المصادر

كتاب مقدمة في التقنية الجيوية	تأليف : الدكتور محمود محمد رفعت و الدتور سعد بن عياض العتيبي, / الهيئة المصرية العامة للكتب و الوثائق المصرية , سبتمبر 2008
كتاب اساسيات التقانة الحيوية	تأليف : الدكتور علي إبراهيم علي عبية و الدكتور احمد عبد الفتاح محمود / مكتبة المعارف الحديثة 2012/05/15
أسس التقانة الحيوية	تأليف : كولن راتليج (Colin Ratledge) و بيورن كريستيانسن(Bjorn Kristiansen) / سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية و المتقدمة .

هندسة الجينات ودورها فى التكنولوجيا الحيوية

Genes Manipulation and Biotechnology

ربما تخيلت حضارتنا القديم ان حارس المدن والقصور ودور العبادة على هيئة كائن اسطوري مهندس وراثيا (المختلطة التكوين) فهي في أكثر الأحيان ثور مجنح برأس إنسان وأقدام أسد ، و احياننا بمخالب النسر, وهذه العناصر أربعة تجتمع معا لتكون الكمال (الأسد للشجاعة والثور للقوة والنسر للمجد والإنسان للحكمة)، وهو فكرة مستمدة من اعتقاد البشر بالعناية الخارقة في ذلك الزمان وكذلك الحال لأبي الهول لدى الفراعنة في مصر.

و قد تحول الخيال الى حقيقة على يد علماء البيو تكنولوجيا الحيوية الجزيئية عندما جمعوا بين جنس العنز و الخروف وفي سنه 1986 عندما قاموا بنقل هرمون النمو الى الخنازير و نقل جين انتاج هرمون الانسولين البشري الى البكتريا , بدأ استخدام الهندسة الوراثية منذ اكتشاف استخدام الكائنات المجهرية في الغذاء (Biotechnology) في صناعة الخبز و الاجبان من الحليب و النبيذ و تخمير الشعير.

جاءت الهندسة الوراثية كمحصلة طبيعية لثورتين علميتين، هما: ثورة اكتشاف أسرار المادة الوراثية DNA، وثورة اكتشاف إنزيمات التحديد Restriction enzymes التى تقوم بقص الـ DNA فى مواقع محددة. وبدأت الثورة الأولى عندما اكتشف العلماء أن الحمض النووى DNA هو المادة الوراثية، ثم اكتشاف تركيبه الكيميائى (عبارة عن شريطين متكاملين من السكر والفوسفات والقواعد النيتروجينية الأربع وهى: الأدينين والجوانين والسيتوسين والثيامين)، ويأخذ هذان الشريطان شكل الحلزون، وهناك نقاط معينة فى هذين الشريطين تلتقى كل منها بالأخرى، وكل شريط يحمل المعلومات الكاملة اللازمة للتحكم فى بناء البروتينات اللازمة لتوجيه المعلومات الحيوية، التى يؤدى مجموع تفاعلها فى النهاية إلى تكوين الكائن الحى وقيامه بوظائفه الحيوية المختلفة. ثم تبعه اكتشاف أسرار الشفرة الوراثية (وهى تتابع القواعد النيتروجينية

فى كلمات وجمل تقوم بتخزين المعلومات الوراثية فى لوح محفوظ مسئول عن حياة الكائن الحى من الإنبات حتى الممات، وهى الجينات) وفك رموزها. وبذلك استطاع أن يقرأ شفرة كل جين ويتعرف عليها، ثم استطاع تخليقها معملياً، أو الحصول عليها من استخلاص الـ DNA من أى كائن حي، أو حتى الفيروسات، ثم بعمليات الجراحة الوراثية يقوم بإعادة ترتيبها فى شفرات.وفيما يلى شرح لاهم المفاهيم الأساسية لعلم الهندسة الوراثية و اسهاماتها في التقنية الحيوية .

الأحمـــــــــــاض النووية Nucleic Acid

الأحماض النووية هي عبارة عن جزيئات جسيمة توجد في جميع الخلايا الحية في صورة طليقة أو متحدة مع البروتين ، وبدأ علماء (الكيمياء الحيوية) أبحاثهم على الأحماض النووية منذ حوالي مائة عام مضت حين إستطاعوا فصلها من أنوية الخلايا فالأحماض النووية توجد في كل الخلايا الحية حيث أنها ليست فقط مسؤولة عن حمل وانتقال التعليمات الجينية (الصفات الوراثية) ولكنها تتحكم أيضاً في ترجمة هذه التعليمات عند تكوين البروتينات المختلفة بالخلايا وذلك بتحكمها في ترتيب وتتابع الأحماض الأمينية لكل بروتين يتكون بكل خلية والأحماض النووية لها وزن جزيئيي مرتفع وهي عبارة عن نيوكلتيدات (بولي نيوكلتيدات) وحداتها البنائية الاساسية هي النيوكلتيدات.

أنواع الأحمـــــاض النووية:

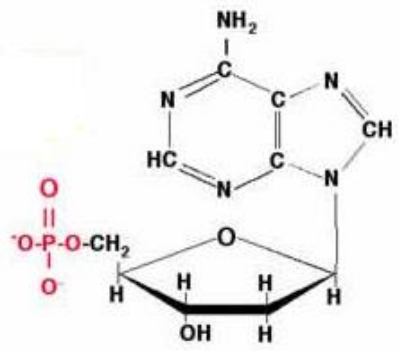
يوجد نوعين من الأحماض النووية هما:

