

هیکل الأحياء حادی عشر متقدم
2023

<https://t.me/h11Ad36>

أدوات الحمض النووي (DNA)

لقد تعلمت أن الانتخاب الصناعي يُستخدم لإنتاج نباتات وحيوانات تحمل صفات وراثية مرغوبة. ويمكن استخدام هندسة الجينات لزيادة أو تقليل تعبير جينات معينة في كائنات حية منتقاة. كما أنّ لها استخدامات كثيرة بدءاً من صحة الإنسان ووصولاً إلى الزراعة. إن **جينوم** كائن حيّ ما هو إجمالي بعد أن يدخل إلى المختبر الحمض النووي (DNA) الموجود في نواة كل خلية. وكما سنتعلم في القسم التالي، يمكن أن تحتوي الجينومات، مثل الجينوم البشري، على ملايين النيوكليوتيدات، ومن أجل دراسة جين معين، يمكن استخدام أدوات الحمض النووي للتحكم به وفصل الجينات عن باقي الجينوم.

إنزيمات القطع تحتوي بعض أنواع البكتيريا على وسائل دفاعية قوية ضد الفيروسات. وتشتمل هذه الخلايا على بروتينات تسمى **إنزيمات القطع** التي تتعرف على تسلسلات حمض نووي معينة وتصل بها وتقطع الـ DNA داخل ذلك التسلسل. يقطع إنزيم القطع، الذي يُسمى أيضاً النيوكلياز الداخلي، الحمض النووي الفيروسي إلى أجزاء. ومنذ اكتشاف الإنزيمات في أواخر الستينات، حدد العلماء المئات من إنزيمات القطع وفصلوها، والجدير بالذكر أنّ إنزيمات القطع تُستخدم كأدوات قوية لفصل جينات أو مناطق معينة من الجينوم. فعندما يقطع إنزيم القطع الـ DNA الجينومي، يتكوّن أجزاء ذات أحجام مختلفة تكون فريدة لدى كل شخص.

EcoRI يُعرف أحد إنزيمات القطع التي يُستخدمها العلماء على نطاق واسع باسم إنزيم قطع اللولب المزدوج (**EcoRI**). وكما هو موضح في الشكل 4، يقطع إنزيم **EcoRI** الحمض النووي الذي يحوي التسلسل GAATTC على وجه التحديد. يطلق على نهايات أجزاء الحمض النووي الناتجة عن إنزيم **EcoRI** اسم النهايات اللزجة لاحتوائها على الحمض النووي أحادي الشريط التكمّل. وتُعد قدرة بعض إنزيمات القطع على إنشاء أجزاء ذات نهايات لزجة أمراً بالغ الأهمية لأنه يمكن دمج هذه النهايات اللزجة مع أجزاء حمض نووي أخرى لها نهايات مُكمّلة لزجة.

✓ **التأكد من فهم النص عمّم كيفية استخدام إنزيمات القطع.**

المفردات

مفردات أكاديمية

يتحكم Manipulate

يدير أو يستخدم بمهارة
يستخدم العلماء التكنولوجيا للتحكم
بالمعلومات الجينية من أجل اختبار
الفرضيات العلمية.



↓ إنزيم القطع EcoRI



نهايات لزجة

■ **الشكل 4** يمكن قطع الحمض النووي الذي يحتوي على التسلسل GAATTC بواسطة إنزيم القطع **EcoRI** لإنشاء نهايات لزجة.

VOCABULARY

ACADEMIC VOCABULARY

Manipulate

to manage or utilize skillfully
Scientists use technology to manipulate genetic information in order to test scientific hypotheses.



DNA Tools

You have learned that selective breeding is used to produce plants and animals with desired traits. Genetic engineering can be used to increase or decrease the expression of specific genes in selected organisms. It has many applications from human health to agriculture.

An organism's **genome** is the total DNA present in the nucleus of each cell. As you will learn in the next section, genomes, such as the human genome, can contain millions and millions of nucleotides. In order to study a specific gene, DNA tools can be used to manipulate DNA and to isolate genes from the rest of the genome.

Restriction enzymes Some types of bacteria contain powerful defenses against viruses. These cells contain proteins called **restriction enzymes** that recognize and bind to specific DNA sequences and cleave the DNA within that sequence. A restriction enzyme, also called an endonuclease (en doh NEW klee ayz), cuts the viral DNA into fragments after it enters the bacteria. Since their discovery in the late 1960s, scientists have identified and isolated hundreds of restriction enzymes. Restriction enzymes are used as powerful tools for isolating specific genes or regions of the genome. When the restriction enzyme cleaves genomic DNA, it creates fragments of different sizes that are unique to every individual.

EcoRI One restriction enzyme that is used widely by scientists is known as *EcoRI*. As illustrated in **Figure 4**, *EcoRI* specifically cuts DNA containing the sequence GAATTC. The ends of the DNA fragments created by *EcoRI* are called sticky ends because they contain single-stranded DNA that is complementary. The ability of some restriction enzymes to create fragments with sticky ends is important because these sticky ends can be joined together with other DNA fragments that have complementary sticky ends.



Reading Check Generalize how restriction enzymes are used.

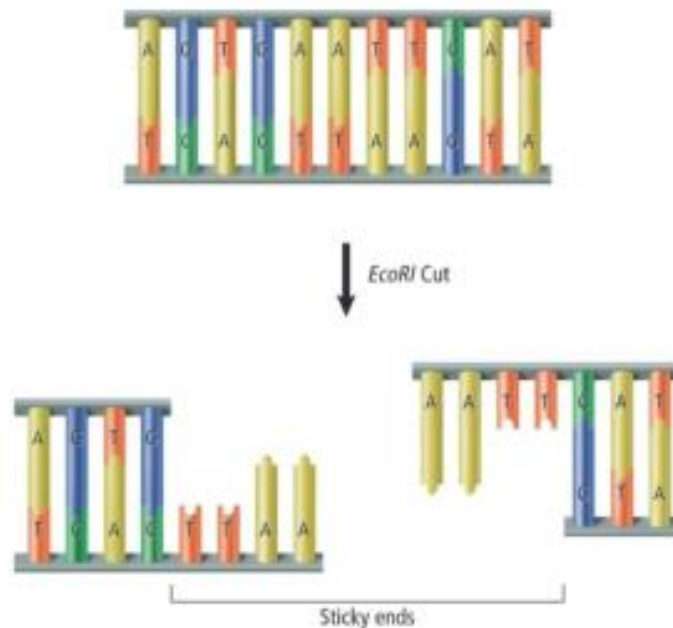


Figure 4 DNA containing the sequence GAATTC can be cut by the restriction enzyme *EcoRI* to produce sticky ends.

القسم 2

الأسئلة الرئيسية

- ما الأدوات والعمليات المختلفة المستخدمة في هندسة الجينات
- كيف تتحكم هندسة الجينات في الحمض النووي (DNA) معاد التركيب
- ما أوجه الشبه بين التربية الانتقائية وهندسة الجينات؟
- كيف تُستخدم هندسة الجينات والتقنيات الحيوية لتحسين حياة الإنسان؟

مفردات للمراجعة

الحمض النووي DNA: المادة الجينية لجميع الكائنات الحية، وتتألف من سلسلتين مكملتين من النيوكليوتيدات الموجودة في اللولب المزدوج.

مفردات جديدة

هندسة الجينات genetic engineering
الجينوم genome
إنزيم القطع restriction enzyme
الرخلان الكهربائي الهلامي gel electrophoresis
الحمض النووي (DNA) معاد التركيب recombinant DNA
البلازميد plasmid
إنزيم ربط الحمض النووي (ليغاز) DNA ligase
التحويل transformation
الاستنساخ cloning
تفاعل البلمرة المتسلسل polymerase chain reaction
الكائن الحي المعدل وراثيًا transgenic organism

تكنولوجيا الحمض النووي

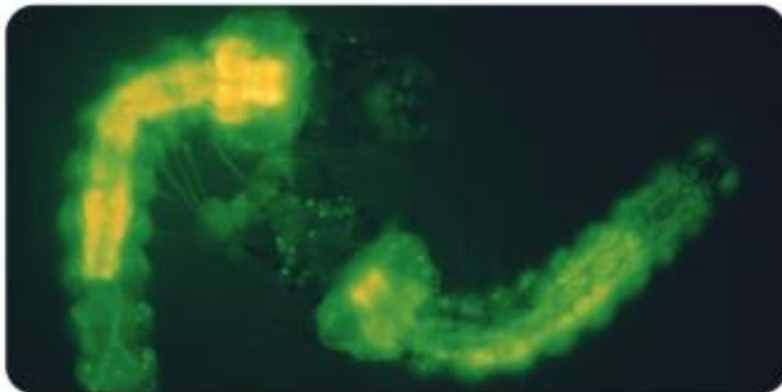
المقدمة الرئيسية يستخدم الباحثون هندسة الجينات للتحكم بالحمض النووي (DNA).

الربط بالحياة اليومية هل سبق ورأيت لحافًا من قطع قماش مختلفة الألوان يدوي الصنع؟ تُصنع الألبسة المكونة من قطع قماش مختلفة الألوان عن طريق دمج قطع مختلفة من الأقمشة. يستخدم العلماء عملية مشابهة ودمجون أحماسًا نووية من مصادر مختلفة لإنتاج كائن حي يحمل صفات وراثية فريدة.

هندسة الجينات

بحلول العام 1970 تقريبًا، كان الباحثون قد اكتشفوا بنية الحمض النووي (DNA) وحددوا المبدأ المركزي الذي ينص على أن المعلومات الوراثية تتدفق من الحمض النووي إلى الحمض النووي الريبوزي (RNA)، ومنه إلى البروتينات. رغم ذلك، لم يعرف العلماء الكثير عن وظيفة الجينات الفردية. لتفترض أن صديقك أخبرك بالنتيجة النهائية لمباراة كرة قدم إحدى الثانويات، ولكنه لم يخبرك عن أداء كل لاعب في المباراة. إن فضولك لمعرفة تفاصيل المباراة مشابه للفضول الذي شعر به العلماء لأنهم لم يعلموا دور كل جين في وظيفة كل من الخلايا.

تغير الوضع عندما بدأ العلماء في استخدام هندسة الجينات، وهي تكنولوجيا تنطوي على التحكم بالحمض النووي لكائن حي من خلال إضافة حمض نووي دخيل (حمض نووي يعود إلى كائن حي آخر). على سبيل المثال، أدخل الباحثون جينًا لبروتين الإضاءة الحيوية يسمى البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في كائنات حية مختلفة، يبعث البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، وهو مادة موجودة طبيعيًا في السمك الهلامي الذي يعيش في شمال المحيط الهادئ. ضوءًا أخضر عند تعرضه للضوء فوق البنفسجي. إن الكائنات الحية التي سبق أن خضعت للتعديل الوراثي بهدف تصنيع DNA البروتين الفلوري الأخضر (GFP)، مثل بركات العوض الموضحة في الشكل 3، يمكن التعرف إليها بسهولة بوجود الأشعة فوق البنفسجية. يتم لصق DNA البروتينات الفلورية الخضراء بال DNA الدخيل للتحقق من إدخاله في الكائن الحي. وتستخدم هذه الكائنات الحية المعدلة وراثيًا في عمليات مختلفة، مثل دراسة تعبير جين معين والتحقيق في العمليات الخلوية ودراسة تطور مرض معين وانتقاء صفات وراثية قد تكون مفيدة للبشر.



برقات بعوض معدلة وراثيًا

■ الشكل 3 أدخل جين البروتين الفلوري الأخضر (GFP) في بركات العوض حتى يتسنى للباحثين التحقق من إدخال الحمض النووي الدخيل. توقع كيفية استخدام المجال الطبي لهندسة الجينات في المستقبل.

Section 2

Essential Questions

- ▶ What are the different tools and processes used in genetic engineering?
- ▶ How does genetic engineering manipulate recombinant DNA?
- ▶ What are the similarities between selective breeding and genetic engineering?
- ▶ How can genetic engineering and biotechnology be used to improve human life?

Review Vocabulary

DNA: the genetic material of all organisms, composed of two complementary chains of nucleotides wound in a double helix

New Vocabulary

genetic engineering
genome
restriction enzyme
gel electrophoresis
recombinant DNA
plasmid
DNA ligase
transformation
cloning
polymerase chain reaction
transgenic organism

DNA Technology

MAIN Idea Researchers use genetic engineering to manipulate DNA.

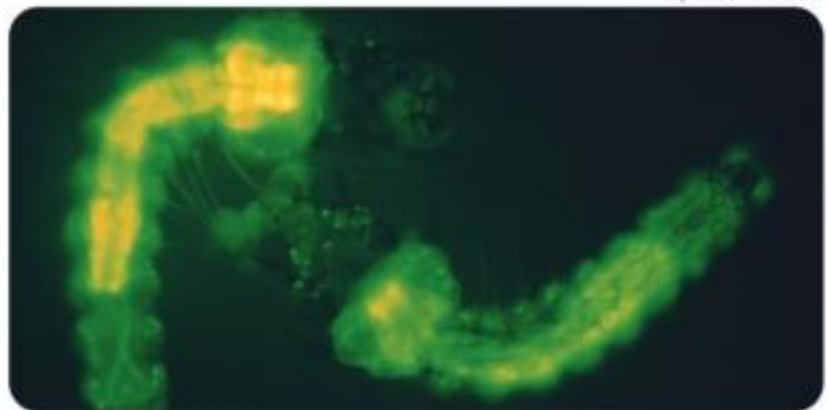
Real-World Reading Link Have you seen a handmade patchwork quilt? Patchwork quilts are created by combining different pieces of fabric. Scientists use a similar process and combine DNA from different sources to create an organism with unique traits.

Genetic Engineering

By about 1970, researchers had discovered the structure of DNA and had determined the central dogma that information flowed from DNA to RNA and from RNA to proteins. However, scientists did not know much about the function of individual genes. Suppose your friend told you the final score of a high school football game but did not tell you how each player contributed to the game. Your curiosity about the details of the game is similar to the curiosity scientists experienced because they did not know how each gene contributed to a cell's function.

The situation changed when scientists began using **genetic engineering**, technology that involves manipulating the DNA of one organism in order to insert exogenous DNA (the DNA of another organism). For example, researchers have inserted a gene for a bioluminescent protein called green fluorescent protein (GFP) into various organisms. GFP, which is a substance naturally found in jellyfishes that live in the north Pacific Ocean, emits a green light when it is exposed to ultraviolet light. Organisms that have been genetically engineered to synthesize the DNA for GFP, such as the mosquito larvae shown in **Figure 3**, can be easily identified in the presence of ultraviolet light. The GFP DNA is attached to exogenous DNA to verify that the DNA has been inserted into the organism. These genetically engineered organisms are used in various processes, such as studying the expression of a particular gene, investigating cellular processes, studying the development of a certain disease, and selecting traits that might be beneficial to humans.

Magnification: invisible



Genetically engineered mosquito larvae

■ **Figure 3** The gene for green fluorescent protein (GFP) was introduced into mosquito larvae so that researchers could verify that exogenous DNA was inserted.

Predict how genetic engineering might be used in the future by the medical field.

تكنولوجيا الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب

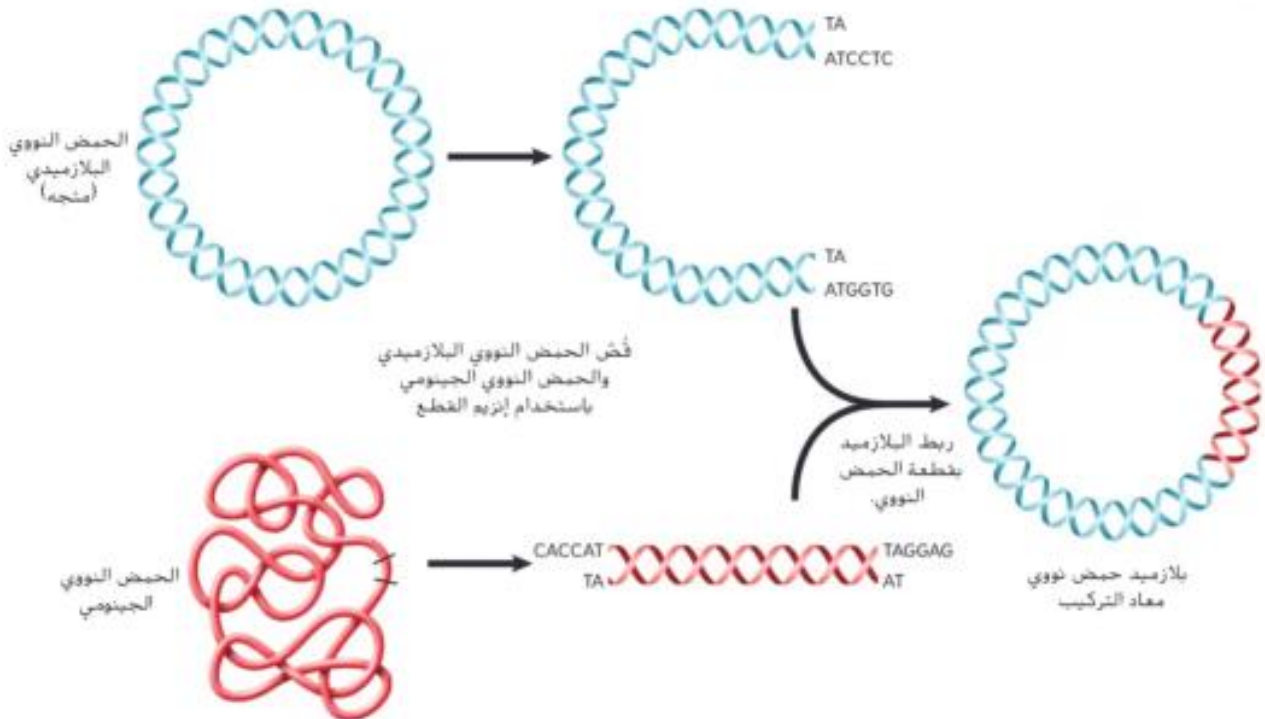
عندما تُفصل أجزاء الحمض النووي من خلال الفصل الكهربائي الهلامي، يمكن إزالة أجزاء بحجم معين من المادة الهلامية ودمجها مع أجزاء حمض نووي (DNA) من مصدر آخر. ويُسمى جزئي الحمض النووي المنشأ حديثاً. والحمض النووي المستمد من مصادر أخرى **الحمض النووي مُعاد التركيب**. وقد أسهمت تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب في تطوير طريقة دراسة العلماء للحمض النووي لأنها تتيح إمكانية دراسة الجينات الفردية.

