ويوجد ثلاثة انواع من الحامض النووي **RNA** وهي:-

a. **الحامض النووي الرسول mRNA** ويقوم بنقل الشفرة الوراثية من الجينات في النواة إلى الرايبوسومات، ليتم تصنيع البروتينات المختلفة داخل السيتوبلازم.
b. **الحامض النووي الناقل tRNA** ويقوم بنقل الأحماض الأمينية في السيتوسول إلى الرايبوسومات لاستخدامها في عملية بناء البروتينات.
c. **الحامض النووي الرايبوسومي rRNA** يستخدم في إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل نواة الخلية.

وقبل التطرق بشئ من التفصيل إلى وظيفة تلك الأنواع من الأحماض النووية، يجب معرفة اهم الفروقات بين تلك الأحماض (الجدول ٣).

جدول ٣: الفرق بين الحاض النووي **DNA** والحامض النووي **RNA**.

وجه المقارنة	الحامض النووي DNA	الحامض النووي RNA
وجوده	النواة بشكل رئيسي ويتواجد بشكل بسيط في والمايتوكوندريا والكلوروبلاست	النواة والسايتوبلازم
الوظيفة	المادة الوراثية ومكون للكروموسومات	يساعد DNAفي الوظيفة
أنواعه	ليس له أنواع	١. الحامض النووي الرسول **mRNA** ٢. الحامض النووي الناقل **tRNA** ٣. الحامض النووي الرايبوسومي **rRNA**
السكر الخماسي	الديوكسي رايبوز	الرايبوز
القواعد النيتروجينية	الأدنين – **الثايمين** – الكَوانين - السايتوسين	الأدنين – **اليوراسيل** – الكَوانين - السايتوسين
الشكل	ثنائي حلزوني الشكل (Double helix) ويتكون من سلسلتين من متعدد النكليوتايدات	يتكون من خيط واحد من النكليوتايدات المتعددة

تعد الأحماض النووية من الجزيئات الكبيرة الحجم نسبياً وذات أهمية بيولوجية قصوى. تحتوي معظم الكائنات الحية على كميات متفاوتة من الأحماض النووية بنوعيها DNA وRNA في حين أن بعض الفايروسات لايوجد بها الا DNA والبعض الآخر لا يحتوي إلا على RNA فقط. يوجد DNA في الكائنات الحقيقية النواة (Eukaryotic) داخل النواة في حين يتكون RNA في النواة ثم يمر منها إلى السايتوبلازم حيث يتم بناء البروتين على الرايبوسومات.

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic 4th Stage Field Crops Sciences

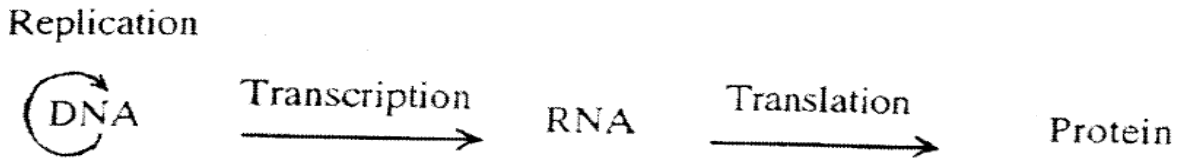
يتكون جزيء الحامض النووي من **سكر خماسي** (رايبوز في حالة RNA ، وديوكسي رايبوز في حالة الـ DNA) و**حامض الفوسفوريك** و**قواعد نيتروجينية** وهي اما من نوع **البيورين** (Purine) مثل أدينين adenine (A) وكَوانين guanine (G) وهي ثنائية الحلقة أو من نوع **البايريميدين** (Pyrimidine) مثل السايتوسين cytosine (C) والثايمين thymine (T) وهي احادية الحلقة. وكذلك اليوراسيل uracil (U) في حالة RNA.

