تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/12

* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر العام في مادة فيزياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/12physics

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام في مادة فيزياء الخاصة بـ الفصل الثاني اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/12physics2

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الثاني عشر العام اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/grade12

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا

https://t.me/almanahj_bot

الوحدة 16

علم الوراثة والتقنيات الحيوية

تجربة استهلالية

كيف يعمل التناسل الانتقائي؟

يمكن أن تمثل رزمة بطاقات تحوي أرقامًا وأشكالًا جينوم جماعة أحيائية من الكائنات الحية. في هذه التجربة، ستستخدم رزمة بطاقات لنمذجة التناسل الانتقائي.

المطويات®

قم بإنشاء مطوية البطاقات الثلاث وضع عليها التسميات على النحو الموضّح. واستخدمها لتنظيم ملاحظاتك حول أدوات الـ DNA.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة استهلالية

كيف يعمل التناسل الانتقائي؟

الوقت المقدَّر: 15 min

مواد بديلة يمكن استخدام مجموعة مؤلفة من 52 كرة زجاجية من أربعة ألوان مختلفة بدلًا من بطاقات الأشكال والأرقام؛ 13 كرة زجاجية من كل لون. أحضر كيسًا ورقيًا لسحب أزواج من الكرات الزجاجية.

احتياطات السلامة ناقش مخاوف السلامة المتعلقة بالتجربة هذه قبل بدء العمل. واحترس من الجروح التي يسببها الورق.

استراتيجيات التدريس

- شجّع الطلاب على التفكير في سبب وضع البطاقات في أزواج بدلًا من بطاقة واحدة في كل مرة.
- اطلب من الطلاب التفكير في كيفية تغيّر هذه المحاكاة إذا كانوا يرغبون في اختيار صفتين مرغوبتين (مجموعتين) بدلًا من صفة واحدة.

الإجراءات

1. حدد المخاوف المتعلقة بالسلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اخلط **رزمة من البطاقات**. اختر مجموعة واحدة لتمثيل الجين الذي ترغب في اختياره.
3. ضع الرزمة بأكملها مواجهة لأعلى مقسّمةً إلى 26 زوجًا.
4. اختر الأزواج التي تحتوي على بطاقة واحدة على الأقل من المجموعة التي اخترتها.
5. سجّل عدد البطاقات المتبقية واحسب النسبة المئوية للبطاقات التي لم يتم اختيارها من رزمة البداية.
6. اخلط البطاقات المتبقية وكرر الخطوات 4–2 حتى تكون كل بطاقاتك من المجموعة التي اخترتها.

التحليل

1. **استدلّ** على سبب وضع البطاقات في أزواج. وُضعت البطاقات في أزواج لأن الجينات تُورث عادة في أزواج من الأليلات، أليل من كل من الوالدين.
2. **اربط** التغييرات في النسبة المئوية للبطاقات التي تم التخلص منها بعد كل جولة بمدى تغيّر النسبة المئوية للجينات في الجماعة الأحيائية. كلما انخفض عدد البطاقات غير المختارة، زادت النسبة المئوية للجين (المجموعة) المختار. وعند ارتفاع نسبة جين معين في جماعة أحيائية، تزداد فرصة الفرد في حمل نسخة من ذلك الجين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 446 1/17/2017 11:55:48 AM

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الموضوع المحوري الاستقصاء العلمي
تؤدي التكنولوجيا الحديثة إلى الاكتشافات في عالم الجزيئات وإلى فهم أفضل للوراثة الجينية.

الفكرة الرئيسة تُحسّن التكنولوجيا الوراثية من صحة الانسان ونوعية الحياة.

القسم 1 • علم الوراثة التطبيقي

القسم 2 • تكنولوجيا الـ DNA

القسم 3 • الجينوم البشري

الموضوعات

الاستقصاء العلمي أدى الانتهاء من مشروع الجينوم البشري إلى العديد من التقنيات والاكتشافات الحديثة.

التنوع يمثل علم الوراثة لكل كائن حي أساس التنوع في الفصيلة.

الطاقة توفر الكهرباء الطاقة اللازمة للفصل الهلامي.

الاتزان الداخلي توفر المتجهات بيئة مستقرة حيث يتم إدخال الـ DNA والجينات للمرضى الذين يتلقون العلاج بالجينات.

التغيّر توفر الهندسة الوراثية طفرات يحتمل أن تكون مفيدة بطريقة متحكم بها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تقديم الوحدة

تطبيق مفاهيم الأحياء

اسأل الطلاب: ما الذي يوفر المعلومات الوراثية التي توجّه الخلايا إلى النمو والانقسام والبقاء على قيد الحياة؟ DNA يدرس العلماء الـ DNA منذ عقود في محاولة لفهم المزيد حول كيفية تطور البشر والكائنات الحية الأخرى واستجابتهم للتغيرات الموجودة في بيئتهم. ويحمل الفأر المبيّن في الشكل الجين الخاص بالبروتين الفلوري الأخضر (GFP) وقد تم إدخاله في الجينوم الخاص به. وبسبب هذا البروتين، يتوهج الفأر باللون الأخضر عندما يتعرض لضوء الأشعة فوق البنفسجية.

اسأل الطلاب: ما هي بعض الاستخدامات الممكنة للتكنولوجيا التي تتيح إدخال جين خاص ببروتين معين في كائن حي؟ ستتنوّع الإجابات. فقد يقترح الطلاب علاجات جديدة للأمراض أو تتبع الخلايا في التجارب.

الفكرة الرئيسة

لمحة عامة كلّف الطلاب بتلخيص الوحدة من خلال كتابة الفكرة العامة للوحدة والأفكار الرئيسة لكل قسم. واطلب منهم كتابة مفردات جديدة في القسم المناسب والرجوع إلى الوحدات السابقة للتعرف على المصطلحات التي قُدمت مسبقًا في الكتاب. فضلًا عن ذلك، اطلب منهم أن يكتبوا تحت كل فكرة رئيسة ثلاث نقاط أساسية على الأقل تلخص القسم. قد يستفيد بعض الطلاب من الحصول على مختصر مكتمل جزئيًا. في حين قد يجد طلاب آخرون أنه من الأسهل اختيار بعض الكلمات من كل فقرة وكتابة جملة باستخدام كل كلمة من هذه الكلمات.

Ch16.indb 447 1/17/2017 11:55:49 AM

القسم 1

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م

إنتاج صفات مرغوبة اعرض على الطلاب طماطم بأحجام وأشكال مختلفة. **اسأل الطلاب: لماذا تختلف الطماطم من حيث الحجم والشكل؟** تُناسب الأحجام والأشكال المختلفة أنواعًا مختلفة من الأطعمة. ذكّر الطلاب أن معظم الأغذية التي نتناولها هي نتيجة انتقاء وراثي.

استراتيجية القراءة

ض م ف م **عصف ذهني** اطلب من الطلاب التفكير في ما يتبادر إلى ذهنهم عند قراءتهم كل مصطلح جديد، في مجموعات صغيرة. وقم بإعداد قائمة بالأفكار على السبورة، وبعد قراءة القسم قارن القائمة بالتعريفات الواردة في النص.

د م اقرأ المفردات والتعريفات بصوت عالٍ للطلاب الذين يواجهون صعوبات، وذلك قبل أن يبدأوا بتمرين العصف الذهني.

م تدريب المهارات

وضّح أوجه الاختلاف في السمات البدنية لدى الكلاب الظاهرة في الشكل 1. **اسأل الطلاب: كيف ترتبط هذه السمات بطريقة استعانة الإنسان بالكلاب؟** الإجابة المحتملة: عضلات قوية لسحب الأحمال الثقيلة، وآذان كبيرة تساعد حاسّة السمع.

تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

تنشيط المعرفة السابقة

راجع مع الطلاب قوانين الوراثة لجريجور مندل.

اسأل الطلاب: ماذا يعني المصطلح متخالف الجينات؟ وجود أليلين مختلفين لصفة معينة. **ماذا يعني المصطلح متماثل الجينات؟** وجود أليلين متماثلين لصفة معينة.

التدريس المتمايز

دون المستوى يمكن للمعلمين تقديم مساعدة إضافية في مهام القراءة للطلاب دون المستوى المطلوب. أعطِ هؤلاء الطلاب نسخة من النص مميّزًا فيه المفاهيم أو الكلمات المهمة لمساعدتهم في تحديد المعلومات الأساسية.

عرض توضيحي

تشبيه ضع قطعة من قالب الشوكولاتة وقطعة من حلوى الخطمي بين شريحتين من البسكويت. اشرح كيفية تشابه عملية الجمع بين المذاقات المرغوبة من عناصر الغذاء بتلك التي يستخدمها المربون لمزاوجة اثنين من الكائنات الحية، لكل منهما صفة مرغوبة، لإنتاج أفراد نسلٍ يحملون الصفتين المرغوبتين. الوقت المقدَّر: 15 min

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- كيف يُستخدم التناسل الانتقائي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة؟
- ما أوجه الشبه والاختلاف بين التناسل الداخلي والتهجين؟
- كيف يساعد التزاوج الاختباري لمربع بانيت في تقويم الطرز الجينية للكائنات الحية؟

مفردات للمراجعة

هجين hybrid: كائن حي متخالف الجينات بالنسبة إلى صفة معينة

مفردات جديدة

التناسل الانتقائي selective breeding
التكاثر الداخلي inbreeding
التزاوج الاختباري test cross

علم الوراثة التطبيقي

الفكرة الأساسية **يُستخدم التناسل الانتقائي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات مرغوبة.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية يميّز هواة جمع العملات المعدنية بين العملات النادرة والعملات الأخرى لأن العملات النادرة أكثر قيمة. ومثلما يقع الاختيار على عملات معينة نظرًا إلى قيمتها، كذلك يقع الاختيار على أنواع نباتات وحيوانات معينة يتمّ استيلادها لإنتاج كائنات حية تحمل صفات ذات قيمة للإنسان.

التناسل الانتقائي

ربما تكون على دراية بسلالات الكلاب المختلفة، مثل كلاب البيغل والهاسكي والجيرمان شيبرد. لاحظ بعض صفات الطراز الظاهري لهذه السلالات في **الشكل 1**. تتمتع الأنواع الثلاثة ببنية عضلية قوية. وتتميز كلاب البيغل بصفات محددة مثل حاسة الشم القوية التي تؤهلها لتكون كلابًا بوليسية جيدة. أما كلاب الهاسكي، فهي عدّاءة قوية التحمل وتستطيع سحب الزلاجات لمسافات طويلة، بينما تشتهر كلاب الجيرمان شيبرد بأنها قابلة للتدريب إلى حد كبير لأداء الخدمات الخاصة.

منذ العصور القديمة، يستولد البشر الحيوانات التي تتميز بصفات معينة للحصول على نسل يحمل صفات مرغوبة. ونتيجة لذلك، أصبحت هذه الصفات أكثر شيوعًا. لا يقتصر الأمر على استيلاد الحيوانات للحصول على كائنات تتميز بصفات مرغوبة فقط. فالنباتات أيضًا تُستولد لإنتاج تلك الصفات مثل إنتاج ثمار أكبر حجمًا وفترات نمو أقصر. وتُسمى العملية التي يتم من خلالها اختيار الصفات المرغوبة لنباتات وحيوانات معينة ونقلها إلى الأجيال المقبلة منها **التناسل الانتقائي**. فمن خلال عمليات التهجين والتكاثر الداخلي . يمكن نقل الصفات المرغوبة للأجيال القادمة.

البيغل
كلب بوليسي

الهاسكي
كلب جرّ الزلاجات

الجيرمان شيبرد
كلب الخدمة

■ **الشكل 1** تتميز الكلاب بصفات تجعلها مناسبة لمهام مختلفة: البيغل — حاسة شم قوية؛ الهاسكي — العدو لمسافات طويلة؛ الجيرمان شيبرد — قابلية للتدريب بدرجة كبيرة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 448 1/17/2017 11:55:50 AM

التهجين تذكَّر أن الهجائن تنتج عن تزاوج كائنات حية لها أشكال مختلفة من صفة ما لإنتاج أفراد جيل يحمل صفات معينة. وغالبًا ما يعتمد المزارعون ومربّو الحيوانات والعلماء والبستانيون إنتاج الهجائن الذي يُعرف أيضًا **بالتهجين**. فيختارون الصفات التي ستعطي الكائنات الحية الهجينة ميزة تنافسية. يمكن استيلاد هذه الكائنات الحية الهجينة للحصول على نسل أكثر مقاومة للأمراض أو أكثر قدرة على الإنجاب أو أسرع نموًّا. على سبيل المثال، قد يختار مربّو النباتات مزاوجة صنفين مختلفين من نبات الطماطم لإنتاج هجين يحمل صفة «مقاومة الأمراض» من أحد الأبوين، وصفة النمو السريع من الأب الآخر.

يجب توخي الحذر في تحديد الكائنات الحية التي تحمل الصفات المرغوبة وإنجاح تزاوجها للحصول على التركيب الصحيح للصفات من كلا الأبوين. لكنّ للتهجين عيوبًا منها أنه مكلف ويستغرق وقتًا طويلًا. على سبيل المثال، استغرقت هذه العملية ثلاثة عقود للتوصل إلى أصناف هجينة من الأرز تنتج كميات أكبر من المحاصيل مقارنة بالأصناف غير الهجينة. لكن بما أن التهجين ينطوي على إنتاج كائنات حية ذات قيمة غذائية أعلى، وأكثر قدرة على التكيّف مع أشكال عديدة من التغيّرات البيئية، فإن مزايا التهجين تفوق عيوبه في بعض الأحيان.

التكاثر الداخلي عندما يلاحظ المربّي وجود صفة مرغوبة في كائن حي، يتعيّن تنفيذ عملية دقيقة للتأكد من انتقال الصفة إلى الأجيال القادمة. تُسمّى هذه العملية التي يتم فيها تهجين كائنات حية متماثلة جينيًا بهدف التخلص من الصفات غير المرغوبة في الأجيال القادمة ونقل الصفات المرغوبة للأجيال القادمة ونقل الصفات المرغوبة إليها خلال **التكاثر الداخلي**.

نحافظ على السلالات النقية عن طريق التكاثر الداخلي . ومن أمثلة الكائنات الحية الناتجة عن التكاثر الداخلي خيول كلايدزديل وبقر أنغس. ربما رأيت خيول كلايدزديل في المواكب وحدائق الحيوانات، فقد بدأ مربّو الخيول في تربيتها في اسكتلندا قبل مئات السنين لاستخدامها في المزارع. وعندما لاحظوا أنها تتمتع بالبنية القوية والرشاقة والطبيعة المطيعة، فقد تمت تربيتها داخليًا واستخدامها على نطاق واسع لجرّ الأحمال الثقيلة.

لكنّ للتكاثر الداخلي عيوبًا منها إمكانية انتقال الصفات المتنحية الضارة أيضًا إلى الأجيال القادمة، كما يزيد التكاثر الداخلي من فرص إنتاج نسل متنحٍ متماثل الجينات. إذا كان الأبوان يحملان الأليل المتنحي، فمن غير المرجح التخلص من الصفة الضارة.

التأكد من فهم النص **صِف** العيوب المرتبطة بكل من التهجين والتكاثر الداخلي .

تجربة مصغرة 1

تمثيل عملية التهجين

كيف تُنتَج الزنابق الهجينة؟ في هذه التجربة، ستطّلع على التقنيات التي يستخدمها مربّو النباتات المحترفون والبستانيون الهواة لإنتاج المجموعة الكبيرة من الزنابق التي ربما تشاهدها تنمو في المناطق الطبيعية.

الإجراءات

1. حدّد مخاوف السلامة المرتبطة بهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. أحضر **رسمًا لزهرة الزنبق مزوّدًا وزهرة زنبق متفتحة نضرة**. تفحّص الزهرة باستخدام **عدسة مكبرة يدوية** وحدد المنك المذكر والمتاع المؤنث.
3. استخدم **عود تنظيف الأذن** لفرك المنك برفق بهدف استخراج حبوب اللقاح.
4. استبدل الزهور بمجموعة أخرى في المختبر، وضع حبوب اللقاح التي استخرجتها من الزهرة على ميسم المتاع في زهرة جديدة مستخدمًا عود تنظيف الأذن.

التحليل

1. **استدلّ** عندما يقوم المربّون بتهجين الزنابق، فإنهم ينقلون حبوب اللقاح إلى ميسم في زهرة زنبقة غير متفتحة ثم يغطون الميسم بغطاء رقيق. لِمَ يُعدّ هذا ضروريًّا برأيك؟
2. **التفكير الناقد** يُنتج مربّ ما زنبقة هجينة تُترك بعد ذلك لتنمو وتُنتج البذور بشكل طبيعي. وعندما تُزرع هذه البذور، لا يكون لنباتات الزنبق الجديدة الخصائص نفسها الموجودة في الأب الهجين. ضَع فرضية لسبب حدوث ذلك.

مراجعة **في ضوء ما قرأته عن التناسل الانتقائي، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟**

ح تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

توضيح مفهوم خاطئ

اسأل الطلاب: هل للسلالات النقية مزايا أو عيوب وراثية مقارنة بالسلالات المختلطة؟ قد يواجه الطلاب صعوبة في استيعاب الجوانب السلبية لإنتاج السلالات النقية. صحيح أن السلالات النقية تُظهر صفة مرغوبًا فيها بصورة موثوقة، إلا أن الجماعات الأحيائية الناتجة من هذه السلالات تفتقد إلى التنوع الوراثي.

تجربة مصغرة 1

الوقت المقدَّر 45 min

مواد إضافية تصفح الإنترنت لتنزيل الرسومات.

احتياطات السلامة وافق على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

استراتيجية التدريس اطلب من أعضاء مجموعة محلية تعمل في زراعة الحدائق مشاركة تجاربهم في تهجين النباتات مع طلاب الصف.

التحليل

1. تضمن هذه الاحتياطات عدم حصول تماس بين زهرة الزنبق وحبوب لقاح أخرى، وبالتالي يعرف المربي التركيب الوراثي للنسل الناتج.
2. الزنبق الهجين متخالف الجينات وعندما يُخصب ذاتيًا يكون طراز التراكيب الناتجة متخالف الجينات او سائد متماثل الجينات أو متنحيًا متماثل الجينات. وينتج عن هذه الطُرز الجينية بعض الطُرز الظاهرية غير المماثلة للزنبق الهجين.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تقويم تطور فهم المحتوى

قوّم مدى تطور الفهم عندما يراجع الطلاب أسئلة تحليل التجربة الاستهلالية.

التأكد من فهم النص قد يستغرق التهجين فترات زمنية طويلة كما أنه مكلف. وقد يساعد التكاثر الداخلي على ظهور الصفات المتنحية الضارة بصورة أكبر.

الاهتمام بالبيئة

استخدم زهورًا ذابلة من متجر زهور لأغراض التجربة المصغرة. يمكن أيضًا الحصول على عينات زهور مجانية من دور الجنائز بعد تشييع جنازة. تأكد من أن الزهور التي تستخدمها في التجربة المصغرة لها سداة ومتاع واضحان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 • علم الوراثة التطبيقي 449

Ch16.indb 449 1/17/2017 11:55:50 AM

التفكير الناقد

د م ض م توقّع

اسأل الطلاب: توقع مظهر الأنواع المختلفة للحيوانات المستأنسة على مر الأجيال. وافترض أنها كانت تعيش في بيئات مختلفة. قد تنطوي الإجابات على: التغير في نمو وكثافة الشعر لحمايتها من الطقس البارد، أو الشعر القصير والخفيف وزيادة عدد المسام في الجسم لإطلاق الحرارة في البيئة الحارة. تأكد من عدم خلط الطلاب بين التغيّرات الموسمية/الجغرافية في مظهر الحيوان وبين التغيّرات/وسائل التكيف الوراثية.

دعم الكتابة

ض م ف م كتابة إقناعية كلّف الطلاب باختيار كائن حي ذي نسل نقي وكتابة مقال يتناول مزايا وعيوب الكائنات الحية ذات النسل النقي. على سبيل المثال، اطلب منهم استكشاف مزايا وعيوب المحاصيل الزراعية الأحادية.

التقويم التكويني

التقييم كلّف الطلاب بتلخيص أوجه الاختلاف بين التكاثر الداخلي والتهجين. وأكّد على أنهما نوعان من التناسل الانتقائي.

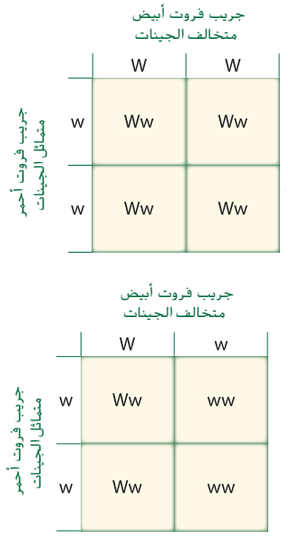
معالجة كلّف الطلاب بمراجعة القسم وإنشاء مخطط لتنظيم خصائص التكاثر الداخلي والتهجين.

