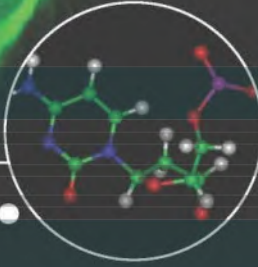


نيوكليوتيد

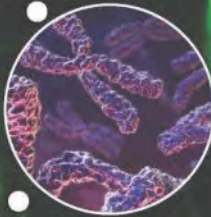


DNA

كروموسوما X و Y لذكر الإنسان

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني

الماسح: مكبر $\times 9500$



الفكرة العامة يعد DNA المادة الوراثية التي تحوي شفرات البروتينات.

1-9 المادة الوراثية: DNA

الفكرة الرئيسية تطلب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.

2-9 تضاعف DNA

الفكرة الرئيسية يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.

3-9 DNA، وRNA، والبروتين

الفكرة الرئيسية تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.

4-9 التنظيم الجيني والطفرة

الفكرة الرئيسية يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن للطفرات أن تؤثر في هذا التعبير.

حقائق في علم الأحياء

- يحوي جسم الإنسان 100 تريليون خلية، كل منها يحتوي على 46 كروموسوم تُخزن DNA.
- إذا تم قَرْد كل DNA الذي تحويه الخلية البشرية فسوف يكون خطأً طوله 1.8 m تقريباً.

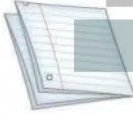
مقارنة عمليتي النسخ والترجمة، استعمل هذه المطوية للمقارنة بين عمليتي النسخ والترجمة.

المطويات منظمات الأفكار

الخطوة 1، اثن ورقة أفقيًا من منتصفها، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2، اثن الورقة من منتصفها مرة أخرى، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3، قص الطبقة العلوية فقط من الورقة على طول خطوط الشبي الثانية؛ حتى ينتج لسانان، ثم عنونها كما في الشكل الآتي:



المطويات استخدم هذه المطوية في القسم 3-9، وارسم عمليتي النسخ والترجمة تحت كل لسان منها، ثم اشرحها.

تجربة استدلالية

من اكتشف DNA؟

تراكمت المعرفة بالوراثة، وجزئ DNA، والتقنيات الحيوية على مدى قرن ونصف تقريبًا. وسوف تضع في هذه التجربة خطأ زمنيًا لاكتشاف DNA.

خطوات العمل

1. اعمل في مجموعات مكونة من 3-4 طلاب لتحديد العلماء الذين أسهموا على نحو كبير في فهم الوراثة و DNA وتعرف تجاربهم.
2. اقرأ الفصل في هذا الكتاب.
3. اعمل خطأ زمنيًا بين وقت كل اكتشاف مهم ورد ذكره في نصوص الفصل.

التحليل

1. قارن الخط الزمني الذي عملته مجموعتك مع خطوط الزمن للمجموعات الأخرى.
2. استنتج كيف أثرت تجارب العلماء السابقة في العلماء الذين جاؤوا بعدهم؟

المادة الوراثية : DNA

DNA : The Genetic Material

الأهداف

- تتلخص التجارب التي أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة.
- ترسم وتعنون التركيب الأساسي لجزيء DNA.
- تصف التركيب الأساسي للكروموسوم في المخلوقات الحية حقيقية النوى.

الفكرة الرئيسة تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب. **الربط مع الحياة** هل تحب قراءة روايات الغموض، أو مشاهدة المحققين على التلفاز وهم يحلون ألغاز الجرائم؟ يبحث المحققون عن أدلة تساعدكم على حل اللغز. وكذلك فإن علماء الوراثة محققون يبحثون عن أدلة في أسرار الوراثة وألغازها.

مراجعة المفردات

الحمض النووي، جزيئات حيوية معقدة تخزن المعلومات الخلوية في صورة شفرة.

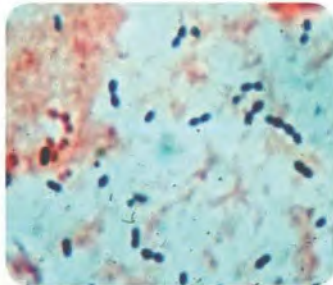
المفردات الجديدة

الجزيء الحلزوني المزدوج
الجسيم النووي (نيوكليوسوم)

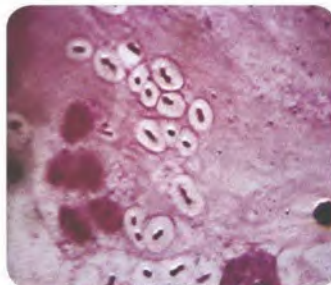
اكتشاف المادة الوراثية Discovery of The Genetic Material

عندما أعيد اكتشاف نتائج مندل في العام 1900م، بدأ العلماء البحث عن الجزيء الذي يدخل في الوراثة. وقد عرّف العلماء أن المعلومات الوراثية محمولة على الكروموسومات في خلايا المخلوقات الحية الحقيقية النوى، وأن أهم مكونين من مكونات الكروموسومات هما DNA والبروتين. وعلى مدى سنوات طويلة حاول العلماء تحديد أي هذين الجزيئين الكبيرين - DNA (الحمض النووي) أو البروتين - هو مصدر المعلومات الوراثية.

العالم جريفيث Griffith في عام 1928م أجرى فريدريك جريفيث أول تجربة رئيسة أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة. وقد درس جريفيث سلالتين من بكتيريا المكورات السبحية الرئوية *Streptococcus pneumoniae*، التي تسبب التهاب الرئة، فوجد أن إحدى السلالات يمكنها أن تتحول، أو تتغير، إلى شكل آخر، وقد كان لإحدى السلالتين اللتين درسهما غلاف من السكريات، في حين لم تكن للسلالة الأخرى ذلك الغلاف. والسلالة المحاطة بغلاف من السكر تسبب التهاب الرئة، وسمّاها السلالة الملساء (S). أما السلالة غير المحاطة فلا تسبب التهاب الرئة، وسمّاها بالخشنة (R)، كما في الشكل 9-1. وتبدو حواف مستعمرات السلالة (R) خشنة نتيجة عدم وجود غلاف يحيط بها.

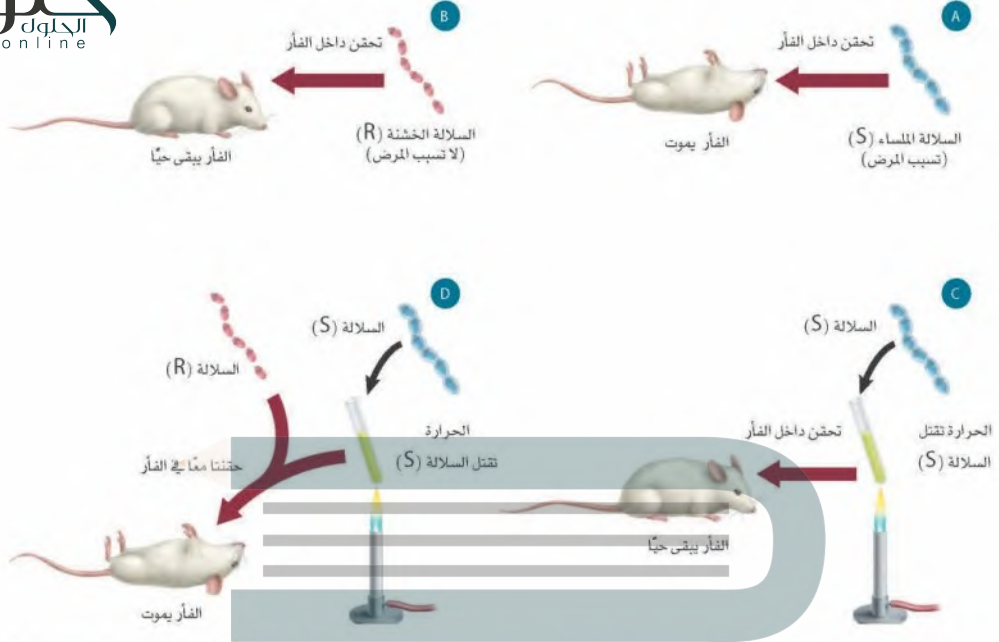


R - pneumoniae - سلالة خشنة



S - pneumoniae - سلالة ملساء

- الشكل 9-1 تسبب السلالة الملساء (S) من البكتيريا *S. pneumoniae* التهاب الرئة، بينما لا تسبب البكتيريا الخشنة (R) المرض. يمكن تمييز السلالات من مظهر المستعمرات.



الشكل 2-9 توضح تجربة جريفيث
تحوّل البكتيريا الخشنة إلى بكتيريا ملساء.
فسّر، لماذا استنتج جريفيث أن هناك تحولاً من
البكتيريا الحية (R) إلى البكتيريا الحية (S)؟

تتبع تجربة جريفيث في الشكل 2-9، تلاحظ أن خلايا السلالة (S) الحية قتلت الفأر، في حين لم تقتل خلايا (R) الحية الفأر، ولم تقتل خلايا (S) الميتة الفأر أيضاً. ومع ذلك، فعندما حضّر جريفيث خليطاً من خلايا (R) الحية وخلايا (S) الميتة وحقن الفأر بهذا الخليط مات الفأر. عزل جريفيث خلايا بكتيريا حية من الفأر الميت. وعندما زُرعت هذه البكتيريا وجد أن لديها الصفة الملساء. ويشير هذا إلى أن العامل المسبب للمرض انتقل من البكتيريا الميتة (S) إلى البكتيريا الحية (R)، فاستنتج جريفيث أن هناك تحولاً حدث من البكتيريا الحية (R) إلى البكتيريا الحية (S). وكانت هذه بداية البحوث في عوامل التحول.

أفري Avery في عام 1944م تعرّف أفري وزملاؤه الجزيء الذي حوّل البكتيريا من السلالة R إلى السلالة S؛ فقد عزل أفري جزيئات كبيرة مختلفة مثل DNA وبروتين ودهون من خلايا البكتيريا (S) الميتة، وقام بتعريض الخلايا البكتيرية الحية (R) للجزيئات الكبيرة على نحو منفصل. وتحوّلت الخلايا (R) إلى خلايا (S) عند تعريضها لجزيئات DNA، فاستنتج أفري أنه عند قتل الخلايا (S) في تجربة جريفيث تحررت جزيئات DNA، فاستقبلت بعض خلايا البكتيريا (R) جزيئات DNA هذه، ممّا أدّى إلى تغيير خلايا البكتيريا (R) إلى خلايا من النوع (S).

✓ ماذا قرأت؟ فسّر كيف استطاع أفري اكتشاف العامل المحول؟

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

لائت
h u l u l . o n l i n e

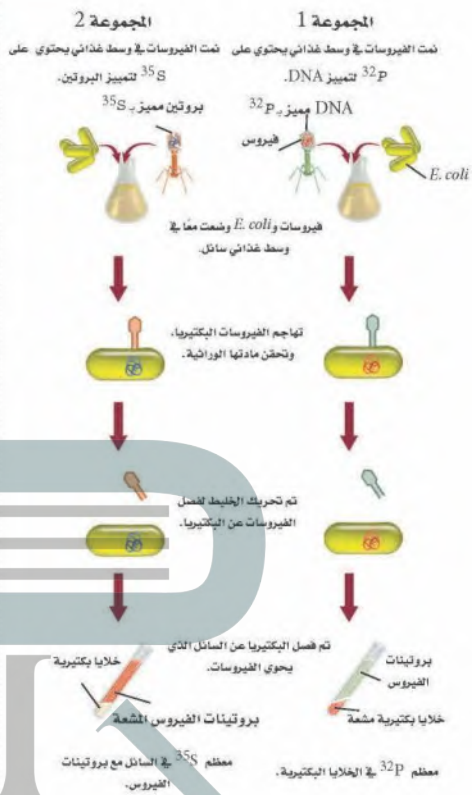
لائت
h u l u l . o n l i n e

هيرشي وتشيس Hershey and Chase

نشر العالمان ألفرد هيرشي ومارثا تشيس نتائج تجاربهما التي وفرت الدليل الدامغ على أن DNA هو عامل التحول. وقد تضمنت تجاربههم الفيروس الأكل للبكتيريا (البكتيروفاج)، وهو نوع من الفيروسات يهاجم البكتيريا. وهناك عاملان جعلتا تجربة هيرشي وتشيس ملائمة لإثبات أن DNA هو المادة الوراثية. أولهما أن الفيروس الأكل للبكتيريا المستعمل في التجربة كان مكوناً من DNA وبروتين فقط، وثانيهما أن الفيروسات لا تستطيع أن تتضاعف بنفسها. لذا يجب أن تحقن الفيروسات مادتها الوراثية داخل خلايا حية لكي تتمكن من التكاثر. وقد ميز هيرشي وتشيس مكوثي الفيروس (DNA والبروتين)؛ ليحدد أي هذين المكونين يحقن داخل البكتيريا، لمعرفة أي هذين المكونين هو المادة الوراثية.

العلامات المشعة Radioactive labeling

استعمل هيرشي وتشيس تقنية تُسمى العلامات بالإشعاع لتتبع DNA والبروتين عندما تهاجم الفيروسات الأكلة للبكتيريا خلايا البكتيريا وتتكاثر داخلها، لاحظ الشكل 3-9. وقد حقن هذان العالمان مجموعة من الفيروسات بالفوسفور المشع (^{32}P). ولما كانت البروتينات لا تحتوي على فوسفور، لذا سيكون DNA فقط وليس البروتين هو الجزيء المشع. وقد قام هذان العالمان أيضاً بحقن مجموعة أخرى من الفيروسات الأكلة للبكتيريا بالكبريت المشع (^{35}S). ولما كانت البروتينات تحتوي على الكبريت ولا تحتوي عليه جزيئات DNA فإن البروتينات هي التي ستشع وليس DNA. جعل هيرشي وتشيس مجموعتي الفيروسات تهاجمان البكتيريا. وعندما تهاجم الفيروسات البكتيريا تلتصق بسطحها الخارجي وتحقن مادتها الوراثية داخلها. ثم عزلت البكتيريا المصابة عن الفيروسات.



الشكل 3-9 استعمال هيرشي وتشيس تقنية العلامات المشعة في توضيح أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.

ملخص نتائج هيرشي وتشيس		الجدول 1-9	
المجموعة 2 (فيروسات مميّزة بـ ^{35}S)		المجموعة 1 (فيروسات مميّزة بـ ^{32}P)	
سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مصابة	سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مصابة
• توجد بروتينات مميّزة. • لم تتضاعف الفيروسات.	• لا توجد بروتينات فيروس مميّزة بـ (^{35}S). • تتضاعف الفيروس. • لم تكن الفيروسات الجديدة مميّزة.	• لا يوجد DNA مميّز. • لم تتضاعف الفيروسات.	• DNA فيروس مميّز بـ (^{32}P) داخل خلايا البكتيريا. • تتضاعف الفيروس. • الفيروسات الجديدة تحوي ^{32}P .