يؤدي التحليل المائي الكامل لجزيء DNA إلى :-

DNA ——— سكر خماسي + قواعد نتروجينية + حامض فوسفوريك

(A, G / T, C) (ديوكسي ريبوز)

يعتبر الـ DNA من المكونات الأساسية للكروموسومات وهو يمثل المادة الوراثية لمعظم الكائنات الحية، وهو المادة الموجهة لعمليات إنتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الذرية، لذلك يعد DNA المخزن الرئيسي للمعلومات الوراثية وان لهذا الجزيء القدرة على مضاعفة نفسه (Self-duplication) بنفس تركيبه السابق. ويتم استنساخ (Transcription) المعلومات الوراثية الموجودة في جزيء DNA إلى استنساخ (Copies) من RNA الذي يحتوي تتابع نيوكلتيداته على الشفرات "الثلاثية الأحرف" الخاصة بتتابع الأحماض الأمينية عندما يتم بناء البروتينات في عملية تعرف بالترجمة (Translation) لهذه الشفرات. **يطلق على تتابع أو سير هذه الأحداث البيولوجية الهامة اسم المبدأ المركزي (Central Dogma)** ويمكن تلخيصها كالآتي:-

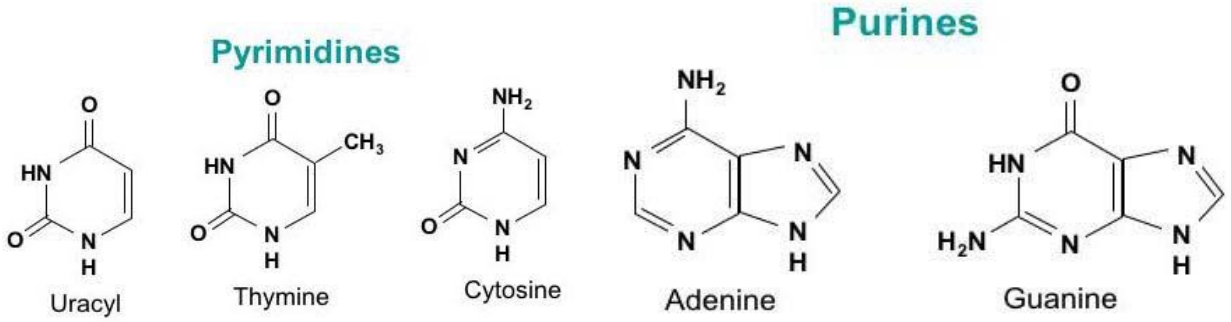


حيث يشير السهم الدائري حول DNA إلى قدرته على التناسخ الذاتي، في حين يتم استنساخ جزيء RNA على قالب من DNA وتتم عملية بناء البروتين بالاعتماد على تتابع القواعد (الشفرات) في جزيء DNA التي يقال لها انها تترجم إلى تتابع مقابل من الأحماض الأمينية التي يتم ربطها على الرايبوسوم بروابط بيبتيدية.

ففي عام ١٩٥٣ ، قدم البيولوجيان **جيمس واطسون** James Watson (الأمريكي) **وفرنسيس كريك** Francis Crick (البريطاني) بالتعاون مع عالم الفيزياء الحيوية **موريس ولكنز** Maurice Wilkins (النيوزلندي) في جامعة كامبريدج في انكلترا نموذجاً يوضح التركيب الجزيئي لحامض DNA . وحسب هذا النموذج تترتب النكليوتايدات على صورة شريطين two strands متكاملين complementary ويلتفان حول بعضهما فيكونان حلزوناً مزدوجاً طويلاً سمكه ٢ نانومتر، وطول اللفة الكاملة منه ٤.٣ نانومتر ويتكون جزيء الحامض من عدة آلاف من هذه اللفات.