لذلك، من الضروري وجود كميات كبيرة من جزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب من أجل دراستها. يعمل ناقل، يسمى **المتجه** على نقل الحمض النووي مُعاد التركيب إلى خلية بكتيرية تُسمى الخلية النحيفة. وتُعدّ البلازميدات والفيروسات متجهات شائعة الاستخدام. يمكن استخدام **البلازميدات**، وهي جزيئات دائرية صغيرة من الحمض النووي ثنائي الشرائط تتواجد طبيعياً في البكتيريا وفي خلايا الخميرة، كمتجهات نظراً إلى إمكانية قطعها عن طريق إنزيمات القطع. إذا تم قطع بلازميد وجزء حمض نووي مأخوذين من جينوم آخر بواسطة إنزيم القطع نفسه، ستكون نهايات كل جزء حمض نووي مُكثّلة وقابلة للدمج، كما هو مُوضّح في الشكل 6. تُمة إنزيم تستخدمه الخلايا عادةً في إصلاح الحمض النووي (DNA) ومضاعفته، يُسمى **إنزيم ربط الحمض النووي**، وهو يربط جزأي الحمض النووي كيميائياً. يربط الأنزيم أجزاء (DNA) ذات النهايات اللزجة. وكذلك الأجزاء ذات النهايات المصنفة. تفحص الشكل 6 مجدداً، ولاحظ أن جزئي (DNA) الدائري الناتج يحتوي على (DNA) البلازميد وجزء (DNA) المعضولين من جينوم آخر. يمكن الآن إدخال جزئي بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب هذا إلى خلية مضيفة للتمكن من إنتاج كميات كبيرة من هذا النوع من الحمض النووي مُعاد التركيب.

التأكد من فهم النص اربط بين إنزيمات القطع والحمض النووي مُعاد التركيب.



الشكل 6 ينشأ الحمض النووي مُعاد التركيب من خلال دمج DNA من مصدرين مختلفين معاً.



C13-03A-869510



Recombinant DNA Technology

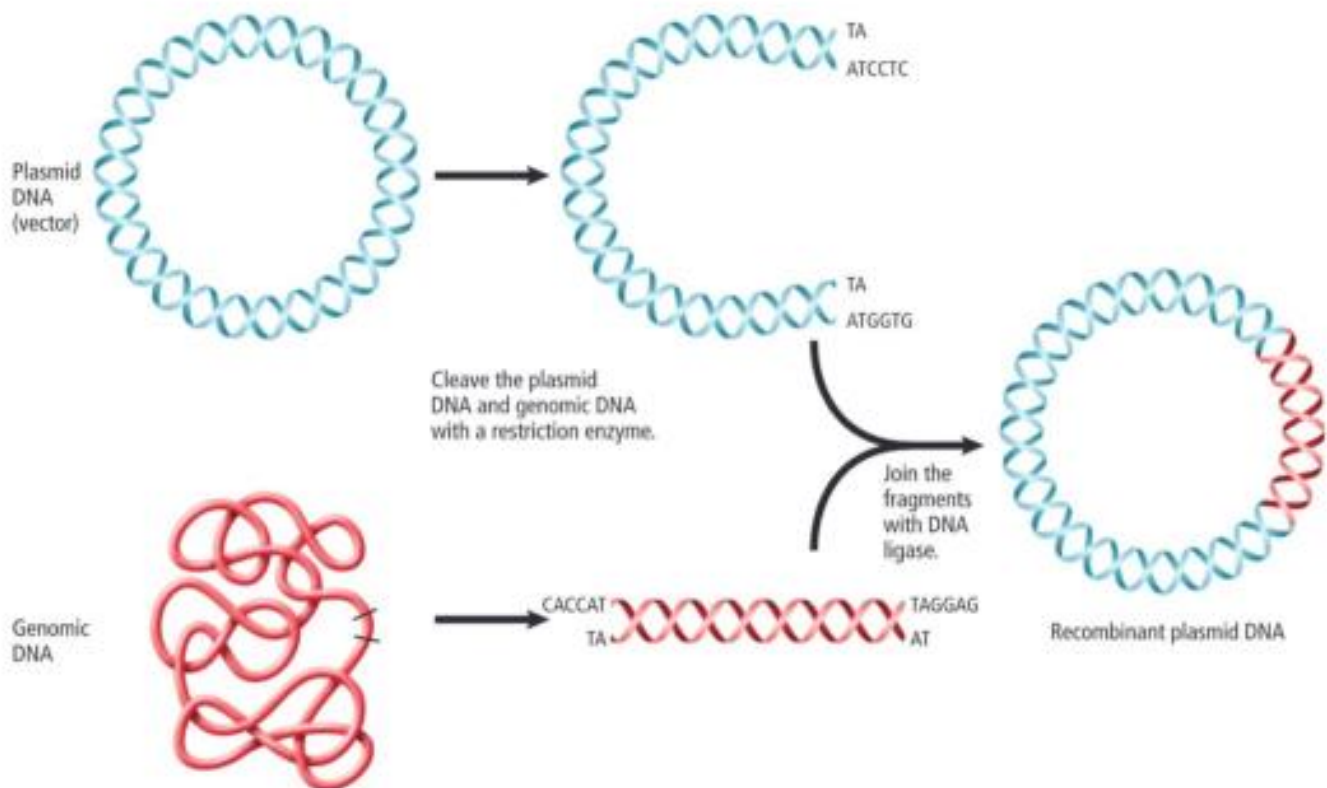
When DNA fragments have been separated by gel electrophoresis, fragments of a specific size can be removed from the gel and combined with DNA fragments from another source. This newly generated DNA molecule, with DNA from different sources, is called **recombinant DNA**. Recombinant DNA technology has revolutionized the way scientists study DNA because it enables individual genes to be studied.

Large quantities of recombinant DNA molecules are needed in order to study them. A carrier, called a vector, transfers the recombinant DNA into a bacterial cell called the host cell. Plasmids and viruses are commonly used vectors. **Plasmids**—small, circular, double-stranded DNA molecules that occur naturally in bacteria and yeast cells—can be used as vectors because they can be cut with restriction enzymes. If a plasmid and a DNA fragment obtained from another genome have been cleaved by the same restriction enzyme, the ends of each DNA fragment will be complementary and can be combined, as shown in **Figure 6**. An enzyme normally used by cells in DNA repair and replication, called **DNA ligase**, joins the two DNA fragments chemically. Ligase joins DNA fragments that have sticky ends as well as those that have blunt ends.

Examine **Figure 6** again. Notice that the resulting circular DNA molecule contains the plasmid DNA and the DNA fragment isolated from another genome. This recombinant plasmid DNA molecule now can be inserted into a host cell so that large quantities of this type of recombinant DNA can be made.

 **Reading Check** Relate restriction enzymes to recombinant DNA.

Figure 6 Recombinant DNA is created by joining together DNA from two different sources.



BIO.3.3.03.005 Study the importance of the genetic codes modification in producing intact proteins for the prevention of diseases and the importance of the human genome composition in determining the paternity and crime detection, by using the interactive software in a computer.

الشكل 12 يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة داخل الجينوم البشري لكشف التسلسلات المهمة. **فسّر النص من خلال فكّ شفرة الجمل المتداخلة.**

يمكننا المقارنة بلفك كبرموز اب تسلسل لبيا
لجينوم اي لبشر يا بلبيقراء ة كتابلا لبطبعيا
بلبصورة ة شصغيري بصحيحة. تخيل الجينو
ملا لا بوكأنه كمالا تطويلة بالافيتكتابلا منليد
ونلبعلال ما تاتيقم ومنلا لدونيبفوا صللبيل
كلما تبالو الجملليا والفقرات. ومع سلاسل
ابحر وفليمناثرة بينا بلجملودا اخلها. ولكيبء
تفه م بسالمكتوب. يجب فكر ترميز النص المختلط.

ترتيب تسلسل الجينوم يتألف DNA البشري من 46 كروموسوما. ولتحديد تسلسل واحد مستمّر للجينوم البشري. قُطعت كل الكروموسومات البشرية البالغ عددها 46. واستُخدم لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة لإنتاج أجزاء ذات تسلسلات متشابهة. وجمعت هذه الأجزاء بواسطة المتجهات لإنشاء حمض نووي (DNA) مُعاد التركيب واستُسخنت لصناعة سُخ كثيرة منها وزُتت تسلسليا باستخدام أجهزة آلية لترتيب التسلسل. بالإضافة إلى ذلك. استُخدمت أجهزة الكمبيوتر في تحليل المناطق المتشابهة بهدف تكوين تسلسل واحد متواصل. تُشبه عملية فكّ شفرة تسلسل الجينوم البشري قراءة كتاب مشفّر. تخيل الجينوم كتابًا من دون تنقيط أو فراغات بين الكلمات أو الجمل أو العبارات. افترض وجود سلاسل من الأحرف متفرقة بين الجمل وداخلها. ويوضح الشكل 12 ما قد تبدو عليه صفحة ما من هذا الكتاب. ولنتمكّن من فهم ما هو مكتوب. يجب عليك فكّ شفرة النص. وكان يجب على العلماء فكّ الشفرة الجينية الموجودة في الجينوم البشري بالطريقة نفسها.

بعد أن حدّد العلماء تسلسل الجينوم البشري بأكمله. لاحظوا أنّ أقل من 2% من كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري مسؤولة عن تشفير جميع البروتينات الموجودة في الجسم. ويعني ذلك أنّ الجينوم مليء بامتدادات طويلة من تسلسلات متكرّرة ليس لها وظيفة مباشرة. ويُطلق عليها اسم التسلسلات غير المشفرة.

البصمة الوراثية تكون الامتدادات الطويلة لمناطق DNA غير المشفرة فريدة من نوعها لدى كل فرد بخلاف مناطق DNA المشفّرة للبروتين التي تكون متطابقة تقريبًا بين الأفراد. فعندما تُقطّع إنزيمات القطع هذه المناطق. كما ذكر سابقًا في هذه الوحدة. تكون مجموعة أجزاء ال DNA الناتجة عن هذه العملية فريدة من نوعها لدى كل فرد. وتتطلب **البصمة الوراثية** فصل أجزاء DNA باستخدام الفصل الكهربي الهلامي لملاحظة أنماط الأشرطة الخاصة بكل شخص. ويستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية لتحديد هوية المشتبه فيهم والضحايا في القضايا الجنائية وإثبات النسب والتعرف على الجنود الذين قتلوا في الحرب.

المفردات مفردات أكاديمية

التسلسل

سلسلة متواصلة

يكون تسلسل الألوان ضغطًا جميلًا

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

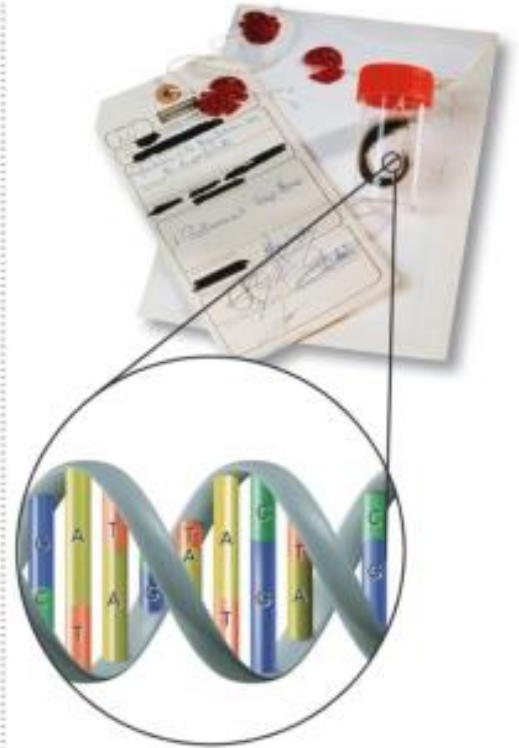
عالم الطب الشرعي إن هندسة الجينات هي تكنولوجيا يستخدمها علماء الطب الشرعي على نطاق واسع. إذ يستخدمون أدوات وعمليات عديدة. مثل البصمة الوراثية. في التحقيقات الجنائية والأثرية.

يعرض الشكل 13 عينة مأخوذة من الشعر يمكن أن يستخدمها علماء الطب الشرعي لاكتشاف البصمة الوراثية. إذ يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل في نسخ هذه الكمية الصغيرة من DNA بهدف إنشاء عينة كبيرة تصلح للتحليل. ثم يُقطع DNA المبخم باستخدام مجموعات مختلفة من إنزيمات القطع، ويُفضل الأجزاء بواسطة الفصل الكهربي الجلامي وتُقارن مع أجزاء DNA معروفة المصدر. مثل الضحايا والمشتبه بهم في قضية جنائية. لتحديد موضع أنماط التجزئة المشابهة. ويكون هناك احتمال كبير لأن يكون مصدر عيني DNA هو الشخص نفسه في حالة تطابق نمطي التجزئة. لم تُستخدم البصمة الوراثية منذ ابتكارها في إنجلترا في العام 1985 لإدانة المجرمين فحسب بل أيضًا للإفراج عن الأبرياء الذين خُيسوا ظلماً. ويهدم الشكل 14 نظرة عن كسب حول تاريخ التكنولوجيا الجينية.

✓ **التأكد من فهم النص لخص طريقة استخدام علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية.**

تحديد الجينات

عندما يُرتب الجينوم تسلسلياً، تكون الخطوة التالية تحديد الجينات ووظائفها. لا تزال وظائف العديد من الجينات الموجودة في الجينوم البشري غير معروفة. لذا يستخدم الباحثون التقنيات التي تجمع بين تحليل الكمبيوتر وتكنولوجيا الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب لتحديد وظيفة هذه الجينات. أما بالنسبة إلى الكائنات الحية مثل البكتيريا والخميرة، التي لا تحتوي الجينومات فيها على مناطق كبيرة من DNA غير المشفر. فقد حدد الباحثون جيناتها من خلال فحص تسلسل قوالب القراءة المفتوحة (أو ORFs). وقوالب القراءة المفتوحة هي عبارة عن سلاسل DNA تحتوي على 100 كودون على الأقل تبدأ بكودون البدء وتنتهي بكودون الإيقاف. ورغم أن هذه التسلسلات قد تكشف هوية جين معين، إلا أنها تُفحص لتحديد ما إذا كانت تنتج بروتينات فاعلة.



الشكل 13 يمكن التعرف على الأشخاص باستخدام المعلومات الجينية الموجودة في الدم أو الشعر أو السائل المنوي أو الجلد.



عام 1986 اعتمد اللقاح الأول المعدل وراثيًا لمنع الإصابة بالتهاب الكبد B.

عام 2000 أنتجت هندسة الجينات أول أرز مُعدّل وراثيًا لتوفير فيتامين A للناس.

عام 2005 أدى انتشار مرض أنفلونزا الطيور في قارة آسيا إلى مضاعفة الجهود المبذولة لإنشاء لقاحات جديدة.

1990

عام 1990 إطلاق مشروع الجينوم البشري الذي كان بمثابة بداية لجهود دولية بذلت لترتيب تسلسل الجينوم البشري.

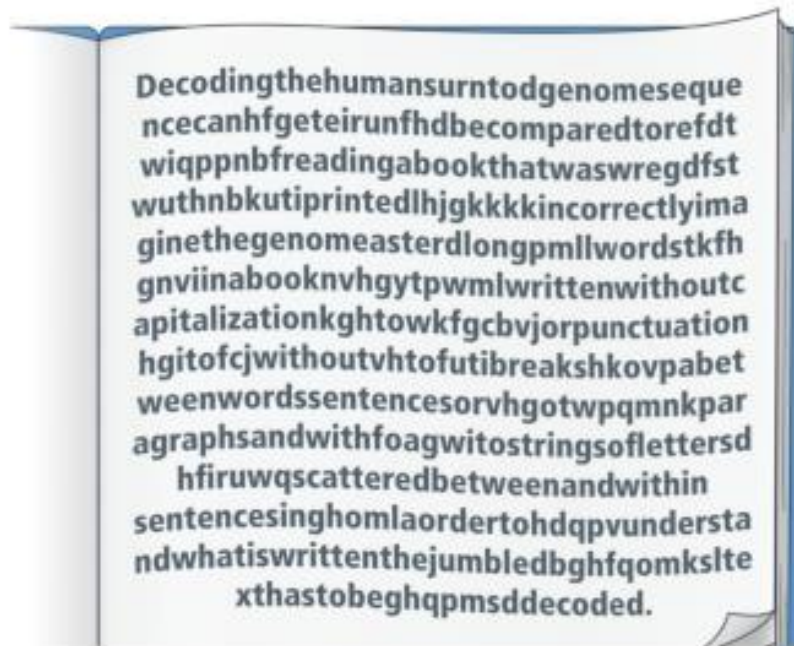
1995

عام 1993 كان داء هنتغتون أول مرض بشري رُسمت الجينات المسببة له.