ما الـ DNA؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

مهمة
علمية

تتبع DNA Tracking DNA تفحص هيرشي وتشيس المجموعة 1 التي حُقنت بـ³²P، ووجدوا أن DNA الفيروس المميز بالمادة المشعة حُقن داخل الخلية البكتيرية. وبعد فترة من الزمن وجدوا أن الفيروسات التي تكاثرت داخل البكتيريا المصابة وخرجت منها تحوي³²P، وهذا يشير أيضًا إلى أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية.

وعندما فحصا المجموعة 2 المميزة بـ³⁵S المشع وجدوا أن البروتينات المميزة بالمادة المشعة بقيت خارج الخلايا البكتيرية؛ لأنه لم يوجد أي³⁵S في الداخل. حيث تضاعفت الفيروسات داخل خلايا البكتيريا، مما يشير إلى أن المادة الوراثية الفيروسية دخلت البكتيريا. يلخص الجدول 9-1 النتائج التي توصل إليها هيرشي وتشيس من تجربتهما.

بناءً على نتائجهما استنتجا أن DNA الفيروس حُقن داخل الخلية ووفر المعلومات الوراثية المطلوبة لبناء فيروسات جديدة. وقد أعطت هذه التجربة دليلاً قوياً على أن DNA وليس البروتين، هو المادة الوراثية التي يمكن أن تنتقل من جيل إلى جيل في الفيروسات.

✓ **ماذا قرأت؟** فسر لماذا كان يُعد إنتاج الفيروسات الجديدة داخل البكتيريا مهماً؟

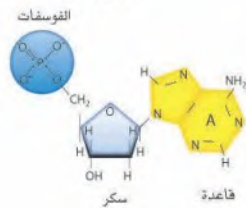
تركيب د.ن.أ DNA Structure

بعد تجربة هيرشي وتشيس أصبح العلماء أكثر ثقة أن DNA هو المادة الوراثية. وقد أدت الأدلة إلى تعرّف المادة الوراثية.

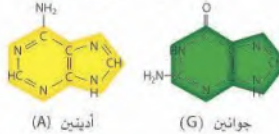
النوكليوتيدات Nucleotides في عام 1920م حدد عالم الكيمياء الحيوية ليفين التركيب الأساسي للنوكليوتيدات التي تُكوّن DNA. فالنوكليوتيدات وحدات بنائية للأحماض النووية، وتتكون من سكر خماسي الكربون، ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية، لاحظ الشكل 9-4. الحمضان النوويان الموجودان في الخلايا الحية هما: DNA و RNA. وتحتوي النوكليوتيدات في DNA على سكر رابوز متقوص الأكسجين، ومجموعة فوسفات وإحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسيتوسين والثايمين.

الشكل 9-4 تتكون النوكليوتيدات من فوسفات، وسكر وقاعدة نيتروجينية. هناك خمسة أنواع مختلفة من القواعد الموجودة في الوحدات الأساسية للنوكليوتيدات التي تشكل DNA و RNA. حدد ما الفرق التركيبي بين قواعد بيريميدين وقواعد بيورين؟

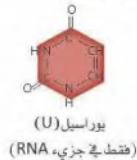
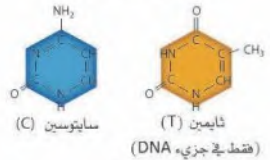
تركيب النوكليوتيدات



قواعد البيورينات



قواعد البيريميدينات



وتحتوي نيوكليوتيدات RNA على سكر رايبوز، ومجموعة فوسفات سكرية. وأربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسيتوسين واليوراسيل. وهذا تجد أن الجوانين (G) والأدينين (A) قواعد نيتروجينية ثنائية الحلقات. وهذا النوع من القواعد يسمى قواعد البيورين. أما السيتوسين (C) واليوراسيل (U) والثايمين (T) فهي قواعد نيتروجينية ذات حلقة واحدة، وتسمى قواعد بيريميدين.

تشارجاف Chargaff حلّل إروين تشارجاف (عام 1940م) كمية الأدينين والجوانين والثايمين والسيتوسين في DNA لأنواع مختلفة من المخلوقات الحية، ونُشر جزء من بيانات تشارجاف عام 1950م، كما في الشكل 5-9. وجد تشارجاف أن كمية الجوانين تساوي كمية السيتوسين تقريباً، وأن كمية الأدينين تساوي كمية الثايمين تقريباً في النوع الواحد. وسُمّي هذا الاكتشاف قاعدة تشارجاف: $A=T$ و $C=G$.

ويلكنز Wilkins استخدم ويلكنز تقنية تسمى تشتت الأشعة السينية، وهي تقنية تتضمن تصويب الأشعة السينية على جزيء DNA. وفي عام 1951م، انضمت فرانكلين إلى الفريق. وهناك التقطت الصورة رقم 51 المشهورة الآن، وجمعت بيانات استخدمها بعد ذلك واطسون وكريك. وقد أشارت هذه الصورة في الشكل 6-9، إلى أن DNA هو جزيء حلزوني مزدوج double helix، أو على شكل سلم ملتو، مكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين إحداهما حول الأخرى. وقد حدّد واطسون وكريك التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA لاحقاً، حيث استخدمنا بيانات فرانكلين وبيانات رياضية أخرى. وجزيء DNA هو المادة الوراثية لكل المخلوقات الحية، ومكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات، كل منهما متمم للآخر. وهي أشرطة ملتفة بعضها حول بعض بدقة ليكون الشكل الحلزوني المزدوج، فتبارك الله أحسن الخالقين.

واطسون وكريك Watson and Crick شاهد واطسون وكريك صورة فرانكلين لتشتت الأشعة السينية. وقد قاس واطسون وكريك معاً عرض الجزيء الحلزوني والمسافات بين القواعد مستخدمين بيانات فرانكلين وبيانات تشارجاف، وقاما ببناء نموذج لجزيء DNA المزدوج يتوافق مع أبحاث الآخرين. ويبين الشكل 7-9 النموذج الذي بناه في عام 1953م. وقد اشتمل نموذجهما المقترح على بعض الخصائص المهمة الآتية:

1. سلسلتين خارجيتين تتكونان من سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين وفوسفات بشكل متبادل.
2. يرتبط السيتوسين والجوانين معاً بثلاث روابط هيدروجينية.
3. يرتبط الثايمين والأدينين معاً برابطتين هيدروجينيتين.

بيانات تشارجاف

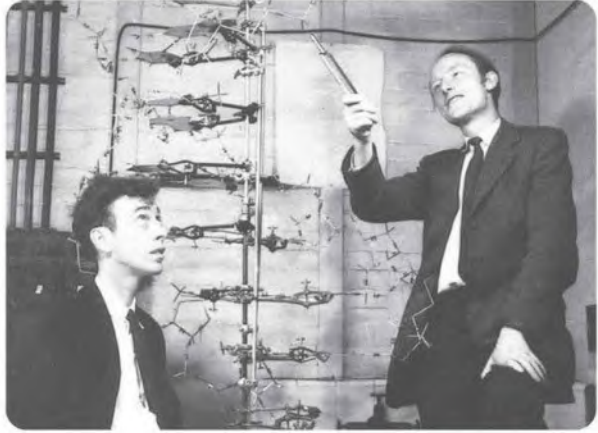
تركيب القواعد (النسبة المئوية)				
المخلوق الحي	A	T	G	C
<i>E. coli</i>	26.0	23.9	24.9	25.2
خميرة	31.3	32.9	18.7	17.1
سمك النرجسة	27.8	27.5	22.2	22.6
الجرذ	28.6	28.4	21.4	21.5
الإنسان	30.9	29.4	19.3	19.8

■ الشكل 5-9 يبين نتائج تشارجاف أنه على الرغم من اختلاف نسب القواعد النيتروجينية من نوع إلى آخر، إلا أن $G=C$ و $A=T$ في النوع الواحد.



■ الشكل 6-9 صورة 51 الخاصة بروزالند فرانكلين وبيانات تشتت أشعة X ساعدتا واطسون وكريك على حل لغز تركيب جزيء DNA. عندما حلّل وقيس بدقة أظهر النمط خصائص تركيب حلزوني.

الشكل 7-9 حل واط
لغز تركيب DNA، باستخدام بيانات تشارجاف وبيانات فرانكلين.



تركيب DNA structure DNA يحاكي جزيء DNA على الأغلب السلم الملتوي؛ حيث يمثل حاجز الحماية (الدرازين) للسلم، السكر المنقوص الأكسجين والفوسفات بشكل متبادل. وتشكل أزواج القواعد النيتروجينية (السايوسين - الجوانين أو الثايمين - الأدنين) درجات هذا السلم. وترتبط البيريميدينات دائماً بالبيورينات، فتحافظ بذلك على البعد الثابت لحاجزي الحماية - سلسلتي DNA - في السلم. هذا الترابط المقترح للقواعد يفسر أيضاً نتائج تشارجاف، الذي اقترح أن كمية البيريميدينات تساوي كمية البيورينات في عينة جزيء DNA. لذا فإن $C + T = G + A$ ، أو أن قواعد البيريميدينات تساوي قواعد البيورينات. تستخدم أزواج القواعد المتممة لوصف الارتباط الدقيق بين قواعد البيورينات والبيريميدينات بين سلسلتي الأحماض النووية. وهي خاصية تضاعف جزيء DNA التي يمكن من خلالها للسلسلة الأصلية أن تحدد ترتيب القواعد في السلسلة الجديدة.

تجريبية استهلاكية

مراجعة اعتماداً على ما قرأته حول تاريخ تجارب جزيء DNA، كيف يمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التحليل؟

✓ **ماذا قرأت؟** هسر لماذا كانت بيانات تشارجاف دليلاً مهماً للوصول إلى بناء DNA؟

تجربة 1-9

عمل نموذج DNA

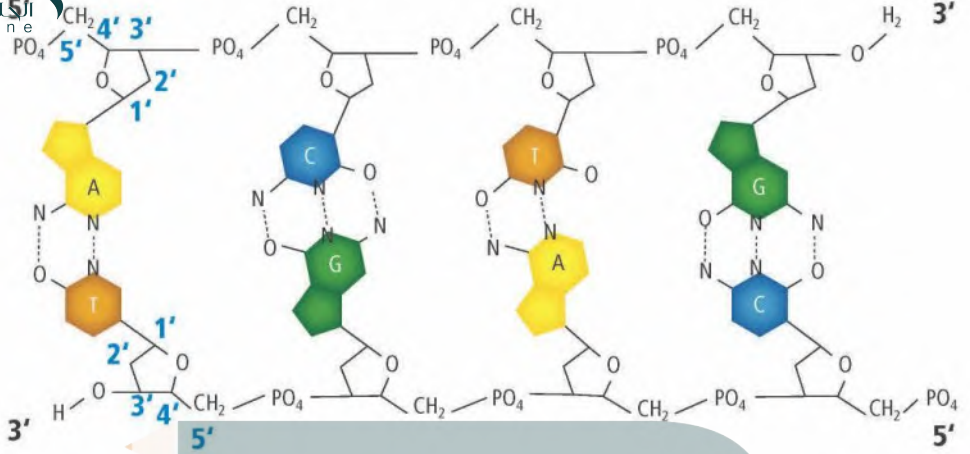
ما تركيب جزيء DNA؟ صمّم نموذجاً يزيد من فهم تركيب جزيء DNA.

خطوات العمل

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم نموذجاً لقطعة صغيرة من DNA باستعمال المواد التي يوفرها لك مُعلمك.
3. حدد أجزاء النموذج التي تتطابق مع الأجزاء المختلفة من جزيء DNA.

التحليل

1. صف تركيب جزيء DNA الخاص بك.
2. حدّد خصائص DNA التي ركزت عليها عند بناء نموذجك.
3. استنتج. كيف يختلف نموذجك عن نماذج زملائك في الصف؟ وكيف يرتبط هذا الاختلاف مع اختلافات جزيء DNA بين المخلوقات الحية؟



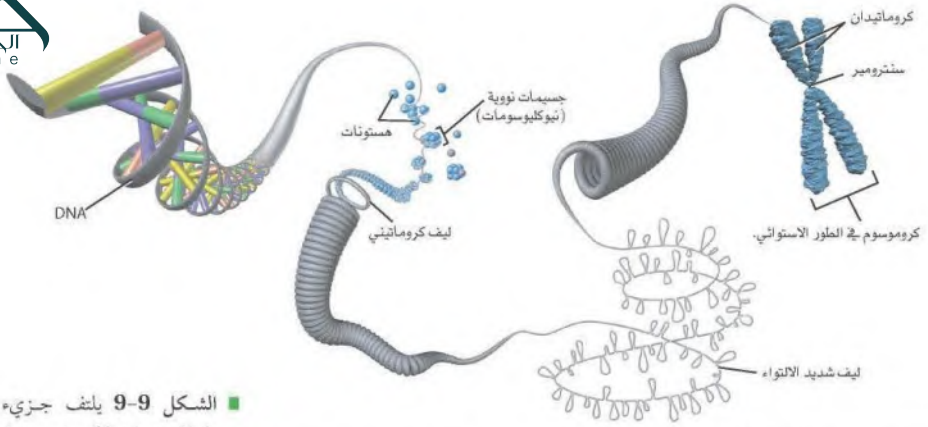
الاتجاه Orientation من الصفات الفريدة لجزيء DNA اتجاه أو ترتيب السلسلتين؛ حيث يمكن ترقيم الكربون في المركبات العضوية (وهي هنا السكر). ويوضح الشكل 8-9 اتجاه ذرات الكربون المرقمة في جزيئات السكر في كل سلسلة من سلاسل DNA. فتكون بداية الارتباط في السلسلة العلوية عند الكربون رقم 5 في سكر الرايبوز فتسمى 5' (يُقرأ "خمسة شرطة") وينتهي الارتباط عند الكربون رقم 3 في سكر الرايبوز عند نهاية السلسلة، فتسمى 3' (يُقرأ "ثلاثة شرطة"). ويقال إن السلسلة تترتب من 5' إلى 3'. بينما تترتب السلسلة الأخرى الموازية في الاتجاه المعاكس من 3' إلى 5'.

ترتيب السلسلتين هذا يُسمى التوازي المتعاكس. ملاحظ الشكل 8-9. وهناك طريقة أخرى توضح الترتيب التوازي المتعاكس لسلسلتى DNA بأخذ قلمي رصاص ووضعهما بحيث يكون رأس أحدهما بجوار ممحاة القلم الآخر.

التركيب البنائي للكروموسوم Chromosome Structure

يوجد جزيء DNA في المخلوقات الحية البدائية النوى في السيتوبلازم، ويتكون بشكل أساسي من حلقة من DNA ويرتبط مع البروتينات، في حين يترتب DNA في المخلوقات الحية الحقيقية النوى في صورة كروموسومات منفردة. يتكون الكروموسوم في الإنسان من 51 مليوناً إلى 245 مليون زوج من القواعد النيتروجينية. وإذا تم بسط سلسلة DNA مكونة من 140 مليون نيوكليوتيد في خط مستقيم فإن طوله سيبلغ 5 cm تقريباً. فكيف يمكن لكمية DNA هذه أن تترتب داخل خلية مجهرية؟

■ الشكل 8-9 تترتب سلسلتا DNA على نحو متوازٍ ومتعاكس ويكوّنان جزيء DNA الحلزوني. **هسر** لماذا سميت نهايتا سلسلتي جزيء DNA بـ 3' و 5'؟



الشكل 9-9 يلتف جزيء DNA

حول المستويات ليكون جسيمات نووية (نيوكليوسومات)، تلتف بدورها لتكوّن أليافاً كروماتينية. وتلتف ألياف الكروماتين بشدة لتكوين الكروموسومات التي تكون واضحة في أثناء الطور الاستوائي للانقسام المتساوي.

