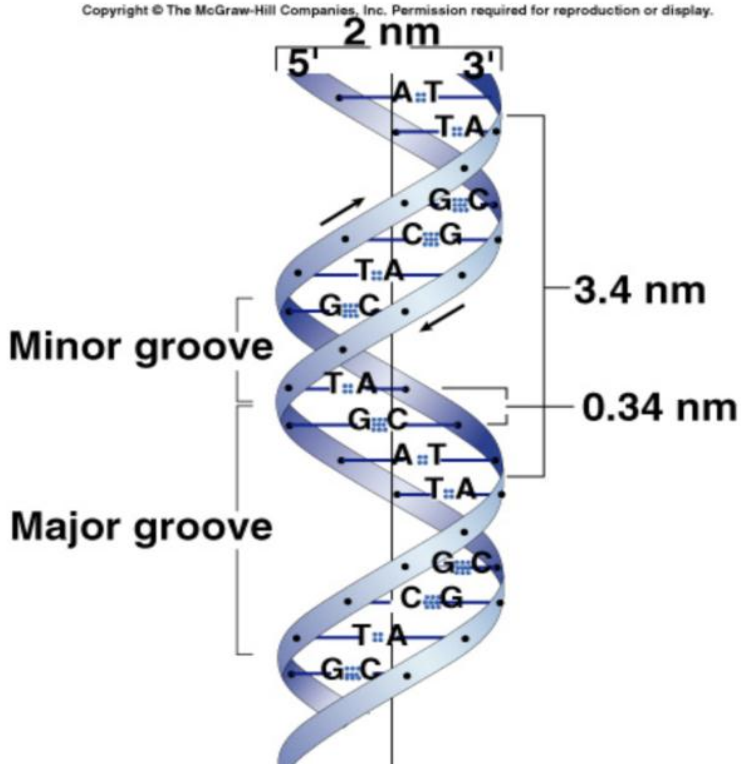
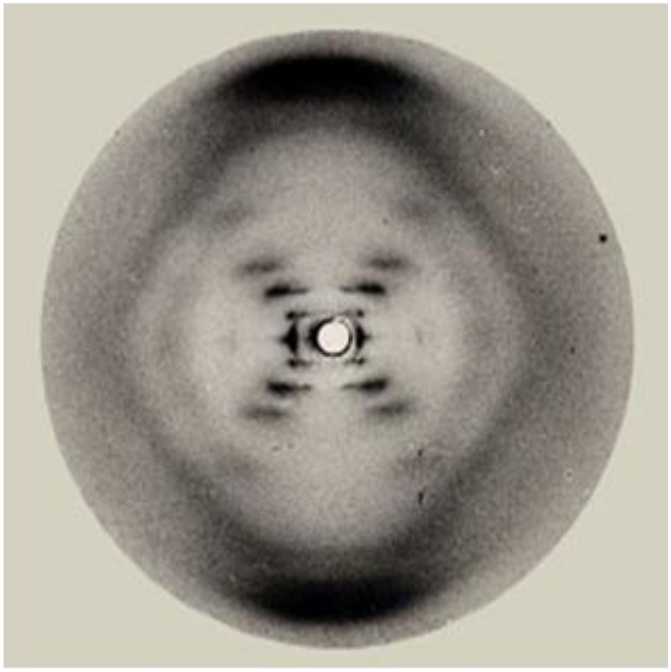
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



الشكل 13: يوضح الاخدودان المتكونان على طول المحور الأساسي لسلسلتي الحلزون المزدوج



