التكاثر في الطبيعة

في النباتات، الإنسان والحيوانات

© جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية

صدر بتمويل مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية في وزارة التربية
وإدارة مركز التربية العلمية - التكنولوجية على اسم عاموس دي شليط

الجامعة العبرية في القدس، مركز تدريس العلوم
وزارة التربية، السكرتارية التربوية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية
إدارة مركز التربية العلمية - التكنولوجية على اسم عاموس دي شليط

משרד החינוך
מאושר
אישור מס': 4315
אושר בתאריך: 25.3.12

2012

طاقم إعادة الكتابة والكتابة من جديد:

د. روت أمير

ديدة فرنكل

د. داية كافي

باتيا جلعاد

راحيل نوسينبوس

استشارة علمية:

بروفسور عودد كانر، كلية هداسا القدس (الفصول أ- ه)

د. أوريت برجمن - سفير، حديقة النباتات، القدس (الفصل و، الفصل ز (النباتات))

بروفسور شنئان هاربز، معهد فولكني (الفصل ز (الحيوانات).

إعداد تربوي (بيداغوغي): سمدار كوهن

مراجعة لغوية: مهند شيخ يوسف

إعداد جنسوي: إيريس تسور

رسومات، تصميم وإنتاج: يوليا اغرونوفيش، جدعون دان - ستوديو دان

بحث الصور: شيلي دور حاييم، رونيت نئمان - نعمان

معالجة حقوق الطبع: رونيت نئمان - نعمان، شوشنا هارئيل

أعد الكتاب للطباعة: شوشنا هارئيل

باقة شكر

لجميع الذين قرأوا، قدموا ملاحظات وأضاءوا الكتابة في المراحل المختلفة:

د. نوعا أبو العافية، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية

د. نطاع عورفي، مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية

د. يهوديت عتيدية (الفصل أ)

للمصورين الذين صورهم تزين صفحات الكتاب (تفصيل الأسماء في نهاية الكتاب)

صور الغلاف:

بادرة أفوكادو ([Dontworry [wiki comm), فراخ في العش [benjamint 444 [Wikipedia),

طفل في المهد (ر. أمير), اقحوان وملقح (ش. الحرار)

© جميع الحقوق على المواد التي أُدخلت في هذا الكتاب محفوظة لأصحابها.

ممنوع طباعة، نسخ، تصوير، ترجمة أو تخزين في مجمّع معلومات بكل طريقة أو وسيلة أخرى أي قسم أو مادة من هذا الكتاب.

إلى القراء الكرام

يتناول الكتاب "التكاثر في الطبيعة: في النباتات والحيوانات" عملية التكاثر التي تعتبر إحدى مميزات الحياة. أهمية عملية التكاثر ليست لبقاء الفرد ذاته الذي يستطيع أن يُكمل دورة حياته دون تكاثر، بل لاستمرارية بقاء النوع وللنشوء والارتقاء.

نُبرز على طول فصول الكتاب جانبين: التجانس في المبادئ التي تعتمد عليها عمليات التكاثر ومن ضمنها الملاءمة بين مبنى الأعضاء التناسلية وأدائها في النباتات والحيوانات والتباين الكبير الذي يتم التعبير عنه في تنوع طرق تكاثر الأنواع المختلفة وبأشكال الأعضاء التناسلية. التجانس من ناحية واحدة والتباين من ناحية أخرى هما ناتجا عمليات نشوء وارتقاء كثيرة السنوات.

يبدأ الكتاب من خلال عرض التكاثر كمميز حياة يضمن استمرارية بقاء النوع وفي عرض المبادئ المشتركة لتكاثر جميع الكائنات الحية. في وقت لاحق في الكتاب، ستجدون فصول منفردة لتكاثر الإنسان، حيوانات أخرى وتكاثر النباتات. يعتمد هذا التدخُّل على تقدم البحث والتكنولوجيا في مجالات الطب والزراعة، لكن إلى جانب الفائدة، يُثير هذا التدخُّل صراعات أخلاقية.
الفصل الذي يغلق الكتاب يتناول استراتيجيات تكاثر كائنات حية مختلفة، ويعرض نظرة تُجمل عملية التكاثر في مستويات التنظيم البيولوجية المختلفة ابتداءً من الخلايا، عبر الأعضاء والكائن الحي الكامل وحتى العمليات التي تحدث في مستوى النظام البيئي.

دُمجت في فصول الكتاب أقسام ثابتة فيها قِطع توسُّع ومضامين متعلقة بشكل مباشر بالمنهج التعليمي، وهي تعرض أهمية وصلة المواضيع التي نتعلَّمها:

" جدير بالمعرفة" - قصص تربط بين الموضوع الذي يتم تعلُّمه والحياة اليومية.

"نافذة البحث" - قِطع أبحاث محتلنة كثيرة، ترافقها أسئلة لتحليل نتائجها.

"توسُّع" - مضامين أكثر من المطلوب في المنهج التعليمي.

"أسئلة" - بتنوع واسع من مستويات التفكير التي تُتيح استعمال تنوع مهارات التفكير.

"صراع ذهني" - قضايا أخلاقية تنشأ من المضامين التي يتعلمها التلاميذ وتحتاج إلى اتخاذ قرار قيمي.

أُبرزت المصطلحات المهمة في الفصل **بلون** في النص.

للمساعدة في الربط بين المواضيع المختلفة التي يتعلمها التلاميذ، نعرض المستطيلات الآتية إلى جانب النص.

علاقة بموضوع

ربط المادة التي يتعلمها التلاميذ بالمواضيع الأساسية.

الفكرة المركزية

ربط المادة التي يتعلمها التلاميذ بأفكار مركزية في البيولوجيا.

للمزيد عن

توجيه التلاميذ إلى مواضيع يتم التوسُّع فيها فيما بعد.

قراءة ممتعة وتعلُّم مثمر!

طاقم التطوير

محتويات الكتاب

9 أ التكاثر أحد مميزات الحياة

10 أ1. **التكاثر يُتيح استمرارية النوع**

12 أ2. طرق التكاثر في الطبيعة

13 أ3. الأساس الخلوي للتكاثر

14 أ1.3 الميتوزا- الأساس الخلوي للتكاثر غير التزاوجي والنمو

15 أ2.3 الميوزا- الأساس الخلوي للتكاثر التزاوجي

18 أ3.3 ما هو الفرق بين الميوزا والميتوزا؟

20 أ4. تباين وراثي وطفرات

21 المواضيع الأساسية في هذا الفصل

21 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

23 ب مبادئ التكاثر التزاوجي

24 ب1. **تتميَّز أفراد التكاثر التزاوجي في التباين الوراثي**

25 ب2. في التكاثر التزاوجي تتحد خليتيْ تكاثر مختلفتين

26 ب3. يتم التكاثر التزاوجي بين أفراد من نفس النوع (species) البيولوجي

27 ب4. البيئة المحيطة المائية أو الرطبة ضرورية للاخصاب

27 ب5. تحتاج الأجنة إلى غذاء وبيئة محيطة محمية لتطورها

28 ب6. يتم تنظيم جهاز التناسل (التكاثر) بواسطة آليات مراقبة

29 ب7. نظرة من منطلق النشوء والارتقاء: تكاثر تزاوجي وتباين وراثي

31 المواضيع الأساسية في هذا الفصل

31 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

34 ج تكاثر الإنسان*

34 ج1. مبنى جهاز التكاثر

35 ج1.1 جهاز التكاثر عند المرأة

36 ج2.1 جهاز التكاثر عند الرجل

* يعتمد قسم من هذا الفصل على فصل 9 في كتاب "بيولوجيا الإنسان"، مركز تدريس العلوم، الجامعة العبرية في القدس، 2002.

37 ج.2 من الطفولة حتى البلوغ
37 ج1.2 التغيُّرات الجسمانية في سن البلوغ
40 ج2.2 الخلايا المنوية: إنتاج، تطور ومبنى
41 ج3.2 خلية البويضة:تطور ومبنى
44 ج.3 دورة الحيض
48 ج.4 إلتقاء الخلايا التناسلية والاخصاب
48 ج1.4 مسار خلايا التكاثر في طريقها إلى الإخصاب
49 ج2.4 الإخصاب - إتحاد الخلايا التناسلية
50 ج.5 من الزيجوت إلى الوليد
51 ج1.5 تطور الجنين
57 ج2.5 الولادة
60 ج.6 تنمية عشائر بنو البشر (النمو السكاني للإنسان)
61 المواضيع الأساسية في هذا الفصل
62 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

63 د تدخُّل في عمليات تكاثر الإنسان
65 د.1 إحصاب خارج الجسم: حل لحالات كثيرة تعاني من الخصوبة
65 د1.1 مراحل عمل عملية الإخصاب خارج الجسم
67 د2.1 تطبيق الإخصاب خارج الجسم
72 د.2 التكنولوجيا تساعدنا لكنها تخلق صراعات أيضًا
74 د.3 تنظيم تعداد العائلة
76 المواضيع الأساسية في هذا الفصل
77 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

80 هـ تكاثر الحيوانات
80 **تكاثر تزاوجي عند الحيوانات**
80 هـ.1 صوب التكاثر
80 هـ1.1 البلوغ الجنسي
81 هـ2.1 موسم التكاثر
82 هـ3.1 علامات جنسية ثانوية
83 هـ4.1 اتصال بين الذكور والإناث

85 هـ2. تكاثر الحيوانات في الماء
85 هـ1.2 تكاثر الأسماك
86 هـ2.2 تكاثر البرمائيات
88 هـ3. تكاثر الحيوانات في اليابسة
90 هـ1.3 تكاثر الطيور
96 هـ2.3 تكاثر الثدييات
101 هـ4. جوانب النشوء والارتقاء للتكاثر التزاوجي (الجنسي) عند الحيوانات

102 **تكاثر لا جنسي في أحادية الخلية والحيوانات**
102 هـ5. تكاثر لا جنسي بواسطة الإنقسام أو التبرعم
103 هـ6. التكاثر العذري
105 هـ7. تكاثر غير تزاوجي (لا جنسي) بطرق بيوتكنولوجية.
106 المواضيع الأساسية في هذا الفصل
108 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

111 ح تكاثر النباتات
111 ح1. تكاثر غير تزاوجي (لا جنسي)
113 ح2. تكاثر تزاوجي
115 ح1.2 الإزهار
118 ح2.2 مبنة الزهرة والأعضاء التناسلية
122 ح3.2 تلقيح
127 ح4.2 إخصاب
129 ح3. من الزيجوت إلى الجنين
129 ح1.3 تطور الجنين: جنين، إندوسبيرم وفلقات
131 ح2.3 البذور: حماية الأجنة وملاءمة الانتشار
131 ح3.3 الثمار: حماية البذور وأيضًا انتشارها إلى أماكن بعيدة
136 ح4. من البذرة إلى النبتة
136 ح1.4 الإنبات
139 ح2.4 من البادرة إلى النبتة
140 ح5. جوانب النشوء والارتقاء للاكاثر التزاوجي عند النباتات
141 المواضيع الأساسية في هذا الفصل
143 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

خ

145 تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوانات والنباتات

146 خ1. تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوانات والنباتات

147 خ1.1 تنظيم نظام الإضاءة وتأثيره على تكاثر الحيوانات

148 خ2.1 التخصيب (الزرع) الإصطناعي وتزامن الشبق عند الأبقار

150 خ3.1 حث الشبق عند الأبقار

151 خ2. تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر النباتات

151 خ1.2 تكاثر غير تزاوجي (خضري) للنباتات

158 خ2.2 تدخُّل المزارعون في دورة الحياة والتكاثر التزاوجي في النباتات

164 خ3.2 تلخيص: تدخُّل المزارعون في مراحل مختلفة في دورة حياة النبات

166 المواضيع الأساسية في هذا الفصل

166 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

د

169 نظرة تلخيص علوية على تكاثر النباتات والحيوانات

170 د1. جوانب النشوء والارتقاء لعمليات التكاثر

171 د2. هل أفراد قليلة أم كثيرة؟ إستراتيجيات التكاثر

175 د3. مبادئ مشتركة في مستويات التنظيم

177 المواضيع الأساسية في هذا الفصل

177 المصطلحات المهمة في هذا الفصل

178 قاموس المصطلحات

189 دليل المصطلحات

197 مصادر الصور

التكاثر أحد مميزات الحياة

أ1. التّكاثر يُتيح استمرارية النّوع
أ2. طرق التّكاثر في الطّبيعة
أ3. الأساس الخلوي للتكاثر
أ4. تباين وراثي وطفرات

المواضيع الأساسيّة في هذا الفصل
المصطلحات المهمة في هذا الفصل

أ

الفصل الأول: التّكاثر أحد مميزات الحياة

1أ. التّكاثر يُتيح استمرارية النّوع

الفكرة المركزية

استمرارية وراثية وتكاثر، نقل معلومات من جيل إلى آخر.

