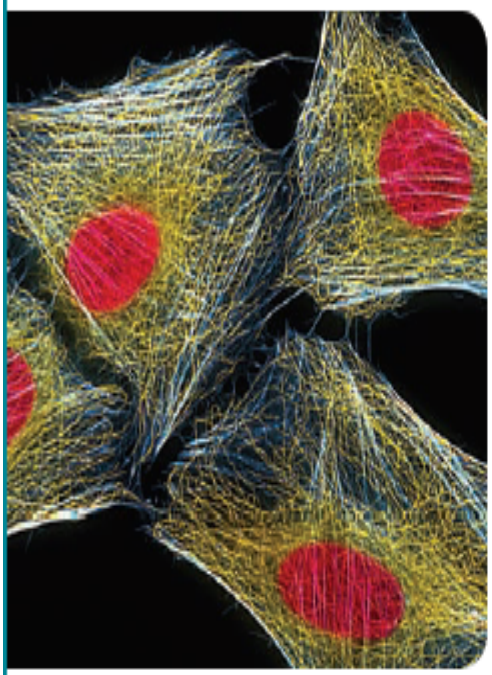
مراجعة هيكل العاشر العام
الفصل الثاني - مادة الأحياء
2024

أ. موزه الشامسي
مجمع زايد التعليمي- المزهر
الفرع الأول

تكبير الشكل بالمجهر الضوئي: 670x



الشكل 2 يجب أن تكون المسافات التي تقطعها المواد داخل الخلية محدودة ليكون هيكل الخلية وسيلة نقل سريعة وفعّالة.

إذا ما نمت الخلية المكعّبة الشكل ليصل طول كل ضلع فيها إلى 2 µm، كما هو مبيّن في **الشكل 1**، تكون مساحة سطحها 24 μm^2 وحجمها 8 μm^3. بذلك تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم 3:1، أي، نسبة أقل من النسبة التي كانت للخلية عندما كانت أصغر حجمًا. إذًا تكون نسبة مساحة السطح إلى الحجم أقل كلما استمرت الخلية في النمو، فستستمر نسبة مساحة السطح إلى الحجم في التراجع، كما يُظهِر المكعّب الثالث في **الشكل 1**. فكلما نمت الخلية، ازداد حجمها على نحو أسرع بكثير من ازدياد مساحة سطحها، مما يعني أنّ الخلية ربما تواجه صعوبة في الحصول على المواد المغذية والتخلص من كل الفضلات التي يجب التخلص منها. بينما يضمن بقاء الخلايا صغيرة الحجم، نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة فيها، وبالتالي يمكن للخلايا الحفاظ على نفسها بسهولة أكبر.

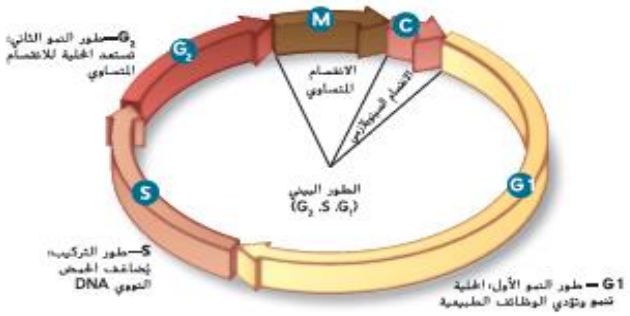
التأكد من فهم النص **اشرح** سبب استفادة الخلية من ارتفاع نسبة مساحة سطحها إلى حجمها.

نقل المواد تعتبر حركة المواد من المهام الأخرى التي يمكن إدارتها بسهولة أكبر في خلية صغيرة الحجم منها في خلية كبيرة الحجم. تذكّر أنّ الغشاء البلازمي يتحكم بالنقل الخلوي لأنه يتميّز بخاصية النفاذية الاختيارية. بمجرّد أن تصبح المواد داخل الخلية، فإنها تتحرك عن طريق الانتشار أو عن طريق البروتينات المحرّكة التي تسحبها على طول هيكل الخلية. يكون انتشار المواد لمسافات طويلة بطيئًا وغير فعال لأنه يعتمد على الحركة العشوائية للجزيئات والأيونات. على نحوٍ مماثل، فإنّ شبكة النقل الخاصة بهيكل الخلية، المبيّنة في **الشكل 2**، تصبح أقل فاعلية للخلية في حال أصبحت المسافة المتوجّب إجتيازها أطول من اللازم. إن الحجم الصغير للخليّة، يزيد إمكانية الانتشار وقابلية البروتينات المحرّكة على نقل المواد المغذية والفضلات إلى الحدّ الأقصى. تحافظ الخلايا الصغيرة على أنظمة نقل أكثر فاعلية.

الاتصالات الخلوية إن الحاجة إلى إعطاء إشارة للبروتينات بالتحرك عبر الخلية، تؤدي أيضًا إلى الحد من حجم الخلية. بعبارة أخرى، إنّ لحجم الخلية تأثيراً في قدرتها على توصيل التعليمات الخاصة بالوظائف الخلوية. فإذا أصبح حجم الخلية أكبر من اللازم، يصبح حدوث الاتصالات الخلوية بشكلٍ فاعل، شبه مستحيل. عدد كبير من تلك الإتصالات يشمل حركة المواد والإشارات المعطاة إلى العضيات. على سبيل المثال، فالإشارات التي تحفّز تركيب البروتينات للحفاظ على الخليّة، قد لا تصل إلى الرايبوسومات بسرعة تكفي لحدوث هذا التركيب.

قارن النقل والاتصال بين الخلية الصغيرة الحجم والخلية الكبيرة الحجم

وجة المقارنة	خلية صغيرة الحجم	خلية كبيرة الحجم
انتشار المواد (سريع / بطيئ)	سريعة	بطيئة
شبكة النقل (أكثر فعالية / أقل فعالية)	فعالية	أقل فعالية
حصول الخلية على احتياجاتها (اسرع / أبطء)	أسرع	أبطء
البروتينات الناقلة (أكثر فعالية / أقل فعالية)	فعالية	أقل فعالية
توصيل المعلومات (أسرع / أبطء)	أسرع	أبطء



■ **الشكل 3** تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل، الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي. وينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية.

ضع فرضية لماذا يمثّل الانقسام السيتوبلازمي أصغر فترة زمنية تقضيها الخلية في دورتها.

مراحل الطور البيني خلال الطور البيني، تنمو الخلية وتتطوّر إلى خلية بنائية ناضجة؛ تضاعف ال DNA وتحضّر للانقسام. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل، كما هو مبيّن في **الشكل 3**: G_1 و S و G_2، التي تسمّى أيضًا مرحلة النمو الأول ومرحلة التركيب ومرحلة النمو الثاني.

إنّ المرحلة الأولى من الطور البيني، G_1، هي الفترة التي تلي انقسام الخلية مباشرةً. وخلال المرحلة G_1، تنمو الخلية وتؤدي الوظائف الخلوية الطبيعية وتستعد لمضاعفة ال DNA. تنتهي دورة الخلية في بعض الخلايا، مثل الخلايا العضلية والعصبية، عند هذه النقطة ولا تعود للإنقسام مجددًا.

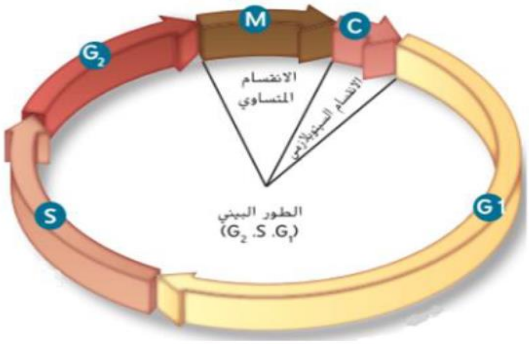
أما المرحلة الثانية من الطور البيني، S، فهي الفترة التي تنسخ فيها الخلية محتواها من ال DNA استعدادًا لانقسامها. **الكروموسومات** هي التراكيب التي تحتوي على المادة الوراثية التي تمرّ من جيل إلى آخر من الخلايا. **والكروماتين** هو الشكل المخفّف من ال DNA، الموجود في نواة الخلية. كما هو مبيّن في **الشكل 4**، عندما تُوضَع صبغة معينة على خلية في الطور البيني، فإن النواة تتخذ مظهرًا أرقط. يُعزى سبب هذا المظهر الأرقط إلى أشرطة الكروماتين الفردية التي لا تُرى تحت المجهر الضوئي من دون الصبغة.

تأتي المرحلة G_2 بعد المرحلة S وهي الفترة التي تستعد خلالها الخلية لانقسام نواتها. خلال هذه الفترة يُصنَّع البروتين المسؤول عن تكوين الأنيبيبات الدقيقة اللازمة لانقسام الخلية. خلال المرحلة G_2، تكوّن الخلية مخزونها وتتأكّد من استعدادها لمتابعة الانقسام المتساوي. لدى اكتمال هذه الأنشطة، تبدأ الخلية المرحلة التالية من دورتها، وهي الانقسام المتساوي.

الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي تبدأ مرحلتا الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي عقب إنتهاء الطور البيني. ففي الانقسام المتساوي، تنقسم مادة نواة الخلية وتنفصل باتجاه قطبَي الخلية المتقابلين. أما في الانقسام السيتوبلازمي، فإن الخلية تنقسم إلى خليتين وليدتين متطابقتي النواة. سيتمّ شرح هذه المراحل المهمة من دورة الخلية في القسم 2.

انقسام الخلايا بدائية النواة إنّ دورة الخلية هي الطريقة التي تتكاثر بها الخلايا حقيقية النواة. أما الخلايا بدائية النواة التي تمت دراستها، فهي خلايا أكثر بساطة وتتكاثر بطريقة تسمّى الانشطار الثنائي.

في الشكل أدناه، تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل:
الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي.
وينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية.
أي مرحلة مما يلي تنمو فيه الخلية وتؤدي الوظائف الطبيعية؟



a. C
b. S
c. G2
d. G1

أيُّ الخَياراتِ التَّاليَةِ لَيْسَ مِنْ مَراحِلِ دَورةِ الخَليَّةِ؟

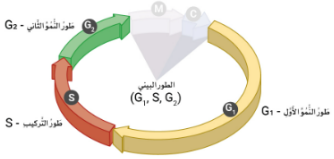
- الانْقِسامُ السَّيتوبلازميُّ
- الانْقِسامُ المُتَساوي
- الطَّورُ البَينيُّ
- التَّرْميمُ ✓

اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحَةَ.

