الوحدة 4

التكاثر الجنسي وعلم الوراثة

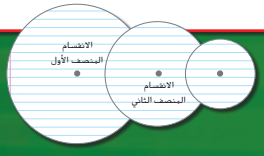
تجربة استهلالية

ماذا يحدث بغياب الانقسام المنصّف؟

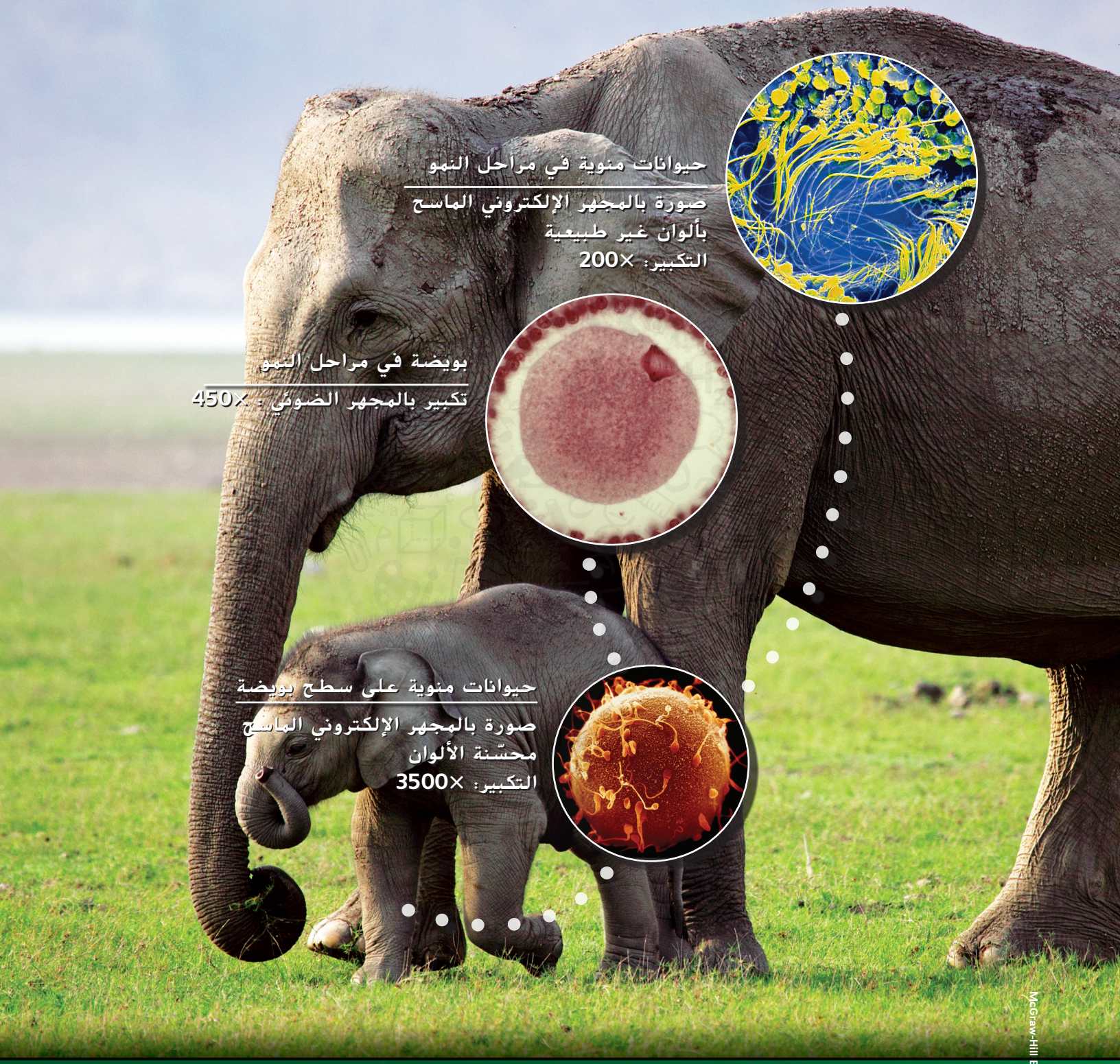
تندمج الخلايا من كلا الوالدين أثناء عملية التكاثر الجنسي ويصبح للأبناء العدد نفسه من كروموسومات الآباء. استكشف ما قد يحدث لعدد الكروموسومات إذا كان الانقسام المتساوي هو النوع الوحيد من انقسام الخلايا.

المطويات®

قم بإعداد مطوية مستديرة تشمل العناوين الواردة واستخدمها لتنظيم ملاحظاتك المتعلقة بالانقسام المنصّف.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



الموضوع المحوري التنوع

تؤدي عملية الانقسام المنصّف إلى التنوّع الوراثي.

الفكرة الرئيسة إن الخلايا التناسلية التي تنقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء تنتج عن عملية الانقسام المنصّف.

القسم 1 • الانقسام المنصّف

القسم 2 • علم الوراثة المندلية

القسم 3 • ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

Chapter Sourced From: 4. Sexual Reproduction and Genetics, Chapter 10, from Glencoe Biology ©2017

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسئلة الرئيسة

- كيف يحدث اختزال عدد الكروموسومات أثناء الانقسام المنصّف؟
- ما هي مراحل الانقسام المنصّف؟
- ما أهمية الانقسام المنصّف في التسبّب في التنوع الوراثي؟

مفردات للمراجعة

الكروموسوم chromosome: بنية خلوية تحتوي على الحمض النووي الـ DNA

مفردات جديدة

gene	الجين
homologous chromosome	الكروموسومات المتماثلة
gamete	المشيج
haploid	أحادي المجموعة الكروموسومية
fertilization	الإخصاب
diploid	ثنائي المجموعة الكروموسومية
meiosis	الانقسام المنصّف
crossing over	عملية العبور

الانقسام المنصّف

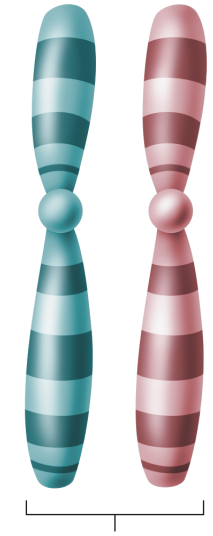
الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

الربط مع الحياة اليومية انظر إلى طلاب صف الأحياء من حولك. الأرجح أن تلاحظ أن الطلاب غير متشابهين. فقد يختلفون في الطول ولون العينين ولون الشعر ومظاهر أخرى. إن هذا التنوع في الخصائص ينتج عن اتحاد خليتين جنسيتين خلال التكاثر الجنسي.

الكروموسومات وعدد الكروموسومات

لكل طالب من طلاب صفّك خصائص انتقلت إليه من والديه. إن كل من هذه الخصائص، مثل لون الشعر أو الطول أو لون العينين، يُسمّى صفة وراثية. وتتوفر التعليمات الخاصة بكل صفة وراثية في الكروموسومات الموجودة داخل نوى الخلايا. يترتب الـ DNA الموجود في الكروموسومات في قطع تسمى **الجينات** التي تتحكم في إنتاج البروتينات. يتكوّن كل كروموسوم من مئات الجينات، حيث يؤدي كل جين دورًا مهمًا في تحديد خصائص الخلية ووظائفها.

الكروموسومات المتماثلة إن كل خلية من خلايا جسم الإنسان تحتوي على 46 كروموسومًا. ويساهم كلّ من الوالدين بـ 23 كروموسومًا منها، فتكون النتيجة 23 زوجًا من الكروموسومات. وتسمّى الكروموسومات التي تُشكّل أزواجًا، والتي يكون أحد الوالدين مصدر كل منها، **الكروموسومات المتماثلة**. وكما هو موضح في **الشكل 1**، فإن الكروموسومات المتماثلة في خلايا الجسم لها الطول نفسه وموقع القطعة المركزية نفسه وتحمل الجينات التي تتحكم في الصفات الموروثة نفسها. فعلى سبيل المثال، يقع الجين الذي يتحكم في نوع شحمة الأذن في الموقع نفسه على كل من الكروموسومات المتماثلة. على الرغم من أن هذه الجينات ترمز إلى نوع شحمة الأذن، إلا أنها قد لا ترمز تمامًا إلى نوع شحمة الأذن نفسه.



زوج من الكروموسومات المتماثلة

■ **الشكل 1** إن الكروموسومات المتماثلة تحمل على الموقع نفسه جينات أي صفة وراثية. الجينات التي ترمز إلى نوع شحمة الأذن قد لا ترمز إلى النوع نفسه تمامًا من شحمة الأذن

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية وثنائية المجموعة الكروموسومية

للحفاظ على ثبات عدد الكروموسومات من جيل إلى آخر، يُنتج الكائن الحي **الأمشاج** وهي خلايا جنسية تحمل نصف عدد الكروموسومات. ويختلف عدد الكروموسومات من نوع إلى آخر، فلدى الإنسان يحمل كل مشيج 23 كروموسومًا. يمكن استخدام الرمز n لتمثيل عدد الكروموسومات في المشيج. وتُسمى الخلية التي تحمل العدد n من الكروموسومات خلية **أحادية المجموعة الكروموسومية**. وكلمة أحادية المجموعة الكروموسومية مشتقة من الكلمة اليونانية *haploos*، وتعني أحاديًا.

تُسمى العملية التي يتحد فيها مشيج أحادي المجموعة الكروموسومية بمشيج آخر أحادي المجموعة الكروموسومية **الإخصاب**. ونتيجة للإخصاب، تحتوي الخلية على $2n$ من الكروموسومات؛ n من الكروموسومات من الأنثى الأم و n من الكروموسومات من الذكر الأب. وتُسمى الخلية التي تحوي العدد $2n$ من الكروموسومات خلية **ثنائية المجموعة الكروموسومية**.

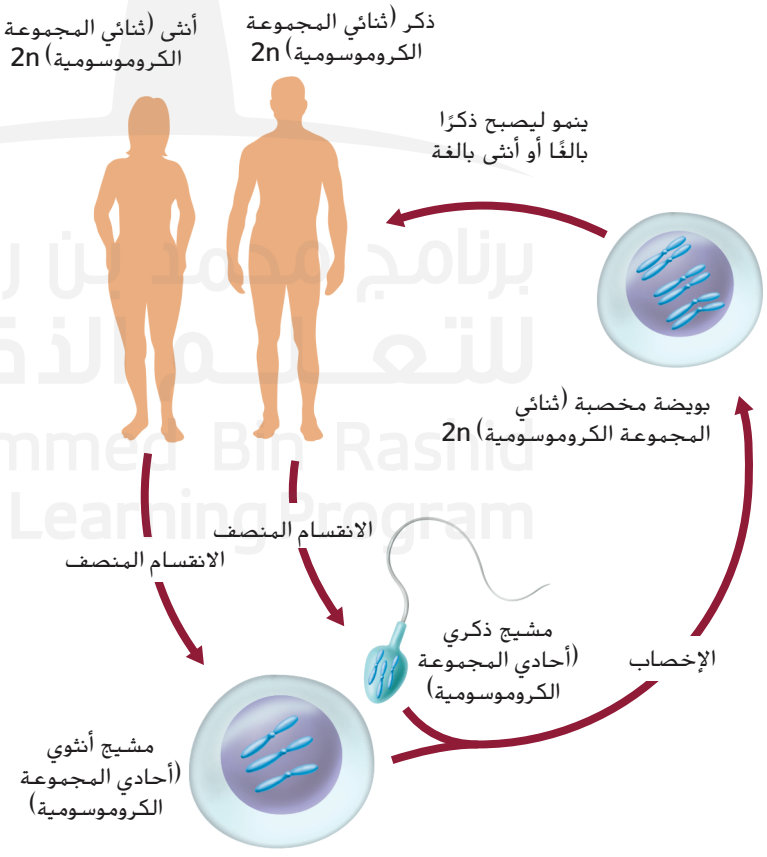
لاحظ أن العدد n يصف أيضًا عدد أزواج الكروموسومات في الكائن الحي. فعند اتحاد مشيجين بشريين، ينتج 23 زوجًا من الكروموسومات المتماثلة.

المرحلة الأولى من الانقسام المنصّف

تتكون الأمشاج أثناء عملية تسمى **الانقسام المنصّف** وهو نوع من أنواع الانقسام الخلوي الذي يختزل عدد الكروموسومات؛ ولذلك يُشار إليه باسم الانقسام الاختزالي. يحدث الانقسام المنصّف على مستوى التراكيب التناسلية للكائنات الحية التي تتكاثر جنسيًا. وفي حين يحافظ الانقسام المتساوي على ثبات عدد الكروموسومات، يختزل الانقسام المنصّف عدد الكروموسومات إلى النصف عن طريق انفصال الكروموسومات المتماثلة. فالخلية التي تحتوي على $2n$ من الكروموسومات، ستكوّن أمشاجًا تحمل العدد n من الكروموسومات بعد انقسامها انقسامًا منصّفًا كما هو موضح في **الشكل 2**. ويتضمن الانقسام المنصّف مرحلتين متتاليتين من انقسام الخلية هما المرحلة الأولى من الانقسام المنصّف والمرحلة الثانية من الانقسام المنصّف.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



■ **الشكل 2** تتضمن دورة الحياة الجنسية في الحيوانات الانقسام المنصّف الذي ينتج الأمشاج. وعند اتحاد الأمشاج في عملية الإخصاب، تعود الكروموسومات إلى عددها الأصلي.

صِف ما يحدث لعدد الكروموسومات أثناء الانقسام المنصّف.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الطور البيني تذكَّر أن دورة الخلية تتضمن الطور البيني قبل الانقسام المتساوي. تمر الخلايا أثناء الانقسام المنصّف أيضًا بالطور البيني كجزء من دورة الخلية. وتقوم الخلايا في الطور البيني بعدد من عمليات الأيض المتنوعة، ومنها تضاعف الـ DNA وتركيب البروتينات.

