

انقسام الخلية وتكاثرها

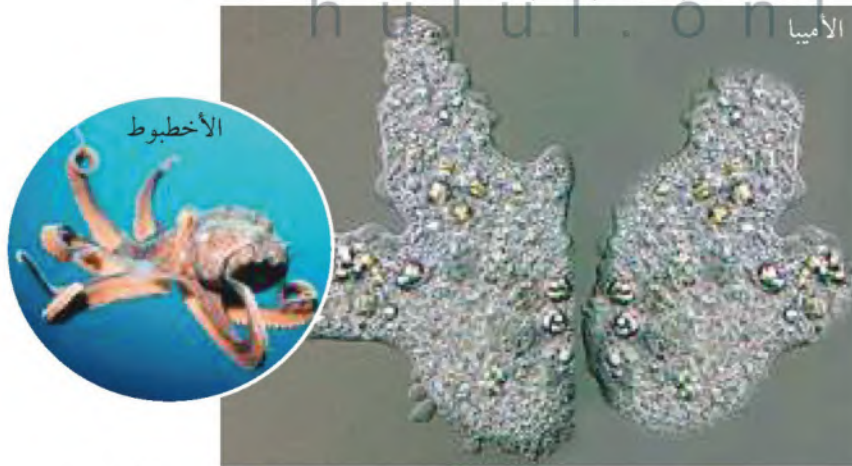
ما أهمية انقسام الخلية؟

ما الأشياء المشتركة بينك وبين الأخطبوط وشجرة العرعر؟ هذه المخلوقات الحية تشترك في خصائص كثيرة، أهمها أن الله الذي خلقها بقدرته وتديره جعل أجسامها تتكون من بلايين الخلايا، كما جعل هذه المخلوقات الحية العديدة الخلايا كلها تبدأ من خلية واحدة، تنقسم لتصبح اثنتين، ثم أربعاً ثم ثمانية.. وهكذا. ويستمر الانقسام الخلوي حتى بعد توقف النمو؛ فهو يعوّض الخلايا التالفة. فعلى سبيل المثال، خلال اللحظات التي تستغرقها لقراءة هذه الجملة يُنتج نخاعك العظمي ستة ملايين خلية دم حمراء. وللانقسام الخلوي أهمية أيضاً للمخلوقات الحية الوحيدة الخلية؛ فهي تتكاثر عن طريق الانقسام الخلوي، كما في الشكل ١٢. الانقسام الخلوي ليس مجرد عملية فصل الخلية الواحدة إلى قسمين كما قد يبدو لك؛ إنه عملية أصعب من ذلك، كما سيتضح لك قريباً.

دورة الخلية

قدّر الحق تبارك وتعالى لجميع المخلوقات الحية أن تمر بمراحل متتابعة خلال حياتها، وهذا ما يُعرف بدورة الحياة، التي تبدأ بتكوّن المخلوق الحي، ثم نموه، وتنتهي بموته. ويحدث ذلك أيضاً للخلايا المفردة، فلكل منها دورة حياة.

تصل المخلوقات الحية الوحيدة الخلايا - ومنها الأميبا الموضحة في الصورة - إلى حجم معين، ثم تنقسم لتكاثر.



الشكل ١٢ يحدث الانقسام الخلوي في المخلوقات الحية جميعها. فالمخلوقات الحية العديدة الخلايا كالأخطبوط تنمو نتيجة زيادة عدد خلاياها.

فيم هذا الدرس

الأهداف

- توضيح أهمية الانقسام المتساوي.
- تتبع أطوار الانقسام المتساوي.
- تقارن بين الانقسام المتساوي في الخلايا النباتية والخلايا الحيوانية.
- تُعدّد مثالين على التكاثر اللاجنسي.
- تصف أطوار الانقسام المنصف، وكيفية تكوين الخلايا الجنسية.
- توضيح أهمية الانقسام المنصف في التكاثر الجنسي.
- توضيح كيف يحدث الإخصاب في التكاثر الجنسي.

الأهمية

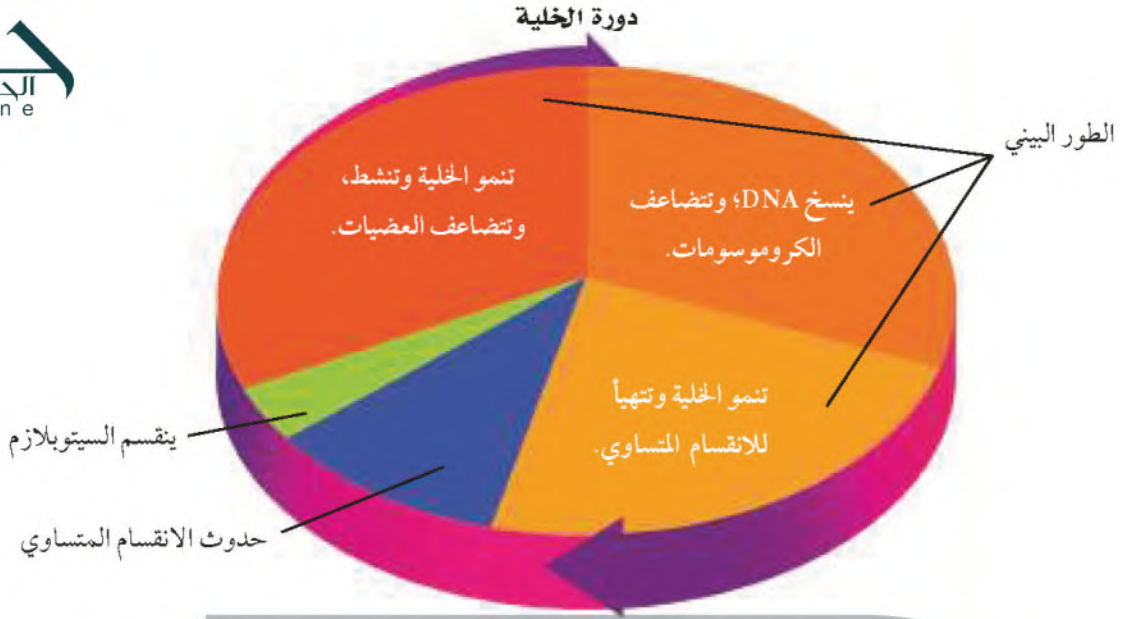
- يعتمد نمو المخلوقات الحية على الانقسام الخلوي.
- تعود أهمية الانقسام المنصف والتكاثر الجنسي في عدم وجود شخصين متشابهين تماماً.

مراجعة المفردات

النواة عضوية تتحكم في جميع نشاطات الخلية، وتحتوي على المادة الوراثية التي تتكون من البروتينات و DNA. المخلوق الحي كل مخلوق يتكون من خلايا، وله قدرة على النمو والتكاثر والاستجابة، ويستهلك الطاقة.