التّكاثر ظاهرة معروفة، شائعة ومفهومة ضمنًا. لو لم تتكاثر الكائنات الحيّة، لا تكون استمرارية للحياة على سطح الكرة الأرضيّة! تتم عملية التكاثر في جميع ممالك الكائنات الحيّة: البكتيريا، أُحادية الخلية، فطريات، نباتات وحيوانات. هناك من يعتبر أن قدرة التّكاثر هي المميِّز الأساسي للفرق بين الحي والجماد. على الرغم من أنّ التكاثر مميِّز أساسي للكائنات الحيّة إلا أنّ التكاثر غير ضروري لحياة الفرد ذاته (بالمقارنة مع وظائف ضروريّة أخرى، مثل: التّغذية، التّنفس والإفراز)، لأن الفرد يستطيع أنْ يعيش فترات زمنيّة طويلة دون أن يتكاثر، وحتى دون أن يتكاثر بتاتًا طيلة حياته! على الرغم من ذلك، التّكاثر ضروري لاستمرار بقاء العشيرة والنّوع (species) كله. بفضل عملية التّكاثر، يستمر النّوع في البقاء أجيال كثيرة، على الرغم من أنّ الأفراد تموت. تنتقل المعلومات الوراثية الخاصة للنوع البيولوجي من جيل إلى آخر بواسطة عملية التّكاثر.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
مستويات التنظيم: فرد، عشيرة ونوع.

تكاثر حيوانات ونباتات
على اليمين: بادراتٍ بعد هطول المطر الأول. على اليسار: أنثى ماعز وجدي.

مصطلحات

النّوع والجنس

1. المصطلح نوع عبارة عن وحدة تصنيف — نوع بيولوجي **(species)**
النّوع البيولوجي، هو مجموعة أفراد تتكاثر فيما بينها في الطبيعة وتُنجب أفرادًا خصبة. مثلًا: نوعا صابونة الرّاعي هما: صابونة الرّاعي فارسي وصابونة الرّاعي أسمر. نوعا الحوت هما: حوت أزرق وحوت زعنفي.

2. المصطلح جنس هو وحدة تصنيف أعم من النّوع. والجنس عبارة عن مجموعة أفراد تكون خصائصهم الحيوية ثابتة وتحتفظ بها السلالة على مر الأجيال.

مثال على ذلك: الحمار وأنثى الحصان، يمكن أنْ تكون لهما سلالة، لكنها لا تنتمي لنفس النّوع، لأن البغل عقيم. أما المصطلح جنس في حياتنا اليوميّة فإنّه يدل على ذكر أو أنثى. لكي لا يلخبط التّلاميذ بين المصطلحين، عندما نستعمل مصطلح جنس في هذا الكتاب، فإننا نقصد الذكر أو الأنثى **(sex)**. ولا نقصد وحدة التّصنيف.

نظرة إلى الماضي — الحي ينشأ من الحي

في يومنا هذا، لا يوجد أي شك عندنا أنّ جميع الكائنات الحيّة نشأت من تكاثر كائنات حيّة سبقتها.
لكن حتّى القرن الـ **19**، اعتقد بعض النّاس أنّه بالإضافة إلى طريقة تكاثر الكائنات الحيّة، هناك **نشوء تلقائي** أيضًا، وهذا يعني نشوء كائنات حيّة من مادّة الجماد. اعتقد كثيرون ومن بينهم علماء أنّ الذّباب ينشأ من لحوم متعفنة وأنّ الأسماك والسلاحف نشأت من الوحل الموجود في أرضيّة البحر، والضّفادع نشأت من تربة رطبة، والفئران من العرق، والنّباتات والسّرطانات نشأت من طبقة الطّحالب التي تغطي سطح المياه أحيانًا.

علاقة بموضوع

الخلية - مبنى ونشاط: *كل خلية تنشأ من خلية حيّة سابقة.*

في سنة **1862**، حُسم النّقاش بين الذين يؤمنون في النّشوء التّلقائي وبين الذين ينكرونه، وقد حسم هذا النقاش العالم الكيميائي الفرنسي **لويس باستور** (Louis Pasteur, 1822-1895).
كان باستور متأكد أنّه في الهواء من حولنا، يوجد كائنات حيّة صغيرة جدًا، لا نراها بالعين المجردة - كائنات حية دقيقة - وهي التي تتطور على أوساط غذائيّة مختلفة وتؤدي إلى تلف الغذاء والأمراض. أجرى باستور تجارب تدعم فرضيته وهكذا نُفي التّصور الفكري أنّ هناك نشوء تلقائي.
التّصور الفكري الذي أصبح مقبولًا في نهاية القرن الـ **19** أنّ **كل كائن حي ينشأ من كائن حي سبقه وتكاثر.**

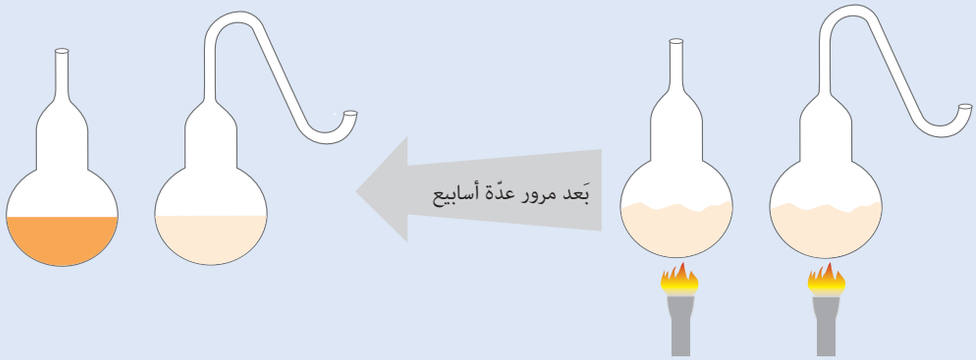
نافذة البحث

في سنة **1862**، أجرى باستور التّجربة الموصوفة في الرسمة أ - **1**. صبَّ باستور وسطًا غذائيًا داخل قناني زجاجيّة لها "رقبة" ضيقة وطويلة. قام باستور بثني "رقبة" قسم من القناني بواسطة التّسخين، أما "رقبة" القناني الأخرى فقد تركها مستقيمة. ترك فوهة القناني مفتوحة وسمح بدخول الهواء. تسمح "الرقبة" المثنية بدخول الهواء، لكنها لا تُتيح للكائنات الحيّة الدقيقة أنْ تصل الوسط الغذائي، لأنها ترسب في منطقة الثني وتبقى هناك.

بعد ذلك، قام باستور بتسخين الوسط الغذائي الموجود في القناني حتّى درجة حرارة الغليان، ثمَّ كشف جميع القناني للهواء الطلق.

بعد مرور عدة أسابيع، أصبح الوسط الغذائي، الموجود في القناني ذات "الرقبة" المستقيمة، عكرًا وغنيًا بالكائنات الحيّة الدقيقة، أما الوسط الغذائي الذي كان في القناني ذات "الرقبة" المثنية، فبقي صافيًا كما كان في بداية التجربة.

لويس باستور



أ. بداية التّجربة —
قنينتان فيهما وسط غذائي، تمّ تسخينهما حتّى درجة حرارة الغليان. الوسط الغذائي في القنينتان صافي.

ب. نهاية التّجربة —
فقط في القنينة التي "رقبتها" مستقيمة، الوسط الغذائي عكر.

الرّسمة -1: تجربة باستور

أ. لماذا كانت هناك حاجة لتسخين الوسط الغذائي حتّى درجة حرارة الغليان في بداية التّجربة؟
ب. اُذكروا ثلاثة عوامل ثابتة في تجربة باستور.
ت. ما هي أهمية الوعاء المفتوح الذي "رقبته" مثنية؟
ث. لخصوا المعلومات المتعلقة بتجربة باستور.

الفرضية	
النّتيجة	
الاستنتاج	

إذا لا يوجد نشوء تلقائي، فكيف بدأت الحياة؟

ما زال هذا السّؤال قيد البحث، ولا توجد حتى الآن إجابة علميّة واحدة لهذا السّؤال. على الرغم من ذلك، هناك اتفاق على أنّه في الماضي البعيد جدًا، قبل مئات ملايين السّنين، كانت سائدة ظروف خاصة تختلف عن الظّروف الموجودة اليوم. في تلك الظّروف، بدأت تنشأ الحياة من مادّة جماد معيّنة انتظمت في مبنى تتم فيه عمليات الحياة، مثل: العمليات الأيضية (تبادل المواد) واستغلال الطّاقة، وبالإضافة إلى ذلك، توفرت لديه القدرة أنْ يضاعف مادّته الوراثيّة، وهذا يعني أنْ يتكاثر.

2أ. طرق التّكاثر في الطّبيعة

في عالَم الأحياء، نعرف طريقتيْ تكاثر: **تكاثر غير تزاوجي** (لا جنسي) **وتكاثر تزاوجي** (جنسي). التّكاثر غير التزاوجي أقدم من التّكاثر التّزاوجي من ناحية النشوء والارتقاء ويتم التّكاثر غير التّزاوجي في البكتيريا، الفطريات، النباتات وفي أنواع حيوانات بسيطة. تطور التّكاثر التّزاوجي فيما بعد وهو معقد أكثر من التّطور غير التّزاوجي، ويتم الأول في جميع الأنواع التي في خلاياها نواة (حقيقية النّواة). تتكاثر أنواع معيّنة بطريقتيْ تكاثر: تزاوجي وغير تزاوجي.