التزاوج الاختباري

من النواحي المهمة التي ينبغي على المربّي تحديدها عند إنتاج هجين هو الطراز الجيني للهجين. في حال لاحظ مربٍّ ما صفة مرغوبة وكانت هذه الصفة سائدة فقد يكون الطراز الجيني للكائن الحي الذي يحملها متماثل الجينات سائدًا أو متخالف الجينات. ويتحدد الطراز الجيني بدقة عن طريق إجراء التزاوج الاختباري. ينطوي **التزاوج الاختباري** على مزاوجة كائن حي له طراز جيني غير معروف مع آخر له طراز جيني متنحٍ متماثل الجينات للصفة المرغوبة. إذا كان الطراز الجيني للأب سائدًا متماثل الجينات، فسيكون لجميع أفراد النسل الطراز الجيني السائد؛ وإذا كان الطراز الجيني متخالف الجينات، فستكون نسبة الطرز الظاهرية للنسل 1:1.

إجراء تزاوج اختباري افترض أن أحد المربّين يرغب في إنتاج ثمار جريب فروت هجينة بيضاء. في أشجار الجريب فروت، يمثل لون الثمرة الأبيض الصفة السائدة، بينما يمثل اللون الأحمر الصفة المتنحية. بالتالي، يجب أن تحمل أشجار الجريب فروت الأحمر في البستان صفة متنحية متماثلة الجينات (*ww*). ويمكن أن يكون الطراز الجيني لشجرة الجريب فوت الأبيض الهجينة الذي حصل عليه المربي سائدًا متماثل الجينات (*WW*) أو متخالف الجينات (*Ww*) للّون الأبيض. لذلك، ينبغي على المربّي إجراء تزاوج اختباري لتحديد الطراز الجيني لشجرة الجريب فروت الأبيض. تذكّر أنه عند إجراء التزاوج، تُنقل حبوب اللقاح من زهرة أحد النباتات إلى العضو الأنثوي في زهرة من نبات آخر.

النتائج كما يظهر في مربع بانيت في **الشكل 2**، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض تحمل صفة سائدة متماثلة الجينات (*WW*) وتم تزاوجها مع شجرة جريب فروت أحمر (*ww*)، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات (*Ww*) ولونهم أبيض. في هذه الحالة، سيكون لجميع أفراد النسل الطراز الظاهري السائد. ومع ذلك، كما يظهر في مربع بانيت في **الشكل 2**، إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متخالفة الجينات (*Ww*)، فسيكون نصف عدد أفراد النسل أبيض اللون وستكون نسبة الطرز الظاهرية 1:1. راجع النتائج في مربعات بانيت في **الشكل 2**. إذا كانت شجرة الجريب فروت الأبيض متماثلة الجينات، فسيكون جميع أفراد النسل متخالفي الجينات أي بيض اللون. وإذا كانت الشجرة متخالفة الجينات، فسيكون نصف أفراد نسل التزاوج الاختباري أبيض اللون وسيكون النصف الآخر أحمر اللون.



■ **الشكل 2** يمكن تحديد الطراز الجيني لشجرة جريب فروت أبيض من خلال نتائج تزاوج اختباري مع شجرة جريب فروت أحمر متماثلة الجينات.

القسم 1 التقويم

ملخص القسم

- يُستخدم التناسل الانتقائي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات تُعتبر مرغوبة.
- يُنتج التهجين كائنات حية تحمل صفات مرغوبة من آباء يحملون صفات مختلفة.
- يُنتج التكاثر الداخلي سلالات نقية.
- يمكن استخدام تزاوج اختباري لتحديد الطراز الجيني للكائن الحي.

فهم الأفكار الأساسية

1. **الفكرة الأساسية قوّم** أثر التناسل الانتقائي في المحاصيل الغذائية.
2. **صِف** ثلاث صفات قد تكون مرغوبة في الأغنام. كيف يمكن نقل هذه الصفات إلى الجيل التالي؟ اشرح ذلك.
3. **قارن وقابل** بين كل من التكاثر الداخلي والتهجين.
4. **توقّع** الطراز الظاهري لأفراد نسل ناتج عن تزاوج اختباري بين برتقالة بذور (*ss*) وبرتقالة لها بذور (*Ss*).

فكّر بشكل ناقد

5. **قيّم** هل ينبغي مزاوجة بقرة وثور كلاهما يحمل أليلات متنحية طَفْرَةً مَجِيْنِيَّة تُسبّب انخفاض إنتاج الحليب؟ أجب مع التعليل.

الرياضيات في علم الأحياء

6. يُجري المربي تزاوجًا اختباريًا لتحديد الطراز الجيني لقطة سوداء اللون. فيقوم بإجراء تزاوج للقطة السوداء (*BB* أو *Bb*) مع قطة بيضاء (*bb*). إذا بلغت نسبة القطط السوداء من أفراد النسل 50%، فما هو الطراز الجيني للقطة السوداء في النسل؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 1 التقويم

1. قد يكون للتناسل الانتقائي آثار إيجابية على إنتاج المحاصيل الغذائية، ومنها زيادة الإنتاج والجودة إلى جانب انخفاض الحاجة للرعاية وتقليل المحاصيل غير الصالحة للاستعمال. ومع ذلك، فإن التناسل الانتقائي مكلف ويستغرق وقتًا طويلًا.
2. شعر أطول وأكثر كثافة ونضج أسرع إلى مرحلة البلوغ وزيادة كتلة الجسم الغث، كلها صفات تنتقل عن طريق التهجين أو التكاثر الداخلي.
3. إن التكاثر الداخلي والتهجين هما طريقتان للحصول على الصفات المرغوبة في النسل الناتج. وينطوي التكاثر الداخلي على تربية كائنات حية مرتبطة ببعضها بصورة وثيقة وتشترك في الصفة المرغوبة نفسها، بينما ينطوي التهجين على تربية آباء لهم صفات مرغوبة مختلفة.
4. سيكون لنصف البرتقال بذور وسيكون النصف الآخر بدون بذور.
5. ينبغي عدم إجراء تكاثر داخلي لبقرة وثور مرتبطين بصورة وثيقة وكلاهما "متنحٍ متماثل الجينات" لصفة غير مرغوبة لأن الصفة "السيئة" ستنتقل إلى جميع أفراد الجيل الناتج.
6. إن الطراز الجيني للقطة السوداء هو *Bb*.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 450 1/17/2017 11:55:51 AM

القسم 2

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما الأدوات والعمليات المختلفة المُستخدمة 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 مُكملتين من النيوكليوتيدات الموجودة في اللولب المزدوج.

مفردات جديدة

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

تكنولوجيا الحمض النووي

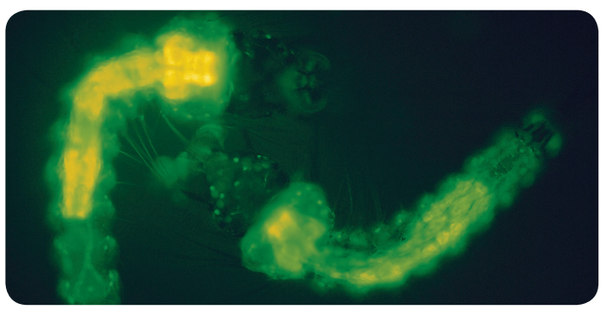
الفكرة الأساسية **يستخدم الباحثون هندسة الجينات للتحكم بالحمض النووي (DNA).**

روابط من القراءة بالحياة اليومية هل سبق ورأيت لحافًا من قطع قماش مختلفة الألوان يدويّ الصنع؟ تُصنع الألحفة المكونة من قطع قماش مختلفة الألوان عن طريق دمج قطع مختلفة من الأقمشة. يستخدم العلماء عملية مشابهة ويدمجون أحماضًا 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 أنّ المعلومات الوراثية تتدفق من الحمض النووي إلى الحمض النووي الرايبوزي (RNA)، ومنه إلى البروتينات. رغم ذلك، لم يعرف العلماء الكثير عن وظيفة الجينات الفردية. لنفترض أنّ 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 يُسمى البروتين الفليوري الأخضر (GFP) في كائنات حية مختلفة. يبعث البروتين الفليوري الأخضر (GFP)، وهو مادة موجودة طبيعيًا في السمك الهلامي الذي يعيش في شمال المحيط الهادئ، ضوءًا أخضر عند تعرّضه للضوء فوق البنفسجي. إن الكائنات الحية التي سبق أن خضعت للتعديل الوراثي بهدف تصنيع DNA البروتين الفليوري الأخضر (GFP)، مثل برقات البعوض الموضحة في **الشكل 3**، يمكن التعرّف إليها بسهولة بوجود الأشعة فوق البنفسجية. يتم لصق DNA البروتينات الفليورية الخضراء بال DNA الدخيل للتحقق من إدخاله في الكائن الحي. وتُستخدم هذه الكائنات الحية المعدّلة وراثيًا في عمليات مختلفة، مثل دراسة تعبير جين معين والتحقيق في العمليات الخلوية ودراسة تطوّر مرض معين وانتقاء صفات وراثية قد تكون مفيدة للبشر.



برقات بعوض معدلة وراثيًا

■ **الشكل 3** أُدخل جين البروتين الفليوري الأخضر (GFP) في برقات البعوض حتى يتسنى للباحثين التحقق من إدخال الحمض النووي الدخيل.
توقّع كيفية استخدام المجال الطبي لهندسة الجينات في المستقبل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **سؤال حول الشكل 3** إجابة محتملة: يمكن استخدام هندسة الجينات للتخلص من الاختلالات الوراثية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م

هندسة الجينات

اسأل الطلاب: ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع المصطلح هندسة الجينات؟ اطلب من أحد الطلاب أن يتولى كتابة الإجابات الموجودة على السبورة. إذا كان الطلاب بحاجة إلى تحفيز، فزودهم بأمثلة عن كائنات حية معدلة وراثيًا، على سبيل المثال النعجة دوللي واطرح مناقشات حول الاستنساخ البشري وخلايا الخميرة التي تنتج الإنسولين البشري والذّرة المقاومة للمرض.

ح تطوير المفاهيم

ض م **المشاركة المجتمعية**

ساعد الطلاب في التفكير في تأثير هندسة الجينات في مجتمعهم.

اسأل الطلاب: من المستفيد من هندسة الجينات؟ إجابات محتملة: الأشخاص الذين يتناولون الأدوية التي يتمّ تصنيعها من خلال هندسة الجينات أو الأشخاص الذين يتناولون أغذية يزرعها مزارعون يستخدمون هندسة الجينات.

ما المخاطر المرتبطة بالمنتجات المعدلة وراثيًا؟ تشمل المخاطر الأمراض المقاومة للأدوية، وفقدان الكائنات الحية الأصلية

د م اعرض على الطلاب الذين يواجهون صعوبات تعلّمية أمثلة معيّنة على استخدام منتجات معدلة وراثيًا، مثل تناول الذُرة المعدلة جينيًا في مقابل تناول الذُرة المنتجة انتقائيًا.

ف م كلّف الطلاب الذين هم فوق المستوى بقراءة ما سيتم ذكره في القسم بشأن الكائنات الحية المعدلة وراثيًا. واطلب منهم التفكير في كائن حي يمكن استخدام جيناته لإنتاج كائن حي معدل وراثيًا لديه خصائص مفيدة. إضافةً إلى ذلك، اطلب منهم إعداد نشرة دعائية للترويج لكائنهم الحي الافتراضي الجديد المعدل وراثيًا أمام الجمهور المستهدف.

Ch16.indb 451 1/17/2017 11:55:51 AM

تطوير المفاهيم

ض م **الدعم التدريجي**

اسأل الطلاب: ما هندسة الجينات؟ إنها تكنولوجيا تتضمن التحكّم بالـ DNA لكائن حي لإضافة الـ DNA الخاص بكائن حي آخر **كيف يمكن استخدام هندسة الجينات؟** لإنتاج نباتات وحيوانات لديها صفات وراثية مرغوبة **ما المقصود بجينوم الكائن الحي؟** هو إجمالي الـ DNA الموجود في نواة كل خلية **كيف يمكن للعلماء دراسة جينات معيّنة في جينوم كائن حي؟** عن طريق استخدام أدوات الـ DNA للتحكّم به وفصل الجينات من باقي الجينوم

ق استراتيجية القراءة

د م ض م ف م **كلمات خاصة**

بمحتوى معيّن اطلب من أحد الطلاب التطوع لاستخدام المصطلح القطع في جملة. (يمكن أن يكون القطع بمعنى التقييد). واطلب من متطوع آخر قراءة تعريف المصطلح إنزيمات القطع المكتوب بخط عريض. وضّح لهم أنّ بعض الكلمات المستخدمة يوميًا قد يكون لها معانٍ علمية مختلفة.

ف م اطلب من الطلاب التحقيق في التفسير المنطقي للمصطلح إنزيمات القطع. تعمل هذه الإنزيمات على تقييد DNA الكائنات الحية المجتاحة لمنعها من دخول خلية البكتيريا العائلة التي تنتج الإنزيمات وتُستخدم لقطع الـ DNA.

م تدريب المهارات

د م ض م **الثقافة المرئية** اطلب من الطلاب استخدام قصاصات الورق لتصميم نموذج للأجزاء التي نجمت عن إنزيمات القطع، بحيث يكون مشابهًا للنموذج المُبيّن في الشكل 4.

المفرداتات

مفرداتات أكاديمية

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

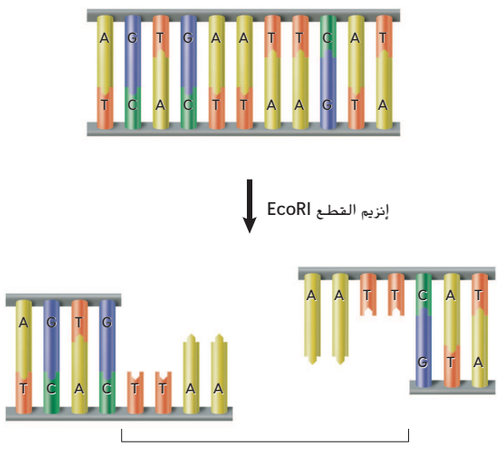
أدوات الحمض النووي (DNA)

لقد تعلمت أن التناسل الانتقائي 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 بدءًا من صحة الإنسان ووصولًا إلى الزراعة. إن **جينوم** كائن حيّ ما، هو إجمالي بعد أن يدخل إلى البكتيريا الحمض النووي (DNA) الموجود في نواة كل خلية. وكما ستتعلم في القسم التالي، يمكن أن تحتوي الجينومات، مثل الجينوم البشري، على ملايين النيوكليوتيدات. ومن أجل دراسة جين معين، يمكن استخدام أداوت 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 تُسمى **إنزيمات القطع** التي تتعرف على تسلسلات حمض نووي معينة وتتّصل بها وتقطع الـ DNA داخل ذلك التسلسل. يقطع إنزيم القطع، الذي يُسمى أيضًا 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، يكوّن أجزاءً ذات أحجام مختلفة تكون فريدة لدى كل شخص.

EcoRI يُعرف أحد إنزيمات القطع التي يَستخدمها 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 المُكمّل. وتُعد قدرة بعض إنزيمات القطع على إنشاء أجزاء ذات نهايات لزجة أمرًا بالغ الأهمية لأنه يمكن دمج هذه النهايات اللزجة مع أجزاء حمض نووي أخرى لها نهايات مُكمّلة لزجة.

التأكد من فهم النص **عمِّم** كيفية استخدام إنزيمات القطع.



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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

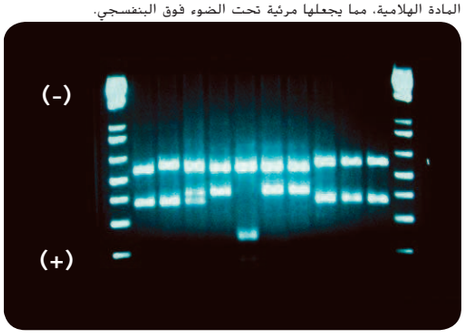
التأكد من فهم النص تُستخدم إنزيمات القطع لفصل مناطق أو جينات مُعيّنة من الجينوم.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

Ch16.indb 452 1/17/2017 11:55:52 AM

تعبئة المادة الهلامية يتمّ إسقاط محلول يحتوي على الحمض النووي (DNA) في ثقوب عند أحد طرفي المادة الهلامية باستخدام القطارة.

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



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

رغم ذلك، لا تُنشِئ كل إنزيمات القطع نهايات لزجة. فبعض الإنزيمات تنتج أجزاءً 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

الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي

يُستخدم تيار كهربائي لفصل أجزاء الحمض النووي وفقًا لحجم الأجزاء في عملية تُسمى **الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي**. 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 وفقًا لحجم جزء الحمض النووي بأجزاء معروفة من الحمض النووي للتعرف عليه. فضلًا عن ذلك، يمكن إزالة أجزاء المادة الهلامية التي تحتوي على كل شريط لإجراء مزيد من الدراسة عليها.

تجربة مصغرة 2

صناعة نموذج لإنزيمات القطع

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

الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلّقة بالسلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. تزوّد من معلمك 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 يتعرف عليه إنزيم القطع *EcoRI* وقُصَّ الحمض النووي الجينومي والبلازميدي باستخدام **المقص**.
4. استخدم **شريطًا** 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 مثّله المقص. اشرح.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة مصغرة 2

الوقت المقدَّر 20 min

استراتيجيات التدريس

- لإعداد تسلسل DNA في شكل ورقة مستقيمة، اقطع شريطًا من الورق المُلوَّن واكتب تسلسل زوج القاعدة على طول جانبي الورقة. واجعل النهايات "لزجة" باستخدام تسلسل GAATTC المُبيّن في الشكل 4.
- لإعداد تسلسل DNA في شكل ورقة دائرية، اقطع شريطًا من الورق المُلوَّن (استخدم لونًا مختلفًا) واكتب تسلسل زوج القاعدة على طول جانبي الورقة. واكتب التسلسل GATTC في موقع واحد على الأقل. اربط نهايتي تسلسل DNA في الورقة الدائرية لتكوين دائرة مع تسلسل القاعدة الذي يظهر على الجانب الخارجي.
- استخدم المقص لتصميم نموذج لإنزيم القطع، وقُصَّ ورقة الحمض النووي الدائرية لتشكيل نهايات لزجة. ثم أدخل ورقة الحمض النووي المستقيمة وألصق كل الأجزاء معًا باستخدام الشريط لتشكيل بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب.

التحليل

1. ستعتمد الإجابات على عدد الأماكن التي تعرّض الحمض النووي الدائري فيها للقطع. إذا اشتمل الحمض النووي الدائري على 3 أجزاء، فقد ينتج عن ذلك اثنان من البلازميدات.
2. يُمثّل المقص إنزيم القطع EcoRI نظرًا إلى أنه يقطع مناطق DNA التي تحتوي على التسلسل GAATTC.

عرض توضيحي

الفصل استخدم مغناطيسًا لتوضيح سبب انتقال DNA (المشحون بشحنات سالبة) نحو الطرف موجب الشحنة خلال الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي. واستخدم غربالًا لفصل الجزيئات (الرمل والحصى وما إلى ذلك) من مختلف الأحجام واشرح للطلاب أن ألواح جيل الأقروز تحتوي على ثقوب صغيرة مثل الثقوب الموجودة في الغربال التي تسمح بفصل الجزيئات ذات الأحجام المختلفة. الوقت المقدَّر: 10 min

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 453 1/17/2017 11:55:52 AM

ق استراتيجية القراءة

د م قراءة موجَّهة قبل قراءة النص الوارد أسفل العنوان تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب، اطلب من الطلاب إعداد مخطط يضم أعمدة تحمل عناوين ما أعرفه حاليًا وما أريد أن أتعلمه وما تعلمته. اطلب منهم أيضًا معاينة النص وملء أول عمودين، ثم ملء العمود الثالث، مع التنبّه جيّدًا إلى مصطلحات المفردات الجديدة. بعد أن يقرأ الطلاب النص، اطلب منهم ملء العمود الرابع.

دعم الكتابة

د م ض م الكتابة التقنية كلّف الطلاب إعداد دليل مختبر لدراسة الـ DNA. وتضمينه وصفًا لكيفيّة دراسة الـ DNA وتقديم تعليمات تفصيلية لإعداد حمض نووي مُعاد التركيب.

ف م اطلب من الطلاب مقارنة ومقابلة إنزيمات القطع وليغاز DNA. تقطع إنزيمات القطع الأشرطة في أماكن مُعيّنة ويعمل الليغاز على إصلاح الرابط بين النيوكليوتيدات، لكنه لا يرتبط بتسلسل مُعيّن. ويتواجد كلاهما في كائنات حية مختلفة بشكل طبيعي ويستخدمان في تطبيقات التقنيات الحيوية.

