الجمهورية العربية السورية

وزارة التربية

المركز الوطني للمتميزين

حلقة بحث في مادة علم الأحياء

بعنوان

الشيفرة الوراثية وأهم تطبيقاتها

تقديم الطالبة:

هديل الحلبي

إشراف الأستاذ:

نضال حسن

الصف: الحادي عشر

العام الدراسي: ٢٠١٤/٢٠١٥م

الفهرس:

العنوان رقم الصفحة

- ***المقدمة*** ٤
- ***تجربة كرفش*** ٥
- ***تجارب آفري، ماكليود، مكارتي*** ٥
- ***مدخل إلى الوراثة:***

تركيب الأحماض النووية..... ٦
نظرية الحلزون المزدوج..... ٨
المورثات..... ٨
تركيب المورثات..... ٩

- ***الشيفرة الوراثية:***

الشيفرة الوراثية..... ١١
موقعها..... ١٢
الشيفرة الوراثية شيفرة منحلة..... ١٢
تعبير المورثات..... ١٣

- ***أهم تطبيقات الشيفرة الوراثية*** ١٥
- ***الخاتمة*** ١٧

فهرس الصور:

رقم الشكل	رقم الصفحة	شرح الصورة
الشكل ١	٦	القواعد النايتروجينية في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأوكسجين
الشكل ٢	٧	تركيب النيوكليوتيد
الشكل ٣	٧	ارتباط النيوكليوتيدات في سلسلة متعدد النيوكليوتيد
الشكل ٤	٧	الاتجاهات المتعاكسة لأشرطة الحامض النووي
الشكل ٥	٧	ارتباط أزواج القواعد النايتروجينيةفي سلسلتي DNA
الشكل ٦	٨	رسم تخطيطي لنموذج واطسن و كريك
الشكل ٧	٩	تركيب المورثات في الأحياء حقيقية وبدائية النوى
الشكل ٨	١٠	قالب الحامض النووي منقوص الأوكسجين والحامض النووي المرسال
الشكل ٩	١١	عمليات القطع والتحوير في الحامض النووي المرسال الابتدائي في الخلايا حقيقية النوى
الشكل ١٠	١٢	الأحماض الأمينية الطبيعية وشيفراتها الوراثية
الشكل ١١	١٤	التركيب الكيميائي لقبعة الجوانسين $5\text{-}mG^7$ في النهاية الخامسة لجزيئة الحامض النووي المرسال وذيل الأدنين في النهاية الثالثة
الشكل ١٢	١٤	استنساخ الحامض الريبوسومي وعمليات ما بعد الاستنساخ
الشكل ١٣	١٥	آلية الترجمة في الريبوسوم
الشكل ١٤	١٧	استخدام تقنية بصمة الحامض النووي DNAللتعرف على المجرمين

أهداف البحث:

- التعرف على الأحماض النووية(تركيبها، نظرية الحلزون المزدوج).
- التعرف على المورثات وتركيبها.
- التعرف على الشيفرة الوراثية(ما هي؟؟، أين توجد؟؟).
- التعرف على أهم تطبيقاتها.

إشكالية البحث:

- إذا كان على الخلية أن تقوم بإنتاج الأنزيمات عن طريق تكوين سلسلة واحدة معينة من سلاسل عديد الببتيد، من بين احتمالات لا حدود لها من هذه السلاسل، فلا بد أن تصدر من مكان ما من الخلية(تعليمات) خاصة تحدد كيفية القيام بهذا العمل، لأنه من غير المعقول أن تتكون سلسلة معينة في الخلية بطريقة عشوائية.
- أي من الشيفرات الوراثية يقابل أي من الحموض الأمينية؟؟
- كيف يمكن أن تمثل *64* شيفرة وراثية أن تمثل *20* حمضاً أمينياً فقط؟؟

الكتب والمراجع:

الهندسة الوراثية.....الكاتب: عبد الحسين الفصيلي
الطبعة الأولى، الإصدار الأول، أغسطس/ ١٩٩٩
دار الشروق للنشر والطباعة

الشيفرة الوراثية.....الكاتب: اسحق أزيموف
ترجمة: الدكتور إميل شنورة، الدكتور رميس لطفي
مكتبة النهضة المصرية/ ١٩٦٦

الشيفرة الوراثية عند الإنسان.....تحرير: دانييل كيلفس، ليروي هود
ترجمة: د. أحمد مستجير
صدرت في يناير١٩٧٨ بإشراف أحمد مشاري
العدواني ١٩٢٣/١٩٩٠

الوراثة والإنسان.....تأليف: مصطفى ناصف/ محمد الربيعي
صدرت في يناير١٩٧٨ بإشراف أحمد مشاري
العدواني ١٩٢٣/ ١٩٩٠

- **المقدمة:**

لقد كان الاعتقاد السائد قبل التعرف على الحمض النووي DNA كمادة وراثية أن البروتينات هي المادة المسؤولة عن وراثة الكائنات الحية على الرغم من أن الأحماض النووية كانت معروفة جيداً ومنذ عام 1871. ويعود سبب الاهتمام بالبروتينات آنذاك إلى الصفات الخاصة التي تمتلكها. فالبروتينات ذات أهمية كبيرة في جميع النشاطات الحياتية وتمتلك خصائص وتركيب كيميائي متميز.

فالبروتين هو عبارة عن جزيئة بوليمير مؤلفة من شريط أو أكثر من متعدد الببتيدات، وكل من هذه الأشرطة مؤلف من وحدات متكررة تدعى بالأحماض الأمينية ترتبط مع بعضها البعض بواسطة أواصر ببتيدية. إن البروتين في جميع الأحياء قاطبة مؤلف من عشرين حامضاً أمينياً، وإن هذه الأبجدية محفوظة في الكائنات ومنذ زمن لا يقل عن بليوني سنة، وبالإضافة إلى ذلك فإنه يمكن الحصول على أشكال مختلفة من البروتينات عن طريق الاختلاف في نوع سلاسل عديد الببتيد أو أعدادها وكذلك ترتيب توالي الأحماض الأمينية في هذه السلاسل، وبناء على ذلك فإنه يمكن الحصول على أعداد ضخمة جداً من البروتينات. بالإضافة إلى أن بعض البروتينات يمكن أن تكون بأشكل إيزوميرية مختلفة، نتيجة حركة ذرات الكربون المرتبة حول ذرة الكربون ألفا التي تمثل عمود الوحدة البنائية للحامض الأميني.

إن جميع هذه المواصفات وغيرها، جعلت من البروتين محوراً لجميع الأبحاث العلمية المتعلقة بالكشف عن المادة الوراثية، وأدت إلى تأخير أبحاث علم الوراثة وأهمل دور الحمض النووي DNA لفترة جاوزت الستين عاماً على الرغم من وجود بعض الأصوات التي حاولت جذب الانتباه إليه ولكن دون جدوى.

في عام 1928 ظهر أول دليل على أهمية الحمض النووي كمادة وراثية وذلك من خلال تجارب الباحث فريدريك كرفش على المكورات الثنائية لذات الرئة Diplococcus Pneumoniae.