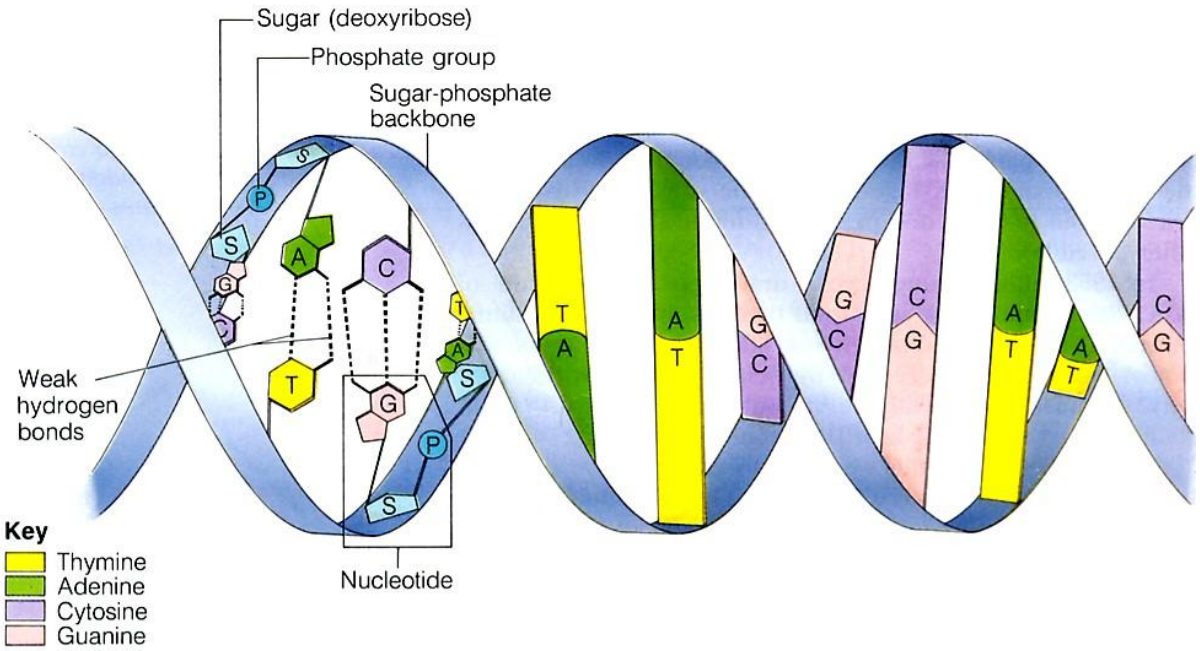
شكل 14: صورة انحراف الأشعة السينية بجزيء الـDNA حيث يدل الطراز المتقاطع في الوسط على أن جزيءالـDNA يأخذ شكل اللولب أو الحلزون بينما تدل المناطق الكثيفة في قمة وقاعدة الصورة على ان القواعد البيريميدينية (pyrimidines) والبيورينية (purines) بسمك ٣.٤ نانوميتر وتتراص بانتظام متجاورة ومتعامدة على محور الحلزون.

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

يؤدي التقيد بقاعدة تزاوج القواعد هذه Base Pairing Rule إلى وجود علاقة تكامل صارمة بين تتابع القواعد بين السلسلتين في الحلزون المزدوج. فمثلاً إذا كان لدينا:

3'-ATGCAGTC - 5' على أحد السلسلتين
فنجد 5'- TACGTCAG - 3' على السلسلة المقابلة.

يترتب على حتمية التزاوج بين A , T , G , C أنه لابد أن تكون الروابط الفوسفواستيرية الثنائية للسلسلتين موجهة في **اتجاهين متضادين Antiparallel** وعلى ذلك فإن الحلزون المزدوج إذا انقلب بواقع ١٨٠ درجة فانه سيبدو ظاهرياً مطابق للحلزون الأصلي (شكل ١٣).



شكل 15: نموذج الحلزون المزدوج. يظهر الهيكل الفوسفوري الثلاثي كشريط في حين تتراص القواعد النيتروجينية على بعضها متعامدة على المحور الطويل للحلزون.

وقد تبين ان الروابط الكَلايكوسيدية التي تربط القواعد بالسكر **لا تكون مواجهة لبعضها البعض بالضبط** مما يؤدي إلى أن الهيكل الأساسي (سكر– فوسفات) لسلسلتي الحلزون المزدوج لايكونان على مسافات متساوية من محور الحلزون وبذلك يكون الاخدودان المتكونان على طول المحور الأساسي غير متساويان في الحجم (العمق) (لاحظ شكل ١٣). فيتكون اخدود عميق يسمى الاخدود الكبير أو الرئيسي (Major groove) بالتناوب مع اخدود أقل عمقاً يسمى الاخدود الصغير (Minor groove).

تكون أرضية الاخدود الكبير مملوءة بذرات النيتروجين والاوكسجين التي تخص أزواج القواعد التي تعلوه والتي تمتد إلى الداخل من الهيكل الاساسي الخاص بها. وعلى العكس من ذلك نجد أن أرضية الأخدود الصغير تكون مملوءه بذرات النيتروجين والاوكسجين للقواعد والتي تمتد إلى الخارج في اتجاه الهيكل الاساسي.

