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.**

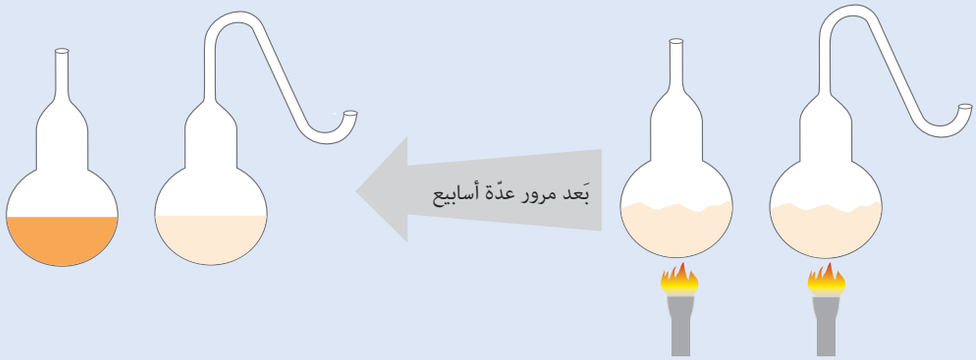
نافذة البحث

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.

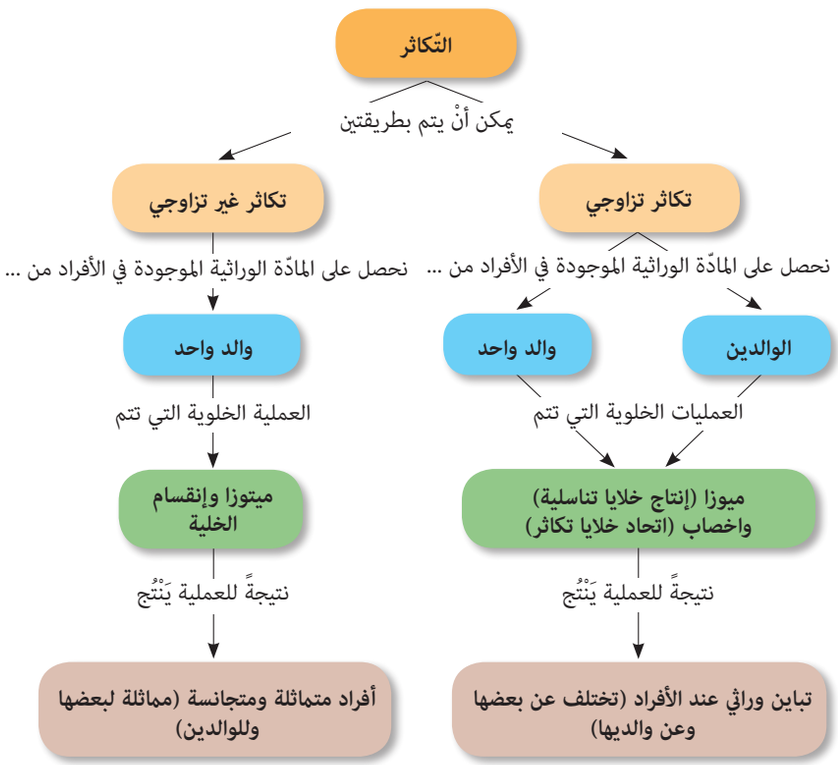
ما هي الفروق بين طريقتي التّكاثر؟

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.

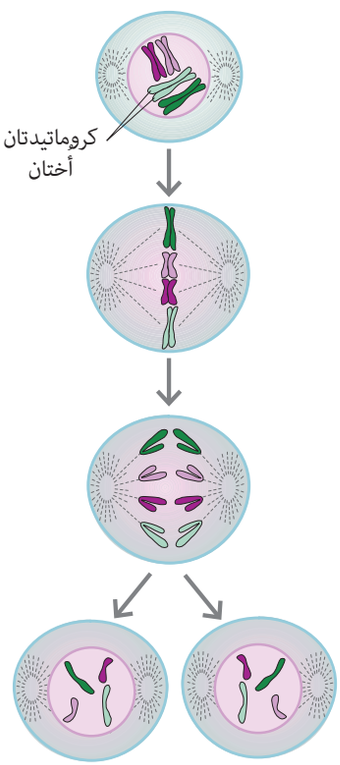
تصف الرّسمة أ- 3 العمليات التي تحدث خلال الميتوزا في خلية حيوانية فيها 4 كروموسومات.

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.

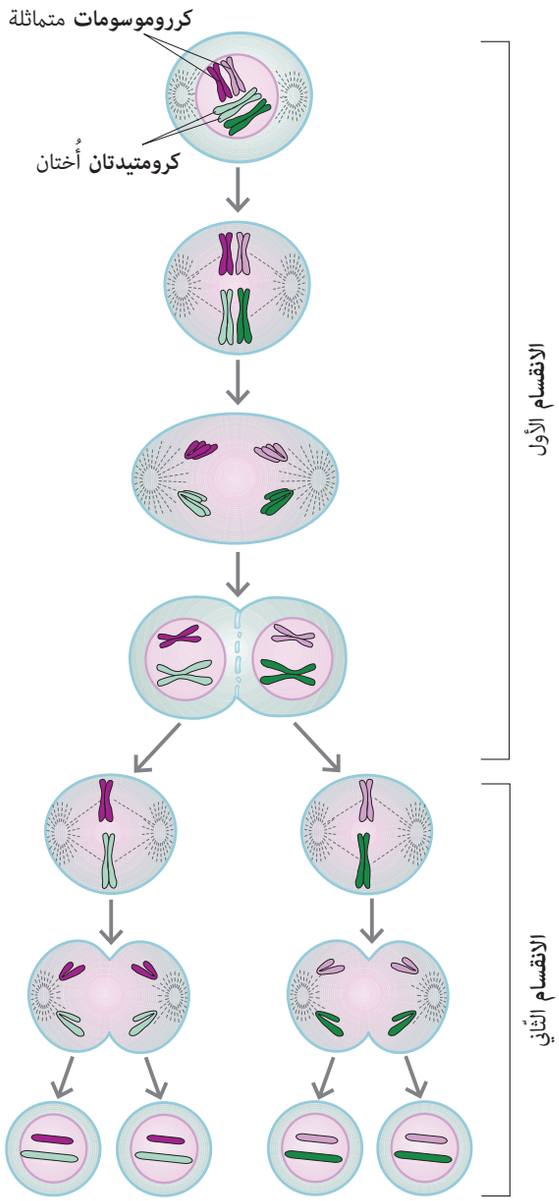
في هيئة الكروموسومات المزدوجة، يوجد لكلّ كروموسوم قرين يشبهه في المبنى ونوع المعلومات التي يحملها (باستثناء الكروموسومات التناسلية التي سنتوسع فيها فيما بعد). مصدر أحد الكروموسومان من الأب والثّاني من الأم. الكروموسومان اللذان يكوِّنان زوج من الكروموسومات نسمِّيهما **كروموسومان متماثلان**.
في الكروموسومين 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)

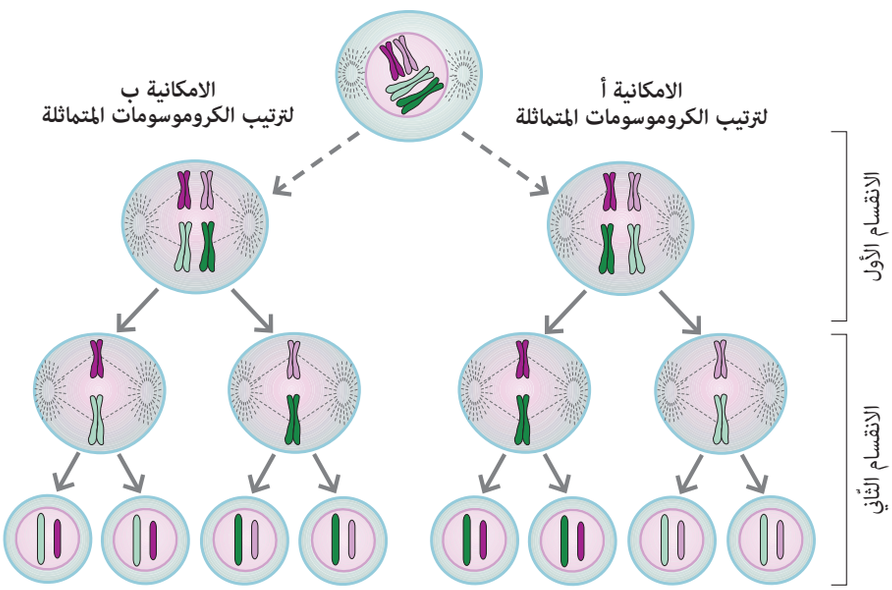
بعد أنْ تنتظم الكروموسومات المتماثلة بأزواج في مركز الخلية التي تنقسم، يتحرك أحد الكروموسومين إلى أحد قطبي الخلية والكروموسوم الآخر ينتقل إلى القطب الآخر (المضاد).

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؟

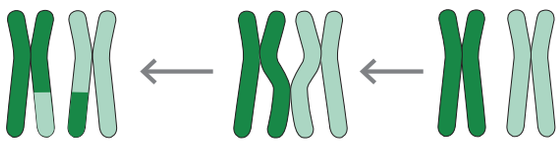
ب. ما هي أهمية انخفاض عدد الكروموسومات خلال انتاج الخلايا التناسلية، لاستمرارية الأجيال؟ اشرحوا.

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

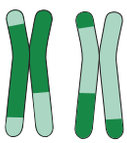
في الانقسام الأول للميوزا، عندما تنتظم الكروموسومات المتماثلة بأزواج، الواحد مقابل الآخر، فإنّها تقترب من بعضها وتصبح متجاورة. تقترب كروماتيدة كروموسوم واحد من كروماتيدة كروموسوم متماثل، وخلال عملية الاقتراب تتبادل قسم من الكروماتيدات فيما بينها بقطع من المواد الوراثية. هذه العملية التي يتم فيها تبادل 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.

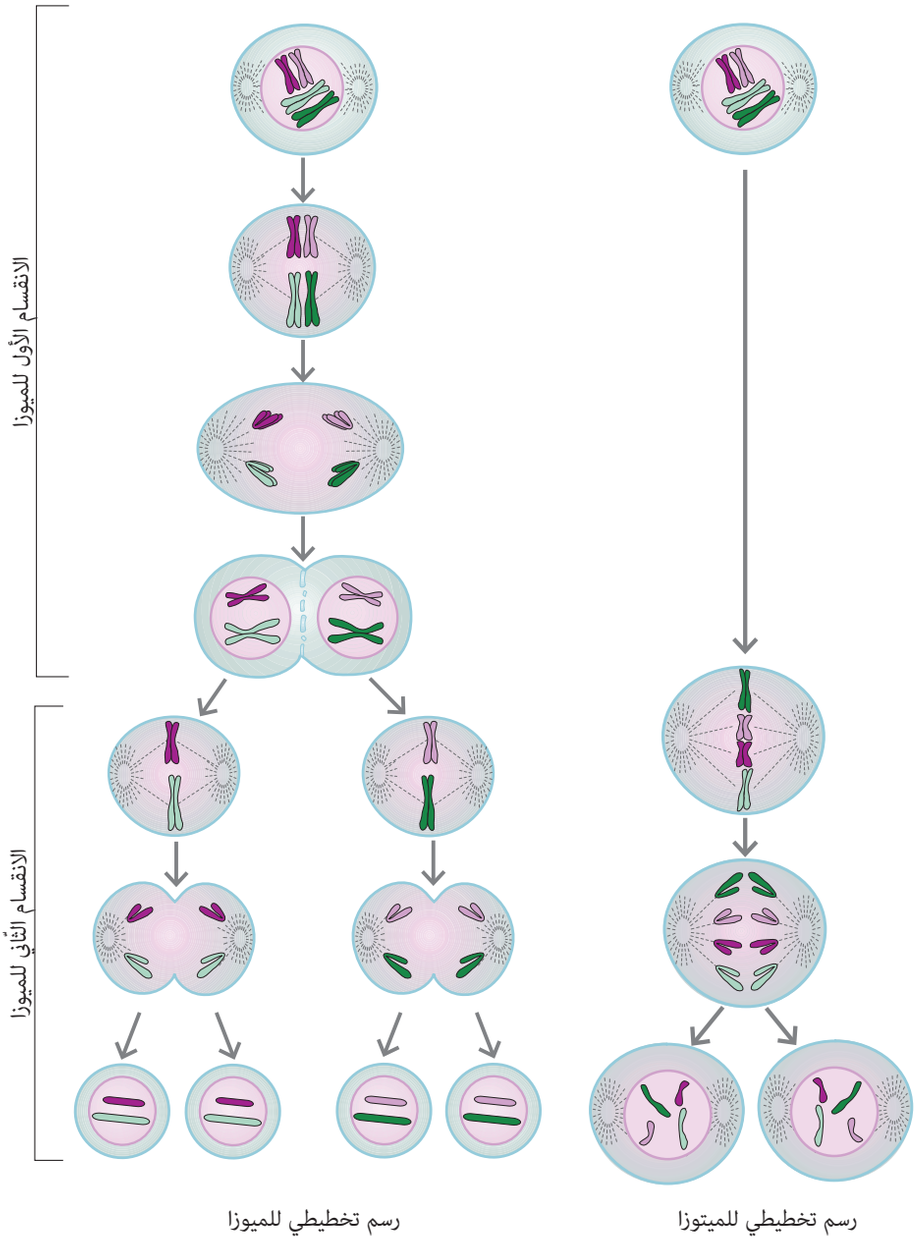


الرّسمة أ -7: زوج من الكروموسات المتماثلة بعد ثلاث مرات عبور.

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.

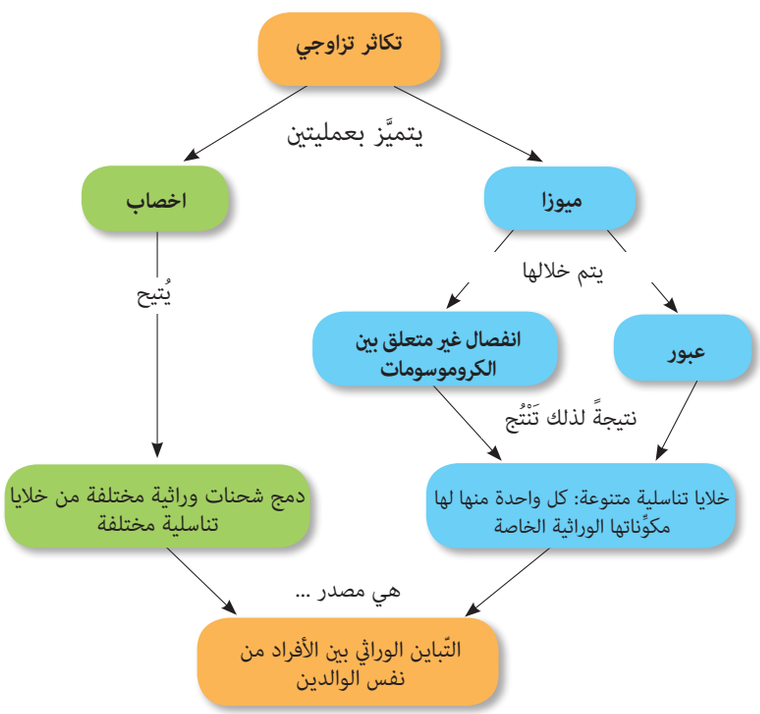
تتكاثر معظم أنواع الكائنات الحيّة المتعددة الخلايا بواسطة التّكاثر التّزاوجي الذي يعتبر مُعقد ومركّب بالمقارنة مع التّكاثر غير التّزاوجي. في هذا الفصل، نعرض المبادئ المشتركة لجميع الكائنات الحيّة التي تتكاثر بتكاثر تزواجي ومن بينها الإنسان.

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**.

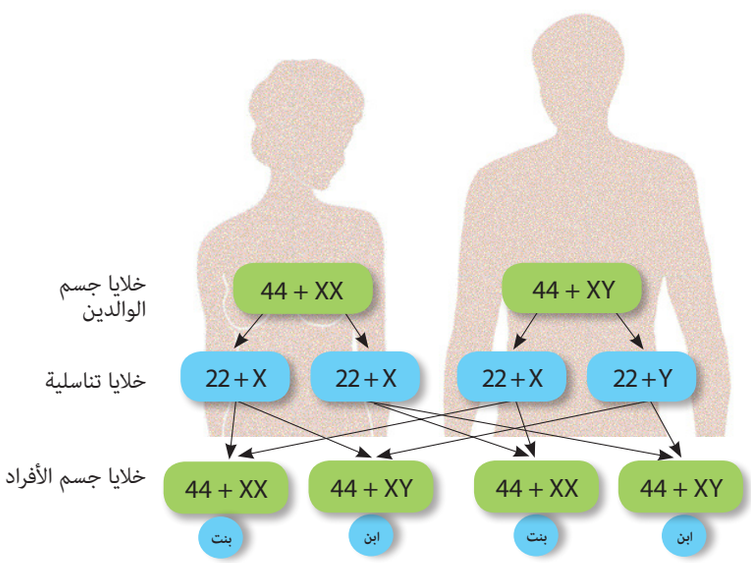
للمزيد عن
أزهار أحادية الجنس وأزهار ثنائية الجنس.
انظروا الفصل السّادس، صفحة 121.

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.

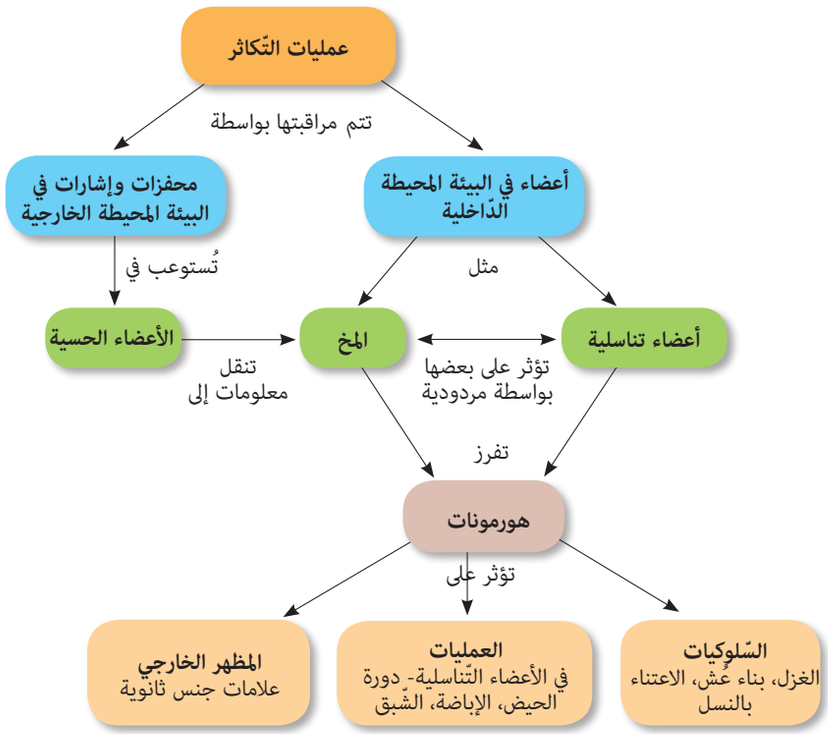
بما أن التّكاثر موسمي في معظم الكائنات الحيّة، من المعقول الإفتراض أنّ إشارت خارجيّة (من البيئة المحيطة)، مثل: طول النّهار، درجة الحرارة، الأمطار وتوافر الغذاء، هي التي تحرِّك العمليات الداخلية وفي أعقاب ذلك، العمليات والسلوكيات، أيضًا، التي تُتيح توقيت دقيق لإلتقاء الخلايا التّناسلية للذكر والأنثى.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

التكاثر عند الإنسان

ج1. مبنى جهاز التكاثر
ج2. من الطفولة حتى البلوغ
ج3. دورة الحيض
ج4. إلتقاء الخلايا التناسلية والإخصاب
ج5. من الزيجوت إلى الوليد
ج6. تنمية عشائر بنو البشر

المواضيع الأساسية في الفصل
مصطلحات مهمة في الفصل

ج

الفصل الثالث: التكاثر عند الإنسان

التكاثر جزء لا يتجزأ من حياة جميع الكائنات الحية ومن بينها الإنسان. على الرغم من ذلك، امتنعت ثقافات مختلفة عبر التاريخ من أن تبحث التكاثر عند الإنسان لأسباب دينية ولإتفاقات بين الثقافات. ليس في كل فترة ولا في كل مكان، رأى الإنسان أن هناك حاجة لفهم عملية تكاثرهم كعملية طبيعية وضرورية لاستمرار الحياة.

في انكلترا، في القرن التاسع عشر، منعت الإتفاقات في المجتمع من أن يذكروا، حتى في الرموز، علاقة جنسية بين رجال ونساء. نجد في كتاب **ليدي جاوج** (Lady Gough) من سنة **1863** الذي يتحدث عن الأخلاق والعادات أن "المضيفة الكاملة، تشدد على أن تفصل بين كُتب المؤلفين وكُتب المؤلفات، حيث تضعها على رفوف منفصلة".

في كتاب الفسيولوجيا الذي صَدَر في سنة **1866**. دافع مؤلف الكتاب **توماس هكسلي** (Thomas Huxley) بشجاعة عن نظرية النشوء والارتقاء لداروين، لكنه لم يجرأ أن يتحدث في كتابه عن موضوع التكاثر.

خلال القرن العشرين، تطور الوعي تدريجيًا إلى أنَّ إخفاء عملية التكاثر، لا يخمد رغبة الإنسان في أن يعرف ويفهم، كيف تحدث تحدث هذه العملية في جسمه. بالإضافة إلى ذلك، وُجد أن أضرار الإخفاء كثيرة. لا نستطيع اليوم أنْ نتصور أنّ هناك كتاب في موضوع بيولوجيا الإنسان، لا يتحدث ولا يصف مبنى وأداء الجهاز التناسلي.

ج1. مبنى جهاز التكاثر (الجهاز التناسلي)

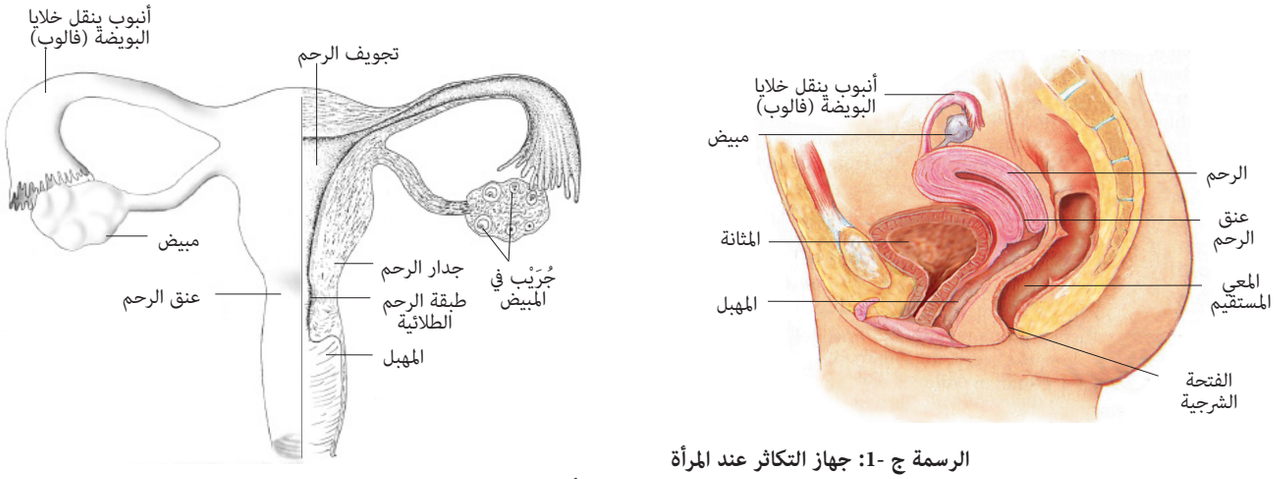
خلال تطور الجنين، تتكون جميع أجهزة الجسم ومن بينها الأجهزة المتعلقة بالتكاثر. يمكن خلال الحمل أن نميِّز بواسطة الأمواج فوق صوتية (اولتراساوند) ما إذا الجنين فيه جهاز تكاثر ذكري أو أنثوي.
من المهم أن نذكر أنه أثناء الولادة نجد جهازًا كاملاً لأعضاء التكاثر في جسم كل وليد، لكن قسم منها لم يُكمل التطور.

يُتيح مبنى أعضاء التكاثر حدوث أربع عمليات تؤدي إلى عملية التكاثر:
1. **إنتاج** خلايا تناسلية (تكاثر).
2. **إنتاج وإفراز** هورمونات تُنظِّم عمليات التكاثر.
3. **إلتقاء الخلايا التناسلية** للرجل مع الخلايا التناسلية للإمرأة.
4. **تطور الجنين في رحم** المرأة.

سنتعرف على مبنى جهاز التكاثر عند الرجل والمرأة ونبيِّن كيف يُتيح المبنى حدوث هذه العمليات.

ج1.1 جهاز التكاثر عند المرأة

يقع جهاز تكاثر المرأة في فراغ البطن وهو يشمل أربعة أقسام أساسية: زوج مبيض، زوج أنابيب لنقل خلايا البويضة (فالوب)، الرحم والمهبل. يمكنكم مشاهدة جهاز التكاثر عند المرأة في الرسمة ج - 1.



الرسمة ج -1: جهاز التكاثر عند المرأة
على اليمين: نطرة جانبية، على اليسار: نظرة من الأمام

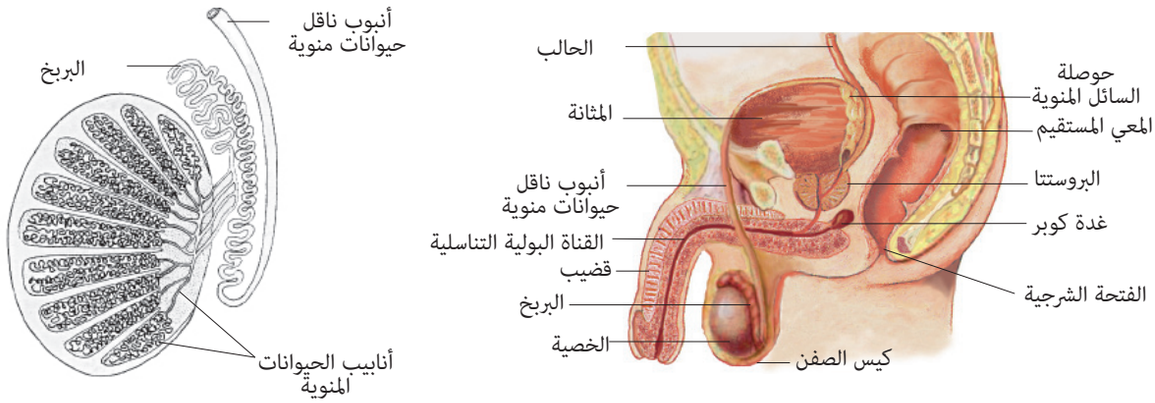
في **المبيض**، نجد خلايا تناسلية أولية وخلايا تُنْتِج هورمونات. الخلايا التناسلية الأولية موجودة في الجنين، لكن عند ولادة الطفل لا تكون ناضجة. في المستقبل، ينضج قسم منها ويتطور إلى **خلايا بويضات.** كل خلية بويضة في المستقبل تكون محاطة بطبقة واحد ةمن الخلايا. خلية البويضة والخلايا التي تُحيطها نسمِّيها **جُرَيْب أولي**. في كل مبيض جنين (أنثى)، يوجد حوالي ثلاثة ملايين جُرَيْب أولي. لكن معظم الجُريبات تضمر وتموت في الجنين قبل الولادة، وتموت معظم الجوريبات الأولى التي بقيت في السنوات الأولى من حياة الطفلة. وعندما تصل سن البلوغ يكون في مبيض الصبية حوالي 300,000 حتى 400,000 جُرَيْب أولي. فقط حوالي 400 منها تنضج مع خلايا البويضة التي ف يداخلها، أما باقي الجُرَيْبات الأولية فإنها تضمر وتموت مع مرَّ السنين.

بجانب كل مبيض، توجد فتحة تشبه قُمع **لأنبوب ينقل خلايا البويضات.** أما الفتحة من الطرف الثاني للأنبوب تكون في فراغ الرحم (الرسمة ج 1-). في الأنبوب الذي ينقل البويضة (**الفالوب**)، يتم تخصيب البويضة بواسطة الخلايا المنوية. **انتبهوا!** لا يوجد أي تلامس أو ربط بين المبيض وفتحة الفالوب.

الرحم هو عضو يقع في مركز الحوض، معدل طوله حوالي 7 سم ووزنه حوالي 50 غرامًا. مبنى الرحم ملائم لاستيعاب الجنين، لتغذيته، حمايته ولدعم تطوره. جدار الرحم مبني من طبقة عضلات سميكة وقوية (الرسمة ج - 1 اليسرى). الفراغ الداخلي للرحم مغلَّف بطبقة سميكة من الأنسجة الدقيقة الغنية بالأوعية الدموية والتي نسمِّيها **طبقة الرحم الطلائية** التي تفرز هورمونات مختلفة. الرحم مناسب لأداء وظيفته، لأنه أثناء الحمل يكبر عدة أضعاف، وبعد الولادة يعود إلى قياساته (حجمه) الأصلية. القسم السفلي للرحم مبني كممر ضيق نسمِّيه عنق الرحم. من عنق الرحم إلى خارج الجسم، يوجد أنبوب نسمِّيه **المهبل** (vagina) الذي عبره تدخل الخلايا المنوية ويخرج الوليد.

ج2.1 جهاز التكاثر عند الرجل

يقع جهاز تكاثر الرجل في القسم السفلي من الحوض. يقع قسم منه في فراغ البطن والقسم الآخر خارجه. يشمل الجهاز ثلاثة مكوِّنات أساسية: خصيتان، زوج من الأنابيب التي تنقل الخلايا المنوية، سوائل أخرى والقضيب. يشمل جهاز التكاثر عند الرجل غدد أيضًا، سنتعرف على هذه الغدد لاحقًا. يمكنكم مشاهدة جهاز التكاثر عند الرجل في الرسمة ج - 2.



الرسمة ج - 2: جهاز التكاثر عند الرجل، على اليمين: نظرة جانبية، على اليسار: مقطع طولي في الخصية.

الخصيتان هما عضو تَنْتُج فيهما **الخلايا التناسلية الذكرية.** تقع الخصيتان في كيس خارج فراغ البطن. عندما يولد الوليد، نجد في خصيتيه خلايا أولية تنقسم وتتمايز إلى خلايا منوية، ابتداءً من سن البلوغ وخلال كل حياته البالغة. خلال الحمل، تتطور خصيتي الجنين في فراغ البطن، لكن تنزل إلى كيس اخصيتان قبل الولادة بقليل، عندما يصل الجنين الذكر إلىَ نهاية تطوره. درجة الحراة، في كيس الخصيتين الموجود خارج فراغ البطن، أقل من درجة الحرارة داخل الجسم وهي تصل إلى 35°C فقط، وهذه درجة الحرارة المُثلى لعملية إنتاج الخلايا المنوية في الإنسان (وفي ثدييات أخرى كثيرة). في درات حرارة أعلى من ذلك، مثلًا: في درجة حرارة الجسم بين 36.5°C إلى 36.9°C، يتضرر إنتاج الخلايا المنوية.

جدير بالمعرفة

الخصوبة والحياة في العصر الحديث

وُجد في الأبحاث أن خصوبة الرجال انخفضت بشكل ملحوظ خلال آخر خمسون سنة. هناك عدة يفترض البحثون عدة عوامل لهذا الانخفاض، قسم منها يخضع لسيطرتنا والقسم الآخر، لا يخضع لسيطرتنا. من بين العوامل التي تخضع لسيطرتنا: الأشعة المنبعثة من الهواتف واحواسيب النقال، لباس ملابس ضيقة تضغط وتقرِّب الخصيتين إلى البطن، حيث تؤي إلى ارتفاع درجة حرارة الخصيتين، تدخين سجائر ومخدرات. لا نعرف حتى الآن ما إذا إصابة الخلايا المنوية بهذه العوامل هي إصابة عكسية. على الرغم من ذلك، بما أن الخلايا المنوية تَنْتُج كل يوم، قد يعود إنتاج الخلايا المنوية السليمة إلى ما كان إذا أبعدنا العوامل التي تؤدي إلى ضرر في إنتاج الخلايا المنوية، مثل: لباس ملابس غير ضيقة ولا تضغط على الخصيتين والامتناع من تدخين السجائر والمخدرات. من بين العوامل التي تؤذي الخصوبة والتي لا تخضع لسيطرتنا هي: تلوث الهواء الناجم من انبعاث غازات من وسائل النقل والمصانع، إشعاع أنواع أشعة مختلفة (أشعة أمواج راديو، أشعة UV وأشعة إلكترومغناطيسية)، بقايا مواد كيميائية (لرش الآفات الزراعية) في الغذاء، مواد حافظة وأصباغ طعام تُضاف إلى المواد الغذائية التي تتم معالجتها.

كل خصية مبنية من عدد كبير جدًا من الأنابيب الدقيقة، الطويلة جدًا والملتوية التي تَنْتُج فيها الخلايا المنوية، بين الأنابيب يوجد خلايا تُنْتِج هورمونات ذكرية. تتحد الأنابيب في أطرافها إلى أنبوب واحد يخرج من الخصية. المقطع الأول منه، يقع خارج الخصية ونسمِّيه بربخ الخصية. في هذا القسم الطويل (حوالي 5 أمتار!) الملتوي جدًا، تتجمع الخلايا المنوية التي نَتَجت في أنابيب الخصية. استمرار هذا الأنبوب نسمِّيه **أنبوب ينقل الخلايا المنوية** وهو يخرج من كيس الصفن للخصيتين. يتحد الأنبوبان اللذان ينقلان الخلايا المنوية من الخصيتين إلى أنبوب خروج مشترك نسمِّيه **القناة البولية التناسلية** التي تصل فتحة **القضيب**. أثناء الممارسة الجنسية، تخرج عبر هذه الفتحة الخلايا المنوية الموجودة داخل السائل المنوي. يتم تصريف جهاز البول إلى القناة البولية التناسلية أيضًا، لكن الخلايا المنوية والبول لا يخرجان في نفس الوقت، لأنه أثناء القذف، يتم تفعيل عضلة تؤدي إلى اغلاق عنق مثانة البول وهكذا يمنع إفراز البول. يقع القضيب خارج فراغ الجسم فوق الخصيتين وهو مكوَّن من أنسجة اسفنجية غنية بأوعية دموية وفي طرفه يتوسع القضيب، حيث نسمّيه تاج القضيب الغني بخلايا حساسة للتلامس الجنسي. هذه المنطقة مغلّفة بجلد مطوي نسمِّيه الجلدة التي نزيلها أثناء الطهور.

سؤال ج - 1

قارنوا (من الأفضل بواسطة جدول) بين جهازيِ التكاثر عند الرجل والإمرأة. تطرقوا إلى جهازي التكاثر وإلى وظائفها.

ج2. من الولادة حتى البلوغ

يول كل طفلة وطفلة مع أعضاء تناسلية كاملة نسمِّيها **دلالات أو علامات جنسية أولية**: في الطفل - خصيتان وقضيب وفي الطفلة مبيض، رحم ومهبل. على الرغم من ذلك، أثناء الولادة لا توجد، في جسم الطفل والطفلة، خلايا تناسلية ناضجة للإخصاب. في مبيض الطفلة (وبعد ذلك عند البنت)، يوجد جُرَيْبات أولية في كل منها بويضة غير جاهزة للإخصاب، وفي خصيتيِ الطفل (وبعد ذلك عند الولد)، يوجد خلايا تتطور في المستقبل إلى خلايا منوية.

تحدث تغيُّرات كبيرة عند البنين والبنات في سن البلوغ. غير معروف حتى الآن، ما هو الحدث الأول الذي يُثير الانتقال من الطفولة إلى سن البلوغ.

ج1.2 التغيُّرات الجسمانية في سن البلوغ

يتم التعبير عن العلامات الأولى لسن البلوغ من خلال ظهور تغييرات جسمانية نسمِّيها **علامات جنسية ثانوية**. هذه التغيُّرات في شكل الجسم وعلامات خارجية أخرى تُميِّز الجنس (ذكر أو أنثى).

العلامات الجنسية الثانوية عند الشباب: تغيُّر الصوت، حيث يصبح منخفض (نتيجةً لإستطالة الأوتار الصوتية)، استطالة عظام الجسم والعضلات، تزداد وتيرة النمو بشكل كبير جدًا وينمو شعر على الوجه، تحت الآباط وعلى الفخذ (عند قسم من الشباب، ينمو الشعر على الصدر، الذراعين والأرجل أيضًا).

العلامات الجنسية الثانوية عند الشابات: تطور الثدي ونمو الشعر تحت الآباط وعلى الفخذ.

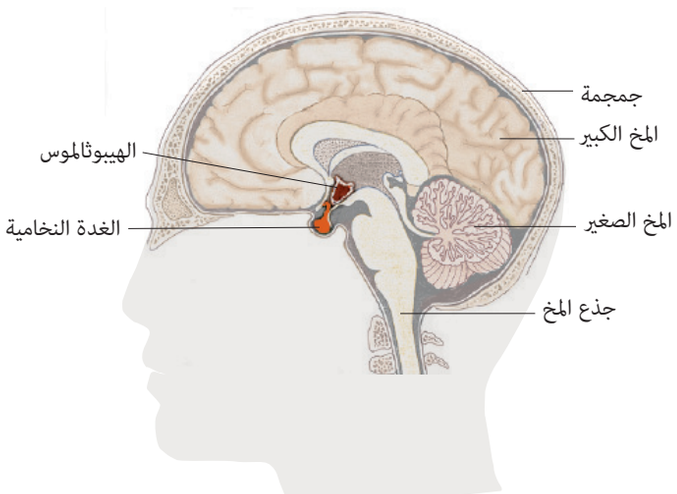
عادةً في الأشهر الأولى من بداية البلوغ، يزداد نمو الشابات بوتيرة كبيرة جدًا، لكن بعد ظهور الحيض الأول، تصبح وتيرة النمو بطيئة حتى تتوقف. تتطور عادةً عند الشابات، بمقدار مختلف، طبقة دهنية تحت الجلد في مناطق مختلفة في الجسم.

يُشير تطور العلامات الجنسية الثانوية إلى عملية داخلية، حيث يتم التعبير عنه بواسطة إفراز هورمونات جنسية وبإنتاج خلايا تناسلية ناضجة تستطيع أن تشترك في الإخصاب. جميع العمليات الداخلية والتغيُّرات الخارجية التي ترافقها نسمِّيها **بلوغًا جنسيًّا**.

من المهم إبراز الحقيقة أن البلوغ الجنسي وتطور العلامات الجنسية الثانوية مشتركة لجميع بنو البشر- لكن توجد فروق كبيرة بين الأفراد. السن الذي تظهر فيه العلامات الجنسية يحتلف من فرد إلى آخر، كما أن جميع علامات البلوغ، لا يتم التعبير عنها بنفس الشكل أو أنها تحدث بنفس الوتيرة عند الجميع.

إنَّ تطور العلامات الجنسية الثانوية هو تغيير خارجي للتغيُّرات الداخلية، حيث يتم التعبير عنها بالأساس بإزدياد إفراز هورمونات في المخ من **الهيبوثالموس** و**الغدة النخامية** (الرسمة ج - 3).

يربط الهيبوثالموس بين المخ والغدة النخامية التي توجد لها وظيفة مركزية في تنظيم ومراقبة إفراز الهورمونات في جهاز الإفراز الخارجي. في سن البلوغ، يبدأ الهيبوثالموس



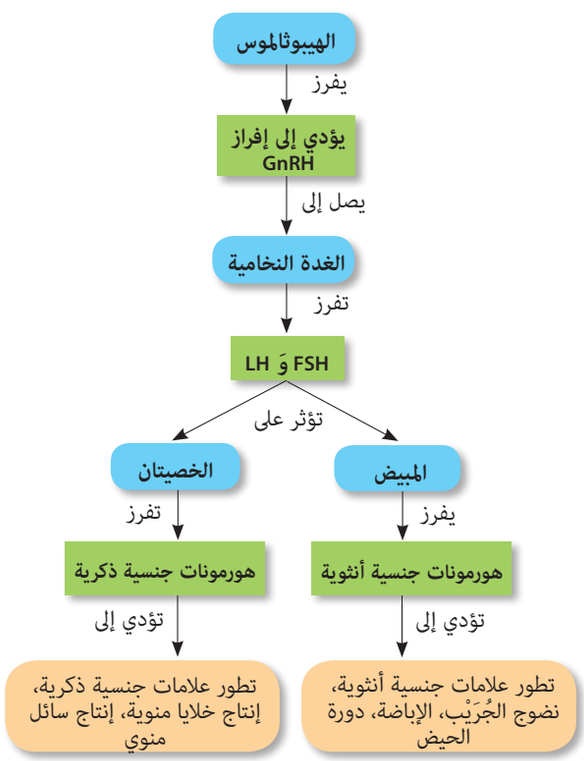
الرسمة ج-3: مكان الهيبوثالموس والغدة النخامية في المخ

في إفراز هورمون نسمِّيه GnRH (الإختصار بالإنجليزية: Gonadotropin Releasing Hormone). معنى هذا الهورمون أنّه يؤدي إلى إفراز هورومونات نسمِّيها **جونادوتروبينات (هورمونات المنسل):** الجونادوتروبينات هي هورمونات تؤثر على المبيض والخصيتان التي نسميها بالإنجليزية جونادوت (منسل) (الرسمة ج - 4).

يصل الـ GnRH مباشرةً إلى الغدة النخامية وهو يؤثر على القسم الأمامي للغدة النخامية التي تفرز **هورمونيْ جونادتروبينات**، هورمون يُثير الجُرَيْب - **FSH** (اختصاره بالإنجليزية: Follicle Stimulating Hormone) وهورمون الإباضة - **LH** (اختصاره بالإنجليزية: Luteinizing Hormone) والذي يُسمَّى هورمون الإصفرار أيضًا. كرد فعل للهورمونين، تفرز الأعضاء التناسلية هورمونات جنسية عند المرأة، يفرز المبيض بالأساس **استروجن وبروجسترون**، وعند الرجل، تفرز الخصيتين بالأساس **طوسطسطرون**.

الهورمونات الجنسية التي يتم إفرازها إلى الدم، تؤثر على الخصيتين والمبيض اللذان في خلاياهما توجد مستقبلات لهذه الهورمونات.

في أعقاب النشاط الهورمونالي، يبدأ إنتاج خلايا تناسلية صالحة

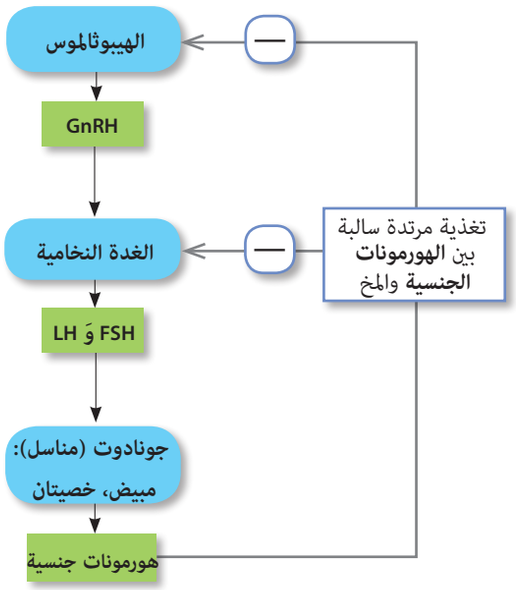


الرسمة ج-4: العوامل التي تؤثر على البلوغ الجنسي

للإخصاب عند الشباب، أما عند الشابات، يبدأ نضوج الجُرَيْب الذي فيه بويضة قبل ظهور **دورة الحيض** (الدورة الشهرية).

الهورمونات الجنسية التي يتم إفرازها في الدم، تؤثر على خلايا الهيبوثالموس والغدة النخامية أيضًا التي في خلاياها توجد مستقبلات لهذه الهورمونات.

معظم الوقت، تفعِّل الهورمونات الجنسية **تغذية مرتدة (مردودية) سالبة** على المخ (الرسمة ج - 5): عندما يرتفع مستواها في الدم، ينخفض إفراز الهورمونات في الهيبوثالموس والغدة النخامية، ونتيجةً لذلك، ينخفض مستوى الهورمونات الجنسية في الدم. من هنا ينبع أن إفراز GnRH والهورمونين FSH وَ LH يتأثر من مستوى الهورمونات الجنسية في الدم.



الرسمة ج-5: تغذية مرتدة سالبة بين المخ والأعضاء التناسلية

انتبهوا! المردودية السالبة الموصوفة في الرسمة متماثلة عند الشباب والشابات.

تُفرز نفس الهورمونات من الغدة النخامية عند الرجل والمرأة. على الرغم من أن الهورمونات متماثلة، إلا أنها تؤدي إلى عمليات مختلفة تمامًا عند كل جنس من الجنسين (الذكر والأنثى)! يعتمد الشرح لذلك على الحقيقة أن تأثير الهورمون، لا يتعلق بالهورمون ذاته، بل بالعضو الذي يؤثر عليه أيضًا. يختلف رد فعل أنسجة الخصيتان للهورمونين FSH وَ LH بالمقارنة مع رد فعل المبيض لهذين الهورمونين. عند الشباب، بعد أن يبدأ نشاط الهيبوثالموس، يستمر هذا النشاط بشكل متواصل وثابت خلال حياتهم وهو مراقب بواسطة التغذية المرتدة السالبة. أما عند الشابات، يتم كل من النشاط في الهيبوثالموس وفي أعقابه في الغدة النخامية بشكل دوري وهي توجِّه سيرورة **دورة الحيض**. تتم مراقبة هذه النشاطات بواسطة التغذية المرتدة السالبة والتغذية المرتدة الموجبة.

علاقة بالموضوع

بيولوجيا الإنسان: *تأثير الهورمونات على الأعضاء المستهدفة.*
الخلية - مبنى ونشاط: *مستقبلات في غشاء الخلية.*

جدير بالمعرفة

على الرغم من أن إفراز ونشاط الهورمونين LH وَ FSH يتم عند المرأة والرجل، إلا أن أسماءهما متعلقة بتأثيرهما على جهاز التكاثر عند المرأة. LH هو هورمون يؤدي إلى إنتاج الجُسَيم الأصفر وَ FSH هو هورمون يُثير تطور الجُرَيْب.

سؤال ج-2

أ. الغدة النخامية، الخصيتان والمبيض، هي غُدد تفرز هورمونات وهي أعضاؤ مستهدفة أيضًا. اشرحوا.

ب. إذا تابعنا مستوى الطوسطسطرون في دم الرجال، فإننا نجد أن مستواه ثابت من سن البلوغ لسنوات طويلة. كيف يمكن شرح ذلك بناءً على المسجَّل أعلاه؟

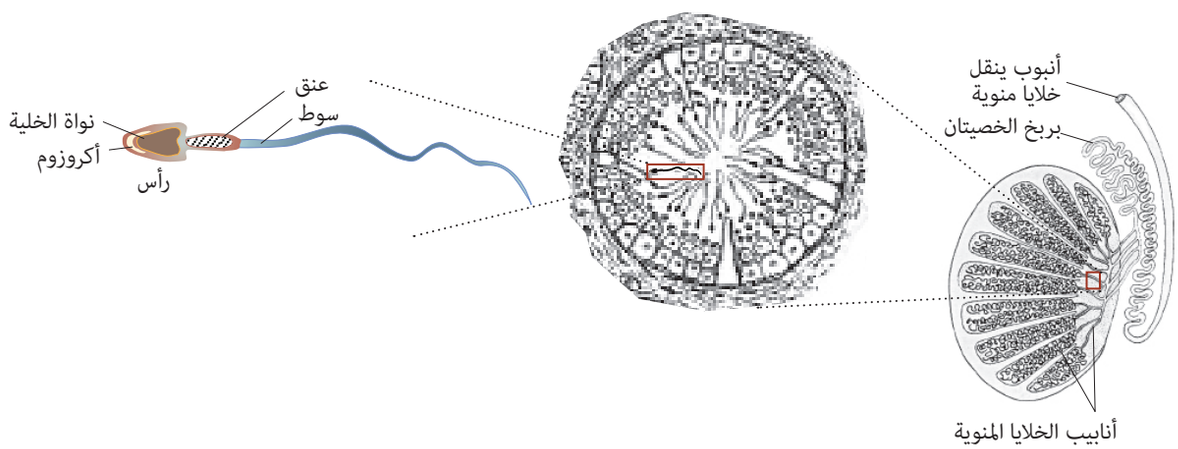
ج2.2 الخلايا المنوية: إنتاج، تطور ومبنى

إنتاج الخلايا المنوية

الخلية المنوية هي الجاميتا الذكرية. يبدأ إنتاج الخلايا المنوية في خصيتين الذكر في سن البلوغ فقط. إنتاج الخلايا المنوية متواصل وليس دوري. يُنْتِج الرجل البالغ حوالي 50-70 مليون خلية منوية كل يوم! يستمر الرجل في إنتاج الخلايا المنوية معظم حياته البالغة، لكن تنخفض كميتها وجودتها مع مرَّ السنين.

يتم تنظيم إنتاج الخلايا المنوية ونضوجها بواسطة هورمونات جنسية يفرزها الجسم في سن البلوغ. كما ذكرنا، كرد فعل للهورمونين FSH وَ LH اللذان يُفرزان من الغدة النخامية، تبدأ الخصيتان في إنتاج وإفرازز هورمونات جنسية ذكرية، المعروف من بينها **الطوسطسطرون**. يؤثر الطوسطسطرون على ظهور العلامات الجنسية الثانوية عند الشباب ويبدأ إنتاج **الخلايا المنوية** والسائل المنوي.

إنتاج الخلايا المنوية معقد جدًا وهو يحدث بشكل متواصل كل ساعات اليوم. في جدران أنابيب الخلايا المنوية في الخصيتان، يوجد خلايا غير متمايزة تمر عدة انقسامات ميتوزا متواصلة. الخلايا التي نحصل عليها هي خلايا منوية أولية تمر بعملية انقسام **ميوزا**، حيث نحصل في نهايتها على خلايا هيبلوئيدية تتطور تدريجيًا إلى خلايا منوية ناضجة (الرسمة ج - 6).
خلال عمليات الإنقسام، يتم دفع الخلايا باتجاه فراغ أنابيب الخلايا المنوية حتى تنفصل من جدران الأنابيب. تتحرك الخلايا الهيبلوئيدية على طول أنابيب الخلايا المنوية وتنتقل إلى **بربخ الخصيتين**.
عند انتقال الخلايا الهيبلوئيدية على طول بربخ الخصيتين، تمر الخلايا بعمليات نضوج. في نهاية العملية، نحصل على **خلايا منوية** ناضجة ذات قدرة على الحركة المستقلة. الخلية الديبلوئية التي تبدأ العملية، تتطور إلى خلية منوية (هيبلوئيدية) ناضجة خلال حوالي 70 يومًا.
يتم تخزين الخلايا المنوية الناضجة في بربخ الخصيتين حتى إطلاقها من الجسم عبر فتحة القضيب. تخرج الخلايا المنوية من الجسم داخل سائل يَنْتُج في **غدد مساعدة**: **البروستتا**، مثانتي السائل المنوي وغدتي كاوبر. يتم تصريف إفرازات الغدد المساعدة إلى داخل **أنبوب ينقل الخلايا المنوية**.
على ما يبدو، وظيفة السائل متعلقة بنضوج الخلايا المنوية، بشطفها في جهاز التكاثر عند الرجل، بتزيتها



الرسمة ج -6: إنتاج خلايا منوية
من اليمين إلى اليسار: مقطع طولي من الخصيتان، مقطع عرضي في أنابيب الخلايا المنوية، حيث تُبيِّن مراحل مختلفة لإنتاج الخلايا المنوية، مبنى الخلية المنوية (طولها حوالي 60 ميكرومتراً)

وفي إنتاج ظروف مناسبة لوجودها في تاجهاز التكاثري عند المرأة.
الخلايا المنوية التي لا تُطلق من جسم الرجل، تتحلل ويمتصها الجسم، وخلايا جديدة تحل مكانها.

مبنى الخلية المنوية

تتميَّز الخلية المنوية بمبناها في الرأس والذنب (الرسمة ج-6). مبنى الخلية المنوية مناسب لوظيفته ويُتيح له الوصول إلى خلية البويضة في جسم المرأة لكي يخصبها. يمتلئ معظم حجم رأس الخلية المنوية بنواة الخلية المخزونة فيها المادة الوراثية. في مقدمة الرأس، يوجد حوصلة نسميها **أكروزوم** وفيها مركزة إنزيمات تعمل في مرحلة الإخصاب. يحرك الذنب الخلية المنوية في بيئة محيطة رطبة داخل جسم المرأة. في "الرقبة" - المنطقة التي تقع بين الرأس وبين ذنب الخلية المنوية، مركَّزة فيها ميتوكندريا كثيرة، لكي تُستخرج فيها طاقة تُستخدم للحركة القوية للذنب. تصل سرعة حركتها حوالي **1-4** مليمتر في الثانية.

الفكرة المركزية

ملاءمة بين المبنى والوظيفة: *مبنى الخلية المنوية ملائم للحركة السريعة والإخصاب.*

جدير بالمعرفة

الاحتلام

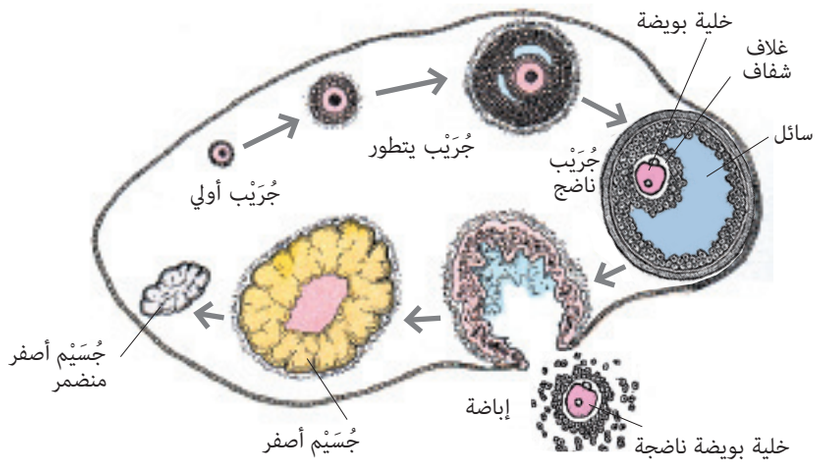
في بداية سن البلوغ، يشعر شباب كثيرون بحدث فيه ارتباك، على الرغم من أنه ظاهرة عادية تمامًا. في الفترة الأولى من إنتاج الخلايا المنوية، عندما يبدأ إفراز سائل من الغدد، يحدث في أعقاب التراكم الزائد للخلايا المنوية في بربخ الخصية أن ينطلق سائل الخلايا المنوية أثناء نوم الشاب دون أن يشعر بذلك. يخاف قسم من الشباب من أنهم يبولون أثناء نومهم، ويعتقد قسم آخر أن لديهم مشكلة بسبب إفراز الخلايا المنوية أثناء نومهم. على الرغم من ذلك، هذه الظاهرة عادية تمامًا وتتوقف مع مرور الوقت، لذا لا داعي للقلق.

ج3.2 خلية البويضة: تطور ومبنى

خلية البويضة هي الجاميتا الأنثوية. هناك من يسمِّي خلية بويضة الإنسان "**بويضة**". في هذا الكتاب، نستعمل المصطلحين. كما ذكرنا، أثناء الولادة نجد مئات آلاف البويضات غير الناضجة في مبيض الطفلة. توجد طبقة خلايا حول كل بويضة غير ناضجة. هذا المبنى للبويضة التي تحيطها طبقة من الخلايا نسمِّيه **جُرَيْب أولي**.

ابتداءً من البلوغ الجنسي وبسبب التأثير الهورموناني الذي يُفرز من الهيبوثالموس (GnRH) والغدة النخامية (FSH و-LH)، تتطور عدة جُرَيْبات، لكن على الاغلب، في كل شهر، جُرَيْب واحد فقط، يصل نهاية عملية النضوج. أما باقي الجُرَيْبات التي بدأت في النضوج فإنها تضمر.
تتطور البويضة الموجودة في الجُرَيْب، يكبر حجمها وتتراكم فيها مواد غذائية إدخارية - **الصفار**.
حول كل بويضة يَنْتُج غلاف لا يحتوي على خلايا نسمِّيه **غلافا شفافا**. تنقسم الخلايا الموجودة حول الجُرَيْب وتَنْتُج عدة طبقات خلايا، وفي داخل الجُرَيْب الذي يتطور يَنْتُج فراغ مليء في السائل. في هذه المرحلة، نسمِّيه **جُرَيبًا ناضجًا**، يزداد ضغط السوائل الموجودة في الجُريب حتى يفتح الجريب.

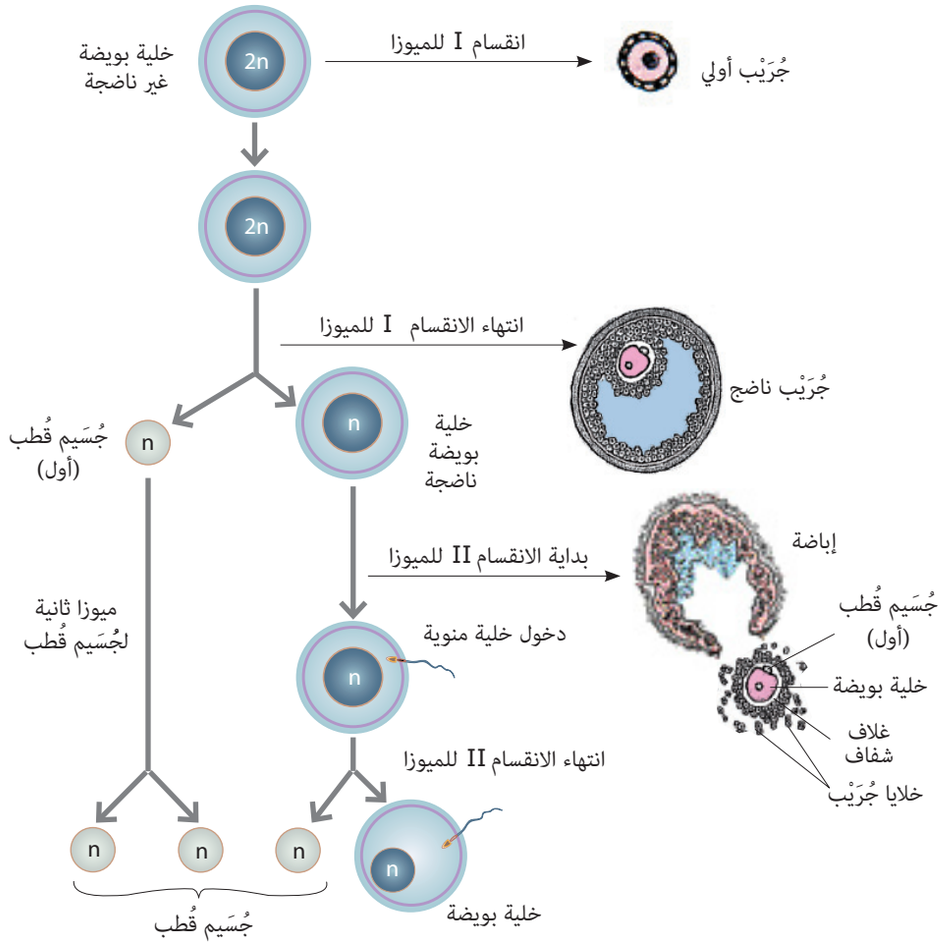
يصب السائل الذي في داخله إلى فراغ البطن وتخرج البويضة الناضج من المبيض (مع طبقة الخلايا الموجودة حولها). هذه المرحلة نسمِّيها مرحلة **الإباضة**. من خلايا الجُرَيْب الذي بقي في المبيض، يتطور مبنى نسمِّيه جُسَيم أصفر، نشرح وظيفته فيما بعد. تصف الرسمة ج - 7 مراحل نضوج الجُرَيْب في المبيض والإباضة. من الجدير أنْ نذكر أنّ قسمًا من النساء تُميِّز مرحلة الإباضة بواسطة آلام حادّة وقصيرة أو تشعر بثقل في أسفل البطن.



الرسمة ج -7: نضوج جُرَيْب في المبيض وإباضة

انتبهوا! الأسهم في الرسم التخطيطي، لا تُشير إلى حركة، بل إلى ترتيب الأحداث.

تعرض الرسمة ج - 8 مراحل تطور خلية البويضة بالموازاة لتطور الجُرَيْب. أثناء الولادة، خلايا البويضات في الجُرَيْبات لا تكون ناضجة. وهي موجودة في مرحلة الإنقسام الأول **للميوزا**، بعد تنظيم الكروموسومات في خط الأستواء (انظروا الرسمة أ - 4 في صفحة 16). ابتداءً من سن البلوغ، كل شهر، في خلية البويضة لأحد الجُرَيْبات الناضجة، تتجدد عملية الميوزا التي بدأت في الفترة الجنينية. في هذه المرة أيضًا، لا تصل العملية إلى النهاية: ينتهي الإنقسام الثاول لليموزا فقط. في نهاية العملية الأولى للميوزا، نحصل في خلية البويضة على نواتين في كل واحدة منهما نصف عدد الكروموسومات التي كانت في الخلية (n كروموسومات). نجد الخلية التي فيها نواتان في الجُرَيْب الناضج وهي لا تنقسم إلى خليتين. تبقى إحدى النواتين في الخلية، وهذه الخلية هي خلية البويضة التي تخرج من المبيض أثناء **الإباضة**. النواة الثانية نسمِّيها جُسيم قُطب وهي تخرج من خلية البويضة، لكن تبقى مرافقة تحت الغلاف الشفاف (الرسمة ج - 8). قبل أن تخرج خلية البويضة من الجُرَيب في المبيض، تبدأ في خلية البويضة عملية الانقسام الثانية للميوزا، لكن هذه العملية أيضًا، لا تصل إلى النهاية. تصل عملية الانقسام الثانية للميوزا إلى نهايتها، فقط عندما تكون خلية البويضة في الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة (قناة فالوب) وبشرط أن تخترقها خلية منوية. في عملية الإنقسام الثانية للميوزا، يَنْتُج جُسَيْم قُطب أيضًا، وعلى الأغلب، جُسَيم القطب الأول يمر المرحلة الثانية لإنقسام الميوزا، ونتيجة لذلك تَنْتُج ثلاثة أجسام قُطب صغيرة مجاورة لخلية البويضة، لكنها تضمر وتموت.



الرسمة ج -8: مراحل تطور خلية البويضةة في الجُرَيْب.
على اليمين: نضوج جُرَيْب في المبيض، على اليسار: مراحل الميوزا في خلية البويضة.

انتبهوا! توجد عدة فروق بين إنتاج خلية تناسلية ناضجة في المرأة وبين إنتاج خلية تناسلية ناضجة عند الرجل:

- تلد الطفلة مع خلايا بويضة غير ناضجة، أما الطفل فإنه يلد مع خلايا تنقسم في المستقبل وتتمايز إلى خلايا منوية.
- عند النساء، تبدأ عملية الميوزا في المرحلة الجنينية، وتنتهي مع الإخصاب فقط (قد تتم عملية الميوزا بعد مرور 40 سنة أيضًا). أما عند الرجال، تنضج الخلية المنوية خلال 70 يومًا تقريبًا.
- توجد دورية عند النساء: في كل شهر، تبدأ عدة خلايا بويضات فقط في النضوج. وفقط واحدة منها تصل النضوج. عند الرجال، عملية إنتاج الخلايا المنوية مستمرة وتبدأ في سن البلوغ وتستمر حتى الشيخوخة.
- عند النساء بالموازة لعملية نضوج كل خلية بويضة واحدة، تَنْتُج جُسَيْمات قُطب أيضًا وتضمر. أما عند الرجال، من كل خلية منوية أولية تمر ميوزا، نحصل على أربع خلايا منوية.

ج3. دورة الحيض

في أعقاب التغيُّرات الهورمونالية التي تبدأ في سن البلوغ، في كل شهر، تبدأ عمليات في المبيض والرحم تهدف إلى استيعاب الجنين. جميع هذه العمليات نسمِّيها **دورة الحيض** (الدورة الشهرية). في هذه العملية التي معظمها مخفية عن أنظارنا، يشترك المخ، المبيض والرحم. العبير الخارجي لحدوث هذه العمليات هو الظهور الأول لنزيف دم الحيض. منذ هذه اللحظة، تعود عمليات دورة الحيض كل شهر خلال السنوات حتى سن 50 سنة تقريبًا، ومن هنا جاء اسم "الدورة الشهرية".

تشمل الدورة الشهرية عمليتين مركزيتين:

- نضوج خلية البويضة في المبيض وخروجها منه - **إباضة**.
- **تحضير الرحم** لاستيعاب الجنين.

تتم مراقبة دورة الحيض بواسطة نشاط هورموناليّ دوري يحدث في الهيبوثالموس، الغدة النخامية، المبيض والرحم. تعرض الرسمة ج - 9 التغيُّرات التي تحدث في المبيض والرحم خلال دورة مدتها 28 يومًا ومستوى الهورمونات في الدم، في هذه الفترة. تمّ الوصف بحسب تسلسل أيام الدورة الشهرية. انظروا إلى الرسوم البيانية والرسومات التوضيحية خلال قراءة الوصف. انتبهوا، رقمنا المراحل في النص والرسمة أيضًا.

الأيام 1-5

اليوم الأول الذي يتم فيه نزيف دم الحيض نحدِّده بشكل عشوائي على أنه اليوم الأول للدورة الشهرية، لأن هذا الحدث يمكن تمييزه بسهولة. لكن كما ذكرنا، نزيف دم الحيض هو تعبير خارجي فقط لعمليات داخلية كثيرة.

في الأيام الأولى من الدورة، أثناء نزيف دم الحيض، يطرأ ارتفاع طفيف في إفراز الـ **FSH** والـ **LH** من الغدة النخامية (بتأثير GnRH) (1). في هذه الفترة، يكون مستوى الهورمونين الجنسيين إسترجون وبروجسترون (اللذان مصدرهما من المبيض) منخفضًا. في هذه الأيام، تُحفظ مستويات الهورمونات بمستوى منخفض نسبيًا بسبب آليات التغذية المرتدة السالبة التي تُنظِّم إفرازها (الرسمة ج - 5).

بفضل تأثير الـ FSH (الهورمون الذي يُثير الجُريب) والـ LH، تبدأ في أحد المبيضات، عدة جُرَيْبات أولية بالتطور (2)، لكن أحد هذه الجُرَيْبات يستمر في التطور والجُرَيْبات الأخرى تضمر وتموت.

الأيام 6-14

خلال الأيام القادمة، يستمر تطور الجُرَيْب ونضوج خلية البويضة. في اليوم السادس تقريبًا، يبدأ الجُرَيْب بإفراز **إستروجن**، حيث يرتفع مستواه في الدم (3).