وعلى الرغم من أن تجارب هذا الباحث لم تحدد فيما بعد إذا كان الحامض النووي المسؤول عن الصفات الوراثية التي ظهرت في تجاربه إلا أنه تم تطوير هذه التجارب ليتم إثبات دور الحامض النووي DNA كمادة وراثية. وهكذا سلط الضوء نحو الهدف الحقيقي لتتوالى بعدها الأبحاث العلمية التي أكدت الخبر وبينت للعالم ضلالة التي كانوا فيها طيلة الستين سنة الماضية التي سبقت هذه النتائج.

- **تجربة كرفش(عام *1928*):**[1]

بينت النظرية الصبغية في التوريث أن المورثات تتوضع على الصبغيات، والصبغي يتكون من DNA وبروتين، فهل المورثة حمض DNA؟ أهي قطعة منه أم هي من البروتين؟

كانت تجربة كرفش من أهم التجارب للإجابة على هذه التساؤلات وكانت باستخدام جراثيم المكورات الرئوية، وقد استطاع التمييز بين سلالتين مختلفتين في المظهر الخارجي والخواص الممرضة:

تنتج إحداهما مستعمرات تبدو ملساء نعبر عنها بالرمز(S)Smooth، وهي سلالة ممرضة تحاط أفرادها بمحفظة مكونة من سكريات متعددة. ويظهر في بعض الأحيان مستعمرات ذات مظهر خشن يبدي الفحص المجهري عدم وجود محافظ حول أفرادها نعبر عنها بالرمز(R) Rough وهي غير ممرضة لأن حرمانها من المحافظ يسهل بلعمتها من قبل الكريات البيض.

وعند حقن الفئران بالجراثيم السابقة ظهرت النتائج الآتية:

١. ماتت الفئران التي تم حقنها بالسلالة(S).

٢. لم تمت الفئران المحقونة بالسلالة(R).

٣. لم تمت الفئران المحقونة بالسلالة(S)المقتولة بالتسخين.

٤. ماتت الفئران المحقونة بمزيج من السلالة(R)الحية مع(S)المقتولة بالتسخين.

لم يتمكن كرفش من تقديم تفسير كامل لما حدث، لكنه لاحظ في دم الفئران الميتة في التجربة الأخيرة جراثيم حية محاطة بمحفظة، وهذا يعني أن الجراثيم الميتة من النمط(S)حولت الجراثيم الحية من النمط(R)إلى جراثيم النمط(S).

(S) ميت + (R) حي ← (S) حي

- **تجارب آفري- ماكليود- مكارتي(*1944*):**[2]

أعاد هؤلاء العلماء تجربة كرفش، وبعد قتل الجراثيم(S)بالحرارة عولجت بأنظيمات محلمهة للبروتينات مثل التربسين، ثم حقنت الفئران بمزيج من هذه الجراثيم وجراثيم حية من النمط(R) فوجدوا أن الفئران قد ماتت، وبذلك تأكد لديهم أن إزالة البروتين لم يؤثر في عملية التحول الجرثومي.

[1] كتاب الثالث الثانوي العام٢٠٠٩/٢٠١٠

[2] كتاب الثالث الثانوي العام٢٠٠٩/٢٠١٠

بين آفري وزميلاه أن قتل السلالة(S)بالتسخين يؤدي إلى تقطيع الصبغي العائد لها وخروج قطعه من المحفظة، وبدمج هذه السلالة مع سلالة حية من النمط(R)تدخل قطعة بعض جزيئات مشابهة مسببة حدوث التحول الجرثومي فيها.

DNAمن (S) + (R) حي ← (S) حي

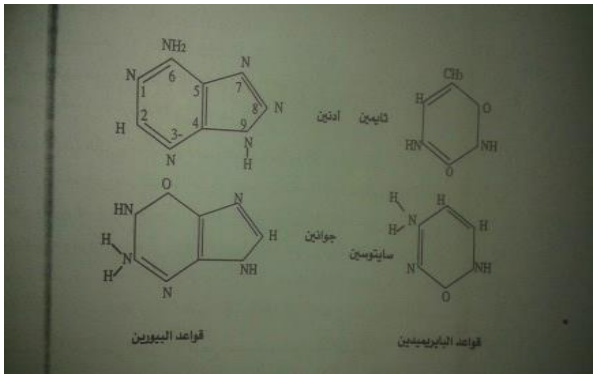
وهكذا تبين أن المادة الوراثية هي DNA وليس البروتين.

مدخل إلى الوراثة[٣]:

- **تركيب الأحماض النووية:**

الأحماض النووية هي بوليميرات مؤلفة من وحدات متكررة تدعى النيوكليوتيدات. والأحماض النووية نوعان هما الحامض النووي المنقوص الأوكسجين الذي يرمز له اختصاراً DNA والحامض النووي الريبيوزي RNA. تتألف الوحدة الأساسية للحامض النووي من قاعدة نايتروجينية وسكر خماسي بالإضافة إلى مجموعة فوسفات.

هناك مجموعتان من القواعد النايتروجينية هما البيرميدينات المؤلفة من حلقة سداسية مفردة وتمثل قواعد الثايمين والسايتوسين واليوراسيل هذه المجموعة، أما المجموعة الثانية فهي مجموعة البيورينات المؤلفة من حلقة سداسية مرتبطة مع حلقة خماسية وتضم هذه المجموعة قواعد الأدنين والجوانين كما في الشكل(١).

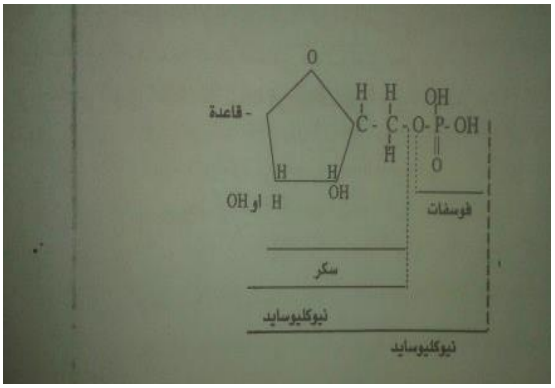


الشكل(١)

أما السكر الخماسي الذي يدخل في تركيب النيكليوتيد فهو نوعان هما السكر الخماسي المنقوص الأوكسجين المجود في الحامض النووي DNA حيث يحتوي هذا السكر على مجموعة واحدة من الهيدروكسيل مرتبطة مع ذرة الكربون الثالثة، والسكر الخماسي الريبوزي الموجود في الحامض النووي RNA والذي يحتوي على مجموعتي هيدروكسيل مرتبطتين مع ذرة الكربون الثانية والثالثة.

---

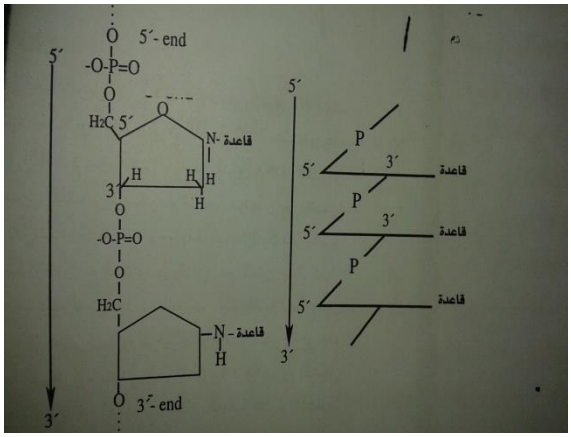
[٣] الهندسة الوراثية الصفحة ٣٨
٣ كتاب الشيفرة الوراثية



الشكل(٢)

وترتبط هذه المركبات الثلاثة بطريقة ما مؤلفة النيوكليوتيد كما في الشكل(٢).