أيُّ الخَياراتِ التَّاليَةِ يُعِدُّ الخَليَّةَ للانْقِسامِ؟

- طَورُ C – الانْقِسامُ السَّيتوبلازميُّ
- طَورُ M – الانْقِسامُ المُتَساوي
- الغِشاءُ البلازميُّ
- الطَّورُ البَينيُّ

أيٌّ مِمَّا يلي لا يَحْدُثُ أثناءَ الأطوارِ المُلَوَّنَةِ مِنْ دَورةِ الخَليَّةِ المُوَضَّحَةِ في الصُّورةِ؟



- انْقِسامُ الخَليَّةِ ✓
- إنْتاجُ البروتينِ
- تَضاعُفُ DNA
- نُمُوُّ الخَليَّةِ

3	BIO.3.1.03.036 يصف الأحداث المميزة التي تحدث في كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي	الشكل 5	74

الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي

الفكرة الأساسية **تتكاثر الخلايا حقيقية النواة عن طريق الانقسام المتساوي، وهو عملية انقسام النواة. أما الانقسام السيتوبلازمي، فهو عملية انقسام السيتوبلازم.**

روابط من القراءة بالحياة اليومية تتسم الكثير من الأحداث بكونها ذات طبيعة دورية. ومن أمثلة الأحداث الدورية مسار اليوم وتغيّر الفصول عامًا بعد عام ومرور المذنّبات في الفضاء. إضافةً إلى ذلك، تتمتع الخلايا أيضًا بدورة نمو وتكاثر.

الانقسام المتساوي

سبق وتعلمت في القسم السابق أنّ الخلايا تمرّ في دورتها بمراحل الطور البيني والانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي. خلال الانقسام المتساوي، تنفصل المادة الوراثية المُضاعَفة للخلية وتستعدّ الخلية للانقسام إلى خليتين. يتمثّل النشاط الأساسي للانقسام المتساوي في الانفصال الدقيق لمحتوى الـ DNA المُضاعَف للخلية، مما يتيح مرور المعلومات الوراثية للخلية إلى الخلايا الجديدة بدون أن تتضرر، فينتج عنه خليتان وليدتان متطابقتان وراثيًا. وتعمل عملية الانقسام المتساوي في الكائنات الحية متعددة الخلايا على زيادة عدد الخلايا أثناء نمو كائن حي صغير ليصل إلى الحجم الذي سيكون عليه في فترة البلوغ. فضلًا عن ذلك، تستخدم الكائنات الحية الانقسام المتساوي لاستبدال الخلايا التالفة. تذكّر آخر مرة أُصِبْتَ فيها بجرح عن طريق الخطأ. تتضمن آلية الجسم في علاج الجرح تكوين خلايا جلد جديدة. وتتكوّن هذه الخلايا الجديدة من خلايا الجلد الموجودة، إذ تنقسم خلايا الجلد الموجودة تحت قشرة الجرح عن طريق الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي لتكوّن خلايا جلد جديدة تملأ الفجوة التي حدثت في الجلد جراء الإصابة.

مراحل الانقسام المتساوي

للانقسام المتساوي مراحل على غرار الطور البيني، وهي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي.

الطور التمهيدي إنّ المرحلة الأولى والطور الأطول من الانقسام المتساوي تسمّى **الطور التمهيدي**. وفي هذه المرحلة، ينكمش كروماتين الخلية أو يتكثف مكوّنًا الكروموسومات التي تتخذ شكل X في الطور التمهيدي، كما هو مبيّن في **الشكل 5**. في هذه المرحلة، يكون كل كروموسوم عبارة عن تركيب فردي يحتوي على المادة الوراثية التي تضاعفت في الطور البيني. إنّ كل نصف من هذا الكروموسوم، الذي هو على شكل X، يسمّى بالكروماتيد الشقيق.

إنّ **الكروماتيدات الشقيقة** هي تراكيب تتضمن نسخًا متطابقة من الـ DNA. أما التركيب الموجود في مركز الكروموسوم حيث ترتبط الكروماتيدات الشقيقة، فيسمّى **القطعة المركزية**. وهذا التركيب مهم لأنه يضمن أن تصبح نسخةٌ مكتملة من الـ DNA المُضاعَف جزءًا من الخلايا الوليدة في نهاية دورة الخلية. حدد موقع الطور التمهيدي في دورة الخلية المبيّنة في **الشكل 6**، ولاحظ موضع الكروماتيدات الشقيقة. أثناء مواصلة القراءة عن مراحل الانقسام المتساوي، راجع **الشكل 6** لتتبّع الكروماتيدات عبر دورة الخلية.

التأكد من فهم النص **قارن** بين النشاط الأساسي للطور البيني والنشاط الأساسي للانقسام المتساوي.

الشكل 5 إنّ الكروموسومات في الطور التمهيدي هي في واقع الأمر كروماتيدات شقيقة مرتبطة عند القطعة المركزية.

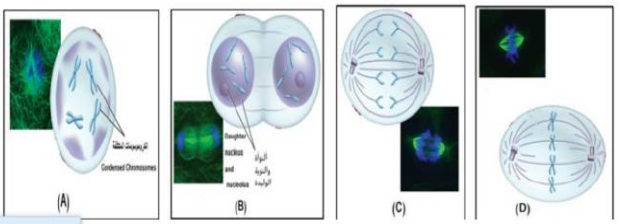
صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: 6875×

الشكل أدناه يبين أطوار الانقسام المتساوي، أدرسه ثم أجب عن السؤال:

The figure below shows the phases of mitosis, study it and then answer the question:

أي حرف مما يلي يشير إلى الطور الانفصالي؟

Which letter of the following indicates Anaphase?



a. A

b. B

c. D

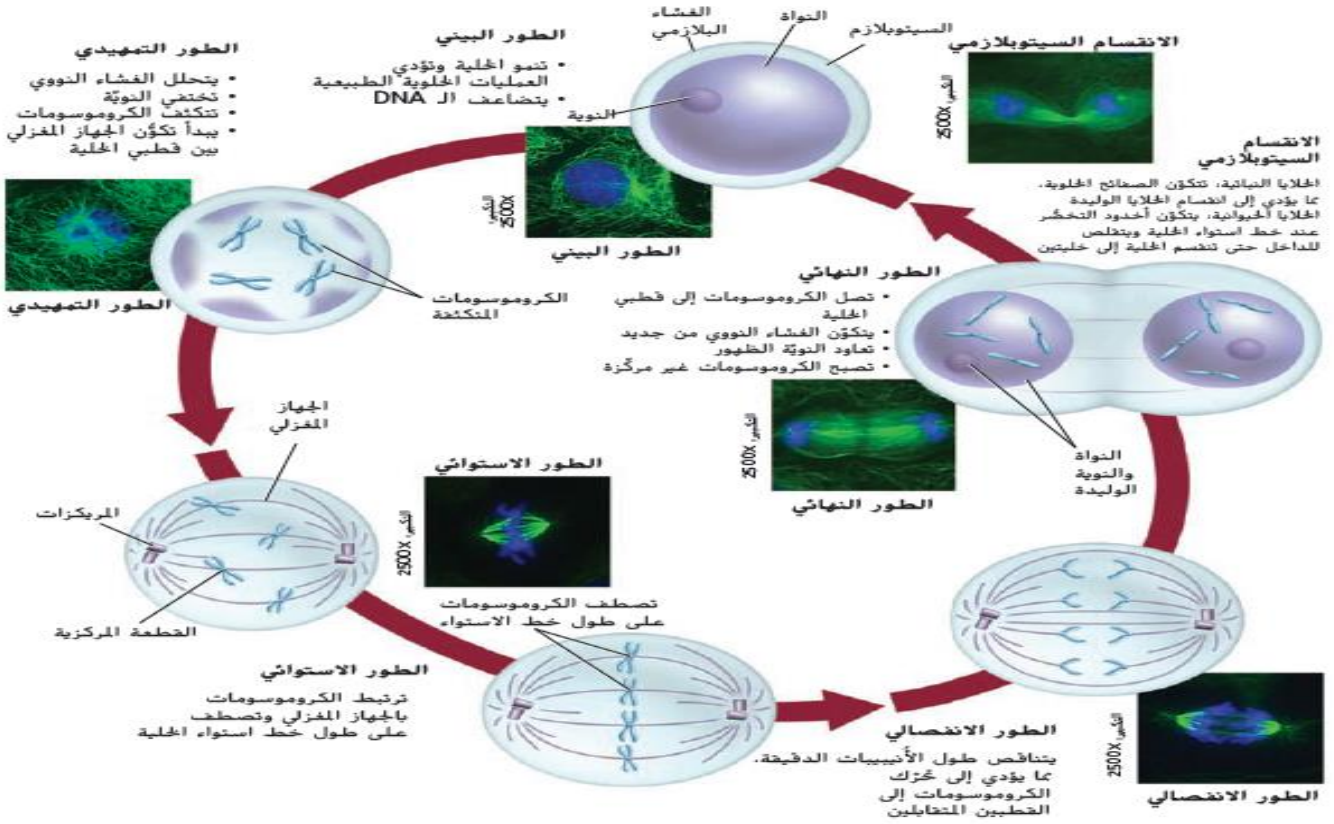
d. C

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

75	الشكل 6	BIO.3.1.03.036 يرسم الأحداث المميزة التي تحدث في كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي	4

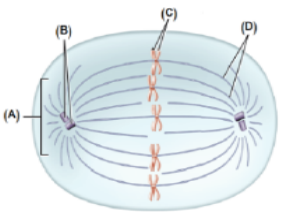
الشكل 6

تبدأ دورة الخلية بالطور البيني. ويلي ذلك الانقسام المتساوي الذي يحدث على أربع مراحل. هي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي. وبعد الانقسام المتساوي يحدث الانقسام السيتوبلازمي. ثم تتكرر دورة الخلية مع كل خلية جديدة.



الشكل أدناه، يبين مكونات الجهاز المغزلي.
أي حرف مما يلي يشير إلى المريكزات؟

The figure below shows the spindle apparatus.
Which letter of the following indicates Centrioles?



Learning Outcomes Covered

- BIO.3.1.03.036

a. A

b. B

c. C

d. D

تَصِفُ العِباراتُ التَّاليةُ مَرحلَةً مِنْ مَراحلِ الانْقِسامِ المُتساوي.

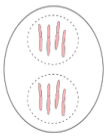
- تَعودُ الكُروموسوماتُ إلى الحالَةِ غَيرِ المُتكاثفَةِ.
- يُعادُ تَشكُّلُ الغِلافِ النَّوويِّ.
- تُصبحُ النَّويَّةُ مَرئيَّةً.