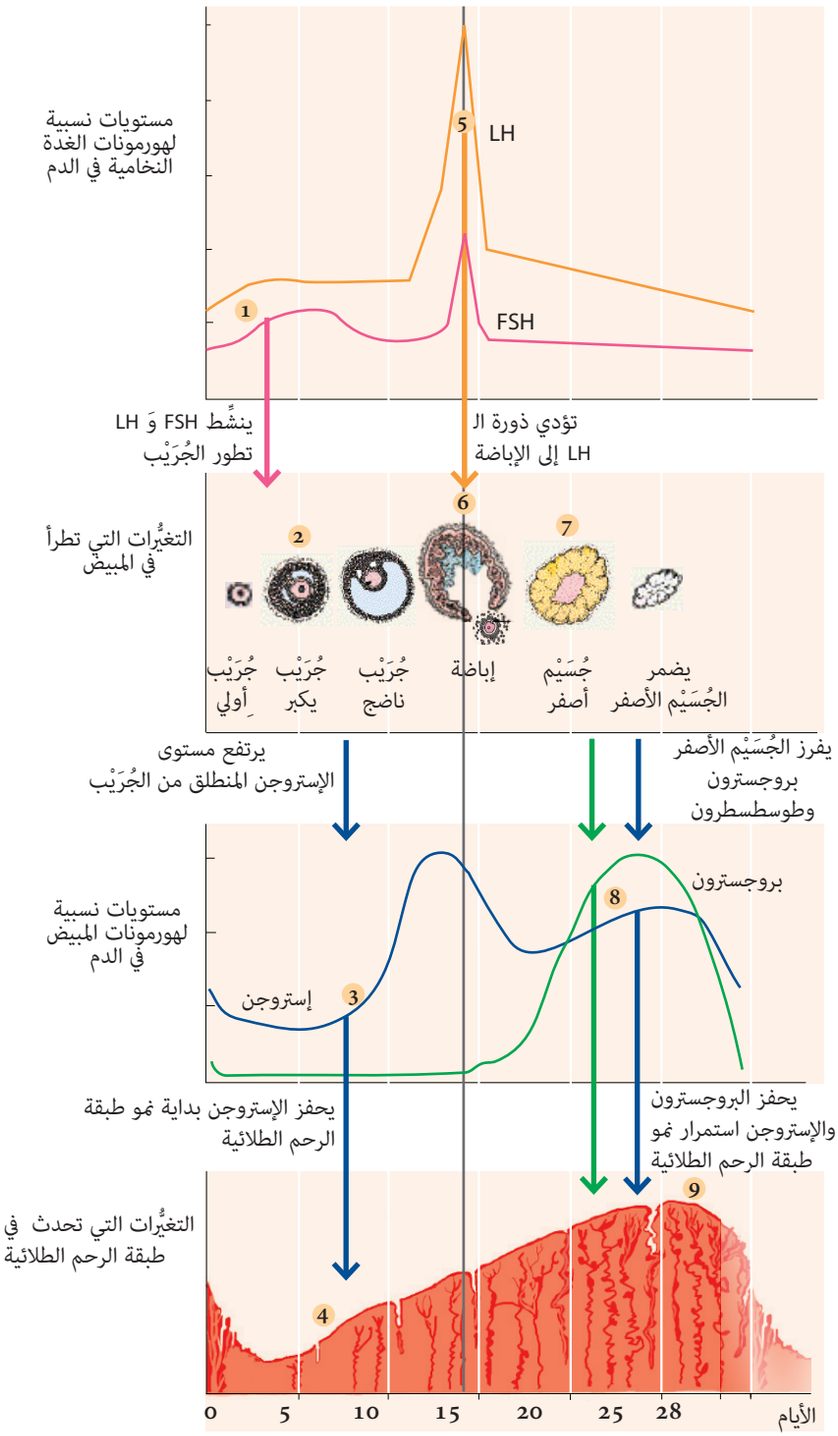
عندما يصل الإستروجن الرحم، فإنّه يحفِّز بداية نمو طبقة الرحم الطلائية (4). تصبح الطبقة سميكة جدًا، وتنمو إلى داخلها شعيرات دم كثيرة من جدار الرحم. وهكذا يمر الرحم بعملية تحضير لاستيعاب الجنين داخله. يزداد إفراز الإستروجن من الجُرَيْب الذي يتطور. عندما يصل الإستروجن مستوى الذروة في الدم، فإنّ مستواه العالي يؤثر على الغدة النخامية **بتغذية مرتدة موجبة**، حيث يؤدي ذلك إلى إفراز الهورمونين LH وَ FSH لفترة زمنية قصيرة(5)، اللذان يحفزان المبيض. هذا الوضع نسمِّيه "الذروة".

في اليوم الـ 14 تقريبًا، يؤدي المستوى العالي لـ LH إلى إزدياد ضغط السوائل في الجُرَيْب، وإلى نشاط إنزيمات التحليل التي تؤدي إلى انفجار غشاء الجُرَيْب، حيث يؤدي ذلك إلى انطلاق خلية البويضة (من المبيض)، التي تحيطها طبقة خلايا. هذه العملية نسمِّيها **إباضة** (6). تصل خلية البويضة إلى أنبوب ناقل خلايا البويضة المستعدة للإخصاب خلال حوالي 24 ساعة. إذا وصلت، خلال هذه الفترة، خلية منوية إلى خلية البويضة، ودخلت عبر غشاء خلية البويضة، ينتهي في خلية البويضة الإنقسام الثاني للميوزا (الرسمة ج - 8) وهكذا يتم الإخصاب.

الأيام 14-28

بعد الإباضة، الجُرَيْب الذي خرج في أعقاب التركيز العالي للهورمون LH يبقى دون خلية البويضة، لكنه يستمر في أداء الوظيفة. يبقى في المبيض، يتم إغلاق الفتحة ويمتلئ بمادة دهنية صفراء. في هذه الحالة، الجُرَيْب الذي خَرَج نسمِّيه **جُسيم أصفر** (7) (ومن هنا جاء اسم الهورمون LH الذي يُثير الإباضة - هورنون الإصفرار").

يُفرز الجُسَيْم الأصفر إلى الدم هورمونين: **بروجسترون** وإستروجن (8). يحفز البروجسترون نمو إضافي لطبقة الرحم الطلائية كتحضير لاستيعاب خلية البويضة المخصبة. وفي نفس الوقت، يصل مع تيار الدم إلى الغدة النخامية والهيبوثالموس ويفعِّل هناك **تغذية مرتدة سالبة**. تؤدي هذه التغذية المرتدة إلى إعاقة (تثبيط) إفراز FSH وَ LH من الغدة النخامية، وهكذا نمنع، في هذه الأيام، من تطور جُرَيْبات أولية إضافية حتى نهاية الدورة الشهرية. لكن تثبيط الإفراز ليس مطلقًا: يبقى مستوى منخفض جدًا للـ LH في الدم، وهو ضروري لاستمرار أداء الجُسَيم الأصفر. إذا تمَّ تخصيب خلية البويضة الموجودة في الفالوب بواسطة خلية منوية ويتطور حمل، يستمر الجُسَيم الأصفر في إفراز البروجسترون الذي يمنع نزيف دم الحيض ويُتيح سيرورة سليمة للحمل في المراحل الأولى. إذا لم يحدث إخصاب، تتحلل خلية البويضة خلال حوالي 48 حتى 72 ساعة بعد الإباضة، يتقلص الجُسَيم الأصفر، يضمر ويتوقف عن إفراز البروجسترون تدريجيًا. يؤدي انخفاض مسوى البروجسترون في الدم إلى تحليل وتساقط طبقة الرحم الطلائية (9) التي تطورت في جدار الرحم كتحضير لاستيعاب الجنين. تحتوي طبقة الرحم الطلائية المنطلقة على شعيرات دم نمَّت داخلها خلال الدورة الشهرية. بقايا طبقة الرحم الطلائية وشعيرات الدم هي نزيف دم الحيض.



الرسمة ج -9: مستويات هورمونات في الدم والتغيُّرات في المبيض والرحم خلال دورة الحيض

بالموازة لإضمرار الجُسَيْم الأصفر، وقبل نزيف دم الحيض، يؤدي انخفاض مستوى البروجسارون والأستروجن إلى إبطال التغذية المرتدة السالبة التي تمَّ تفعيلها على المخ ويتجدد إفراز الهورمونين FSH وَ LH من الغدة النخامية. يحفز هذا الإفراز مجموعة جديدة من الجُرَيْبات الأولية التي تبدأ في التطور مع قدوم دورة الحيض.

سؤال ج -3

تمعَّنوا في الرسمة ج - 9 واقترحوا طريقة تمنع الإباضة بواسطة إضافة هورمونات بطريقة اصطناعية. اشرحوا إقتراحاتكم.

سؤال ج-4

أمامكم عبارات تصف أحداث دورة الحيض.

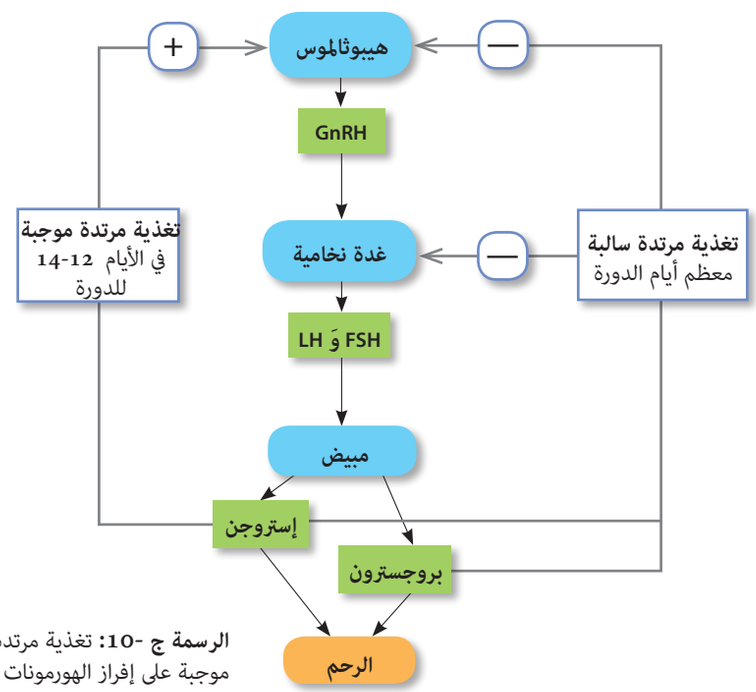
أ. أكملوا الكلمات الناقصة في العبارات.

ب. رتِّبوا العبارات بحسب حدوثها أثناء دورة الحيض.

قائمة العبارات

- ارتفاع مستوى _____ وَ_____ في الدم، يُعيق إفراز LH وَ FSH.
- قبل منتصف الدورة بقليل، يرتفع مستوى _____ في الدم ويؤدي إلى ارتفاع حاد في _____.
- _____ الذي يُفرز من الهيبوثالموس يحفز الغدة النخامية على إفراز _____ وَ_____.
- الروجسترون والإستروجن اللذان يُفرزان من ال_____، يُحفظان على طبقة الرحك الطلائية خلال مدة زمنية معيّنة.
- _____ الذي يحدث في منتصف الدورة الدموية، يؤدي إلى _____ وبعد ذلك إلى تكوين جُسَيْم أصفر.
- يُنشِّط ال FSH وال LH كل من ال_____، ال_____، ال_____ وال_____.

تصف الرسمة ج -10 المراقبة بواسطة إفراز هورمونات بواسطة دوائر تغذية مرتدة موجبة وتغذية مرتدة سالبة التي تفعِّلها الهورمونات ذاتها. من المهم الانتباه إلى تعقيد التظيم الهورموناني وبالأساس إلى التأثيرات المختلفة للإستروجن.



الرسمة ج -10: تغذية مرتدة سالبة وتغذية مرتدة موجبة على إفراز الهورمونات في دورة الحيض

جدير بالمعرفة

مدة الدورة الشهرية

تستغرق الدورة الشهرية بمعدل حوالي 28 يومًا، لكن عند الفتيات والنساء، يوجد انحراف بارز عن هذا المعدل. في الفترة الأولى من البلوغ، الدورة الشهرية لا تكون منتظمة عادةً. بعد مرور سنتين على ظهور الدورة الشهرية الأولى، يمكن أن تكون أشهر دون إباضة ويمكن أن تكون دورات شهرية بطول مختلف، من 25 حتى 35 يومًا وجميعها في إطار الحالات السليمة. فيا بعد، يمكن أن تظهر تشويشات في الدورة الشهرية، في حالات مختلفة، في شروط الحياة، مثل: الخدمة العسكرية، الجهد الجسماني أو العاطفي الشاذ، في أعقاب ممارسة الرياضة بشكل مكثف كما هو الأمر عند الفتيات التي تمارس الرياضة بشكل مكثف. الحميات الغذائية المتطرفة التي تهدف إلى النحافة، تشوش على الدورة الشهري وقد تؤدي إلى توقفها. عند النساء الكبيرة في السن، توجد فروق شخصية بمدى انتظام الدورة الشهرية وبالأساس بالمدة الزمنية التي تستغرقها. عند معظم النساء التي حالتها الصحية سليمة، تكون الدورة الشهرية منتظمة للغاية، لكن مدتها الزمنية قد تتغيَّر بشكل كبير جدًا خلال فترات الحياة المختلفة. على الرغم من أن المدة الزمنية للدورة الشهرية تختلف عند النساء وقد تحدث في فترات زمنية مختفلة، فإنَّ الإباضة تبدأ 14 يومًا قبل إنتهاء الدورة الدموية، مثلاً: إذا استمرت الدورة 31 يومًا، فإنَّ الإباضة تبدأ في اليوم الـ 17.

سؤال ج-5

أمامكم عدة عبارات متعلقة بموضوع دورة الحيض. انسخوا كل عبارة واذكروا ما إذا **صحيحة** أو **غير صحيحة**.

سجِّلوا جملة صحيحة لكل جملة غبير صحيحة.

العبارات

أ. يؤثر الهورمون FSH على تطور الجُرَيْب، حيث تؤدي خلايا الجُرَيْب إلى إفراز هورمون إستروجن.

ب. يؤدي الإستروجن أحيانًا إلى **إعاقة** إفراز هورمونات من الغدة النخامية، وأحيانًا يؤدي إلى **إزدياد** إفراز الهورمونات من الغدة النخامية. من هنا يمكن القول: إنَّ الإستروجن يؤدي أحيانًا إلى تغذية مرتدة ومجبة وأحيانًا إلى تغذية مرتدة سالبة.

ج. يتم تنظيم مستوى الإستروجن بواسطة آليات التغذية المرتدة بين المبيض، الغدة النخامية والهيبوثالموس.

د. الإباضة معناها تطور إحدى خلايا البويضة داخل المبيض.

ه. تاتلوث في قناة فالوب المرأة الذي يؤدي إلى انسدادها، قد يمنع الحمل، لأن الهورمونات لا تصل من المبيض إلى الرحم.

و. ترتيب الأحداث في الدورة الشهرية للمرأة هو إفراز FSH، نمو الجُرَيْب، الإباضة.

ز. يؤدي هورمون LH إلى الإباضة. بعد ذلك، تتحوَّل خلايا الجُرَيْب إلى جُسَيْم أصفر.

ح. البروجسترون يُعيق إفراز FSH وَ LH وهكذا يحفِّز المبيض للإستعداد إلى نضوج خلية البويضة القادمة.

ط. إذا لم يتم الإخصاب، يضمر الجُسَيْم الأصفر ويتوقف إفراز البروجسترون.

ي. إذا لم يتم إخصاب خلية البويضة، لا يحدث حمل، تتحلل طبقة الرحم الطلائية الغنية بالأوعية الدموية وتبدأ الدورة من جديد.

توسُّع

المزيد عن التغذية المرتدة الموجبة

التغذية المرتدة الموجبة هي ظاهرة نادرة بالمقارنة مع التغذية المرتدة السالبة، ويوجد في ذلك منطق كبير جدًا. نتيجة عملية المردودية السالبة هي الحفاظ على وضع ثابت (اتزان بدني)، أما نتيجة عملية المردودية الموجبة فهي إزدياد العملية. تتم التغذية المرتدة السالبة في أحداث خاصة، مثل: مرحلة الإباضة في دورة الحيض، الولادة (صفحة 58) وأثناء حدوث جُرح. عندما يُصاب وعاء دم ويبدأ نزيف، تلتصق صفائح الدم في المنطقة المصابة وتُفرز مواد تجذب صفائح دم أخرى إلى هذا المكان. عندما يحدث التخثر، يتوقف النزيف وتتوقف التغذية المرتدة الموجبة. من السهل أن نفهم أنه إذا لم يتوقف التخثر، فإنّ ذلك يؤدي إلى أضرار في أعقاب حدوث التخثر غير المراقب. أثناء تفريغ مثانة البول، تحدث تغذية مرتدة موجبة، لأننا لا نستطيع إيقاف تدفق البول بعد أن بدأت عملية التبول. لا تستمر التغذية المرتدة الموجبة إلى ما لا نهاية وهي تتوقف مع إنتهاء الحدث الخاص، مثل: الإباضة، الولادة، النزيف أو تفريغ مثانة البول.

ج4. إلتقاء خلايا تناسلية وإخصاب

ج1.4 مسار خلايا التكاثر في طريقها إلى الإخصاب

المسار التي تقطعه خلايا البويضة، من المبيض إلى **الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة** ويتم فيه **الإخصاب**، ليس طويلًا (الرسمة ج - 1 صفحة 35). خلية البويضة التي تخرج من المبيض خلال عملية الإباضة، تدخل إلى فتحة (تشبه القمع) أنبوب ينقل خلايا البويضة القريبة إلى المبيض الذي خرجت منه. توجِّه حركة أهداب الأنبوب والحركة الموجية لحافة الأنبوب خلية البويضة إلى داخل الأنبوب.

يستمر انتقال خلية البويضة من المبيض إلى أنبوب ناقل خلايا البويضة عدة دقائق فقط. تبقى خلية البويضة حيوية لمدة 24 ساعة فقط منذ الإباضة، وهذا يعني إذا دخلت خلية منوية إلى خلية بويضة في هذه الساعات، فإنَّ البويضة تُخصب. لكن إذا تمَّ هذا الأمر بعد ذلك، فإنَّ البويضة لا تُخصب.

أثناء ممارسة العملية الجنسية، يُطلق الرجل حوالي 350 خلية منوية. تنتقل الخلايا المنوية الموجودة داخل السائل المنوي من الرجل إلى مهبل المرأة، ومن هناك تتقدم الخلايا المنوية عبر الرحم إلى أعلى الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة. فقط إذا وصلت إلى خلية البويضة في الوقت المناسب، فإنَّ الإخصاب قد يتم، لكن الخلايا المنوية تواجهها حواجز كثيرة في طريقها. الحاجز الأول في طريقها هو الحامضية السائدة في المهبل (pH 3-4 في معظم أيام الدورة). السائل المنوي هو قاعدي قليلا (7.2-7.6)، على ما يبدو، تحمي هذه القاعدية قسم من الخلايا المنوية عندما تمر عبر المهبل الحامضي.

بعد المهبل يأتي عُنق الرحم الذي من خلاياه يُفرز مخاط لزج. تتغيَّر مكونات المخاط الذي يُفرز ولزوجته خلال دورة الحيض. عند اقتراب موعد الإباضة، يصبح المخاط الموجود في عُنق الرحم أقل لزوجة (كرد فعل لارتفاع مستوى الإستروجن في الدم في هذه الفترة).

ما هي أفضلية ظروف البيئة المحيطة الخاصة في المهبل وعُنق الرحم أثناء أيام الدورة الشهرية؟

المهبل هو منطقة مفتوحة للبيئة المحيطة الخارجية، لذا فهو يتعرض لعوامل خارجية (مثلًا: البكتيريا). حامضية المهبل ولزوجة المخاط في عُنق الرحم، هما جزء من آليات حماية الجسم من العوامل الغريبة. لكن هذا النوع من آليات الحماية، يشكل صعوبة للخلايا المنوية أيضًا في طريقها إلى قناة فالوب: من مئات ملايين الخلايا المنوية التي تصل المهبل أثناء عملية قذف واحدة، تصل عدة ملايين خلايا منوية إلى الرحم، وفقط حوالي **100** خلية منوية تصل قناة الفالوب الموجودة فيه خلية البويضة (وحوالي **100** خلية منوية تصل إلى طرف الفالوب الذي **لا** تتواجد فيه خلية البويضة).

على ما يبدو، العملية كلها "تبذير" كبير جدًا: تتقدم كمية هائلة من الخلايا المنوية في مسار طويل شاق ومليء بالحواجز، من جميع هذه الملايين، تصل حوالي مائة خلية منوية إلى البيئة المحيطة للبويضة، من بين هذه الـ **100** خلية، فقط خلية واحدة، ربما، تُخصب البويضة. لكن العدد الهائل للخلايا المنوية ضروري لحدوث العملية: فهو يزيد من الاحتمال، لأنه على الرغم من وجود جميع الحواجز إلّا أنّ خلية منوية واحدة، على الاقل، تصل خلية البويضة. الخلايا المنوية التي لا تشترك في الإخصاب، تُبعد من جسم المرأة عبر المهبل أو يتم تحليلها.

من المهم أنْ نذكر أنّ جسم المرأة يفرض حواجز على الخلايا المنوية، لكن يساعد جسم المرأة في نفس الوقت الخلايا المنوية على أن تستمر في طريقها، لأنه أثناء ممارسة العملية الجنسية، تنقبض العضلات على طول الرحم وقناة فالوب، ويساعد هذا الانقباض الخلايا المنوية أن تتقدم على طول الفالوب، لكي تصل خلية البويضة. المادة الكيميائية التي تُفرز من خلايا الجُرَيْب تؤدي إلى جذب الخلايا المنوية إليه. على الأغلب تُحفظ حيوية الخلايا المنوية لمدة 4 أيام تقريبًا وهي قادرة على التخصيب في هذه المدة الزمنية.

سؤال ج-6

أ. ما هي العلاقة بين كمية الميتوكوندريا ومكانها في الخلايا المنوية وبين سرعة حركة الخلايا المنوية في طريقها إلى خلية البويضة؟

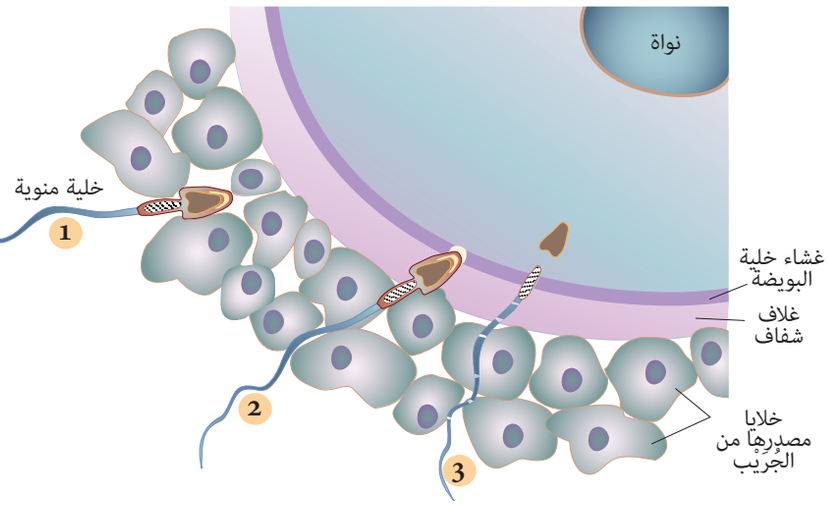
ب. ماذا يمكن أن تكون العلاقة بين الظروف في مسار الخلايا المنوية وبين مبدأ الإنتخاب الطبيعي؟ اشرحوا.

الخلايا المنوية التي تصل الأنبوب الناقل لخلايا البويضة، لا تكون قادرة على تخصيب خلية البويضة. لهذا الغرض، يجب عليها أن تمر المرحلة الأخيرة من الإخصاب، المرحلة التي نسمِّيها إعداد تتم في جسم المرأة. لا نعرف حتى الآن جميع تفاصيل هذه المرحلة، لكن وُجِدَت في هذه العملية تغيُّرت في السطح الخارجي للخلية المنوية، ترتفع فيها العمليات الأيضية وتزداد قُدرة حركة ذنب الخلية. فقط بعد حدوث هذه التغييرات التي تستمر بين 6 إلى 8 ساعات، تستطيع الخلية المنوية أن تُخصب خلية البويضة.

ج2.4 الإخصاب - إتحاد الخلايا التناسلية

العملية الأساسية في عملية **الإخصاب** هي إتحاد المادة الوراثية الموجودة في الخلية المنوية مع المادة الوراثية الموجودة في البويضة وإنتاج خلية ديبلوئيدية - **زيجوت (لاقحة)**. هذه العملية مشتركة لجميع أنواع الكائنات الحية التي تتكاثر بتكاثر جنسي.

كما ذكرنا، من بين حوالي الـ **100** خلية المنوية التي تبقى على قيد الحياة وتصل الأنبوب الذي ينقل خلايا البويضة التي فيها خلية البويضة، فقط خلية منوية واحدة (إنْ وُجِدت) تشترك في عملية الإخصاب! في طريقه إلى الهدف - إخصاب خلية البويضة التي "تنتظر" - تنتظره عدة حواجز أخرى (الرسمة ج-**11**).



الرسمة ج -11: خلية منوية تُخصب خلية البويضة (الأعداد تُمثِّل مراحل العملية).

حول خلية البويضة، توجد عدة خلايا خرجت معها من الجُرَيْب، كما أنها محاطة **بغلاف شفاف** (غير مبني من خلايا). يجب على الخلية المنوية أن تمر عبر خلايا الجُرَيْب (رقم 1 في الرسمة) وأن تصل بقواها الذاتية الغلاف الشفاف.

عندما تصل الخلية المنوية، ترتبط إلى أحد البروتينات الموجودة في الغلاف الشفاف ويَنْتُج تفاعل بين البروتين **والأكروزوم** الموجود في رأس الخلية المنوية. يساعد هذا التفاعل الخلية المنوية على الدخول عبر الغلاف الشفاف (رقم 2 في الرسمة). يتم تمييز الخلية المنوية، على أنها تنتمي لنفس النوع البيولوجي (species) الذي تنتمي إليه خلية البويضة، في مكان التلامس (الاتصال) بين الخلية المنوية وخلية البويضة. في نفس الوقت، تخرج امتدادات من خلية البويضة إلى الخلية المنوية وتشدها إلى الداخل. تساعد الحركة القوية لذنب الخلية المنوية على دخوله أيضًا. الخلية المنوية تدخل خلية البويضة (رقم 3 في الرسمة). يتحلل ويذوب كل من ذنب ورأس الخلية المنوية.

في أعقاب دخول الخلية المنوية، تبدأ تغيُّرات في غشاء خلية البويضة وفي الغلاف الشفاف، لكي تمنع دخول خلايا منوية إضافية إلى خلية البويضة. يؤدي الدمج مع الخلية المنوية إلى انتهاء الإنقسام الثاني **للميوزا** في خلية البويضة. يَنْتُج جُسَيْم قُطب (ثاني)، ويتم إخراجه إلى خارج خلية البويضة. تنتهي عملية الإخصاب عند إتحاد نواة الخلية المنوية مع نواة خلية البويضة.

سؤال ج -7

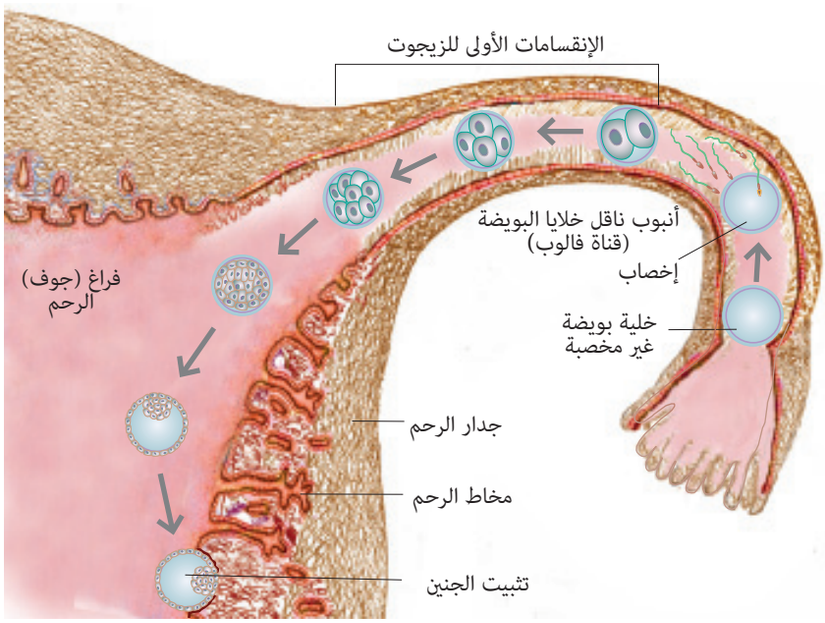
ماذا يحدث لو دخلت خليتين منويتين إلى داخل خلية البويضة؟

ج5. من الزيجوت إلى الوليد

الخلية المخصبة هي **زيجوت** - خلية **ديبلوئيدية** (2n)، نواتها تحتوي على n كروموسومات من الأب وعلى n كروموسومات من الأم. الزيجوت هي بداية إنسان جديد: **جنين** معلوماته الوراثية هي دمج المعلومات الوراثية لوالديه. توجد فروق في تفاصيل عملية الإخصاب والتطور الجنيني بين أنواع حيوانات متعددة خلايا محتلفة. لكن المشترك لجميعها أنه خلال التطور الجنيني، تحدث عملية مدهشة: من خلية الزيجوت الواحدة يتكوَّن كائن حي كامل فيه خلايا متنوعة، أنسجة وأعضاء مختلفة!

يبدأ التطور الجنيني بعد الإخصاب ومع انقسام **الميتوزا** للزيجوت (الرسمة ج - 12). تنقسم كل خلية من خليتي الإبنة، اللتان نحصل عليهما، انقسام ميتوزا، وهكذا يرتفع عدد الخلايا في الجنين الذي يتطور إلى 4، 8 ، 16، 32 خلية وهكذا دواليك حتى نحصل على كتلة خلايا.

في البداية، لا تكبر قياسات الجنين، لأن كبر كل خلية ابنة هو نصف كبر الخلية التي نَتَجت منها، وكبر كَتلة الخلايا مساوٍ لكبر الزيجوت (خلية البويضة المخصبة). انقسام هذه الخلايا سريع بالمقارنة مع وتيرة انقسام الخلايا في مراحل الحياة الأخرى. تتم هذه الإنقسامات بسبب المواد التي تتراكم في خلية البويضة أثناء نضوجها.



الرسمة ج -12: يتطور الزيجوت إلى جنين، ينتقل إلى الرحم ويُستةعب فيه.
انتبهوا! في الواقع، الزيجوت صغير جدًا نسبةً لقناة فالوب.

فيما بعد تتباطئ وتيرة الإنقسام. يتغيَّر تنظيم الخلايا في الجنين ويَنْتُج مبنى مكوَّن من طبقة خلايا كثيفة تُحيط تجويف (فراغ) مليء بمحلول أملاح وبروتينات. هذا التطور الأولي الذي يبيِّن بداية التمايز، يبدأ من خلال حركة الجنين من أنبوب ناقل خلايا البويضة، الذي تمَّ فيه الإخصاب، باتجاه الرحم: السائل الموجود في أنبوب ناقل خلايا البويضة والجنين الموجود داخله، يتم دفعهما باتجاه الرحم بواسطة انقباض العضلات في جدران الأنبوب وبواسطة حركة الأهداب التي تُبطن جدار الأنبوب. بعد مرور حوالي 4 أيام على الإخصاب، يصل الجنين الرحم. في اليومين الأولين، بعد وصول الجنين الرحم، يعوم الجنين في فراغ الرحم، وفقط في اليوم السادس أو السابع بعد الإخصاب، تتم عملية **"التثبيت"** في الرحم، الذي من خلاله ترتبط امتدادات من القسم الخارجي للجنين إلى مخاط الطبقة الطلائية للرحم التي أُعِدَّت مسبقًا بتأثير هورمونات. يبدأ **الحمل** عندما يتم استيعاب الجنين في مخاط الطبقة الطلائية للرحم.

ج1.5 تطور الجنين

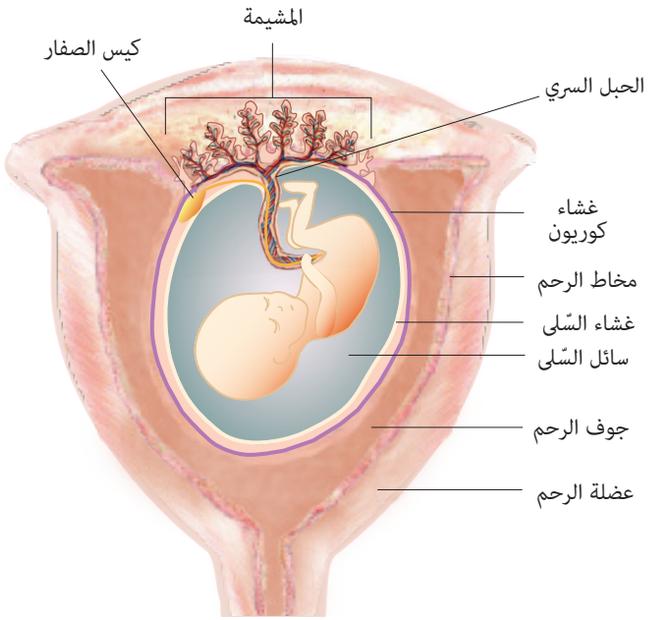
تكوين المشيمة ووظائفها

بعد أن يتم تثبيت الجنين الصغير في الطبقة المخاطية السميكة في جدار الرحم، يتطور كيسيْ جنين غشائيين: الداخلي - غشاء **السّلي** وفي داخله سائل السّلي والخارجي - غشاء **كوريون**. يكوِّن غشائي الجنين وسائل السّلي بيئة محيطة مائية ثابتة ومحمية للجنين (الرسمة ج - 13).

في الأسبوع الأول من الحمل، يتغذى الجنين بواسطة انتشار (ديفوزيا) المواد التي تُفرز من خلايا الطبقة المخاطية للرحم.

بعد ذلك، يتطور جهاز خاص لتغذية الجنين، لتبادل الغازات ولإبعاد الفضلات التي نسمِّيها **مشيمة**.

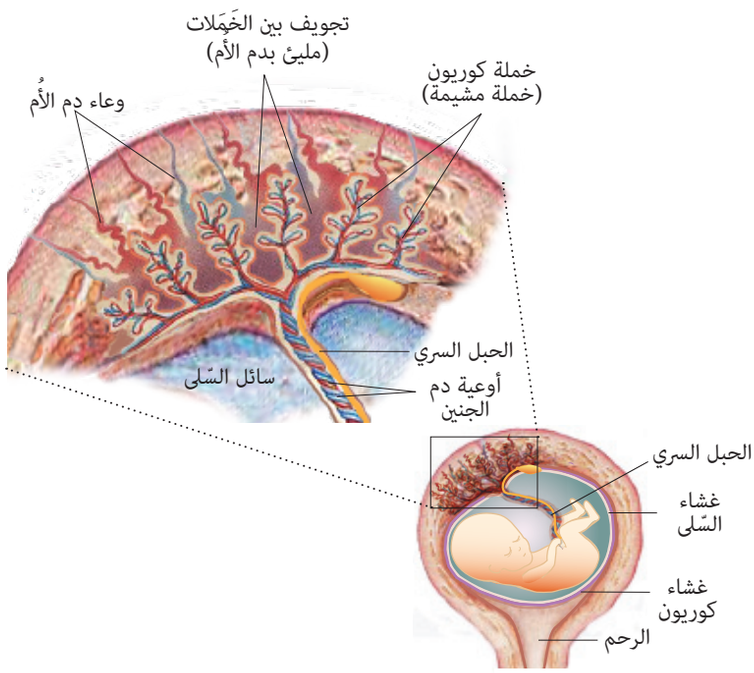
المشيمة هي عضو خاص للإناث الحاملة من الثدييات. هذا العضو مشترك للأم والجنين: تشترك الأم في إنتاج المشيمة التي تعتبر النسيج المخاطي في الجدار الداخلي للرحم، أما الجنين فيشترك مع الأم بغشاء كوريون. تخرج من غشاء كوريون بروز (**خَمَلات**) غنية بالأوعية الدموية، وهي تدخل إلى مخاط الرحم وتتوزع فيه كشبكة متفرعة.



الرسمة ج-13: الجنين، أغشية الجنين والمشيمة

تصل أوعية دم الأُم الطبقة المخاطية للرحم وتتوزع فيها كشبكة متفرعة (الرسمة ج- 14).
أوعية دم الأم مفتوحة في أطرافها، ويملئ دم الأم التجويفات (الفراغات) الموجودة بين الخَمَلات ويكوِّن "بحيرات" صغيرة جدًا تحيط الأوعية الدموية الصغيرة جدًا للجنين من جميع الجهات. من المهم أنْ نذكر أنَّ دم الأم ودم الجنين متجاورين جدًا في المشيمة، لكن لا توجد بينهما صلة مباشرة، لأنه تفصل بينهما أغشية الخلايا الموجودة في جدران الأوعية الدموية الجنينية.

تتم في المشيمة حركة مواد بين أجهزة دم الأم والجنين باتجاهين: ينتقل غذاء وأكسجين من دم الأُم إلى دم الجنين، وينتقل ثاني أكسيد الكربون (ناتج التنفس الخلوي) وفضلات الجنين من دم الجنين إلى دم الأم.
عند اقتراب نهاية الحمل، تنتقل من دم الأم، إلى دم الجنين، **مضادات حيوية** تكسبه حماية في بداية حياته.
انتقال المواد بين جهازي الدم اختياري ولا تستطيع كل المواد أن تنتقل. بفضل الانتقال الاختياري، نمنع عادةً انتقال مسببات أمراض من الأُم إلى الجنين. على الرغم من ذلك، من المهم أنْ نعرف أنّ هناك مسببات أمراض خطيرة تستطيع أن تنتقل إلى الجنين عبر المشيمة، مثلا: الفيروس الذي يؤدي إلى الحصبة الإلمانية (Rubella).
تستطيع مواد ضارة أيضًا، مثل: المخدرات، السموم، الكحول، الأدوية المختلفة وفضلات تَنْتُج من تدخين السجائر أنْ تدخل عبر المشيمة من الأُم إلى الجنين.
يتم تصريف الأوعية الدموية الجنينية الموجودة في المشيمة إلى ثلاثة أوعية دموية كبيرة تشكل معًا **الحبل السري** الذي يربط بين الجنين والمشيمة. في الحبل السري، يوجد وعاءان دمويان ينقلان الدم من الجنين إلى المشيمة ووعاء دم واحد ينقل دم من المشيمة إلى الجنين.
يوجد للمشيمة وظيفة مهمة إضافية، حيث تُفرز منها هورمونات ضرورية لاستمرار حمل سليم.
في بداية الحمل، تفرز المشيمة هورمون hCG (من الإنجليزية: human Chorionic Gonadotropin) إلى الدم. يتم استيعاب الهورمون في المبيض وهو يمنع من اضمرار الجُسَيْم الأصفر. بفضل ذلك يستمر الجُسَيْم الأصفر في إفراز الإستروجن والبروجسترون. بعد مرور حوالي شهرين على بداية الحمل، ينخفض إفراز hCG من المبيض ويضمر الجُسَيْم الأصفر. فيما بعد وخلال الحمل، المشيمة هي التي تفرز الهورمونين إستروجن وبروجسترون، حيث يرتفع مستواهما خلال الحمل. يخفف البرجسترون من انقباض عضلة الرحم الذي يحدث خلال الحمل وهكذا يمنع من انطلاق الجنين من الرحم قبل نهاية



الرسمة ج -14: مبنى المشيمة

تطوره. إذا كان مستوى هذه الهورمونات عالٍ لا تحدث دورة الحيض.
الهورمون hCG يكون في دم الأم ويفرز في البول. تعتمد فحوصات الحمل البيتية على فحص مستوى هورمون hCG في بول المرأة.

جدير بالمعرفة

فحص سائل السّلى

عندما يكون خوف من أن تطور الجنين غير سليم، يقترح الأطباء إجراء فحص سائل السّلى. يُخرج الطبيب كمية قلية من سائل السّلى بواسطة محقن، ويفحص الخلايا التي سقطت من الجنين أثناء الحمل الموجودة في السائل، كما يفحص السائل نفسه. يمكن استعمال طرق مختلفة للحصول على صورة كروموسومات الجنين، ولفحص سلامتها، كما يمكن فحص ما إذا الجنين ذكر أو أنثى. يساعد فحص مكوِّنات السائل على معرفة وجود أمراض معينة في الجنين.

للمزيد عن
***فحص سائل السّلى، انظروا الفصل الرابع**، صفحات 69-70.*

سؤال ج - *8*
كيف يمكن معرفة ما إذا الجنين ذكر أو أنثى بواسطة فحص سائل السّلى؟

سؤال ج - *9*
كيف يمكن شرح انقطاع دورة الحيض خلال الحمل؟ اذكروا في إجاباتكم وظائف الهورمونات.

مراحل تطور الجنين

خلال الحمل الذي يستمر بمعدل 270 يومًا تقريبًا (حوالي 40 أسبوعًا)، تَنْتُج مليارات الخلايا من خلية واحدة، حيث تختلف عن بعضها بالشكل والأداء. تحدث ثلاث عمليات تطور في الجنين:

- انقسام خلايا (ميتوزا) و**نمو**.
- **تمايز** خلايا.
- تنظيم خلايا في مبانٍ تُنْتِج أنسجة وأعضاء.

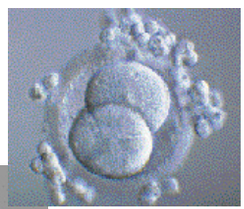
يساعد الإنقسام السريع للخلايا في النمو العام للجنين، لكن ازدياد عدد الخلايا هو فقط جزء واحد وبسيط من عملية التطور. في الجنين الذي فيه ثماني خلايا، جميع الخلايا متماثلة. إذا فصلنا الخلايا عن بعضها دون أن نضرها، يتطور من كل خلية جنين كامل. لكن يتغيَّر الوضع بعد عدة إنقسامات إضافية. على الرغم من أن الكروموسومات متماثلة في جميع الخلايا، وكذلك الأمر المعلومات الورثية، تبدأ كل مجموعة خلايا في التطور بشكل مختلف وخاص. هذه العملية نسمِّيها **تمايز** خلالها تتغيَّر الخلايا. في كل خلية، يتم التعبير عن جينات معينة وجينات أخرى لا يتم التعبير عنها. لذا كل مجموعة خلايا تكون خاصة في صفاتها ووظائفها. مثلاً: خلية العين تختلف بشكلها وبوظيفتها عن خلية الكبد، خلية الدم خلية العضلة والخلية العصبية.

علاقة بموضوع
***الخلية - مبنى ونشاط:** تمايز خلايا.*

الطريقة التي يتم فيها تحديد جينات يتم التعبير عنها في الخلايا المختلفة، هي موضوع يبحثه باحثون كثيرون وغير معروف كل شيء عنها. اعتمادًا على مُكتشفات الأبحاث، يمكن القول: إنَّ ظروف خلايا الجنين وبيئتها المحيطة، هي التي تحدد التعبير عن الجينات بشكل كبير جدًا: مواد في سيتوبلازم الخلية، مواد في البيئة المحيطة الخارجية للخلية وتلامس بين الخلايا المتجاورة. يبدأ التمايز مبكرًا جدًا في تطور الجنين.

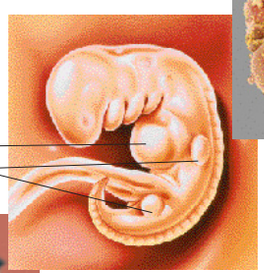
خلال تكاثر وتمايز الخلايا، تتم عمليات إضافية: تنتقل خلايا من مكان إلى آخر، تنطوي سطوح خلايا نسبةً لبعضها، يَنْتُج تلامس بين خلايا متجاورة وتُفرز مواد من مجموعات خلايا. فيما بعد، تظهر في تكتل الخلايا بروزات وتجويفات (فراغات) تكبر تدريجيًّا. النتيجة أن الجنين يتوقف عن التكتل إلى خلايا وتظهر فيه مبانٍ ذات أشكال مختلفة تعتبر بداية لأعضاء مختلفة في الجسم.

في الرسمة ج - 15، يمكنكم رؤية قسم من التغيُّرات التي تبدأ في الجنين.

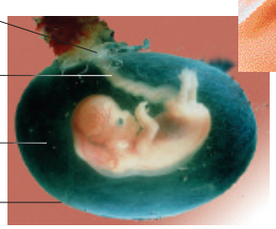


أ. جنين مكوَّن من خليتين، ناتج عن انقسام الزيجوت بعد مرور حوالي **30** ساعة على الإخصاب. نلاحظ حول الخلايا بقايا خلايا كانت تُحيط خلية البويضة.

ب. جنين مكوَّن من **16** خلية، وقد نتج بعد مرور حوالي **4** أيام على الإخصاب، كبره حوالي **0.1** ملم.



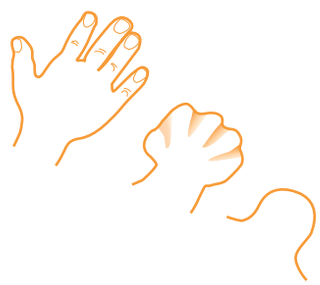
ج. جنين عُمرُه **4-5** أسابيع. طوله حوالي **6** ملم. انتبهوا إلى القلب وبراعم أطراف الجسم.



د. جنين عُمرُه **7-8** أسابيع. الجنين مربوط بالمشيمة بحبل سري، يطفو داخل سائل السّلى ومحاط بغشاء السّلى. طوله حوالي **4** سم ووزنه أقل من **10** غرامات.

الرسمة ج -15: تغيُّر الجنين في مراحل مختلفة من التطور.
انتبهوا! عرضنا كل مرحلة بتكبير آخر.

يتم التعبير عن تنظيم الخلايا إلى أعضاء من خلال تصميم أجهزة الجسم أيضًا. تمعَّنوا، على سبيل المثال، في جنين عُمره أربعة أسابيع (الرسمة ج - 15): في هذه المرحلة، نسمِّي اليدين والرجلين "براعم الأطراف" وهي تبدو بروزات لا شكل لها. بين الأسبوع السادس إلى السابع من الحمل، تبدأ الأصابع بالظهور في كف اليد، وفي هذه المرحلة تظهر وكأنها "نُحتت" من البرزة الأولى. يتم تنظيم مبنى كف اليد من خلال دمج عدة عمليات: تكاثر خلايا، انتقال خلايا من مكان إلى آخر وموت خلايا كثيرة. الخلايا التي تقع بين الأصابع تموت وتتحلل. وهكذا يَنْتُج المبنى الدقيق الطويل للإصبع مع الفراغات بينها. تنظيم الخلايا إلى أعضاء متعلق بتكاثر وتمايز الخلايا وبموت خلايا بأعداد هائلة. تصف الرسمة ج - **16** بشكل تخطيطي عملية تصميم مبنى كف اليد خلال تطور الجنين.



الرسمة ج -16: عملية تصميم مبنى كف اليد خلال تطور الجنين

تطور أعضاء الجنين

الشهر الأول، هو فترة النمو الأكثر نشاطًا في تطور الجنين. المشيمة تزوِّد الجنين بجميع المواد المطلوبة، لكي ينمو بسرعة كبيرة جدًا. عندما يكون عُمْر الجنين حوالي أربعة أسابيع، يمكن أن نلاحظ الرأس الذي يتطور فيه المخ، "براعم" اليدين والرجلين، "براعم" الأوعية الدموية ونبضات القلب. في هذه المرحلة، لا يبدو الجنين كإنسان فهو يشبه أجنة فقريات أخرى، على الرغم من وجود جميع براعم أعضاء الجسم فيه. يستمر الجنين في التطور كل يوم، لكن لا تنمو جميع مناطق الجسم في نفس الوتيرة. يتطور الرأس والمخ أسرع من سائر أعضاء الجسم.

في نهاية الأسبوع الثامن منذ بداية الحمل، نجد جميع أعضاء الجسم- على الرغم من أن طول الجنين في هذه المرحلة حوالي 4 سم ووزنه أقل من 10 غرامات! نميِّز ملامح وجهه وأعضاء جسمه المختلفة: عينان، أُذنان، مخ، جهاز هضم، كليتان، يدان ورجلان فيهما أصابع. من المثير للاهتمام أن نعرف أنه في الأسبوع الثامن، توجد للجنين بصمات أصابع واضحة. المخ يُشرف على نشاط الأعضاء. تفرز الكليتان الفضلات.

في الأسبوع الـ 12 يصبح الجنين فعَّالًا. فهو يستطيع أن يحرك أطرافه جسمه، رأسه وأن يغيِّر ملامح وجهه.

في الأسبوع الـ 16 يصبح شكل الجنين كشكل الطفل الصغير، ويمكن تمييز الأعضاء التناسلية الخارجية.

حتى الولادة، يتطور الجنين وينمو بشكل ملحوظ. على الرغم من وجود جميع الأعضاء، إلا أنه في نهاية الثلث الأول من الحمل، يتطور نشاط أجهزة الأعضاء تدريجيًّا. ينضج جهاز تبادل الغازات في الرئتين متأخرًا وينتهي في معظم الحالات فقط في الأسبوع الـ 34. الخُدج الذين يولدون في مرحلة متأخرة، قد يعانون بالأساس من صعوبات في التنفس بسبب نقص نضوج الرئتين. تبدأ الرئتين في تنفيذ عملية تبادل الغازات بعد الولادة فقط. كبر ووزن الوليد مهمان لبقاؤه. تستمر معظم حالات الحمل بين 260 إلى 280 يومًا (حوالي 40 أسبوعًا)، وفي نهاية الحمل يخرج وليد سليم وكامل التطور.

جدير بالمعرفة

الكبر والكتلة

كتلة خلية البويضة المخصبة للإنسان حوالي 2 على مليون من الغرام، أما معدل كتلة الجنين عند ولادته حوالي 3,400 غرام. خلال الحمل تكبر الكتلة حوالي مليارد ضعف!

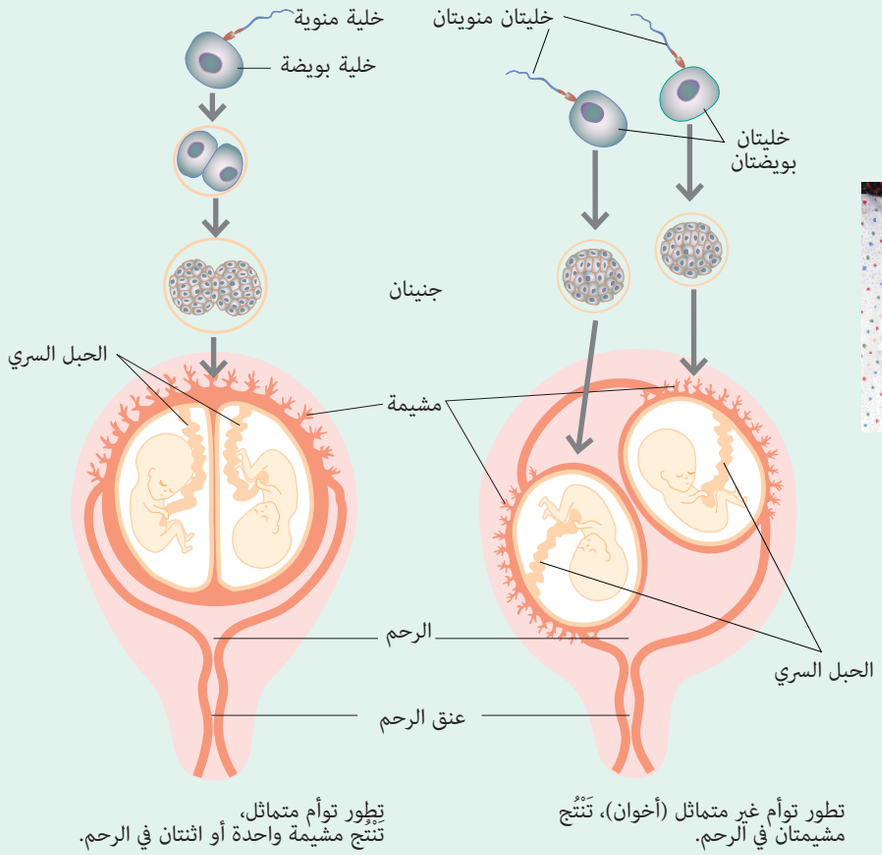
جدار الرحم مكوَّن من عضلات قوية ومرنة بشكل خاص، وهكذا يستطيع الرحم أن يكبر من عضو كبره 7 سم وكتلته حوالي 50 غرامًا إلى كيس يحتوي على جنين وزنه حوالي 3.4 كغم، مشيمة ولتران من سائل السَّلى، وكتلته الكلية حوالي 7 كغم.

توسُّع

التوأم

في كل دورة حيض، تخرج عادةً خلية بويضة واحدة فقط من إحدى المبيضين. في المبيض الثاني، لا ينضج جُرَيْب في نفس الوقت. لذا في معظم الحالات، يتم تخصيب خلية بويضة واحدة فقط. لكننا نعرف أن هناك حالات يولد فيها توأم، وأحيانًا أكثر من ولدين في الولادة الواحدة.

هناك إمكانيتان تؤديان إلى ولادة توأم بشكل طبيعي.



الرسمة ج -17: تطور توأم

إنَّ ولادة توأم متماثل أو غير متماثل هو حدث غير شائع، وهو يحدث بنسبة مقدارها حوالي **0.4%-0.3%** من الولادات. التوأم المتماثل هو التوأم الذي يتطور من خلية بويضة واحدة تمَّ تخصيبها بواسطة خلية منوية واحدة. يحدث الوضع الشائع لتطور توأم متماثل في الإنسان (**85%** من حالات التوأم المتماثلة) في المرحلة التي تكون فيها خليتان مباشرةً بعد الإخصاب. تنفصل الخليتان وكل واحدة منهما تشكّل بداية جنين جديد. في هذه الحالة، يتم الانفصال بين الخلايا في قناة فالوب. الغلاف الشفاف الموجود حول خلية البويضة يحتوي في داخله على الجنينين معًا، وعندما يصل الجنينان المتطوران الرحم، ينهدم الغلاف، ويمر الجنينان بالموازة عملية التثبيت. عادةً تكون للجنينين مشيمة واحدة، لكن الغشائين الخارجين للجنينين (السّلى وكوريون) يتطور كل منهما بشكل منفصل لكل جنين.

يَنْتُج توأمان غير متماثلان عندما تحدث إباضة مزدوجة. لأسباب غير معروفة، تنضج خليتان بويضتان في نفس الوقت - خلية بويضة واحدة في كل مبيض أو خليتان بويضتان في نفس المبيض. تخرج البويضتان في نفس الوقت إلى قناة فالوب وتُخصب كل واحدة منهما. تحدث هذه الإمكانية بشكل طبيعي في **2%-1%** من الولادات.

في هذه الحالة، يلد توأم مختلفان عن بعضهما في المعلومات الوراثية، والتشابه بينهما مثل التشابه بين أخوين عاديين، هذا يعني أنهما يمكن أن يكونا مختلفان عن بعضهما اختلاف كبير.
هذا النوع من التوأم، نسمِّيه توأم أخوة (الرسمة ج 17-).
الهورمونات التي تُعطى للنساء أثناء معاجة خصوبتها تؤدي إلى إخراج عدد كبير من خلايا البويضات في نفس الوقت، لذا يتطور أحيانًا حملًا متعدد الاجنة في أعقاب هذا العلاج.

للمزيد عن
حمل متعدد الأجنة، *في الفصل الرابع، صفحات 65, 73.*

سؤال ج - 10
وُلد توأم أطفال، ذكر وأنثى. هل مصدرهما من من خلية بويضة واحدة أم من خليتين؟

ج 2.5 الولادة

لا نعرف المحفز الذي يثير بداية **الولادة**، لكن يعتقد باحثون أن هذه الإثارة تحدث بواسطة هورمون تفرزه الغدة الكظرية للجنين. بحسب هذه الفرضية التي لم تُثبت نهائيًا كرد فعل لإفراز الهورمون الذي يَنْتُج في الجنين، يبدأ إفراز هورمون **أوكسيتونين** من الغدة النخامية للأم وهو الهورمون المعروف الذي ينشِّط الولادة. هذه الفرضية مثيرة للاهتمام، إذا كانت صحية، فمعنى ذلك أن العامل الذي يُثير عملية الولادة هو الجنين ذاته وليس جسم الأم. عندما يصل رأس الجنين عُنق الرحم، يَنْتُج ضغط على جدران عُنق الرحم الذي يستوعبه الجهاز العصبي للأم.

تصل المعلومات من الهيبوثالموس إلى الغدة النخامية التي تفرز هورمون أوكسيتونين، حيث يصل الأوكسيتونين الرحم مع تيار الدم ويُثير انقبضات دورية لعضلات جدران الرحم. هذه الإنقبضات نسمِّيها **آلام الولادة**. في أعقاب الإنقباض، تتمزق عادة أغشية الجنين وينطلق سائل السّبى من المهبل إلى الخارج (هذا الحدث نسمِّيه "نزول ماء").

يدفع انقباض عضلة الرحم وعضلة البطن الجنين باتجاه عنق الرحم الذي يتوسع مع بداية عملية الولادة. يتم دفع الجنين عبر عنق الرحم، وعبر المهبل إلى خارج الجسم، طفل جديد جاء إلى العالم! تصف الرسمة ج – 18 مراحل خروج الجنين.

الرسمة ج - 18: مراحل خروج الجنين

بعد ولادة الطفل، نقطع الحبل السري، وهكذا نقطع العلاقة بين الدورة الدموية للأُم وبين الدورة الدموية للوليد. يؤدي استمرار انقباض الرحم إلى انفصال المشيمة من الرحم وهي تخرج من الجسم مع أغشية الجنين وهكذا تكتمل عملية الولادة.

في مرحلة آلام الحمل، تعمل **التغذية المرتدة الموجبة**. التغذية المرتدة موجبة، لأن نتيجة العملية (ازدياد انقباض عضلة الرحم) تؤدي إلى ازدياد التحفيز (ضغط رأس الوليد) الذي يحفز إفراز إضافي للهورمون اوكسيتوتسين. الآلام (طلق الولادة) تدفع الجنين، ويستمر التحفيز لإفراز الهورمون (ضغط رأس الوليد). في اللحظة التي يخرج فيها رأس الجنين، يتوقف الضغط على جدران عنق الرحم، وهكذا يتوقف التحفيز لإفراز اوكسيتوتسين وتتوقف آلام الولادة.

سؤال ج -11

ارسموا رسمًا تخطيطيًّا يصف التغذية المرتدة الموجبة التي تعمل خلال الولادة.

نقسِّم عادةً سيرورة الولادة إلى ثلاث مراحل: مرحلة الآلام (الطلق)، مرحلة توسع عُنق الرحم ومرحلة خروج الوليد. تتغيَّر مدة كل مرحلة من ولادة إلى أخرى. هناك ولادات تستمر رُبع ساعة وهناك ولادات تستمر يوم كامل. الفروق ليست بين امرأة وأخرى، بل عند نفس المرأة ذاتها في الولادات المختلفة. توجد نساء ولدت مرة واحدة ولادة قصيرة ومرة أخرى استمرت الولادة زمن طويل..

التنفس الأول – الصيحة الأولى

عندما يكون الجنين في الرحم، فإنه لا يتنفس بواسطة رئتيه. يصل الدم إلى خلايا جسمه من دم الأُم عبر وعاء دم في الحبل السري، ويتم إخراج ثاني أكسيد الكربون عبر وعاء دم آخر في الحبل السري. تنضج الرئتين خلال الشهر الثامن للحمل، لكنها تكون فارغة من الهواء. في اللحظة التي يخرج فيها الجنين من الرحم، يدخل هواء مرة واحدة إلى رئتيه ويخرج منها مباشرةً. يفعِّل تيار الهواء الفجائي الأوتار الصوتية للجنين وهكذا نسمع صيحته الأولى. هذه الصيحة الأولى هي دلالة أن الوليد يتنفس بشكل سليم. من هذه الحظة، يتم استيعاب الأكسجين وإطلاق ثاني أكسيد الكربون من دم الوليد بواسطة رئتيه.

الوليد السليم، لا يستطيع أن يعيش بشكل مستقل وهو متعلق بالأشخاص الذين يعتنون به بشكل مطلق، لكن يوجد عدة أداءات يمكن فحصها عنده، لكي نتأكد من أن تطوره سليم. مثلًا: لكل وليد يوجد رد فعل نسمِّيه رد فعل الإمساك. إذا لمسنا كفة يده بطرف الإصبع، تنقبض أصابعه مباشرةً وتمسك بقوة الصبع الذي لمسه. هناك رد فعل إضافي يدل على تطور الوليد وهو رد فعل "التقدم": عندما نمسكه من كِلا طرفيْ جسمه بشكل ثابت، بحيث تلمس أطراف أصابعه سطح معين (سطح طاولة على سبيل المثال)، فهو يحرك رجليه الواحدة تلو الأخرى لفترة زمنية قصيرة جدًا بحركة ترجل وكأنه "يتقدم". يختفي هذا الرد الفعل خلال ساعات قليلة. المرة القادمة التي ينفِّذ فيها حركة ترجل (ترافقها تثبيت) تكون في سن سبعة إلى ثمانية شهور على الأقل، وعادةً أكثر من ذلك. هناك رد فعل إضافي يلد مع الوليد وهو رد فعل الرضاعة.

رد فعل إمساك

تغذية الطفل

في الأشهر الأولى، يتغذى الطفل من حليب الأُم. خلال الحمل، يؤثر تركيز البروجسترون العالي على تطور حويصلات الحليب في **غدد الحليب** في الثدي. بالإضافة إلى ذلك، تفرز الغدة النخامية هورمون **برولكتين** وهو يؤثر على إنتاج الحليب وإفرازه إلى الحويصلات. ما دام الطفل يرضع، يستمر إنتاج الحليب. يؤدي التوقف عن الرضاعة إلى توقف إنتاج الحليب.

يتأثر إنتاج الحليب وإفرازه في فترة الرضاعة من عوامل مختلفة، قسم منها داخلية – هورمونالية وعصبية، وقسم منها خارجية، مثل: تغذية الأُم وعملية رضاعة الطفل.

عندما يرضع الطفل، ينقل محفز الرضاعة مخفزات عصبية إلى الهيبوثالموس. في أعقاب هذا التحفيز، تُطلق الغدة النخامية هورمون إضافي نسمِّيه **اوكسيتوتسين** وهو يؤدي إلى انقباض خلايا في غدد الحليب في نسيج الثدي. نتيجة للانقباض، يتم دفع الحليب من الغدد إلى داخل أنابيب الحليب ومن هناك يخرج من الثدي. يحفز هذا الهورمون اقباض الرحم أيضًا، وهكذا يساعده لعودة إلى كبره العادي. من الجدير بالمعرفة أن بكاء الطفل يؤدي إلى إفراز اوكستينين.

سؤال ج -12

أي تغذية مرتدة تعمل في إنتاج الحليب؟ علِّلوا.

توسع

لا تلد جميعها لا حول ولا قوة لها (عاجزة عن الاعتناء بذاتها)

وليد الإنسان شاذ من ناحية قدرته على الاستقلال بحركاته بعد الولادة. مدة نضوج الإنسان طويلة بالمقارنة مع حيوانات أخرى. حتى في الفترات القديمة المختلفة التي اُعتبر فيها الأولاد بالغون لكل شيء من اللحظة التي وصلوا فيها البلوغ الجنسي، فقد اعتُبرت الفترة الزمنية 12-14 سنة على أنها مدة زمنية طويلة بالمقارنة مع بلوغ كل ثدي آخر.

أولاد الثدييات الكبيرة الأخرى، مثل: الفيل، الحصان، والأسد يقفون على أقدامهم مباشرةً بعد الولادة، ترضع حوالي 6-8 أسابيع وتصل البلوغ الجنسي في سن سنة حتى ثلاث سنوات.

يدعي باحث النشوء والارتقاء **ستيفن جولدن** (Stephen Gould, 1941-2002) أن الحيوان الذي مخه كبير وذا قدرات عقلية متطورة له أفضلية في البقاء. مخ الإنسان كبير نسبةً إلى جسمه وأكبر بكثير من مخ تدييات أخرى نسبة إلى أجسامها. افترض جولد أن هناك مرحلة نشوء وارتقاء حاسمة في تطور الإنسان، التي تمَّ التعبير عنها في تبكير عملية الولادة إلى مرحلة فيها التطور الجنيني لم ينتهي. استمرار عملية النمو في الرحم، قد تؤدي إلى أن لا يستطيع الجنين المرور في قناة الولادة بسبب كبر رأسه ومخه. ادعى جولد أن هناك قدرة بقاء عالية للوليد الذي يولد "غير كامل" وله رأس ومخ ولم يصلا ذروة الكبر، حتى إنْ لم يكن مستقلًا بشكل مطلق. لذا أثناء الولادة، لا يصل مخ الإنسان إلى الكبر النهائي، عظام جمجمة الوليد، لا تكون مغلقة ويستمر الرأس في النمو بعد الولادة أيضًا.

سؤال ج -13

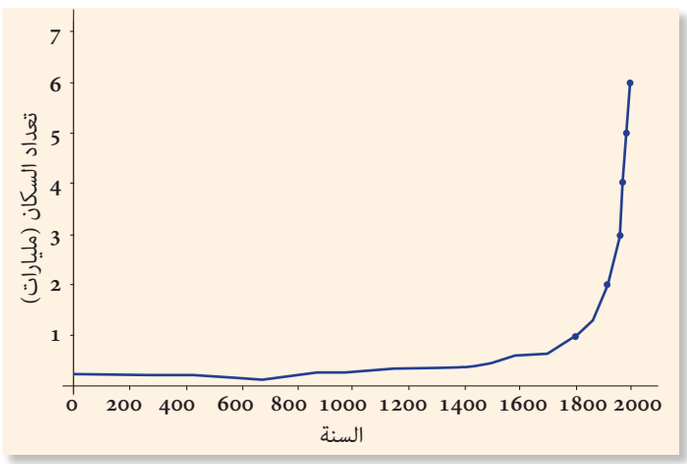
أبنوا جدولاً ونظّموا فيه معلومات عن الهورمونات التي تشترك في عملية تكاثر الإنسان. تطرقوا في الجدول إلى الجوانب الآتية: من أين يتم إفراز الهورمون؟ متى يتم إفراز الهورمون؟ ما هو العضو المستهدف؟ وما هو تأثيره؟

ج6. النمو السكاني للإنسان

يبحث هذا الفصل في أجهزة وعمليات تكاثر الإنسان في مستوى الفرد. لكن من المهم التطرق إلى التكاثر في سياق نمو التعداد السكاني للإنسان على الكرة الأرضية. النمو السكاني للإنسان يختلف بشكل كبير جدًا عن نمو عشائر الحيوانات الأخرى ومن ضمنها ثدييات كبيرة: خلال مئات السنوات الأخيرة، ازداد تعداد السكان في العالم بشكل كبير جدًا، أما عشائر الثدييات الكبيرة الأخرى صَغُرت وانقرض قسم منها في هذه الفترة. تعرض الرسمة ج - 19 ازدياد تعداد السكان خلال الـ **2,000** سنة الأخيرة. خلال الـ **1,800** سنة، ازداد تعداد السكان في العالم **5** أضعاف، من **200** مليون نسمة إلى مليارد (ألف مليون). من سنة **1,800**، خلال فترة زمنية قصيرة، حوالي **200** سنة فقط، طرأ تغيير ضخم جدًا بنسبة النمو: كبر تعداد السكان **6** أضعاف، وفي سنة **2011**، اجتاز تعداد السكان الـ **7** مليارات. التغيُّر بنسبة تعداد السكان، بدأ في القرن الـ **19** (**1,900-1,800**) متعلق بالثورة الصناعية، بالتطور التكنولوجي، بوسائل النقل، بتطور الطب وبتحسين الظروف الصحية. يمكن أن نشرح القفزة الكبيرة بوتيرة تعداد السكان في القرن العشرين بفضل المضادات الحيوية والأدوية الأخرى التي أدت إلى انخفاض عدد الوفيات بشكل عام وانخفاض وفيات الأطفال بشكل خاص. وبفضل طرق التطعيم ضد أمراض معينة، مثل: الجدري، السِّل وشلل الأطفال التي قلَّلت من الوفيات. في أعقاب هذا التحسين، بدأ ارتفاع حاد في معدل الحياة.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
انقراض أنواع.



الرسمة ج-19: ازدياد تعداد السكان

سؤال ج -14

هل توجد، بحسب رأيكم، علاقة بين ازدياد تعداد السكان وبين انقراض عشائر ثدييات كبيرة؟ عللوا.

التكاثر الهائل لبنو البشر، لا يضمن جودة حياة عالية للجميع. في دول كثيرة في العالم، لا يوجد غذاء وماء بكميات كافية، ليس من السهل الحصول على علاج طبي، ومعدل الحياة فيها أقصر من معدل الحياة الذي نعرفه في إسرائيل، في الدول الضعيفة التي نسمِّيها "دول العالم الثالث"،يزداد تعداد السكان بسرعة، في يومنا هذا، على الرغم من تقلص الموارد. أما في الدول المتطورة التي اقتصاهاد جيد (مثل)، فقد قلَّت وتيرة نمو تعداد السكان.