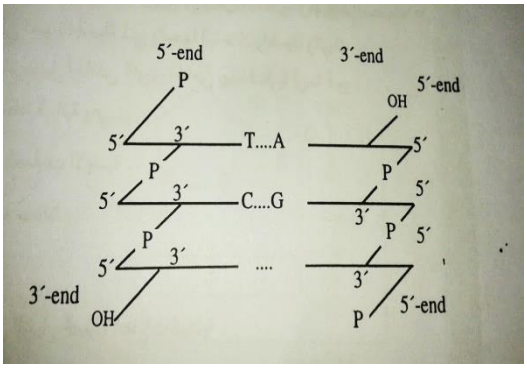
ونظراً لوجود أربع قواعد نايتروجينية في الحامض النووي DNA لذلك فإن هناك أربعة أنواع من النيوكليوتيدات تبعاً لذلك. تترتب وحدات النيوكليوتيدات بطريقة خاصة لتأليف سلسلة عديدة النيوكليوتيدات حيث ترتبط ذرة أوكسجين من مجموعة الفوسفات المربوطة بذرة الكربون الخامسة للسكر الخماسي مع ذرة الكربون الثالثة للسكر الخماسي للنيوكليوتيد التالي وترتبط ذرة الأوكسجين التابعة لمجموعة الفوسفات لهذا النيوكليوتيد مع ذرة الكربون الثالثة للنيوكليوتيد التالي الآخر وهكذا يتوالى ارتباط النيوكليوتيدات مع بعضها برابطة الفوسفور ثنائي الإستر Phospho-diester bond وتمثل العمود الفقري لسلاسل الحامض النووي.



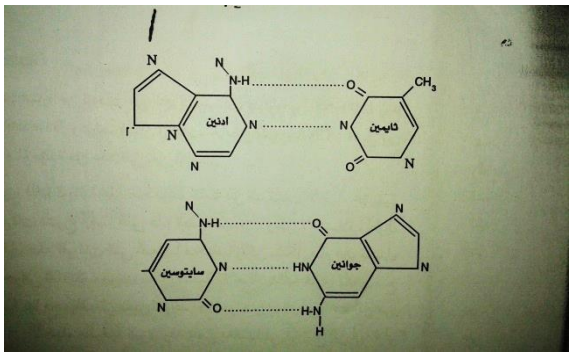
الشكل(٣)

إن اتجاه ارتباط ذرة الكربون الخامسة لنيوكليوتيد مع ذرة الكربون الثالثة لنيوكليوتيد آخر يستمر على طول السلسلة مما يولد قطبية مهمة جداً في تضاعف الحامض النووي وتعبير المورثات. ونتيجة لذلك فإن إحدى نهايات السلسلة الحامض النووي تحتوي على مجموعة فوسفوريل5-phosphoryl بينما تحتوي النهاية الثانية على مجموعة هيدروكسيل3-Hydroxyl ونظراً لوجود سلسلتين في الحامض النووي DNA فإنهما تترتبان بطريقة ذات اتجاهات متعاكسة كما في الشكل(٣).

ترتبط سلسلتا الحامض النووي DNA مع بعضهما بواسطة القواعد النايتروجينية التي ترتبط مع بعضها عن طريق الروابط الهيدروجينية. ويتم من خلال ارتباط الأدنين مع الثايمين والجوانين مع السايتوسين كما في الشكلين(٤،٥).



الشكل(٤)

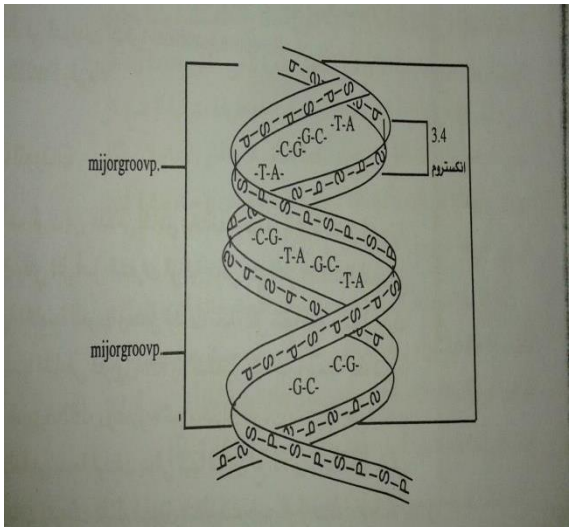


الشكل(٥)

ويذكر الحامض النووي RNA يختلف قليلاً عن الحامض النووي DNA حيث أنه بالإضافة إلى اختلاف نوع السكر الخماسي فإن اليوراسيل يحل بدلاً من الثايمين في الحامض النووي RNA. بالإضافة إلى أن الحامض النووي RNA هو سلسلة مفردة.

- **نظرية الحلزون المزدوج:**

تدعى هذه النظرية أيضاً بالموديل ثلاثي الأبعاد للحامض النووي DNA وقد وضعها العالمان الحائزان جائزة نوبل واطسون وكريك عام 1953. استندت هذه النظرية إلى نموذج ثلاثي الأبعاد تم بناؤه، ويمثل الحامض النووي DNA. يفترض النموذج أن الحامض النووي يتألف من سلسلتين أو شريطين مرتبطين مع بعضهما ويلتف هذا المزدوج بطريقة تشبه الحلزنة. لقد وجد هذان الباحثان بأن قطر الشريط المزدوج الذي يفي بارتباط الجوانين مع السايتوسين والثايمين مع الأدنين خلال الفراغ بين الشريطين هو20 أنكستروم أو ما يعادل 2 نانومتر. وأن الحلزنة نحو اليمين ويتحلزن الشريط المزدوج كل 34 أنكستروم لتوفير عشر قواعد متزاوجة في هذه المسافة. لذا فإن المسافة بين كل زوج قاعدي وآخر ستكون 3.4 أنكستروم كما في الشكل(٦).



الشكل(٦)

لقد استندت هذه النظرية إلى العديد من الحقائق العلمية التي تم اكتشافها حول تركيب الحامض النووي مثل نسب القواعد النايتروجينية وطريقة ارتباطها والنيوكليوتيدات وتركيبها وارتباطها مع بعضها ونموذج أشعة أكس المأخوذة لبلورة الحامض النووي وغير ذلك من المعلومات. لذلك فإن هذه النظرية جاءت لتربط هذه المعلومات مع بعضها. لقد أوضح نموذج الحامض النووي الخاص بهذه النظرية أربعة أمور مهمة تعبر عن أهم صفات المادة الوراثية وهي:

١. الاستقرارية خلال العمليات الايضية.
٢. تضاعف محكم شبه محافظ.
٣. وجود تنوع جزيئي.
٤. وجود سعة كافية في النموذج لحصول الطفرات الوراثية.