1. أَيُّ مَرحلَةٍ مِنْ مَراحلِ الانْقِسامِ المُتساوي هَذِهِ؟
2. ماذا يَحدثُ بَعدَ هَذِهِ المَرحلَةِ مُباشرةً؟

أَيُّ الخَياراتِ التَّاليةِ تُجيبُ عَنِ السُّؤالِ 1 و 2؟

- 1. الطَّورُ التَّمهيديُّ
  2. يَتَضاعَفُ الـDNA
- 1. الطَّورُ الاستوائيُّ
  2. تَتَشكَّلُ الأَليافُ المغزليَّةُ
- 1. الطَّورُ البينيُّ
  2. تَتَضاعَفُ العُضَيَّاتُ
- ◉ 1. الطَّورُ النِّهائيُّ
  2. يَنقسمُ السَّيتوبلازمُ

اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحةَ.



راقَبَتْ رَنا خليَّةً تَمرُّ بالانْقِسامِ المُتَساوي تحتَ المِجْهرِ. تَقولُ رنا أنَّ الخليَّةَ في طَورِها النِّهائيِّ. أيُّ الجُملِ التاليةِ تَدعمُ افتراضَ رنا؟

- تتكوَّنُ كلٌّ منَ الكروموسوماتِ مِنْ كروماتيدٍ واحدٍ.
- تَتَّجهُ الكروماتيداتُ الشَّقيقةُ إلى أقطابِ الخَليَّةِ المُتقابلَةِ.
- ◉ إنْتاجُ نواتَيْنِ مُتطابقتَيْنِ. ✓
- تَصطفُّ الكروموسوماتُ على طولِ خطِّ استواءِ الخَليَّةِ.

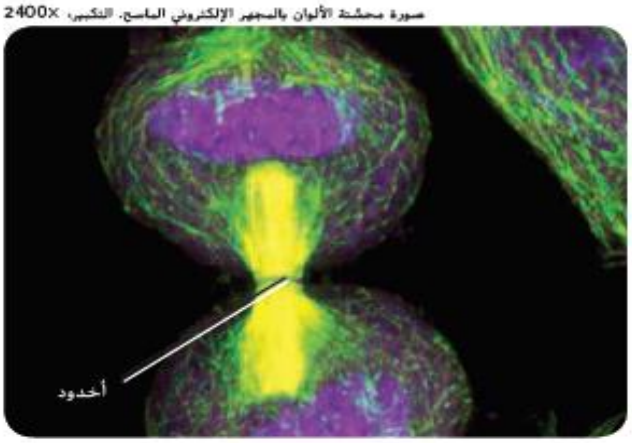
- تَصْطَفُّ الكُروموسوماتُ على خَطِّ اسْتِواءِ الخَليَّةِ.
- تَرتبطُ القِطَعُ المَركزيَّةُ بالأَلياف المَغزليَّةِ.

1. أَيُّ مَرحلَةٍ مِنْ مَراحلِ الانْقِسامِ المُتَساوي هَذِهِ؟
2. ما الَّذي يَحْدُثُ بَعدَ هَذِهِ العَمليَّةِ مُباشرةً؟

أَيُّ الخَياراتِ التَّاليةِ يُجيبُ عَنِ السُّؤالينِ 1 و 2؟

- 1. الطَّورُ الانْفِصاليُّ
  2. تَتَضاعَفُ العُضَيَّاتُ
- ◉ 1. الطَّورُ الاستوائيُّ
  2. تَنْفَصِلُ الكُروماتيداتُ ✓

صورة محسّنة الألوان بالمجهر الإلكتروني الماسح. التكبير: 2400×



خلية حيوانية

صورة ملوّنة بالمجهر الضوئي. التكبير: 1200×

خلايا نباتية

■ **الشكل 10**

يمين: في الخلايا الحيوانية، يبدأ الانقسام السيتوبلازمي بحدوث تخصُّر يخنق الخلية. وفي النهاية تنقسم الخلية إلى خليتين مستقلتين.
يسار: تكوّن الخلايا النباتية صفيحة خلوية تؤدي إلى انقسام الخلية إلى خليتين وليدتين.

الانقسام السيتوبلازمي

قرب نهاية الانقسام المتساوي، تبدأ الخلية عملية أخرى تُعرف بالانقسام السيتوبلازمي تؤدي إلى انقسام السيتوبلازم. وينتج عن ذلك خليتان، بنواتين متطابقتين. يحدث الانقسام السيتوبلازمي في الخلايا الحيوانية عن طريق استخدام ألياف دقيقة لإحداث تخصُّر أو اختناق في السيتوبلازم، كما هو مبيّن في **الشكل 10**. وتُعرف المنطقة التي يحدث فيها التخصُّر بالأخدود.

تذكّر أنّ للخلايا النباتية جدارًا خلويًا صلبًا يغطي الغشاء البلازمي للخلية. وبدلًا من حدوث التخصُّر في منتصف الخلية، يتكوّن تركيب جديد يعرف بالصفيحة الخلوية بين النواتين الوليدتين، كما هو مبيّن في **الشكل 10**. وتتكوّن بعد ذلك جدران خلايا على جانبي الصفيحة الخلوية. وبمجرد أن يكتمل هذا الجدار الجديد، تتكوّن خليتان متطابقتان وراثيًا.

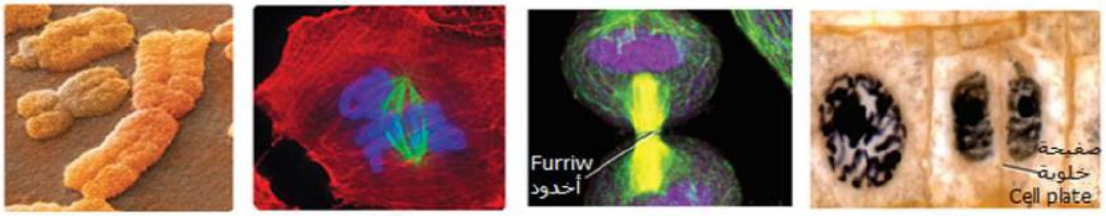
في الخلايا بدائية النواة، التي تنقسم عن طريق انشطار ثنائي، ينتهي انقسام الخلية بطريقة مختلفة. فعند مضاعفة محتوى الـ DNA للخلية بدائية النواة، ترتبط كلتا النسختين بالغشاء البلازمي، وكلما ازداد حجم الغشاء البلازمي، تباعدت جزيئات الـ DNA المرتبطة. تُكمل الخلية عملية الانشطار، مكوّنةً خليتين بدائيتَي النواة.

القسم 2 التقويم

1. إنّ الانقسام المتساوي هو العملية التي تتضاعف من خلالها المادة الوراثية. يجب أن تمرّ الخلية بالانقسام السيتوبلازمي حتى يكون انقسام الخلية مكتملًا.
2. الطور التمهيدي: تتفكك الأغشية النووية وتتكثف الكروموسومات؛ الطور الاستوائي: تتّصل الكروموسومات بالمغزل وتصطف على طول خط الاستواء؛ الطور الانفصالي: تتحرك الكروموسومات إلى الأقطاب المتقابلة؛ الطور النهائي: يتشكّل الغشاء النووي مرة أخرى وينتهي تكثُّف الكروموسومات
3. يجب أن يبدو الرسم التخطيطي على شكل "X" مع تحديد القطعة المركزية والكروماتيدات المنفردة.
4. الطور التمهيدي
5. يعود سبب الانقسام السيتوبلازمي إلى تخصُّر الأنيبيبات الدقيقة للخلية إلى خليتين حيوانيتين. في الخلايا النباتية، تتكوَّن صفيحة خلوية بين الخليّتين.
6. ستتنوّع الإجابات. اقبل كلّ الفرضيات المنطقية، مثل افتراض عدم انفصال الكروموسومات إلى الخليتين الجديدتين بشكل صحيح إذا توقفت حركة الأنيبيبات الدقيقة.
7. 128 خلية

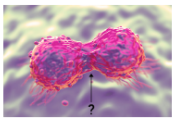
في الشكل أدناه، أي حرف مما يلي يشير إلى الانقسام السيتوبلازمي في خلية حيوانية؟

In the figure below, which letter of the following indicates cytokinesis in animal cell?



(A) (B) (C) (D)

a. A
b. B
c. D
d. C



اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحةَ.

ماذا يُمثِّلُ الجُزءَ المُشارَ إليهِ بالسَّهمِ؟

- جدارٌ خلويٌّ.
- نَواةٌ.
- DNA
- أخدودٌ. ✓

اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحةَ.

أيُّ العِباراتِ التاليةِ تَصِفُ الفَرقَ بينَ الانْقِسامِ المُتَساوي والانْقِسامِ السيتوبلازميِّ؟

- أثْناءَ الانْقِسامِ المُتَساوي، يَكونُ الـDNA مُخفَّفًا. أمَّا أثْناءَ الانْقِسامِ السيتوبلازميِّ، فيَكونُ الـDNA مُتكاثِفًا.
- أثْناءَ الانْقِسامِ المُتَساوي، تَنقسِمُ النَّواةُ. أمَّا أثْناءَ الانْقِسامِ السيتوبلازميِّ فينْقَسِمُ السيتوبلازمُ. ✓
- أثْناءَ الانْقِسامِ المُتَساوي، يَنقسِمُ السيتوبلازمُ. أمَّا أثْناءَ الانْقِسامِ السيتوبلازميِّ فتنقسِمُ النَّواةُ.
- أثْناءَ الانْقِسامِ المُتَساوي، تَتشكَّلُ نَواتانِ مُتَطابقتانِ. أمَّا أثْناءَ الانْقِسامِ السيتوبلازميِّ، فتَتشكَّلُ أربعُ أنويةٍ مُتَطابقةٍ.

القسم 3

نظام دورة الخلية

تمهيد للقراءة

الأسئلة المهمة

- ما الدور الذي تلعبه بروتينات السايكلين في التحكم بدورة الخلية؟
- كيف يرتبط السرطان بدورة الخلية؟
- ما الدور الذي يلعبه موت الخلية؟
- اذكر نوعي الخلايا الجذعية واستخداماتهما الممكنة.