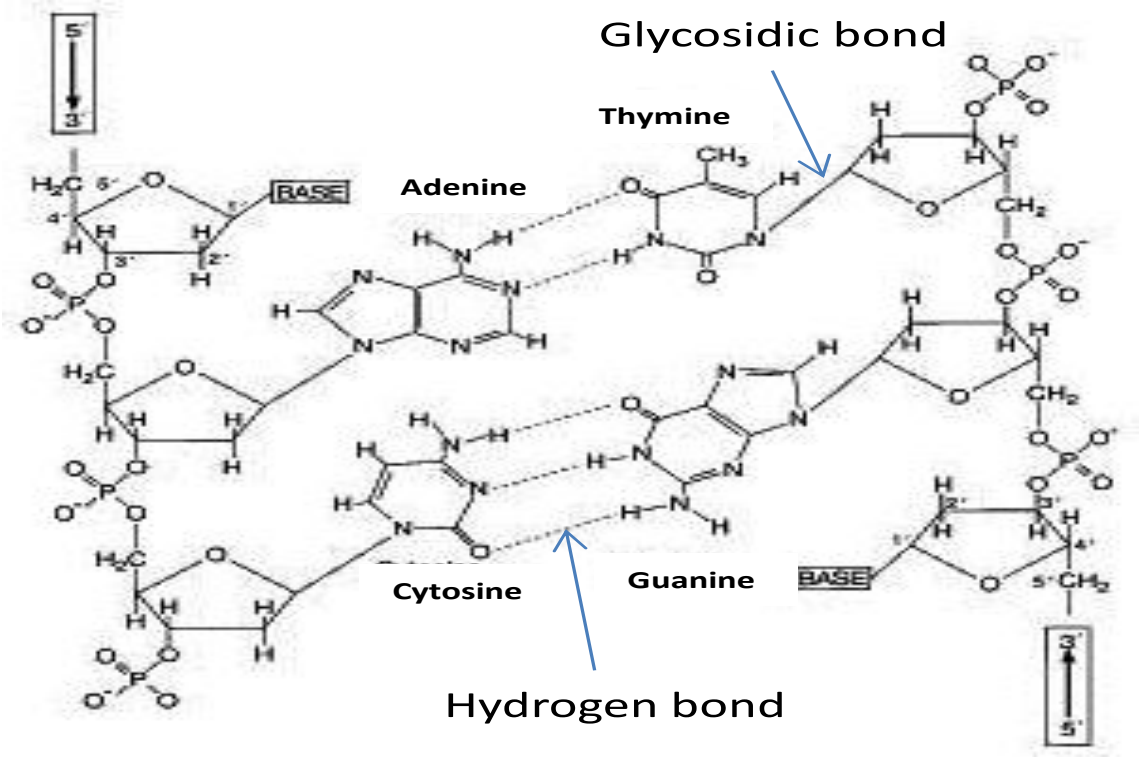
Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic 4th Stage Field Crops Sciences

يتكون جزيء الحامض النووي من متعدد خطي من الوحدات البنائية الأساسية التي يطلق على كل منها نيوكليوتايد Nucleotide وتتكون النيوكليوتيدة من:١- **مجموعة فوسفاتية** ٢- **وسكر خماسي** ٣- **وقاعدة نايتروجينية** والتي تكون على طرازين: أحدهما هو البيورينات Purines وهي مركبات عضوية ثنائية الحلقات وهي الأدنين Adenine والگوانين Guanine، أما الطراز الثاني فهو البيريميدينات Pyrimidines وهي مركبات عضوية أحادية الحلقة وهي الثايمين Thymine والسايتوسين Cytosine (شكل ٩) وترتبط النكليوتايدات مع بعضها بروابط **فوسفو ايسترية ثنائية** (Phosphodiester bond) (شكل ١٠). تصل هذه الرابطة ذرة كربون رقم '5في السكر الخماسي للنيوكلتيد بذرة كربون رقم '3 في السكر الخماسي للنيوكليوتيدة التالية لها. وعلى ذلك فإن الهيكل الأساسي للحامض النووي DNA يتكون من تعاقب السكر الخماسي مع حامض الفوسفوريك في حين تتصل القواعد النيتروجينية بهذا السكر برابطة **گلايكوسيدية** (glycosidic bond) كما في الشكل ١٠ و ١١. لذا فمن الممكن تكوين عديد النكليوتايدات بأي طول كان. وأن النكليوتايدات يمكنها أن ترتبط مع بعضها بأي طراز. ومهما كان طول هذه السلسلة فلها نهايتين، النهاية الخامسة The 5`end والتي لها ذرة الكربون الخامسة والنهاية الثالثية The 3`end والتي لها ذرة الكربون الثالثة والتي لا ترتبط بنيوكليوتيد آخر.