- **المورثات *Genes*:**

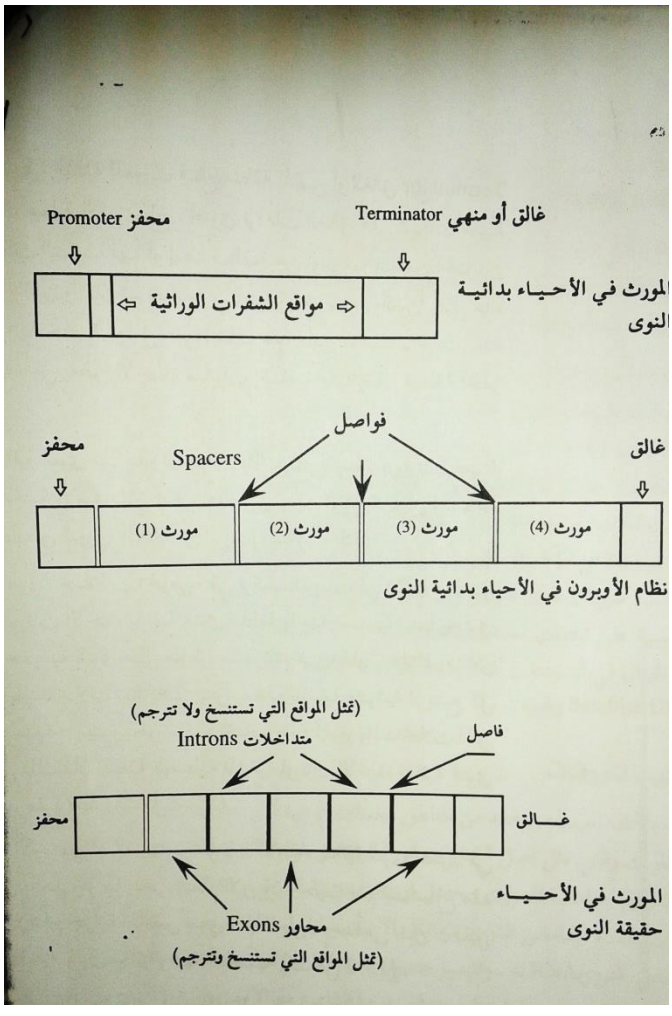
المورثات: عبارة عن ترددات النيوكليوتيدات تتراوح بين 500 -1000 زوج قاعدي Base bair (bp) وتترتب ضمن ترددات الحامض النووي DNA. تفصل بين مورث وآخر فاصلة مؤلفة من عدد قليل من الترددات.

ونظراً لتوزع المادة الوراثية على مجموعة كاملة من صبغيات الأحياء حقيقية النوى فإن المورثات تتوزع أيضاً على هذه الصبغيات. ونظراً لاختلاف أطوال الصبغيات فإن عدد المورثات التي تحملها مختلف ولكن بشكل عام فإن معدل المورثات يبلغ حوالي 100 ألف

مورث. أما بالنسبة للأحياء بدائية النوى فإن جميع المورثات الخاصة بها محمولة على نفس شريط الحامض النووي إلا أن عددها أقل من تلك الموجودة في الأحياء حقيقية النوى وقد يصل بعضها في الرواشح إلى أربعة أو خمسة مورثات فقط. يحتوي الحامض النووي DNA بالإضافة إلى المورثات التركيبية على ترددات مختلفة بعضها معروف الوظيفة ومعظمها لا يزال مجهولاً كما هي الحال في الترددات المتكررة Repetitive sequences والترددات التابعية Satellite DNA وغيرها.

- **تركيب المورثات:**

يتألف المورث من عدد من المناطق مختلفة الوظيفة. إذ تحاط المناطق الوسطية من المورث والتي تمثل أصل الشيفرات الوراثية بمناطق مثل المحفز Promoter الذي يقع في النهاية الخامسة للمورث ويحمل ترددات معينة تمثل شيفرة خاصة تسهل تعرف أنزيمات بلمرة الحامض النووي RNA والاستقرار عليه لبدء عملية بناء شريط الحامض النووي RNA له. وتتميز جميع محفزات المورثات باحتوائها على ترددات معينة مؤلفة من سبعة ترددات يتوالى فيها الثايمين مع الأدنين TATATA.....، تدعى هذه الترددات بترددات تاتا أو صندوق بريبنو أو صندوق هوجنكز. كما يحتوي المحفز على ترددات أخرى تعمل على تنظيم عملية الاستنساخ. وتلعب البروتينات غير الهستونية دورا إضافيا لدور المحفز. ويذكر بأن قوة تعبير المورثات يعتمد على المحفز. أما في النهاية الثالثة للمورث فتقع منطقة المنهي أو الغالق Terminator التي لها دور في إيقاف عملية الاستنساخ. تحتوي ترددات الغالق على ترددات معينة مؤلفة من أوتار مؤلفة من الجوانين والسايتوسين متبوعة بثايمين وأدنين. وتمثل هذه الترددات شيفرات وراثية خاصة تعمل على إيقاف عمل أنزيم الاستنساخ عند هذه الشيفرات. وقد تساهم في بعض الأحياء شيفرات إضافية متناثرة في منطقة المحفز على الإيقاف أيضا.



الشكل(٧)

في الأحياء البدائية النوى فإن هذه الشيفرات تمثل مواقع لارتباط بروتينات معينة تعمل على إيقاف عملية الاستنساخ تدعى هذه ببروتينات الغلق كما أنها تساعد على فصل شريط الحامض النووي RNA من المورث كما في الشكل(٧).

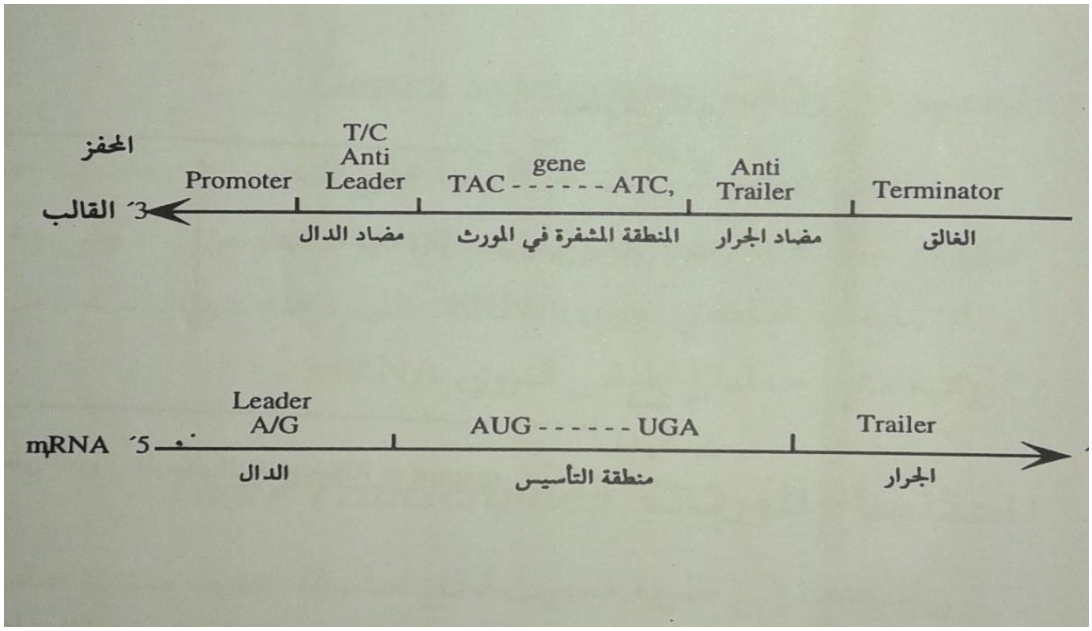
إن هناك عدداً من الاختلافات الجوهرية في تركيب المورثات في الأحياء إذ تمثل المنطقة المشفرة في مورثات الأحياء بدائية النوى منطقة واحدة مستمرة بينما يحتوي المورث في الأحياء حقيقي النوى على مناطق مشفرة تدعى بالمحاور Exons ومناطق غير مشفرة تدعى بالمتداخلات Introns. تترتب هذه بطريقة متوالية إذ يتبع كل محور متداخل وكل متداخل يتبع بمحور. كما يختلف عدد المحاور والمتداخلات لكل مورث. واستناداً إلى ذلك فإن المنطقة الوسطية المشفرة

لمورثات الأحياء هي في الحقيقة محور مفرد فقط كما في الشكل(٧).