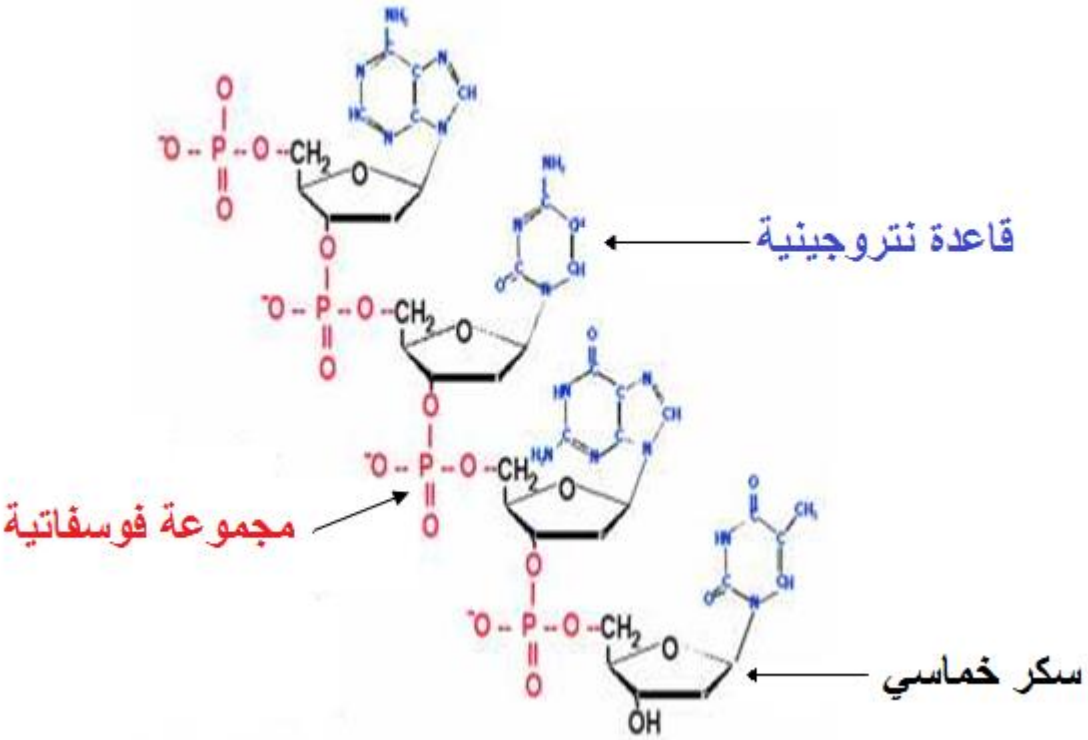
أ. الحمض الرايبونيوكلتيدي Ribonucleic Acid (RNA)

ب. الحمض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي Deoxyribonucleic Acid (DNA)

ويتكون البناء الأساسي لهذه الأحماض من سلاسل بها جزيئات حمض فسفوريك وسكر بالتبادل ويتصل بكل جزيء من جزيئات السكر قاعدة نيتروجينية إما من نوع البيورين أو البيرميدين ، والسكر الموجود بجزيء الحمض الرايبونيوكلتيدي (RNA) هو سكر الرايبوز بينما في جزيء الحمض الديؤكسي رايبونيوكلتيدي (DNA) فهو سكر الديؤكسي رايبوز....شكل (1) ، شكل (2)

شكل (**1**) يوضح هيكل بناء الـــ**(DNA)**: مكون من حامض الفوسفوريك والسكر والقاعده النيتروجينيه.





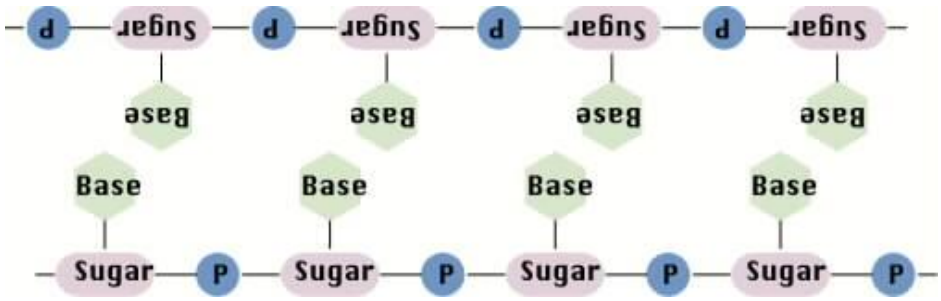
شكل (**2**) يوضح هيكل بناء الـــ (**DNA**) أو الـــ(**RNA**): تسلسل النيكليئوتيدات في الخيط

مكونات ألاحماض النوويه :

يتكون حمض النووي من ثلاثة أنوع من المركبات كما ذكرنا شكل(3):

- حمض الفسفوريك.
- سكر خماسي الكربون وهو سكر الرايبوز أو دي – أوكسي – رايبوز.
- وقواعد نيتروجينية تتبع البيورينات أو البيرميدينات.

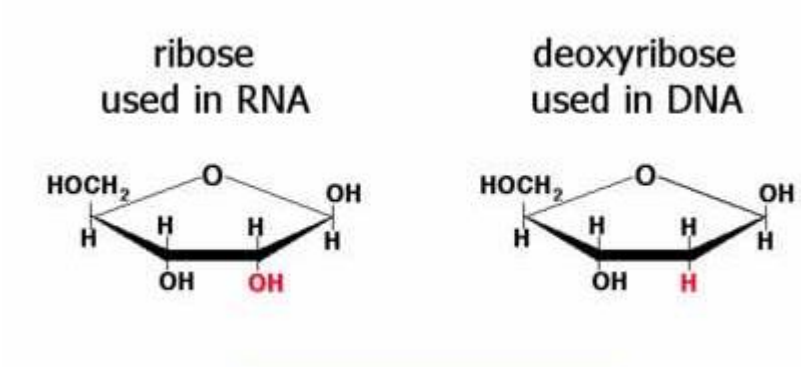
شكل(**3**) : بناء الأحماض االنوويه



1 - السكر الخماسي Pentose Sugar

يوجد بألاحماض النوويه نوعان من السكر الخماسي ، أحدهما هو ***رايبوز*** ويوجد في الـ (RNA) ، والثاني ديؤكسي رايبوز ويوجد في حمض (DNA) ، شكل (4). ومن الخصائص الهامة للسكر الخماسي هو قدرة المجموعات الهيدروكسيلية (OH) على تكوين إسترات مع حمض الفسفوريك