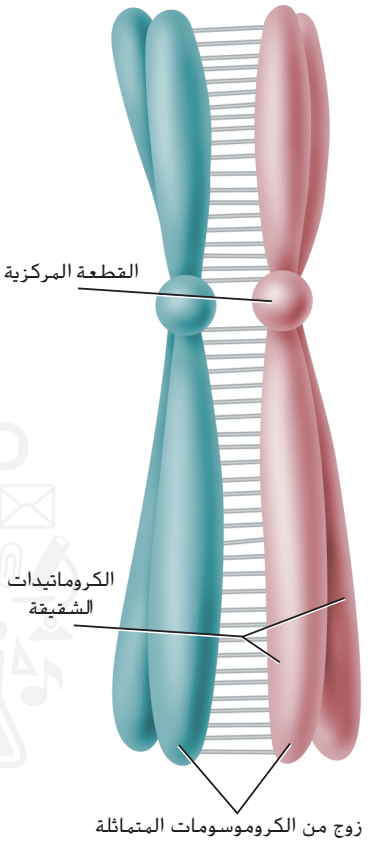
الطور التمهيدي الأول بعد دخول الخلية الطور التمهيدي الأول، تصبح الكروموسومات المتضاعفة واضحة. وكما في الانقسام المتساوي، تحتوي الكروموسومات المتضاعفة على اثنين من الكروماتيدات الشقيقة. عندما تتكاثف الكروموسومات المتماثلة، تبدأ بتكوين الأزواج في عملية تُسمّى **التشابك**، حيث تتلاصق الكروموسومات المتماثلة على امتداد طولها، كما هو موضّح في **الشكل 3**. لاحظ أنه في **الشكل 4** حدث تبادل بين أجزاء كلّ من الكروموسومات الوردية والخضراء. يحدث هذا التبادل أثناء عملية التشابك. إن **عملية العبور** هي عملية يحدث فيها تبادل للأجزاء على مستوى زوج من الكروموسومات المتماثلة.

مع استمرار الطور التمهيدي الأول، تنتقل المريكزات إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية، كما تتكوّن الخيوط المغزلية التي ترتبط مع الكروماتيدات الشقيقة عند القطعة المركزية.

الطور الاستوائي الأول في المرحلة التالية من الانقسام المنصّف، تصطف أزواج الكروموسومات المتماثلة على خط استواء الخلية، كما هو موضح في **الشكل 5**. خلال الانقسام المنصّف، ترتبط الخيوط المغزلية بالقطعة المركزية لكل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة. تذكَّر أنه أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، تصطف الكروموسومات المفردة التي تحتوي على كروماتيدين شقيقين على طول خط استواء الخلية. وأثناء الطور الاستوائي الأول للانقسام المنصّف، تصطف الكروموسومات المتماثلة في صورة أزواج على طول خط استواء الخلية. وهذا أحد الفروق المهمة بين الانقسام المتساوي والانقسام المنصّف.

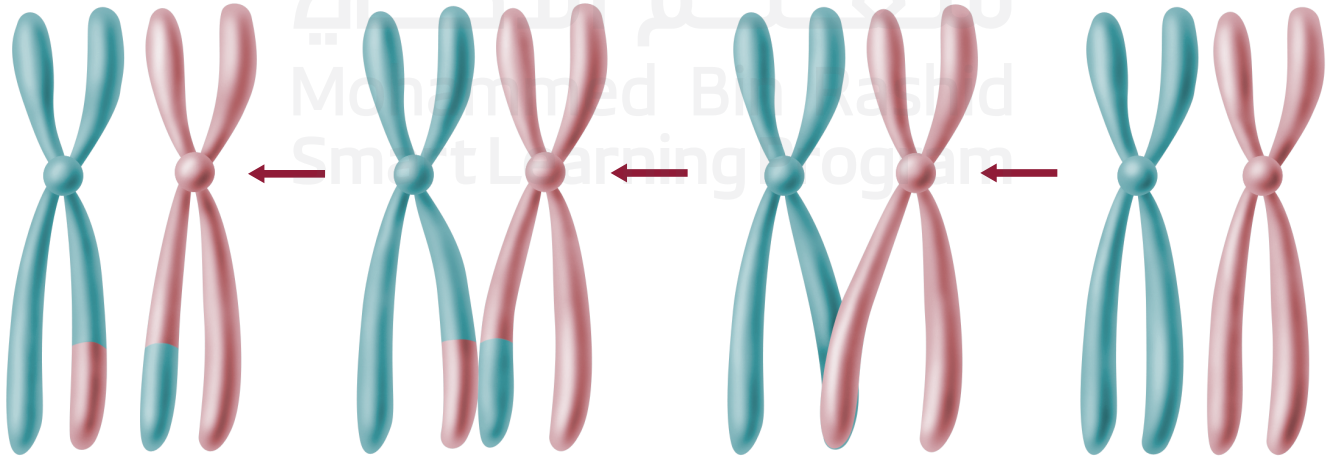
الطور الانفصالي الأول أثناء الطور الانفصالي الأول، تنفصل الكروموسومات المتماثلة كما هو موضح أيضًا في **الشكل 5**، حيث يتحرّك كل مكوّن من أزواج الكروموسومات نحو قطب من القطبين المتقابلين في الخلية توجّهه الخيوط المغزلية. يتم اختزال عدد الكروموسومات من $2n$ إلى n عند انفصال الكروموسومات المتماثلة. تذكَّر أنه في الانقسام المتساوي، تنقسم الكروماتيدات الشقيقة أثناء الطور الانفصالي. أما أثناء الطور الانفصالي الأول للانقسام المنصّف، فيبقى كل واحد من الكروموسومات المتماثلة مكوَّنًا من كروماتيدين شقيقين.

الطور النهائي الأول تصل الكروموسومات المتماثلة، المكونة من كروماتيدين شقيقين، إلى القطبين المتقابلين في الخلية. إن كل قطب من هذين القطبين يحتوي على مكون واحد فقط من الزوج الأصلي للكروموسومات المتماثلة. لاحظ في **الشكل 5** أن كل كروموسوم يبقى مكونًا من كروماتيدين شقيقين مرتبطين معًا عند القطعة المركزية. قد لا تكون الكروماتيدات الشقيقة متطابقة بسبب عملية العبور التي قد تحدث أثناء عملية التشابك في الطور التمهيدي الأول.



■ **الشكل 3** تتلاصق الكروموسومات المتماثلة معًا أثناء عملية التشابك في الطور التمهيدي الأول.

■ **الشكل 4** ينتج عن عملية العبور مجموعات جديدة من الجينات.
حدّد أيّ كروماتيدات يحدث فيها تبادل للمادة الوراثية.

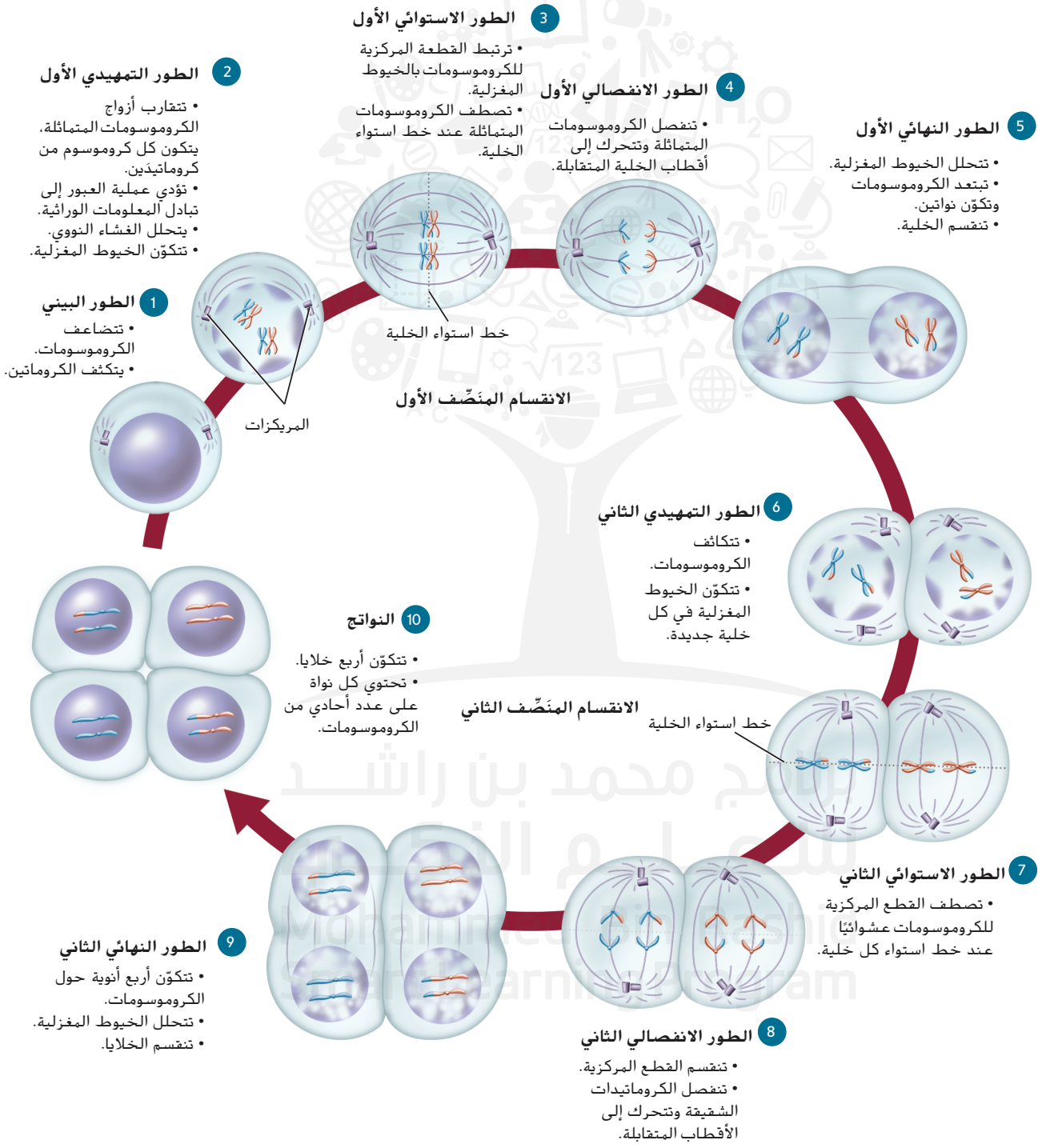


حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

تصوّر الانقسام المنصّف

الشكل 5

تتبع أطوار المرحلة الأولى للانقسام المنصّف والمرحلة الثانية للانقسام المنصّف، مبتدئًا بالطور البيني على اليسار.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

اختصاصي الوراثة الطبية يبحث اختصاصي الوراثة الطبية في آلية توارث الأمراض وتشخيص الحالات الوراثية وعلاج الأمراض الوراثية.

أثناء الطور النهائي الأول، تحدث عادةً عملية الانقسام السيتوبلازمي، وتؤدي إلى حدوث تخصّر في الخلايا الحيوانية وتكوّن صفيحة خلوية في الخلايا النباتية. وبعد الانقسام السيتوبلازمي، قد تمر الخلايا بالطور البيني مرة أخرى قبل حدوث المجموعة الثانية من الانقسامات. لكن لا يتضاعف الـ DNA مرة أخرى أثناء هذا الطور البيني. وفي بعض الأنواع، تبتعد الكروموسومات بعضها عن بعض ويظهر الغشاء النووي وتتكوّن النواة مرة أخرى أثناء الطور النهائي الأول.

المرحلة الثانية للانقسام المنصّف

لا ينتهي الانقسام المنصّف بنهاية المرحلة الأولى منه. فأثناء الطور التمهيدي الثاني، تحدث مجموعة ثانية من الأطوار تبدأ بتكوّن الجهاز المغزلي وتكاثف الكروموسومات. وفي الطور الاستوائي الثاني، تترتب الكروموسومات على خط استواء الخلية بواسطة الخيوط المغزلية، كما هو موضح في **الشكل 5**. يصطف عدد من الكروموسومات ثنائية المجموعة الكروموسومية على خط استواء الخلية أثناء الطور الاستوائي تحضيراً للانقسام المتساوي. أما في الطور الاستوائي الثاني من الانقسام المنصّف، فيصطف عدد من الكروموسومات أحادية المجموعة الكروموسومية على خط استواء الخلية. يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة خلال الطور الانفصالي الثاني بعيدًا عند القطعة المركزية بواسطة الخيوط المغزلية وتتحرك الكروماتيدات الشقيقة باتجاه القطبين المتقابلين للخلية. تصل الكروموسومات إلى القطبين خلال الطور النهائي الثاني ويتكون الغشاء النووي والنواة مرة أخرى. وفي نهاية المرحلة الثانية من الانقسام المنصّف، يحدث الانقسام السيتوبلازمي وينتج عنه أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، تحمل كل خلية العدد *n* من الكروموسومات، كما هو موضح في **الشكل 5**.

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الانقسام المنصّف، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

التأكد من فهم النص **استدلّ** لماذا تُعد مرحلتا الانقسام المنصّف مهمتين لتكوين المشيج؟

مساحة لتحليل البيانات 1

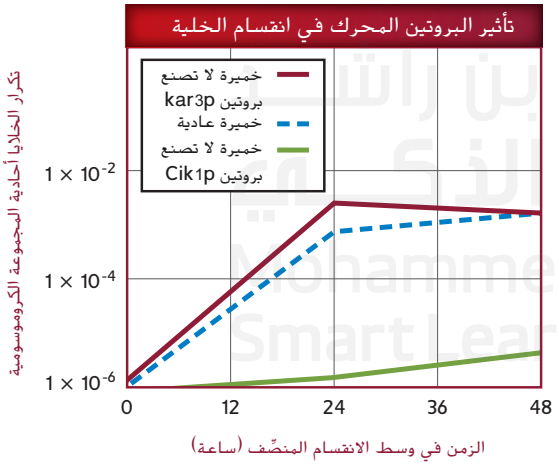
استنادًا إلى بيانات حقيقية *

استنتج الخلاصات

كيف تؤثر البروتينات المحرّكة في انقسام الخلية؟

يعتقد العديد من العلماء أن البروتينات المحرّكة تؤدي دورًا مهمًا في حركة الكروموسومات خلال كل من الانقسام المتساوي والانقسام المنصّف. ولاختبار هذه الفرضية، قام الباحثون بإنتاج خميرة لا يمكنها صنع البروتين المحرّك المسمى Kar3p. كما أنتجوا خميرة لا يمكنها صنع البروتين المحرّك المُسمى Cik1p، الذي يحدد وظيفة البروتين Kar3p. ويبيّن الرسم البياني إلى اليسار نتائج تجربتهم.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **قيّم** ما إذا كان Cik1p يبدو مهمًا لعملية الانقسام المنصّف في الخميرة. اشرح ذلك.
2. **قوّم** ما إذا كان Kar3p يبدو ضروريًا لعملية الانقسام المنصّف في الخميرة. اشرح ذلك.
3. **استنتج** ما إذا كانت كل البروتينات المحرّكة تؤدي دورًا مهمًا في الانقسام المنصّف. اشرح ذلك.