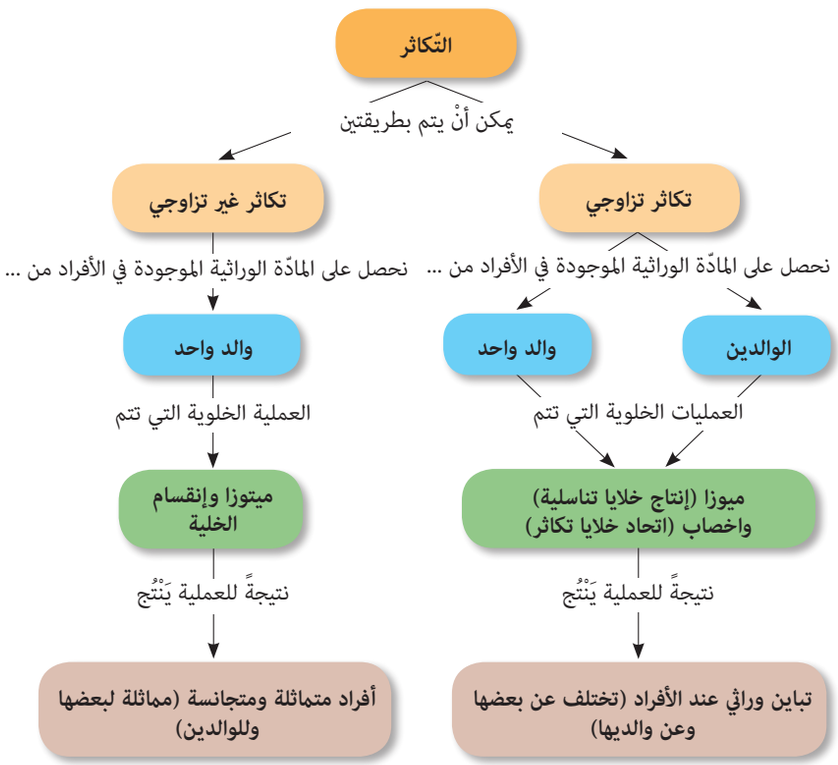
ما هي الفروق بين طريقتي التّكاثر؟

تعرض الرّسمة 2- أ الفروق الأساسيّة بين طريقتي التّكاثر. في التّكاثر غير التّزاوجي، مصدر المادّة الوراثية في النّسل هو والد واحد، لذا جميع الأفراد متماثلة وتشبه الوالد الذي نشأت منه (باستثناء بعض الحالات الشّاذة التي سنتعرف عليها فيما بعد في هذا الكتاب). يعتمد التّكاثر غير التزاوجي على عملية **الميتوزا** في الخلية. يعتبر تجانس وتماثل الأفراد بالتكاثر غير التزاوجي أفضلية للعشيرة التي تعيش في بيئة محيطة ظروفها ثابتة (لا تتغيَّر). جميع الأفراد ملائمة لهذه البيئة المحيطة وتُحفظ هذه الملاءمة من جيل إلى آخر.

للمزيد عن

التّكاثر غير التّزاوجي في الحيوانات، انظروا الفصل الخامس في الصّفحات 102-106. التّكاثر غير التّزاوجي في النّباتات وتطبيقه في الزّراعة، انظروا الفصل السّادس في الصّفحات 111-113, وفي الفصل السّابع في الصّفحات 151-158.

في التّكاثر التّزاوجي، نحصل على المادّة الوراثية في الأفراد نتيجةً للاتحاد الذي يحدث خلال **الإخصاب** بين خليتيْ تكاثر (جاميتات) مختلفتين، حيث تَنْتُج هاتين الخليتين في عملية **الميوزا**، وكل واحدة منهما تحمل معلومات وراثية خاصة. مصدر خليتي التّكاثر والد واحد (مثل نباتات كثيرة فيها تلقيح ذاتي) أو والدين. نتعرف فيما بعد على عمليات تساهَم في إنتاج أفراد غير مماثلة لبعضها وغير مماثلة للوالدين، هذه العمليات هي: إنتاج خلايا تناسلية (خلايا تكاثر) في عملية الميوزا واتحاد خليتين مختلفتين في الإخصاب وأحداث أخرى. يحمل كل فرد تراكيب جديدة خاصة من المعلومات الوراثية في خلاياه. لذا **التّباين الوراثي** يميِّز نسل التّكاثر التّزاوجي. التّباين الوراثي له أفضلية في ظروف بيئة محيطة متغيِّرة، لأنه لأفراد قليلة يوجد احتمال بقاء على قيد الحياة، إذا طرأت تغيُّرات في البيئة المحيطة.



الرّسمة أ-2: طرق تكاثر — والدين، عمليات وأفراد

أ3. الأساس الخلوي للتكاثر

لفهم الظّواهر المتعلقة بتكاثر الكائنات الحيّة، نبحث في البداية عمليات تحدث في مستوى الخلية: انقسام النواة - ميتوزا وميوزا. يوجد كروموسومات في نواةِ خلايا كائنات حية حقيقية النّواة. كل كروموسوم مبني من جزيء DNA طويل وبروتينات. يشكّل الـ DNA المادّة الوراثية وفيه مشفرة معلومات عن مبان وعمليات، في الخلية، تكسبه الصّفات الوراثية. لذا النقل الدّقيق لصفات الخلية من جيل إلى آخر مشروط بقدر كبير جدًا بالنّسخ الدّقيق للـ DNA.

علاقة بموضوع

الخلية — مبنى ونشاط: مضاعفة الـ *DNA* بشكل دقيق قبل انقسام الخلية.

في مرحلة معيّنة في حياة الخلية، قبل الانقسام، يتضاعف الـ DNA بشكل دقيق. نتيجةً لذلك، قبل الانقسام، كلّ **كروموسوم** مبني من **كرومتيدتين** متماثلتين نسمّيهما **كرومتيدتين أختين**.

سؤال أ - 1

بَعد مضاعفة الـ DNA ، كلّ كروموسوم مبني من كرومتيدتين أختين. كم جديلة DNA يوجد في كلّ كروموسوم مرَّ بمضاعفة؟ اِعرضوا إجابتكم بالكتابة وبمساعدة الرَّسم.

1.3أ الميتوزا — الأساس الخلوي للتكاثر غير التّزاوجي والنمو

هناك عمليتان أساسيتان في حياة الكائنات الحيّة المتعددة الخلايا، اللتان تعتمدان على عملية الميتوزا: **النمو** — إضافة خلايا إلى الجسم **وتكاثر غير تزاوجي** — إضافة أفراد إلى العشيرة. في الكائنات الحيّة أحادية الخلية، انقسام الخلية معناه تكاثر، لأنّ كلّ خلية كائن حي مستقل.

علاقة بموضوع

الخلية - مبنى ونشاط:
- *دورة الخلية.*
- *انقسام الخلية — ميتوزا*

خلال الميتوزا، النّواة التي تحتوي على ضعفيْ كمية المادّة الوراثية، تنقسم بشكل دقيق إلى نواتين، كل واحدة منهما مماثلة للنواة التي كانت قبل أنْ تُضاعف مادّتها الوراثية. ينقسم السيتوبلازم مع العضيات الموجودة فيه إلى خليتين جديدتين (ابنتين)، لكن انقسام العضيات ليس بالضّرورة دقيق، إذن **الميتوزا** عبارة عن انقسام النواة الذي في أعقابه نحصل من خلية واحدة على خليتين جديدتين متماثلتين من ناحية وراثية وهما مماثلتان لخلية الأم التي نَتَجت منها.

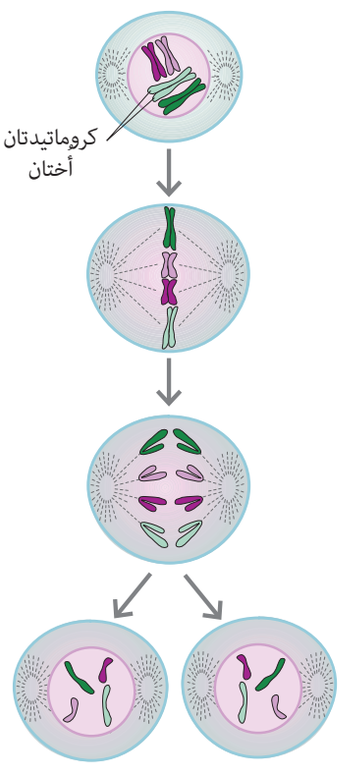
تصف الرّسمة أ- 3 العمليات التي تحدث خلال الميتوزا في خلية حيوانية فيها 4 كروموسومات.

أ. الكروموسومات التي تضاعفت قبل الانقسام تنضغط وتصبح قصيرة لدرجة أنّه يمكن تمييز كلّ واحد منهما (بالميكروسكوب) ككرومتيدتين مرتبطتين ببعضهما - كرومتيدتان أختان (في معظم الوقت، الكروموسومات موزعة في الخلية كخيوط دقيقة ملتويّة، ولا يمكن التّمييز بينها).

ب. تنتظم الكروموسومات بجانب بعضها في المستوى المركزي للخلية (خط الإستواء)، ويتحلل غشاء النّواة.

ت. تنفصل الكرومتيدتان الأُختان في كلّ كروموسوم، وتنتقل إلى الأقطاب المتضادة في الخلية. كلّ كروماتيدة نسمّيها الآن كروموسوم.

ث. تنقسم الخلية إلى خليتين جديدتين (ابنتين). في كلّ خلية، تَنْتُج نواة محاطة بغشاء وفيها عدد كامل (هيئة) من الكروموسومات كما هو الأمر في خلية الأم. ينقسم السيتوبلازم مع جميع محتوياته على الخليتين الجديدتين (الابنتين).



الرّسمة أ -3: رسم تخطيطي للميتوزا، نتيجةً لانقسام خلية واحدة فيها 4 كروموسومات، نحصل على خليتين، في كل واحدة منهما 4 كروموسومات.

مراحل الميتوزا في النّباتات، الفطريات والحيوانات تكون متجانسة من ناحية مبدئية. هذا التّجانس دلالة إضافيّة تدعم نظرية الأصل المشترك لنشوء وارتقاء الكائنات الحيّة.

2.3أ الميوزا - الأساس الخلوي للتكاثر التّزاوجي

يعتمد التّكاثر التّزاوجي على اتحاد خليتيْ تكاثر (نسمِّيها خلايا تناسلية، أو جنسية أو جاميتات أيضًا). تَنْتُج خلايا التّكاثر في أعقاب انقسام نواة الخلية التي نسمِّيها ميوزا. **انتبهوا!** تَنْتُج خلايا التّكاثر خلال عملية الميوزا، لكن تطور الزّيجوت إلى كائن حي بالغ متعلق بتكاثر الخلايا (بواسطة انقسام ميتوزا)، بالنمو والتّمايز.

للمزيد عن
***النّمو والتّمايز**، أُنظروا الفصل الثّالث، صفحة 53.*

في جميع خلايا الكائنات الحيّة المتعددة الخلايا (باستثناء الخلايا التناسلية)، توجد هيئة كروموسومات مزدوجة نسمِّيها **ديبلوئيدات** أو ثنائية الكروموسومات (diploos=مزدوج أو ضعف، eidos=شكل أو هيئة). أما الخلايا التناسلية فإنّها تحتوي على هيئة كروموسومات واحدة نسمِّيها **هيبلوئيدات** أو أُحادية الكروموسومات (haploos=بسيطة).
نرمز عادةً في اللغة العلمية إلى هيئة الكروموسومات المزدوجة الموجودة في خلايا الأجسام الديبلوئيدية بالرمز 2n، وهيئة الكروموسومات في الخلايا التناسلية الهيبلوئيدية بالرمز n. في خلايا جسم الإنسان، يوجد 23 زوجًا من الكروموسومات 2n=46.