يعرف اليوم باحثون وزعماء أن استمرار نمو التعداد السكاني، قد يؤدي إلى نقص حاد في الغذاء وظروف الحياة الأساسية. كما يمكن أن يؤدي تأثير الإنسان إلى أضرار غير معكوسة لأنظمة الحياة على سطح الكرة الأرضية (مثلًا: في أعقاب ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، تلوثت مصادر المياه والتربة وتمَّ استغلال زائد للموارد لدرجة أنه يشكل خطرًا على بقاء جميع بنو البشر).

كيف يمكن أن نؤدي إلى تباطؤ في نسبة تعداد سكان العالم في الدول المختلفة؟

سنت الحكومة الصينية قوانين لتقليص الولادة: في المدينة، يُسمح للعائلة أن تُنجب طفلًا واحدًا فقط، وفي القرية 3 أطفال. كل من يخالف هذه القوانين، يدفع غرامات مالية، قد يكون تأثير سلبي لهذه الوسائل: خلال فترة زمنية معينة، يكون تعداد كبار السن كبيرًا، أما تعداد الشباب الذي يمول معيشتهم يكون قليلًا فقط. قد يتطور في دول أوروبا وضع شبيه، لأن نسبة الولادة فيها صغيرة جدًا دون أن تتدخل الحكومات.

وجد باحثي هذا الموضوع أن أحد العوامل الذي يؤثر على عدد الأولاد في العائلة هو مستوى تعلُّم المرأة. كلما كان مستوى تعلُّم المرأة عاليًا، يقل عدد الأطفال التي تنجبهم خلال حياتها وتزداد مساهمتها في دعم اقتصاد البيت. هناك عامل إضافي، قد يؤثر على تقايص الولادة وهو نشر معلومات وسائل لتنظيم العائلة.

للمزيد عن
تنظيم العائلة، *في الفصل الرابع، صفحات 74-75.*

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

- تساعد الأعضاء التناسلية على حدوث أربع عمليات: إنتاج خلايا تناسلية، إنتاج وإفراز هورمونات تنظِّم عمليات التكاثر، إلتقاء الخلايا التناسلية الذكرية مع الخلايا التناسلية الإنثوية وتطور الجنين في رحم المرأة.
- يشتمل جهاز تكاثر المرأة على: مبيض، أنابيب تنقل خلايا البويضة (قناة فالوب)، الرحم والمهبل.
- يشتمل جهاز تكاثر الرجل على: خصيتان، أنابيب تنقل الخلايا المنوية، قضيب وغُدد مساعدة.
- في سن البلوغ، يبدأ إفراز هورمونات من المخ، ويبدأ تطور العلامات الجنسية الثانوية.
- ابتداءً من سن البلوغ، تَنْتُج عند الشباب خلايا منوية من خلايا أولية في الخصيتين. تَنْتُج الخلايا المنوية في أعقاب عملية التمايز، انقسامات الميتوزا والميوزا.
- القسامان الأساسيان للخلية المنوية هما الرأس والذنب. تستطيع الخلايا المنوية أن تتحرك بشكل مستقل.
- في سن البلوغ، يبدأ عند الشابة نضوج خلايا البويضة في المبيض، كما تبدأ دورة الحيض. تتم مراقبة دورة الحيض بواسطة نشاط دوري في الهيبوثالموس، الغدة النخامية، في المبيض والرحم. تشتمل دورة الحيض على عمليتين مركزيتين تحدثان في نفس الوقت: الأولى - نضوج خلية البويضة في المبيض وإباضة والثانية تحضير الرحم لاستيعاب الجنين.
- الإخصاب - التقاء بين الخلية المنوية وخلية البويضة والاتحاد بينها - تحدث في أنبوب ناقل خلايا البويضة.
- بعد أن يرتبط (يتجذر) الجنين في الطبقة المخاطية السميكة في جدران الرحم، يتطور كيسيْ جنين غشائيين- غشاء السّلى وغشاء الكوريون.

- المشيمة هي نظام تغذية، تبادل غازات وإبعاد فضلات.
- تحدث ثلاث عمليات تطور في الجنين: انقسام الخلايا ونمو، تمايز خلايا وانتظام خلايا في مبانس تُنْتِج الأنسجة والأعضاء.
- يلد الطفل بعد حوالي 40 أسبوعًا ويتغذى من حليب أمه.
- تعداد السكان في العالم كبير جدًا، أما تعداد وعشائر الثدييات الكبيرة فإنها تصغر وحتى تنقرض.

مصطلحات مهمة في الفصل

FSH	ولادة
LH	دورة الحيض
استروجن	ماء (سائل) السَّلى
خصية	آليات المردودية (موجب وسالب)
بلوغ جنسي	المهبل
إباضة	علامات جنسية أولية وثانوية
غدد حليب	جنين
نمو	بروستتا
جُسَيْم أصفر	قضيب
ديبلوئيد	بروجسترون
هورمونات جنسية	برولكتين
هورمونات مناسل	أنبوب ينقل خلايا البويضة (قناة فالوب)
تغذية (جنين)	أنبوب ينقل الخلايا المنوية
الغدة النخامية	آلام الولادة
هيبوثالموس	أغشية الجنين (غشاء السَّلى وغشاء كوريون)
حمل	الرحم
إخصاب	مخاط الرحم
بلوغ جنسي	مبيض
تمايز	مشيمة
تنظيم هورموناني	سائل السّلى
جُرَيْب	خلية البويضة
صفار	خلية منوية
طوسطسطرون	خلايا تكاثر (جاميتات، خلايا تناسلية)
كوريون	

تدخُّل في عمليات تكاثر الإنسان

د1. إخصاب خارج الجسم: حل لحالات كثيرة تعاني من الخصوبة

د2. التكنولوجيا تساعد لكنها تخلق صراعات أيضًا

د3. تنظيم العائلة

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

مصطلحات مهمة في هذا الفصل

د

الفصل الرابع: تدخُّل في عمليات تكاثر الإنسان

قبل عشرات السنين، لم يستطع أزواج كثيرون أن ينجبوا أطفالًا لأسباب مختلفة، والحل الوحيد الذي اقتُرح عليهم أن يتبنوا أطفالًا. اليوم، يستطيع الطب الحديث أن يستعمل تكنولوجيا متطورة ناجحة لمساعدة أزواج كثيرون، لكي يُرزقوا بطفل منهم بطرق لم تكن ممكنة في الماضي.
تمَّ التدخل في عمليات التكاثر عند الإنسان بعدة مجالات: حل مشاكل الخصوبة، متابعة تطور الجنين وإيجاد عاهات (تشويهات) أثناء الحمل وطرق أخرى لتنظيم تعداد العائلة.

ما هي أسباب مشاكل الخصوبة؟ ?!

حوالي **15%** من الأزواج الذين يخططون إنجاب طفلًا إلى العالم، يكتشفون بعد محاولات كثيرة أنهم لا ينجحون في ذلك. قد يعاني كل واحد منهما من مشكلة معينة متعلقة بالخصوبة. تنبع هذه المشاكل من اضطرابات في إفراز الهورمونات الجنسية التي تُنظِّم نشاط جهاز التكاثر، أو من إضطرابات أخرى مثل إنسدادات مختلفة في الأعضاء التناسلية.

مشاكل الخصوبة الممكنة عند الرجال: عدد قليل من الخلايا المنوية أثناء القذف (في الحالة الطبيعية، يتم قذف حوالي **350** مليون خلية منوية، وإذا تمَّ قذف خلايا منوية أقل من **5** ملايين، لا يتم الإخصاب)، حركة بطيئة للخلايا المنوية باتجاه البويضة، مبنى غير سليم للخلية المنوية، مشاكل في إنتاج وإفراز السائل المنوي وحدوث إنسداد في أحد الأنابيب التي تمر عبرها الخلايا المنوية. خلال الـ **60** سنة الأخيرة، طرأ انخفاض في تركيز الخلايا المنوية وفي قدرتها على الحركة. يعتقد الباحثون أن هذه الظاهرة تتأثر من التعرض لأضرار بيئية محيطة ولدرجات حرارة عالية، التدخين، تناول المشروبات الروحية، التوتر والضغط النفساني في حياة غير صحية.

مشاكل الخصوبة الممكنة عند النساء: إضطرابات في الإباضة، انسداد في الأنبوب الناقل لخلية البويضة، الذي يمنع انتقال خلية البويضة إلى الرحم أو يمنع انتقال خلايا منوية إلى خلية البويضة وإضطرابات في استيعاب الجنين في الرحم. كما يؤثر الضغط النفساني وسوء التغذية المستمر على خصوبة المرأة.

يمكن إزالة الإنسدادات في أنابيب الخلايا المنوية عند الرجل أو في الأنابيب الناقلة لخلايا البويضة عند الرجل بواسطة عمليات جراحية بسيطة. في حالة حدوث إضطرابات في إفراز هورمونات، الحلول المقترحة هي إضافة خارجية لهورمونات تشترك في نشاط جهاز التكاثر (الذي تعرَّفنا عليه في الفصل الثالث). مثلًا: يقترح الأطباء لقسم من الرجال علاج هورموناليِ يزيد من كمية الخلايا المنوية أو من كمية السائل المنوي. ولقسم من النساء، يقترح الأطباء علاج هورموناليِ ينظِّم الإباضة.

تستطيع هذه العلاجات أن تحل مشاكل قسم من الأزواج، لكن يستصعب قسم من الأزواج في إنجاب أطفال إلى العالم.
يستطيع قسم من هؤلاء الأزواج أن يحققوا أحلامهم اليوم بواسطة تخصيب خارج الجسم.

د1. إخصاب خرج الجسم: حل لحلالات كثية تعاني من مشاكل في الخصوبة

يتم **الإخصاب خارج الجسم** في المختبر. نسمِّي هذا الإخصاب أيضًا "إخصاب في الأنبوب"، على الرغم من أنه يتم في صحن بتري. الإخصاب خارج الجسم مناسب للأزواج الذين خلاياهم المنوية وخلايا بويضة عندهم سليمة، لكن لسبب معين (مثلا: أحد الأسباب آنفة الذكر)، لا يتم إخصاب طبيعي. يُستعمل الإخصاب خارج الجسم في الحالات التي تكون فيها أمراض وراثية في العائلة. وهي تُتيح فحص سلامة الجنين من ناحية وراثية في المراحل الأولى من تكوينه قبل أن يرتبط بمخاط الرحم.

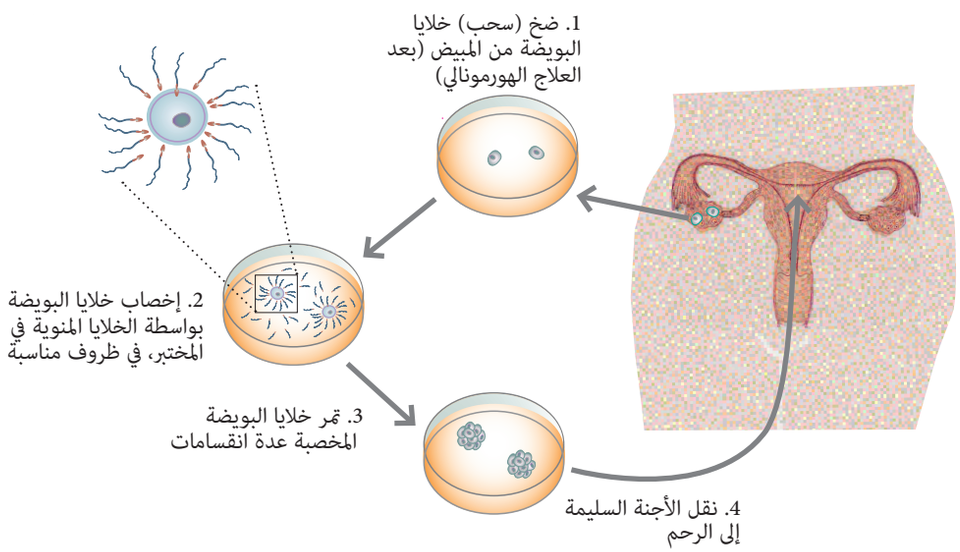
د1.1 مراحل عملية الإخصاب خارج الجسم

تصف الرسمة د - 1 مراحل الإخصاب خارج الجسم. في المرحلة الأولى، تحصل المرأة على علاج هورموناليِ يؤدي إلى تطور عدة جُرَيْبات في نفس الوقت. نتيجة لذلك، تنضج في نفس الوقت عدة بويضات في نفس الدورة (أما في الحالة الطبيعية، تنضج بويضة واحدة فقط كل شهر). بعد أن تنضج خلايا البويضات، يتم ضخها (سحبها) من المرأة وإدخالها إلى وعاء فيه محلول مناسب للإخصاب.

في المرحلة الثانية، يضيفون الخلايا المنوية التي حصلوا عليها من الرجل إلى الوعاء الذي يحتوي على خلايا البويضة (إذا كان عدد الخلايا المنوية قليلًا، فإنهم يقومون بتركيزها)، ثم يضعون الوعاء في جهاز حاضن فيه ظروف مناسبة للإخصاب. تتحد الخلايا التناسلية دون مساعدة إضافية، لكن يتم ذلك خارج جسم المرأة.

في المرحلة الثالثة، تبدأ خلايا البويضة التي تمَّ تخصيبها في المختبر بإنقسام الميوزا وتتطور إلى أجنة. بعد عدة إنقسامات، تَنْتُج أجنة مكوَّنة من 4 أو 8 خلايا.

في المرحلة الرابعة، يتم فحص سلامة خلايا الجنين. إذا كانت خلايا الجنين سليمة، فإنهم يدخلون من 2-3 أجنة صغيرة إلى رحم المرأة التي أُخرجت منها خلايا البويضة.



الرسمة د -1: مراحل في عملية الإخصاب خارج الجسم

اتضح من الخبرة التي تراكمت منذ أن بدأوا تنفيذ عمليات الإخصاب خارج الجسم أن احتمال حمل المرأة المعالجة وإنجاب طفل سليم حوالي **30%**. الجنين الذي يتطور في رحم الأم هو ابنهم البيولوجي للزوج، لأن البويضة والخلايا المنوية أُخذت منهما. من هذه الناحية، لا يوجد فرق بين طفل "الأنبوب" وبين الطفل الذي تكوَّن بطريقة طبيعية.

بما أن الإخصاب بالأنبوب متعلق بتكنولوجيا دقيقة وباهظة وبعلاج هورموناني مستمر يؤدي إلى معانة الأم بشكل كبير جدًا، فمن المعتاد أن يسحبوا من جسم المرأة خلايا بويضة أكثر من المطلوب لإنتاج حَمل واحد. يتم تخصيب جميع خلايا البويضات التي تمَّ سحبها، أما **الأجنة الفائضة** فإنهم يجمدونها في أجهزة خاصة في درجات حرارة منخفضة جدًا (**196°C-**)، وهكذا يمكن حفظها عدة سنوات لحمل إضافي في المستقبل.

جدير بالمعرفة

جائزة نوبل لمكتشف طريقة الإخصاب خارج الجسم

في سنة **2010** ، حاز البروفسور روبيرت ادواردس (Robert Edwards) من انكلترا على جائزة نوبل في الطب والفسيولوجيا على مساهمته في تطوير طريقة الإخصاب لبنو البشر خارج الجسم.
طريقة الإخصاب خارج الجسم، كانت معروفة عند الثدييات - الفئران والأرانب- لكن ادواردس وجد الظروف المناسبة لإخصاب خارج الجسم خلايا بويضات أُخذت من جسم إمرأة، وهكذا فتح الطريق لأزواج كثيرة أن تكون والدين. طفل الأنبوب الأول، هو لويز بارئون الذي وُلد في انكلترا في سنة **1978**، ومنذ ذلك الحين، وُلِدوا ملايين الأطفال بطريقة الإخصاب خارج الجسم.

سؤال د - 1

لكي يستمر تطور الجنين الذي نَتَج في الإخصاب خارج الجسم، يجب إدخاله إلى الرحم. ماذا يمكن الاستنتاج من ذلك؟

جدير بالمعرفة

تجميد خلايا تناسلية

يُتيح الحفاظ على حيوية خلايا في ظروف تجميد عميق (**196°C-**) أن نحافظ على الأجنة وعلى الخلايا التناسلية أيضًا - البويضات والخلايا المنوية. يتم حفظ الخلايا التناسلية في تجميد عميق، على سبيل المثال، في حالات مرض السرطان، عندما يُعالج المريض علاج كيميائي يهدد الخلايا التناسلية بالخطر. في هذه الحالات، يتم إخراج خلايا تناسلية قبل العلاج الكيميائي وتُجمد في جهاز خاص (الرسمة د - 2). بعد الشفاء، يمكن إنتاج أجنة بواسطة إخصاب خارج الجسم من الخلايا التناسلية التي تمَّ تجميدها وزرعها في جسم الأم. وهكذا يمكن أن نساعد المرضى بعد شفائهم أن يكونوا والدين لأبناء أصحاء.

الرسمة د -2: أجهزة لحفظ خلايا في تجميد عميق

الخلايا التي تبرعها رجال أصحاء، يتم حفظها في تجميد عميق في **بنك الخلايا المنوية** وهي متوافرة للنساء التي تحتاج تبرع خلايا منوية، مثل: النساء التي يعاني أزواجهن من خلايا منوية غير قادرة على إخصاب البويضة، أو نساء غير متزوجات ويرغبن أن تكون أمهات أحادية الوالدين.

د2.1 تطبيقات الإخصاب خارج الجسم

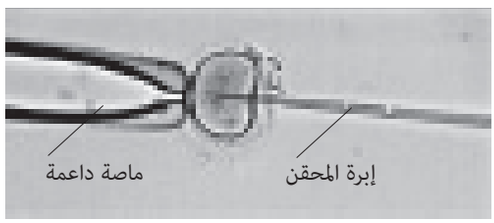
تُتيح تكنولوجيا الإخصاب خارج الجسم استعمالات إضافية للاستعمالات التي ذُكرت في البند السابق.

إخصاب إصطناعي

عندما لا تنجح الخلايا المنوية في دخول خلية البويضة، فعندئذٍ يمكن تنفيذ إخصاب إصطناعي. يتم الإخصاب الإصطناعي بواسطة حقن خلية منوية واحدة داخل بويضة ناضجة بواسطة محقن دقيق جدًا (الرسمة د -3). الحقن لا يؤدي أي ضرر لخلية البويضة!

للمزيد عن
فحص صلاحية الأجنة،
بتوسع فيما بعد.

بعد الحقن، نضع خلية البويضة المخصبة داخل حاضنة فيها ظروف مناسبة للإنقسام. بعد حدوث عمليتيْ انقسام للجنين، نتأكد من أن الجنين سليم ونضعه في رحم الأم.



الرسمة د-3: حقن خلية منوية داخل خلية بويضة

الفرق الأساسي بين الإخصاب خارج الجسم العادي وبين الإخصاب خارج الجسم الإصطناعي هو أنه في الطريقة الأولى، تدخل الخلية المنوية البويضة (الإخصاب) بطريقة تلقائية وعشوائية، أما في الإخصاب "الإصطناعي" - الاختيار ليس عشوائيًا. يختار منفِّذ التخصيب خلية منوية للإخصاب ويُدخلها بشكل إصطناعي داخل خلية البويضة.

الحاضنة

أحيانًا لا تستطيع النساء الحمل على الرغم من أن خلايا البويضة عندها سليمة. مثلًا: نساء لا يوجد لديهن رحم أو رحمهن غير سليم. الحل لهذه الحالات هو الحاضنة. بهذه الطريقة، يتم تخصيب بويضة المرأة مع خلية منوية من زوجها بإخصاب عادي خارج الجسم، لكن الجنين الذي بدأ تطوره خارج الرحم، يتم "زرعه" في رحم مرأة أخرى وافقت على أن تكون الحاضنة. تمر الحاضنة بعلاج هورموناني لتحضير رحمها لاستيعاب الجنين، حيث تحصل خلال العلاج على أقراص دواء تحتوي على هورمون الإستروجن الذي يؤدي إلى تطور الطبقة المخاطية للرحم، من خلال تزامن دورة حيضها مع الأم البيولوجية. فيما بعد، بالموازاة لنمو الأجنة في المختبر، تحصل الحاضنة على البروجسترون الذي يؤدي إلى إعداد الطبقة المخاطية للرحم لاستيعاب الجنين. يستمر العلاج بالدواء حوالي 8 أسابيع. بعد ذلك، تُنْتِج مشيمة الحاضنة هورمونات بكمية كافية وتُفرزها لاستمرار الحمل.

تنمي الحاضنة في رحمها طفلًا ليس لها، ومباشرةً بَعد الولادة تقدمه لوالديه البيولوجيين اللذين أُخذ منهما الخلية المنوية وخلية البويضة.

حل الحاضنة ليس سهلًا من ناحية قانونية وعاطفية، وهو يُلزم جميع الأطراف بالتوقيع المسبق على اتفاق بين الوالدين والحاضنة، حيث يشمل المبلغ الذي تحصل عليه الحاضنة مقابل جهودها.

في سنة 1996، سُن في البلاد قانون الحاضنة الذي سُمي "قانون الاتفاقات لحمل الأجنة" (مصادقة الإتفاق وحالة المولود). يزوِّد القانون تعريفًا دقيقًا للظروف المطلوبة لمصادقة الحاضنة.

سؤال د- *2*

الطفل الذي يولد لأُم حاضنة يشبه من ناحية وراثية:

1. الأُم الحاضنة والأب البيولوجي.

2. الأُم البيولوجية والحاضنة.

3. الأب البيولوجي والأُم البيولوجية.

4. للثلاثة اللذين اشتركوا في العملية.

اختاروا الإجابة الصحيحة.

الحمل من تبرع خلية البويضة

تحتاج قسم من النساء لأسباب مختلفة، مثل: السن أو المرض إلى تبرع خلية بويضة (تبرع بويضات). هؤلاء النساء، لا توجد لديهن بويضات مناسبة للإخصاب، لكنها تستطيع أن تنمي في رحمها جنينيًا وأن تلد أيضًا. يُتيح الإخصاب خارج الجسم لهؤلاء النساء أن تحمل وأن تنجب طفلًا للعالم بواسطة خلية بويضة تتبرعها لها امرأة أخرى. خلية البويضة ليست من الأم، لكن الخلية المنوية التي تُخصبها من الأب، لذا الطفل هو النسل البيولوجي لأحد الوالدين، والأم تشعر شعور الحمل والولادة.

إيجاد خلل وراثي في الأجنة

اليوم، يُتيح التطور العلمي وطريقة الإخصاب خارج الجسم أن نميِّز خللًا وراثيًا في الجنين قبل أن يرتبط في الرحم، وهكذا نمنع ولادة طفل يعاني من مرض وراثي خطير. الزوج اللذان كل واحد منهما يحمل نسخة واحدة لجين مرض وراثي معين، حيث يحدث المرض بواسطة جين واحد، يوجد احتمال كبير (25%) أن يولد لهما طفلًا يحمل في خلاياه نسختان من جين المرض، لذا يكون مريضًا بمرض وراثي. في هذه الحالات، يقترح الأطباء تنفيذ إخصاب عادي خارج الجسم، حيث تُعطى فرصة للزيجوت أن ينقسم ويُنْتِج 8 خلايا. في هذه المرحلة، يُخرج الأطباء خليتين من الجنين ويفحصون ما إذا يحمل الجنين نسختين من الجين المسؤول عن المرض الوراثي (يتم الفحص في كل خلية منفردة، لكي تكون إعادة للفحص). الأجنة التي لا تحمل نسختين من الجين المسؤول عن المرض، يتم إدخالها إلى الرحم.

هذه الطريقة التي بواسطتها نستطيع أن نجد قبل الحمل أجنة يهددها خطر تطور أمراض وراثية صعبة، أدت إلى انخفاض كبير جدًا في عدد الأطفال الذين يولدون مع أمراض وراثية. على الرغم من ذلك، يوجد أمراض وراثية، لم نجد لها حتى الآن الجين المسؤول عنها، أو أنها تحدث بواسطة عدة جينات، لذا لا توجد إمكانية لفحص أخطار هذه الأمراض على الجنين. أحد الأمراض الذي يمكن فحصه اليوم في الجنين هو مرض الطايزكس.

جدير بالمعرفة

مرض الطايزكس

مرض الطايزكس (Tay-Sachs) هو مرض وراثي يحدث نتيجةً لنقص في إنزيم مسؤول عن العمليات الأيضية للدهنيات في المخ. يتطور المرض في سن الرضاعة ويؤدي إلى أضرار صعبة في المخ. يتوقف تطور هؤلاء الأطفال ويموت معظمهم في السنوات الأولى من حياتهم. اليوم، يقترح الأطباء للأزواج الذين أصلهم أشكنازي أو شمال إفريقي أن يفحصوا ما إذا هم يحملون الأليل في خلاياهم، لأن تكرارية هذا المرض عالية نسبيًا عند هؤلاء الأزواج، وهكذا يمنعون ولادة طفل مريض.

نسبة وجود الأليل المسؤول عن المرض عند اليهود من أصل أشكنازي هو **1:30** وعند اليهود من أصل شمال إفريقي هو **1:110**، أما عند جميع السكان، التكرارية**1:300** تقريبًا.

سؤال د - 3

لكي نفحص سلامة الجنين، نُخرج خليتين من بين خلايا الجنين الثماني. على الرغم من هذه العملية الجراحية، يستمر الجنين المكون من 6 خلايا في التطور السليم بشكل مطلق. ما هو السبب لذلك؟

توسع

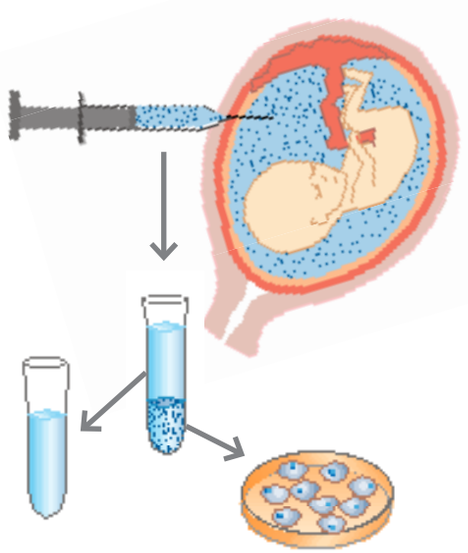
فحص سلامة الأجنة خلال الحمل

خلال الحمل أيضًا، يمكن أن نفحص ما إذا الجنين يتطور بشكل سليم وهل أجهزته سليمة. يمكن تنفيذ ذلك بواسطة تصوير فوق صوتي (اولتراساوند)، فحص دم الأم بطرق بيوكيميائية وفحص خلايا الجنين الذي يتطور في الرحم بالميكروسكوب (المجهر). لكي نفحص ما إذا يوجد خلل في مبنى الكروموسومات أو ما إذا عددها غير سليم، يجب أن نعزل خا[illegible] عدة خلايا من الجنين وتوجيهها إلى وضع فيه انقسامات ميتوزا، لأنه فقط في[illegible] نرى، عبر الميكروسكوب، الكروموسومات بشكل واضح، ويمكن أن[illegible] نعدَّها وأن نرى ما إذا هي سليمة.

كيف يمكن أن نفحص خلايا الجنين بواسطة ميكروسكوب دون[illegible] نؤدي إلى ضرر في الجنين ذاته؟ لهذا الغرض، نستعمل اليوم [illegible] الطريقتين الآتيتين:

فحص سائل السّلى

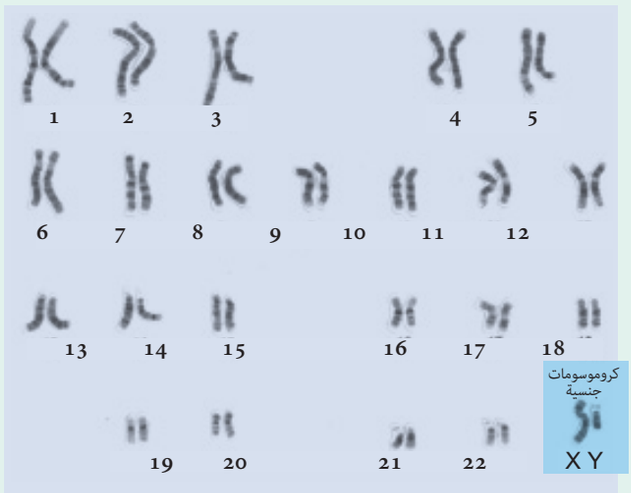
يتم هذا الفحص بين الأسابيع **15-20** للحمل وهو دارج الاستعمال حوالي **40** سنة (الرسمة د - 4). في سائل السلى الموجود حول الجنين، تتساقط خلايا من الجنين، لذا يمكن فحص الكروموسومات فيها. نُخرج بحذر كمية قليلة من سائل السلى الذي يعيش داخله الجنين، ثم نفصل خلايا الجنين عن السائل ونفحص فيها المكونان. لكي نقلص خطر إصابة الجنين بضرر، يتم سحب السائل خلال مشاهدته بواسطة جهاز الاولتراساوند.



الرسمة د -4: فحص سائل السلى

بعد أن نحث الخلايا التي أخرجناها إلى انقسام الميتوزا، يمكن أن نرى الكروموسومات عبر الميكروسكوب. لكي نفحص الكروموسومات، نصوِّر الخلية، "نقص" (بالحاسوب) الكروموسومات ونرتبها في أزواج متماثلة وفقًا لطولها وتفاصيل مبنى إضافية. بحسب الاتفاق العالمي السائد بين العلماء، لكل زوج من أزواج الكروموسومات المتماثلة يوجد ترقيم. في خلايا الإنسان، يوجد **22** زوجًا من الكروموسومات المتماثلة وزوج واحد من الكروموسومات الجنسية المشار إليهما بالحرفين **x** وَ **y**. تساعد عملية الفحص على إيجاد فائض أو نقص في الكروموسومات وأيضًا خلل في مبنى كروموسومات معينة.

تعرض الرسمة د-5 كروموسومات في خلية رجل فيها هيئة كروموسومات سليمة.



الرسمة د -5: هيئة كروموسومات سليمة في خلية رجل (رُتِّبت الكروموسومات بحسب أزواج متماثلة). صوِّرت الكروموسومات بواسطة ميكروسكوب ضوئي وهي مكبرة **5,000** ضعف تقريبًا

فحص خَمَلات غشاء كوريون

كما رأيتم في الفصل الثالث، خَملات غشاء الكوريون التي مصدرها من الجنين هي جزء من المشيمة (انظروا الرسمة ج -**14**). بين الأسابيع **10-12** أسبوعًا من الحمل، يمكن أن نُخرج قطعة من خَملات الكوريون الموجودة في المشيمة. ونفحص في الخلايا التي أُخرجت دلالات لأمراض وراثية في الجنين. يتم فحص عدد الكروموسومات ومبناها كما هو الأمر في فحص سائل السلى.

عندما تكون حاجة لفحص خلايا الجنين، أي فحص من الأفضل أن ننفِّذ - فحص خَملات غشاء كوريون أو فحص سائل السلى؟ ⁉

يعرض الجدول د-**1** مقارنة بين الفحصين.

جدول د -1: مقارنة بين فحص خَملات الكوريون وفحص سائل السلى

	فحص خَملات الكوريون	فحص سائل السلى
زمن الفحص	في مرحلة مبكرة من الحمل نسبيًا (الأسبوع 10-12)، قبل أن تشعر الأم بحركات الجنين والحمل لا يبدو للأنظار.	في مرحلة متأخرة من الحمل نسبيًا (الأسبوع 15-20). تشعر الأم بحركات الجنين والحمل يبدو للأنظار.
خطر الإجهاض في أعقاب تنفيذ الفحص	الخطر كبير نسبيًا (1:100).	الخطر صغير نسبيًا (1:200).
حسنات	إذا كان الجنين غير سليم، يمكن تنفيذ إجهاض. من ناحية جسمانية ونفسية، الإجهاض أسهل من الولادة.	في سائل السلى، تعوم خلايا مصدرها من الجنين فقط، ومن المؤكد أن الخلايا المفحوصة مصدرها من الجنين وليس من الأم.
سيئات	بالإضافة إلى خطر الإجهاض الكبير نسبيًا، يوجد خطر أن تؤخذ بالخطأ خَملات كوريون من خلايا الأم. إذا كان الجنين أنثى، فمن الصعب أن نميِّز الخطأ، وهناك إمكانية لإتخاذ قرار خاطئ.	إذا كان الجنين غير سليم، لا يمكن تنفيذ إجهاض في هذه المرحلة ويجب تنفيذ ولادة مبكرة. هذه الولادة هي صعوبة عاطفية وجسمانية للوالدين.

الوالدان هما اللذان يقرران الفحص الذي يجب تنفيذه، وما إذا يستمر الحمل في حالة اكتشاف مشكلة معينة في الجنين.

يوصي الأطباء اليوم بتنفيذ فحص سائل السلى للنساء التي أعمارها أكثر من 35 سنة. من المعروف في هذه الأعمار أن تكرارية خلايا البويضة التي تحتوي على 24 كروموسومًا كبيرة بالمقارنة للتكرارية عند النساء التي أصغر منها سنًا. في فحص خَملات الكوريون وفي فحص سائل السلى، نرى كروموسومات الجنين ويمكن أن نعرف بالتأكيد ما إذا هيئة كروموسوماته سليمة. يُتيح الفحصان تمييز أمراض وراثية في الجنين بواسطة فحص الكروموسومات بطريقة ميكروسكوبية. هذان الفحصان مهمان بالأساس، عندما يكون معروف في العائلة مرض وراثي أو عندما تكون الأم كبيرة السن. أحد الأسباب الشائعة لتنفيذ الفحص هو إيجاد أجنة تعاني من **متلازمة داون**.

ما هي متلازمة داون؟

الجنين الذي يحمل في خلاياه ثلاث نُسخ من كروموسوم رقم 21 بدل اثنان، فإنه يعاني من سلسلة أضرار جسمانية وعقلانية تشكل معًا متلازمة داون (Down's Syndrome). يحدث الخلل في عدد الكروموسومات، في أعقاب خطأ خلال الميوزا (عادةً عند الأُم) الذي بسببه تَنْتُج خلية تكاثر فيها كروموسومان رقم 21 بدل كروموسوم واحد، ومجموع الكروموسومات هو 24 بدل 23 (n+1 كروموسومات). الجنين الذي يَنْتُج من خلية تناسل كهذه، يحصل على كروموسومين رقم 21 من أمه وعلى كروموسوم واحد من أبيه. هذا الجنين يكون فيه ثلاث نُسخ من الكروموسوم رقم 21 بدل اثنان، وعدد الكروموسومات في خلاياه تكون 47 بدل 46 (2n+1 كروموسومات). بودنا أن نشير إلى أن هذا النوع من الخطأ، قد يحدث في كروموسومات أخرى أيضًا، لكن في معظم هذه الحالات، لا يتطور الجنين ويحدث إجهاض طبيعي.

الأطفال الذين يعانون من متلازمة داون، توجد لديهم درجات مختلفة من التخلف العقلي وعيوب جسدية مختلفة.

عندما تكون درجة التخلف العقلي ليست كبيرة بشكل خاص، يمكن دمج هؤلاء الأطفال في العمل، المجتمع، كما يمكن إكسابهم مهارات حياتية تُتيح لهم إمكانية العيش بشكل مستقل وكبالغين. يتجند قسم قليل منهم كمتطوعين في الخدمة العسكرية.

بحسب البحث الذي أُجري في انكلترا ونُشر في سنة **2009**، اتضح أن المعرفة المسبقة، ما إذا الجنين يعاني من متلازمة داون، أدت إلى انخفاض كبير جدًا في عدد الأطفال الذين يولدون مع هذه المتلازمة. لولا إمكانية تنفيذ هذه الفحوصات، فمن المتوقع أن تكون النسبة المئوية للأطفال الذين يولدون مع هذه المتلازمة عالية، لأن كثير من النساء تلد اليوم في سن متأخر فيه احتمال كبير أن تَنْتُج خلايا فيها **24** كروموسومًا.

بسبب الأخطار المتعلقة بفحص خَملات الكوريون وبفحص سائل السلى، يوجد اقتراح أيضًا لإجراء فحوصات دم بيوكيميائية متنوعة أثناء سير الحمل، لأنها تستطيع أن تُشير إلى احتمال ولادة طفل مع متلازمة داون. تساعد هذه الفحوصات البيوكيميائية على اتخاذ قرارات بحذر حول ما إذا يمكن تنفيذ فحص خطير، لكن تزوِّدنا هذه الفحوصات بإجابة مؤكدة عن هيئة كروموسومات الجنين ويمكن أن تمنع ولادة طفل مصاب.

د2. التكنولوجيا تساعدنا لكنها تخلق صراعات أيضًا

الإمكانيات المتعددة والمتوفرة اليوم أمام الوالدين، تساعد على حل مشاكل، لكنها تُثير صراعات صعبة أيضًا. في هذا البند، نفحص قسمًا منها.

الإجهاض: نعم أو كلا.

الإجهاض الذي يمكن تنفيذه اليوم دون أن يشكِّل خطرًا على الأُم، أدى إلى النساء الحوامل التي لا ترغب في استمرار الحمل لأسباب معينة (صعوبات اقتصادية، فرق صغير في السن بين أطفال العائلة وما شابه) أن تختار عملية الإجهاض. يدعي هؤلاء الأشخاص أن للفرد الحق على جسده: في هذه الحالة، من حق المرأة أن تقرر الاستمرار في الحمل والولادة أو الإجهاض.

بالمقارنة مع ذلك، يرى أناس كثيرون أن عملية إجهاض جنين سليم، هي عملية غير أخلاقية وتعتبر قتل نفس.

لا يسمح القانون في إسرائيل عملية الإجهاض، إلا عندما يكون سببًا مقنعًا، مثل: مرض أو عاهة أساسية في الجنين، خطر الحياة على الأم، أو خطر إصابة الأُم جسديًا أو نفسانيًا. بحسب القانون، يحتاج تنفيذ الإجهاض إلى موافقة لجنة مختصة تشتمل على أطباء مختصون وأخصائيين اجتماعيين.

يوجد للإجهاض **جانب ديني**. ترى الديانات الثلاثة - اليهودية، المسيحية والإسلامية الإجهاض بشكل متشابه: تسمح الديانات الإجهاض عندما يكون خطر حقيقي على حياة الأم. عندما يكون سبب الإجهاض آخر، مثل: تشويه أساسي في الجنين، أو ضائقة اقتصادية أو نفسية للعائلة، تختلف آراء الديانات وزعمائهم الروحيون عن بعضهم.

لمن ينتمي الجنين الذي تمَّ تجميده؟

كما ذكرنا من قبل، **الأجنة الفائضة** التي نَتَجت في الإخصاب خارج الجسم، يتم تخزينها في تجميد عميق. قدرة التكنولوجيا التي تستطيع أن تحتفظ بجنين كبره أربع أو ثماني خلايا في ظروف تجميد، تُثير أحيانًا صراعات غير بسيطة. الجنين الموجود في التجميد خارج جسم الأم، يمكن أن يتحول إلى نقطة خلاف بين الوالدين في حالة الطلاق أو الانفصال عن بعضهما. ماذا نعمل إذا أراد أحد الوالدين طفلًا، أما الوالد الآخر، فإنه يعترض على استعمال الأجنة؟ لمن تنتمي الأجنة المجمدة إذا توفي الوالدين؟ والأهم من ذلك: ما هي مصلحة الطفل الذي ربما يولد؟

في الحمل الطبيعي، عندما يكون الجنين في رحم أُمه، فهو جزء منها. لذا لا نستطيع اتخاذ قرارات تتضارب مع رغبات الأم. الأم، كما هو الأمر لكل شخص، يوجد لها حق أساسي: حق الشخص على جسده. من هنا يمكن الادعاء أنه لا يوجد حق لأي شخص أن يفرض الإجهاض على المرأة أو يمنعها من الإجهاض. لكن عندما يكون الجنين خارج جسم أمه، في تجميد عميق، فإن الأمر يختلف تمامًا.

صراع

أمامكم حدث في البلاد في سنوات التسعينيات من القرن العشرين: أراد والدين متزوجين أن ينجبا أطفالًا، احتاج الزوجين علاج إخصاب خارج الجسم. لم ينجح أي علاج معهما، لكن بقيت عدة أجنة تنتمي إلى الزوجين في التجميد. بعد مرور مدة زمنية، انفصل الزوجين عن بعضهما. تزوج الرجل مرةً أخرى وأنجب أطفالًا. أما الزوجة التي لم تُنجب أطفالًا، فقد قررت أن تُنجب طفلًا أو اثنان من الأجنة التي جُمدت وحُفظت. عندما عرف زوجها السابق ذلك، اعترض بشدة وقام برفع دعوة في المحكمة.

سؤال د - 4

أ. ما هي الإدعاءات التي يمكن أن يدعيها كل واحد من الزوجين، لكي يدعم مطلبه؟

ب. لو كنتم الحاكم في المحكمة، ما هو قرار الحكم الذي تصدرونه؟ عللوا قراركم.

كثرة الأجنة: نعمة أم نقمة؟

يمكن أن يحدث صراع إضافي في أعقاب علاج أُعِدَّ لإنضاج جُرَيْبات. في هذا العلاج، يتم استعمال كميات كبيرة من الهورمونات التي تؤدي إلى نضوج عدة جُرَيبات وخروج عدة خلايا بويضات في نفس الوقت. إذا حدث إخصاب، فقد يؤدي إلى حمل متعدد الأجنة - خمسة أجنة وأكثر من ذلك.

عندما يُنفَّذ الإخصاب خارج الجسم، يتم إدخال حوالي 3 أجنة على أمل أن يتطور واحد منها على الأقل، لكن قد تتطور الأجنة الثلاثة والحمل يكون متعدد المراحل. يُثير الحمل متعدد الأجنة صراعًا صعبًا: كلما كان عدد الأجنة كبيرًا، يزداد الخطر على الأم والأجنة ويقل احتمال تطور الأجنة بشكل سليم في الرحم. يوصي الأطباء على علاج يقلل عدد الأجنة (علاج يُسمِّى تفريد الأجنة). يتم هذا العلاج في مرحلة مبكرة جدًا من الحمل، عندما تكون الأجنة في مراحل التطور الأولى. يضمن تقليل عدد الأجنة أن يكون تطور سليم لجنينين أو ثلاثة أجنة، أن تكون ولادة في الموعد وأن يقل خطر ولادة خُدج. يعترض قسم من الأزواج على هذه التوصية، لأن تفريد (تقليل) الأجنة بحسب رأيهم يعتبر قتل أطفالهم.

الصراع في هذه الحالة يكون صعب جدًا بشكل خاص، لأن العدد الكبير للأجنة في الرحم، يشكِّل خطرًا على حياة الأم.

نلاحظ أن التطبيقات التكنولوجية في الطب لها وجهان: من ناحية واحدة، تحل التكنولوجيا مشاكل ومحن صعبة، ومن ناحية أخرى، قد تُثير الحلول صراعات أخلاقية جديدة. من الأفضل أن نعي جميعنا معنى استعمال التكنولوجيا والمشاكل التي قد تنجم في أعقابها. قد تساعدنا المعرفة السابقة في مواجهة الصراعات التي قد تواجهنا خلال حياتنا.

د3. تنظيم تعداد العائلة

لم يكن في الماضي شائعًا تنظيم تعداد العائلة. كانت الأسباب لذلك كثيرة ومتنوعة، من بينها نسبة وفيات عالية لأطفال وأولاد صغار السن، الاعتقاد الديني وعدم المعرفة. أم اليوم، تنظيم العائلة شائع في مجتمعات كثيرة وفي أقسام واسعة في العالَم. على الرغم من ذلك، يُثير هذا الموضوع نقاشًا.

في العصر الحديث، يصل معظم الأطفال سن البلوغ، ويستطيع الوالدين بوسائل محتلفة أن يحددوا عدد الأطفال وموعد ولادتهم. الحمل غير المنظم وغير المرغوب به، قد يكون عبئًا على العائلة والفرد وقد يؤثر سلبًا على الوليد. هناك عامل إضافي يؤثر على الرغبة في تنظيم كبر العائلة وهو التغيير في تقسيم الوظائف في العائلة: في عائلات كثيرة اليوم، يعمل الوالدين خارج البيت لتأمين قوة معيشتهم، لذا يعتبر التطور المهني معيارًا في تخطيط كبر العائلة وموعد ولادة الأطفال.

طوِّرت **وسائل لمنع الحمل**، لكي نمنع حدوث حمل غير مرغوب به. من بين جميع الوسائل والطرق المقبولة، لا توجد أي وسيلة تمنع الحمل بشكل مطلق، كما أنه لا توجد طريقة واحدة مناسبة للجميع. كل طريقة لمنع الحمل لها حسناتها وسيئاتها. يجب أن يتم اختيار طريقة منع الحمل المناسبة بإرشاد وبإستشارة طبيةضجة. :

تعتمد طق منع الحمل بالأساس على المبادئ الآتية:

- منع التقاءأو تلامس بين الخلايا المنوية وخلية البويضة الناضجة.
- تغيير التوازن الهورموناليّ في جهاز التكاثر.
- منع زرع الجنين في الرحم.

العازل الذكري هو وسيلة لمنع الحمل وهو يمنع تلامسًا بين الخلايا المنوية الذكرية وخلية البويضة الناضجة. حسناته الكبيرة أنه متوافر كل الوقت. بالإضافة إلى ذلك، يعتبر العازل الذكري وسيلة المنع الوحيدة التي بإمكانها أن تمنع انتقال أمراض عبر الأعضاء التناسلية. العازل الذكري هو كيس مطاطي ومرن، يضعه الرجل على القضيب وهكذا يمنع تلامس مباشر بين الأعضاء التناسلية للذكر والأنثى. نجاعة العازل الذري لمنع الحمل ليست عالية (حوالي 85%)، لكن إذا كان هناك خوف أن أحد الزوجين يحمل مرض جنسي معين، بما في ذلك الإيدز، فالعازل الذكري هو أنسب وسيلة لتحقيق الهدفين. في نفس الوقت، يجب التذكر أن العازل الذكري قد يتمزق أو تتسرب منه خلايا منوية وعندئذ لا قيم له بتاتًا.

الغشاء الحاجب هو وسيلة منع حمل إضافي يمنع التلامس بين الخلايا المنويةً وخلية البويضة الناضجة، وعلى نقيض العازل الذكري فهو معد للمرأة. الغشاء الحاجب هو حاجز مصنوع من مادة اصطناعية يُضع على سطح عُنق الرحم، لكي يمنع دخول خلايا منوية إلى الرحم.

استخدام الغشاء الحاجب أقل استعمالًا من العازل الذكري. نجاعته قليلة، ولكي نحسِّن نجاعته، يوصي الأطباء استعمال وسائل أخرى بالإضافة لاستعمال الغشاء الحاجب.

الأقراص لمنع الحمل هي وسيلة تُغيِّر التوازن الهورموناليِ في جهاز التكاثر. الأقراص هي الوسيلة الأكثر نجاعة لمنع الحمل (تُقدر نجاعتها حوالي 100%)، شائعة جدًا، لكنها لا تمنع العدوى بأمراض تنتقل خلال ممارسة العلاقات الجنسية. يوجد أنواع أقراص مختلفة، لكنها تعمل على نفس المبدأ تقريبًا، جميعها تحتوي على هورمونات من مجموعة الإستروجن أو من مجموعة البروجسترون التي تؤثر وتمنع الإباضة (عمليًا، تمنع الارتفاع الحاد في مستوى الهورمون LH في الدم الذي يؤدي إلى الإباضة). إذا لم تتم الإباضة، لا يحدث حمل. تُؤخذ الأقراص لمدة 21 يومًا وخلالها تتطور الطبقة المخاطية للرحم بتأثير الهورمونات الموجودة في الأقراص. بعد مرور 21 يومًا، تتوقف المرأة عن تناول الأقراص لمدة 7 أيام ونتيجةً لذلك تتساقط الطبقة المخاطية للرحم ويحدث نزيف. هذا يعني، تَنْتُج دورة حيض اصطناعية دون إباضة.

استعمال كل نوع من الأقراص يختلف عن الآخر، لذا من المهم جدًا التشديد على تناول الأقراص بحسب التعليمات. قد تكون تأثيرات جانبية سلبية للأقراص المختلفة، لذا بعد الإستشارة الطبية التي تمَّت فيها ملاءمة قرص منع الحمل المناسب للمرأة، من المهم متابعة تأثير القرص على المرأة والتأكد من أن القرص مناسب لها.

الأقراص الموجودة اليوم للاستعمال مُعدَّة للمرأة فقط. خلال السنوات، توجد محاولات لإنتاج أقراص للرجل، لكن لا توجد حتى الآن معلومات كافية حول نجاعة الأقراص التي طُوِّرت حتى الآن للرجل واستعمالها قليل جدًا.

الجهاز داخل الرحم هو وسيلة منع حمل يمنع من زرع الجنين في الرحم. هذا الجهاز مصنوع من مادة بلاستيكية، أو من نحاس، أو من فولاذ لا يصدأ، حيث يتم إدخاله إلى تجويف (فراغ) الرحم بطريقة طبية، ويمكن أن يبقى في الرحم لعدة سنوات. يغيِّر هذا الجهاز الطبقة المخاطية للرحم ويمنع من زرع الجنين في الرحم. نجاعة هذا الجهاز لمنع الحمل عالية (حوالي 95%)، لكنه غير مناسب للنساء التي لم تلد وهو بحاجة إلى مراقبة وإشراف طبي.

سؤال د - 5

لا تتم الإباضة خلال الحمل أو نتيجةً لتناول أقراص لمنع الحمل. اشرحوا المشترك للحالتين واشرحوا كيف يتم منع الإباضة فيهما؟

سؤال د - 6

أ. اقرأوا القطعة التي تبحث أقراص منع الحمل، ثم اذكروا حقيقتين بيولوجيتين تدل على أن هذه الأقراص أُعدَّت للنساء فقط.

ب. اعتمدوا على ما تعلمتموه عن إنتاج الخلايا المنوية وأدائها، ثم اذكروا، ماذا يمكن أن يكون مبدأ نشاط هذا القرص عند الرجل؟ اشرحوا.

ت. يحاول باحثون تطوير قرصًا للرجل لمنع الحمل عند النساء: يتناول الرجل كل يوم قرصًا واحدًا (بشكل مؤقت)، لكي يمنع إنتاج الخلايا المنوية. هل من المهم، بحسب رأيكم، أن يتم تطوير قرصًا من هذا النوع؟ عللوا.

جدير بالمعرفة

"الأيام المضمونة" "ليست مضمونة"!

كما تعلمتم في الفصل الثالث، في اليوم الـ **14** من الدورة الشهرية (دورة الحيض)، تبدأ الإباضة ومنذ تلك اللحظة ولمدة حوالي **24** ساعة، تكون البويضة مستعدة للتخصيب. وبعد ذلك تتحلل إنْ لم تُخصب. يعتقد أشخاص كثيرون أنه يمكن منع الحمل بواسطة استعمال الطريقة المسماة" الأيام المضمونة". بهذه الطريقة، تتم ممارسة العلاقة الجنسية فقط في الأيام التي لا يحدث فيها إخصاب. في كل شهر، يوجد يوم واحد مناسب لحدوث الإخصاب. من المهم أن نذكر أن الخلايا المنوية تبقى حيوية لمدة **4** أيام تقريبًا، وهذا يعني أنه إذا كانت خلايا منوية موجودة في الرحم من **3-2** أيام قبل الإباضة، فإنها تكون قادرة على تخصيب خلية البويضة ونتيجة لذلك يتطور حمل. لذا يجب الامتناع عن القيام بعلاقة جنسية حوالي **4** أيام في كل شهر.

كما رأينا، عدد أيام دورة الحيض غير موحد حتى عند نفس المرأة. بالطبع لا نستطيع الاعتماد على العدد **28** (أيام) الذي هو معدل مدة دورة الحيض، وهو يعتمد على عدد كبير جدًا من دورات الحيض الحقيقية لعدد كبير جدًا من النساء. واضح أنه عندما تكون مدة الدورة ليست **28** يومًا، فإنّ الإباضة لا تبدأ في اليوم الـ **14**، لذا من الصعب أن نعرف توقيت الإباضة. من الصعب أن نفهم، لماذا ما زالت هذه الطريقة شائعة، على الرغم من أنه بات معروفًا أنه لا يمكن الاعتماد عليها (نجاعتها حوالي **70%**). هناك حالات حمل كثيرة غير مخطط لها وهي نتيجةً للإعتماد على "الأيام المضمونة".

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

- ينجح الطب الحديث اليوم بالدمج مع التكنولوجيا المتقدمة أن يساعد أزواج كثيرة تعاني من مشاكل إنجاب أطفال أن تُرزق أطفال بطرق مختلفة لم تكن ممكنة في الماضي.
- الإخصاب خارج الجسم هو إخصاب يتم خارج جسم المرأة. وهو مناسب للأزواج الذين لا ينجحون لأسباب معينة في إنجاب أطفال بطريقة طبيعية، كما أنه مناسب لحالات تكون في العائلة أمراض وراثية، يمكن فحصها في مراحل مبكرة بعد الإخصاب.
- يوجد استعمالات إضافية كثيرة لتكنولوجيا الإخصاب خارج الجسم، مثل: الإخصاب الإصطناعي، حاضنة الحمل، حمل من تبرع خلية بويضة وإيجاد عيوب وتشويهات وراثية في الجنين.
- خلال الحمل، يمكن أن نفحص سلامة الجنين بواسطة فحص خَملات الكوريون أو فحص سائل السلى.
- الإمكانيات التكنولوجية المتوفرة اليوم للإنسان، تساعد على حل مشاكل، لكنها تُثير صراعات صعبة.
- الوسائل الشائعة لمنع حمل غير مرغوب به: العازل الذكري، الأقراص والجهاز داخل الرحم. العازل الذكري هو أيضًا وسيلة لمنع العدوى بأمراض تُنقل بواسطة ممارسة الجنس مثل مرض الإيدز.
- طريقة "الأيام المضمونة" هي طريقة غير مضمونة بتاتًا لمنع الحمل.

مصطلحات مهمة في هذا الفصل

وسائل لمنع الحمل
بنك الخلايا المنوية
أقراص لمنع االحمل
إجهاض
إخصاب خارج الجسم
إخصاب إصطناعي
تجميد أجنة
تجميد خلايا تناسلية
خَملات غشاء كوريون
أجنة فائضة
حاضنة
سائل السّلى
تنظيم تعداد العائلة
تبرع خلايا البويضة (بويضات)

تكاثر الحيوانات

تكاثر تزاوجي (جنسي)

هـ1. صوب التكاثر

هـ2. تكاثر الحيوانات في الماء

هـ3. تكاثر الحيوانات في اليابسة

هـ4. جوانب النشوء والارتقاء للتكاثر التزاوجي عند الحيوانات

تكاثر لا تزاوجي (لا جنسي)

هـ5. تكاثر لا تزاوجي بواسطة الإنقسام أو التبرعم

هـ6. التكاثر العذري

هـ7. تكاثر لا تزاوجي بطرق بيوتكنولوجية

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

المصطلحات المهمة في هذا الفصل

هـ

الفصل الخامس: تكاثر الحيوانات

تكاثر تزوجي (جنسي)

تعلّمنا في الفصلين الثالث والرابع عن تكاثر الإنسان بشكل مفصَّل. في هذا الفصل، نَصف التباين الكبير الموجود بطرق التكاثر التزاوجي للفقريات والملاءمة بين طرق تكاثرها وبيئتها الحياتية.

أُعِدَّ قسم من هذا الفصل لتكاثر الحيوانات من مجموعة الفقاريات. الفقاريات هي حيوانات ذات عمود فقَري مكوَّن من فقرات ومن هنا جاء اسمها. تشتمل الفقريات على خمسة أقسام: الأسماك، البرمائيات، الزواحف، الطيور والثدييات.

ه1. صوب التكاثر

تبدأ مسيرة الحيوان منذ ولادته وتنتهي بموته. في أي سن يبدأ الفرد بالتكاثر؟ هل يتكاثر في موسم معين أم في كل موسم في السنة؟

ه1.1 البلوغ الجنسي

معظم الحيوانات لا تكون مستعدة للتكاثر مباشرة مع بداية حياتها. في أنواع كثيرة، يكون جهاز التكاثر موجود أثناء الولادة، لكن لا يكون فعالًا (كما هو الأمر عند الإنسان). يحتاج الجهاز إلى عمليات تطور، لكي ينفِّذ أداءه، المرحلة في دورة الحياة التي يستطيع منها الفرد أن يتكاثر بتكاثر تزاوجي نسمِّيها **تكاثرًا جنسيًّا**. سن البلوغ الجنسي خاص لكل نوع بيولوجي (species) ويتم تحديده بحسب **عوامل داخلية - وراثية** مثل معدل الحياة ويتأثر جدًا من **عوامل خارجية - البيئة المحيطة**، مثل: درجة الحرارة وتوافر الغذاء (جدول ه - 1).

جدول ه - 1: سن البلوغ الجنسي لثدييات من أنواع مختلفة ومعدل حياتها

النوع البيولوجي	سن البلوغ الجنسي	תוחלת החיים הממוצעת (בשנים)
الفأر	شهران	2-3
قرد الشمبانزي	7-8 سنوات	50
الإنسان	صبية 9-13 سنة صبي 11-15 سنة	65 (المعدل العالمي)*
الفيل	15 سنة	60

* معدل حياة الإنسان في إسرائيل والدول المتطورة أعلى من المعدل العالمي وهو يصل حوالي 80 سنة.

يمكن أن نرى في الجدول ه - 1 أن هناك علاقة بين سن البلوغ الجنسي ومعدل الحياة: عادةً الحيوانات التي عمرها طويل، تصل البلوغ الجنسي في وقت متأخر بالمقارنة مع الحيوانات التي معدل حياتها قصير.

تتكاثر معظم الفقريات عدة مرات خلال حياتها. تختلف الأنواع عن بعضها في عدد مرات التكاثر خلال حياتها، لكن يوجد أنواع شاذة مثل أسماك السلمون التي تتكاثر مرة واحدة خلال حياتها.

جدير بالمعرفة

مرة واحدة تكفي .....

تقضي أسماك السلمون الشائعة على شواطئ شمال أمريكا وشمال أوروبا سنوات حياتها الأولى في جداول ماء عذبة. بعد مرور 2-3 سنوات، تخرج إلى مياه المحيط، حيث تصل هناك إلى البلوغ الجنسي. وبعد مرور عدة سنوات، تعود أسماك السلمون إلى نفس جدول الماء الذي قضت فيه سنوات حياتها الأولى (الرسمة هـ 1). الرحلة التي طولها مئات وآلاف الكيلومترات، من المحيط إلى جدول الماء وسباحتها عكس التيار في مرتفع جدول الماء تؤدي إلى نفوذ قواها وكثير منها لا تبقى على قيد الحياة. بالإضافة إلى ذلك، الدببة التي تعيش في تلك المناطق، تنتظر الأسماك المنهكة، لكي تفترسها مع قدوم الشتاء. الأفراد القليلة التي تنجح في الوصول إلى مكان ولادتها، تتكاثر وتموت. الطريقة العجيبة التي تستطيع بواسطتها أسماك السلمون أن تميِّز مكان ولادتها وتعود إليه بعد عدة سنوات، غير واضحة تمامًا حتى الآن.

الفكرة المركزية

النشوء والارتقاء:
نسبة مئوية صغيرة من أسماك السلمون تنجح في العودة إلى مكان ولادتها وتتكاثر فيه. العملية طويلة ومنهكة وهي مثال لقوة الانتخاب الطبيعي.

الرسمة هـ -1: على اليمين - أسماك السلمون تسبح في مرتفع جدول الماء، على اليسار - دُب يلتهم اسماك السلمون

هـ 2.1 موسم التكاثر

تكاثر الإنسان غير متعلق بموسم معين، بل يمكن أن يتم كل السنة. أما معظم أنواع الحيوانات، حتى بعد وصولها البلوغ الجنسي، لا تستطيع أن تتكاثر كل السنة، بل تستطيع في **موسم تكاثرها** فقط. يتأثر التكاثر في اليابسة بشكل كبير جدًا من التغيُّرات في البيئة المحيطة التي من تنبع من **المواسم** (فصول السنة): على الأغلب، يكون موسم تكاثر كل نوع في وقت مناسب للأفراد، حيث تُولد هذه الأفراد في موسم فيه غذاء متوافر وطقس مريح. عند البرمائيات، على سبيل المثال، يتم تحديد موعد التكاثر بالأساس بحسب موعد هطول الأمطار وكمية الماء في الأنقوعة الشتوية وأيضًا بحسب درجة حرارة البيئة المحيطة.

من الجدير بالذكر أن هناك أنواع زواحف تعيش في مناطق استوائية لا يوجد فيها فروق كبيرة بين فصول السنة، لذا تتكاثر هذه الزواحف طيلة أيام السنة.

في معظم أنواع الحيوانات، يمكن أن نميِّز تغيُّرات موسمية في جهاز التكاثر، حيث تتأثر من عوامل بيئية محيطة، مثل: طول النهار (عدد ساعات الإضاءة)، درجة الحرارة، توافر الغذاء وجودته وغير ذلك.

للمزيد عن
موسمية تكاثر الحيوانات، انظروا الفصل السابع صفحة 146، الفصل الثامن صفحة 176.

جدير بالمعرفة

تأثير الضوء على تكاثر العصافير

تمَّ بحث تأثير عوامل البيئة المحيطة على جهاز التكاثر بشكل عميق. في سنة **1924**، أجرى الباحث الكندي ويليام روان (William Rowan) أحد الأبحاث الرائدة في هذا المجال. في هذه التجربة، وضع الباحث مجموعتيْ عصافير من نفس النوع البيولوجي في أقفاص: زاد الباحث عدد ساعات إضاءة مجموعة التجربة بواسطة الإضاءة الإصطناعية، أما المجموعة الضابطة فلم تحصل على علاج إضافي. بإستثناء إضافة الإضاءة، أعطيت نفس الظروف للمجموعتين.

بعد مرور وقت معين، عندما تمَّ فحص ذكور العصافير من المجموعتين، وُجد في مجموعة التجربة ازدياد ملحوظ في كبر خصية الذكور بالمقارنة مع كبر خصية الذكور في المجموعة الضابطة.

استنتج الباحث أن عدد ساعات الإضاءة (وفي الظروف الطبيعية - طول النهار الذي يتغيَّر مع فصول السنة) هو العامل الذي يؤثر بشكل كبير وملحوظ على التغيُّرات الموسمية في جهاز التكاثر عند الطيور.

يتم تطبيق معرفة تأثير البيئة المحيطة على عملية التكاثر في المزارع بشكل عملي. مثلًا: في أقنان الدجاج، تُستعمل إضاءة اصطناعية لخلق نظام إضاءة مدته من **14-16** ساعة إضاءة يوميًا خلال كل السنة. تساعد هذه العملية المزارعون أن يتم تزويد البيض كل السنة.

للمزيد عن
تدخُّل الإنسان في تكاثر الحيوانات، انظروا الفصل السابع صفحات 146-151.

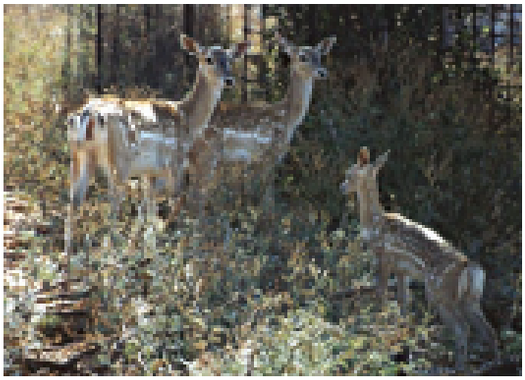
سؤال هـ - 1

تلد أنواع ثدييات تعيش في مناطق صحراوية، في فصل الشتاء بالأساس. أما أنواع ثدييات تعيش في مناطق معتدلة، فإنها تلد بالأساس في فصلي الربيع والصيف.

اشرحوا العلاقة بين موسم الولادة والظروف السَائدة في بيت التنمية.

هـ 3.1 علامات جنسية ثانوية

عند الإنسان، من السهل أن نميِّز بين الرجال والنساء بفضل الفروق في **العلامات الجنسية الثانوية**. هذه الظاهرة معروفة عند قسم من الحيوانات أيضًا. في كثير من الأحيان، تكون الذكور البالغة ملونة و "مزركشة" أكثر من الإناث. اللبدة (شعر حول العنق) التي تميِّز الأسد البالغ، قرن الغزال الذكر وبالطبع الذنب الرائع للطاووس الذكر، جميعها أمثلة لعلامات جنسية ثانوية.



الرسمة هـ -2: القرون علامة جنس ثانوية عند الغزلان البرية في الكرمل.
على اليمين: تمتلك الذكور البالغة قرون، على اليسار: الإناث وصغارها لا تمتلك قرون

ما هي مساهمة العلامات الجنسية الثانوية في نجاح عملية التكاثر؟

تساهم العلامات الجنسية الثانوية في التمييز بين أفراد صغيرة السن (لا تكون قادرة على التكاثر) وأفراد بالغة السن وللتمييز بين الذكور والإناث أيضًا. يقلل هذا التمييز من احتمال الخطأ في تمييز الذكر أو الأنثى المناسب لعملية التكاثر وهكذا يتم توفير الطاقة.

هـ 4.1 اتصال بين الذكور والإناث

العامل المهم في نجاح عملية التكاثر هو إلتقاء منسق وتكوين علاقة بين الذكور والإناث التي تنتمي إلى نفس **النوع البيولوجي**. كيف تتكون هذه العلاقة؟

في موسم تكاثر أنواع معينة، يطرأ تغيُّر في الشكل، السلوك أو في إثنيهما. من خلال هذه التغيُّرات، تبث الذكور والإناث إلى بعضها البعض إشارات على استعدادها للتكاثر. تُستخدم هذه الإشارات (بالإضافة إلى العلامات الجنسية الثانوية) **للاتصال** وبواسطتها تستطيع الأفراد أن تجد بعضها. الاتصال بين الذكر والأنثى مهم بشكل خاص عند الحيوانات التي تعيش بشكل منعزل خلال فصول السنة الأخرى. عادةً، تساعد هذه الإشارات الذكر على أن يبيِّن "جودته" كزوج أفضل للتكاثر من الآخرين، لكي يقع الاختيار عليه من قبل الإناث.

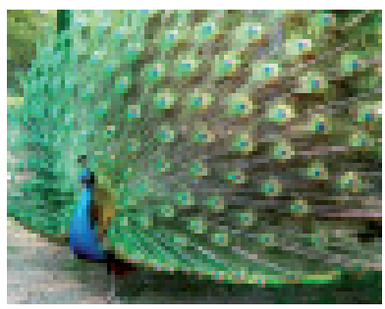
جميع السلوكيات المتعلقة بجذب الذكر أو الأنثى نسمِّيها **مغازلة**. عند معظم الحيوانات، الذكر يغازل والأنثى تختار. في موسم التكاثر، عند أنواع كثيرة، يحدث تنافس شديد بين الذكور على تخصيب الإناث، حيث تنتهي أحيانًا في إصابات وجرح الذكور المتنافسة.

يتم الاتصال بين الذكر والأنثى بوسائل مختلفة كما هو معروض في الجدول هـ - 2، في الصفحة القادمة.

جدول هـ-2: اتصال بين الذكور والإناث من أجل التكاثر

نوع الاتصال	أمثلة
المنظر الخارجي	مبانٍ وألوان • ذكر الفريجتا الكبير (Great frigate) ينفخ صدره الأحمر أمام الأُنثى. • لون رأس الحرذون الصيني، الذي هو بُني خلال معظم السنة، يتغيَّر في موسم التكاثر ويتحول إلى أزرق. • يفرش الطاووس الذكر ذنبه أمام الأنثى.
	سلوك (المغازلة) • يقف العقرب الذكر أمام الأنثى ويحاول أن يمسك مقرضها. إذا كانت الأنثى مستعدة للتزاوج، فإنها تستجيب للذكر. • يُحضِر أحد أنواع العصافير غذاءً اصطاده ويقدمه "هدية" للأنثى. • يقوم اللقلق والرهو بتنفيذ رقص معقد جدًا كجزء من عملية المغازلة.
الصوت	• يُخرج الضفدع الذكر صوتًا تعرفه الإناث من نفس النوع فقط. • ذكور العصافير المغردة مثل الشحرور، معروفة بتغريدها الجميل الذي يجذب إليها الإناث. • تُخرج الحيتان أصواتًا في موسم المغازلة. • تُغيِّر الصراصير وتيرة وشدة صرصرتها. • صوت قدم الغزال البالغ أعمق من صوت قدم الغزال صغير السن ووتيرة خطواته أسرع.
كيميائي	• الكلاب (الأنثى) التي تكون في حالة شبق، تفرز في البول مادة لها رائحة خاصة تسمَّى الفرومون الذي يجذب إليها كلاب ذكور. • تفرز إناث الأسماك فرومون إلى الماء وكرد فعل إليها تفرز الذكور خلايا منوية إلى الماء. • الفيلة والناقة (الإناث) تجذب الذكور بمساعدة رش البول. تتذوق الذكور البول وتعرف ما إذا الإناث مستعدة للتزاوج والحمل.