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

وقد تبين ان إمكانات حدوث روابط هيدروجينية في الاخدود الكبير تؤدي إلى امكان زيادة الإعتماد عليه في التعرف على تتابع القواعد في جزيء DNA عما في الاخدود الصغير.

وقد ادت هذه الحقيقة إلى التكهن بان بعض البروتينات المتخصصة (مثل البروتين المثبط Repressor أو المحفز Promotor) التي تتفاعل وترتبط مع تتابعات معينة على جزيء DNA عن طريق تكوين روابط هيدروجينية مع مجاميع معينة توجد على الأغلب في الأخدود الكبير.

خواص الأحماض النووية Properties of Nucleic Acid:

تمتص **القواعد النيتروجينية** من نوع البيورين والبيريميدين الموجودة في الأحماض النووية **الأشعة فوق البنفسجية** بدرجة كبيرة عند موجة ذات طول ٢٦٠ نانومتر. وتستخدم هذه الخاصية **لتقدير هذه القواعد النيتروجينية كمياً** من خلال تقدير نيوكليوتيداتها وأيضاً الأحماض النووية الداخلة في تركيبها. وعلى كل حال، فإن للحامض النووي DNA **معامل امتصاص نوعي** عند طول الموجة ٢٦٠ نانومتر لكنه يقل بمقدار حوالي ٣٥– ٤٠ % عن **معامل الإمتصاص النوعي المتوقع** من حاصل جمع الإمتصاص لكل قاعدة (على حدة) من القواعد الداخلة بتركيب الحامض النووي DNA. وهذه النظرية تسمى **بنظرية التأثير الهيبوكرومي Hypochromic Influence Theory**. وهنا الإنخفاض في درجة الإمتصاص النوعي للأشعة فوق البنفسجية بالنسبة للقواعد النيتروجينية المتحدة بجزيئات الحامض النووي DNA عن نظيرتها الحرة **يرجع ذلك لتكوين روابط هيدروجينية** بين القواعد النيتروجينية المتراكبة الواحدة فوق الأخرى في كل من السلسلتين الحلزونيتين للحامض النووي DNA. **وهذه الخاصية مفيدة في تقدير درجة حلزنة Helicity الحامض النووي DNA.**

وعند تسخين الحامض النووي DNA المبلمر بدرجة كبيرة لكن ببطئ فإن السلسلتين الحلزونيتي الشكل تبتعدان عن بعضهما وتسمى عملية الإبتعاد هذه بعملية **إنفصال أو تشتيت السلسلتين Melting**. وهذا التحول من الشكل الحلزوني ذو السلسلتين إلى أي شكل عشوائي يحدث من خلال رفع درجة الحرارة ونتيجة لهذا التحول تزداد درجة الإمتصاص النوعي. وتسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها الزيادة المفاجئة في الإمتصاص للأشعة فوق البنفسجية **بدرجة حرارة الإنفصال (Melting temperature Tm)** للحامض النووي. ولكل نوع من أنواع الحوامض النووية DNA درجة Tm خاصة به. أما عند إعادة تبريد المحلول ببطئ فإنه يحدث إعادة لتكوين الشكل الحلزوني ذو السلسلتين مع إمكانية حدوث تبادل بين السلاسل وتسمى هذه العملية **بالإلتحام Annealing**.

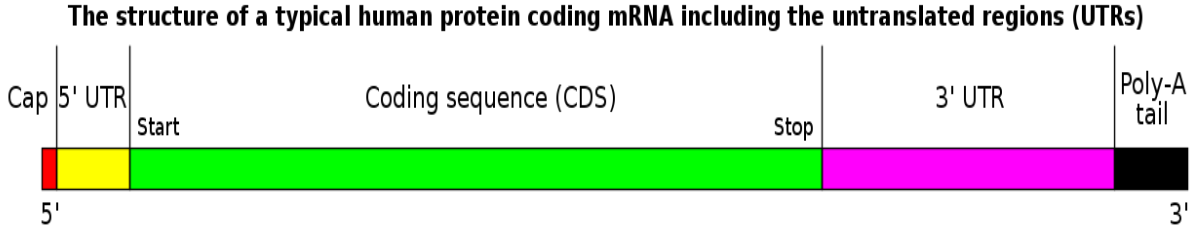
تركيب وتنظيم الجين Gene Structure and Regulation