*أُخذت البيانات من: Shanks, et al. 2001. The Kar3–Interacting protein Cik1p plays a critical role in passage through meiosis I in *Saccharomyces cerevisiae*. Genetics 159: 939-951.

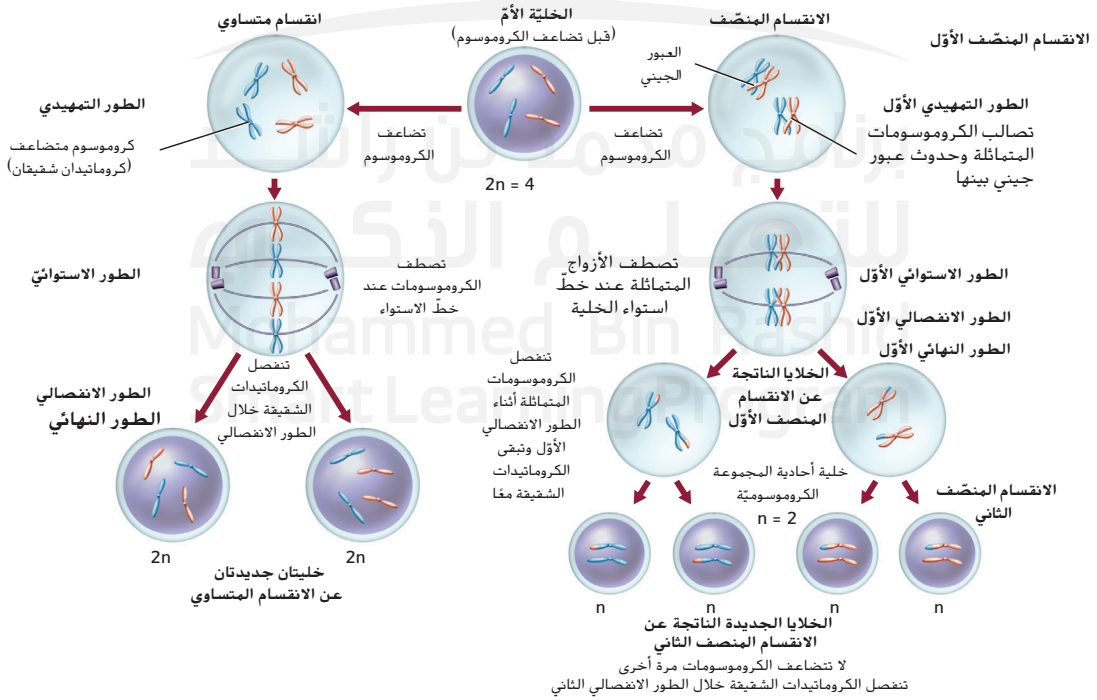
حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أهمية الانقسام المنصّف

يبيّن الجدول 1 مقارنة بين الانقسام المتساوي والانقسام المنصّف. تذكَّر أن الانقسام المتساوي ينطوي على مرحلة انقسام واحدة وينتج عنه خليتان وليدتان متطابقتان ثنائيتا المجموعة الكروموسومية (2n). في حين ينطوي الانقسام المنصّف على مرحلتين من الانقسامات وينتج عنه أربع خلايا وليدة غير متطابقة مع الخلية الأم أحادية المجموعة الكروموسومية. يُعدّ الانقسام المنصّف مهمًّا لأنه يوفّر التنوع الوراثي.

الجدول 1 الانقسام المتساوي والانقسام المنصّف

الانقسام المتساوي	الانقسام المنصّف
تحدث مرحلة انقسام واحدة أثناء الانقسام المتساوي.	تحدث مرحلتا انقسام أثناء الانقسام المنصّف: المرحلة الأولى والثانية.
يتضاعف الـ DNA أثناء الطور البيني.	يتضاعف الـ DNA مرة واحدة قبل المرحلة الأولى للانقسام المنصّف.
لا يحدث تشابك بين الكروموسومات المتماثلة.	يحدث تشابك بين الكروموسومات المتماثلة أثناء الطور التمهيدي الأول.
تتكوّن خليتان متطابقتان في كل دورة خلوية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n).	تتكوّن أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (*n*) في كل دورة خلوية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n).
الخلايا الوليدة متطابقة وراثيًا.	الخلايا الوليدة غير متطابقة وراثيًا بسبب عملية العبور.
يحدث الانقسام المتساوي فقط في الخلايا الجسمية.	يحدث الانقسام المنصّف فقط في الخلايا التناسلية.
يحدث الانقسام المتساوي خلال النمو لتعويض الخلايا التالفة.	يدخل الانقسام المنصّف في إنتاج الأمشاج وتوفير التنوع الوراثي في الكائنات الحية.



McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

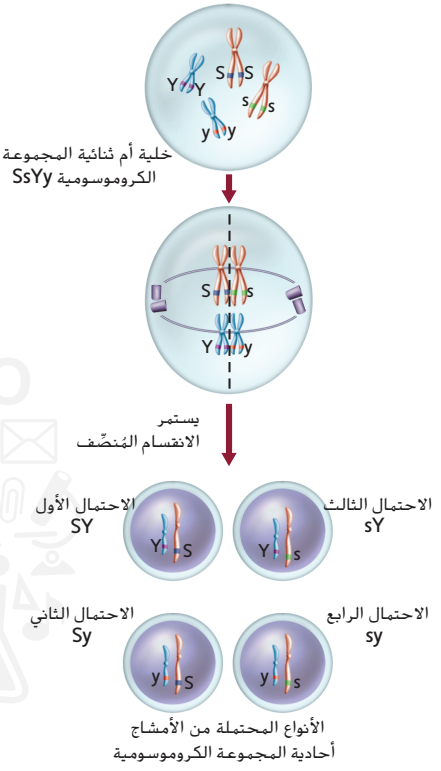
يوفر الانقسام المنصّف التنوع تذكَّر أن أزواج الكروموسومات المتماثلة تصطف على خط استواء الخلية أثناء الطور التمهيدي الأول. إن طريقة اصطفاف الكروموسومات هي عملية عشوائية تؤدي إلى إنتاج أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات، كما هو موضح في **الشكل 6**. وبناءً على طريقة اصطفاف الكروموسومات على خط الاستواء، ينتج أربعة أمشاج ذات أربع تشكيلات مختلفة من الكروموسومات.

لاحظ أن الاحتمال الأول يبيّن الكروموسومات التي توجد على الجانب نفسه من خط الاستواء وبالتالي تنتقل معًا. وتصطف مجموعات مختلفة من الكروموسومات على الجانب نفسه من خط الاستواء لإنتاج الأمشاج في الاحتمال الثاني. كما ينتج التنوع الوراثي أثناء عملية العبور وعملية الإخصاب عندما تتحد *الأمشاج معًا* بصورة *عشوائية*.

مقارنة بين التكاثر الجنسي واللاجنسي

تتكاثر بعض الكائنات الحية لاجنسيًا، في حين يتكاثر بعضها الآخر جنسيًا. وقد تشتمل دورة حياة بعض الكائنات الحية الأخرى على التكاثر الجنسي واللاجنسي معًا. فيرث الكائن الحي خلال التكاثر اللاجنسي كل الكروموسومات من أم واحدة. فينتج فرد جديد مطابق للأم وراثيًا. وتتكاثر البكتيريا لاجنسيًا، في حين تتكاثر معظم الطلائعيات جنسيًا ولاجنسيًا، تبعًا للظروف البيئية. كما تتكاثر معظم النباتات والعديد من الحيوانات البسيطة جنسيًا ولاجنسيًا، مقارنةً بالحيوانات الأكثر تطوّرًا على مستوى الوظائف الحيوية والتي تتكاثر جنسيًا فقط.

لماذا تتكاثر بعض الأنواع جنسيًا في حين يتكاثر بعضها الآخر لاجنسيًا؟ أظهرت الدراسات الحديثة عن ذبابة الفاكهة أن معدل تراكم الطفرات المفيدة يكون أسرع عندما تتكاثر الأنواع جنسيًا مقارنة بتلك التي تتكاثر لاجنسيًا. أي تتضاعف الجينات المفيدة على نحو أسرع عند حدوث التكاثر الجنسي مقارنة بالتكاثر اللاجنسي.



■ **الشكل 6** يوضح الترتيب الذي تصطف به أزواج الكروموسومات المتماثلة كيفية إنتاج التنوع الوراثي في الخلايا الجنسية.

القسم 1 مراجعة

ملخص القسم

- يتضاعف الـ DNA مرة واحدة فقط أثناء الانقسام المنصّف وينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.
- يحتوي الانقسام المنصّف على مرحلتين من الانقسامات.
- ينتج عن الانقسام المنصّف تنوع وراثي في الأمشاج.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **حلّل** كيف يُنتج الانقسام المنصّف الأمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية. الفكرة الرئيسة
2. **أشِر** إلى الطريقة التي يختلف بها الطور الاستوائي الأول عن الطور الاستوائي في الانقسام المتساوي.
3. **صِف** كيف يحدث التشابك.
4. **ارسم** خلية تحوي أربعة كروموسومات تمر بانقسام منصّف.
5. **قوّم** كيف يسهم الانقسام المنصّف في التنوع الوراثي، في حين لا يسهم فيه الانقسام المتساوي.

التفكير الناقد

6. **قارن وقابل** بين الانقسام المتساوي والانقسام المنصّف مستعينًا **بالشكل 5** **والجدول 1**، عن طريق إنشاء مخطط فِن. الكتابة في علم الأحياء
7. تخيل أنك كروموسوم يمر بعملية الانقسام المنصّف. صِف ما يحدث لك وللكروموسومات الأخرى.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

علم الوراثة المندلية

الأسئلة الرئيسة

- ما أهمية تجارب مندل في دراسة علم الوراثة؟
- ما قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر؟
- ما احتمالات الأبناء الناتجة عن التزاوج مستخدمًا مربع بانيت؟

مفردات للمراجعة

الانعزال segregation: انفصال الجينات الأليلية أثناء الانقسام المنصف

مفردات جديدة

علم الوراثة	genetics
الأليل	allele
السائد	dominant
المتنحي	recessive
متماثل الجينات	homozygous
متخالف الجينات	heterozygous
الطراز الجيني	genotype
الطراز الظاهري	phenotype
قانون الانعزال	law of segregation
الهجين	hybrid
قانون التوزيع الحر	law of independent assortment

الفكرة الرئيسة **وضّح مندل كيف يمنع أليل سائد ظهور أثر أليل متنحٍ.**

الربط مع الحياة اليومية للكلاب سلالات عديدة، منها كلاب الصيد اللبرادور وكلاب الدشهند الألمانية وكلاب الرعاة الألمانية وكلاب البودل. قد يفضل البعض سلالة كلاب معينة، إما لطولها أو للون جلدها أو لمظهرها العام. تنتقل هذه الصفات الوراثية من جيل إلى جيل.

كيف بدأ علم الوراثة

في عام 1866، نشر مربي النباتات النمساوي جريجور مندل نتائجه عن طريقة الوراثة في نباتات بازلاء الحدائق. ويُطلق على انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل اسم الوراثة. نجح مندل الذي يظهر في **الشكل 7**، في حل لغز الوراثة بسبب نوع الكائن الحي الذي اختاره للدراسة، وهو نبات البازلاء. فنبات البازلاء من سلالات النباتات النقية بمعنى أنه يمتاز بإنتاجه المستمر لنسلٍ يحمل شكلًا واحدًا من الصفة.

يتكاثر نبات البازلاء عادةً بالتلقيح الذاتي. كما هو الحال في العديد من النباتات الزهرية، يحدث الإخصاب الذاتي عندما يتحد مشيج ذكري مع مشيج أنثوي من الزهرة نفسها. كذلك اكتشف مندل إمكانية حدوث التلقيح الخلطي في نبات البازلاء يدويًا، فقام بنقل مشيج ذكري من زهرة نبتة بازلاء إلى عضو التكاثر المؤنث في زهرة نبتة بازلاء أخرى.

الربط بالتاريخ تتبّع مندل الصفات الوراثية المتنوعة في نباتات البازلاء التي هجنها. ثم حلل نتائج تجاربه ووضع فرضية تتعلق بكيفية توارث الصفات. بدأت دراسة **علم الوراثة** وهو علم انتقال الصفات الوراثية، على يد مندل الذي يُعتبر مؤسّسه.