2000

عام 2009 استخدام العلاج الجيني لمعالجة اعتلال الأعصاب السكري.

2010



■ **Figure 12** The genetic information contained within the human genome has to be decoded in order to uncover important sequences.

Interpret the text by decoding the jumbled sentences.

Sequencing the genome Human DNA is organized into 46 chromosomes. In order to determine one continuous human genome sequence, each of the 46 human chromosomes was cleaved. Several different restriction enzymes were used in order to produce fragments with overlapping sequences. These fragments were combined with vectors to create recombinant DNA, cloned to make many copies, and sequenced using automated sequencing machines. Computers analyzed the overlapping regions to generate one continuous sequence.

Decoding the sequence of the human genome can be compared to reading a book that was printed in code. Imagine the genome as words in a book written without capitalization, punctuation, or breaks between words, sentences, or paragraphs. Suppose there are strings of letters scattered between and within sentences. **Figure 12** illustrates how a page from such a book might look. In order to understand what is written, you have to decode the jumbled text. Similarly, scientists had to decode the genetic code in the human genome.

After sequencing the entire human genome, scientists observed that less than two percent of all of the nucleotides in the human genome code for all the proteins in the body. That is, the genome is filled with long stretches of repeated sequences that have no direct function. These regions are called noncoding sequences.

DNA fingerprinting Unlike the protein-coding regions of DNA that are almost identical among individuals, the long stretches of noncoding regions of DNA are unique to each individual. When these regions are cut by restriction enzymes, as described earlier in this chapter, the set of DNA fragments produced is unique to every individual. **DNA fingerprinting** involves separating these DNA fragments using gel electrophoresis in order to observe the distinct banding patterns that are unique to every individual. Forensic scientists use DNA fingerprinting to identify suspects and victims in criminal cases, to determine paternity, and to identify soldiers killed in war.

VOCABULARY

ACADEMIC VOCABULARY

Sequence (SEE kwens)

a continuous series

The sequence of colors formed a beautiful pattern.

CAREERS IN BIOLOGY

Forensic Scientist Genetic engineering is a technology used widely by forensic scientists. They use the various tools and processes, such as DNA fingerprinting, in criminal and archaeological investigations.



■ **Figure 13** People can be identified using the genetic information contained in blood, hair, semen, or skin.

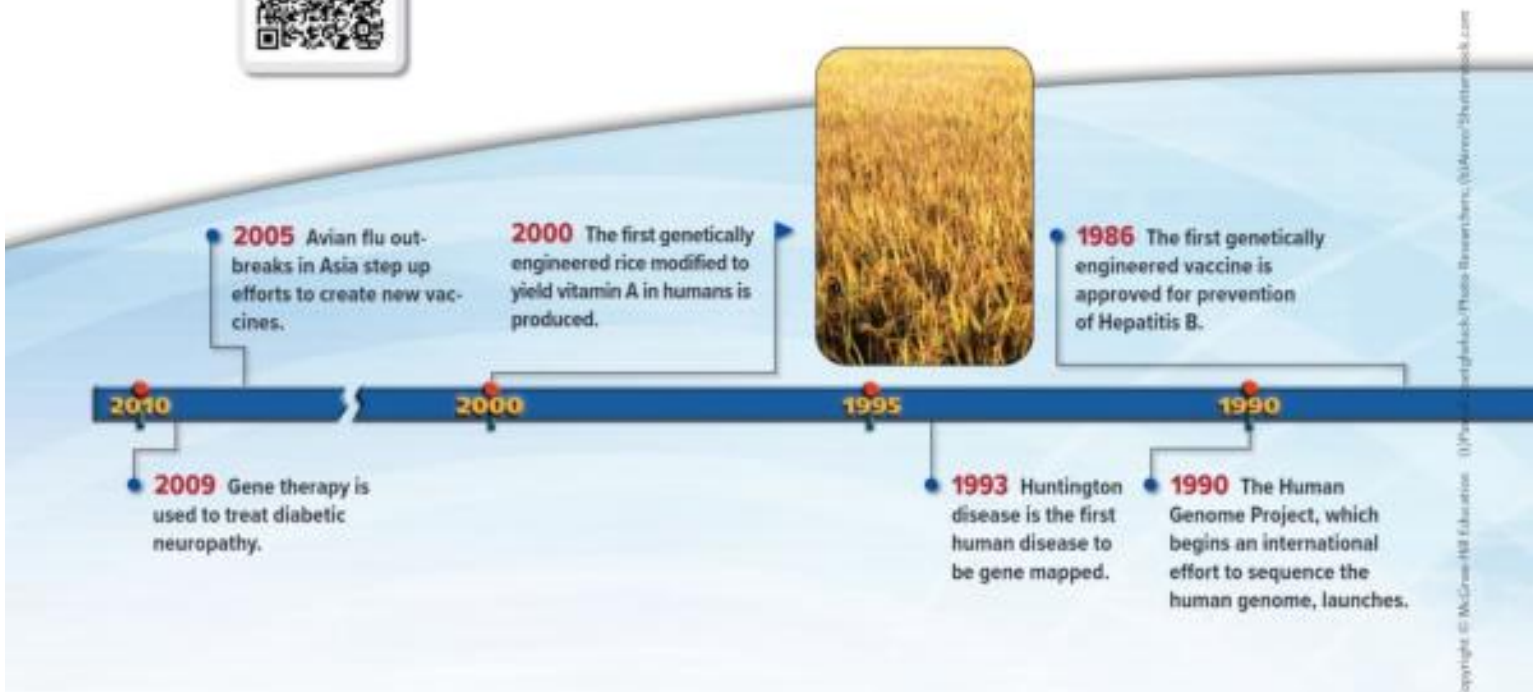
Figure 13 shows a sample obtained from hair that forensic scientists can use for DNA fingerprinting. PCR is used to copy this small amount of DNA to create a larger sample for analysis. The amplified DNA then is cut using different combinations of restriction enzymes. The fragments are separated by gel electrophoresis and compared to DNA fragments from known sources, such as victims and suspects in a criminal case, to locate similar fragmentation patterns. There is a high probability that the two DNA samples came from the same person if two fragmentation patterns match. Since its development in England in 1985, DNA fingerprinting has been used not only to convict criminals but also to free innocent people who had been wrongfully imprisoned. **Figure 14** provides a closer look at the history of genetic technology.

✓ **Reading Check** Summarize how forensic scientists use DNA fingerprinting.

Identifying Genes

Once the genome has been sequenced, the next step in the process is to identify the genes and determine their functions. The functions of many of the genes in the human genome are still unknown. Researchers use techniques that integrate computer analysis and recombinant DNA technology to determine the function of these genes.

For organisms such as bacteria and yeast, whose genomes do not have large regions of noncoding DNA, researchers have identified genes by scanning the sequence for open reading frames (or ORFs, pronounced "orphs"). ORFs are stretches of DNA containing at least 100 codons that begin with a start codon and end with a stop codon. While these sequences might indicate a gene, they will be tested to determine if these sequences produce functioning proteins.



Copyright © McGraw-Hill Education. | Photo: Shutterstock.com

BIO.3.2.03.008 Explain using evidence that natural selection is the result of four factors: 1) potential for a species to increase in number, 2) the genetic variation of individuals in a species 3) competition for an environment's limited supply of the resources that individuals need in order to survive and reproduce, and 4) the ensuing proliferation of those organisms that are better able to survive and reproduce in that environment

المبادئ الأساسية للانتخاب الطبيعي

الجدول 1

المبدأ	مثال
تُظهر أفراد جماعة أحيائية من النوع نفسه تنوعات فيما بينهم.	يبدو جميع الطلاب في الصف مختلفين.
يتم توارث التنوعات.	أنت تبدو مشابهًا لوالديك.
إن عدد صغار الحيوانات يفوق قدرة الموارد المتاحة على ضمان بقاء جميعها على قيد الحياة.	يضع طائر الكاردينال العادي تسع بيوض كل صيف، إذا ما عاش كل طائر كاردينال سنة واحدة فقط وبقيت كامل ذريته على قيد الحياة، فسوف تصل أعداد طائر الكاردينال إلى المليون طائر بعد سبع سنوات.
تكون التنوعات التي تزيد من نجاح التكاثر أكثر شيوعًا في الجيل التالي.	إذا كانت صفة الذيل المروحي الشكل تزيد من نجاح التكاثر لدى الحمام، فسيتميز المزيد من الحمام في الجيل التالي بذيول مروحية الشكل.

أصل الأنواع

توشل داروين إلى وضع نظرية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي في العام 1840 تقريبًا، وبعد فترة وجيزة، بدأ بتأليف كتاب متعدد الأجزاء يجمع الأدلة على التطور ويشرح الطريقة التي يقدم بها الانتخاب الطبيعي آلية تحدد أصل الأنواع. يلخص الجدول 1 مبادئ الانتخاب الطبيعي الواردة في عمل داروين. وقد استمر في جمع أدلة تدعم نظريته لسنوات عديدة. على سبيل المثال، قضى داروين ثمان سنوات في دراسة العلاقات بين الحيوانات البحرية القشرية. في العام 1858، اقترح عالم الطبيعة الإنجليزي ألفريد راسل والاس، نظرية كانت شبه مطابقة لنظرية داروين، وقدمت أفكار العالمين على حد سواء إلى الجمعية اللينية في لندن. بعد سنة واحدة، نشر داروين كتاب *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* حول أصل الأنواع عن طريق الانتخاب الطبيعي، وهي نسخة مختصرة من الكتاب الذي كان قد بدأ بتأليفه قبل ذلك بعدة سنوات. استخدم داروين، مصطلح التطور فقط في الصفحة الأخيرة من كتابه هذا، اليوم، يستخدم علماء الأحياء مصطلح **التطور** لتحديد التغيرات التراكمية لدى مجموعات من الكائنات الحية عبر الزمن. ليس الانتخاب الطبيعي مرادفًا للتطور، إنما هو آلية يحدث من خلالها التطور.

المفردات أصل الكلمة

يتطور evolve
مشتقة من الكلمة اللاتينية *evolvere*.
ويعني ينتشر أو يتكشف

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- استعاد داروين من ملاحظاته المأخوذة على متن السفينة HMS Beagle ودراساته اللاحقة لوضع نظريته حول التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي.
- يعتمد الانتخاب الطبيعي على أفكار التنوع والوراثة والتكاثر المعرط ومزايا صفات معينة في بيئات محددة.
- استنتج داروين أن عملية الانتخاب الطبيعي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى ظهور أنواع جديدة.

فهم الأفكار الأساسية

1. **تفسير زيلسا** صف الأدلة التي جمعها تشارلز داروين والتي أدت إلى نظريته الخاصة بالتطور.
2. اشرح كيف ساهمت فكرة الانتخاب الصناعي في تكوّن أفكار داروين المتعلقة بالانتخاب الطبيعي.
3. حدّد المبادئ الأربعة للانتخاب الطبيعي واذكر أمثلة غير مستخدمة في هذا القسم.
4. ناقش مساهمة والاس في نظرية التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي.
5. **فكر بشكل ناقذ** استدلّ على نتائج التطور في حال لم تتباين الأنواع.
6. **القسمية في** **علم الأحياء** اكتب قصة قصيرة تصوّر فيها زيارة مقترضة لك إلى جزر جالاپاجوس برفقة داروين.

Table 1

Basic Principles of Natural Selection

Principle	Example
Individuals in a population show variations among others of the same species.	The students in a classroom all look different.
Variations are inherited.	You look similar to your parents.
Animals have more young than can survive on the available resources.	The average cardinal lays nine eggs per summer. If each cardinal lived only one year and all offspring survived, in seven years there would be a million cardinals.
Variations that increase reproductive success will be more common in the next generation.	If having a fan-shaped tail increases the reproductive success of pigeons, then more pigeons in the next generation will have fan-shaped tails.

The Origin of Species

Darwin had likely formulated his theory of evolution by natural selection by about 1840. Soon after, he began writing a multivolume book compiled of evidence for evolution and explaining how natural selection might provide a mechanism for the origin of species. **Table 1** summarizes the principles of natural selection described in Darwin's work. He continued to compile evidence in support of his theory for many years. For example, he spent eight years studying relationships among barnacles.

In 1858, Alfred Russel Wallace, another English naturalist, proposed a theory that was almost identical to Darwin's theory. Both men's ideas were presented to the Linnean Society of London. One year later, Darwin published *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*—a condensed version of the book he had started many years before.

In his book, Darwin used the term *evolution* only on the last page. Today, biologists use the term **evolution** to define cumulative changes in groups of organisms through time. Natural selection is not synonymous with evolution; it is a mechanism by which evolution occurs.

VOCABULARY

WORD ORIGIN

Evolve

comes from the Latin word *evolvere*, meaning *unroll* or *unfold*.

Section 1 Review

Section Summary

- ▶ Darwin drew from his observations on the HMS *Beagle* and later studies to develop his theory of evolution by natural selection.
- ▶ Natural selection is based on ideas of variation, inheritance, excess reproduction, and advantages of certain traits in certain environments.
- ▶ Darwin reasoned that the process of natural selection eventually could result in the appearance of new species.

Understand Main Ideas

1. **MAIN Idea** Describe the evidence Charles Darwin gathered that led to his theory of evolution.
2. **Explain** how the idea of artificial selection contributed to Darwin's ideas on natural selection.
3. **Identify** the four principles of natural selection and provide examples not used in this section.
4. **Discuss** Wallace's contribution to the theory of evolution by natural selection.

Think Critically

5. **Infer** the consequences for evolution if species did not vary.

WRITING in Biology

6. Write a short story about what it might have been like to visit the Galápagos Islands with Darwin.

كانت **أنماط الهجرة** عاملاً حاسماً بالنسبة إلى داروين أثناء وضعه لنظرية التطور. فقد فشرت أنماط الهجرة. على سبيل المثال، سبب احتواء الجزر غالباً على تنوع نباتي أكبر من التنوع الحيواني، فإن النباتات أكثر قدرة على الانتقال من باسطة قريبة على شكل بذور. سواء عن طريق الرياح أو على ظهر الطيور. ومنذ حقبة داروين، قام العلماء بتأكيد دراسته المتعلقة بتوزيع النباتات والحيوانات حول العالم والتوسع فيها، وأصبحت مجال دراسة يُعرف الآن **بالجغرافيا الحيوية**. إضافة إلى ذلك، يرتبط التطور ارتباطاً وثيقاً بتقوى المناخ والجيولوجيا، خاصة حركة الصفائح التكتونية، التي تساعد في تفسير العديد من العلاقات الموروثة والتوزيعات الجغرافية على مستوى الأحافير والكائنات الحية حالياً.

التكيف

تقدم الفئات الخمس التي تمت مناقشتها سابقاً، وهي سجل الأحافير والنشروع المقارن وعلم الأجنة المقارن وعلم الكيمياء الحيوية المقارن والتوزيع الجغرافي، أدلة تدعم نظرية التطور. وقد اعتمد داروين على كل هذه الفئات ما عدا الكيمياء الحيوية، التي لم تكن متطورة بما يكفي في زمنه. ليضع نظريته عن التطور عبر الانتخاب الطبيعي. وتُجدر الإشارة إلى أنّ مفهوم التكيف يمثل جوهر نظرية داروين.

أنواع التكيف يُعد التكيف صفة وراثية تتكوّن عن طريق الانتخاب الطبيعي بحيث يزيد من نجاح التكاثر لدى الكائن الحي. ويمكن تحديد مدى مساهمة صفة وراثية معينة في نجاح التكاثر من خلال قياس **اللياقة**. وهي مقياس المساهمة النسبية التي تقوم بها صفة وراثية ما للجيل التالي. وغالباً ما تُقاس من خلال الأعداد القابلة للبقاء والتكاثر في ذرية الكائن الحي والتي ينتجها هذا الأخير في الجيل التالي. كلما تكيف الكائن الحي بشكل أفضل مع بيئته، ازدادت فرصه في البقاء ونجاح تكاثره. يُعثر هذا المفهوم التنوعات التي لاحظها داروين في منقار طائر البرقش الموجود على جزر جالاباجوس، فبسبب اختلاف البيئات بين هذه الجزر كان لهذا الطائر خصائص مختلفة لمنقاره في كل منها.

التنويه طورت بعض الأنواع وسائل تكيف شكلية تسمح لها بالاندماج في بيئتها. وهذا ما يُسمى **بالتنويه**. يسمح التنويه للكائنات الحية بأن تصبح شبه غير مرئية بالنسبة إلى المفترسين، كما هو مبين في الشكل 11. نتيجة لذلك، تكثرت أعداد كبيرة من الأفراد المميّزة من البقاء والتكاثر.



المفردات الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام التكيف adaptation

الاستخدام العلمي: هو صفة وراثية تكوّنت من خلال الانتخاب الطبيعي لتعزيز بناء الكائن الحي أو نجاحه في التكاثر بعد ذيل الفرد القادر على الإمساك بالأشياء وسيلة تكيف للعيش على الأشجار.

الاستخدام العام: التأقلم أو التغير تكيف المهاجر مع ظروف حياته الجديدة



الشكل 11 سيكون من السهل أن يفعل مفترس ما عن هذا الأرنب القطبي (*Lepus arcticus*) في بيئة للجمية بسبب التنويه اللامع الذي يقوم به هذا الحيوان.



Patterns of migration were critical to Darwin when he was developing his theory. Migration patterns explained why, for example, islands often have more plant diversity than animal diversity: the plants are more able to migrate from the closest mainland as seeds, either by wind or on the backs of birds. Since Darwin's time, scientists have confirmed and expanded Darwin's study of the distribution of plants and animals around the world in a field of study now called **biogeography**. Evolution is intimately linked with climate and geological forces, especially plate tectonics, which helps explain many ancestral relationships and geographic distributions seen in fossils and living organisms today.