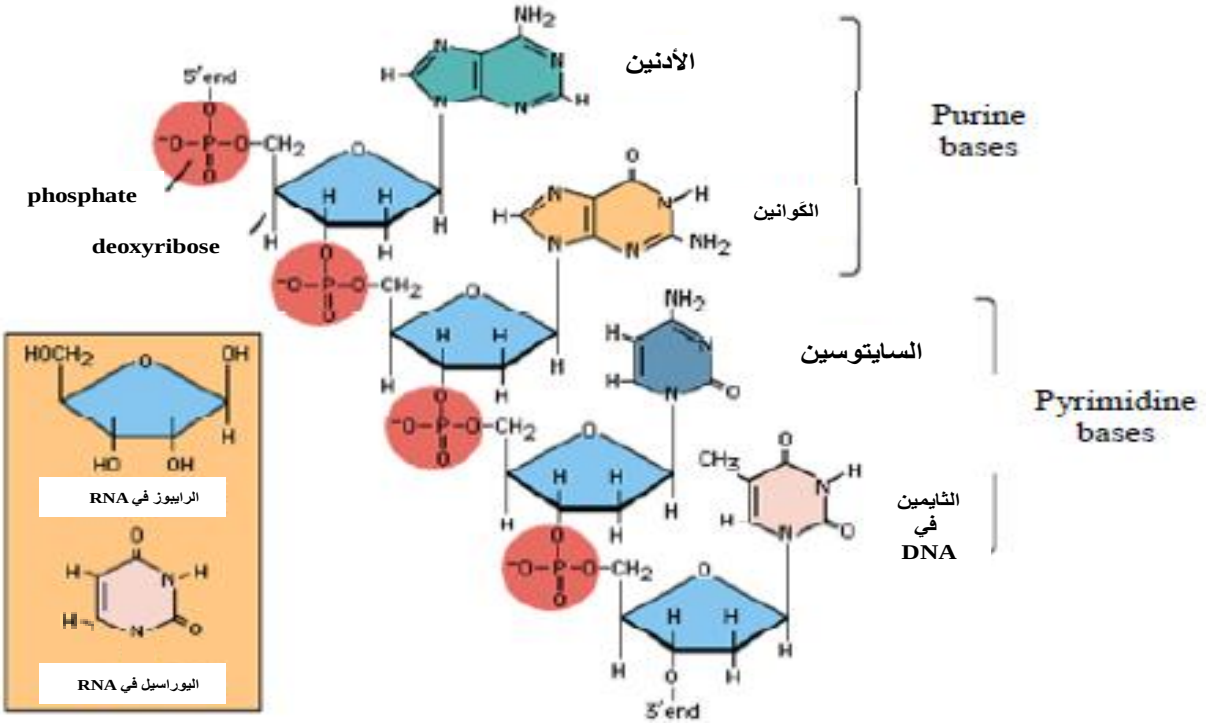


شكل 9: انواع القواعد النيتروجينية المختلفة الموجودة في النيوكليوتايدات والتي هي الوحدات البنائية الأساسية التي يتكون منها جزيء الحامض النووي DNA.

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic/4th Stage Field Crops Sciences