مفردات للمراجعة

نيوكليوتيد nucleotide: هو الوحدة الفرعية التي تتكوّن منها جزيئات الـ DNA والـ RNA

مفردات جديدة

cyclin	سايكلين
	كينيز معتمد على السايكلين
cyclin-dependent kinase	
cancer	سرطان
carcinogen	مادة مسرطِنة
apoptosis	موت الخلية
stem cell	خلية جذعية

الفكرة الأساسية **تنتظم دورة الخلية الطبيعية عن طريق بروتينات السايكلين.**

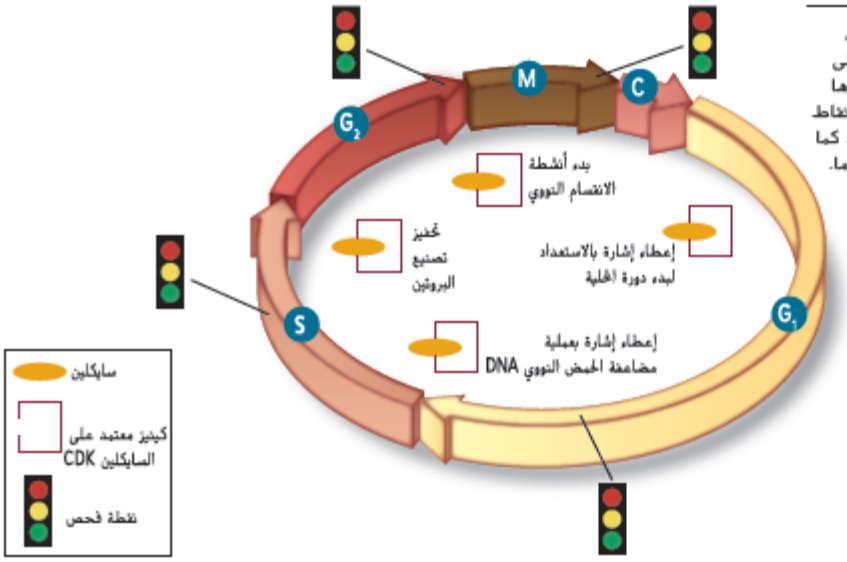
روابط من القراءة بالحياة اليومية بصرف النظر عن عدد المنازل الجديدة التي يبنيها مقاول ما، حتى وإن كان يبني التصميم نفسه، يعتمد طاقم العمل دائمًا على تعليمات المخطط الأولي. وبالمثل، تكون للخلايا تعليمات معينة لإكمال ما يسمّى بدورة الخلية.

الدورة الطبيعية للخلية

إن كلًا من توقيت وسرعة انقسام الخلية يلعب دورًا مهمًا في صحة الكائن الحي، يختلف انقسام الخلية تبعًا لنوعها. كما أن آلية معينة تتضمن البروتينات والإنزيمات تتحكّم بدورة الخلية.

دور بروتينات السايكلين لتشغيل معظم السيارات، ما عليك سوى إدارة مفتاح في نظام الإشعال لإعطاء إشارةٍ إلى المحرك ببدء التشغيل. وبطريقة مماثلة، تُحفَّز دورة الخلية في الخلايا حقيقية النواة عن طريق اتحاد مادتين تعطيان الإشارة ببدء عمليات التكاثر الخلوي. في مرحلتي الطور البيني والانقسام المتساوي، ترتبط بروتينات تسمّى **السايكلين** بإنزيماتٍ تسمّى **الكينيز المعتمد على السايكلين** لبدء الأنشطة المختلفة التي تحدث في دورة الخلية. من ناحية أخرى، إنّ التوفيقات المختلفة من السايكلين والكينيز المعتمد على السايكلين تتحكّم في مختلف الأنشطة أثناء المراحل المختلفة من دورة الخلية. يُظهر **الشكل 11** المواضع التي تكون فيها بعض هذه التوفيقات المهمة نشطة.

في المرحلة G_1 من الطور البيني، تعطي توفيقة السايكلين والكينيز المعتمد على السايكلين الإشارة ببدء دورة الخلية. فيما تعطي توفيقات مختلفة من السايكلين/الكينيز المعتمد على السايكلين الإشارة لبدء أنشطة أخرى، بما في ذلك مضاعفة الـ DNA وتصنيع البروتين والانقسام النووي على مدار دورة الخلية. فضلًا عن ذلك، إن توفيقة السايكلين/الكينيز المعتمد على السايكلين نفسها تعطي الإشارة أيضًا بانتهاء دورة الخلية.



الشكل 11 إنّ إعطاء إشارة إلى جزيئات مكوّنة من سايكلين مرتبط بكينيز معتمد على السايكلين يؤدي إلى بدء دورة الخلية ويحفّزها للانتقال إلى مرحلة الانقسام المتساوي. إنّ نقاط فحص تراقب دورة الخلية بحثًا عن أخطاء. كما يمكنها إيقاف الدورة في حال حدوث خطأ ما.

حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

What substances form the cyclin-cyclin dependent kinase combinations that control the stages in the cell cycle?	ما المواد التي تكون تشكيلات السايكلين والكينيز المعتمد على السايكلين التي تتحكم بمراحل دورة الخلية؟

Learning Outcomes Covered

- BIO.3.1.03.033

a. Fats and proteins — الدهون والبروتينات

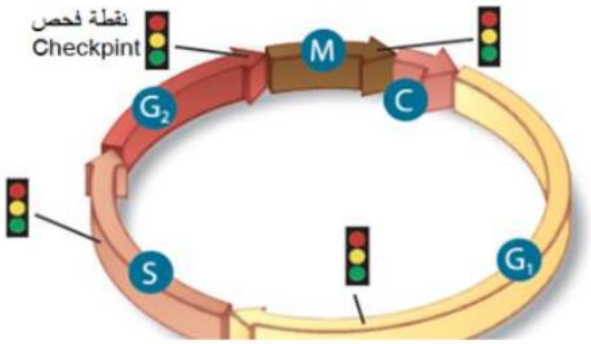
b. Carbohydrates and proteins — الكربوهيدرات والبروتينات

c. Fats and enzymes — الدهون والإنزيمات

d. Proteins and enzymes — البروتينات والإنزيمات

Based on the diagram below that indicates normal Cell Cycle, study it and then answer the question:
Which of the following is a function of the checkpoints?

استناداً إلى الرسم أدناه الذي يشير إلى الدورة الطبيعية للخلية، أدرسه ثم أجب عن السؤال:
أي مما يلي من وظائف نقاط الفحص؟



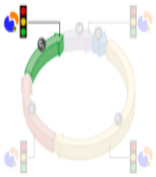
a. Control of cell division time. — التحكم في زمن انقسام الخلية

b. Signals the start of the cell cycle. — تشير إلى بداية دورة الخلية

c. Signals the end of the cell cycle. — تشير إلى نهاية دورة الخلية

d. Stop the cle if an error occurs. — إيقاف الدورة في حالة حدوث خطأ ما

اختر الإجابةَ الصَّحيحةَ.



أيُّ الخِياراتِ الآتيةِ يَصِفُ نوعَ الخَلَلِ الَّذي يَتِمُّ مُراقبَتُهُ في نُقطةِ الفَحْصِ البارزةِ في الصُّورةِ؟

- تُراقِبُ نُقطةُ الفَحْصِ هذه ما إذا كانتْ عمليَّةُ مُضاعَفَةِ الـDNA تَسيرُ بنجاحٍ.
- تُراقِبُ نُقطةُ الفَحْصِ هذه ارتباطَ الكروموسوماتِ مع الخُيوطِ المِغزليَّةِ.
- تُراقِبُ نُقطةُ الفَحْصِ هذه تَلَفَ الـDNA المُتَضاعِفِ. ✓
- تُراقِبُ نُقطةُ الفَحْصِ هذه تَوزيعَ الـDNA بشكلٍ مُتَساوٍ في الطَّوْرِ النِّهائيِّ.

أيٌّ ممَّا يلي يَصِفُ بشكلٍ صَحيحٍ هَدَفَ وُجودِ نِقاطِ الفَحْصِ في دَورةِ الخَليَّةِ؟

- لِتَسريعِ دَورةِ الخَليَّةِ.
- لاستبدالِ الخَلايا التَّالِفَةِ بخلايا جَديدةٍ.
- لإصلاحِ التَّلَفِ في الخَلايا قَبْلَ أنْ تَنقسِمَ. ✓
- للتَّخلُّصِ مِنَ الخَلايا التَّالِفَةِ في الجسمِ.

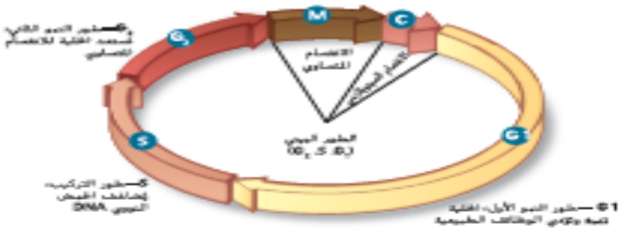
سؤال حول الشكل 3 تقضي الخلية فترة أقل في انقسام السيتوبلازم من تلك التي تقضيها في النمو وتأدية الوظائف وانقسام مادة النواة.

تغادر خلايا الأعصاب والعضلات وغيرها من الخلايا بالغة التخصص طور النمو الأول G_1 من دورة الخلية. وبالتالي فهي لا تتضاعف في الجسم البشري في الظروف الطبيعيّة. على سبيل المثال، تتوقف الخلايا العصبية الدماغية عن التكاثر بعد أشهر قليلة من الولادة. لذلك إذا حدثت إصابة للدماغ، فستكون إصابة دائمة لا يمكن إصلاحها عن طريق عملية الانقسام المتساوي.

اختر الإجابة الصحيحة.

لا تمرّ معظم خلايا الدماغ بدورة الخلية. ماذا يعني هذا؟

- إنها تضاعف الـDNA لكنها لا تنقسم.
- إنها تمرّ بمرحلة الطور البيني فقط.
- إنها تنسخ عضياتها لكن لا تنقسم.
- ✓ إنها لا تنسخ الـDNA، ولا العضيات، ولا تنقسم.



إنّ المرحلة الأولى من الطور البيني، G_1، هي الفترة التي تلي انقسام الخلية مباشرةً. وخلال المرحلة G_1، تنمو الخلية وتؤدي الوظائف الخلوية الطبيعية ونستعد لمضاعفة الـ DNA. تنتهي دورة الخلية في بعض الخلايا، مثل الخلايا العضلية والعصبية، عند هذه النقطة ولا تعود للإنقسام مجددا.

الاتصالات الخلوية إن الحاجة إلى إعطاء إشارة للبروتينات بالتحرك عبر الخلية. تؤدي أيضًا إلى الحد من حجم الخلية. بعبارة أخرى، إنّ لحجم الخلية تأثيراً في قدرتها على توصيل التعليمات الخاصة بالوظائف الخلوية. فإذا أصبح حجم الخلية أكبر من اللازم، يصبح حدوث الاتصالات الخلوية بشكلٍ فاعل، شبه مستحيل. عدد كبير من تلك الإتصالات يشمل حركة المواد والإشارات المعطاة إلى العضيات. على سبيل المثال، فالإشارات التي تحثّ تركيب البروتينات للحفاظ على الخليّة. قد لا تصل إلى الرايبوسومات بسرعة تكفي لحدوث هذا التركيب.

دورة الخلية

عندما تبلغ خلية حد الحجم الطبيعي لها، فلا بد من حدوث شيء ما، إما أن تتوقف عن النمو و إما تنقسم. في نهاية الأمر، معظم الخلايا تنقسم. إنّ انقسام الخلية لا يمنح ازدياد حجمها أكثر من اللازم فحسب. بل يمثّل أيضًا الطريقة التي تتكاثر بها الخلية. تجدر الإشارة إلى أنّ التكاثر الخلوي يسمح لك بالنمو والشفاء من إصابات معيّنة. تتكاثر الخلايا عن طريق دورة نمو و انقسام تسمّى **دورة الخلية**.