Adaptation

The five categories discussed in the previous section—the fossil record, comparative anatomy, comparative embryology, comparative biochemistry, and geographic distribution—offer evidence for evolution. Darwin drew on all of these except biochemistry—which was not well developed in his time—to develop his own theory of evolution by natural selection. At the heart of his theory lies the concept of adaptation.

Types of adaptation An adaptation is a trait shaped by natural selection that increases an organism's reproductive success. One way to determine how effectively a trait contributes to reproductive success is to measure fitness. **Fitness** is a measure of the relative contribution that an individual trait makes to the next generation. It often is measured as the number of reproductively viable offspring that an organism produces in the next generation.

The better an organism is adapted to its environment, the greater its chances of survival and reproductive success. This concept explains the variations Darwin observed in the finches' beaks on the Galápagos Islands. Because the environments differed on each island, different beak characteristics were selected for.

Camouflage Some species have evolved morphological adaptations that allow them to blend in with their environments. This is called **camouflage**. Camouflage allows organisms to become almost invisible to predators, as shown in **Figure 11**. As a result, more of the camouflaged individuals survive and reproduce.

VOCABULARY

SCIENCE USAGE V. COMMON USAGE

Adaptation

Science usage: a trait shaped by natural selection to increase the survival or reproductive success of an organism
The prehensile tail of monkeys is an adaptation for life in trees.

Common usage: adjustment or change
The movie script is an adaptation of the original play.



■ **Figure 11** It would be easy for a predator to overlook this Arctic hare (*Lepus arcticus*) in a snowy environment because of the animal's effective camouflage.



الشكل 10

قام العلماء بالتعديل الوراثي للورقة التي على اليمين لتكون قادرة على مقاومة الحشرات والآفات.

النباتات المعدلة وراثيًا خضع العديد من أنواع النباتات للتعديل الوراثي لتكون أكثر مقاومة للآفات الحشرية أو الفيروسية. وقد شهد العام 2006 زراعة ما يقرب من 69.9 مليون هكتار من المحاصيل المعدلة وراثيًا على أيدي 7 ملايين مزارع في 18 دولة. وشملت هذه المحاصيل فول الصويا والذرة والقمح والكانولا المقاومة لمبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية. يُنتج العلماء حاليًا قطنًا معدلاً وراثيًا، كما هو موضح في الشكل 10، قادرًا على مقاومة غزو الحشرات للوز القطن. كما يطوّر الباحثون نبات الغول السوداني وفول الصويا التي لا تسبب ردود فعل تحسسية. يتم زرع محاصيل أخرى لأغراض تجارية ويجري اختبارها ميدانيًا. وتشمل هذه المحاصيل نباتات البطاطا السكرية المقاومة لأحد أنواع الفيروسات الذي يمكنه أن يفضي على معظم المحصول الإفريقي ونباتات الأرز التي تحتوي على نسب مرتفعة من الحديد والفيتامينات والتي يمكنها أن تغلظ من سوء التغذية في دول آسيا. أما المحاصيل المحتملة، فتشمل ثمار الموز التي تُنتج لقاحات لعلاج أمراض معدية، مثل التهاب الكبد الفيروسي B ونباتات تنتج مواد بلاستيكية قابلة للتحلل الحيوي.

البكتيريا المعدلة وراثيًا يُصنع الأنسولين وهرمونات النمو والمواد التي تُذيب تخثرات الدم من البكتيريا المعدلة وراثيًا. كما تُطبخ البكتيريا المعدلة وراثيًا تُكوّن بلورات الثلج على المحاصيل لحمايتها من التلف الناتج عن الصقيع. وتنظيف الانسكابات النفطية بفعالية أكبر وتحليل النفايات.



القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- المقدمة الرئيسية** 1. التسلسل اذكر كيفية إنتاج الحمض النووي مُعاد التركيب والتحكم به.
 2. اشرح سبب احتواء بعض البلازميدات على جين مقاوم للمضاد الحيوي.
 3. صف كيف يمكن أن تحسّن هندسة الجينات صحة الإنسان.
 4. قابل بين أحد الاختلافات الكبيرة بين الانتخاب الصناعي وهندسة الجينات.
 - التفكير الناقد** 5. قيّم تتضمن عدة أفلام وكتب شهيرة كائنات حية متحورة. هل من الممكن إنتاج كائنات حية مُعدلة وراثيًا؟ علّل إجابتك.
 - الكتابة في** 6. كيف تستطيع شركة تجارية تصنيع الحمض النووي وبيعه؟ ومن هم العملاء المحتملين؟ اكتب قائمة بالاستخدامات المحتملة للحمض النووي DNA الذي يصنّع في المختبر.
- فهم الأفكار الرئيسية**
- 1. تُستخدم هندسة الجينات لإنتاج كائنات حية مفيدة للبشر.
 - 2. تُستخدم تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب لدراسة الجينات الفردية.
 - 3. يمكن فصل أجزاء الحمض النووي (DNA) باستخدام الفصل الكهربائي الهلامي.
 - 4. يمكن إنتاج المستنسخات عن طريق تحويل البكتيريا باستخدام الحمض النووي مُعاد التركيب.
 - 5. يُستخدم تفاعل البلمرة التسلسلي لإنتاج نسخ من تسلسلات DNA الصغيرة.
 - 6. يجري حاليًا إنشاء كائنات حية مُعدلة وراثيًا لتحسين حياة الإنسان.
- علم الأحياء**



■ **Figure 10**

Scientists have genetically engineered the leaf on the right to be able to resist insects and pests.

Transgenic plants Many species of plants have been genetically engineered to be more resistant to insect or viral pests. In 2006, about 69.9 million hectares grown by 7 million farmers in 18 countries were planted with transgenic crops. These crops included herbicide- and insecticide-resistant soybeans, corn, cotton, and canola. Scientists now are producing genetically engineered cotton, as shown in **Figure 10**, that resists insect infestation of the bolls. Researchers also are developing peanuts and soybeans that do not cause allergic reactions.

Other crops are being grown commercially and being field-tested. These crops include sweet-potato plants that are resistant to a virus that could kill most of the African harvest, rice plants with increased iron and vitamins that could decrease malnutrition in Asian countries, and a variety of plants able to survive extreme weather conditions. Prospective crops include bananas that produce vaccines for infectious diseases, such as hepatitis B, and plants that produce biodegradable plastics.

Transgenic bacteria Insulin, growth hormones, and substances that dissolve blood clots are made by transgenic bacteria. Transgenic bacteria also slow the formation of ice crystals on crops to protect them from frost damage, clean up oil spills more efficiently, and decompose garbage.



Section 2 Review

Section Summary

- ▶ Genetic engineering is used to produce organisms that are useful to humans.
- ▶ Recombinant DNA technology is used to study individual genes.
- ▶ DNA fragments can be separated using gel electrophoresis.
- ▶ Clones can be produced by transforming bacteria with recombinant DNA.
- ▶ The polymerase chain reaction is used to make copies of small DNA sequences.
- ▶ Transgenic organisms are being created to increase the quality of human life.

Understand Main Ideas

1. **MAIN Idea Sequence** how recombinant DNA is made and manipulated.
2. **Explain** why some plasmids contain a gene for resistance to an antibiotic.
3. **Describe** how genetic engineering can improve human health.
4. **Contrast** one major difference between selective breeding and genetic engineering.

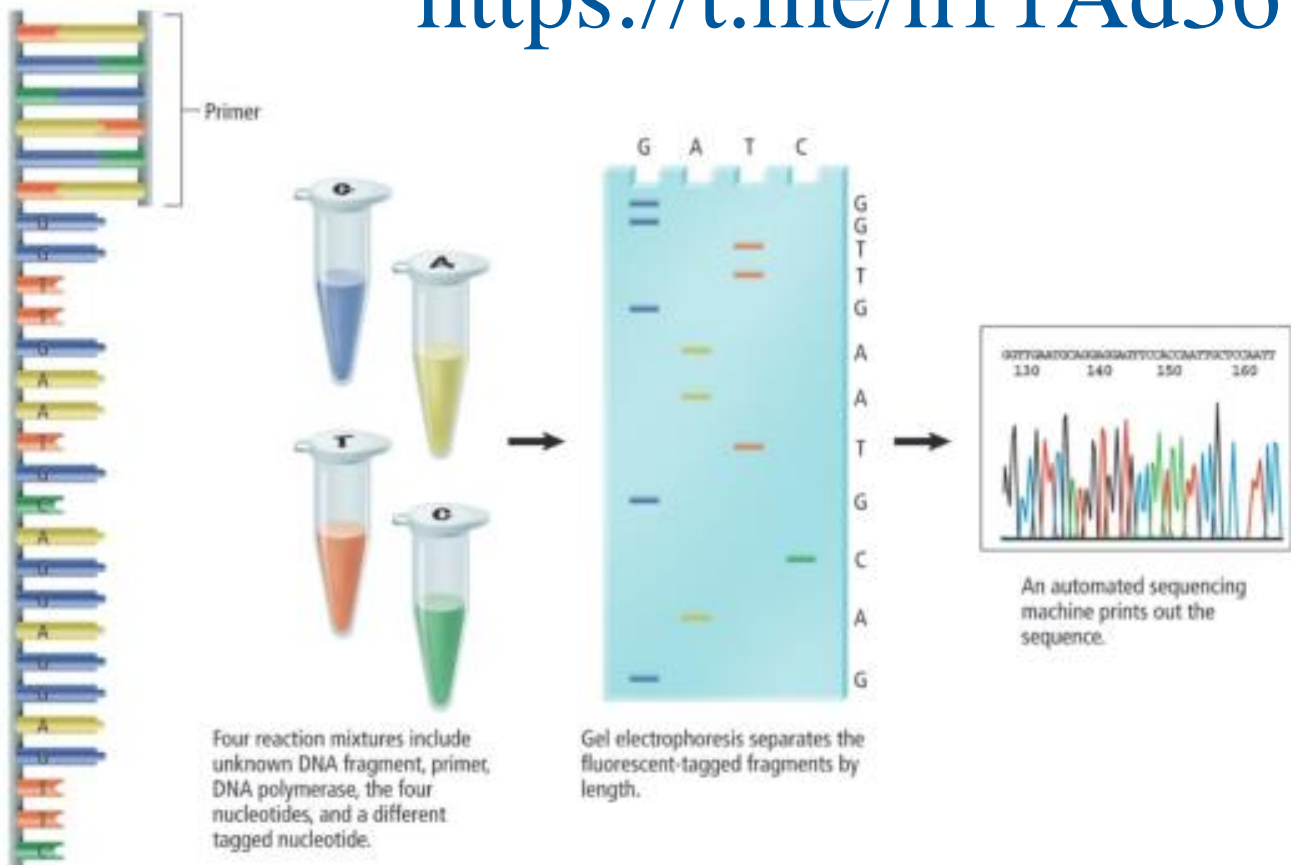
Think Critically

5. **Evaluate** Several popular movies and books involve mutated organisms. Are these transgenic organisms a possibility? Why or why not?

WRITING in Biology

6. Why would a business synthesize and sell DNA? Who would their customers be? Write a list of possible uses for DNA that is synthesized in a laboratory.

<https://t.me/h11Ad36>



Four reaction mixtures include unknown DNA fragment, primer, DNA polymerase, the four nucleotides, and a different tagged nucleotide.

Gel electrophoresis separates the fluorescent-tagged fragments by length.

An automated sequencing machine prints out the sequence.

■ **Figure 8** DNA can be sequenced using fluorescent tagged nucleotides.

Describe how the sequence of the original DNA template is determined.

Follow **Figure 8** to understand how DNA is sequenced. Scientists mix an unknown DNA fragment, DNA polymerase, and the four nucleotides—A, C, G, T—in a tube. A small amount of each nucleotide is tagged with a different color of fluorescent dye, which also modifies the structure of the nucleotide. Every time a modified fluorescent-tagged nucleotide is incorporated into the newly synthesized strand, the reaction stops. This produces DNA strands of different lengths. The sequencing reaction is complete when the tagged DNA fragments are separated by gel electrophoresis. The gel is then analyzed in an automated DNA sequencing machine that detects the color of each tagged nucleotide. The sequence of the original DNA template is determined from the order of the tagged fragments.

Polymerase chain reaction Once the sequence of a DNA fragment is known, a technique called the **polymerase chain reaction (PCR)** can be used to make millions of copies of a specific region of a DNA fragment. PCR is extremely sensitive and can detect a single DNA molecule in a sample. PCR is useful because this single DNA molecule then can be copied, or amplified, numerous times to be used for DNA analysis. Follow **Figure 9** as you read about the steps of PCR.

Step 1 PCR is performed by placing the DNA fragment to be copied, DNA polymerase, the four DNA nucleotides, and two short single-stranded pieces of DNA called primers in a tube. The primers are complementary to the ends of the DNA fragment that will be copied and used as starting points for DNA synthesis. PCR begins when the tube is heated.

BIO.3.3.03.005 Study the importance of the genetic codes modification in producing intact proteins for the prevention of diseases and the importance of the human genome composition in determining the paternity and crime detection, by using the interactive software in a computer.

الشكل 12 يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة داخل الجينوم البشري لكشف التسلسلات المهمة. **فُسر النص من خلال فكّ شفرة الجمل المتداخلة.**

يمكننا المقارنة بلفك لرموز ايتسلسلسليبيا
لجينوم ايبلشريا بليببقراءة كتابلا لبطبعيا
بلبصورة شصغيري بصحيحة. تخيللجينو
ملاابوكأنهكلما تطويلة بالافيتكتابلالمنليد
ونلبيعلاما تاتبقيوم ومناللدونيبفواصلبليبيل
كلما تبالأوالجمللياواللفقرات. ومع سلاسل
ابحرو فليمتناثرة بينالبلجملوداخلها. ولكيبء
تفهيمبالمكتوب. يجبفكرترميز النصالمختلط.

المفردات
مفردات أكاديمية
التسلسل
سلسلة متواصلة
يكون تسلسل الألوان متطابقاً جميلاً.

ترتيب تسلسل الجينوم يتألف DNA البشري من 46 كروموسوماً. ولتحديد تسلسل واحد مستمّر للجينوم البشري. قُطعت كل الكروموسومات البشرية البالغ عددها 46. واستُخدم لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة لإنتاج أجزاء ذات تسلسلات متشابهة. وجمعت هذه الأجزاء بواسطة المتجهات لإنشاء حمض نووي (DNA) مُعاد التركيب واستُنسخت لصناعة سُخ كثرية منها ورتبت تسلسلياً باستخدام أجهزة آلية لترتيب التسلسل. بالإضافة إلى ذلك. استخدمت أجهزة الكمبيوتر في تحليل المناطق المتشابهة بهدف تكوين تسلسل واحد متواصل. تُشبه عملية فكّ شفرة تسلسل الجينوم البشري قراءة كتاب مشقّر. تخيل الجينوم كتاباً من دون تنقيط أو فراغات بين الكلمات أو الجمل أو العبارات. افترض وجود سلاسل من الأحرف متفرقة بين الجمل ودخلها. وبوضوح الشكل 12 ما قد تبدو عليه صفحة ما من هذا الكتاب. ولنتيكن من فهم ما هو مكتوب. يجب عليك فكّ شفرة النص. وكان يجب على العلماء فكّ الشفرة الجينية الموجودة في الجينوم البشري بالطريقة نفسها.

بعد أن حدّد العلماء تسلسل الجينوم البشري بأكمله. لاحظوا أنّ أقل من 2% من كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري مسؤولة عن تشفير جميع البروتينات الموجودة في الجسم. ويعني ذلك أنّ الجينوم مليء بامتدادات طويلة من تسلسلات متكررة ليس لها وظيفة مباشرة. ويُطلق عليها اسم التسلسلات غير المشفرة.

البصمة الوراثية تكون الامتدادات الطويلة لمناطق DNA غير المشفرة فريدة من نوعها لدى كل فرد بخلاف مناطق DNA المشفرة للبروتين التي تكون متطابقة تقريباً بين الأفراد. فعندما تُقَطع إنزيمات القطع هذه المناطق. كما ذكر سابقاً في هذه الوحدة. تكون مجموعة أجزاء الـ DNA الناتجة عن هذه العملية فريدة من نوعها لدى كل فرد. وتتطلب **البصمة الوراثية** فصل أجزاء DNA باستخدام الفصل الكهربي الهلامي لملاحظة أنماط الأشرطة الخاصة بكل شخص. ويستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية لتحديد هوية المشتبه فيهم والضحايا في القضايا الجنائية وإثبات النسب والتعرف على الجنود الذين قتلوا في الحرب.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالم الطب الشرعي إن هندسة الجينات هي تكنولوجيا يستخدمها علماء الطب الشرعي على نطاق واسع. إذ يستخدمون أدوات وعمليات عديدة. مثل البصمة الوراثية. في التحقيقات الجنائية والأثرية.



Decoding the human genome sequence can be compared to reading a book that was printed in code. Imagine the genome as words in a book written without capitalization, punctuation, or breaks between words, sentences, or paragraphs. Suppose there are strings of letters scattered between and within sentences. **Figure 12** illustrates how a page from such a book might look. In order to understand what is written, you have to decode the jumbled text. Similarly, scientists had to decode the genetic code in the human genome.

■ **Figure 12** The genetic information contained within the human genome has to be decoded in order to uncover important sequences.

Interpret the text by decoding the jumbled sentences.

Sequencing the genome Human DNA is organized into 46 chromosomes. In order to determine one continuous human genome sequence, each of the 46 human chromosomes was cleaved. Several different restriction enzymes were used in order to produce fragments with overlapping sequences. These fragments were combined with vectors to create recombinant DNA, cloned to make many copies, and sequenced using automated sequencing machines. Computers analyzed the overlapping regions to generate one continuous sequence.