المفردات الجديدة

- الانقسام المتساوي
- الكروموسوم
- التكاثر اللاجنسي
- التكاثر الجنسي
- البويضة
- الحيوان المنوي
- الإخصاب
- البويضة المخصبة
- ثنائي المجموعة
- الكروموسومية
- أحادي المجموعة
- الكروموسومية
- الانقسام المنصف



زمن دورة الخلية يُقصد بدورة الخلية - كما يوضحها الشكل ١٣ - المراحل أو الأطوار المتتالية التي تمر بها الخلية منذ بدء الانقسام الخلوي حتى الانقسام الخلوي الذي يليه. وتختلف المدة التي تستغرقها دورة الخلية من خلية إلى أخرى. فمثلاً تستغرق دورة حياة بعض خلايا نبات الفول ١٩ ساعة، بينما نجد أن خلايا أجنة الحيوانات تنقسم بسرعة أكبر، بحيث تكمل دورتها في أقل من ٢٠ دقيقة. أما في جسم الإنسان فإن دورة حياة بعض الخلايا تستغرق ١٦ ساعة. كما أن الخلايا التي يحتاج إليها للنمو وتعويض الخلايا التالفة - ومنها خلايا الجلد والعظام - فإنها تعيد دورة حياتها باستمرار.

الطور البيئي يشكّل الطور البيئي معظم زمن دورة الخلية الحقيقية النواة، وتستغرقه الخلية في النمو. فالخلايا التي لا تنقسم في الجسم - ومنها الخلايا العصبية وخلايا العضلات - تبقى دائماً في هذا الطور. وأما الخلايا النشطة - ومنها خلايا الجلد - فتتسخن المادة الوراثية خلال هذا الطور استعداداً للانقسام الخلوي.

ولعلك تتساءل: لماذا يجب نسخ المادة الوراثية قبل الانقسام؟! تخيل أنك تمثل دوراً ما في مسرحية، ولا يملك المخرج إلا نسخة واحدة من النص، فوزع صفحة واحدة على كل ممثل، فهل يحصل أي منهم على النص الكامل؟ فالصواب أن ينسخ المخرج النص كاملاً، ثم يوزعه؛ ليعرف كل واحد دوره وما يحيط به. كذلك الحال في الخلية؛ يجب أن تُنسخ المادة الوراثية فيها قبل الانقسام؛ لتحصل كل خلية جديدة على نسخة كاملة من المادة الوراثية لتقوم بوظائف الحياة.

بعد انتهاء الطور البيئي تدخل الخلية في طور الانقسام؛ حيث تنقسم النواة، ثم يتوزع السيتوبلازم؛ لتكوين خليتين جديدتين.

الشكل ١٣ الطور البيئي هو الجزء الأطول في دورة الخلية. حدد متى تتضاعف الكروموسومات؟

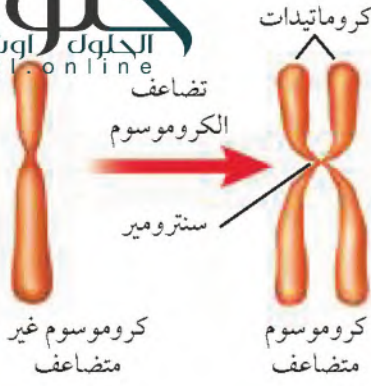
خلال الطور البيئي

الربط مع
المهن



اختصاصي الأورام

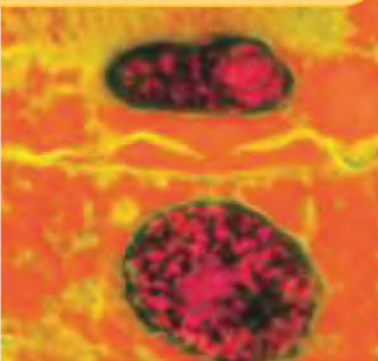
تتم الخلايا دوراتها ضمن ضوابط معينة، ويتم التحكم فيها. أما الخلايا السرطانية فتتقسم بسرعة لا يمكن التحكم فيها. ويُسمى الأطباء المتخصصون في دراسة هذه الخلايا اختصاصيي الأورام. ولكي تصبح مختصاً في علاج الأورام تحتاج أولاً إلى دراسة الطب، ثم التخصص في علم الأورام. ابحث عن التخصصات الفرعية في علم الأورام، ثم عددها، واكتب وصفاً عنها في دفتر العلوم.



الشكل ١٤ يُنسخ DNA خلال الطور البيئي، ويتكون الكروموسوم غير المتضاعف من سلسلة واحدة من DNA، أما الكروموسوم المتضاعف فيحتوي على سلسلتين متماثلتين من DNA تُسميان كروماتيدات، ترتبطان معاً في منطقة تُسمى سنترومير.

الشكل ١٥ تظهر الصفيحة الخلوية في الخلية النباتية عندما يبدأ السيتوبلازم في الانقسام استتج ما الطور الذي يأتي بعد هذه المرحلة؟

يأتي الطور البيئي بعد هذه المرحلة حيث تبدأ معظم الخلايا من جديد فترة النمو



الانقسام المتساوي (غير المباشر)

تُسمى عملية انقسام النواة إلى نواتين متماثلتين **الانقسام المتساوي (غير المباشر)** Mitosis، وتكون النواة الجديدة ماثلة للنواة الأصلية. ويتضمن الانقسام المتساوي سلسلة من الأطوار المتتالية، هي: الطور التمهيدي، والطور الاستوائي، والطور الانفصالي، والطور النهائي.

مراحل الانقسام المتساوي تلعب الكروموسومات دوراً مهماً في عملية انقسام النواة. **والكروموسوم** Chromosome تركيب في النواة يحتوي على المادة الوراثية. وخلال الطور البيئي يتضاعف هذا الكروموسوم، فعندما تكون النواة جاهزة للانقسام يصبح الكروموسوم أكثر سمكاً وأقصر، ويظهر في صورة سلسلتين متماثلتين تُسمى كل واحدة منهما كروماتيداً، كما في الشكل ١٤.

