسيوم calcium chloride في وسط محاط بالثلج, الذي يزيد نوعاً ما من قابلية خلايا البكتريا لأخذ الـ DNA الغريب. إن التعرض لكلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ يكون عادة نصف ساعة والتي بعدها يضاف الـ DNA إلى عالق البكتريا لمدة نصف ساعة. إن حضن هذا الوسط لمدة قصيرة يسمح للخلايا بأن تأخذ الـ DNA الغريب وتكون الخلايا المتحولة transformants.



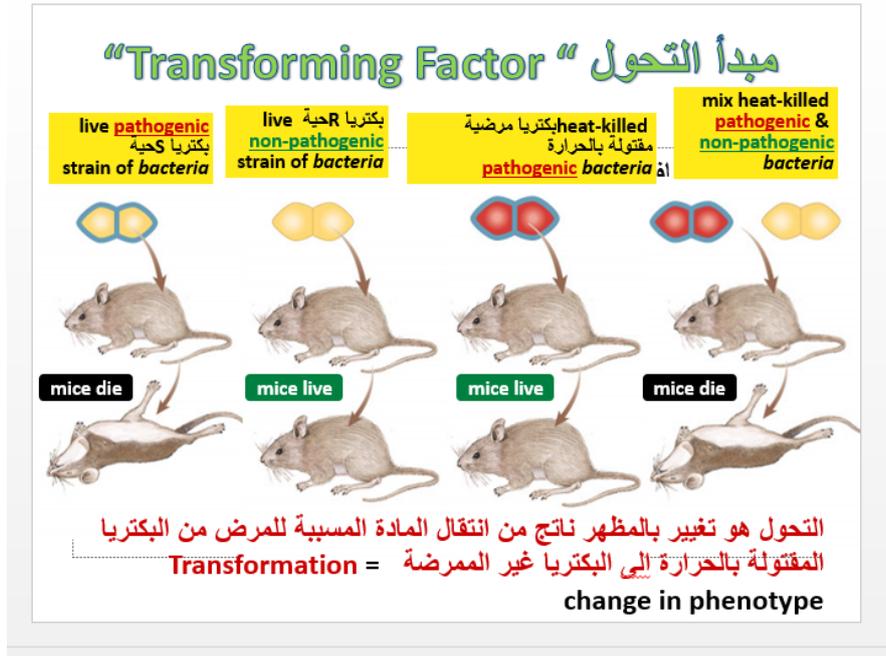
شكل يوضح التحول البكتيري كيميائياً. معاملة الخلايا بأيونات الكالسيوم ممكن ان تجعل الخلايا مؤهلة لأخذ الـ DNA. ربما يلتصق الـ DNA على سطح الخلية البكتيرية وبواسطة صدمة حرارية تحدث عملية دخول الـ DNA الغريب.

بعد ادخال جزيئات الناقل الهجينة الى خلايا العائل المستلمة, لايد من الاشارة الى تحول نسبة صغيرة من الخلايا فقط, أما الأخرى فتتفشل في أخذ الـ DNA الغريب (البلازميد الجديد). وهنا انبثقت الحاجة لوجود بعض الطرق التي تمكننا من معرفة الخلايا التي قد تحولت فعلاً. ولهذا السبب, فان النواقل (كما في البلازميدات) المستخدمة في حشر

الـ DNA يجب أن تحتوي على بعض الواسمات القابلة للكشف selectable markers كما في المقاومة لبعض المضادات الحيوية antibiotic resistance.