ذكر الفريجتا ينفخ صدره



طاووس ذكر يفرش ذنبه

سؤال هـ - 2

تمعنوا في الجدول هـ - 2 واذكروا:

أ. أي وسائل اتصال تُستعمل لإيجاد القرين (الذكر أو الأُنثى)؟

ب. أي وسائل اتصال تُستعمل لاختيار فرد معين للتزاوج وليس فرد آخر؟

مصطلحات

فرومون

الفرومونات هي مواد لها رائحة وتُستعمل للاتصال بين الأفراد من نفس النوع البيولوجي. تُفرز الفرومونات في العرق، البول واللعاب من فرد معين وتُستوعب بواسطة مستقبلات في خلايا حسية لأفراد أخرى من نفس النوع البيولوجي. يُثير استيعاب الفورمونات رد فعل عند الفرد المستوعب. تُستعمل الفرومونات لتحديد منطقة النفوذ (إقليم)، للتحذير من الأخطار ولإيجاد الزوج (الذكر أو الأنثى). ليس عشوائيًا أن يذكرنا اسم الفورمونات بالهرمونات التي تُستعمل للاتصال بين أعضاء داخل الجسم، لكن الفورمونات تُستعمل للاتصال بين الأفراد.

ه2. تكاثر حيوانات مائية

تنوع الفقريات في الماء كبير جدًا ويمكن أن نجد عندها طرق تكاثر مختلفة. معظم أنواع الأسماك والبرمائيات لها أجهزة تكاثر بسيطة والإخصاب فيها هو **إخصاب خارجي** - يتم الإلتقاء بين الخلايا داخل الماء وخارج جسمي الذكر والأنثى. خلايا التناسل والجنين الذي يتطور بعد الإخصاب، لا تتعرض إلى خطر الجفاف. لكن هَناك خطورة أن تنجرف الخلايا التناسلية مع تيار الماء وتتبعثر، وهكذا يقل احتمال الإلتقاء بينها والإخصاب.

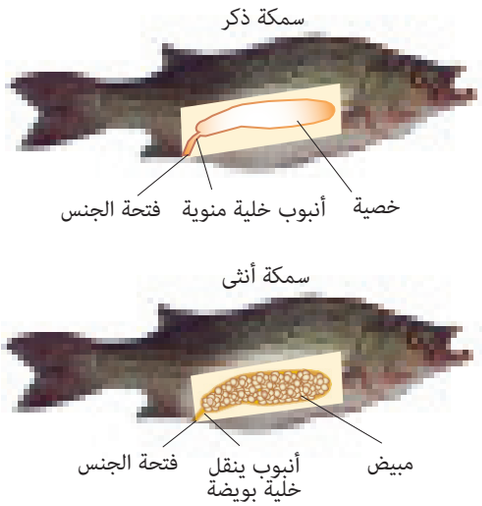
ما الذي يزيد من احتمال الإلتقاء بين خلايا تناسلية مناسبة عندما يكون الإخصاب خارجيًا؟ ⁉

يوجد عدة عوامل تزيد من احتمال الإلتقاء بين الخلايا التناسلية من نفس النوع البيولوجي وحدوث الإخصاب:

1. الكمية الهائلة للخلايا التناسلية (ملايين كثيرة) التي تنطلق أثناء موسم التكاثر، تزيد من احتمال الإلتقاء والإخصاب.
2. الأفراد التي تتكاثر بين بعضها، تعيش على الأغلب متجاورة.
3. في كل عشيرة، تنطلق الخلايا التناسلية الذكرية والأنثوية إلى الماء في نفس الوقت تقريبًا.
4. تساعد وسائل الاتصال الصوتية، الكيميائية والبصرية على إلتقاء الذكور والإناث.
5. تساعد وسائل الاتصال الكيميائية على إلتقاء الخلايا المنوية وخلايا البويضة واتحادها.

ه1.2 تكاثر الأسماك

يشتمل جهاز تكاثر السمكة الأنثى على زوج مبيض في داخله تَنْتُج خلايا البويضة وعلى زوج أنابيب نقل دقيقة، حيث ينتهي الأنبوبان معًا في **فتحة جنسية خارجية**. ويشتمل جهاز تكاثر السمكة الذكر على خصية في داخلها تَنْتُج خلايا منوية وعلى زوج أنابيب نقل دقيقة نسمِّيها أنابيب الخلايا المنوية، حيث ينتهي الأنبوبان معًا في فتحة جنسية خارجية (الرسمة ه - 3).

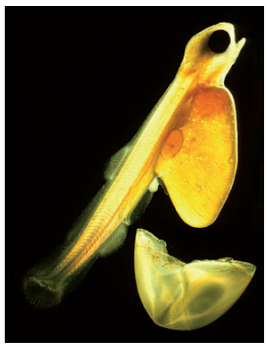


الرسمة ه -3: جهاز التكاثر في الأسماك

في موسم التكاثر، تَنْتُج خلايا تناسلية في المبيض والخصية بكميات هائلة ويتم قذفها إلى الماء عبر فتحة الجنس الخارجية. يوجد أنواع أسماك، في موسم التكاثر، تكبر أعضائها التناسلية لدرجة أنها تحتل معظم فراغ (جوف) البطن. يصل وزن أعضائها التناسلية في هذه الفترة إلى 25%-40% من وزن الجسم!

خلايا بويضة الأسماك، لا يوجد لها غلاف (باستثناء غشاء الخلية)، دائرية وتحتوي على صفار يُستخدم لتغذية الجنين الذي يتطور من خلية البويضة المخصبة. عدد خلايا البويضة التي تَنْتُج في جسم الأنثى كبير جدًا، لكن الخلايا المنوية التي تَنْتُج في جسم الذكر أكبر بكثير بالمقارنة مع الأنثى ويُقدر عدد الخلايا المنوية بالملايين.

الخلايا المنوية صغيرة جدًا وهي مثل خلايا البويضة التي تستطيع أن تعيش في بيئة محيطة رطبة فقط. كل خلية منوية لها "رأس" وسوط له قدرة على الحركة. بمساعدة السوط، تستطيع الخلية المنوية أن تتقدم في الماء وتصل خلية البويضة.



سمكة السلمون تفقس من البيضة

بعد إطلاقها من الجسم، تحافظ الخلايا التناسلية على حيويتها لعدة دقائق حتى عدة ساعات. هذه الفترة الزمنية فرصة لا تعوض لإلتقاء واتحاد الخلايا التناسلية من كلا الزوجين من نفس النوع البيولوجي (species). احتمال إلتقاء خلايا تناسلية مناسبة في بيئة محيطة مفتوحة مثل البحر هو صغير نسبيًا وبالطبع لا يوجد شيء يمنع إلتقاء عشوائي بين الخلايا التناسلية لأنواع بيولوجية مختلفة التي من المعروف أنها لا تؤدي إلى إخصاب.

بعد الإخصاب، يصبح غشاء خلية البويضة قاسيًا قليلًا وهكذا يمنع دخول خلايا منوية إضافية.

جدير بالمعرفة

إخصاب داخلي في الماء

بالمقارنة مع معظم الخلايا التي يتم فيها إخصاب خارجي، في عدة أنواع أسماك، الإخصاب داخلي. على سبيل المثال، معظم أنواع أسماك القرش (حوالي 70% من الأنواع) التي فيها الذكر ينقل الخلايا المنوية إلى داخل جسم الأنثى، تتطور في بطن الأنثى أفراد داخل البيض. في معظم الأنواع، البيضة التي يتطور في داخلها الجنين، تحتوي على كمية صفار كبيرة جدًا، لكي تزوِّد الجنين احتياجاته. في نهاية تطور الأجنة، تُطلق الأفراد المستقلة من جسم الأنثى. هذه الظاهرة التي تتطور فيها الأجنة داخل جسم الأُم وتخرج من جسمها كأفراد حية بعد أن أكملت تطورها نسمِّيها **تفريخًا**.

الفكرة المركزية

التجانس والتباين: *أنواع القرش هي أسماك، لكن إخصابها داخلي. تتطور صغار السن في البيوض داخل جسم الأم.*

ه 2.2 تكاثر البرمائيات

البرمائيات إحدى مجموعات الفقريات. الضفادع والعلاجم هي المعروفة لنا كثيرًا من بين البرمائيات. تقضي البرمائيات معظم حياتها البالغة في اليابسة، لكنها متعلقة بالبيئة المحيطة المائية (كالانقوعة) لتكاثرها. وهذا السبب لكونها تعيش بالقرب من بيوت التنمية المائية. في موسم التكاثر، تضع البرمائيات الخلايا التناسلية في الماء. يتم الإخصاب الخارجي وتطور الأجنة في البيئة المحيطة المائية. في أنواع الضفادع والعلاجم، نجد "تطوير" ملاءمة بين الزمن والمكان لإفراز الخلايا التناسلية. في هذه الأنواع، يمسك الذكر الأنثى ويحتضنها، يركب على ظهرها في الماء، يسبح معها ولا يتركها (الرسمة ه - 4). عندما تُطلق خلايا البويضة من فتحة القناة، يفرز الذكر الخلايا المنوية إلى الماء.

الرسمة ه -4: "تزاوج" في العلجوم.

انتبهوا! الذكر أصغر من الأُنثى المليئة بالآف خلايا البويضة.

في البرمائيات، الفرد الذي يخرج من خلية البويضة المخصبة نسميه **شرغوفًا**. تمر الشراغيف تغيُّرات تدريجية حتى تتحول إلى برمائيات بالغة.

علاقة بموضوع

علم البيئة: *التنوع البيولوجي - يشكل هدم بيوت التنمية الخاصة خطرًا على استمرار بقاء الأنواع، من خلال إلحاق الضرر بالتنوع البيولوجي.*

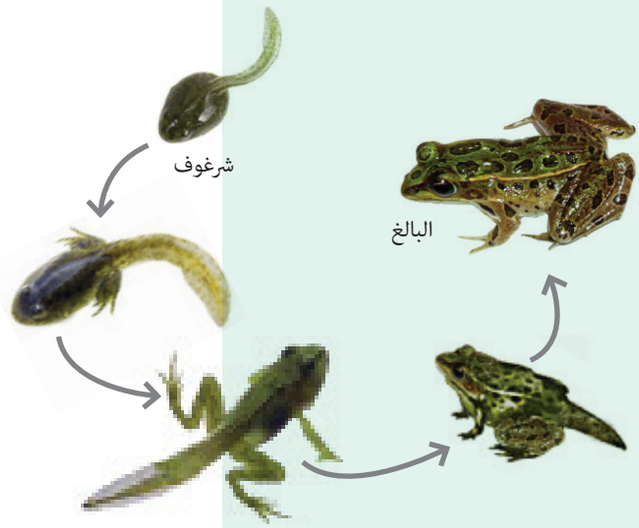
اعتماد البرمائيات على بيئة محيطة مائية، يوجِّه تكاثرها إلى موسم السنة الذي تهطل فيه أمطار وتمتلء الانقوعات بالماء. يشكل هذا الاعتماد خطرًا على العشائر التي تعيش في أماكن فيها جفت الأنقوعات في أعقاب قحط أو بناء وتعبيد شوارع. هذا الوضع سائد في منطقة الشارون، لذا تُبذل اليوم جهود خاصة للحفاظ على بيوت تنمية الخاصة، لكي نمنع انقراض أنواع برمائيات.

توسع

تطور من الشرغوف إلى البالغ

عملية التطور من الشرغوف إلى البالغ والتغيُّرات التي تحدث خلالها، نسمِّيها **دورة حياة**.

الشراغيف هي كانت حية مائية بحتة: يوجد لها ذنب على طوله غشاء سباحة وخياشيم (أعضاء لتبادل الغازات التي تميِّز الأسماك) ولا توجد لها أطراف الجسم. خلال دورة الحياة (الرسمة هـ- 5)، تتحول الشراغيف من حيوانات مناسبة للحياة في الماء إلى حيوانات مناسبة للحياة في اليابسة.



الرسمة هـ-5: من الشرغوف إلى البالغ

في الضفادع والعلاجم، تشتمل مراحل دورة الحياة على ظهور أرجل، تطور الرموش، اضمرار الخياشيم واختفاء الذنب، كما تحدث تغيُّرات في لون ومبنى الجلد. يمر أنبوب الهضم في تغيُّرات ملحوظة أيضًا: في الشراغيف النباتية، أنبوب الهضم طويل جدًا وملتو داخل فراغ (تجويف) البطن، خلال دورة الحياة من الشرغوف إلى البالغ، يقصر أنبوب الهضم بشكل كبير جدًا.

بعد مرور حوالي 6 أسابيع، تخرج الضفادع البالغة إلى الحياة في اليابسة. تتغذى على الحيوانات وتتنفس بمساعدة الرئتين التي كانت موجودة في الشراغيف ولم تكن فعَّالة.

جدير بالمعرفة

تكاثر الثدييات مائية

في البيئة الحياتية المائية، تعيش أيضًا عدة ثدييات، مثل: الحيتان والدلافين (الرسمة هـ - 6) التي معظم أقربائها البيولوجية تعيش في اليابسة. مبنى أجسامها ملائم للحياة في الماء وهو يذكرنا في مبنى أجسام الأسماك. لكن أعضاء وطرق تكاثرها كأعضاء أقاربها - الثدييات التي تعيش في اليابسة: الإخصاب داخلي، يتطور الجنين في الرحم ويتغذى النسل في أيامه الأولى من حليب أمه. الرأي المقبول أن الأباء القديمة لهؤلاء الثدييات هي الثدييات التي كانت تعيش في اليابسة. أعضائها وطرق تكاثرها لم تتغيَّر خلال ملايين السنين من النشوء والارتقاء، لكن تطورت لديها ملاءمة للحياة في الماء، مثل: الزعانف ومساحة سطح خارجي أملس غير مغطى بالفرو.

الرسمة هـ -6: ثدييات مائية
على اليمين: دولفين، على اليسار: حوت

الفكرة المركزية

النشوء والارتقاء:
الحوت والدولفين، مثالان لكائنات حية مائية تطورت من كائنات حية تعيش في اليابسة.

سؤال هـ -3

جدوا معلومات عن أماكن وأوضاع انقوعات شتوية في البلاد وعن عشائر البرمائيات. لخصوا المعلومات في لافتة، عارضة في الحاسوب أو في مقال صحفي.

سؤال هـ -4

البرمائيات هي مثال لكائنات حية تعيش في اليابسة، لكنها غير ملائمة للتكاثر في اليابسة. اشرحوا هذه العبارة.

هـ 3. تكاثر حيوانات في اليابسة

تطور النشوء والارتقاء لأجهزة تكاثر حيوانات ونباتات تعيش في اليابسة، كان متعلقًا بتطور أجهزة تكاثر تلتقي فيها خلايا تناسلية في بيئة محيطة مائية أو رطبة ويتطور الجنين في بيئة محيطة مائية محمية من الجفاف.

المميز البارز لتكاثر الأنواع التي تعيش في اليابسة كل حياتها - زواحف، طيور وثدييات - هو **الإخصاب الداخلي**.

في الإخصاب الداخلي، تُنقل الخلايا المنوية بمساعدة **الأعضاء الجنسية** إلى داخل جسم الأُنثى، بحيث لا تتعرض الخلايا المنوية إلى الهواء الجاف، وهي تلتقي في بيئة محيطة رطبة ومحمية داخل جسم الأنثى.

المميِّز الإضافي لأنواع تعيش في اليابسة والمتعلق بتكاثرها هو تطور مبانٍ خاصة لحماية الجنين من خطر الجفاف. خلال النشوء والارتقاء، تطورت في حيوانات اليابسة وسيلتين أساسيتين تكسب الجنين المتطور حماية.

الوسيلة الأولى، هو **الرحم** الذي تطور عند الثدييات (كما رأينا في جهاز تكاثر المرأة) وهو يحمي الأجنة التي تتطور داخل جسم الأنثى. الوسيلة الثانية هي **البيضة** التي يتم وضعها خارج جسم الأم. البيوض التي يتم وضعها في اليابسة تكون على الأغلب ذات قشرة (قاسية أو مرنة) تقلل من فقدان الماء وتكسب الجنين حماية جسدية. تطورت هذه الوسيلة عند معظم الزواحف (مثل: الأفاعي، السحالي والسلاحف) والطيور التي يتطور فيها الجنين خارج جسم الأُنثى. "تجديد النشوء والارتقاء" هو بيض الزواحف والطيور، أما في رحم الثدييات، التطور هو **غشاء السلى**. غشاء السلى مليء في السائل (سائل السلى) الذي يشكِّل البيئة المحيطة المائية التي يتطور فيها الجنين.

يزوِّد الرحم والبيضة الجنين، الذي يتطور في اليابسة، الظروف المطلوبة لتطوره، مثل: بيئة محيطة رطبة، مواد غذائية، أكسجين، إبعاد الفضلات، والحماية من الإصابات والجفاف.

بودنا أن نذكر أنه في الأنواع التي تعيش في الماء، مثل: الأسماك والبرمائيات، يتطور النسل في البيوض، على الرغم من أن مبنى البيوض التي تُضع في الماء بسيط وملائم لعدم وجود خطر الجفاف ولا توجد صعوبة في التخلص من مواد الفضلات التي تُفرز مباشرةً إلى الماء.

مصطلحات

خلية البويضة والبيضة

خلية البويضة هي خلية تناسلية أنثوية (جاميتا أنثوية).

البيضة هي مبنى يتطور في معظم أنواع الحيوانات من خلية البويضة، وتشكِّل في هذه الأنواع مكانًا لتطور الجنين. البيضة مغلَّفة في قشرات وتحتوي على كمية كبيرة من الماء والمواد الغذائية. في معظم الحيوانات، تُضع البيض خارج جسم الأُم، لكن هناك أنواع، يتطور الجنين في البيضة التي تبقى داخل جسم الأُم. في الأسماك والبرمائيات، فقط بعد أن تخرج خلية البويضة من الجسم وتُخصبت نسمِّيها بيضة. بعد الإخصاب، يمر الغشاء الخارجي لخلية البويضة تغيُّرات إنزيماتية (بناء بروتينات) ويصبح قاسيًا.

في الطيور والزواحف الترتيب عكس ذلك: تُضع البيضة بعد أن يتم تخصيب خلية البويضة. باستثناء البيض غير المُخصب الذي يضعه الدجاج في القن ونأكله.

البيضة اختراع "ناجح"، لكن توجد خطورة إلى جانب ذلك. إنَّ رزم الجنين مع المواد المطلوبة لتطوره الأولي داخل غشاء قاسي، يبدو لنا لأول وهلة على أنه فكرة ناجحة جدًا. لكن أخطار كثيرة تستتر للأجنة التي تتطور في البيضة التي تُضع في البيئة المحيطة الخارجية في اليابسة. البيضة وجبة كاملة، موزونة ومركَّزة، تُفضلها حيوانات كثيرة: طيور جارحة، قارض وثدييات من بينها الإنسان. في حالات كثيرة، القشرة ليست قاسية جدًا، وتؤدي إصابتها إلى موت الجنين. تتطور الأجنة الموجودة في بيض الطيور، فقط إذا ركدت عليها الطيور وحافظت عليها في درجة حرارة مناسبة طول فترة الركود (أيام أو أسابيع). إذا أُصيب أحد الوالدين (الأب أو الأم) أو افتُراس، فإنَّ الركود يتوقف والجنين لا يتطور.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
سلسلة غذائية.

بالمقارنة مع معظم الزواحف التي أجنتها تتطور في البيضة التي تُضع خارج جسم الأُم، في عدة مجموعات من الزواحف، مثل: السحالي، الحربايات والأفاعي، يمكن أن نجد أنواعًا تتطور فيها الأجنة داخل جسم الأُم، داخل بيوض قشرتها مرنة، وهي تخرج من جسمها كأفراد حية بواسطة التفريخ بعد أن أكملت تطورها.

جدير بالمعرفة

سحلية "حامل"

في نوع معين من السحالي (Common lizard, Viviparous lizard)، تتطور الأجنة داخل جسم الأُم مغلَّفة بغشاء (دون قشرة قاسية). تستمر فترة الحمل حوالي 3 شهور في أشهر الصيف، وخلالها تكشف جسمها لحرارة الشمس ساعات طويلة بقدر الإمكان. في نهاية فترة الحمل، تُمزق الأجنة الغشاء وتخرج من جسم الأُم سحالي صغيرة ومستقلة. في كل حدث تكاثر، تُفرخ السحلية من 3-12 فردًا.

يفترض باحثو النشوء والارتقاء أن هذه الظاهرة عبارة عن ملاءمة للمناطق التي أقليمها باردة، لأن الأجنة محمية داخل جسم الأُم من تأثير درجة حرارة البيئة المحيطة. على الرغم من أن السحالي تفتقر آلية داخلية لتنظيم درجة حرارة جسمها (متغيِّرة درجة الحرارة)، إلا أنها تستطيع أن تختبئ أو تكشف نفسها، وهكذا تؤثر على درجة حرارة جسمها.

توسع

الحفاظ على سلاحف البحر - نوع يهدده خطر الإنقراض

في شواطئ إسرائيل، يوجد مواقع تصلها إناث سلاحف البحر في موسم التكاثر، لكي تضع بيوضها. تضع الأنثى بيضها في حفرة تبنيها في الرمل (الرسمة هـ -7). بعد مرور حوالي 50 يومًا تخرج سلاحف وتسرع متوجهةً إلى البحر، وهناك تستمر حياتها. يتم خروجها في الليالي التي يكون فيها القمر كامل والضوء المنعكس عن الماء يوجِّه السلاحف الصغيرة إلى البحر. الأخطار التي تستتر لسلاحف البحر كثيرة:

- الوقوع في شباك الصيد.
- إلحاق أضرار يقوم بها الإنسان في مواقع وضع البيض (بناء، حركة مستجمون والركوب على تراكتورات صغيرة).
- الأضواء المنبعثة من البيوت والسيارات المارة على الشوارع المجاورة للشاطئ تبلبل السلاحف الصغيرة وبدل من أن تتوجه إلى البحر، فإنها تتوجه إلى الإتجاه المعاكس وبالطبع لا تبقى هناك على قيد الحياة.

هذه الأخطار أدت إلى انقراض أنواع وانخفاض ملحوظ في تعداد عشائر سلاحف البحر. إحدى العمليات التي أُجريت للحفاظ على سلاحف البحر هي نقل البيوض التي وضعتها السلاحف إلى مكان محمي والحفاظ عليها حتى تخرج منها السلاحف الصغيرة. في الأيام التي تخرج فيها السلاحف الصغيرة، نساعدها على إيجاد طريقها إلى البحر.

الرسمة هـ-7: سلاحف البحر

على اليمين: سلحفاة تسبح في الماء، على اليسار: أنثى تضع البيض في حفرة على شاطئ البحر

سؤال هـ - 5

جدوا في الإنترنيت معلومات حول النشاط الذي يحدث في اللاد للحفاظ على سلاحف البحر. ركِّزوا المعلومات في عارضة حاسوب أو لافتة.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
مسؤولية الإنسان الحفاظ على التنوع البيولوجي.

هـ1.3 تكاثر الطيور

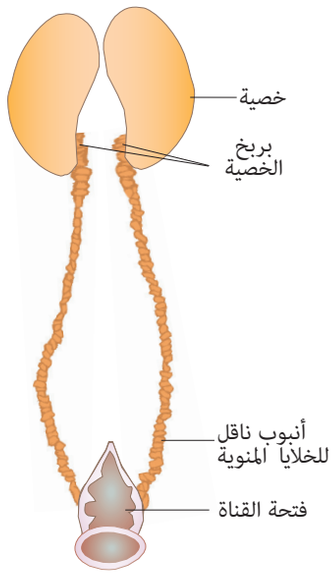
في هذا البند ،نتعرف على تكاثر دجاج البيت كمثال لتكاثر الطيور.

جهاز تكاثر الديك

جهاز تكاثر الديك مبني من ثلاثة أقسام أساسية (وبذلك يشبه الأعضاء التناسلية عند الإنسان): زوج **خصيتان**، زوج **أنابيب ينقل الخلايا المنوية** و**عضو جنسي للتزاوج** (الرسمة هـ-8).

الخصيتان موجودتان في تجويف (فراغ) البطن في طرف الظهر.
الخصية مبنية من شبكة أنابيب دقيقة تَنْتُج فيها خلايا منوية.
ترتبط جميع أنابيب الخصية بأنبوب بربخ الخصية. داخل النسيج الذي يربط بين أنابيب الخلايا المنوية، توجد خلايا وسطية تُنْتِج الهورمون الذكري - **طوسطسطرون**. في موسم التكاثر، تكبر الخصيتان بالمقارنة مع فترات أخرى.

يخرج من بربخ الخصية أنبوبان ناقلان للخلايا المنوية وهما ملتويان جدًا ويستمران حتى الفتحة الخارجية - القناة. تنضج الخلايا المنوية داخل الأنابيب التي تنقل الخلايا المنوية، وتُخزَّن في القسم النهائي للأنبوب.
العضو التناسلي في الطيور، مبني من طيتيْ جلد موجودتين في الطرف الأقصى لفتحة القناة. أثناء التزاوج، تمتلئ الطيتين سائلًا يشبه الليمفا وتنتفخان، وعندئذٍ يقترب الذكر من الانثى وينقل إلى جسمها السائل المنوي الذي يحوي داخله خلايا منوية.

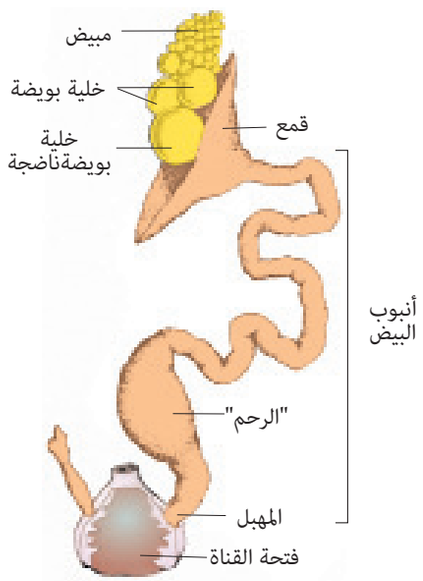


الرسمة هـ - 8: جهاز تكاثر الديك - الذكر

جهاز تكاثر الدجاجة

جهاز تكاثر الدجاجة مبني من قسمين أساسيين: المبيض وأنبوب البيض (الرسمة هـ - **9**). في معظم أنواع الطيور ومن بينها الدجاجات، عكس معظم أنواع الثدييات، فقط المبيض و**أنبوب البيض** في الطرف الأيسر يكونان متطوران، أما المبيض وأنبوب البيض في الطرف الأيمن فإنهما ينضمران في المرحلة الجنينية. يخمن باحثو النشوء والارتقاء أن الجهاز غير الزوجي، يقلل وزن الدجاجات ويكسبها أفضلية في الطيران.

يقع المبيض في تجويف (فراغ) بطن الدجاجة وهو يبدو كعنقود مكوَّن من أجسام كروية صفراء بأحجام مختلفة. كل "كرة" عبارة عن خلية تناسلية أنثوية - خلية بويضة تشتمل على نواة الخلية التي تحوي في داخلها المادة الوراثية، قليل من السيتوبلازم ومجمَّع غذاء يملئ معظم حجم الخلية - **صفار البيضة**. تظهر السيتوبلازم والنواة كبقعة صغيرة صافية على سطح الصفار. كل خلية بويضة في المبيض محاطة بطبقة دقيقة وغنية بالأوعية الدموية التي تُغذي خلية البويضة ومحاطة أيضًا بخلايا تُفرز هورمونات جنسية أنثوية.



الرسمة هـ - 9: جهاز تكاثر الأنثى - الدجاجة

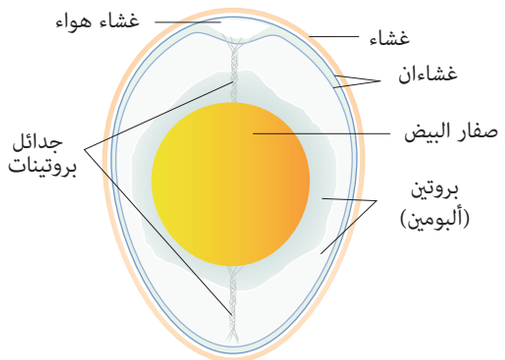
انتبهوا! في معظم الحالات، خلايا الكائنات احية صغيرة جدًا ويمكن رؤيتها بمساعدة المجهر (الميكروسكوب) فقط. خلية بويضة الدجاجة كبيرة جدًا ونراها دون المجهر أيضًا.

إنتاج البيضة

في أعقاب التزاوج، يتم **الإخصاب** في القمع الموجود في بداية أنبوب البيضة. تتحرك خلية البويضة المخصبة على طول أنبوب البيض، وخلال حركتها تُضاف إليها مكونات مختلفة تُنْتِج البيضة الكاملة. أنبوب البيض ملتوٍ، يصل طوله عند الدجاجات البيوضة حوالي 53-73 سم. على طول أنبوب البيض، توجد غُدد تفرز إلى داخله بروتين (ألبومين - المادة البيضاء في البيض الذي نأكله في البيض) ينتظم كطبقة حول خلية البويضة. تساهم هذه الطبقة (كصفار البيضة) في تطور الجنين وتغذيته. بعد ذلك يَنْتُج غشاءان دقيقان يغلِّفان البروتين.

عندما تصل خلية البويضة المخصبة المحاطة بالبروتين وبالأغشية منطقة "الرحم" (الذي يختلف في مبناه وأدائه عن رحم الثدييات) في أنبوب البيضة، تُفرز من الخلايا في هذه المنطقة أملاح كالسيوم ترسب على البويضة وتُنْتِج الغلاف الخارجي القاسي. يُستخدم "الرحم" لبناء الغلاف الخارجي ولتخزين البيض قبل وضعها خارج الجسم. تستمر هذه العملية المعقدة حوالي يوم وفي نهايته تكون البيضة جاهزة، لكي توضع خارج الجسم (الرسمة هـ - 10).

انتبهوا! في أقنان الدجاجات التي تبيض بيضًا، لا يوجد ذكور، والدجاجات تبيض بيضًا على الرغم من عدم حدوث تخصيب.



الرسمة هـ -10: بنى بيضة الدجاجة

يحتل صفار البيض والبروتين، اللذان يعتبران مصدر المواد الغذائية التي يتطور منها الجنين، معظم حجم البيضة. نلاحظ داخل طبقة البروتين مبانٍ مسلسلة نسمِّيها جدائل البروتين (الذي نراه أحيانًا داخل بروتين بيضة غير مطبوخة). تثبت جدائل البروتين خلية البويضة المخصبة والجنين الذي يتطور منها، في مكانها في مركز البيضة. في الطرف الواسع للبيضة، في الفراغ بين الغشائين، نلاحظ "كيس هواء". يمكن أن نرى كيس الهواء في طرف البيضة المسلوقة ("البيضة القاسية").

قشرة بيضة الدجاجة مصنوعة من الكالسيوم، قاسية وتزوِّد الجنين حماية من الإصابات الميكانيكية، من الأشعة المباشرة والجفاف. بالإضافة إلى ذلك، تُتيح القشرة للجنين أن يتبادل الغازات مع البيئة المحيطة الخارجية بفضل الثقوب الصغيرة جدًا الموجودة فيها.

الفكرة المركزية

ملاءمة المبنى والأداء:
مبنى بيض الطيور ملائم لتطور الجنين في البيابسة.

جدير بالمعرفة

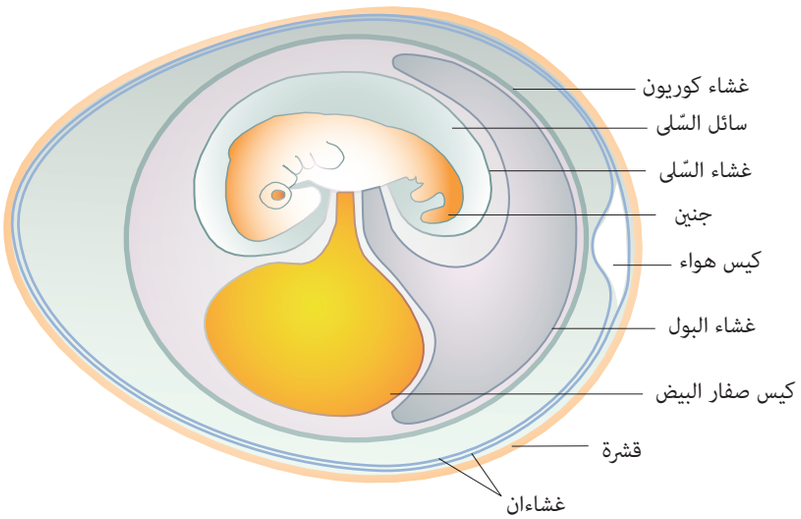
بيضة النعامة أكبر بيضة من بين بيوض الطيور، حيث يصل وزنها حوالي 1.2 كغم. بيضة عصفور الشمس أصغر بيضة من بين بيوض الطيور، حيث يصل وزنها حوالي نِصف غرام فقط.

النعامة الأنثى وبيضتها

تطور الجنين في البيضة

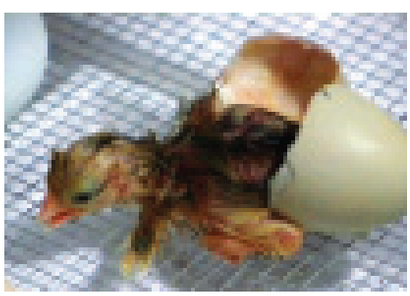
بعد أن تبيض الدجاجة البيضة المخصبة، يتطور الجنين فيها. في الرسمة هـ - **11**، نرى حول الجنين الذي يتطور إنتاج أربعة أغشية خارج الجنين نسمِّيها **أكياس الجنين**، وهي تقوم بوظائف مهمة في تطور الجنين في البيضة:

1. غشاء **السّلى** (amnion)، يغلِّف الجنين ويحتوي على سائل السّلى الذي يشكِّل **البيئة المحيطة المائية** التي يتطور فيها الجنين.
2. **كيس صفار البيضة** الذي يغلِّف الصفار، تَنْتُج فيه شبكة أوعية دموية عبرها يمر الغذاء إلى الجنين. معظم صفار البيض مكون من بروتينات، دهنيات وسكريات، حيث تُستخدم غذاء للجنين الذي يتطور في البيضة.
3. غشاء **بول جنيني** (allantois) - يُستخدم وعاء للفضلات. تساعد الأوعية الدموية الموجودة في غشاء البول على تبادل الغازات بين الجنين والبيئة المحيطة الخارجية (كما هو الأمر في عمل الرئتين).
4. غشاء **كوريون**، يغلِّف الجنين والأغشية الداخلية.



الرسمة هـ -11: مقطع تخطيطي في بيضة دجاجة فيها **جنين**

خلال تطور الجنين، تمنع قشرة البيضة من حدوث تغيُّر في حجمها على الرغم من التغيُّرات التي تحدث داخلها. تُحدد هذه الحقيقة كبر الجنين الذي يستطيع أن يتطور داخلها. في نهاية تطور الأنسجة والأعضاء (في الدجاج حوالي **21** يومًا)، تخرج الصيصان من البيض (الرسمة هـ - **12**). في عملية خروج الصوص من البيضة، يمزق الصوص الغشاء الذي يغلِّفه بمساعدة منقاره ويتنفس لأول مرة بمساعدة رئتيه من الهواء الموجود داخل كيس الهواء.



الرسمة هـ - 12: صوص يخرج من البيضة

سؤال هـ -6

أ. جدوا معلومات عن النسبة المئوية للماء، وعن المكونات الغذائية في بيضة الدجاجة، ثم اعرضوا النتائج بطريقة بيانية. علِّلوا اختيار طريقة العرض.

ب. لماذا نوصي الشخص المصاب بحروق أن يزيد من استهلاك كميات البروتينات التي يستهلكها خلال فترة شفاؤه؟

ت. اكسروا بحذر بيضة طازجة داخل ماء وميِّزوا أقسامها.

سؤال هـ -7

أ. قارنوا بين نظام الأغشية الذي يغلِّف جنين الإنسان ونظام الأغشية الذي يغلِّف جنين الدجاج.

ب. القشرة القاسية لبيضة الدجاجة تمنع ازدياد الحجم الكلي. أي أقسام من البيضة يكبر حجمها وأي أقسام يصغر حجمها خلال تطور جنين الدجاجة؟ علِّلوا.

ت. ما هو المصدر الوراثي لأقسام البيضة: الجنين، صفار البيضة، البروتين والأغشية التي تقع خارج الجنين؟ اشرحوا.

ث. خلال تطور جنين الطيور، يتراكم حامض بول غير قابل للذوبان في غشاء البول. ما هي أفضلية ذلك للجنين؟

ج. وزن الثدي أثناء ولادته أكبر بكثير من وزن الخلية الواحدة - الزيجوت الذي تكوَّن منه. بالمقارنة معه، وزن الصوص الذي يخرج من البيضة أقل بقليل من وزن البيضة (دون القشرة). ما الشرح لهذا الفرق؟

سؤال هـ-8

ما هو الفرق الأساسي بين بيضة السمكة وبيضة الطير؟

مساهمة الوالدين في تطور الجنين

لا تنتهي مساهمة الوالدين في تطور الجنين مع وضع البيض. التطور السليم للجنين في البيضة متعلق بوجود ظروف بيئية محيطة مناسبة أيضًا.

عند أنواع حيوانات كثيرة تضع البيض، يزوِّد الوالدان ظروف بيئة محيطة مناسبة. عادةً، تضع الأُم البيض في بيئة محيطة رطبة أو مظللة وفي موسم السنة الذي يكون فيه خطر الجفاف صغير بالمقارنة مع فترات أخرى. بالإضافة إلى **الركود** (الرسمة هـ - 13)، توفر الأُم حراسة فعَّالة على الأجنة، وتساهم في تنظيم درجة الحرارة والرطوبة.

الرسمة هـ -13: حمام رقطي أثناء الركود

تركد طيور وزواحف كثيرة على بيضها حتى يفقس البيض ويخرج النسل. خلال الركود، في كثير من الأحيان، يغيِّر الوالدين مكان وضع البيضة، لكي لا تلتصق أغشية الجنين بقشرة البيضة. على الأغلب، الأُم تركد على البيض والأب يُحضر لها الغذاء، لكن هناك بعض أنواع الطيور التي يركد فيها الوالدين على البيض بالتناوب حتى خروج النسل.

الاعتماد واستقلال نسل الطيور

نميِّز في نسل الطيور بين **الفراخ والصيصان:**

الفراخ تبقى في العش. تفقس من بيوض صغيرة بعد مرور فترة ركود قصيرة. عارية من الريش (تقريبًا أو كليًّا)، عمياء، ضعيفة، لا تستطيع الوقوف على أرجليها ولا تستطيع الحركة، لذا فهبي بحاجة إلى عناية والدين مخلصين. في الأيام الأولى، تستطيع الفراخ أن ترفع رأسها وتفتح منقارها فقط، لكي تحصل على الغذاء من والديها (الرسمة هـ - 14). الخطر الذي يهدد الفراخ كبير جدًا، لأنها لا تستطيع أن تطير، وعندما يذهب الوالدين لجمع الغذاء، فإنها مهددة بالافتراس.

الرسمة هـ -14: على اليمين: فراخ جائعة (عصافير إسترالية)، على اليسار: صوص حجل

جميع نسل الطيور المغردة (مثل: الفصية الرشيقة والبلبل) فراخ، وكذلك الأمر جميع نسل الطيور الجارحة، مثل: النسر والبومة. الصيصان تترك عشها. تفقص من بيض كبير، يقظة ومغطاة بريش دقيق، عيناها مفتوحة، أرجلها متطورة، وبعد مرور وقت قصير من خروجها من البيض، تستطيع أن تأكل بقواها الذاتية. هذا يعني أن الصيصان تحتاج إلى عناية قليلة نسبيًا من الوالدين. نجد الصيصان بالأساس عند الطيور التي تركد على الأرض وتركض أو تسبح جيدًا، مثل: أنواع الدجاج، الإوز والبط.

سؤال هـ - 9

تبيض النسور من 2-3 بيوض في المرة الواحدة، أما الإوز فإنه يبيض حوالي 10 بيضات في المرة الواحدة. ماذا يمكن أن تكون العلاقة بين عدد البيضات التي تبيضها الطيور وبين مدى استقلالية النسل؟ اشرحوا.

نافذة البحث

تبيض طيور من نوع السمامة البنية من 1-3 بيوض في المرة الواحدة.
أُجريت دراسة استقصائية لفحص عشائر السمامة البنية، عدَّ الباحثون عدد البيض في كل عش، وبعد ذلك عدوا الفراخ التي نجحت أن تكبر وتترك العش. استمرت الدراسة ست سنوات وفيما يلي نتائجها في جدول هـ - 3.

جدول هـ -3: معدل "النجاح" للعش في عشيرة السمامة

عدد البيض في العش	عدد الأعشاش في العشيرة	معدل عدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش	النسبة المئوية لعدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش
1	36	0.8	80%
2	102	1.7	85%
3	32	1.7	57%

أ. اذكروا استنتاجين يمكن استنتاجهما من نتائج الجدول.
ب. عدد الفراخ التي بقيت على قيد الحياة في الأعشاش التي وُضعت فيها بيضتان يشبه عدد الفراخ التي بقيت على قيد الحياة في الأعشاش التي وُضعت فيها 3 بيوض. هل من الأفضل أن تضع السمامة 3 بيوض؟ عللوا.
في تحليل إضافي للنتائج، وزع الباحثون النتائج بحسب توافر الغذاء للفراخ في سنوات مختلفة. يظهر تحليل النتائج في جدول هـ - 4.

(التكملة في الصفحة القادمة)

جدول هـ -4: معدل "النجاح" للعش بحسب توافر الغذاء للفراخ

عدد البيض في العش	توافر الغذاء للفراخ عالٍ		توافر الغذاء للفراخ منخفض	
	معدل عدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش	النسبة المئوية لعدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش	معدل عدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش	النسبة المئوية لعدد الفراخ التي نجحت في النمو وتركت العش
1	0.8	80%	0.8	80%
2	1.9	95%	1.0	50%
3	2.3	77%	0.9	30%

ت. أمامكم استنتاجات، أي منها يمكن استنتاجها من مكتشفات الجدول هـ 4؟ عللوا اختياركم.

1. لم يؤثر توافر غذاء الفراخ على "نجاح" نمو الفراخ.
2. في السنوات التي يكون فيها توافر غذاء عالٍ، توجد أفضلية لوضع 3 بيوض بالمقارنة مع بيضتين فقط.
3. يؤثر توافر الغذاء أقل على النجاح عندما ننمي فرخًا واحدًا في العش.
4. عندما لا يكون نقص في توافر الغذاء، تبقى جميع الفراخ على قيد الحياة.

هـ 2.3 تكاثر الثدييات

تعرفتم في الفصل الثالث على جهاز التكاثر وعملية تكاثر الإنسان. في **ثدييات** أخرى، جهاز التكاثر وعمليات التكاثر تشبه جهاز التكاثر وعمليات التكاثر عند الإنسان وتتميز بوجود **دورة جنسية**. في هذا البند، نتوسع في **التباين** الذي يتم في تكاثر أنواع معينة من الثدييات وفي دوراتها الجنسية.

دورة الشبق ودورة الحيض

عند أنواع قرود معينة، تتم **دورة الحيض** كما تعلَّمنا عند الإنسان. استعداد الأنثى للتزاوج غير محدد لموسم معين في السنة، لكن هناك دورية كبيرة في أداء جهاز التكاثر. يوجد صعود ونزول دوري في تركيز الهورمونات في الدم التي في أعقابها تحدث **الإباضة**. تحدث الإباضة في مرحلة ثابتة من الدورة. تعرفنا على تفاصيل دورة الحيض في الفصل الثالث.

للمزيد عن
***موسمية التكاثر**، انظروا الفصل السابع صفحة 146، والفصل الثامن صفحة 176.*

عند معظم أنواع الثدييات، الأنثى مستعدة (تستطيع) للتزاوج في فترة معينة فقط (أو في فترات معينة) خلال **موسم التكاثر** (جدول هـ -5). الفترة الزمنية التي تكون فيها الأنثى مستعدة للتزاوج نسميها **فترة الشبق**. في فترة الشبق، يرتفع تركيز هورمونات تكاثر معينة، وتحدث خلالها سلوكيات مميَّزة، مثلًا: ترفس وتصهل إناث الحصون، تُطلق البقرات خوارًا وتقفز على بعضها وتبكي القطط.
الزمن الذي يمر من بداية فترة شبق واحدة حتى بداية فترة شبق ثانية نسمِّيه **دورة الشبق**، حيث تختلف مدتها في الأنواع المختلفة.

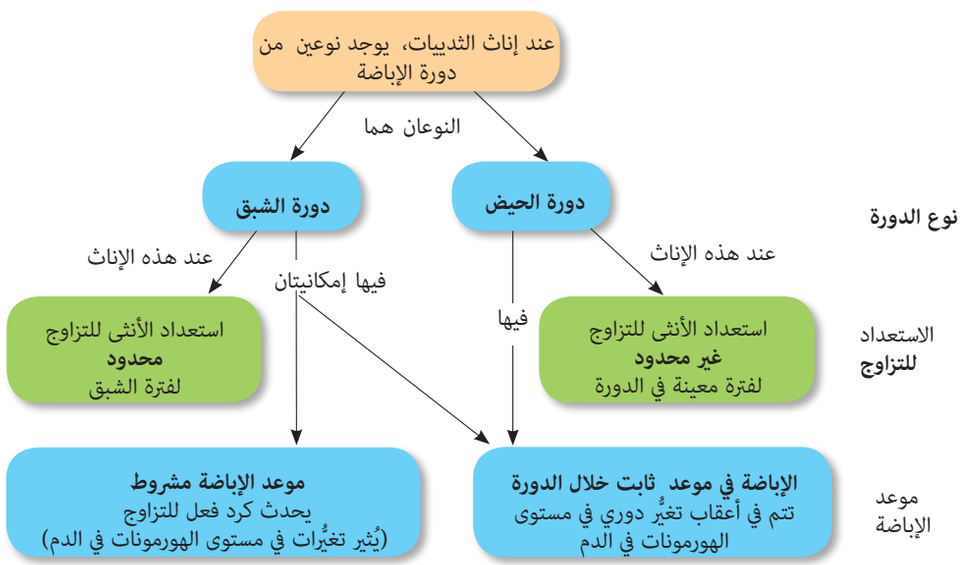
جدول هـ -5: دورات الشبق عند إناث الثدييات

النوع	تكرار (تردد) دورات الشبق	مدة دورة الشبق	مدة فترة الشبق - الاستعداد للتزاوج
البقرة	كل السنة	3 أسابيع	12-10 ساعة
الخنزير	كل السنة	3 أسابيع	3-2 أيام
الماعز	الموسم - عدة دورات شبق في الموسم	3 أسابيع	24-12 ساعة
القط	الموسم - عدة دورات شبق في الموسم	3 أسابيع	7-4 أيام
الخروف	الموسم - عدة دورات شبق في الموسم	18-16 يومًا	36 ساعة
الحصان	الموسم - عدة دورات شبق في الموسم	3 أسابيع	6-5 أيام
الكلب	الموسم - دورات شبق واحدة في الموسم	سنة	10-7 أيام

في الأنواع التي توجد لها دورة شبق، تتم **الإباضة** في أعقاب ارتفاع تركيز **الإستروجين** في الدم. يوجد أنواع، يتم عندها الشبق في مرحلة ثابتة في دورة الشبق، على سبيل المثال، عند إناث الفئران والأبقار. يوجد أنواع، يتم عندها الشبق في أعقاب التزاوج، هذا يعني أن التزاوج يُثير التغيُّرات الهورمونالية الضرورية للإباضة. الإباضة التي تتم في أعقاب التزاوج نسمِّيها إباضة مشروطة (الرسمة هـ - 15)، وهي تتم، على سبيل المثال، عند إناث القطط والأرانب.

بالمستوى المبدائي، دورة الشبق عند الأبقار تشبه دورة الحيض عند الإنسان. في الدورتين، تتم الإباضة في موعد ثابت خلال الدورة - بعد نضوج الجُريبات في المبيض، وبعد الإباضة يتطور جُسيم أصفر في المبيض. **انتبهوا**، عند الإنسان، تتم الإباضة في منتصف الدورة (دورة الحيض) وعند البقرة تتم الإباضة في بداية الدورة (دورة الشبق). ينبع هذا الفرق من التعريف العشوائي لبداية الدورة بحسب العلامات التي نراها بالعين: عند الإنسان نزيف دم، وعند البقرة سلوكيات معينة. بودنا أن نشير أن البقرة لا توجد لديها ظاهرة النزيف. إذا لم يتم حمل، تُمتص الأنسجة المخاطية في الجسم.

للمزيد عن
***دورة الحيض**، انظروا الفصل الثالث، صفحات 44-46.*



الرسمة هـ -15: الإباضة عند أنواع مع دورة حيض أو مع دورة شبق

سؤال هـ - 10

أ. بماذا تتشابه وبماذا تختلف دورة الشبق ودورة الحيض؟

ب. ما هي الأفضلية التي يمكن أن تكون للإباضة المشروطة؟

سؤال هـ-11

أنجبت كلبة 6 جراء، منها توأم متماثل، كانت 8 جُسَيْمات صفراء في المبيضين معًا. كم خلية بويضة لم تصل تطور كامل؟ عللوا إجاباتكم.

تطور الجنين داخل جسم الأُم

هناك فرق مهم بين الثدييات وفقريات أخرى تعيش على اليابسة، وهو المكان الذي يتطور فيه الجنين: في أنواع طيور مختلفة وفي معظم أنواع الزواحف، تتطور الأجنة في البيوض التي تُضع على اليابسة خارج جشم الأم. أما في معظم أنواع الثدييات، بما في ذلك الإنسان، يتطور الجنين داخل عضو خاص - **الرحم** - داخل جسم الأُم.

يعرض الجدول هـ -6 مدة الحمل في الثدييات المختلفة. يمكن أن نرى في الجدول أن هناك علاقة عامة بين كبر الحيوان ومدة الحمل.

جدول هـ-6: مدة الحمل في الثدييات المختلفة

الثدي	مدة الحمل (بالأيام)	الثدي	مدة الحمل (بالأيام)
الهامستر	16	الخروف	150
الفأر	21	البقرة	270
الأرنب	42	الإنسان	280
الكلب	61	الحوت	360
القط	63	الزرافة	400

مصطلحات

خروج الجنين من جسم الأم

هناك ثلاثة مصطلحات تصف العملية التي يخرج فيها النسل المتطور من جسم الأم إلى خارج جسمها:

التفريخ: خروج نسل تطور في بيض داخل جسم الأم إلى العالَم. يمكن أن يكون النسل مستقلًا، مثل: سمك القرش، السحالي والأفاعي، أو أنه بحاجة إلى رعاية الوالدين لفترة زمنية معينة، مثلًا: العقارب التي تحمل نسلها على ظهرها في بداية حياتها.

الإنجاب: خروج نسل ثدييات (باستثناء الإنسان) تطور في رحم الأم إلى العالَم. النسل - جراء، عجول، جدي وغير ذلك - تحتاج عادةً إلى استمرار عناية ومراقبة الوالدين لمدة زمنية معينة على الأقل، مثل: جراء القطط والكلاب.

الولادة: مصطلح خاص لعملية خروج الجنين من الرحم عند الإنسان. وهو يحتاج إلى عناية ومراقبة الوالدين لمدة زمنية طويلة.

سؤال هـ - 12

عودوا إلى الفصل الثالث ولخصوا الحسنات للجنين الذي يتطور داخل الرحم.

تغذية نسل الثدييات

ينبع اسم الثدييات من إحدى المميزات الخاصة لهذه الحيوانات: تغذية النسل بحليب الأم - الرضاعة (الرسمة هـ -16). جميع جراء الثدييات في الطبيعة متعلقة في بداية حياتها بالأُم وهي تتغذى في فترة حياتها الأولى من الحليب الذي يَنْتُج من **غدد حليب** الأم.

غدد الحليب موجودة في الجنسين، لكن في الإناث فقط يَنْتُج حليب في نهاية الحمل. تبدأ غدد حليب الأنثى بالتطور مع النضوج الجنسي، لكن في فترة الحمل، تتطور بشكل سريع بفضل تأثير الهورمونان بروجسترون واستروجن. يشترك الهورمون **برولكتين** (lact=حليب; pro=الحصول على) وهورمونات أخرى في تطور الغدد وإنتاج الحليب.

تختلف أنواع الثدييات بعدد غدد الحليب ومكانها: عند الإنسان وأنواع قردة، يوجد غدتين حليب وهما موجودتان في الثدي في الصدر. عند الأبقار، الخراف، الحصون، نجد غدد الحليب في الضرع على البطن بجانب الرجلين الخلفيتين. عند أنواع الثدييات التي لديها جراء كثيرة في كل حمل (مثل: الكلاب والقطط)، يوجد غدد كثيرة، وفُتحات الغددة مرتَّبة بسطرين على طول طرف بطن الحيوان.

الرسمة هـ - 16: عجل يرضع من أمه

اعتماد واستقلال أفراد الثدييات

كما ذكرنا، جميع جراء الثدييات في الطبيعة متعلقة في بداية حياتها بالأُم التي تغذيها، وهي تتغذى في هذه الفترة من الحليب الذي يَنْتُج في غدد حليب الأُم. مع ذلك، يوجد فروق بمدى استقلالية الأفراد مثل ما رأينا عند الطيور. نستعمل هنا المصطلحين يترك العش ويبقى في العش الذين تعرفنا عليهما في سياق الطيور .

أفراد الأرانب، الغزلان والأبقار **تترك العش**. وهي تولد بعد حمل طويل نسبيًا، مغطاة بالشعر، لها مخالب (أظافر قرنية) وعيون مفتوحة. تفرز فضلاتها بذاتها، تستطيع أن تقف على رجليها وتمشي خلال عدة دقائق أو ساعات معدودة بعد أن تلد. وظيفة الأم أن ترضعها وأن تحميها.

جراء القطط والكلاب **تبقى في العش**. تلد بعد حمل قصير، عاجزة عن القيام بأي شيء، عارية من الشعر وعيونها مغلقة. متعلقة بشكل مطلق بأُمها للتغذية، للحفاظ على درجة حرارة جسمها وتحتاج مساعدة الأُم،

لكي تفرز بولها وبرازها. الأُم تحميها أيضًا من الحيوانات المفترسة ومن أفراد أخرى في العشيرة (مثلًا الذكور) قد تؤذيها.
جراء القردة متعلقة بأُمها لتزودها بالغذاء والحماية، لكنها تستطيع أن تمتطي أُمها وتتحرك معها من مكان إلى آخر (الرسمة هـ - 17).

الرسمة هـ -17: قردة وجروها

سؤال هـ - 13

اذكروا حسنة واحدة وسيئة واحدة لنوع أفراده تبقى في العش بالمقارنة مع نوع أفراده تترك العش. اشرحوا.

سؤال هـ -14

بماذا يتشابه وبماذا يختلف تكاثر سمكة، طير وثدي. تطرقوا في إجاباتكم إلى جهاز التكاثر وعملية التكاثر.

ثدييات الجيب

ثدييات الجيب هي مجموعة ثدييات قديمة جدًا من ناحية النشوء والارتقاء، المميز الخاص للحيوانات التي تنتمي إلى هذه المجموعة هو طريقة تكاثرها والاعتماد المتطرف للأفراد الحديثة السن بأُمها.
هذه المجموعة شائعة بالأساس في استراليا (أنواع قليلة موجودة في جنوب أميركا). عكس الثدييات التي تعرفنا عليها والتي تملك مشيمة متطورة تدمج بين أنسجة الجنين وأنسجة الأُم، ثدييات الجيب توجد لها مشيمة بسيطة، يتغذى الجنين فترة قصيرة بالأساس من صفار البيض الموجود في كيس صفار البيض، وتغذيته أقل ناجعة بالمقارنة مع الثدييات التي لديها مشيمة متطورة.

تخرج أفراد ثدييات الجيب إلى هواء العالم في مرحلة مبكرة جدًا من تطورها. مثلًا: يلد أحد أنواع الكنغر بعد **36** يوم حمل عندما يكون وزنه حوالي **0.8** غرام فقط! للمقارنة - وزن البالغ حوالي **30** كغم.
مباشرةً بَعد الولادة، يقوم الوليد الصغير برحلة عجيبة إلى منطقة الحلمات الموجودة داخل "الجيب" (طي جلد كبير)، على بطن أمه وهناك يستمر في تطوره. على الرغم من أنه أعمى، إلا أنه ينجح في إكمال رحلته وإيجاد الحلمة التي يدخلها في فمه. يتسع طرف الحلمة ويملأ كل حجم الفم. يبقى الجرو الصغير مربوطًا بالحلمة لمدة شهر - شهرين، حتى تتطور فكيه بشكل كافٍ، لكي يفتح فمه ويتحرر من الحلمة. من هذه المرحلة، يبقى الجرو الصغير داخل "الجيب" على بطن أُمه يرضع الحليب، يكبر ويتطور. بعد مرور حوالي **300** يوم، يزن حوالي **5** كغم ولم يبقى في الكيس. بعد خروجه من الجيب، يبقى الجرو بجانب أمه، يرضع من حليبها حتى يصل سن سنة ونِصف. صورة أُم الكنغر المعروفة مع صغيرها الذي يطل عبر جيبها، (الرسمة هـ - **18**)، لا تمثِّل جميع أنواع ثدييات الجيب. يوجد أنواع مثل الأُبسوس الأميركي الذي تلد الأُنثى من **8-10** جراء في الولادة الواحدة. و"الجيب" هو طي من الجلد

الرسمة هـ - 18: أُم الكنغر مع جروها الذي يطل عبر الجيب.

المرفوع حول الحلمات فقط وهو لا يغطي جميع الجراء. في هذه الأنواع، عندما تتحرر الجراء من الحلمات، تستمر الأُم في ارضاعها، لكنها تضعها في عش ولا تحملهم معها كل الوقت.

جدير بالمعرفة

ثدي يضع بيضًا

الثدييات **عديمة المشيمة** نادرة، تعيش عدة أنواع من هذه الثدييات في قارة استراليا فقط. الإوز الأُسترالي ثدي يعيش في الماء والتخصيب عنده داخلي. في أعقاب الإخصاب، تضع أنثى الإوزة بيضها داخل جُحر وتركض عليه حتى يفقس. بعد أن تخرج الصغار، يتغذون من الحليب الذي تفرزه الأُم على سطح جلدها (الإوز الأُسترالي لا يوجد لديه حلمات).

هـ 4. جوانب نشوء وارتقاء التكاثر الجنسي عند الحيوانات

تطورت الثدييات في الماء، والقديمة من بينها **الأسماك**، تعيش كل دورة حياتها في الماء. تطورت البرمائيات من الأسماك ويدل اسم **البرمائيات** على مميزاتها: تعيش على اليابسة بالغة، لكن لتكاثرها ولبداية تطورها تحتاج إلى بيت تنمية مائي. يرى الكثير في البرمائيات أنها حلقة انتقالية في تطور نشوء وارتقاء الفقريات.

الفقريات الأولى التي تطورت لديها القدرة خلال النشوء والارتقاء على التكاثر في اليابسة، كانت زواحف قديمة، وقد وضعت هذه الزواحف بيضًا على اليابسة. بفضل هذه القدرة وتطور ملاءمات إضافية لليابسة، تحولت هذه الزواحف إلى الفقريات الأولى الحقيقية التي تعيش على اليابسة. يخمِّن الباحثون أن أصل نشوء وارتقاء فقريات اليابسة - زواحف، طيور وثدييات - من هذه الزواحف القديمة.
خلال النشوء والارتقاء، تطورت أعضاء وآليات تُتيح التكاثر على اليابسة. تقدَّم هذا التطور بعدة اتجاهات معروضة في جدول هـ - 7.

جدول هـ-7: من بيئة محيطة مائية إلى اليابسة: تطور النشوء والارتقاء لطرق تكاثر الفقريات

	بيئة محيطة مائية	بيئة محيطة يابسة	
المكان الذي يتم فيه الإخصاب	في الماء	داخل جسم الأُنثى	
المكان الذي يتم فيه الجنين	في الماء، داخل بيضة قشرتها مرنة	في اليابسة، في بيضة قشرتها قاسية	في جسم الأنثى، في الرحم
مصدر المواد التي يتغذى منها الجنين	المواد الموجودة في البيضة	المواد الموجودة في البيضة	دم الأُم بواسطة المشيمة
طريقة إفراز الفضلات في الجنين	تُفرز إلى الماء	تتراكم في كيس بول الجنين	يُفرز البول بواسطة الكليتين إلى سائل السلى
طريقة تغذية الفرد	من الغذاء في الماء	من الغذاء الذي يُحضره الوالدين أو من الغذاء الذي يجده بشكل ذاتي	من حليب الأُم

سؤال هـ - 15

نجد عند الحيوانات طرق تكاثر جنسية تختلف عن بعضها، من بينها البيئة المحيطة التي يتم فيها التكاثر وعدد الأفراد. مامكم جدول يعرض معلومات عن ثلاثة حيوانات (أ-ت): طير، سمكة، ثدي.

	الحيوان		
	أ	ب	ت
بيت تنمية الحيوان	ماء	ماء	يابسة
مكان تطور الجنين	بيضة	الأُم	بيضة
البيئة التي يحدث فيها التكاثر	ماء	ماء	يابسة
عدد الأفراد	آلاف	عادةً واحد	عدة

أ. أي حيوان من بين الحيوانات أ، ب أو ت هو ثدي، أي منها هو طير وأي منها سمكة؟ عللوا تحديدكم لكل حيوان؟

ب. في أي بيئة حياة - مائية أو يابسة - مدى عشوائية إلتقاء خلايا تكاثر الحيوانات يكون أكبر؟ عللوا.

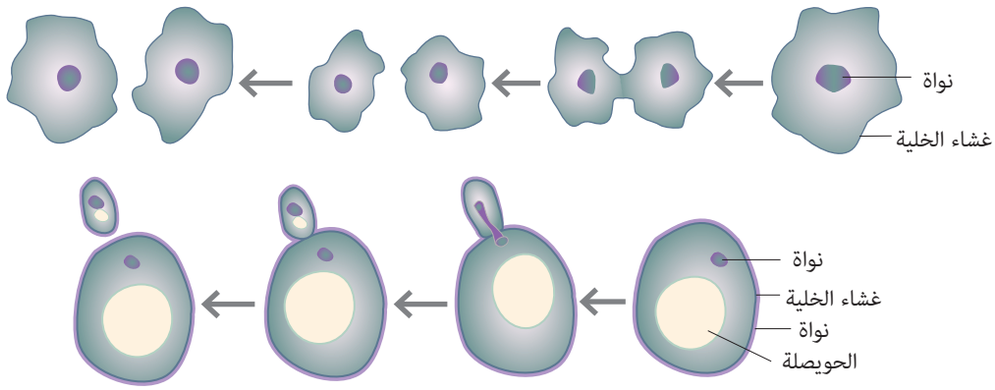
تكاثر جنسي

عند الحيوانات التي نراها عادةً في بيئتنا المحيطة، يوجد بالأساس تكاثر تزوجي. هكذا الأمر عند معظم الفقريات التي تتكاثر بطريقة تزاوجية فقط. لكن يجب أن نعرف أنه عند معظم الحيوانات، يوجد أنواع تتكاثر بطريقة لا جنسية إلى جانب التكاثر الجنسي. في هذا البند، نعرض عدة أمثلة لطرق تكاثر لا جنسية عند الحيوانات.

هـ5. تكاثر غير تزاوجي بواسطة الإنقسام أو التبرعم

في الكائنات الحية **أحادية الخلية** حقيقية النواة، مثلًا: الأميبا، **انقسام الخلية** معناه تكاثر. خلية واحدة هي كائن حي مستقل، من خليةٍ واحدة تَنْتُج خليتان، كل واحدة منهما كائن حي مستقل. لذا انقسام الخلية يشكل في الكائن الحي الأحادي الخلية آلية تكاثر غير تزاوجي. قبل حدوث الإنقسام، تتضاعف المادةٍ الوراثية في النواة، تنقسم نواة الخلية بعملية **الميتوزا**، وفيما بعد ينقسم السيتوبلازم والعضيات. نتيجةً للإنقسام، نحصل على خليتين متماثلتين بالمادة الوراثية، وتعيش هاتين الخليتين ككائنيْ حي أحاديي الخلية مستقلتين (الرسمة هـ - **19** أعلاه). في هذا الإنقسام، لا تبقى خلية الأم على قيد الحياة.

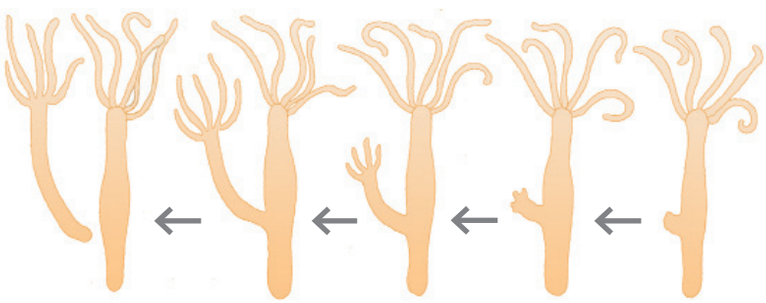
التبرعم طريقة تكاثر غير جنسية إضافية، تتطور بواسطتها أفراد جديدة على الأُم. في أحاديات الخلية، على سبيل المثال في الخميرة (الرسمة هـ **19**- أدناه)، يبدأ التبرعم بمضاعفة المادة الوراثية في النواة وبإنقسام النواة بطريقة الميتوزا. فيما بعد يَنْتُج برعم طرفي من طرف واحد، ينتقل إليه إحدى الأنوية مع كمية قليلة من السيتوبلازم، ويَنْتُج غشاء بين الخليتين. ينفصل الفرد الجديد عن الأم ويبدأ بالنمو. يوجد متعددات خلايا تتكاثر بطريقة التبرعم. في هذه الأنواع، ينمو طرف مكوَّن من خلايا تتحول



الرسمة هـ-19: تكاثر غير جنسي في أُحادية خلية حقيقية النواة
الصور العلوية: انقسام خلية الأميبا (تكبير: 200-600 ميكرومتر)، الصور السفلية: تبرعم الخميرة (كبر : حوالي 4 ميكرومتر)

يوجد متعددات خلايا تتكاثر عادةً بطريقة التبرعم. في هذه الأنواع، ينمو من الأُم طرف مكوَّن من خلايا تتحول إلى كائنٍ حي مستقل. في أنواع معينة، مثلًا: المرجان، تبقى الأفراد مرتبطة ببعضها. وفي أنواع معينة، مثلًا الهيدرا: ينفصل الفرد الجديد في مرحلة معينة عن الأُم (الرسمة هـ - 20).

إذا انفصل الفرد الجديد أو لم ينفصل، فإنه يبدأ في النمو. من الجدير بالمعرفة أن الفطريات (من بينها الخميرة)، المرجان والهيدرا، تتكاثر بطريقة تكاثر جنسية أيضًا.



الرسمة هـ -20: تكاثر غير جنسي في كائن حي متعدد الخلايا - تبرعم في الهيدرا

تتشابه طريقتي التكاثر انقسام الخلية والتبرعم (غير الجنسية التي وصفناها)بإنقسام نواة الخلية الذي يتم بطريقة الميتوزا، لكنهما تختلفان بالطريقة التي تنقسم بها سائر مكونات الخلية. على الرغم من ذلك، يتم الإنقسام دائمًا بطريقة تكون في كل خلية نسخة كاملة من المادة الوراثية وجميع المكونات الضرورية لبقاؤها كوحدة مستقلة.

هـ6. تكاثر عذري

للمزيد عن
تكاثر عذري في النباتات،
انظروا الفصل السادس،
صفحة 130.