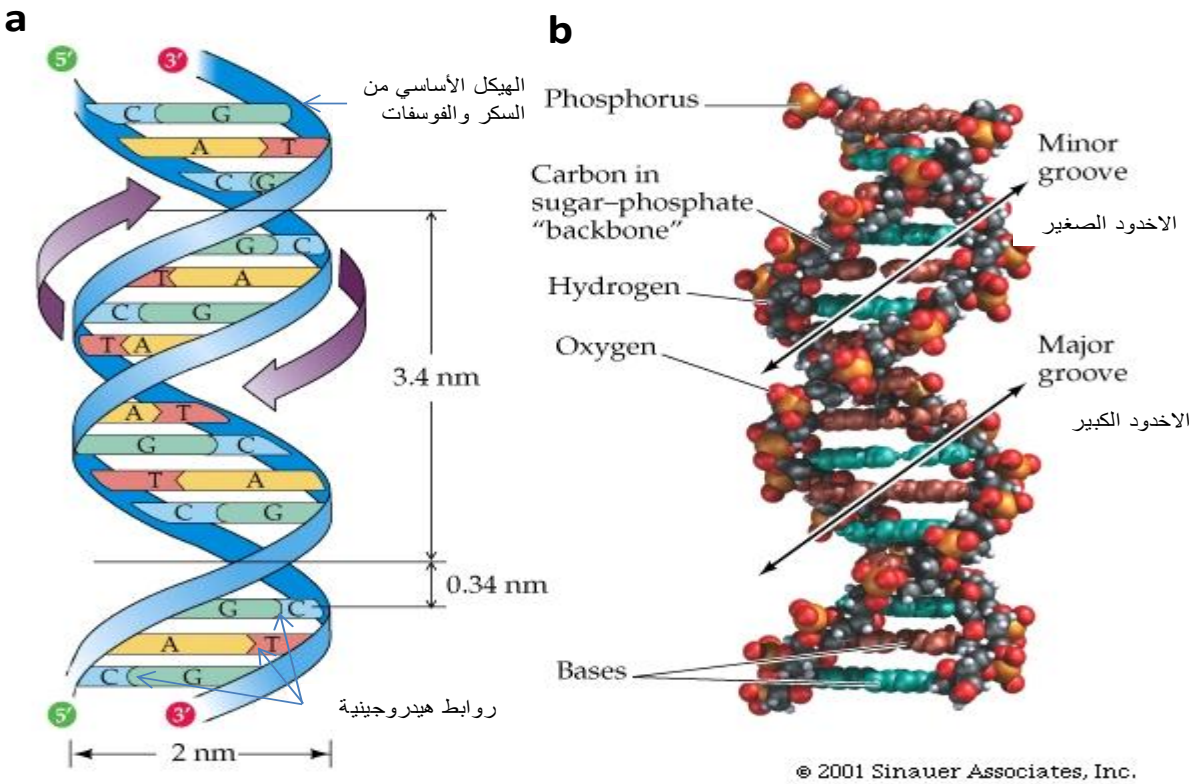


شكل 10: الهيكل الأساسي للحامض النووي DNA.



شكل 11: التركيب الجزيئي للمادة الوراثية في شريط DNA.

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic 4th Stage Field Crops Sciences



شكل12: نموذج الحلزون المزدوج لجزيء DNA. تتزاوج (تلتف) سلسلتان متكاملتان في تتابعات النكليوتايدات ومتضادتان في الإتجاه على شكل حلزون مزدوج يميني الدورة. حيث شكل a يمثل رسماً تخطيطياً للنموذج والشكل b يمثل نموذجاً فراغياً.

قاعدة شاراجاف Charagaff لتزاوج القواعد النيتروجينية:-

قام شاراجاف عام ١٩٤٩ – ١٩٥٣ بتحليل محتوى جزيء DNA من القواعد النيتروجينية في عدد كبير من الكائنات الحية المختلفة (الجدول ٤) وقد وجد ان القواعد الأربعة **لا توجد بكميات متساوية** كما ان **نسبتها تختلف من نوع من الكائنات إلى النوع الآخر** مما أدى إلى الاعتقاد بان **تتابع القواعد النيتروجينية في جزيء DNA أكثر اهمية من كمياتها أو مقدارها في تحديد خصائصها الوراثية**.

جدول ٤: البيانات التي أدت إلى استنباط قاعدة شاراجاف.