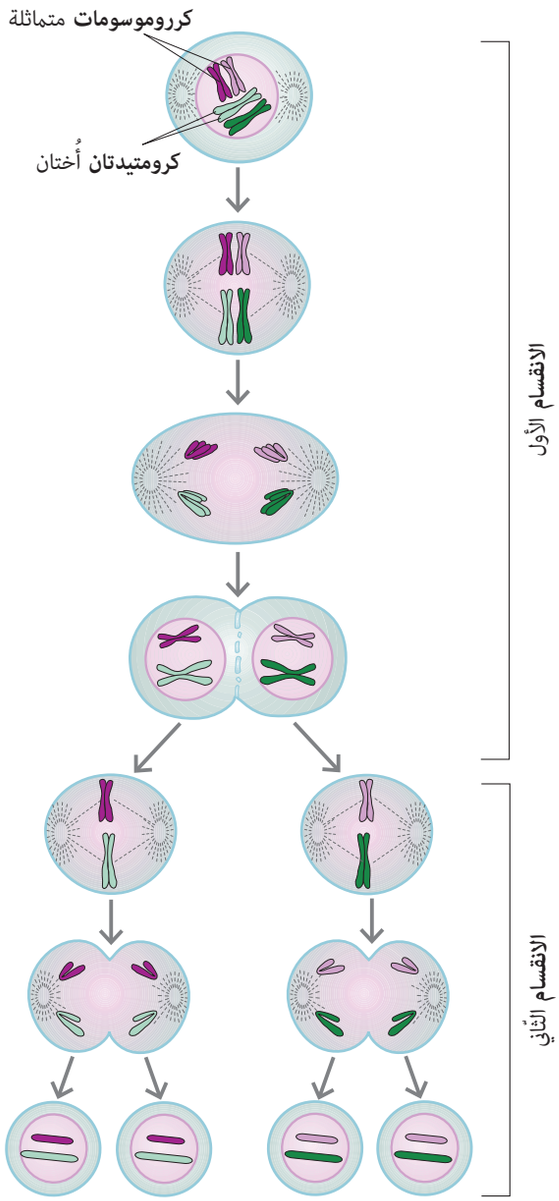
في هيئة الكروموسومات المزدوجة، يوجد لكلّ كروموسوم قرين يشبهه في المبنى ونوع المعلومات التي يحملها (باستثناء الكروموسومات التناسلية التي سنتوسع فيها فيما بعد). مصدر أحد الكروموسومان من الأب والثّاني من الأم. الكروموسومان اللذان يكوِّنان زوج من الكروموسومات نسمِّيهما **كروموسومان متماثلان**.
في الكروموسومين المتماثلين، توجد نفس المعلومات الوراثية، لكن طابع المعلومات، يمكن أن يكون مختلف. مثال: في أحد أزواج الكروموسومات المتماثلة في خلايا الإنسان، توجد معلومات عن نوع الدم. هذه المعلومات موجودة في هذا الزوج من الكرموسومات فقط. لكن أحد الكروموسومين، يمكن أن يشمل معلومات عن نوع الدم A، والكروموسوم المماثل يمكن أن يشمل معلومات عن نوع الدم B.

كيف نحصل على خلايا تناسلية هيبلوئدية ذات *n* كروموسومات؟

نحصل على الخلايا التناسلية في أعقاب انقسام نواة الخلية بطريقة نسمِّيها **الميوزا**. هذا الانقسام خاص للكائنات الحيّة التي تتكاثر بطريقة تزاوجية. انقسام الميوزا نسمِّيه **انقسام اختزالي** أيضًا، لأنّه في نهاية الانقسام، وبعد انقسامين متتالين، نحصل من خلية ديبلوئيدية واحدة على أربع خلايا هيبلوئيدية، في كل واحدة منها نصف عدد الكرموسومات التي كانت في الخلية التي انقسمت. في كل خلية، يوجد **ممثِّل واحد** من كلّ زوج كروموسومات متماثلة كانت في خلية الأم، وهذا يعني أنّه في كل خلية هيبلوئيدية، توجد معلومات لكلّ أنواع صفات الكائن الحي الذي يتطور من الزيجوت.

للمزيد عن
***تطور الخلايا التّناسلية في أعقاب الميوزا**، انظروا الفصل الثّالث، صفحات 40، 42-43 وفي الفصل السّادس صفحات 119-120.*

تعرض الرّسمة أ - 4 مراحل الميوزا والعمليات التي تحدث في الخلية خلال الميوزا. قبل الميوزا، كما هو الأمر قبل الميتوزا، يتضاعف الـ DNA بشكل دقيق وكلّ **كروموسوم** مبني في هذه المرحلة من **كرومتيدتين** أختين. انقسام الميوزا مكوَّن من عمليتيْ انقسام.



الرّسمة أ-4: رسم تخطيطي للميوزا. من انقسام خلية فيها 4 كروموسومات (زوجان من الكروموسومات المتماثلة، 2n=4)، نحصل على أربع خلايا تحتوي كل منها على كروموسومين (مُمثل واحد من كل زوج كروموسومات متماثلة).

الانقسام الأول للميوزا:

أ. الكروموسومات التي تضاعفت قبل الانقسام تنضغط، تصبح قصيرة ويمكن أنْ نشاهد بالميكروسكوب أنّ كلّ واحد منها مكوَّن من كروماتيدتين مرتبطتين ببعضهما (كروماتيدات أخوية).

ب. تنتظم أزواج الكروموسومات المتماثلة الواحد مقابل الآخر بشكل عشوائي في مركز الخلية المنقسمة.

ت. تنفصل أزواج الكرموسومات المتماثلة، وينتقل كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة إلى أحد القطبين.

ث. في نهاية الانقسام الأول، نحصل على خليتين جديدتين (ابنتين)، في كل واحدة منهما ممثِّل واحد من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة (كل كروموسوم مكوَّن من كروماتيدتين).

الانقسام الثّاني للميوزا:

ج. تنتظم الكرموسومات (مرةً أخرى) في خط الأستواء.

ح. تنفصل كلّ كروماتيدَيْ كروموسوم، كلّ كروماتيد إلى خلية جديدة (الابنة). يتحول كلّ كروماتيد إلى كروموسوم كما هو الأمر في الميتوزا.

خ. نحصل على 4 خلايا هيبلوئيدية، في كل واحدة منها "مُمثِّل" واحد من الكروماتيدات الأربعة التي كانت في كلّ زوج كروموسومات متماثلة في بداية الميوزا. في الخلايا الأربع التي نَتَجت في أعقاب الميوزا يوجد نفس عدد الكروموسومات (n) ، لكن المعلومات الوراثية في كلّ منها مختلفة ومنها تتطور الخلايا التناسلية (جاميتات).

سؤال أ - 2

في نهاية الميوزا تَنْتُج 4 خلايا هيبلوئيدية. ماذا يمكن الاستنتاج من ذلك عن كمية المادّة الوراثية (ال DNA) الموجودة في الخلية، في بداية الميوزا؟ هل الكمية:

1. مماثلة للكمية الموجودة في كلّ خلية من الخلايا النّاتجة في نهاية الانقسام الثّاني؟
2. ضعفي الكمية الموجودة في كلّ خلية من الخلايا النّاتجة في نهاية الانقسام الثّاني؟
3. أكبر 4 أضعاف من الكميةِ الموجودة في كلّ خلية من الخلايا النّاتجة في نهاية الانقسام الثّاني؟

اِختاروا الإجابة الصّحيحة وعلّلوا.

الميوزا والتّباين الوراثي

تتم عمليتان مهمتان خلال الميوزا وهما تساهمان في التّباين الوراثي لدى أفراد التّكاثر التّزاوجي:

أ . انفصال عشوائي بين الكروموسومات (غير متعلق)

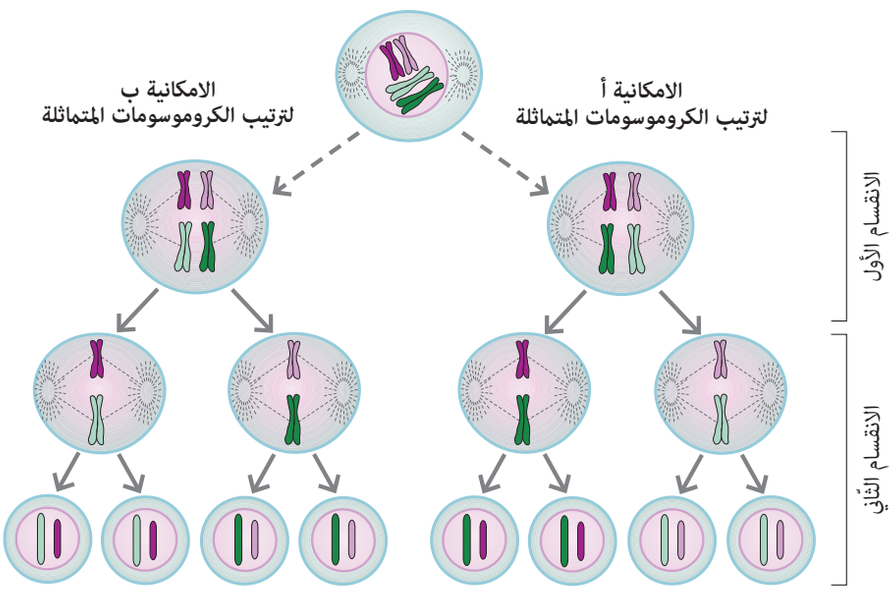
بعد أنْ تنتظم الكروموسومات المتماثلة بأزواج في مركز الخلية التي تنقسم، يتحرك أحد الكروموسومين إلى أحد قطبي الخلية والكروموسوم الآخر ينتقل إلى القطب الآخر (المضاد).

الطريقة التي ينتظم فيها زوج معين من الكروموسومات المتماثلة في مركز الخلية، والتي وفقًا لها يتم تحديد الكروموسوم (الذي مصدره من الأب أو الأم) الذي ينتقل إلى القطب في الخلية، هي طريقة عشوائيّة، وهذا يعني أنّ ذلك غير متعلق بطريقة تنظيم أزواج الكروموسومات الأخرى. من هنا، نجد في كلّ قطب من قطبي الخلية مجموعة متنوعة من الكروموسومات، قسم منها من الأم والقسم الآخر من الأب.

مثال: في الخلية التي فيها n=2 (2n=4)، يمكن أنْ تنتظم الأزواج المتماثلة بطريقتين (الرسمة أ - 5).

في كل طريقة، يمكن أنْ تَنْتُج خليتين جديدتين (ابنتين) مختلفتين عن بعضهما بتراكيب كروموسومات مختلفة.

كلما كان عدد الكروموسومات أكبر، فإنّ عدد التراكيب بينها يزداد أيضًا، وبالطبع نحصل على تنّوع كبير من الخلايا الجديدة (الابنة).



الرسمة أ-5: يؤدي التّرتيب المختلف لأزواج الكروموسومات المتماثلة إلى تنّوع تراكيب كروموسومات الخلايا الجديدة (الابنة).

سؤال أ - 3

أ. كم يكون عدد الكروموسومات في خلايا الجنين، لو لم يحدث انخفاض في عدد الكروموسومات أثناء انتاج الخلايا التناسلية؟

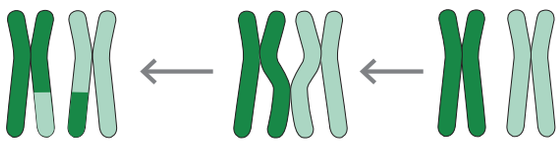
ب. ما هي أهمية انخفاض عدد الكروموسومات خلال انتاج الخلايا التناسلية، لاستمرارية الأجيال؟ اشرحوا.

ت. ماذا تكونَ مكوِّنات كروموسومات خلايا التّكاثر، إذا لم تتم عملية انفصال كروموسومات بشكل غير متعلق؟ اشرحوا.

ث. كم خلية ابنة يمكن أَنْ تَنْتُج من خلية فيها 3 أزواج كروموسومات متماثلة؟ اقترحوا قاعدة رياضية بواسطتها يمكن أن نحسب عدد التّراكيب التي يمكن الحصول عَليها من خلية فيها 4 كروموسومات أو أكثر من ذلك.

ب. عبور مادة وراثية

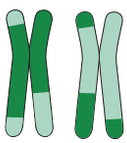
في الانقسام الأول للميوزا، عندما تنتظم الكروموسومات المتماثلة بأزواج، الواحد مقابل الآخر، فإنّها تقترب من بعضها وتصبح متجاورة. تقترب كروماتيدة كروموسوم واحد من كروماتيدة كروموسوم متماثل، وخلال عملية الاقتراب تتبادل قسم من الكروماتيدات فيما بينها بقطع من المواد الوراثية. هذه العملية التي يتم فيها تبادل مقاطع نسمِّيها **عبور مادة وراثية** (crossing over) (الرّسمة أ - 6).



الرّسمة أ -6: عبور واحد بين زوج من الكروموسومات المتماثلة

عملية تبادل المقاطع دقيقة: يتبادل قسم من كروموسوم واحد (بنفس الطول وبنوع المعلومات التي يحملها) مع قسمٍ مماثل له من الكروموسوم المماثل. في أعقاب العبور، تَنْتُج كروموسومات فيها مقاطع مصدرها من "الأم" ومقاطع مصدرها من "الأب".