Decoding the sequence of the human genome can be compared to reading a book that was printed in code. Imagine the genome as words in a book written without capitalization, punctuation, or breaks between words, sentences, or paragraphs. Suppose there are strings of letters scattered between and within sentences. **Figure 12** illustrates how a page from such a book might look. In order to understand what is written, you have to decode the jumbled text. Similarly, scientists had to decode the genetic code in the human genome.

After sequencing the entire human genome, scientists observed that less than two percent of all of the nucleotides in the human genome code for all the proteins in the body. That is, the genome is filled with long stretches of repeated sequences that have no direct function. These regions are called noncoding sequences.

DNA fingerprinting Unlike the protein-coding regions of DNA that are almost identical among individuals, the long stretches of noncoding regions of DNA are unique to each individual. When these regions are cut by restriction enzymes, as described earlier in this chapter, the set of DNA fragments produced is unique to every individual. **DNA fingerprinting** involves separating these DNA fragments using gel electrophoresis in order to observe the distinct banding patterns that are unique to every individual. Forensic scientists use DNA fingerprinting to identify suspects and victims in criminal cases, to determine paternity, and to identify soldiers killed in war.

VOCABULARY

ACADEMIC VOCABULARY

Sequence (SEE kwens)

a continuous series

The sequence of colors formed a beautiful pattern.

CAREERS IN BIOLOGY

Forensic Scientist Genetic engineering is a technology used widely by forensic scientists. They use the various tools and processes, such as DNA fingerprinting, in criminal and archaeological investigations.

اتباع الخطوات المطلوبة في إجراء تجربة صغيف الـ DNA الدقيق الموضحة في الشكل 15. يُفضل الحمض النووي الريبوزي الناقل من جماعتين أحيائيتين مختلفتين من الخلايا وتحويل إلى أشرطة الـ DNA المتمم (cDNA) باستخدام إنزيم يسمى النسخ العكسي. ويميز الـ DNA المتمم من كل جماعة أحيائية للخلية بصيغة فلورسنت محددة، مثل اللون الأحمر للخلايا السرطانية والأخضر للخلايا الطبيعية. وتُجمع كلتا مجموعتي الـ DNA المتمم على شريحة الصغيف الدقيق وتوضع في حضنة.

يعرض الشكل 15 إشارات العودة إلى الخط مرة أخرى الفلورسنت التي تنتج عند تحليل شريحة الصغيف الدقيق. وعندما يتطابق التعبير عن جين ما في كل من الخلايا السرطانية والطبيعية، تتكوّن بقعة صفراء على الرقاقة. لكن إذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية، فستكون البقعة التي تكونت حمراء اللون. من ناحية أخرى، إذا كان التعبير الجيني أعلى في الخلايا الطبيعية، فستكون البقعة التي تكونت خضراء اللون. بما أن شريحة واحدة من صغيف الـ DNA الدقيق يمكن أن تحوي آلاف الجينات، يستطيع الباحثون فحص التغيرات الموجودة في أنماط التعبير عن جينات متعددة في الوقت نفسه. كما يستخدم العلماء صغيفات الـ DNA الدقيقة للتعرف على الجينات الجديدة ودراسة التغيرات التي تحدث في التعبير عن البروتينات تحت ظروف نمو مختلفة.

الجينوم والاضطرابات الجينية

رغم أن أكثر من 99% من كل تسلسلات قاعدة النيوكليوتيدات تتطابق تمامًا لدى جميع الأشخاص، إلا أنه ثمة أحيانًا بعض التنوعات المتعلقة بالأمراض البشرية. وتسمى هذه التنوعات المتواجدة في تسلسل الـ DNA والتي تحدث عندما يتغير نيوكليوتيد واحد في الجينوم **تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية أو SNPs**. ولكي يطلق على تنوع ما تعدد أشكال نيوكليوتيدات فردية، يجب أن يحدث بتسبة 1% على الأقل لدى اسم الجماعة الأحيائية. مع أن الكثير من تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية لا تؤثر في وظيفة الخلية، وضع العلماء فرضية تقول إن خرائط تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية ستساعد في تحديد العديد من الجينات المرتبطة بأنواع كثيرة مختلفة من الاضطرابات الجينية.

مختبر تحليل البيانات 1

استنادًا إلى دراسات*

تطبيق المفاهيم

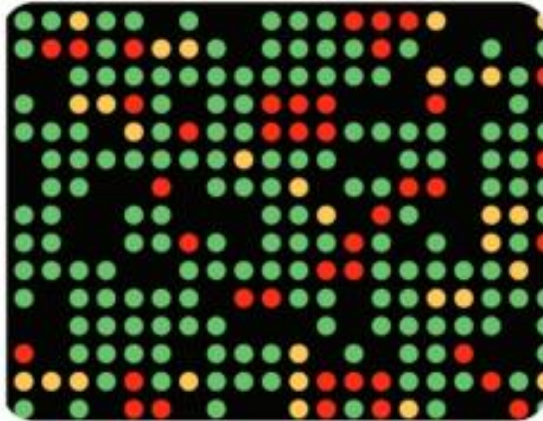
كيف يمكن استخدام صغيفات الـ DNA الدقيقة لتصنيف أنواع سرطان البروستات؟ يمكن مقارنة أنماط التعبير عن الجينات بين خلايا البروستات الطبيعية وخلايا سرطان البروستات باستخدام تكنولوجيا صغيف الـ DNA الدقيق.

البيانات والملاحظات

يعرض الرسم المقابل مجموعة فرعية من البيانات المكتسبة.

التفكير الناقد

1. احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأصفر. ثم احسب نسبة البقع التي تتميز باللون الأخضر والتي تتميز باللون الأحمر.
2. اشرح لماذا تكون بعض البقع سوداء.
3. طبق المفاهيم كيف نختار أحد الجينات لدراسته كسبب لسرطان البروستات؟



*أحدثت البيانات من Lapointe, et al. 2004. Gene expression profiling identifies clinically relevant subtypes of prostate cancer. PNAS 101: 811-816

Follow the steps involved in doing the DNA microarray experiment shown in **Figure 15**. mRNA from two different populations of cells is isolated and converted into complementary DNA (cDNA) strands using an enzyme called reverse transcriptase. The complementary DNA from each cell population is labeled with a specific fluorescent dye—for example, red for cancer cells and green for normal cells. Both pools of complementary DNA are combined on the microarray slide and incubated.

Figure 15 shows the fluorescent signals that are produced when the microarray slide is analyzed. When the expression of a gene is the same in both the normal and cancer cells, a yellow spot is produced on the chip. If the expression of a gene is higher in cancer cells, then the spot formed is red. However, if the expression is higher in normal cells, then the spot formed is green.

Because one DNA microarray slide can contain thousands of genes, researchers can examine changes in the expression patterns of multiple genes at the same time. Scientists also are using DNA microarrays to identify new genes and to study changes in the expression of proteins under different growth conditions.

The Genome and Genetic Disorders

Although more than 99 percent of all nucleotide base sequences are exactly the same in all people, sometimes there are variations that are linked to human diseases. These variations in the DNA sequence that occur when a single nucleotide in the genome is altered are called **single nucleotide polymorphisms** or SNPs. For a variation to be considered an SNP, it must occur in at least one percent of the population. Many SNPs have no effect on cell function, but scientists hypothesize that SNP maps will help identify many genes associated with many different types of genetic disorders.

DATA ANALYSIS LAB 1

Based on Real Data*

Apply Concepts

How can DNA microarrays be used to classify types of prostate cancer? The gene expression profiles between normal prostate cells and prostate cancer cells can be compared using DNA microarray technology.

Data and Observations

The diagram shows a subset of the data obtained.

Think Critically

- 1. Calculate** the percentage of spots that are yellow. Then calculate the percentage of green spots and red spots.
- 2. Explain** why some of the spots are black.
- 3. Apply Concepts** How would you choose a gene to study as a cause of prostate cancer?



*Data obtained from: Lapointe, et al. 2004. Gene expression profiling identifies clinically relevant subtypes of prostate cancer. *PNAS* 101: 811–816.

تصوّر الانتخاب الطبيعي

الشكل 3

الانتخاب الطبيعي هو الآلية التي يمكن بها تعديل جماعة أحيائية - في هذه الحالة جماعة أحيائية من نباتات دوار الشمس - لإنتاج نوع جديد من الكائنات الحية إذا ما توفر الوقت الكافي لذلك. للانتخاب الطبيعي أربعة مبادئ تبيّن طريقة حدوث ذلك، التنوع والتوريث والإفراط في الإنتاج والميزة التكاثرية.



التنوع تختلف الأفراد في جماعة أحيائية بعضها عن بعض. على سبيل المثال، بعض نباتات دوار الشمس تكون أطول من غيرها.



التوريث يتم توارث التنوعات من الآباء. تُنتج نباتات دوار الشمس الطويلة نباتات دوار شمس طويلة فيما تُنتج نباتات دوار الشمس القصيرة نباتات دوار قصيرة.



الإفراط في الإنتاج تُنتج الجماعات الأحيائية ذرية بأعداد لا تسمح بأن تبقى كلها على قيد الحياة. تضم كل زهرة دوار شمس المئات من البذور معظمها لا ينبت.

الميزة التكاثرية إن بعض التنوعات تسمح للكائن الحي بالحصول على ذرية بأعداد أكبر من أعداد ذرية الكائن الحي الذي لا يتميز بتلك التنوعات. على سبيل المثال، في هذا الموطن البيئي، تتكاثر نباتات دوار الشمس القصيرة بنجاح أكبر.



مع مرور الوقت، يصبح متوسط طول الجماعة الأحيائية لدوار الشمس قليلاً إذا استمرت نباتات دوار الشمس القصيرة في التكاثر بشكل أكثر فعالية. بعد أجيال عديدة، قد تصبح نباتات دوار الشمس القصيرة نوعاً جديداً ما لم تكن قادرة على التزاوج مع نباتات دوار الشمس الأصلية.



Visualizing Natural Selection

Figure 3

Natural selection is the mechanism by which, if given enough time, a population—in this case, a population of sunflowers—could be modified to produce a new species. There are four principles of natural selection that explain how this can occur: variation, heritability, overproduction, and reproductive advantage.



Variation Individuals in a population differ from one another. For example, some sunflowers are taller than others.



Heritability Variations are inherited from parents. Tall sunflowers produce tall sunflowers, and short sunflowers produce short sunflowers.



Overproduction Populations produce more offspring than can survive. Each sunflower has hundreds of seeds, most of which will not germinate.



Reproductive Advantage Some variations allow the organism that possesses them to have more offspring than the organism that does not possess them. For example, in this habitat, shorter sunflowers reproduce more successfully.

Over time, the average height of the sunflower population is short if the short sunflowers continue to reproduce more successfully. After many generations, the short sunflowers might become a new species if they are unable to breed with the original sunflowers.



القسم 2

الأسئلة الرئيسية

- كيف توفر الأحافير دليلاً على التطور؟
- كيف يقدم المورفولوجيا دليلاً على التطور؟
- كيف يقدم علم الكيمياء الحيوية دليلاً على التطور؟

مفردات للمراجعة

أحفورة fossil، بقايا كائن حي أو أنشطته

مفردات جديدة

derived trait	صفة مكتسبة
ancestral trait	صفة سلفية
homologous structure	تركيب مثلي
vestigial structure	تركيب ضامر
analogous structure	تركيب متماثل
embryo	جنين
biogeography	جغرافيا حيوية
fitness	لياقة
camouflage	تويه
mimicry	تقليد

أدلة على التطور

الغرفة الرئيسية إن أدلة من مصادر متنوعة تدعم نظرية التطور.

الربط بالحياة اليومية إن الأدلة على التطور تشبه قطع البناء، فمثلما يتعدّر تشييد بناء باستخدام حجر واحد، كذلك فإنّ الدليل الواحد لا يشكّل نظرية. يصبح الدليل على التطور أكثر إقناعاً عندما تدعمه أدلة متعددة، شاملاً مثلما يكون البناء أكثر متانة عند تشييده باستخدام أحجار متعددة.

دعم نظرية التطور

تناول كتاب أصل الأنواع *the Origin of Species* لداروين طريقة حدوث التطور المحتملة، وقدم دليلاً على حدوث التطور على كوكبنا. رغم الاختلاف بين مفهومي الانتخاب الطبيعي والتطور، إلا أنهما مرتبطان. والجدير بالذكر أنّ نظرية داروين للتطور عن طريق الانتخاب الطبيعي تعتبر جزءاً من النظرية الأشمل للتطور. نذكر أنّ النظرية بشكل عام تقدّم تفسيراً لظاهرة طبيعية استناداً إلى ملاحظات، فهي تشرح بيانات متوافرة وتنتج مجالات أخرى لإجراء التجارب. وتنصّ نظرية التطور على أنّ جميع الكائنات الحية على وجه الأرض تنحدر من سلف مشترك.

سجلّ الأحافير توفر الأحافير سجلاً للأنواع التي عاشت في قديم الزمان. كما إنها تقدّم بعض أهم الأدلة على التغيّر التطوري. ويأمكان هذا السجلّ أن يظهر أوجه الشبه بين الأنواع القديمة والأنواع الموجودة في يومنا هذا. كما هو مبين في الشكل 4، تُظهر الأحافير أنّ بعض الأنواع، مثل ملك السرّاطين، لم تتغيّر على مدى ملايين السنين. وتعدّ سجلّ الأحافير مصدرًا مهمًا للمعلومات يساعد في تحديد أصل الكائنات الحية وأنماط التطور.

الشكل 4 يُعتبر الجليتودونت العملاق الشبيه بالمدج، المعروف بـ "جليتودون... حيواناً

منقرضاً افترض داروين ارتباطه بالمدرعات الحية.

لاحظ ما السمات المتشابهة بين الجليتودون الذي يزن 2000 kg وراماديللو الذي يزن 4 kg



ارماديللو



الجليتودون

Section 2

Essential Questions

- ▶ How do fossils provide evidence of evolution?
- ▶ How does morphology provide evidence of evolution?
- ▶ How does biochemistry provide evidence of evolution?

Review Vocabulary

fossil: remains of an organism or its activities

New Vocabulary

derived trait
ancestral trait
homologous structure
vestigial structure
analogous structure
embryo
biogeography
fitness
camouflage
mimicry

Evidence of Evolution

MAIN Idea Multiple lines of evidence support the theory of evolution.

Real-World Reading Link The evidence for evolution is like a set of building blocks. Just as you cannot build something with only one building block, one piece of evidence does not make a theory. The evidence for evolution is more convincing when it is supported by many pieces of evidence, just as a structure is more sturdy when it is built with many blocks.

Support for Evolution

Darwin's book *On the Origin of Species* demonstrated how evolution might happen. The book also provided evidence that evolution has occurred on our planet. The concepts of natural selection and evolution are different, though related. Darwin's theory of evolution by natural selection is part of the larger theory of evolution. Recall that a theory provides an explanation for a natural phenomenon based on observations. Theories explain available data and suggest further areas for experimentation. The theory of evolution states that all organisms on Earth have descended from a common ancestor.

The fossil record Fossils provide a record of species that lived long ago, and they supply some of the most significant evidence of evolutionary change. This record can show how ancient species are similar to current species, as illustrated in **Figure 4**. Fossils also show that some species, such as the horseshoe crab, have remained unchanged for millions of years. The fossil record is an important source of information for determining the ancestry of organisms and patterns of evolution.

■ **Figure 4** The giant armadillo-like glyptodont, *Glyptodon*, is an extinct animal that Darwin thought must have been related to living armadillos.

Observe What features of the 2000-kg glyptodont are similar to those of the 4-kg armadillo?



Glyptodont



Armadillo

BIO.3.2.03.009 Describe how natural selection produces populations dominated by organisms that are anatomically, behaviorally, and physiologically well-suited to survive and reproduce in a specific environment.

الشكل 9 يقارن هذا الرسم التوضيحي بين تسلسلات الأحماض الأمينية في السيستوكروم C لدى الإنسان وكائنات حية أخرى. استدل هل من المتوقع أن يحتوي السيستوكروم C الموجود لدى الزواحف أو الطيور على اختلافات أكبر في الأحماض الأمينية عند مقارنته بنظيره لدى الإنسان؟ اشرح.



كيمياء حيوية مقارنة تُظهر البيانات العلمية أيضاً أنه يمكن ملاحظة وجود أسلاف مشتركة على مستوى الجزيئات الأيضية المعقدة التي تشترك فيها العديد من الكائنات الحية المختلفة. ويُعد السيستوكروم C إنزيمًا مهمًا جدًا في عملية التنفس وتم الحفاظ عليه بنسبة عالية عند الحيوانات. الأمر الذي يعني أنه رغم التنوعات الطفيفة في تسلسل الحمض الأميني للجزء. فإنه قد تغير بشكل ضئيل مع مرور الزمن.

تنوع النظرية التطورية أن تتشارك الجزيئات الموجودة في أنواع لها سلف مشترك حديث بعض تسلسلات الأحماض الأمينية القديمة. فكلما ازداد ارتباط الأنواع، ازداد عدد التسلسلات التي تتشاركها. لقد أثبت العلماء صحة هذا النمط المتوقع في السيستوكروم C. على سبيل المثال، وكما يبين الشكل 9، فإن عدد تسلسلات الأحماض الأمينية المشتركة في السيستوكروم C بين الماعز والقرد والإنسان أكبر من تلك المشتركة بين البطة والإنسان.