ما العلاقة بين الكروموسومات والكروماتيدات؟

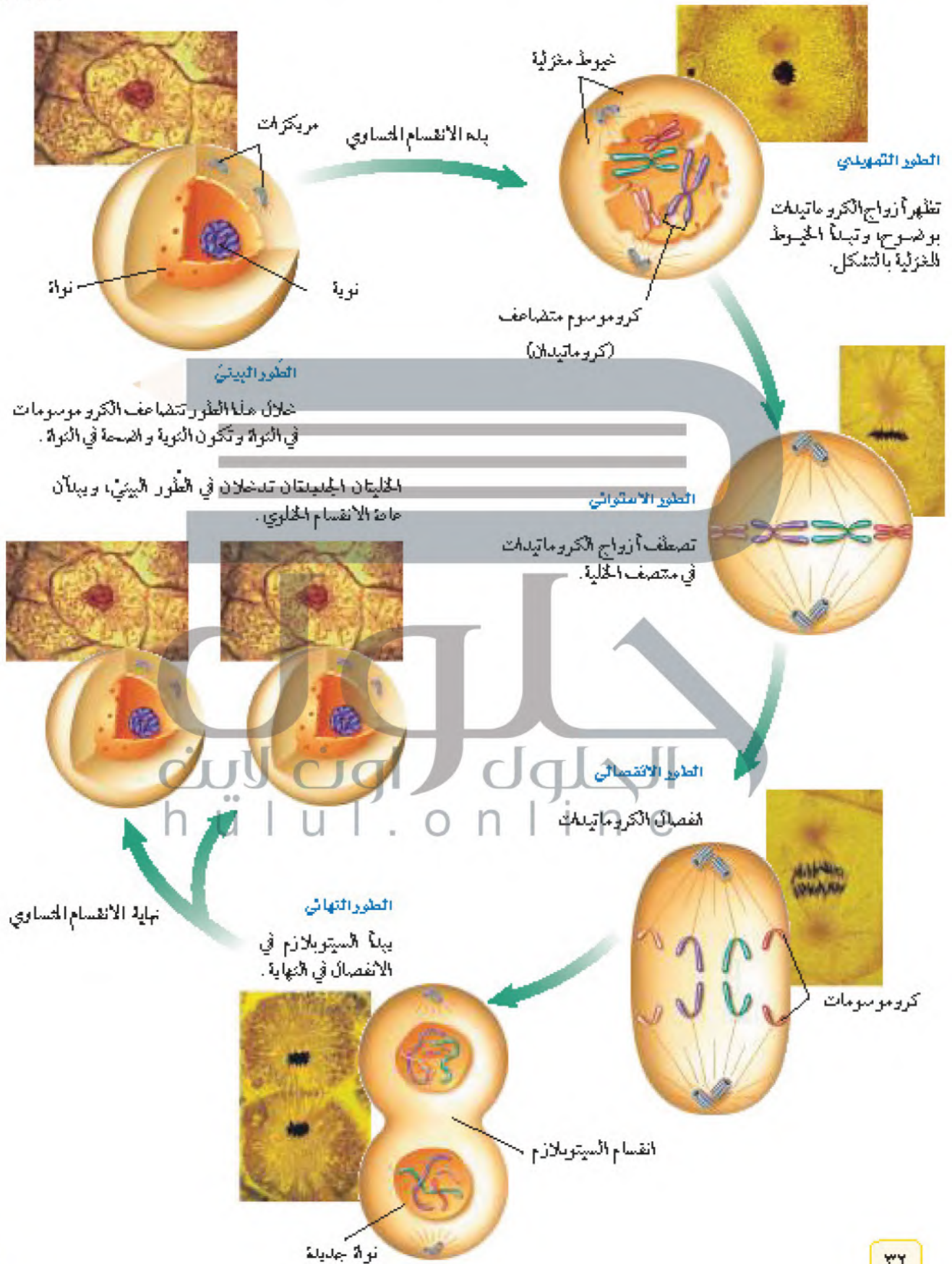
الكروماتيدات هي الصورة التي تظهر عليها الكروموسومات عندما تصبح النواة جاهزة للانقسام حيث تصبح الكروموسومات أسمك وأقصر وتظهر على صورة خيطين متماثلين وتسمى الكروماتيدات

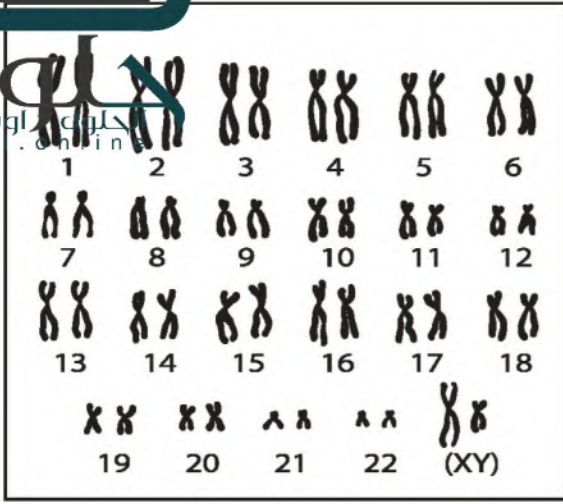
أما في الطور الاستوائي فتصطف أزواج الكروماتيدات في وسط الخلية، وتتصل بزوج من الخيوط المغزلية في السنترومير.

وخلال الطور الانفصالي ينقسم السنترومير، وتكتمش الخيوط المغزلية، وتشد معها الكروماتيدات، مما يؤدي إلى انفصال بعضها عن بعض، وتبدأ في الحركة نحو طرفي الخلية، وتُسمى الكروماتيدات بعد انفصالها الكروموسومات. أما في الطور الأخير، وهو الطور النهائي، فتبدأ الخيوط المغزلية في الاختفاء، كما تبدأ الكروموسومات في التفكك، وتتكون نواتان جديدتان.

الانقسام الخلوي يتوزع السيتوبلازم في معظم الخلايا بعد انقسام النواة، وبذلك تتكون خليتان جديدتان. تبدأ هذه العملية في الخلايا الحيوانية بتخضر الغشاء البلازمي. وتشبه عملية التخضر البالون الذي يُربط وسطه بخيط. أما في الخلايا النباتية فيبدأ انقسام السيتوبلازم بظهور الصفائح الخلوية- كما في الشكل ١٥- التي تُكوّن الغشاء البلازمي الجديد، والذي يفرز بدوره جزيئات تترسب خارجه، فيتكون الجدار الخلوي. وبعد انقسام السيتوبلازم تبدأ معظم الخلايا من جديد فترة النمو أو الطور البيئي. استعن بالشكل ١٦ لمراجعة مراحل الانقسام الخلوي في الخلايا الحيوانية.

الشكل ١٦ يظهر الشكل الانقسام الخلوي لخلية حيوانية. الصور الظاهرة في الشكل مكبرة ٦٠٠ مرة.





كروموسومات خلية بشرية



كروموسومات خلية ذبابة الفاكهة



توجد الكروموسومات على شكل أزواج في نوى معظم الخلايا. تحتوي خلية الإنسان على ٤٦ كروموسوماً، منها زوج (كروموسومان) يساعدان على تحديد نوع الجنس، كما في (xy) أعلاه. أما خلية ذبابة الفاكهة فتحتوي على ٨ كروموسومات.

الشكل ١٧

نتائج الانقسام المتساوي والانقسام الخلوي هناك ثلاثة أشياء مهمة يجب تذكرها بالنسبة للانقسام المتساوي والانقسام الخلوي.

أولاً: ينتج عن الانقسام المتساوي انقسام النواة.

ثانياً: ينتج عن الانقسام المتساوي نواتان جديدتان متماثلتان تشبهان الخلية الأصلية، وتحتوي كل منهما على نفس عدد الكروموسومات ونوعها. إن كل خلية في جسم الإنسان - ما عدا الخلايا الجنسية - تحتوي على نواة بداخلها ٤٦ كروموسوماً. وكذلك الحال بالنسبة لذبابة الفاكهة التي تحوي كل خلية من خلايا جسمها ثمانية كروموسومات، كما في الشكل ١٧.

ثالثاً: تختفي الخلية الأصلية، ولا يعود لها وجود.

تحصل الخلايا جميعها على المادة الوراثية نفسها أثناء الانقسام، وتستخدم كل خلية جزءاً محددًا من هذه المادة الوراثية يجعلها تختصّ بوظيفة محددة. ويسمح الانقسام الخلوي للخلايا بالنمو وتعويض الخلايا التالفة والميتة، فإذا جرحت فإن الانقسام الخلوي يعوض الخلايا المتضررة. كما أنّ له دوراً كبيراً في عملية التكاثر، فبسبب هذه الخاصية المهمة التي حبا الله بها خلايا أجسامنا ينمو جسدك ويصبح أكبر حجمًا من الطفل.

استنتج ما الذي تستدل عليه من خلال زوج الكروموسومات (xx) في خلية ذبابة الفاكهة؟

زوجي الكروموسومات (xx) في ذبابة الفاكهة تدل على نوع الجنس في ذبابة الفاكهة

التكاثر اللاجنسي

يقصد بالتكاثر العملية التي يُنتجُ خلالها المخلوق الحي أفرادًا من نوعه. وهناك نوعان من التكاثر، هما: التكاثر الجنسي، والتكاثر اللاجنسي. يتطلب التكاثر الجنسي وجود فردين اثنين لحدوثه. أما في التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction فيكون لدى المخلوق الحي بمفرده القدرة على إنتاج فرد أو أكثر يحمل المادة الوراثية نفسها التي يحملها المخلوق الحي الأصلي.