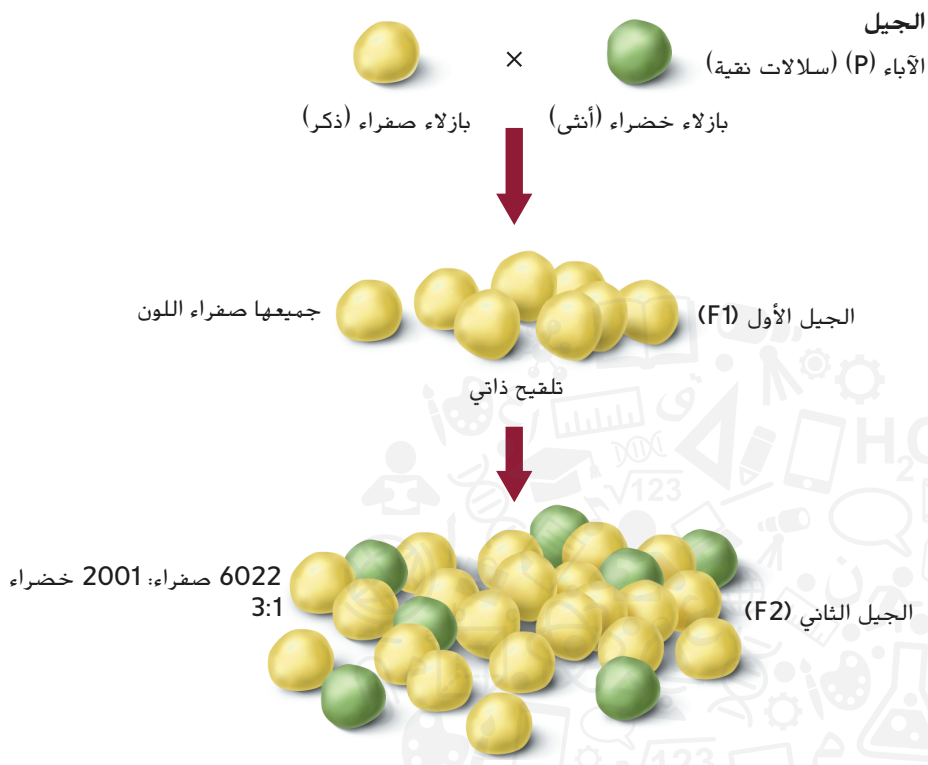
التأكد من فهم النص **استدلّ** ما أهمية استخدام مندل لسلالات نقية من نبات البازلاء في تجاربه؟

وراثة الصفات

لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات بازلاء الحدائق تنتج أشكالًا محددة من الصفة الوراثية جيلًا بعد جيل. فقد لاحظ مثلًا أن بعض السلالات تنتج حبوبًا خضراء دائمًا، وبعضها الآخر ينتج حبوبًا صفراء دائمًا. ولكي يفهم كيفية توارث هذه الصفات، أجرى مندل تلقيحًا خلطيًا بنقل الأمشاج الذكرية من زهرة نبتة بازلاء خضراء الحبوب نقية السلالة إلى عضو التأنيث في زهرة نبتة بازلاء أخرى صفراء الحبوب نقية السلالة. وقد أزال مندل أعضاء التذكير من زهرة نبتة البازلاء صفراء الحبوب تجنبًا لحدوث التلقيح الذاتي. أطلق مندل على حبوب نباتات البازلاء الخضراء والصفراء اسم جيل الآباء، ويُرمز إليه بالحرف P.

الشكل 7 جريجور مندل المعروف بمؤسس علم الوراثة.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 8** يبين الشكل نتائج عملية التلقيح الخلطي التي قام بها مندل بين نبتات بازلاء نقية السلالة ذات حبوب صفراء وخضراء اللون.
اشرح لماذا كانت كل الحبوب في ذرية الجيل الأول F_1 صفراء اللون؟

الجيل الأول F_1 والجيل الثاني F_2 عندما قام مندل بزراعة الحبوب الناتجة عن تلقيح نبات أصفر الحبوب مع نبات أخضر الحبوب، كانت كل الذرية الناتجة صفراء الحبوب. تُسمّى الذرية الناتجة عن تزاوج الآباء الجيل الأول (F_1). ويبدو أن صفة الحبوب الخضراء اختفت في الجيل الأول F_1 فقرر مندل أن يتحقق مما إذا كانت الصفة قد اختفت نهائيًّا أو طمست.

قام مندل بزراعة ذرية من الجيل الأول F_1 الأصفر الحبوب، وتركها تنمو وتخصّب ذاتيًا، ثم تفحّص الحبوب الناتجة عن هذا التلقيح. يبين **الشكل 8** نبات الجيل الثاني (F_2)؛ أي النسل الناتج عن تلقيح الجيل الأول F_1. وقد جمع مندل الحبوب فوجد 6022 حبة صفراء و 2001 حبة خضراء، وهي تقريبًا النسبة الذهبية 3:1 من الحبوب الصفراء إلى الخضراء.

درس مندل سبع صفات وراثية مختلفة، هي لون الحبة ولون الزهرة ولون القرن وشكل الحبة أو ملمسها وشكل القرن وطول الساق وموقع الزهرة، ووجد أن نباتات الجيل الثاني F_2 الناتجة عن عمليات التلقيح أظهرت أيضًا نسبة الـ 3:1.

أزواج الجينات استنتج مندل أنه لا بد من وجود شكلين لصفة الحبوب في نبات البازلاء، هما: الحبوب الصفراء والحبوب الخضراء وكل شكل يتحكم فيه عامل يُسمى الأليل. إن **الأليل** هو شكل آخر لجين مفرد ينتقل من جيل إلى آخر. لذا فإن كلًّا من الأليل المسؤول عن الحبوب الصفراء والأليل المسؤول عن الحبوب الخضراء هو شكل مختلف لجين واحد.

استنتج مندل أن نسبة الـ 3:1 التي لاحظها أثناء تجاربه يمكن تفسيرها إذا كانت الأليلات موجودة في أزواج في كل النباتات، وأطلق على شكلي الصفة الاسمين التاليين: **السائد** للشكل الذي ظهر في الجيل الأول F_1، و**المتنحي** للشكل الذي طُمس في الجيل الأول F_1. عند تلقيح نبتات صفراء الحبوب مع نباتات خضراء الحبوب، كانت الحبوب الصفراء هي الشكل السائد من الصفة في حين كانت الحبوب الخضراء هي الشكل المتنحي من الصفة.

مهن مرتبطة بعلم الأحياء

فني مختبر الوراثة يساعد فني مختبر الوراثة الباحثين في إجراء التجارب والمحافظة على سلامة المختبر.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

السيادة عند ترك نسل الجيل الأول F_1 تلقح ذاتيًا، أظهر مندل أن الأليل المتنحي في الحبوب الخضراء لم يختفِ بل طُمس. فاستنتج مندل أن صفة الحبوب الخضراء لم تظهر في نسل الجيل الأول F_1 لأن صفة البذور الصفراء سائدة وطغت على الأليل المسؤول عن صفة الحبوب الخضراء.

عند النمذجة في الوراثة، يُرمز إلى الأليل السائد بحرف كبير في حين يُرمز إلى الأليل المتنحي بحرف صغير. ويُطلق على الكائن الحي الذي يحمل زوجًا من الأليلات نفسها لصفة محددة اسم **متماثل الجينات (نقية)**. رمز النبتات الصفراء الحبوب المتماثلة الجينات هو *YY* ورمز النبتات الخضراء الحبوب المتماثلة الجينات هو *yy*. ويُطلق على الكائن الحي الذي يحمل أليلين مختلفين لصفة معينة اسم **متخالف الجينات (هجين)** وفي هذه الحالة يكون رمزه *Yy*. عندما تكون الأليلات متخالفة، تظهر الصفة السائدة.

الطراز الجيني والطراز الظاهري قد تكون النبتات الصفراء الحبوب متماثلة الجينات أو متخالفة الجينات. ولا يشير المظهر الخارجي للكائن الحي دائمًا إلى نوع زوج الأليلات الموجود فيه. ويُطلق على أزواج الأليلات في الكائن الحي اسم **الطراز الجيني**. إن الطراز الجيني في حالة النباتات الصفراء الحبوب هو إما *YY* أو *Yy*. أما الخصائص والصفات المظهرية الناتجة عن أزواج الأليلات، فتُسمى **الطراز الظاهري**. فالطراز الظاهري لنبات بازلاء طرازه الجيني *yy* هو الحبوب الخضراء.

قانون الانعزال لمندل استخدم مندل نبتات صفراء الحبوب وأخرى خضراء الحبوب متماثلة الجينات في عملية تزاوج الآباء. يبيّن الجزء العلوي من **الشكل 9A**، أن كل مشيج من النبتات صفراء الحبوب يحتوي على *Y* واحد. تذكّر أن عدد الكروموسومات ينقسم إلى النصف أثناء الانقسام المنصّف. وتحوي الأمشاج الناتجة أليلًا واحدًا من زوج أليلات لون الحبوب.

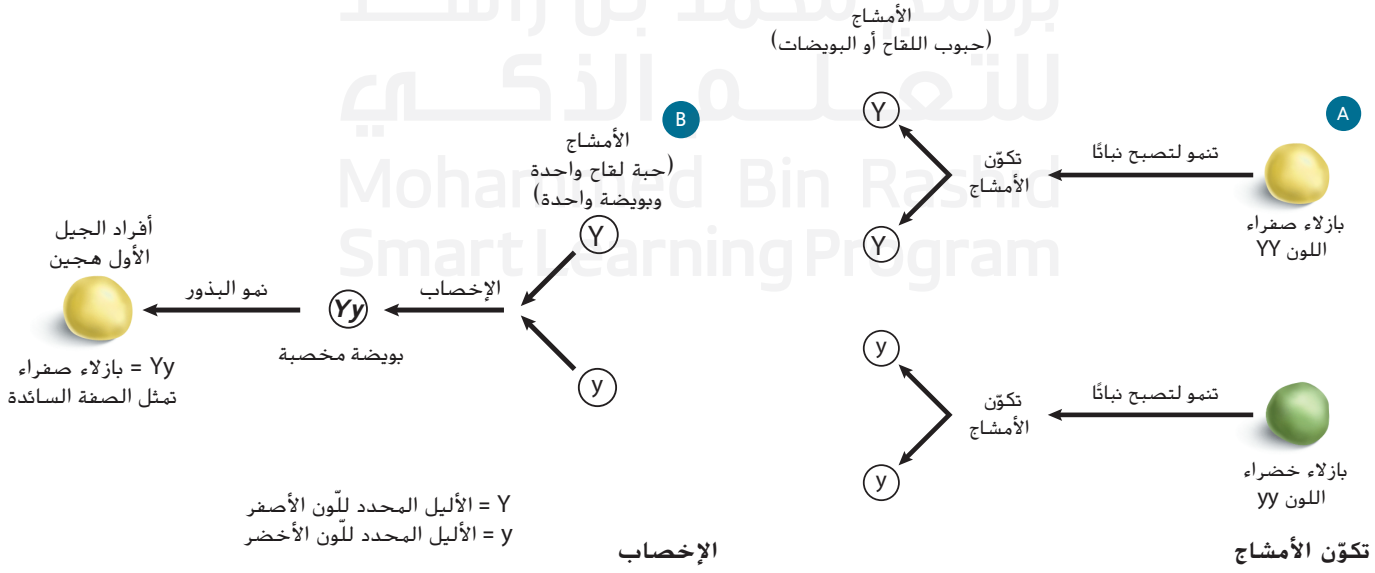
أما الجزء السفلي من **الشكل 9A**، فيبين أن كل مشيج من النبات الأخضر الحبوب يحتوي على أليل *y* واحد. ينص **قانون الانعزال** لمندل على أن زوج الأليلات المكوّن للصفة الواحدة ينفصل أثناء الانقسام المنصّف. وفي أثناء الإخصاب، يتحد أليلان للصفة نفسها مرة أخرى.

يبين الجزء الثالث من **الشكل 9B** اندماج الأليلات لإنتاج الطراز الجيني *Yy* أثناء الإخصاب. ويكون لكل من نبتات الجيل الأول F_1 الطراز الجيني *Yy* وتكون حبوبها صفراء لأن اللون الأصفر سائد على اللون الأخضر. وتسمى الكائنات الحية المتخالفة الجينات **الكائنات الهجينة**.

المفردات

أصل الكلمة

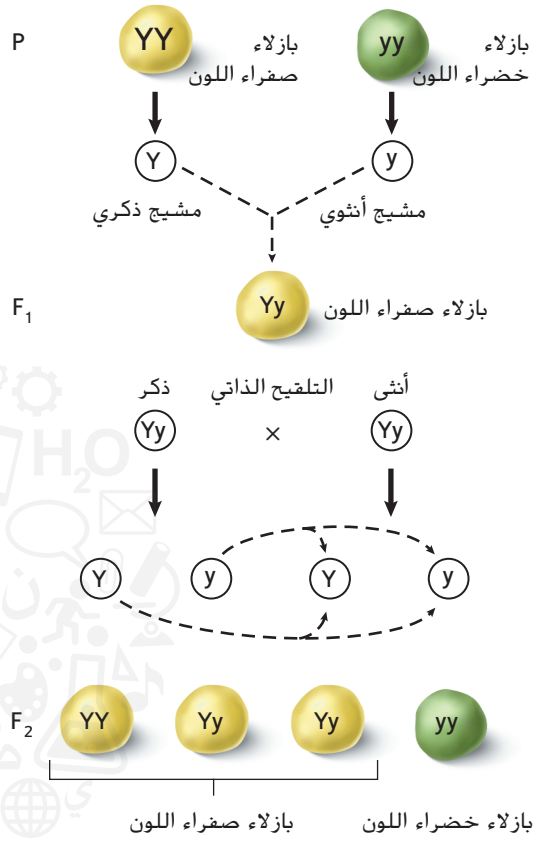
متماثل الجينات homozygous
ومتخالف الجينات heterozygous
الكلمة الأولى مشتقة من الكلمة اليونانية *homos* وتعني الشيء نفسه؛ أما الكلمة الأخرى *hetero*، فتعني الآخر أو المختلف؛ و *zygon* تعني الربط.



■ **الشكل 9** ينفصل الأليلان أثناء تكوّن الأمشاج في نبات طرازه الجيني *YY* أو *yy*. فتنتج أمشاج تحمل الجين *Y* أو *y*. وتتحد الأمشاج من كلا الأبوين أثناء الإخصاب.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 10** أثناء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول F_1، تلقح الأمشاجُ الذكرية الأمشاجَ الأنثوية عشوائيًا.