شكل (**4**) يوضح سكر الرايبوز والديؤكسي رايبوز



2 – القواعد النتروجينية و تشمل:

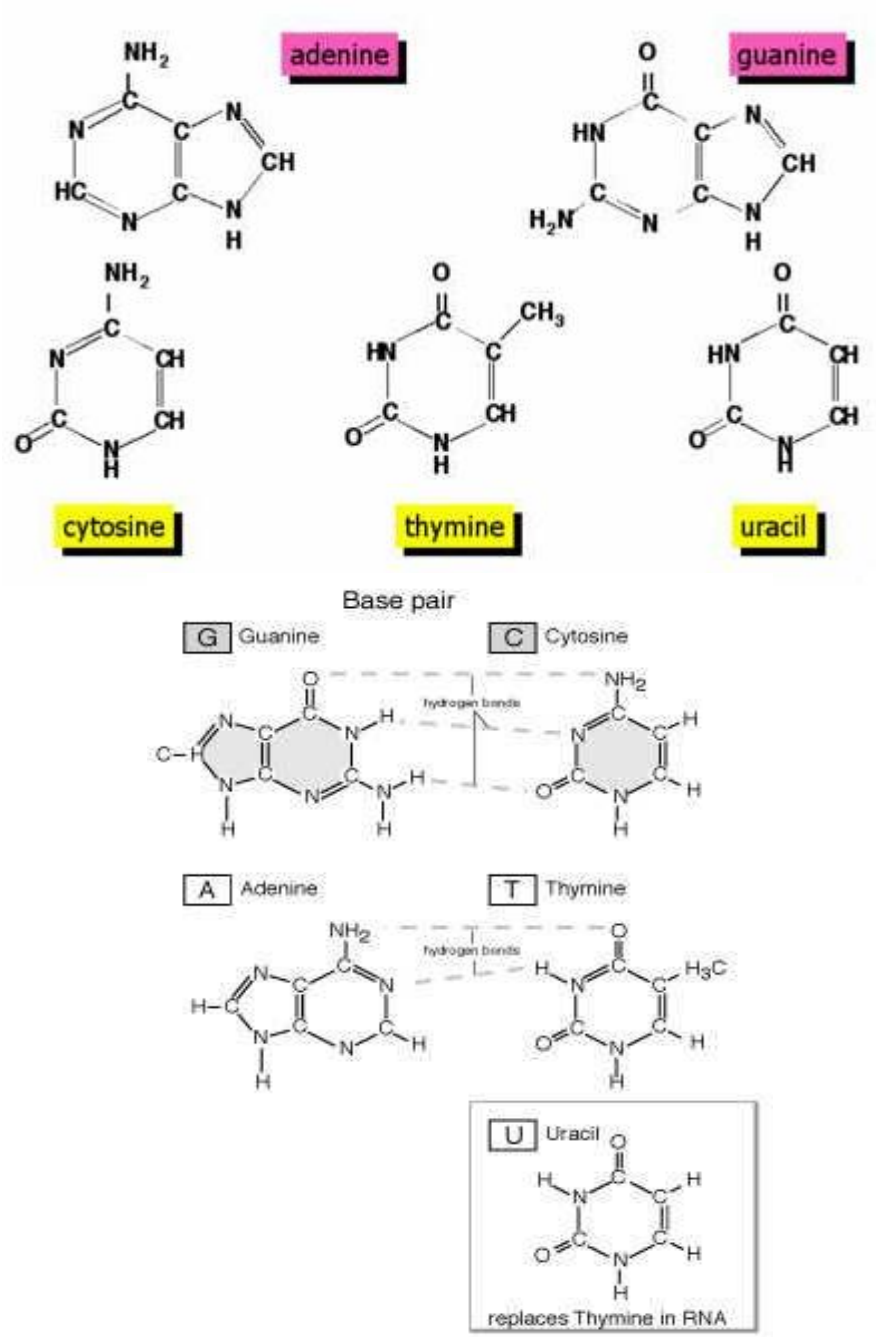
1/قواعد بيورينية Pruines:

- ☒ أدينين Adenine
- ☒ جوانين Guanine

2/ قواعد بيرميدينية Pyrimidine: وهذه القواعد مشتقة من البيرميدين بإستبدال ذرات الهيدروجي

- ☒ سيتوزين Cytosine
- ☒ يوراسيل Uracil
- ☒ ثايمين Thymine

ويحتوي كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA على القاعدتين الآزوتيتين من البيورين وهما الأدينين Adenine والجوانين Guanine ونجد أيضاً أن كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA يحتوي على قاعدة نيتروجينيه من نوع البيرميدين وهي سايتوزين Cytosine ولكنهما يختلفان في القاعدة النيتروجينيه الثانية من نوع البيرميدين فبينما يحتوي الحمض النووي RNA على القاعدة النيتروجينيه يوراسيل Uracil يحتوي الحمض النووي DNA على القاعدة النيتروجينيه ثايمين Thymine شكل (5)