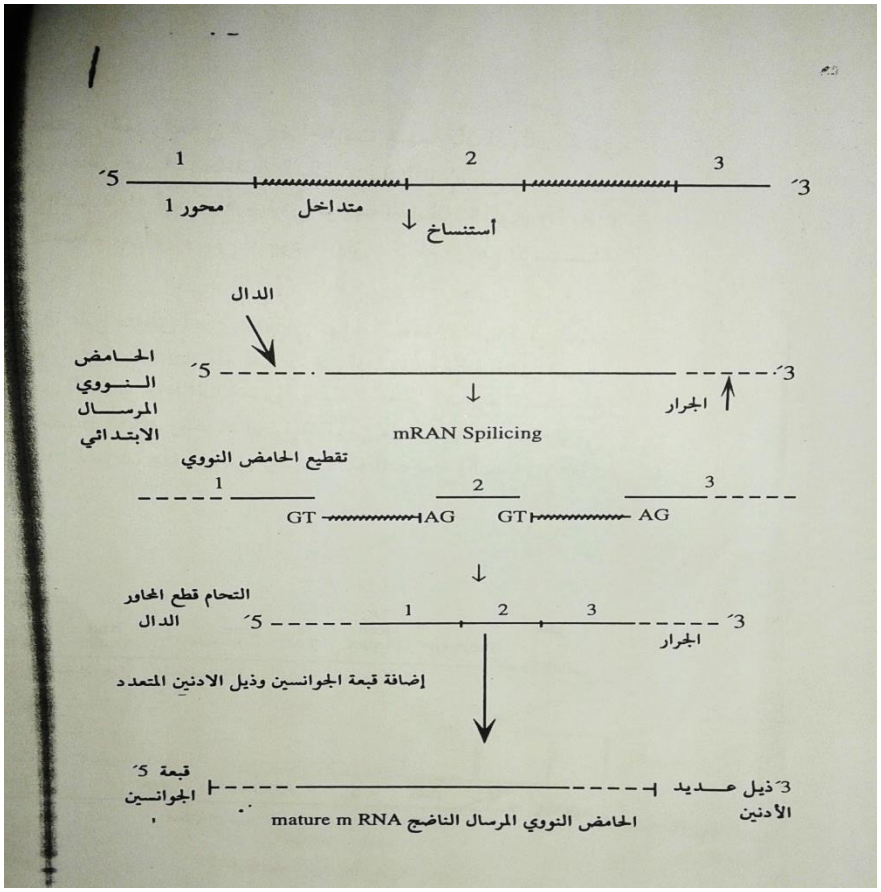
أما الاختلاف الآخر فهو أن العديد من مورثات الأحياء بدائية النوى تشترك في محفز وغالق واحد وهو ما يدعى بنظام الأوبرون. حيث يتم استنساخ هذه المورثات مرة واحدة لإنتاج جزيئة حامض نووي RNA طويلة جداً في حين أن لكل مورث في الأحياء حقيقية النوى محفزاً وغالقاً خاصاً به كما في الشكل(٧).

وإن جميع مورثات البكتريا ومعظم الأحياء بدائية النوى تكون أحادية النسخة Single copy gene بينما يمكن إيجاد مورثات أحادية وثنائية ومتعددة النسخ في الأحياء حقيقية النوى.

وبالإضافة إلى منطقتي المحفز والغالق فإن المورثات تحوي أيضا على مناطق أخرى تدعى بمضاد القائد أو الدال Antileader يقع بعد منطقة المحفز وفي بداية المنطقة المشفرة وله أهمية كبيرة في توجيه الحامض النووي mRNA بالاتجاه الصحيح عن التحامه مع الريبوسوم لوجود منطقة مكملة، كما وتحتوي المورثات على مناطق أخرى تقع في نهاية المنطقة المشفرة قبل منطقة الغالق وتدعى بمضاد الجرار Antirailar وله أهمية في أداء وظيفة الحمض النووي RNA والحفاظ عليه من التحطم ووظائف أخرى ويذكر بأنه في عملية الاستنساخ فإنه يتم نسخ مناطق مضاد القائد ومضاد الجرار لتكون منطقة القائد والجرار في الحامض النووي mRNA كما أن هذه المنطقة ليست قابلة للترجمة كما في الشكلين(٨،٩).



الشكل(٨)



الشكل(٩)

الشيفرة الوراثية[٤]:

- **الشيفرة الوراثية *Genetic Code*:**

إن تلك المناطق المشفرة الموجودة في تركيب المورثات هي ما يسمى بالشيفرة الوراثية، فالشيفرة الوراثية هي كل ثلاثة قواعد نايتروجينية حيث تمثل شيفرة وراثية مفردة أو ما يسمى بالرامزة(Codon)، فكل ثلاثية من النيوكليوتيدات تسمى الشيفرة الوراثية(Genetic code) أما الثلاثية المنسوخة على RNA المرسال فتسمى الرامزة(Codon).

- **تحديد موقع الشيفرة الوراثية(الطبعة الزرقاء):**

بدأ جورج بيدل وإدوارد تاتوم منذ عام 1941 في إجراء سلسلة من التجارب على عفن الخبز، فقد قاموا بتربية السلالة البرية من هذا العفن في وسط يحتوي على سكر وأملاح غير عضوية، وكانت الأملاح تحتوي على مركبات نايتروجينية كافية مكنت هذا الفطر من أن يصنع لنفسه منها كل ما يحتاجه من أحماض أمينية، ولم تدعهما الحاجة إلى إضافة أي حمض أميني جاهز إلى ذلك الوسط.

---

[٤] كتاب الثالث الثانوي العام ٢٠٠٩/٢٠١٠
كتاب الشيفرة الوراثية الصفحة١١٦، تأليف اسحق أزيموث
كتاب الشيفرة الوراثية عند الإنسان
كتاب الهندسة الوراثية

بعد ذلك قام بيدل وتاتوم بتعريض قسم من الأبواغ إلى أشعة إكس، وكان قد سبق في عام 1926 أن تمكن هيرمان موللر من إثبات أن هذه الأشعة تحدث بطريقة ما تغييراً في الجينات وتنتج عنها بعض الطفرات، وهذا ما حدث أيضاً لأبواغ الفطر في هذه التجربة، فقد تعذر على القسم الذي تم تعريضه إلى أشعة إكس أن ينمو في ذلك الوسط العادي، ولكنها نمت عندما أضيف إلى الوسط حمض أميني معين مثل الليزين، أي أن هذه الأبواغ فقدت قدرتها على إنتاج الليزين الخاص بها من المركبات النايتروجينية الغير عضوية الموجودة في الوسط المحيط بها، وبدون الليزين لم يتمكن الفطر من النمو، فعندما زود بالليزين الجاهز أمكنه أن ينمو.