مصدر DNA	نسب القواعد				
	A/G	T/C	A/T	G/C	Purine/Pyrimidine
الثور	1.29	1.43	1.04	1.00	1.10
الإنسان	1.56	1.75	1.00	1.00	1.00
الدجاجة	1.45	1.29	1.06	0.91	0.99
سمك السالمون	1.43	1.43	1.02	1.02	1.02
نبات القمح	1.22	1.18	1.00	0.97	0.99
فطر الخميرة	1.67	1.92	1.03	1.20	1.00
فيروس الانفلونزا	1.74	1.54	1.07	0.91	1.00

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic/4th Stage Field Crops Sciences

بكتريا القولون (K_2)	1.05	0.95	1.09	0.99	1.00
البكتريا السبحية	0.40	0.40	1.09	1.08	1.10

كما اثبتت نتائج شاراجاف أيضاً أن **نسب القواعد النيتروجينية الأربعة ليست عشوائية** على الإطلاق حيث تبين أن كمية الأدنين (A) في جميع العينات تساوي كمية الثايمين (T) في حين تساوت كمية السايتوسين (C) مع كمية الكَوانين (G). وقد ساعدت هذه القاعدة البيولوجية الهامة في فهم التركيب الثلاثي الأبعاد (المُجَسَّمْ) لجزيءDNA في الحلزون المزدوج.

مواصفات الحامض النووي DNA Characteristics :-

تم التعرف على معلومات هامه عن تركيب الحامض النووي DNA عن طريق حيود أشعة أكس X-ray diffraction أي انحراف أشعة أكس إنحرافاً ضئيلاً عند مرورها بحواف الحامض النووي كما ذكر العالمان **روزالين فرانكلين** Rosalin Franklin **وويلكنز** Wilkins بتحليل صور انحراف أشعة X لجزيئات DNA في فترة من ١٩٥٠ – ١٩٥٢ لتوضيح انموذج الحلزون المزدوج لجزيء DNA (DNA Double Helix). فحيود أشعة أكس هي بمثابة طريقة فعالة لتقدير المسافات بين الذرات الموجودة في جزيئات متراصة بانتظام (تركيب متعاقب من البلورات). ولأشعة أكس طول موجة قصير جداً لدرجة أنها تتبعثر بواسطة الإلكترونات المغلفة للذرة في الجزيء. والذرات التي لها سحابة إلكترونية كثيفة مثل الفوسفور Phosphorus والأوكسجين Oxygen تسبب إنحراف الأشعة بقوة أكبر مقارنة بالذرات ذات العدد الذري الأقل.

من المعروف أنه عند تعريض التركيب البلوري للحامض النووي أشعة أكس المكثفة يحدث أن يسبب التركيب المنتظم للذرات في البلورة إلى حيود أشعة أكس أو إلتوائها في اتجاهات معينة. ونظام حيود أشعة أكس هذا يمكن رؤيته في فيلم ضوئي (فيلم تصوير) كنقاط معتمه (شكل ١٤). وعن طريق التحليل الرياضي Mathematical analysis لترتيب النقاط المعتمه والمسافة بينها يمكن ان يستخدم لتقدير المسافة بين الذرات واتجاه هذه الذرات داخل الجزيء بدقة كاملة.

وعندما سعى العالمان واطسون وكريك لحل مشكلة تركيب الحامض النووي DNA كانت **روزاليند فرانكلين** قد صورت بالفعل عن طريق أشعة أكس X-ray فيلماً لنموذج الحامض النووي DNA والصورة أظهرت بوضوح أن الحامض النووي DNA عبارة عن تركيب حلزوني الشكل، وأن هناك **ثلاثة أنواع هامة من النماذج المنتظمة والمتعاقبة** في الجزيء والتي لها أبعاد ٤.٣ نانومتر، ٢ نانومتر. ومن هذا النموذج توصلت فرانكلين إلى أن القواعد النيوكليوتيدية Nucleotide bases (والتي هي عبارة عن جزيئات مسطحة) هي عبارة عن رفوف متراصة فوق بعض مثل درجات السلم المتراصة فوق بعضها. وباستخدام هذه المعلومة بدأ العالمان واطسون وكريك بوضع عدة نماذج لمكونات الحامض النووي DNA مع محاولة توفيقهم مع بعض ليتفقوا مع البيانات المأخوذة من تجارب **روزاليند فرانكلين**. وبعد عدة تجارب قاما العالمان بوضع نموذج للحامض النووي DNA يتكون من سلسلتين من عديد النيوكليوتيد two nucleotide chains ملتفين حول بعضهما في صورة حلزون مزدوج. ونجد أيضاً أن السكر والفوسفات المكونين للعمود الفقري للسلسلتين يكونا الجدار الخارجي للحلزون، أما القواعد المتصلة بكلتا السلسلتين فتوجد في الوسط.