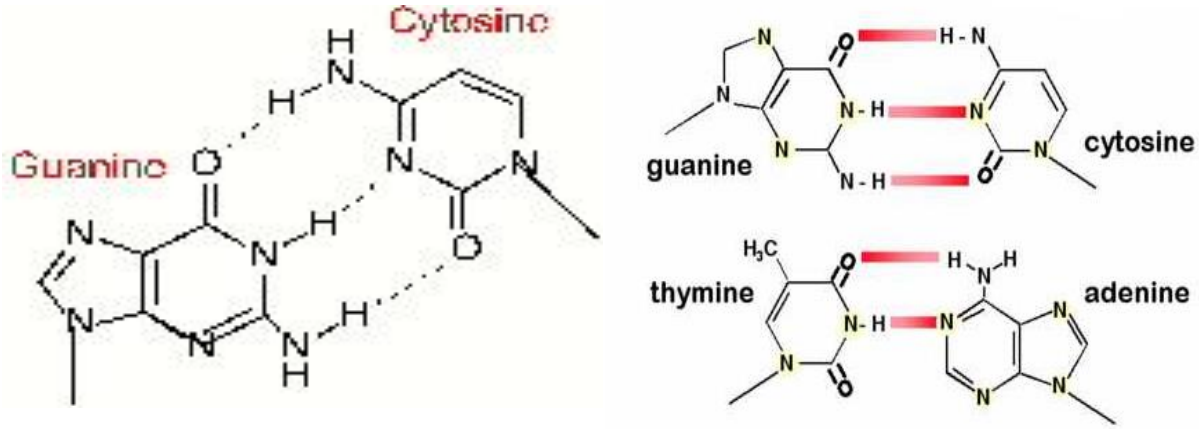
\\

شكل (5): يوضح كل من القواعد النيتروجينية (البيورينية والبيرميدينية)

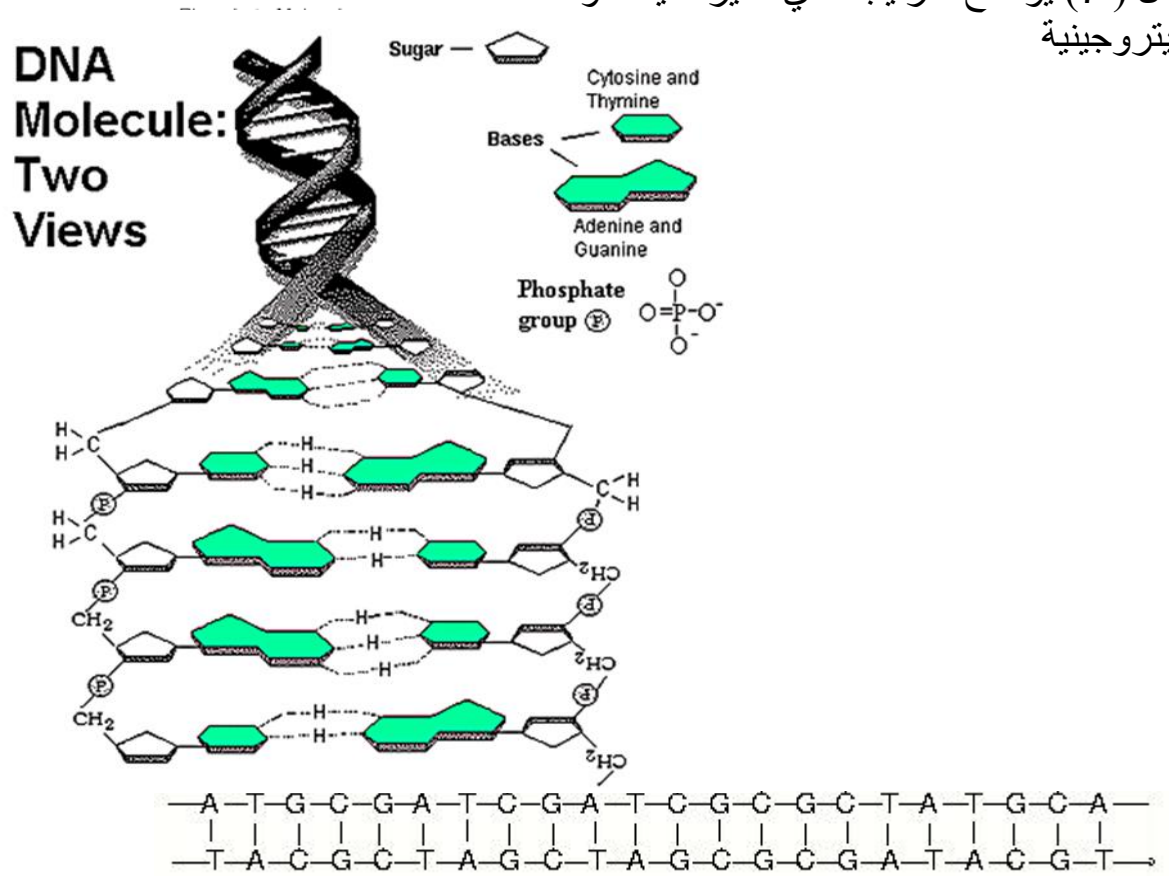
3 - مجموعة الفوسفات Phosphate Group

تربط مجموعة الفوسفات بين مجموعات السكر الخماسية في سلاسل كل من الحمضين (DNA) و (RNA) .ويلاحظ أن السلسلتين المكونتين للشكل الحلزوني في الحمض النووي DNA متوازيتان ولكنهما معكوستان (Antiparallel) والقواعد الازوتية بهما مزدوجة (Paired) بنظام A مع T و G مع c وهذا التخصص في الازدواج يعتمد على الروابط الهيدروجينية بين القواعد الازوتية فنجد ثلاثة روابط هيدروجينية لكل زوج G - C ورابطتين هيدروجينيتين لكل زوج A – T . انظر شكل (6) و شكل (7) .

شكل (6) نظام الروابط الهيدروجينية



شكل (7) يوضح الترتيب الذي تسير عليه القواعد النيتروجينية



تركيب حامض RNA:

يكون الـ (RNA) بين 5-10% من الوزن الكلي للخلية وهناك 3 أنواع رئيسية من هذا الحامض النووي :

- RNA الرسول (Messenger RNA) .
- RNA الرايبوسومي (Ribosomal RNA) .
- RNA الناقل (Transfer RNA) .