لكي **يعبر الجين عن نفسه** وراثياً أي **يستنسخ الجين نفسه** ويكون صورة على شكل الحامض النووي mRNA ليتم ترجمتها على الرايبوسومات لتكوين البروتين اللازم لإظهار صفة نباتية معينة يجب أن يتكون هذا الجين من ثلاثة مناطق:

١. المنطقة الأولى: وتسمى **تسلسل المحفز Promoter sequence**: وهي تساعد في تحديد **توقيت عمل الجين وموقع تعبير الجين** فهي بمثابة شفرة للجين نفسه وتحدد **مكان بدء استنساخ الحامض النووي** الرسول **mRNA** (شكل ١٧).

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

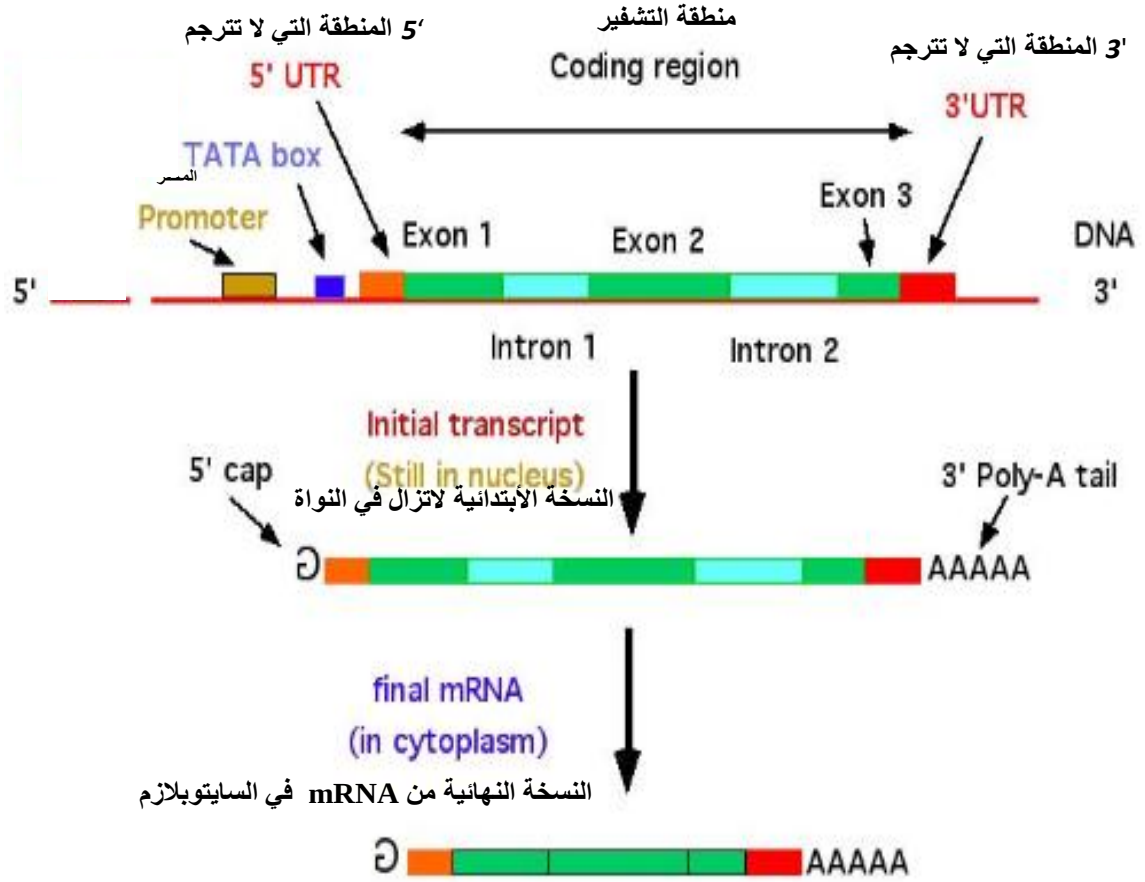
٢. المنطقة الثانية هي **منطقة التشفير Coding region**: وهي تحمل معلومات تحدد طبيعة البروتين الذي يشفره **الجين التركيبي Structural gene** (شكل ١٦).
٣. المنطقة الثالثة والتي يطلق عليها **منطقة الأدينين المتعدد** Polyadenylation (Poly-A tail): وهي المسؤولة عن **إنهاء عمل استنساخة الحامض النووي الرسول mRNA** على الوجه الصحيح وكإن تقول للجين إنهي عملية الاستنساخ هنا، ولذا تسمى Stop codon.