لكي يترتب جزيء DNA داخل نواة خلية حقيقية النواة فإنه يلتف حول مجموعة من البروتينات تشبه الخرز تسمى الهستونات، كما في الشكل 9-9. ولأن مجموعات الفوسفات في DNA تحمل شحنة سالبة، فهي تجذب جزيئات DNA إلى بروتينات الهستون الموجبة الشحنة، فتكوّن جسمًا نوويًا (نيوكليوسوم) nucleosome، ثم تتجمع النيوكليوسومات معًا لتكوّن أليافاً كروماتينية، يلتف بعضها على بعض لتكوّن تركيب DNA المعروف بالكروموسوم.

التقويم 9-1

الخلاصة

- تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفرى أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
 - وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
 - تنص قاعدة تشارجاف على أنه - في جزيء DNA - كمية السايروسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين.
 - وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.
- فهم الأفكار الرئيسية :**
1. العنزة الرئيسية لخص تجارب جريفيث وأفرى التي أشارت إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
 2. صف البيانات التي استعملها واطسون وكريك في تحديد تركيب جزيء DNA.
 3. ارسم وعنون الأجزاء في قطعة DNA، مبيّناً الشكل الحلزوني لهذا الجزيء وارتباط القواعد النيتروجينية المتممة.
 4. صف تركيب الكروموسومات في المخلوقات الحية الحقيقية النوى.
- التفكير الناقد**
5. صف خاصيتين يحتاج إليهما جزيء DNA لكي يؤدي دوره بوصفه مادة الوراثة.
 6. قوم قرار هيرشي وتشيس في استعمال الفوسفور والكبريت المشعّين في تجاربهما. وهل كان يمكن استخدام الكربون أو الأكسجين كبديلين؟ ولماذا؟

تضاعف DNA

Replication of DNA

الأهداف

- تُلخّص دور الإنزيمات في تضاعف DNA.
- تفسّر كيف يتم بناء السلسلة الرئيسية والسلسلة الثانوية بصورة مختلفة كل منهما عن الأخرى.

الفكرة الرئيسة يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية. **الربط مع الحياة** عندما تستخدم آلة التصوير فإنك تتوقع أن تكون النسخ طبق الأصل. إن عمل نسخة تحوي أخطاءً لم تكن موجودة في الأصل غير مفيد. وكذلك، فكّر كيف يستطيع جسمك عمل نسخ من DNA؟

مراجعة المفردات

القالب، جزيء الـ DNA الذي يُعد النمط (الأساس) اللازم لبناء سلسلة DNA جديدة.

المفردات الجديدة

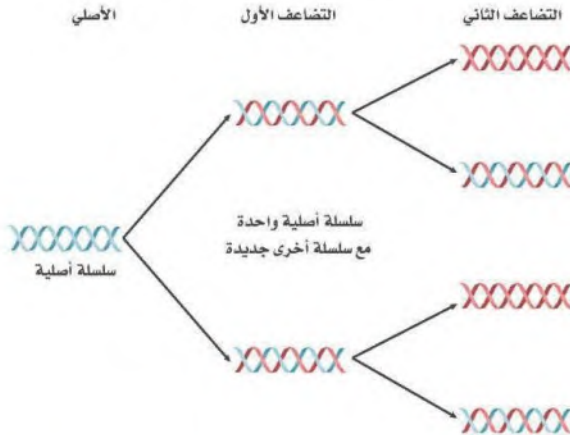
التضاعف شبه المحافظ.
إنزيم بلمرة DNA
قطعة أوكازاكي.

تضاعف DNA شبه المحافظ Semiconservative Replication

اقترح واطسون وكريك طريقة محتملة لتضاعف جزيء DNA، وهو ما يسمى عملية التضاعف شبه المحافظ؛ حيث تنفصل خلال التضاعف شبه المحافظ semiconservative replication سلاسل DNA الأصلية لتعمل بوصفها قوالب templates، وتبدأ عملية التضاعف، فينتج جزيء DNA مكوّن من سلسلة أصلية وأخرى جديدة. درست من قبل أن تضاعف DNA يحدث في الطور البيئي للانقسام المتساوي أو المنصف. تتضمن عملية التضاعف شبه المحافظ ثلاث مراحل، هي: فك الالتواء، وارتباط القواعد في أزواج، وإعادة ربط السلاسل، كما في الشكل 9-10.

فك الالتواء Unwinding يسمى الإنزيم المسؤول عن فك الالتواء وفصل جزيء DNA الحلزوني المزدوج إنزيم فك الالتواء (هيليكيز helicase).

التضاعف شبه المحافظ



■ الشكل 9-10 في التضاعف شبه المحافظ، تنفصل سلاسل DNA الأصلية بعضها عن بعض، وتصبح حجر الأساس في إنتاج جزيء DNA جديدين، يمكنها بعد ذلك الانفصال لإنتاج أربعة جزيئات DNA أخرى.

تجربة 2 - 9

نموذج تضاعف DNA

كيف يتضاعف جزيء DNA؟ استعمل نموذجًا يوضح تضاعف جزيء DNA على نحو أفضل.

خطوات العمل

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل نموذج DNA الخاص بك من التجربة 1-9، وقطعًا إضافية لعمل نموذج لتضاعف قطعة DNA الخاصة بك.
3. استعمل نموذجك لتوضيح تضاعف DNA لطلاب صفك، وحدد الإثريبات التي تدخل في كل خطوة.

التحليل

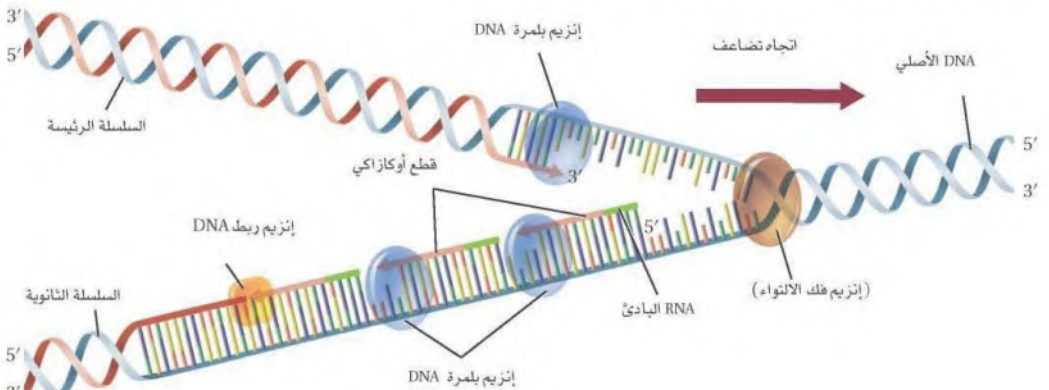
1. فسر. كيف يوضح نموذج تضاعف DNA الخاص بك التضاعف شبه المحافظ؟
2. استنتج. كيف يؤثر غياب إنزيم ربط DNA في تضاعف DNA في الخلية؟
3. حدد. أين يمكن أن تحدث الأخطاء في عملية التضاعف؟

وعندما تنفصل سلاسل الحلزون المزدوج تتكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد، فتتكوّن سلاسل DNA منفردة. ثم تقوم بروتينات تُسمى البروتينات المرتبطة مع السلاسل المنفردة، بالارتباط بجزيء DNA لضمان بقاء السلاسل منفصلة بعضها عن بعض خلال عملية التضاعف. وبعد الانتهاء من فك التواء الحلزون يقوم إنزيم آخر يُسمى إنزيم RNA البادئ (RNA primase) بإضافة قطعة صغيرة من RNA، تسمى قطعة RNA الأولية، إلى كل سلسلة من سلاسل DNA.

ارتباط القواعد في أزواج Base pairing يحفز إنزيم بلمرة DNA إضافة النيوكليوتيدات المناسبة إلى سلسلة DNA الجديدة. تضاف النيوكليوتيدات إلى النهاية (الطرف) 3' في السلسلة الجديدة، كما في الشكل 11-9. تذكر أن كل قاعدة نيتروجينية ترتبط بالقاعدة النيتروجينية المتممة لها فقط - مثلًا القاعدة النيتروجينية A ترتبط مع T، و C ترتبط مع G. وهذه الطريقة تسمح بإنتاج نسخ متماثلة من جزيء DNA الحلزوني المزدوج الأصلي. يبين الشكل 11-9 أن السلسلتين تُصنعان بطريقتين مختلفتين قليلاً. فإحدهما تُسمى السلسلة الرئيسة، ويزداد طولها عندما يتم فك الالتواء في اتجاه شوكة التضاعف. ويتم إنتاج هذه السلسلة بإضافة النيوكليوتيدات بشكل متواصل إلى النهاية.

الحلول اون لاين hü l u l . o n l i n e

■ الشكل 11-9: تنفصل سلسلتا DNA إحداهما عن الأخرى خلال عملية التضاعف، وعندئذ يتم استعمال السلسلة الأصلية على أنها حجر الأساس للسلسلة الجديدة. استنتج. لماذا تكون السلسلة الثانوية قطعًا بدلاً من أن تُصنع بشكل متصل؟



أما سلسلة DNA الأخرى فتسمى السلسلة الثانوية، ويزداد طولها في اتجاه شوكة التضاعف. وتُصنع هذه السلسلة بشكل غير متواصل، وفي طويرة قطع تُسمى **قطع أوكازاكي** Okazaki fragments، باستخدام إنزيم بلمرة DNA وفي الاتجاه من 3' إلى 5'. يتم ربط هذه القطع لاحقاً بإنزيم ربط DNA (ligase). ويبلغ طول كل قطعة من قطع أوكازاكي نحو 100 - 200 نيوكليوتيد في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. ولما كانت إحدى السلاسل تُصنع بشكل متواصل والأخرى تُصنع بشكل غير متواصل فإن تضاعف DNA يُسمى شبه المتقطع، وكذلك شبه المحافظ.

✓ **ماذا قرأت؟** فسّر كيف يضمن ارتباط القواعد في أزواج خلال التضاعف أن السلسلة المتكونة متطابقة مع السلسلة الأصلية؟

إعادة ربط السلاسل Joining على الرغم من أن السلسلة الأصلية تُصنع بشكل متواصل فإن تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى يبدأ عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم، وعندما يصل إنزيم بلمرة DNA إلى RNA البادئ فإنه يزيل البادئ ويستبدل به نيوكليوتيدات DNA. ثم يقوم إنزيم ربط DNA بربط الجزأين.

التقويم 2-9

الخلاصة

- تسهم الإنزيمات (إنزيم فك التواء DNA، وإنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA، وإنزيم ربط DNA) في عملية تضاعف DNA.
- تُصنع السلسلة الرئيسة بصورة متواصلة، أما السلسلة الثانوية فتُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي.
- يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الغدة الرئيسة** بين ترتيب السلسلة الأساس إذا كان ترتيب القواعد في السلسلة المتممة هو $3' \text{ATGGGCGC} 5'$
2. صف دور الإنزيمات التالية في تضاعف DNA: فك التواء DNA، بلمرة DNA، ربط DNA.
3. ارسم شكلاً يبين آلية إنتاج السلسلتين الرئيسة والثانوية.
4. ناقش. لماذا يكون تضاعف جزئي DNA في الخلايا الحقيقية النوى أكثر تعقيداً من البكتيريا؟

التفكير الناقد

5. **الرياضيات في علم الأحياء** إذا كانت بكتيريا *E. coli* تصنع DNA بمعدل 100,000 نيوكليوتيد في الدقيقة، وتستغرق 30 دقيقة لتضاعف جزئي DNA الخاص بها، فما عدد أزواج القواعد النيتروجينية في كروموسوم *E. coli*؟

DNA، و RNA، والبروتين

DNA, RNA, and Protein

الفكرة الرئيسية تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.

الربط مع الحياة يكتب مبرمجو الحاسوب برامجهم بلغة معينة، أو شفرة. ويُصمّم الحاسوب لقراءة الشفرة وأداء وظائفها. وكذلك يحتوي DNA على شفرة، مثل شفرة البرمجة، تحفز الخلية على أداء عملها.

المبدأ الأساسي Central Dogma

إحدى خصائص الـ DNA المهمة، والتي لم تُحل بعد اكتشاف وإطسبون وكريك، هي كيف يستخدم الـ DNA بوصفه شفرة وراثية ضرورية في بناء البروتين؛ حيث تعمل هذه البروتينات بوصفها وحدات بنائية للخلايا والإنزيمات.

وقد بين علماء الوراثة أن آلية قراءة الجينات والتعبير عنها تتم من DNA إلى RNA، ثم إلى البروتينات. وتحدث هذه العملية في جميع المخلوقات الحية، بدءاً من البكتيريا حتى الإنسان. ويسمي العلماء هذه الآليات المبدأ الأساسي في علم الأحياء: تُنسخ شفرات DNA إلى RNA الذي يوجه عملية بناء البروتين.

جزء RNA حمض نووي شبيه بـ DNA. يتكون RNA من سكر ريبوز، والقاعدة النيتروجينية اليوراسيل بدلاً من الثايمين الموجود في DNA، وهو عادة شريط متفرد. وهناك ثلاثة أنواع من RNA موجودة في الخلايا الحية، هي: **جزيئات RNA الرسول messenger RNA (mRNA)**، وهي سلاسل طويلة من نيوكليوتيدات RNA بوصفها سلسلة متممة لسلسلة واحدة من DNA، وتنتقل من النواة إلى الريبوسومات لتوجه بناء بروتين محدد. و**RNA الريبوسومي ribosomal RNA (rRNA)**، وهو نوع من RNA يرتبط مع البروتينات ليكون الريبوسومات في السيتوبلازم. أما النوع الثالث من RNA فهو **RNA الناقل transfer RNA (tRNA)**، وهو قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA تنقل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات. ويقارن الجدول 2-9 بين تركيب الأنواع الثلاثة من RNA ووظائفها.

الأهداف

- تفسر كيف يشارك RNA الرسول، و RNA الريبوسومي، و RNA الناقل في نسخ الجينات وترجمتها.
- تخلص دور إنزيم بلمرة RNA في بناء RNA الرسول.
- تصف كيف يتم نسخ شفرة DNA إلى RNA الرسول، واستخدامها في بناء بروتين معين.

مراجعة المفردات

البناء، تركيب أجزاء أو ارتباط بعضها مع بعض لتكوين شيء كامل.