ولكل نوع من الأنواع الثلاثة وزن جزيئي وتركيب خاص به من القواعد النيتروجينية. ويحتوي كلاً من الحمضـــيين النوويين DNA و RNA على القاعدتين النيتروجينيتين من البيورين وهما الأدينين Adenine والجوانين Guanine ونجد أيضاً أن كلاً من الحمضيين النوويين DNA و RNA يحتوي على قاعدة نيتروجينيته من نوع البيرميدين وهي ســـايتوزين Cytosine ولكنهما يختلفان في القاعدة النيتروجينيته الثانية من نوع البيرميدين فبينما يحتوي الحمض النووي RNA على القاعدة النيتروجينيته يوراسيل Uracil يحتوي الحمض النووي DNA على القاعدة الآزوتية ثايمين Thymine.

ونتيجة الدراسات العديدة على أحماض النيوكليك بالأنسجة المختلفة وفي الكائنات الحية المتنوعة اتضح أن كمية DNA الموجودة في نويات الأنسجة المختلفة بأي كائن حي تكون ثابتة ولكنها تختلف من كائن لآخر ، ولم يلاحظ استثناء في هذه القاعدة إلا في الخلايا الجنسية التي تكون فردية الكروموسومات وفي هذه الحالة نجد أن كمية DNA الموجودة بها تكون نصف الكمية الموجودة بالخلايا الجسمية ، وفي الخلايا المتعددة الكروموسومات نجد أن كمية DNA تزداد تبعاً لتضاعف العدد الكروموسومي.

وعن طريق التحلل المائي وإستخدام طرق الكروموتوغرافيا المختلفة أمكن فصل القواعد النيتروجينية وتقدير كمية كل منهما ، كما استخدمت طرق أخرى، مثل تحليل منحنى الإنصهار وكثافة الطفو في تقدير كمية الجوانين والسيتوزين معاً ومن هذه الدراسات أمكن تقدير كمية كل من القواعد النيتروجينية في عدد كبير من أحماض الديؤكسي ريبو نيو كليك الموجودة بالكائنات الحية المختلفة.

تتابع النيوكليتيدات:

تعتبر طرق تقدير أنواع النيوكليتيدات وكمية كل منها في حمض DNA أســـهل بكثير من طرق معرفة تتابع النيوكليتيدات أي ترتيبها في جزئ DNA ويحاول كثير من الباحثين التوصـــل إلى معرفة تتابع النيوكلتيدات في أحماض النيوكليك المختلفة لما لذلك من أهمية فائقة في فهم الكثير من طرق تنظيم العمليات الحيوية وما يؤدي ذلك إلى إمكان التحكم فيها أو تغييرها. وقد أســـتخدم في ذلك محموعة من طرق التحلل المائي الحمضـــي والقاعدي وكذلك التحليل المائي باســتخدام أنزيمات مختلفة التخصـــص ، ومن أهم الطرق المســتخدمة في الوقت الحاضـــر طرق تعتمد على تحليل الجار الملاصـــق وطرق تعتمد على التهجين مما يوضح البناء الأولي للجزئ.

اوجه الشبه والاختلاف بين DNA &RNA

	DNA	RNA
1- مجموعة السكر	**ديؤكسي رابيوز**	**رايبوز**
2- قاعدة البيورين	ادنين و جوانين	ادنين و جوانين
3-قاعدة البيريميدين	**ثيامين و سيتوسين**	يوراسسيل و سايتوسين
4- مجموعة الفوسفات	موجوده	موجوده
5- مكان الوجود	في النواة	في النواة و السايتوبلازم
6- التركيب الحلزوني المزدوج	**موجود**	**غير موجود**
7- الوظيفه	**حمل وحفظ المعلومات الوراثيه**	**تصنيع البروتين**
8- الانواع	**نوع واحد**	**ثلاثه انواع**

خصائص الحامض النووي DNA Characteristics

تم التعرف على معلومات هامة عن تركيب الحامض النووي DNA عن طريق حيود اشعة اكس X-ray diffraction أي انحراف اشعة اكس انحرافا ضئيلاً عند مرورها بحواف الحامض النووي كما ذكر العالم روزالين فرانكلين Rosalin Franklin. فحيود اشعة اكس هي بمثابة طريقة فعالة لتقدير المسافات بين الذرات الموجودة في جزيئات متراصة بانتظام (تركيب متعاقب من البلورات).

من المعروف انه عند تعريض التركيب البلوري للحمض النووي لأي تركيب لأشعة اكس المكثفة يحدث أن يسبب الترتيب المنتظم للذرات في البلورة الى حيود اشعة اكس او التوائها في اتجاهات معينة. ونظام حيود اشعة اكس هذا يمكن رؤيته في فيلم ضوئي (فيلم تصوير) كنقاط معتمة. وعن طريق التحليل الرياضي Mathematical analysis لترتيب النقاط المعتمة والمسافة بينهما يمكن ان يستخدمها لتقدير المسافة بين الذرات واتجاه هذه الذرات داخل الجزيء بدقة كاملة.