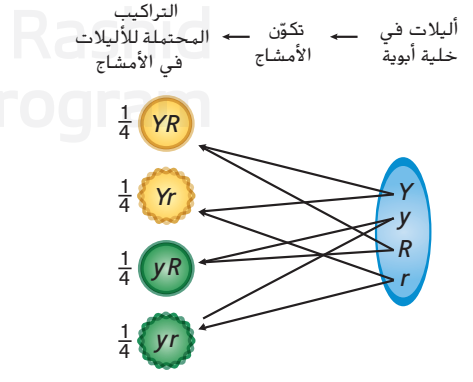
تزاوج أحادي التهجين يبين الرسم الموجود في **الشكل 10** تجربة مندل التي ترك فيها النباتات التي تحمل الطراز الجيني *Yy* تتلقح ذاتيًا. ويطلق على تزاوج كهذا، يتضمن (فردين أو نباتين) هجينَين. يختلفان في صفة وراثية واحدة، اسم تزاوج أحادي التهجين. تنتج النباتات الحاملة للطراز الجيني *Yy* نوعين من الأمشاج، هما الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية وكل واحد منهما يحمل الأليل *Y* أو *y*. وتتحد هذه الأمشاج عشوائيًا. وينتج عن هذا الإخصاب العشوائي الطرز الجينية التالية: *YY* أو *Yy* أو *Yy* أو *yy*، كما هو موضح في **الشكل 10**. لاحظ أن أليل *Y* السائد يُكتب أولًا سواء كان من المشيج الذكري أو الأنثوي. وينتج عن عملية تلقيح الجيل الأول F_1، ثلاثة طرز جينية محتملة هي: *YY* و *Yy* و *yy*؛ ونسبة الطرز الجينية 1:2:1. أما نسبة الطرز الظاهرية، فهي 3:1 صفراء الحبوب إلى خضراء الحبوب.

تزاوج ثنائي التهجين بعد أن أثبت مندل نمط وراثة الصفة الواحدة بدأ يختبر وراثة صفتين أو أكثر في النبات نفسه. وفي نبات بازلاء الحدائق، تُعد صفة الحبوب المستديرة *(R)* سائدة على الحبوب المجعدة *(r)*، والحبوب الصفراء *(Y)* سائدة على الحبوب الخضراء *(y)*. إذا قام مندل بتلقيح نبات بازلاء ذات حبوب صفراء مستديرة متماثلة الجينات مع نبات بازلاء ذات حبوب خضراء مجعدة متماثلة الجينات، فإنه يمكن تمثيل تزاوج الآباء بالطرز الجينية التالية: *yyrr* × *YYRR*. وسيكون الطراز الجيني لأفراد الجيل الأول F_1 على النحو التالي: *YyRr*، نباتات ذات حبوب صفراء مستديرة. ويطلق على نباتات الجيل الأول F_1 اسم ثنائية التهجين؛ لأن جيناتها غير متماثلة لكلتا الصفتين.

قانون التوزيع الحر ترك مندل نسل الجيل الأول F_1 من نبات البازلاء التي تحمل الطراز الجيني *YyRr* تتلقح ذاتيًا في عملية تزاوج ثنائي التهجين. ثم قام بحساب نسبة الطرز الجينية والطرز الظاهرية للأبناء في كل من الجيل الأول F_1 والجيل الثاني F_2. وتوصل استنادًا إلى هذه النتائج إلى **قانون التوزيع الحر**، الذي ينص على أن التوزيع العشوائي للأليلات يحدث أثناء تكوّن الأمشاج. فتتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر أثناء عملية الانقسام المنصّف.

وكما يبين **الشكل 11**، ينتج عن التوزيع العشوائي للأليلات أربعة أمشاج محتملة، هي: *YR* أو *Yr* أو *yR* أو *yr*، واحتمالات حدوثها متساوية. وعندما يتم التلقيح الذاتي للنبات، يحتمل وجود أي من مجموعات الأليلات الأربع في المشيج الذكري، وفي المشيج الأنثوي كذلك. واشتملت نتائج التزاوج ثنائي التهجين الذي قام به مندل على تسعة طرز جينية مختلفة هي: *YYRR* و *YYRr* و *YYrr* و *YyRR* و *YyRr* و *Yyrr* و *yyRR* و *yyRr* و *yyrr*. أجرى مندل عمليات حسابية وسجل أربعة طرز ظاهرية مختلفة هي: 315 صفراء مستديرة و 108 خضراء مستديرة و 101 صفراء مجعدة و 32 خضراء مجعدة. ومثلت هذه النتائج نسبة الطرز الظاهرية التقريبية التالية: 9:3:3:1.

التأكد من فهم النص **قيّم** كيف يمكن لتوزيع الأليلات العشوائي أن ينتج نسبة يمكن توقعها؟

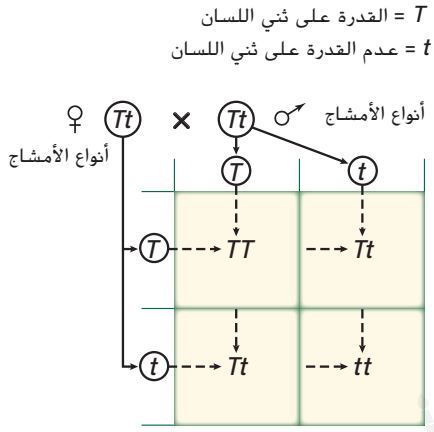


■ **الشكل 11** يتضح قانون التوزيع الحر في التزاوج ثنائي التهجين الذي يوفر فرصة متساوية لكل زوج من الأليلات *(Yy* و *Rr)* بأن تتحد عشوائيًا بعضها مع بعض.
توقع عدد أنواع الأمشاج المحتملة المنتجة.

مربعات بانيت

في بدايات القرن العشرين، وضع الدكتور ريجنالد بانيت ما يُعرف باسم مربع بانيت لتوقع الأبناء المحتملين والناتجين عن التزاوج بين طرازين جينيَّين معروفين. وقد سهّل مربع بانيت تتبُّع الطرز الجينية المحتملة في التزواج.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 12** تُعد قدرة الفرد على ثني لسانه صفة سائدة. يعد مربع بانيت ملخصًا مرئيًا لاحتمالات ارتباط الأليلات الخاصة بصفة ثني اللسان.

مربع بانيت – تزاوج أحادي التهجين هل تستطيع ثني لسانك مثل الشخص الموجود في **الشكل 12**؟ القدرة على ثني اللسان صفة سائدة، يرمز إليها بالحرف *T*. افترض أن كلا الوالدين يستطيعان ثني لسانهما، وهما متخالفا الجينات (*Tt*). فما الطرز الظاهرية المحتملة لأبنائهما؟

تفحص مربع بانيت في **الشكل 12**. يتحدد عدد المربعات بعدد أنواع الأليلات المختلفة، *T* أو *t* التي ينتجها كل واحد من الأبوين. وفي هذه الحالة يتكون من مربعين × مربعين لأن كل واحد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج. لاحظ أن المشيج الذكري يُكتب على الجانب الأفقي، في حين يُكتب المشيج الأنثوي على الجانب الرأسي لمربع بانيت. وتُكتب احتمالات ارتباط المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي داخل كل مربع مقابل.

تجربة مصغرة 1

توقع الاحتمالات في علم الوراثة

كيف يمكن توقّع صفات الأبناء؟ يساعد مربع بانيت على توقع نسب الصفات السائدة إلى الصفات المتنحية في الطرز الجينية للأبناء. وتشمل هذه التجربة أبوين متخالفي الجينات لصفة شحمة الأذن الحرة (E)، وهي صفة سائدة. أما الصفة المتنحية، فهي شحمة الأذن الملتصقة (e).

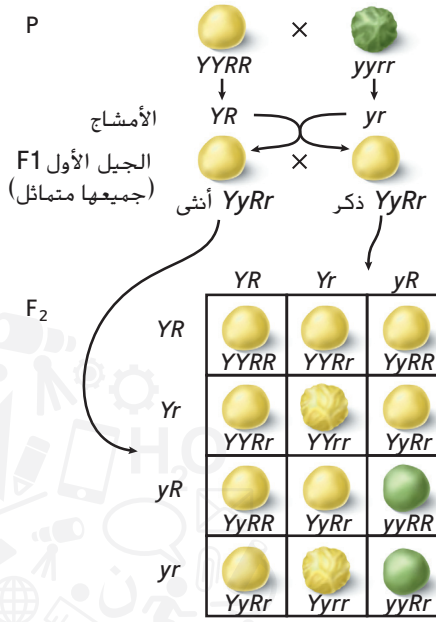
الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. حدد الطراز الجيني (الطرز الجينية) لأمشاج هذه الصفة التي ينتجها كل من الأبوين.
3. ارسم مربع بانيت بحيث يكون عدد أعمدته وصفوفه مساويًا لعدد الأليلات التي تنتج من أمشاج كل من الأبوين لهذه الصفة.
4. اكتب الحرف الذي يرمز إلى كل أليل من أحد الأبوين فوق كل عمود في مربع بانيت. واكتب حرف كل أليل من الأب الآخر على يسار كل صف.
5. في خانات الجدول، اكتب الطرز الجينية للأبناء الناتجة عن كل اتحاد للأليلات المذكرة والمؤنثة.

التحليل

1. **لخّص** الطرز الظاهرية المحتملة للأبناء.
2. **قيّم** نسبة الطرز الظاهرية للأبناء المحتملين. ما نسبة الطرز الجينية للأبناء المحتملين؟

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



النوع	الطراز الجيني	الطراز الظاهري	العدد	نسبة الطراز الظاهرية
الآباء	Y_R_	صفراء مستديرة	315	9:16
إعادة الارتباط الجيني	yyR_	خضراء مستديرة	108	3:16
إعادة الارتباط الجيني	Y_rr	صفراء مجعدة	101	3:16
الآباء	yyrr	خضراء مجعدة	32	1:16

■ **الشكل 13** يوضح التزاوج ثنائي التهجين في مربع بانيت بشكل مرئي احتمالات ارتباط الأليلات لكل واحد من الأبوين.

ما عدد الطرز الجينية المختلفة التي نجدها في مربع بانيت؟ يوجد الطراز الجيني *TT*، في مربع واحد والطراز الجيني *Tt*، في مربعين آخرين، وفي المربع الأخير يوجد الطراز الجيني *tt*. لذا فإن نسبة الطرز الجينية للأبناء المحتملين هي 1:2:1. أما نسبة الطرز الظاهرية لصفة القدرة على ثني اللسان إلى عدم القدرة على ثنيه، فهي 3:1.

مربع بانيت – تزاوج ثنائي التهجين تفحّص مربع بانيت في **الشكل 13**. لاحظ وجود نوعين فقط من الأليلات في تزاوج جيل الآباء. لكن، في التزاوج ثنائي التهجين، عند تزاوج أفراد الجيل الأول F_1، تنتج أربعة أنواع من الأليلات من الأمشاج الذكرية وأربعة أنواع من الأليلات من الأمشاج الأنثوية. وكانت نسبة الطرز الظاهرية الناتجة هي 9:3:3:1 – 9 صفراء مستديرة إلى 3 خضراء مستديرة إلى 3 صفراء مجعدة إلى 1 خضراء مجعدة. فتطابقت بيانات مندل مع النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

الاحتمال

يمكن مقارنة توارث الجينات باحتمالات رمي قطعة نقدية. فاحتمال ظهور الوجه الذي يحمل الصورة هو 1 من 2 أو 1/2. وإذا رميت القطعة النقدية مرتين، فاحتمال ظهور الصورة هو 1/2 في كل مرة، أو 1/2 × 1/2 أو 1/4 في المرتين.

وقد لا تتطابق البيانات الحقيقية بدقة مع النسب المتوقعة. أنت تعلم أنك إذا رميت القطعة النقدية، فقد لا تحصل على الوجه الذي يحمل الصورة مرة واحدة من كل مرتين. لذا لم تكن نتائج مندل مساوية تمامًا للنسبة 9:3:3:1. لكن مع زيادة عدد الأبناء الناتجين عن التزاوج، تزداد احتمالية تطابقهم مع النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

القسم 2 مراجعة

ملخص القسم

- أول من درس علم الوراثة هو العالِم جريجور مندل، الذي ألقت تجاربه على نبات بازلاء الحدائق الضوءَ على وراثة الصفات.
- وضع مندل قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقّع الأبناء المحتملين من التزاوج.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **مخطط** استخدم مربع بانيت لتوضح كيفية منع الأليل السائد ظهور أثر الأليل المتنحي.
2. **طبّق** قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر بإعطاء مثال على كل منهما.
3. **استخدم مربع بانيت** في ذبابة الفاكهة، صفة العيون الحمراء *(R)* سائدة على صفة العيون الوردية *(r)*. فما نسبة الطرز الظاهرية الناتجة عن تزاوج ذكر متخالف الجينات مع أنثى ذات عيون وردية؟

التفكير الناقد

4. **قيّم** أهمية تجارب مندل في حقل علم الوراثة.