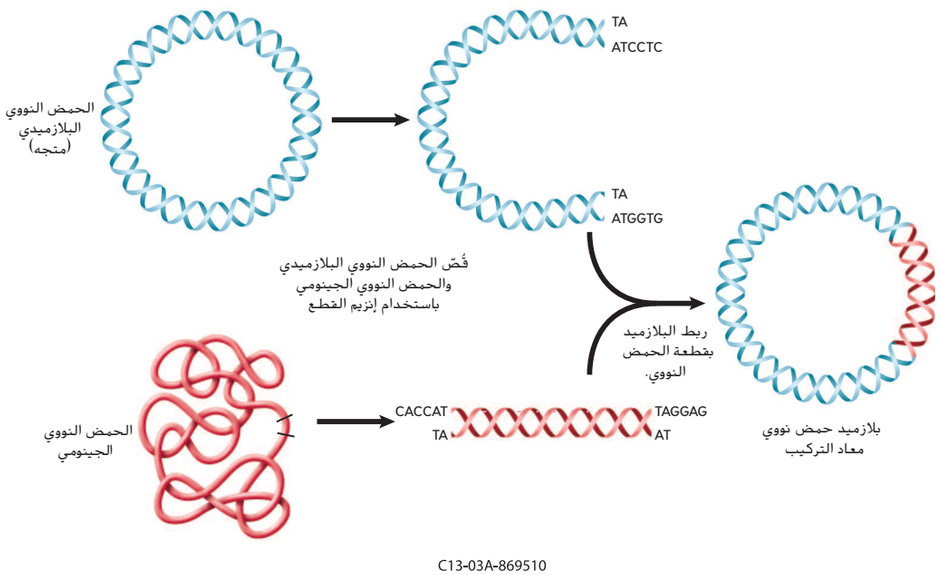
تكنولوجيا الحمض النووي (DNA) مُعاد التركيب

عندما تُفصل أجزاء الحمض النووي من خلال الرَحلاَن الكَهْرَبِيُّ الهُلاَمِيّ، يمكن إزالة أجزاء بحجم معين من المادة الهلامية ودمجها مع أجزاء حمض نووي (DNA) من مصدر آخر. ويُسمى جزيء الحمض النووي المُنشأ حديثًا، 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 المُضيفة. وتُعدّ البلازميدات والفيروسات متجهات شائعة الاستخدام. يمكن استخدام **البلازميدات**، وهي جزيئات دائرية صغيرة من الحمض النووي ثنائي الشرائط تتواجد طبيعيًا في البكتيريا وفي خلايا الخميرة، كمتجهات نظرًا إلى إمكانية قطعها عن طريق إنزيمات القطع. إذا تمّ قطع بلازميد وجزء حمض نووي مأخوذَين من جينوم آخر بواسطة إنزيم القطع نفسه، ستكون نهايات كل جزء حمض نووي مُكمِّلة وقابلة للدمج، كما هو مُوضَّح في **الشكل 6**. ثمة إنزيم تستخدمه الخلايا عادةً في إصلاح الحمض النووي (DNA) ومضاعفته. يُسمى **ليغاز الحمض النووي**، وهو يربط جزأي الحمض النووي كيميائيًا. يربط الليغاز أجزاء (DNA) ذات النهايات اللزجة، وكذلك الأجزاء ذات النهايات المصمتة. تفحّص **الشكل 6** مجددًا. ولاحظ أن جزيء (DNA) الدائري الناتج يحتوي على (DNA) البلازميد وجزء (DNA) المفصولين من جينوم آخر. يمكن الآن إدخال جزيء 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 الـــDNA من مصدرين مختلفين معًا.



C13-03A-869510

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

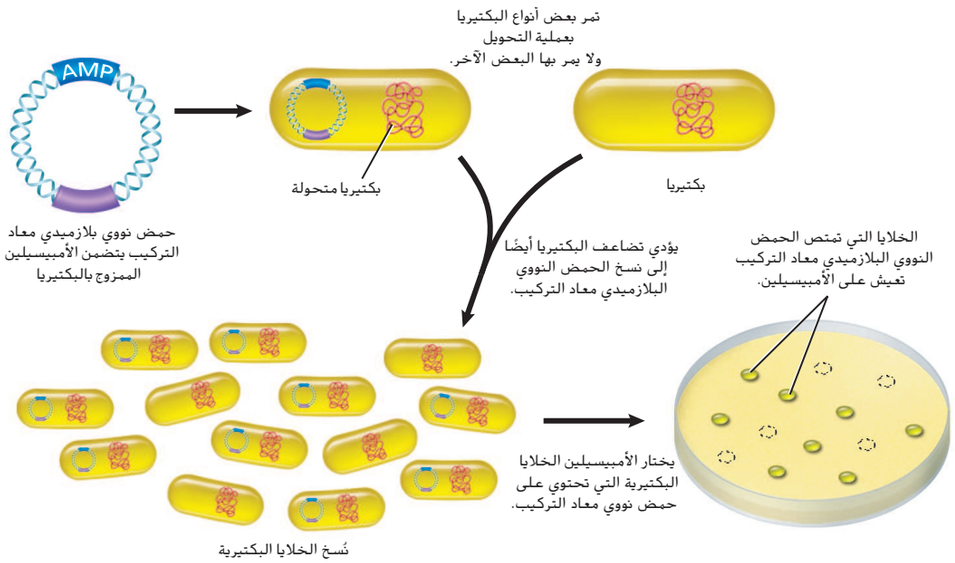
التأكد من فهم النص تقطع إنزيمات القطع DNA إلى أجزاء. وتتجمع بعض هذه الأجزاء لتكوّن حمضًا نوويًا مُعاد التركيب.

مقتطف من بحث

كتابة يشير البحث التعليمي إلى أن الطلاب يستفيدون عندما يُطلب منهم الكتابة بأساليب متنوّعة. على سبيل المثال، ستساعد مهمة الكتابة التقنية الموصوفة في هذه الصفحة الطلاب في تطوير مهاراتهم اللغويّة وتعزيز تفاعلهم مع المادة.
(Carrasquillo and Rodriguez، 1996)

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 454 1/17/2017 11:55:53 AM



■ **الشكل 7** يمكن تحديد الخلايا المستنسخة التي تحتوي على نُسخ من الحمض النووي مُعاد التركيب واستخدامها لإجراء المزيد من الدراسة عندما تموت الخلايا البكتيرية التي لا تحتوي على صبغة حمض نووي مُعاد التركيب.

استنساخ الجينات لإنتاج كمية كبيرة من بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب، تمتزج الخلايا البكتيرية مع بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب وتمتصّه من خلال عملية تُسمى **التحويل**. كما هو مُوضَّح في **الشكل 7**. يمكن أن تتحوّل الخلايا البكتيرية باستخدام النبض الكهربائي أو الحرارة. تذكّر أن كل الخلايا، بما في ذلك الخلايا البكتيرية، لها أغشية بلازما. ويمكن أن تؤدي نبضة كهربائية قصيرة أو ارتفاع طفيف في درجة الحرارة إلى حدوث فتحات مؤقتة في غشاء البلازما بالبكتيريا. بالتالي، تسمح هذه الفتحات المؤقتة للجزيئات الصغيرة، مثل بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب، بدخول الخلية البكتيرية. تصنع الخلايا البكتيرية نُسخًا من بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب خلال تضاعف الخلية. ويمكن أيضاً إنتاج أعداد كبيرة من البكتيريا المتطابقة، بحيث تحتوي كل منها على جزيئات الـ DNA التي أُدخلت، من خلال عملية تُسمى **الاستنساخ**.

يحتوي بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب على جين يرمز إلى مقاومة مضاد حيوي مثل الأمبيسيلين (AMP). ويستخدم الباحثون هذا الجين للتمييز بين الخلايا البكتيرية التي امتصت بلازميد الحمض النووي مُعاد التركيب وتلك التي لم تمتصه. لاحظ في **الشكل 7** أنه عند تعرُّض الخلايا البكتيرية المتحولة للمضاد الحيوي المحدد، لا يبقى منها سوى الخلايا البكتيرية التي تتضمن البلازميد.

ترتيب تسلسل DNA إنّ تسلسل نيوكليوتيدات الـ DNA لمعظم الكائنات الحية غير معروف. ومن شأن معرفة تسلسل الـ DNA لكائن حي أو جزء الـ DNA مستنسخ أن يزوّد العلماء بمعلومات قيمة لإجراء مزيد من الدراسات. يمكن استخدام تسلسل جين ما لتوقع وظيفة الجين ومقارنة الجينات بتسلسلات مماثلة لكائنات حية أخرى وتحديد الطفرات أو الأخطاء في تسلسل الـ DNA. تتألّف جينومات معظم الكائنات الحية من ملايين النيوكليوتيدات، لذلك يجب أولًا قطع جزيئات الـ DNA المُستخدمة في ترتيب تسلسل التفاعلات إلى أجزاء أصغر باستخدام إنزيمات القطع.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام العام

التحوّل

الاستخدام العلمي: العملية التي يمتصّ من خلالها نوع من البكتيريا DNA من مصدر آخر. ينطوي تحوّل البكتيريا على امتصاص بلازميد الحمض النووي.

الاستخدام العام: إجراء التغيير اكتمل تحوّل الفرقة بإضافة ستائر جديدة إليها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

المطويات®

لمزيد من التعمق

تواصل مع الطلاب: على ظهر مطويتك المكونة من ثلاث صفحات، ميّز وسجّل ما تتذكره عن الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدلة وراثيًا. وحدد حسنات وسيّئات تطوير كائنات حية معدلة وراثيًا.

تطوير المفاهيم

توضيح مفهوم خاطئ

د م ض م اسأل الطلاب:

أين يمكنك العثور على البكتيريا؟ في كل مكان تقريبًا قد لا يُدرك الطلاب أن البكتيريا موجودة في كل مكان حولنا. اشرح للطلاب أن البكتيريا الموجودة في البيئة عادة ما تكون غير مرئية بالعين المجردة لأن الجماعات الأحيائية لهذه الميكروبات غير مركزة بما يكفي لتصبح مرئية.

ف م لمساعدة الطلاب في تصور المستعمرات البكتيرية، اطلب منهم تحضير عدة أطباق من الأغار، ومسح أسطح الصف وأيديهم. ثم اطلب منهم وضع الممسحة على أطباق الأغار. اترك أحد الأطباق غير الملقحة معرضًا للهواء الصف لعدة ساعات. ثم قم بتغطية الأطباق بشريط لاصق وضعها في حضّانة لبضعة أيام لتحديد مدى النمو. واطلب من الطلاب تحديد مستعمرات البكتيريا الموجودة في الأطباق.

خلفية عن المحتوى

معلومات للمعلم تبيع شركات التقنيات الحيوية البلازميدات التي تتيح للباحثين إنتاج جزيئات حمض نووي مُعاد التركيب بخصائص مميزة. على سبيل المثال، يمكن أن تحتوي البلازميدات على جينات خاصة بالبروتينات الفلورية (خضراء وصفراء وحمراء وغيرها). ويمكن أن تحتوي البلازميدات على جينات لإنزيمات تسمح بتفعيل وظيفة محددة، وقد تحتوي أيضًا على "رموز" تسمح بتنقية البروتين المنتقل من جزيء الحمض النووي مُعاد التركيب.

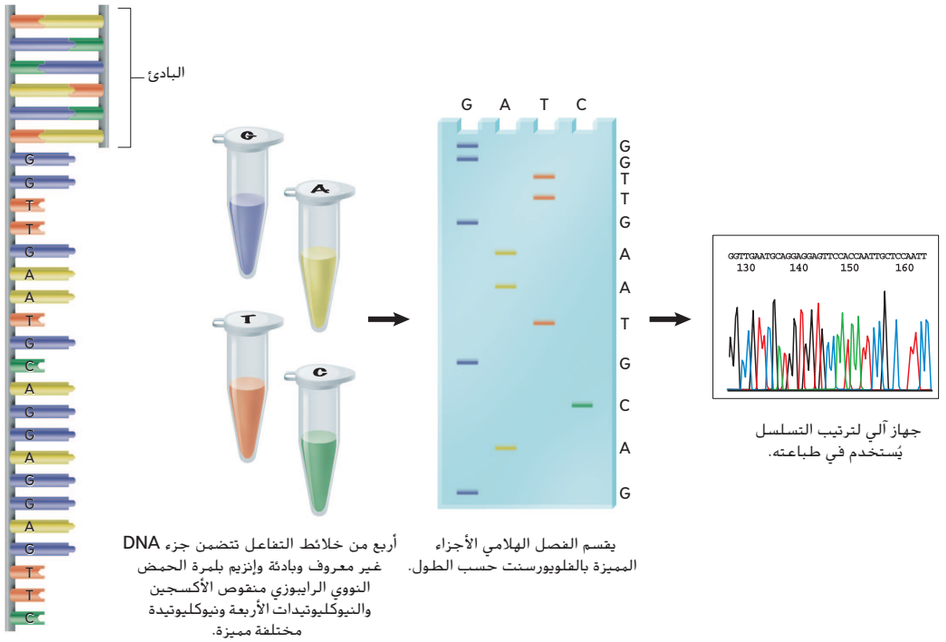
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 455 1/17/2017 11:55:54 AM

ق استراتيجية القراءة

ض م ف م التعلّم التعاوني

مجموعات قراءة وزّع الطلاب في مجموعات مكوّنة من خمسة أفراد، وخصص لكل طالب في المجموعة أحد الأدوار التالية: مدير المناقشة ومسؤول الفقرات والمُوصِّل والموضِّح والمُلخِّص. قد ترغب في تصميم نموذج للأدوار. اطلب من كل طالب أداء الدور الموكل إليه بينما يقرأ أعضاء المجموعة الفقرة التي تحمل العنوان تفاعل البلمرة المتسلسل بصوت عالٍ. يقرأ مدير المناقشة القسم بصوت عالٍ، ويُعرّف مسؤول الفقرات المصطلح تفاعل البلمرة المتسلسل. إضافةً إلى ذلك، يساعد المُوصِّل في شرح السبب الذي يجعل هذه العملية ملائمة لهذا القسم. ويوفِّر الموضِّح تشبيهًا من الحياة اليومية للمصطلح تفاعل البلمرة المتسلسل. أمّا المُلخِّص، فيُعيد صياغة المفاهيم المهمة في هذا القسم.



■ **الشكل 8** يمكن ترتيب تسلسل DNA باستخدام النيوكليوتيدات الموسومة بالفلويورسنت
صف كيف يُحدد تسلسل قالب *DNA* الأصلي.

اتبع **الشكل 8** لاستيعاب كيفية ترتيب تسلسل الـ DNA. يخلط العلماء جزء الـ DNA غير معروف مع إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين والنيوكليوتيدات الأربعة، A، C، G، T، في أنبوب. يتمّ تلوين جزء صغير من كل نيوكليوتيد بلون مختلف من صبغة الفلويورسنت، التي تُعدّل أيضًا تركيب النيوكليوتيد. وكلما دُمج نيوكليوتيد مُعدل وملوّن بالفلويورسنت في الشريط المصنّع حديثًا، توقف التفاعل ونجم عن ذلك أشرطة حمض نووي بأطوال مختلفة. يكتمل تفاعل ترتيب التسلسل عندما تنفصل أجزاء الـ DNA الملوّنة عن طريق الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي. وتتعرض بعد ذلك المادة الهلامية للتحليل في جهاز تلقائي لترتيب تسلسل الـ DNA نستطيع من خلاله اكتشاف لون كل نيوكليوتيد مميّز. ويُحدَد تسلسل قالب الـ DNA الأصلي من خلال ترتيب الأجزاء المميّزة.

تفاعل البلمرة المتسلسل عند معرفة تسلسل أحد أجزاء الـ DNA، يمكن استخدام أسلوب يسمى **تفاعل البلمرة المتسلسل** لإنتاج ملايين النُسخ من منطقة محددة في جزء الحمض النووي. ويكون تفاعل البلمرة المتسلسل شديد الحساسية وقادر على اكتشاف جزيء واحد للحمض النووي في عينة ما. كما يُعدّ تفاعل البلمرة المتسلسل مفيدًا لأنه يمكن بعد ذلك نسخ هذا الجزيء الواحد من الـ DNA أو تضخيمه مرات عدّة لاستخدامه في تحليل الـ DNA. اتبع **الشكل 9** عندما تقرأ عن خطوات تفاعل البلمرة المتسلسل.

الخطوة 1 يحصل تفاعل البلمرة المتسلسل بوضع جزء الـ DNA المُراد نسخه وإنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين ونيوكليوتيدات الحمض النووي الأربعة وجزأي الـ DNA أحادي الشريط القصيرين اللذَين يسميان البادئين، في أنبوب. وتُعدّ هذه البادئات مُكملة لنهايات جزء الـ DNA التي سيتمّ نسخها واستخدامها كنقاط بداية لتصنيع الـ DNA. يبدأ تفاعل البلمرة المتسلسل عند تسخين الأنبوب.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

■ **سؤال حول الشكل 8** يخلط العلماء جزء DNA غير معروف وإنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين والنيوكليوتيدات الأربعة في أربعة أنابيب. وتُضاف في كل أنبوب كمية صغيرة من نيوكليوتيد مختلف. وتُميّز هذه النيوكليوتيدات بصبغة فلورسنت تغيّر تركيب النيوكليوتيد. يتوقف التفاعل عندما يلتصق النيوكليوتيد المعدل بالشريط. وينتج عن ذلك أشرطة ذات أطوال مختلفة. يعمل الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامِي على فصل الأشرطة ويكتشف جهاز لترتيب التسلسل لون الأجزاء المميزة ويحدد تسلسل الشريط.

يمكن استخدام التجربة في نهاية الوحدة عند هذه المرحلة من الدرس.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

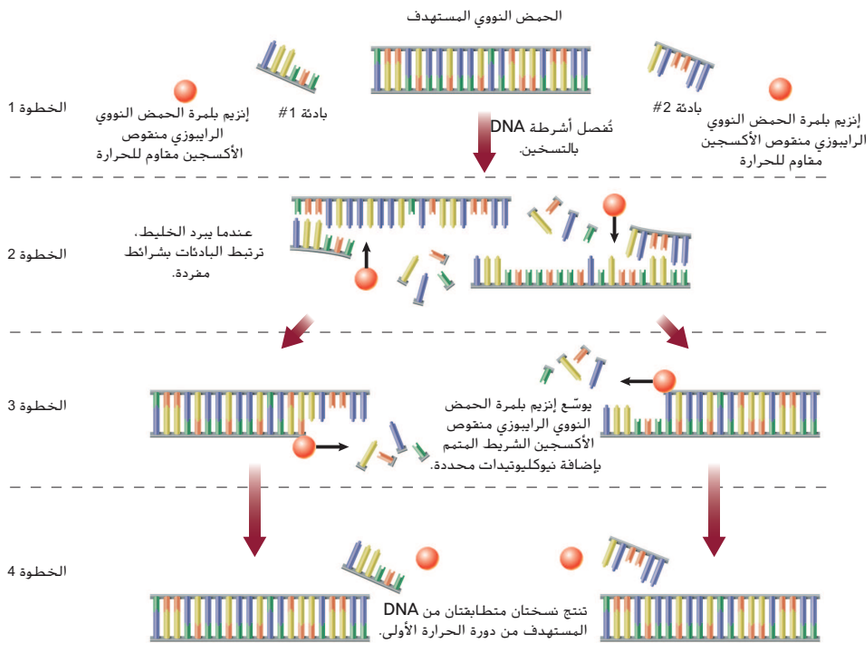
Ch16.indb 456 1/17/2017 11:55:54 AM

الخطوة 2 تفصل الحرارة شريطي جزء الـ DNA النموذجي. عندما يبرد الأنبوب، يمكن أن تلتصق البادئات بكل شريط من الـ DNA النموذجي. ويُستخدم جهاز آلي يُسمى **مبدل درجات الحرارة** لتدوير الأنبوب الذي يحتوي على كل المكونات التي تدخل في تفاعل البلمرة المتسلسل من خلال درجات حرارة مرتفعة ومنخفضة مختلفة.

الخطوة 3 إن كل بادئة مهيأة للارتباط بشريط واحد من جزء الحمض النووي (DNA) كما هو موضح في **الشكل 9**. عندما ترتبط البادئات بعضها ببعض، يدمج إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين النيوكليوتيدات الصحيحة بين البادئتين كما يحدث في تضاعف الحمض النووي. وتتكرر عملية التسخين والتبريد ودمج النيوكليوتيدات من 20 إلى 40 مرة، مما يؤدي إلى إنتاج ملايين النُسخ عن الجزء الأصلي. وبما أنّ فصْل أشرطة الـ DNA يتطلب وجود حرارة، يجب أن يكون إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين المُستخدم في تفاعل البلمرة المتسلسل قادرًا على تحمُّل درجات الحرارة المرتفعة. وقد عُزل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين الخاص هذا عن بكتيريا حرارية أو بكتيريا تفضل العيش في درجات الحرارة المرتفعة، مثل البكتيريا الموجودة في الينابيع الساخنة في حديقة يلوستون الوطنية.

إنّ قدرة تفاعل البلمرة المتسلسل على اكتشاف جزيء واحد من الـ DNA في عينة ما، جعلت منه أحد أقوى الطرق التي يستخدمها العلماء. ولا يقتصر استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل على الباحثين في المختبرات، بل يستخدمه علماء الطب الشرعي لتحديد هوية المشتبه بهم والضحايا في التحقيقات الجنائية، كما يستعين به الأطباء للكشف عن الأمراض المعدية مثل الإيدز.

التأكد من فهم النص **صِف** تفاعل البلمرة المتسلسل، مستخدمًا تشبيهًا.



■ **الشكل 9** تفاعل البلمرة المتسلسل يُعد نسخة بيولوجية من ماكينة تصوير المستندات. فخلال كل دورة لتفاعل البلمرة المتسلسل، يُسخن خليط التفاعل لفصل أشرطة الـ DNA ثم يُبرد لتتمكّن البادئات من الارتباط بالتسلسلات المُكملة. بعد ذلك، يعمل إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين على إضافة نيوكليوتيدات لتشكيل جزيئات الـ DNA جديدة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ق استراتيجية القراءة

د م ض م توضيح بعد القراءة، كلّف من الطلاب إعداد رسم توضيحي لجزيئات DNA التي تمر بالمراحل الثلاثة لتفاعل البلمرة المتسلسل. وينبغي أن تتضمن الرسوم التوضيحية ما يلي: فصل أشرطة قالب الـ DNA وتلدين (ربط) البادئ بقالب DNA أحادي الشريط وتوسيع قالب الـ DNA وإدخال النيوكليوتيدات الصحيحة استنادًا إلى تسلسل قالب الـ DNA.