تنقسم الخلية إلى خليتين في كل مرة تمرّ فيها بدورة كاملة. إن التكرار المستمر لدورة الخليّة، ينتج خلايا جديدة بشكلٍ دائم.

يعرض **الشكل 3** نظرة عامة عن دورة الخلية.

ثمة ثلاث مراحل رئيسة لدورة الخلية. يُعدّ **الطور البيني** المرحلة التي تنمو خلالها الخلية. تؤدي وظائفها الخلوية وتضاعف أو تُنتج نسخًا من جميعها النووي DNA استعدادًا للمرحلة التالية من الدورة. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية. حسبما تشير أسهم الأجزاء في **الشكل 3**. يُعتبر **الانقسام المتساوي** هو مرحلة في دورة الخلية تنشطر خلالها نواة الخلية ومادة النواة. الانقسام المتساوي ينقسم إلى أربع مراحل فرعية. مع اقتراب نهاية الانقسام المتساوي تبدأ عملية تسمّى الانقسام السيتوبلازمي. إن **الانقسام السيتوبلازمي** هو الطريقة التي ينقسم بها سيتوبلازم الخلية مكوّنًا خلية جديدة. ستقرأ المزيد عن الانقسام المتساوي والانقسام السيتوبلازمي في القسم 2.

تختلف المدة التي تستغرقها دورة الخلية بحسب الخلية التي تكون في طور الإنقسام فبعض الخلايا حقيقية النواة قد تكمل الدورة في ثماني دقائق. في حين قد تستغرق خلايا أخرى فترة تصل إلى عام كامل. أما بالنسبة إلى معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية التي تنقسم بشكل نشط. فإن دورة الخلية تستغرق من 12 إلى 24 ساعة تقريبًا. لدى الدائل في كل ما يحدث خلال دورة الخلية. قد تندهش من أنّ معظم خلاياك تكمل دورة الخلية خلال يوم تقريبًا.

موت الخلية

إنّ البقاء على قيد الحياة ليس مصير كل الخلايا. فبعض الخلايا تمر بعملية تسمّى **موت الخلية**. أو الموت الخلوي المبرمج. في الواقع. يتضاءل حجم الخلايا التي تمرّ بعملية موت الخلية وتضمحل ضمن آلية مضبوطة. يبدو أنّ كل الخلايا الحيوانية لديها "برنامج موت" يمكن تفعيله.

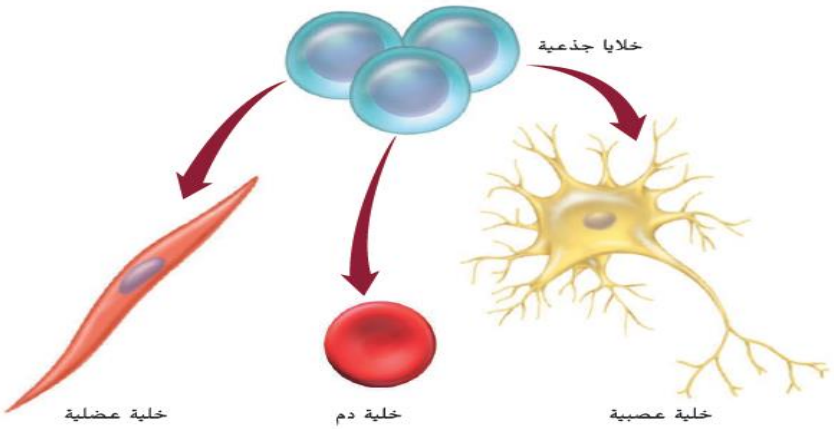
أحد الأمثلة على هذه العملية هو موت الخلية أثناء نمو اليدين والقدمين لدى الإنسان. فعندما تبدأ اليدان والقدمان في النمو. تشغل الخلايا الحيّز ما بين أصابع كل من اليدين والقدمين. عادةً ما يخضع هذا النسيج إلى موت الخلية. إذ يتضاءل حجم الخلايا وتموت في التوقيت المناسب الذي يمنع ظهور نسيج شبكي في جسم الكائن الحي مكتمل النمو. أحد الأمثلة على عملية موت الخلية في النباتات الموت الموضعي للخلايا الذي يؤدي إلى سقوط الأوراق من الأشجار خلال الخريف. يحدث موت الخلية أيضًا في الخلايا التي تضررت إلى حد كبير بشكل يحول دون إصلاحها. بما في ذلك الخلايا التي تعرّضت لضرر في الـ DNA على نحو قد يؤدي إلى الإصابة بالسرطان. إن موت الخلية يمكن أن يساعد في حماية الكائنات الحية من تكوّن خلايا سرطانية.

الخلايا الجذعية

إنّ معظم الخلايا في كائن حي متعدد الخلايا لها وظيفة متخصصة. فقد تشكّل بعض الخلايا جزءًا من الجلد. بينما تكون خلايا أخرى جزءًا من القلب. في العام 1998. اكتشف العلماءُ طريقةً لفصل نوع فريدٍ من الخلايا لدى الإنسان يُعرف بالخلايا الجذعية. تُعتبر **الخليّة الجذعية** خلايا غير متخصصة يمكنها أن تتحوّل إلى خلايا متخصصة عند توافر الظروف المناسبة. كما هو مبيّن في **الشكل 13**. يمكن للخلايا الجذعية أن تبقى موجودة في الكائن الحي لسنواتٍ عديدة متعرّضة خلال هذه الفترة إلى عملية الانقسام. ثمة نوعان رئيسان من الخلايا الجذعية: الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية البالغة.

الخلايا الجذعية الجنينية بعد أن يخصّب حيوانٌ منوي بويضة. تنقسم كتلة الخلايا الناتجة بشكل متكرر إلى أن يتكوّن ما يتراوح بين 100 و 150 خلية تقريبًا. لا تكون هذه الخلايا خلايا متخصصة بعد. وتسمّى الخلايا الجذعية الجنينية. في حال انفصال هذه الخلايا. تكون لكل منها القدرة على أن تتطوّر إلى مجموعة واسعة ومتنوعة من الخلايا المتخصصة. أثناء مواصلة الجنين انقسامه. تتخصّص الخلايا متحوّلةً إلى أنسجة وأعضاء وأجهزة متنوعة. إنّ الأبحاث حول الخلايا الجذعية الجنينية لا تزال مثار جدل لأسبابٍ أخلاقية تتعلق بمصدرها.

■ **سؤال حول الشكل 13** قد يسمح إدخال الخلايا الجذعية إلى جانب عصب تالف بتحوّل الخلايا الجذعية إلى خلايا عصبية.

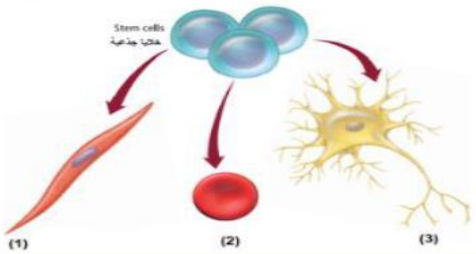


■ **الشكل 13** نظرًا إلى أنّ الخلايا الجذعية لا تتطوّر بالضرورة إلى نوع محدّد من الخلايا. فقد تكون أساسًا في علاج العديد من الحالات الطبية والاختلالات الوراثية.
اشرح طريقة استخدام الخلايا الجذعية في علاج تضرّر الأعصاب.

الخلايا الجذعية البالغة إنّ النوع الثاني من الخلايا الجذعية، وهو الخلايا الجذعية البالغة، يتواجد في أنسجة الجسم المختلفة، ويمكن استخدامه في الحفاظ على نوع النسيج نفسه الموجودة فيه وإصلاحه. قد يكون مصطلح "الخلايا الجذعية البالغة" مضلّلًا بعض الشيء لأن هذه الخلايا موجودة حتى لدى حديثي الولادة. وعلى غرار الخلايا الجذعية الجنينية، لبعض أنواع الخلايا الجذعية البالغة القدرة على أن تتحوّل إلى أنواع مختلفة من الخلايا، مما يوفر علاجاتٍ جديدة للعديد من الأمراض والحالات المرضية. في العام 1999، استخدم الباحثون في كلية الطب في في هارفارد خلايا جذعية من الجهاز العصبي بهدف تجديد نسيج دماغي مفقود لدى الفئران. في العام 2008، استخدم الباحثون الخلايا الجذعية البالغة مع أنزيم يُسمّى PKA لتكوين نسيج عظمي جديد بهدف إصلاحه لدى الفئران. تتسم الأبحاث لدى الخلايا الجذعية البالغة، كالمبيّنة في **الشكل 14**، بأنها أقل إثارةً للجدل نظرًا إلى إمكانية الحصول على الخلايا الجذعية البالغة بموافقة المتبرعين بها.

The illustration below shows that stem cell has the capability of developing into a wide variety of specialized cells
What type of cell do the numbers (1), (3) refer to?

الشكل أدناه يبين إن الخلايا الجذعية تتطور إلى مجموعة واسعة ومتنوعة من الخلايا المتخصصة.
أي نوع من الخلايا تشير إليه الأرقام (1)، (3)؟



a. (1): Blood cell,(3): Muscle cell — (1): خلية دم،(3): خلية عضلية
b. (1): Nerve cell,(3): Muscle cell — (1): خلية عصبية،(3): خلية عضلية
c. (1): Muscle cell,(3): Blood cell — (1): خلية عضلية،(3): خلية دم
d. (1): Muscle cell,(3): Nerve cell — (1): خلية عضلية،(3): خلية عصبية

اختر الإجابةَ الصَّحيحةَ مِنَ القائمةِ المُنسدلةِ لِتُكمِلَ الجُملةَ.

نَوعُ الخَلايا الجِذعيَّةِ المَوجودةِ في الدِّماغِ هو [الخَلايا الجِذعيَّةُ البالِغَةُ ✓] .