التكاثر العذري (parthenogenesis) هو طريقة تكاثر غير تزاوجي، يتم عند عدة أنواع من الفقريات (أنواع سحالي وأفاعي)، لكنه شائع عند اللافقريات ويحدث في الأساس عند مفصليات الأرجل والحشرات. الفرق بين التكاثر العذري وطرق أخرى للتكاثر غير التزاوجي: في التكاثر العذري، تتطور الأفراد من خلية تناسلية واحدة، ولا يوجد اتحاد بين الخلايا التناسلية. يتطور الفرد من خلية بويضة غير مخصبة، لذا يتم التكاثر العذري في الإناث فقط.

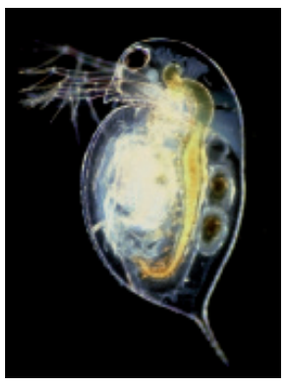
عند نحل العسل، يَنْتُج الذكور فقط في تكاثر عذري دون تخصيب، أما الإناث فإنها تَنْتُج في أعقاب التخصيب فقط. لذا الذكور **هيبلوئيدية** (في خلاياهم توجد هيئة كروموسومات واحدة - n) والإناث **ديبلوئيدية** (في خلاياها توجد هيئة كروموسومات مزدوجة - 2n). وظيفة الذكور والإناث في مجتمع النحل مختلفة: يخصب الذكور الملكة، أما الإناث فإنها تعمل عاملات لجمع الغذاء وتعتني بالنسل.
يتم التكاثر العذري عند الدافنى أيضًا (سرطان صغير) (انظروا نافذة البحث هـ -2). عند الدافنى، أفراد التكاثر العذري هم إناث.

في التكاثر العذري، يمكن أن تَنْتُج أفراد ديبلوئيدية بمسارين أساسيين:
- الميوزا ومضاعفة الكروموسومات في خلية الابنة الهيبلوئيدية، وهكذا نحصل على خلية ديبلوئيدية يتطور منها الفرد. بهذه الطريقة، يمكن أن نحصل على تباين معين عند الأفراد بحسب الخلية الهيبلوئيدية، ناتج الميوزا الذي بدأت منه العملية.
- دون ميوزا: لا تمر الخلية التناسلية بعملية ميوزا ويتطور فردًا من الخلية الديبلوئيدية. جميع الأفراد متماثلة من ناحية وراثية إلى الأنثى التي نَتَجَت فيها.

في أحد أنواع الدافنى الذي تمَّ بحثه، وجد الباحثون، في مراحل إنتاج الخلايا التناسلية، أن الميوزا تتوقف ولا نحصل على خلايا هيبلوئيدية، بل نحصل على خلايا ديبلوئيدية يتطور منها الأفراد.

نافذة البحث

الدافنى هي سرطان صغير يعيش في أنقوعة الشتاء. تستطيع الدافنى أن تتكاثر بطريقتين: تكاثر تزاوجي (جنسي) وتكاثر عذري. في فصل الشتاء، عندما تكون الأنقوعة مليئة بالماء، جميع الدافنى الموجودة تكون إناثًا وهي تتكاثر تكاثر عذري: تتطور دافنى إناث بالغة من البيوض الموجودة في أجسامها. مع حلول الربيع، عندما تبدأ الأنقوعة بالجفاف، يتطور قسم من البيوض الموجودة في أجسام الإناث إلى ذكور. يتزاوج الذكور مع إناث الدافنى الموجودة في الأنقوعة، وفي أعقاب التزاوج، تتطور في جسم الأنثى بيضتين نسميهما **بيضتا الإستدامة**، تبيض الأنثى داخل مياه الأنقوعة. بيوض الإستدامة كبيرة، مغلفة بغطاء قاسي يساعدهن على البقاء عندما تجف الأنقوعة.
عندما تمتلئ الأنقوعة مرة أخرى في فصل الشتاء، تفقس إناث الدافنى من بيوض الاستدامة. تتكاثر هذه الدافنى بتكاثر عذري وهكذا تعود مرة أخرى إلى الأنقوعة.



دافنى

أ. اذكروا حسنة واحدة للتكاثر العذري وسيئة واحدة له.

أجرى باحثون تجربة وقد نُميت الدافنى في ظروف المختبر لمدة 15 يومًا في 4 أوعية مختلفة. في بداية التجربة، كانت نفس كمية ماء الأنقوعة ونفس عدد الدافنى في جميع الأوعية. في كل يوم، أخرجت كمية مختلفة من الماء دون دافنى. خلال 15 يومًا، تابع الباحثون ظهور بيض الإستدامة في كل وعاء.
فيما يلي جدول يعرض نتائج التجربة.

رقم الوعاء	كمية ماء الأُنقوعة التي أُخرجت في كل يوم من الوعاء (ملل)	عدد الأيام التي مرَّت حتى ظهرت بيوض الاستدامة في الوعاء
1	1	لم تظهر
2	2	11
3	3	9
4	4	7

ب. ماذا يمكن الاستنتاج من نتائج التجربة؟

ت. كيف تساعد الظاهرة التي تبدو في نتائج التجربة لملاءمة الدافنى لبيت نموها (أُنقوعة الشتاء)؟

ث. خمنوا نتائج التجربة، إذا أضفنا إلى كل وعاء كمية دافنى مختلفة، بدل من أن نُخرج ماءً من الأوعية. علِّلوا إجاباتكم.

ه7. تكاثر لا جنسي بطرق بيوتكنولوجية

الأفضلية الأساسية للتكاثر اللا جنسي - التماثل الوراثي بين الفرد والوالد - أدت إلى تطور تكنولوجية تكاثر لا جنسية بطرق غير ممكنة في الطبيعة. الطريقتان التكنولوجيتان هما **مستنبت الأنسجة** و**الهندسة الوراثية**.

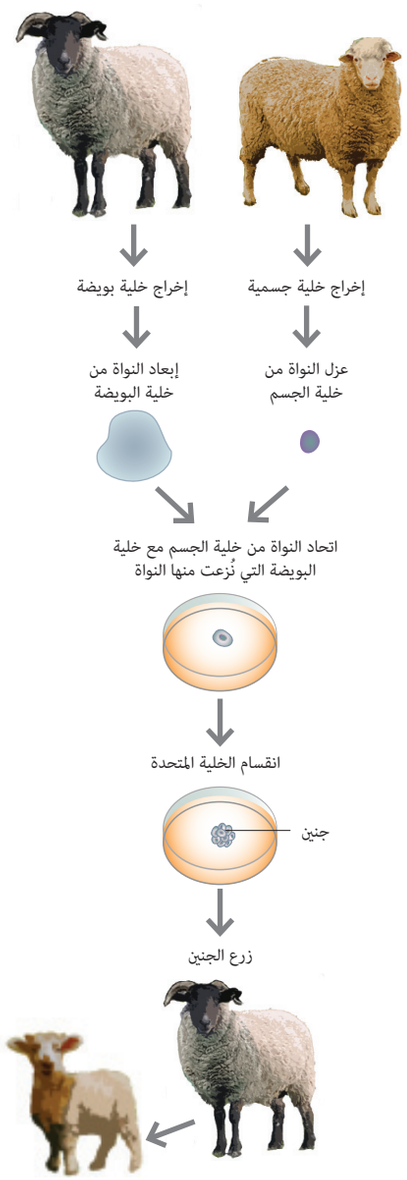
مستنبت النسيج، طريقة مقبولة اليوم لتكاثر النباتات بطريقة غير جنسية. بهذه الطريقة تَنْتُج نباتات حديثة السن من خلية واحدة أو من مقطع نسيج صغير أخذ من فرد صفاته مرغوبة للمزارعين (للحصول على المزيد من معلومات عن مستنبت النسيج، انظروا الفصل السابع).

في الهندسة الوراثية أيضًا، يَنْتُج فردًا جديدًا من خلية بالغة ليست خلية تناسلية. في الماضي (في السنوات 1960-1975)، نجح باحثون في هدم نواة خلية بويضة غير مخصبة لضفدع وإدخال نواة خلية من نسيج إمعاء ضفدع بالغ. تطور شرغوف طبيعي من خلية البويضة!

وُثق بداية عهد الهندسة الوراثية في الثدييات مع ولادة الخروف دولي في سنة 1997. نَتَج الخروف دولي بعملية هندسة وراثية معقدة، اشترك فيها ثلاثة خراف - ثلاث "أمهات":

- خروفة واحدة - أُخذت منها خلية جسم (من الضرع). أُخرجت النواة الديبلوئية من الخلية واستُعملت.
- خروفة ثانية - أُخرجت منها خلية بويضة. أُخرجت نواة خلية البويضة. زُرعت النواة التي أُخرجت من ضرع الخروفة في خلية البويضة.
- خروفة ثالثة - زُرعت في رحمها خلية بويضة بعد أن مرَّت خلية البويضة إتحاد مع نواة مصدرها من خلية جسمية.

هكذا، دون إخصاب، حصلنا على خلية ديبلوئيدية تطورت منها الخروفة دولي (الرسمة ه-21). جميع خلايا الخروفة دولي كانت متماثلة تمامًا لخلايا الخروفة التي أُخذت منها النواة الديبلوئيدية، وهي لا تشبه "الأمهتان الأخريتان: الأم التي تبرعت خلية البويضة والأم التي حملت الجنين في رحمها.



الرسمة ه-21: مراحل عملية الهندسة الوراثية

عاشت الخروفة دولي حوالي ست سنوات، وقد أنجبت خلالها بوني. لكن عندما كان عُمرها 6 سنوات، ماتت من مرض رئوي يميِّز خراف سنها أكبر منها بكثير.
في هذه الهندسة الوراثية، استُعملت مادة وراثية من خروفة بالغة عُمرها ست سنوات، أحد المخاوف الكبيرة أن دولي ماتت، لأنها وُلدت مع خلايا بالغة أدت إلى هرمها بسرعة.
يعتمد هذا الخوف على النظرية التي تُشير إلى أن عدد مرات انقسام الخلية هو عدد ثابت مسبقًا، وفي كل إنقسام، يقصر طرف جزيء الـ DNA الذي نسمِّيه **تيلومير**. عندما ينتهي التيلومر في خلايا حرجة، فإنّ الكائن الحي يتعرض إلى أمراض متعلقة بالهرم. بما أن دولي أُنتجت من خلايا ضرع خروفة عمرها ست سنوات، قد يكون عُمرها البيولوجي 11 سنة عند موتها، وهذا سن عودة جيد للخروفة.
على الرغم من الاكتشاف الكبير الذي تحقق في أعقاب إنتاج دولي بهذه الطريقة، إلا أنه حتى يومنا هذا، لا يوجد استعمال واسع لهذه الطريقة في حيوانات متطورة، لكن هذه الطريقة نالت إعجاب بعض الناس المعنيون في أن تُنتَج نسخة طبق الأصل منهم .....

صراع ذهني

عملية الهندسة الوراثية في الحيوانات ومن ضمنها في الإنسان، أثارت جدل كبير في العالَم، وهي تطرح أسئلة أخلاقية كثيرة.

سؤال هـ - 16

أ. ماذا يمكن أن يكون الدافع لاستعمال الهندسة الوراثية في حيوانات المزرعة؟
ب. اقترحوا تبريرين يرفضان استعمال الهندسة الوراثية في الإنسان.
ت. اقترحوا تبريرين يدعمان استعمال الهندسة الوراثية في الإنسان.

المواضيع الأساسية في هذا الفصل

- السن الذي يستطيع فيه الكائن الحي أن يتكاثر متعلق بعوامل وراثية - داخلية تتأثر من عوامل خارجية من البيئة المحيطة.
- المرحلة، في دورة الحياة، التي يستطيع منها الفرد أن يتكاثر بطريقة جنسية نسميها بلوغًا جنسيًا.
- بعد البلوغ الجنسي، لا تستطيع معظم الحيوانات أن تتكاثر كل السنة، إلا في موسم تكاثرها فقط.
- عند معظم أنواع الثدييات، من السهل التمييز بين الذكور والإناث بفضل الفروق في العلامات الجنسية الثانوية.
- في موسم التكاثر، تبدأ تغييرات في الشكل و/أو سلوكيات الحيوان (الذي وصل البلوغ الجنسي). بفضل هذه التغيُّرات، تبث الذكور والإناث إلى مدى استعدادها للتكاثر.
- في معظم أنواع الأسماك، أجهزة التكاثر بسيطة والإخصاب خارجي.

- العوامل التي تزيد احتمال إلتقاء خلايا تناسلية من نفس النوع البيولوجي وحدوث إخصاب في بيت تنمية مائي هي: كمية هائلة للخلايا التناسلية، الأفراد التي تتكاثر فيما بينها تعيش متجاورة على الأغلب، تُطلق الخلايا التناسلية الأنثوية والذكرية إلى الماء في نفس الوقت تقريبًا، تساعد وسائل الاتصال الصوتية و/ أو الكيميائية على التقاء الذكور والإناث وإلتقاء الخلايا المنوية مع خلايا البويضة.
- في البرمائيات، الفرد الذي يخرج من البيضة نسمِّيه شرغوفًا. تمر الشراغيف تغيُّرات تدريجية حتى تتحول إلى برمائيات بالغة في عملية نسمِّيها تحول.
- المميز البارز في تكاثر أنواع تعيش كل حياتها على اليابسة، مثل: الزواحف، الطيور والثدييات هو الإخصاب الداخلي.
- تكاثر الزواحف والطيور، يوجد له مميِّز مشترك لأغلب الأنواع وهو تطور الجنين داخل بيضة تُباض خارج جسم الأنثى.
- يُتيح مبنى البيضة للجنين أن يتطور بشكل مستقل، لكن الأخطار التي تهدد الجنين كثيرة.
- جهاز تكاثر أنثى الدجاج مبني من قسمين: مبيض وأنبوب البيض. فقط المبيض وأنبوب البيض الأيسران متطوران.
- تتطور أربعة أغشية حول الجنين الذي يتطور في البيضة.
- نميِّز عند أفراد الطيور بين صيصان تترك عشها وفراخ تبقى في عشها.
- عند الإنسان وأنواع قردة معينة، توجد دورة الحيض. استعداد الأنثى للتزاوج لا يقتصر على فترة معينة في السنة.
- عند معظم أنواع الثدييات توجد دورة شبق. استعداد الأنثى للتزاوج يقتصر على فترة معينة خلال دورة الشبق.
- في معظم أنواع الثدييات، ومن بينها الإنسان، تتطور الأجنة داخل جسم الأم في عضو خاص نسمِّيه الرحم.
- جميع أفراد الثدييات في الطبيعة متعلقة في بداية حياتها بالأم، وهي تتغذى في الفترة الأولى من حياتها على الحليب الذي يَنْتُج في غدد حليب الأم.
- خلال النشوء والارتقاء، تقدم تطور الأعضاء والآليات التي تُتيح التكاثر في اليابسة بعدة اتجاهات: المكان الذي يتم فيه الإخصاب، المكان الذي يتطور فيه الجنين، الطريقة التي يتغذى بها الجنين والطريقة التي يتغذى بها الفرد الحديث السن.
- في الكائنات الحية الأحادية الخلية، مثل: الأميبا والباراميسيوم، انقسام الخلية بطريقة الميوزا معناه تكاثر.
- التبرعم طريقة تكاثر لا جنسية، تتطور أفراد جديدة وتَنْتُج على الأم، تنفصل عن الأم وتستمر في حياتها بشكل منفصل.
- التكاثر العذري هو طريقة تكاثر لا جنسية، يتم على سبيل المثال في حشرات تعيش في مجتمعات، مثل: النحل، سرطانات الماء مثل الدافنى.
- مستنبت النسيج والهندسة الوراثية هما طريقتان تكنولوجيتان لتكاثر لا جنسي، لا يمكن أن يتم في الطبيعة.

مصطلحات مهمة في هذا الفصل

خصيتان
بلوغ جنسي
إباضة
بيضة
غُدد حليب
ذات مشيمة
أسماك
ركود
برمائيات
هورمونات جنسية
حمل
إنجاب
رضاعة
إخصاب خارجي
إخصاب داخلي
تفريخ
يبقى في العش
مغازلة
صفار البيض
عديمة المشيمة
ثدييات
بربخ الخصية
الشبق

دورة الحيض
دورة الشبق
ميتوزا
علامات جنسية ثانوية
يترك العش
طيور
فورمون
أنبوب ناقل الخلايا المنوية (أنبوب الخلايا المنوية)
أنبوب ناقل البيض (أنبوب البيض)
شرغوف
تكاثر لا جنسي
تكاثر عذري
رحم
مبيض
هندسة وراثية
مشيمة
سائل السَّلى
كيس صفار البيض
كيس الجنين
خلية بويضة
خلية منوية
اتصال بين جنسين

تكا ثر النباتات

ح1. تكاثر غير تزاوجي
ح2. تكاثر تزاوجي
ح3. من الزيجوت إلى الجنين
ح4. من البذرة إلى النبات
ح5. جوانب النشوء والارتقاء للتكاثر التزاوجي عند النباتات

المواضيع الأساسية في الفصل

ح

الفصل السادس: تكاثر النباتات

تتم في نبانات كثيرة طريقتيْ تكاثر: **تكاثر غير تزاوجي** (لا جنسي)**وتكاثر تزاوجي** (جنسي).
التكاثر غير التزاوجي في النبات نسمِّيه **تكاثر خضري** أيضًا (معناه نمو وازدياد)، لأن أعضاء النبات المختلفة (التي لا تشترك في التكاثر التزاوجي) - سيقان، غصون أوراق وجذور تُستخدم مصدر للنبات الجديد. كل عضو من هذه الأعضاء يستطيع أن يتطور إلى نبات كامل. يمكن أن يتم التكاثر الخضري دون أي علاقة بسن النبتة وبموسم السنة.
بالمقارنة مع التكاثر الخضري، فإنَّ التكاثر التزاوجي هو حدث خاص يتم في مرحلة معينة من دورة حياة النبات. في هذه المرحلة، تتطور في النبات أزهارًا فيها أعضاء تكاثر جنسية وفيها يتم الاخصاب. في أعقلب الإخصاب، تتطور ثمار في داخلها بذور - بداية جيل جديد.

يوجد نباتات **حولية**، هذا يعني أنها تبدأ دورة حياتها، تكبر وتتكاثر وتنهي حياتها في دورة واحدة، أو على الأكثر خلال سنة واحدة. كثير من النباتات التي نراها في إزهارها في فصل الربيع، هي نباتات حولية، مثل: البيسوم والخردل وكذلك الأمر، نباتات كثيرة من النباتات الزراعية، مثل: القمح، الذرة وعباد الشمس.
نباتات أخرى **متعددة السنوات** - تعيش أكثر من سنة واحدة وتستطيع أن تتكاثر عدد كثير من المرات خلال حياتها، نباتات كهذه هي نباتات البساتين والكروم، مثل: التفاح، الخوخ، العنب والزيتون وأشجار الحرش، مثل: אלון والخروب. من بين النباتات المتعددة السنوات، يوجد جنبات (شجيرات) وأشجار تستمر في النمو والتواجد سنوات كثيرة، وجيوفيتات (نباتات أرضية) أيضًا ستتعلمون عنها فيما بعد.
التكاثر التزاوجي الذي يحدث عدة مرات في دورة الحياة هو ظاهرة معروفة لكم أيضًا عند حيوانات كثيرة. لكن على الرغم من ذلك، يوجد فرق أساسي في هذا الأمر بين النباتات والحيوانات: في حين أن عدد سنوات حياة (أو أشهر حياة) حيوانات معينة هو نهائي ويقع في مجال ضيق (مثلًا: القطط

الرسمة ح-1: على اليمين - بيسوم، نبات حولي، على اليسار - شجرة نبات متعدد السنوات

والكلاب التي معدل حياتها 12 سنة)، فإنّ معدل حياة النباتات يتغيَّر في مجال واسع جدًا من السنوات، مثلًا: يعيش النرجس 5-10 سنوات، يعيش الشيرق عدة عشرات السنوات، يصل عُمرُ الملّ مئات السنين. تعيش أشجار معينة مئات وحتى آلاف السنين، لكن أقسام الشجرة مثل الأوراق تموت وتتساقط.

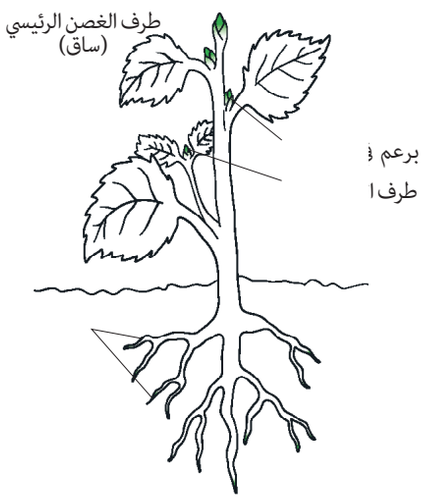
ح1. تكاثر غير تزاوجي (لا جنسي)

بالتأكيد رأيتم مرةً ساقًا أُخذ من نبات، وُضع في الماء، أنبت جذورًا وبعد أن غُرس في التربة تطور إلى نبات مستقل. في أنواع معينة، تستطيع ورقة سقطت من نبات أن تُنمي جذورًا، أن تتجذر في التربة وأن تتطور إلى نبات كامل (الرسمة ح-2).

الرسمة ح-2: ورقة نبتة لحمية سقطت على التربة، نمّت جذورًا وتطورت إلى نبات حديث السن.

يوجد مميزان مهمان للنباتات يُتيحان تكاثر غير تزاوجي وأيضًا تكاثر تزاوجي خلال عدة سنوات كثيرة:

1. **استمرار التطور** - في أطراف الغصون والجذور التي تشكِّل **قمم نمو** النبات وفي براعم إبط الأوراق، توجد أنسجة خاصة - **مريستيمات** (**الرسمة ح -3**)، خلاياها تتقاسم بوتيرة سريعة وتستطيع أن تتطور وتتمايز إلى أنسجة وأعضاء مختلفة: أوراق، أزهار، غصون وجذور.
2. **القدرة على التجدد** - خلايا النباتات البالغة التي تمايزت، توجد لديها القدرة على التجدد. تتم هذه القدرة بالأساس بفضل صفتين:
   - في كل خلية من خلايا النبات، توجد جميع المعلومات الوراثية المطلوبة لبناء نبات كامل.
   - الخلية البالغة التي مرَّت تمايز (مثل خلايا الورقة في الرسمة ح - 2)، يمكن أن تعود وتكون ذات قدرة على الانقسام كخلية مريستماتية مثل الخلايا الجذعية الجنينية عند الحيوانات.



الرسمة ح -3: أماكن المريستيمات في النبات

يحدث التكاثر غير التزاوجي بشكل طبيعي بطرق مختلفة، لكن جميعها تعتمد على العملية الخلوية **ميتوزا**.

يعرض الجدول ح-1 الطرق المختلفة للتكاثر غير التزاوجي من أعضاء النبات التي تقع داخل التربة وفوق التربة.

جدول ح-1: طرق تكاثر غير تزاوجية في النبات

	العضو	الوصف والشرح	أمثلة
أعضاء داخل التربة	**جذمور**	ساق متعدد السنوات، يكبر بطريقة أفقية ويحمل أوراق وسليميات. تتطور نباتات جديدة من البراعم* الموجودة في إبط الأوراق.	*هليون*
	درنة	ساق ثخين أو جذر ثخين يُخزِّن مواد إدخارية. يمكن أن تتطور نباتات كاملة من الدرنات الصغيرة التي تَنْتُج في قاعدة الدرنة ومن **براعم التكاثر.**	*بطاطا*، ***כלנית, נורית, סייפן, סתוונית, אירוס***
	بصل	ساق قصير وثخين، قواعد الأوراق مرتَّبة حوله بكثافة ومخزِّنة فيها مواد إدخارية. تتطور بُصيلات جديدة **من براعم التكاثر** الموجودة بين الأوراق.	*بصل، نرجس*، ***שושן, חצב***
	جذر	تستطيع الجذور المكشوفة أن تتطور إلى سيقان تحمل أوراقًا وفي النهاية إلى نباتات جديدة.	*أجاص، عناب*
أعضاء فوق التربة	**أوراق**	نباتات حديثة السن تتطور في جوانب أوراق نبات بالغ. في الوقت المناسب، تسقط على التربة وتتطور إلى نبات مستقل.	***ניצנית***
	روافد	سيقان تنمو بالموازاة لسطح التربة (يمكن أن تكون روافد داخل التربة)، تنمو غصون تحمل أوراقًا وجذور من البراعم الموجودة في السليميات.	*توت أرضي، عشب أخضر، بوني*
	חוטרים	غصون تتطور من قاعدة النبات، تستطيع أن تتطور إلى نبات مستقل جديد إذا انفصلت من نبتة الأم.	*موز، أشجار النخيل*
	فسائل	تستطيع السيقان التي تتساقط على الأرض أن تنمو منها جذور وأن تتطور إلى نباتات جديدة ومستقلة.	*الصبار ("أوراق" الصبار هي سيقان)، التين*

*براعم- طرف حديث السن وقصير جدًا للساق الذي تتطور منه أوراق أو أزهار.

الرسمة ح-4: تكاثر لا جنسي (خضري) في النباتات
من اليمين إلى اليسار: درنات على نبتة بطاطا، براعم تكاثر على حبة بطاطا، **צמחונים** في أطراف ورقة بالغة **בניצנית**، روافد عشب أخضر، روافد بوني.

توسع

جيوفيتان

الجيوفيتات (ge=أرض; phyton=نبات) هي نباتات **متعددة السنوات** لها أعضاء تخزين ثخينة، داخل الأرض، تحمل براعم. أعضاء التخزين هي **الجذمور، البصل أو الدرنة**.

في مناطق مناخ البحر الأبيض المتوسط مثل إسرائيل، التي فيها الصيف جاف وساخن، تجف أقسام النبات الموجودة فوق التربة مع قدوم الصيف، أما الأقسام الموجودة داخل التربة فإنها تبقى في سبات داخل التربة. في فصل الخريف، تتطور أوراقًا وأزهارًا من البراعم أحيانًا مثل ال ، تظهر الأزهار قبل الأوراق) وتَنْتُج ثمار وبذور. أعضاء التخزين مثل درنات النرجس، ***צבעוני ויקינתון*** تحتوي على مواد إدخارية، بالأساس **كربوهيدرات**. عندما تستيقظ النبتة من سبات الصيف، تتحلل المواد الإدخارية بمساعدة إنزيمات ويستخدم النبات المتجدد نواتج التحليل لعمليات نمو أعضاءه حتى تتطور أوراق تتم فيها عملية التركيب الضوئي.

أعمدة أزهار **חצב**

علاقة بموضوع

علم البيئة:
جيوفيتان - ملاءمة بين المبنى ووظيفة الكائن الحي إلى شروط البيئة المحيطة.

سؤال ح- 1

أ. يمكن أن نشاهد في الطبيعة عادةً ***חצבים, סתווניות וחלמוניות*** وهي تنمو في جماعات كثيفة. اقترحوا شرحًا لهذه الظاهرة.

ب. من تقسيم درنة بطاطا واحدة إلى أقسام، يمكن أن نحصل على عدة نباتات بطاطا. اذكروا صفتين مهمتين تُتيحان تتطور نبات كامل من أقسام درنة واشرحوا أهمية كل واحد منها.

للمزيد عن

التركيب وطرق تكاثر لا جنسية في الزراعة، *في الفصل السابع، في الصفحات 153 - 154.*

تُتيح الهوية الوراثية للنسل الناتج في التكاثر اللاجنسي إلى الحفاظ على الصفات المطلوبة لأجيال كثيرة. لهذا السبب، يفضل مزارعون وبستانيون أحيانًا أن يستعملوا طرق تكاثر غير تزاوجي أيضًا في نباتات تستطيع أن تتكاثر في تكاثر تزاوجي. عندما ينجحون في رعاية صنف ذا جودة، يحاول المزارعون إكثاره بطرق تكاثر غير تزاوجية، وهكذا يكون كل النسل متماثلًا في صفاته إلى نبات الأم. مثال لنمو نبات زراعي يتكاثر تكاثر لا زوجي هو أصناف عنب عديدة، مثل كبرينا - سوبينيون الذي يتم تكاثره بواسطة التركيب منذ مئات السنين وهكذا تُحفظ صفاتها من جيل إلى آخر.

ح2. تكاثر تزاوجي

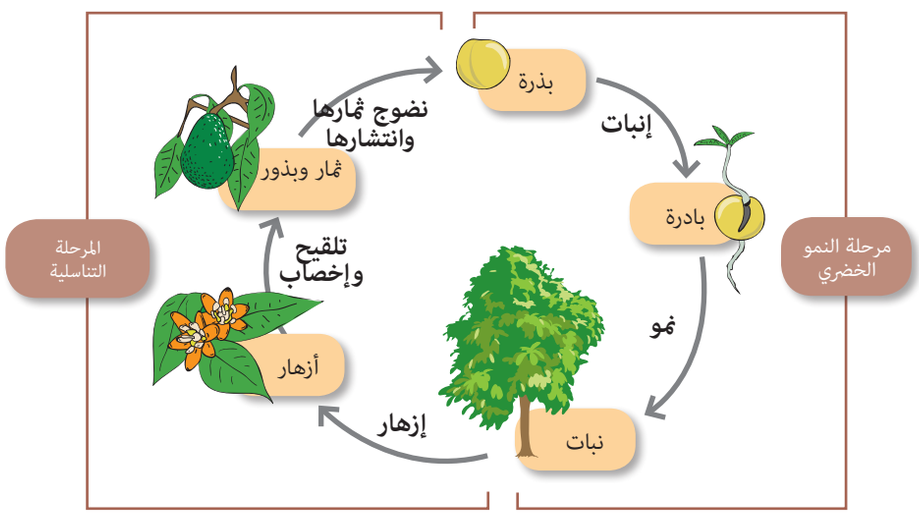
التكاثر التزاوجي عند النباتات يشبه من ناحية مبدئية التكاثر التزاوجي في كائنات حية أخرى: **خلايا تكاثر هيبلوئيدية (جاميتات)** تلتقي وتتحد، من **الزيجوت الديبلوئيدي** يتطور جنين وهو يتطور إلى نبات جديد. مع مرور الوقت، يكبر النبات حديث السن إلى نبات بالغ ويصل مرحلة تطور الأزهار في داخلها أعضاء تناسلية، وهو يتكاثر ويُنجب نسلًا إضافيًا.

سؤال ح -2
لماذا لا تُحفظ صفات نبتة الأم في التكاثر التزاوجي؟

سؤال ح-3
في مشتل نباتات الحديقة، شتلوا أشتال ورد في تلمين عريضين متجاورين أ وَ ب. جميع الأشتال في التلم أ نُميت من فسائل أُخذت من نبات أم واحد. جميع الأشتال في التلم ب نُمِّيت من بذور جُمعت من نفس نبتة الأُم التي أُخذت منها الفسائل للتلم أ. كانت الظروف متماثلة في التلمين. بين النباتات التي نمَّت في التلم ب، كان فرق كبير في الطول، أما بين النباتات التي نمَّت في التلم أ، كان فرق أقل في الطول.
اشرحوا النتائج.

متى يتكاثر النبات بتكاثر تزاوجي؟

تبدأ **دورة حياة** النباتات مع بذور (الرسمة ح - 5) مع إنبات البذرة التي تتطور منها النبتة حديثة السن. في جميع أنواع النباتات، توجد مرحلة في حياة النبتة - مرحلة النمو الخضري- فيها ينمو ويكبر النبات، لكنه لا يُزهر ولا يستطيع أن يتكاثر بتاتًا. يمكن أن تتم مرحلة التكاثر التي يتم التعبير عنها بالإزهار، إذا تحققت شروط خاصة تتأثر من **عوامل داخلية** ومن **عوامل خارجية - بيئية محيطة.**
الأزهار هي مركز نشاط تكاثر النباتات التي مع بذور: في أعضاء التكاثر في الزهرة، تتطور الخلايا التناسلية التي تشترك في عمليات التلقيح والإخصاب. في أعقاب الإخصاب، تتطور في النبات ثمار وفي داخلها بذور. في كل بذرة يوجد **جنين** وهو بداية الجيل القادم.



الرسمة ح -5: مراحل وعمليات في دورة حياة نبات مع بذرة: من بذرة واحدة إلى ثمر فيها بذور

في النباتات الحولية، يهرم النبات ويموت وتبدأ البذور دورة حياة جديدة. في نباتات متعددة السنوات، تتم المرحلة التناسلية في الدورة مرات كثيرة خلال حياة النبات.

مصطلحات

مع بذور ودون بذور

نميِّز في مملكة النبات بين نباتات مع بذور ونباتات دون بذور. في النباتات التي **دون بذور**، يتطور الجنين داخل عضو بدأ فيه الإخصاب وهو غير محمي بقشرة. الطحالب التي تُعتبر نباتات مائية، وأيضًا الأشنات والسرخسيات التي تُعتبر نباتات يابسة بسيطة تعيش في بيئة محيطة رطبة، جميعها من دون بذور وهي لا تحمل أزهارًا.

في النباتات التي **مع بذور**، الأجنة محمية جيدًا داخل البذرة. تنتمي إلى هذه المجموعة معظم النباتات المعروفة لكم اليوم من الحياة اليومية، والتي سوف نتوسع فيها في هذا الفصل.

ح1.2 الإزهار

في النباتات التي مع بذور، الانتقال إلى مرحلة التكاثر التزاوجي يتم التعبير عنه بالدرجة الأولى بظهور **الأزهار**. تُزهر النباتات متعددة السنوات كل سنة في موسم ثابت، مثلًا: يُزهر ال *החצב* في الخريف واللوز - مع قدوم فصل الربيع (عيد غرس الأشجار). تُزهر النباتات الحولية في نهاية مرحلة النمو.

كيف "تعرف" النباتات اقتراب الموسم المناسب للتكاثر؟ ⁉

الانتقال من مرحلة النمو الخضري إلى المرحلة التناسلية متعلق بعوامل داخلية وبعوامل خارجية. العوامل الداخلية التي تؤثر على موعد الإزهار متعلقة بالمعلومات الوراثية للفرد التي تُحدد سير التطور الذي يميِّزه. حسب المعلومات الوراثية، توجد فترة فترة ينمو فيها النبات، لكنه لا يتكاثر بتاتًا. يختلف طول هذه الفترة في الأنواع المختلفة: في النباتات الحوليةالتي تنمو في موسم الأمطار، وفي النباتات الصحراوية أيضًا، هذه الفترة قصيرة جدًا وتستطيع أن تستمر من أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع فقط. أما في أشجار كثيرة، تمر عدة سنوات قبل أن يتم التكاثر الأول للنبات.

جدير بالمعرفة

مرة واحدة تكفي ...

يوجد نباتات متعددة السنوات مثل ال *האגבה* التي تتكاثر تكاثر تزاوجي مرة واحدة في الحياة خلال حياتها. ينمو النبات ويطور أوراقًا خلال حوالي **15** سنة ويتكاثر تكاثر غير تزاوجي. عند اقتراب نهاية حياته، ينمو عمود واحد من الأزهار، وبعد الإزهار والإخصاب، ينهي النبات دورة حياته ويموت (ذُكرت ظاهرة شبيهة حول أسماك السلمون في الفصل الخامس، صفحة **81**).

الضوء عامل **خارجي** - **بيئة محيطة** يؤثر بشكل كبير على موعد إزهار نباتات كثيرة. بيَّنت أبحاث كثيرة أن النباتات حساسة لدورية عدد ساعات الإضاءة في اليوم، وهي تُزهر عند دمج عدد معين من ساعات الضوء وساعات الظلام. رد فعل النبات لدورية الضوء نسمِّية **فترة التوقيت** (photo=ضوء; periodos=فترة). اتضح أن العامل الذي يحدد ما إذا نبات يُزهر

אגבה مع عمود إزهار

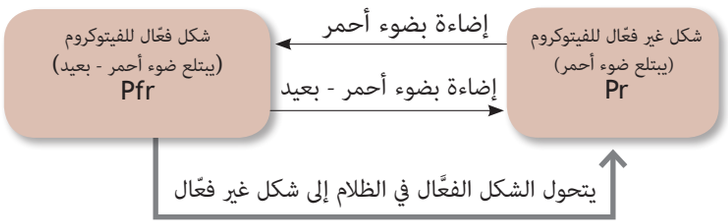
أو لا يُزهر هو تسلسل عدد ساعات الظلام وليس بالضرورة عدد ساعات الضوء. **نبات نهار قصير**، هو نبات يُزهر فقط إذا كان تسلسل عدد ساعات الظلام أكبر من قيمة العتبة (القيمة الحرجة). يُزهر **نبات نهار طويل**، فقط إذا كان تسلسل عدد ساعات الظلام أقل من قيمة معينة.

للمزيد عن
التأثير على موعد الإزهار بواسطة إضاءة اصطناعية، *في الفصل السابع، صفحة 161.*

نتعلم من هنا أن النباتات التي تُزهر في الربيع، تستجيب لإطالة النهار وتقصير الليل، أما النباتات التي تُزهر في الخريف، فإنها تستجيب لتقصير النهار ولإطالة الليل. بجانب ذلك، يوجد نباتات مبالية (لا تستجيب)لطول النهار ويتأثر إزهارها من عوامل أخرى.

معنى رد فعل النبات لدورية الضوء والظلام أن النبات فيه وسيلة تحس بالضوء وأيضًا وسيلة تقيس مدة الإضاءة أو الظلام. وسيلة إحساس الضوء هي صبغية **الفيتوكروم.** الفيتوكروم (phyton=نبات; chroma=لون) موجود في كل النباتات الخضراء وهو يشترك في عمليات مهمة في النبات، مثل: الإنبات والإزهار التي يكون فيها الضء مؤشرًا من البيئة المحيطة.

الفيتوكروم موجود على شكلين وبذلك خصوصيته: الشكل الأول نسمِّيه Pr (Phytochrome red)، يمتص من الضوء أطوال أمواج الضوء الأحمر (أطوال أمواج 650-680 نانومتر) وهو يتغيَّر في أعقاب ابتلاع الضوء إلى شكل نسمِّيه Pfr (Phytochrome far-red) ، وهذا الشكل الأخير يبتلع ضوء أحمر - بعيد (أطوال أمواج 710-740 نانو متر). يُعيد ابتلاع الضوء الأحمر - البعيد الفيتوكروم إلى الشكل Pr الذي يبتلع ضوء أحمر فقط (الرسمة ح -6). يحث (يؤدي) تغيير شكل الفيتوكروم تغيُّرات في النبات، مثل: الإزهار والإنبات. يؤدي البقاء مدة زمنية طويلة في الظلام إلى تغيير شكل الفيتوكروم الفعَّال - Pfr إلى شكل غير فعَّال - Pr.



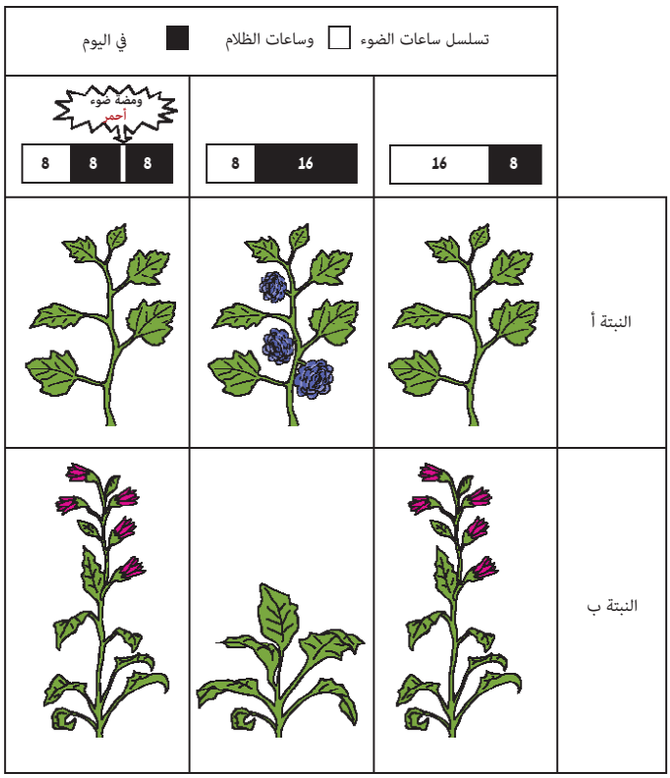
الرسمة ح-6: انتقال شكل الفيتوكروم عند تأثير أنواع الضوء

في أعقاب ابتلاع الضوء بواسطة الفيتوكروم Pr، تغيِّر بروتينات، في مبنى الفيتوكروم، مبناها الفراغي إلى الشكل الفعَّال Pfr. تدخل في شكلها الفعَّال إلى نواة الخلية وترتبط ببروتينات النواة التي تؤثر على نشاط جينات معينة وعلى ثبات بروتينات مختلفة. وهكذا تؤثر على تحفيز الإزهار في قسم معين من النباتات وعلى تثبيط (إعاقة) الإزهار في نباتات أخرى، وكذلك الأمر على الإنبات.

في الطبيعة النباتات لا تتعرض لإضاءة منفصلة للضوء الأحمر وللضوء الأحمر البعيد، لكن خلال النهار، يتعرض النبات إلى الضوء الأحمر أكثر من الضوء الأحمر - البعيد. تستجيب النباتات إلى نوع الضوء ولمدة الإضاءة: نباتات النهار القصير، مثل: *חרציות*، توت أرضي، أرز ودخان، تُزهر عندما يكون في بيئتها المحيطة عدد *ساعات الظلام خلال اليوم* ***أكبر*** *من قيمة معينة.* نباتات النهار الطويل، مثل: القمح، الشعير، الشمندر، الفجل، البازيلاء والخس، تُزهر عندما يكون عدد *ساعات الظلام خلال اليوم* ***أصغر*** *من قيمة معينة (ليلة قصيرة).*

بيَّنت الأبحاث إذا قطعنا فترة الظلام المطلوبة لإزهار نبتة نهار قصيرة بواسطة ومضة قصيرة للضوءالأحمر، فإنَّ النبتة لا تُزهر (الرسمة ح -7). يمكن أن نُبطل تأثير الضوء الأحمر بواسطة ومضة ضوء إضافية لضوء أحمر - بعيد. بالمقارنة مع ذلك، في نباتات نهار طويل تحتاج إلى فترة ظلام قصيرة، يمكن أن نؤدي إلى إزهار بواسطة قطع فترة الظلام الطويلة بواسطة ومضة ضوء أحمر. وهذا التأثير أيضًا، يمكن أن تلغيه بواسطة إضاءة بضوء أحمر - بعيد.

يَنْتُج من الوصف أعلاه أنه توجد في النبات آلية لقياس عدد ساعات الضوء والظلام. هاتان الآليتان: آلية قياس الزمن وآلية الحس في نوع الضوء (أحمر أو أحمر- بعيد) تعمل معًا في توجيه الإزهار.



الرسمة ح -7: تأثير دورية ساعات الضوء والظلام على الإزهار في نبات يوم قصير ونبات يوم طويل

سؤال ح - 4

أ. أي نبتة من بين النبتتين في الرسمة ح-7 هي نبتة يوم قصير؟ اشرحوا.

ب. هل النباتات التي تُزهر في البلاد في الصيف هي نباتات نهار قصير، أن نباتات نهار طويل؟ علِّلوا.

سؤال ح - 5

نُشر السؤال الآتي في منتدى بُستانيين في الإنترنيت:

في عيد رأس السنة الميلادية قبل سنتين، حصلنا على هدية أصيص صبار مزهر وجميل جدًا - *זיגוקקטוס* - وقد أحبه جميع أفراد العائلة. في تعليمات المعالجة، سُجِّل أن الإزهار يتجدد في كل سنة، في بداية الشتاء. الأصيص موجود في الصالون، وهو مكشوف للضوء نسبيًا. ينمو النبات بشكل مثالي وهو يبدو سليم وقوي، لكن مرَّت سنتين ونحن ما زلنا ننتظر الإزهار. ماذا يجب أن نعمل، كي يعود للإزهار؟

זיגוקקטוס

الإجابة التي وردت في ذلك المنتدى:

يجب إخراج ال *הזיגוקקטוס* إلى الشُرفة المكشوفة لضوء الشمس حوالي شهرين قبل بداية الإزهار المتوقع. هذا يعني، إذا يبدأ إزهاره في شهر نوفمبر، فمن الأفضل أن تُخرجه إلى الشُرفة في شهر سبتمبر.

أ. بناءً على المعلومات والإجابة التي أُعطيت في المنتدى حول إزهار نبتة ال הזיגוקקטוס، حدِّدوا ما إذا هي تنتمي إلى نبات نهار طويل أو نبات نهار قصير. اشرحوا إجابتكم.

ب. اشرحوا التوصية لنقل ال הזיגוקקטוס من الصالون إلى الشُرفة.

هناك عامل خارجي في البيئة المحيطة يؤثر على الإزهار وهو درجة الحرارة. يوجد أنواع نباتات تُزهر فقط بعد أن تتعرض مدة زمنية معينة لدرجة حرارة منخفضة نسبيًا (2°C עד 5°C). في هذه الأنواع، التعرض القصير جدًا لدرجة الحرارة يمنع من الإزهار. الكرز، على سبيل المثال، لا يُزهر في معظم أقسام البلاد، لأن درجة الحرارة فيها ليست منخفضة بما فيه الكفاية، لذا تتم تنميته في منطقة الجبل فقط: الجولان، جبال الجليل وجبال القدس.

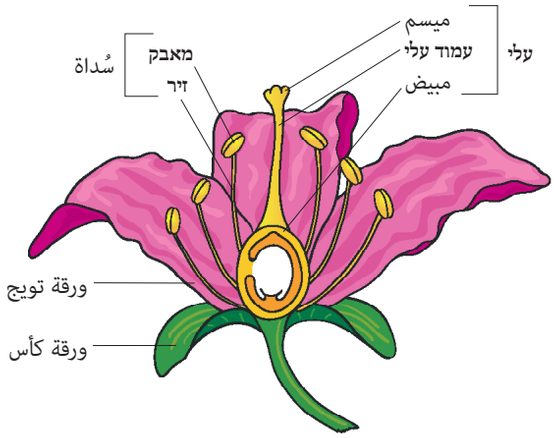
ح2.2 مبنى الزهرة والأعضاء التناسلية

لا توجد زهرة يمكن تسميتها "زهرة نموذجية"، لأنه لا يوجد تقريبًا حدود للتباين في شكل ومبنى الأزهار، لكن يمكن أن نَصف أقسامًا تميِّز معظم الأزهار. تعرض الرسمة ح-8 مقطع طول تخطيطي للزهرة.

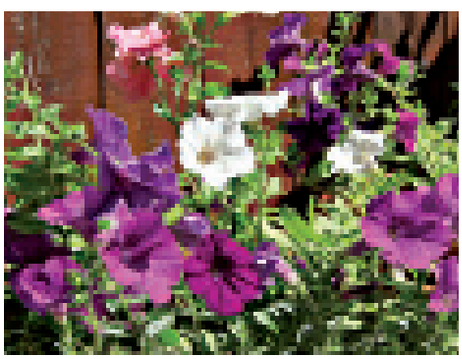
أقسام النبتة مرتَّبة عادةً في دوائر (حلقات):

في أغلب الحالات، نجد دائرتين للغلاف الزهري - أوراق الكأس وأوراق التويج. أوراق الكأس خارجية ويكون عادةً لونها أخضر. وظيفتها الأساسية حماية أقسام الزهرة الأخرى، خاصةً في المراحل الأولى من تطور برعم الزهرة الذي في ذلك الحين تغلفه. **أوراق التويج** هي الأوراق الداخلية، عادةً تكون ملونة وتشكل وسيلة لجذب **الملقحات** - حيوانات تنقل حُبيبات اللقاح من زهرة إلى زهرة، وهكذا تساعد في عملية التكاثر التزاوجي.

يوجد أنواع أزهار لها دائرة واحدة فقط من الغلاف الزهري، مثلًا: البُصيل. يوجد أنواع أزهار، لا يوجد للأزهار غلاف زهري بتاتًا، مثلًا : أزهار الخروب. في أنواع كثيرة، تكون أوراق الغلاف الزهري للأزهار متحدة (مرتبطة) وهي تبدو ككأس كامل وليس كأوراق تويج منفردة، مثلًا: نبتة ال *הפטוניה* (الرسمة ح- 9).



الرسمة ح -8: مقطع طولي تخطيطي في الزهرة

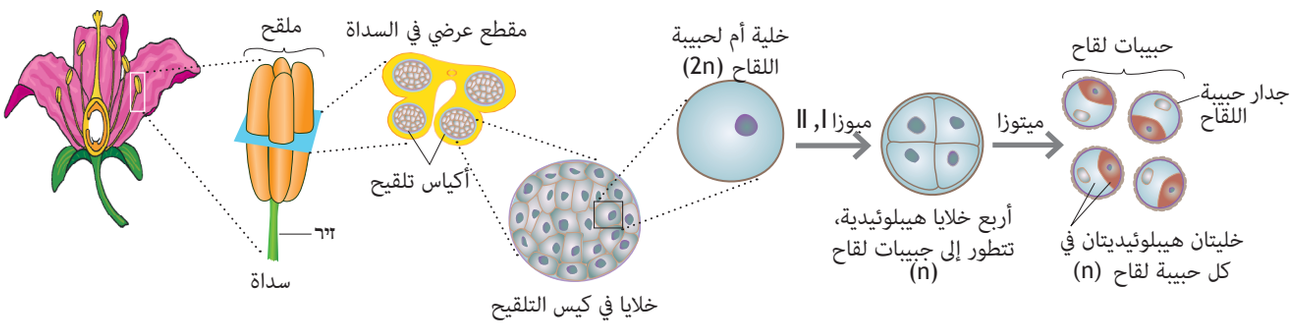


الرسمة ح-9: أزهار ذات غلاف زهري مختلف
من اليمين إلى اليسار: **היביסקוס, יערה איטלקית, פטוניה**

في الداخل وبَعد أوراق التويج يوجد **أسدية** وفي مركز الزهرة يوجد ה**עֲלִי** (أحيانًا يوجد عدة **עליים**).
في نباتات كثيرة يوجد **غُدد رحيق** داخل الزهرة أو مجاورة لها. غُدد الرحيق هي أنسجة تفرز رحيقًا - سائلًا حلوًا وله رائحة يُستخدم لجذب ملقحات تتغذى عليه. يمكن أن نعتبر الرحيق على أنه مكافأة لمُلقحات النبتة مقابل "خدمات التلقيح" التي تقدمها.

الأعضاء التناسلية الذكرية: الأسدية

كل سداة مبنية من **זיר** يحمل **מַאֲבָק** فيه أربعة أكياس لُقاح (**الرسمة ح -10**). في أكياس اللقاح يوجد خلايا ديبلوئيدية - خلايا الأم. تتم الميوزا في هذه الخلايا، ومن كل خلية أُم تَنْتُج 4 خلايا هيبلوئيدية، حيث تتطور كل واحدة منها إلى **حبيبة لقاح**. لكن يجب علينا أنْ لا نُخطئ أنّ حبيبة اللقاح ذاتها ليست مماثلة للخلية التناسلية الذكرية النباتية! تنقسم نواة خلية حبيبة اللقاح (بالميتوزا)، وهكذا نحصل في داخل حبيبة اللقاح على خليتين هيبلوئيديتين. بعد إنبات حبيبة اللقاح على الميسم، تنقسم خلية واحدة إلى خليتين، ومن بين الخليتين الابنتين تكون خلية واحدة خلية تناسلية ذكرية (خلية التكاثر) تتحد مع خلية البويضة ويَنْتُج الزيجوت.

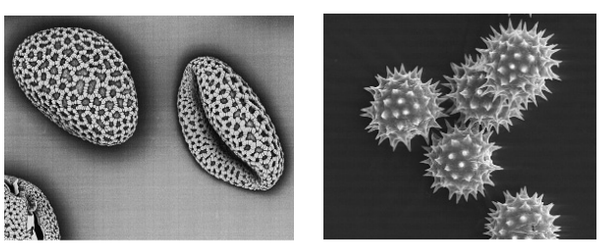


الرسمة ح -10: تطور حبيبات اللقاح

عدد حبيبات اللقاح في كل زهرة كثيرة جدًا. في أشجار النخيل، على سبيل المثال، تمَّ عدّ عشرات آلاف حبيبات اللقاح في الزهرة الواحدة. تنتشر حبيبات اللقاح إلى أزهار أخرى بمساعدة الرياح أو بمساعدة الحيوانات. تُحفظ حيوية حبيبات اللقاح عدة ساعات وحتى عدة أيام من موعد نضوجها. في أماكن كثيرة في البلاد، نرى في فصل الربيع لقاح أصفر بالعين المجردة. هذه هي حبيبات لقاح ال **אורן**. حبيبة اللقاح الناضجة محاطة بجدار متعدد الطبقات. الجدار مصنوع من المواد الأكثر صمودًا التي تَنْتُج في الطبيعة. الطبقة الخارجية قاسية جدًا ولها نتؤات (بروزات) ومنخفضات تميِّز النوع. يوجد لمبنى جدار حبيبات اللقاح وصفاتها عدة وظائف:

- حماية حبيبات اللقاح من الجفاف، الأشعة والضربات الميكانيكية (الآلية).
- جدار له **זיזים** يساعد على الالتصاق بالملقح والتحرير منه أيضًا عندما يصل الملقح الميسم.
- جدار ملساء أو ذات أكياس هواء تسهل على الطيران في الريح.
- تعرُّف وتمييز بين الميسم وحبيبات اللقاح من نفس النوع البيولوجي.

تُستعمل البروزات والمنخفضات الموجودة على جدران حبيبات اللقاح كإحدى الوسائل لتصنيف النباتات.



حبيبات لقاح من نباتات مختلفة (مكبرة حوالي مائة ضعف)

جدير بالمعرفة

جدار حبيبات اللقاح

بفضل الصمود العالي للجدار الخارجي، يُحفظ شكل حبيبات اللقاح سنوات كثيرة بعد أن تصبح غير حيوية. وجد باحثون متحجرات لحبيبات لقاح عُمرها **100** مليون سنة. يساعد تنوع حبيبات اللقاح التي حُفظت من فترات قديمة على تعلُّم التاريخ البيولوجي للكرة الأرضية وعلى معرفة الشروط التي كانت سائدة فيها في الماضي. بالأساس يمكن التعلُّم عن أنواع الأشجار والغابات التي كانت شائعة في فترة معينة، وفقًا لكميات وأنواع حبيبات اللقاح المختلفة التي وُجدت، حيث تُنْتِج أشجار كثيرة حبيبات لقاح بكميات كبيرة.

في عدة حالات، ساعدت حبيبات اللقاح على حل واكتشاف أعمال جنائية: حبيبات اللقاح التي وُجدت على ملابس المشتبه به والتي مُيِّزت بواسطة جدرانها الخاص، ربطت المشتبه به بموقع الجريمة.

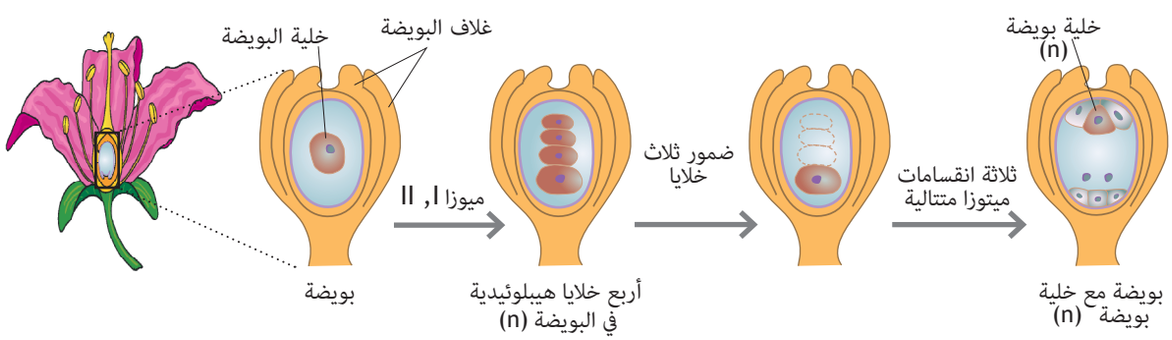
سؤال ح - 6

مبنى حبيبات اللقاح مناسب للتكاثر في بيئة محيطة جافة. اشرحوا هذه العبارة.

الأعضاء التناسلية الأنثوية: المتاع

المتاع مبني من ثلاثة أقسام (الرسمة ح-8):

1. **ميسم**: منطقة واسعة في رأس القلم. في حالات كثيرة تكون على الميسم شعيرات وهي لاصقة تُستعمل لإستيعاب حبيبات اللقاح. عندما تصل حبيبة لقاح إلى ميسم الزهرة من نفس النوع (species) فإنها "تنبت". الميسم هو مكان غني بالرطوبة وسهل لإنبات حبيبات اللقاح، كما أن الميسم يفرز سائلًا غنيًا بالسكريات، الحوامض الأمينية والدهنيات التي تزوِّد مواد غذائية لحبيبة اللقاح التي تنبت.
2. **القلم**: أنبوب يربط بين الميسم والمبيض الموجود في قاعدة المتاع. تمر عبره الخلايا التناسلية الذكرية إلى المبيض.
3. **المبيض**: موجود في قاعدة المتاع. في كل مبيض يوجد مبنى نسمِّيه **بويضة** أو عدة مباني كهذه، هذا يعني عدة بويضات. عدد البويضات وترتيبها في المبيض يميِّز كل نوع نبات.



الرسمة ح -11: مراحل تطور خلية البويضة

تحدث **الميوزا** في خلية البويضة، حيث نحصل على أربع خلايا هيبلوئيدية، ثلاث منها تضمر. في الخلية التي تبقى، تتم ثلاثة انقسامات ميتوزا، في أعقابها يَنْتُج مبنى يشتمل على نواتين هيبلوئيديتين وَ 6 خلايا أنويتها هيبلوئيدية (الرسمة ح-11). فقط خلية واحدة من بين الخلايا الست هي **خلية بويضة** (خلية تكاثر أنثوية) تتحد أثناء الإخصاب مع خلية تكاثر ذكرية لإنتاج **زيجوت**.

مصطلحات

بويضة وخلية بويضة

المصطلحان بويضة وخلية بويضة لهما معنيان مختلفان في سياق الحيوانات والنباتات.
في حين أنه في الحيوانات، خلية البويضة (خلية التكاثر الأنثوية) نسمِّيها بويضة أحيانًا، إلا أنه في النباتات، تشتمل البويضة في داخلها على مبنى متعدد الخلايا، فقط خلية واحدة من خلاياه هي خلية بويضة (الخلية التكاثرية الأنثوية).

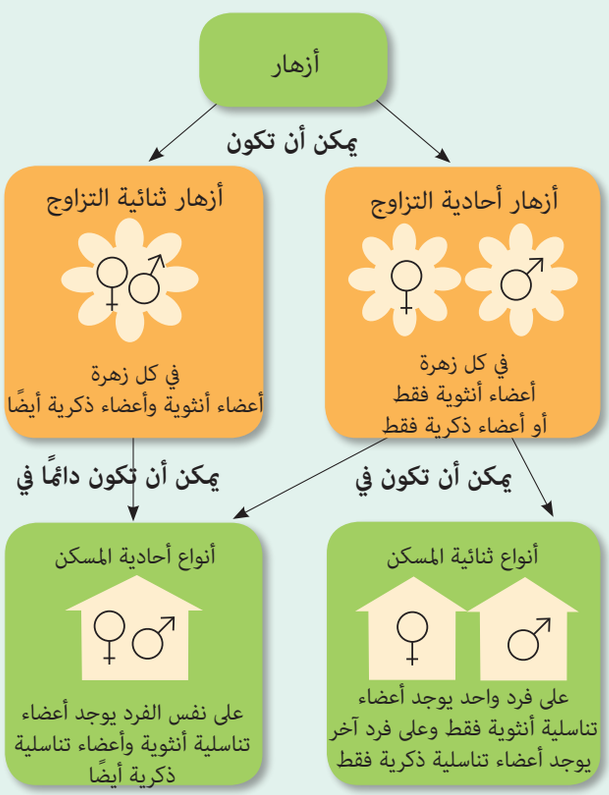
سؤال ح - 7

اذكروا مميزات (مكونات مبنى وعمليات) متشابهة في الجهاز التناسلي عند النباتات وفي الجهاز التناسلي عند الحيوانات في اليابسة.

توسع

بيت واحد أو أكثر

تحتوي أزهار معظم أنواع النباتات على أسدية ومتاع أيضًا. هذه الأزهار **ثنائية التزاوج**. يوجد أنواع نباتات في أزهارها يوجد متاع فقط أو أسدية فقط. هذه الأزهار نسمِّيها **أحادية التزاوج** (الرسمة ح -12).
بين أنواع النباتات التي أزهارها **أحادية التزاوج**، يوجد نباتات، نجد عليها أزهار ذكرية وأزهار أنثوية على نفس الفرد. هذه النباتات أحادية المسكن، مثلًا: الذرة. في أنواع أخرى، الأزهار الذكرية والأنثوية موجودة على أفراد مختلفون. يوجد لهما "مسكنان"، هذا يعني ثنائية المسكن، مثل: الخروب والنخيل.



الرسمة ح-12: الإمكانيات الوجودة بالنسبة لمكان أعضاء التكاثر في الأزهار والنباتات

ح3.2 تلقيح

للمزيد عن

مبادئ التكاثر التزاوجي، *في الفصل الثاني، صفحة 25.*

مثل إنتاج الفرد عند الحيوانات، يَنْتُج الفرد عند النباتات في أعقاب **الإخصاب** - اتحاد خلية تناسلية ذكرية (جاميتا ذكرية) مع خلية تناسلية أنثوية موجودة في البويضة داخل المبيض. العملية التي تسبق الإلتقاء بين الخلايا التناسلية نسمِّيها **"تلقيح"**، هذا يعني انتقال حبيبات لقاح إلى الميسم. بعد إنبات حبيبات اللقاح فقط، تَنْتُج خلية تناسلية ذكرية.

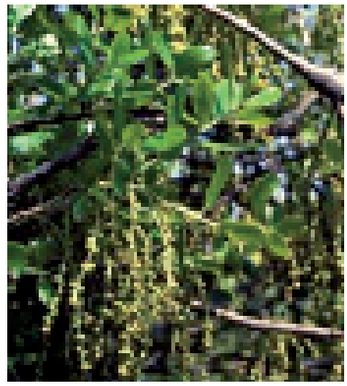
بالمقارنة مع الحيوانات، النباتات ثابتة في مكانها ولا تستطيع أن "تفتش" عن زوج. يتم نقل حبيبات اللقاح من زهرة إلى زهرة بطريقتين أساسيتين: التلقيح بواسطة الرياح والتلقيح بواسطة الحيوانات (بالأساس حشرات وعصافير). مبنى الزهرة، لونها ومبنى حبيبات اللقاح ملائمة لطريقة التلقيح (جدول ح-2, الرسمة ح - 13).

جدول ح-2: ملاءمة الزهرة وأعضائها للتلقيح بواسطة الرياح والحيوانات

المميز	تلقيح بواسطة الرياح	تلقيح بواسطة الحيوانات
كبر الأزهار وألوانها	**أزهار صغيرة لا لون لها**	أزهار كبيرة وملونة أو صغيرة، لكنها مرتَّبة في نورة كثيفة وبارزة تجذب في شكلها وألوانها الحشرة الملقحة.
مبنى الأزهار	**أحيانًا تنقصها أوراق التويج**	مبنى يشجع على التلامس بين الحشرة التي تصل الزهرة وبين حبيبات اللقاح والميسم.
غدد رحيق	**لا يوجد**	يوجد رحيق و"مسارات رحيق" على أوراق التويج التي توجِّه الملقح إلى الرحيق.
رائحة الأزهار	**لا يوجد**	**يوجد رائحة تجذب الحيوانات.**
مبنى الأسدية	خيوط الملقحات طويلة، مرنة وبارزة من داخل الزهرة	مناسبة لإلتصاق اللقاح إلى جسم الحشرة أو أرجلها أثناء زيارته الزهرة
عدد حبيبات اللقاح	**عددها كبير جدًا (ملايين)**	**عددها كبير جدًا (يُستخدم قسم منها كغذاء للملقحات)**
مبنى حبيبات اللقاح	**صغيرة، خفيفة في الوزن وسطحها الخارجي أملس نسبيًا. أحيانًا توجد إضافات تسهل على الطيران مثل أكياس الهواء.**	كبيرة وثقيلة نسبيًا، السطح الخارجي خشن، توجد إضافات تُسهل على الإلتصاق بجسم الحيوان الملقح.
مبنى الميسم	مكشوفة، مرنة، له مساحة استيعاب واسعة ولاصقة، أحيانًا متفرع.	السطح صغير نسبيًا ولاصق

علاقة بالموضوع

علم البيئة:
ملائمة مبنى الزهرة للعلاقة المتبادلة مع الحيوانات.



الرسمة ح -13: على اليمين - أزهار (חרציות) تُلقحها حشرات. **على اليسار** - أزهار [illegible] تُلقحها الرياح.

سؤال ح -8

تُلقح نحلة العسل نباتات كثيرة. ما هو نوع العلاقة المتبادلة بين نحلة العسل والأزهار؟ اشرحوا.

سؤال ح -9

في منطقة معينة، ينمو نوعان من النباتات. النوع الأول - نباتات ذات رائحة عطرة، لها أوراق تويج ملونة، والنوع الثاني - نباتات ذات أوراق تويج لا لون لها. في أعقاب الرش بالمواد الكيميائية، أبيدت معظم الحشرات في المنطقة. نتيجةً لذلك، حدث تغيير في النسبة العددية بين نوعي النباتات.

ماذا كان، حسب رأيكم، التغيير في النسبة العددية بين نوعيِ النباتات؟ علِّلوا.

سؤال ح-10

أ. بماذا تُبذل الموارد الرئيسية والطاقة في النباتات التي تُلقح بواسطة الرياح بالمقارنة للنباتات التي تُلقح بواسطة الحيوانات؟

ب. اشرحوا، كيف يكون بذل الموارد مرتبط بطريقة التلقيح؟

جدير بالمعرفة

حمى القش

يعاني أشخاص كثيرون في موسم الإزهار - في فصل الربيع - من ظاهرة نسمِّيها "حمى القش". فهم يعطسون كثيرًا وتنزلق الدموع من عيونهم. هذا يكون عادةً رد فعل حساسة لبروتينات تنطلق من حبيبات اللقاح عندما تتلامس مع رطوبة. بالأساس معروفة ردود فعل حساسية لحبيبات اللقاح، مثل: الزيتون، الصنوبر، יבלית ونباتات إضافية تُطلق حبيبات لقاح كثيرة إلى الهواء.

ليس كل حبيبة لقاح تصل الميسم تنبت عليه. أولًا وقبل كل شيء، على نبتة معينة، لا تنبت حبيبات لقاح نباتات تنتمي إلى **نوع** (species) آخر كان تطير بالرياح أو وصلت عن طريق الصدفة بواسطة حشرة أو عصفور. نفهم من هذه الظاهرة أن النبتة فيها آلية تعارف، وفقط حبيبات لقاح من نفس النوع تنجح في الإنبات. فيما بعد خلال الفصل، نتعرف على آلية إضافية.

تلقيح ذاتي وتلقيح غريب

إذا كانت حبيبات اللقاح التي نبتت على الميسم من نفس الزهرة أو من أزهار نفس الفرد (في نبات أُحادي المسكن)، فإنّ ذلك **تلقيح ذاتي**. إذا وصلت حبيبات اللقاح من فرد آخر من نفس النوع (species)، فإنَّ ذلك **تلقيح غريب** (متبادل).

في التلقيح الغريب، التنوع الوراثي عند الأفراد كبيرًا، لأن هناك دمج معلومات وراثية من والدين مختلفين، أما في التلقيح الذاتي، والد واحد هو المصدر الوحيد للمعلومات الوراثية. من المهم أنْ نتذكر أنه في التلقيح الذاتي أيضًا، الأفراد لا تكون مماثلة للوالد، لأنه في عملية إنتاج الخلايا التناسلية الذكرية والأنثوية تحدث الميوزا، تَنْتُج خلايا تناسلية مختلفة عن بعضها في مكوناتها الوراثية واتحاد الخلايا التناسلية يكون عشوائيًا، وفي الواقع هذا تكاثر جنسي لكل شيء.