ف م أخبر الطلاب أنه من الشائع أداء 30 تجربة من تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) في المختبر. واطلب منهم أن يتوقعوا عدد الأجزاء التي ستنتج بعد تنفيذ 30 تجربة من تفاعل البلمرة المتسلسل. 1.07×10^9

م تدريب المهارات

ض م إعداد تمثيل بياني كلّف الطلاب تصميم تمثيل بياني يُبيّن عددًا من جزيئات الـ DNA الجديدة المنتجة مع كل دورة لتفاعل البلمرة المتسلسل. ويجب أن تتضمن التمثيلات البيانية دورات على المحور السيني وعدد جزيئات الـ DNA (بدءًا برقم 1) على المحور الصادي. يجب أن تظهر التمثيلات البيانية زيادة الأس في جزيئات الـ DNA عندما يزيد عدد الدورات: الدورة الأولى = جزيء DNA واحد والدورة الثانية = 2 والدورة الثالثة = 4 والدورة الرابعة = 8 والدورة الخامسة = 16 وما إلى ذلك.

د م اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية وزوّد هذه المجموعات بالتمثيلات البيانية المُعنونة.

التأكد من فهم النص ستتنوّع الإجابات. ويمكن أن تشمل إجابات الطلاب تشبيه آلة النسخ التصويري. وباستخدام جزيء واحد من DNA، ينتج عن تفاعل البلمرة المتسلسل نُسخ متعددة. ذكّر الطلاب بأنه لا يوجد تشبيه مثالي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 • تكنولوجيا DNA 457

Ch16.indb 457 1/17/2017 11:55:55 AM

م تدريب المهارات

د م ض م الثقافة المرئية كلّف الطلاب إنشاء بطاقات تعليمية تحتوي على المعلومات الواردة في الجدول 1. واطلب منهم أيضًا امتحان بعضهم لبعض باستخدام البطاقات التعليمية، ثم اختيار بطاقتين تعليميتين في الوقت نفسه وشرح كيفية ارتباط البطاقتين. على سبيل المثال، إنّ استخدام إنزيمات القطع في التفاعل المتسلسل لإنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين هو أحد أشكال استنساخ الجينات.

ق استراتيجية القراءة

ض م مجموعات المناقشة

بعد قراءة النص الوارد أسفل العنوان تقنيات حيوية، اطلب من الطلاب مناقشة الحسنات والسيئات العلمية لهندسة الجينات. وذكّرهم بالتركيز على العلوم المرتبطة بهذا الأمر وليس على المشاعر. **ف م** اطلب من الطلاب إجراء البحوث لدعم الحسنات والسيئات التي يناقشها الصف.

ح تطوير المفاهيم

ض م الربط بالمجتمع

اطلب من الطلاب استخدام موارد مكتبة المدرسة للبحث عن الفول السوداني والفول الصويا المعدلَيْن وراثيًا. وناقش آثار إنتاج نباتات تفتقر إلى جينات معيّنة أو تحوي نُسخًا إضافية منها.

الجدول 1 هندسة الجينات

الأداة/العملية	الوظيفة	التطبيقات
إنزيمات القطع مثال: إنزيم قطع اللولب المزدوج (EcoRI)	يقطع أشرطة الـ DNA إلى أجزاء	يُستخدم لإنشاء أجزاء الـ DNA تتضمن نهايات لزجة أو مصمتة قادرة الاندماج مع أجزاء الـ DNA أخرى.
الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي	يفصل أجزاء الـ DNA حسب الحجم	يُستخدم لدراسة أجزاء الـ DNA بأحجام مختلفة
تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب	تدمج جزء الـ DNA مع الـ DNA من مصدر آخر (الـ DNA الخارجي).	يُستعان بها لإنشاء حمض نووي مُعاد التركيب لاستخدامه في دراسة الجينات الفردية والكائنات الحية المعدلة وراثيًا في علاج أمراض معينة.
استنساخ الجينات	ينتج أعدادًا كبيرة من الجزيئات المتطابقة من الحمض النووي مُعاد التركيب.	يُستخدم لإنشاء أعداد كبيرة من الأحماض النووية مُعادة التركيب لاستخدامها في الكائنات الحية المعدلة وراثيًا.
ترتيب تسلسل الحمض النووي (الـ DNA)	يحدد تسلسل الحمض النووي لجزيئات الحمض النووي مُعاد التركيب المستنسخة لدراستها بشكل أعمق.	يُستخدم لتحديد الأخطاء في تسلسل الـ DNA وتوقّع وظيفة جين معين ومقارنته بجينات لها تسلسلات متشابهة من كائنات حية مختلفة.
تفاعل البلمرة المتسلسل	يُنتج نُسخًا من مناطق معينة من الـ DNA المتسلسل	يُستخدم لنسخ الـ DNA لإجراء أي تحقيق علمي، بما في ذلك، تحليل الطب الشرعي والاختبار الطبي.

تستخدم هندسة الجينات أدوات قوية، مُلخصة في **الجدول 1**، لدراسة DNA والتحكم به. على الرغم من أنّ الباحثين يحققون في العديد من المشكلات المختلفة، إلا أن إجراءاتهم التجريبية تشمل في الغالب القطع بواسطة إنزيم القطع وفصل الأجزاء والدمج مع DNA خارجي والاستنساخ أو تفاعل البلمرة المتسلسل وتحديد ترتيب التسلسلات.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

عالِم الوراثة قد يبحث عالِم الوراثة في الجينات والوراثة وتنوعات الكائنات الحية مستخدمًا العديد من أدوات DNA. ويكون بعض علماء الوراثة أطباء مختصّين في تشخيص الحالات الجينية وعلاجها.

التقنيات الحيوية

تسمح التقنيات الحيوية، أي استخدام هندسة الجينات لإيجاد حلول للمشكلات، بإنتاج كائنات حية تحمل جينات فردية من كائن حي آخر. تذكَّر أنّ الكائنات الحية مثل يرقات البعوض، المُوضَّحة في **الشكل 3**، تحمل جينًا من كائن حي آخر. وتُسمى هذه الكائنات الحية، المعدلة وراثيًا بإدخال جين من كائن حي آخر. **الكائنات الحية المعدلة وراثيًا**. لا تُستخدم الحيوانات والنباتات والبكتيريا المُعدلة وراثيًا لأغراض البحث فحسب، بل أيضًا للأغراض الطبية والزراعية.

الحيوانات المعدلة وراثيًا يُنتج العلماء في يومنا هذا معظم الحيوانات المعدلة وراثيًا في المختبرات لأغراض البحث البيولوجي. وتستخدم الفئران وذبابات الفواكه ودودة الرباء الرشيقة، وتسمى أيضًا *C* إليجانس، على نطاق واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير وسائل معالجتها. فضلًا عن ذلك، أُنتجت بعض الكائنات الحية المُعدلة وراثيًا، مثل الماشية المُعدلة وراثيًا، لتحسين إمدادات الغذاء وصحة الإنسان. وقد خضع الماعز المُعدل وراثيًا للهندسة الجينية لإفراز مضاد الثرومبين الثالث، الذي يُستخدم لمنع تخثُّر الدم أثناء الجراحة. يعكف الباحثون على إنتاج دجاج وديوك رومية معدّلة وراثيًا تتميز بمقاومة الأمراض. كما خضعت عدة أنواع من الأسماك للتعديل وراثيًا لكي تنمو بشكل أسرع.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التدريس المتمايز

أعلى من المستوى سيسمح نشاط التواصل المجتمعي الوارد في هذه الصفحة للطلاب الموهوبين بإنشاء روابط مفيدة بين ما تعلّموه وتطبيقات من واقع الحياة. وسيستفيدون من استخدام مجموعة متنوعة من الموارد ويجب أن يتعلموا قيمة استخدام كل الموارد المتاحة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 458 1/17/2017 11:55:55 AM

الشكل 10 يقوم هذا الباحث بفحص أوراق نبات القطن.

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 والقطن والكانولا المقاومة لمبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية. يُنتج العلماء حاليًا قطنًا معدلًا وراثيًا، كما هو مُوضح في **الشكل 10**، قادرًا على مقاومة غزو الحشرات للوز القطن. كما يطوّر الباحثون نبات الفول السوداني وفول الصويا التي لا تسبب ردود فعل تحسّسية.

يتمّ زرع محاصيل أخرى لأغراض تجارية ويجري اختبارها ميدانيًا. وتشمل هذه المحاصيل نباتات البطاطا السكرية المقاومة لأحد أنواع الفيروسات الذي يمكنه أن يقضي على معظم المحصول الإفريقي ونباتات الأرز التي تحتوي على نسب مرتفعة من الحديد والفيتامينات والتي يمكنها أن تقلل من سوء التغذية في دول آسيا. ويستطيع هذا الفيروس أن يقضي أيضًا على مجموعة متنوعة من النباتات القادرة على العيش في ظروف مناخية قاسية. 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 المُعدلة وراثيًا يُصنع الأنسولين وهرمونات النمو والمواد التي تُذيب تخثرات الدم من البكتيريا المُعدلة وراثيًا. كما تُبطئ البكتيريا المُعدلة وراثيًا تكوّن بلورات الثلج على المحاصيل لحمايتها من التلف الناتج عن الصقيع، وتنظيف الانسكابات النفطية بفعالية أكبر وتحليل النفايات.

القسم 2 التقويم

ملخص القسم

- تُستخدم هندسة الجينات لإنتاج كائنات حية مفيدة للبشر.
- تُستخدم تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب لدراسة الجينات الفردية.
- يمكن فصل أجزاء الحمض النووي (DNA) باستخدام الزخلان الكَهْرَبي الهُلامي.
- يمكن إنتاج المستنسخات عن طريق تحويل البكتيريا باستخدام الحمض النووي مُعاد التركيب.
- يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل لإنتاج نُسخ من تسلسلات DNA الصغيرة.
- يجري حاليًا إنشاء كائنات حية مُعدلة وراثيًا لتحسين حياة الإنسان.

فهم الأفكار الأساسية

1. **الفكرة الأساسية** **التسلسل** اذكر كيفية إنتاج الحمض النووي مُعاد التركيب والتحكم به.
2. **اشرح** سبب احتواء بعض البلازميدات على جين مقاوم للمضاد الحيوي.
3. **صِف** كيف يمكن أن تحسّن هندسة الجينات صحة الإنسان.
4. **قابل بين** أحد الاختلافات الكبيرة بين التناسل الانتقائي وهندسة الجينات.

فكّر بشكل ناقد

5. **قيّم** تتضمن عدة أفلام وكتب شهيرة كائنات حية متحورة. هل من الممكن إنتاج كائنات حية مُعدلة وراثيًا؟ علّل إجابتك.

الكتابة في علم الأحياء

6. كيف تستطيع شركة تجارية تصنيع الحمض النووي وبيعه؟ ومن هم العملاء المحتملين؟ اكتب قائمة بالاستخدامات المحتملة للحمض النووي DNA الذي يصنّع في المختبر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم التكويني

تقييم

اسأل الطلاب: كيف يمكن استخدام جين موجود في جينوم الفأر لإنتاج حمض نووي مُعاد التركيب لاستخدامه في التجارب؟ افصل DNA من الفأر وقسّمه إلى أجزاء يمكن التحكّم فيها. واستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل لتضخيم الجين وربطه ببلازميد، ثم حوّل البكتيريا باستخدام الحمض النووي مُعاد التركيب لإنتاج ما يكفي من DNA لاستخدامه في التجارب. اطلب من الطلاب ربط جميع الخطوات التي ساهمت في إنشاء الحمض النووي مُعاد التركيب.

معالجة صمم أربعة نماذج ورقية بسيطة لجزيئات الـ DNA، منها نموذجان بنهايات مصمتة وآخران بنهايات لزجة. يجب أن ترتبط النهايتان اللزجتان مثل قطع ألعاب الألغاز. واستخدم النماذج للتأكيد على أنّ جزيئات الـ DNA ذات النهايات اللزجة والجزيئات ذات النهايات المصمتة ترتبط بشكل مختلف.

اسأل الطلاب: لماذا تتحد جزيئات *DNA* ذات النهايات اللزجة بشكل مختلف عن الجزيئات ذات النهايات المصمتة؟ لأن النهايات اللزجة تنشئ أنماطًا شبيهة بألعاب الألغاز يمكن دمجها فقط مع جزيء آخر بطرق محدودة العدد.

القسم 2 التقويم

1. يُقسم DNA الجينومي باستخدام إنزيمات القطع، وتُفصل جزيئات DNA المرغوبة. ويتمّ إدخال الجزء في بلازميد (متجه) باستخدام ليغاز DNA. ويتمّ إدخال البلازميد الذي يحمل الجزء المرغوب إلى خلية عائلة ليتمّ إنتاج نُسخ كثيرة.
2. تحتوي البلازميدات على جينات مقاومة للمضادات الحيوية لتحديد خلايا البكتيريا التي تحوّلت بنجاح باستخدام البلازميد.
3. عن طريق توفير الأدوية على نطاق أوسع أو تقليل الحاجة إلى استخدام المبيدات الحشرية
4. تعمل هندسة الجينات مباشرةً على إدخال DNA من كائن حي إلى آخر. في حين يؤثر التناسل الانتقائي في جينوم الكائن الحي من خلال التربية.
5. يجب أن تشير الإجابات إلى فيلم مُعيّن وتتمّ عن معرفة بالكائنات الحية المعدلة وراثيًا والوتيرة التي تتقدم بها التقنيات الحيوية.
6. قد تعمل شركة ما على تصنيع DNA يعوض جينًا معيبًا في جينوم الفرد وتبيعه للشركات والأشخاص الذين يستخدمون المنتجات الدوائية. كما يمكن أن يُستخدم DNA المصنّع في الزراعة أو المبيدات الحشرية أو الأدوية أو مستحضرات التجميل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 2 • تكنولوجيا DNA 459

Ch16.indb 459 1/17/2017 11:55:56 AM

القسم 3

الفكرة الأساسية

د م ض م ف م **الجينوم البشري**

اسأل الطلاب: ما تأثير معرفة تسلسل الجينوم البشري على صحة الإنسان؟ يمكن أن تشمل الإجابات القدرة على معالجة العديد من الأمراض، مثل السرطان، بمجرد تحديد الجينات المعيبة. ربَّما تقود معرفة الجينات المصابة بسرطان الثدي أو داء السكري إلى العلاج المبكر أو التوصُّل إلى علاج لتلك الأمراض. تجنَّب توجيه الأسئلة المباشرة حول الحالات الصحية الشخصيّة للطلّاب، احترامًا لخصوصيّتهم، بما في ذلك الأسئلة المرتبطة بالتأمين الصحي.

ق استراتيجية القراءة

د م ض م

الفهم الفعال كلِّف أحد الطلاب التطوُّع لقراءة الفقرة الأولى ضمن العنوان مشروع الجينوم البشري بصوت مرتفع.

اسأل الطلاب: ما المعلومات الإضافية التي قد تودّون معرفتها عن مشروع الجينوم البشري؟ اكتب الأسئلة التي يطرحها الطلاب على السبورة. واطلب منهم أن يتذكروا هذه الأسئلة جيدًا عند قراءة القسم. بعد أن يفرغ الطلاب من القراءة، راجع الأسئلة وحدد ما إذا كانت قد تمّت الإجابة عنها في النص.

م تدريب المهارات

ض م ف م **تدوين الملاحظات** كلِّف الطلاب تدوين ملاحظات عن الخصائص الأساسية للجينوم البشري والتفكير في عدد النيوكليوتيدات والاختلاف بين المناطق غير المشفرة والمشفرة. بعد ذلك، قم بإدارة مناقشة حول المناطق المشفرة وغير المشفرة وكلِّف الطلاب مشاركة أفكارهم.

د م أعطِ الطلاب الذين يواجهون مشكلات ملاحظات موجّهة.

عرض توضيحي

الحجم والمقياس أحضر دبوسًا وكتابًا إلى الصف لتوضيح حجم الجينوم البشري. اشرح أن حجم الجينوم البشري يعادل حجم الكتاب تقريبًا، لكن حجم الخلية أصغر من سن الدبوس. شجِّع الطلاب على أن يفكروا في طرق يمكن من خلالها تخزين كل المعلومات في مثل هذه المساحة الصغيرة. الوقت المقدَّر: 5 min

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما مكونات الجينوم البشري؟
- كيف يستخدم علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية؟
- كيف يمكن استخدام المعلومات المكتسبة من الجينوم البشري في علاج الأمراض البشرية؟

مفردات للمراجعة

الكودون codon: قواعد ثلاثية موجودة في DNA أو الحمض النووي الرايبوزي الناقل

مفردات جديدة

البصمة الوراثية DNA fingerprinting

المعلوماتية الحيوية bioinformatics

صفيف DNA الدقيق DNA microarray

تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية single nucleotide polymorphism

النمط الفرداني haplotype

علم الصيدلة الجيني pharmacogenomics

العلاج الجيني gene therapy

علم الجينوم genomics

البروتيوميات proteomics

الجينوم البشري

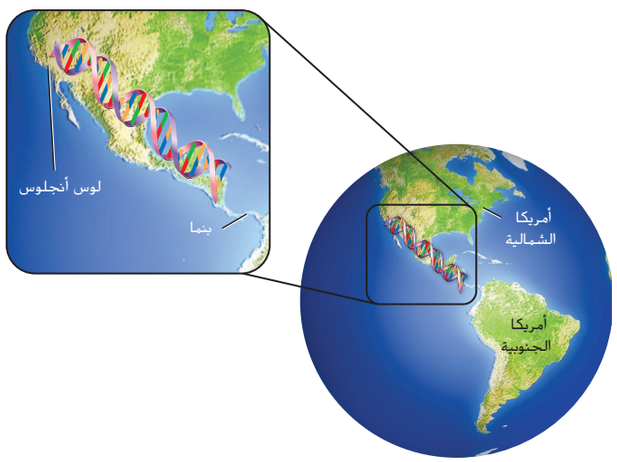
الفكرة الأساسية **تحتوي الجينومات على كل المعلومات اللازمة لنمو الكائن الحي وبقائه على قيد الحياة.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية عندما تعمل على تجميع قطع أحجية الصور المقطوعة، قد تجد كل القطع الحدودية أولًا ثم تكمل القطع الأخرى. لذلك يمكن مقارنة تسلسل الجينوم البشري بتجميع قطع أحجية الصور المقطوعة معًا. كان على العلماء تحديد تسلسل المجموعات الثنائية من القواعد على طول الكروموسوم البشري، تمامًا كما تحدّد أنت قطع أحجية الصور المقطوعة التي تتناسب بعضها مع بعض.

مشروع الجينوم البشري

إنّ مشروع الجينوم البشري HGP هو مشروع دولي أُنجز في العام 2003. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في خلية ما. وكان هدف هذا المشروع تحديد تسلسل 3 مليارات من النيوكليوتيدات التي تكوّن الـ DNA البشري وتحديد كل الجينات البشرية. فلو كانت كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري هي من الحجم المبيّن في هذه الصفحة وتمّ دمجها في خط واحد متواصل، لامتدّ هذا الخط من لوس أنجلوس في كاليفورنيا إلى بنما، كما هو موضح في **الشكل 11**.

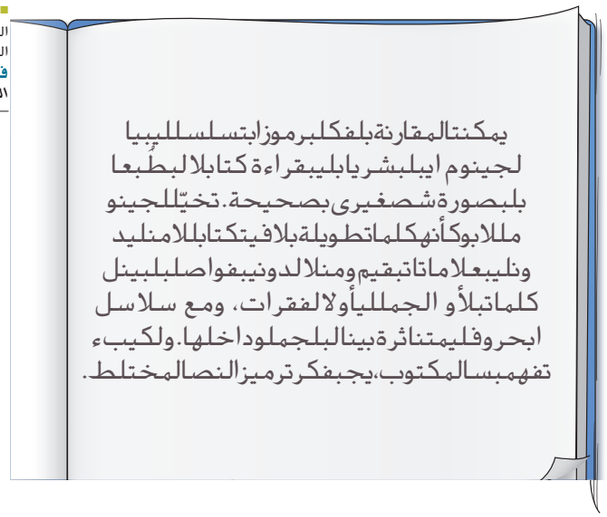
رغم انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أنّ تحليل البيانات التي قدمها سيستمرّ لعدة عقود. ولإكمال هذه المهمة الكبيرة، قام الباحثون بدراسة جينومات العديد من الكائنات الحية الأخرى، بما في ذلك ذبابة الفاكهة والفأر والإشريكية القولونية وهي البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان. إذ تساعد الدراسات المتمحورة حول الكائنات الحية غير البشرية في تطوير التكنولوجيا اللازمة للتعامل مع كميات كبيرة من البيانات التي قدمها مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التكنولوجيات في تفسير وظيفة الجينات البشرية المكتشفة حديثًا.