من الواضح أن الأبواغ قد فقدت القدرة على إنتاج الأنزيم الذي يحفز أحد التفاعلات التي تؤدي إلى تكوين الليزين، أي أن جينة معينة في تلك الأبواغ قد أصيبت بضرر نتيجة تعرضها لأشعة إكس، وعن طريق سلسلة طويلة من التجارب تم التوصل إلى النتيجة الآتية: جينة واحدة لسلسلة عديد ببتيد واحدة.

ومن هنا يتضح أن مجموعة الكروموسومات، التي تبدأ بها البويضة المخصبة حياتها، تحمل التعليمات الخاصة بإنتاج مجموعة من الأنزيمات عددها مساو تقريباً لعدد الجينات المختلفة التي تحملها تلك الكروموسومات، وهي الطبعة الزرقاء الموجودة في الكروموسومات والتي أصبحت تعرف اليوم باسم الشيفرة الوراثية.

- **الشيفرة الوراثية شيفرة منحلة:**

إن الشيفرة الوراثية عبارة عن ثلاثة قواعد نايتروجينية، ولكن يوجد أربعة أنواع من القواعد النايتروجينية، أي أن هناك 64 شيفرة وراثية تمثل 20 حامضاً أمينياً، وهنا واجهت العلماء مشكلة هو أنه إن الشيفرة الوراثية عبارة عن ثلاث قواعد نايتروجينية، ولكن يوجد أربعة أنواع من القواعد النايتروجينية، فإن هناك 64 شيفرة وراثية تمثل عشرين حامضاً أمينياً، وهنا واجهت العلماء مشكلة هو أنه كيف يمكن أن تمثل 64 شيفرة وراثية 20 حمضاً أمينياً؟؟، فكان هناك احتمالان إما أن يكون هناك 32 توأماً مختلفاً من بين هذه التوائم الثلاثية يمكن اعتبارها توأم خام وينبغي تجاهلها بالنسبة لتركيب الشيفرة بصفة عامة، أو أن هناك بعض الأحماض الأمينية تكون ممثلة بأكثر من شيفرة وراثية، وقد أثبتت التجارب صدق الاحتمال الثاني، ولذلك يمكن أن توصف الشيفرة الوراثية بأنها شيفرة منحلة وهي كل شيفرة يستخدم فيها اثنتان أو ثلاث من مجموعات الرموز للإشارة إلى نفس الشيء ويبين الجدول التالي الأحماض الأمينية الطبيعية وشيفراتها الوراثية الشكل(١٠).

	U	C	A	G	
U	UUU, UUC } Phe UUA, UUG } Leu	UCU, UCC, UCR, UCG } Ser	UAU, UAC } Tyr UAA منهية Ochre UAG منهية Ambar	UGU, UGC } Cys UGA opal UGG Tryp	U C A G
C	CUU, CUC, CUA, CUG } Leu	CCU, CCC, CCA, CCG } Pro	CAU, CAC } His CAA, CAG } GluN	CGU, CGC, CGA, CGG } Arg	U C A G
A	AUU, AUC, AUA } ILeu AUG بادئ met	ACU, ACC, ACA, ACG } Thr	AUU, AAC } AspN AAA, AAG } Lys	AGU, AGC } Ser AGA, AGG } Arg	U C A G
G	GUU, GUC, GUA, GUG } Val بادئ	GCU, GCC, GCA, GCG } Ala	GAU, GAC } Asp GAA, GAG } Glu	GGU, GGC, GGA, GGG } Gly	U C A G

الشكل(١٠)

نلاحظ أن كل شيفرة وراثية مكونة من تتابع ثلاثي النيوكليوتيد ويلاحظ وجود أكثر من شيفرة وراثية لبعض الأحماض وكذلك شيفرات الابتداء والانتهاء.

- **تعبير المورثة:**

إذا تحدثنا عن جينة لزرقة العينين مثلاً، إنها لا تصنع بنفسها عينين زرقاوين، ولكن كل ما تفعله هو أن تصدر تعليمات لإنتاج سلسلة عديدة الببتيد معينة، وتصبح هذه السلسلة إنزيما خاصا يحفز عملية إنتاج صبغ معين، يضفي على العينين لونا أزرقا.

إن هذا ما يسمى بتعبير المورثة وهو قدرة المورثة على التعبير عن نفسها حيث أن هناك مورثات مكبوتة ليست لها هذه القدرة، ويتم التعبير بخطوتين: الأولى استنساخ المورثات وبناء نسخة حامض نووي mRNA نظيرة منه، والثانية: ترجمة الشيفرات الوراثية التي حملها الحامض النووي mRNA.

استنساخ المورثات:

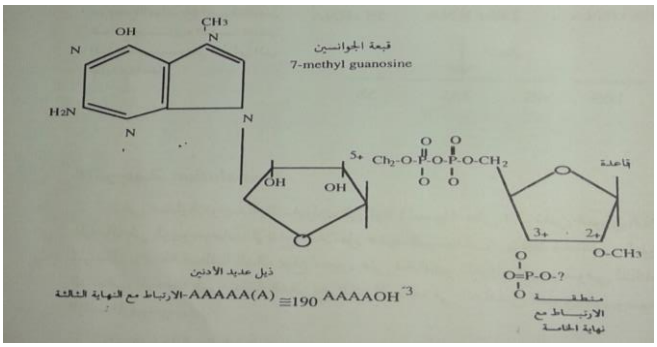
استنادا إلى نظرية مورث لكل سلسلة عديد ببتيد مفردة، فإن كل مورث يحمل تتابعات معينة خاصة من الشيفرات الوراثية يمكن ترجمتها فيما بعد لإنتاج سلسلة عديد الببتيد، إلا أن هذه العملية لا تكون مباشرة مع المورث بل أن هناك وسيطا وهو الحمض النووي المرسال mRNA.

يتم بناء جزيئة الحامض النووي المرسال بواسطة أنزيمات بلمرة خاصة بذلك تدعى بأنزيمات بلمرة الحامض النووي RNA Polymerse-RNA وتمتلك الأحياء بدائية النوى كالبكتريا أنزيما مفردا لذلك هو أنزيم بلمرة الحامض النووي RNA العام حيث يتم بواسطة هذا الأنزيم استنساخ جميع أنواع الحامض النووي RNA.

أما الأحياء حقيقية النوى فتمتلك ثلاثة أنواع من هذه الأنزيمات وهي أنزيم بلمرة الحامض النووي RNA الأول RNA POL I المسؤول عن استنساخ الحامض النووي الريبوسمي rRNA، وأنزيم بلمرة الحامض النووي RNA الثاني RNA POL II المسؤول عن استنساخ الحامض النووي RNA المرسال، وأنزيم بلمرة الحامض النووي RNA الثالث RNA POL III، المسؤول عن استنساخ الحامض النووي الناقل tRNA والحامض النووي الريبوسمي(rRNA 5S).