في أنواع نباتات كثيرة، يحدث تلقيح غريب وتلقيح ذاتي. يشكل التلقيح الذاتي أفضلية في أنواع فيها احتمال التلقيح الغريب صغير، على سبيل المثال، عندما يكون البُعد بين الأفراد كبير جدًا ولا يُتيح التلقيح الغريب. يوجد أنواع فيها معظم التلقيح هو تلقيح ذاتي، لكن أنواع قليلة فقط، تُلقح بتلقيح ذاتي.

سؤال ح -11

أ. في أي مرحلة في عملية إنتاج الخلايا التناسلية الذكرية والأنثوية تحدث الميوزا؟

ب. درجوا مدى التشابه - من الأكثر شبهًا إلى الأقل شبهًا - بين الأفراد المختلفة: أفراد التلقيح الذاتي، أفراد التلقيح الغريب، توأم متماثل، الأشقاء والأخوة والأخوات التوأم. اشرحوا التدريج الذي حدَّدتموه.

سؤال ح-12

أ . أي نوع اتصال يوجد بين حبيبات اللقاح والميسم؟ اشرحوا.

ب. ما هي الأفضليات الممكنة عندما تتم طريقتيِ التلقيح في نفس النبتة؟

نافذة البحث

تنيمة نباتات طبية في بيوت تنمية مصنوع من شبكة

איסטיס מצוי

في السنوات الأخيرة، اتسع استعمال النباتات الطبية. النبتة **אִיסַטִיס מצוי** (Isatis jusitanica) - نبات حولي من عائلة الصليبين، يُستعمل في الطب الشعبي بالأساس لمعالجة النزيف الخارجي والداخلي، لإلتئام الجروح، لتسكين الآلام ولتهدئة الحروق.

مع ازدياد الطلب على نبتة ال **לאִיסַטִיס** لإحتياجات طبية، بدأ المزارعون في تنمية النبات في مبانٍ مصنوعة من شبكات كثيفة. لكن اتضح أن النباتات التي تنمو في هذا النوع من البيوت، لم تتطور فيها ثمار.

للبحث الذي أعِدَّ لفحص السبب لعدم وجود ثمار، تمَّ اختيار 5 أنواع نباتات من عائلة الصليبين. استُعملت في التجربة 40 شتلة من كل نوع وقد وُزعت إلى مجموعتين: مجموعة واحدة كبيرة داخل بيت تنمية مصنوع من شبكة، ومجموعة ثانية كبيرة في قطعة أرض مفتوحة، مجاورة لبيت التنمية المصنوع من شبكة.

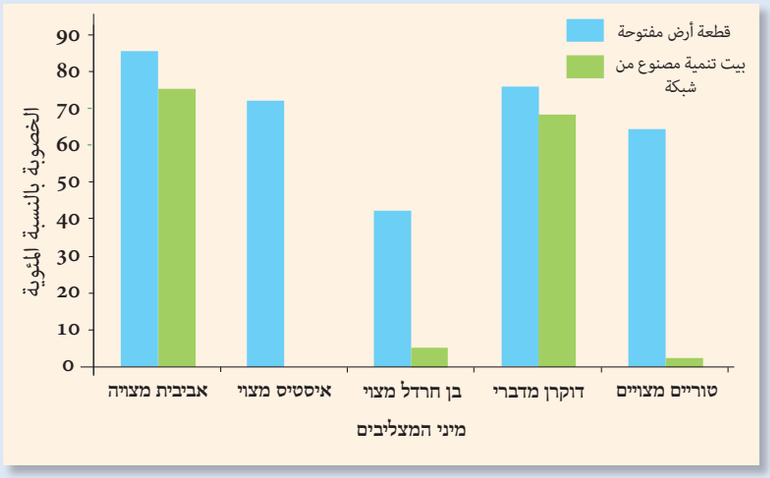
في كل واحدة من المجموعتين تمَّ فحص:

1. العدد الكلي للأزهار من كل نوع نبات.
2. عدد الثمار التي تطورت من كل نوع نبات.

من مُعطيات عدد الأزهار وعدد الثمار، تمَّ حِساب الخصوبة بالنسبة المئوية لكل نوع نبات حسب القاعدة الآتية:

$$\text{الخصوبة بانسبة المئوية} = \frac{\text{عدد الثمار التي أثمرتها نباتات من نوع معين} \times 100}{\text{المجموع الكلي للأزهار التي نتجت من نباتات نوع معين}}$$

تعرض الرسمة ح- 14 نتائج التجربة:



الرسمة ح-**14:** الخصوبة بالنسبة المئوية عند أنواع نباتات نُميِّت في قطعة أرض مفتوحة أو في بيت تنمية مصنوع من شبكة

1. يدعي الباحثون أن النتائج تُشير إلى أن بيت التنمية المصنوع من شبكة يمنع التلقيح بواسطة الحشرات. استعينوا بالنتائج المعروضة في الرسمة، كي تعلِّلوا هذا الإدعاء.
2. ما هي، حسب رأيكم، طريقة التلقيح عند **האביבית המצויה** ושל **הטוריים המצויים**؟ اشرحوا إجابتكم.
3. ماذا كنتم تقترحون على المزارعين أن يعملوا، كي ثمار وبذور في نبتة ال **האיסטיס**؟
4. لماذا، حسب رأيكم، حاول المزارعون تنمية ال **האיסטיס** في بيوت تنمية مصنوعة من شبكة وليس في حقل مفتوح؟

طرق لمنع التلقيح الذاتي

في نباتات كثيرة، تطورت خلال النشوء والارتقاء آليات مختلفة تصغِّر احتمال التلقيح الذاتي، وفي حالات كثيرة تمنعه بتاتًا.

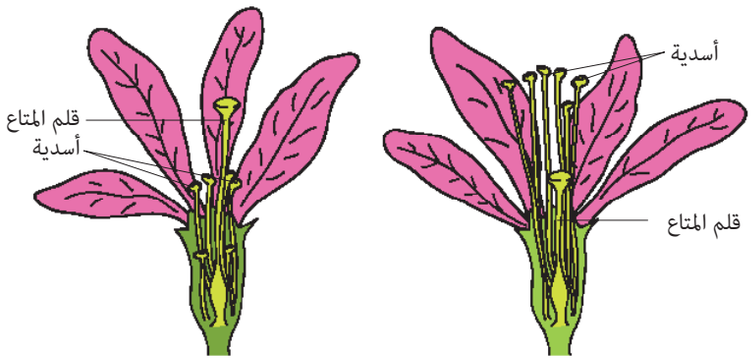
يمكن تصنيف آليات منع التلقيح الذاتي إلى ثلاث مجموعات.

أ. فصل المكان: الأعضاء التناسلية الأنثوية والذكرية بعيدة عن بعضها

يمكن تحقيق فصل المكان بالطرق الآتية: في الأزهار أُحادية التزاوج، كل زهرة تحتوي على أعضاء تناسلية منو نوع واحد فقط - أسدية أو أمتعة (متاع). في نباتات أحادية المسكن، تقع الأزهار أحادية التزاوج على نفس الفرد، لكن البُعد بينهما يقللاحتمال حدوث تلقيح ذاتي. في نباتات ثنائية المسكن، تقع الأزهار على أفراد مختلفة، لذا على أي حال احتمال حدوث التلقيح الذاتي صغير.

أزهار الحروب على شجرة ذكرية

أزهار الحروب على شجرة أنثوية



الرسمة ح -15: فصل المكان - طول مختلف للأسدية ولقلم المتاع في أزهار **שנית גדולה**

طريقة فصل إضافية في المكان موجودة في نباتات فيها الأسدية والمتاع في نفس الزهرة، لكنها "بعيدة" عن بعضها. في نبتة ***שנית גדולה*** يوجد أزهار فيها الأسدية أقصر من المتاع، ويوجد أزهار فيها الأسدية أطول من المتاع (الرسمة ح - -15). يتم التلقيح الخصب فقط إذا سقطت حبيبات لقاح من سداة قصيرة على ميسم متاع قصير وبالعكس.

ب. الفصل في موعد نضوج الأسدية والميسم

الفصل في موعد النضوج معناه أن الأسدية والمتاع لا تنضج في نفس الوقت بالضبط. تنضج الأسدية قبل نضوج الميسم أو بالعكس، وهكذا تمنع التلقيح الذاتي ويزداد احتمال التلقيح الغريب. النضوج المبكر للأسدية معروف، على سبيل المثال، في أزهار كثيرة من عائلتي ال **השפתניים והמורכבים.** في نباتات معينة من عائلة النجيليات، ينضج المتاع قبل الأسدية.

ت. عدم الملاءمة الذاتي: منع التلقيح الذاتي بواسطة آلية وراثية

"عدم الملاءمة الذاتي" معناه أن حبيبات لقاح فرد معين لا تستطيع أن تنبت على ميسم نفس الفرد، هذا يعني يوجد هنا رفض "الذات" وقبول "غير الذات". الآلية التي تمنع إنبات حبيبات لقاح أو استمرار تطور **הנחשון** هي وراثية وتعتمد على قدرة التمييز بين "الذاتي" وبين "غير الذاتي".

ما هو الشرح لظاهرة "عدم الملاءمة الذاتية:

بيَّنت الأبحاث أن النباتات تحتوي على جين يُشرف على نظام التعارف. نرمز له عادةً بالحرف S. يوجد للجين S اليلات كثيرة، وكل أليل يُشفر لإنتاج مادة خاصة. في كل خلية نبات ديبلوئيدية، يوجد اليلان للجين S إشارتيهما على سبيل المثال هما: **S1** وَ **S2**. حبيبة اللقاح هيبلوئيدية، لذا في خليته يوجد أليل واحد فقط من الأليلين - **S1** أو **S2**. إذا سقطت حبيبة لقاح على ميسم (خلاياه ديبلوئيدية)، وأحد الأليلات في نوى الخلايا مماثل للأليل في حبيبة اللقاح، فإنَّ حبيبة اللقاح لا تنبت. لكن إذا كان في نواة خلية خلايا الميسم أليلات مختلفة، مثلًا: **S3** وَ **S4**, ، فإنَّ حبيبة اللقاح تنبت. هذا هو أحد الآليات التي تحدد فيها الشحنة الوراثية ما إذا تنبت أو لا تنبت حبيبات اللقاح.

سؤال ح -13

تعرفتم حتى الآن على آليتين للتعارف:

1. تعارف بين الميسم وحبيبات اللقاح من نفس النوع (species)، الذي يضمن أن تنبت على الميسم فقط حبيبات لقاح من أفراد من نفس النوع.
2. آلية "عدم الملاءمة الذاتية" التي تمنع تلقيح ذاتي في نفس الفرد.

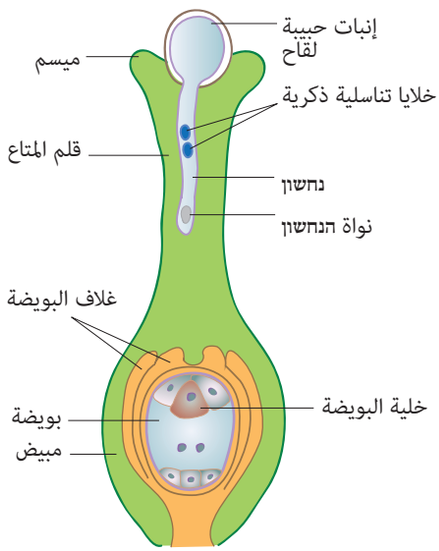
أ. أي آلية أخرى (في الحيوانات)، معروفة لكم، تعتمد على التعارف بين الذاتي وغير الذاتي؟ ما هي الآلية؟ ما هو الفرق بينه وبين آلية "عدم الملاءمة الذاتية" في النباتات؟

ب.ما هي الأفضلية للفرد التي تنبع من الآلية **1**؟

ح4.2 الإخصاب

تنتهي عملية التلقيح، كما ذكرنا، عندما تصل حبيبات اللقاح الميسم. لكن التلقيح لا يؤدي بالضرورة إلى التقاء بين الخلايا التناسلية وإلى **إخصاب**. الشرط الأول لاستمرار عملية التكاثر هو إنتاج علاقة بين **حبيبات التلقيح** و**الميسم**. لذا يجب عليهم أنْ "يتعرفوا" على بعض - أنْ يميِّزوا أنهم من نفس النوع (species). فقط في حبيبات اللقاح من نفس النوع يوجد ملاءمة في المبنى وملاءمة بيوكيميائية بين المواد في جدار حبيبات اللقاح ونسيج الميسم. في نباتات كثيرة، رد الفعل لسقوط حبيبات اللقاح "المعروفة" للميسم، فإنَّ الميسم يُفرز سائل يساعد على استيعاب حبيبات اللقاح وإنباتها.

بتأثير المواد التي تُفرز من الميسم، تنمو שלוחה مغلفة بغشاء من داخل فتحة حبيبة اللقاح إلى داخل نسيج الميسم. هذه ال نسمِّيها **נחשון**. يفرز ال הנחשון إنزيمات تُذيب أنسجة المتاع وهكذا يشق طريقه داخل قلم المتاع (الرسمة ح - 16).



الرسمة ح -16: إنبات حبيبة لقاح

أثناء نموه يتغذى ال הנחשון من مواد في نسيج قلم المتاع. في الواقع، يمكن أن تنبت عدة حبيبات على الميسم وتنبت عدة **נחשונים** ، تنمو وتصل المبيض. في المبيض الذي توجد فيه عدة بويضات، يصل **נחשון** واحد إلى كل بويضة. ينبع من هذا الوصف أن ليس كل حبيبات اللقاح التي تهبط على الميسم وتنمو من كل منها **נחשון** تنجح، في نهاية العملية، في الوصول إلى أن أحد الخلايا التناسلية في ال **בנחשון** يتحد مع النواة في خلية البويضة، حتى لو كانت من نفس النوع (species).

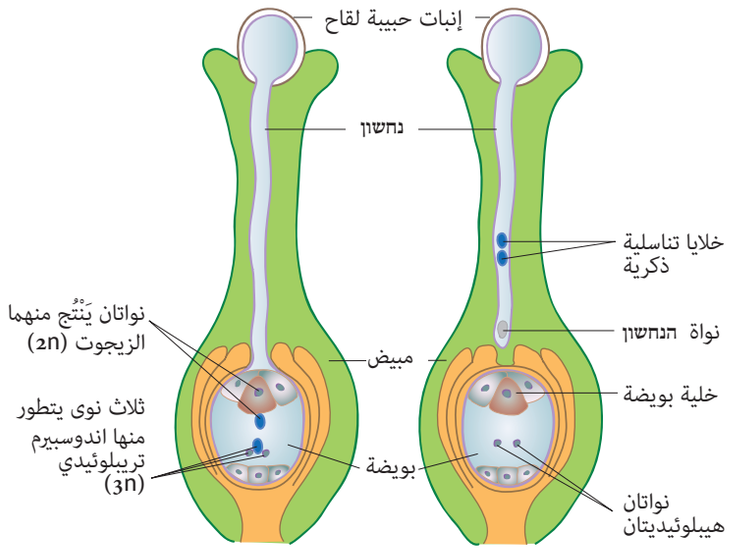
للمزيد عن

مبادئ في التكاثر التزاوجي *(لا تصل جميع الخلايا التناسلية الذكرية إلى إخصاب)، في الفصل الثالث، صفحة 49.*

كما هو الأمر في الإخصاب الذي يتم في التكاثر التزاوجي عند الحيوانات، في الإخصاب عند النباتات أيضًا، تتحد خليتيْ تناسل مختلفة ويَنْتُج **زيجوت (لاقحة)** ديبلوئيد يتطور منه الجنين. لكن في النباتات تكون عملية الإخصاب معقدة أكثر بقليل من عملية الإخصاب في الحيوانات.

كما ذكرنا، في حبيبة اللقاح يوجد خليتان هيبلوئيديتان (الرسمة ح -10). خلال إنبات كل حبيبة لقاح، تنقسم إحدى الخلايا بالميتوزا وتَنْتُج خليتين هيبلوئيديتين هما **خليتان تناسليتان ذكريتان**. خلية أخرى هي خلية ال הנחשון، وهي التي تنقل نمو ال **נחשון** إلى البويضة في المبيض. تصل خلايا تناسلية بواسطة ال הנחשון من حبيبة اللقاح التي سقطت ونبتت على الميسم إلى الخلية التناسلية الأنثوية في البويضة، داخل المبيض، وهناك يحدث الإخصاب.

في الإخصاب، تتحد نواة إحدى الخلايا التناسلية الذكرية مع نواة **خلية البويضة** ويَنْتُج **زيجوت** ديبلوئيدي يتطور منه **الجنين**. تتحد نواة الخلية التناسلية الذكرية مع نواتين هيبلوئيديتين إضافيتين في مركز البويضة (الرسمة ح-17) وهكذا تَنْتُج خلية في نواتها ثلاث هيئات من الكروموسومات (نواة تريبلوئيدية 3n). تنقسم هذه الخلية بالميتوزا ويتطور نسيج **الإندوسبيرم** الذي تُخزَّن فيه مواد إدخارية تُستعمل لتغذية الجنين خلال تطور البذرة ولتغذية البادرة في بداية تطورها.
عملية الإخصاب التي تشترك فيها خليتان تناسليتان ذكريتان نسميها إخصاب مضاعف (الرسمة ح -17).



الرسمة ح -17: إخصاب مضاعف في نباتات كاسيات البذور. على اليمين: ينمو ال הנחשון باتجاه البويضة. على اليسار: إخصاب (اتحاد نوى).

انتبهوا! نسب الكبر غير دقيقة: في الواقع، حبيبات اللقاح صغيرة جدًا بالمقارنة مع الأعضاء الأخرى في الزهرة. تصف الرسمة المتاع فقط من دون باقي أقسام الزهرة. في النوع الموصوف في الرسمة، توجد في المبيض بويضة واحدة فقط.

إلتقاء الخلايا التناسلية وعملية الإخصاب اللذان وصفناهما الآن، يحدثان في بيئة محيطة رطبة ومحمية من الجفاف. هذه عملية **إخصاب داخلي** تميِّز الكائنات الحية الي تعيش على اليابسة. في أعقاب الإخصاب، تتطور البذرة، والمبيض ذاته يتطور إلى ثمرة في داخلها بذور.
بعد الإخصاب، تذبل الأسدية، الميسم وقلم المتاع. في نباتات كثيرة، يذبل الغلاف الزهري ويتساقط أيضًا.

من زهرة إلى ثمرة: نبتة خيار مع زهرة وثمرة تبدو عليها بقايا أوراق التويج.

لا "تحظى" جميع الأزهار في التلقيح ولا تتطور ثمار في جميعها. تتساقط أزهار كثيرة قبل أن تُلقح بسبب صقيع أو رياح قوية. تتساقط أزهار أخرى بعد تلقيحها وحتى بعد تخصيبها بسبب كمية الموارد المحدودة في النبتة. فقط الأزهار التي بقيت على قيد الحياة في شروط البيئة المحيطة، وتمَّ تلقيحها بحبيبات لقاح ملائمة وخُصبت - تتطور فيها ثمار مع بذور. تُبذل طاقة كثيرة في إنتاج الثمار والبذور التي في داخلها والتي هي في الواقع "جيل المستقبل".

سؤال ح -14

أ. بماذا تتشابه وبماذا تختلف حبيبات اللقاح في النبات والخلايا المنوية في الحيوان؟

ب. بماذا تختلف حبيبات اللقاح عن الخلايا التناسلية الذكرية في النبات؟

سؤال ح -15

لإنتاج الثمرة والبذور التي في داخله، يوجد عدة شركاء كما هو موصوف في الجدول الآتي. انسخوا الجدول وأكملوا في العمود الفارغ المصدر الوراثي لكل ناتج من نواتج الإخصاب في أعقاب التلقيح الغريب.

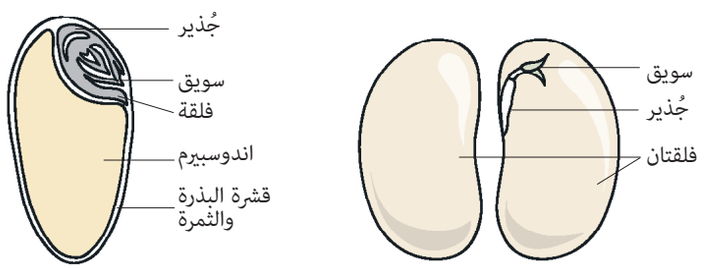
القسم في الثمرة أو البذرة	يتطور من...	مصدر المادة الوراثية
الجنين	الزيجوت	
الإندوسبيرم	نواة تريبلوئيدية	
أنسجة الثمرة وقشرتها	مبيض (وأحيانًا أقسام أخرى للزهرة)	

ح3. من الزيجوت إلى الجنين

ح1.3 تطور الجنين: جنين، إندوسبيرم وفلقات

بذرة فاصولياء

الزيجوت - الخلية الديبلوئيدية التي تَنْتُج في الإخصاب - ينقسم إلى خليتين ابنتين وهما تستمران في الإنقسام (انقسامات ميتوزا). بعد انقسامات كثيرة، يَنْتُج **جنين** يمكن أن نميِّز فيه **بسويق** وفي بداية جذر - **جُذير** (الرسمة ح -18).



الرسمة ح-18: رسم تخطيطي لمبنى البذرة
على اليمين: بذرة فاصولياء (ثنائية الفلقة) فيها جنين يشمل فلقتان كبيرتان، سويق وجُذير.
على اليسار: مقطع في بذرة قمح (أحادية الفلقة) فيها جنين يشمل فلقة صغيرة واحدة، سويق وجُذير وبالإضافة اندوسبيرم.

علاقة بموضوع

الخلية - مبنى وأداء: *المواد الإدخارية الموجودة في البذرة لا تذوب، لذا لا تؤثر على التركيز الأسموزي في الخلايا.*

يحتاج تطور الجنين إلى مواد لاستخراج الطاقة ولبناء خلايا. يتم تزويدها إلى الجنين المتطور من نبتة الأم بواسطة حامل الجنين الذي هو عبارة عن مجموعة خلايا تربط بين الجنين الذي يتطور وبين أنسجة نبات نبتة الأم. في أعقاب الإخصاب يتطور كما ذكرنا **الإندوسبيرم** أيضًا. تُخزَّن في الإندوسبيرم كربوهيدرات، دهنيات وبروتينات يستخدمها الجنين الذي يتطور، وبعد الإنبات تستخدمها البادرة حديثة السن، حتى تُنْتِج بذاتها المواد التي تحتاجها بعملية التركيب الضوئي.

بذور البقوليات

يوجد نباتات مثل عائلة البقوليات (بازيلاء، فاصولياء، فستق) التي تُنقل فيها المواد الموجودة في الإندوسبيرم خلال تطور الجنين إلى الأوراق الأولى للجنين - **فلقات** وتُخزَّن هناك. في البذرة البالغة لهذه العائلة لا يوجد اندوسبيرم. في نباتات أخرى، مثل: القمح والذرة، الإندوسبيرم هو المزوِّد المباشر للمواد المطلوبة بتطور البادرة. المواد في الإندوسبيرم والفلقات هي مساهمة جيل الوالدين في الجيل القادم وبذل "جهدهم" في ضمان نجاحهم. يستعملها النبات الحديث السن مدة زمنية طويلة بعد انفصاله عن نبتة الأم.

مواد التغذية "المرزومة" في البذرة مع الجنين، أُعدَّت في الواقع لاستعمال النبات المتطور، لكن آخرون يستمتعون بها: تشكِّل البذور غذاءً جيدًا ومركّز لَكائنات حية كثيرة من بينها الإنسان أيضًا، مثل: الأرز، القمح، البقوليات (البازيلاء، الفستق، الصويا)، الجوز واللوز التي تعتبر بذورها مكونًا مهمًا في غذائنا. تشكِّل بذور القمح مصدرًا لحوالي **80%** من مجموع الغذاء الذي يُستهلك في البلاد.

سؤال ح -16

أ. بماذا تتشابه بيضة الزواحف والطيور وبذرة النبات؟

ب. بماذا تتشابه المشيمة في الثدييات والإندوسبيرم في البذرة وبماذا يختلفان؟ اذكروا مميزًا متشابهًا ومميزين مختلفين واشرحوا.

توسع

فلقات: واحدة، اثنان أو أكثر

إحدى الوسائل لتصنيف النباتات هي عدد الفلقات التي تميِّز الجنين والنبات الحديث السن في بداية تطوره. يوجد نباتات ذات فلقة واحدة نسمِّيها **أُحادية الفلقة**، مثل: القمح والذرة، ويوجد نباتات ذات فلقتين - **ثنائية الفلقة**، مثل: الفاصولياء، الفستق، الأفوكادو والبندورة. القسم الذي يُؤكل في الفستق هما فلقتي الجنين. يوجد نباتات أيضًا عدد فلقاتها أكثر من اثنتين، فهذه النباتات **متعددة الفلقات** ك **האורן**. في كثير من الأحيان، شكل الفلقات يختلف عن شكل أوراق النبات البالغ.

تطور أجنة دون إخصاب

في القرن الـ **19**، ميَّزوا أن هناك نباتات تُنْتِج كمية هائلة من البذور دون تلقيح أو إخصاب! هذا هو في الواقع شكل خاص **للتكاثر العذري**. الجنين ديبلوئيد ويتطور من خلايا البويضة التي لم تمر ميوزا. بهذه الطريقة من التكاثر، تُحفظ أفضليات انتشار النوع بواسطة بذور بالإضافة إلى أفضليات التكاثر التزاوجي. هذه الظاهرة ليست نادرة، وقد شُوهدت في السحلبيات وفي أنواع الحمضيات وأيضًا في أنواع من عائلة **המורכבים** *(סביון)*. الأنواع التي تتكاثر بهذه الطريقة، توجد لها أفضلية في بيوت التنمية التي فيها احتمال التلقيح بواسطة الحشرات قليل، على سبيل المثال، في قمم الجبال التي تهب فيها رياح قوية وفي مناطق مناخها بارد جدًا. معظم الأنواع التي تتكاثر بهذه الطريقة، تتكاثر بطريقة التكاثر التزاوجي أيضًا.

ح2.3 البذور: حماية الأجنة وملاءمة للانتشار

تكمن البذور في داخلها قدرة الجيل القادم، يوجد فيها مباني وآليات تطورت خلال **النشوء والارتقاء** وتُستعمل لحماية الأجنة ولنجاح تأسيس النبات الحديث السن بعد الإنبات.
حماية الأجنة في النباتات مهمة جدًا، لأنه عكس الحيوانات، في النباتات الانتقال من جنين إلى كائن حي مستقل، يستمر في النمو والتطور لإنتاج البالغ، غير متواصل بل متقطع. تُتيح البذرة للجنين أن يعيش في ظروف بيئة محيطة، لا يستطيع النبات البالغ أن يعيش فيها بتاتًا. مثلًا: النباتات الحولية في بلادنا، تمر فترة الصيف الجاف كبذور وهكذا "تتملص" من ظروف البيئة المحيطة الصعبة. في الفترة الزمنية التي تمر من نضوج الثمار وحتى الإنبات، تتعرض البذور لإصابات مختلفة: إصابات آلية، مثل: التآكل وأسنان الحيوانات، ضرر من حوامض ومواد أخرى في الجهاز الهضمي للحيوانات (التي تأكل الثمرة التي تحتوي على البذور) وإصابة بواسطة الفطريات. أحيانًا، تنبت البذرة بعد مرور مدة زمنية كبيرة على إنتاجها، وهكذا تكون البذرة وسيلة النبات لإنتشار الجيل الجديد، ليس في الفراغ فقط بل بالزمن أيضًا. تستغل البادرة المواد الإدخارية المخزونة في البذرة في بداية تطورها حتى المرحلة التي تتطور فيها أوراق وتَنْتُج فيها مواد عضوية في عملية التركيب الضوئي.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
دورة حياة النباتات الحولية - ملاءمة لظروف مناخ فصول سنة تختلف عن بعضها بشكل كبير جدًا.

ح 3.3 ثمار: حماية بذور وأيضًا انتشارها إلى أماكن بعيدة

الثمرة هي قسم من النبتة التي تتطور من مبيض الزهرة، عادةً في أعقاب **الإخصاب**. المرحلة الأولى في تطور الثمرة نسمِّيها חֲנָטָה. هذه مرحلة حساسة في تطور الثمرة. لا تتطور الثمرة في جميع الأزهار والنسبة المئوية لل החנטה هو معطى مهم جدًا لمزارعي الثمار.

يمكن أن تحتوي الثمرة على بذرة واحدة (أفوكادو ومشمش) أو عدة بذور (تفاح، بندورة، بازيلاء، فلفل، رمان) (الرسمة ح -19) وفقًا لعدد البويضات التي كانت في المبيض والتي خُصبت.

חנטים لنبتة *סולנום שעיר*

الرسمة ح -19: ثمرة مع بذرة واحدة - أفوكادو، ثمار مع بذور كثيرة - رمان وفلفل

انتبهوا! حسب هذا التعريف، الأشياء التي نسمِّيها في حياتنا اليومية "خضروات"، مثل: البندورة، الخيار، الفلفل والباذنجان هي **ثمار** أيضا في مفهوم علم النبات ومن ناحية ادائها في دورة حياة النبات.

جدير بالمعرفة

ذوات البذور: مع ثمار ودون ثمار

بدأ تطور النباتات كاسيات البذور التي بذورها محمية داخ ثمرة قبل حوالي **145** مليون سنة. من ناحية النشوء والارتقاء، كاسيات البذور سبقت نباتات عاريات البذور، مثل: ***אורן*** والسرو اللذان بذورهما مكشوفة بين **קשקשי האצטרובלים** ولا يوجد لها ثمار بتاتًا.

في أعقاب الإخصاب، الأنسجة التي سوف تتطور إلى ثمرة عصيرية، يكبر حجمها وتمتلئ بالماء والمواد مثل السكر. أحيانًا يتغيَّر اللون أيضًا مع نضوج الثمرة والبذور التي في داخلها. هذه المباني التي تمتلئ بالمواد المغذية والذيذة، تحوَّل البذرة والثمرة إلى غذائين مفضلين لحيوانات كثيرة ومنٍ ضمنها الإنسان.
يمكن أنْ نفكر أنّ أكل الثمار فيه سيئة للنبتة، لكن هذه الصفات للثمار تُشكل ملاءمة لإنتشار البذور، كما يمكن أن نلاحظ في الجدول ح-3.

الرسمة ح -20: ملاءمات مختلفة لانتشار البذور
من اليمين إلى اليسار: **ملاءمة لانتشار البذور لأماكن بعيدة - *ירוקת החמור*** (رسم تخطيطي وصورة)**, ملاءمة لانتشار البذور بواسطة الرياح** - זקן הסב**, ملاءمة لانتشار البذور بواسطة الحيوانات - *עוזרר***

يوجد أنواع نباتات، تنتشر كل ثمارها إلى مكان بعيد، لذا تُستعمل الثمرة وحدة انتشار للنبات. هكذا الأمر مع معظم الثمار العصيرية التي تأكلها العصافير وحيوانات أخرى (مثلًا: **פירות *העוזרר***) والثمار التي يوجد لها **זיזים** تلتصق بفراء الحيوانات (مثلًا: ***אספסת***).
في أنواع أخرى، تفتح الثمرة والبذور تتساقط من داخلها، وهي التي يتم نشرها إلى أماكن بعيدة وتشكِّل وحدة الإنتشار.

جدول ح -3: صفات ثمار وبذور وملاءمتها للانتشار

الصفة/مبنى الثمرة أو البذرة	مثال	ملاءمة لـ...
ثمرة عصيرية، حلوة ولينة	مشمش، *أفوكادو*، بندورة، *עוזרר* ,	يتم الانتشار بواسطة حيوانات تتغذى من القسم العصيري وتترك البذور أو تفرزها في البراز من دون أن تمس بقدرتها على الإنبات.
تفتح الثمرة ("انفجار")	*ירוקת החמור, כליל החורש*	الانتشار إلى أماكن بعيدة مع النضوج
تفتح الثمرة بعد أن تصبح رطبة فقط	*ריסן דק*	توقيت الإنبات إلى موسم المطر
ثمرة لها إضافات تلتصق بفرو الحيوانات	*אספסת*	الانتشار إلى أماكن بعيدة بواسطة حيوانات لا تأكل البذور
ثمرة أو بذرة لها **ציצת** شعر	*סביון*	الانتشار بواسطة الرياح
ثمرة لها شعر	*הרדוף הנחלים*	الانتشار بواسطة الرياح
بذرة لها قشرة اسفنجية	*חבצלת החוף*	الانتشار بواسطة الماء

بذور **הרדוף**

ثمار **חבצלת החוף** في داخلها بذور

جدير بالمعرفة

براءة اختراع من الطبيعة

إحدى الإختراعات المستعملة في حياتنا اليومية هي الأشرطة اللاصقة ("سكوتش"") التي تُستعمل لإغلاق الحذاء، الحقائب وغير ذلك. أُخذت الفكرة التي تعتمد عليها براءة الاختراع من الطبيعة مباشرةً. "شريط" مع **עם קרסים או לולאות** (مثل الثمار) تلتصق بقوة "لشريط" فرو (مثلًا: الحيوانات) كما نرى في ثمار ال **הלכיד** أو ال **האספסת** التي تلتصق بالجوارب.

أشرطة لاصقة (سكوتش)

אספסת

سؤال ح - 17

تبذل نبتة الأم مواد وطاقة في ثمرة عصيرية كبيرة، الجنين أو نبتة الأُم لا "يفوزان" باستعمالها. ما هي الأفضلية للنبتة أنه يوجد لها ثمرة تؤكل وعصيرية؟

سؤال ح -18

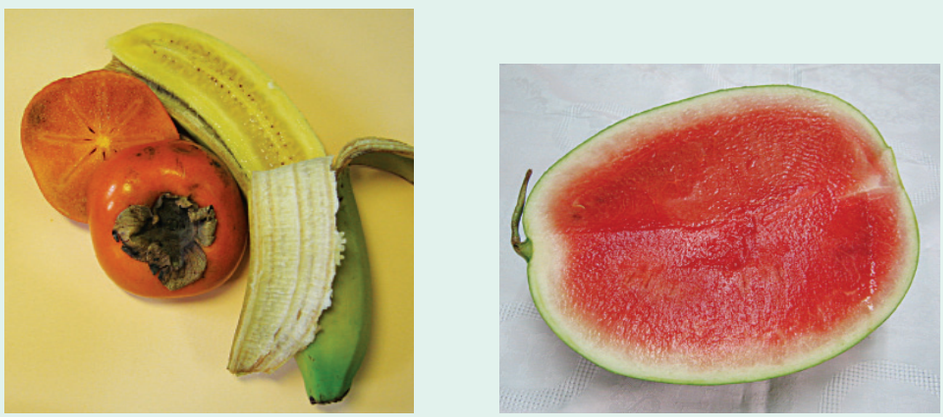
أ. البذور والثمار هي وسائل لإنتشار الجيل القادم للنبات إلى أماكن بعيدة. اذكروا حسنة واحدة وسيئة واحدة للإنتشار إلى أماكن بعيدة بالمقارنة مع الإنتشار إلى مكان مجاور تنمو فيه نبتة الأم.

ب. يوجد بذور تنبت فقط بَعد أن تأكل الحيوانات الثمرة وتفرزها في البراز. ما هو نوع العلاقة المتبادلة الموصوفة هنا؟ اشرحوا.

توسع

ثمار عديمة البذور

يوجد حالات تتطور فيها ثمار عديمة البذور، هذه الظاهرة نسمِّيها **פרתנוקרפיה** (karpos=ثمرة; parthenos=عذري).



الرسمة ح -21: ثمار عديمة البذور: بطيخ، موز وأفرسمون

تتطور ثمار ال **פרתנוקרפיים** (الرسمة ح -21) عندما يحدث انفصال بين تطور الثمرة وبين تطور البذور. يوجد نباتات يتطور فيها مبيض الزهرة إلى ثمرة بعد الإخصاب، على الرغم من توقف تطور البذور. في نباتات أخرى، يمكن أن تتطور ثمرة في أعقاب التلقيح، حتى لو لم يتم بعدها إخصاب. يوجد حتى نباتات يتطور فيها المبيض إلى ثمرة من دون تلقيح أيضًا.

لا يوجد في الطبيعة نباتات تُنْتِج ثمار فقط دون بذور، ومن الواضح أن هذه النباتات لا توجد لها استمرارية. تمَّت رعاية معظم الثمار التي ينقصها بذور ونأكلها على يد مزارعون بسبب قيمتها الإقتصادية وهم يكثرونها بطرية التكاثر غير التزاوجي. أمثلة لثمار **פרתנוקרפיים** هي الموز، الأناناس، أصناف معينة من البطيخ، أصناف معينة من ثمار الحمضيات والعنب. في أنواع معينة، يمكن أن نؤدي إلى تطور ثمار دون إخصاب بواسطة المعالجة بالهرمونات النباتية مثل **الأوكسين**، وهكذا يتم في تنمية النباتات الزراعية المختلفة.

نافذة البحث

ثمار פרתנוקרפיים

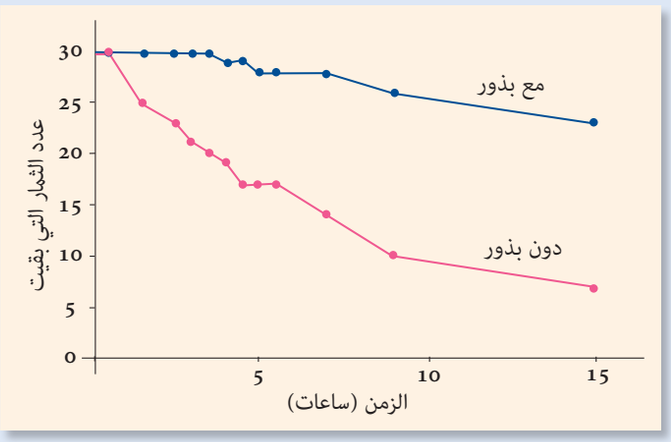
في نبات معين من عائلة ال **הסוככיים** (قريب عائلة "الجزر الأبيض")، تشتمل النورة على ثمار عديمة البذور إلى جانب ثمار ذات بذور. الثمار "الفارغة" لا تختلف بلونها وشكلها عن الثمار التي يوجد فيها بذور.

في البحث الذي أجري في الولايات المتحدة، تمَّ فحص الفرضية الآتية:

يساهم وجود ثمار **פרתנוקרפיים** في ازدياد احتمال بقاء النبات على قيد الحياة وفي إنجاب دور جديد، لأن ذلك يقلل من نسبة الثمار ذات البذور التي تأكلها يرقات الفراش التي تتغذى على ثمار النبتة.

في التجربة التي أجراها الباحثون، جمعوا **30** ثمرة مع بذور وَ **30** ثمرة من دون بذور. خُلطت الثمار ووُضعت في صحن. أُضيفت **5** يرقات إلى كل صحن. خلال التجربة التي استمرت **15** ساعة، تمَّ عدُّ الثمار التي بقيت في الصحن **12** مرة.

كرروا التجربة **4** مرات، وقد عُرضت النتائج التي حصلوا عليها في إحدى التجار في الرسمة ح - **22**.



الرسمة ح -22: عدد الثمار التي بقيت بعد مرور **15** ساعة بوجود يرقات الفراش

أ. صفوا المكتشفات المعروضة في الرسم البياني.

ب. ماذا يمكن الاستنتاج من المكتشفات حول الغذاء المفضل لدى اليرقات؟

كشفت فحوصات المقارنة التي أُجريت على الثمار عن مكتشفين:

- القيمة الغذائية للثمار مع البذور أعلى من الثمار: فهي تحتوي على كميات أكبر من الكربوهيدرات والبروتينات.
- تحتوي الثمار مع البذور على تركيز أعلى من المواد السامة لليرقات.

ب. كيف يمكن الاعتماد على هذين المكتشفين، كي نشرح المكتشفات المعروضة في الرسم البياني؟ اشرحوا.

ت. هل تدعم نتائج التجربة والفحوصات فرضية الباحثون؟

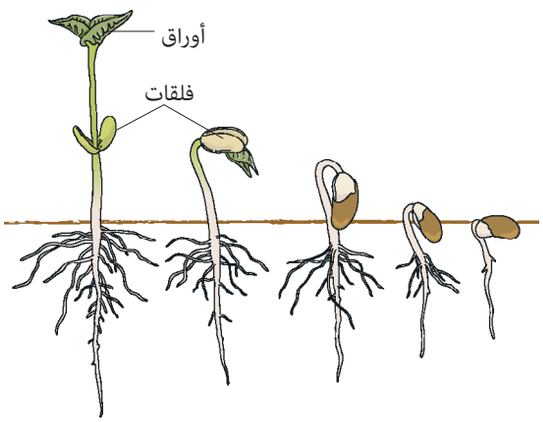
ح4. من بذرة إلى نبتة

ح1.4 الإنبات

مرحلة الإنبات هي مرحلة مهمة جدًا في تكاثر النبات. معظم البذور لا تنبت مباشرةً مع نضوجها، بل تكون في **سبات** لمدة زمنية معينة. يتميز السبات بمحتوى ماء منخفض في البذرة وبعمليات أيضية منخفضة جدًا. تطورت خلال النشوء والارتقاء آليات ووسائل هدفها أن تضمن حدوث الإنبات في ظروف مثلى، لأن الظروف السائدة أثناء نهوض البذرة من سباتها والبدء بالإنبات هي التي تحدد بمدى كبير نجاح الجيل الجديد.

إحدى العلامات الأولى للإنبات هي انفجار غلاف البذرة وبزوغ **الجُذير** و**السويق** (الرسمة ح-23). في بذور البقوليات، مثل: الفاصولياء، العدس والحمص، يخرج الجُذير بعد مرور يوم أو يومين. هناك ظاهرة مثيرة الاهتمام وسهلة التمييز في البذور التي تنبت وهي أن الجُذير ينمو باتجاة التربة، أما السويق والسيقان الحديثة السن، فإنّها تنمو باتجاه معاكس. بيَّنت التجارب أن السويقات تنمو إلى أعلى دائمًا ، أما الجُذير ينبت إلى أسفل دائمًا، وذلك أيضًا إذا وضعنا البذرة بشكل معكوس. توجيه هذه الإتجاهات في نمو الجذر وال **והנצר** هي نتيجة نشاط الهورمونات التي تنظم النمو (انظروا الجدول ح -4 فيما بعد).

بادرات عدس في بداية تطورها



الرسمة ح-23: الرسمة التخطيطية - مراحل في نمو الفاصولياء

شروط ضرورية للإنبات

الشرط الضروري (لكن غير كاف) للإنبات هو الماء. تحتوي البذرة على كمية قليلة جدًا في الماء، وبفضل ذلك، فإنَّ عمليات الحياة مثل التنفس الخلوي تكون بطيئة جدًا. تساعد هذه الصفة البذرة على البقاء مدة زمنية طويلة. يحفز دخول الماء العمليات الأيضية (تبادل المواد) في خلايا البذرة، ويبدأ نشاط الإنزيمات بشكل نشيط جدًا. تتحلل المواد الإدخارية في **الفلقات** أو **الإندوسبيرم** ومن نواتج التحليل تَنْتُج مواد جديدة. يبدأ انقسام الخلايا و**نمو** أعضاء البادرة. تحتاج هذه العمليات إلى طاقة متوافرة تُستخرج خلال عملية التنفس الخلوي. ويحتاج التنفس الخلوي إلى الأكسجين الذي يُعتبر الشرط الثاني للإنبات.

علاقة بموضوع

الخلية - مبنى وأداء:
تستهلك عملية التنفس الخلوي الهوائي أكسجين وتنطلق الحرارة خلالها.

في هاتين العمليتين - استيعاب الماء والتنفس الخلوي - من السهل أن نشاهد ما يلي: البذور التي تبللت تنتفخ بشكل كبير جدًا بسبب استيعاب كمية ماء كثيرة، ويمكن متابعة تنفسها بوسائل بسيطة (مثلًا: انبعاث CO_2). يتم التعبير عن العمليات الأيضية النشطة في البذور في انبعاث الحرارة أيضًا الذي يرافق عمليات استخراج طاقة. إذا عزلنا بذور تنبت (في وعاء منعزل مثل الترموس)، فيمكن قياس ارتفاع درجة الحرارة في بيئتها المحيطة.

جدير بالمعرفة

إنبات في ظروف ينقصها أكسجين

تحتاج معظم النباتات إلى أكسجين لإنباتها. باستثناء أنواع معينة من نباتات الأرز التي تنبت في ظروف ينقصها الأكسجين في تربة يغمرها الماء. يتم استخراج الطاقة المطلوبة لتطور البادرات في هذه الأنواع بعملية التخمر التي تُستخرج فيها كمية طاقة أقل من التي نحصل عليها في عملية التنفس الخلوي الهوائي.

بالإضافة إلى تأثير الماء والأكسجين على بذور معينة، فإنَّ الضوء، أيضًا، عامل مهم في توجيه إنبات البذور. تُكسب الحساسية للضوء البذرة معلومات عن مكانها - هل البذرة موجودة في مكان فيه ظروف ضوء للإنبات والنمو أو أن البذرة موجودة في الظل (مثلًا: تحت الشجرة) أو في عمق التربة في ظروف ضوء غير مناسبة للنمو. الحاجة إلى الضوء كشرط للإنبات تُكسب النبات أفضلية، لأنها تزيد من احتمال وصول السويق الذي يتطور إلى سطح التربة ويتعرض للضوء قبل أن تُستغل كل المواد الإدخارية (التي كميتها محدودة في البذرة). من المهم التذكر أن استمرار النمو متعلقٍ بالضوء الذي يُتيح حدوث عملية التركيب الضوئي. مع ذلك، بقاء البذور في الطبقات العليا للتربة يُشكل خطرًا على البادرات التي تنمو في بيوت تنمية تجف فيها الطبقة العليا للتربة بسرعة أو أنها غير ثابتة مثل الرمال المتنقلة.

للمزيد عن
***الفيتوكروم والإزهار**، انظروا صفحة 116.*

أطوال أمواج الضوء أيضًا، يوجد لها تأثير على الإنبات، وفي هذه العملية تشترك الصبغية **فيتوكروم**. وُجد أن هناك بذور تنبت فقط عندما نضيئها بأطوال أمواج الضوء الأحمر (حوالي 660 نانومتر)، ويُثبط إنباتها عندما نعرضها لضوء طول موجته حمراء - بعيدة (فوق 700 نانومتر).

ما هي الأفضلية للبذور التي تنبت في الضوءالأحمر فقط؟

في غابة كثيفة، يتم ابتلاع معظم الضوء الأحمر بواسطة الكلوروفيل الموجود في الأوراق، وهو لا يصل البذور التي تقع فوق سطح التربة. طالما الأشجار تحمل أوراقًا، فإنَّ البذور تتعرض إلى الضوء الأحمر البعيد أكثر من الضوء الأحمر وهي لا تنبت. بعد أن تتساقط الأوراق أو بعد احتراق الأشجار أو سقوطها في الغابة، تدخل جميع أطوال الأمواج حتى تلربة الغابة وتتشكَّل شروط إضاءة مطلوبة للإنبات ولتثبيت النبات الحديث السن في تربة الغابة.

من المهم أن نعرف أنه إلى جانب البذور التي يتأثر إنباتها من الضوء، يوجد أيضًا بذور كثيرة إنباتها لا يتأثر من الضوء بتاتًا.

في كل حالة، توجد للضوء أهمية في تطور البادرات الحديثة السن، سواءً كانت بحاجة إلى الضوء للإنبات ذاته أو لم تكن بحاجة إليه.

آليات تأخيل الإنبات

بذور مشمش ومانجو ذات قشرة قاسية

تستطيع البذور أن تنبت بعد مرور زمن طويل أيضًا، شهور أو سنوات، منذ إنتاجها وبعيدًا جدًا عن نبتة الأم أيضًا. في النباتات الحولية، يتم الإنبات بعد موت نبتة الأم. في ظروف بيئة محيطة مناسبة أيضًا، يمكن تثبيط الإنبات بسبب عوامل مختلفة، مثل: قشرة قاسية ومواد تُثبط الإنبات موجودة في الثمرة أو البذرة.

القشرة القاسية (مثل: قشرة اللوز، المانجو وامشمش) تُثبط الإنبات، لأنه طالما القشرة كاملة، لا يستطيع الماء والأكسجين دخول البذرة. يمكن أن يتم الإنبات، فقط، بعد أن تتشقق القشرة أو تتآكل في أعقاب عملية مواد كيميائية في الجهاز الهضمي للحيوانات التي أكلت الثمرة، أو في أعقاب نشاط كائنات حية دقيقة في التربة. تتضرر القشرة القاسية للبذرة مع مرور الوقت وتدريجيًا، لذا لا تنبت جميع لبذور في نفس الوقت. وهكذا تُتيح القشرة القاسية توزيع الإنبات بالوقت.

آلية أُخرى تُثبط الإنبات هي **مواد لتثبيط الإنبات** موجودة في الثمرة أو البذرة. أحد الأمثلة الأولى التي اكتُشفت فيه هذه الآلية هو ثمرة البندورة. البذور موجودة داخل الثمرة في ظروف بيئة محيطة رطبة وعلى ما يبدو سهلة للإنبات، لكن على الرغم من ذلك فإنها لا تنبت. اتضح أن عصير البندورة يحتوي على مواد تُثبط إنبات بذور البندورة وبذور أخرى أيضًا.

يوجد أنواع نباتات بذورها لا تنبت إلا بعد أن بقيت فترة معينة في درجة حرارة عالية، ويوجد أنواع نباتات أخرى بذورها تنبت فقط بعد أن تتعرض إلى درجة حرارة منخفضة.

سؤال ح -19

ما هي الأفضلية للنبتة من تثبيط الإنبات؟ اشرحوا.

سؤال ح -20

تحتاج بذور النباتات التي تنمو في مناطق فيها الشتاء بارد جدًا للبقاء مدة زمنية متواصلة في البرد قبل أن تنبت. ما هي الأفضلية التي تكسبها هذه الصفة لهذه النباتات في المناطق التي تنمو فيها؟ اشرحوا.

هورمونات في الإنبات

توجد للهورمونات أهمية كبيرة في مراقبة عمليات تطور النباتات ومن بينها عمليات الإنبات. يلخص الجدول ح-4 التأثيرات الأساسية للهورمونات التي تنظِّم النمو على الإنبات.

جدول ح-4 : أمثلة لتأثير هورمونات في النبتة على الإنبات وعلى نمو البادرة

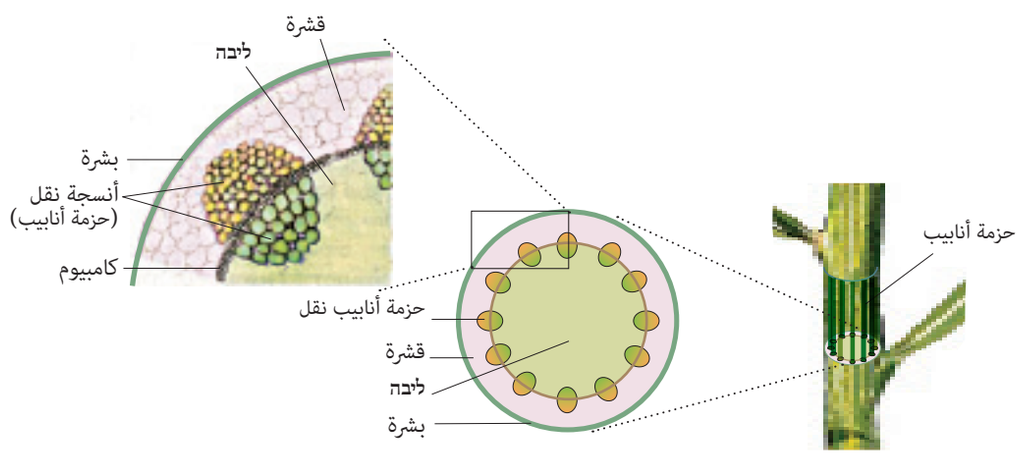
الهورمون	تأثيره في عمليات الإنبات وفي بداية نمو البادرة
أوكسين	يوجِّه نمو السويق إلى الضوء ونمو الجذور باتجاه عكسي لإتجاه الضوء.
جبريلين	ينشِّط بناء إنزيمات تُحلِّل النشا (إحدى المواد الإدخارية في البذرة)، يحفز الإنبات.
חומצה אבציסית	يؤدي إلى دخول البذور إلى سبات ويثبط النهوض من السبات.
سيتوكنين	يحفز انقسام الخلايا وتمايزها إلى أنسجة.

ح2.4 النمو

كما ذكرنا سابقًا، يمكن أن نلاحظ **سويق** يتطور إلى ساق وأوراق و**جُذير** يتطور إلى جذر. بعد أن تتثبت البادرة الحديثة السن في التربة وتبدأ حياتها كنبات مستقل تستمر فيها عمليات انقسام الخلايا، **تمايز** إلى أنسجة وأعضاء و**نمو**. وبذلك لا يوجد فرق بين النباتات وكائنات حية متعددة الخلايا التي فيها التمايز هو مميِّز مهم للتطور والنمو أيضًا.

تنمو وتتطور النباتات بشكل خاص، لأنه في أطراف الغصون والجذور يستمر إنتاج ووجود **مريستيمات** (الرسمة ح-3) - أنسجة خلايا لم تتمايز حتى الآن، يستمر منها تطور الأعضاء المختلفة بشكل متواصل، من ضمنها الأعضاء التناسلية. في النباتات متعددة السنوات تُحفظ هذه القدرة طيلة حية النبات، ومن هذه الناحية فهو لا يهرم (على الرغم من أقسام منه تهرم، تتساقط وتموت). ومع ذلك، الأشجار التي تعيش سنوات طويلة تموت أيضًا بسبب إصابات مختلفة (الحرائق، البرق) والأمراض. "التطور المستمر" هو صفة خاصة ومهمة للنباتات، تميِّزها عن سائر الكائنات الحية التي فترة حياتها الزمنية محددة بحسب برنامجها الوراثي.

بالإضافة إلى المريستيمات القممية، يوجد في النبتة مريستمة مهمة إضافية - **الكامبيوم**. يظهر الكامبيوم على شكل حلقة دقيقة من الخلايا المريستيماتية حول السيقان والغصون (الرسمة ح - 24). تتطور من خلايا الكامبيوم خلايا أنابيب النقل التي تُنقل فيها المواد في النبتة: تُنقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأوراق إلى سائر أقسام النبتة، والماء والأملاح المعدنية المستوعبة من التربة تُنقل من الجذور إلى أقسام النبتة العلوية. يمكن أن نلاحظ في المقطع العرضي للساق حُزم مرتَّبة فيها معًا أنابيب جهاز (نظام) النقل.



الرسمة ح -24: كامبيوم وحزمة أنابيب نقل بمقطع عرضي للساق

على مرّ السنين، تُضاف المزيد من طبقات أنسجة النقل إلى داخل الساق، ويثخن الساق ويصبح أكثر خشبًا. في النباتات التي تعيش سنوات كثيرة، يساهم الكامبيوم في ثخانة الجذع وإنتاج **حلقات سنوية** (الرسمة ح - 25).

تساهم المريستيمات الرأسية والكامبيوم معًا في نمو النبات للارتفاع، في تفرع الفروع والجذور وفي ثخانة السويق والجذع.

جدير بالمعرفة

حلقات سنوية

في المناطق المعتدلة التي يتغيَّر فيها المناخ حسب فصول السنة، تتغيَّر وتيرة انقسام خلايا النباتات مع تغيُّر فصول السنة: تكون نشطة في فصول النمو التي يكون فيها توافر الماء عالي وظروف درجة الحرارة والضوء مريحة، وتكون بطيئة في الفصول التي تتساقط فيها أوراق الشجرة أو عندما يكون نموها بطيء. يمكن أن نرى التغييرات في وتيرة انقسام خلايا الكامبيوم في مقطع عرضي لجذع الشجرة كحلقات. هذه هي الحلقات السنوية (الرسمة ح - 25). تمثل كل حلقة أنابيب نقل تطورت خلال فصل واحد من النشاط. يُستعمل عدد الحلقات السنوية كتقدير دقيق جدًا لسن الشجرة. يُستعمل عرض كل حلقة كدليل للظروف التي كانت سائدة في تلك السنة. في سنة القحط يكون عرض الحلقة أصغر من عرض الحلقة في السنة الماطرة.

الرسمة ح-25: حلقات سنوية في جذع شجرة مقطوع

ح5. جوانب النشوء والارتقاء في التكاثر التزاوجي للنباتات

أشنات وسرخسيات

تطور آليات التكاثر التزاوجي عند النباتات خلال **النشوء والارتقاء**، يوجد له عدة جوانب تشبه تطور الأعضاء التناسلية عند الحيوانات.

النباتات البسيطة، مثل: الأشنات والسرخسيات لا يوجد لها بذور وهي تستطيع أن تتكاثر في تكاثر تزاوجي في **بيئة محيطة رطبة** أو **مائية**. يوجد لخلاياها التناسلية الذكرية أسواط وهي تتحرك في الماء إلى الخلية التناسلية الأنثوية الثابتة في مكانها. الجنين الذي يتطور في أعقاب الإخصاب، لا يكون "مرزوم" ومحمي في بذرة، لذا يتعرض إلى خطر الجفاف. فلا عجب في أن الأشنات والسرخسيات تنمو في بيون تنمية رطبة فقط: بجانب أودية، أنقوعات وبحيرات وفي مناطق تتسافق فيها الأمطار في كل فصول السنة.

علاقة بموضوع

علم البيئة:
تكافل من نوع مشاركة.

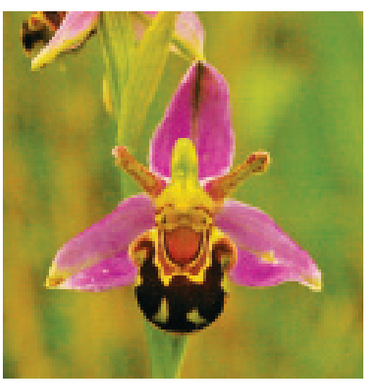
النباتات عكس الحيوانات، تكون ثابتة في مكانها خلال كل حياتها، ولا تستطيع أن تبحث بشكل فعَّال عن ذكر أو أنثى للتكاثر. كما رأينا، تكاثر النباتات البسيطة متعلق ببيئة محيطة مائية أو رطبة تُتيح حركة الخلايا التناسلية الذكرية إلى الخلية التناسلية الأنثوية الثابتة في مكانها. لكن في نباتات اليابسة، تطورت خلال النشوء والارتقاء وسائل لنقل الخلايا التناسلية من نبتة إلى أخرى في بيئة محيطة جافة أيضًا. الكمية الهائلة للأزهار التي يحملها كل فرد وكيات جبيبات اللقاح هي صفات تشكل ملاءمة

איור ו-26: פרח מותאם להאבקה על ידי חרקים (*אחירותם החורש*)
מימין: לפני ההאבקה, משמאל: אחרי ההאבקה

لضمان **التلقيح** و**الإخصاب**. وسائل نشر الثمار والبذورة متعلقة أيضًا بكون النبات ثابت في مكانه، لأنها تزيد من احتمال بقاء العشيرة ومن نشرها إلى بيوت تنمية إضافية.

خلال النشوء والارتقاء، تطورت علاقة متبادلة بين النباتات والحيوانات. هذا النشوء والارتقاء الذي تتطور فيه نباتات وحيوانات بالموازاة ومن خلال التأثير المتبادل، نسميها تعاون- نشوء ارتقاء. إحدى الأمثلة الرائعة للتعاون - نشوء ارتقاء هو ملاءمة مبنى الزهرة للتلقيح بواسطة الحشرات والعصافير.

مثلًا: زهرة ***אחירותם החורש*** من عائلة الفراشيات، يوجد مبنى خاص لهذه العائلة. تُنْتِج أوراق التويج "قارب" يجاوره "مجذافين" ويحمل فوقه "شراع". الأسدية والمتاع موجودة داخل القارب. عندما تزور الحشرة القارب، فإنها تجلس على "القارب". يندفع القارب إلى أسفل، وينفصل "المجذفان" منه، ونتيجةً لذلك، يتحرر المتاع والأسدية بقوة من داخل "القارب" وتتوزع حبيبات اللقاح على جسم الحشرة. نرى في الرسمة ح- **26** زهرة ***אחירותם החורש*** قبل وبعد زيارة الحشرة. بعد الزيارة، تنفصل المجاديف والقارب ولا تكون الأسدية والمتاع مغطاة في القارب.



דבורנית

يمكن أن نرى مثال آخر للملاءمة في أزهار ***הדבורנית*** من عائلة السحلبيات. أزهار ال ***הדבורנית*** تشبه أنثى النحل (ومن هنا جاءَ اسمها)، وهي تنشر فرومونات تجذب إليها ذكورًا. الذكور التي تصل النحلة المقلدة تحاول التزاوج معها، وخلال ذلك، تلتصق حبيبات اللقاح بجسمها وهكذا تنتقل بين الأزهار المختلفة.

المواضيع الأساسية في الفصل

- في نباتات كثيرة، تتم طريقتين من التكاثر: تكاثر غير تزاوجي (تكاثر خضري) وتكاثر تزاوجي (جنسي). يمكن أن يتم التكاثر غير التزاوجي دون أي علاقة بسن النبتة وبفصل السنة.
- يوجد نباتات حولية تتكاثر مرة واحدة فقط في دورة حياتها، نباتات أخرى متعددة السنوات وهي تستطيع أن تتكاثر مرات كثيرة خلال دورة حياتها.
- في قمم النمو في أطراف الغصون وجذور النبات وإبطِي الأوراق يوجد أنسجة خاصة - مريستيمات تتطور منها جميع أعضاء النبات.
- يتم التكاثر غير التزاوجي بطرق متنوعة من أعضاء فوق سطح التربة وتحتها.
- التكاثر التزاوجي للنبات يشبه من حيث المبدأ التكاثر التزاوجي في كائنات حية أخرى: تلتقي الخلايا التناسلية الهيبلوئيدية (جاميتات) وتتحد إلى زيجوت ديبلوئيدي خلال الإخصاب. يتطور جنين من الزيجوت ويتطور الجنين إلى نبات جديد.

- تحتاج مرحلة التكاثر في النباتات (مرحلة النمو الخضرية) إلى ظروف خاصة تتأثر من عوامل داخلية ومن عوامل البيئة المحيطة.
- في نباتات معينة، الإزهار متعلق بدورية ساعات الضوء والظلام ونسميه التوقيت الضوئي.
- أقسام الزهرة مرتَّبة عادةً بحلقات (دوائر) تشتمل على الغلاف الزهري، الأسدية و/أو المتاع.
- يجب أن يتم التلقيح قبل الإخصاب.
- تَنْتُج الخلية التناسلية الذكرية في النبات من حبيبة لقاح فقط بعد أن تنبت حبيبة اللقاح على الميسم.
- مبنى الزهرة، لونه ومبنى حبيبة اللقاح ملائمة لطريقة التلقيح. الأزهار التي تُلقح بواسطة الرياح تكون عادةً صغيرة وغير ملونة، والأزهار التي تُلقح بواسطة حشرات تكون كبيرة أو صغيرة مرتَّبة في نورة وعلى الأغلب ملونة.
- في التلقيح الذاتي، حبيبات اللقاح التي تنبت على الميسم تكون من نفس الفرد. في التلقيح الغريب، تصل حبيبات القاح من فرد آخر من نفس النوع (species).
- تَنْتُج الخلية الأولى للأندوسبيرم من اتحاد الخلية التناسلية الذكرية (هيبلوئيدية) مع نواتين هيبلوئيديتين أُخرتين في البويضة. تنقسم هذه الخلية التربلوئيدية بالميتوزا ويتطور نسيج تُخزَّن فيه المواد الإدخارية.
- يتطور الجنين من الزيجوت الذي نَتَج من إتحاد خلية البويضة مع خلية واحدة من الخلايا التناسلية الذكرية.
- تُتيح البذرة لجنين النبات أن يعيش في ظروف بيئة محيطة، لا يستطيع النبات البالغ أن يعيش فيها بتاتًا. البذرة هي وسيلة النبات لنشر الجيل لجديد في الفراغ والمكان أيضًا.
- تتطور الثمرة من مبيض الزهرة، عادةً في أعقاب الإخصاب.
- تشكِّل صفات الثمار والبذور ملاءمة لنشر النوع.
- ال **פרתנוקרפיה** تطور ثمار عديمة البذور.
- يوجد في البذور آليات، مثل: القشرة القاسية والمواد التي تثبط البذور ولا تؤدي لإنبات البذور مباشرةً.
- الظروف السائدة أثناء نهوض البذرة من سباتها، مثل: توافر الماء، تركيز الأكسجين، شدة الضوء ونوعه ودرجة الحرارة المناسبة، تحدد بمدى كبير جدًا نجاح الجيل الجديد.
- إحدى الدلالات الأولى للإنبات هي انفجار غلاف البذرة وبوزغ الجُذير والسويق.
- بَعد أن تتثبت البادرة الحديثة السن في التربة، تبدأ حياتها كنبتة مستقلة.
- نمو النبات وثخانته هي نتيجة لإنقسام الخلايا في الأنسجة المريستماتية القممية والكامبيوم وتمايزها.
- خلال نشوء وارتقاء النباتات البذرية، وكما هو الأمر في نشوء وارتقاء الأعضاء التناسلية عند الحيوانات، تطورت أعضاء وآليات خاصة متعلقة بالملاءمة للتكاثر في بيئة محيطة جافة.

مصطلحات مهمة في الفصل

نشوء وارتقاء	إنبات
أسدية	إنبات حبيبة لقاح
أوكسين	נחשון
طول النهار	براعم التكاثر
إندوسبيرم	سويق
بويضة	متاع/قلم المتاع
نباتات بذرية	أوراق الكأس
بصل	أوراق التويج
جبريلين	التوقيت الضوئي
حبيبة اللقاح	فيتوكروم
تلقيح	فلقات
تلقيح ذاتي/غريب	درنة
هورمونات في النمو	زهرة
التبرعم	زهرة ثنائية الجنس
إخصاب	زهرة أحادية الجنس
إخصاب داخلي	ثمرة
ملاءمة لانتشار البذور	ميسم
تمايز	نبات نهار طويل
زيجوت	نبات نهار قصير
זיר	كامبيوم
بذرة	تكاثر غير تزاوجي
حولية	تكاثر تزاوجي
חנטה	متعددة السنوات
ملقح	مبيض
دورة الحياة	روافد
منع التلقيح الذاتي	خلايا تكاثر (جاميتات)
مريستيمات	سبات بذور

تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوانات والنباتات

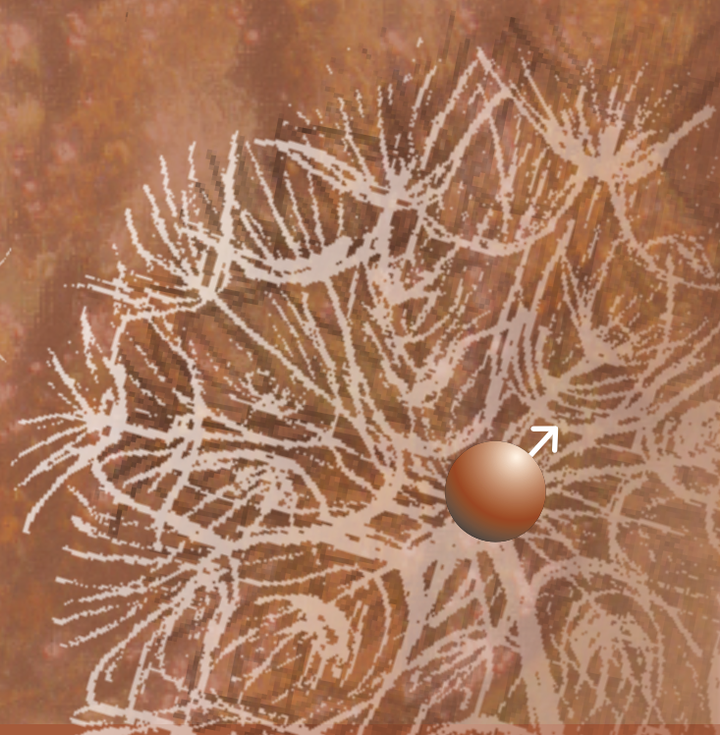
ح1. تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوان

ح2. تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوان

المواضيع الأساسية في الفصل

مصطلحات مهمة في الفصل

ح



الفصل السابع: تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوانات والنباتات

تعلَّمتم في الفصل الرابع عن التدخُّل في عمليات تكاثر الإنسان، ورأيتم في أعقاب البحث وتطور التكنولوجيا أنه يوجد اليوم اقتراحات حلول مختلفة لمشاكل في أداء الجهاز التناسلي. تُتيح هذه الحلول لأزواج لا يوجد لديهم أطفال أن يكونوا والدين لأطفال أصحاء.
نتعلم في هذا الفصل عن تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر النباتات والحيوانات في المزرعة. يهدف هذا التدخُّل إلى تحسين نواتج المزرعة وزيادة إنتاج الغذاء وهكذا يرتفع الربح أيضًا. يوجِّه البحث في مجالات الزراعة إلى تحقيق هذه الأهداف أيضًا.