اتضح أنّ العبور يحدث بتكرارية عالية جدًا، وهذا يعني في عدة أماكن على طول الكروموسوم. تعرض الرّسمة أ- 7 زوج من الكروموسومات المتماثلة بعد حدوث 3 مرات عبور.
الأماكن في الكروماتيدات التي يتم فيها العبور، وأيضًا عدد مرات العبور للكروموسوم أو الخلية، يمكن أنْ تكون مختلفة في الخلايا المختلفة التي تحدث فيها الميوزا.

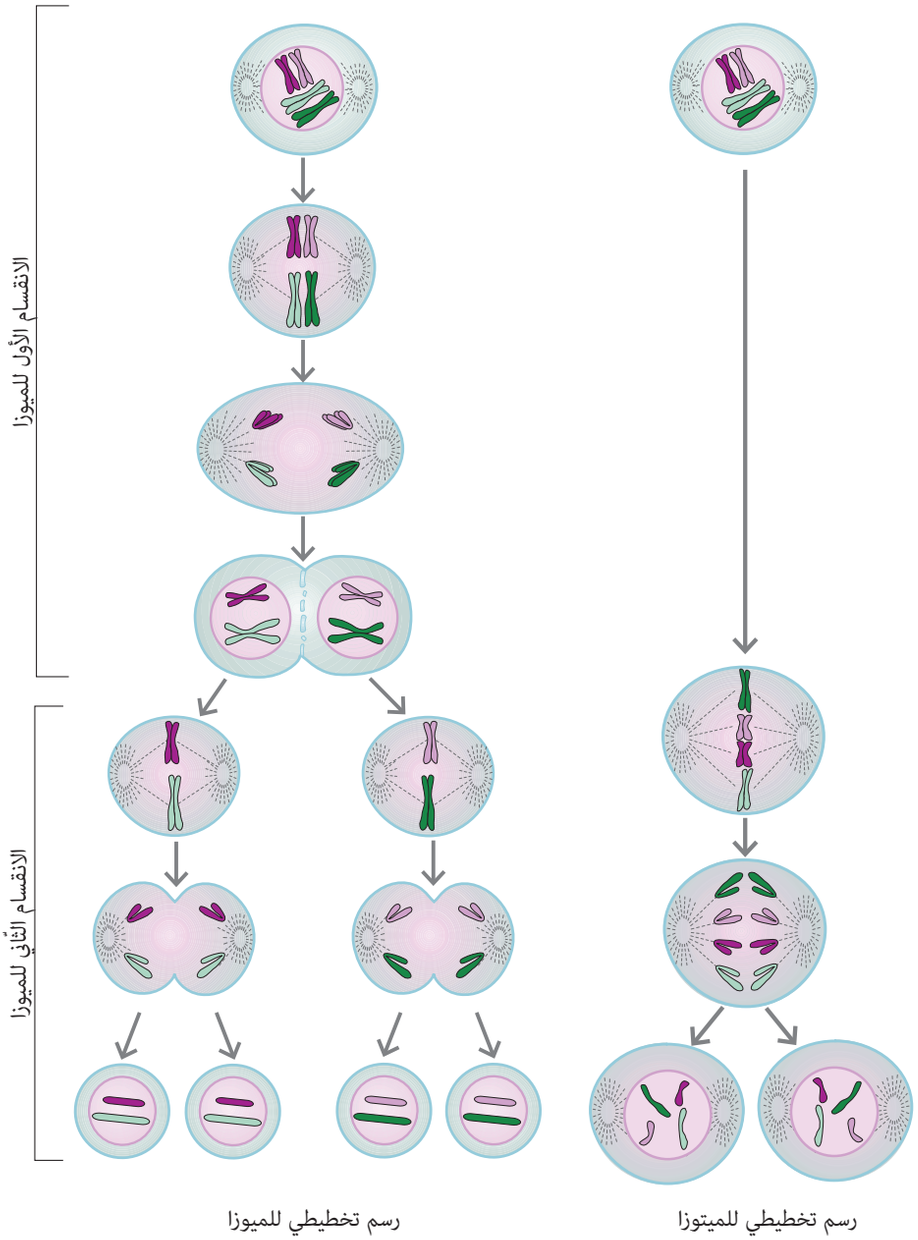


الرّسمة أ -7: زوج من الكروموسات المتماثلة بعد ثلاث مرات عبور.

نتيجة لعمليتيْ انفصال الكروموسومات بشكل عشوائيّ (بطريقة غير متعلقة) وعبور المادّة الوراثية يَنْتُج ما يلي: كلّ خلية تناسلية (هيبلوئيدية) تَنْتُج في فرد معين، تحتوي على هيئة كاملة من المعلومات الوراثية، لكن هذا التّركيب الوراثي يختلف عن خلايا تناسلية أخرى تَنْتُج في نفس الفرد أو في فرد آخر. ويختلف أيضًا عن التّركيب الوراثي الذي كان في الخلايا التّناسلية، للفرد ذاته، التي نَتَجت منها الخلايا الجديدة (الابنة).

3.3أ ما هو الفرق بين الميوزا والميتوزا؟

تختلف عمليتي الميوزا والميتوزا بجوانب معيّنة، لكن يوجد تشابه بين العمليتين كما نرى ذلك في الرّسمة أ - 8. تبدأ العمليتان بعد المضاعفة الدّقيقة للمادّة الوراثية، وبعد أنْ يصبح كلّ كروموسوم مكوَّن من كروميتيدتين. قبل الانقسام إلى خليتين، تنتظم الكروموسومات في مركز الخلية، في الميتوزا تنتظم الكروموسومات في سطر واحد، أما في الميوزا فإنّها تنتظم بأزواج: كلّ كروموسوم مقابل الكرموسوم المماثل له.



الرسمة أ-8: مقارنة بين الميتوزا (على يمينكم) والميوزا (على يساركم)

ترتيب الكروموسومات المتماثلة بأزواج، الواحد مقابل الآخر، هو الذي يُتيح الانفصال العشوائيّ والعبور اللذان يساهمان في تباين الخلايا الجديدة (الابنة) في الميوزا. وهكذا يَنتُج أنّه في كلّ خلية من الخلايا الابنة في الميوزا، توجد تراكيب أخرى للكروموسومات (قسم منها من أحد الوالدين والقسم الآخر من الوالد الآخر)، والكروموسومات ذاتها غير مماثلة لكروموسومات الوالدين، لأنّه في أعقاب العبور، تمّ تبديل مقاطع من الكروموسومات.

سؤال أ- 4

أ. قارنوا بين الميوزا والميتوزا بواسطة الجدول الآتي:

المعيار	الميوزا		الميتوزا
	الانقسام I	الانقسام II	
مضاعفة الـ DNA قبل الانقسام			
انفصال كروموسومات متماثلة			
انفصال كروماتيدات أخوية			
عدد خلايا الابنة			
عدد الكروموسومات في الخلايا الابنة			
عبور			
النّتيجة النّهائية للعملية			

ب. لخصوا التّشابه بين الميتوزا والانقسام الأول للميوزا، وبماذا تتشابه الميتوزا مع الانقسام الثّاني؟

سؤال أ - 5

انقسام الميوزا والميتوزا دقيقان لدرجة أنّنا نحصل على خلايا فيها معلومات لجميع صفات الخلية. ما الذي يُتيح الدّقة في انقسام الخلايا خلال الميوزا والميتوزا؟ اِشرحوا.

4أ. تباين وراثي وطفرات

رأينا أنّ الميوزا والاخصاب يساهمان في التّباين الوراثي بين أفراد التّكاثر التزاوجي. لكن يجب التذكر أنّ الطّفرات التي تحدث في الخلايا تساهم في التّباين أيضًا.

الطّفرة هي تغيير في تسلسل القواعد النيتروجينية في الـ DNA ومصدر إضافيّ لتنوع المادّة الوراثية التي هي شرط ضروري لتطور النّشوء والارتقاء. يمكن أنْ تحدث الطّفرة بسبب خطأ في مضاعفة الـ DNA ، مثل: استبدال نوكلوئتيد واحد بآخر، نقص نوكلوئتيد أو إضافة نوكلوئتيد. يحدث نوع آخر من الطّفرات بسبب انكسار في الكروموسوم. لا يعرف العلماء جميع الأسباب التي تؤدي إلى حدوث الطّفرات، لكن من المعروف أنّ الأشعة (مثل: أشعة UV، أشعة رنتجن والأشعة الراديواكتيفية) يمكن أنْ تؤدي إلى طفرات. يعتقد الباحثون أنّ عوامل إضافيّة، مثل: مواد معيّنة وفيروسات أيضًا، قد تؤدي إلى حدوث طفرات. في الكائنات الحيّة التي تتكاثر بطريقة تزاوجية، تؤثر الطّفرة على الأفراد، إذا حدثت في خلايا التكاثر فقط. الطّفرة التي تحدث في خلايا الجسم التي ليست خلايا تكاثر، لا تؤثر على النّسل (الأفراد). في الكائنات الحيّة التي تتكاثر بطريقة غير تزاوجية، يَنْتُج تباين في الأفراد في أعقاب طفرات فقط، لكن هذا الحدث نادر جدًا. إذا حدثت الطّفرة في الخلايا التي تنقسم بشكل مستمر وتشترك في إنتاج الفرد، عندئذٍ نحصل على أفراد تختلف عن الوالدين بهذه الصّفة أو بغيرها. في الكائنات الحيّة أُحادية الخلية، تنتقل الطّفرة إلى الأفراد في التّكاثر التّزاوجي أو غير التّزاوجي أيضًا.

علاقة بموضوع

الخلية - مبنى ونشاط: *قبل انقسام الخلية، يتضاعف الـ DNA بطريقة دقيقة، لكن تحدث طفرات أحيانًا.*

للمزيد عن

التّباين الوراثي وصراع البقاء، *انظروا الفصل الثاني، صفحة 30.*

سؤال أ - 6

أدّت أشعة إلى طفرة في المادّة الوراثية، في خلايا الجلد. هل تنتقل، حسب رأيكم، هذه الطّفرة بالوراثة إلى أفراد نفس الكائن الحيّ الذي يتكاثر بطريقة تزاوجيّة؟ اِشرحوا.

سؤال أ - 7

لخصوا الفروق بين التّكاثر التّزاوجي وغير التّزاوجي بمساعدة الجدول الآتي:

مميزات	تكاثر غير تزاوجي	تكاثر تزاوجي
عدد الوالدين/مصادر المادّة الوراثية		
العملية الخلوية التي تعتمد عليها عملية التّكاثر		
مدى تباين الأفراد		
مصدر تباين الأفراد		
حسنات استمرارية بقاء النّوع		
سيئات استمرارية بقاء النّوع		

المواضيع الأساسيّة في هذا الفصل

- التّكاثر ضروري لاستمرارية العشيرة والنّوع.
- في نهاية القرن الـ 19، تمّ قبول النّظرية أنّ الكائن الحي يَنْتُج من كائن حي آخر مرَّ بعملية تكاثر.
- في عالم الأحياء، نعرف طريقتيْ تكاثر: تكاثر تزاوجي وتكاثر غير تزاوجي.
- العملية الخلوية التي يعتمد عليها التّكاثر غير التّزاوجي هي الميتوزا والعملية الخلوية التي يعتمد عليها التّكاثر التّزاوجي هي الميوزا.
- الميتوزا هي أيضًا العملية التي يعتمد عليها النّمو والتّطور.
- العمليات التي تحدث في الميوزا، مثل: انفصال الكروموسومات بشكل غير متعلق وعبور المادّة الوراثية (العبور)، تساهم في التّباين الوراثي لأفراد التّكاثر التّزاوجي.
- أفراد التّكاثر غير التّزاوجي تكون مماثلة لبعضها وللوالدين، أما التّباين الوراثي فهو يميِّز أفراد التّكاثر التّزاوجي.
- تساهم الطّفرات العشوائيّة في التّباين الوراثي.