استخدم العالم كرفث Griffith التجربة التالية

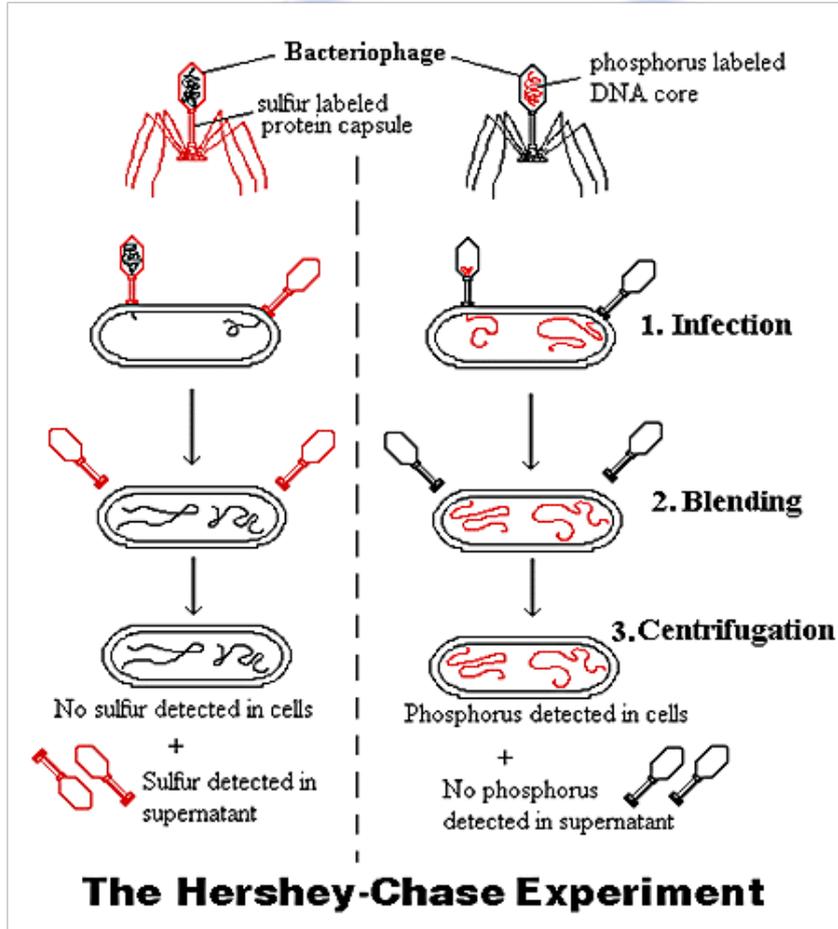
- حقن فأر ببكتريا غير ممرضة لم تقتل الفار
- حقن الفار ببكتريا ممرضة ادت الى قتل الفار
- حقن الفار ببكتريا ممرضة مقتولة بالحرارة لم تقتل الفار
- حقن الفار ببكتريا غير ممرضة مع بكتريا ممرضة مقتولة بالحرارة ادت الى حدوث نسبة عالية من الوفيات بين الفئران.



تجربة العالم هيرشي وكاس Hershey and Chase

تحظى هذه التجربة بأهمية كبيرة في علم الوراثة نظراً لما أحدثته من تغيير كبير في مجرى سير الدراسات التالية لها حول المادة الوراثية، حيث تمكّن العالمان هيرشي وتشيس من إجراء هذه التجربة في عام ١٩٥٢م وتمكنا من إثبات أنّ مادة الـ DNA هي المادة الوراثية وليس البروتين كما كان شائعاً. تطبيق تجربة هيرشي وتشيس استخدم العالمان في تجربتهما فيروساً يتألف من DNA و بروتين فقط، ووقع الاختيار على ذلك لكون الفيروسات لا يمكنها التكاثر ذاتياً أبداً واعتمدا على تقنية العلامات بالإشعاع في التمييز بين المكونين. وأقدم العالمان على ترقيم مادة DNA الموجود في الفيروس بواسطة الفسفور المشع، أما البروتين فتم ترقيمه بواسطة الكبريت المشع وأتاحا الفرصة أمام الفيروس بالهجوم على البكتيريا. في الخطوة التالية تم الكشف عن كل من الفسفور والكبريت المشع الموجود داخل الخلايا البكتيرية وتم التوصل إلى أن المادة المُرَقَّمة بالفسفور المشع قد انتقلت إلى الخلية البكتيرية، ويأتي ذلك كدليل قطعي على وصولها إلى

كل DNA ، أمّا الكبريت المشع فلم ينتقل سوى ٣٪ ويعتبر ذلك دليلاً على عدم انتقال أغلب البروتينين وبذلك فإنّ الـ DNA الفيروسي قد اقتحم الخلية البكتيرية وأجبرها على بناء فيروسات جديدة أي ظهور جينات سلالات البكتيريا الخاصة بالالتهاب الرئوي وفيروسات الفاج جميعها يدخل DNA في تكوينها. بالرغم من أنّ مادة DNA هي المادة الوراثية لكافة الكائنات الحية تقريباً إلا أنّ هناك بعض الفيروسات تعتبر الـ RNA مادتها الوراثية،



تجربة تثبت ان الحامض النووي الرايبوزي RNA هو المادة الوراثية لبعض الفيروسات

تحتوي بعض الفيروسات الاحماض النووي الرايبوزي RNA بدلا من DNA ومنها فيروس تبرقش التبغ Tobacco mosaic المسبب لمرض التبرقش Mosaic في نبات التبغ

عام ١٩٥٧ تم عزل الحامض النووي الرايبوزي RNA وجد الباحثون عند خلط الحامض النووي الرايبوزي RNA من سلالة الفيروس B مع بروتين من سلالة فيروس A تتكون دقائق فيروسية هجينة وان هذه الفيروسات الهجينة لها القدرة على احداث الإصابة في نبات التبغ ولكنها تنتج نسل فيروسات يحتوي RNA وبروتين من نفس النوع RNA الذي يحتويه الفيروس الهجين وهو نوع السلالة B وليس نوع البروتين الموجود في الفيروس

التهجين الذي سبب الإصابة. وهذا يدل ان RNA يحمل المعلومات الوراثية لتصنيع البروتين الجديد في الفيروس