علاقة بالموضوع

علم البيئة:
الزراعة - تدخُّل الإنسان في الطبيعة.

ح1. تدخُّل الإنسان في عمليات تكاثر الحيوانات

في الطبيعة تكاثر معظم الحيوانات في موسم معين في السنة - **موسم التكاثر** - فيه الظروف مناسبة لنمو الأفراد. في البلاد، تتم معظم الولادة وتفيس البيض في فصل الربيع، الفصل الذي فيه كثرة غذاء ودرجات حرارة مريحة لتطور الجيل الجديد. عند حيوانات المزرعة، كما هو الأمر عند الحيوانات في الطبيعة، تتلاءم للتغييرات الموسمية: بشكل طبيعي، تستوعب معلومات من البيئة المحيطة، وتُترجم إلى إشارات بيولوجية تُحرِّك عمليات متعلقة بالتكاثر. في المزرعة، موسمية التكاثر تحدد نسبة التكاثر، كمية الناتج (مثل: البيض والحليب) والفترة الزمنية التي نحصل فيها على الناتج. يتدخل المزارعون في الآلية الهورمونالية التي تنظم تكاثر حيوانات المزرعة، كي يتغلب على المحدودية التي تفرضها موسمية التكاثر. يتم التدخُّل بواسطة تغيير العوامل البيئية المحيطة - الخارجية، مثل مدة ساعات الإضاءة ودرجة الحرارة، أو بواسطة إعطاء إضافة هورمونات. نتيجةً لهذه العمليات، تستطيع البقرات أن تتكاثر وتُدر حليبًا خلال كل السنة، وتستطيع الدجاجات أن تضع بيضًا معظم أيام السنة.

لتدخل المزارعون في عمليات تكاثر الحيوانات يوجد انعكاسات على البيئة المحيطة، وقد تكون لها انعكاسات على صحة الحيوانات، لذا التدخُّل يُثير تساؤلات أخلاقية ومعارضة عند الذين يتناولون موضوع رفاهية الحيوانات (انظروا الصفحات 150-151).

مصطلحات

تدجين الحيوانات

خلال حوالي الـ 10,000 سنة التي يمارس فيها الإنسان الزراعة، قام بتنمية وتحسين حيوانات، اختار أفرادًا بحسب صفاتها وبعملية **الانتخاب الإصطناعي** قام بتدجين الحيوانات حسب احتياجاته. الحيوانات التي تمَّ تدجينها، لا تستطيع عادةً أن تعود وتعيش في الطبيعة، لأنها ملائمة للحياة مع الإنسان الذي يزودها احتياجاتها.

ح1.1 تنظيم نظام الإضاءة وتأثيره على تكاثر الحيوانات

دورية ساعات الإضاءة وساعات الظلام خلال اليوم (التوقيت الضوئي) هي ظاهرة طبيعية متعلقة بشكل وطيد بفصول السنة وبشروط درجات الحرارة في المواسم المختلفة. كما هو الأمر عند النباتات، عند الحيوانات أيضًا توجد وسائل لإحساس التغييرات في عدد ساعات الإضاءة. قدرة الكائنات الحية على الرد للتغييرات في عدد ساعات الإضاءة والظلام خلال اليوم نسميها **التوقيت الضوئي**. يُتيح تغيير عدد ساعات الإضاءة في اليوم للمزارعين أن يوجِّهوا عمليات فسيولوجية تتأثر من عوامل في البيئة المحيطة.

النضوج الجنسي المبكر للأبقار هو مثال لتطبيق المعرفة البيولوجية في المزرعة، وهو يُتيح إنتاج حليب وعجول من الأبقار في مرحلة مبكرة من حياتهنَّ. عندما نزيد في فصل الشتاء عدد ساعات الإضاءة في اليوم إلى 16 ساعة، فإننا نؤدي إلى نضوج جنسي مبكر بشهر حتى ستة أسابيع. وأيضًا العلاج الهورموناليّ يُتيح تبكير النضوج الجنسي للبقرة. الضوء لا يؤثر على تبكير النضوج الجنسي فقط، بل يؤثر أيضًا على إنتاج الحليب، على ما يبدو بواسطة ازدياد إفراز هورمونات تؤثر على إنتاج الحليب.

يؤثر طول النهار على موعد الشبق أيضًا. مثلًا: تشبق الفرس عندما يطول النهار. عند الخراف والماعز، يبدأ الشبق الطبيعي بالذات في الفترة التي يقصر فيها النهار، وهي تلد في فترة الشتاء. يمكن أن نحث الماعز والخراف على الشبق خارج موسم التكاثر الطبيعي أيضًا بواسطة إضافة إضاءة اصطناعية خلال عدة أسابيع، وبعد ذلك، تقليل عدد ساعات الإضاءة.

توجيه موعد وضع بيض الطيور والتأثير على كمية البيض

موسم الإضاءة الطبيعي للطيور في البلاد هو فصلي الربيع والصيف، لكن المزارعون معنيون في إطالة الموسم كل السنة، كي يتمكنوا من تسويق البيض كلَ يوم. اتضح أن عملية وضع البيض، كما هو الأمر في تبكير النضوج الجنسي، هي عملية تتأثر من طول النهار.

تتم عملية وضع البيض في الطبيعة عندما يكون عدد ساعات الإضاءة أكثر من 14 ساعة. التكبير الإصطناعي والتدريجي لعدد ساعات الإضاءة في القن إلى 16-17 ساعة في اليوم، يؤدي للدجاجة أن تبيض بيضًا أيضًا في موسم، في السنة، يكون فيه عدد ساعات الضوء الطبيعي أقل من 14 ساعة.

تقوم الهورمونات بوساطة تأثير الضوء على وضع البيض. يُنقل محفز الضوء إلى الجهاز العصبي ومن هناك إلى الغدة **النخامية** في مخ الدجاجة. نتيجةً لتأثير تحفيز الضوء، تفرز الغدة النخامية الهورمون FSH الذي يؤدي إلى نضوج جُريبات في المبيض، إباضة ووضع البيض. هكذا بواسطة **الإضاءة الإصطناعية** نؤدي للدجاجات أن تضع بيضًا خلال كل السنة. تضع الدجاجة بيضو واحدة في كل مرة والمجموع الكلي من 2-5 بيضات في الأسبوع. في الظروف المثلى تستطيع الدجاجة أن تضع بيضة كل 26 ساعة، وهذه المدة الزمنية هي الفترة الزمنية بين إباضة لإباضة أخرى.

جدير بالمعرفة

البيض المخصب، البيض غير المخصب، ووضع بيض احتياطي

في قن التكاثر الذي يعيش فيه ديوك ودجاجات، البيوض التي تُضع تكون مخصبة. ينقل المزارعون البيض إلى المفرخة وهناك تُزود بشروط مناسبة لتطور الأجنة - درجة حرارة، رطوبة وتراكيز غاز مناسبة. في القن الذي يزوِّد بيض للأكل توجد إناث فقط، لذا البيض الذي يُضع فيها غير مخصب.

ما هو الشرح "للبذل الكبير" في البيض غير المخصب؟

عند قسم من الطيور ومن بينها الدجاج البيتي، وضع البيض متعلق بالأساس بعوامل البيئة الحيطة، مثل: طول النهار، جودة الغذاء وتوافره ووجود عُش لوضع البيض. بعد عملية الإخصاب، تنتقل خلية البويضة في أنبوب البيض حتى تصبح البيض كاملة، سواءً كانت البيضة مخصبة أو غير مخصبة. لذا أيضًا في حالة عدم وجود ديك عند إناث هذه الطيور، كما يحدث في القن المعد لوضع البيض فقط، فإن هذه الإناث تضع بيضًا. نجد ظاهرة وضع البيض غير المخصب عند طيور إضافية مثل الببغاء. يوجد أنواع طيور تحتاج إاة وجود الذكر وهو محفز ضروري لوضع البيض. هذه الطيور لا تضع بيضًا دون وجود ذكر، وبالتالي لا تضع بيضًا غير مخصب.

في قسم من الطيور معروفة ظاهرة نسمِّيها وضع بيض احتياطي. عند النسور، على سبيل المثال، عندما تشعر الأنثى أن البيضة التي وضعتها افتُرست أو سقطت من الهش، فإنها تضع بيضة أخرى. يستغل المزارعون هذه الظاهرة التي تحدث عند دجاج البيت. فهم يأخذون البيض من قن الدجاجات، وهي تبيض بيض احتياطي. وبهذه الطريقة تستمر الدجاجات في وضع البيض كل يوم تقريبًا.

سؤال ح - 1

اليوم يُباع في الحوانيت "بيض الحرية" الذي وضعته دجاجات تنمو وتعيش في ساحة مفتوحة وليس في قن مغلق وكثيف.

أ. هل أيضًا الدجاجات التي تنمو وتعيش في الساحة تضع بيضًا في معظم أشهر السنة؟ علِّلوا.

ب. لماذا، حسب رأيكم، سعر "بيض الحرية" أعلى من سعر البيض العادي؟

سؤال ح - 2

في الطبيعة، المدة الزمنية لاحتضان البيض عند الدجاجات هي 21 يومًا. خلال هذه الأيام، لا تضع الدجاجة بيضًا إضافيًّا. إذا كان الأمر كذلك، فما هي الأفضلية للمزارع عندما ينقل البيض للاحتضان في المفرخة؟

ح2.1 التخصيب (الزرع) الإصطناعي وتزامن الشبق عند الأبقار

عند البقرات، كما هو الأمر عند إناث ثدييات أخرى، يوجد نشاط دوري لجهاز التكاثر. عند البقرات توجد **دورة شبق** تستمر 21 يومًا، وفي نهايتها في اليوم الـ 21، تحدث تغيُّرات فسيولوجية وسلوكية تستمر من 8-24 ساعة. هذه هي فترة **الشبق** التي يوجد فيها استعداد بيولوجي للبقرة على التزاوج، بعد انتهاء

للمزيد عن
دورة الشبق في الفصل الخامس، صفحات 96-97.

فترة الشبق، تحدث **الإباضة** وتخرج خلية البويضة من المبيض.
يمكن أن نميِّز فترة الشبق حسب تصرفات البقرة: إثارة تُعبر عنها في المشي الكثير، فقدان الشهية وإفراز روائح خاصة تجذب الذكور. بشكل طبيعي، تحدث فترة الشبق عند كل بقرة في موعد خاص لها، لذا في قطيع كبير تكون عدة بقرات في شبق كل يوم. المزارعون المعنيون في تخصيب البقرات يجب عليهم أن يميزوا في كل يوم البقرات الموجودة في نهاية فترة الشبق والمستعدة للتخصيب. للمساعدة في التمييز الدقيق لفترة الشبق طُوِّر جهاز البيدومتر (بيدو - خطوة، متر - مقياس) - جهاز يُعلق على رِجل البقرة ويقيس عدد خطواتها. يُشير ازدياد عدد الخطوات إلى الشبق.

يتم تخصيب البقرات اليوم **بالتخصيب الإصطناعي** - ادخال مباشر لخلايا منوية أُخذت من ثور يحمل صفات مرغوبة إلى الجهاز التناسلي للبقرة. يُنفِّذ التخصيب الإصطناعي شخص مهني - زراع، في البداية، يجمع سائل منوي من الذكور، وفي موعد الإباضة الذي يبدأ في نهاية فترة الشبق، فإنه يُدخل الخلايا المنوية إلى عنق رحم الإناث لتخصيب خلية البويضة.
يوجد عدة حسنات للتخصيب الإصطناعي:

1. استغلال ناجع للخلايا المنوية - كمية الخلايا المنوية التي يقذفها الذكر في المرة الواحدة كبيرة جدًا، حوالي عشر مليارات خلية منوية. في الإخصاب الطبيعي، تدخل جميع الخلايا المنوية إلى بقرة واحدة وفي الواقع جميعها تُهدرباستثناء خلية منوية واحدة تُخصب خلية البويضة. تجميع السائل المنوي يُتيح للمزارع أن يستعمل الخلايا المنوية التي قُذفت في مرة واحدة لتخصيب ثلاث مائة حتى ألف بقرة!
2. فحص سلامة الخلايا المنوية قبل زرعها (التخصيب) - بمساعدة فحص ميكروسكوبي، يمكن فحص تركيز الخلايا المنوية، مبناها وحركتها. إذا كانت الخلايا المنوية سليمة ونشطة، فإنه يمكن استخدامها وقت الحاجة.

ازدادت قدرة التخصيب الإصطناعي عدة أضعاف بفضل تقنيات الحفظ والتخزين في تجميد عميق في نيتروجين سائل في درجة حرارة 196°C- (كما ذكرنا في الفصل الرابع، صفحة **66**). بهذه الطريقة يمكن استعمال خلايا منوية لثور محسَّن خلال سنوات كثيرة.

في معظم المزارع في البلاد، يعتمد المزارعون على دورة الشبق الطبيعية، لكن يستطيع المزارعون إنتاج **تزامن** (توحيد الموعد) لدورة الشبق في القطيع. يتم توحيد الزمن بواسطة الهورمون **بروجسترون** أو بواسطة المعالجة ببروستاجلاندين وهو مادة تُفرز بشكل طبيعي وتعمل مثل الهورمون. يؤدي البروجسترون إلى إطالة مدة بقاء **الجُسَيْم الأصفر** والبروجسترون يقصرها. للوصول إلى توحيد موعد إفراز الهورمونات الجونادوتروبينية (التناسلية)، وللوصول إلى شبق وإباضة في نفس الموعد عند جميع البقرات،يجب معالجة جميع البقرات. يُتيح تزامن دورة الشبق في القطيع إلى تقليل عدد زيارات المزارع المخصب، وهكذا يوفر المزارع زمنًا ونقودًا، لأن المزارع المخصب يستطيع أن ينفِّذ العملية لجميع البقرات في نفس الموعد.

لتزامن دورة شبق البقرات في القطيع توجد حسنة عامة:

- توفير التكاليف المتعلقة بعمل المزارع المخصب وبتجميع الخلايا المنوية.
- زيادة النسبة المئوية للحمل الناجح.
- توجيه ولادة كل القطيع إلى نفس الموعد، وهكذا تكون معالجة العجول في نفس الوقت.
- تزامن الولادة إلى موسم مُريح لتنمية العجول وللتسويق المركز للعجول المعدة للحم.

سؤال ح - 3

أ. اذكروا ثلاث صفات في الأبقار، يرغب المزارعون في نقلها بالوراثة إلى الجيل القادم.

ب. استعمال الخلايا المنوية للثور الذي تمَّ اختياره لتخصيب بقرات كثيرة هو مرحلة في عملية الانتخاب الإصطناعي. اشرحوا.

ت. استعمال الخلايا المنوية من عدد قليل من الأفراد المفضلة يقلص التنوع الوراثي. ما الخطر في تقليص التنوع الوراثي؟ اشرحوا.

ح3.1 حث الشبق عند الأبقار

حث الشبق هي عملية تُنفَّذ عادةً للبقرات صغيرات السن التي لم تصل حتى الآن النضوج الجنسي، وللبقرات التي أنجبت الآن ومعنيون في تقصير المدة الزمنية حتى تجدد دورة الشبق. بعد الولادة، تتجدد دورة الشبق بشكل طبيعي خلال 3-2 شهور. كما هو الأمر في التزامن، في حث الشبق تُستعمل هورمونات تؤثر على الجهاز التناسلي. تُتيح المعالجة بالهورمونين **بروجسترون واستروجن** تبكير الولادة الأولى للبقرات الصغيرة السن وتقصير الزمن لتخصيب البقرة، التي أنجبت، مرة أخرى. إذا كان الأمر كذلك، يُتيح حث الشبق من ازدياد نسبة الولادة في القطيع.

جدير بالمعرفة

كيف تستطيع البقرات إنتاج الحليب كل سنة خلال سنوات كثيرة

كما هو الأمر عند جميع الثدييات، يبدأ إنتاج الحليب في حلمة (درة) البقرة بشكل طبيعي بعد الولادة ويستمر طالما يؤثر تحفيز رضاعة العجل. في العالم الغربي، في قطيع بقر للحليب، عادةً، يفصلون العجول عن أماتهم بعد الولادة مباشرةً. إذا كان الأمر كذلك، فكيف يستمر إنتاج الحليب كل السنة خلال سنوات كثيرة؟

بَعد فصل العجول، يستمر تحفيز البقرة على إفراز الحليب بمساعدة تحفيز الرضاعة الإصطناعية - الحلب المتكرر من 3-2 مرات في اليوم.

بعد حوالي 60 يومًا، تتجدد دورة الشبق وعندئذ يتم تخصيب البقرة. فقط في الولادة القادمة، يتوقف الحلب بشكل مطلق (خلال الحمل ينخفض إنتاج الحليب بشكل تدريجي). بعد مرور حوالي سنة على الولادة السابقة، تلد البقرة مرةً أخرى ويمكن العودة لإنتاج الحليب منها.

هذا العلاج بالبقرات يزيد بشكل كبير جدًا من إنتاج حليبها ونسبة تكاثرها، لكنه يقصر طيلة حياتهنَّ بشكل كبير جدًا.

صراع ذهني

جوانب أخلاقية لتدخُّل الإنسان في تكاثر الحيوانات

بعض الطرق التي وُصفت حول تدخُّل الإنسان في تكاثر حيوانات المزرعة، أثارت معارضة عند الهيئات التي تهتم برفاهة الحيوانات.

تعتمد الرعاية الجيدة لحيوانات المزرعة على المبادئ الآتية:

- منع العطش، الجوع، سوء التغذية.
- تقليص عدم راحة الحيوانات، مثلًا: تقليل الكثافة.
- منع إصابات وأمراض.
- منحها إمكانية التعبير عن تصرفاتها بشكل طبيعي.

لا يشددون في جميع مزارع الحيوانات على معالجتها بشكل جيد. مع مرور الوقت، قد تحدث مشاكل مختلفة لحيوانات المزرعة، مثل:

- الحلب المكثف للبقرات يزيد من تكرارية الإلتهابات في الحلمة.
- تسمين الطيور للحوم والإزدياد السريع في الوزن، يرافقهما تطور مشاكل في أرجل الطيور، وهذا قد يسبب لها الآلام.
- وضع البيض يوميًا يرافقه إصابة في الأعضاء التناسلية للإناث التي تضع البيض، وظواهر مثل النقص في الكالسيوم.

سؤال ح - 4

في معظم مزارع الحيوانات، ينمون حيوانات في ظروف تختلف بشكل كبير جدًا عن الظروف الطبيعية، كي يحققوا أقصى الإنتاج. ما هما القيمتان المتضاربتان هنا؟ اشرحوا.

ح2. تدخُّل المزارعون في عمليات تكاثر النباتات

ح1.2 تكاثر غير تزاوجي (خضري) عند النباتات

جميع الطرق التي تُستعمل في الزراعة والبساتين **للتكاثر غير التزاوجي (خضري)** للنباتات تعتمد على قدرة النبات على التجدد ونمو أعضاء جديدة من أقسام النبات المختلفة، مثل: الجذور، السيقان، الأوراق والأزهار. تنبع هذه القدرة من صفتين في النبات:

- في أطراف الغصون توجد **قمم نمو** فيها **مريستيمات** تتطور منها غصون جديدة تحمل أوراقًا، أزهارًا وثمارًا.
- تود للنبات القدرة على التجدد، عندما نفصل عضوًا عن النبات أو نجرحه، يمكن أن تتطور من الخلايا البالغة، في مكان الإنفصال أو الجرح، نسيج خلايا غير متمايزة - **كالوس**. نؤدي في منبت الأنسجة بشكل اصطناعي إلى إنتاج نسيج كالوس، حيث تتطور وتتمايز منه أعضاء جديدة، مثل: الجذور والسيقان.

الأفضلية الأساسية بالتكاثر غير التزاوجي في الزراعة هي الصفات المتماثلة للأفراد التي تُتيح حفاظ على الصفات الوراثية المرغوبة للمزارعين بشكل كامل ونثلها من جيل إلى آخر. مثال على ذلك، يُكثر المزارعون أصناف العنب بتكاثر غير تزاوجي خلال مئات السنين، وهكذا يحافظون على صفات العنب الذي يُنتجون منه نبيذًا جودته عالية. حسب التفصيل في جدول ح-2 (صفحة 158)، نلاحظ أن كل عضو في النبات يمكن أن يُستعمل كمصدر لنبات جديد. وأيضًا الخلايا التي تمايزت يمكن أن تنقسم وتتمايز إلى أنسجة وأعضاء. ومع ذلك، إمكانية استخدام عضو معين للتكاثر متعلق بنوع النبات. من الخبرة المتعددة السنوات للمزارعين، الباحثين والبستانيون، تراكمت معرفة كثيرة حول الطريقة المناسبة لتكاثر كل نبات.

فسائل

الفسيلة هي قطعة غصن أو ورقة أُخذت من نبتة الأُم وغُرست في وسط تنمية. في ظروف مناسبة تنمو جذور من الفسيلة ويتطو إلى نبات كامل يحمل أزهارًا وثمارًا. الفسيلة مماثلة من ناحية وراثية للنبات الذي أخذ منه وهذه أفضلية للمزارع. ليس كل نوع نبات يمكن إكثاره بزاسطة الفسائل.

من خلايا قاعدة الفسيلة، تتطور جذور (الرسمة ح-1) تستوعب ماء وأملاح معدنية من التربة، ومن **قمم النمو** في أطراف الغصون ومن البراعم في السليميات تتطور غصون وأوراق.

الرسمة ح -1: فسيلة ال **פוטוס** نمَّت منها جذورًا في الماء

في معظم الحالات، مصدر الفسيلة من قطعة غصن، لكن يوجد أنواع نباتات مثل ال ***הסיגלית האפריקנית*** التي يمكن أن نُنْتِج منها نبات جديد كامل من ورقة واحدة! نقطف ورقة ونغرسها في وسط تنمية، من خلايا قاعدة الورقة تتطور جميع أقسام النبات الجديد: جذور وساق يحمل أوراقًا وأزهارًا (الرسمة ح -2).

الرسمة ح-2: إكثار **סיגלית אפריקאית** بواسطة فسيلة من ورقة
من اليمين إلى اليسار: نبتة **סיגלית אפריקאית**، إنتاج الجذورمن فسيلة ورقة في الماء، فسيلة ورقة مغروسة في وسط تنمية.

يتأثر تطور الفسيلة من عوامل خاصة للفسيلة ذاتها - **عوامل داخلية** مثل كبر الفسيلة، عُمرها والهورمونات النباتية الموجودة فيها، **وعوامل خارجية**، مثل: الموسمية، نوع وسط التنمية وإضافة هورمونات. عرضنا العوامل وتأثيرها في جدول ح -**1**. مع ذلك، مفهوم ضمنًا أن جميع العوامل الخارجية التي تؤثر على تطور النبتة، مثل: الضوء، درجة الحرارة، الأملاح المعدنية والماء، تؤثر جميعها على تطور الفسيلة أيضًا.

جدول ح -1: عوامل خاصة للفسائل التي تؤثر على تطورها

	العامل	الشرح
عوامل داخلية	كبر الفسيلة	من الأفضل اختيار فسيلة تشتمل، على الأقل، قاعدة ورقة واحدة في أبطها بُرعم.غالبًا نقص الأوراق إلى نِصفين، كي نقلل من فقدان الماء.
	عُمرُ الفسيلة	من الأفضل أن نأخذ فسيلة من نبتة حديثة السن أو من غصن حديث السن. أحد الأسباب لذلك أن تركيز الهورمونات فيها عالي.
عوامل خارجية	هورمونات النمو (التي يضيفها المزارع)	في مراحل مختلفة لتطور الفسيلة، يمكن إضافة أوكسين لتحفيز إنتاج الجذور والسيتوكنين لتحفيز تطور الغصون.
	فصل السنة (الموسمية)	في الأشجار التي تتساقط أوراقها في الشتاء، من الأفضل أن نأخذ فسائل في نهاية فترة الشتاء مع قدوم التوريق الذي يرتفع فيه تركيز الهورمونات.
	نوع وسط النمو	من المهم أن نغرس الفسيلة في وسط نمو فيه تهوية ورطب يحتوي أملاح معدنية.

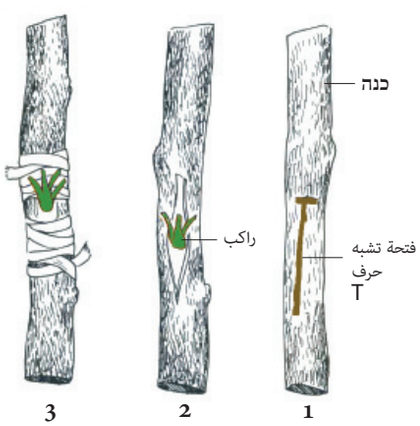
التركيب

التركيب هي طريقة تكاثر شائعة في تنمية الورد، أشجار الفاكهة والعنب، واليوم في النباتات الحولية أيضًا مثل البطيخ. يُستعمل التركيب لتكاثر أفراد ذات صفات مرغوبة للمزارعين. الطريقة معروفة ومستعملة منذ آلاف السنين ومصدرها على ما يبدو من الصين.

نُنْتِج في التركيب نبات جديد، من ناحية واحدة له صفات مرغوبة، ثمرة كبيرة، جميلة وعصيرية، ومن ناحية ثانية لديه القدرة على الصمود أمام أمراض في التربة، ويُتيح له نظام جذوره النمو جيدًا أيضًا في التربة التي يحمل فيها النبات الثمار أو الأزهار غير مناسب للنمو فيها.

تفاح بَعد التركيب

في عملية التركيب، نربط قطعة من نبتة واحدة - فسيلة، على نبتة أخرى قريبة لها من ناحية وراثية. القسم المتجذر في التربة نسمِّيه כַּנָּה والقسم المركّب نسميه **"راكب"**. القطعة التي تُستعمل راكب لها رأس نمو أو برعم جانبي تتطور منه غصون جديدة. في عملية التركيب يَنْتُج تواصل وطيد بين أنسجة الراكب وال הכנה بما في ذلك نسيج **الكامبيوم** الذي تتطور منه أنسجة نقل النبات. في أعقاب التركيب، يتحد نسيجيْ ال הכנה والراكب، وتعمل النبتتين فيما بَعد طيلة حياتها كنبتة واحدة. يوجد عدة طرق لتنفيذ التركيب، لكن في جميع المبدأ نفسه. تصف الرسمة ح -3 مراحل التركيب.



الرسمة ح -3: مراحل التركيب

1. تحضير فتحة على شكل T بواسطة قطع القشرة حتى منطقة الكامبيوم.
2. إدخال الراكب تحت طرف مكان القطع.
3. ربط وشد التركيب بشريط حتى يتحد كامبيوم ال הכנה والراكب.

التركيب في الحمضيات:
כנה وَ 3 راكبون

كلما كان القرب الوراثي بين ال **הכנה** والراكب كبيرًا، فإن احتما نجاح التركيب يكون كبيرًا. على الأغلب ننفِّذ التركيب بين أصناف من نفس النوع، لكن أحيانًا يمكن أن نركِّب أنواعًا مختلفة لكنها قريبة (تنتمي إلى نفس النوع).

مصطلحات

الصنف

الصنف الذي نسمِّيه نوع ثانوي أيضًا (sub-species)، هو وحدة تصنيف في عالَم الطبيعة. هو يعرِّف عشيرة أفراد تنتمي لنوع معين (species) ويختلف بمميز معين عن عشيرة أخرى لأفراد من نفس النوع. مثال: **הכלניות הלבנות והאדומות** هي أصناف مختلفة لل ***כלנית מצויה***. أصناف كثيرة هي نواتج رعاية نفَّذها الإنسان بعملية الإنتخاب الإصطناعي.

يوجد للتركيب عدة حسنات مهمة للمزارع:

1. يُتيح تنمية أصناف أشجار وعنب تحمل ثمار محسَّنة أيضًا في تربة غير مناسبة لهذه الأصناف (التي تحمل الثمار المحسَّنة).
2. يُتيح زيادة الثمار بواسطة استعمال **בכנות** لها قدرة على الصمود أمام أمراض وآفات زراعية.
3. في كروم الفاكهة، يُتيح تغيير صنف معين للثمار بصنف ناجح أكثر، من خلال تقصير المدة الزمنية حتى الحصول على ثمار (بالمقارنة للمدة الزمنية التي تمر حتى الحصول على ثمار من غرس جديد لأشجار حديثة السن.)
4. يُتيح إنتاج تراكيب نباتات لأهداف الزينة، مثلاً: تركيب أنواع صبار مختلفة على بعضها.

صبار مركَّب

חוטרים

חוטר هو غصن جانبي يتطور بشكل طبيعي من قاعدة جذع نباتات معينة مثل النخيل والموز. لإكثار أشجار النخيل، تُستعمل عادةً ال **בחוטרים** (الرسمة ح -4): يُغلف ال **החוטר** بكيس نشارة خشب، وعندما تتطور فيه جذور، يمكن فصله عن نبتة الأم وغرسه في كرم جديد.

الرسمة ح -4: جذع نخيل مع חוטרים جاهزة للفصل

نبات الموز التي لا تتكاثر بطرية التكاثر التزاوجي بتاتًا، يُكثرونها عادةً بواسطة חוטרים، لكن اليوم شائعة طريقة التكاثر بواسطة مستنبت خلايا (ستتعلمون غنها في البند القادم)، وهو يحل تدريجيًّا مكان تكاثر نباتات الموز بواسطة ال חוטרים.

درنات وأبصال

النباتات التي لها أعضاء تخزين تحت سطح التربة، مثل: الدرنات والأبصال، يمكن إكثارها بواسطة هذه الأعضاء. معروفة لنا من المطبخ **درنات** البطاطا **وأبصال** بصل الحديقة.

بالطبع انتبهتم أن البطاطا الموجودة عدة أيام في البيت، في درجة حرارة الغرفة، تبدأ تنمو منها غصون وأوراق من مناطق معينة في الدرنة (الرسمة ح -5).

درنة البطاطا في الواقع هي ساق ثخين تحت سطح التربة وفيه **براعم تكاثر**. تُخزَّن في الدرنة مواد غذائية، والغصون التي تتطور من البراعم تستغل المواد الغذائية الموجودة في الدرنة وينمو نبات جديد.

في الزراعة تُدفن درنات البطاطا، في التربة، ومنها تتطور نباتات جديدة ودرنات كثيرة إضافية.

الرسمة ح -5: على اليمين - درنة بطاطا مع غصون جديدة تتطور من براعم التكاثر، **على اليسار** - نبتة بطاطا كاملة مع درنات كثيرة.

البصل هو ساق قصير وحوله أوراق ثخينة لحمية (الرسمة ح- **6**). يوجد في الساق براعم تجدد تتطور إلى أبصال صغيرة، ومن قاعدة الأبصال الصغيرة تخرج الجذور. نفصل الأبصال الصغيرة عن نبتة الأم ويمكن تنميتها كنباتات جديدة.

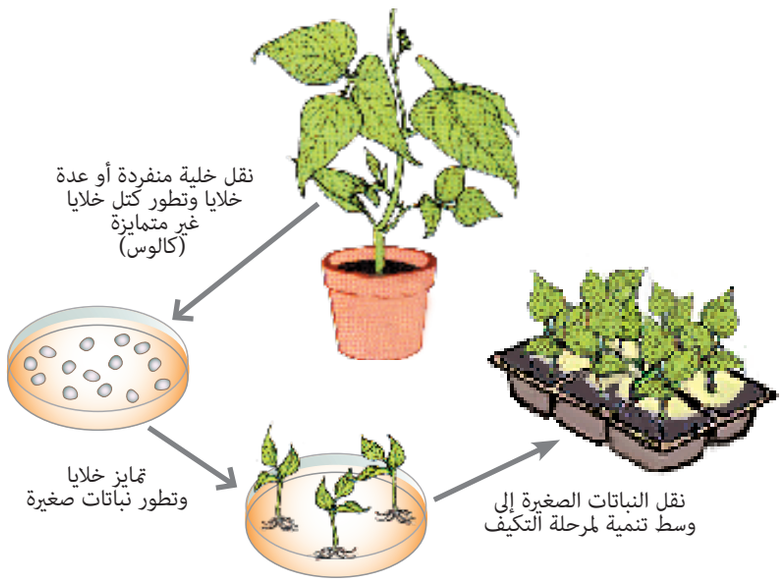
نُكثر نباتات ال *נרקיס, שושן, יקינתון* وغيرها بواسطة أبصال. عادةً، يتم جمع الأبصال الصغيرة وتُخزَّن في مكان جاف وبارد وهكذا تُحفظ للموسم القادم، لكي نتمكن من تنميتها في كل موسم نباتات جديدة وبيعها في أصص في حوانيت الأزهار.

الرسمة ح -6: من اليمين إلى اليسار - مقطع تخطيطي في البصل تصوير مقطع في البصل، أبصال صغيرة إلى جانب بصل بالغ (חבצלת)

مستنبت نسيج

ليس كل نبات يمكن إكثاره من فسائل، ليس كل نبات تنمو منه فسائل أو חוטרים، ليس كل نبات له أبصال أو درنات وليس كل نبات من السهل إكثاره من بذور. مع تطور العلم والتكنولوجيا، يزداد ويتوسع استعمال **مستنبت النسيج** للتكاثر غير التزاوجي.

مستنبت النسيج في الواقع هو שִׁיבּוּט نبات: نُنْتِج שָׁבָט نباتات متماثلة كثيرة من خلية واحدة أو من عدة خلايا. تعتمد الطرية على صفة تجدد النباتات التي تُتيح تطور نبات كامل من قطعة صغيرة من النسيج وحتى من خلايا منفردة.



الرسمة ح -7: التكاثر في مستنبت نسيج

تتم تنمية الخلايا وأقسام النبتة على وسط اصطناعي في مختبر فيه يمكن تنظيم العوامل الخارجية: شدة الضوء، درجة الحرارة والرطوبة. يحتوي وسط النسيج على جميع المواد المطلوبة لتطور النبات (مواد عضوية وغير عضوية) وأيضًا هورمونات **أوكسين وسيتوكينين.**

عندما يتطور نبات في مستنبت نسيج، نميِّز عدة مراحل (الرسمة ح - 7): في المرحلة الأولى يتطور **كالوس** - كتلة خلايا غير متمايزة. في المرحلة الثانية - مرحلة **التمايز** - يبدأ تطوير الأعضاء المختلفة: الجذور، السيقان والأوراق. يمكن توجيه تطور الأعضاء بواسطة إضافة هورمونات **أوكسين وسيتوكنين**. ينشِّط الأوكسين تطور الجذور، وينشِّط سيتوكنين تطور الغصون، لذا تُضاف إلى وسط النسيج في مراحل مختلفة من التطور. النبتة الناتجة الصغيرة نسمِّيها **نبتة صغيرة**. تُنقل النباتات الصغيرة من وسط النسيج إلى وسط التنمية وهناك تمر مرحلة **التكيف**. فقط بعد ذلك، تُنقل النبات الحديثة السن إلى مكان نموها الثبات في المشتل أو الكرم.

نبتة ***סחלב***

خلال سنوات كثيرة، تمَّ بحث الطرق المثلى لنمو النباتات في مستنبت نسيج، وفي معظم الحالات تُستعمل قمم النمو الموجودة في أطراف السيقان. ساهمت إمكانية إكثار ال ***סחלבים*** بواسطة مستنبت النسيج كثيرًا في توسيع تسويق ال ***הסחלבים*** التي من الصعب لإكثارها بطريقة طبيعية.

توجد عدة حسنات لطريقة تكاثر النباتات بواسطة مستنبت نسيج:

1. إنتاج عدد كبير جدًا من الأشتال في وقت قصير - في مختبرات تجارية، يمكن تنمية آلاف وحتى ملايين النباتات في سنة واحدة من قطعة واحدة.
2. إنتاج نباتات من دون أمراض - في النباتات معروفة أمراض تُسببها فيروسات، بكتيريا أو فطريات. عندما نُكثر نباتات بتكاثر خضري بإحدى الطرق آنفة الذكر، يمكن أن تنتقل إلى النباتات الجديدة. أما في مستنبت النسيج، فإننا نأخذ قطعة نبات من قمة نمو ، لم تمر بعملية التمايز وعلى الأغلب نظيفة من الفيروسات.

3. **توفير مساحات زراعية** - تتم تنمية النباتات في مستنبت نسيج بأدوات صغيرة، لذلك نحتاج مساحة صغيرة لتنميتها.
4. **توفير في رش المواد الكيميائية** - تتم مراحل النمو الأولى للنباتات في ظروف معقمة ولا توجد حاجة لرشها بالمواد الكيميائية.
5. **تنمية النبات خلال كل السنة** - بما أن المرحلة الأولى لنمو النبات تتم في المختبر أو الدفيئة في ظروف تخضع للمراقبة، يمكن تنميتها بشكل متواصل دون أي علاقة لفصول السنة، ويمكن ملاءمة موعد تسويق النباتات حديثة السن إلى مواسم فيها طلب كثير على النبات.

إلى جانب حسنات التكاثر بمستنبت النسيج، توجد سيئات أيضًا:

1. **التكلفة الباهظة** - التنمية في مستنبت النسيج تلزمنا أن نستثمر في إعداد طاقم متخصص، في الأجهزة والمختبرات، وفي فحوصات كثيرة للنباتات، كي نتأكد من أنها غير ملوثة بالبكتيريا أو بالفيروسات، وفي البحث المستمر لتطوير طرق خاصة لكل نوع.
2. **الطفرات بتكرارية عالية** - في النباتات التي تنمو في مستنبت نسيج، تَنْتُج طفرات بتكرارية عالية بالمقارنة مع نباتات تنمو بطرق تكاثر خضرية أخرى. لذا يجب فحص صفات النباتات التي تنمو في مستنبت النسيج بشكل متكرر.

يجب إنتاج كمية كميات كبيرة جدًا من الأشتال أو إنتاج أشتال نباتات مطلوبة وسعرها عالٍ في السوق، لكي تكون تنمية النباتات في المستنبت مربحة. ال הסחלב مثال لنبات مرموق لدى الناس وهم مستعدون أن يدفعوا مبلغًا عاليًا مقابله.

توجد في البلاد مختبرات تجارية تُنْتج بطرق مستنبت النسيج نباتات مختلفة للتسويق في البلاد أو للتصدير، مثل: التوت الأرضي، الموز، أشجار النخيل، *ציפורן* ونباتات الزينة (الرسمة ح-8).

الرسمة ح -8: أشتال موز تطورت بمستنبت نسيج

سؤال ح-5

يفصل الجدول ح- 2 أمثلة لمزروعات نباتات يتم إكثارها بطرق غير تزاوجية.

جدول ح -2: أعضاء تُستخدم في الزراعة للتكاثر غير التزاوجي للنباتات

العضو المستخدم للتكاثر	المزروعات التي نُكثرها من هذه الأعضاء
درنة	بطاطا، כלנית
بصل	أزهار للزينة: פרזיה, נרקיס
חוטר	نخيل، موز
فسائل ساق	פלרגוניום، تين، במבוק
قطعة ساق/غصن يحمل برعمًا مركّب على כנה	أشجار ثمار متساقطة الأوراق (مشمش، تفاح)، أشجار حمضيات (برتقال، ليمون، جريبفروت)، عنب، بندورة، باذنجان.
ورقة أو قطعة ورقة	نباتات الزينة: סיגלית אפריקנית, פפרומיה
قطعة ورقة تنمو في مستنبت نسيج	موز، أشجار نخيل، توت أرضي، نباتات زينة، ציפורן

للمزيد عن
تكاثر غير تزاوجي في النباتات، *في الفصل السادس، صفحات 113-111.*

أ. تمعَّنوا في الجدول واذكروا أي أعضاء نبات غير مناسبة للتكاثر غير التزاوجي؟ اقترحوا سببًا لذلك؟

ب. صنفوا الأمثلة التي وردت في الجدول إلى مجموعتين: في المجموعة الأولى - أشكال تكاثر موجودة في الطبيعة. في المجموعة الثانية - أشكال تكاثر ينفذها الإنسان فقط.

ح2.2 تدخُّل المزارعون في دورة الحياة والتكاثر التزاوجي في النباتات

ناتج التكاثر التزاوجي في النباتات هو **البذور** التي يتطور منها الجيل الجديد. يتدخل المزارعون في عمليات مختلفة في جميع مراحل دورة حياة النبات، ابتداءً بالبذرة وإنباتها، عبر النمو والإزهار إلى إنتاج الثمار والبذور ونضوجها.

تخزين البذور

البذور هي جيل المستقبل لمحاصيل المزارع، ومن المهم الحفاظ عليها لمدة زمنية طويلة، وضمان إنباتها في موعد مناسب. تختلف المدة الزمنية للحفاظ على حيوية البذور من نوع واحد إلى نوع آخر، وهي تُحدد بواسطة عوامل داخلية - وراثية وبواسطة عوامل خارجية - للبيئة المحيطة.

في أي ظروف بيئة محيطة من الأفضل الحفاظ على البذور لمدة زمنية طويلة؟

يجب أن تخضع ظروف تخزين البذور إلى المراقبة، كي نحافظ على **حيوية البذور**، وهذا يعني قدرتها على الإنبات في المستقبل، وكي نمنع إنبات مبكر للبذور. بالأساس، الظروف التي نخزِّن فيها البذور لمدة زمنية طويلة، يجب أن تقلل وتيرة العمليات الأيضية (تبادل المواد) في البذرة بشكل كبير جدًا، لكن دون أن نؤذي الجنين.

بالإضافة للحفاظ على شروط بيئة محيطة تثبط أو تمنع الإنبات، يجب حماية البذور من تطور البكتيريا والفطريات ومن الحيوانات التي تشكل البذور بالنسبة لها غذاءً جيدًا. قد تدخل العصافير والقوارض إلى المخازن، والحشرات مثل: ال חיפושיות ופרפרי עש قد تصل أحيانًا مع البذور مباشرةً من الحقل إلى المخزن.

سؤال ح -6

سُجِّل على أكياس غذاء تحتوي على بذور البقوليات أنه من الأفضل حفظها في مكان "مظلم، جاف وبارد. ما هو الأساس البيولوجي لهذه التوصية؟

كسر السبت في البذور وتنشيط الإنبات

رأينا في الفصل السادس أن هناك بذور لا تنبت في ظروف بيئة محيطة مريحة أيضًا، لأنها موجودة في حالة سبات يثبط الإنبات لمدة زمنية معينة. تُتيح آليات السبات، في الطبيعة، توزيه الإنبات في الوقت، وتوجد لذلك أفضلية في ظروف بيئة محيطة صعبة. لكن المزارعون معنيون في إنبات بذور في نفس الوقت وفي الموعد المريح لهم. لذا فهم يستغلون المعرفة التي تراكمت حول العوامل التي تؤدي إلى السبات. فيما يلي عدة أمثلة للعوامل التي تؤدي إلى سبات وللعلاج الذي يتم لكسر وتنشيط الإنبات.

1. **قشرة قاسية وغير نفاذة للماء أو الغاز:** يُتيح احتكاك قشرة البذرة بواسطة ورقة زجاجية في خلاط خاص إلى دخول الماء والأكسجين إلى البذور، وينشِّط خروجها من حالة السبات. هناك طرق إضافية لإزالة حاجز القشرة القاسية - معالجة كيميائية بمساعدة حامض أو قاعدة (مثلًا: بذور الزيتون) أو تليين البذور بواسطة غمرها بالماء.
2. **مواد تثبط الإنبات في البذور:**
   - الشطف بالماء - في معظم الحالات، شطف البذور في الماء يُبعد المواد المثبطة ويُبطل تأثيرها. في عدة نباتات صحراوية، وُجدت مواد تثبط الإنبات بكمية كبيرة وفقط شطفها بماء كثير مثل المطر القوي في الصحراء، يتم إبعادها.
   - البقاء في البرد في ظروف رطوبة - يوجد بذور، مثلًا: *שיפון חורפי*، تحتاج إلى برد في ظروف رطوبة لهدم المواد التي تثبط الإنبات. تُوضع هذه البذور في غرف تبريد في درجة حرارة 5°C لعدة شهور.
   - معالجة هورمونالية - في حالات معينة، السبات الذي يحدث بسبب المواد المثبطة، يمكن إبطاله بواسطة إضافة **جيبرلين** أيضًا (جدول ح -4، صفحة 138).
3. **درجة تطور الجنين:** يوجد بذور في سبات، لأن تطور الجنين فيها لم يكتمل. تعرض البذور إلى درجة حرارة عالية، مثل: بذور النخيل وال *סחלב* يؤدي إلى أكمال تطور الجنين والخروج من حالة سبات. تُشير الأبحاث أنه يمكن استبدال التعرض لدرجة حرارة عالية بمعالجة بالهورمون **جيبريلين**.
4. **التعرض للضوء:** في البذور التي تحتاج إلى ضوء للإنبات، يستطيع المزارع تنشيط الإنبات بواسطة تعرض البذور للضوء بطريقة إصطناعية. مثلًا: يمكن تحفيز إنبات بذور الدخان والخس بواسطة تعريضها للضوء لعدة ثواني. في بذور أخرى، هناك حاجة لمدة إضاءة أطول. يوجد نباتات تحتاج إلى توقيت ضوئي (دورية ساعات الضوء والظلام) معين فيه نهار قصير أو طويل. عندما تستجيب البذور للضوء، تشترك صبغة **الفيتوكروم** الذي تعرفنا عليه في الفصل السادس في سياق تأثيره على الإزهار والإنبات.
5. **تهوية التربة:** إنَّ رفع تركيز الأكسجين في البيئة المحيطة للبذور يؤدي في حالات كثيرة إلى تنشيط الإنبات. أُعدَّت معالجة التربة في الحقول الزراعية إلى تهوية التربة أيضًا، ولإتاحة تبادل غازات ناجع بين وسط الإنبات والجنين في البذرة. تبادل الغازات الناجع مطلوب لاستخراج الطاقة **بالتنفس الخلوي**، ولكي يُتيح إنبات سريع أكثر بالمقارنة مع تربة دون تهوية.

أرض معالجة

جدير بالمعرفة

أعشاب برية ونباتات زراعية

الأعشاب البرية الكثيرة التي تنمو في حقول زراعية، تنبت جيدًا أيضًا في تربة من دون تهوية وفيها تراكيز عالية لثاني أكسيد الكربون. تُتيح هذه الصفة لها أن تتنافس بنجاح مع مزروعات زراعية.

في قسم من البذور، يحدث السبات نتيجة لأحد الأسباب آنفة الذكر، وفي بذور أخرى لعدة أسباب، ووفقًا لذلك تتم المعالجة المناسبة لإخراج البذور من السبات. في بذور النخيل، على سبيل المثال، لإخراجها من السبات، يمكن استعمال جبريلين، كما يجب معالجة القشرة القاسية بالاحتكاك، كي يُتاح للهورمون الدخول إلى البذرة.

جدير بالمعرفة

إنبات أقدم بذرة وُجِدت في العالَم

في سنة **1963** وُجِدَت في الحفريات الأثرية في ميتسادا عدة بذور لشجرة النخيل. حسب الأبحاث التي أُجريت، قُدِّرَ عُمرها حوالي **2,000** سنة. في سنة **2005** قرروا ن يزعوا خمس بذور من البذور التي وُجِدَت في كيبوتس قاطورة في النقب. نُقعت البذور في مياه ساخنة، غُمست في الجبريلين وفي هورمون مسؤول عن إخراج البذور، وزُرعت في أصص أضيف لها سماد كيماوي. نُقلا الأصص إلى غرفة معزولة ورُبطت بجهاز الري. بعد مرور سبعة أسابيع، نبتت بذرة واحدة منها.

اندهش الباحثون من مشاهدة إنبات وتطور أحد البذور إلى شجرة نخيل. وقد سُمِّيت الشجرة "متوشلاح" على اسم متوشلاح المذكور في التوارة والذي عاش حوالي **1,000** سنة (وما زال أصغر من بذرة النخيل). هل الشجرة "متوشلاح" ذكر أم أنثى؟ سيعرف الباحثون ذلك، عندما تُزهر الشجرة وأنتم تعلَّمتم في السابق لماذا.

متوشلاح

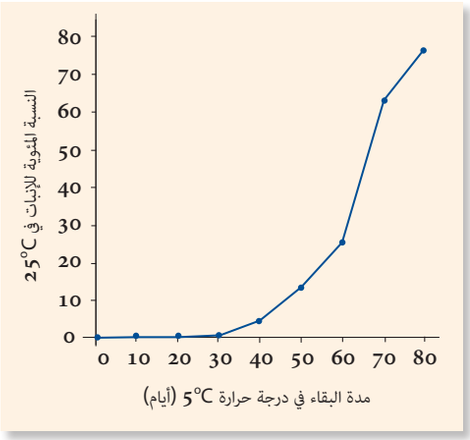
سؤال ح - 7

تعرض الرسمة ح-9 نتائج التجربة التي خُزِّنت فيها بذور البطاطا في درجة حرارة 5°C خلال عدد مختلف من الأيام. بعد ذلك، تمَّ إنباتها في درجة حرارة 25°C وحسبوا النسبة المئوية للإنبات.

أ. ما هو المتغيِّر غير المتعلق في التجربة؟

ب. ما هو عدد الأيام الأدنى المطلوب لإبقاء البذور في درجة حرارة 5°C ، كي تنبت البذور؟

ت. تناقش بيولوجي ومزارعة في السؤال الآتي: كم من الوقت من الأفضل الحفاظ على البذور في درجة حرارة 5°C. ادعى البيولوجي أن المدة الزمنية المطلوبة على الأقل 80 يومًا، أما المزارعة فقد ادعت أنه يكفي 65 يومًا. ماذا كانت اعتبارات كل واحد منهما، التي أدت إستنتاج مختلف؟



الرسمة ح -9: تأثير مدة البقاء في البرد (5°C) على النسبة المئوية للإنبات

توجيه موعد الإزهار

تغيير عدد ساعات الضوء خلال اليوم

تؤثر دورية ساعات الضوء والظلام - التوقيت الضوئي - على موعد الإزهار في النباتات. كل عام، يقصر ويطول النهار في دورية ثابتة. المعرفة عن **التوقيت الضوئي**، واستجابة النبات للتغييرات في عدد ساعات الضوء والظلام تساعد المزارعين في توجيه موعد الإزهار حسب احتياجات السوق، مثلًا: قبل الأعياد عندما يكون طلب كبير على الأزهار. في الدفيئات يغيِّر المزارعون عدد ساعات الإضاءة بواسطة إضاءة اصطناعية، وهكذا يستطيعون تسويق أزهارًا، مثل: ال ***ציפורנים וכריזנטמות*** في كل فصول السنة دون علاقة لطول النهار الطبيعي.

للمزيد عن

التوقيت الضوئي في النبات، انظروا الفصل السادس، صفحة 116. في الحيوانات، الفصل الخامس صفحة 147.

سؤال ح -8

הליזיאנטוס نبات يُزهر في فصل الصيف. في أوروبا يوجد طلب لأزهار ***הליזיאנטוס*** خلال كل السنة.

كيف، حسب رأيكم، يمكن تغيير موعد الإزهار الطبيعي لل ***הליזיאנטוס***، بحيث تُزهر كل السنة ويمكن تسويقها في الشتاء أيضًا؟

ليزيانطوس

تأثير درجة الحرارة على الإزهار

رأينا في الفصل السادس أن هناك نباتات يتأثر إزهارها من درجة الحرارة. يوجد نباتات بحاجة إلى **وجبة برد** - تسلسل عدد أيام أدنى (صغير جدًا) في درجة حرارة منخفضة، وهي تُزهر فقط بعد أن تتعرض لوجبة البرد المناسبة.

يستغل المزارع هذه المعرفة عندما يريد اختيار المزروعات وفقًا لمجال درجات الحرارة في المنطقة التي تتواجد فيها مزرعته. تحتاج أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق، مثل: التفاح والخوخ إلى تسلسل عدة أيام في درجة حرارة منخفضة (5°C حتى 15°C)، وهي تُزهر فقط بعد أن تعرضت إلى هذه الوجبة من البرد. لكن الكرز بحاجة إلى فترة مستمرة من درجة الحرارة المنخفضة (2°C حتى 5°C) وهو لا يُزهر في معظم أقسام البلاد. لذا تتم تنمية الكرز في مناطق يتراوح ارتفاعها من 800-1,000 متر فوق سطح البحر وتسودها درجات حرارة منخفضة خلال أيام كثيرة بشكل متسلسل، مثل: هضبة الجولان، جبال الخليل، منطقة القدس والجليل الأعلى.

تكبير نسبة التلقيح

تَنْتُج الثمار والبذور التي في داخلها في أعقاب **التلقيح** الذي يتم بواسطة الرياح أو الحشرات والعصافير. لتحسين احتمال التلقيح، يستطيع المزارع أن يضع خلايا نحل في الكرم أو ينفِّذ **تلقيح اصطناعي**: ينشر لقاح بالقرب من الأزهار بشكل يدوي. هكذا يتم، على سبيل المصال، في كروم النخيل: فقط عدد قليل من أشجار الكرم تحمل أزهارًا ذكرية، ولتحسين احتمال التلقيح، ينشر المزارع لقاح بشكل موجَّه إلى جانب الأزهر الموجودة على الأشجار الأنثوية.

سؤال ح - 9

تُعتبر دولة سيريلنكا في جنوب آسيا من الدول الرائدة في العالَم في تصدير القهوة. في السنوات العشر الأخيرة، انخفض فيها محصول القهوة بشكل كبير جدًا. حاول المزارعون في سيريلنكا أيقاف انخفاض محصول القهوة بعدة طرق: غُرست جنبات (شجيرات) القهوة بكثافة عالية، وُسعت مساحات كروم القهوة على حساب الغابات من حولها ورشوا، في كثير من الأحيان، الكروم بمواد رش ضد الآفات الزراعية. لم تَساعد جميع هذه العمليات على حل المشكلة.

أ. اختاروا طريقتين من الطرق التي استعملها المزارعون واقترحوا شرحًا لفشل كل منها.

في البحث الذي أُجري لفحص الظاهرة، تمَّ فحص كرميْ قهوة متجاورين، بينهما وُضعت خلايا نحل للعسل. في الكرم أ غُطيت الجنبات (الشجيرات) بشبكة، أما الجنبات في الكرم ب لم تُغطى. بعد جني الثمار، اتضح أن جنبات القهوة في الكرم ب أثمرت أكثر من الجنبات في الكرم أ.

ب. ما هو الإستنتاج من التجربة؟

ت. على ضوء نتائج التجربة: ما هو الشرح لفشل العمليات الأولى التي نفَّذها المزارعون؟

ث. كيف يمكن شرح الحقيقة أنه في الكرم أ نَتَجت ثمار أيضًا؟

توجيه تطور الثمرة ونضوجها

كما ذكرنا سابقًا، بداية تكوين الثمرة نسمِّيها **عقد الثمرة** وهي مرحلة حساسة جدًا في تطور الثمرة. لا تتطور جميع الأزهار إلى ثمرة، ويتساقط قسم منها قبل عقد الثمرة. في الظروف المثلى أيضًا لا تصل النسبة المئوية لعقد الثمار إلى 100% بل إلى عدة عشرات بالمئة على الأكثر. مع تطور الثمرة، تصل خلايها مواد غذائية كثيرة نَتَجت في الأوراق خلال عملية التركيب الضوئي وتكبر الثمرة.

عقد ثمرة المشمش

وُجد أن ارتفاع مستوى منظِّمات النمو **أوكسين وجبريلين** توجِّه تدفق المواد المغذية إلى الثمرة. يتم تحديد كبر الثمرة بواسطة معطيات وراثية، لكنه يتأثر أيضًا من عوامل البيئة المحيطة. مثلًا: يؤثر توافر المياه - مطر أو ري - على كبرها، وزنها وتركيز السكر في الثمار العصيرية.

النسبة المئوية لعقد الثمار العالي غير مرغوب بالضرورة للمزارعين، لأنه في هذه الحالة تَنْتُج ثمار كثيرة وصغيرة والطلب عليها يكون قليل. لذا المزارعون معنيون في تقليل عدد الثمار والحصول على ثمار كبيرة. فهم ينفِّذون ذلك بطريقتين:

1. **تفريد** الثمار المعقودة (تقليل عددها) بشكل يدوي أو بواسطة رشها بأوكسين اصطناعي.
2. تحفيز نمو الثمرة بواسطة الرش بالجبريلين.

نافذة البحث

في التجربة التي أُجريت في البلاد، تمَّ تفريد (تقليل عدد) عقد ثمار وثمار في أشجار التفاح. نُفِّذ التفريد بعدة مواعيد، ابتداءً من ذروة الإزهار (موعد 1) وحتى 60 يومًا بعد ذروة الإزهار (موعد 5). في هذه المواعيد نُفِّذ التفريد بمستويين: تفريد بمستوى عالٍ، حيث بقيت فيه 200 ثمرة على الشجرة، وتفريد بمستوى منخفض، حيث بقيت فيه 400 ثمرة على الشجرة. في قِطع الأراضي الضابطة، لم يُنفَّذ تفريد بتاتًا.

فيما يلي مكتشفان من التجربة:

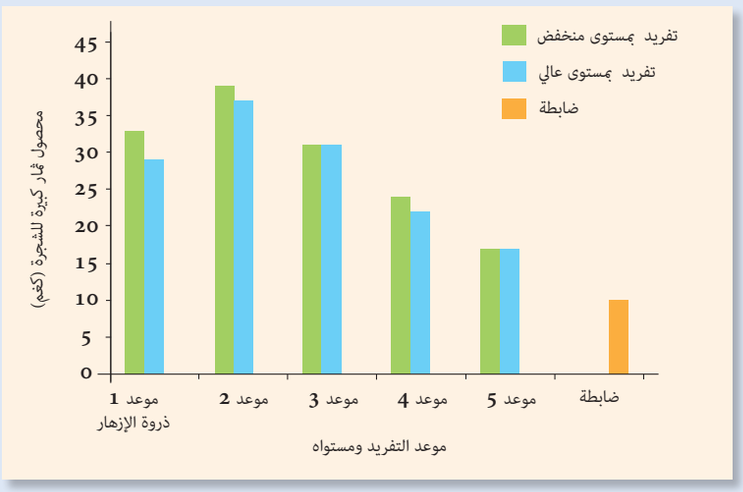
- مُكتشَف 1: محصول كل الثمار في كل الأحجام كان عاليًا في قطع الأراضي الضابطة التي لم يُنفَّذ فيها التفريد: حوالي 140 كغم بالمقارنة مع 30-80 كغم في قِطع أراضي التجربة.
- مُكتشَف 2: محصول الثمار الكبيرة - أكثر من 7 سم - في قِطع أراضي التجربة وفي قِطع الأراضي الضابطة معروض في الرسمة ح - 10.

أ. ماذا كان سؤالي البحث؟

ب. ماذا كانت المَتغيِّرات غير المتعلقة في التجربة؟

ت. ماذا يمكن الإستنتاج من النتائج المعروضة في الرسمة ح - 10؟ اشرحوا.

ث. اقترحوا شرحًا ممكنًا للكمية القليلة للثمار الكبيرة في قطعة الأرض الضابطة.



الرسمة ح -10: محصول الثمار الكبيرة في تجربة التفريد
موعد 1: ذروة الإزهار، موعد 5: 60 يومًا بعد ذروة الإزهار

في عملية **نضوج** الثمرة يتغيَّر لونها، مذاقها، رائحتها ومدى قساوتها. خلال النضوج، يتحلل الكلوروفيل، تبرز مواد صبغية أخرى في الثمرة وتصبح لينة.

تتأثر وتيرة النضوج من الهورمون **إثلين**. اتضح أن الثمرة الناضجة تُفرز غاز الإثلين الذي يؤثر على نضوج ثمار أخرى في بيئته المحيطة. يستمر إفراز الإثلين في الثمار بوتيرة متزايدة بعد عملية القطف أيضًا.

يوجد ثمار تُقطف قبل نضوجها وهي تنضج بَعد القطف في عملية نسمِّيها **إنضاج**. أمثلة لثمار تمر في عملية الإنضاج: الأفوكادو، الأفرسمون والموز. يقطف المزارع الثمر قبل نضوجها ويخزِّنها في ظروف تثبط الإنضاج.

يصل الأفوكادو السوق عندما يكون غير ناضج، ولتنشيط إنضاجه نوصي بتغليفه ووضعه بالقرب من ثمار أخرى. بهذه الطريقة يرتفع تركيز الإثلين حول الثمرة وتُكمل الثمرة عملية الإنضاج خلال عدة أيام.
ثمار الحمضيات لا تستمر في النضوج بعد قطفها، لكن الإثلين يؤثر على تغيير لونها، لذا تُقطف ثمار الحمضيات عندما تكون خضراء، وبعد ذلك يتم تغيير لونها بواسطة كشفها للإثلين.

جدير بالمعرفة

قصة اكتشاف

اكتُشف تأثير الإثلين على نضوج الثمار بالصدفة في الصين القديمة، عندما انتبهوا على نضوج الثمار المبكر في الغرف التي أشعل فيها البخور. شُوهدت ظاهرة شبيهة في الولايات المتحدة في غرف أُشعلت فيها أفران النفط أو الغاز، لكن ليس في الغرف التي استُخدمت فيها أفران كهربائية. استنتجوا من ذلك أن الحرارة لا تؤدي إلى النضوج، بل الغاز المنبعث من الأفران - غاز الإثلين.

التأثير على النمو بواسطة التقليم

إحدى العمليات التي ينفِّذها الزارعون في الكرم، البستان وحديقة الزينة أيضًا هي **تقليم** الغصون.
تُنفَّذ عملية التقليم قبل التوريق والإزهار وتأثيرها ملحوظ مع تجدد النمو. يوجد للتقليم عدة أهداف:

1. تصميم شكل النبات، كي لا يتضرر من الرياح القوية ولكي نسهل معالجته وقطف ثماره.
2. إبعاد غصون جافة وهرمة وتحفيز تطور غصون جديدة في موسم النمو القادم، وفي أعقاب ذلك، تتأثر جودة المحصول وكميته.
3. التعرض الأمثل لغصون الشجرة للضوء.

ح3.2 تدخُّل المزارعون في مراحل مختلفة في دورة حياة النبات

يعرض الجدول ح -3 تلخيصًا للطرق المختلفة التي يؤثر فيها المزارعون على عمليات في دورة حياة النبات.
هدف العمليات التي ينفِّذها المزارعون هو زيادة كمية المحصول وتحسين جودته. لذلك تؤثر عملياتهم على تطور النباتات وتنميتها وعلى عمليات التكاثر التزاوجي.

جدول ح -3: تدخُّل المزارعون في دورة حياة النبات

المرحلة في دورة الحياة	العملية التي ينفِّذها المزارع	الهدف	أمثلة للتطبيق
البذرة (مرحلة قبل الإنبات والإنبات)	الحفاظ على البذور في شروط ظلام، درجة حرارة منخفضة وجافة، ومعقمة.	الحفاظ على حيوية البذور، منع إنبات البذور ومنع إصابتها بواسطة الآفات الزراعية.	بذور البقوليات، بذور النجيليات.
	احتكاك، تليين كيميائي أو سحق القشرة القاسية.	تنشيط الإنبات	زيتون
	شطف	إبعاد مثبطات (معيقات) الإنبات.	بابايا
	البقاء في البرد	تنشيط إنبات البذور التي تحتاج للبقاء في درجة حرارة منخفضة.	بذور أشجار ثمار متساقطة الأوراق، مثل: التفاح، الأجاص، الكرز، البرقوق.
	إضافة هورمونات (مثلًا: إيثلين).	تحفيز إنبات	الخس
	التعرض لشروط إضاءة مناسبة	تنشيط الإنبات لبذور تحتاج إلى ضوء أو ظلام	الخس، التبغ
مرحلة النمو	الري، التزبيل والتسميد	تحسين النمو	جميع المزروعات الزراعية
	تنظيم درجة الحرارة، شدة الضوء وتركيز CO_2	ازدياد عملية التركيب الضوئي وتحسين النمو	التنمية في الدفيئات
	معالجة بهورمونات مختلفة، مثل: الأوكسين والجبريلين.	إخراج جذور من الفسائل وتوجيه النمو.	فسائل
	تقليم	تأثير على تطور الغصون	أشجار الزينة، أشجار الفاكهة والعنب
مرحلة التكاثر	تغطية الكرم بشبكة	منع أضرار بواسطة العصافير والحشرات.	موز، اسكدنيا
	تنظيم درجة الحرارة وعدد ساعات الإضاءة	توجيه موعد الإزهار حيب احتياجات السوق	أزهار الزينة في الدفيئة
	تفريد (تقليل عدد) الأزهار والثمار يدويًا أو بواسطة هورمونات.	تقليل المنافسة بين الأزهار والثمار (مصدر ابتلاع).	أشجار الفاكهة
	إضافة خلايا نحل	ازدياد نسبة التلقيح وتوجيهها	حمضيات، أفوكادو
	تلقيح اصطناعي		نخيل
تخزين منتوجات المزرعة لمدة زمنية طويلة	تنظيم مستوى الإثلين والـ CO_2	توجيه مدة إنضاج الثمار	موز، أفوكادو، افرسمون
	تخزين في درجة حرارة منخفضة.	إبطاء عمليات طبيعية، مثل: الإزهار والنضوج، تثبيط الإنضاج.	أزهار للتصدير، تفاح، موز، بندورة.
	شطف، تعقيم وتغليف بالمشمع.	حماية الثمار من الفطريات والآفات الضارة.	حمضيات، فلفل
	تخزين في ظروف الظلام، درجة حرارة منخفضة، وجفاف	الحفاظ على بذور تُستعمل كغذاء من العفن.	عدس، قمح، כוסמת

المواضيع الأساسية في الفصل

- يتدخَّل المزارعون بطرق مختلفة في عمليات تكاثر الحيوانات والنباتات.

التدخُّل في تكاثر الحيوانات

- الإضاءة الإصطناعية تؤدي للدجاجات أن تضع بيضًا خلال كل السنة.
- يستطيع المزارعون توجيه موعد الشبق. أحيانًا يُنفِّذون تزامن لموعد الشبق في كل القطيع وأحيانًا يحثون الشبق كي يكون مبكرًا.
- يوجد عدة حسنات لتزامن دورات شبق البقرات في القطيع، من بينها: توفير التكاليف المتعلقة بعمل الشخص الذي يخصب البقرات، التوفير في تكاليف البذرة، الولادة، في نفس الوقت، التي تُتيح معالجة العجول في نفس الوقت، تزامن الولادة إلى موعد مريح لتنمية العجول وللتسويق المركز للعجول المعدَّة للحوم.
- حث الشبق في البقرات يُتيح ولادة في سن مبكر أكثر ويقصر الزمن بين ولادة واحدة والتي تليها.
- إحدى الطرق للحصول على أفراد مرغوبة/ محسّنة هي التخصيب (الزراعة) الإصطناعي.
- بعض الطرق التي يستعملها الإنسان للتدخُّل في تكاثر الحيوانات في المزرعة تُثير معارضة عند الهيئات التي تهتم في رفاهية الحيوان.

التدخُّل في تكاثر النباتات

- تعتمد جميع الطرق المُستعملة في الزراعة والبساتين للتكاثر غير التزاوجي (الخضري) على قدرة النباتات أن تُجدد جميع أقسام النبات.
- الأفضلية الأساسية للتكاثر الخضري للزراعة هي الحفاظ على الصفات المرغوبة للمزارعين بشكل كامل ونقلها من جيل إلى جيل.
- كستنبت النسيج هو **שיבוט** النبات: إنتاج **שְׁבָט** نباتات كثيرة متماثلة من خلية واحدة أو من عدة خلايا. تعتمد الطريقة على صفة التجدد الموجودة عند النباتات والتي تُتيح تطور نبات كامل من خلايا منفردة. لطريقة تكاثر النباتات بواسطة مستنبت نسيج يوجد عدة أفضليات مهمة، لكن توجد بعض السيئات أيضًا.
- يتدخَّل المزارعون في عمليات مختلفة في جميع مراحل دورة حياة النبات ومن ضمنها في جميع مراحل التكاثر التزاوجي: الإزهار، التلقيح، نضوج الثمار وتخزين البذور.