الرياضيات في علم الأحياء

5. ما احتمال الحصول على الرقم 2 عند رمي مكعب سداسي الأوجه؟ ما احتمال الحصول على الرقم 2 عند رمي مكعبين؟ كيف يُستخدم الاحتمال في دراسة علم الوراثة؟

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الأسئلة الرئيسة

- كيف تُنتج عملية الانقسام المنصف تراكيب جينية جديدة؟
- كيف يمكن استخدام ارتباط الجينات في إنشاء خرائط كروموسومات؟
- ما أهمية تعدد المجموعات الكروموسومية في مجال الزراعة؟

مفردات للمراجعة

البروتين protein: بوليمر معقد كبير ضروري للحياة إذ يساعد على بناء الأنسجة والأعضاء وقيام الخلايا بوظائفها الأيضية

مفردات جديدة

التراكيب الجينية
genetic recombination
تعدد المجموعات الكروموسومية
polyploidy

ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

الفكرة الرئيسة **تُعدّ عملية عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.**

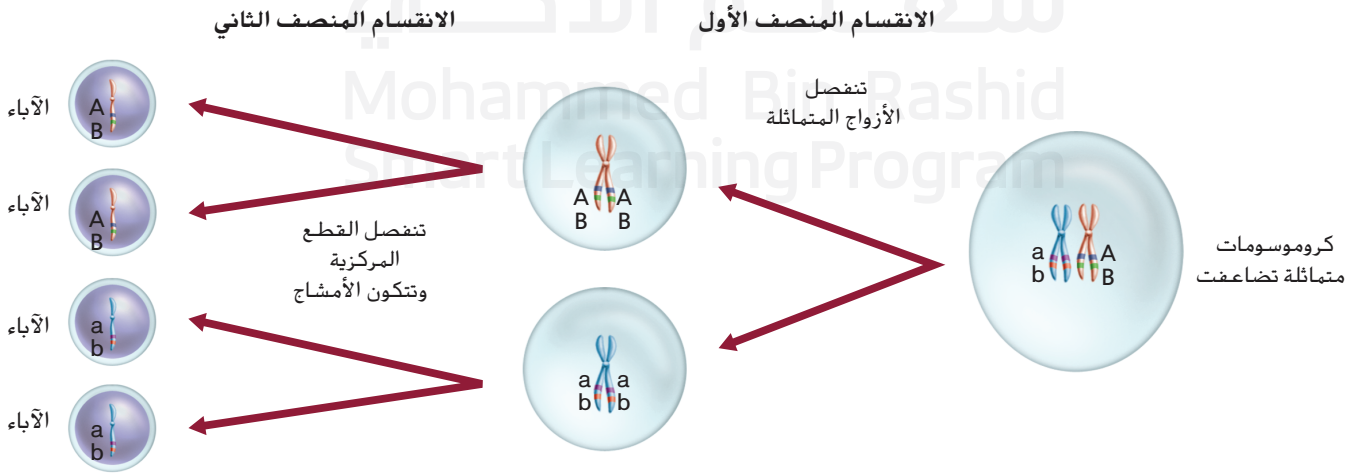
الربط مع الحياة اليومية لعلك رأيت أنواعًا مختلفة من الأزهار في الحديقة، تتنوع ألوانها ما بين الأحمر والأبيض والوردي. يستعين مربّو النباتات بمعرفة العلماء المتعلقة بالجينات لتنويع خصائص معينة بهدف إنتاج أزهار فريدة.

التراكيب الجينية الجديدة

الربط بالرياضيات يُطلق على التراكيب الجينية الناتجة عن عملية العبور والتوزيع الحر اسم **التراكيب الجينية** ويمكن حساب التراكيب الجينية المحتملة الناتجة عن التوزيع الحر باستخدام الصيغة 2^n، حيث إنّ (n) هو عدد أزواج الكروموسومات. فعلى سبيل المثال، يحتوي نبات البازلاء على سبعة أزواج من الكروموسومات. لذا فإن التراكيب الجينية المحتملة له هي 2^7 أو 128 تركيبًا. وبما أنّ أي مشيج ذكري يمكن أن يلقّح أي مشيج أنثوي آخر، فإن العدد المحتمل للتراكيب بعد الإخصاب هو 16,384 أو (128 × 128). أما لدى الإنسان، فإن العدد المحتمل من التراكيب بعد الإخصاب هو $2^{23} \times 2^{23}$، أي أكثر من 70 تريليونًا. ولا يشمل هذا العدد كمّ التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن عملية العبور.

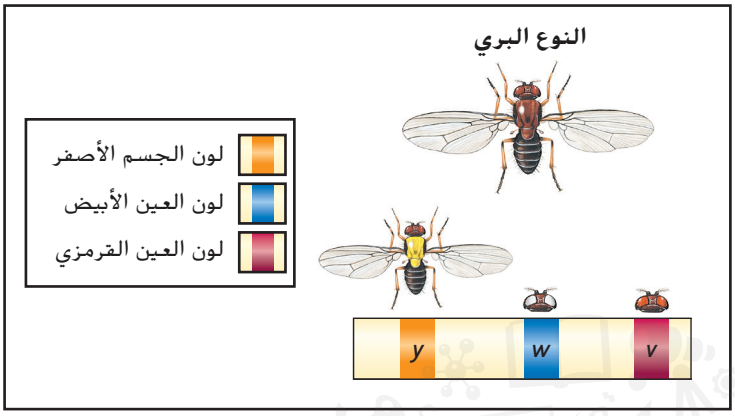
ارتباط الجينات

تحتوي الكروموسومات على جينات متعددة مسؤولة عن بناء البروتينات. وتسمى الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه بالجينات المترابطة، وعادةً ما تنتقل معًا أثناء تكوّن الأمشاج. في **الشكل 14** لاحظ الجينين المرتبطين A و B أثناء عملية الانقسام المنصّف. إن ارتباط الجينات على الكروموسوم يُعدّ استثناء لقانون التوزيع الحر لمندل لأن الجينات المترابطة لا تنفصل عادةً بشكل مستقل.



الشكل 14 تنتقل الجينات المرتبطة، على الكروموسوم نفسه، بعضها مع بعض إلى الأمشاج.
احسب عدد التراكيب الجينية المحتملة إذا اندمج اثنان أو ثلاثة من هذه الأمشاج معًا.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



■ **الشكل 15** أُنشئت الخريطة الكروموسومية للكروموسوم X في ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* عام 1913.

تمت دراسة ارتباط الجينات للمرة الأولى باستخدام ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*. وأكدت آلاف عمليات التزاوج أن الجينات المرتبطة تنتقل معًا أثناء الانقسام المنصّف. ومع ذلك، فقد كشفت بعض النتائج أن الجينات المرتبطة لا تنتقل دائمًا معًا أثناء الانقسام المنصّف. لذا استنتج العلماء أن الجينات المرتبطة قد تنفصل أثناء عملية العبور.

خرائط الكروموسومات تحدث عملية العبور في الجينات البعيدة بعضها عن بعض أكثر من حصولها في الجينات القريبة بعضها من بعض. ويبيّن الرسم الذي يُسمى خريطة الكروموسومات ترتيب الجينات على الكروموسوم. ويمكن رسمها باستخدام بيانات عملية العبور. نُشرت أول خريطة كروموسومات عام 1913 باستخدام بيانات آلاف من عمليات تزاوج ذبابة الفاكهة. لا تمثل النسب المئوية لخريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم، لكنها تمثل المواقع النسبية للجينات. ويبيّن **الشكل 15** أول خريطة كروموسومات أُنشئت باستخدام بيانات ذبابة الفاكهة. لاحظ أن تكرار عملية العبور يزداد مع ازدياد المسافة بين الجينين.

تجربة مصغرة 2

إنشاء خريطة الكروموسومات

أين تقع الجينات على الكروموسوم؟ إن تكرار عملية العبور مرتبط بالمسافة بين جينين على الكروموسوم.

يمكن تحديد الموقع النسبي للجين من خلال مقارنة بيانات عدّة أزواج من الجينات.

الإجراءات

1. حدد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. احصل على جدول لتكرار عملية عبور أزواج الجينات من معلمك.
3. ارسم خطًّا على ورقة وضع عليه علامات يبعد بعضها عن بعض 1 cm على أن تمثل كل علامة تكرار عملية عبور نسبته 1%.
4. عنون إحدى العلامات بالقرب من منتصف الخط بالحرف *A*. وقم بإيجاد تكرار عملية العبور بين الجينين A و B في الجدول، واستخدم هذه البيانات في تحديد الموقع الصحيح للنقطة B بالنسبة للنقطة A.
5. استخدم بيانات تكرار عملية العبور بين كل من الجينين A و C والجينين B و C للاستدلال على موقع الجين C.
6. كرر الخطوتين 4 و 5 لكل جين، واضعًا علامة تحدد مواقعها على الخط.

التحليل

1. **قيّم** ما إذا كان يمكن معرفة موقع جين ما على الكروموسوم باستخدام البيانات المتعلقة بجين واحد آخر فقط.
2. **فكّر** في أهمية استخدام عدد أكبر من بيانات العبور للحصول على تحديد أكثر دقة لمواقع الكروموسومات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

القهوة (4n)

الفراولة (8n)

■ **الشكل 16** نباتات تجارية متنوعة، مثل الفراولة والبن، وهي متعددة المجموعات الكروموسومية.

أثناء التزاوج، يرتبط تبادل الجينات مباشرةً بتكرار حدوث عملية العبور بينها. ويرتبط هذا التكرار بالمسافة النسبية بين الجينين. وتساوي وحدة الخريطة الواحدة بين جينين 1% من عملية العبور التي تحدث بينهما. إن احتمال تكرار حدوث عملية العبور بين الجينات الأكثر تباعداً يكون أكبر.

تعدد المجموعات الكروموسومية

تحتوي معظم الأنواع على خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية، لكنّ بعضها يحتوي على خلايا متعددة المجموعات الكروموسومية. إن **تعدد المجموعة الكروموسومية** هو وجود مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من كروموسومات الكائن الحي. فعلى سبيل المثال، يُرمز إلى الكائن الحيّ ثلاثيّ المجموعة الكروموسومية بالرمز $3n$، ويعني ذلك أنه يحتوي على ثلاث مجموعات كاملة من الكروموسومات. ونادرًا ما يحدث تعدد المجموعات الكروموسومية لدى الحيوانات. أما لدى الإنسان، فيؤدي تعدد المجموعات الكروموسومية الى الموت المحتّم.

واحدة تقريبًا من كل ثلاثة أنواع من النباتات الزهرية هي متعددة المجموعات الكروموسومية. ينتقي المزارعون نباتات متعددة المجموعات الكروموسومية لما تتميز به من خصائص مرغوب فيها. ويُعد كل من القمح $(6n)$ والشوفان $(6n)$ وقصب السكر $(8n)$ من المحاصيل الواسعة الاستهلاك والمتعددة المجموعات الكروموسومية. يبيّن **الشكل 16** نباتات متعددة المجموعات الكروموسومية وهي تمتاز غالبًا بصلابتها وحجمها الكبير.

القسم 3 مراجعة

ملخص القسم

- تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور والتوزيع الحر.
- رُسمت خرائط الكروموسومات الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم.
- لدى الكائنات الحية متعددة المجموعات الكروموسومية مجموعة إضافية واحدة أو أكثر تتضمّن كل الكروموسومات.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حلّل** علاقة عملية العبور بالتنوع.
2. **ارسم** افترض أن الجينين C و D مرتبطان على كروموسوم واحد والجينين c و d مرتبطان على كروموسوم آخر. إذا افترضنا عدم حدوث عملية العبور، ارسم الخلايا الوليدة الناتجة عن الانقسام المنصّف، مبينًا الكروموسومات ومواقع الجينات.
3. **صِف كيف يُستخدم تعدد المجموعات الكروموسومية في مجال الزراعة.**

التفكير الناقد

4. **ارسم** خريطة كروموسومات للجينات A و B و C و D مستخدمًا بيانات عملية العبور التالية: من A إلى $D = 25\%$؛ من A إلى $B = 30\%$؛ من C إلى $D = 15\%$؛ من B إلى $D = 5\%$؛ من B إلى $C = 20\%$.
5. **قيّم** ما المزايا التي يوفرها تعدد المجموعات الكروموسومية لمربّي النباتات؟

الكتابة في علم الأحياء

6. اكتب قصة قصيرة تصف فيها مجتمعًا يخلو من التنوع الوراثي.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

اكتشافات في الأحياء

علاج جديد لداء باركنسون؟

ذات صباح، استيقظ الممثل مايكل جاي فوكس وهو يشعر بارتعاشات في خنصر يده. في البداية تجاهل هذا العَرَض الغريب. لكن بعد عام، شُخِّصت حالته بأنها بداية لداء باركنسون، وهو داء موهن للقوى، يتسبب في ظهور أعراض من بينها فقدان القدرة على التحكم في حركات الجسم. عادةً، يصيب هذا الداء الأشخاص في عمر الستين تقريبًا، لكن فوكس كان في الثلاثين من عمره عندما أصيب به.

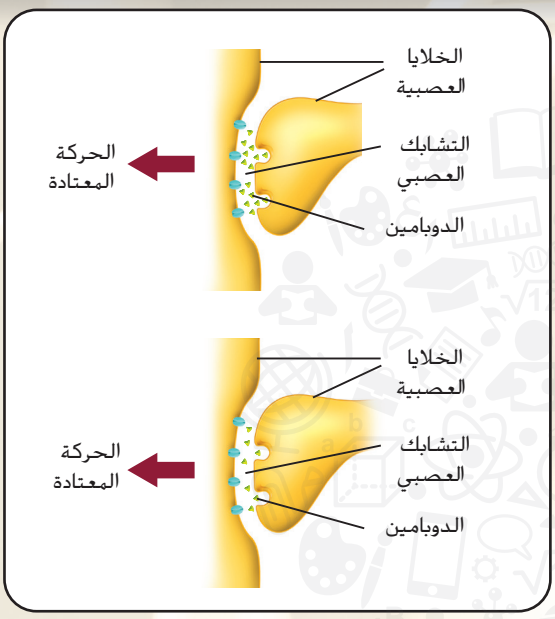
وتجمع مؤسسات مثل مؤسسة داء باركنسون (PDF) وغيرها من المؤسسات التي تتعلق بداء باركنسون، الأموال لإجراء أبحاث حول هذا الداء. ويدرس مشروع حديث مموّل من قِبل مؤسسة داء باركنسون علاجًا جديدًا قد يخفف من أعراض هذا الداء، من خلال الاستعانة بخلايا من جلد الشخص المصاب.