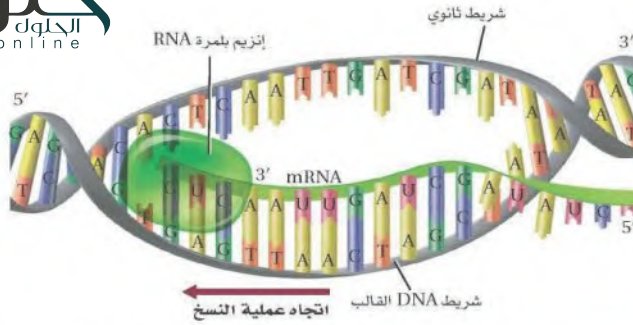
المفردات الجديدة

- RNA
- RNA الرسول
- RNA الريبوسومي
- RNA الناقل
- عملية النسخ
- إنزيم بلمرة RNA
- إنزيم
- الإكسون
- الشفرة الوراثية
- عملية الترجمة.

مقارنة بين أنواع RNA الثلاثة

الجدول 2-9

الاسم	mRNA	rRNA	tRNA
الوظيفة	يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة ليوجه بناء البروتينات في السيتوبلازم.	يرتبط مع البروتينات لبناء الريبوسومات.	ينقل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات.
مثال			



الشكل 9-12 يتم بناء جزيء RNA في الاتجاه من 5' إلى 3'.
حدّد الإنزيم الذي يضيف النيوكليوتيدات إلى RNA في أثناء تكوّنه.



King Faisal
PRIZE

عملية النسخ Transcription تتضمن الخطوة الأولى في بناء RNA من DNA عملية تُسمى **النسخ transcription**. وتنتقل خلال هذه العملية شفرة DNA إلى mRNA في النواة. ويمكن بعد ذلك mRNA أن يأخذ الشفرة إلى السيتوبلازم لبناء البروتين. تتبع عملية النسخ في الشكل 9-12. ينفك التواء DNA جزئياً في النواة، ثم يرتبط به **إنزيم بلمرة RNA RNA polymerase**، وهو إنزيم يوجه بناء RNA، بارتباطه في منطقة محددة؛ حيث تبدأ عملية بناء mRNA. وكلما انفكت سلسلة DNA قام إنزيم بلمرة RNA ببناء mRNA، كما يتحرك على طول أحد سلاسل DNA في الاتجاه 3' إلى 5'. وتسمى سلسلة DNA التي يقرؤها إنزيم بلمرة RNA بالسلسلة الأساسية (القالب). وسلسلة mRNA سلسلة متممة لنيوكليوتيدات DNA. وتُصنع نسخة RNA الرسول في الاتجاه 5' إلى 3'، بإضافة كل نيوكليوتيد RNA جديد إلى الجهة 3'. حيث يحل اليوراسيل محل الثايمين عند بناء جزيء mRNA. وفي النهاية ينتج mRNA، وينفصل إنزيم بلمرة RNA عن DNA. ويتحرك mRNA الجديد بعد ذلك من النواة إلى السيتوبلازم عبر الثقوب النووية.

✓ **ماذا قرأت؟** وضح الاتجاه الذي تنسخ فيه سلسلة mRNA.

معالجة RNA RNA processing عندما قارن العلماء مناطق الشفرة بين DNA و RNA الذي ينتج في نهاية الأمر البروتين وجدوا أن شفرة mRNA أقصر من شفرة DNA. وبعد الفحص الدقيق اكتشفوا أن الشفرة على DNA تحوي قطعاً متسلسلة ومرتبّة غير موجودة في RNA النهائي، وتسمى هذه القطع **الإنترونات** (المناطق غير المشفرة) introns. أما القطع الفعّالة التي تبقى في RNA النهائي فتُسمى **الإكسونات** (المناطق المشفرة) exons. في المخلوقات الحية الحقيقية النوى يُسمى mRNA الأصلي الذي ينتج في النواة أحياناً mRNA الأولي (غير المعالج)، ويحوي شفرة DNA كلها. وقبل أن يغادر RNA الأولي النواة يتم التخلص من الإنترونات فيه. ومن معالجات mRNA الأولي الأخرى إضافة غلاف واق على النهاية 5'، وكذلك إضافة ذيل مكوّن من نيوكليوتيدات الأدينين يُسمى عديد الأدينين على النهاية 3' من mRNA. وقد أظهرت الأبحاث أن الغلاف الواق يُساعد أيضاً على تعرّف الرايبوسومات رغم أن أهمية عديد الأدينين A ما زالت غير معروفة.



مُنح البروفيسور سلمي برونر جائزة الملك فيصل فرع / العلوم عام ١٤١٢هـ؛ لاكتشافه طريقة تفكيك الرموز الثلاثية التي ترمز للمركبات الكيميائية التي يتكوّن منها المخلوق الحي. وقد كشف عن وجود الثلاثيات التي تختم السلسلة في المورثة. وكان أعظم اكتشاف تجريبي له اكتشافه وجود "R.N.A" للوراثات الذي ينقل عن "D.N.A" خازن الوراثة، ومعلوماته، ويحملها إلى حيث تُستعمل لصنع البروتينات. وبذلك اكتمل اكتشاف السلسلة التي يتم بها انتقال المعلومات من المورثة إلى البروتين. وهذا الاكتشاف هو الذي يلي في أهميته مباشرة اكتشاف بنيتها "D.N.A" التي هي أساس كل علم الحياة الجزيئي المعاصر.

المصدر: موقع جائزة الملك فيصل / فرع العلوم

<http://kingfaisalprize.org/ar/science/>

المطويات

ضمّن مطوبتك معلومات من هذا القسم.

الشفرة The Code

	القاعدة الثانية				القاعدة الثالثة
	U	C	A	G	
U	UUU phenylalanine	UCU serine	UAU tyrosine	UGU cysteine	U
	UUC phenylalanine	UCC serine	UAC tyrosine	UGC cysteine	C
	UUA leucine	UCA serine	UAA توقف	UGA توقف	A
	UUG leucine	UGG serine	UAG توقف	UGG tryptophan	G
	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine	U
	CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine	C
C	CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine	A
	CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine	G
	AUU isoleucine	ACU threonine	AAU asparagine	AGU serine	U
	AUC isoleucine	ACC threonine	AAC asparagine	AGC serine	C
A	AUA isoleucine	ACA threonine	AAA lysine	AGA arginine	A
	AUG (بدء) methionine	ACG threonine	AAG lysine	AGG arginine	G
	GUU valine	GCU alanine	GAU aspartate	GGU glycine	U
G	GUC valine	GCC alanine	GAC aspartate	GGC glycine	C
	GUA valine	GCA alanine	GAA glutamate	GGA glycine	A
	GUG valine	GCG alanine	GAG glutamate	GGG glycine	G

بدأ علماء الأحياء يفترضون أن تعليمات بناء البروتين موجودة في DNA. لقد عرفوا أن الطريقة الوحيدة التي يختلف فيها DNA بين المخلوقات الحية هي ترتيب القواعد. كما عرف العلماء أيضاً أن هناك 20 حمضاً أمينياً تُستخدم في صناعة البروتينات، لذا فقد عرفوا أن DNA يجب أن يوفر على الأقل 20 شفرة وراثية مختلفة.

الربط مع الرياضيات إذا كانت كل قاعدة نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإن القواعد النيتروجينية الأربع تكون مسؤولة عن أربعة أحماض أمينية فقط. أما عندما يكون كل زوج من القواعد النيتروجينية مسؤولاً عن حمض أميني واحد فإن القواعد الأربع تكون مسؤولة عن 4×4 أو 4^2 حمضاً أمينياً. لكن إذا كانت مجموعة من ثلاث قواعد نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإنها مسؤولة عن 4^3 أو 64 حمضاً أمينياً محتملاً. وهذا يوفر شفرات أكثر من المطلوب لعشرين حمضاً أمينياً، وهي أصغر تركيب محتمل للقواعد لكي يوفر شفرات كافية للأحماض الأمينية. وهذا لا يعني أن الشفرة موجودة في أزواج القواعد نفسها، ولكنها موجودة على طول سلاسل DNA. وبيئت التجارب في ستينيات

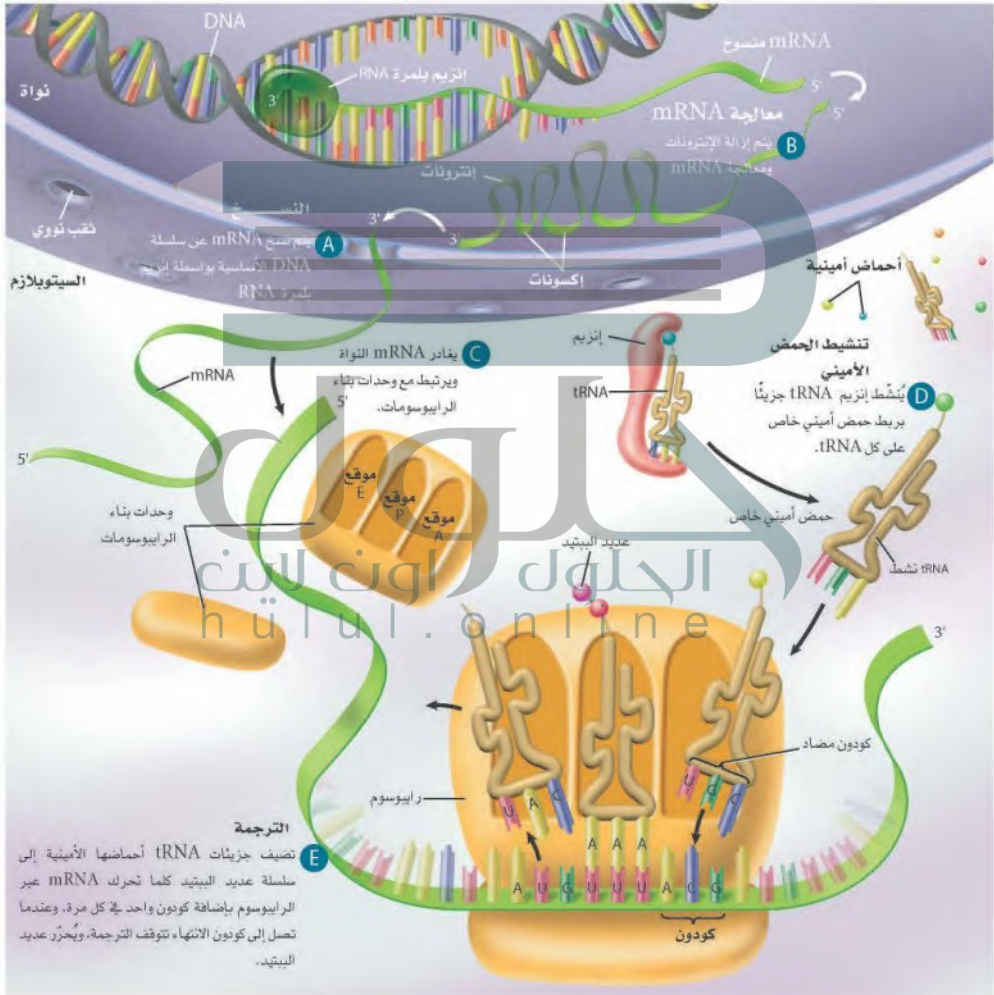
■ الشكل 13-9 يقدّم معجم " الشفرة الوراثية هذا في معرفة الكودونات الخاصة بالأحماض الأمينية. حدّد الترتيب المحتمل للكودونات التي يمكن أن ينتج عنها سلسلة الأحماض الأمينية التالية: بدء-سيرين-هستيدين-ترينوفان-انتهاء.

القرن السابق أن الشفرة في DNA هي فعلاً شفرة مكونة من ثلاث قواعد نيتروجينية. وتسمى الشفرة الثلاثية القواعد النيتروجينية في DNA أو mRNA الشفرة الوراثية (الكودون) codon؛ حيث يتم نسخ القواعد الثلاثة كلها المكونة للكودون في DNA إلى شفرة في mRNA. وبين الشكل 13-9 "معجم" الشفرة الوراثية. لاحظ أن الكودونات كلها - ما عدا ثلاثة منها هي كودونات الانتهاء - تحدد حمضاً أمينياً واحداً. أما الكودون AUG فمسؤول عن الحمض الأميني الميثيونين، وهو أيضاً يعمل عمل كودون بدء.

الترجمة Translation عندما يُصنع mRNA وتتم معالجته ينتقل نحو الرايوسومات. وهذا يعني أن mRNA يجب أن يغادر النواة ويدخل السيتوبلازم في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. وعندما يصبح في السيتوبلازم ترتبط النهاية 5' بالرايوسوم. فتبدأ هنا قراءة الشفرة وترجمتها لبناء بروتين من خلال عملية تُسمى الترجمة translation. تتبع الشكل 14-9 وأنت تدرس الترجمة.

في الترجمة تعمل جزيئات tRNA عمل مفسرات لترتيب الكودونات على mRNA. وينطوي tRNA على شكل ورقة البرسيم، ويتم تنشيطه بإنزيم يعمل على ربط حمض أميني محدد على النهاية 3'. وفي منتصف الشريط المطوي هناك ترتيب مكون من 3 قواعد نيتروجينية يُسمى الكودون (شفرة) المضاد. وكل كودون مضاد متمم للكودون على mRNA. وعلى الرغم من أن الشفرة على DNA و RNA تُقرأ من 5' إلى 3' فإن قراءة الكودون المضاد تكون من 3' إلى 5'.

الشكل 9-14 تحدث عملية النسخ في النواة. أما الترجمة فتحدث في السيتوبلازم وينتج عنها عديد الببتيد (البروتين).



إرشادات الدراسة

المخطط: ارسم مخططاً يربط بين عملية تضاعف DNA، وعملية النسخ والترجمة.

دور الريبوسوم The role of ribosome يتكون الريبوسوم من وحدتين بنائيتين، الشكل 14-9. وهاتان الوحدتان لا تكونان مرتبطتين معاً عندما لا تدخلان ضمن عملية ترجمة البروتين. وعندما يترك mRNA النواة تجتمع وحدتا الريبوسوم معاً وترتبطان بـ mRNA لإنتاج الريبوسوم الفعال. وعندما يتم ارتباط mRNA مع الريبوسوم يتحرك tRNA مع كودونه المضاد CAU الذي يحمل الميثيونين، ويرتبط مع كودون البدء -AUG- على mRNA على النهاية 5' من mRNA. يوجد في تركيب الريبوسوم أخدود (شق) يسمى الموقع P، الذي يتحرك نحوه tRNA المتمسك بـ mRNA. ثم يتحرك tRNA آخر نحو أخدود آخر في الريبوسوم يسمى الموقع A، يحوي الكودون الثاني لـ mRNA، هو UUU الذي يشفر الحمض الأميني فينيل ألانين؛ ويكون كودونه المضاد على tRNA هو AAA.

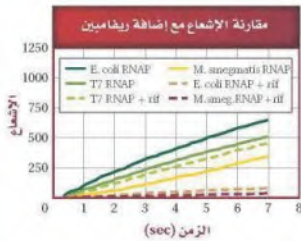
يعمل جزء من tRNA في الريبوسوم عمل إنزيم محفز لتكوين رابطة بين الحمض الأميني الجديد في الموقع A والحمض الأميني في الموقع P. وعندما يتم ربط الحمضين الأمينيين ينتقل tRNA في الموقع P إلى الموقع الثالث، ويسمى الموقع E، حيث يغادر tRNA الريبوسوم. ويتحرك الريبوسوم بعد ذلك، حيث يتغير موقع tRNA في الأخدود A إلى الموقع P، الشكل 14-9. سيدخل الآن tRNA جديد في الموقع A، متمماً الكودون الجديد التالي على mRNA.