■ **الشكل 11** لو دُمج DNA الموجود في الجينوم البشري في خط واحد متواصل، لامتدّ من كاليفورنيا إلى بنما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 460 1/17/2017 11:55:57 AM



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

ترتيب تسلسل الجينوم يتألّف DNA البشري من 46 كروموسومًا. ولتحديد تسلسل واحد مستمرّ للجينوم البشري، قُطعت كل الكروموسومات البشرية البالغ عددها 46. واستُخدم لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة لإنتاج أجزاء ذات تسلسلات متشابكة. وجُمعت هذه الأجزاء بواسطة المتجهات لإنشاء حمض نووي (DNA) مُعاد التركيب واستُنسخت لصناعة نُسخ كثيرة منها ورُتبت تسلسليًا باستخدام أجهزة آلية لترتيب التسلسل. بالإضافة إلى ذلك، استُخدمت أجهزة الكمبيوتر في تحليل المناطق المتشابكة بهدف تكوين تسلسل واحد متواصل.

تُشبه عمليّة 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. ولتتمكّن 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 أن 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 المشفِّرة للبروتين التي تكون متطابقة تقريبًا بين الأفراد. فعندما تُقطّع إنزيمات القطع هذه المناطق، كما ذكر سابقًا في هذه الوحدة، تكون مجموعة أجزاء الـ DNA الناتجة عن هذه العمليّة فريدة من نوعها لدى كل فرد. وتتطلب **البصمة الوراثية** فصل أجزاء DNA باستخدام الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي لملاحظة أنماط الأشرطة الخاصّة بكّل 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
يكوّن تسلسل الألوان نمطًا 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.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطوير المفاهيم

د م ض م

توضيح مفهوم خاطئ

اسأل الطلاب: كيف تختلف أدوار كل من الـ *DNA* والـ *RNA*؟ قد يخلِط الطلاب بين أدوارهما. إن الـ DNA هو مخزن للمعلومات الجينية، لكن يجب نقل تلك المعلومات عبر ناقل (الحمض النووي الرايبوزي).

ك دعم الكتابة

ض م **كتابة إبداعية** كلِّف الطلاب كتابة جملة أو فقرة متداخلة يجب فك شفرتها لفهمها.

د م افصل فقرات من قصة قصيرة عن سياقاتها وكلِّف الطلاب إعادة ترتيب الفقرات.

التفكير الناقد

ض م ف م **استدلّ** يجب أن يعلم الطلاب أن البروتينات تتكوَّن من أحماض أمينية وأن البروتينات تُترجم باستخدام الـ RNA الناقل كقالب. ذكِّر الطلاب بتعريف الكودون.

اسأل الطلاب: كم عدد النيوكليوتيدات التي يتكوّن منها الكودون؟ 3 ماذا قد يحدث في حال تمّ تخطي نيوكليوتيد عند كتابة رموز الحمض النووري الرايبوزي الناقل (*mRNA*)؟ قد تختلف الكودونات، ممّا قد يؤدّي هذا إلى أحماض أمينية مختلفة وربما ينتج بروتين مختلف كذلك. ذكِّر الطلاب بأهمية دور الكودونات في فك رموز المعلومات الوراثية الموجودة في الـ DNA.

■ **سؤال حول الشكل 12** يجب أن يجد الطلاب النص التالي مضمنًا في الشكل: يمكن مقارنة فك رموز الجينوم البشري بقراءة كتاب مطبوع بطريقة غير صحيحة. تخيل الجينوم ككلمات في كتاب من دون أحرف كبيرة في بدايات الكلمات أو ترقيم أو مسافات بين الكلمات أو الجمل أو الفقرات ومع سلاسل حروف متناثرة بين الجمل وداخلها. من أجل فهم ما هو مكتوب، يجب فك شفرة النص المتداخل.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القسم 3 • الجينوم البشري 461

Ch16.indb 461 1/17/2017 11:55:57 AM

ك دعم الكتابة

ض م كتابة سردية

تواصل مع الطلاب: تخيّل أن حقيبة طعام تُركت على متن حافلة وكان عليك استخدام البصمة الوراثية للتعرف على صاحب الحقيبة. وكان على الحقيبة خصلة شعر أو ظفر إصبع أو رمش عين. كلِّف الطلاب كتابة فقرة سردية تصف العملية التي يُحدد من خلالها صاحب الحقيبة. يجب أن يتضمن السرد فصل الـ DNA عن المادة الموجودة على حقيبة الطعام والمأخوذة من المالك المحتمل لها ثم استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) لإنشاء عدة أجزاء من الـ DNA باستخدام إنزيمات القطع لتجزئة الـ DNA واستخدام الرحلان الكهربي الهلامي لملاحظة أنماط الشرائط المميزة. يجب أن يتطابق الـ DNA المستخلص من المالك مع المادة الموجودة على الحقيبة.

د م كلِّف الطلاب الذين يواجهون صعوبات إعداد قائمة بالطريقة التي قد يعتمدونها للمتابعة.

ف م كلِّف رسم عينة من المادة الهلامية مع إظهار أنماط الـ DNA المحتملة للدليل والمشتبه فيهم. ثم اطلب منهم أن يستبدلوا المواد الهلامية مع طلاب آخرين ويروا ما إذا كان بإمكانهم تحديد صاحب الحقيبة.

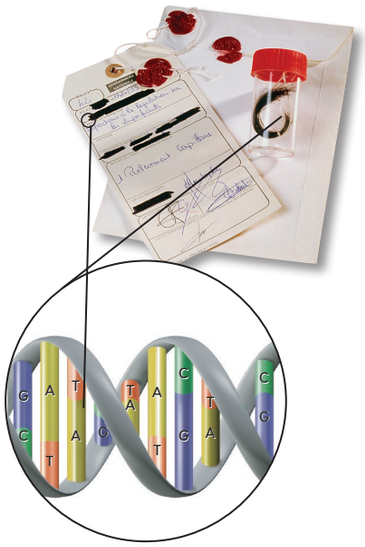
ق استراتيجية القراءة

ض م ف م قراءة إضافية

كلِّف الطلاب القراءة عن كيفية تحديد هوية المجرمين باستخدام البصمة الوراثية. اطلب منهم البحث عن مقال ذي صلة في المكتبة وتدوين ملاحظات لمناقشتها في الصف.

د م قدِّم للطلاب الذين يواجهون صعوبات موارد توصل هذه المفاهيم بمستوى قراءة أقل.

التأكد من فهم النص من خلال مقارنة الدليل البيولوجي بعيّنات مأخوذة من شخص متهم بارتكاب جريمة ما، يستطيع علماء الطب الشرعي التأكد من وجود شخص ما أثناء ارتكاب الجريمة. يمكن استخدام هذه المعلومات كدليل في المحكمة.



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

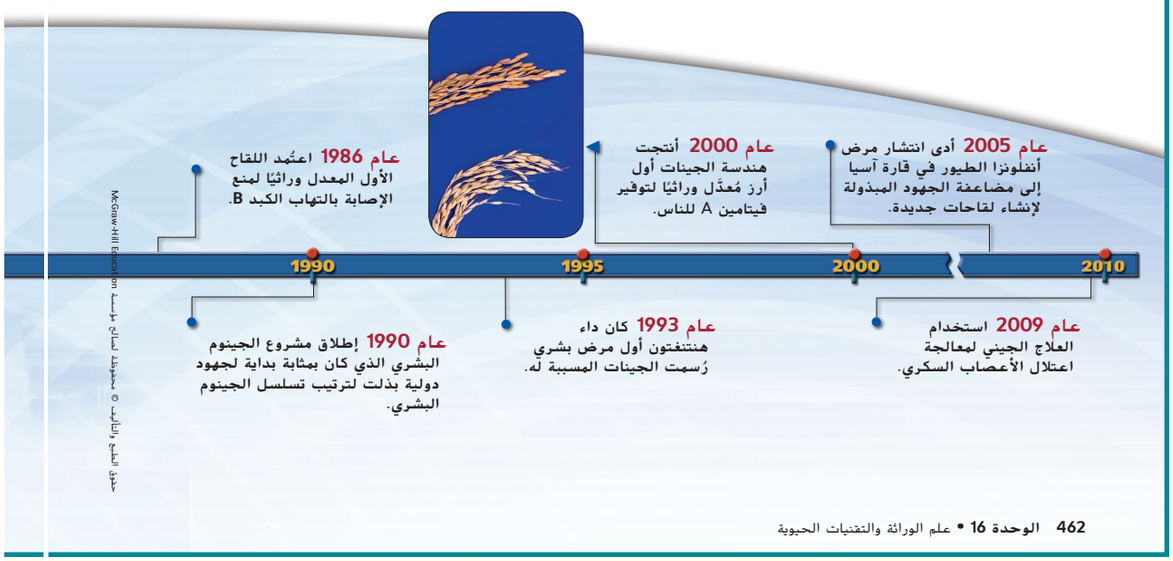
يعرض **الشكل 13** عينة مأخوذة من الشعر يمكن أن يستخدمها علماء الطب الشرعي لاكتشاف البصمة الوراثية. إذ يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل في نسخ هذه الكمية الصغيرة من DNA بهدف إنشاء عينة كبيرة تصلح للتحليل. ثم يُقطّع DNA المضخم باستخدام مجموعات مختلفة من إنزيمات القطع. وتُفصَل الأجزاء بواسطة الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي 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 عينتي 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 حُبسوا ظلمًا. ويقدم **الشكل 14** نظرة عن كثب حول تاريخ التكنولوجيا الجينية.

التأكد من فهم النص لخِّص طريقة استخدام علماء الطب الشرعي البصمة الوراثية.

تحديد الجينات

عندما يُرتّب الجينوم تسلسليًا، 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 معيّن، إلا أنها تُفحص لتحديد ما إذا كانت تنتج بروتينات فاعلة.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

خلفية عن المحتوى

التنوع الثقافي إنّ الـ DNA المُستخدم لترتيب تسلسل الجينوم البشري كان مصدره شخص مُصاب بطفرات جينية في عدة جينات. اشرح للطلاب مدى أهمية ترتيب تسلسل الـ DNA المأخوذ من عدة أشخاص لتحديد تسلسلات الجينات الطبيعية أو التسلسلات بريّة النمط.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تذكّر أن الكودون هو مجموعة مكونة من ثلاثة نيوكليوتيدات ترمز إلى حمض أميني. ويبحث العلماء عن كودون البدء AUG وكودون إيقاف مثل UAA أو UGA أو UAG. وقد استُخدِم تحليل قالب القراءة المفتوح لتحديد أكثر من 90% من الجينات الموجودة في الخميرة والبكتيريا بشكل صحيح. ومع ذلك، فإن تحديد الجينات الموجودة في الكائنات الحية الأكثر تعقيدًا مثل البشر يتطلب برامج كمبيوتر مطورة تسمى الخوارزميات. وتستخدم هذه الخوارزميات معلومات، مثل تسلسل جينومات كائنات حيّة أخرى، لتحديد الجينات البشرية.

المعلوماتية الأحيائية

نتج عن إكمال مشروع الجينوم البشري وتسلسل جينومات الكائنات الحية الأخرى كميات كبيرة من البيانات. لم يتطلّب هذا الحجم الهائل من البيانات تخزين المعلومات المتسلسلة وتنظيمها وفهرستها بدقة فحسب، بل كان سببًا في إنشاء مجال دراسة جديد كذلك. ويقتضي هذا المجال من الدراسة، الذي يسمى **المعلوماتية الحيوية**، إنشاء قواعد بيانية من المعلومات البيولوجية والحفاظ عليها، بينما يتطلب تحليل المعلومات المتسلسلة إيجاد الجينات الموجودة في تسلسلات DNA العديد من الكائنات الحية وابتكار طرق جديدة لتوقع بنية البروتينات المكتشفة حديثًا ووظيفتها. إلى جانب ذلك، يقوم العلماء بدراسة تطور الجينات عن طريق تجميع تسلسلات البروتينات في مجموعات من التسلسلات ذات الصلة ومقارنتها بالبروتينات المشابهة لها عند كائنات حيّة مختلفة.

صفيفات DNA الدقيقة

قد يكون من المفيد تحليل كل الجينات التي يعبر عنها كائن حي ما أو نوع خلية معين. ويمكن إجراء هذا التحليل باستخدام **صفيفات DNA الدقيقة**، وهي شرائح مجهرية صغيرة أو رقائق من السيليكون توضع مع أجزاء DNA. إضافةً إلى ذلك، يمكن أن تحتوي صفيفات DNA الدقيقة على بضعة جينات، مثل الجينات التي تنظم دورة الخلية أو جميع جينات الجينوم البشري. لذلك، يمكن تخزين كمية كبيرة من المعلومات في رقاقة أو شريحة واحدة صغيرة. إضافة إلى ذلك، تساعد صفيفات DNA الدقيقة الباحثين في تحديد ما إذا كان التعبير عن جينات معينة يحدث نتيجة لعوامل وراثية أم عوامل بيئية.

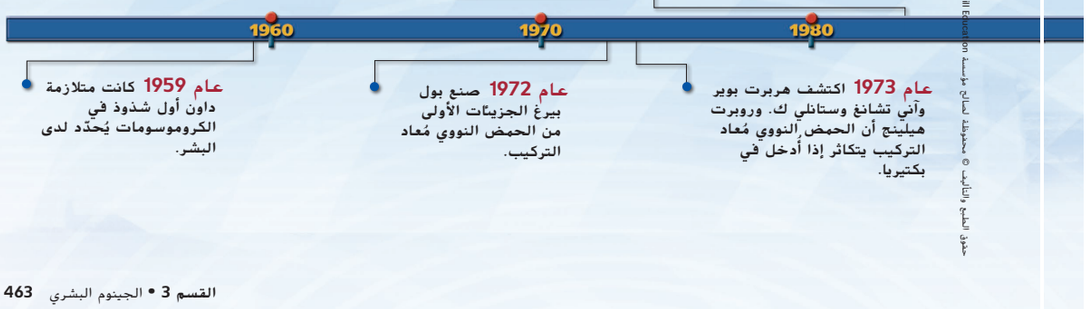
اقتراح لدراسة

الكراسة اليومية الخاصة بعلم الأحياء عندما تقرأ عن الجينوم البشري، اذكر عدة استخدامات مفيدة لهذه المعلومات.

■ الشكل 14

اكتشافات في علم الوراثة
ساهمت العديد من الدراسات حول علم الوراثة في إحراز تقدّم في مجال التقنيات الحيوية.

عام 1983، اكتشف كاري موليس تفاعل البلمرة المتسلسل، وحصل في العام 1993 على جائزة نوبل لهذا الاكتشاف.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تطوير المفاهيم

د م ض م ف م

دمج علوم الكمبيوتر عزِّز أهمية أجهزة الكمبيوتر في علم الحياة وفي تحليل جينومات البشر والكائنات الحية الأخرى. ناقش المجالات الوظيفية المُستحدثة مع بداية مشروع الجينوم البشري. شجِّع الطلاب على البحث عن هذه المجالات الوظيفية في المكتبة.

ق استراتيجية القراءة

ض م ف م **مناقشة جماعية** كلّف الطلاب قراءة النص الوارد تحت العنوان صفيفات DNA الدقيقة والبحث في كيفية إنشاء هذه الصفيفات الدقيقة. أنشِىء مجموعة من الطلاب سيلعبون دور علماء مستعدين ليشرحوا كيفية استخدام صفيفات DNA الدقيقة لتشخيص الإصابة بالسرطان والأمراض الأخرى.

د م كلّف الطلاب الذين يواجهون صعوبات الاستماع إلى المجموعة وطرح الأسئلة.

خلفية عن المحتوى

معلومات للمعلم اكتملت المسوَّدة التحضيرية لمشروع الجينوم البشري في العام 2000. رغم ذلك، يواصل الباحثون التعرف على المزيد من المعلومات عن الجينوم البشري. على سبيل المثال، أشارت التقديرات الأولية إلى أنّ عدد الجينات هو حوالي 100,000. بعد ذلك، قدّر العلماء العدد بحوالي 30,000 جين. في العام 2004، انخفض التقدير مرة أخرى إلى 25,000–20,000 جين.

لا يزال الحوار قائمًا حول عدد الجينات وكيفية تحديد العدد بدقّة. ستمرّ فترة قبل أن يتوصل المجتمع العلمي إلى إجماع حول العدد الفعلي للجينات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 463 1/17/2017 11:55:59 AM

اتبع الخطوات المطلوبة في إجراء تجربة صفيف الـ DNA الدقيق الموضحة في **الشكل 15**. يُفصَل الحمض النووي الرايبوزي الناقل من جماعتين أحيائيتين مختلفتين من الخلايا ويُحول إلى أشرطة الـ DNA المتمم (cDNA) باستخدام إنزيم يسمى النسخ العكسي. ويميَّز الـ DNA المتمم من كل جماعة أحيائية للخلية بصبغة فلورسنت محددة، مثل اللون الأحمر للخلايا السرطانية والأخضر للخلايا الطبيعية. وتُجمع كلتا مجموعتي الـ DNA المتمم على شريحة الصفيف الدقيق وتوضع في حضانة.

يعرض **الشكل 15** إشارات العودة الى الخط مرة أخرى الفليورسنت التي تنتج عند تحليل شريحة الصفيف 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 صفيف 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 صفيفات 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 بنسبة 1% على الأقلّ 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 صفيفات الـ DNA الدقيقة لتصنيف أنواع سرطان البروستات؟ يمكن مقارنة أنماط التعبير عن الجينات بين خلايا البروستات الطبيعية وخلايا سرطان البروستات باستخدام تكنولوجيا صفيف الـ DNA الدقيق.

البيانات والملاحظات

يعرض الرسم المقابل مجموعة فرعية من البيانات المكتسبة.

فكّر بشكل ناقد

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

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

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مساحة لتحليل البيانات 1

توضيحات عن الموضوع

- اشرح للطلاب سبب ارتفاع عدد أحد الجينات في الخلايا السرطانية مقارنةً بالخلايا الطبيعية. نظرًا إلى أن السرطانات عبارة عن كتل من الخلايا التي تنمو بشكل لا يمكن التحكم فيه، فربما يكون عدد الجينات المسؤولة عن تكاثر الخلايا أعلى في هذه الخلايا.
- إضافةً إلى ذلك، تنمو الخلايا بشكل أكبر عند وجود عوامل تحفيز النمو، هكذا يمكن أن يكون عدد الجينات التي تُفرز هرمون الإستروجين أكثر في الخلايا السرطانية.
- يوجد رابط بين فرط إنتاج الإستروجين والإصابة بسرطانات الثدي والمبايض وبطانة الرحم.
- راجع أيضًا مقالة Magee, et al. 2001. Expression profiling reveals hepsin overexpression in prostate cancer. Cancer Research 61: 5692-5696.

فكّر بشكل ناقد

1. من أصل 253 نقطة، هناك 48 نقطة باللون الأحمر (19 ٪) و 32 باللون الأصفر (13 ٪) و 173 باللون الأخضر (68 ٪).
2. تظهر بقع سوداء عندما لا يكون هناك تعبير عن جين معين سواء في الخلية الطبيعية أو السرطانية. على سبيل المثال، يمكن أن يكون هذا جين يُعبَّر عنه فقط خلال مرحلة تكوّن الجنين.
3. استنادًا إلى رقاقة صفيف دقيق، يمكن اختيار الجينات التي كان لها تعبير مرتفع في خلايا سرطان البروستات أو تعبير مرتفع في الخلايا الطبيعية. بعد ذلك، يمكن دراسة أحد هذه الجينات كسبب محتمل لسرطان البروستات.

مقتطف من بحث

تطبيقات من الحياة اليومية تشير البحوث التعليمية إلى أن الطلاب سيحفظون المزيد من المعلومات عندما تكون مرتبطة باهتماماتهم الشخصية. تتيح تجربة تحليل البيانات في هذه الصفحة المجال للطلاب ليتصوروا مشكلة صعبة من واقع الحياة ويربطوا ما يتعلمونه بمواقف من واقع الحياة.
(Steen and Forman، 1995)

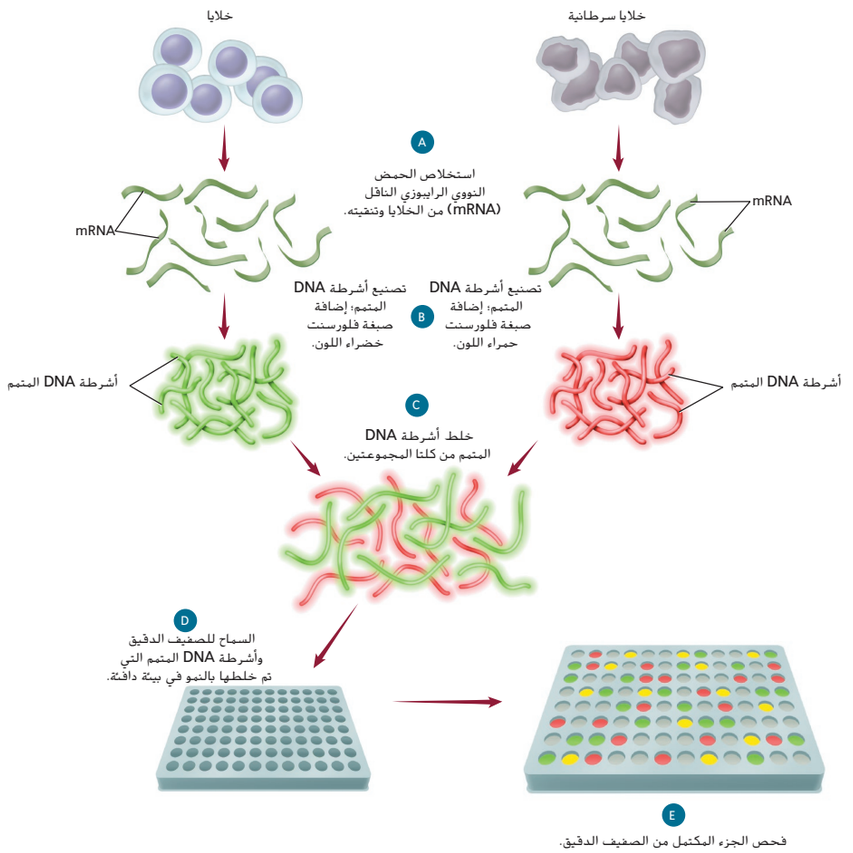
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 464 1/17/2017 11:56:00 AM

تصوّر تحليل الصفيف الدقيق

الشكل 15

في هذه التجربة، تمّ اكتشاف التعبير عن آلاف الجينات البشرية بواسطة تحليل صفيف DNA الدقيق. تمثّل كل بقعة موجودة على رقاقة الصفيف الدقيق جينًا. فتشير البقعة الحمراء إلى أن التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية مقارنةً بالخلايا الطبيعية. وتشير البقعة الخضراء إلى أن التعبير عنه يكون بصورة أكبر في الخلايا الطبيعية. بينما تشير البقعة الصفراء إلى عدم وجود اختلافات بين الخلايا السرطانية والخلايا الطبيعية في التعبير عن جين.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوّر تحليل الصفيف الدقيق

الغاية

سيتعلم الطلاب طرقًا جديدة مستخدمة في تحليل عدة جينات في وقت واحد.