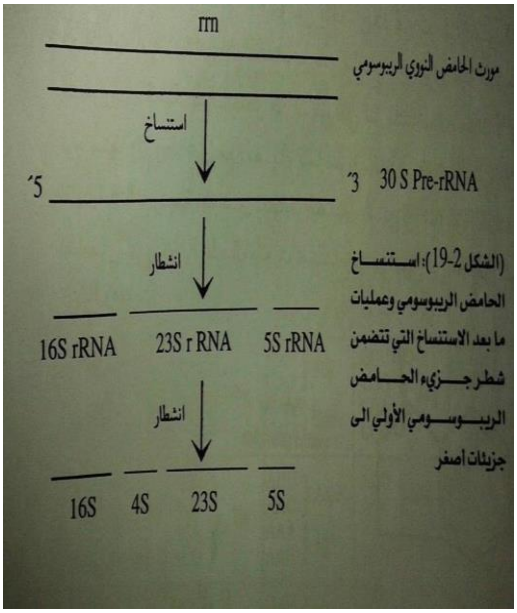
تبدأ عملية الاستنساخ باستقرار أنزيم بلمرة الحامض النووي RNA فوق منطقة المحفز الكائنة قبل المناطق التي تمثل الشيفرات الوراثية وعلى أحد أشرطة الحامض النووي DNA الذي يدعى بالشريط الحساس. يبدأ عندها بناء نسخة RNA بإضافة النيوكليوتيدات اعتمادا على تردد القواعد النايتروجينية في المورث حتى الوصول إلى منطقة الغالق حيث يتم إيقاف عملية الاستنساخ وانفصال شريط الحامض النووي RNA عن المورث. ويذكر أنه في الأحياء بدائية النوى يتم استنساخ عدة مورثات مرة واحدة لاشتراكها بمحفز واحد وغالق واحد، وبعد تحرر شريط الحامض النووي RNA من المورث ويدعى عندئذ بالشريط غير الناضج فإنه يجرى عليه العديد من التحويرات فمثلا يتم التخلص من المناطق التي تمثل المتداخلات حيث لا يمكن

ترجمتها وثم ربط المحاور مع بعضها، كما تتم إضافة ذيل عديد الأدنين Poly A للنهاية الثالثة وقبعة الجوانسين للنهاية الخامسة، كما في الشكل(١١).



الشكل(١١)

وبالإضافة إلى الحامض النووي RNA المرسال فإنه يتم استنساخ نوعين آخرين من الحامض النووي RNA وهما: الحامض النووي الريبوسومي (rRNA) والناقل (tRNA). وتوجد مورثات خاصة لإنتاج هذه الأنواع كما أن هناك بعض التحويرات الخاصة التي تحصل لهما بالإضافة إلى ما سبق كما في الشكل(١٢).



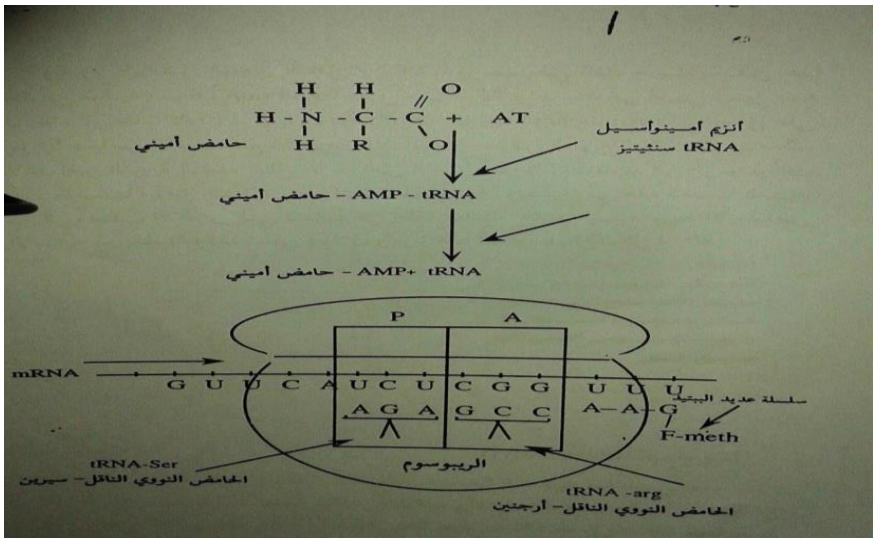
(الشكل 2-19): استنساخ الحامض الريبوسومي وعمليات ما بعد الاستنساخ التي تتضمن شطر جزيء الحامض الريبوسومي الأولي الى جزيئات أصغر

الشكل(١٢)

الترجمة:

وهي عملية ترجمة الشيفرات الوراثية المحمولة على الحامض النووي RNA المرسال في الريبوسومات لإنتاج سلاسل عديد الببتيدات. يرتبط الحامض النووي المرسال بواسطة منطقة الدال بموقع معين على الحامض النووي الريبوسومي لتكامل الترددات الموجودة في منطقة الدال مع تلك الموجودة في الحامض النووي الريبوسومي المؤلف للريبوسومات.

يتم بعدها تحرك الحامض النووي المرسال نحو الأمام للكشف عن شيفراته الوراثية تباعا ويتم بناء سلسلة عديد الببتيد اعتمادا على هذه الشيفرات حيث تضاف الأحماض الأمينية واحدا تلو الآخر مستندة إلى ترتيب الشيفرات الوراثية، ويقوم الحامض النووي الناقل tRNA بدور مهم في ذلك حيث يحمل هذا الحامض شيفرة مضادة Anticodon تمثل مفتاح لارتباط حامض أميني معين معه ويساعده في هذا الارتباط الأنزيم Aminoacyl tRNA synthetase الذي يعمل على ربط الأحماض الأمينية مع الشيفرات المضادة للأحماض النووية الناقلة. ثم تقوم هذه الأحماض النووية الناقلة بنقل الأحماض الأمينية من السايتوبلازم إلى الريبوسومات حيث تضعها مقابل الشيفرات الوراثية المناسبة لها، وتشترك في هذه العملية العديد من البروتينات الأخرى التي تساهم في إطالة سلسلة عديد الببتيد وربط الأحماض الأمينية مع بعضها وكذلك في إطلاق وتحرير هذه السلاسل كما في الشكل(١٣).



الشكل(١٣)

أهم تطبيقات الشيفرة الوراثية:[٥]

.

- **الأبحاث الخاصة بالأدلة الجرمية وتشخيص المجرمين:**

تعتمد طريقة البحث على استخدام ما يعرف اليوم بالبصمة الحامض النووي DNA وهي بصمة مميزة لكل فرد، يمكن من خلالها تمييز حتى التوأم المتطابقة. تعتمد هذه الطريقة على وجود ترددات فريدة Uniqe sequences في كل فرد بحيث تختلف من فرد إلى آخر.