المصطلحات المهمة في هذا الفصل

جنس (ذكر أو أنثى)
طفرة
معلومات وراثية (مادّة وراثية)
ميوزا (انقسام اختزالي)
ميتوزا
نوع (species)
تكاثر غير تزاوجي
تكاثر تزاوجي
تباين وراثي
عبور
خلايا تكاثر (تناسلية أو جاميتات)

مبادئ التّكاثر التّزاوجي

ب1. تتميَّز أفراد التّكاثر التّزاوجي في التّباين الوراثي

ب2. في التّكاثر التّزاوجي، تتحد خليتيْ تكاثر مختلفين

ب3. يتم التّكاثر التّزاوجي بين أفراد من نفس النّوع (species) البيولوجي

ب4. البيئة المحيطة المائيّة أو الرطبة ضروريّة للاخصاب

ب5. تحتاج الأجنة إلى غذاء وبيئة محيطة محمية لتطورها

ب6. يتم تنظيم جهاز التناسل (التكاثر) بواسطة آليات مراقبة

ب7. نظرة من منطلق النّشوء والارتقاء: تكاثر تزاوجي وتباين وراثي

المواضيع الأساسيّة في هذا الفصل

المصطلحات المهمة في هذا الفصل

ب

الفصل الثّاني: مبادئ التّكاثر التّزاوجي

الفكرة المركزية

التّجانس والتّباين:
تتم عملية التّكاثر في جميع الكائنات الحيّة، لكن يوجد تباين في تفاصيل العملية والأعضاء التي تشترك بها.

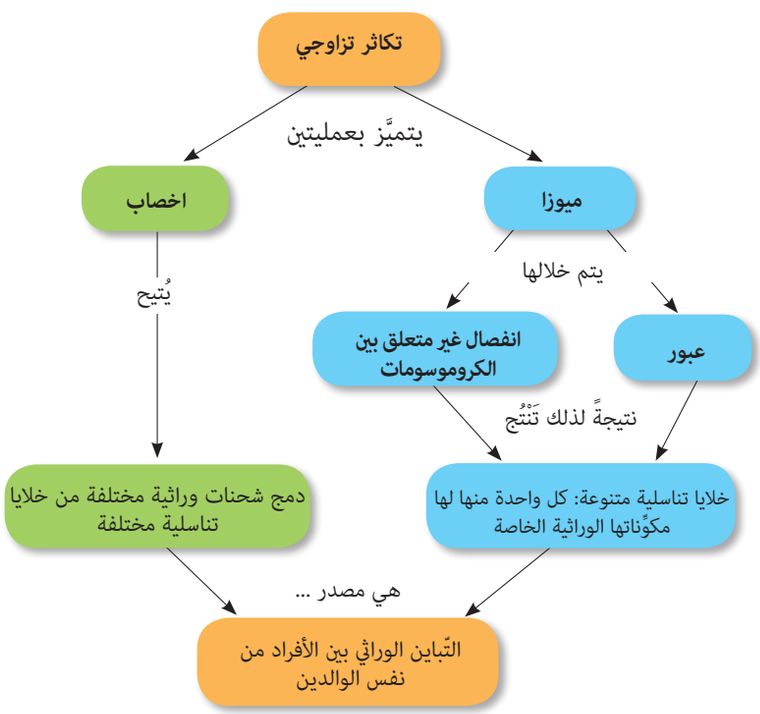
تتكاثر معظم أنواع الكائنات الحيّة المتعددة الخلايا بواسطة التّكاثر التّزاوجي الذي يعتبر مُعقد ومركّب بالمقارنة مع التّكاثر غير التّزاوجي. في هذا الفصل، نعرض المبادئ المشتركة لجميع الكائنات الحيّة التي تتكاثر بتكاثر تزواجي ومن بينها الإنسان.

في هذه المبادئ، نكتشف **التّجانس** الكبير الموجود في العمليات التي تحدث في الكائنات الحيّة. هناك فروق في تفاصيل عملية التّكاثر التّزاوجي في الأنواع المختلفة (سنعرض بعض الأمثلة على ذلك في الفصلين الخامس والسّادس)، لكن الأشياء المشتركة أكبر بكثير من الفروق. تعرّفنا في الفصل السّابق على عملية الميوزا التي تعتبر مرحلة ضروريّة في انتاج خلايا التّكاثر في جميع الكائنات الحيّة التي تتكاثر بطريقة تزاوجية. في هذا الفصل، نعرض مبادئ مشتركة أخرى.

ب1. تتميّز أفراد التّكاثر التّزاوجي في التّباين الوراثي

تتميّز أفراد التّكاثر التّزاوجي في **التّباين الوراثي** (الجيني). هناك حدثان مهمان في عملية التّكاثر التّزاوجي في الكائنات الحيّة المتعددة الخلايا وهما يساهمان في التّباين الوراثي عند الأفراد:

1. انتاج **خلايا تكاثر** في عملية **الميوزا**.
2. **الاخصاب:** اتحاد خليتيْ تكاثر مختلفتين إلى خلية واحدة نسمِّيها **الزّيجوت** الذي يتطور منه الفرد.



الرّسمة ب – 1: العمليات التي تساهم في التّباين الوراثي عند نسل التّكاثر التزاوجي.

خلال الميوزا، تحدث عمليات عبور وانفصال غير متعلق للكروموسومات، تؤدي هذه العمليات إلى انتاج خلايا تكاثر ذات مبنى وراثي خاص. في عملية الاخصاب، يتم التقاء عشوائي بين خلايا تناسلية مختلفة.

نتيجة لذلك، المكوِّنات الوراثية في كلّ زيجوت وفي كلّ فرد يتطور منها تختلف عن الوالدين وعن الأفراد الأخرى لنفس الوالدين. كلّ فرد يَنْتُج في التّكاثر التّزاوجي، يوجد فيه مكوِّنات وراثية خاصة به. فكروا في ذلك، كلّ واحد وواحدة منا، إذا لا يوجد له توأم مماثل، فإنّه وحيد وخاص. تلخص الرّسمة ب – 1 العمليات التي تساهم في التّباين الوراثي.

ب2. في التّكاثر التّزاوجي تتحد خليتيْ تكاثر مختلفتين

معظم الأنواع التي تتكاثر بطريقة تزاوجية، يوجد لديها نوعين من الخلايا التناسلية التي تختلف عن بعضها بالكبر والشّكل. الخلايا التناسلية الذكرية نسمِّيها خلايا منوية. تستطيع هذه الخلايا أنْ تتحرك بشكل مستقل وهي صغيرة نسبيًا. الخلايا التناسلية الأنثوية نسمِّيها بويضات. لا تستطيع هذه الخلايا التّحرك بشكل مستقل وتكون عادةً كبيرة بالمقارنة مع الخلايا المنوية. عدد الميتوكوندريا في الخلايا المنوية أكبر من عدد الميتوكوندريا في البويضات.

في الحيوانات التي تختلف عن بعضها بالذكور والإناث، يستطيع كل فرد أنْ يُنْتِج نوع واحد من الخلايا التناسلية: الإناث تُنْتِج البويضات والذكور يُنْتِجون الخلايا المنوية. يوجد أنواع (species)، يستطيع فيها نفس الفرد أن يُنْتِج نوعي الخلايا التّناسلية، مِثل: الحلزونات، دودة الأرض وأنواع السّرطانات. النّوع الذي أفراده تُنْتِج نوعيِ الخلايا التناسلية نسمِّيه **خُنثى**.

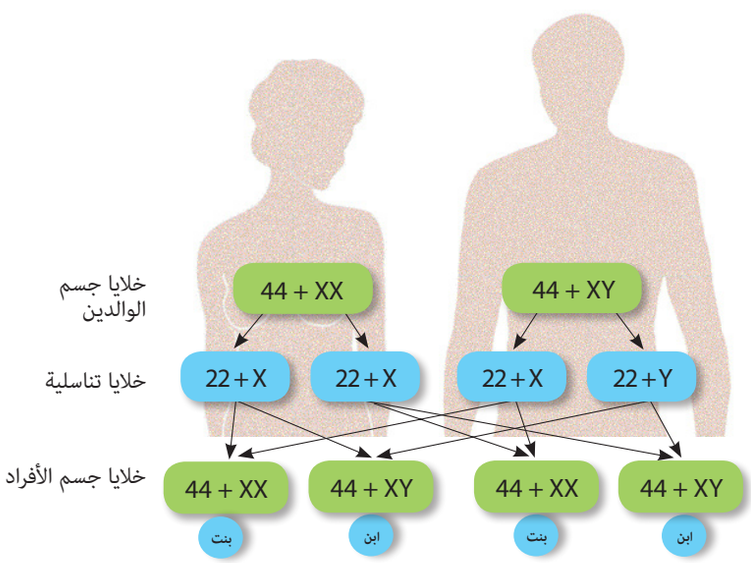
للمزيد عن
أزهار أحادية الجنس وأزهار ثنائية الجنس.
انظروا الفصل السّادس، صفحة 121.

معظم أنواع النّباتات خنثاء. أزهارها ثنائية الجنس، هذا يعني أنّها تحتوي على عضو تناسلي أنثوي (مبيض) وعلى عضو تناسلي ذكري (أسدية) (الرسمة ب - 2). على الرّغم من ذلك، يوجد أنواع نباتات، مثل: النّخيل والخروب التي أزهارها أحادية الجنس والخلايا التّناسلية المختلفة تَنْتُج في أفراد مختلفة. .

الرّسمة ب -2: زهرة ثنائية الجنس من عائلة السّوسنيات **انتبهوا** إلى المبيض الأسود والأسدية من حولها.

ما هو الأساس الوراثي لتحديد الجنس؟ ⁉

القدرة على انتاج خلايا تناسلية ذكرية أو خلايا تناسلية أنثوية متعلقة بالمعلومات الوراثية الموجودة في خلايا الفرد. في الثّدييات، على سبيل المثال، يختلف زوج واحد من جميع أزواج الكروموسومات المتماثلة في الخلايا عن أزواج الكروموسومات الأخرى، هذا زوج من **الكروموسومات التّزاوجية** (هناك من يسمِّيها **كروموسومات جنسية**). في كروموسومي التزاوج (أو في واحد منهما)، يوجد قِسم من الجيناتَ التي لها علاقة بالتزاوج. في خلايا الأنثى عند الإنسان (وفي الثّدييات بشكل عام)، يوجد كروموسوميْ تزاوج متماثلين نسمِّيهما كرموسوميْ X. أما في خلايا الذكر، يوجد كروموسوميْ تزاوج **مختلفين**: كروموسوم X كما هو الأمر في الأنثى وكروموسوم إضافي نسمِّيه كروموسوم Y. نجد كروموسومات التّزاوج في كلّ خلية من خلايا أجسامنا كما هو الأمر مع سائر الكروموسومات (الرّسمة ب – 3).



الرّسمة ب -3: كروموسومات في خلايا الجسم، خلايا التّكاثر وفي الأفراد عند الإنسان.

إذا تمعَّنا عبر الميكروسكوب في إحدى خلايا الإنسان، يمكن أنْ نعرف ما إذا هو ذكر أو أُنثى حسب كروموسومات التّزاوج. يمكن أنْ نفحص ذلك إذا كانت الخلايا في حالة انقسام فقط، لأنّ المادّة الوراثية تنضغط إلى مبانٍ من السّهل أنْ نميِّزها.