ما هو داء باركنسون؟ هو داء يقتل الكروموسومات الموجودة في الدماغ أو يتلفها. تتحكم هذه الكروموسومات بحركة العضلات عبر ناقل عصبي يُسمى الدوبامين، وهو ينقل الرسائل بين الكروموسومات. ويعاني الأفراد المصابون بهذا الداء من مشكلات تتعلق بالتحكم بحركات العضلات وتيبّسها و من مشكلات في التوازن وتناسق الحركة. تكون الأعراض طفيفة في البداية لكنها تسوء مع مرور الوقت. ولا يوجد علاج حتى الآن لهذا الداء. فضلاً عن ذلك، لا يعرف العلماء الأسباب التي تؤدي إلى ظهوره. ترتبط بعض حالات هذا الداء بجينات تعرّضت إلى طفرات وبظهور تكتلات البروتين في خلايا الدماغ وبعوامل بيئية.

البحث عن علاج يعالج الأطباء أعراض داء باركنسون عادةً باستخدام مجموعة من الأدوية أو بإجراء جراحة للدماغ أو باللجوء إلى العلاج الفيزيائي وعلاج النطق وغيرها من العلاجات. مؤخرًا، درس العلماء استخدام الخلايا الجذعية، وهي خلايا غير متخصصة يمكنها، في ظلّ توافر الظروف المناسبة، أن تنمو إلى خلايا متخصصة، توضع مكان كروموسومات الدماغ المتأثرة بمرض باركنسون. ويعمل العلماء في الدراسة التي موّلتها مؤسسة داء باركنسون على إنشاء الخلايا الجذعية من خلايا جلد مرضى باركنسون.

يمكن استخدام هذه الخلايا الجذعية في إنتاج الكروموسومات التي تنتج الدوبامين. ثم يقوم الأطباء بإدخال هذه الكروموسومات حديثة التكوّن في الدماغ عن طريق عملية جراحية. وبما أنّ الخلايا الجذعية هي جزء من جسم المريض نفسه، فلن يرفضها جهاز مناعته، وهو ما يحدث أحيانًا مع الخلايا أو الأعضاء التي يتبرع بها شخص آخر.

لا يزال البحث المتعلق بالخلايا الجذعية في مراحله الأولى من خلال دراسة تمهيدية يتمّ فيها إجراء اختبارات على قرود الريسوس. يأمل العلماء في أن يساعد عملهم يومًا ما في تخفيف أعراض داء باركنسون والتي تجعل منه مرضًا مدمرًا.

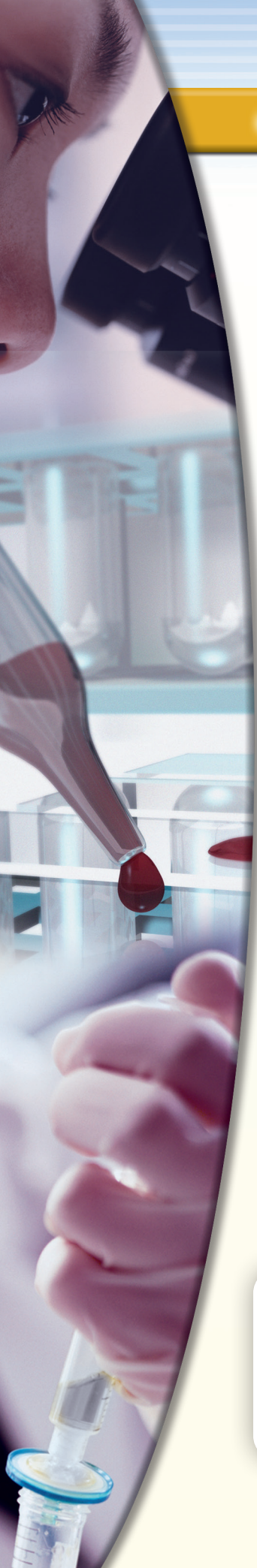


يُعد انخفاض مستويات الدوبامين مؤشرًا على مرض باركنسون. يتحكم الدوبامين بحركة العضلات.

مشاركة مجتمعية

تطوَّع قم بإجراء مقابلة مع مسؤول في إحدى الوكالات المحلية يتفهم احتياجات مرضى باركنسون. فربما يحتاج بعض المرضى إلى المساعدة في إنجاز مهامهم أو القيام بالأعمال المنزلية مثل العناية بحدائق منازلهم. ضع قائمة تضم هذه الاحتياجات لتقدمها إلى إحدى المنظمات التطوعية المحلية. تطوّع لمساعدة مرضى باركنسون، إن استطعت.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education



صمّمها بنفسك

تجربة في الأحياء

كيف تساعد الطرز الظاهرية للأبناء في تحديد الطرز الجينية للآباء؟

الخلفية: **لصفات معظم النباتات أليلات سائدة وأخرى متنحية. وقد يكون تحليل نباتات تنمو من البذور مؤشرًا جيدًا على الطرز الجينية المتوقعة للأبناء، وكذلك الطرز الظاهرية والجينية للنباتات الآباء.**

السؤال: هل يمكن تحديد الطرز الجينية والطرز الظاهرية للآباء انطلاقًا من من الطرز الظاهرية للأبناء؟

المواد

اختر مواد مناسبة لهذه التجربة.
مجموعتان من بذور النباتات، تربة للزراعة، أصص صغيرة للزراعة أو أوعية أخرى، علبة أو وعاء لرش الماء، معول صغير.

احتياطات السلامة

خطط للتجربة ونفذها

1. حدد المخاطر المتعلّقة بالسلامة في هذه التجربة قبل بدء العمل.
2. ضع فرضية تبين إمكانية استخدام الطرز الظاهرية للأبناء في استنتاج الطرز الجينية للآباء.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.
4. حدد نوع البيانات التي تحتاج إلى جمعها.
5. أنشئ جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على تجربتك قبل البدء بها.
7. نفّذ تجربتك.
8. **التنظيف والتخلص من المخلفات** تخلّص بصورة مناسبة من البذور أو النباتات التي تُعدّ أنواع دخيلة في منطقتك. لا تطرح الأنواع الدخيلة في البيئة.

حلّل واستنتج

1. **اجمع البيانات ونظمها** عُدَّ النباتات الصغيرة ذات الطرز الظاهرية المختلفة لكل مجموعة من النباتات. أنشىء رسمًا بيانيًا لبياناتك.
2. **احسب** نسبة النباتات الصغيرة المختلفة في كل مجموعة بذور.
3. **حدد** نوعين أو أكثر من عمليات التزاوج المحتملة التي أدت إلى نسبة النباتات الصغيرة التي تلاحظها.
4. **حلّل** استخدم مربع بانيت لكل تزاوج حددته في السؤال 3. حدد ما إذا كان يؤدي كل تزاوج محتمل إلى البيانات التي جمعتها.
5. **قيّم** كيفية تأثير البيانات التي جمعتها من مجموعتي البذور على نسبة النباتات الصغيرة.
6. **استنتج الخلاصات** استنادًا إلى البيانات من مجموعتي البذور الخاصة بك، اكتب قائمة بالطرز الجينية والطرز الظاهرية للنباتات الآباء.
7. **تحليل التباينات** قارن النسب التي قمت بحسابها مع نسب طالب آخر، وصِف الاختلافات فيما بينها. اجمع بياناتك مع بيانات مجموعة أخرى. استدلّ على التأثير الذي تتركه زيادة عدد البذور في نتائج التجربة.

شارك

إعداد ملصق حضّر ملصقًا يصف التجربة التي أجريتها ويعرض البيانات التي جمعتها. عند اكتمال الملصق، نظّم جلسة تناقش فيها نتائج زملائك وتقارنها بنتائجك.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 دليل الدراسة

الموضوع المحوري التنوع ينتج عن عملية الانقسام المنصّف لدى الإنسان 70 ترليون احتمال وراثي كما تضيف عملية العبور المزيد من الاحتمالات.

الفكرة الرئيسة تنتج الخلايا التناسلية، التي تنقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء، عن عملية الانقسام المنصّف.

القسم 1 الانقسام المنصّف

gene	الجين
homologous chromosome	الكروموسومات المتماثلة
gamete	المشيج
haploid	أحادي المجموعة الكروموسومية
fertilization	الإخصاب
diploid	ثنائي المجموعة الكروموسومية
meiosis	الانقسام المنصّف
crossing over	عملية العبور

الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

- يتضاعف الـ DNA مرة واحدة فقط أثناء الانقسام المنصّف وينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.
- يتألف الانقسام المنصّف من مرحلتين من الانقسامات.
- ينتج عن الانقسام المنصّف تنوع وراثي في الامشاج.

القسم 2 علم الوراثة المندلية

genetics	علم الوراثة
allele	الأليل
dominant	السائد
recessive	المتنحي
homozygous	متماثل الجينات
heterozygous	متخالف الجينات
genotype	الطراز الجيني
phenotype	الطراز الظاهري
law of segregation	قانون الانعزال
hybrid	الهجين
law of independent assortment	قانون التوزيع الحر

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيفية منع أليل سائد ظهور أثر أليل متنحٍ.

- إن أول من درس علم الوراثة هو العالِم جريجور مندل، الذي ألقت تجاربه على نبات بازلاء الحدائق الضوءَ على وراثة الصفات.
- وضع مندل قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقّع الأبناء المحتملين من تزاوج ما.

القسم 3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

التراكيب الجينية	
genetic recombination	
polyploidy	تعدد المجموعات الكروموسومية

الفكرة الرئيسة تُعدّ عملية عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.

- تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور والتوزيع الحر.
- رُسمت الخرائط الأولى للكروموسومات بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم.
- لدى الكائنات الحية متعددة المجموعات الكروموسومية مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من الكروموسومات.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

الوحدة 4 التقويم

القسم 1

مراجعة المفردات

استخدم ما تعرفه عن المصطلحات الواردة في دليل الدراسة للإجابة عن الأسئلة التالية.

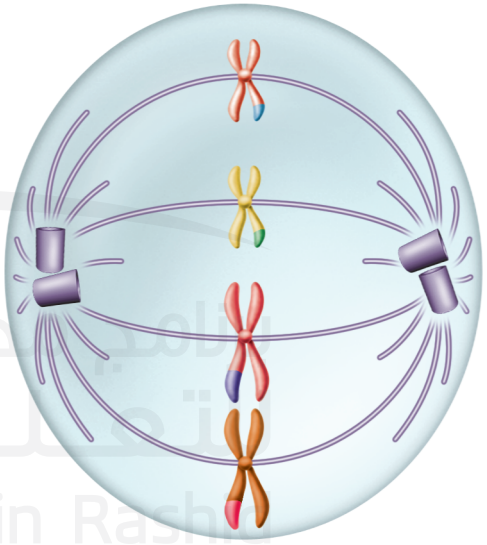
1. عندما تندمج خليتان تحملان العدد *n* من الكروموسومات، ما نوع الخلية الناتجة؟
2. في أي عملية تتكون الأمشاج؟
3. ما اسم العملية التي ينتج عنها تبادل الجينات بين الكروموسومات المتماثلة؟

فهم الأفكار الرئيسة

4. ما عدد الكروموسومات في خلية تمر بالطور الاستوائي الأول من الانقسام المنصّف إذا كانت تحتوي على 12 كروموسومًا أثناء الطور البيني؟

A. 6 **C.** 24
B. 12 **D.** 36

استخدم الرسم أدناه للإجابة عن السؤالين *5* و *6*.



5. أي من مراحل الانقسام المنصّف يمثّله الرسم أعلاه؟

A. الطور التمهيدي الأول **C.** الطور الاستوائي الأول
B. الطور التمهيدي الثاني **D.** الطور الاستوائي الثاني

6. ما الخطوة التالية للكروموسومات في الرسم أعلاه؟

A. ستمر بعملية التضاعف.
B. ستمر بعملية الإخصاب.
C. سينخفض عددها إلى النصف في كل خلية.
D. ستنقسم إلى كروماتيدات شقيقة.

7. أي مما يلي لا يُعد من خصائص الكروموسومات المتماثلة؟

A. الكروموسومات المتماثلة لها الطول نفسه.
B. الكروموسومات المتماثلة لها موقع القطعة المركزية نفسه.
C. الكروموسومات المتماثلة لها نوع الأليل نفسه على الموقع نفسه.
D. تصبح الكروموسومات المتماثلة في صورة أزواج أثناء المرحلة الأولى للانقسام المنصّف.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

8. الفكرة الرئيسة اربط بين المصطلحات التالية في جملة أو اثنتين: الانقسام المنصّف، والأمشاج والإخصاب.
9. ليس للخلايا النباتية مريكزات. ضع فرضية تفسر سبب عدم حاجة الخلايا النباتية إلى مريكزات في عملية الانقسام المتساوي أو الانقسام المنصّف.

التفكير الناقد

10. **حلّل** للفرس 64 كروموسومًا وللحمار 62 كروموسومًا. باستخدام معرفتك عن الانقسام المنصّف، قيّم تسبّب التزاوج بين الفرس والحمار إلى إنجاب بغل يكون عقيمًا في العادة.
11. **ضع فرضية** في مملكة النحل، تكون الملكة ثنائية المجموعة الكروموسومية، في حين يكون الذكر أحادي المجموعة الكروموسومية، وتنمو البويضات المخصّبة لتصبح إناثًا فيما تنمو البويضات غير المخصّبة لتصبح ذكورًا. كيف يُتوقّع أن يختلف إنتاج الأمشاج في ذكر النحل عن إنتاجها في عملية الانقسام المنصّف الطبيعية؟

القسم 2

مراجعة المفردات

اشرح أوجه الاختلاف بين المفردات في المجموعات التالية.

12. السائد، المتنحي
13. الطراز الجيني، الطراز الظاهري

فهم الأفكار الرئيسة

14. ما نسبة الطرز الظاهرية الناتجة عن تزاوج فأر هامستر أسود اللون *(Bb)* مع فأر هامستر أبيض اللون *(bb)*؟

A. 0:1 أسود إلى أبيض **C.** 1:1 أسود إلى أبيض
B. 1:0 أسود إلى أبيض **D.** 1:3 أسود إلى أبيض

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

15. في بازلاء الحدائق، تكون صفة الأزهار الأرجوانية (*P*) سائدة على صفة الأزهار البيضاء (*p*) وكذلك تكون النباتات الطويلة (*T*) سائدة على النباتات القصيرة (*t*). عند تزاوج نبات طويل أرجواني الزهرة (*PpTt*) مع نبات قصير أبيض الزهرة (*pptt*)، ما نسبة الطرز الظاهرية الناتجة؟
   - **A.** 1:1:1:1 أرجواني طويل إلى أرجواني قصير إلى أبيض طويل إلى أبيض قصير
   - **B.** 2:3 أرجواني طويل إلى أرجواني قصير
   - **C.** 1:3:3:9 أرجواني طويل إلى أرجواني قصير إلى أبيض طويل إلى أبيض قصير
   - **D.** كلها أرجوانية طويلة

استخدم الشكل التالي للإجابة عن السؤالين *16* و *17*.