شكل 16: تركيب mRNA.

ولحسن الحظ أن أمام المتخصص في الهندسة الوراثية حرية واسعة في مزج هذه المناطق والمواءمة بينها وتجميعها من جينات مختلفة لتنتج ما يسمى **بالجينات الكيميرية أو الخليطة Chimeric genes)** وبذلك أمكن للمتخصصين في الهندسة الوراثية إختبار محفزات متباينة، فأمكنهم توجيه تعبير الجين إلى أعضاء بذاتها مثل الأوراق أو البذور أو الجذور أو الدرنات بل إلى أنماط بذاتها من الخلايا داخل النسيج الواحد. فقد يصمم الجين الكيميري أو الخليط من جينات كائنات مختلفة **فالمحفز** من فايروس نباتي ومنطقة **التشفير** من بكتريا *E. Coli* وموقع **متعدد الأدينين Poly A** من بكتريا تعود إلى الجنس Agrobacterium ثم يتم الإيلاج في خلية نباتية تقوم باستنساخ الحامض النووي mRNA لتترجمه الرايبوسومات Ribosomes لتنتج البروتينات التي هي هدف مصمم هذا الجين الكيميري.

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



شكل 17: تركيب الجين وإعادة تركيب RNA (RNA spilicing).

لقد قسم الباحثون الجينات من حيث الوظيفة إلى ثلاثة أنواع وهي:

١. **Regulatory genes**: وهي **الجينات المنظمة** لعمل العديد من الجينات الأخرى والتي يطلق عليها اسم **الجينات العاملة أو المشغلة** (Operator genes).
٢. **Operator genes**: وهي **الجينات العاملة** التي تتحكم في تشغيل وايقاف عدد كبير من الجينات الأخرى التي يطلق عليها **الجينات التركيبية** Structural genes.
٣. **Structural genes**: وهي الجينات **الجينات التركيبية** والمسؤولة عن التركيب الخاص بالبروتينات أو ببروتين الإنزيم.

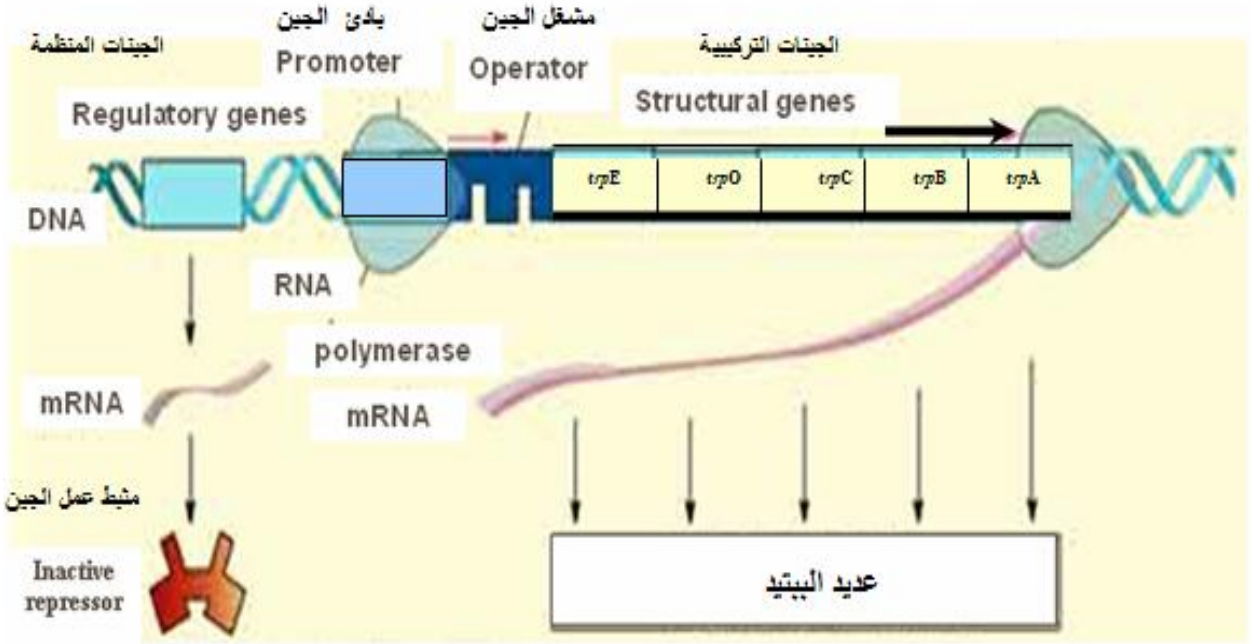
ولقد افترض ان السيطرة على نشاط (أو عمل) الجين التركيبي يكون عن طريق الجينات العاملة أو الفاعلة Operator genes حيث يتحكم في تشغيل أو إيقاف عمل عدد من الجينات التركيبية Structural genes والمسؤولة عن **انتاج انزيمات معينة تقوم بتفاعلات بايوكيميائية معينة في سلسلة من التفاعلات ينتج عنها في النهاية ظاهرة فسيولوجية معينة**. ويتم ذلك بان يقوم الجين المنظم Regulatory gene بانتاج مثبط لعمل الجينات العاملة أو الفاعلة Operator genes ويطلق على هذا **المثبط** اسم **القامع أو الكابح** Repressor ويفترض ان يكون هذا المثبط عبارة عن بروتينات تقوم بمنع الجين العامل أو الفاعل من إتاحة الفرصة لإنزيم بلمرة الحامض النووي RNA من العمل وبالتالي لايؤدي وظيفته. وقد أقترح أن ذلك يتم بطريقتين:

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

الأولى عند غياب **المنشط** يقوم **المثبط** بالإلتصاق بمنطقة Operator فيمنع انزيم بلمرة الحامض النووي RNA من استنساخ DNA وبالتالي لا تتم الرسالة (لا يتم كوين الحامض النووي mRNA).

وإن الآلية الثانية هي أن **المثبط** يفقد قدرته على التثبيط في وجود **المنشط Effecter**.
أي تتم عن طريق المنشط Effecter الذي يلغي قدرة المثبط عن العمل وبالتالي يصبح Operator genes حراً تاركاً الجينات التركيبية Structural genes قادرة على العمل من خلال إصدارها الأوامر الخاصه بتكوين البروتين وهي الحامض النووي mRNA وبالتالي انتاج انزيمات متخصصة لإتمام تفاعلات معينة أوظهور ظاهرة فسيولوجية أو صفة أو تميز خلوي أو تكشف خلايا أو أنسجة معينة.

وهناك نظريه تفترض ان **البروتين القاعدي المعروف بالهستون** الذي يحتوي على نسبه كبيره في تركيبه على الحامضين الامينين **الارجنين واللايسين** والموجود بالكروموسومات يعمل كماده مثبطه لفصل المادة الوراثيه اذا ما اتحد بها وبذلك ينظم عملها من المراحل الجنينيه وحتى الموت.



شكل 18: تنظيم عمل الجين.

بشكل عام أن الجين Gene هو جزء صغير من DNA وهو بمثابة الحبات في المسبحة، وللجينات لغة تخاطب بها الخلية حيث تنقل اليها رسائل تقرأها الخلية فتنفذ ما فيها من تعليمات وأوامر بدقة متناهية، فلغة الجينات تتألف من أربعة حروف هي A, C, T, G السابق ذكرها. أما كلماتها فتتألف من ثلاثة حروف فقط من تلك الحروف الأربعة ولتلك اللغة شفرات لكي تفهمها الخلية كعلامات الترقيم والفواصل بمعنى إبدأ من هنا ، توقف هنا. **كما أن بعض الشفرات تعمل كأقواس بين الجمل ليست لها أهمية تسمى الإنترونات Introns**. وبعض أجزاء من DNA تعمل كمنظم لعمل الجين تعرف بالجينات المنظمة كما سبق ذكرة. وتلك هي السينفونية الربانية التي تعزفها الخلية لتقوم

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

بوظائفها التي حددها الله في صورة هذا التسلسل والتتابع الدقيق للنيوكليوتيدات فيما يعرف بالحامض النووي DNA. وترسل النواة رسالة إلى الخلية تسمى رسالة الحامض النووي mRNA ليتم ترجمتها

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