اظهر اشعة اكسX-ray فيلما لنموذج الحامض النووي DNA والصورة اظهرت بوضوح ان الحامض النووي DNA عبارة عن تركيب حلزوني الشكل، وان هناك ثلاثة انواع هامة من النماذج المنتظمة والمتعاقبة في الجزيء. ومن هذا النموذج توصل فرانكلين الى ان القواعد النيوكيلوتيدية Nucleotide bases (والتي هي عبارة عن جزيئات مسطحة) هي عبارة عن رفوف متراصة فوق بعض مثل درجات السلم المتراصة بوضع عدة نماذج لمكونات الحامض النووي DNA. . وبعد عدة تجارب قاما العالمان واطسن وكريك اظهرت بوضع ان نموذج للحامض النووي DNA يتكون من سلسلتين من **عديد النيوكليوتيد Two Nucleotide Chains ملتفين حول بعضهما في صورة حلزون مزدوج. ونجد ايضا ان السكر والفوسفات المكونين للعمود الفقري للسلسلتين يكونوا الجدار الخارجي للحلزون، اما القواعد المتصلة بكلتا السلسلتين فتوجد في الوسط.**

الروابط الهيدروجينية المتكونة في الخيط المزدوج للحامض النووي DNA في عام 1950 قام العالم ادون تشارجاف ومساعدوه بجامعة كولومبيا بدراسة **نسب القواعد النتروجينية** في الحامض النووي DNA (أي نوع الخلية التي اخذ منها او نوع الكائن الحي المأخوذ منه) وجد ان **نسبة الادينين (A) الى الثايمين (T)** وأيضا **نسبة الجوانين (G) إلى الساتوسين (C)** جميعها لا **تبتعد عن الواحد الصحيح** كما وجد ايضاً ان نسبة البيورين الى البيريميدين ايضاً **تساوي الواحد الصحيح**. او بمعنى اخر وجد ان أن **الادينين A يساوي الثايمين T** وأن ال**ستيوسين C يساوي الجوانين G** أي (G=C) و (A= T) رصدت الدراسات التي اجريت على حيود اشعة اكس X-ray diffraction ان للحلزون المزدوج ان الادينين (A) يرتبط بالثايمين (T) وان الساتوسين (C) يرتبط بالجوانين (G) والسبب في ان الثايمين (T) يرتبط فقط بالادينين (A) هو انهم يرتبطوا ببعض **بزوج من الروابط الهيدروجينية** Two Hydrogen Bonds اما السيتوسين (C) والذي لا يرتبط الا بالجوانين (G) فيما يرتبطان ببعض بعدد **ثلاث روابط هيدروجينية**. وبالتالي فكل **ادينين (A)** في احد خيطي السلسلة لابد ان **يقابل ثايمين (T)** في الخيط المقابل وايضا كل **سيتوزين (C)** في احد خيطي السلسلة لابد ان **يقابله جوانين (G)** في الخيط المقابل. ولذلك فتعاقب القواعد في السلستين تكون **متممةComplementary لبعضهما**. وبديهي ايضا انها لا يمكن ان تكون متطابقة مع بعضها. او بمعنى اخر اننا لو نتتبع تتابع القواعد في احد السلسلتين فيمكننا معرفة ماهية القواعد في السلسلة الاخرى ومثالا لذلك فلو كان ترتيب القواعد في احد الخيطين هو :

3_____AGTCACTG_____5

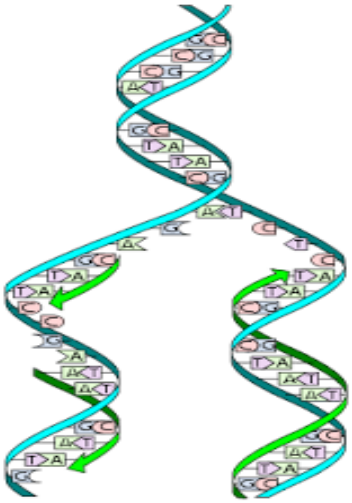
فيكون ترتيب القواعد في الخيط المقابل هو

5_____TCAGTGAC_____3

ونموذج الحلزون المزدوج للحامض النووي DNA يؤكد الاعتقاد السائد بان تعاقب القواعد في الحمض النووي DNA يمكن ان يسمح بتخزين المعلومات الوراثية. وحيث ان جزئ DNA داخل الخلية يمكن ان يتكون من الملايين من القواعد في الطول، لذا فهو يسمح بتخزين كمية كبيرة جداً من المعلومات الوراثية.

ضاعف او تناسخ (تكرار) المادة الوراثية DNA Replication

تشتمل الية تضاعف جزئ حمض DNA على فك ارتباط شريطي عديد النيوكليوتيدات المكونين للجزيء بعضهما عن بعض وذلك بفك الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي تربط بينهما. ويتبع هذا تراص نيوكليوتيدات جديدة امام كل شريط، وارتباط بعضهما ببعض بمساعدة انزيم البلمرة DNA polymerase، وبذلك يتم تخليق شريطين جديدين من عديد النيوكليوتيدات. وبمعنى اخر فان كل شريط قديم يعمل كقالب يتكون وفقا له شريط جديد، وبذلك فان كل جزء من حمض DNA يكون قد تضاعف الى جزيئين. ومن المهم ان نذكر ان تتابع القواعد النيتروجينية في الشريط القديم هو الذي يحدد تتابعها على الشريط الجديد، ومن هنا جاء القول بان الشريط القديم يعمل كقالب للشريط الجديد، فاذا كانت القاعدة النيتروجينية على الشريط القديم (A) مثلا، جاءت امامها القاعدة (T) على الشريط الجديد، والعكس بالعكس، كذلك اذا كانت القاعدة (G) على الشريط القديم، جاءت امامها القاعدة (C) على الشريط الجديد، والعكس صحيح (شكل8).