في الطّيور، الفراش والعث، يتم تحديد الجنس بشكل عكسي بالمقارنة مع الإنسان: في الذكور يوجد كروموسوميْ تزاوج متماثلين، وفي الإناث يوجد كروموسوميْ تزاوج مختلفين. في عدة أنواع من الجنادب، يوجد كروموسوم تزاوجي واحد، هذا الكروموسوم موجود في خلايا الإناث فقط وغير موجود في خلايا الذّكور. في أنواع النّباتات التي فيها أفراد ذكرية وأفراد أنثوية منفردة، مثل: الخروب والنّخيل، يتم تحديد الجنس بطريقة تشبه الطّريقة التي تتم في الثّدييات.

أفراد أنثوية تحمل ثمار شجر النخيل

توسُّع

المزيد عن تحديد الجنس

في الأنواع الخنثى التي يستطيع فيها كلّ فرد أنْ يُنْتِج نوعي الخلايا التّناسلية، لا يوجد كروموسومات تزاوج. هكذا الأمر في دودة الأرض، الحلزونات وفي معظم أنواع النّباتات. عند السّلاحف، تحديد الجنس (ذكر أو أنثى) متعلق بدرجة الحرارة التي كانت فيها البيضة حتّى فقصت. تتغيَّر درجة الحرارة في الحفرة التي وُضع فيها البيض وفقًا للعمق: بالقرب من سطح التّربة، تكون درجة الحرارة أعلى من عُمق الحفرة. في درجات حرارة أعلى من 30°C، تخرج من البيض إناث، أما في درجات حرارة أقل، مثلاً: 27°C-24°C، يخرج من البيض ذكور أكثر من الإناث. في أسماك معيّنة وفي الضّفادع، يتم تحديد الجنس بواسطة كروموسومات التّزاوج، لكن تأثيرات من البيئة المحيطة مثل درجة الحرارة، تستطيع أنْ تغيِّر اتجاه تطور النّسل حديث السن وأن تحوِّل إناث إلى ذكور وبالعكس.

ب3. يتم التّكاثر التّزاوجي بين أفراد من نفس النّوع البيولوجي (species)

يمكن أنْ يتم الاخصاب فقط بين خليتين تناسليتين مصدرهما من فردين ينتميان إلى نفس **النّوع البيولوجي** (species). خلايا التّناسل التي تستطيع أنْ تتحد إلى زيجوت، تستطيع أنْ تتعرف على بعضها بطرق بيوكيميائيّة، حيث يتم ذلك من خلال قدرة الاتصال بين مبانٍ في غشاء الخلية المنوية ومواقع ارتباط خاصة (مستقبلات) في غشاء خلية البويضة. يتم هذا الاتصال بين خلية منوية وخلية بويضة من نفس النّوع البيولوجي فقط. أحد الأمثلة الشّاذة هو انتاج زيجوت من خلايا تناسلية لحمار وحصان. يتطور من هذا الزيجوت فرد (بغل)، لكنه عاقر ولا يستطيع التّكاثر.

ب4. البيئة المحيطة المائية أو الرطبة ضرورية للاخصاب

يمكن أنْ تتم عمليتي الاخصاب وتطور الجنين في بيئة محيطة مائية أو رطبة فقط.
يحتاج الاخصاب إلى بيئة محيطة مائية أو رطبة، لأنّ الخلايا بشكل عام والخلايا التّناسلية بشكل خاص، لا تستطيع أنْ تعيش في هواء جاف تتعرض فيه إلى خطر الجفاف والموت. الكائنات الحيّة التي تعيش في الماء، مثل: الطّحالب والأسماك، تعتبر البيئة المحيطة المائية مكانًا طبيعيًا لإلتقاء الخلايا التناسلية. يتم الاخصاب ذاته في البيئة المحيطة المائية الخارجية للجسم ونسمِّيه اخصابًا خارجيًّا.
في الكائنات الحيّة التي تعيش في اليابسة، تنتقل الخلايا التّناسلية بطرق مختلفة من الذّكر إلى جسم الأنثى دون أنْ تتعرض إلى خطر الجفاف المتعلق بمكوثها في الهواء، حيث يتم الاخصاب داخل جسم الأنثى. هذا الاخصاب نسمِّيه اخصابًا داخليًّا. الاخصاب في الإنسان هو مثال واضح لاخصاب داخلي، لكن في النّباتات كاسيات البذور الاخصاب داخليّ أيضًا!
في الكائنات الحيّة التي يتم فيها اخصاب داخلي، الأعضاء التّناسلية تشمل الأعضاء التي تَنْتُج فيها الخلايا التّناسلية وأعضاء أخرى تقوم بنقل الخلايا التّناسلية وتساعد على التقائها: توجد في الذّكر وسائل تساعد على نقل الخلايا التّناسلية الذّكرية إلى جسم الأنثى. يوجد في جسم الأنثى مبانٍ تَنْتُج فيها الخلايا التّناسلية، مبانٍ يتم فيها الاخصاب ومبانٍ تساعد في حماية الأجنة التي تتطور.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
نقل خلايا تناسلية (جاميتات) في بيئة محيطة مائية.

ب5. تحتاج الأجنة إلى غذاء وبيئة محيطة محمية لتطورها

الجنين بداية الجيل القادم، وهو يحتاج إلى مواد غذائية وبيئة محيطة مائية محمية لتطورها. في هذا الأمر، لا يوجد فرق بين كائنات حيّة بسيطة ومعقدة، بين كائنات حيّة تعيش في الماء واليابسة وبين حيوانات ونباتات.
لكن الوسائل التي تزوِّد احتياجات الأجنة والمباني التي تتطور فيها تختلف عن بعضها في الكائنات الحيّة المختلفة (الرّسمة ب - 4، جدول ب - 1). **البيضة** التي تضعها الزّواحف والطّيور في البيئة المحيطة، هي مبنى معقد يحتوي على الزّيجوت (البويضة المخصّبة)، مواد يحتاجها الجنين لتطوره (صفار البيض، ماء، بروتين)، غشاء وقشرة. تتطور أجنة الثّدييات في الرّحم وتحصل على الغذاء والأكسجين من دم الأُم. أجنة النّبات محمية داخل البذرة وتتغذى خلال الانبات من المواد التي تمَّ تخزينها.

الفكرة المركزية

التّباين والتّجانس:
تحتاج الأجنة إلى غذاء، حماية وبيئة محيطة مائية، لكن الوسائل والمباني لذلك مختلفة.

للمزيد عن

البيضة كِمكان لتطور الجنين، *انظروا الفصل الخامس ،صفحات 88, 93.*

الرّسمة ب-4: تطور الأجنة
من اليمين إلى اليسار: بادرة أفوكادو، صوص يخرج من البيضة، طفل في الرحم.

جدول ب -1: مباني ووسائل لحماية الأجنة ولتزويد غذاء، أكسجين وظروف بيئية محيطة

المبنى	موجود عند	وسائل حماية الجنين	تزويد الجنين بالغذاء	تزويد الأكسجين	كيف نضمن للجنين ظروف بيئة محيطة خارجية ملائمة؟
البيضة	حيوانات تتكاثر في الماء، مثل: الأسماك، البرمائيات	يوجد أغشية، لا يوجد غلاف قاسي	مواد ادخارية في البيضة	ديفوزيا (انتشار) عبر الأغشية	وضع البيضة في موسم مناسب
	حيوانات تتكاثر في اليابسة، مثل: الزّواحف، الطّيور	يوجد أغشية وغلاف قاسي	مواد ادخارية في البيضة	ديفوزيا (انتشار) عبر الأغشية والقشرة	ركود على البيضة، وضع البيضة في موسم مناسب، أو طمرها في التّربة.
الرّحم	ثدييات في اليابسة والماء	مبنى عضلي داخل جسم الأم	من دم الأُم بواسطة المشيمة والحبل السّري	بالديفوزيا من دم الأم بواسطة المشيمة	يتطور الجنين في جسم الأُم
البذرة	نباتات كاسيات البذور	قشرة البذرة والثّمرة	مواد ادخارية في البذرة	ديفوزيا من البيئة المحيطة	وسائل تُعيق الانبات في ظروف بيئة محيطة غير مناسبة

ب6. يتم تنظيم نشاط جهاز التناسل (التّكاثر) بواسطة آليات مراقبة

تتكاثر معظم الكائنات الحيّة - نباتات وحيوانات - عندما تصل سن معيّن وفقط في موسم مناسب لنمو الأفراد. الموعد المناسب للتكاثر مهم جدًا لنجاح التّكاثر التّزاوجي. عندما نتمعَّن في الطّبيعة من حولنا، نلاحظ في معظم الحالات أن التّكاثر يتم في موسم ظروفه مناسبة لتطور النّسل: درجة حرارة مناسبة وموارد، مثل: توافر الماء والغذاء.

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *آليات تنظيم واتصال.*

تُشير هذه الحقيقة إلى وجود **آليات تنظيم واتصال** بواسطتها تتم مراقبة نشاط جهاز التّكاثر. مصدر معظم المعرفة في هذا الشأن من الأبحاث التي تمَّت على النّباتات، الطّيور والثّدييات، ولدينا معرفة قليلة عن مراقبة التّكاثر في الكائنات الحيّة البسيطة مثل الحشرات.

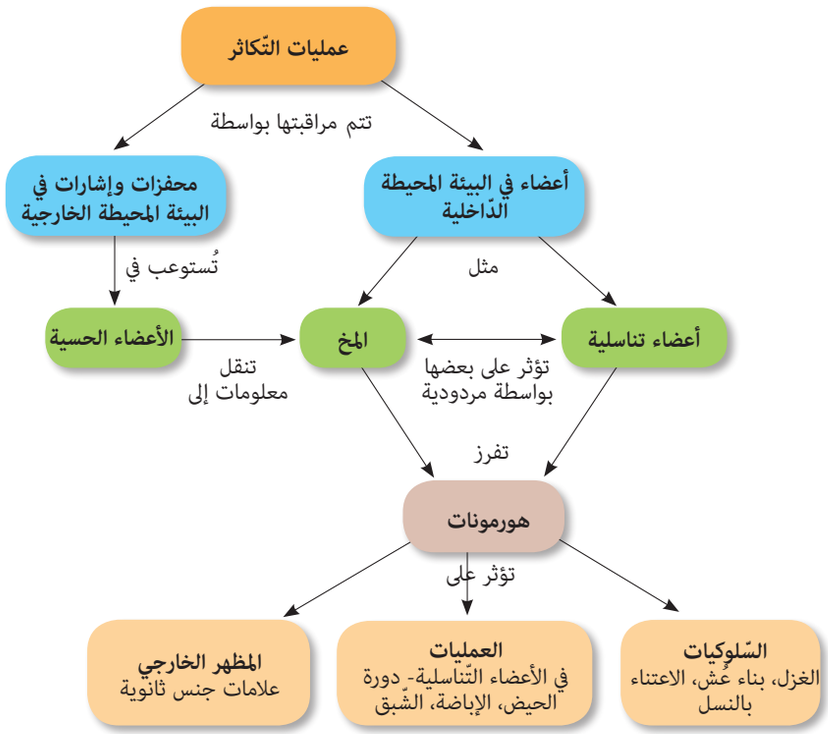
بما أن التّكاثر موسمي في معظم الكائنات الحيّة، من المعقول الإفتراض أنّ إشارت خارجيّة (من البيئة المحيطة)، مثل: طول النّهار، درجة الحرارة، الأمطار وتوافر الغذاء، هي التي تحرِّك العمليات الداخلية وفي أعقاب ذلك، العمليات والسلوكيات، أيضًا، التي تُتيح توقيت دقيق لإلتقاء الخلايا التّناسلية للذكر والأنثى. إحدى الإشارات المهمة لتوجيه موعد التّكاثر هو **الضوء**.