م تدريب المهارات

ض م **خريطة المفاهيم** اطلب من الطلاب إنشاء خريطة مفاهيم تلخص التطبيقات والخطوات المتبعة في تحليل الصفيف الدقيق. ويجب أن تشمل خرائط المفاهيم الخطوات التالية:

1. استخلاص الحمض النووي الرايبوزي الناقل (mRNA) من الخلايا الطبيعية والسرطانية.
2. تصنيع الحمض النووي المتمّم (cDNA) من الخلايا الطبيعية والسرطانية وصبغ كل نوع بلون مميز.
3. خلط الحمض النووي المتمم من كلتا المجموعتين.
4. السماح للصفيف الدقيق والحمض النووي المتمّم بالنمو في بيئة دافئة.

د م ساعد الطلاب الذين يواجهون صعوبات من خلال تكليفهم رسم خرائط مصورة بدلًا من خرائط المفاهيم، إذ تستخدم الخريطة المصورة الرسومات والصور والرموز بدلًا من الكلمات.

تدريب المهارات

ض م **الثقافة المرئية** قد لا يفهم الطلاب أن كلًا من الخلايا وأجزاء الحمض النووي المتمّم والصفائح يُرسم بمقياس مختلف.

تواصل مع الطلاب: أدرج هذه العناصر في قائمة بالترتيب من الأصغر حجمًا إلى الأكبر حجمًا: صفيحة الصفيف الدقيق والخلية السرطانية وجزء الحمض النووي المتمّم. يكون جزء الحمض النووي المتمم أصغر حجمًا بكثير من الخلية السرطانية، التي تكون أصغر بكثير من صفيحة الصفيف الدقيق. اشرح للطلاب أن الرسم التوضيحي يعرض هذه المواد بحجم أكبر من حجمها الأصلي بحيث يمكنهم تصوُّر العملية.

التدريس المتمايز

أقل من المستوى عند إعداد تقويم لهذه الوحدة، عليك مراعاة التعديلات التي قد تكون ضرورية للطلاب ذوي الأداء الأقل من المستوى. قد يستفيد هؤلاء الطلاب إذا توفرت لهم بيئة هادئة يؤدون فيها الاختبار. فضلًا عن ذلك، قد يساعد تقسيم الاختبار إلى أقسام صغيرة الطلاب الذي يواجهون صعوبات في التعلم على التركيز بكفاءة أكبر.

> لا يدفع العالم المال نظير ما يعلمه الفرد، إنما يدفعه مقابل ما يحققه الفرد بعلمه.
>
> – لورنس لي

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

Ch16.indb 465 1/17/2017 11:56:00 AM

م تدريب المهارات

ض م الثقافة المرئية كلّف الطلاب النظر إلى الشكل 16.

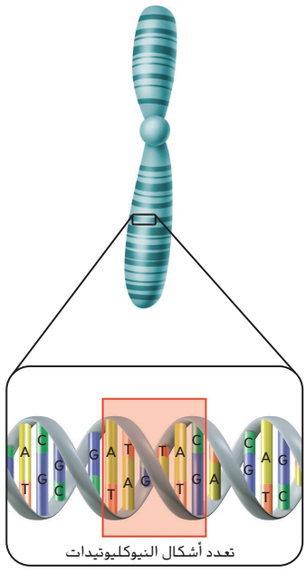
اسأل الطلاب: ما الكروموسومات؟ إنّها امتدادات الـ DNA تحتوي على آلاف الجينات **كيف ترتبط الأنماط الفردانية بالكروموسومات؟** إن الأنماط الفردانية هي مناطق التنوعات المرتبطة في الجينوم البشري. ذكّر الطلاب أنه رغم طول الجينوم البشري الذي يبلغ 3 مليارات نيوكليوتيد، فإنه مُقسَّم إلى 46 كروموسومًا. يحتوي بعض هذه الكروموسومات على جينات كثيرة متراصة واحدة خلف الأخرى وتحتوي كروموسومات أخرى على عدد قليل من الجينات ومساحات كبيرة من النيوكليوتيدات لا ترمز إلى البروتينات.

ق استراتيجية القراءة

عصف ذهني كلّف الطلاب قراءة المفردات الجديدة الواردة في هذه الصفحة. كلّف الطلاب العمل في مجموعات صغيرة، لإجراء عصف ذهني لاستنباط الأفكار التي تتبادر إلى أذهانهم عندما يرون ويسمعون كل مصطلح. اكتب الأفكار على السبورة وراجعها بعد قراءة الصفحة. كلّف الطلاب كتابة الأفكار في عمود وتعريفات كل مصطلح جديد في عمود آخر للمقارنة.

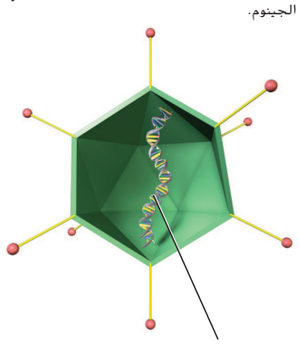
د م أعطِ الطلاب الذين يواجهون صعوبات قائمة بكلمات المفردات لتقييمها. الفظ كل كلمة للطلاب.

التأكد من فهم النص إن العلاج الجيني هو أسلوب تقني يحاول تصحيح الجينات التي تعرضت لطفرة. أمّا علم الصيدلة الجيني فهو دراسة كيفية تأثير الوراثة الجينية في الاستجابة للأدوية.



■ **الشكل 16** يتطلب مشروع هاب ماب تجميع تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية المتجاورة الموروثة معًا في أنماط فردانية.

■ **الشكل 17** يمكن تضمين الـ DNA في فيروس وتوصيله بأحد المرضى لاستبدال جين معيب. وبمجرد أن يدخل الفيروس إلى الخلايا، تُطلق المعلومات الجينية داخل النواة وتدخل في الجينوم.



مشروع هاب ماب تبتكر مجموعة دولية من العلماء دليلًا للتنوعات الجينية الشائعة التي تحدث لدى البشر. وتكون الجينات المرتبطة موروثة معًا، وبصورة مماثلة، تميل التنوعات الجينية التي تقع في مواقع متقاربة أيضًا إلى أن تكون موروثة معًا. لذلك يمكن تحديد موقع مناطق من التنوعات المرتبطة في الجينوم البشري، المعروفة باسم **الأنماط الفردانية**. ويُعرف المشروع الذي يبتكر هذا الدليل باسم خريطة الأنماط الفردانية أو مشروع هاب ماب. إلى جانب ذلك يتطلب تجميع مشروع هاب ماب تحديد مجموعات من تعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية في منطقة معينة من الـ DNA.

يعرض **الشكل 16** طريقة تقسيم الجينوم إلى أنماط فردانية. وعند اكتماله، سيصف مشروع هاب ماب ماهية هذه التنوعات وأين تحدث في الـ DNA لدينا وكيفية توزيعها بين الأشخاص داخل الجماعات الأحيائية وبين الجماعات الأحيائية في مختلف أنحاء العالم. وستساعد هذه المعلومات الباحثين في العثور على الجينات التي تسبب الأمراض وتؤثر في استجابة الفرد للأدوية.

علم الصيدلة الجيني يجمع تسلسل الجينوم البشري معرفة الجينات والبروتينات وتعددات أشكال النيوكليوتيدات الفردية مع مجالات أخرى من العلوم. فيطلق على دراسة كيفية تأثير الوراثة الجينية في استجابة الجسم للأدوية اسم **علم الصيدلة الجيني**. وتشمل فوائد علم الصيدلة الجيني تصميم جرعات أكثر دقة من الأدوية تكون أكثر سلامة وملاءمة للمرض. يأمل الباحثون أن يتيح علم الصيدلة الجيني صناعة أدوية مخصصة لاحتياجات الأفراد اعتمادًا على تكويناتهم الجينية، إذ يساهم وصف الأدوية وفقًا للتكوين الجيني للفرد في زيادة السلامة والتعجيل بالشفاء وتقليل الآثار الجانبية. ربما يأتي يوم يصف فيه الطبيب، بعد الاطلاع على الشفرة الجينية لمريضه، دواء مصمّمًا خصّيصًا له.

العلاج الجيني تُسمّى التقنية الذي يهدف إلى تصحيح الجينات المتحولة المسببة للأمراض البشرية **العلاج الجيني**، إذ يقوم العلماء بإدخال جين طبيعي في الكروموسوم ليحل محل جين لا يؤدي وظيفته. ففي معظم دراسات العلاج الجيني، ينتج من إدخال جين طبيعي في ناقل فيروسي، حمض نووي مُعاد التركيب كما هو مبيّن في **الشكل 17**. وتصاب الخلايا المستهدفة لدى المريض بالفيروس وتُطلق مادة الحمض النووي مُعاد التركيب في الخلايا المصابة. وبمجرد أن يترسّب الجين الطبيعي في الخلايا، يُدخِل نفسه في الجينوم ويبدأ القيام بوظيفته.

الربط بالصحة في العام 1990، أجريت أول تجربة للعلاج الجيني السريري في المعاهد الوطنية لشؤون الصحة على طفل يبلغ من العمر 4 سنوات مصاب بنقص المناعة المشترك الحاد (SCID). وراقبت إدارة الغذاء والدواء (FDA) التجارب الطبية الجديدة، بما في ذلك العلاج الجيني. على الرغم من العوائق التي اعترضت العلاج الجيني، تبقى الاحتمالات لا حدود لها عندما يتعلق الأمر بعلاجات جديدة. وتشمل تجارب العلاج الجيني الحديث التعامل مع مرض السكري والسرطان وأمراض الشبكية ومرض باركنسون وغيرها من الأمراض.

التأكد من فهم النص **قارن وقابل** بين علم الصيدلة الجيني والعلاج الجيني.

علم الجينوم والبروتيوميات

بدأ تسلسل الجينوم البشري ما أطلق عليه الباحثون اسم "الحقبة الجينومية". إن **علم الجينوم** هو دراسة جينوم الكائنات الحية. ولقد أصبح علم الجينوم من بين الاستراتيجيات الأكثر فاعلية والتي تُعنى بتحديد الجينات البشرية وشرح وظائفها. فضلًا عن ذلك، يتحقق العلماء من البروتينات التي تنشئها هذه الجينات بالإضافة إلى كميّة البيانات المكتسبة من تسلسل جينومات كائنات حية متنوعة.

خلفية عن المحتوى

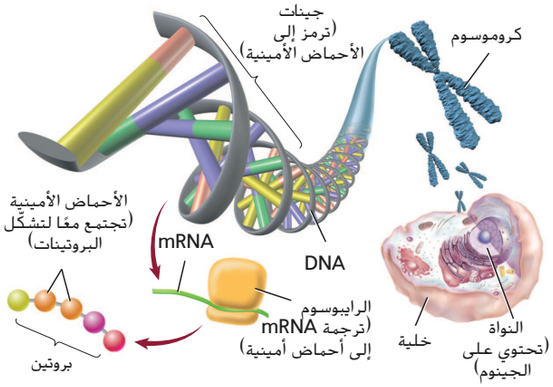
معلومات للمعلم لا يكون كل الـ DNA في الخلية موجودًا في الكروموسومات البشرية. فالأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا) لها DNA خاص بها. يرمز الحمض النووي للأجسام الفتيلية إلى الجينات التي تحتاج إليها الأجسام الفتيلية لأداء وظائفها. يتميز الحمض النووي للأجسام الفتيلية بأنه مستقر جدًا وتحدث له طفرة بوتيرة أقل بكثير من الحمض النووي للكروموسومات. لقد ساعد هذا الاستقرار العلماء في تحديد العلاقات الوراثية بين مجموعات البشر وفي وضع خريطة لمسارات هجرة أسلافنا القدماء.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

466 الوحدة 16 • علم الوراثة والتقنيات الحيوية

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

Ch16.indb 466 1/17/2017 11:56:01 AM



■ **الشكل 18** يعني المبدأ المركزي أن المعلومات الموجودة في الجينات تتدفق من الـ DNA إلى الحمض النووي الرايبوزي ومنه إلى البروتينات.

تُعدّ الجينات وحدات تخزين المعلومات الأساسية، فيما تعتبر البروتينات محرّكات الخليّة. تذكَّر أنه عندما يعبّر جين ما، ينتج بروتين، كما هو موضح في **الشكل 18**. لذلك، من المهم فهم كيفية قيام البروتينات بوظيفتها. على سبيل المثال، إذا كان الجينوم يمثل الكلمات الموجودة في قاموس، فإن البروتيوم، الذي يمثل كل البروتينات الموجودة في خلية، يقدم تعريف هذه الكلمات وكيفية استخدامها في جملة. من ناحية أخرى، يطلق على الدراسة بأنها واسعة النطاق ويتم إنشاء دليل لبنية البروتينات ووظيفتها في الجسم البشري باسم **البروتيوميات**. فهي تسمح للباحثين بالنظر في مئات الآلاف من البروتينات في وقت واحد. وسيعرّف هذا النوع من التحليل الشامل كلًا من الحالات الطبيعية والحالات المرضية بشكل أفضل. كما يتوقع العلماء أن البروتيوميات ستغير جذريًا طريقة ابتكار أدوية جديدة لمعالجة الأمراض مثل مرض السكري من النوع الثاني والسمنة وتصلب الشرايين.

القسم 3 التقويم

ملخص القسم

- رتب الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري جميع النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري تسلسليًا.
- يمكن استخدام البصمة الوراثية لتحديد هويّة الأشخاص.
- تتيح صفيفات DNA الدقيقة للباحثين دراسة جميع الجينات الموجودة في الجينوم في وقت واحد.
- يمكن استخدام العلاج الجيني في المستقبل لتصحيح الاضطرابات الجينية.
- إن علم الجينوم هو دراسة جينوم كائن حي والبروتيوميات هي دراسة البروتينات في الجسم البشري.

فهم الأفكار الأساسية

1. الفكرة الأساسية **اربط** الجينوم البشري بمخططات إنشاء منزل ما.
2. **حلّل** دور البصمة الوراثية في التحقيقات الجنائية.
3. **وضح** فائدة مشروع هاب ماب في تشخيص الأمراض التي تصيب البشر.
4. **اشرح** عملية العلاج الجيني. ما الهدف النهائي منها؟

فكّر بشكل ناقد

5. **ضَع فرضية** يتكون معظم الجينوم البشري من حمض نووي (DNA) غير مشفر. من أين نشأ كل هذا الحمض النووي الـ DNA غير المشفّر؟

الرياضيات في علم الأحياء

6. إذا كان 1.5% من الجينوم البشري يتكون من التسلسلات المشفرة للبروتين، ويوجد في الجينوم بأكمله 3.2×10^9 من النيوكليوتيدات، فكم عدد الكودونات الموجودة في الجينوم البشري؟ تذكَّر أن طول كودون ما يساوي طول ثلاثة نيوكليوتيدات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

ق استراتيجية القراءة

ض م ف م استراتيجية المعالجة

كلّف الطلاب اختيار جزء واحد أو أكثر من النص الوارد تحت عنوان علم الجينوم والبروتيوميات الذي واجهوا صعوبات في فهمه. قسّم الطلاب إلى مجموعات وفقًا لاختياراتهم. اطلب منهم كتابة ثلاثة أسئلة (مع إجاباتها الصحيحة) تتعلق بالجزء الذي اختاروه. شجّع الطلاب على مشاركة الأسئلة مع الصف، مع السماح للمجموعات الأخرى بالإجابة عن الأسئلة.

التقويم التكويني

تقييم كلّف الطلاب دراسة رسوم بيانات الصفيف الدقيق في هذا القسم.

اسأل الطلاب: لماذا يختلف لون البقع؟ ما الذي يمكن أن تمثله الألوان المختلفة؟ إذا كان التعبير عن جين ما متماثلًا في الخلايا الطبيعية والسرطانية، فستكون البقعة صفراء اللون. وإذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية، فستكون البقعة حمراء اللون. أما إذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا الطبيعية، فستكون البقعة خضراء اللون.

المعالجة قد يستفيد الطلاب الذين يواجهون صعوبات في تحليل الصفيف الدقيق، من رسم مخططات انسيابية تبيّن ما يحدث في التحليل. قد تتفاوت المخططات التي رسمها الطلاب قليلًا، ولكن يجب أن تبيّن كل المخططات الخطوات بالترتيب ونتائج التحليل المتطابقة: إذا كان التعبير الجيني متماثلًا في الخلايا الطبيعية والخلايا السرطانية، فستكون البقعة صفراء اللون. وإذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا السرطانية، فستكون البقعة حمراء اللون. أما إذا كان التعبير عن جين ما أعلى في الخلايا الطبيعية، فستكون البقعة خضراء اللون.

القسم 3 التقويم

1. على غرار المخطط، يحتوي الجينوم البشري على كل المعلومات المطلوبة لإنشاء كائن حي.
2. ساهمت البصمة الوراثية في تحديد هوية المجرمين والضحايا، بشكل أدق، ذلك لأن لكل شخص نمط فريد من أجزاء الـ DNA التي تتكوّن عند تجزئة الـ DNA الذي لا يتحول إلى بروتين.
3. يمكن أن يحسّن مشروع الهاب ماب قدرة الطبيب على تشخيص الأمراض لأن مناطق الجينوم التي تحتوي على طفرات عديدة سترتبط بحالات مرضيّة مختلفة. بالتالي، يمكن للطبيب تحديد تسلسل مناطق معيّنة من DNA المريض وتحديد ما إذا كان المريض عرضة للإصابة بمرض معيّن.
4. تُستخدم المتجهات لنقل الـ DNA الفعال إلى المرضى؛ والهدف من ذلك هو التوصل إلى علاجات جديدة محتملة للأمراض.
5. يحتوي الجينوم البشري على عدة أحماض نووية DNA غير محولة إلى بروتينات لأن البشر، مع مرور الوقت، دمجوا أحماضًا نووية من كائنات حية أخرى مثل الفيروسات.
6. 1.6×10^7 الكودونات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 467 1/17/2017 11:56:02 AM

في الحقل نفسه

الغاية

سيستكشف الطلاب كيف يمكن لاكتشاف علمي يتعلق بكائن حي أن يساعد العلماء في الاستقصاء عن كائنات حية أخرى.

توجيه استباقي

اسأل الطلاب: هل رأيت خنفسًا مضيئًا من قبل؟ ما شكل الطاقة الذي تستخدمه الخنافس المضيئة لإنتاج الضوء؟ طاقة كيميائية في شكل ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP) أخبر الطلاب أنهم سيتعلمون المزيد عن كيفية استخدام الإضاءة الطبيعية في التحقيقات العلمية عندما يقرأون عن هذه الخاصية.

الخلفية

التلألؤ البيولوجي خاصية موجودة في كلٍّ من الكائنات الحية البرية والبحرية. يساعد إنزيم لوسيفيراز في أكسدة بروتين المادة المتفاعلة مع الأنزيم لوسيفيرين في العديد من الكائنات الحية التي تتميز بخاصية التلألؤ البيولوجي، مثل الخنافس المضيئة. ويتوهج إنزيم لوسيفيرين عندما يتأكسد. تعيش بعض الكائنات الحية، مثل سمك المصباح المضيء في علاقة تكافليّة مع البكتيريا المتلألئة بيولوجيًا، وتعيش البكتيريا في تجاويف قربية من عيون الأسماك. تعيش الأسماك في البيئات التي لا يصلها إلّا كمية ضئيلة من ضوء شمس، وبالتالي يسمح الضوء المنبعث من البكتيريا للأسماك بالرؤية.