شكل (8): يوضح الية تضاعف DNA

آلية تضاعف المادة الوراثية Mechanism of DNA Replication

ويوصف تضاعف جزئ حمض DNA بأنه "شبه محافظ" semiconservative، ذلك ان كل جزيء ناتج عن التضاعف يكون محتفظاً بأحد شريطي الجزيء الاصلي، بينهما يكون الشريط الاخر لهذا الجزيء الناتج مستحدث التكوين. ويتحكم الحامض النووي في العمليات البيولوجية في أي كائن حي وذلك لا نه يعتبر المركز الوحيد للمعلومات الوراثية Genetic Information التي تنتقل بطريقة دقيقة من الاباء الى النسل الناتج ويتم تضاعف الحامض النووي DNA بثلاثة طرق هي :-

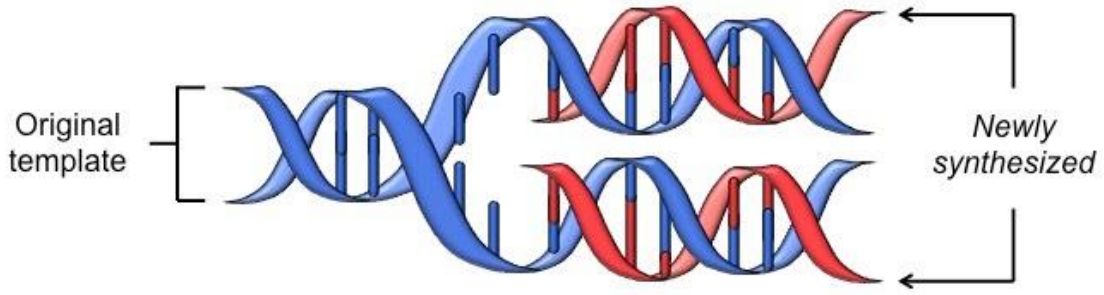
1. الطريقة شبه المحافظة Semiconservative of DNA Replication
2. الطريقة المحافظة Conservative of DNA Replication
3. الطريقة التشتتية Dispersive Replication mechanism

1 . الطريقة شبه المحافظة لتكرار المادة الوراثية

Semiconservative of DNA Replication

أصـــبح من الواضـــح الان ان الحامض النووي DNA يتكون من حلزون مزدوج تتزاوج فيه القواعد النيتروجينية بنظام محدد ومعين كما سبق الاشارة سلفاً وبالتالي فتزاوج القواعد هذا يمدنا بالألية البسيطة لتكرار الحامض النووي DNA (شـــكل 9 و الشـــكل 10 a). فلو تكســـرت الروابط الهيدروجينية بين الخيطين وانفصـــلت الســـلســـلتين عن بعضـــهما. فكل نصـــف حلزون في هذه الحالة يمكن ان يتكامل مع نيوكليوتيدات جديدة لتحل محل النيوكليوتيدات التي كانت متزاوجة معه في الخيط القديم. وبعبارة اخرى انه يمكن لكل خيط ابوي في هذه الحالة ان يدير عملية تكوين خليط مكمل جديد على اســاس شــروط نظام تزاوج القواعد النيتروجينية الســـابق ذكره، وبالتالي فكل خيط ابوي يعمل كقالب لخيط جديد. فمثلا الجوانين (G) في الخيط الأبوي يعمل كقالب لوضـــع الســـيتوســـين (C) وايضـــاً الثايمين (T) في الخيط

الابوي يعمل كقالب لوضع الادينين (A). وسميت هذه الطريقة في تكرار DNA بالطريقة شبه المحافظة للتكرار نظرا لان الحلزون الابوي المزدوج يحافظ عليه جزئياً اثناء تكرار الحامض النووي DNAوآلية التكرار شــبه المحافظة Semiconservative Replication Mechanism هذه قد تم اقتراحها بواسطة العالمان واسطن وكريك، وهي طريقة بسيطة وتوضح كيفية مضاعفة الحامض النووي DNA.



شكل (9):يوضح الطريقة شبه المحافظة لتكرار المادة الوراثية

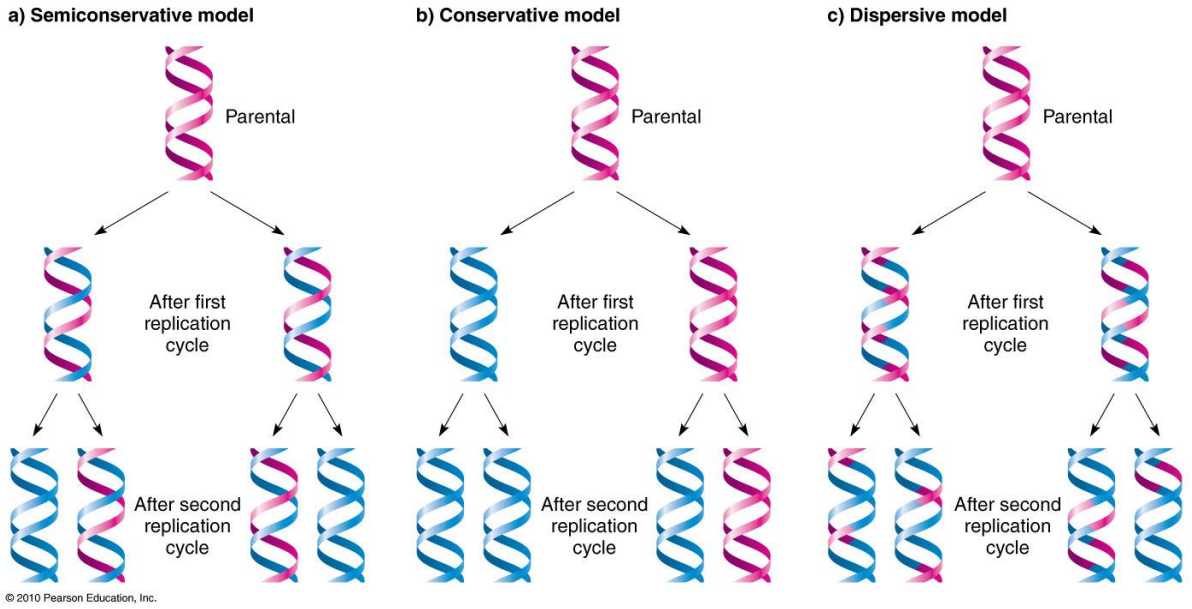
2 - الطريقة المحافظة لتكرار المادة الوراثية