مختبر تحليل البيانات 9-1

بناءً على بيانات حقيقية

فسر البيانات

البيانات والملاحظات



كيف يمكن للفيروس أن يؤثر في عملية النسخ؟ لدراسة عملية بناء RNA استعمل العلماء جزيئاً عميراً بإمادة مشعة لتتبع الجزيئات. يصبح هذا الجزيء مضيقاً (مشعاً) عندما يرتبط مع RNA حديث التكوّن، وتزداد الإضاءة كلما زاد طول سلسلة RNA. لذا يمكن استعمال هذا الجزيء المميز في تتبع بناء RNA. وقد أضاف العلماء في هذه التجربة المضاد الحيوي ريفامبين (rif) إلى إنزيمات بلعمر RNA مستخرجة من فيروس (T7 RNAP) و *E. coli* (*E. coli* RNAP) و *Mycobacterium smegmatis* (*M. smegmatis* RNAP) ثم تتبعوا بناء RNA.

التفكير الناقد

1. صف العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل تجربة لم يتم إضافة الريفامبين إليها.
2. استنتج. لإلام تشير العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل حالة يضاف إليها الريفامبين؟
3. فسّر. أي جزيئات RNA في المخلوقات الحية السابقة تأثر بناؤها أكثر بالمضاد الحيوي ريفامبين؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

وتستمر عملية إضافة وربط الأحماض الأمينية بالتتابع الذي يحمله mRNA ويستمر الرايوسوم في التحرك إلى أن يدخل الموقع A كودون انتهاء، حيث يؤثر كودون الانتهاء إلى نهاية تصنيع البروتين، ولا يوجد لهذا الكودون كودون مضاد على tRNA. وهناك بروتينات تسمى عوامل الإطلاق (عوامل فك الارتباط)، تحرر mRNA من آخر tRNA تم ترجمته، ثم تفكك وحدات بناء الرايوسوم، منهيّة بذلك بناء البروتين.

التقويم 9-3

الخلاصة

- يدخل ثلاثة أنواع رئيسية من RNA في تصنيع البروتين هي: mRNA، و tRNA، و rRNA.
 - تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ.
 - الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايوسوم وتصنيع البروتين.
 - يحتوي mRNA في المخلوقات الحية الحقيقية النواة على إشارات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.
- فهم الأفكار الرئيسية**
1. العنصر الرئيسي: تخص العملية
 2. صف وظيفة كل مما يأتي في تصنيع البروتين: tRNA، و rRNA، و mRNA.
 3. فرق بين الكودونات والكودونات المضادة.
 4. وضح دور إنزيم بلمرة RNA في بناء mRNA.
 5. الرياضيات في علم الأحياء
- التفكير الناقد**
- إذا كانت الشفرة الوراثية التي تمثل الحمض الأميني تتكون من أربع قواعد في كل كودون بدلاً من ثلاث، فما عدد الكودونات التي يمكن الحصول عليها؟

التنظيم الجيني والطفرة

Gene Regulation and Mutation

الأهداف

- تصف كيف يمكن للبكتيريا أن تنظم جيناتها.
- تناقش كيف تُنظم الخلايا الحقيقية النوى عملية نسخ الجين.
- تلخص الأنواع المختلفة من الطفرات.
- تصف كيف تساعد الهندسة الوراثية على التحكم في DNA.
- تلخص استعمال الهندسة الوراثية في تحسين حياة الإنسان.
- تفسر كيف تستعمل المعلومات من الجينوم البشري في تعرّف وظائف الجينات في الإنسان.

الفكرة الرئيسة يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن أن تؤثر الطفرات في هذا التعبير.

الربط مع الحياة عندما تكتب جملة على الحاسوب، من المهم أن يُطبع كل حرف بصورة صحيحة. فجملة "السيارة تسير في الشارع" مثلاً تختلف عن جملة "الطيارة تسير في الشارع". فعلى الرغم من أن الاختلاف في حرف واحد إلا أن الجملتين تختلفان في المعنى تمامًا.

التنظيم الجيني في الخلايا بدائية النوى

Prokaryote Gene Regulation

كيف تنظم الخلايا بدائية النوى الجينات التي يتم نسخها في وقت محدد من حياة المخلوق الحي؟ **التنظيم الجيني** gene regulation هو قدرة المخلوق الحي على التحكم في اختيار أي الجينات تنسخ استجابة للبيئة. ففي بدايات النوى تتحكم المنطقة الفعالة عادةً في نسخ الجينات استجابةً للتغيرات البيئية. **المنطقة الفعالة** Operon هي قطعة من DNA تحتوي على جينات تشفر بروتينات ضرورية لعملية أيض محددة. وتضم المنطقة الفعالة الأجزاء الآتية: المشغل، والمحفز، وجيناً منظماً، والجينات التي تشفر البروتينات. فالمشغل قطعة من DNA تعمل عمل مفتاح لبدء النسخ وإيقافه. أما المحفز فهو قطعة DNA أخرى، تقع حيث يرتبط إنزيم بلمرة RNA مع بداية جزيء DNA. وتستخدم بكتيريا *E. coli* إلى التريبتوفان، وهو حمض أميني، وإلى سكر اللاكتوز، من خلال منطقتين فعاليتين اثنتين هما: منطقة تربتوفان الفعالة، منطقة اللاكتوز.

مراجعة المفردات

بدائيات النوى، مخلوقات ليس لها أعضاء عاظمة بغلاف ولا DNA مرتب على شكل كروموسومات.

المفردات الجديدة

التنظيم الجيني

المنطقة الفعالة

الطفرة

العامل المُسبب للطفرة

الهندسة الوراثية

المخلوقات المعدلة وراثياً

التنظيم الجيني في الخلايا حقيقية النوى

Eukaryote Gene Regulation

يجب أن تتحكم الخلايا حقيقية النوى في الجينات التي سيتم التعبير عنها في أوقات محددة من حياة المخلوق الحي. فالعديد من الجينات يتفاعل بعضها مع بعض في الخلايا الحقيقية النوى، مما يتطلب توافر أكثر من مجرد محفز واحد ومشغل واحد لمجموعة من الجينات. ولما كان تنظيم الخلايا الحقيقية النوى وتركيبها أكثر تعقيداً من الخلايا البدائية النوى فإن ذلك يزيد من تعقيد نظام التحكم.

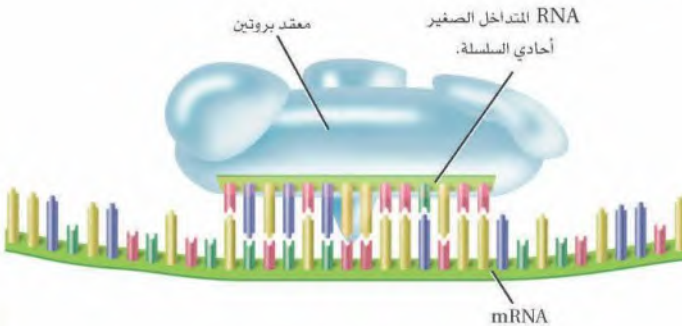
التحكم في عملية النسخ Controlling transcription

التي تتحكم فيها الخلايا الحقيقية النوى بالتعبير الجيني تحدث من خلال بروتينات تُسمى عوامل النسخ؛ حيث تضمن هذه العوامل استعمال الجين في الوقت المناسب، وإنتاج البروتينات بالكميات الصحيحة. وهناك مجموعتان رئيستان من عوامل النسخ هما: عوامل النسخ التي تكوّن مركبات معقدة تنظم إنزيم بلمرة RNA وتوجه ارتباطه بالمنظم. أما المجموعة الأخرى فتشمل بروتينات منظمة تُساعد على التحكم بسرعة النسخ. فعلى سبيل المثال، تقوم بروتينات تُسمى البروتينات النشطة بطّي جزيء DNA؛ حيث تجعل مواقع المحفزات قريبة من المركب المعقد، فتزيد بذلك من سرعة نسخ الجين. وترتبط أيضًا بروتينات مثبطة مع مواقع محددة على DNA تمنع ارتباط المحفزات.

ويعد تعقيد تركيب DNA الخلايا الحقيقية النوى منظّمًا أيضًا لعملية النسخ. تذكر أن DNA الخلايا الحقيقية النوى ملفّ حول الهستونات ليكون جسيمات نووية. ويوفر هذا التركيب بعض التثبيت لعملية النسخ، وعلى الرغم من ذلك فإن البروتينات المنظمة وإنزيم بلمرة RNA ما زالا يستطيعان تنشيط جينات محددة، حتى لو كانت مطوية داخل الجسم النووي.

تداخل RNA interference الطريقة الأخرى لتنظيم جينات الخلايا الحقيقية النوى هي تداخل RNA. حيث تُقطع قطع صغيرة من RNA النائي السلسلة في سيتوبلازم الخلية بواسطة إنزيم يُسمى المقطع. وتُسمى القطع النائية السلسلة الناتجة جزيئات RNA المتداخلة الصغيرة. وترتبط هذه بدورها ببروتين معقد يقوم بدوره بتكسير سلسلة واحدة من RNA. ترتبط السلسلة المفردة الصغيرة الناتجة عن جزيء RNA المتداخل الصغير ومعقد البروتين مع مقاطع محددة ومتسلسلة على mRNA في السيتوبلازم، فتؤدي إلى تقطيع mRNA وبهذا تمنع ترجمته. ويبين الشكل 9-15 RNA المتداخل الصغير أحادي السلسلة والبروتين المعقد مرتبطين بـ mRNA.

✓ **ماذا قرأت؟** هسّر كيف ينظّم تداخل RNA التعبير عن الجينات في الخلايا الحقيقية النوى.



مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأحياء الدقيقة Microbiologist

العالم الذي يدرس الأحياء الدقيقة، وخصوصًا الخلايا البدائية النوى. فقد يدرس أي الجينات تتحكم في إنتاج بروتينات معينة، أو كيف يؤثر بروتين في حياة الخلية.

■ الشكل 9-15 يمكن لتداخل RNA أن يوقف ترجمة رسالة mRNA. صف. كيف يمنع مركب معقد RNA والبروتين ترجمة mRNA؟

المفردات

المفردات الأكاديمية

استبدال Substitution

عملية استبدال شيء بأخر.

استبدال الأدينين بالجوانسين في DNA

يؤدي إلى إنتاج بروتين غير فاعل.....

هل أخطأت ذات مرة في أثناء كتابتك على الحاسوب؟ عندما تكتب قد تضغط مفتاحاً غير مطلوب. وكما يمكن أن تخطئ في أثناء الكتابة، كذلك قد يحدث خللٌ أو اضطرابٌ في أثناء تضاعف الخلايا. هذه الاضطرابات نادرة الحصول، لدى الخلية آليات إصلاح يمكنها أن تصلح بعض الخلل. ففي بعض الأحيان، يحدث تغير دائم في DNA الخلية، وهذا يسمى **الطفرة mutation**. تذكر أن أحد الأنماط الوراثية التي درسها مندل هي بذور البازلاء المجعدة والملساء. ومن المعروف اليوم أن الطراز الشكلي المجعد لهذه البذور مرتبط مع غياب إنزيم يؤثر في شكل جزيئات النشا في البذور. ولما كانت الطفرة في الجين تسبب تغيراً في البروتين الذي يُصنع فإن الإنزيم يكون غير نشيط.

أنواع الطفرات Types of mutations تتراوح الطفرات بين تغيرات تحدث

في زوج واحد من القواعد في سلسلة شفرات DNA إلى حذف قطع كبيرة من الكروموسومات. وتتضمن الطفرات النقطية (الجينية) تغيراً كيميائياً في زوج واحد من القواعد، مما قد يكون كافياً لإحداث خلل وراثي. فالطفرة النقطية التي يستبدل فيها زوج قواعد بأخر تُسمى الاستبدال. ومعظم طفرات الاستبدال هي طفرات حساسة (مؤثرة) missenses؛ حيث تتغير الشفرة الوراثية فتصبح لحمض أميني آخر نتيجة خلل ما. ومن طفرات الاستبدال الأخرى طفرات تُسمى غير الحساسة nonsense، وهنا يتغير كودون الحمض الأميني إلى كودون توقف. وتؤدي الطفرات غير الحساسة إلى توقف الترجمة مبكراً. كما تؤدي جميع الطفرات غير الحساسة تقريباً إلى بروتينات لا تعمل بشكل طبيعي. وهناك نوع آخر من الطفرات قد تحدث، يتضمن كسب نيوكليوتيد واحد أو خسارته ضمن تسلسل القواعد النيتروجينية على جزيء DNA. وتُسمى عملية إضافة نيوكليوتيد إلى تسلسل القواعد على DNA طفرات الإضافة. أما فقدان نيوكليوتيد فيسمى طفرات الحذف. وكلا النوعين من الطفرات يغير مضاعفات الكودونات الثلاثية، من نقطة الإضافة أو الحذف، وهو ما يسمى طفرات الإزاحة؛ لأنها تغير ترتيب الأحماض الأمينية. ويوضح الجدول 3-9 الأنواع المختلفة من الطفرات وتأثيرها في تسلسل DNA.

ترتبط الطفرات في بعض الأحيان بمرض أو خلل وراثي معين. ومن الأمثلة على ذلك مرض الكابتونيوريا الذي درسته سابقاً. فالمرضى الذين يعانون من هذا الخلل مصابون بطفرة في DNA المسؤول عن إنزيم يدخل في هضم الحمض الأميني فينيل ألانين. وتؤدي هذه الطفرة إلى وجود حمض الهوموجنتيسيك الأسود اللون الذي يغير لون البول. وقد أظهرت الدراسات أن مرضى الكابتونيوريا مصابون بنسب عالية من طفرات الإزاحة والطفرات الحساسة في منطقة محددة من جزيء DNA الخاص بهم.

الطفرات		الجدول 3-9
مثال على مرض مرتبط بالطفرة	جملة للمحاكاة	نوع الطفرة
	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT	طبيعي
عدم نمو الغضروف، تكوّن غير طبيعي للغضروف على أطراف العظام الطويلة للأذرع والأرجل؛ مما يؤدي إلى نوع من القزامة.	THE BIZ FAT CAT ATE THE WET RAT	الطفرات الجساسة (استبدال)
ضمور العضلات، خلل عضلي شديد يزداد مع تقدم السن، ويتميز بضعف العديد من العضلات في الجسم.	THE BIG RAT	غير الجساسة (استبدال)
التليف الكيسي؛ يتميز بمخاط غير طبيعي كثيف في الرئتين، والأمعاء والبنكرياس.	THB IGF ATC ATA TET HEW ETR AT	الحذف (تسبب طفرة إزاحة)
مرض كرون، التهاب حاد في الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى إسهال متكرر، ألم في البطن، دُوار، حمى، فقدان وزن.	THE BIG ZFA TCA TAT ETH EWE TRA	الإضافة (تسبب طفرة إزاحة)
مرض شاركووت - ماري - توث (النوع A1)، تلف الأعصاب الطرفية مما يؤدي إلى ضعف وتآكل في عضلات اليدين والأطراف السفلى.	THE BIG FAT FAT CAT ATE THE WET RAT	تضاعف
مرض هنتنغتون؛ مرض شديد يزداد مع تقدم السن، تتناقص فيه خلايا الدماغ، مسببًا حركات غير مسيطر عليها، وتقلبات عاطفية، وتلفًا عقليًا.	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT CAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT	توسيع الطفرة (تكرارات متتابعة) الجيل 1 الجيل 2 الجيل 3

ويمكن أيضًا لأجزاء كبيرة من DNA أن تشترك في طفرة؛ فقد تحذف قطعة من كروموسوم تجوي جينا واحدًا أو أكثر من الجينات أو تنتقل إلى موقع مختلف على الكروموسوم، أو إلى كروموسوم آخر. وتؤدي إعادة ترتيب الكروموسوم هذه غالبًا إلى تأثيرات شديدة في التعبير عن هذه الجينات.