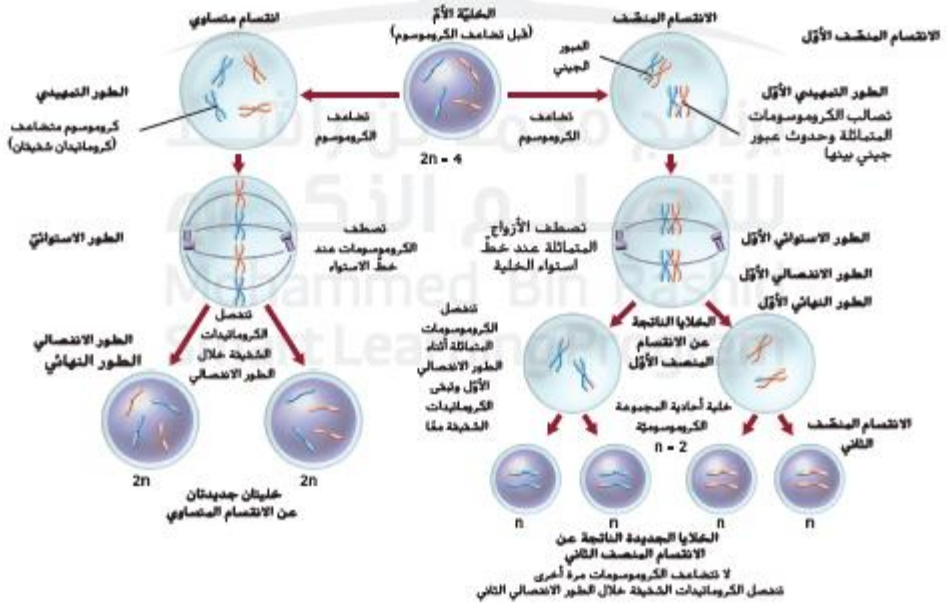
اختر الجملتينِ اللتينِ تصِفانِ الفرق بين الخلايا الجِذعيةِ الجنينيةِ والبالِغةِ، بشكلٍ صحيحٍ.

- [x] الخَلايا الجِذعيَّةُ البالِغَةُ أقلُّ إثارةً للجَدَلِ مِنَ الخَلايا الجِذعيَّةِ الجَنينيَّةِ. ✓
- [ ] يُمكِنُ للخَلايا الجِذعيَّةِ البالِغَةِ أنْ تَتمايَزَ إلى أنواعٍ أكثَرَ مِنْ خَلايا مُقارَنَةً بالخَلايا الجِذعيَّةِ الجَنينيَّةِ.
- [ ] تَنمو الخَلايا الجِذعيَّةُ الجَنينيَّةُ أكبرَ مِنَ الخَلايا الجِذعيَّةِ البالِغَةِ.
- [ ] يُمكِنُ للخَلايا الجِذعيَّةِ البالِغَةِ أنْ تَتمايَزَ إلى خَلايا دَمٍ فقطْ، بينَما يُمكِنُ للخَلايا

- [ ] الخَلايا الجِذعيَّةُ الجَنينيَّةُ أقلُّ إثارةً للجَدَلِ مِنَ الخَلايا الجِذعيَّةِ البالِغَةِ.
- [x] يُمكِنُ للخَلايا الجِذعيَّةِ الجَنينيَّةِ أنْ تَتمايَزَ إلى أنواعٍ أكثَرَ مِنْ خَلايا مُقارَنَةً بالخَلايا الجِذعيَّةِ البالِغَةِ. ✓

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.



95	الشكل 2	BIO.3.3.02.025 يشرح كيف تضمن عملية الانقسام المنصف تقليل عدد الكروموسوم لتشكيل خلية لحادية المجموعة الكروموسومية (مشيج) من خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية وكيف يعيد الإخصاب تكون الخلية ثنائية المجموعة الكروموسومية	10

الخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية وثنائية المجموعة الكروموسومية

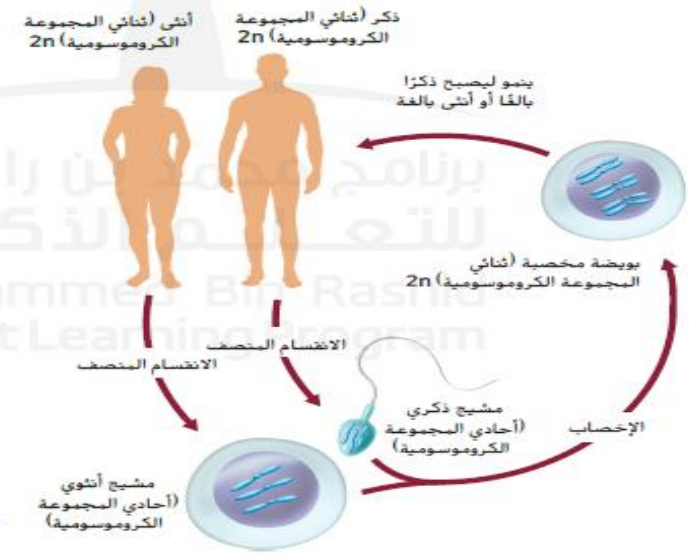
للحفاظ على ثبات عدد الكروموسومات من جيل إلى آخر، يُنتج الكائن الحي **الأمشاج** وهي خلايا جنسية تحمل نصف عدد الكروموسومات. ويختلف عدد الكروموسومات من نوع إلى آخر. فلدى الإنسان يحمل كل مشيج 23 كروموسومًا. يمكن استخدام الرمز n لتمثيل عدد الكروموسومات في المشيج. وتُسمى الخلية التي تحمل العدد n من الكروموسومات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

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.



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

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.

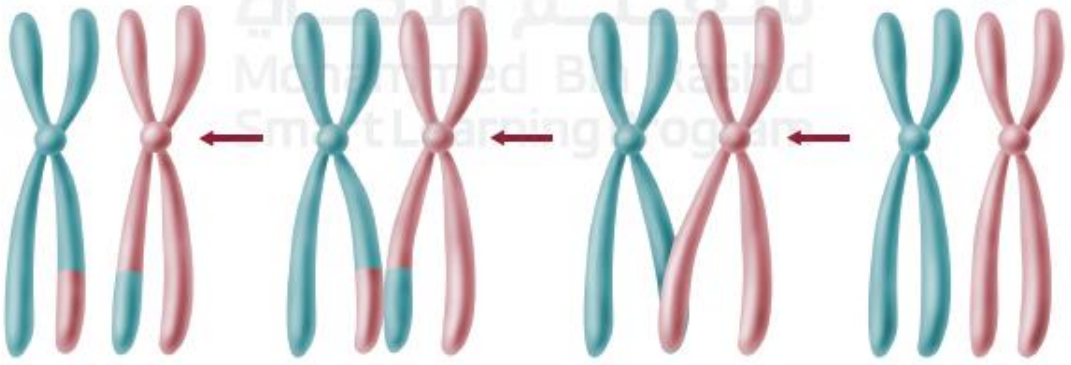
الطور الاستوائي الأول في المرحلة التالية من الانقسام المنصّف، تصطف أزواج الكروموسومات المتماثلة على خط استواء الخلية، كما هو موضح في **الشكل 5**. خلال الانقسام المنصّف، ترتبط الخيوط المغزلية بالقطعة المركزية لكل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة. تذكَّر أنه أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، 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.

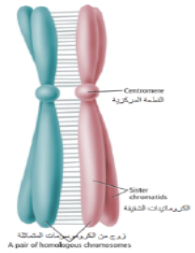
■ **الشكل 4** ينتج عن عملية العبور مجموعات جديدة من الجينات.
حدّد أيّ كروماتيدات يحدث فيها تبادل للمادة الوراثية.



حقوق الطبع والتأليف © محفوظة لصالح مؤسسة McGraw-Hill Education

What process does the figure show?

ما العملية التي يوضحها الشكل؟



Learning Outcomes Covered

- BIO.3.3.02.010

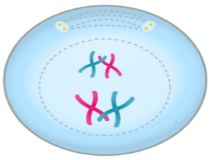
a. The hybridization التهجين

b. The segregation الانعزال

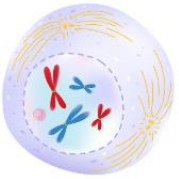
c. The crossing over العبور

d. The synapsis التشابك

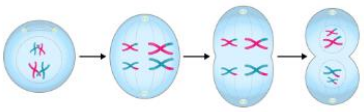
اختر الإجابةَ الصَّحيحةَ مِنَ القائمةِ المُنسدلةِ لِتَكتمِلَ الجُملة.



تَحدُثُ عمليَّةُ العُبورِ بينَ الكروموسوماتِ المُتماثلةِ خِلالَ [الطَّورِ التَّمهيديِّ الأوَّلِ ✓] مِنَ الانقسامِ المُنصِّفِ.



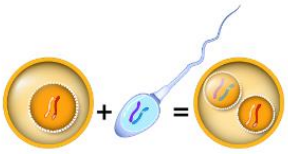
في كُلٍّ مِنَ الانقسامِ المُتساوي والانقسامِ المُنصِّفِ، تَتكوَّنُ الخُيوطُ المِغْزليَّةُ في [الطَّورِ التَّمهيديِّ ✓] مِنِ انقسامِ الخَليَّةِ.



[الطَّورُ التَّمهيديُّ الأول ✓] ← [الطَّورُ الاستوائيُّ الأول ✓] ← [الطَّورُ الانفصاليُّ الأول ✓] ← [الطَّورُ النِّهائيُّ الأول ✓].

اختر الإجابةَ الصَّحيحةَ مِنَ القائمةِ المُنسدلةِ لِتَكتمِلَ الجُملة.

تُنتِجُ عمليَّةُ [الانقسامِ المُنَصِّفِ ✓] أمشاجًا.



يَحتوي الحَيَوانُ المَنَويُّ في الإنسانِ على 23 كروموسوم. بناءً على هذه المَعلومةِ، كَمْ عددُ الكروموسوماتِ المَوجودةِ في الخليَّةِ البَيْضِيَّةِ في الإنسانِ؟

- 72
- 2
- 23 ✓
- 46

الجينُ [هو قِطعةٌ طويلةٌ مِن الـDNA ✓] مُلتفَّةٌ على بعضِها بعضًا تُشكِّلُ جُزءًا مِنَ [الكروموسومِ ✓].

طويلةٍ مِنَ السُّكَّرِيَّاتِ | النَّواةُ | القِطَعِ المَركزيَّةِ

في الإنسانِ، [الأمشاجُ ✓] هي خَلايا أُحاديَّةُ المَجموعةِ الكروموسوميَّةِ. أمَّا الخَلايا الجِسْميَّةُ الأُخرى فتَحتوي على [مَجموعتينِ مِنَ الكروموسوماتِ ✓].

100		BIO.3.3.02.010 يقارن ويقابل بين التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي	12

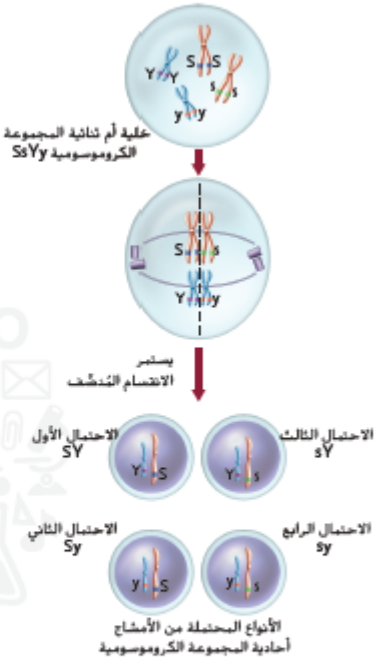
يوفر الانقسام المنصّف التنوع تذكّر أن أزواج الكروموسومات المتماثلة تصطف على خط استواء الخلية أثناء الطور التمهيدي الأول. إن طريقة اصطفاف الكروموسومات هي عملية عشوائية تؤدي إلى إنتاج أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات، كما هو موضح في **الشكل 6**. وبناءً على طريقة اصطفاف الكروموسومات على خط الاستواء،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

أي مما يلي يتكاثر جنسياً فقط؟	Which of the following can only reproduce sexually?