الربط بالكيمياء

اكتشف العلماء وجود أنماط كيميائية حيوية متشابهة في بروتينات أخرى، كذلك في ال DNA وال RNA. وبشكل كل من ال DNA وال RNA الأساس الجزيئي للوراثة في جميع الكائنات الحية. إن كون العديد من الكائنات الحية الجزيئات المعقدة نفسها يشير إلى أن هذه الجزيئات قد تطورت منذ بداية تاريخ الحياة ثم انتقلت عبر أشكال الحياة التي عاشت على الأرض. إن أوجه الشبه بين الجزيئات الموجودة عند هذه الأنواع المختلفة تعكس أنماطاً تطورية يمكن ملاحظتها في التشريح المظان وفي سجل الأحافير. للكائنات الحية ذات السمات المورفولوجية المترابطة سمات جزيئية أكثر ترابطاً.

التوزيع الجغرافي استلهم داروين نظرية التطور من ملاحظته لتوزيع النباتات والحيوانات خلال رحلاته إلى أمريكا الجنوبية. إذ استرعى انتباهه أن الحيوانات الموجودة على البر الرئيسي لأمريكا الجنوبية مشابهة لحيوانات أمريكا الجنوبية الأخرى بصورة أكبر من تشابهها مع حيوانات تعيش في بيئات مماثلة في أوروبا. على سبيل المثال استوطنت حيوانات المارا موقعاً ملائماً لها في أمريكا الجنوبية كان يعيش فيه الأرنب الإنجليزي. ويمكنك مقارنة حيوان المارا والأرنب الإنجليزي في الشكل 10. أدرك داروين أن حيوانات المارا كانت أكثر شبيهاً بالأنواع الأخرى الموجودة في أمريكا الجنوبية من شبيهاً بالأرنب الإنجليزي لأنه كان لها مع هذه الحيوانات سلف أكثر قرباً.

الشكل 10 تتواجد حيوانات المارا الكنايبه الباتاجونية في موقع ملائم يشبه الموقع الملائم للأرنب الإنجليزي (الأرنب الأوروبي).



حيوان المارا



الأرنب الإنجليزي

عواقب التكيف ليست كل سمات الكائن الحي قابلة للتكيف بالضرورة. فقد يكون بعضها ناتج عن تطوّر خصائص أخرى. وقد أوضح عالم الأحياء ستيفن جاي جولد وريتشارد ليونتين هذه النقطة عام 1979 في ورقة بحثية اعتبرها فيها أن علماء الأحياء يميلون إلى المغالاة في التأكيد على أهمية التكيف في عملية التطور.

مثال عروة العنق لتوضيح هذا المفهوم. استخدم العالمان مثالاً من مجال الهندسة المعمارية، إن بناء أربعة أقواس يقوم كل منها على أحد أضلاع مساحة مربعة بهدف دعم القبة ما يؤدي حتماً إلى وجود فراغ بين كل قوسين. كما هو مبين في الشكل 13. ويُعرف كل من هذه الفراغات باسم عروة العنق. ونظراً إلى أن عروة العنق تكون غالباً مرتبة، فقد يعتقد المرء أنها تُبنى بهدف التزيين بينما هي نتيجة حتمية لبناء الأقواس. لقد شبّه كل من جولد وليونتين بعض خصائص المخلوقات الحية بعروة العنق لجهة أنها لا تزيد من نجاح التكاثر على الرغم من بروزها الجلي. فالأرجح أن هذا البروز ما هو إلا نتيجة حتمية لتغيّر تطوري سابق.

مثال بشري يُعدّ ضعف الأطفال الرضع مثالاً في علم الأحياء متشابهاً لمثال عروة العنق في الهندسة المعمارية. فالأطفال يولدون في مرحلة النمو أقلّ تطوّراً بكثير من المرحلة التي يولد فيها صغار الرئيسيات الأخرى. وهذا ما يُفسّر حاجة الأطفال إلى عناية أكبر في الفترات الأولى من حياتهم. ويعتقد العديد من العلماء أن سبب ضعف الأطفال يعود مباشرة إلى التطوّر الأحيائي الذي أدى إلى الدماغ الكبير والوضعية المستقيمة لدى الإنسان. فمشي الإنسان منتصباً يتطلب أن يكون له حوض ضيق. ممّا يحتم أن يكون حجم رأس الوليد صغيراً بما يكفي لينتقل من عبور الحوض أثناء الولادة، بالمقابل. فقد اعتقد العلماء أنّ ضعف الأطفال الرضع أدى إلى فوائد ناتجة عن التكيف. كالرعاية الفائقة التي يولونها الآباء لأبنائهم والمزيد من التعلّم.



■ الشكل 13 يُطلق اسم عروة العنق على الفراغات الموجودة بين الأقواس والتي تدعم القبة في غالباً ما تكون لمزخرفة. قد تكون بعض سمات الكائنات الحية نتيجة حتمية لعملية تكيف أخرى تماماً كمثل عروة العنق التي هي نتيجة حتمية لبناء الأقواس.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- توفّر الأحافير دليلاً قوياً ومباشراً لدعم نظرية التطور.
- تشير التراكيب المثلثية والتراكيب الضامرة إلى وجود أسلاف مشتركة.
- تقدّم الأمثلة على الصفات الوراثية المرتبطة بعلم الأجنة وعلم الكيمياء الحيوية أدلة أكثر عمقا على تطور الأنواع.
- يستطيع علم الجغرافيا الحيوية تفسير سبب توطن أنواع معينة في مواقع محددة.
- يؤدي الانتخاب الطبيعي إلى ظهور سمات تزيد من نجاح التكاثر.

فهم الأفكار الأساسية

1. **سفرة (مراجعة)** صف كيف تكوّن الأحافير دليلاً يدعم نظرية التطور.
2. اشرح ما يكسفه الانتخاب الطبيعي حول كل من التقليد والتبويه والتراكيب المثلثية والتراكيب الضامرة.
3. وضح الدليل الذي قدمه علم الكيمياء الحيوية على التطور.
4. قارن بين الأدلة المورفولوجية والأدلة الكيميائية الحيوية التي تدعم نظرية التطور.

فكر بشكل ناقذ

5. ضع فرضية تشير الأدلة إلى أن عظام أجنحة الطيور لها عدد من السمات المشتركة مع عظام أذرع الديناصورات. استناداً إلى ذلك ما الفرضية التي يمكن أن تضعها حول العلاقة التطورية بين الطيور والديناصورات؟
6. طبق أوضحت الأبحاث أنه في حال عدم تناول جرعة المضادات الحيوية الموصى بها كاملةً. فإن بعض البكتيريا سيبقى وقد لا يموت. ومن الممكن أن يعود المرض من جديد. كيف يفسّر الانتخاب الطبيعي هذه الظاهرة؟



■ **Figure 13** Spaces between arches set in a square to support a dome are called spandrels and are often decorative. Some features in organisms might be like spandrels, a consequence of another adaptation.

Consequences of adaptations Not all features of an organism are necessarily adaptive. Some features might be consequences of other evolved characteristics. Biologists Stephen Jay Gould and Richard Lewontin made this point in 1979 in a paper claiming that biologists tended to overemphasize the importance of adaptations in evolution.

Spandrel example To illustrate this concept, they used an example from architecture. Building a set of four arches in a square to support a dome means that spaces called spandrels will appear between the arches, as illustrated in **Figure 13**. Because spandrels are often decorative, one might think that spandrels exist for decoration. In reality, they are an unavoidable consequence of arch construction. Gould and Lewontin argued that some features in organisms are like spandrels because even though they are prominent, they do not increase reproductive success. Instead, they likely arose as an unavoidable consequence of prior evolutionary change.

Human example A biological example of a spandrel is the helplessness of human babies. Humans give birth at a much earlier developmental stage than other primates do. This causes them to need increased care early in their lives. Many scientists think that the helplessness of human babies is a consequence of the evolution of big brains and upright posture. To walk upright, humans need narrow pelvises, which means that babies' heads must be small enough to fit through the pelvic opening at birth. In contrast, scientists previously thought that the helplessness of human infants provided an adaptive advantage, such as increased attention from parents and more learning.

Section 2 Review

Section Summary

- ▶ Fossils provide strong direct evidence to support evolution.
- ▶ Homologous and vestigial structures indicate shared ancestry.
- ▶ Examples of embryological and biochemical traits provide insight into the evolution of species.
- ▶ Biogeography can explain why certain species live in certain locations.
- ▶ Natural selection gives rise to features that increase reproductive success.

Understand Main Ideas

1. **MAIN Idea** Describe how fossils provide evidence of evolution.
2. **Explain** what natural selection predicts about mimicry, camouflage, homologous structures, and vestigial structures.
3. **Indicate** how biochemistry provides evidence of evolution.
4. **Compare** the morphological evidence and the biochemical evidence supporting evolution.

Think Critically

5. **Hypothesize** Evidence suggests that the bones in bird wings share a number of features with the bones of dinosaur arms. Based on this evidence, what hypothesis could you make about the evolutionary relationship between birds and dinosaurs?
6. **Apply** Research has shown that if a prescribed dose of an antibiotic is not taken completely, some bacteria might not be killed and the disease might return. How does natural selection explain this phenomenon?

BIO.3.2.03.010 Evaluate the evidence supporting claims that changes in environmental conditions may result in: (1) increases in the number of individuals of some species, (2) the emergence of new species over time, and (3) the extinction of other species.



الشكل 18 ثمة شيطان مختلفان من الألوان لدى الأفاعي المائبة الشمالية، وذلك بحسب مواطنها البيئية. وقد جعلتها أساطل اللون المتوسطة مرئية أكثر للمفترسين.

الانتخاب غير الموجه يُعدّ الانتخاب غير الموجه نوعاً آخر من الانتخاب الطبيعي وهو عبارة عن عملية تنقسم خلالها الجماعة الأحيائية إلى مجموعتين. غالباً ما يتسبب هذا النوع من الانتخاب في إزالة الأفراد ذوي الصفات الوراثية الوسطية. لكنّه يحافظ على الأفراد الذين يعتبرون عن صفات وراثية متطرفة في كل من طرفي السلسلة، ومن الأمثلة على ذلك الأفاعي المائبة الشمالية. كما هو ظاهر في الشكل 18. تستوطن الأفاعي التي تعيش على شواطئ اليابسة الأراضي العشبية وتتميز بجلد بني أرقش. أما الأفاعي التي تستوطن شواطئ الجزر الصخرية، فلها جلد رمادي اللون. لقد تكيف كل منهما مع بيئته المحددة. بالتالي، ثمة احتمال أكبر أن تتضرر الأفاعي ذات اللون الوسطي لأنها تكون مرئية وأكثر عرضة للمفترسين.

الانتخاب الجنسي إنّ النوع الآخر من الانتخاب الطبيعي الذي يعتمد فيه تغير تكرار الصفة الوراثية على القدرة على جذب شريك يُعرف بالانتخاب الجنسي. وغالباً ما يكون لهذا النوع من الانتخاب دور في الجماعات الأحيائية التي يختلف فيها الذكور عن الإناث من حيث المظهر بصورة واضحة. ففي هذه المجموعات، يكون عادة الأفراد الذكور هم الأكبر حجماً والأزهر لونا في المجموعة. فكلما كان حجم الذيل لدى ذكر الطاووس أكبر، كما هو مبين في الشكل 19، كان الطائر أكثر جاذبية بالنسبة إلى الإناث. فضلاً عن ذلك، يطور الذكور صفات التهديد التي تساعد في إخافة الذكور الآخرين، ويكون هذا شائعاً لدى أنواع مثل الطيلاء والغزلان. حيث يحتفظ الذكر بمجموعة من الإناث. تساءل داروين عن السبب في أنّ بعض مواصفات القدرة على الجذب الجنسي تبدو متعارضة مع الصفات التي قد تُعزّز البقاء، على سبيل المثال، يكون ذيل الطاووس ضخماً وثقيلاً عند جذب الإناث، مما يجعله أكثر عرضة لهجوم المفترسين. وعلى الرغم من اعتقاد بعض العلماء أنّ الانتخاب الجنسي ليس شكلاً من الانتخاب الطبيعي، إلا أنّ آخرين يعتقدون أنّ الانتخاب الجنسي يتبع المبدأ العام نفسه، تزيد الألوان الزاهية والأجسام الكبيرة من فرص نجاح التكاثر. بغض النظر عن نسب فرص البقاء على المدى الطويل.

راجع بناءً على ما تعلمته عن التكيف، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟



الشكل 19 تميل ذكور الطاووس ذات الذيل الأضخم إلى جذب عدد أكبر من إناث الطاووس. ويزداد تردد هذه الصفة الوراثية بسبب الانتخاب الجنسي.

■ **Figure 18** Northern water snakes have two different color patterns, depending on their habitats. Intermediate color patterns would make them more visible to predators.



Disruptive selection Another type of natural selection, **disruptive selection**, is a process that splits a population into two groups. It tends to remove individuals with average traits but retain individuals expressing extreme traits at both ends of a continuum. Northern water snakes, illustrated in **Figure 18**, are an example. Snakes living on the mainland shores inhabit grasslands and have mottled brown skin. Snakes inhabiting rocky island shores have gray skin. Each is adapted to its particular environment. A snake with intermediate coloring would be disadvantaged because it would be more visible to predators.

Sexual selection Another type of natural selection, in which change in frequency of a trait is based on the ability to attract a mate is called **sexual selection**. This type of selection often operates in populations in which males and females differ significantly in appearance. Usually in these populations, males are the largest and most colorful of the group. The bigger the tail of a male peacock, as shown in **Figure 19**, the more attractive the bird is to females. Males also evolve threatening characteristics that intimidate other males; this is common in species, such as elk and deer, where the male keeps a harem of females.

Darwin wondered why some qualities of sexual attractiveness appeared to be the opposite of qualities that might enhance survival. For example, the peacock's tail, while attracting females, is large and cumbersome, and it might make the peacock a more likely target for predators. Although some modern scientists think that sexual selection is not a form of natural selection, others think that sexual selection follows the same general principle: brighter colors and bigger bodies enhance reproductive success, whatever the chances are for long-term survival.

Review Based on what you have learned about adaptation, how would you now answer the analysis questions?

■ **Figure 19** Peacocks that have the largest tails tend to attract more peahens. The frequency of this trait increases because of sexual selection.



BIO.3.2.03.010 Evaluate the evidence supporting claims that changes in environmental conditions may result in: (1) increases in the number of individuals of some species, (2) the emergence of new species over time, and (3) the extinction of other species.

الانتواع

لكي يحدث الانتواع، ينبغي أن تتباعد الجماعة الأحيائية ثم تنعزل تكاثريًا. عادةً ما يميّز علماء الأحياء بين نوعين من الانتواع، الانتواع بتباين الموطن الانتواع في الموطن نفسه.

الانتواع بتباين الموطن يُقسّم حدّ مادي جماعة أحيائية إلى جِماعتين أو أكثر في **الانتواع بتباين الموطن**. في النهاية وبعد مرور الوقت الكافي ستتضمّن الجماعات الأحيائية المنفصلة كائنات حية غير قادرة على التكاثر بنجاح بعضها مع بعض. يعتقد أغلب العلماء أنّ الانتواع بتباين الموطن هو أكثر أشكال الانتواع شيوعًا. إذ يكون للجماعات الأحيائية الفرعية الصغيرة المتعزلة عن الجماعة الأحيائية الرئيسة فرصة أفضل في التباين من تلك التي تعيش فيها. كان هذا هو الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الأحياء إرنست ماير، الذي برهن في بداية أربعينيات القرن العشرين أنّ الانعزال الجغرافي لم يكن مهنا وحسب بل كان مطلوبًا لحدوث الانتواع. يمكن للحواجز الجغرافية أن تتضمن السلاسل الجبلية والفتوات المائية بين الجزر والأنهار الواسعة وتدفق الحمم. ويُعدّ جراندي كانيون أو الأخدود العظيم. الظاهر في الشكل 22. مثالًا على الحواجز الجغرافية. يتواجد سنجاب كايايب على الحافة الشمالية للأخدود العظيم. بينما يعيش سنجاب أيرت على حافته الجنوبية. ويعتقد العلماء أن نوعي السناجب هذين قد تباعدا عن النوع - السلف وهما الآن متعزلان تكاثريًا بسبب اتساع الأخدود العظيم. رغم أن هذه الحيوانات تنتمي رسميًا إلى النوع نفسه، إلا أنها تُبدي فروقات ملحوظة. وربما بسرور الزمن، قد تتباعد إلى درجة أن تُصنّف على أنها أنواع منفصلة.

الانتواع في الموطن نفسه أو الانتواع التماثلي إنّ الانتواع في الموطن نفسه هو عبارة عن تطوّر نوع معيّن إلى نوع جديد من دون وجود حاجز مادي. يعيش النوع - السلف والنوع الجديد جنبًا إلى جنب خلال عملية الانتواع. ويمكن ملاحظة الأدلة على التطور في الموطن نفسه لدى أنواع حشرات متعددة. بما في ذلك ذباب بركات التفاح، الذي يبدو أنه يتباين وفقًا لنوع العاكهة الذي يتغذى عليه. إضافةً إلى ذلك، يعتبر العلماء أنّ الانتواع في الموطن نفسه يتركز كغالبية لدى النباتات. خاصةً من خلال تعدد المجموعات الكروموسومية. تُذكر أنّ تعدد المجموعات الكروموسومية يُعتبر طفرة تنسب في ازدياد عدد كروموسومات النبتة. ونتيجة لذلك، لا يمكن لهذه الأخيرة أن تتزاوج مع الجماعة الأحيائية الرئيسة.



مفردات

مفردات أكاديمية

الانعزال

هو حالة انفصال عن الآخرين بعد إصابة الممرض بالعدوى. يفزل بعيدًا عن المرضى الآخرين لمنع انتشار العدوى.

■ الشكل 22 إنّ الأخدود العظيم هو حاجز جغرافي يفصل بين سنجاب كايايب وسنجاب أيرت.