الربيط والصحة في عام 1991م اكتشف نوع جديد من الطفرات تضمن زيادة في عدد نسخ الكودونات المكررة، تسمى التكرارات المتتابعة. ويبدو أن الزيادة في السلاسل المكررة لها علاقة بعدد من الأمراض الوراثية. وأول مثال معروف هو متلازمة الكروموسوم X الهش، وهي متلازمة تسبب عددًا من الاختلالات العقلية والسلوكية. ويوجد قسم من كودونات CGG تتكرر 30 مرة قريبة من نهاية الكروموسوم X الطبيعي. فالأفراد المصابون بمتلازمة الكروموسوم X الهش لديهم كودونات CGG تتكرر مئات المرات. وسميت بذلك لأن المنطقة المكررة على أطراف الكروموسومات X تبدو وكأنها قطعة هشّة تتدلى من الكروموسوم X، كما في الشكل 9-16.



■ الشكل 9-16 تنتج متلازمة الكروموسوم X الهش عن عدة وحدات CGG متكررة إضافية قريبة من نهاية الكروموسوم X، مما يجعل الطرف السفلي للكروموسوم X يبدو هشًا.

✓ ماذا قرأت؟ صف ثلاثة أنواع من الطفرات.

أسباب الطفرة Causes of mutation قد تحدث بعض الطفرات -وخصوصًا الطفرات النقطية- بصورة تلقائية؛ إذ يضيف إنزيم بلمرة DNA، خلال التضاعف، القاعدة الخطأ. ولأن إنزيم بلمرة DNA قادر على تصحيح الأخطاء فإن نسبة الخطأ في إضافة النيوكليوتيد غير المطلوب هي 1: 100,000 قاعدة نيتروجينية؛ ويفلت من عملية التصحيح ما نسبته 1: بليون.

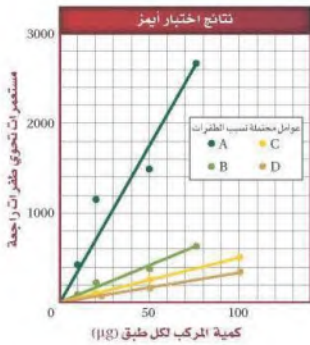
يمكن أن تُتلف بعض **العوامل المسببة للطفرات** mutagens الـ DNA أيضًا ومنها المواد الكيميائية والأشعة. وقد صُنِّف العديد من المواد الكيميائية على أنها عوامل مسببة للطفرات؛ إذ تؤثر بعض هذه المواد الكيميائية في DNA عن طريق تغيير التركيب الكيميائي للقواعد. وتؤدي هذه التغيرات غالبًا إلى عدم ارتباط القواعد في أزواج، أو أن ترتبط قاعدة بقاعدة أخرى خطأ.

ولعوامل كيميائية أخرى مسببة للطفرات تراكيب كيميائية شبيهة بالنيوكليوتيدات، حتى أنها يمكن أن تحل محلها. وعندما تدخل هذه القواعد الزائفة إلى DNA، لا يستطيع التضاعف بالصورة الصحيحة. وقد أصبحت هذه الأنواع من المواد الكيميائية ذات أهمية من الناحية الطبية، وخصوصًا في معالجة فيروس HIV، الفيروس الذي يسبب الإيدز؛ حيث يشبه العديد من الأدوية- التي استعملت لعلاج HIV والأمراض الفيروسية الأخرى- النيوكليوتيدات المختلفة. وعندما يتحد الدواء بـ DNA الفيروس، لا يمكن لـ DNA نسخ نفسه بصورة صحيحة.

مختبر تحليل البيانات 9-2

بناءً على بيانات حقيقية فسر الرسم البياني

البيانات والملاحظات



كيف يمكننا أن نحدد ما إذا كان المركب عاملاً مسبباً للطفرة أم لا؟ يُستعمل اختبار أيمز لتعرّف العوامل المسببة للطفرات؛ حيث يُستعمل في هذا الاختبار سلالة من البكتيريا لا يمكنها أن تصنع الهستيدين، ثم تتعرض إلى مادة يُحتمل أن تسبب الطفرات، ومن ثم تترك البكتيريا لتنمو في وسط غذائي لا يحتوي على الهستيدين. فالبكتيريا التي يمكنها النمو لها طفرة تسمى الطفرة الراجعة؛ لأنها تعود إلى الحالة الطبيعية وهي تصنع الهستيدين.

التفكير الناقد

1. صف العلاقة بين كمية المركب والطفرة.
2. حلّل. أيّ المركبات يعد أقوى عامل مسبب للطفرة؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Ames, B.N.1979. Identifying environmental chemicals causing mutations and cancer. *Science* 204:587-593.

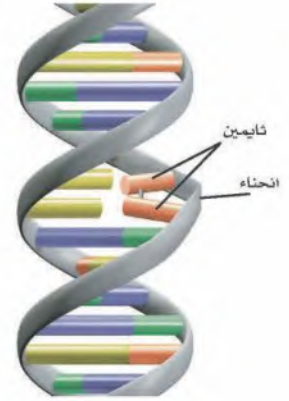
تعد الأشعة العالية الطاقة، مثل أشعة-X وجاما، عوامل قوية مسببة للطفرات. فعندما تصل الأشعة إلى DNA تمتص الإلكترونات طاقة هذه الأشعة ويمكن للإلكترونات أن تهرب من ذراتها، تاركة خلفها جذورًا حرة (free radicals). فالجذور الحرة هي ذرات مشحونة بإلكترونات منفردة تتفاعل بعنف مع الجزيئات الأخرى، ومنها DNA.

وتحوي أشعة الشمس فوق البنفسجية (UV) طاقة أقل من أشعة-X لا تسبب تحرير الإلكترونات من الذرات. ومع ذلك يمكن للأشعة فوق البنفسجية أن تربط قواعد الثايمين المتجاورة معًا، متلفةً تركيب DNA، الشكل 17-9. وهنا يصبح DNA مختلفًا، أو منحنيًا، فيصبح غير قادر على التضاعف بصورة صحيحة إلا إذا تم إصلاحه.

طفرة الخلايا الجسدية والجنسية Body-cell v. sex-cell mutation

عندما لا تستجيب الطفرة في الخلايا الجسدية لألية التصحيح، أو تجنبها، تصبح جزءًا من الترتيب الوراثي في الخلية، ومن ثم في الخلايا الجديدة المستقبلية. لا تنتقل الطفرات في الخلايا الجسدية إلى الجيل التالي. وفي بعض الحالات، لا تسبب هذه الطفرات مشكلات في الخلية. فقد تكون ترتيبات لا تُستعمل في الخلية البالغة وقت حدوث الطفرة، أو أن الطفرة لم تغير تشفير (الكودون) الحمض الأميني. وتسمى مثل هذه الطفرات الطفرات المتعادلة. وعندما تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي فقد لا تصبح الخلية قادرة على أداء عملها الطبيعي، وقد تموت الخلية. لقد تعلمت من قبل أن الطفرات في الخلايا الجسدية، والتي تجعل دورة الخلية غير منضبطة، قد تؤدي إلى السرطان. وتبقى هذه الآثار داخل خلايا المخلوق الحي ما دامت الخلايا الجسدية هي المتأثرة.

وعندما تحدث الطفرة في الخلايا الجنسية، وتسمى أيضًا الخلايا التكاثرية، تنتقل هذه الطفرات إلى أبناء المخلوق الحي؛ وسوف توجد في كل خلية من خلايا أبنائه. وفي العديد من الحالات، لا تؤثر هذه الطفرات في وظيفة الخلايا في المخلوق الحي، على الرغم من أنها قد تؤثر في أبنائه على نحو مأساوي. وعندما تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي، تكون الآثار بعيدة المدى مقارنة بالحالة التي ينتج فيها بروتين غير طبيعي في خلية جسدية منفصلة.



■ الشكل 17-9 يمكن للأشعة فوق البنفسجية أن تسبب ارتباط قاعدتي ثايمين متجاورتين معًا بدلًا من ارتباطهما مع القواعد المتممة لها على السلسلة الأخرى، مما يسبب "انحناء" جزيء DNA ومنعه من التضاعف.

المفردات

أصل الكلمة

العامل المسبب للطفرة Mutagen

من الكلمة اللاتينية Mutare، وتعني التغيير، ومن الكلمة الإغريقية genes أيضًا وتعني الولادة الجديدة.

الهندسة الوراثية Genetic Engineering

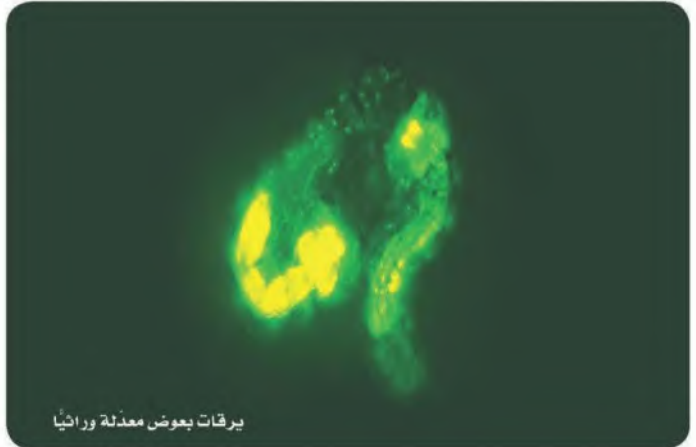
بحلول عام 1970م، اكتشف العلماء تركيب جزيء DNA، واستطاعوا تحديد المبدأ الأساسي الذي تنتقل فيه المعلومات من DNA إلى RNA، ومن RNA إلى البروتين. وعلى الرغم من ذلك لم يعرف العلماء الكثير عن عمل الجينات منفردة.

تغير الوضع عندما بدأ العلماء يستعملون الهندسة الوراثية genetic engineering، وهي تقنية تتضمن التحكم في جزيء DNA لأحد المخلوقات الحية، وذلك بإضافة DNA خارجي، أي DNA من مخلوق حي آخر. فعلى سبيل المثال حقن الباحثون جين بروتين للإضاءة الحيوية يُسمى بروتين الإضاءة الخضراء في مخلوقات حية مختلفة. يُشع بروتين الإضاءة الخضراء - وهو مادة موجودة طبيعياً في قناديل البحر التي تعيش في شمال المحيط الهادئ - ضوءاً أخضر عندما تتعرض لضوء فوق بنفسجي. المخلوقات الحية التي عُدلت وراثياً لكي تحتوي DNA المسؤول عن تكوين بروتين الإضاءة الخضراء، ومنها يرقات البعوضة المبينة في الشكل 18-9، يمكن تمييزها بسهولة في وجود ضوء فوق بنفسجي. يُربط DNA الخاص ببروتين الإضاءة الخضراء مع DNA خارجي. هذه المخلوقات المعدلة وراثياً تستعمل في عمليات مختلفة، ومنها دراسة التعبير عن جين محدد، ودراسة عمليات خلوية، ودراسة تطور مرض معين، واختيار صفات قد تكون ذات فائدة للبشر.

تستعمل الهندسة الوراثية أدوات فاعلة، كما في الجدول 4-9، لدراسة DNA وتعديله. وعلى الرغم من أن الباحثين يبحثون في العديد من المشكلات المختلفة فإن تجاربهم تتضمن غالباً القطع بواسطة إنزيمات القطع، وعزل القطع، وربطها مع جزيئات DNA خارجية، وتحديد التسلسل.

العلوم اون لاين
hulul.online

■ الشكل 18-9 أدخل جين بروتين الإضاءة الخضراء في يرقات البعوض، وبذلك تحقق الباحثون من أن DNA الخارجي قد ارتبط مع المادة الوراثية للبعوض.



يرقات بعوض معدلة وراثياً

الهندسة الوراثية

الجدول 4-9

التطبيق	الوظيفة	العملية / الأداة
يُستعمل لإنتاج قطع DNA بنهايات عريضة يمكنها أن ترتبط بقطع DNA أخرى.	تُقطع سلاسل DNA إلى قطع.	إنزيمات القطع مثال <i>EcoRI</i>
يُستعمل لدراسة قطع DNA بحسب أحجامها.	يفصل قطع DNA بحسب الحجم.	الفصل الكهربائي الهلامي
يُستعمل لإنتاج كميات كبيرة من DNA المعاد تركيبه لكي يُستعمل في المخلوقات المعدلة وراثيًا.	يُنتج كميات كبيرة من جزيئات DNA هجينة متطابقة.	نسخ الجين
يُستعمل لتعرف الأخطاء في تسلسل القواعد، تحديد وظيفة جين معين، المقارنة بين جينات ذات تسلسلات متشابهة من مخلوقات حية مختلفة.	تعرف تسلسل القواعد في جزيء DNA الهجين، لدراسته بشكل مفصل.	تسلسل القواعد النيتروجينية (DNA)
يُستعمل لنسخ DNA من أجل أي بحث علمي مثل التحليل الجنائي، والاختبارات الطبية.	إنتاج نسخ من مناطق محددة من DNA الذي يجري تحديده ترتيب قواعده.	تفاعل البوليمير المتسلسل (PCR)

التقنيات الحيوية Biotechnology

جعلت التقنيات الحيوية - وهي استعمال الهندسة الوراثية لإيجاد حلول لمشكلات محددة - عملية استخلاص جينات من مخلوق حي ممكنة. تذكر أن مخلوقات مثل يرقات البعوضة المبيبة في الشكل 18-9. لها جين من مخلوق حي آخر، مثل هذه المخلوقات المعدلة وراثيًا بواسطة إدخال جين من مخلوق حي آخر تُسمى **المخلوقات المعدلة وراثيًا transgenic organisms**. لا تستعمل الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدلة وراثيًا في الأبحاث فقط، وإنما تستعمل أيضًا في النواحي الطبية والزراعية.

الحيوانات المعدلة وراثيًا Transgenic animals ينتج العلماء حاليًا معظم الحيوانات المعدلة وراثيًا في المختبرات من أجل الأبحاث الحيوية. فنستعمل الفئران وذباب الفاكهة والدودة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans* على نحو واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير طرائق لمعالجتها. وبعض المخلوقات المعدلة وراثيًا - ومنها المواشي - أنتجت لتحسين المصادر الغذائية وتحسين معيشة البشر.