ماذا قرأت؟ ما عدد أفراد المخلوقات الحية التي ينتجها التكاثر اللاجنسي؟

مخلوق حي واحد

التكاثر اللاجنسي التكاثر اللاجنسي عن طريق الانقسام المتساوي والانقسام الخلوي. ومن هذا النوع من التكاثر اللاجنسي نمو درناك البطاطس، والسيقان العرضية المسماة بالسيقان الجارية في نباتات الفراولة، كما في الشكلين (أ- ١٨)، (ب- ١٨). أما الخلايا البدائية النوى أو البكتيريا فإنها لا تحتوي على نواة. لذا فإنها تتكاثر بنسخ المادة الوراثية فيها، ثم تنشط، الشكل ١٨ - ج.

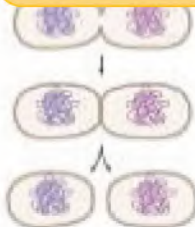
الطور النهائي

الشكل ١٨ - ب



استنتج كيف تكون المادة الوراثية في نباتات الفراولة الصغيرة مقارنة بنباتات الفراولة الأصلية؟

نباتات الفراولة الصغيرة تكون هي نفسها المادة الوراثية في نبات الفراولة الأصلي



الشكل ١٨ - ج تكاثر البكتيريا بالانشطار، بحيث تعطي خليتين جديدتين تشبهان الخلية الأصلية.

تجربة

نموذج ثلاثة أقسام المتساوي

الخطوات

- اصنع نموذجًا للانقسام المتساوي من المواد التي يوفرها لك المعلم.
- استعمل أربعة كروموسومات في النموذج.
- رتب النماذج بالترتيب بعد الانتهاء حسب مراحل الانقسام المتساوي.

التحليل

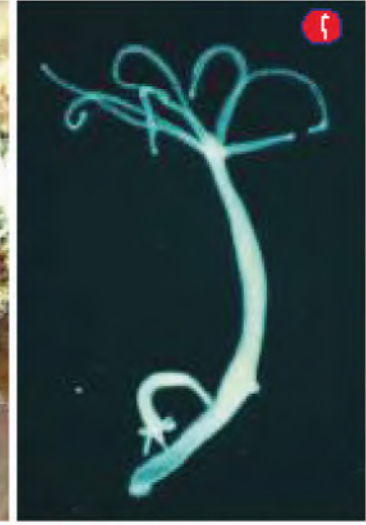
- أي دور يمكن رؤية النواة فيه؟
- ما عدد الخلايا الناتجة عن الانقسام الخلوي؟

خليتان جديدتان

الشكل ١٨ - أ العديد من النباتات تتكاثر لاجنسيًا.

يمكن أن ينمو نبات بطاطس جديد من كل برعم في صرنة البطاطس.





أ. الهيدرا حيوان يعيش في المياه العذبة ويستطيع التكاثر لا جنسياً بالبرعم. والبرعم نسخة تطابق الحيوان الأصلي.
ب. يتجعد لشجم البحر في الصورة أربع أذرع.

الشكل ١٩ تستعمل بعض المخلوقات الحية الانقسام الخلوي للبرعم والتجدد.

التبرعم والتجدد تأمل الشكل ١٩ - أ، تلاحظ نمو برعم على جانب جسم الهيدرا الأصلية. ويسمى هذا النوع من التكاثر اللاجنسي التبرعم. ويفصل البرعم عندما يكبر.

وهناك مخلوقات حية تستطيع إعادة بناء الأجزاء المدمرة أو المفقودة من جسمها، كما في الشكل ١٩ - ب. ويسمى هذا النوع من التكاثر التجدد. ومن المخلوقات الحية التي تتكاثر بهذه الطريقة الإسفنج ونجم البحر. يتغذى نجم البحر على المحار، لذا فإنه يشكل مشكلة لمزارعي المحار، فماذا تتوقع أن يحدث إذا جمع مزارعو المحار نجم البحر ثم قطعوه وأعادوه إلى البحر ثانية؟

التكاثر الجنسي: يتطلب التكاثر الجنسي وجود فردين اثنين الحدوث.

خلال التكاثر الجنسي Sexual Reproduction، تتحد البويضة Eggs وهي الخلية الجنسية الناتجة عن الأعضاء التناسلية الأنثوية مع الحيوان المنوي Sperm وهو الخلية الجنسية الناتجة عن الأعضاء التناسلية الذكورية، كما في الشكل ٢٠. وتُعرف هذه العملية بالإخصاب Fertilization. وتُسمى الخلية الناتجة عن هذه العملية البويضة المخصبة Zygote أو الزيجوت. وبعد الإخصاب تمر البويضة المخصبة بسلسلة من الانقسام المتساوي والانقسام الخلوي فينتج فرد جديد.



الشكل ٢٠ البويضة والحيوان المنوي في الإنسان عند الإخصاب.

الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية يتكون الجسم من نوعين من الخلايا هما الخلايا الجسمية والخلايا الجنسية. ويكون عدد الخلايا الجسمية أكثر بكثير من الخلايا الجنسية، فالدماغ والجلد والعظام وبقيّة أنسجة الجسم وأعضائه هي عبارة عن خلايا جسمية. لقد درست سابقاً أن كل خلايا جسم الإنسان تحتوي على 46 كروموسوماً، تترتب على هيئة أزواج متماثلة في الحجم والشكل والـ DNA التي تتكون منه. تُسمى الخلايا التي تحتوي على أزواج متماثلة من الكروموسومات الخلايا **الثنائية المجموعة الكروموسومية** Diploid.

الخلايا الأحادية المجموعة الكروموسومية يكون عدد الكروموسومات في الخلايا الجنسية نصف عدد الكروموسومات في الخلايا الجسمية! لذا نقول: إنها **أحادية المجموعة الكروموسومية** Haploid، فمثلاً يكون عدد الكروموسومات في الخلايا الجنسية في الإنسان 23 كروموسوماً فقط (كروموسوم واحد من كل زوج من الكروموسومات المتشابهة). قارن بين عدد الكروموسومات الموجودة في الخلايا الجنسية للإنسان ومجموعة الكروموسومات الكاملة للإنسان المبينة في الشكل ١٧ صفحة ٣٣.

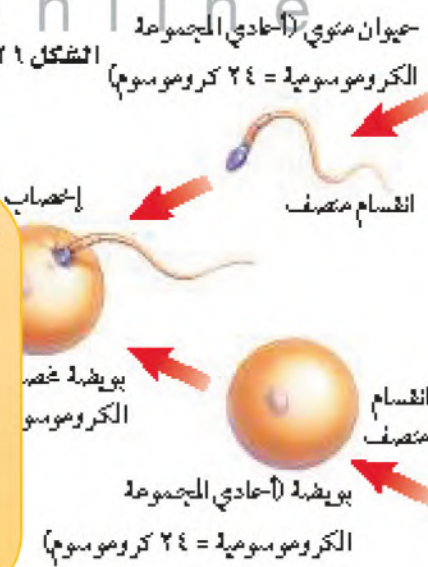
مناقرات؟ ما عدد الكروموسومات في الحيوان المنوي في الإنسان؟

الانقسام الجنسية 23 كروموسوم ختالي والخلايا

تُشجّ الخلايا الأحادية المجموعة الكروموسومية خلال عملية **الانقسام المتصف** Meiosis. وفي هذه العملية يكون عدد الكروموسومات في الأبناء مساوياً لعدد الكروموسومات في الأباء، كما في الشكل ٢١. فعندما يتحد الخلية الجنسية الأحادية تنتج البويضة المخصبة الثنائية المجموعة الكروموسومية التي تبدأ في النمو والتغير؛ لتتكون فرناً جديداً بقدرة الله عز وجل.