تدعى مثل هذه الترددات بالترددات التابعية Satellite DNA ويمكن مشاهدتها عند تقطيع الحامض النووي بأنزيمات معينة وترحيلها كهربائيا عبر هلام الأجاروز. وقد قام العلماء بعزل عشرات المواقع التي تمثل هذه الترددات الفريدة لاستخدامها كمجسات في الأبحاث الخاصة بالأدلة الجرمية

[٥] الهندسة الوراثية الصفحة٣٤

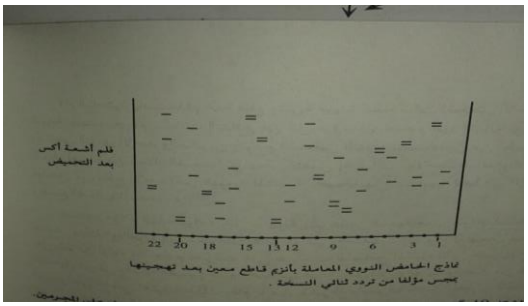
أو غيرها. أسوق ما جاء في هذا المجال الحادثة الحقيقية التالية التي حصلت في مقاطعة ويلز في بريطانيا حيث استخدمت مثل هذه الأبحاث لحل لغز جريمة مروعة هزت منطقة ريفية في المقاطعة.

تعرضت شابة في مقتبل العمر إلى اغتصاب وحشي مقترن بالعنف أثناء عودتها من سهرة مع أصدقائها، قام الأصدقاء بعد الانتهاء من السهرة بمرافقة صديقتهم بالسيارة وأنزلوها بالقرب من الطريق العام الذي يؤدي إلى قرية قريبة حيث يقع منزل والديها بعيدا عن الشارع. وكان على الشابة الضحية أن تقطع مسافة من الأراضي الزراعية التي تعج بالنباتات البرية الطويلة للوصول إلى منزلها. قام المجرم بمفاجأة الضحية في تلك المنطقة وتمكن من السيطرة عليها واغتصابها بعنف أدى إلى فقدانها الوعي لمدة ساعة كاملة. قامت الضحية بعدها بطلب النجدة واستجاب لها عدد من الفلاحين الذين كانوا مارين بالقرب من منطقة الحادث وقاموا بنقلها إلى مركز صحي قرب القرية.

استدعى الطبيب الشرطة التي طلبت منه استخلاص السوائل المنوية من الضحية وحفظها بطريقة علمية لاستخدامها فيما بعد. قامت الشرطة بعد ذلك باستدعاء ذوي الضحية أمامهما واستنادا إلى المعلومات التي قدمتها الفتاة فإن المجرم هو شاب يتراوح عمره بين 30-35 سنة وليست هناك معلومات أخرى عن أوصافه وطوله وغير ذلك. قام أفراد الشرطة بالبحث في كل مكان حول موقع الجريمة واستنادا إلى المعلومات التي توفرت لديهم تأكدوا بأن المجرم هو أحد شباب القرية المجاورة. وفي صباح اليوم التالي استطاعت الشرطة أن تحصر الشبهات في أحد وعشرين شابا تقع أعمارهم ضمن عمر 30-35 سنة ولم يتوفر لدى الشرطة أي دليل لتوجيه الاتهام لأي منهم. لذلك لجأت إلى مجموعة من الباحثين للمساعدة في تقديم أدلة علمية للقبض على الجاني. قامت مجموعة الباحثين باستخلاص نماذج حامض نووي تعود لواحد وعشرين شخصا، ثم قاموا بمعاملتها إنزيميا لتقطيعها ثم تهجيرها كهربائيا عبر هلام ونقلها بعد ذلك إلى ورق نتروسليلوز أو نايلون.

قام الباحثون باستخدام عدة قطع بشرية فريدة كمجسات لفحص الأحماض النووية للمشتبه بهم. كانت النتائج في كل مرة تبين بعدم وجود تشابه بين نماذج الحامض النووي الواحد والعشرين ونموذج الحامض النووي المستخلص من الحيوانات المنوية المعزولة من الفتاة الضحية والمهجن بنفس المجسات. ولاحظ الباحثون وجود نموذجين من نماذج الأحماض النووية المشتبه بأصحابها متشابهة تماما في الإشارة ولجميع المجسات المستخدمة.

استنتج هؤلاء الباحثون وبكل سهولة بأن هذين النموذجين يعودان لشخص واحد. وهكذا بالعودة إلى معلومات الشرطة التي احتفظت بأسماء المتهمين مقابل كل رقم من أرقام نماذجهم تعرفت على صاحب النماذج المكررة التي ظهرت عند التحليل الوراثي وألقت القبض عليه وعند مواجهته بحقيقة تبرعه بنموذجين من الدم للتستر على الجاني اعترف بذلك وقام بإخبار الشرطة باسم الشخص المطلوب للعدالة التي سارعت في القبض عليه وأخذت بعدها العدالة مجراها في محاكمة الجاني والشخص الذي حاول التستر عليه كما في الشكل(١٤).



الشكل(١٤)

إن مثل هذه الجريمة تعتبر جريمة سهلة الكشف ذلك لتوفر معلومات مفيدة من الضحية التي بقيت على قيد الحياة بالإضافة إلى المعلومات التي وفرها موقع الجريمة نفسه، ولكن هناك جرائم قتل واعتداء تؤدي إلى الوفاة ويصعب الحصول على معلومات من موقع الجريمة لحصر الشبهات، لذلك فإنه في مثل هذه الحالة فإن وجود بقع دموية أو بقايا أنسجة جلدية أو خصل شعر في موقع الجريمة أو ملتصقة في جسم الضحية مثل وجود بقايا الجلد في أظافر يد الضحية نتيجة المقاومة أو إصابة الجاني قبل موت الضحية يمكن أن تساعد هذه في استخلاص الحامض النووي DNA والاحتفاظ به لأجل مقارنته مع أي مشتبه يمكن أن تصل إليه يد العدالة، ويمكن الاستفادة حتى من عشر خلايا فقط لتهيئة مثل هذه النماذج ولو كانت هذه الخلايا ضمن بقعة دموية صغيرة جداً وجافة، إذ يتم تصنيع نسخ مكررة من هذا الحامض النووي باستخدام تقنية تضخيم المجين أو تفاعل سلسلة البوليمريز Polymerase chain reaction (PCR).

- **الخاتمة:**

تعتبر الوراثة الصفة المشتركة لجميع صور الحياة القادرة على التكاثر وإنتاج نسل، وقد حاولت الوراثة بفروعها المختلفة تفسير آلية انتقال الصفات من جيل إلى جيل، كما ساهمت أيضاً بتقديم تفسيرات علمية دقيقة لظهور الاختلافات بين الجماعات.

اليوم علم الوراثة هو العلم الذي يوفر كل العناصر الأساسية التي يبحث عنها البايولوجيون حتى أطلقوا على المادة الوراثية اسم الكأس المقدسة أو المادة المقدسة، فإن هذه المادة تحمل أسرار الكائنات الحية التي خلقها الله، ولكن يجب النظر إلى خطورة الأبحاث الخاصة بعلم الوراثة، فهي سلاح ذو حدين قادرة على مساعدة البشرية وكذلك قادرة على إحداث أكبر الأضرار وأفدحها، فعلى سبيل المثال: إن الهندسة الوراثية هي المشتبه الرئيسي في ظهور أمراض قاتلة مثل مرض نقص المناعة المكتسب(الإيدز) الذي يسببه راشح غريب يدعى(HIV) وربما أمراض أخرى.

إن هذا العلم واسع جداً ولا أحد يعرف السقف الذي يتوقف عنده، فهو علم متطور مليء بالاكتشافات التي من الممكن أن تنقض هذه الأفكار وتضع أفكار جديدة مستقبلاً.