للمزيد عن

تأثير الضوء على الإزهار، *انظروا الفصل السّادس، صفحات 115-116.* ***تأثير الضّوء على وضع البيض والتّكاثر،*** *انظروا الفصل السّابع، صفحة 147.*

أُجريت أبحاث كثيرة حول تأثير الضّوء على إزهار النّباتات، لكن في الحيوانات أيضًا، مثل: الطّيور والخراف فقد وُجد رد فعل للتغيُّرات في عدد ساعات الإضاءة وتأثير على عمليات داخلية مثل إفراز هورمونات.
نبيَّن في الفصل السّابع، كيف يستغل المزارعون هذه المعرفة لتوجيه الإزهار، لزيادة نسبة وضع البيض في الأقنان ولتوجيه تكاثر الحيوانات التي يعتني بها الإنسان (حيوانات المزرعة)؟

في الحيوانات، تستوعب أعضاء حسية الإشارات الخارجية وتنقلها بواسطة جهاز الاتصال العصبي إلى المخ. يفرز المخ **هورمونات** تؤثر مباشرةً على الأعضاء التناسلية التي تقوم برد فعلها بواسطة إفراز هورمونات أخرى (الرسمة ب - 5). نشرح تفاصيل هذه الأحداث في الفصل الثّالث الذي يبحث تكاثر الإنسان.



الرسمة ب -5: تنظيم واتصال في المراقبة على عمليات تكاثر الحيوانات

تؤثر الإشارات الخارجية بواسطة الهورمونات التي تُفرز من المخ على جميع الظواهر المتعلقة بالاستعداد للتكاثر، مثل: تغيُّرات في المظهر الخارجي، تحفيز وضع البيض وسلوكيات لبناء العش والغزل. في مرحلة الاعتناء بالنسل، تؤثر الهورمونات أيضًا على سلوكيات متعلقة بالاعتناء بالنسل، مثل: الركود، الحماية وافراز الحليب (في الثّدييات). عند الطّيور وثدييات معيّنة، يشكّل وجود القرين المناسب محفزًا خارجيًّا، حيث يؤثر على المخ ويؤدي إلى إفراز هورمونات.

تتم مراقبة التّأثيرات المتبادلة بين المخ والأعضاء التّناسلية وافراز الهورمونات بواسطة آليات المردودية (التّغذية المرتدة) السّالبة والموجبة. للتذكير، في **المردودية السّالبة**، نتيجة العملية تُعيق استمرار العملية ذاتها. في **المردودية الموجبة**، يحدث العكس: نتيجة العملية تحفز العملية ذاتها. في الفصل الثّالث الذي يتناول عمليات تكاثر الإنسان، سوف تتعرفون على أمثلة لنوعي آليات المردودية (التّغذية المرتدة).

علاقة بموضوع

بيولوجيا الإنسان: *يتحقق الاتزان البدني في الجسم بواسطة آليات المراقبة والمردودية.*
الخلية - مبنى ونشاط: *مردودية موجبة وسالبة في مراقبة نشاط الإنزيمات.*

ب7. نظرة من منطلق النّشوء والارتقاء: تكاثر تزاوجي وتباين وراثي

نلاحظ في الطّبيعة عادةً أنّ عدد الأفراد في جيل النّسل أكثر بكثير من عدد الأفراد في جيل الوالدين، مثلًا: قسم كبير من الحيوانات التي تضع بيوض كالأسماك والحشرات، تضع مئات وآلاف البيض في المرة الواحدة. ومعظم الثّدييات أيضًا، تلد خلال حياتها أكثر من فردين لكلّ زوج من الوالدين. هذه الظاهرة معروفة في النّباتات أيضًا، حيث يُنْتِج كلّ فرد عددًا كبيرًا جدًا من البذور (في كلّ نبتة بندورة، يوجد ثمار كثيرة، وفي كلّ ثمرة يوجد بذور كثيرة). عندما تكون ظروف البيئة المحيطة ثابتة، يبقى عدد الأفراد في العشيرة ثابتًا تقريبًا مع مرور الأجيال وقسم كبير من الأفراد غير المناسبة، لا يبقى على قيد الحياة.

ماذا يحدث عندما يطرأ تغيير في ظروف البيئة المحيطة؟

نَصف عشيرة معيَّنة مكوَّنة من أفراد تختلف عن بعضها قليلًا في صفاتها. من المعقول الافتراض أنّه إذا حدث تغيُّر في شروط البيئة المحيطة، نجد في العشيرة أفرادًا ذات صفات تُتيح لها البقاء على الرّغم من التغيُّر. هؤلاء الأفراد الملائمون لبيت التّنمية الذي تغيَّر، يستغلون موارد بيت التّنمية بنجاعة، ولديهم القدرة على الصّمود ومقاومة مسببات الأمراض والمتطفلات، وتستطيع الهروب من مفترساتها.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
ملاءمة كائنات حيّة إلى البيئة المحيطة وأهميتها للبقاء.

الأفراد التي بقيت على قيد الحياة، على الرّغم من التغيُّر، تتكاثر وتورث نسلها معلومات وراثية تشمل معلومات الصّفات التي تساهم في بقائها على قيد الحياة. بعد مرور عدة أجيال، يزداد في العشيرة العدد النسبي للأفراد الذين يحملون تراكيب صفات تمنحهم القدرة على البقاء. بهذه الطريقة، ومع مرور أجيال كثيرة، يمكن أن تَنْتُج عشيرة فيها معظم الأفراد ملائمة للتغيُّر الذي حدث في البيئة المحيطة.

العملية التي وُصفت أعلاه - بقاء أفراد ملائمة للبيئة المحيطة - هي عملية ***الانتخاب الطّبيعي*** *التي وصفها* ***تشارلس داروين*** *(Charles Darwin, 1809-1882) في كتابه "أصل الأنواع" الذي صَدَر في سنة* **1859.** *في فترة داروين، ادعى باحثون في الطّبيعة ورجال دين أنّ الأنواع ثابتة في صفاتها وعددها منذ أن خُلق العالَم. أما داروين فقد ادعى أن هناك عملية طويلة ومستمرة من التغيُّرات العشوائيّة التي تنتقل بالوراثة، والكائنات الحيّة تتغيَّر وتتطور أنواع جديدة. هذه العملية التي يتم فيها تطور تدريجي نسمِّيها* ***النّشوء والارتقاء.*** *الانتخاب الطّبيعي هو الشّرح للطريقة التي تؤثر فيها البيئة المحيطة على بقاء أفراد معينة، أما الآخرون الذين يختلفون بصفاتهم والأقل ملاءمة للبيئة المحيطة فإنهم ينقرضون.*

الفكرة المركزية

نظرية النشوء والارتقاء:
تتغيَّر أنواع الكائنات الحية المختلفة تدريجيًا خلال الوقت (عصور) بسبب تأثير عوامل البيئة المحيطة الخارجية وعوامل داخلية.

التّباين الوراثي *هو "المادّة الخام" للنشوء والارتقاء. دون وجود تباين، عندما تكون جميع الأفراد متماثلة بجميع معلوماتها الوراثية، لا يحدث انتخاب طبيعي، لأنّ الانتخاب يتم بين الأفراد المختلفة فقط.*

تطورت وتغيَّرت نظرية النّشوء والارتقاء، منذ أنْ نُشرت في القرن ال 19، بفضل تراكم المعرفة وفهم العمليات الوراثية والجزيئية التي تحدث في الخلايا. على الرّغم من ذلك، نظرية النّشوء والارتقاء، هي النّظرية العلمية المقبولة والوحيدة التي تشرح تنوع الكائنات الحيّة وعمليات تغيُّراتها خلال العصور المختلفة.
تطور نظرية النّشوء والارتقاء والتّغيُّرات التي مرَّت بها خلال السّنوات المختلفة، يعرض ***ماهية العِلم*** *وطريقة تراكم* ***المعرفة العلمية.***

لماذا يجب التّكاثر بطريقة التّزاوج؟

التّكاثر التزاوجي شائع جدًا، هذه الحقيقة أثارت سؤالًا حول حسناتها. العملية الخلوية ميوزا معقدة جدًا بالمقارنة مع الميتوزا. يحتاج التّكاثر التّزاوجي إلى أعضاء خاصة، وفي معظم الحالات، يجب أن تُبذل طاقة كثيرة لتطوير الأعضاء التّناسلية (مثل: الأزهار وغدد التّناسل)، للبحث عن قرين مناسب للتكاثر، للصراع بين الأفراد على القرين، لإنتاج خلايا تناسل كثيرة جدًا وللاعتناء بالنسل.

بالإضافة إلى ذلك، يوجد للتكاثر غير التّزاوجي أفضلية بالمقارنة مع التّكاثر التزاوجي: في التّكاثر غير التّزاوجي، من المعروف مسبقًا أنّ الفرد يشبه الوالدين في جميع الصّفات! إذن، ما هي أفضليات التّكاثر التّزاوجي؟ أمامكم إجابتان من بين الإجابات التي يقترحها الباحثون لهذا السؤال:

- *في التكاثر التّزاوجي يوجد تباين بين الأفراد، وهو يُتيح انتخاب طبيعي، نشوء وارتقاء سريع نسبيًا من خلال الملاءمة لظروف البيئة المحيطة المتغيِّرة.*

- *بما أنّه في التّكاثر التّزاوجي يشترك فردين، من المعقول أنْ نفترض أنّه عندما تكون طفرة ضارة عند أحدهما وعند الفرد الآخر يوجد جين سليم، فإنّ الطفرة الضّارة لا يتم التّعبير عنها عند قسم كبير من الأفراد. بهذه الطّريقة يمنع التّكاثر التّزاوجي من التّعبير عن طفرات ضارة (كذلك الأمر يكون مصير طفرة الصّفة التي تساهم في البقاء).*

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

- *في التّكاثر التّزاوجي، تَنْتُج أفراد تختلف عن بعضها وتختلف عن الوالدين أيضًا.*
- *تَنْتُج الخلايا التّناسلية في أعقاب الميوزا.*
- *معظم الأنواع التي تتكاثر بطريقة التّكاثر التّزاوجي، يوجد لديها نوعين من الخلايا التّناسلية (جاميتات): خلايا منوية صغيرة ذات قدرة على الحركة وخلايا بويضات كبيرة غير قادرة على الحركة الذاتية.*
- *تتم مراقبة نشاط الجهاز التّناسلي بواسطة آليات تنظيم واتصال بفضلها يتم توقيت عمليات التّكاثر عند أفراد الجنسين، مما يزيد من احتمال الإلتقاء النّاجح بين الخلايا التّناسلية.*
- *تؤثر إشارات خارجية (من البيئة المحيطة)، مثل: طول النّهار ودرجة الحرارة على نشاط آليات التّنظيم والاتصال.*
- *يمكن أن يتم الإخصاب - اتحاد الخلايا التّناسلية - في بيئة محيطة مائية أو رطبة فقط.*
- *يتم الاخصاب الخارجي خارج الجسم والإخصاب الداخلي داخل الجسم.*
- يحتاج الجنين الذي يتطور من الزّيجوت إلى مواد تغذية وبيئة محيطة مائية محمية.
- *التّباين الوراثي بين أفراد التّكاثر التّزاوجي، توجد له أهمية في بقاء العشيرة، وهو "المادّة الخام" للنشوء والارتقاء.*
- *خلال النّشوء والارتقاء وتطور الأنواع التي تعيش في اليابسة، تطورت وسائل متنوعة لحماية الخلايا التّناسلية، حيث تمكّنها من الالتقاء في بيئة محيطة مائية أو رطبة، كما تطورت وسائل تحمي الجنين من الجفاف.*

المصطلحات المهمة في هذا الفصل

نشوء وارتقاء	جنين
بيضة	موسمية (موسم التكاثر)
مراقبة هورمونالية	تكاثر تزاوجي
انتخاب طبيعي	رحم
اخصاب (خارجي، داخلي)	تباين وراثي
زيجوت	خلية بويضة
حيوان منوي	خلية منوية
بيئة محيطة مائية	خلايا تكاثر (جاميتات، خلايا تناسلية)