الشكل ٢١ تتكون البويضة المخصبة عند اتحاد خليتين جنسيتين، ثم تبدأ في الانقسام المتساوي لتتغير مكونة مخلوقاً جديداً. كان بين عدد الكروموسومات الموجودة في الخلايا المختلفة.

- عدد الكروموسومات في الحيوان المنوي = نصف عدد الخلايا الجسمية (24)
- عدد الكروموسومات في البويضة = نصف عدد الخلايا الجسمية (24)
- عدد الكروموسومات في البويضة المخصبة = 48 كروموسوم



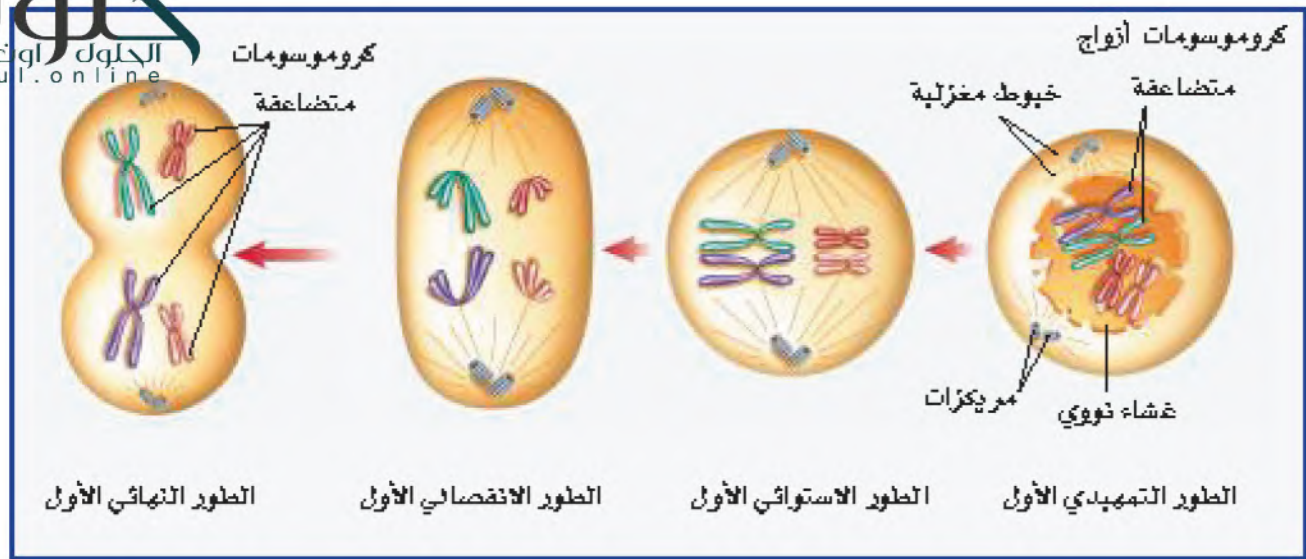
أسد



لبؤة

الربط مع الكيمياء

البويضة المخصبة الثنائية المجموعة الكروموسومية تفرز البويضة مادة كيميائية حول نفسها تساعد على جذب الحيوانات المنوية. وعلى الرغم من أن مئات الحيوانات المنوية تصل إلى البويضة إلا أن حيواناً منوياً واحداً فقط يقدر له الخالق تبارك وتعالى أن يخترقها، حيث تتغير طبيعة غشائها البلازمي عند دخول نواة أول حيوان منوي إليها، فيصبح غشاؤها غير نافذ للحيوانات المنوية الأخرى. كيف تسهم هذه العملية في أن يكون عدد الكروموسومات في البويضة المخصبة ثنائياً؟ اكتب في دفتر العلوم فقرة تصف فيها أفكارك حول ذلك.



الشكل ٢٢ المرحلة الأولى من الانقسام المتصّف.

تمر التوالفة خلال الانقسام المتصّف بمرحلتين من الانقسام، تتضمن كل مرحلة أربعة أطوار كما في الانقسام المتساوي.

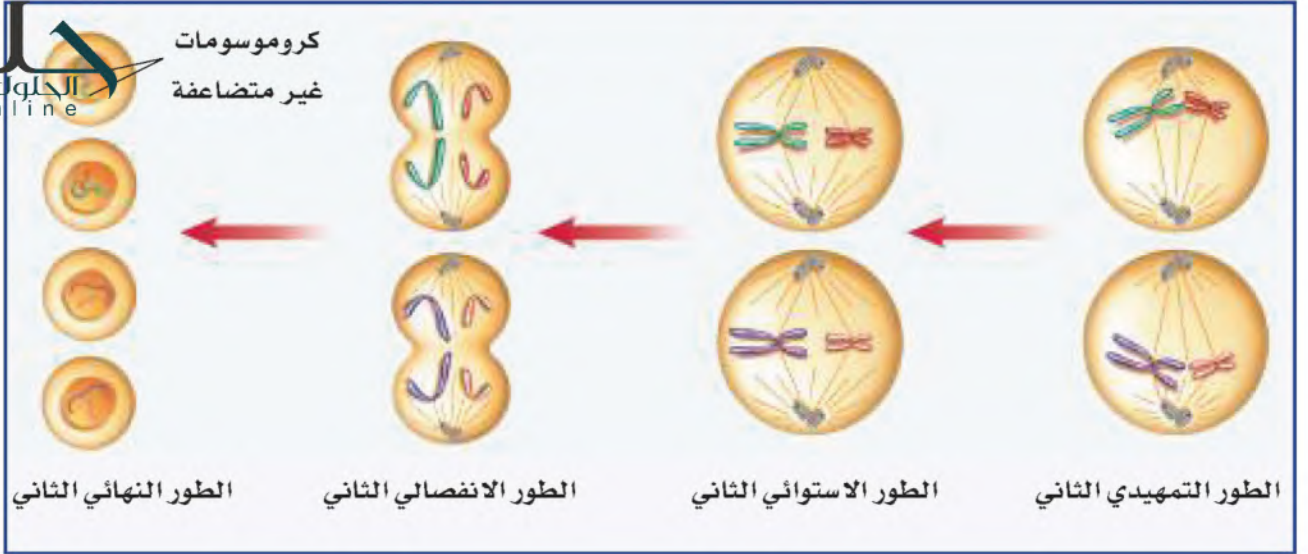
المرحلة الأولى من الانقسام المتصّف تتضاعف الكروموسومات قبل بدء الانقسام المتصّف كما في الانقسام المتساوي، وعندما تكون الخلايا جاهزة للانقسام تظهر الكروموسومات المتضاعفة بوضوح، ويمكن رؤيتها بالمجهر المركب، كما في الشكل ٢٢. وتشبه الأحداث في الطور التمهيدي الأول ما يحدث خلال الطور التمهيدي في الانقسام المتساوي، إلا أن الكروموسومات المتماثلة تتجمع في صورة أزواج.