Learning Outcomes Covered

- BIO.3.3.02.010

a. معظم النباتات — Most plants

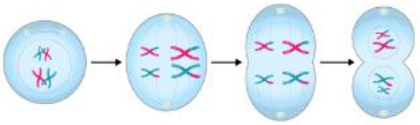
b. معظم الطلائعيات — Most protists

c. العديد من الحيوانات البسيطة — Many of the more simple animals

d. الحيوانات الأكثر تطوراً — More advanced animals

97	الشكل 5	BIO.3.1.03.038 يصف الأحداث المحددة التي تحدث في كل مرحلة من مراحل الانقسام المنصف الأول والانقسام المنصف الثاني	13

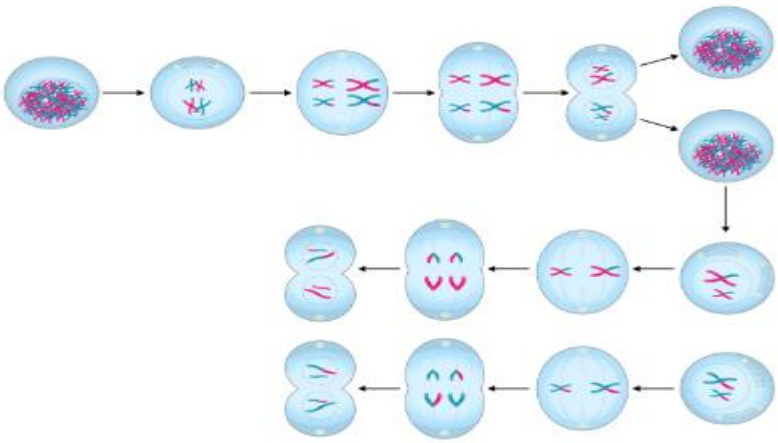
اسحبِ المُصطلحاتِ الصَّحيحةَ إلى مَكانِها المُناسِبِ لِتُرتِّبَ أطوارَ الانقسامِ الخَلويِّ الأربعةَ.



الطَّورُ التَّمهيديُّ الأول ← الطَّورُ الاستوائيُّ الأول ← الطَّورُ الانفصاليُّ الأول ←

الطَّورُ النِّهائيُّ الأول .

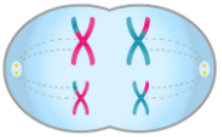
اخترِ الإجابةَ الصَّحيحةَ.



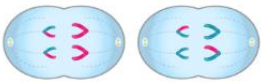
أيُّ طَورٍ مِنْ أطوارِ الانقسامِ المُنصِّفِ يَنتهي بانفصالِ الكروموسوماتِ المُتَماثلةِ إلى خَليَّتينِ وَليدتينِ مُختلفتينِ؟

- الطَّورُ الانفصاليُّ الأوَّلُ.
- الطَّورُ النِّهائيُّ الأوَّلُ. ✓
- الطَّورُ النِّهائيُّ الثَّاني.
- الانقسامُ المُنصِّفُ الثَّاني.

الطَّورُ الانْفِصاليُّ الأوَّلُ



في الطَّورِ الانفصاليِّ الأوَّلِ، تَبْقَى [الكروماتيداتُ الشَّقيقةُ ✓] مع بعضِها بعضًا، أمَّا أزواجُ [الكروموسوماتِ المُتماثلةِ ✓] فتَنفصِلُ عَنْ بعضِها بعضًا.



أيُّ طَورٍ مِنْ أطوارِ الانقسامِ المُنصَّفِ مُبيَّنٌ في الصُّورةِ أعلاهُ؟

- ☐ الطَّورُ الانفصاليُّ الأوَّلُ.
- ☑ الطَّورُ الانفصاليُّ الثَّاني. ✓
- ☐ الطَّورُ الاستوائيُّ الثَّاني.
- ☐ الطَّورُ النِّهائيُّ الأوَّلُ.

اختَرِ الإجابةَ الصَّحيحةَ مِنَ القائمةِ المُنسدلةِ لِتُكمِلَ العبارةَ.

يُبيِّنُ الشَّكلُ الخَلايا الَّتي يَتِمُّ إنتاجُها في نهايةِ [الطَّورِ النِّهائيِّ الثَّاني ✓] مِنَ الانقسامِ المُنصِّفِ.

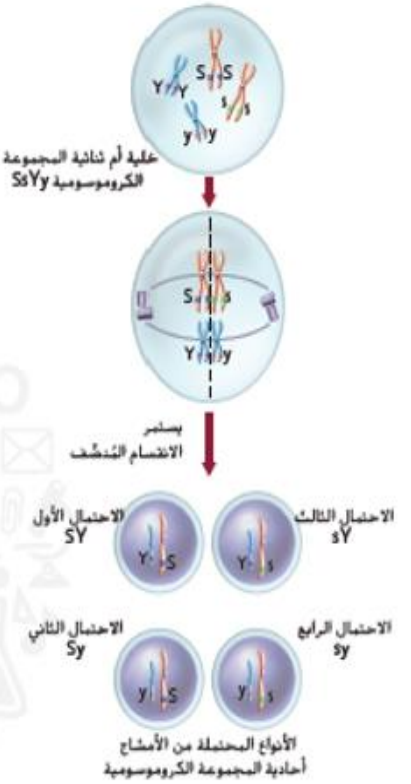
يوفر الانقسام المنصّف التنوع تذكّر أن أزواج الكروموسومات المتماثلة تصطف على خط استواء الخلية أثناء الطور التمهيدي الأول. إن طريقة اصطفاف الكروموسومات هي عملية عشوائية تؤدي إلى إنتاج أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات، كما هو موضح في **الشكل 6**. وبناءً على طريقة اصطفاف الكروموسومات على خط الاستواء،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

علم الوراثة المندلية

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.

مَنْ هو العالِمُ الّذي يُعَدُّ المُؤَسِّسَ لِعِلْمِ الوِراثَـةِ الحَديثِ؟

- تشارلز داروين
- توماس أديسون
- جريجورُ مَنْدِل ✓
- لويس باستور

اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحَةَ مِنَ القائِمَةِ المُنْسَدِلَةِ لِتُكْمِلَ الجُمْلَةَ.

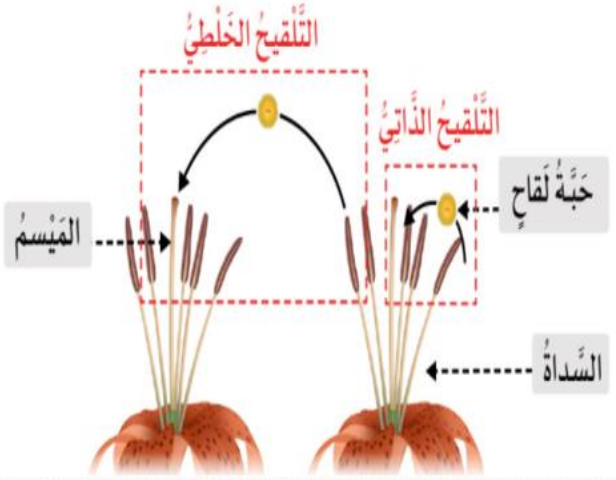
أَحَدُ فُروعِ عِلْمِ الأَحياءِ، ويُعْنى بِدِراسَـةِ الجِيناتِ، وكَيْفِيَّـةِ انْتِقالِها مِنَ الآباءِ إلى الأَبْناءِ: عِلْمُ الوِراثَـةِ ✓ .

اخْتَرِ الإجابَةَ الصَّحيحَةَ مِنَ القائِمَةِ المُنْسَدِلَةِ لِتُكْمِلَ الجُمْلَةَ.

في تَجارِبِ مَنْدِل، سُمِّيَ النَّسلُ النّاتِجُ مِنَ التَّلقيحِ الخَلْطِيِّ لِنباتاتٍ نَقِيَّـةِ السُّلالَـةِ بـ الجيلِ الأَوَّلِ (F_1) ✓ .

101		BIO.3.3.02.011 يفرق بين التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي	16

في الحالَةِ الطَّبيعَةِ تَقومُ نَباتاتُ البازِلّاءِ بِعَمَلِيَّةِ التَّلْقيحِ الذّاتِيِّ. وهذا بِسَبَبِ تَواجُدِ الأَعْضاءِ التَّناسُلِيَّةِ الأُنْثَوِيَّةِ والذَّكَرِيَّةِ في نَفْسِ الزَّهْرَةِ.



اخْتَرِ الإِجابَةَ الصَّحيحَةَ.

أَيُّ الجُمَلِ التّالِيَةِ غَيْرُ صَحيحٍ عَنِ التَّلقيحِ الذّاتِيِّ في النَّباتاتِ؟

- يَحْتاجُ إلى أَمْشاجٍ ذَكَرِيَّةٍ وأُنْثَوِيَّةٍ.
- يَحْتاجُ إلى سَداةٍ ومَيْسَمٍ.
- يَحْتاجُ إلى وُجودِ الآباءِ على نَفْسِ النَّبْتَةِ.
- ✓ يَحْتاجُ إلى وُجودِ الآباءِ على نَباتاتٍ مُخْتَلِفَةٍ.

اخْتَرِ الإِجابَةَ الصَّحيحَةَ.

أَيُّ العباراتِ الآتيةِ يَصِفُ كيفيَّةَ إجراءِ مندل لِتَجارِبِهِ لِتَحديدِ آليَّةِ تَوريثِ الصِّفاتِ؟

- قَطَعَ مندل أجزاءً مِن نَباتاتٍ مُختلِفَةٍ وزَرَعَها في مَكانٍ آخَرَ.
- زَرَعَ مندل أنواعًا مُختلفةً مِن النَّباتاتِ مع بعضِها بعضًا لِيَرى احتماليَّةَ تَكاثُرِها.
- قامَ مندل بالتَّزاوُجِ بينَ أزهارِ النَّباتاتِ ولاحَظَ ما يَحْدُثُ.
- ✓ قامَ مندل بِتَزاوُجٍ بينَ مَشيجٍ ذَكَريٍّ وآخَرَ أُنثويٍّ في النَّباتاتِ وحَصَلَ على جيلِ أبناءٍ.

اخْتَرِ الإِجابَةَ الصَّحيحَةَ.