سنجاب كايايب



سنجاب أيرت



VOCABULARY

ACADEMIC VOCABULARY

Isolation

the condition of being separated from others

After infection, a patient is kept in isolation from other patients to prevent the infection from spreading.

Speciation

For speciation to occur, a population must diverge and then be reproductively isolated. Biologists usually recognize two types of speciation: allopatric and sympatric.

Allopatric speciation In **allopatric speciation**, a physical barrier divides one population into two or more populations. The separate populations eventually will contain organisms that, if enough time has passed, will no longer be able to breed successfully with one another. Most scientists think that allopatric speciation is the most common form of speciation. Small subpopulations isolated from the main population have a better chance of diverging than those living within it. This was the conclusion of biologist Ernst Mayr, who argued as early as the 1940s that geographic isolation was not only important but also was required for speciation.

Geographic barriers can include mountain ranges, channels between islands, wide rivers, and lava flows. The Grand Canyon, pictured in **Figure 22**, is an example of a geographic barrier. The Kaibab squirrel is found on the canyon's north rim, while the Abert squirrel lives on the south rim. Scientists think that the two types of squirrels diverged from an ancestral species and today are reproductively isolated by the width of the canyon. While these animals officially belong to the same species, they demonstrate distinct differences and, in time, they might diverge enough to be classified as separate species.

Sympatric speciation In **sympatric speciation**, a species evolves into a new species without a physical barrier. The ancestor species and the new species live side-by-side during the speciation process. Evidence of sympatric evolution can be seen in several insect species, including apple maggot flies, which appear to be diverging based on the type of fruit they eat. Scientists think that sympatric speciation happens fairly frequently in plants, especially through polyploidy. Recall that polyploidy is a mutation that increases a plant's chromosome number. As a result, the plant is no longer able to interbreed with the main population.

■ **Figure 22** The Grand Canyon is a geographic barrier separating the Abert and Kaibab squirrels.



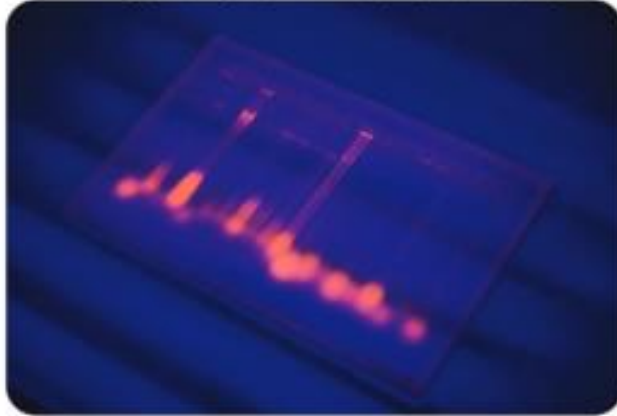
Abert squirrel



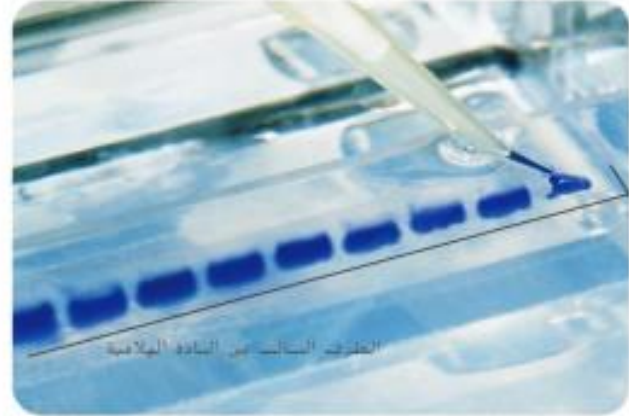
Kaibab squirrel

BIO.3.3.01.021 Describe some examples of genetic modification, and explain how it is applied in industry and agriculture.

نمط الأجزاء يلتصق محللول ثلوثين بأجزاء الحمض النووي المفصولة في المادة الهلامية، مما يجعلها مرئية تحت الضوء فوق البنفسجي.



تعبئة المادة الهلامية يتم إسقاط محللول يحتوي على الحمض النووي (DNA) في ثلوثين عند أحد طرفي المادة الهلامية باستخدام القطارة.



الشكل 5 عند وضع المادة الهلامية المعبأة في حزان الفصل الكهربائي وتشغيل التيار الكهربائي، تنفصل أجزاء الحمض النووي.

رغم ذلك، لا تُنشئ كل إنزيمات القطع نهايات لزجة. فبعض الإنزيمات تنتج أجزاء تحتوي على نهايات مصمتة تنشأ عندما يقطع إنزيم القطع كلا الشريطين بشكل مباشر، ولا تحتوي النهايات المصمتة على مناطق حمض نووي أحادي الشريط ويمكن أن تلتحم بجزء حمض نووي آخر يتضمن نهايات مصمتة.

الربط بالفيزياء الفصل الكهربي الهلامي

يستخدم تيار كهربائي لفصل أجزاء الحمض النووي وفقاً لحجم الأجزاء في عملية تُسمى **الفصل الكهربي الهلامي**. يوضح الشكل 5 كيفية تعبئة أجزاء الحمض النووي في الطرف ذي الشحنة السالبة بالمادة الهلامية. تتحرك أجزاء الحمض النووي باتجاه الطرف الموجب للمادة الهلامية عند تشغيل التيار الكهربائي. وتتحرك الأجزاء الصغيرة بسرعة أكبر من حركة القطع الكبيرة، ويمكن مقارنة النمط الفريد الذي نشأ وفقاً لحجم جزء الحمض النووي بأجزاء معروفة من الحمض النووي للتعرف عليه. فضلاً عن ذلك، يمكن إزالة أجزاء المادة الهلامية التي تحتوي على كل شريط لإجراء مزيد من الدراسة عليها.

تجربة مصفرة 2

صناعة نموذج لإنزيمات القطع

كيف تصنع نماذج للنهايات اللزجة؟ استخدم مقصاً وشريطاً لإنشاء أجزاء حمض نووي ورقية لها نهايات لزجة وبلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

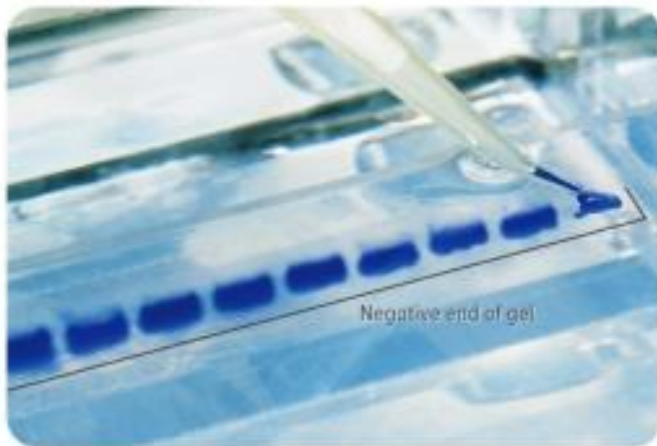
الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. تزد من معملك بقصاصة ورق مستطيلة تشتمل على تسلسل الحمض النووي لتمثيل الحمض النووي الجينومي، وقصاصة ورق دائرية تشتمل على تسلسل الحمض الجيني لتمثيل البلازميد.
3. ابحث عن كل تسلسل GAATT يعرف عليه إنزيم القطع *EcoRI* وقص الحمض النووي الجينومي والبلازميدي باستخدام المقص.
4. استخدم شريطاً لإنشاء بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

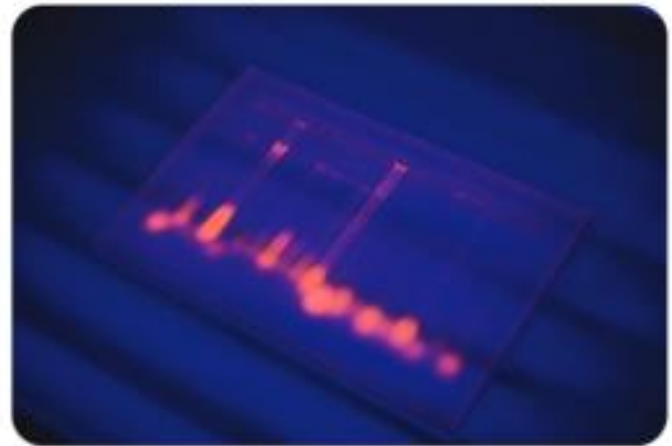
التحليل

1. قارن البلازميد الذي أنشأته ببلازميدات المجموعات الأخرى في المختبر. كم عدد البلازميدات المختلفة مُعادة التركيب التي يمكن إنشاؤها باستخدام هذا التسلسل الجينومي؟ اشرح.
2. استدلّ على الإنزيم الذي مثله المقص. اشرح.

Loading the gel Solution containing DNA is dropped into holes at one end of the gel with a pipette.



Fragment pattern A staining solution binds to the separated DNA fragments in the gel, making them visible under ultraviolet light.



However, not all restriction enzymes create sticky ends. Some enzymes produce fragments containing blunt ends—created when the restriction enzyme cuts straight across both strands. Blunt ends do not have regions of single-stranded DNA and can join to any other DNA fragment with blunt ends.

Connection to Physics **Gel electrophoresis** An electric current is used to separate DNA fragments according to the size of the fragments in a process called **gel electrophoresis**. **Figure 5** shows how the DNA fragments are loaded on the negatively charged end of a gel. When an electric current is applied, the DNA fragments move toward the positive end of the gel. The smaller fragments move farther faster than the larger ones. The unique pattern created based on the size of the DNA fragment can be compared to known DNA fragments for identification. Also, portions of the gel containing each band can be removed for further study.

Figure 5 When the loaded gel is placed in an electrophoresis tank and the electric current is turned on, the DNA fragments separate.

MiniLab 2

Model Restriction Enzymes

How are sticky ends modeled? Use scissors and tape to produce paper DNA fragments with sticky ends and a recombinant DNA plasmid.

Procedure

1. Identify the safety concerns of this lab before work begins.
2. Obtain one **straight paper DNA sequence** from your teacher, which will represent genomic DNA, and one **circular paper DNA sequence**, which will represent a plasmid.
3. Find each GAATTC sequence recognized by the restriction enzyme *EcoRI* and cleave the genome and plasmid DNA using **scissors**.
4. Use **tape** to make a recombinant DNA plasmid.

Analysis

1. **Compare** your plasmid to those made by other lab groups. How many different recombinant plasmids could be made using this particular genomic sequence? Explain.
2. **Infer** what enzyme was represented by the scissors. Explain.

الربط بالرياضيات

لإيضاح مبدأ هاردي-واينبيرج، فُكّر في جماعة أحيائية مكونة من 100 شخص، أربعون شخصاً منهم هم ذوو جينات متماثلة سائدة في صفة التهام شحمة الأذن (EE) و 40 متخالفو الجينات (Ee) وعشرون متخالفو الجينات المتنحية (ee). ثمة 80 أليلاً من النوع E (أليلاً من النوع E × 40 لدى الأشخاص ذوي الجينات المتماثلة السائدة، و 40 أليلاً من النوع e (أليلاً من النوع E × 20 لدى الأشخاص متخالفي الجينات المتنحية). إضافة إلى ذلك، للأشخاص متخالفي الجينات 40 أليلاً من النوع E و 40 أليلاً من النوع e. عند حساب الأليلات، نحصل على 120 أليلاً من النوع E و 80 أليلاً من النوع e ما مجموعه 200. بذلك، يساوي تكرار الأليل من النوع E 120/200، أو 0.6. فيما يساوي تكرار الأليل من النوع e 80/200، أو 0.4.

ينص مبدأ هاردي-واينبيرج على وجوب أن تكون تكرارات الأليل في الجماعات الأحيائية ثابتة. وغالبًا ما يتم التعبير عن ذلك كما يلي $p + q = 1$. أما في ما يخص مثالنا، فيمكن أن يمثل الرمز p تكرار الأليل E، وأن يمثل الرمز q تكرار الأليل e.

وبترتيب طرفي المعادلة نحصل على المعادلة الجديدة $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

تسمح لنا هذه المعادلة بتحديد قيمة تكرار الأليل الخاص بكل طراز جيني في الجماعة الأحيائية، الجينات المتماثلة السائدة (p^2) والجينات المتخالفة ($2pq$) والجينات المتماثلة المتنحية (q^2). ومن المثال الموضّح في الأعلى، في $p = 0.6$ و $q = 0.4$. لذلك $(0.6)(0.6) + 2(0.6)(0.4) + (0.4)(0.4) = 1$. في الجماعة الأحيائية النموذجية، تكون قيمة تكرار الأليل الخاص بالجينات المتماثلة السائدة 0.36. بينما تكون قيمة تكرار الأليل الخاص بالجينات المتخالفة 0.48. أما قيمة تكرار الأليل الخاص بالجينات المتنحية فتكون 0.16. لاحظ أن مجموع قيم هذه التكرارات يساوي واحدًا.

✓ **التأكد من فهم النص** حدّد متى تكون الجماعة الأحيائية في حالة اتزان.

الشروط وفقًا لمبدأ هاردي-واينبيرج، يجب أن تستوفي الجماعة الأحيائية في حالة الاتزان الجيني خمسة شروط: عدم وجود انحراف جيني، وعدم وجود تدفق جينات، وعدم حدوث طفرات. كما ويجب أن يكون التزاوج عشوائيًا ويجب عدم حدوث أي انتخاب طبيعي. قد تلتقي الجماعات الأحيائية في الطبيعة بعض هذه الشروط، ولكن من الصعب أن تستوفي أي جماعة أحيائية الشروط الخمسة لفترات طويلة من الوقت. إذا لم تكن الجماعة الأحيائية في حالة اتزان جيني، فهذا يعني أنه قد تمت مخالفة شرط واحد على الأقل من الشروط الخمسة. وهذه الشروط الخمسة، الواردة في الجدول 3، تُعرف بأنها آليات للتغير التطوري.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي الإحصاء الحيوي غالبًا ما تتضمن كل أوراق البحث العلمي بعض الإحصائيات. إذ يستشير العديد من الباحثين اختصاصي الإحصاء الحيوي. وهم متخصصون في الإحصائيات المتعلقة بعلم الأحياء، لمساعدتهم في تصميم الدراسات وتحليل نتائجها.

مبدأ هاردي-واينبيرج

الجدول 3

النتيجة	المخالفة	الشرط
قد تؤدي أحداث مفاجئة إلى تغيرات على مستوى الصفات الوراثية للجماعات الأحيائية.	يكون عدد أفراد العديد من الجماعات الأحيائية صغيرًا.	أن يكون عدد أفراد الجماعة الأحيائية كبيرًا للغاية.
قد تخسر الجماعات الأحيائية صفات وراثية أو تكتسبها من خلال حركة الكائنات الحية.	تنتقل كائنات حية إلى داخل الجماعة الأحيائية وخارجها.	عدم حدوث هجرة أو ارتحال.
لا تنتقل الصفات الوراثية الجديدة بسرعة إلى باقي أفراد الجماعة الأحيائية.	لا يكون التزاوج عشوائيًا.	أن يكون التزاوج عشوائيًا.
تظهر تنوعات جديدة في الجماعة الأحيائية مع كل جيل جديد.	حدوث طفرات.	عدم حدوث طفرات.
تتغير الصفات الوراثية ضمن جماعة أحيائية معيّنة من جيل إلى الجيل الذي يليه.	حدوث انتخاب طبيعي.	عدم حدوث انتخاب طبيعي.


CAREERS IN BIOLOGY

Biometrician Almost all scientific research papers include some statistics. Many researchers consult biometricians—people who specialize in statistics related to biology—to help design studies and analyze study results.

Connection to Math To illustrate the Hardy-Weinberg principle, consider a population of 100 humans. Forty people are homozygous dominant for earlobe attachment (EE). Another 40 people are heterozygous (Ee). Twenty people are homozygous recessive (ee). In the 40 homozygous dominant people, there are 80 E alleles ($2 E$ alleles \times 40); and in the 20 homozygous recessive people, there are 40 e alleles ($2 e$ alleles \times 20). The heterozygous people have 40 E alleles and 40 e alleles. Summing the alleles, we have 120 E alleles and 80 e alleles for a total of 200 alleles. The E allele frequency is $120/200$, or 0.6. The e allele frequency is $80/200$, or 0.4.

The Hardy-Weinberg principle states that the allele frequencies in populations should be constant. This often is expressed as $p + q = 1$. For our example, p can represent the E allele frequency and q can represent the e allele frequency.

Squaring both sides of the equation yields the new equation $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. This equation allows us to determine the equilibrium frequency of each genotype in the population: homozygous dominant (p^2), heterozygous ($2pq$), and homozygous recessive (q^2). From the above example, $p = 0.6$, and $q = 0.4$, so $(0.6)(0.6) + 2(0.6)(0.4) + (0.4)(0.4) = 1$. In the example population, the equilibrium frequency for homozygous dominant will be 0.36, the equilibrium frequency of heterozygous will be 0.48, and the equilibrium frequency of homozygous recessive will be 0.16. Note that the sum of these frequencies equals one.

 **Reading Check** Determine when a population is in equilibrium.

Conditions According to the Hardy-Weinberg principle, a population in genetic equilibrium must meet five conditions: there must be no genetic drift, no gene flow, no mutation, mating must be random, and there must be no natural selection. Populations in nature might meet some of these requirements, but hardly any population meets all five conditions for long periods of time. If a population is not in genetic equilibrium, at least one of the five conditions has been violated. These five conditions, listed in **Table 3**, are known mechanisms of evolutionary change.