وفي الطور الاستوائي الأول تتحرك أزواج الكروموسومات المتماثلة، وتتصطف في وسط الخلية في مجموعتين متقابلتين، وتظهر الخيوط المغزلية التي ترتبط بالكروموسومات من السطرون غير.

تأخذ الخيوط المغزلية في الانكماش خلال الطور الانفصالي الأول، فتبتعد أزواج الكروموسومات المتماثلة بعضها عن بعض، وتتحرك نحو الأطراف المتقابلة للخلية. وتنتهي المرحلة الأولى بالطور النهائي، حيث ينقسم السيتوبلازم، وتنتج خليتان، في كل خلية كروموسوم واحد من زوجي الكروموسومات المتماثلة.

ماذا يحدث للكروموسومات المتماثلة خلال الطور الانفصالي؟

تنكمش الخيوط المغزلية وتبتعد أزواج الكروموسومات المتماثلة بعضها عن بعض وتتحرك نحو الأطراف المتقابلة للخلية



الشكل ٢٣ المرحلة الثانية من

الانقسام المنصف.
حدد عدد الخلايا الجنسية
الناتجة في نهاية الانقسام
المنصف؟

4 كروموسومات جنسية

المرحلة الثانية من الانقسام المنصف تنتقل الخليتان الناتجتان خلال المرحلة الأولى من الانقسام إلى المرحلة الثانية، وتفصل الكروماتيدات الشقيقة المكوّنة لكل كروموسوم كل منهما عن الأخرى خلال هذه المرحلة. وتظهر الخيوط المغزلية والكروموسومات بوضوح خلال الطور التمهيدي الثاني، ثم تتحرك الكروموسومات إلى وسط الخلية في الطور الاستوائي الثاني. وترتبط الخيوط المغزلية بالكروموسوم من السنتروميير. وخلال الطور الانفصالي الثاني ينقسم السنتروميير وتنكمش الخيوط المغزلية فتفصل الكروماتيدات كل منهما عن الأخرى، وتتحرك نحو أطراف الخلية، وتسمى الكروماتيدات بعد انفصالها كروموسومات. وتنتهي المرحلة الثانية بالطور النهائي الثاني، حيث تختفي الخيوط المغزلية، ويتشكل الغلاف النووي حول الكروموسومات، ثم ينقسم السيتوبلازم، وبهذا تنتهي عملية الانقسام المنصف. (لاحظ الشكل ٢٣).

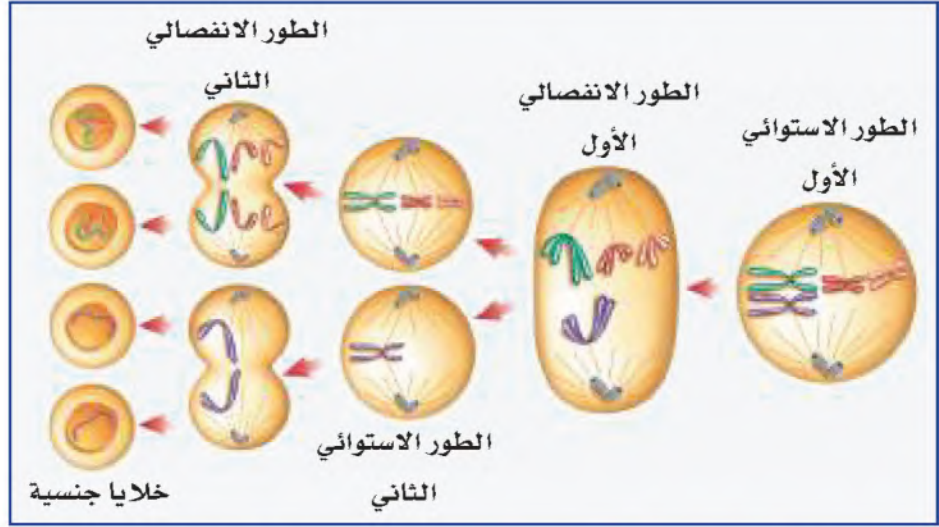
ملخص عملية الانقسام المنصف ينتج عن المرحلة الأولى من الانقسام المنصف خليتان، تنقسم كل خلية خلال المرحلة الثانية لتكوين خليتين جديدتين، وبذلك تنتج عن عملية الانقسام المنصف أربع خلايا جنسية في كل منها نصف العدد الأصلي من الكروموسومات. فمثلاً تحتوي كل خلايا جسم الإنسان على ٤٦ كروموسوماً. وخلال الانقسام المنصف تنتج أربع خلايا جنسية تحتوي كل خلية على ٢٣ كروموسوماً.

دراسة نماذج الكروموسومات
ارجع إلى كراسة التجارب العملية على منصة عين

تجربة عملية



الشكل ٢٤



اثان كروموسوم

الانحرافات والخلل في الانقسام المنصف تحدث عملية الانقسام المنصف عدة مرات في الأعضاء التكاثرية. لذا قد تحصل بعض الانحرافات، أو الخلل خلالها، وتكون هذه الانحرافات شائعة في النباتات، وقليلة الحدوث في الحيوانات. ويتبع عن هذه الانحرافات خلايا جنسية تحتوي على عدد أكبر أو أقل من الكروموسومات، كما في الشكل ٢٤. قد تموت البويضة المخصبة الناتجة عن هذه الخلايا الجنسية أحياناً. أما إذا نمت فيكون عدد الكروموسومات في خلايا المخلوق الحي الناتج غير طبيعي، مما قد يؤدي إلى عدم نموه بشكل طبيعي. انظر الشكل ٢٥.

تطبيق العلوم

كيف يمكن توقع أعداد الكروموسومات؟

- حل المشكلة**
١. ما عدد الكروموسومات التي يحصل عليها البغل من كلا الأبوين؟
 ٢. ما عدد الكروموسومات في خلايا البغل؟
 ٣. ماذا ينتج عندما تحدث عملية الانقسام المنصف في الأعضاء الجنسية للبغل؟
 ٤. ترى لماذا يكون البغل عقياً من وجهة نظرك؟

يحصل الفرد على نصف كروموسوماته من أبيه والنصف الآخر من أمه. ولكن ماذا لو كان عدد الكروموسومات عند الأبوين مختلفاً؟

تحديد المشكلة

يستطيع الحمار والفرس التزاوج وإنجاب البغل. انظر الشكل أدناه.



فرس ٦٤ كروموسوماً



بغل



حمار ٦٢ كروموسوماً

ج1: يحصل من الحصان على 32 كروموسوم ومن الحمار على 31 كروموسوم

ج2: 63 كروموسوم

ج3: لا تتكون الخلايا الجنسية لوجود كروموسوم غير مرتبط من الأم

ج4: يكون البغل عقيماً لعدم إتمام الانقسام المنصف وعدم تزاوج كروموسومات الحمار والحصان



تعدد المجموعات الكروموسومية في النباتات



الشكل ٢٥ افترض أنك استقبلت نصف عدد الكروموسومات (N) من أبك ونصفها الآخر من أمك، مما جعل منك مخلوقاً ثنائي المجموعة الكروموسومية (2N). تكون العديد من النباتات في الطبيعة متعددة المجموعة الكروموسومية، فقد تكون ثلاثية (3N) أو رباعية (4N) أو أكثر. إننا نعتمد على بعض هذه النباتات بوصفها مصدراً للغذاء.