في الحقل نفسه

مهنة: باحث في الطب الأحيائي

إضاءة على البحث الطبي

هل سبق وشاهدت اليراعات وهي تضيء في ليلة صيفية؟ إن تفاعلًا كيميائيًا داخل خلايا اليراعة يولّد ضوءًا عبر عملية تُسمّى **التلألؤ البيولوجي**. ويتميز العديد من الكائنات الحية البحرية، مثل قنديل البحر الظاهر في الشكل، بالتلألؤ البيولوجي. فلقد برزت أنواع من قنديل البحر تُسمى قنديل البحر البلوري كمحور اهتمام للباحثين في مجال الطب الأحيائي، إذ إن هذا النوع من قنديل البحر يُنتج بروتينات فلورية خضراء (GFP) تجعل أجزاءً من جسمه تشع بضوء أخضر زمردي.

لوحظت البروتينات الفلورية الخضراء لأول مرة في قناديل البحر المتلألئة حيويًا.

وظائف الضوء المشع في الخلية يبلغ قطر قنديل البحر الفلوري الشديد الصّفر والمتواجد على شواطىء الساحل الغربي لأمريكا الشمالية من 5 cm إلى 10 cm. وتحتوي خلاياه على الأيكورين وهو بروتين أحيائي متلألىء يصدر ضوءًا لونه أزرق داكن. تمتصّ البروتينات الفلورية الخضراء هذا الضوء وتحوله إلى لون أخضر زمردي ساطع. في بداية تسعينيات القرن العشرين، استخرج العلماء جين البروتينات الفلورية الخضراء من قنديل البحر الفلوري واستنسخوه. حاليًا، يستطيع الباحثون في المجال الطبي الحيوي دمج البروتينات الفلورية الخضراء مع بروتينات أخرى داخل خلايا الكائنات الحية. وعند إنارتها بضوء ذي تردد معين، تضيء هذه البروتينات مما يجعل ملاحظة سلوكها أثناء عمليات الخلية أمرًا ممكنًا.

عملية التأشير البيولوجي خلال العمل تتيح البروتينات الفلورية الخضراء للعلماء تحديد مكان وجود البروتينات أثناء المراحل المختلفة من حياة الخلية وملاحظة كيفية تفاعل البروتينات لتسبب مرضًا. كما يستطيع العلماء لصق البروتينات الفلورية الخضراء بأحد الفيروسات وملاحظة سرعة تفشي الفيروس في المُضيف.

من خلال حقن خلايا ورم ما المؤشّرة بالبروتينات الفلورية الخضراء، يستطيع العلماء تحليل كيفية نمو هذه الخلايا وانتشارها وتدميرها للخلايا السليمة مع مرور الوقت. إلى جانب ذلك، يمكن استخدام التصوير الضوئي الحيوي لتقييم فاعلية العلاجات المتنوعة في هذه الأنواع من الأورام. وأخيرًا يأمل العلماء في أن يدمجوا البروتينات الفلورية الخضراء مباشرة مع خلايا الورم البشري ثم يستخدموا عملية التلألؤ البيولوجي لتحديد الكتلة كجماعة أحيائية منفصلة للخلية داخل الجسم. بالتالي، ستُلاحَظ الخلايا السرطانية المشعة لمعالجتها نظرًا لسهولة تمييزها عن الخلايا والأنسجة السليمة.

الكتابة في علم الأحياء

البحث وتبادل المعلومات تستخدم البروتينات الفلورية الخضراء للتحقق من فاعلية العلاج الجيني واللقاحات وعلاجات مرض السرطان. ابحث عن كيفية استخدام البروتينات الفلورية الخضراء في الدراسات حول مرض السرطان وشارك النتائج التي توصلت إليها مع زملائك في الصف.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الكتابة في علم الأحياء

مناقشة للمتابعة

كلّف الطلاب بمشاركة النتائج التي توصلوا إليها مع زملائهم في الصف وإجراء نشاط عصف ذهني حول الاستخدامات الإضافية للبروتين الفلوري الأخضر (GFP). قم بإعداد قائمة بالاستخدامات الجديدة المحتملة للبروتين الفلوري الأخضر (GFP) واكتبها على السبورة. واطلب من الطلاب اختيار أحد هذه الاستخدامات الجديدة للبروتين الفلوري الأخضر (GFP) وانظر في جدوى هذا المشروع. اطلب منهم أيضًا إبلاغ الطلاب الآخرين بالنتائج التي توصلوا إليها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 468 1/17/2017 11:56:03 AM

تجربة في الأحياء

الطب الشرعي: كيف يمكن استخدام هندسة الجينات لحل لغز جريمة ما؟

الخلفية: **على الرغم من تشابه جميع البشر جينيًا، إلا أنه توجد تنوعات في أجزاء معينة من DNA. وعندما تُقطع هذه الأجزاء بواسطة إنزيمات قطع، يمكن استخدام مجموعة متنوعة من أحجامها لتحديد مصدر عينة ما من DNA. وفي هذه التجربة، سيُحلَّل DNA المأخوذ من المشتبه بهم.**

السؤال: اعتمادًا على عينات *DNA*، هل كان أي من المشتبه بهم في مسرح الجريمة؟

المواد

عينات متنوعة من الـ DNA
حجيرة الفصل الكهربائي
مصدر طاقة
مقص مكروي وأغطية طرفية
ألواح جيل أغاروز مجهزة
إنزيم القطع
أنابيب طرد مركزي دقيقة وحامل
صبغة تحميل العينة
صبغة غير سامة
حاويات الصبغ وإزالة الصبغ
أجزاء حمض نووي (DNA) معروفة الحجم
مسطرة
ثلج في حاوية من البلاستيك
جهاز حمام مائي درجة حرارته 37°C

الاحتياطات المتعلقة بالسلامة

الإجراءات

1. حدد مخاوف السلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل.
2. اقرأ كامل الإجراءات.
3. ضع تسميات على عينات الـ DNA الخاصة بك.
4. صمم وأنشئ جدول بيانات تستطيع استخدامه لتسجيل ملاحظاتك عند إجراء الرَحَلان الكَهُرَبِي الهُلامي لعيناتك.
5. سيوجهك معلمك إلى طريقة تحضير عيناتك وإعداد جهاز الرَحَلان الكَهُرَبِي الهُلامي وتحميل عيناتك وإجراء الفصل الكهربائي.
6. استخدم الصبغة الهلامية لاكتشاف موقع أجزاء الـ DNA في المادة الهلامية لكل من عيناتك.
7. استخدم مسطرة لقياس المسافة (بوحدة mm) لكل شريط حمض نووي بُرحّل من الأوعية. سجّل هذه المعلومات في جدولك.
8. **التنظيف والتخلص من النفايات** اغسل كل المواد القابلة لإعادة الاستخدام وأعدها إلى مكانها. وتخلص من المواد الهلامية والمواد الكاشفة الأخرى في حاويات مناسبة تحمل لاصقات، ثم اغسل يديك جيدًا.

التحليل والاستنتاج

1. **تفسير البيانات** من خلال الاعتماد على ملاحظاتك، توقّع من المشتبه به الذي أدانته أدلة الـ DNA.
2. **التفكير الناقد** رغم أن كمية الـ DNA اللازمة لعملية الفصل الكهربائي ليست كبيرة، إلا أنّ الكمية التي يمكن استخراجها من عدد قليل من الشعرات قد لا تكون كافية. كيف يحل علماء الطب الشرعي هذه المشكلة؟
3. **تحليل التباينات** تتمتع البصمات الوراثية بمستوى عالٍ من الدقة إذا تمّت إدارة العمل عليها بشكل صحيح. فما بعض مصادر الخطأ الذي قد يؤدي إلى نتائج غير دقيقة؟
4. **التخطيط المسبق** اقترح طرقًا تستطيع من خلالها تحسين الإجراءات، وطرائق لتجنب مصادر الخطأ المذكورة في إجابة السؤال 3. اختبر خطتك.

الكتابة في علم الأحياء

خطط لإجراءات. ابحث عن مقال صحفي يصف استخدام البصمة الوراثية في التحقيقات كتحقيق جنائي أو تحديد خلية بكتيريا تتسبب في انتشار مرض ما. واكتب تجربة افتراضية تشرح الأساليب والخطوات التي يمكن إتخاذها في الحالة التي وصفها التقرير.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تجربة في الأحياء

الوقت المقدَّر 40 min

خلفية عن المحتوى على الرغم من التقديرات بكون كل الأحماض النووية البشرية متشابهة بنسبة 99.9%. إلا أنّ ثمة تنوعات فردية تحدث. وفي حال حدوث هذه التنوعات في الإنترونات، لا يكون لها تأثير ظاهري في العادة، لكن يمكن استخدامها للتمييز بين الأفراد.

احتياطات السلامة ناقش مخاوف السلامة لهذه التجربة قبل بدء العمل. نظرًا إلى أن الطلاب سيستخدمون الكهرباء، احرص على أن يفهموا طريقة تشغيل جهاز الرَحَلان الكَهُرَبِي بأمان. واتبع أي احتياطات أخرى للسلامة مُوصى بها في دليل استخدام مجموعة الأدوات التي اشتريتها.

استراتيجية التدريس وضِّح للطلاب أن هذه التجربة تمثل فقط نموذجًا لكيفية استخلاص الطب الشرعي للبصمة الوراثية. في واقع الحياة، يتعين استخدام أساليب أكثر إتقانًا عند التعامل مع DNA البشري نظرًا إلى تعقيده.

عرض إيضاحي بديل

يمكن إعطاء الطلاب صورًا للمواد الهلامية لاستكمال الجزء التحليلي في التجربة بدلًا من استخدام المواد الهلامية الخاصة بهم.

التحليل والاستنتاج

1. ستتنوع إجابات الطلاب، لكن يجب أن تكون مدعومة بالأدلة.
2. يمكن استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) لتضخيم العينة وإنشاء ملايين النُسخ من الحمض النووي DNA موضوع البحث.
3. يمكن أن تتعرض العينات للتلوث من حمض نووي DNA من مصادر أخرى. وربما كانت درجة الحرارة المخصصة لاحتضان إنزيمات القطع مع عينات DNA غير صحيحة. في حال عدم إجراء الرَحَلان الكَهُرَبِي لمدة كافية، لن تنفصل أشرطة DNA بشكل صحيح. أما في حال إجراء الرَحَلان الكَهُرَبِي لمدة طويلة، فستتحرك أشرطة الـ DNA إلى قاع المادة الهلامية.
4. ستتنوّع الإجابات. ويجب على الطلاب تضمين خطط لتحسين طريقة جمع الـ DNA أو التعامل مع العينات أو تشغيلها.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 469 1/17/2017 11:56:04 AM

الوحدة 16 دليل الدراسة

الموضوع المحوري **استقصاء علمي** أدى اكتشاف وتطوير أسلوب تفاعل البلمرة المتسلسل إلى العديد من التطبيقات والاستخدامات في نطاق المجتمع العلمي وخارجه.

الفكرة الرئيسة **تُحسِّن التكنولوجيا الوراثية صحة الانسان ونوعية الحياة.**

القسم 1 علم الوراثة التطبيقي

التناسل الانتقائي selective breeding
التكاثر الداخلي inbreeding
التزاوج الاختباري test cross

الفكرة الأساسية **يُستخدم التناسل الانتقائي لإنتاج كائنات حية تحمل صفات وراثية مرغوبة.**

- يُستخدم التناسل الانتقائي لإنتاج كائنات حية لها صفات وراثية تعتبر مرغوبة.
- ينتج عن التهجين كائنات حية تحمل صفات وراثية مرغوبة من كائنات حية أصلية تحمل صفات وراثية مختلفة.
- ينتج التكاثر الداخلي سلالات نقية.
- يمكن استخدام التزاوج الاختباري لتحديد الطراز الجيني للكائن الحي.

القسم 2 تكنولوجيا الـ DNA

هندسة الجينات genetic engineering
الجينوم genome
إنزيم القطع restriction enzyme
الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي gel electrophoresis
الحمض النووي مُعاد التركيب recombinant DNA
البلازميد plasmid
ليغاز الحمض النووي DNA ligase
التحوّل transformation
الاستنساخ cloning
تفاعل البلمرة المتسلسل polymerase chain reaction
الكائن الحي المعدل وراثيًا transgenic organism

الفكرة الأساسية **يستخدم الباحثون هندسة الجينات للتحكم في DNA.**

- تُستخدم هندسة الجينات لإنتاج كائنات حية مفيدة للبشر.
- تُستخدم تكنولوجيا الحمض النووي مُعاد التركيب لدراسة الجينات الفردية.
- يمكن فصل جزيئات الـ DNA باستخدام أسلوب الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي.
- يمكن إنتاج كائنات مستنسخة عن طريق تحويل البكتيريا باستخدام حمض نووي مُعاد التركيب.
- يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل لإنتاج نُسخ من تسلسلات الـ DNA الصغيرة.
- تُنشأ الكائنات الحية المعدلة وراثيًا لزيادة جودة الحياة البشرية.

القسم 3 الجينوم البشري

البصمة الوراثية DNA fingerprinting
المعلوماتية الأحيائية bioinformatics
صفيف DNA الدقيق DNA microarray
تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية single nucleotide polymorphism
النمط الفرداني haplotype
علم الصيدلة الجيني pharmacogenomics
العلاج الجيني gene therapy
علم الجينوم genomics
البروتيوميات proteomics

الفكرة الأساسية **تحتوي الجينومات على كل المعلومات اللازمة لنمو الكائن الحي وبقائه على قيد الحياة.**

- قام الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري بترتيب تسلسل كل النيوكليوتيدات الموجودة في الجينوم البشري.
- يمكن استخدام البصمة الوراثية لتحديد هوية الأفراد.
- تتيح صفيفات الـ DNA الدقيقة للباحثين دراسة جميع الجينات الموجودة في الجينوم في وقت واحد.
- يمكن استخدام العلاج الجيني في المستقبل لتصحيح الاضطرابات الوراثية.
- علم الجينوم هو دراسة جينوم الكائن الحي وعلم البروتيوميات هو دراسة البروتينات في جسم الإنسان.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

470 الوحدة 16 • دليل الدراسة

Ch16.indb 470 1/17/2017 11:56:05 AM

القسم 1

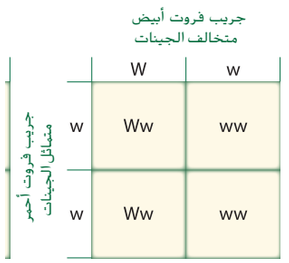
مراجعة المفردات

املأ الفراغات باستخدام المصطلح الصحيح الموجود في صفحة "دليل الدراسة".

1. تُستخدم _____ لتحديد الطراز الجيني لنبات أو حيوان ما.
2. يكون النسل الناتج عن _____ متماثل الجينات لمعظم الصفات الوراثية.

فهم الأفكار الأساسية

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤالين *3* و *4*.



3. ما نسبة الطرز الجينية لأفراد النسل في التزاوج الموضح أعلاه؟
   - A. 1:2:1
   - B. 1:1
   - C. تكون جميعها متنحية متماثلة الجينات.
   - D. تكون جميعها متخالفة الجينات.
4. يمكن استخدام عملية التزاوج الموضحة أعلاه لتحديد الطراز الجيني للكائن الحي الأصل الذي له طراز ظاهري سائد. ماذا يسمى هذا النوع من التزاوج؟
   - A. تزاوجًا متماثل الجينات
   - B. تزاوجًا متخالف الجينات
   - C. تزاوجًا اختباريًا
   - D. تزاوجًا أبويًا

الإجابة المبنية

5. **الموضوع المحوري استقصاء علمي** توقّع الطراز الظاهري للنباتات الآباء من نباتات طماطم هجينة تنمو سريعًا وتقاوم المبيدات. اشرح.
6. **إجابة قصيرة** كيف تؤثر الصفات الوراثية متعددة الجينات في التناسل الانتقائي؟
7. **الفكرة الأساسية** ناقش مزايا وعيوب التناسل الانتقائي.

فكّر بشكل ناقد

8. **اشرح** لماذا لا توجد حيوانات نقية النسل في البراري.
9. **حدد** افترض أن أكثر من جين واحد يتحكم في الطراز الظاهري. هل يمكن استخدام التزاوج الاختباري لتحديد الطراز الجيني؟ لِمَ ولِمَ لا؟

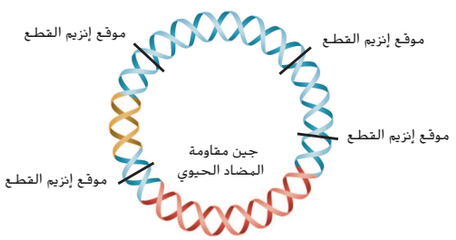
القسم 2

مراجعة المفردات

املأ الفراغات باستخدام المصطلح الصحيح من المفردات الواردة في صفحة "دليل الدراسة".

10. تُنتَج الحيوانات المعدلة وراثيًا بواسطة _____
11. يستخدم علماء الأحياء _____ لربط اثنتين من جزيئات DNA معًا.
12. خلال _____، تمتصّ الخلية الـ DNA من خارج الخلية.
13. تُعرف جزيئات الـ DNA الدائرية الصغيرة التي توجد في الخلايا البكتيرية باسم _____.

فهم الأفكار الأساسية



استخدم الرسم التوضيحي الوارد أدناه للإجابة عن السؤال *14*.

14. ما دور الجزيء الوارد أعلاه في استنساخ الـ DNA؟
   - A. نقل الـ DNA الدخيل إلى داخل الخلية المضيفة
   - B. تحديد مصدر الـ DNA على أنه دخيل
   - C. تحديد الخلية المضيفة التي استقبلت الجين المعنيّ
   - D. جعل الـ DNA الدخيل قابلًا للهضم عن طريق الإنزيمات

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

التقويم

القسم 1

مراجعة المفردات

1. التزاوج الاختباري
2. التكاثر الداخلي

فهم الأفكار الأساسية

3. B
4. C

الإجابات المبنية

5. إن الهجين هو كائن حي يُربى بحيث تظهر عليه الخصائص المفضلة من أبوين يمتلك كل منهما واحدة من الخصائص المفضّلة. ولذلك، كان أحد الأبوين سريعًا في نموه وكان الآخر مقاومًا للمبيدات الحشرية.
6. إن الصفات متعددة الجينات هي التي تتأثر بمجموعات ثنائية متعددة من الأليلات. ففي التناسل الانتقائي تُربى كائنات حيّة تحمل صفات وراثية مرغوبة لنقل تلك الصفات. وإذا تأثرت الصفات الوراثية بجينات متعددة، فإن معرفة مدى تفاعل المجموعات المختلفة من الجينات أمر له أهميته للحصول على الصفات الوراثية المرغوبة من عمليات التزاوج التي تجريها.
7. من مزايا التناسل الانتقائي إنتاج نباتات وحيوانات يمكن أن تنمو بشكل أسرع وتنتج مزيدًا من النسل (أو الثمرة) وتقاوم هجمات البكتيريا. ومن عيوبها أنها تستهلك الكثير من الوقت وهي باهظة التكلفة ويتطلب الأمر أجيالًا عدّة لإنتاج نسل يحمل الصفات الوراثية المرغوبة.

فكّر بشكل ناقد

8. لا يوجد حيوانات ذات نسل نقي في الحياة البرية لأن التزاوج يحدث عادةً بين الكائنات الحية بعيدة الصلة عن بعضها.
9. يمكن استخدام التزاوج الاختباري في حال معرفة كل الجينات التي تساهم في صفة وراثية محددة. ويجب أن يكون الكائن الحي المستخدم في التزاوج متنحيًا متماثل الجينات لكل الجينات التي تتحكم بالصفة الوراثية المحددة.

القسم 2

مراجعة المفردات

10. هندسة الجينات
11. الليغاز
12. التحويل
13. البلازميدات

فهم الأفكار الأساسية

14. A

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 471 1/17/2017 11:56:06 AM

15. بناءً على التسلسلات الواردة أدناه، أي إنزيم يُنتِج طرفًا متصلًا؟ يشار إلى موقع القطع بعلامة *.

A. *EagI* C*GGCC G / G CCGG*C

B. *EcoRV* GAT*ATC / CTA*TAG

C. *NsiI* A TGCA*T / T*ACGT A

D. *TaqI* T*CG A / A GC*T

16. لماذا يُستخدم تفاعل البلمرة المتسلسل؟

A. لتضخيم الـ DNA
B. لقطع الـ DNA
C. لربط الـ DNA
D. لفصل الـ DNA

الإجابة المبنية

17. الفكرة الأساسية توقّع التأثير الذي ستحدثه هندسة الجينات في تطور نوع ما.

18. **إجابة مختصرة** افترض أنك قمت بتحويل البكتيريا باستخدام بلازميد حمض نووي (DNA) مُعاد التركيب ونمت الخلايا المتحولة من دون مضاد حيوي عن طريق الخطأ. ما النتيجة التي ستلاحظها؟ لماذا؟

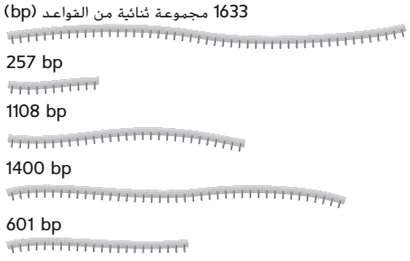
19. **تفسير الشكل** راجع **الشكل 9** في إعداد مخطط انسيابي لرسم خطوات تفاعل البلمرة المتسلسل.