Table 3

The Hardy-Weinberg Principle

Condition	Violation	Consequence
The population is very large.	Many populations are small.	Chance events can lead to changes in population traits.
There is no immigration or emigration.	Organisms move in and out of the population.	The population can lose or gain traits with movement of organisms.
Mating is random.	Mating is not random.	New traits do not pass as quickly to the rest of the population.
Mutations do not occur.	Mutations occur.	New variations appear in the population with each new generation.
Natural selection does not occur.	Natural selection occurs.	Traits in a population change from one generation to the next.

تدفق الجينات لا يحدث تدفق جينات لجماعة أحيائية في حالة انزاع وراثي. فهو عبارة عن نظام مغلق بحيث لا تكتسب الجماعة الأحيائية جينات جديدة ولا تفقد الجينات الموجودة لديها. في الواقع. يتسم القليل من الجماعات الأحيائية بالعزلة. ومن شأن كل من الانتقال العشوائي للأفراد بين الجماعات الأحيائية أو الهجرة أن يزيد من التنوع الوراثي ضمن الجماعة الأحيائية الواحدة ويقلل الاختلافات بين الجماعات الأحيائية المتعددة.

التزاوج غير العشوائي من النادر وجود تزاوج عشوائي بالكامل ضمن جماعة أحيائية ما. فعادةً ما تتزاوج الكائنات الحية مع أخرى قريبة منها. ويعمل ذلك على تحفيز التوالد الداخلي كما يمكن أن يؤدي إلى تغير في نسب الأليل التي تميز الأفراد متماثلي الجينات لاكتساب صفة وراثية معينة.

الطفرات تدرك أن الطفرة هي تغير عشوائي على مستوى المادة الوراثية. وقد يسبب التأثير التراكمي للطفرات في الجماعة الأحيائية تغيرًا في تكرارات الأليل ما يؤدي إلى خلل في الاتزان الوراثي. وعلى الرغم من أن العديد من الطفرات تسبب أضرارًا أو تكون قاتلة، إلا أن الطفرة توفر أحيانًا ميزة للكائن الحي. وعندما تنتخب هذه الطفرة وتصبح أكثر شيوعًا في الأجيال التالية، بهذه الطريقة، توفر الطفرات المادة الخام التي يعمل الانتخاب الطبيعي وفقًا لها.

✓ **التأكد من فهم النص** لخص الطريقة التي تخالف بها الطفرات مبدأ هاردي-واينبرج.

الانتخاب الطبيعي يتطلب تطبيق مبدأ هاردي-واينبرج أن يتكيف كل الأفراد في الجماعة الأحيائية مع بيئتهم بالتساوي، وبالتالي أن يساهموا بالتساوي في الجيل التالي. إلا أن ذلك نادرًا ما يحدث. مثلما تعلمت سابقًا. يعمل الانتخاب الطبيعي على اختيار الأفراد الأكثر قدرة على التكيف بهدف البقاء والتكاثر. ويعتمد الانتخاب الطبيعي على الطراز الظاهري للكائن الحي ويغير في تكرارات الأليل. يُظهر الشكل 16 ثلاث طرق رئيسة يعمل بها الانتخاب الطبيعي على تبديل الأنماط الظاهرية: من خلال الانتخاب التثبيتي والانتخاب الموجه والانتخاب غير الموجه.

أما النوع الرابع من الانتخاب، فهو الانتخاب الجنسي الذي يُعدّ هو أيضًا أحد أنواع الانتخاب الطبيعي.

الانتخاب التثبيتي يُعتبر **الانتخاب التثبيتي** أكثر أشكال الانتخاب الطبيعي شيوعًا، فهو يعمل على الحد من التغييرات المتطرفة لصفة وراثية معينة عندما يؤدي معدل التعبير المتوسط إلى لبافة أعلى. على سبيل المثال، يكون لأطفال البشر الذين يولدون بوزن دون المعدلات الطبيعية وأعلى منها فرص بقاء أقل من الأطفال ذوي الأوزان المتوسطة. لذلك، تتنوع الأوزان عند الولادة بشكل ضئيل ضمن الجماعات الأحيائية البشرية.

■ **الشكل 16** يمكن للانتخاب الطبيعي أن يُقلل تكرارات الأليل الخاصة بجماعة أحيائية من خلال ثلاث طرق. ويشير المنحنى ذو الشكل الجرسى الذي يظهر على شكل خط منقطع في كل من التماثل البيانية التالية إلى التنوع الأصلي للصفة الوراثية ضمن الجماعة الأحيائية. كما يشير الخط الكامل إلى الحصيلة الناتجة من كل نوع من ضغط الانتخاب.

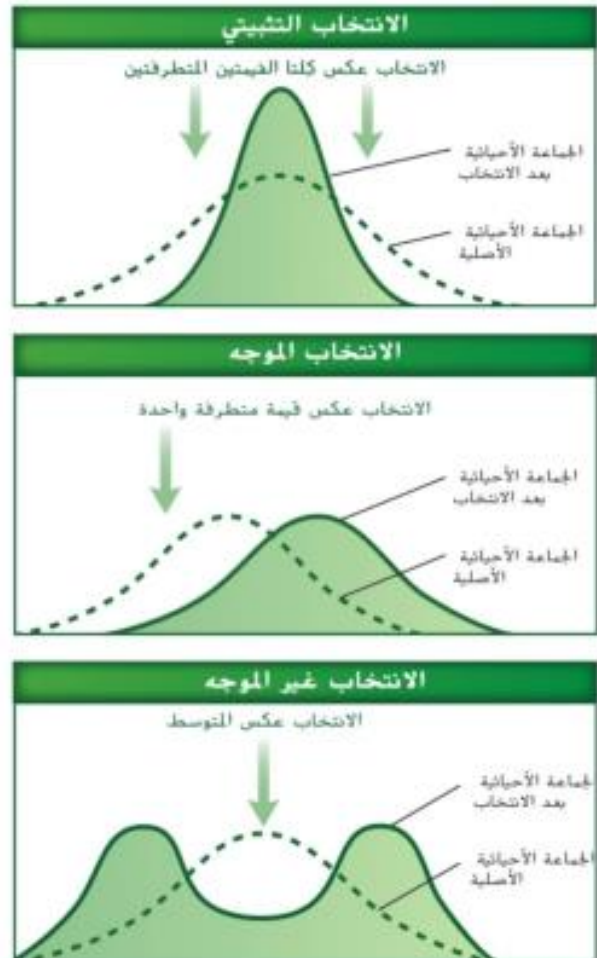
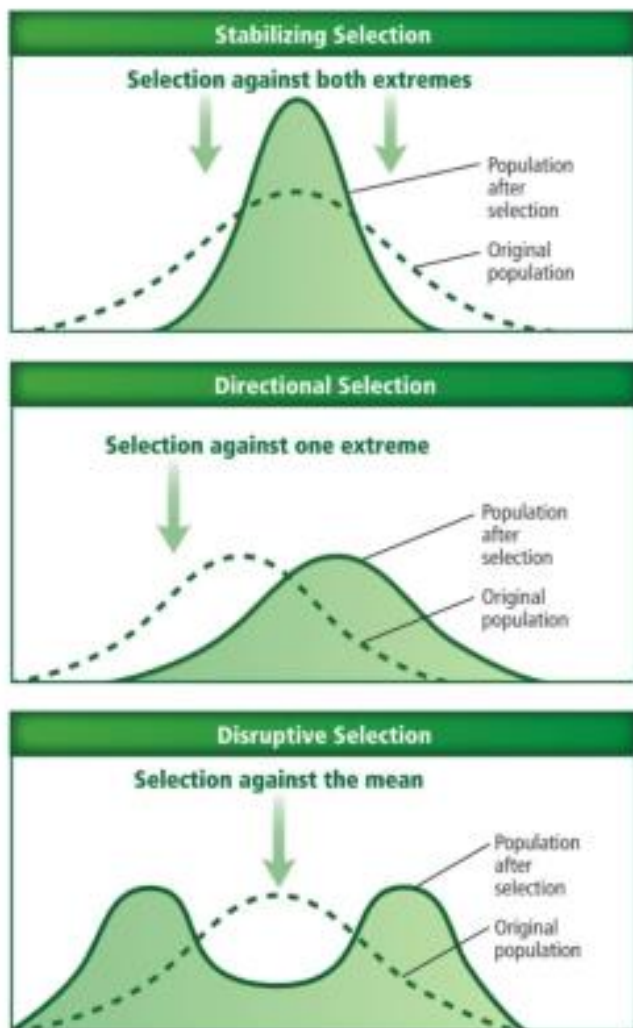


Figure 16 Natural selection can alter allele frequencies of a population in three ways. The bell-shaped curve shown as a dotted line in each graph indicates the trait's original variation in a population. The solid line indicates the outcome of each type of selection pressure.



Gene flow A population in genetic equilibrium experiences no gene flow. It is a closed system, with no new genes entering the population and no genes leaving the population. In reality, few populations are isolated. The random movement of individuals between populations, or migration, increases genetic variation within a population and reduces differences between populations.

Nonrandom mating Rarely is mating completely random in a population. Usually, organisms mate with individuals in close proximity. This promotes inbreeding and could lead to a change in allelic proportions favoring individuals that are homozygous for particular traits.

Mutation Recall that a mutation is a random change in genetic material. The cumulative effect of mutations in a population might cause a change in allelic frequencies and thus violate genetic equilibrium. Although many mutations cause harm or are lethal, occasionally a mutation provides an advantage to an organism. This mutation will then be selected for and become more common in subsequent generations. In this way, mutations provide the raw material upon which natural selection works.

Reading Check Summarize how mutation violates the Hardy-Weinberg principle.

Natural selection The Hardy-Weinberg principle requires that all individuals in a population be equally adapted to their environment and thus contribute equally to the next generation. As you have learned, this rarely happens. Natural selection acts to select the individuals that are best adapted for survival and reproduction. Natural selection acts on an organism's phenotype and changes allelic frequencies. **Figure 16** shows three main ways in which natural selection alters phenotypes: through stabilizing selection, directional selection, and disruptive selection. A fourth type of selection, sexual selection, also is considered a type of natural selection.

Stabilizing selection The most common form of natural selection is **stabilizing selection**. It operates to eliminate extreme expressions of a trait when the average expression leads to higher fitness. For example, human babies born with below-normal and above-normal birth weights have lower chances of survival than babies born with average weights. Therefore, birth weight varies little in human populations.

الربط بالسياقات

لإيضاح مبدأ هاردي-واينبيرج، فُكر في جماعة أحيائية مكونة من 100 شخص، أربعون شخصاً منهم هم ذوو جينات متماثلة سائدة في صفة التحام شحمة الأذن (EE)، و 40 متخالفو الجينات (Ee)، وعشرون متماثلو الجينات المتنحية (ee). ثمة 80 أليلاً من النوع E (أليان من النوع E × 40) لدى الأشخاص ذوي الجينات المتماثلة السائدة، و 40 أليلاً من النوع e (أليان من النوع e × 20) لدى الأشخاص متماثلي الجينات المتنحية. إضافة إلى ذلك، للأشخاص متخالفي الجينات 40 أليلاً من النوع E و 40 أليلاً من النوع e. عند حساب الأليلات، نحصل على 120 أليلاً من النوع E و 80 أليلاً من النوع e ما مجموعه 200. بذلك، يساوي تكرار الأليل من النوع E 120/200، أو 0.6، فيما يساوي تكرار الأليل من النوع e 80/200، أو 0.4.

ينص مبدأ هاردي-واينبيرج على وجوب أن تكون تكرارات الأليل في الجماعات الأحيائية ثابتة. وغالباً ما يتم التعبير عن ذلك كما يلي $p + q = 1$. أما في ما يخص مثالنا، فيمكن أن يمثّل الرمز p تكرار الأليل E، وأن يمثّل الرمز q تكرار الأليل e.

وبتربيع طرفي المعادلة نحصل على المعادلة الجديدة $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

تسمح لنا هذه المعادلة بتحديد قيمة تكرار الاثزان الخاص بكل طراز جيني في الجماعة الأحيائية، الجينات المتماثلة السائدة (p^2) والجينات المتخالفة ($2pq$) والجينات المتماثلة المتنحية (q^2). ومن السهل توضيح في الأعلى. $p = 0.6$ و $q = 0.4$. لذلك $1 = (0.4)(0.4) + 2(0.6)(0.4) + (0.6)(0.6)$. في الجماعة الأحيائية النموذجية، تكون قيمة تكرار الاثزان الخاص بالجينات المتماثلة السائدة 0.36، بينما تكون قيمة تكرار اثنان الجينات المتخالفة 0.48. أما قيمة تكرار اثنان الجينات المتماثلة المتنحية فتكون 0.16. لاحظ أن مجموع قيم هذه التكرارات يساوي واحداً.

✓ **التأكد من فهم النص حدّد متى تكون الجماعة الأحيائية في حالة اثنان.**

الشروط وفقاً لمبدأ هاردي-واينبيرج، يجب أن تستوفي الجماعة الأحيائية في حالة الاثزان الجيني خمسة شروط: عدم وجود انحراف جيني، وعدم وجود تدفق جينات، وعدم حدوث طفرات، كما ويجب أن يكون التزاوج عشوائياً ويجب عدم حدوث أي انتخاب طبيعي. قد تلتقي الجماعات الأحيائية في الطبيعة بعض هذه الشروط، ولكن من الصعب أن تستوفي أي جماعة أحيائية الشروط الخمسة لعترات طويلة من الوقت. إذا لم تكن الجماعة الأحيائية في حالة اثنان جيني، فهذا يعني أنه قد تمت مخالفة شرط واحد على الأقل من الشروط الخمسة، وهذه الشروط الخمسة، الواردة في الجدول 3، تُعرف بأنها آليات للتغير التطوري.

هون مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي الإحصاء الحيوي غالباً ما تتضمن كل أوراق البحث العلمي بعض الإحصائيات. إذ يستشير العديد من الباحثين اختصاصي الإحصاء الحيوي، وهم متخصصون في الإحصائيات المتعلقة بعلم الأحياء، لمساعدتهم في تصميم الدراسات وتحليل نتائجها.

الجدول 3 مبدأ هاردي-واينبيرج

الشرط	المخالفة	النتيجة
أن يكون عدد أفراد الجماعة الأحيائية كبيراً للغاية.	يكون عدد أفراد العديد من الجماعات الأحيائية صغيراً.	قد تؤدي أحداث مفاجئة إلى تغيرات على مستوى الصفات الوراثية للجماعات الأحيائية.
عدم حدوث هجرة أو ارتحال.	تنقل كائنات حية إلى داخل الجماعة الأحيائية وخارجها.	قد نخسر الجماعات الأحيائية صفات وراثية أو تكسيها من خلال حركة الكائنات الحية.
أن يكون التزاوج عشوائياً.	لا يكون التزاوج عشوائياً.	لا تنتقل الصفات الوراثية الجديدة بسرعة إلى باقي أفراد الجماعة الأحيائية.
عدم حدوث طفرات.	حدوث طفرات.	تظهر تنوعات جديدة في الجماعة الأحيائية مع كل جيل جديد.
عدم حدوث انتخاب طبيعي.	حدوث انتخاب طبيعي.	تتغير الصفات الوراثية ضمن جماعة أحيائية معينة من جيل إلى الجيل الذي يليه.

CAREERS IN BIOLOGY

Biometrician Almost all scientific research papers include some statistics. Many researchers consult biometricians—people who specialize in statistics related to biology—to help design studies and analyze study results.

Connection to Math To illustrate the Hardy-Weinberg principle, consider a population of 100 humans. Forty people are homozygous dominant for earlobe attachment (EE). Another 40 people are heterozygous (Ee). Twenty people are homozygous recessive (ee). In the 40 homozygous dominant people, there are 80 E alleles ($2 E$ alleles \times 40); and in the 20 homozygous recessive people, there are 40 e alleles ($2 e$ alleles \times 20). The heterozygous people have 40 E alleles and 40 e alleles. Summing the alleles, we have 120 E alleles and 80 e alleles for a total of 200 alleles. The E allele frequency is $120/200$, or 0.6. The e allele frequency is $80/200$, or 0.4.

The Hardy-Weinberg principle states that the allele frequencies in populations should be constant. This often is expressed as $p + q = 1$. For our example, p can represent the E allele frequency and q can represent the e allele frequency.

Squaring both sides of the equation yields the new equation $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. This equation allows us to determine the equilibrium frequency of each genotype in the population: homozygous dominant (p^2), heterozygous ($2pq$), and homozygous recessive (q^2). From the above example, $p = 0.6$, and $q = 0.4$, so $(0.6)(0.6) + 2(0.6)(0.4) + (0.4)(0.4) = 1$. In the example population, the equilibrium frequency for homozygous dominant will be 0.36, the equilibrium frequency of heterozygous will be 0.48, and the equilibrium frequency of homozygous recessive will be 0.16. Note that the sum of these frequencies equals one.

Reading Check Determine when a population is in equilibrium.

Conditions According to the Hardy-Weinberg principle, a population in genetic equilibrium must meet five conditions: there must be no genetic drift, no gene flow, no mutation, mating must be random, and there must be no natural selection. Populations in nature might meet some of these requirements, but hardly any population meets all five conditions for long periods of time. If a population is not in genetic equilibrium, at least one of the five conditions has been violated. These five conditions, listed in **Table 3**, are known mechanisms of evolutionary change.

Table 3

The Hardy-Weinberg Principle

Condition	Violation	Consequence
The population is very large.	Many populations are small.	Chance events can lead to changes in population traits.
There is no immigration or emigration.	Organisms move in and out of the population.	The population can lose or gain traits with movement of organisms.
Mating is random.	Mating is not random.	New traits do not pass as quickly to the rest of the population.
Mutations do not occur.	Mutations occur.	New variations appear in the population with each new generation.
Natural selection does not occur.	Natural selection occurs.	Traits in a population change from one generation to the next.