▲ رباعية المجموعة الكروموسومية

تحدث طبيعياً في العديد من النباتات ومنها الفول السوداني والذئبق، وذلك نتيجة انحراف أو خلل في الانقسام المتصف أو المتساوي.

▲ ثلاثية المجموعة الكروموسومية

إن الموز مثال واضح على النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية (3N)، وإن النباتات ذات المجموعات الفردية من الكروموسومات لا تستطيع التكاثر جنسياً عانت ولها بذور صغيرة جداً وقد لا توجد فيها أصلاً.

▼ سداسية المجموعة الكروموسومية

أنتجت الجهود الزراعية الحديثة نباتات الشير نباتات سداسية المجموعة الكروموسومية (6N).



▲ ثمانية المجموعة الكروموسومية

تبتازن نباتات المتعددة المجموعات الكروموسومية بكميات كبيرة مقارنة بالنباتات الأخرى، ويحصر عدداً الأوراق والأزهار والثمار ويعدّ الفراولة مثالاً على ثمانية المجموعة الكروموسومية (8N).

اختبر نفسك

١. وضح المقصود بالانقسام المتساوي. كيف يختلف في النباتات عنه في الحيوان؟
٢. صف ماذا يحدث للكروموسومات قبل الانقسام المتساوي؟
٣. وضح أين تتكون الخلايا الجنسية؟
٤. قارن بين ما يحدث للكروموسومات في الطور الانفصالي الأول والطور الانفصالي الثاني.
٥. التفكير الناقد

- لماذا يعد اختفاء الغلاف النووي مهمًا خلال عملية الانقسام المتساوي؟
- لماذا تكون النباتات الناتجة عن العقل أو الدرّات مشابهة للنبات الأصلي، بينما تختلف النباتات الناتجة عن البذور في بعض الصفات عن أبويها؟

تطبيق المهارات

٦. تنظيم وقراءة الجدول قارن بين الانقسام المتساوي والانقسام المنصف في الإنسان، ونظم إجابتك في جدول، بحيث يحتوي العمود الأول على نوع الخلية (جسمية أم جنسية)، والخلية الأصلية (أحادية المجموعة الكروموسومية أم ثنائية)، وعدد الخلايا الناتجة، والخلايا الناتجة (أحادية المجموعة الكروموسومية أم ثنائية)، وعدد الكروموسومات في الخلايا الناتجة.

الخلاصة

دورة الخلية

- دورة الخلية هي المراحل والأطوار المتتابعة التي تمر بها الخلية منذ بدء أول انقسام خلوي حتى الانقسام الخلوي الذي يليه.
- يشكل الطور البيني معظم زمن دورة الخلية الحقيقية النواة.

الانقسام المتساوي

- يتضمن الانقسام المتساوي أربعة أطوار متتالية.
- يكون عدد الكروموسومات ونوعها في الأنوية الناتجة عن الانقسام المتساوي متماثلًا.

التكاثر اللاجنسي

- في التكاثر اللاجنسي ينتج فرد جديد عن مخلوق حي واحد.
- الانشطار والتبرعم والتجديد أمثلة على التكاثر اللاجنسي.

التكاثر الجنسي

- خلال التكاثر الجنسي تندمج خليتان جنسيتان.
- يبدأ الانقسام المتساوي والانقسام الخلوي بعد الإخصاب.
- تحتوي الخلايا الجسمية في جسم الإنسان على ٤٦ كروموسومًا، أما خلاياها الجنسية فتحتوي على ٢٣ كروموسومًا.

الانقسام المنصف والخليا الجنسية

- تتضاعف الكروموسومات قبل الانقسام المنصف.
- تنفصل أزواج الكروموسومات كل منهما عن الآخر خلال الطور الانفصالي الأول.
- تنفصل الكروماتيدات خلال المرحلة الثانية من الانقسام المنصف.
- ينتج عن الانقسام المنصف أربع خلايا جنسية.

ج1: الانقسام المتساوي هو: انقسام النواة إلى نواتين متماثلتين وتكون النواتين الناتجتين متماثلتين
للنواة الأصلية

في الخلية الحيوانية: خلال الطور التمهيدي تتكون الخيوط المغزلية بين المريكزات التي تتجه إلى قطبي الخلية

في الخلية النباتية: تتكون الخيوط المغزلية خلال الطور التمهيدي ولكنها تفتقر إلى المريكزات

ج2: تتضاعف الكروموسومات ثم يصبح الكروموسوم أسمك وأقصر ويظهر على صورة خيطين متماثلين يسمى كل واحد منها كروماتيد

ج3: في الأعضاء التكاثرية

ج4: الطور الانفصالي الأول: تأخذ الخيوط المغزلية في الانكماش دون انقسام للسنترومير، تبتعد أزواج الكروموسومات المتماثلة عن بعضها البعض وتتحرك ناحية الأطراف المتقابلة للخلية

الطور الانفصالي الثاني: ينقسم السنترومير وتنكمش الخيوط الكروماتيدات بعضها عن بعض

تتحرك الكروماتيدات وتسمى الكروماتيدات بعد انفصالها كرموسومات

ج5: أ - حتى تتحرك المريكزات نحو قطبي الخلية ويتكون بينها الخيوط المغزلية

ب - لأن النباتات الناتجة عن العقل والدرنات ناتجة عن التكاثر اللاجنسي ولذلك تحمل النباتات الناتجة المادة الوراثية نفسها للنبات الأصلي، أما النباتات الناتجة عن البذور فهي تنتج بفعل التكاثر الجنسي

وجه المقارنة	الانقسام المتساوي	الانقسام المنصف
نوع الخلية	جسمية	جنسية
الخلية الأصلية	ثنائية المجموعة الكروموسومية	ثنائية المجموعة الكروموسومية
عدد الخلايا الناتجة	٢	٤
الخلايا الناتجة	ثنائية المجموعة الكروموسومية	أحادية المجموعة الكروموسومية
عدد الكروموسومات في الخلايا الناتجة	٤٦	٢٣

البناء الضوئي والتنفس الخلوي

سؤال من واقع الحياة

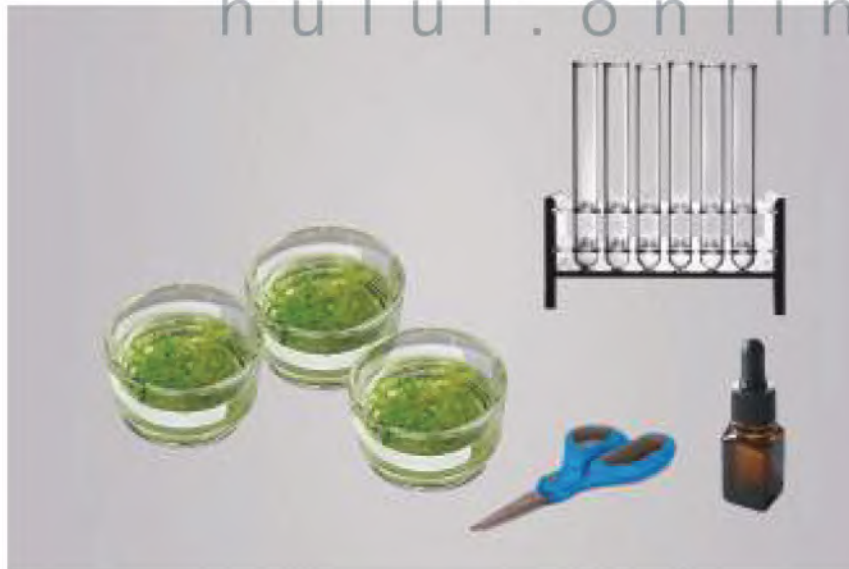
تقوم كل خلية حية بالعديد من العمليات الكيميائية، أهمها التنفس الخلوي والبناء الضوئي. تقوم جميع الخلايا - ومنها الخلايا المكونة للجسم - بعملية التنفس الخلوي، بينما تقوم بعض الخلايا النباتية بالعملتين معاً. وفي هذه التجربة، ستبحث حدوث هاتين العمليتين في الخلايا النباتية. كيف يمكنك معرفة أن النبات يقوم بأي من هاتين العمليتين؟ هل نواتج عملية التنفس هي نواتج عملية البناء الضوئي نفسها؟ ومتى تقوم النباتات بعملية التنفس أو البناء الضوئي؟

الخطوات

١- انقل جنون البياضات الأنيبي إلى دفتر العلوم، ثم أكمله في أثناء تنفيذ التجربة.