16. حصل تزاوج بين القط المجعد الأذنين المعروض في الشكل أعلاه وقطة غير مجعدة الأذنين. كانت كل القطط الصغيرة الناتجة عن التزاوج غير مجعدة الأذنين. لاحقًا، عند تزاوج القطط من هذا النسل معًا، كانت نسبة الطراز الظاهري 1:3 للأذن غير المجعدة إلى المجعدة. ما الاستنتاجات التي يمكن استخلاصها بشأن وراثة الأذن المجعدة؟
   - **A.** الأذن المجعدة ناتجة عن عملية العبور.
   - **B.** هي صفة سائدة.
   - **C.** هي صفة متنحية.
   - **D.** يجب إجراء المزيد من عمليات التزاوج لتحديد آلية توارث هذه الصفة الوراثية.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

17. الفكرة الرئيسة ما الذي قد يحدث في الجيل الثالث (F_3) من سلالة القط مجعد الأذنين المبين في الشكل أعلاه، إذا تزاوج كل أفراد الجيل الثاني (F_2) مع قطط غير مجعدة الأذنين؟

18. إذا وُلد لعائلة خمسة أطفال ذكور ولم يولد لها إناث، فهل يؤدي هذا إلى زيادة احتمال أن يكون المولود السادس أنثى؟ اشرح ذلك.

التفكير الناقد

19. **توقّع** ثمة نوعان من كلاب الصيد الصغيرة، أحدهما بلا شعر والآخر له شعر. إن صفة وجود الشعر تُحدد وراثيًا. بعض كلاب الصيد الصغيرة من الإناث التي لها شعر تنتج فقط كلابًا صغيرة لها شعر، في حين ينتج بعضها الآخر كلابًا صغيرة بلا شعر. اشرح كيف يحدث هذا.

20. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمال إنجاب زوجين لخمس إناث على التوالي؟

القسم 3

مراجعة المفردات

استبدل ما تحته خط بالمصطلح الصحيح من صفحة دليل الدراسة.

21. يُستخدم هرمون النمو البشري في الزراعة لزيادة حجم الأزهار.

22. تَنتج الكروموسومات عن عملية العبور والتوزيع الحر.

فهم الأفكار الرئيسة

23. أي مما يلي لا يسهم في التنوع الوراثي؟
   - **A.** عدد الكروموسومات
   - **B.** عملية العبور
   - **C.** الانقسام المنصّف
   - **D.** التزاوج العشوائي

24. أي من المفاهيم التالية لا ينطبق عليه قانون التوزيع الحر لمندل؟
   - **A.** عملية العبور
   - **C.** تعدد المجموعات الكروموسومية
   - **B.** ارتباط الجينات
   - **D.** قانون الانعزال

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

استخدم الشكل التالي للإجابة على السؤالين 25 و 26.

25. تحتوي ذبابة المنزل، المبيّنة في الشكل أعلاه، على ستة أزواج من الكروموسومات. إذا تزاوجت ذبابتان معًا، فما عدد أنواع البويضات المخصبة المحتملة التي يمكن أن تنتج عن الاصطفاف العشوائي لأزواج الكروموسومات؟

A. 256 C. 4096
B. 1024 D. 16,384

26. بالنسبة إلى ذبابة المنزل التي تحتوي على ستة أزواج من الكروموسومات. ما عدد مجموعات الأمشاج المحتملة التي يمكن أن تنتج عن الاصطفاف العشوائي لأزواج الكروموسومات في الانقسام المنصّف؟

A. 32 C. 64
B. 48 D. 120

أسئلة ذات إجابات مفتوحة

27. الموضوع المحوري التنوع ما العمليات الثلاث التي تزيد من التنوع الوراثي؟

28. ضع فرضية حول كيفية إنتاج مربي لنباتات متعددة المجموعات الكروموسومية.

29. كيف لا ينطبق قانون التوزيع الحر على ارتباط الجينات على الكروموسوم؟

التفكير الناقد

30. مهن مرتبطة بعلم الأحياء يقوم علماء البستنة بزراعة آلاف النباتات المتطابقة وراثيًا باستخدام الشتلات التي لا تتكاثر جنسيًا. ناقش مزايا وعيوب استخدام الشتلات لإنتاج نوع معين من النبات.

31. الفكرة الرئيسة توفر عملية العبور التنوع الوراثي، الذي يغير في النهاية من جينات الجماعة الأحيائية. ومع ذلك، لا يظهر في بعض الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيًا آليات التراكيب الجديدة. ما المزايا التي تحصل عليها هذه الكائنات الحية عندما تقوم بتقليل التراكيب الجينية الجديدة؟

التقويم الختامي

32. الفكرة الرئيسة تنتج الأمشاج عن عملية الانقسام المنصّف. ما الإجراءات الأخرى التي تؤدي إلى التنوع في النسل؟

33. الكتابة في علم الأحياء تخيل أنك جريجور مندل واكتب صفحة في كراستك اليومية عن يوم حققت فيه إنجازًا مهمًا. صف هذا الإنجاز وكذلك خطوتك التالية.

34. تُعدّ صفة الصوف الأبيض في الأغنام صفة سائدة على صفة الصوف الأسود المتنحية. افترض أن بعض الأغنام من قطيع معين متخالفة الجينات للون الصوف. اكتب خطة تبين كيفية الحصول على قطيع أغنام بيضاء الصوف نقية السلالة.

35. تُعدّ صفة الريش المرقط في الحمام (*P*) سائدة على صفة الريش غير المرقط (*p*). افترض حدوث تزاوج بين حمامة مرقطة، ذات الطراز الجيني *Pp*، مع حمامة غير مرقطة. استخدم مربع بانيت لتوقع نسبة الطراز الجيني لنسلهما.

أسئلة حول مستند

أُخذت الفقرات أدناه من منشورات مندل.

أخذت البيانات من: Mendel, Gregor. 1866. *Experiments in Plant Hybridization*. Originally translated by Bateson, William, 1901: 2.

"يجب حماية النباتات الهجينة أثناء موسم الأزهار من تأثير حبوب اللقاح الغريبة، أو يجب أن تكون هذه النباتات قادرة على توفير هذه الحماية لنفسها".

36. وضع مندل القاعدة أعلاه للنباتات التي استخدمها في تجاربه. لخّص سبب كون هذه القاعدة مهمة لنجاح تجاربه.

Ibid: 4

"إن الهدف من التجربة هو ملاحظة التنوع في حالة كل زوج من الخصائص المميّزة واستنتاج القانون الذي، بناءً عليه، تظهر في الأجيال المتعاقبة. تنقسم التجربة نفسها إلى العديد من التجارب المنفصلة. وتظهر دائمًا صفات مميّزة في نباتات التجارب".

37. صِف هدف مندل من إجراء تجارب تربية النباتات.

McGraw-Hill Education حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة

تدريب على الاختبار المعياري

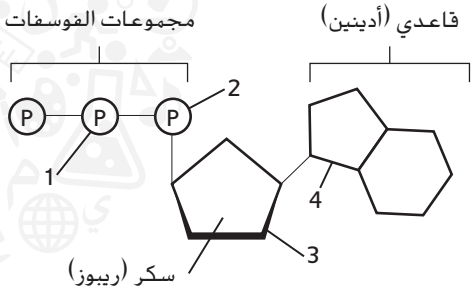
تراكمي

اختيار من متعدد (يحاكي دراسة PISA)

1. من المحتمل أن معدل نمو جماعة أحيائية سيرتفع ويظلّ مرتفعًا لفترة طويلة، في حال كان معظم أفرادها

A. في عمر أقل من عمر الخصوبة الأساسي
B. في عمر أعلى بقليل من عمر الخصوبة الأساسي
C. في منتصف عمر الخصوبة الأساسي
D. في نهاية عمر الخصوبة الأساسي

استخدم الرسم التوضيحي التالي للإجابة عن السؤال *2*.



2. لتحرير الطاقة التي تُستهلك في جسم الكائن الحي، ما المجموعتان اللتان يجب كسر الرابطة بينهما في جزيء ATP؟

A. 1 و 2
B. 2 و 3
C. 2 و 4
D. 3 و 4

3. ما العملية التي تقسم نواة الخلية ومادة النواة؟

A. دورة الخلية
B. انقسام السيتوبلازم
C. الطور البيني
D. الانقسام المتساوي

4. ما مصدر الإلكترونات في مرحلة سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي؟

A. تكوّن أستيل CoA أثناء دورة كربس
B. تكوّن NADH و $FADH_2$ أثناء دورة كربس
C. تخمر حمض اللاكتيك
D. تكسير الروابط في التحلل السكري

5. أي مما يلي يحتمل أن يؤدي إلى الإصابة بسرطان الرئة؟

A. التعرض لجزئيات الأسبوستس
B. التعرض لأبواغ الفطريات
C. التعرض للأشعة تحت الحمراء
D. التعرض للأشعة فوق البنفسجية

استخدم الرسم التوضيحي التالي للإجابة عن السؤال *6*.

6. ما دور الرقم "1" في نشاط الإنزيم؟

A. يؤدي إلى إبطاء سرعة التفاعل
B. يوفر مزيدًا من المواد المتفاعلة
C. يوفر بقعة فريدة لارتباط المادة المتفاعلة مع الأنزيم
D. يرفع طاقة تنشيط التفاعل

7. ما الذي يؤدي إلى انتقال أيونات الصوديوم والكالسيوم من وإلى خلايا القلب؟

A. الجسيمات المشحونة في طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة
B. جزيئات الكوليسترول في طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة
C. قنوات الانتشار في غشاء الخلية
D. البروتينات الناقلة في غشاء الخلية

8. أثناء الانقسام المنصّف لخلية ما، في أي المراحل التالية تنفصل الكروماتيدات الشقيقة بعضها عن بعض؟

A. الطور الانفصالي الأول
B. الطور الانفصالي الثاني
C. الطور النهائي الأول
D. الطور النهائي الثاني

9. ما وحدة قياس الكتلة في النظام الدولي للوحدات؟

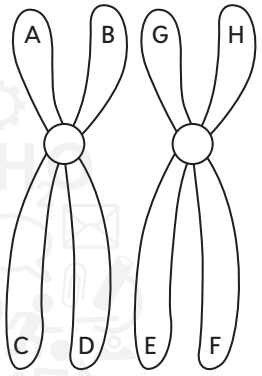
A. الشمعة
B. كلفن
C. الكيلوجرام
D. المتر

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

أسئلة ذات إجابات قصيرة (تحاكي دراسة PISA)

استخدم الرسم أدناه للإجابة عن السؤالين *10* و *11*.



10. يبين الرسم أعلاه زوجًا من الكروموسومات تم تمييز مواقع مختلفة منها بأحرف. اشرح أين تحدث عملية العبور في هذا الزوج من الكروموسومات.

11. متى يُرجّح أن تحدث عملية العبور؟

12. افترض أن تركيز CO_2 في دفيئة ينخفض. اشرح مدى تأثير هذا التغيّر في عملية البناء الضوئي. توقّع التأثير العام في النباتات.

13. كيف تدعم عملية الانقسام المنصّف التنوع الوراثي في أنواع المخلوقات الحية؟

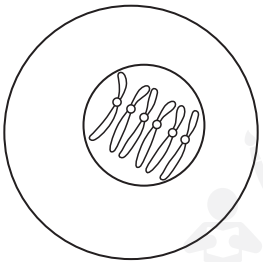
14. صِف عملية تغيّر الكروموسومات أثناء الطور S.

15. ضع فرضية حول سبب حدوث الانقسام المنصّف في مرحلتين، الأولى والثانية.

16. اشرح كيفية تسبب العوامل البيئية في الإصابة بالسرطان.

أسئلة ذات إجابات مفتوحة (تحاكي دراسة PISA)

استخدم الرسم الوارد أدناه للإجابة عن السؤال *17*.



17. يوضح الرسم أعلاه الكروموسومات الموجودة في خلايا جنسية لحيوان معين. بناءً على هذا الرسم، صف ما يحدث أثناء إخصاب هذا النوع.

18. قوّم ما الذي قد يحدث لو لم تكن عملية الانقسام المتساوي عملية دقيقة جدًا.

سؤال مقالي

إن الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة في أداء وظيفة معينة. وتحتوي الخلايا الجذعية، كسائر الخلايا، على المادة الوراثية كلها الموجودة في الكائن الحي. ويمكن أن تتحول الخلايا الجذعية إلى أي نوع من الخلايا المتخصصة إذا أُرسلت إليها الإشارة المناسبة. ثمة نوعان مختلفان من الخلايا الجذعية. وهما الخلايا الجذعية الجنينية الموجودة في الأجنة والخلايا الجذعية البالغة الموجودة بكميات قليلة في الأنسجة مكتملة النمو. وتُعدّ عملية إجراء الأبحاث، خاصة باستخدام الخلايا الجنينية منها، مثيرة للجدل لأسباب أخلاقية.

باستخدام المعلومات الواردة في الفقرة السابقة، أجب عن السؤال التالي في شكل مقال.

19. هل تعتقد أنه يجب السماح للباحثين الطبيين باستخدام الخلايا الجذعية كمادة للبحث؟ اذكر مزايا ومخاطر أبحاث الخلايا الجذعية برأيك.

برنامج محمد بن راشد للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

برنامج محمد بن راشد
للتعلم الذكي
Mohammed Bin Rashid
Smart Learning Program