فكّر بشكل ناقد

20. **استنتج** أُنشئ جزيء حمض نووي مُعاد التركيب عن طريق ربط متجه بلازميد وجزء DNA. وأكد الزحَلان الكَهْرَبي الهُلامي ارتباط البلازميد وجزء DNA.

a. أي ممر في المادة الهلامية يتوافق مع الحمض النووي مُعاد التركيب؟
b. أي ممر يتوافق مع البلازميد؟
c. أي ممر يمثل الانفصال باستخدام إنزيم قطع لجزيء الحمض النووي مُعاد التركيب؟

21. **مبيّز** تعرّض البلازميد الوارد أدناه للقطع بهدف إنتاج الأجزاء الخمسة الموضحة في الرسم. ثم تعرضت الأجزاء للفصل عن طريق الزحَلان الكَهْرَبي الهُلامي. قم بإعداد رسم للمادة الهلامية وحدّد موقع كل جزء كل جزء. وضع علامة على الأطراف لتمييزها بموجبة أو سالبة.



22. **قوّم** تعرّض جزيء حمض نووي صغير للقطع باستخدام إنزيمات قطع مختلفة عديدة وساعد الزحَلان الكَهْرَبي الهُلامي في تحديد حجم كل جزء. وكانت المحصلة هي البيانات التالية.

أنماط تجزئة DNA المنشأة بواسطة إنزيم EcoRI وإنزيم HindIII

الإنزيم	عدد الأجزاء	حجم الجزء (بالكيلو قاعدة)
EcoRI	2	1.5 kb 1.5 kb
HindIII	1	3.0 kb
EcoRI + HindIII	3	0.8 kb 0.7 kb 1.5 kb

a. هل DNA الأصلي خطي أم دائري؟
b. ارسم خريطة توضح فيها موقع القطع وتوضح المسافات المتوافقة مع البيانات.

القسم 3

مراجعة المفردات

املأ الفراغات باستخدام مصطلح المفردات الصحيح الموجود في صفحة "دليل الدراسة".

23. يستخدم _____ مجال أجهزة الكمبيوتر لفهرسة وتنظيم المعلومات التي أُنشئت عن طريق ترتيب تسلسل الجينوم البشري.

24. تسمى التنوعات الوراثية القريبة من بعضها _____.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

15. B
16. A

الإجابة المبنية

17. تستطيع هندسة الجينات خفض الانتقاء الطبيعي للجينات المهمة لكائن حي لكي يستجيب لبيئته أو ينجم عن ذلك إنتاج كائنات حية ذات طرز ظاهرية غير متوقعة.

18. ستنمو كل مستعمرات البكتيريا، لكنك لن تكون قادرًا على تحديد الخلايا التي حملت البلازميد.

19. يشتمل تفاعل البلمرة المتسلسل على ثلاث خطوات أساسية: تتمثل الأولى بالتسخين إلى درجات حرارة عالية للفصل بين أشرطة قالب الـ DNA بينما تتمثّل الثانية بالتبريد إلى درجة حرارة تسمح للبادئات بالارتباط بالمنطقة المتممة لقالب الـ DNA والثالثة بالامتداد الذي يقوم فيه إنزيم بلمرة الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين بدمج نيوكليوتيدات ديوكسي جديدة في أشرطة وليدة.

فكّر بشكل ناقد

20. a. الممر الثالث
b. الممر الأول
c. الممر الثاني

21. يجب أن يكون الجزء الأكبر (1633 bp) قريبًا من الجانب السلبي للمادة الهلامية يليه الجزء الذي تكون درجة غلياته 1400 bp ثم الجزء الذي تكون درجة غلياته 1108 bp فالجزء الذي تكون درجة غلياته 601 bp وأخيرًا الجزء الذي تكون درجة غلياته 257 bp (يجب أن يكون هذا الجزء في الطرف النهائي الموجب للمادة الهلامية).

22. a. يكون جزيء DNA الأصلي دائريًا لأن الحمض النووي *HindIII* نتج منه جزء واحد فقط.
b. ستعرض الخريطة مواقع الإنزيم القاطع *EcoRI* على بُعد 180 درجة عن بعضها البعض وموقع الحمض النووي *HindIII* بين مواقع الإنزيم القاطع *EcoRI*. لكنه لا يبعد 90 درجة عن مواقع الإنزيم القاطع *EcoRI*.

القسم 3

مراجعة المفردات

23. المعلوماتية الحيوية
24. الأنماط الفردانية

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 472 1/17/2017 11:56:07 AM

فهم الأفكار الأساسية

25. أي من العبارات التالية المتعلقة بالجينوم البشري خاطئة؟

A. يحتوي الجينوم البشري على ما يقرب من 25,000 جين.

B. يحتوي الجينوم البشري على امتدادات طويلة للحمض النووي (DNA) من دون وظيفة معروفة.

C. قام علماء من كل أنحاء العالم بترتيب تسلسل الجينوم البشري.

D. يحتوي الجينوم البشري على تسلسلات نيوكليوتيدات ترمز كلها إلى البروتينات.

26. ماذا تسمى التنوعات الموجودة في النيوكليوتيدات المحددة وترتبط بالأمراض التي تصيب الإنسان؟

A. البروتيومات

B. الأنماط الفردانية

C. تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية

D. الجينومات

27. لأي غاية تُستخدم البصمة الوراثية؟

A. لترتيب تسلسل DNA من البكتيريا

B. لفصل أجزاء DNA

C. لتحديد هوية الأفراد الذين ارتكبوا الجرائم

D. لتحديد حالات تعدد أشكال النيوكليوتيدات الفردية

الإجابة المبنية

28. **إجابة قصيرة** ناقش مزايا وعيوب استخدام صفيفات DNA الدقيقة.

29. **إجابة قصيرة** اذكر ثلاث طُرق سيستفيد بها المرضى من علم الصيدلة الجيني.

30. النكرة الأساسية ما تأثير ترتيب تسلسل الجينوم البشري في تشخيص الأمراض وعلاجها؟

فكّر بشكل ناقد

31. **أصفُ** كيف يمكن استخدام صفيفات DNA الدقيقة وتسلسل الحمض النووي لتحديد الجين المعيب.

32. **مهن مرتبطة بعلم الأحياء** يعثر أحد أخصائي الطب الشرعي على خصلة شعر في مسرح الجريمة. ارسم مخططًا انسيابيًا واشرح الخطوات التي يجب أن يتبعها لتحديد هوية صاحب خصلة الشعر.

التقويم الختامي

33. النكرة الرئيسة اشرح أهمية إكمال مشروع الجينوم البشري. اذكر بعض الاكتشافات الصحية التي تعد نتيجة لهذا المشروع.

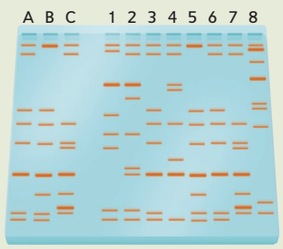
34. الكتابة في علم الأحياء اكتب فقرة لمناقشة النهج الذي ستتبعه لإنشاء كائن حي معدل وراثيًا والعوائق التي ستواجهها لإنشائه.

أتحقّ أسئلة حول مستند

حصلنا على البيانات الواردة أدناه خلال دراسة أجريت على أنماط لدغ البعوض. وحصلنا على البصمات الوراثية من الأفراد "*A*" و"*B*" و"*C*" الذين تعرضوا للدغات البعوض. لتحديد البعوضة التي لدغت كل من الأفراد، جُمعت مجموعة من البعوض وتمّ الحصول على بصماتها الوراثية. ورُقّم البعوض من *1* إلى *8*.

استخدم البيانات للإجابة عن الأسئلة الواردة أدناه.

أُخذت البيانات من: Michael, et al. 2001. Quantifying mosquito biting patterns on humans by DNA fingerprinting of blood meals. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 65(6), 722-728.



35. افحص أنماط الربط وطابق كل فرد مع البعوض التي لدغته.

36. ماذا يمكن للباحثين اكتشافه من خلال معرفة أي بعوضة لدغت أي فرد؟

37. بناءً على إجابتك عن السؤال 35، اذكر أحد عيوب استخدام البصمة الوراثية في تحديد البعوض الناقل للأمراض في البيئة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

فهم الأفكار الأساسية

25. D

26. C

27. C

الإجابات المبنية

28. تسطيع الصفيفات الدقيقة تحليل الجينومات كلها مرة واحدة، ولكنها باهظة التكلفة.

29. سيقلل علم الصيدلة الجيني من الآثار الجانبية للأدوية ويُمكّن من الوقاية ضد الأمراض بالإضافة إلى أنه يتيح للأطباء تقديم جرعات أدوية أكثر دقة.

30. يتيح ترتيب تسلسل الجينوم البشري للعلماء مقارنة التسلسلات الجينومية لدى أشخاص من جماعات أحيائية مختلفة يعانون من أمراض معينة للبحث عن طفرات أو تعددات أشكال.

فكّر بشكل ناقد

31. يمكن استخدام ترتيب تسلسل DNA لتحديد الجينات المعيبة عن طريق ترتيب تسلسل DNA لأشخاص مصابين بمرض معين ومقارنته بالتسلسل لدى أشخاص غير مصابين به. ويمكن استخدام الصفيفات الدقيقة لمقارنة شكل التعبير عن الجينات لدى أشخاص مصابين بالمرض وأشخاص غير مصابين به.

32. يجب أن توضح مخططات الطلاب الانسيابية ما يلي: استخراج DNA ثم تفاعل البلمرة المتسلسل لتضخيم DNA ثم هضم DNA المضخّم باستخدام إنزيمات القطع متبوعة بالرحلان الكهربي الهلامي. ويجب مقارنة أنماط التجزئة بمثيلاتها في DNA المستخرج من أفراد معروفين.

التقويم الختامي

33. باكمال مشروع الجينوم البشري، يستطيع العلماء تحديد مكان مصادر جينات العديد من الأمراض المستعصية. كما يُمكن اختبار الاستعداد الوراثي للإصابة بسرطان الثدي والزهايمر وغيرهما من الاختلالات الوراثية. وقد نتج أيضًا من هذا العمل علاجات جديدة، مثل العلاج الجيني، بالإضافة إلى توفر أدوية أفضل.

الكتابة في علم الأحياء

34. ستتنوع الإجابات. ويجب أن تشير الفقرات إلى الجينات الحقيقية والعمليات الواقعية.

أتحقّ أسئلة حول مستند

Michael, et al. 2001. Quantifying mosquito biting patterns on humans by DNA fingerprinting of blood meals. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 65(6): 722-728.*

35. "A" لُدغ من 3 و 6 و"B" لُدغ من 5 و"C" لُدغ من 7.

36. إذا مرض شخص ما، فيمكنه معرفة البعوضة التي نقلت المرض إليه.

37. من عيوب هذا الأسلوب أنه من الممكن أن تلدغ عدة بعوضات شخصًا ما مما يجعل تحديد البعوضة المسؤولة عن انتشار مسبب المرض أمرًا صعبًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 473 1/17/2017 11:56:08 AM

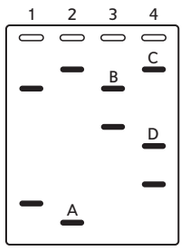
تدريب على الاختبار المعياري

تراكمي

الاختيار من متعدد

1. أي مما يلي يصف عملية الانقسام السيتوبلازمي؟
A. تكرار الكروموسومات
B. تفكّك الخيوط المغزلية
C. اختفاء النواة
D. الانقسام السيتوبلازمي

استخدم الرسم التوضيحي أدناه للإجابة عن السؤالين *2* و *3*.



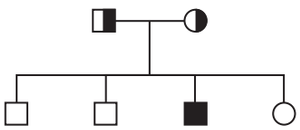
2. يوضح الشكل أعلاه أشرطة DNA فُصلت باستخدام عملية الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي. أي شريط يحتوي على أصغر أجزاء ال DNA؟
A. الشريط A
B. الشريط B
C. الشريط C
D. الشريط D

3. ما الذي يمكن أن توضحه نتائج الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي لأي عالِم؟
A. وجود كمية الحمض النووي (DNA) غير مشفرة
B. بصمة الحمض النووي لأحد الأشخاص
C. عدد الجينات في عينة الحمض النووي DNA
D. أنماط عشوائية من الحمض النووي DNA

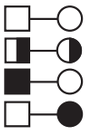
4. أي عملية تلعب دورًا في التراكيب الجينية الجديدة؟
A. التكاثر اللاجنسي
B. الانقسام السيتوبلازمي
C. التوزيع الحر
D. الانقسام الميتوزي

5. أي مما يلي هو الترتيب الصحيح من الأصغر الى الأكبر للمصطلحات التالية الكروماتين، ال DNA، الكروموسومات والجسيمات النووية؟
A. الكروماتين والكروموسومات و DNA والجسيمات النووية
B. الكروموسومات و DNA والكروماتين والجسيمات النووية
C. DNA والجسيمات النووية والكروماتين والكروموسومات
D. الجسيمات النووية و DNA والكروماتين والكروموسومات

استخدم الشكل التالي للإجابة عن السؤال *6*.



6. في أسرة مكونة من أربعة أطفال، وُلِد طفل من بين أربعة مصابًا بداء تاي ساكس. ما زوج الرموز لوالدَي أفراد النسل هؤلاء؟
A.
B.
C.
D.



7. أي مما يلي يُعدّ كودون للإيقاف في الحمض النووي الرايبوزي الناقل؟
A. AUG
B. AUU
C. CAU
D. UAA

8. في كائن حي ثلاثي الصيغة الصبغية، كم عدد الأليلات الموجودة في كل جين للخلية؟
A. 1
B. 3
C. 6
D. 9

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تدريب على الاختبار المعياري

الاختيار من متعدد

1. D
2. C
3. B
4. C
5. C
6. B
7. D
8. B

إجابة قصيرة

9. إن اتجاه الإجابات من اليسار إلى اليمين.
A. الذكر الذي ورث الجين المسبب للمرض وبالتالي يحمل المرض.
B. الأنثى التي تحمل جينًا مسببًا للمرض، لكن أعراض المرض لا تظهر عليها، وتكون ناقلة للمرض.
C. الأنثى التي تحمل جينًا مسببًا للمرض، لكن أعراض المرض لا تظهر عليها، وتكون ناقلة للمرض.
D. الذكر الذي لم يرث الجين المسبب للمرض وهو بالتالي لا يحمل المرض.

10. تتشابه معظم البروتينات التي تكوّن جسم الإنسان لدى جميع الأشخاص. فالاختلافات الجينية بين البشر صغيرة جدًا.

11. النزف الدموي هو جين منتحٍ مرتبط بالجنس يحمله الكروموسوم X. فالطراز الجيني للأب يكون X^hY. ويكون الطراز الجيني للأم X^hX^H. تكون احتمالية إنجابهما ولدًا 0.5 واحتمالية إنجابهما طفلاً مصابًا بنزف الدم 0.5. وتكون احتمالية إنجابهما ولدًا مصابًا بنزف الدم $(0.5 \times 0.5) = 0.25$ أو 25 ٪.

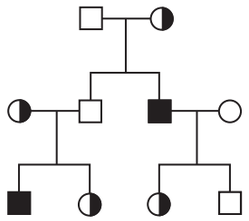
12. إن العملية الأولى الرئيسة هي النسخ الذي يحدث في نواة الخلايا. وخلال عملية النسخ، يصنّع الحمض النووي الرايبوزي (RNA) الرسول باستخدام سلسلة من القواعد الموجودة على DNA في صورة قالب. أما العملية الثانية الرئيسة، فهي الترجمة التي تحدث في سيتوبلازم الخلايا. خلال عملية الترجمة، يصنّع بروتين باستخدام سلسلة قواعد الحمض النووي الرايبوزي (RNA) الرسول في صورة قالب. وفي نهاية عملية الترجمة تكون هناك سلسلة بروتين كاملة قد تكونت.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 474 1/17/2017 11:56:09 AM

إجابة قصيرة

استخدم الشكل التالي للإجابة عن السؤال 9.



9. يتتبع سجل النسب في هذا الشكل مرضًا وراثيًا منتحيًا مرتبطًا بالجنس. اشرح معنى الرموز الموجودة في آخر جيل.

10. لماذا تُعدّ مناطق تشفير البروتينات في معظم الجينومات البشرية متطابقة؟

11. إذا كان مرض نزف الدم جينًا متنحيًا مرتبطًا بالجنس، فما احتمالية إنجاب الأب المصاب به والأم الناقلة له لذكر مصاب بنزف الدم؟ اشرح.

12. قارن وقابل بين العمليتين الرئيستين في تركيب البروتينات.

13. اذكر ثلاثة اضطرابات وراثية وصنّفها إلى سائدة أو متنحية؛ واذكر اسم الأجهزة العضوية المصابة.

14. لماذا قد يتطلب الأمر عدة أجيال لإنتاج حيوان نقي النسل؟

15. اذكر القواعد البورينية والقواعد البيريميدينية الموجودة في الـ DNA؛ واشرح أهميتها في تركيب الـ DNA.

إجابة موسّعة

16. اذكر اسم اثنتين من طفرات الـ DNA ووضح كيفية تغيير كل طفرة في تسلسل الـ DNA التالي.

CGATTGACGTTTTAGGAT

17. ربما تكون ذاتيات التغذية القائمة على البناء الكيميائي قد تكونت منذ أمد بعيد قبل مثيلتها القائمة على البناء الضوئي التي هي في الوقت الراهن على كوكب الأرض. اقترح شرحًا لهذا الاختلاف في التطور.

18. اشرح كيف تتسبب التسلسلات غير المشفرة في الجينوم البشري في صعوبة تفسير شفرة الـ DNA.

19. رغم أن البلاستيدات الخضراء والجسم الفتيلي (الميتوكوندريا) يؤديان وظائف مختلفة، إلا أنها تتميز بتركيبات متشابهة. اربط وجه الشبه بين تركيباتها ووظائفها.

سؤال مقالي

لنفترض أن أحد العلماء يستخدم الرَحَلان الكَهْرَبِي الهُلامي لفصل الـ DNA المستخرج من خط خلية ما. بعد تنفيذ التجربة، يلاحظ العالم فقدان عدة شرائط وانتقال شرائط أخرى إلى الطرف البعيد من المادة الهلامية.

استعن بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال التالي في صورة مقال.

20. باستخدام ما تعرفه عن فصل الـ DNA والفصل الهلامي، اشرح الخطأ المحتمل في التجربة. بعد ذلك، صِف كيفية تعديل إجراءات التجربة لاختبار شرحك.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

13. ستتنوّع الإجابات. وتتضمن الإجابات المحتملة ما يلي: التليّف الكيسي هو اضطراب جيني منتحٍ يؤثر في الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي. داء تاي ساكس هو اضطراب منتحٍ يؤثر في الجهاز العصبي. داء هنتنغتون هو اضطراب سائد يؤثر في الجهاز العصبي.

14. لإنتاج سلالة نقية يجب على الفرد التأكد من وجود الأليلات المُشفّرة فقط للشكل المرغوب من الصفة الوراثية. ونظرًا إلى التكرارت الأليلية لجماعة أحيائية ما والحقيقة المتمثلة في أن بعض الأليلات قد تكون مطموسة بالأليل السائد، فقد يستغرق إنشاء سلالة نقية أجيالاً عدّة.

15. القواعد البورينية: الأدينين والغوانين؛ القواعد البيريميدينية: السيتوزين والثايمين. تُستخدم القاعدة البيريميدينية لتربط شريطي سلسلة DNA معًا. وينشئ الأدينين مجموعة ثنائية مع الثايمين؛ وينشئ الغوانين مجموعة ثنائية مع السيتوزين.

إجابة موسّعة

16. ستتنوع الإجابات. يعرض المخطط التالي إجابة محتملة:

الطفرة	تسلسل جديد
التضاعف	CGATTGTTGACGTTTTAGGAT
الإدخال (إزاحة الإطار)	CGAGTTGACGTTTTAGGAT

17. من المحتمل أن البناء الكيميائي كان الطريقة الوحيدة لصنع الطعام قبل وجود ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة تكفي لحدوث عملية البناء الضوئي. كما أنه من المحتمل أن البيئة كانت تساعد أكثر على البناء الكيميائي بسبب توَفّر غازات ومواد كيميائية معينة غير عضوية في الغلاف الجوي.

18. التسلسلات غير المشفرة هي مناطق من الشفرة لا يمكن قراءتها. ويجب على كل من يحاول فك شفرة الجينوم أن يحدد المناطق غير المشفرة والمناطق التي ترمز إلى البروتينات.

19. تُبنى البلاستيدات الخضراء والأجسام الفتيلية (الميتوكوندريا) لتوفير الكثير من مساحة السطح. وهذا أمر مهم لأن العمليات التي تحدث، أي البناء الضوئي وإنتاج الطاقة من السكريات، قد تزداد إلى الحد الأقصى مع توفر مساحة سطح كبيرة يمكن أن تحدث عليها التفاعلات.

سؤال مقالي

20. ستتنوّع الإجابات. أحد الاحتمالات هو أن عملية الرَحَلان الكهرَبِيّ أجريت لوقت طويل جدًا. ولذلك، تحركت الأشرطة المنفصلة بعيدًا عن المادة الهلامية تمامًا، بالتالي من المستحيل ملاحظة مدى تباعدها. يمكن تصحيح المشكلة من خلال تنفيذ عملية الرحلان الكهربي الهلامي مرة أخرى بحيث تستمر نصف ذلك الوقت. وبهذه الطريقة من المحتمل أن تبقى كل أجزاء DNA التي تكوّن الأشرطة موجودة في المادة الهلامية.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

Ch16.indb 475 1/17/2017 11:56:09 AM