بيئات أنابيب الاختبار

اللون بعد مرور ٣٠ دقيقة	اللون في البداية	الأنبوب
		١
		٢
		٣
		٤



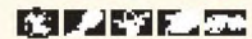
الأهداف

- تلاحظ نباتات مائية خضراء في الليل والنهار.
- تحدد فيها إذا كانت النباتات تقوم بعملية البناء الضوئي والتنفس معاً.

المواد والأدوات

- + ٤ أنابيب اختبار (١٥٠ ملم) مع سدانات
- + أربعة أوعية شفافة
- + حامل أنابيب اختبار
- + قضيب زجاجي
- + مقص
- + ماء غازي
- + محلول بروموثيمول الأزرق في علبنة قطارة
- + ماء صنبور (٢٠ مل)
- + ماء مقطر
- + نبات الإلوديا

إجراءات السلامة



تحذير: ضع النظارات الواقية لحماية عينيك من المواد الضارة.

استخدام الطرائق العلمية



٢. رُكِّم أنابيب الاختبار من ١ إلى ٤، ثم صب ٥ مل من ماء الصنبور في كل منها.
٣. أضف ١٠ قطرات من الماء الغازي إلى كل من الأنبوبين ١ و ٢ .
٤. أضف ١٠ قطرات من محلول بروموثيمول الأزرق إلى أنابيب الاختبار كلها.
٥. اقطع قطعتين طول كل منهما ١٠ سم من نبات الإلوديا، ثم صب واحدة منهما في الأنبوب رقم ١، وواحدة في الأنبوب رقم ٣، ثم أطلق الأنابيب جميعها بالمسندات .
٦. وضع الأنبوبين ١ و ٢ في مكان مضيء، وضع الأنبوبين ٣ و ٤ في مكان معتم، وراقب أنابيب الاختبار لمدة ٤٥ دقيقة، أو إلى أن يتغير اللون. سجل في الجدول لون كل أنبوب.

تحليل البيانات

١. **حدد** ما الذي يشير إليه لون الماء في الأنابيب الأربعة في بداية النشاط.
٢. **استنتج** ما العملية التي حدثت في أنبوب (أو أنابيب) الاختبار التي تغير لونها بعد مرور ٣٠ دقيقة؟

الاستنتاج والتطبيق

١. **صف** الهدف من استخدام الأنبوبين ٣ و ٤ في التجربة.
٢. **اشرح** ما إذا كانت نتائج هذه التجربة تكشف عن حدوث، أو عدم حدوث أي من عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي في النباتات.

تواصل

بياناتك

اختر أحد النشاطين الآتيين للتواصل بنجاحك:
جهاز عرض شفهيًا توضح فيه كيف بينت التجربة الفرق بين نواتج البناء الضوئي ونواتج التنفس الخلوي.
احمل مطوية من الورق المقوى؛ لتوضح ما فعلته خلال هذه التجربة.

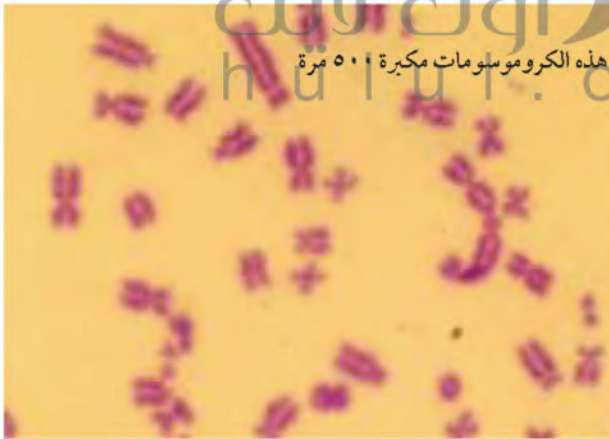


الحمد لله الذي خلق الكروموسومات التي جعلت كل واحد منا فريداً.

كيف تمكن العلماء من فصل الكروموسومات بعضها عن بعض؟

ففي تجربة سو كان المحلول الذي استعمله لتحضير العينة يحتوي على كميات أكبر من الماء مقارنة بما في داخل الخلية، لذا تحرك الماء إلى الداخل فانتفخت الخلايا حتى انفجرت، مما أدى إلى ظهور الكروموسومات بوضوح.

وكان ذلك نتيجة خطأ قام به أحد العاملين في المختبر في أثناء تحضيره المحلول الذي تحفظ فيه الخلايا، وبما أن تحضير هذا المحلول يقوم به أكثر من شخص، ولأنه مضت فترة طويلة على اكتشاف سبب ظهور الكروموسومات بوضوح، لم يتمكن الدكتور سو من تحديد من كان وراء اكتشاف هذا اللغز العظيم، فبقي مجهولاً.



هذه الكروموسومات مكبرة ٥٠٠ مرة

تظهر الكروموسومات عند النظر إليها بالمجهر المركب متشابكة كالمعكرونة، لهذا استغرق العلماء فترة طويلة؛ لمعرفة عددها في خلايا جسم الإنسان.

تحيل كيف شعر الدكتور دو شيو سو عندما نظر إلى المجهر المركب فشهد الكروموسومات متباعدة. لكن المشكلة الكبرى تمثلت في أنه لم يعرف ما الذي فعله لتظهر الكروموسومات بهذه الصورة بحيث تمكن من عدّها.

يقول الدكتور سو: «حاولت دراسة هذه الشرائح وتحضير عينات أخرى مماثلة؛ لتكرار هذه الأعجوبة؛ ولكن لم يحدث شيء».

واستمر الدكتور سو ثلاثة أشهر يحاول معرفة السبب الذي أدى إلى فصل الكروموسومات بعضها عن بعض، وفي شهر أبريل من عام ١٩٥٢م حصل على مبتغاه، حيث توصل إلى أن الكروموسومات انفصل بعضها عن بعض بسبب الخاصية الأسموزية.

الخاصية الأسموزية هي حركة جزيئات الماء خلال الغشاء البلازمي، حيث تتحرك جزيئات الماء من المحاليل ذات التركيز الأكبر للماء إلى المحاليل ذات التركيز الأقل.

بحث ما الأبحاث التي ساعدت العلماء على الاستنتاج بأن خلايا الإنسان تحتوي ٤٦ كروموسوماً. قم بزيارة الموقع الإلكتروني الموضح على اليمين.

العلوم
عبر المواقع الإلكترونية
ارجع إلى المواقع الإلكترونية عبر شبكة الإنترنت.