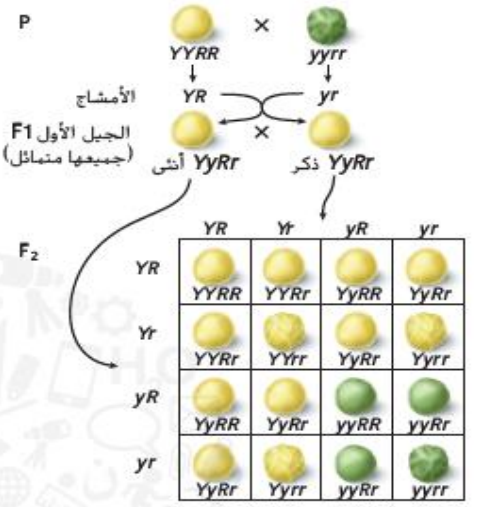
ما الَّذي دَرَسَهُ مَنْدِلُ باسْتِخدامِ التَّجاربِ على نَباتاتِ البازِلَّاءِ؟

- طَريقَةُ زِراعَةِ الأَنْواعِ المُخْتَلِفَةِ مِنَ السُّلالاتِ النَّقِيَّةِ لِنَباتِ البازِلَّاءِ.
- أَهَمِّيَّةُ الحَديقَةِ لِحياةٍ صِحِّيَّةٍ.
- انْتِقالُ الصِّفاتِ مِنْ جيلٍ إلى الجيلِ الَّذي يَليهِ. ✓
- دَوْرَةُ حَياةِ نَباتِ البازِلَّاءِ.

اخْتَرِ الإِجابَةَ الصَّحيحَةَ.

ما الَّذي دَرَسَهُ مَنْدِلُ باسْتِخدامِ التَّجاربِ على نَباتاتِ البازِلَّاءِ؟

- طَريقَةُ زِراعَةِ الأَنْواعِ المُخْتَلِفَةِ مِنَ السُّلالاتِ النَّقِيَّةِ لِنَباتِ البازِلَّاءِ.
- أَهَمِّيَّةُ الحَديقَةِ لِحياةٍ صِحِّيَّةٍ.
- انْتِقالُ الصِّفاتِ مِنْ جيلٍ إلى الجيلِ الَّذي يَليهِ. ✓
- دَوْرَةُ حَياةِ نَباتِ البازِلَّاءِ.



النوع	الطراز الجيني	الطراز الظاهري	العدد	نسبة الطرز 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 ألفت تجاربه على نبات بازلاء الحدائق الضوء على وراثة الصفات.
- وضع مندل قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقّع الأبناء المحتملين من التزاوج.

فهم الأفكار الرئيسة

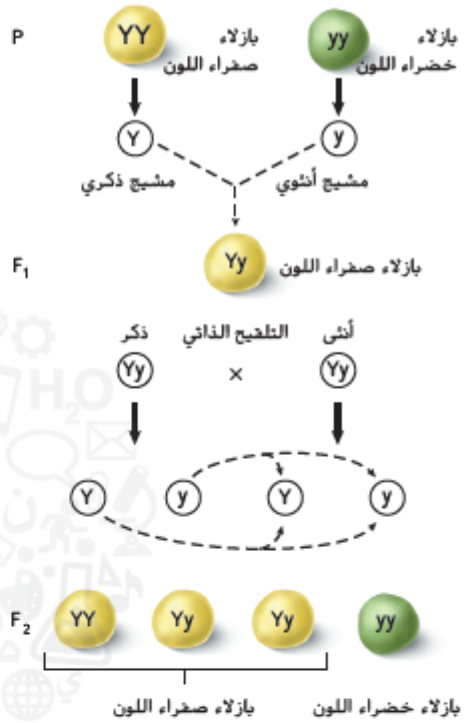
1. **مخطط** استخدم مربع بانيت لتوضح كيفية منع الأليل السائد ظهور أثر الأليل المتنحي. (مفاهيم رئيسة)
2. **طبّق** قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر بإعطاء مثال على كل منهما.
3. **استخدم مربع بانيت** في ذبابة الفاكهة، صفة العيون الحمراء *(R)* سائدة على صفة العيون الوردية *(r)*. فما نسبة الطرز الظاهرية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

التفكير الناقد

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

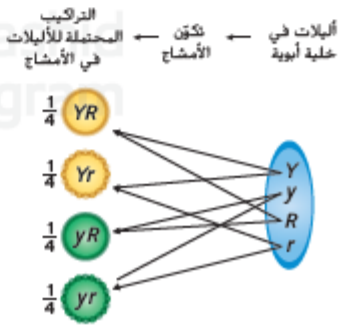
الرياضيات في علم الأحياء

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؟



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

■ **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.**



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) هجينين. 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؟

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 التزاوج.

تدريبات /الوراثة المندلية / التزاوج الأحادي

1 - ان لون الثمرة الأحمر سائد على لون الثمرة الاصفر في الطماطم. فماذا تتوقع ان تكون نسبة الطراز الجيني لافراد التي تنتج عن تزاوج بين أبوين هجينين لهذه السمة

	R	r
R	RR	Rr
r	Rr	rr

الطرز الظاهرية :
3 أحمر : 1 أصفر
الطرز الجيينة:
1 أحمر نقي: 2 أحمر هجين : 1 أصفر نقي

تدريبات / حل مسائل وراثية

1- جرى تزاوج بين نبات بازلاء طويل الساق هجين ونبات بازلاء قصير الساق ، ما الطرز المظهرية والجينية للابناء الناتجة من التزاوج؟

الطراز الظاهري للاباء :

الطراز الجيني للآباء :

الامشاج:

نسبة الطراز الظاهري للابناء :

نسبة الطراز الجيني للابناء :

الحل

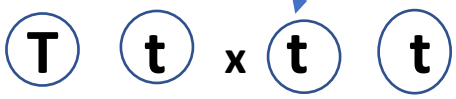
1- جرى تزاوج بين نبات بازلاء طويل الساق هجين ونبات بازلاء قصير الساق ،

ما الطرز المظهرية والجينية للابناء الناتجة من التزاوج؟

الطراز الظاهري للاباء : طويل الساق مع قصير الساق

الطراز الجيني للآباء : Tt x tt

الامشاج:



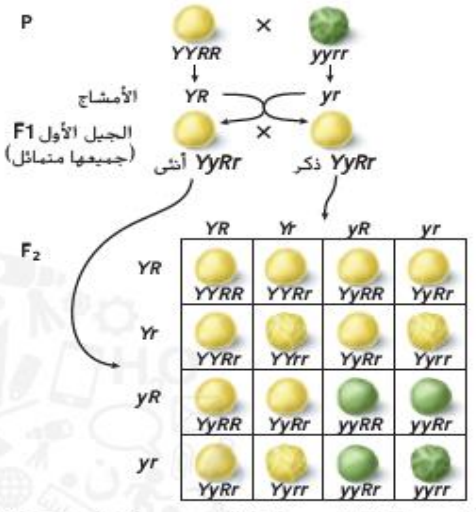
نسبة الطراز الظاهري للابناء :

50% طويل الساق و 50% قصير (1:1)

	T	t
t	Tt	tt
t	Tt	tt

نسبة الطراز الجيني للابناء :

2 قصير نقي : 2 طويل هجين



النوع	الطراز الجيني	الطراز الظاهري	العدد	نسبة الطرز 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 العالم جريجور مندل، الذي ألفت تجاربه على نبات بازلاء الحدائق الضوء على وراثة الصفات.
- وضع مندل قانون الانعزال وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقّع الأبناء المحتملين من التزاوج.

فهم الأفكار الرئيسة

1. المفردة 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؟

	YR	Yr	yR	yr
YR	YYRR	YYRr	YyRR	YyRr
Yr	YYRr	YYrr	YyRr	Yyrr
yR	YyRR	YyRr	yyRR	yyRr
yr	YyRr	Yyrr	yyRr	(A)

يوضح الشكل أدناه التزاوج ثنائي التهجين في مربع بانيت الذي يعرض بصريًا احتمالات ارتباط الأليلات لكل واحد من الأبوين.
أي من التراكيب الجينية التالية يشير إليها الحرف(A)؟

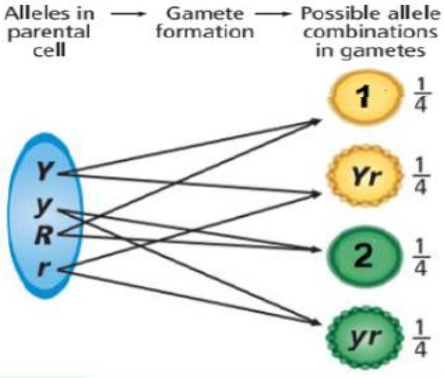
a. YyRr

b. YYrr

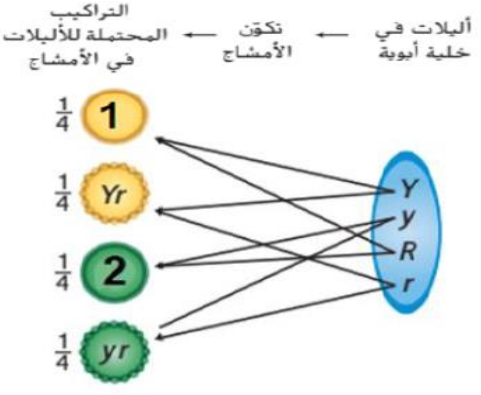
c. yyRr

d. yyrr

The illustration below represents the law of independent assortment in a dihybrid cross which allows equal chances that each pair of alleles (Yy and Rr) can randomly combine with the others.
Which of the following do the numbers (1) and (2) refer to?



الشكل أدناه يوضح قانون التوزيع الحر في التزاوج ثنائي التهجين الذي يوفر فرصة متساوية لكل زوج من الأليلات (Yy و Rr) بأن تتحد عشوائي بعضها مع بعض.
أي مما يلي تشير إليه الأرقام (1) و(2)؟



a. (1):YY and (2):yR — (1):YY و (2):yR

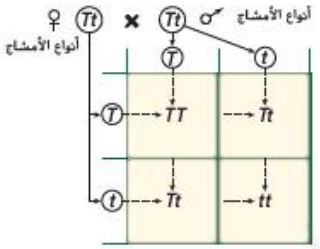
b. (1):YR and (2):RR — (1):YR و (2):RR

c. (1):yy and (2):YR — (1):yy و (2):YR

d. (1):YR and (2):yR — (1):YR و (2):yR

105	الشكل12	BIO.3.3.02.01 2 يتوقع نسبة توزيع الأليلات والطرز الجينية والطرز الظاهرية للجيل الناتج في تهجين أحادي التهجين باستخدام مربع بانيت والاحتمال	20

T = القدرة على ثني اللسان
t = عدم القدرة على ثني اللسان



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.

جزاكم الله خيرا

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