واستعمل الماعز المعدل وراثيًا لإنتاج بروتين يُسمى مضاد ثرومين III، الذي يُستعمل لمنع تخثر دم الإنسان في أثناء العمليات الجراحية. ويعمل الباحثون حاليًا على إنتاج ديك رومي ودجاج معدّل وراثيًا مقاوم للأمراض. والعديد من أنواع الأسماك تم تعديلها وراثيًا لتنمو سريعًا. وقد تصيح المخلوقات المعدلة وراثيًا في المستقبل مصدرًا يستخدم في مجال زراعة الأعضاء.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

علماء الوراثة Genetics باستخدام عدة آليات تتحكم في جزيء DNA، يبحث علماء الوراثة في الجينات والوراثة والتنوع في المخلوقات الحية. بعض علماء الوراثة أطباء يشخصون ويعالجون الأمراض الوراثية.



■ الشكل 19-9 يفحص هذا الباحث أوراق نبات القطن. الورقة عن اليسار تم هندستها وراثياً لمقاومة الحشرات.

النباتات المعدلة وراثياً Transgenic plants أنتج العديد من النباتات المعدلة وراثياً لكي تكون أكثر مقاومة للحشرات والآفات الفيروسية، ومقاومة لمبيدات الأعشاب والحشرات، ومنها الذرة وفول الصويا والقطن. وينتج العلماء الآن قطناً معدلاً وراثياً، الشكل 19-9: حيث يقاوم هذا القطن هجوم الحشرات على محافظ أوراق القطن. كما يطور الباحثون أيضاً نباتات فستق وفول صويا لا تسبب تفاعلات حساسية لمستهلكيها.

البكتيريا المعدلة وراثياً Transgenic bacteria يمكن للبكتيريا المعدلة وراثياً إنتاج الأنسولين، وهرمونات النمو، ومواد تذيب خثرات الدم. كما يمكنها أيضاً أن تطعم من تكوّن بلورات الثلج على المحاصيل الزراعية لحمايتها من التلف في الصقيع، وتزيل بقع النفط، وتحلل القمامة.

مشروع الجينوم البشري The Human Genome Project

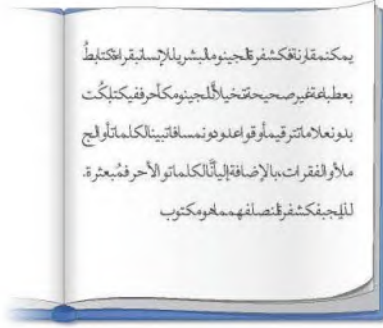
مشروع الجينوم (المحتوى الجيني) البشري مشروع عالمي تم اكتماله عام 2003م. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في الخلية. وهدف هذا المشروع هو تحديد تسلسل وترتيب ثلاثة مليارات نيوكليوتيد تقريباً تشكل DNA البشري، وتحديد جميع الجينات البشرية، والبالغ عددها 20,000 - 25,000 جين تقريباً.

تحديد تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري: لتحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري المتصل، يجب تقطيع كل كروموسوم من الكروموسومات البشرية البالغة 46 كروموسوماً. وقد استعمل لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة للحصول على قطع ذات تسلسل قواعد متداخل. وربطت هذه القطع بناقل للحصول على DNA هجين لزيادة عددها لتحديد تسلسل القواعد بواسطة أجهزة خاصة حددت مناطق التداخل لتعطي في النهاية تسلسلاً واحداً متواصلاً من القواعد النيتروجينية.

تشبه عملية فك شفرة تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري قراءة كتاب طبع بشفرة معينة. تخيل الجينوم كتاباً كُتب بأحرف متلاصقة دون تنقيط أو فواصل بين الفقرات أو الجمل أو الكلمات. يوضح الشكل 20-9 كيف تبدو الصفحة في مثل هذا الكتاب. وحتى تفهم ما هو مكتوب يجب عليك فك شفرة النص المبعثر. كما يتعين على العلماء فك الشفرة الوراثية في الجينوم البشري بالطريقة نفسها. وقد لاحظ العلماء أن أقل من 2% فقط من نيوكليوتيدات الجينوم البشري كاملاً تشفر جميع البروتينات في الجسم. أي أن الجينوم يحوي سلاسل من القواعد النيتروجينية المتكررة والطويلة التي ليس لها وظيفة مباشرة، وتسمى هذه المناطق السلاسل غير المشفرة، انظر الشكل 20-9. وعلى الرغم من انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أن تحليل البيانات الناتجة سيستمر لعدة عقود.

من فعلها؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين



■ الشكل 20-9 يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة في الجينوم البشري للكشف عن تسلسل القواعد المهمة.

فسر النص من خلال فك شفرته المتداخلة وحوِّله إلى كلمات وجمل ذات معنى.

وقد درس الباحثون أيضاً المحتوى الجيني لعدة مخلوقات حية تشمل ذبابة الفاكهة، والفأر وبكتيريا *E. coli* - البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان. وقد ساعدت دراسات المخلوقات الحية غير البشرية على تطوير التقنيات الضرورية للتعامل مع الكم الكبير من البيانات التي نتجت عن مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التقنيات على تعرّف وظائف الجينات البشرية المكتشفة حديثاً.

التقويم 4-9

الخلاصة

1. **الفكرة الرئيسية** ▶ اربط التنظيم الجيني بالطفرات.
 2. حدد النوعين الرئيسيين من العوامل المسببة للطفرات.
 3. حلل. كيف يمكن لطفرة نقطية أن تنتج بروتينات لا تؤدي وظائفها الطبيعية.
 4. قارن بين التنظيم الجيني في الخلايا بدائية وحقيقية النوى.
 5. طبق. كيف يمكن أن تحسّن الهندسة الوراثية حياة البشر؟
 6. اربط بين المحتوى الجيني البشري ومخططات بناء منزل.
- ### التفكير الناقد
7. فسر. لماذا تكون معظم الطفرات في الخلايا الحقيقية النوى متنحية؟
 8. كون فرضية. لماذا يتميز تضاعف DNA بمثل هذه الدقة؟
 9. **الرياضيات في** ▶ علم الأحياء إذا كان 1.5% من الجينوم البشري يتكون من سلاسل مسؤولة عن تشفير البروتين، والمحتوى الجيني كاملاً يتكون من 3.2×10^9 نيوكليوتيد، فما عدد الكودونات في الجينوم البشري؟ تذكر أن طول الكودون ثلاثة نيوكليوتيدات.
- تُنظّم الخلايا بدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة.
 - تُنظّم الخلايا حقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتداخل RNA.
 - تتراوح الطفرات بين طفرات نقطية، وطفرات حذف، وطفرات سببها تحرك قطع كبيرة من الكروموسوم.
 - العوامل المسببة للطفرات - ومنها المواد الكيميائية والإشعاعات - قد تسبب الطفرات.
 - حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري

الكشف عن هوية جزيء DNA الحلزوني المزدوج

العمل موريس ويلكنز يعمل على نحو مستقل مع واطسون وكريك، وكلاهما لم ينجح في التوصل إلى نموذج لتركييب DNA.

حل نغز تركيب DNA في مارس من عام 1953م نشر واطسون وكريك نموذجهما عن DNA الذي كان مبنياً أساساً على نتائج فرانكلين. ونشرت فرانكلين كذلك نتائجها التي دعمت نظرية واطسون وكريك، واتجهت نحو مجال ناجح في علم الفيروسات، ممهدة الطريق نحو علم الفيروسات التركيبي، أي دراسة التركيب الجزيئي للفيروسات.

جائزة نوبل، في عام 1962م حصل العلماء واطسون وكريك وويلكنز على جائزة نوبل؛ لاكتشافهم تركيب جزيء الـ DNA الحلزوني المزدوج. ولم ترشح فرانكلين لجائزة نوبل؛ لأنها كانت متوفاة.

وفي عام 1968م، اعترف واطسون في كتابه الحلزون المزدوج أنهم استعملوا بياناتها دون علمها. ومنذ ذلك الوقت اعترف بأهمية مساهمة فرانكلين في اكتشاف تركيب DNA.

كان مجتمع ما بعد الحرب العالمية الثانية العلمي متشوقاً إلى الكشف عن علم الحياة- الخلية والوراثة بشكل رئيس. فبعد أن انتقل من علم القتل والقنبلة الذرية، نشأت بيئة من التنافس الشديد كان يحاول فيها الكل أن يكون الأول في حل لغز تركيب DNA.

الاعتماد على الماضي تعلمت روزالند فرانكلين عن حيود الأشعة السينية، وهي تقنية تستخدم الأشعة السينية لإنتاج صور لمواد بلورية. وعلى الرغم من استخدام هذه التقنية للمواد النقية ذات العنصر الواحد، استخدمت فرانكلين هذه التقنية لأخذ صور لجزيئات حيوية.

إضافة بيانات في خريف عام 1951م، اكتشفت فرانكلين أن لـ DNA شكلين (جافاً ومبللاً). وكانت فرانكلين رائدة في مجال التصوير باستخدام الأشعة السينية، وفي تقنية توجيه الأشعة نحو DNA. وتوصلت فرانكلين إلى عزل سلائل مفردة من DNA. وأخيراً استعملت فترات التعرض الطويلة للأشعة السينية؛ فقد كان بعضها يصل إلى 100 ساعة، لالتقاط صور بينت مفاتيح تركيب DNA.

وقد أظهرت إحدى صور فرانكلين أن شكل DNA المبلل يشبه الحرف "X"، وهو كذلك على شكل الحلزون. فكرت فرانكلين أن الشكل الجاف سيكشف عن تركيب DNA، لذا فقد نحت جانباً الصورة التي سمّتها الصورة 51.

وفي بدايات عام 1953م قررت فرانكلين مغادرة جامعة كنج لدراسة تركيب الفيروس. وفي الوقت نفسه رأى جيمس واطسون وفرانسيس كريك بيانات فرانكلين غير المنشورة. وكان مساعدتها في

الكتابتة في علم الأحياء

مقالة صحفية تحيل أنك مراسل صحفي في العام 1953م عندما تم التوصل إلى اكتشاف نموذج جزيء DNA الحلزوني المزدوج. أجر بحثاً وكتب مقالاً صحفياً تناول فيه "السياق للكشف عن تركيب DNA"، وكذلك أهمية الاكتشاف للعالم.

علم الأدلة الجنائية Forensics: كيف يتم استخلاص جزيئات DNA؟

5. صبّ الخليط داخل الخلاط الكهربائي واطحنه، حتى تحصل على خليط متجانس.
6. رشح الخليط باستعمال أربع طبقات من قماش الجبن داخل كأس زجاجية كبيرة موجود في الثلج.
7. صبّ 15 mL من الراشح في أنبوب طرد مركزي (30-50 mL).

الخلفية النظرية، تُعد فحوص DNA مهمة لعلماء الأحياء والأطباء، وحتى محققي الجرائم. تخيل أنك تعمل في مختبر، وقد أحضر أحدهم عينة ذرة من موقع جريمة ليتم تحليلها. لقد قررت أن تفحص جزيئات DNA للذرة للبحث عن جينات يتم من خلالها تعرّف نوع الذرة. قبل تحديد ترتيب القواعد في جزيء DNA، يجب أن يتم عزل جزيء DNA.

سؤال: كيف يمكن استخلاص جزيئات DNA؟

المواد والأدوات

- حبوب ذرة (50 g).
- كأس زجاجية (2).
- خلاط كهربائي.
- قماش يستعمل في صناعة الجبن (4 مربعات - طول كل واحد 30 cm).
- أربطة مطاطية.
- ساق زجاجية في أحد طرفيها التواء.
- وسط زرع متجانس.
- أنابيب بلاستيكية لجهاز الطرد المركزي (30-50 mL).
- أقراص غسل العدسات اللاصقة (يحتوي على البايين).
- إيثانول 95% (12 mL).
- ماء مقطر (3 mL).
- أنبوب اختبار.
- وعاء من الثلج.
- حمام مائي 60 °C.
- ساق تحريك زجاجية.
- ساعة إيقاف.

10. راقب صعود DNA إلى طبقة الكحول بوصفه معلقاً أبيض مكوناً من خيوط بيضاء. واستعمل الساق الزجاجية المعقوفة لاستخراج خيوط DNA، ودعها حتى تجف.

11. التنظيف والتخلص من الفضلات نظف مكان عملك وتخلص من المواد الكيميائية وغيرها بحسب الإرشادات لمعلمك، ثم اغسل يديك بعد الانتهاء من العمل.

حلل ثم استنتج

1. صف مظهر DNA في المعلق، وبعد أن تم تجفيفه.
2. فسّر. لماذا وضعت حبوب الذرة في الخلاط الكهربائي؟
3. التفكير الناقد. لماذا يشترط عدم تلوث عينة DNA المطلوب معرفة تسلسل القواعد فيها؟ وكيف يمكنك معرفة ما إذا كانت عينتك قد تلوثت؟

الكتابة في علم الأحياء

كتابة تقرير تخيل أنك أول باحث يعزل DNA من الذرة. اكتب تقريراً توضح فيه طريقتك والتطبيقات المحتملة لما توصلت إليه.

احتياطات السلامة



طريقة العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. زن 50 g من حبوب الذرة.
3. ضع حبوب الذرة في الكأس، واغمرها في وسط متجانس تم تسخينه إلى درجة حرارة 60 °C، ثم ضع الكأس الزجاجية في الحمام المائي عند درجة حرارة 60 °C لمدة 10 دقائق. وحركه بلطف كل 45 ثانية.
4. أخرج الكأس الزجاجية من الحمام المائي وبردها بسرعة داخل حمام ثلجي مدة 5 دقائق.

المطويات **قَوِّم أهمية عمليتي النسخ والترجمة في المبدأ الأساسي المتعلق بالجينات والبروتينات.**

المفاهيم الرئيسية

المصردات

1-9 المادة الوراثية : DNA

- الفكرة الرئيسية** تُطلَب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب .
- تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفري أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
 - وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
 - تنص قاعدة تشارجاف على أن - في جزيء DNA - كمية السيتوسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين.
 - وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.

الجزيء الحلزوني المزدوج
الجسيم النووي (نيوكليوسوم)

2-9 تضاعف DNA

- الفكرة الرئيسية** يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.
- تسهم الإنزيمات: إنزيم فك التواء DNA، إنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA وإنزيم ربط DNA في عملية تضاعف DNA.
 - تُصنع السلسلة الرئيسية بصورة متواصلة، إلا أن السلسلة الثانوية تُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي.
 - يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.

التضاعف شبه المحافظ.
إنزيم بلمرة DNA
قطعة أوكازاكي.

3-9 DNA و RNA، والبروتين

- الفكرة الرئيسية** تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، والذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.
- تتدخل ثلاثة أنواع رئيسية من RNA في تصنيع البروتين: mRNA و tRNA و rRNA.
 - تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ.
 - الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايبوسوم وتصنيع البروتين.
 - يخزن mRNA، في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، على إترونات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.