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic 4th Stage Field Crops Sciences

وفي نفس الوقت أمكن تحديد الروابط الفوسفواستيرية الثنائية التي تربط بانتظام بين النكليوتايدات في سلسلة DNA كما كان لقاعدة إرون شاراجاف (Erwin chargaff) اهمية كبيرة في التوصل إلى معرفة العلاقة بين القواعد النيتروجينية في جزيءDNA ذو التركيب الحلزوني المزدوج. أدى ذلك وغيره من الأبحاث إلى إعلان واتسون Watson وكريك Crick عام ١٩٥٣ عن نموذج الحلزون المزدوج لتفسير تركيب جزيء DNA بحيث توفرت في هذا النموذج الخواص والشروط المطلوبة للمادة الوراثية.

يتكون جزيء DNA حسب هذا النموذج من سلسلتين متكاملتين من متعددات النكليوتايدات ملتفة أو متحلزنة كل حول الأخرى بانتظام في شكل لولب مزدوج **يميني الإتجاه**. وتتكون كل سلسلة في هذا الحلزون من عديد من النكليوتايدات المرتبطة بروابط فوسفواستيرية ثنائية بين السكر والفوسفات في حين ترتبط القواعد النيتروجينية بالسكر برابطة كَلايكوسيدية (glycosidic bond) وتكون متعامدة على المحور الاساسي للجزيء وموجودة إلى الداخل بحيث تتقابل القواعد النيتروجينية من احدى السلسلتين مع القواعد المكملة لها في السلسلة المقابلة حسب قاعدة إرون شاراجاف (A=T,C=G). كذلك وجد ان القواعد النيتروجينية تكون مفلطحة واسطحها كارهة للماء مما يجعلها تتلاسق بقوى يطلق عليها قوى التراص (Stacking forces). ترتبط القواعد المتقابلة بين السلسلتين بروابط هيدروجينية بحيث ترتبط G مع C بثلاث روابط هيدروجينية في حين ترتبط A مع T برابطتين فقط (شكل ١٣).

وقد وجد ان هذه التزاوجات بين القواعد هي الوحيدة الممكنة نظراً لأن تقابل قاعدتين من نوع البيورين (ثنائية الحلقة وكبيرة الحجم نسبياً) سيحتل فراغاً كبيراً بحيث لا يسمح بتكوين حلزون منتظم ومن جهة أخرى سيؤدي تقابل قاعدتين من نوع البيرميدين معاً إلى شغل فراغ صغير نسبياً مما يؤدي إلى خلخلة غير مرغوبة في الحلزون.

References

1. Kary B. Mullis. 1990. The Unusual Origin of the Polymerase Chain Reaction. 262(4): 56-65.
2. Kenshi Hayashi, Kary B. Mullis, François Ferré, Richard A. Gibbs. 1994. The Polymerase Chain Reaction Birkhäuser Basel. P, 464.
3. Zahra M Alkhafaji and Hassan M Abu-Almaali. 2013. PCRing and Primer Design. University of Baghdad, Baghdad. P, 304.
4. Mahmood M. Refaat and Saad B. Aloutabi. 2008. Introduction to Biotechnology. The General Egyptian Association of International Books and Documents, Cairo. P, 312
5. Elsahookie, M.M., and Ayoob O. Alfalahi. 2008. Polyploidy and its relationship with plant breeding and adaptation. The Iraqi J. Agric. Sci. 39(6):49-71.
6. Elsahookie, M.M., and Ayoob O. Alfalahi. 2008. TILLING: Modern technique combines traditional mutagenesis and functional genomics. The Iraqi J. Agric. Sci. 40(1):1-25.

Assist.Prof. Dr.Ayoob Obaid Alfalahi
Molecular Genetic 4th Stage Field Crops Sciences