Replication of DNA Conservative

ان الية هذه الطريقة المحافظة هنا تعني بقاء الحلزونات الابوية المزدوجة كما هي بدون ان تنفصل أي بدون تكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد النيتروجينية ومن هنا جاءت التسمية انها محافظ عليها تماما. وفي هذه الطريقة فان الحلزون المزدوج يقوم بتكوين حلزون مزدوج جديد مكون من خيطين مخلقين (شكل 10 b) يوضح الشكل الالية المحافظة لتكرار (مضاعفة) DNA ويتضح في الشكل ان الحلزون الابوي يبقى كما هو دون ان تنفصل السلسلتين ويستخدم كقالب وتطبع عليه القواعد المقابلة للقواعد النيتروجينية الموجودة في القالب الابوي. وبالتالي ينتج قلب جديد من DNA .

3- الطريقة التشتتية لتكرار المادة الوراثية Dispersive Replication of DNA

يتم فيها تداخل اجزاء من الخيوط الابوية والخيوط الجديدة من خلال عمليات تكسير وتخليق والتحام لهذه الاجزاء وتجدر الاشارة ان هذا التداخل بين اجزاء الخيوط يتم بطريقة عشوائية. والشكل (10 c) يوضح هذا التداخل العشوائي (تكسير – تخليق – اعادة التحام) اثناء الطريقة التشتتية لتكرار الحامض النووي DNA.



شكل 10 : الطريقة التشتتية لتكرار المادة الوراثية DNA

بالرغم من بساطة الية تكرار الحامض النووي الا ان علمية التكرار هذا تحتاج الى تركيب متخصص يحتوي على عدد كبير من البروتينات والانزيمات، والتي تعمل مع بعضها البعض بنظام متكامل. ولذا يطلق عليها العلماء Replication machine، ويجب ملاحظة ان هناك بعض الفروق التي توجد بين خلايا النباتات الراقية حقيقية النواة prokaryotic cells. ففي الخلايا البدائية النواة يوجد الحمض النووي DNA على شكل خيط دائري مفرد وغير مغلف بغشاء نووي. اما في الخلايا حقيقية النواة فيوجد بداخل نواها الكروموسومات وكل كروموسوم مفرد يحتوي على جزيء من حلزون مزدوج مكون من خيطين ملتفين حول بعضهما ومعهم كمية كبيرة من البروتين والحامض النووي RNA.

وتجدر بالإشارة الى ان الخيطين المكونين لجزيء DNA والملفتين حول بعضهما على شكل حلزون يجب ان يعودا عن هذا الالتفات ليبتعد الخيطين المكونين للحلزون عن بعضهما اثناء عملية تكرار DNA. فكما ذكرنا سلفا عن نموذج واطسن وكريك للحلزون المزدوج المتكون من التفاف خطين DNA (المكملين لبعضهما) انزيمات تسمى DNA helicase enzymes والتي تنتقل على طول الحلزون وكلما انتقلت لمكان على الحلزون تقوم بفك الخيطين عن بعضهما، وفي نفس اللحظة التي ينفصل فيها الخيطان عـن بعضهما تقوم بروتينات يطلق عليها اسم helix-destabilizing proteins بالارتباط على خيط DNA المفرد وذلك لتجنب ارتباطه مرة اخرى بالخيط المكمل حتى تتم عملية اخذ نسخة (Copy) من كلا الخيطين.

وحيث ان جزيئات DNA طويلة جدا ورفيعة لذا فيجب ان تتم هذه العملية بحيث تبقى الصفات المحمولة على جزيء DNAدون تغير. ولذلك فهناك انزيمات متخصصة يطلق عليها Topoisomerases وهذه المجموعة من الانزيمات تقوم بقطع الجزء من DNA ثم اعادة وصله (لحامه) مرة اخرى بعد اجراء عملية التكرار. وجديرا بالذكر ان عملية تخليق DNA دائما تتم في اتجاه 5′_____3′، حيث ان الانزيمات التي تحفز عملية ربط النيوكليوتيدات ببعضها يطلق عليها DNA polymerases وهي انزيمات لها عدة خصائص تجعلها موائمة ومتخصصة لعملية التكرار بمواصفات وحدود معينة، فهي قادرة على اضافة نيوكليوتيد Nucleotide فقط الى النهاية (3′ end) من الخيط

عديد النيوكليوتيد Polynucleotide strand والذي يتم تخليقه كنسخة من الخيط الاصلي (لاحظ ان النسخة التي يتم تخليقها تكون بها القواعد المكتملة للقواعد الموجودة بالخيط الاصلي).

كما و يوجد ايضا نيوكليوتيدات Nucleosides تعرف باسم Nucleoside Triphosphates وهذه تستخدم كمادة لازمة لتفاعلات البلمرة Ploymerization Reactions وهذه الجزيئات مشابهة لحامل الطاقة ATP من ناحية ان كلا الجزيئين يحتوي على ثلاث مجموعات فوسفات مرتبطة بذرة الكربون الخامسة بمجموعة السكر والقاعدة. ومع كل ارتباط عدد اثنين النيوكليوتيدات مع بعضها ويتم نزع مجموعتين فوسفات من جزيء النيوكليوسيدات ثلاثية الفوسفات Nucleoside Triphosphates. ويجدر الاشارة انه لان سلسلة عديد النيوكلوتيد Polynucleotide Chain المخلقة تمتد لتطول بواسطة ربط Phosphate group 5′للنيوكليوتيد القادم بالـ Hydroxyl Group of the Sugar`3 عند نهاية الخيط. لذا فالخيط الجدي المخلق من DNA عادة ما ينمو في اتجاه3′_____5′.