RNA
إنزيم بلمرة RNA
إنترن
الإكسون
الشفرة الوراثية
عملية الترجمة.
RNA الرسول
RNA الرايبوسومي
RNA الناقل
عملية النسخ

4-9 التنظيم الجيني والطفرة

- الفكرة الرئيسية** يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، وقد تؤثر الطفرات في هذا التعبير.
- تُنظم الخلايا البدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة.
 - تُنظم الخلايا الحقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتتداخل RNA.
 - تتراوح الطفرات من طفرات نقطية، إلى طفرات حذف، إلى طفرات سببها تحرك قطع كبيرة من الكروموسوم.
 - العوامل المسببة للطفرات، مثل المواد الكيميائية والإشعاعات، يمكن أن تسبب الطفرات.
 - حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري.

التنظيم الجيني
المنطقة الفعالة
الطفرة
العامل المُسبب للطفرة
الهندسة الوراثية
المخلوقات المعدلة وراثيًا

9-1

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل؛ لتصبح الجملة صحيحة:.

1. يُسمى شكل السلم الملتوي لـ DNA النيوكليوتيد.

2. يتكون الجزيء الحلزوني المزدوج من DNA ملفف حول بروتينات الهستون.

تثبيت المفاهيم الرئيسية

3. ما وحدات البناء الأساسية لكل من DNA وRNA؟

a. الرايبوز.

b. البيورينات.

c. النيوكليوتيدات.

d. الفوسفور.

4. إذا كانت قطعة من DNA تحوي 27% ثايمين، فما نسبة السيتوسين فيها؟

a. 23%

b. 27%

c. 46%

d. 54%

5. ما الاستنتاج الذي توصل إليه جريفيث حول تجاربه على بكتيريا المكورات السبحية *Streptococcus pneumoniae*؟

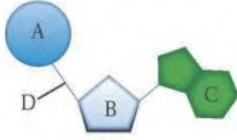
a. أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.

b. تركيب DNA حلزوني مزدوج.

c. يمكن للبكتيريا التي يتم إدخال DNA إليها أن تُغير طرازها الشكلي.

d. كمية الثايمين تساوي كمية الأدينين في DNA.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7.



6. ماذا يمثل الشكل أعلاه؟

a. النيوكليوتيد. c. القاعدة.

b. RNA. d. الفوسفات.

7. ما الرمز الذي يمثل الجزء المسؤول عن الشفرة في DNA؟

a. A. c. C.

b. B. d. D.

أسئلة بنائية

8. إجابة قصيرة. فسر كيف يتشكل DNA في

الكروموسومات في الخلايا الحقيقية النوى؟

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 9.



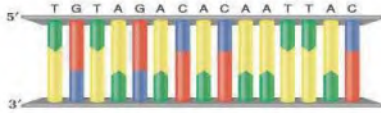
9. إجابة قصيرة. لخص التجارب والبيانات التي تبينها

الصورة وأدت إلى اكتشاف DNA.

تقويم الفصل

التفكير الناقد

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 18 و 19.



18. حدد. يمثل الرسم أعلاه جزيء DNA. ما ترتيب القواعد النيتروجينية في السلسلة المتممة من DNA؟ تأكد أنك أشرت إلى ترتيب السلسلة.

19. وضح. افترض أن قواعد الثايمين المتجاورة في الشكل أعلاه تكررت في منطقة أخرى من السلسلة نفسها بعد تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، فكيف يؤثر هذا التكرار في تركيب جزيء DNA؟

9-3

مراجعة المفردات

اكتب جملة تربط بين كل زوج من المفردات الآتية:

20. mRNA - tRNA
21. الكودون (الشفرة) - إنزيم بلمرة RNA
22. إنترن - إكسون

تثبيت المفاهيم الرئيسية

23. ما الترتيب الصحيح للغيرات التي تحدث في mRNA الأولي في الخلايا الحقيقية النوى لنتج mRNA نهائي؟
 - a. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يُضاف ذيل متعدد من T.
 - b. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يُضاف ذيل متعدد من T.
 - c. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يُضاف ذيل متعدد من A.
 - d. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يُضاف ذيل متعدد من A.

التفكير الناقد

10. صمم. كيف يمكنك استعمال الفوسفور المشع لتبين أن المركب الذي تحول في البكتيريا المستعملة في تجارب جريفيث هو DNA؟

11. حلل. كيف يمكن أن تختلف نتائج تجربة هيرشي - تشيس إذا كان البروتين هو المادة الوراثية؟

9-2

مراجعة المفردات

اكتب جملة توضح المقصود مما يأتي:

12. إنزيم بلمرة DNA.
13. تضاعف شبه محافظ.
14. قطعة أوكازاكي.

تثبيت المفاهيم الرئيسية

15. بم يبدأ بناء سلسلة DNA الجديد؟
 - a. RNA بادئ.
 - b. وحدة نيوكليوتيد.
 - c. RNA الرسول.
 - d. RNA الناقل.
16. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق باستطالة السلسلة الثانوية؟
 - a. لا تحتاج إلى سلسلة أساسية.
 - b. تنتج قطع أوكازاكي.
 - c. تحتاج إلى نشاط إنزيم ربط RNA.
 - d. إضافة نيوكليوتيدات بصورة متواصلة على النهاية 3'.

أسئلة بنائية

17. إجابة قصيرة. اعمل جدولاً يتضمن الإنزيمات التي تدخل في عملية تضاعف DNA، وصف وظائفها.

التفكير الناقد

28. حدّد تسلسل القواعد على سلسلة mRNA إذا كان الترتيب في سلسلة DNA غير الأساسية (المتمة) $5'ATGCCAGTCATC3'$. استعمل الشكل 13-9 لتحديد سلسلة الأحماض الأمينية التي يشفرها mRNA المتكوّن.

9-4

مراجعة المفردات

اكتب المفردة من صفحة دليل مراجعة الفصل، التي تصف كل عملية من العمليات الآتية:

29. تنظيم الجينات في الخلايا البدائية النوى.
30. التحكم في الوحدات الوظيفية لـ DNA.
31. تغيرات في سلسلة DNA.

تثبيت المفاهيم الرئيسية

32. أيّ الجمل الآتية صحيحة فيما يتعلق بتنظيم الجينات في الخلايا الحقيقية النوى؟

- a. التنظيم الجيني في الخلايا الحقيقية النوى مشابه تمامًا للتنظيم الجيني في الخلايا البدائية النوى.
b. توجّه عوامل التضاعف ارتباط إنزيم بلمرة DNA إلى المنظم في الخلايا الحقيقية النوى.
c. تقوم بروتينات التنشيط بطيّ DNA في اتجاه مواقع التحفيز التي تزيد من معدل انتقال الجين.
d. يمنع ارتباط عوامل منشطة بالبروتينات المثبطة من ارتباط هذه البروتينات مع DNA.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 24 و 25.



24. ما تسلسل القواعد في mRNA الذي يُقابل سلسلة DNA المبيّنة في الشكل؟

- a. $5'ATGTTTGATCTT3'$
b. $5'AUGUUUGAUCUU3'$
c. $5'TACAACTAGAA3'$
d. $5'UACAAACUAGAA3'$

25. ما تسلسل القواعد في السلسلة الأخرى المتمة لسلسلة DNA المبيّنة في الشكل؟

- a. $5'ATGTTTGATCTT3'$
b. $5'AUGUUUGAUCUU3'$
c. $5'TACAACTAGAA3'$
d. $5'UACAAACUAGAA3'$

أسئلة بناءية

26. إجابة قصيرة. قارن بين عمليتي النسخ والترجمة، ووضّح مكان حدوثهما في الخلايا الحقيقية النوى.
27. إجابة قصيرة. فسر لماذا يكون عدد القواعد في سلسلة mRNA مختلفًا عن عدد القواعد في DNA الذي نُسخ عنه؟

تقويم الفصل

تقويم إضافي

39. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب فقرة تناقش فيها إيجابيات الهندسة الوراثية وسلبياتها.

أسئلة المستندات

فيما يأتي المعلومات التي وصف بها واطسون وكريك تركيب DNA: "الصفة الخاصة للتركيب هي كيف ترتبط السلسلتان معاً بقواعد نيتروجينية من البيورينات والبيريميديئات. وتكون هذه القواعد عمودية على محور الجزيء، وهي ترتبط معاً على شكل أزواج، فالقاعدة الواحدة من السلسلة الأولى ترتبط مع رابطة هيدروجينية بقاعدة واحدة في السلسلة الأخرى، حيث تستمر الاثنان جنباً إلى جنب بأبعاد ثابتة، ويكون أحد الزوجين بيورين والآخر بيريميدين".

40. "لم يرغب عنا أن نلاحظ ترتيب القواعد في أزواج، الذي قادنا إلى توقع آلية نسخ محتملة للمادة الوراثية".
40. ارسم شكلاً يبين ترتيب القواعد بالاعتماد على الوصف أعلاه.

41. كيف ترتبط القواعد معاً، اعتماداً على هذا الوصف؟
42. ما آلية النسخ المحتملة التي توقعها واطسون وكريك؟

مراجعة تراكمية

43. صف العملية التي تتكون من خلالها الأمشاج؟

33. أي مما يأتي يوضح طفرة إضافة إلى السلسلة
3'GGGCCCAAA 5'؟

a. 3'GGGCCCAAA 5'

b. 3'GGGCCAAA 5'

c. 3'GGGAAACCC 5'

d. 3'GGGCCCAAAAAA 5'

34. أي مما يأتي لا يعد نوعاً من الطفرات؟

a. استبدال القاعدة.

b. الإضافة.

c. تداخل RNA.

d. الانتقال.

35. أي الجمل الآتية المتعلقة بالجينوم البشري غير صحيحة؟

a. يحتوي الجينوم البشري على 25,000 جين تقريباً.

b. يحتوي الجينوم البشري على امتدادات طويلة من DNA ليس لها وظيفة معروفة.

c. تم تحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري من قبل علماء من جميع دول العالم.

d. يحتوي الجينوم البشري على سلاسل تحوي النيوكليوتيدات جميعها تنتج البروتينات.

أسئلة بناائية

36. إجابة قصيرة. صف تداخل RNA.

37. نهاية مفتوحة. توقع أثر الهندسة الوراثية الذي ستحدثه في المادة الوراثية للأشجار.

التفكير الناقد

38. استنتج. لماذا يكون استبدال القواعد في الموقع الثالث من الكودون أقل احتمالاً في تغيير نوع الحمض الأميني الناتج عن الشفرة الأصلية؟

أسئلة الاختيار من متعدد

5. أي مما يأتي يرتبط بتنظيم الجين في الخلايا البدائية النوى؟

- السلسلة الثنائية لـ DNA.
- البروتينات المشطية.
- تداخل RNA.
- عامل النسخ.

6. قطعة من DNA تحمل التسلسل الآتي: CCCCGAATT،

افترض أن طفرة حدثت في هذه القطعة فأصبح التسلسل الجديد CCTCGAATT. فما المصطلح الذي يصف هذه الطفرة؟

- طفرة كروموسومية.
- طفرة حذف.
- طفرة تضاعف.
- طفرة استبدال.

7. أين توجد أجسام بار Barr؟

- الخلايا الجسمية الأنثوية.
- الخلايا الجنسية الأنثوية.
- الخلايا الجسمية الذكورية.
- الخلايا الجنسية الذكورية.

أسئلة الإجابات القصيرة

8. صف تزواج نباتي بازلاء كلاهما يحمل صفة البذور الصفراء والملساء غير متماثل الجينات للصفاتين (Yy Rr)، مستخدماً قانون التوزيع الحر، واذكر نسبة الطرز الشكلية لهذا التزاوج، مستخدماً مربع بانيت.

9. ما الذي قد يسبب تغير لون الفرو في إناث بعض الحيوانات؟ أعط سبباً يدعم استنتاجك.

1. الإنزيم المسؤول عن فك الارتباط بين سلسلتي DNA خلال عملية التضاعف هو:

- إنزيم فك التواء DNA.
- إنزيم ربط DNA.
- إنزيم بلمرة DNA.
- إنزيم RNA البادئ.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 2.



2. يوضح الشكل سلسلة DNA، فما سلسلة mRNA المحتملة تكونها في عملية النسخ؟

- 5' AATAGAATAGTA 3'
- 5' AAUAGAAUAGUA 3'
- 5' ATGATAAGATAA 3'
- 5' AUGAUAAGAUAA 3'

3. ما العملية التي تلعب دوراً في التنوع الوراثي؟

- التكاثر اللاجنسي.
- انقسام السيتوبلازم.
- التوزيع الحر.
- الانقسام المتساوي.

4. ما كودون الانتهاء في mRNA؟

- AUG.
- CAU.
- AUU.
- UAA.

15. اذكر نوعين من الطفرات التي تحدث في DNA، ووضح كيف يمكن أن تغير كل واحدة في تسلسل القواعد في القطعة الآتية:

CGATTGACGTTTTAGGAT

16. فسّر دور نشر نتائج الأبحاث في التوصل إلى تركيب DNA.

أسئلة مقالية

في بعض أنواع الدراسات البحثية يشدد الباحثون على وجود توائم مشاركين في البحث، فقد يطلبون توائم متطابقة أو توائم شقيقة، اعتمادًا على نوع الدراسة. وللتوائم أهمية كبيرة في الدراسات والأبحاث التي تتعلق بالوراثة.

استخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

17. تخيل أنك عالم تقوم ببحث، وكتب خطة دراسة بحثية تتطلب وجود توائم مشاركين فيها. وفسّر ما تحاول دراسته، وما إذا كنت ترغب في دراسة توائم متطابقة أو شقيقة، وما أهمية وجود التوائم في دراستك؟

10. افترض أنك أجريت تزاوجًا بين مخلوقين حيين كلاهما يحمل الطراز الجيني RrYy. ما نسبة الأفراد الناتجين الذين سيكونون متماثلي الجينات لكلا الصفتين؟ فسّر إجابتك.

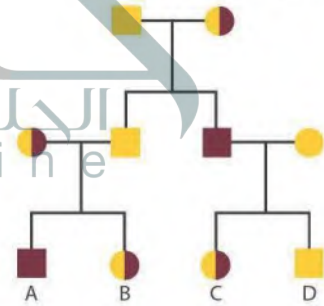
11. افترض أن مخلوقًا حيًا (عدد الكروموسومات فيه $2n=6$) لديه نسخة واحدة من الكروموسوم رقم 3. ما عدد كروموسومات هذا الشخص في المخطط الكروموسومي الخاص به؟ فسّر إجابتك.

12. لماذا تكون المناطق المسؤولة عن إنتاج بروتينات متشابهة في معظم البشر؟

13. اذكر القواعد البيورينية والقواعد البيرويميدينية في DNA؛ وفسّر أهميتها في تركيب DNA.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 14.



14. صف نمط الوراثة للمرض المبين في مخطط العائلة أعلاه.

يساعد هذا الجدول على تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
الفصل / القسم	9-2	9-3	7-3	9-3	9-4	9-4	8-2	8-2	8-2	8-2	7-2	8-3	9-4	9-1	8-1	9-4	9-1
الصف	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3