مصطلحات مهمة في الفصل

حيوانات

بلوغ جنسي	إضاءة اصطناعية	دورة الشبق
إباضة	تخصيب اصطناعي	موسم التكاثر
بيضة	وضع البيض	بروجسترون
جونادوتروبينات (هورمونات)	توجيه موعد الشبق عند الأبقار (تزامن)	
جُسَيم أصفر	حث الشبق	

نباتات

أوكسين	وجبة برد
طول النهار	وسط نمو
تخزين البذور	مريستيمات
إثلين	إنبات
بصل	براعم تكاثر
جيبرلين	موسم تكاثر
تقليم	التوقيت الضوئي
تفريد ثمار (تقليل عدها)	فيتوكروم
تلقيح اصطناعي	درنة
إضاءة اصطناعية	سيتوكنين
إنضاج	نبات صغير
نضوج	كالوس
تركيب	قمة النمو
تمايز	كامبيوم
بذرة	راكب
חוטרים	**שיבוט**
حيوية البذور	مرحلة التكيف
فسائل	مستنبت نسيج
כנה	سبات بذور

نظرة تلخيص على تكاثر النباتات والحيوانات

خ1. جوانب النشوء والارتقاء لعمليات التكاثر
خ2. هل أفراد قليلة أم كثيرة؟ إستراتيجيات التكاثر
خ3. مبادئ مشتركة في مستويات التنظيم

المواضيع الأساسية في الفصل
مصطلحات مهمة في الفصل

الفصل الثامن: نظرة تلخيص على تكاثر النباتات والحيوانات

تعرفنا في الفصول السابقة على تفاصيل تميِّز عمليات تكاثر الإنسان، الحيوان والنبات. نعرض في هذا الفصل نظرة علوية تلخيصية على عمليات التكاثر في الطبيعة من خلال التركيز على **النشوء والارتقاء** لعمليات التكاثر، على تكاثر عشائر ومبادئ مشتركة لعمليات التكاثر في مستويات التظيم ابتداءً من الخلية إلى النظام البيئي.

خ1. جوانب النشوء والارتقاء لعمليات التكاثر

جميع مميزات أجهزة التكاثر، الخلايا التناسلية وعمليات الإخصاب تدعم الفرضية التي تعتمد على دلائل كثيرة أن بداية الحياة كانت في الماء وهناك كانت الكائنات الحية محمية من التأثير الضار للأشعة فوق بنفسجية (أشعة UV) للشمس. في معظم الكائنات الحية، في البحر واليابسة أيضًا، عدد الخلايا التناسلية أكبر بكثير من عدد الأفراد. قد تكون هذه الحقيقة دلالة مهمة إلى أنه في الماضي البعيد تطورت وعاشت جميع الكائنات الحية في الماء، وقد تمَّت جميع عمليات التكاثر في الماء. كانت تُطلق الخلايا التناسلية إلى الماء والإلتقاء بينها كان عشوائيًّا بشكل كبير جدًا. يضمن هذا العدد الهائل أن يكون التقاء بين الخلايا المنوية وخلايا البويضات من نفس النوع البيولوجي، على الرغم من أن احتمال التقاءها قليل. عند الكائنات الحية التي تعيش في الماء، ومن ضمنها الأسماك والطحالب، هذا هو الوضع اليوم أيضًا.

مع مرور الوقت تطورت أنواع تعيش في اليابسة. تطورت إمكانية الحياة على اليابسة بعد أن نتجت، في الغلاف الجوي، طبقة الأوزون التي تقلل بشكل كبير جدًا الأشعة فوق البنفسجية الضارة والتي تصل إلى سطح الكرة الأرضية. تثبيت أنواع الكائنات الحية على اليابسة كان يرافقه تطور **الإخصاب الداخلي** وظهور تنوع وسائل الحماية على الخلايا التناسلية من الجفاف، حيث تُتيح لهم الإلتقاء في بيئة محيطة مائية أو رطبة محمية من الجفاف. حسب الفرضية المقبولة، تغييرات النشوء ةالإرتقاء التي حدثت منذ ذلك الحين، شملت فيما بينها تطور أعضاء خاصة، **أعضاء التزاوج**، لنقل الخلايا المنوية إلى داخل جسم الأنثى عبر **فتحات جنس خارجية**، ولإلتقاء خلية منوية مع الخلية التناسلية الأنثوية في بيئة محيطة محمية من الجفاف. في أعقاب هذه التغييرات، انخفضت بشكل ملحوظ أهمية العدد الهائل للخلايا التناسلية، بالأساس عند الأنثى. مع ذلك أيضًا، في الإخصاب الداخلي عدد الخلايا المنوية هائل والنسبة المئوية للخلايا المنوية التي تصل خلية البويضة هي صفر! في النباتات أيضًا، تطورت مباني تُتيح حدوث إخصاب داخلي في ظروف اليابسة، مباني، مثل: **حبيبات اللقاح والبويضات.**
هناك تطور إضافي متعلق بالحياة على اليابسة وهو الوسائل المختلفة لحماية الأجنة ولتزويد احتياجاتها خلال التطور الجنيني (جدول ب -1، صفحة **28**). في البيئة المحيطة المائية، تتطور الأجنة داخل بيضة ذات قشرة لينة، ويتم تبادل الغازات وإفراز الفضلات بطريقة الديفوزيا (الانتشار). أما في البيئة المحيطة على اليابسة، تضع الزواحف والطيور بيوضًا تُتيح للجنين داخل البيئة المحيطة في البيضة أن يقوم بجميع عملياته الحياتية، من ضمنها التنفس الخلوي وإفراز الفضلات. البيوض تحمي الجنين من الإصابات أيضًا.

في الثدييات، يتطور الجنين داخل بيئة محيطة مائية في رحم الأُم، وهناك يكون محميًا وتُزوَّد جميع احتياجاته. تُتيح هذه الوسائل لأجنة الزواحف، الطيور والثدييات التي تعيش على اليابسة أن تتطور في بيئة مائية محمية مثل تطور أجنة الأسماك والكائنات الحية الأخرى التي تعيش في الماء.

التكاثر التزاوجي للنباتات عديمة البذور (طحالب، أشنات وسرخسيات - لم نتعمق بها في هذا الكتاب) متعلق بشكل مُطلق ببيئة محيطة مائية فيها فقط تستطيع الخلايا المنوية أن تمر وتصل خلية البوية وأن تخصبها، لذا فهي تعيش بالأساس في بيئة محيطة مائية أو رطبة. في النباتات البذرية (ذات البذور)، يتم الإخصاب في بيئة محيطة رطبة موجودة داخل المبيض. لكن خلافًا لمعظم الحيوانات، تطور الجنين إلى نبات غير متواصل ومع مرور الوقت الذي يمر من الإخصاب حتى إنبات البذرة، فإنّ الجنين والمواد الإدخارية في البذرة تكون محمية من الجفاف ومن إصابات البيئة المحيطة حتى تَنْتُج الظروف المريحة للإنبات.

خ2. هل أفراد قليلة أم كثيرة؟ إستراتيجيات التكاثر

عندما يتكاثر فرد ويُنجب أفرادًا، فإنّ الأمر يؤثر على استمراره وعلى العشيرة كلها. بودنا أن نذكركم أن العشيرة هي مجموعة أفراد من نوع واحد (species) تعيش معًا في منطقة معينة.

على ما يبدو من المعقول أنْ نفكر أنّ العدد الكبير للأفراد هو أفضلية للنوع والعشيرة. بالأساس صحيح الأمر، في الظروف التي تبقى فيها الأفراد على قيد الحياة أيضًا وتتكاثر وتساهم في استمرار نمو العشيرة. لكن يتضح من التمعُّن في ما يحدث في الطبيعة، في الظروف المثلى، أن جميع الأفراد لا تبقى على قيد الحياة. فحص باحثون العلاقة الممكنة بين عدد الأفراد وبين الإستثمار الذي يُبذل في إنتاجها ونموها، وقد وجدوا في معظم الأحيان أن هناك علاقة عكسية بين عدد الأفراد والإستثمار الذي يبذله الوالدين في تنمية الأفراد. وصف الباحثون إستراتيجيْ تكاثر مختلفة عن بعضهما من ناحية تخصيص الموارد:

علاقة بموضوع

علم البيئة:
- *عوامل تؤثر على كبر العشيرة.*
- *الموارد كعامل محدد.*

- إستراتيجية أ: أفراد كثيرة وبذل استثمار قليل في إنتاجها، تنيمتها وحمايتها. تبقى فقط نسبة مئوية صغيرة جدًا من الأفراد على قيد الحياة.
- إستراتيجية ب: عدد قليل من الأفراد وبذل استثمار كبير في إنتاجها، معالجتها وحمايتها. تبقى نسبة مئوية كبيرة من الأفراد على قيد الحياة.

مصطلحات

إستراتيجية

أُخذ المصطلح إستراتيجية من عالَم مصطلحات الإنسان: " دمج عمليات لتحقيق غرض معين". ولكن هذا لا يعني أن الكائنات الحية لديها إمكانية تحديد أهداف والعمل بحسبها.

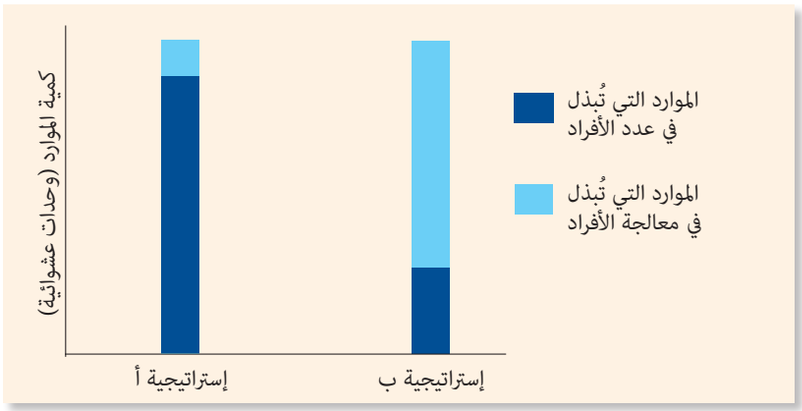
(التعريف حسب: אבן־שושן, א. (תשמ"ח) המילון החדש, הוצאת קרית ספר בע"מ, ירושלים).

للمزيد عن

عدد الأفراد التي تبقى على قيد الحياة نسبة لعدد الأفراد في جيل الوالدين، *انظروا الفصل الثاني، صفحات 29-30.*

لفهم العلاقة بين عدد الأفراد وبذل الاستثمار في إنتاج الأفراد ومعالجتها، يجب التذكر أولًا أنه في كل بيت تنمية في الطبيعة، كمية **الموارد** المطلوبة لتنمية وتكاثر جميع أنواع الكائنات الحية هي **عامل**

محدد يؤثر على قدرة نمو وبقاء الأفراد وعلى تعداد العشيرة. في معظم بيوت التنمية، لا تستطيع العشائر أن تنمو بشكل غير مراقب حتى إلى ما لا نهاية. لذا لا نجد أنواعًا، في الطبيعة، تستطيع أن تُنجب أفرادًا كثيرة وأن تزوِّد جميعها بالغذاء والحماية لمدة طويلة. وبالمثل لا نجد أنواعًا تُنجب عدد قليل من الأفراد، لكنها لا تزوِّدها بالغذاء والحماية. تعرض الرسمة ح -1 العلاقة بين عدد الأفراد وبذل الإستثمار فيها.



الرسمة ح -1: العلاقة بين استثمار الوالدين بعدد الأفراد وبين استثمار الوالدين بمعالجة الأفراد وتنميتها

علاقة بموضوع

علم البيئة:
- *موارد في بيت التنمية.*
- *توازن دينامي (متغيِّر) في النظام البيئي.*

على الرغم من وجود فرق جوهري بين الإستراتيجيتين، عندما لا يكون تغيير كبير في بيت التنمية والنظام البيئي موجود في توازن دينامي، فإنَّ النتيجة النهائية متشابهة: عدد الأفراد الذين يبقون على قيد الحياة مساوٍ لعدد الأفراد في جيل الوالدين ويبقى تعداد العشيرة ثابت.

سؤال ح-1

أ. اذكروا ثلاثة موارد في بيت التنمية يمكن أن تشكِّل عامل محدد لتعداد عشيرة نباتات، وثلاثة موارد يمكن أن تكون عامل محدد لتعداد عشيرة حيوانات.

ب. اختاروا موردًا واحدًا من الموارد المطلوبة للنبات وموارد واحد من الموارد المطلوبة للحيوانات واشرحوا، كيف يمكن أن يحدد المورد نسبة التكاثر؟

الاستثمار في الأفراد

ليس صدفةً استعملنا الكلمة "استثمار" عندما تناولنا عدد الأفراد وتنميتها. تحتاج عملية التكاثر ذاتها إلى موارد كثيرة: يبذل جيل الوالدين موادًا وطاقة في إنجاب الأفراد، لكن بالإضافة إلى ذلك، هناك حاجة إلى طاقة للبحث عن زوج أو زوجة، للإتصال بين الزوجين، للحصول على غذاء للأفراد ولحمايتها من المفترسين. بما أن الموارد محدودة في كل بيت تنمية، فإنَّ كل تكبير في عدد الأفراد يكون "على حساب" الاستثمار والمعالجة في كل فرد. وبالعكس - عدد قليل من الأفراد يُتيح استثمار مواد وطاقة أكثر في تنمية الأفراد. في النباتات التي لا تستطيع أن "تفتش" عن قرين للتكاثر، يوجد استثمار كثير في جذب مُلقحات بواسطة أزهار كثيرة جدًا، أزهار ذات رائحة وملونة، كما تُقدم رحيقًا حلوًا "كمكافأة"

الفكرة المركزية

النشوء والارتقاء:
العلاقة المتبادلة بين النبات وملقحاته هي مثال للمشاركة في النشوء والارتقاء.

للملقحات، أو تُقدم لها حبيبات لقاح كثيرة وغنية بالبروتينات، أما الحيوانات التي تنشر الثمار، فإنها "تكافئها" بثمار عصيرية ومغذية. بالإضافة، تُستثمر في النباتات مواد وطاقة في "رزم" الجنين أيضًا مع مواد إدخارية ضرورية لإنباته وتثبيته.

نفصِّل قليلًا مما هو معروف حول الكائنات الحية وإستراتيجيات تكاثرها.

إستراتيجية أ: أفراد كثيرة واستثمار قليل في تنميتها

الإستراتيجية أ شائعة عند الكائنات الحية التي تتكاثر بسن صغير، تتطور أجنتها خارج جسم الأُم، يوجد لديها أفراد كثيرة صغيرة ويستثمر الوالدين قليلًا في تنميتها وحمايتها. في هذه الإستراتيجية، النسبة المئوية للأفراد التي تبقى على قيد الحياة، من بين الأفراد، صغيرة جدًا. كثير منها تُستخدم غذاء لكائنات حية أخرى أو تُصاب من التعرض لعوامل لا أحيائية غير مناسبة. فيما يلي أمثلة لكائنات حية: أسماك، برمائيات ونباتات حولية. الحيوانات التي يمكن تصنيف تكاثرها كإستراتيجية أ شائعة في بيوت تنمية مائية، فيها قد تجرف تيارات الماء البيض أو الأفراد الحديثة السن إلى أماكن غير مناسبة لنموها. في بيوت تنمية كهذه، لا توجد أماكن للاختباء والأفراد معرضة للافتراس كل الوقت. نجد في اليابسة كائنات حية كهذه في بيوت تنمية تحدث فيها تغييرات متكررة والمجتمع فيها لا يزال غير متأسس (مثل: حقل مهجور مؤخرًا، غابة محروقة، بيت تنمية جديد تمامًا، نَتَج في أعقاب تعبيد شارع أو بناء سد). في بيوت تنمية كهذه، تتغيَّر الظروف (الأحيائية واللاأحيائية) في كثير من الأحيان ولا يوجد فيها تنافس شديد داخل النوع. في الواقع، أفراد كثيرة لا تبقى على قيد الحياة، لكن الاستثمار في كل فرد قليل أيضًا.

إستراتيجية ب: أفراد قليلة واستثمار كثير في تنميتها

الإستراتيجية **ب** تُميِّز الأنواع التي تتكاثر فيها الأفراد في مرحلة متأخرة في حياتها. العدد القليل للأفراد يُتيح للوالدين استثمار موارد كثيرة فيها. نجد هذه الإستراتيجية في بيوت تنمية ثابتة، مثل: غابة مكونة من أشجار كبيرة ذات بذور كبيرة، عند الطيور وعند الثدييات الكبيرة ومن بينها الإنسان.

ليس الأمر كما هو في الإستراتيجية أ، يركِّز الوالدين موارد كثيرة في أفراد قليلة. خسارة أفراد طيور في أعقاب افتراس، النقص في الغذاء أو تغيير متطرف في ظروف البيئة المحيطة هي ضربة قاسية للوالدين اللذين فقدا في نفس الوقت موسم كامل من الجهد في التكاثر.

جدول خ -1: مقارنة بين إستراتيجيتي التكاثر

الصفة	إستراتيجية أ	إستراتيجية ب
عدد الأفراد	كبير	صغير
السن الذي يبدأ فيه الكائن الحي في التكاثر	شاب	بالغ
كبر الأفراد حديثة السن	صغير	كبير
الاعتماد على الوالدين	لا يوجد	يوجد، تستمر مدة زمنية كثيرة
تعداد المجموعة	في المدى القصير: تقلبات كثيرة وأقل ثباتًا	ثابت، قريبة من قدرة تحمل بيت التنمية.
مدة الحياة	قصير	طويل
نسبة الوفيات	متغيِّر، من الصعب تنبوئه	ثابت ويمكن تنبوئه
شروط البيئة المحيطة	تنافس منخفض على الموارد، في المدى القصير، ظروف البيئة المحيطة غير ثابتة (تتغير في كثير من الأحيان).	تنافس شديد داخل النوع على الموارد، ظروف بيئة محيطة ثابتة.
أمثلة	حيوانات	بحرية: صدف، مرجان، أسماك يابسة: حلزونات، سلاحف	طيور، ثدييات
	نباتات	أعشاب حولية	أشجار كبيرة

وصفنا أعلاه إستراتيجيتين مختلفتين جدًا عن بعضهما، لكن يجب أن نعرف أنه بين هذين الطرفين توجد حالات وسطية كثيرة، وفي الواقع يمكن أن نجد في الطبيعة تنوع كبير لإستراتيجيات تكوِّن تسلسل بين الحالتين المتطرفتين. يمكن أن نجد تنوعًا في إستراتيجيات التكاثر بين أنواع مختلفة من نفس الطائفة أيضًا. في طائفة الطيور، مثلًا: يوجد أنواع تنمي صيصان والاستثمار في معالجتها قليل، ويوجد أنواع تستثمر كثير في الفراخ حتى تصل الاستقلالية (الفصل الخامس، صفحات **94-95**). نجد مثالًا إضافيًّا في طائفة الثدييات: الثدييات الصغير مثل الفئران، تتكاثر عدة مرات في السنة، ويوجد لديها عدد كبير من الأفراد التي يستمر الاعتناء بها مدة زمنية قصيرة. أما الثدييات الكبيرة مثل الجمل، فإنها تتكاثر مرة واحدة في السنة، أو حتى مرة واحدة كل عدة سنوات، وعلى الأغلب يوجد لديها فرد واحد في كل ولادة، والاعتناء به مستمر. ومع ذلك، من المهم أن نتذكر أنه في ظروف ثابتة يكون عدد الأفراد في العشيرة ثابتًا أكثر أو أقل من جيل إلى جيل، سواءً كان التكاثر بإستراتيجية أ أو بإستراتيجية ب.

سؤال ح -2

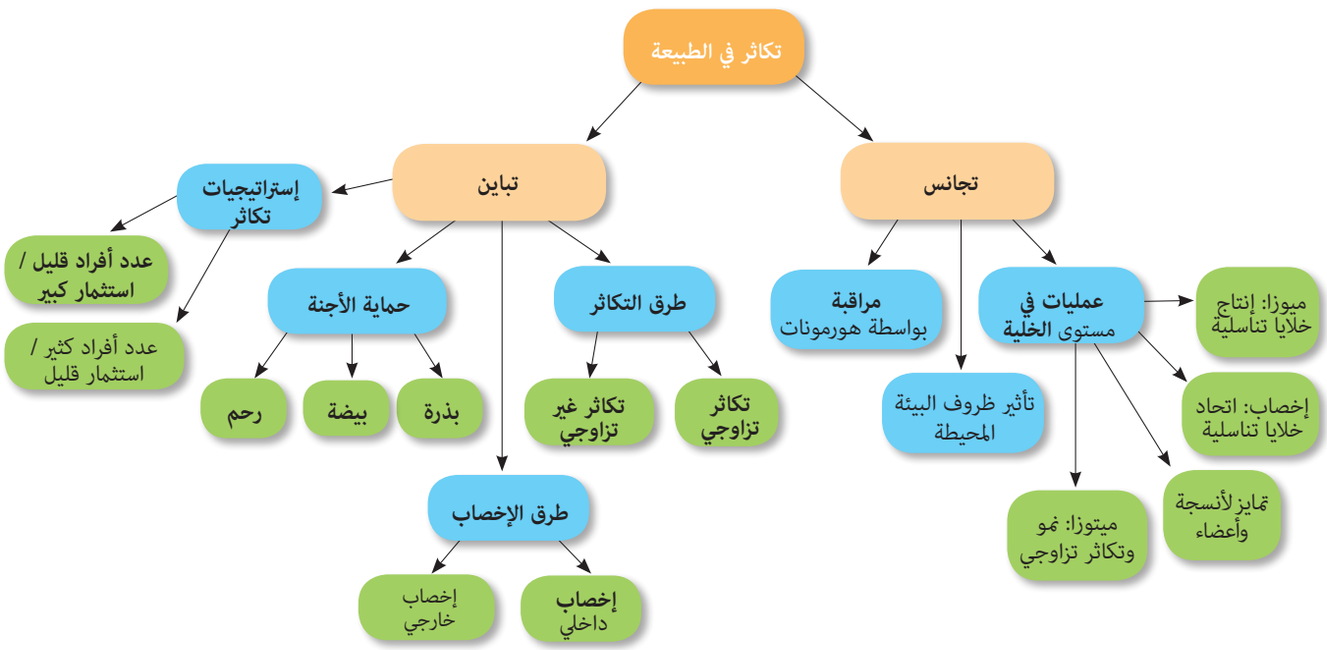
على الرغم من وجود فرق جوهري بين الإستراتيجيتين، عندما لا تكون تغييرات كبيرة في ظروف البيئة المحيطة، فإنَّ النتيجة النهائية متشابهة: عدد الأفراد التي تبقى على قيد الحياة مثل عدد الأفراد في جيل الوالدين والعشيرة لا تكبر ولا تصغر. اشرحوا.

ح3. مبادئ مشتركة في مستويات التنظيم

الفكرة المركزية

*يتم التعبير عن **التجانس والتباين** في عمليات تكاثر في الطبيعة.*

افتتحنا النقاش حول موضوع **التكاثر** في هذا الكتاب من خلال عرض العمليات التي يوجد فيها **تجانس** كثير موجود في الطبيعة: الأساس الخلوي لعملية التكاثر غير التزاوجي يعتمد على **الميتوزا** والأساس الخلوي لعملية التكاثر التزاوجي يعتمد على **الميوزا** (الفصل الأول). يوجد تجانس كبير في **المبادئ المشتركة** لعمليات التكاثر (الفصل الثاني) **أيضًا**: الإخصاب، التمايز، تأثير عوامل البيئة المحيطة والمراقبة على جميع عمليات التكاثر بواسطة الهورمونات. عرضنا **التباين** في عمليات تكاثر الحيوانات في الماء واليابسة وتنوع طرق التكاثر في النباتات في الفصلين الخامس والسادس. تعرض الرسمة خ - 2 الجوانب الأساسية للتجانس والتباين في طرق التكاثر في الطبيعة.



الرسمة خ -2: جوانب أساسية لتجانس وتباين عمليات تكاثر في الطبيعة

علاقة بموضوع

علم البيئة:
مستويات التنظيم في الطبيعة.

الفصل بين النقاش حول تكاثر الإنسان، الحيوانات والنباتات قد يؤدي إلى إخفاء المبادئ المشتركة للتكاثر في المجموعات المختلفة للكائنات الحية. يتركز التلخيص فيما بعد (جدول خ - 2) في الأشياء المشتركة لتكاثر جميع الكائنات الحية. يبدأ من الأسس المشتركة في مستوى تنظيم **الخلية**، يستمر في مستوى **الكائن الحي** وملاءمة طرق التكاثر للبيئة المحيطة الحياتية، ويتقدم إلى المبادئ المتعلقة بمعنى التكاثر في مستويات تنظيم **العشيرة والمجتمع**.

جدول خ -2: مبادئ في التكاثر

مستوى التنظيم	الموضوع	المبادئ المشتركة
الخلية	الميتوزا	انقسام النواة وتكاثر غير تزاوجي فيه تَنْتُج الخلايا الابنة وأفراد متماثلة لبعضها في المعلومات الوراثية ومتماثل لخلية الأُم أو الوالد الوحيد الذي نَتَجت منه.
	ميوزا، خلايا تكاثر وإخصاب	**الميوزا والإخصاب هما الأساس الخلوي للتكاثر التزاوجي. الميوزا هو انقسام خليه في أعقابه تَنْتُج خلايا ابنة هيبلوئيدية، تختلف بشحنها الوراثية عن خلايا المصدر.** **المشاركون في التكاثر التزاوجي هم خلايا من نوعين: خلية تناسلية ذكرية ذات قدرة على الحركة المستقلة، وخلية تناسلية أنثوية تنقصها القدرة على الحركة المستقلة. عند الإخصاب تتحد نواتين هيبلوئيديتين نتجتا في الميوزا، وتَنْتُج نواة ديبلوئية ذات شحنة وراثية خاصة.**
الكائن الحي	طريقة التكاثر	**نحصل في التكاثر غير التزاوجي على أفراد متماثلة لبعضها ومماثلة للوالدين اللذين نتجا منهما. التكاثر غير التزاوجي توجد له أفضلية في ظروف بيئة محيطة ثابتة.** **في التكاثر التزاوجي، الأفراد تشبه الوالدين، لكنهم غير مماثلين لهم وغير متماثلين فيما بينهم. التكاثر التزاوجي توجد له أفضلية في ظروف بيئة محيطة متغيِّرة وهو يزيد من احتمال الأفراد القليلة أن تبقى على قيد الحياة حتى إذا تغيَّرت ظروف البيئة المحيطة (انتخاب طبيعي).**
	توقيت التكاثر في دورة الحياة	**يتم تحديد مرحلة التكاثر في حياة الكائن الحي بطريقة وراثية: الكائنات الحية التي تعيش مدة زمنية قصيرة، تتكاثر في سن صغير، أما الحيوانات التي تعيش مدة زمنية طويلة، فإنها تتكاثر مرحلة متأخرة في حياتها. توجد في النباتات إمكانية التطور المتواصل الذي يستمر لعدة سنوات كثيرة بواسطة المريستيمات التي تتحلى خلاياها بالقدرة على الإنقسام، التمايز والتطور إلى أعضاء.**
	موسمية التكاثر	**يتم التكاثر على الأغلب في موسم فيه ظروف البيئة المحيطة مناسبة لنمو الأفراد وفيه احتمال كبير لبقاء الأفراد على قيد الحياة. يتأثر توقيت التكاثر من إشارات في البيئة المحيطة، مثل: الضوء، درجة الحرارة، توافر الموارد (الغذاء) ويتم تنظيمه بواسطة الهورمونات.**
	أعضاء التكاثر	**في الكائنات الحية البسيطة لا نجد دائمًا أعضاء معرَّفة مُعدَّة للتكاثر. في الكائنات الحية المتطورة يوجد أعضاء خاصة مناسبة لأدائها كأعضاء تناسلية: أعضاء تَنْتُج فيها الخلايا التناسلية، أعضاء تُنقل فيها الخلايا التناسلية وفتحة تخرج عبرها خلايا تناسلية أو أفراد إلى البيئة المحيطة. في الكائنات الحية التي إخصابها داخلي، يوجد أعضاء خاصة لنقل الخلايا المنوية من الذكر إلى الأنثى ولإلتقاء الخلايا التناسلية.** **في معظم الحيوانات نميِّز بين أفراد ذكرية وبين أفراد أنثوية وبالتناظر - بين أعضاء تكاثر أنثويةوبين أعضاء تكاثر ذكرية. في معظم النباتات وفي عدة حيوانات بسيطة تكون الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية في نفس الفرد.**
	البيئة المحيطة للتكاثر وطريقة الإخصاب	**يمكن أن يتم الإلتقاء بين الخلايا التناسلية في التكاثر التزاوجي فقط في بيئة محيطة مائية أو رطبة. عندما يكون بيت التنمية ذاته مائي، يمكن أن يكون الإخصاب خارجي، لكن في الكائنات الحية التي تعيش على اليابسة، فإنّ الإخصاب داخلي، ويوجد لديها أعضاء وآليات مناسبة لحماية الخلايا التناسلية ومكان الإلتقاء بينهما من الجفاف. تعود البرمائيات إلى البيئة المحيطة المائية للتكاثر والإخصاب خارجي على الرغم من أن حياتهم البالغة تكون على اليابسة.**
	من الزيجوت (اللاقحة) إلى كائن حي متعدد الخلايا	يتطور الجنين من الزيجوت وهو بداية الكائن الحي المستقل. في البيئة المحيطة المائية يتطور الجنين خارج جسم الأُم وأحيانًا يكون محمية في بيضة. في الكائنات الحية التي تعيش على اليابسة، الجنين محمي من المفترسين ومن الجفاف بواسطة أغلفة، مثل: قشرة البذرة الثمرة، البيضة أو رحم الأُم. تُسخدم المواد الموجودة في البذرة والبيضة مصدر غذاء للجنين. في الثدييات، يتطور الجنين داخل جسم الأم ومنها يحصل على غذائه. يوجد حيوانات، مثل: الأسمال والزواحف التي **המשריצים** تلد أفرادًا حية تطورت في بيضة داخل جسم الأم. يُرافق تطور الجنين تمايز خلايا إلى أنسجة ذات مبنى وأداء معرَّفين.
	من صغير السن إلى البالغ	الانتقال من كائن حي صغير السن إلى بالغ، يمكن أن يكون متواصل ويكبر الكائن الحي الصغير ويتطور تدريجيًّا لكائن حي بالغ. في النباتات، الانتقال من جنين إلى نبات غير متواصل، والمدة الزمنية حتى الإنبات يمكن أن تستمر وقت كثير. نجد التطور غير المتواصل من صغير السن إلى بالغ في الحيوانات التي يوجد فيها تحوُّل (ناقص أو كامل).

مستوى التنظيم	الموضوع	المبادئ المشتركة
العشيرة	معنى التكاثر	التكاثر هي الطريقة لإستمرار وجود العشيرة ونموها. العشيرة التي فيها نسبة التكاثر أقل من النسبة الموت قد تتعرض إلى الإنقراض.
	الاستثمار في التكاثر (إستراتجية التكاثر)	النسبة بين عدد الأفراد وبين الاستثمار فيها هي على الأغلب نسبة عكسية: عندما يكون عدد الأفراد كبير جدًا، فإنَّ الاستثمار فيها يقل، وتصغر النسبة المئوية للأفراد الذين يبقون على قيد الحياة. عندما يكون عدد الأفراد صغير، فإن الاستثمار في تغذيتها وحمايتها يكون كثيراً واحتمال بقاؤها عال. بين هاتين الإستراتيجيتين المتطرفتين، يوجد في الطبيعة حالات وسطية كثيرة.
المجتمع	العلاقة المتبادلة في التكاثر	تتعاون أنواع كائنات حية مع أنواع كائنات حية أخرى في موسم التكاثر، مثلًا: نباتات وحيوانات تُلقحها أو تنشر ثمارها وبذورها. يتم التعبير عن هذه الطرق للتعاون بالمشاركة - في النشوء والإرتقاء للمباني والعمليات.
	تدخُّل الإنسان	يتدخل المزارعون في عمليات تكاثر النباتات والحيوانات، كي يزوِّدوا الإنسان بغذاء محسَّن ولزيادة كميته، من خلال تطبيق مبادئ التكاثر التزاوجي وغير التزاوجي. التكاثر التزاوجي هو قاعدة الانتخاب الإصطناعي الذي يتم بعملية التدجين ورعاية أصناف جديدة في الزراعة. أهداف تدخُّل الإنسان في التكاثر هي إتاحة استمرار الأجيال بين الوالدين والأفراد ومنع إنجاب أفراد مصابون.

المواضيع الأساسية في الفصل

- تقدم تطور أعضاء التكاثر وعمليات التكاثر خلال النشوء والإرتقاء بعدة خطوط متوازية للانتقال من الحياة في الماء إلى الحياة على اليابسة: من إخصاب خارجي إلى إخصاب داخلي، من أفراد (أجنة) غير محمية إلى أجنة محمية جيدًا، من عدم الاعتناء بالأفراد إلى الاعتناء المستمر بالأفراد.
- نميِّز في الطبيعة بين إستراتيجيتيْ تكاثر مختلفتين بشكل جوهري عن بعضهما بعدد الأفراد وبالاستثمار في نموها. الإستراتيجية أ: أفراد كثيرة واستثمار قليل في تنميتها والإستراتيجية ب: أفراد قليلة واستثمار كثير في تنميتها.
- على الرغم من وجود فرق جوهري بين الإستراتيجيتين، عندما لا يكون تغيير كبير في شروط البيئة المحيطة، فإن النتيجة النهائية متشابهة: عدد الأفراد التي تبقى على قيد الحياة مثل عدد الأفراد في جيل الوالدين ويبقى تعداد (كبر) المجموعة ثابت.
- يوجد في الطبيعة تنوع كبير لإستراتيجيات تكوِّن نوعًا من التسلسل بين الإستراتيجيتين المتطرفتين.
- يوجد أشياء كثيرة مشتركة لتكاثر جميع الكائنات الحية، وهو يبدأ بمبادئ مشتركة في مستوى تنظيم الخلية ويتقدم إلى المبادئ المتعلقة بمعنى التكاثر في مستويات التنظيم للعشيرة والمجتمع.

مصطلحات مهمة في الفصل

النشوء والارتقاء
إستراتيجيات تكاثر
عامل محدد
الاستثمار في نمو الأفراد
موارد
مستويات التنظيم

قاموس مصطلحات

المصطلحات **البارزة** داخل التعريف، تظهر في قاموس المصطلحات أيضًا.
تظهر المصطلحات اللاتينية في نهاية قاموس المصطلحات.
أشرنا إلى المصطلحات العامة **بالأسود**.
أشرنا إلى المصطلحات الخاصة بالنبات **بالأخضر**.
أشرنا إلى المصطلحات الخاصة بالحيوان **بالأحمر**.

النشوء والارتقاء אבולוציה (evolution) - عملية تدريجية لتغيُّر الأنواع. تغيُّرات وراثية تتراكم خلال الأجيال، وقد تؤدي إلى تطور **أنواع** جديدة من أنواع سبقتها (انظروا أيضًا: الانتخاب **الطبيعي**).

سداة אבקן (stamen) - عضو التناسل الذكري في النباتات، بما في ذلك הזיר الذي يحمل في رأسه الملقح الذي تَنْتُج فيه حبيبات اللقاح.

أوكسيتوتسين אוקסיטוצין (oxytocin) - هورمون يُفرز في إناث الثدييات، يؤدي إلى انقباض عضلات الرحم أثناء الولادة وإلى إفراز الحليب. يَنْتُج الأوكسيتوتسين في الهيبوثالموس ويُفرز من الغدة النخامية.

أوكسين אוקסין (auxin) - هورمون نباتي ينظِّم نمو الخلايا ويشترك في مراقبة تغييرات نمو النبات.

سائل السلى אמניון (amnion) - انظروا أيضًا: **السلى**.

إندوسبيرم אנדוספרם (endosperm) - نسيج في بذور قسم من النباتات **كاسيات البذور**. يغلِّف النسيج الجنين ويُستخدم كمجمَّع للمواد إدخارية. في معظم الأحيان، يَنْتُج الإندوسبيرم في أعقاب الإخصاب بواسطة إتحاد خلايا التكاثر الذكرية مع نواتين هيبلوئيديتين في **البويضة**.

إستروجينات אסטרוגנים (oestrogens) - مجموعة هورمونات تَنْتُج في الذكور وإناث **الثدييات**. في الجنسين، تؤثر هذه الهورمونات على ظهور **العلامات الجنسية الثانوية**، وفي الإناث على الإباضة وتطور רירית الرحم.

إستراتيجية التكاثر אסטרטגית רבייה (reproductive effort / strategy) - تعبير لطريقة التكاثر بواسطة النسبة بين عدد الأفراد ومدى استثمار الوالدين في إنتاجها والإعتناء بها. عندما يكون عدد الأفراد كثير، فإنّ الاستثمار في عناية الأفراد يكون قليل وبالعكس.

أكروسوم אקרוזום (acrosome) - שלפוחית في مقدمة رأس **الخلية المنوية** في الحيوان. تحتوي على إنزيمات تُتيح للخلية المنوية أن تدخل عبر أغلفة **خلية البويضة**.

خصية אשך (testis) - عضو تكاثر ذكري عند الحيوان، تَنْتُج فيه **خلايا منوية**. **في الفقريات**، تَنْتُج هورمونات تناسلية أيضًا. على الأغلب، في الحيوانات يوجد خصيتين.

إثلين אתילן (ethylene) - **هورمون** نباتي غازي، فعَّال في عمليات كثيرة، مثل: نضوج الثمار، إزهار، الهرم وتساقط الأوراق والثمار.

بلوغ جنسي בגרות מינית (sexual maturity) - العُمر أو المرحلة في حياة الكائن الحي الذي يستطيع فيه أن يتكاثر بطريقة **التكاثر التزاوجي**. يتم التعبير عن البلوغ الجنسي بتطرز الأعضاء التناسلية وبإنتاج **خلايا تناسلية** (جاميتات).

إباضة ביוץ (ovulation) - إطلاق أو خروج خلية البويضة من المبيض.

بيضة ביצה (egg) - مبنى يتطور في أنواع حيوانات، عادةً في أعقاب **الإخصاب**، وفيها يتطور **الجنين** بعد وضع البيضة في البيئة المحيطة الخارجية. البيضة مغلَّفة بقشرات وتحتوي على كمية كبيرة من الماء والمواد الغذائية التي يستخدمها الجنين. في حالات قليلة، تتطور البيوض داخل جسم الأم (انظروا أيضًا: השרצה).

بويضة ביצית (ovule) - في النباتات، مبنى في **المبيض** فيه يبدأ انقسام الميوزا التي في أعقابها تَنْتُج **خلية البويضة** (جاميتا).

بويضة ביצית (oocyte) - انظروا أيضًا: **خلية البويضة**.

نباتات بذرية בעלי זרע, צמחים (seed plants) - نباتات أجنتها محمية في مبنى له قشرات - **البذرة**.

ذات مشيمة בעלי שליה (placental mammals) - ثدييات أجنتها تتطور في الرحم، وبواسطة المشيمة تحصل من الأم على غذاء وأكسجين وتُبعد من جسمها CO_2 وفضلات.

ذات السلى בעלי שפיר (amniota) - طوائف الفقريات(زواحف طيور وثدييات) التي يتطور فيها الجنين داخل بيئة محيطة مائية - سائل **السّلى**.

بصل בצל (bulb) - جزء تحت سطح التربة في قاعدة ساق الجيوفيت. مبني من قاعدة الأوراق اللحمية التي تنمو بكثافة حول قاعدة الساق.

انتخاب طبيعي ברירה טבעית (natural selection) - عملية تحدد المساهمة النسبية للأفراد المختلفة في العشيرة للجيل القادم. الأفراد الملائمة أكثر، من الأخرى إلى البيئة المحيطة، تضع أفرادًا أكثر خصوبة وتبقى على قيد الحياة. نتيجةً لذلك ترتفع في العشيرة تكرارية الأفراد ذوي الصفات الوراثية الملائمة للبيئة المحيطة.

جونادوتروبينات גונדוטרופינים (gonadotrophin) - مجموعة **هورمونات** تُثير نشاط **المبيض والخصيتين**. تتم مراقبة إفراز الجونادوتروبينات بواسطة **الهيبوثالموس** (انظروا أيضًا: **GnRH**).

جُسَيْم أصفر גופיף צהוב (corpus luteum) - مبنى في **مبيض** ثدييات وهو يتطور من **الجُريب** بعد **الإباضة** ويُفرز **بروجسترون**. إذا لم يتم **الإخصاب**، فإنّ الجسيم الأصفر يضمر. إذا تمَّ **الإخصاب**، فإنّ الجسيم الأصفر يستمر في البقاء والعمل في بداية الحمل.

جبريلين ג'יברלין (gibberelin) - **هورمون** ينظِّم استطالة السُليميات في الساق، الإزهار وتحليل المواد الإدخارية خلال إنبات البذور.

جاميتا (gamete) - انظروا أيضًا: **خلية تناسلية**.

جين גן (gene) - وحدة أساسية وراثية تحمل معلومات من جيل إلى جيل. مقطع من الـ **DNA** المتعلق بتعبير صفة معينة.

حبيبات اللقاح גרגר אבקה (pollen grain) - مبنى في النبات، تُنقل بواسطتها الخلايا، التي تتطور منها **الخلايا التناسلية** الذكرية، إلى **الميسم** الذي يقع في رأس قلم **المتاع**.

ثنائي الجنس، زهرةדו־זוויגי, פרח - انظروا أيضًا: **الزهرة**.

برمائيات דו־חיים (amphibian) - طائفة فقريات تعيش على اليابسة كبالغة، لكن وضع البيض وتطور الأجنة والأفراد يتم في بيت تنمية مائي.

ديبلوئيدية **דיפלואיד** (diploid) - نواة، خلية أو كائن حي يحتوي على نسختين من كل **كروموسوم** (باستثناء الكروموسومات الجنسية). نرمز عادةً إلى عدد الكروموسوماتالديبلوئيدية بالتعبير 2n (انظروا أيضًا: **هيبلوئيدية**).

تلقيح האבקה (pollination) - نقل **حبيبات لقاح** (بواسطة رياح، حيوانات، ماء) من **أسدية** الزهرة إلى **الميسم** في رأس **المتاع**.

تلقيح غريب האבקה זרה - يتم التلقيح بين أفراد مختلفة.

تلقيح ذاتي האבקה עצמית - يتم التلقيح في نفس الفرد.

تلقيح اصطناعي האבקה מלאכותית - نقل حبيبات لقاح من زهرة ذكرية إلى زهرة أنثوية بواسطة الإنسان.

إنضاج הבחלה (after ripening) - معالجة بوسائل اصطناعية هدفها أن تؤدي إلى نضوج ثمرة قُطفت قبل نضوجها.مثال: معالجة بغاز الاثيلين.

هورمون **הורמון** (hormone) - مادة تنقل معلومات بين الخلايا في النباتات والحيوانات. يؤثر على عمليات داخل الخلايا المستهدفة التي يوجد لها مستقبلات مناسبة.

التخصيب الإصطناعي הזרעה מלאכותית (artificial insemination) - نقل **خلايا منوية** بواسطة الإنسان إلى **رحم** الأنثى.

وضع البيض הטלה (egg laying) - خروج **البيضة** من جسم الأُم. بعد وضع البيض، يستمر **الجنين** في تطوره خارج جسم الأم.

الغدة النخامية היפופיזה (בלוטת יותרת המוח) (hypophysis) - غدة في مخ الفقريات. تقع في المخ تحت الهيبوثالموس وتُفرز هورمونات مختلفة من بينها هورمونات متعلقة بالتكاثر.

الهيبوثالموس היפותלמוס (hypothalamus) - منطقة في مخ الفقريات، وهي تقع فوق الغدة النخامية، ينظم جهاز الإفراز الداخلي بواسطة تنظيم إفراز الهورمونات من الغدة النخامية.

الولادة המלטה (giving birth) - خروج مواليد ثدييات من جسم الأُم. عادةً المواليد غير مستقلين تمامًا ويحتاجون لإستمرار التغذية، العناية وإشراف الوالدين (انظروا أيضًا: **השרצה**).

تبرعم הנצה (budding) - طريقة **تكاثر غير تزاوجية** في نباتات وحيوانات معينة. تنمو أفراد جديدة على الأم، تنفصل عنها وتستمر حياتها بشكل منفرد.

هيبلوئيد הפלואיד (haploid) - نواة أو خلية فيها نسخة واحدة من كل كروموسوم، **الخلايا التناسلية** هي خلايا هيبلوئيدية. نرمز عادةً إلى عدد الكروموسومات الهيبلوئيدية بالحرف n (انظروا أيضًا: ديبلوئيدية).

الإخصاب הפריה (fertilization) - اتحاد **خليتيْ تكاثر** (هيبلوئيديتان) وإنتاج خلية **ديبلوئيدية** - **زيجوت**. يتم في بيئة محيطة مائية أو رطبة دائمًا. عندما يتم الإخصاب خارج جسم الكائن الحي ،فإننا نسمِّيه "**إخصاب خارجي**". وعندما يتم داخل جسم لكائن الحي، فإننا نسميه "**إخصاب دخلي**".

إخصاب خارج الجسم הפריה חוץ־גופית (IVF - In Vitro Fertilization) - تخصيب خلية البويضة بواسطة خلية منوية، حيث يتم خارج جسم الأُم بطريقة إصطناعية. الزيجوت الذي يَنْتُج يمر عدة إنقسامات، والجنين الذي يَنْتُج يُنقل إلى الرحم، وهناك يكتمل تطوره.

إخصاب مزدوج הפריה כפולה (double fertilization) - عملية خاصة لنباتات ذات أزهار. اتحاد **خليتان تناسليتان** ذكريتان مع نواتين مع **بويضة** في المبيض. نواة ذكرية واحدة تتحد مع نواة **خلية البويضة** لإنتاج **زيجوت**، والنواة الذكرية الثانية تتحد مع نواتين إنثويتين لإنتاج **الإندوسبيرم**.

تركيب הרכבה (grafting) - اندماج ينفِّذه الإنسان بين نباتين مختلفين يؤدي للحصول على نبات كامل. النبتة التي تَنْتُج توجد لها هيئة (نظام) جذور ملائمة للتربة وتصمد أمام أمراض مصدرها من أحد النباتات، و**نتر** (أوراق وأزهار) له صفات مرغوبة مصدرها من النبات الثاني.

حث الشبق השריית ייחום (oestrus induction) - إنتاج اصطناعي لدورة الشبق بواسطة هورمونات، كي يكون نضوج الجُريب والإباضة مبكرين.

השרצה (livebearing) - خروج مواليد مستقلة تطورت في بيوض داخل جسم الأُم. موجودة عند أسماك القرش وأنواع من الزواحف (انظروا أيضًا: **الولادة**).

تمايز **התמיינות** (דיפרנציאציה) (differentiation) - عملية تكتسب فيها الخلايا شكل، مبنى وأداء خاص. هذه العملية تميِّز مرحلة التطور الجنيني.

حيض וסת - انظروا أيضًا: **دورة الحيض**.

جنس זוויג (sex) - جميع الصفات التي تميِّز بين الذكر والأنثى.

زيجوت זיגוטה (zygote) - خلية **ديبلوئيدية** تَنْتُج في أعقاب الإخصاب. في أعقاب انقسام هذه الخلية انقسامات ميتوزا، تَنْتُج جميع الخلايا التي تكوِّن الكائن الحي المتعدد الخلايا.

زير - انظروا أيضًا: **سداة**.

جُريب זקיק (follicle) - مبنى في **مبيض** إناث حيوانات، وهو مكوَّن من **خلية بويضة** مُحاطة طبقة واحدة أو أكثر من الخلايا. بعد خروج **خلية البويضة** في عملية **الإباضة**، فإنَّ الجُريب يتحول إلى **جُسَيْم أصفر**.

بذرة זרע (seed) - مبنى في النبات يشتمل على **جنين**، نسيج تغذية ومغلفات البذرة.

حولي، نبات حد־שנתי, צמח (annual) - نبات يعيش موسم واحد أو سنة واحدة قط ويمر المرحلتين الأساسيتين في دورة الحياة (مرحلة النمو ومرحلة التكاثر) مرة واحدة فقط ويموت مباشرة بعد مرحلة التكاثر (انظروا أيضًا: **متعدد السنوات، نبات**).

أحادي الخلية، كائن حي חד־תאי, אורגניזם (unicellular organism) - كائن حي كل جسمه خلية واحدة، مثلًا: البراميسيوم (انظروا أيضًا: **متعدد الخلايا، كائن حي**).

فقريات חולייתנים (בעלי־חוליות) (vertebrates) - مجموعة حيوانات لها هيكل داخلي مصنوع من عظم أو غضروف (تشمل الطوائف الآتية: الأسماك، البرمائيات، الزواحف، الطيور والثدييات).

مادة وراثية חומר תורשתי - انظروا أيضًا: **DNA**.

انقسام اختزالي חלוקת הפחתה - انظروا أيضًا: **ميوزا**.

انقسام خلية חלוקת תא - انظروا أيضًا: **ميتوزا**.

صفار البيض חלמון (yolk) - المخزون الغذائي الموجود في **البيضة** لمعظم الحيوانات. مكوَّن بالأساس من بروتين ودهنيات ويُستخدم لتغذية الجنين.

عقد الثمار חנטה (fruit set) - مرحلة في حياة النبات، يبدأ فيها تطور المبيض إلى ثمرة في أعقاب الإخصاب.

عديمة المشيمة، ثدييات חסרי שליה, יונקים (monotrems) - مجموعة صغيرة من الثدييات التي تعيش في إستراليا، حيث تتطور أجنتها في البيضة التي تُضع في البيئة المحيطة الخارجية.

قناة فالوب חצוצרה (infundibulum) - انظروا أيضًا: **أنبوب ينقل خلايا البويضة**.

طوسطسطرون טסטוסטרון (testosterone) - هورمون تكاثر ذكري، يَنْتُج في الخصية. يؤثر على ظهور العلامات الجنسية الثانوية وعلى إنتاج الخلايا المنوية.

ثدييات الجورب יונקי כיס (marsupials) - مجموعة تنتمي إلى طائفة **الثدييات**، توجد لها **مشيمة** ذات مبنى بسيط. تبقى الأجنة فترة زمنية قصيرة في الرحم، وبعد الولادة يكتمل التطور الجنيني في جلد مزدوج يشبه الكيس على بطن الأم من خلال الرضاعة المستمرة من الأم (انظروا أيضًا: **عديمة المشيمة، ثدييات**).

ثدييات יונקים (mammalia) - مجموعة فقريات تتميَّز بصفتين تميِّزهما عن سائر الفقريات: شعر يغطي الجسم وغدد حليب بواسطتها تغذي الأم أفرادها حديثي السن.

شبق ייחום (oestrous) - فترة (أو فترات) خلال موسم التكاثر الذي فيه إناث ثدييات (باستثناء الإنسان وأنواع قرود معينة) مستعدة للتزاوج (انظروا أيضًا: دورة الحيض، دورة الشبق).

فسيلة ייחור (cutting) - قطعة من نبتة (غصن، ورقة، جذر) في ظروف مناسبة تستطيع أن تتطور إلى نبات جديد مع جميع مكوِّناته. يستعمل المزارعون الفسائل كطريقة للتكاثر غير التزاوجي.

كورين כוריון (chorion) - **كيس الجنين** الخارجي في **الفقريات**. في الثدييات ذات المشيمة يشكِّل الكوريون جزء من **المشيمة**.

كروموسوم כרומוזום (chromosome) - مبنى في نواة الخلية مكوَّن من **DNA** وبروتينات. في النواة التي ليست في عملية انقسام تكون الكروموسومات منشورة كالخيوط الدقيقة. قبل انقسام الخلية تنتظم في مباني مضغوطة ويمكن تمييزها بواسطة ميكروسكوب (مجهر) ضوئي. كل نوع في الطبيعة، يميِّزه عدد معين من الكروموسومات.

كروموسومات متماثلة (homologous chromosomes) - زوج من الكروموسومات المتماثلة لبعضهما في الطول، مكان السنترومر ونوع المعرفة الوراثية الموجودة فيهما. وهي موجودة في خلايا ديبلوئيدية. في كل زوج من الكروموسومات المتماثلة أحدهما مصدره من الأب والآخر من الأم.

مُلقح מאבק - انظروا أيضًا: **سداة**.

طفرة מוטציה (mutation) - تغيير في تسلسل القواعد في الـ **DNA**.

دورة الحيض מחזור וסת (menstrual cycle) - دورة شهرية في إناث الإنسان وعند عدة أنواع من القردة وهي مراقبة بواسطة **هورمونات**. خلال دورة الحيض، تصبح רירית **الرحم** ثخينة كتحضير لاستيعاب **خلية البويضة** المخصبة. إذا لم يتم **تخصيب**، تُفرز רירית الرحم مع خلية البويضة غير المخصبة وهذا نزيف الحيض (انظروا أيضًا: **دورة الشبق**).

دورة الشبق מחזור ייחום (oestrous cycle) - ظاهرة دورية في إناث الثدييات باستثناء الإنسان وأنواع معينة من القردة). دورة الشبق مراقبة بواسطة الهورمونات وهي تشمل شبق، نضوج الجُريبات والإباضة (انظروا أيضًا: دورة الحيض).

معلومات وراثية - انظروا أيضًا: **DNA**.

ميوزا (انقسام اختزالي) מיוזה (חלוקת הפחתה) (meiosis) - عملية تسبق إنتاج خلايا تناسلية (جاميتات). تشمل العملية عمليتيْ انقسام متتاليتين لنواة **ديبلوئيدية** وفي نهايته نحصل على أربع نوى **هيبلوئيدية**. الميوزا هي مرحلة خاصة وضرورية في **التكاثر التزاوجي**.

ميتوزا (mitosis) - انقسام نواة، في نهايته تَنْتُج نواتين من نواة واحدة، حيث تكون هيئة **الكروموسومات** في كل نواة مماثلة لهيئة الكروموسومات الأخرى ومماثلة لهيئة الكروموسومات التي كانت في نواة المصدر. الميتوزا يرافقها عادةً انقسام الخلية.

نوع מין (species) - وحدة تصنيف: مجموعة أفراد تتكاثر في الطبيعةة فيما بينها وتُنجب أفرادًا خصبة.

كاسيات البذور، نباتات מכוסי זרע, צמחים (angiospermae) - نباتات ذات أزهار بويضاتها موجودة في **المبيض**. بعد **التلقيح والإخصاب** يتطور المبيض إلى ثمرة فيها **بذور**.

وجبة برد מנת קור (vernalization) - البقاء في درجة حرارة منخفضة لمدة زمنية في الحد الأدنى. وهي مطلوبة لنباتات معينة لحث قدرة الإزهار، أو لتنشيط الإزهار.

مريستيمات מריסטמה (meristem) - نسيج خلايا غير متمايز، تنقسم خلاياه وتُنْتِج خلايا ابنة، لكنها تحافظ على قدرة انقسامها. تقع على سبيل المثال في البراعم وفي أطراف السويق والجذور. (انظروا أيضًا: **قمة النمو، كامبيوم**).

التغذية المرتدة משוב (feedback) - آلية شائعة في عمليات بيولوجية كثيرة فيها ناتج أو نتيجة عملية يؤثر على شدة العملية: في **التغذية المرتدة السالبة**، نتيجة العملية تثبط (تعيق) العملية، وفي **التغذية المرتدة الموجبة**، ناتج العملية ينشِّط أو يؤدي إلى زيادة العملية.

إنبات נביטה (germination) - بداية نمو ونشاط أيضي للجنين في البذرة، تؤدي إلى خروجه عبر قشور البذرة. استيعاب الماء يسبق الإنبات.

سائل السلى נוזל השפיר - انظروا أيضًا: **السلى**.

نحشون (pollen tube) - امتداد طويل يتطور عندما تنبت **حبيبة لقاح** على **الميسم** وتنمو داخل **قلم المتاع** حتى **المبيض**. تصل الخلايا التناسليةالذكرية **البويضة** بواسطة ال הנחשון.

المهبل נרתיק (vagina) - مبنى في جهاز تكاثر الأنثى عند قسم من الحيوانات. يربط بين **الرحم** والفتحة الخارجية لجهاز التكاثر.

العلامات الجنسية الثانوية סימני זוויג משניים (secondary sexual characteristics) - صفات خارجية (مثل: مبنى العضلات والعظام، وكثرة الشعر)، تميِّز الذكور أو الإناث. تدل على **نضوج جنسي**، لكنها ليست مرتبطة مباشرةً بعملية التكاثر.

الجنين עובר (embryo) - فرد حديث السن يتطور عادةً من **الزيجوت** خلال سلسلة انقسامات **ميتوزا**. في النباتات، يتطور الجنين وهو موجود في **البذرة**، في الحيوانات، يتطور الجنين في **البيضة** أو داخل جسم الأم.

متاع עלי (pistil) - عضو التكاثر الجنسي عند النباتات. مبني من **مبيض وميسم** وعادةً من عمود أيضًا يربط بينهما (قلم المتاع).

البروستتا، غدة ערמונית, בלוטה (prostate gland) - غدة مساعدة في جهاز التكاثر الذكري للإنسان وهي تشترك في إنتاج السائل المنوي.

التوقيت الضوئي פוטופריודיזם (photoperiodicity) - ردود فعل تطور النباتات والحيوانات إلى الدورية اليومية للضوء والظلام (انظروا أيضًا: **نباتات نهار طويل، نباتات نهار قصير**).

العائل פונדקאות (surrogate motherhood) - الحمل في أنثى لست الأُم البيولوجية للجنين الذي تحمله في رحمها. يَنْتُج الجنين خلال **تخصيب خارج الجسم**.

فيتوكروم פיטוכרום (phytochrome) - صبغية في نبات تشترك في عمليات، مثل: **الإنبات** والإزهار اللتان يشكِّل فيهما الضوء إشارة من البيئة المحيطة.

فلقة פסיג (cotyledon) - ورقة أولية وهي جزء من **جنين** النبات في البذرة. في نباتات معيّنة تُخزَّن فيها مواد ادخارية يستعملها الجنين خلال **الإنبات**. عادةً، يختلف شكل الفلقات عن الشكل العادي للأوراق. يوجد نباتات أُحادية الفلقة ويوجد نباتات ثنائية الفلقة.

درنة פקעת (corm) - قسم من الساق يقع تحت سطح التربة وهو يشمل سُليمية واحدة أو عدة سُليميات للساق الذي أصبح ثخينًا. تحمل جذورًا وبراعم تجدد.

بروجسترون פרוגסטרון (progesterone) - **هورمون** يُفرز من **الجُسَيْم الأصفر** الموجود في مبيض الثدي، ويؤثر على **الرحم** الذي يمر تحضير لاستيعاب **الجنين** وللحمل. في وقت لاحق في فترة الحمل، يتم إفراز البروجسترون بالأساس من **المشيمة**.

برولكتين פרולקטין (prolactin) - **هورمون** يُفرز من الغدة **النخامية** وينشِّط إفراز الحليب من غدد الحليب في **الثدييات**.

فرومون פרומון (pheromone) - مواد خاصة **للنوع** البيولوجي، تُستعمل للاتصال بين أفراد من نفس النوع: يُفرزها أحد الأفراد إلى البيئة المحيطة، تستوعبها أفراد أخرى وتُثير فيها رد فعل.

زهرة פרח (flower) - مبنى في النباتات **البذرية** يحتوي على أعضاء تناسلية. في **كاسيات البذور**، الزهرة مبنية من أوراق كأس، أوراق تويج، أسدية و/ أو متاع.

زهرة ثنائية الجنس פרח דו־זוויגי (dioecious) - زهرة فيها أعضاء تناسلية ذكرية (**أسدية**) وأيضًا أعضاء تناسلية أنثوية (**متاع**).

زهرة أحادية الجنس (monooecious) - زهرة فيها أعضاء تناسلية ذكرية (**أسدية**) أو أعضاء تناسلية أنثوية (**متاع**).

ثمرة פרי (fruit) - العضو الذي يتطور من **مبيض** (وأحيانًا من أقسام أخرى إضافية) **الزهرة**، عادةً بعد **الاخصاب**، يُستعمل وعاء **للبذور** ويساعد في انتشارها.

פרתנוגנזה - انظروا أيضًا: **التكاثر العذري**.

التكاثر العذري פרתנוקרפיה (parthenocarpy) - عملية إنتاج **ثمرة** دون تخصيب. تنقص الثمرة بذور، لأنه لم يتم الاخصاب.

أنبوب ينقل خلايا البويضة צינור מוביל תאי ביצה (oviduct) - جزء من جهاز التكاثر الأنثوي. مبنى يشبه الأنبوب وهو ينقل **خلايا البويضة** من **المبيض** إلى **الرحم** أو ينقل **البيض** إلى البيئة المحيطة الخارجية. في الإنسان نسمِّيه **قناة فالوب** على اسم مكتشفها الإيطالي غابرييل فالوبيو، الذي اشتهر باسمه اللاتيني فَالُوْبِيُس. في الحيوانات التي يوجد فيها اخصاب داخلي، فإنَّ الاخصاب الداخلي يتم في هذا الأنبوب.

أنبوب ينقل خلايا منوية צינור מוביל הזרע (**צינור הזרע**) (spermiduct) - جزء من جهاز التكاثر الذكري. أنبوب تمر عبره **خلايا منوية** من **الخصيتين** إلى البيئة المحيطة الخارجية (عبر فتحة جنس خارجية أو عبر البربخ).

ميسم צלקת (stigma) - قسم من جهاز التكاثر الأنثوي في النباتات ذات الأزهار. القسم العلوي **للمتاع** الذي تصله **حبيبات اللقاح** "وتنبت" عليه.

نبات صغير צמחון (plantlet) - نبات صغير يتطور في **مستنبت نسيج**.

نباتات نهار طويل צמחי יום ארוך (long day plants) - نبات تُزهر فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتتالي أصغر من قيمة عتبة معينة.

نباتات نهار قصير צמחי יום קצר (short day plants) - نبات تُزهر فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتتالي أكبر من قيمة عتبة معينة..

قمة النمو קדקוד צמיחה (apical meristem) - منطقة **مريستيماتية** في طرف الجذر، في أطراف السيقان وفي إبط الأوراق والغصون.

كامبيوم קמביום (cambium) - نسيج مريستيماتي يقع حول السيقان والجذور التي خلايها تنقسم وتُنْتِج خلايا جهاز النقل في النبات. يؤدي نشاط الكامبيوم إلى ثخانة السيقان والجذوع (انظروا أيضًا: **مريستيما**).

غشاء السلى קרום השפיר - انظروا أيضًا: **السلى**.

شرغوف ראשן (tadpole) - المرحلة الأولى في عملية التطور (التحول) **البرمائيات**. يعيش الشرغوف في الماء ومبناه مناسب للأداء في بيت تنمية مائي.

تكاثر غير تزاوجي (تكاثر غير جنسي)רבייה אל־זוויגית (רבייה אל־מינית) (asexual reproduction) إنتاج كائن حي جديد من والد واحد دون إنتاج **خلايا تناسلية** (جاميتات). المبنى الوراثي للأفراد في التكاثر غير التزاوجي مماثل للوالد (انظروا أيضًا: **تكاثر تزاوجي**).

تكاثر تزاوجي (تكاثر جنسي) רבייה זוויגית (רבייה מינית) (sexual reproduction) - إنتاج كائن حي جديد في أعقاب إنتاج جاميتات واتحاد جاميتتان مختلفتان في عملية الاخصاب. عادةً، تختلف أفراد التكاثر التزاوجي في مبناها الوراثي عن بعضها وعن الوالدين (انظروا أيضًا: تكاثر غير تزاوجي).

تكاثر عذري רבייה בתולים (פרתנוגנזה) (parthenogenesis) - **تكاثر غير تزاوجي** يتطور فيه الفرد من **خلية بويضة** غير مخصبة. نجد التكاثر العذري في أنواع معينة للحيوانات والنباتات.

متعدد السنوات (معمرة) نبات רב־שנתי, צמח (perennial) - نبات يعيش أكثر من سنة واحدة ويتكاثر أكثر من مرة واحدة خلال حياته (انظروا أيضًا: **حولي، نبات**).

متعدد الخلايا، كائن حي רב־תאי, אורגניזם (multicellular organism) - كائن حي جسمه مبني من خلايا حقيقية النواة كثيرة منظَّمة في أنسجة وأعضاء (انظروا أيضًا: **أُحادي الخلية، كائن حي**).

الرحم רחם (uterus) - عضو في الجهاز التكاثري الأنثوي للثدييات الذي تتطور فيه الأجنة.

..... الرحم ריריתהרחם (endometrium) - التغطية الداخلية للرحم. يتغير سمكها خلال دورة الحيض.

التباين الجيني (التباين الوراثي) שונות גנטית (שונות תורשתית) (genetic variation) - فروق وراثية بين أفراد العشيرة، تنبع هذه الفروق من طفرات ومن إنتاج تراكيب جديدة للمعلومات الوراثية في عملية **التكاثر التزاوجي**. يمكن أن يكون للتباين الوراثي تأثير على سير النشوء والارتقاء (في علم الإحصاء، المصطلح "تباين" يوجد له معنى آخر).

مبيض שחלה (ovary)

في الحيوانات בבעלי חיים - عضو في الجهاز التكاثري الأنثوي، تنضج فيه **خلايا البويضة** وتُفرز منه هورمونات التكاثر.

في النباتات كاسيات البذور בצמחים מכוסי־זרע - القسم السفلي في **المتاع**، يحتوي **بويضة** واحدة أو عدة بويضات. بعد **الاخصاب** يتطور المبيض إلى ثمرة.

عبور مادة وراثية שחלוף (crossing over) - تبادل مقاطع بين كروماتيدات **كروموسومات متماثلة** خلال **الميوزا**.

..... شيبوט (cloning) - تكنولوجيا لإنتاج فرد بشكل اصطناعي من خلية ليست خلية تناسلية (خلية جسمية) تحتوي على نواة **ديبلوئيدية**. الفرد مماثل من ناحية وراثية للكائن الحي الذي أُخذت منه نواة الخلية.

مضاعفة الـ DNA שכפול (DNA replication) - مرحلة في دورة الخلية، يتم فيها بناء جزيء **DNA** جديد حسب جزيء DNA موجود. مرحلة المضاعفة تسبق انقسام الخلية.

المشيمة שליה (placenta) - عضو خاص يتطور في إناث معظم الثدييات أثناء الحمل. يستوعب الجنين غذاء وأكسجين بواسطة المشيمة من دم الأم وتُبعد فضلات الجنين. تَنْتُج في المشيمة هورمونات الحمل، وعي تُطلق من جسم الأم بعد الولادة مباشرة.

السلى שפיר (amnion) - الغشاء والسائل اللذان تتطور داخلهما أجنة **الفقريات** البرية (زواحف، طيور وثدييات) في جسم الأم أو داخل البيضة (انظروا أيضًا: **أكياس خارج الأجنة**).

أكياس خارج الأجنة שקים חוץ־עובריים (extraembryonic membranes) - **كيس الصفار، كيس بول أنثوي (النتوئيس)، السلى والكوريون** اللذان يتطوران مع الجنين في بداية تطوره.

كيس الصفار שק חלמון (yolk sac) - يزوِّد تغذية لجنين الأسماك، الزواحف، الطيور والثدييات التي تنقصها مشيمة.

كيس بول جنيني שק שתן עוברי (allantois) - يُستخدم لحفظ مواد إفراز نيتروجينية ولتبادل الغازات - أكسجين وَCO_2 في بيوض الزواحف والطيور. في جنين الإنسان، في جنين الإنسان، كيس البول الجنيني مختصر وهو جزء من الحبل السري.

خلية بويضة תא ביצה (ovum) - **خلية تناسلية** أنثوية. عند النساء نسمِّيها بويضة أيضًا.

خلية منوية תא זרע (sperm) - **خلية تناسلية** ذكرية.

خلية تناسلية תא רבייה (gamete) - خلية أو نواة **هيبلوئيدية** تَنْتُج في الكائنات الحية التي تتكاثر بطريقة **التكاثر التزاوجي** ويمكن أن تشترك في عملية **الاخصاب**.

مستنبت نسيج תרבית רקמה (tissue culture) - تكنولوجيا لإكثار نباتات من خلايا أو أنسجة على وسط غذائي في المختبر في ظروف تخضع للمراقبة.

سبات بذور תרדמת זרעים (dormancy) - توقف مستمر لنشاط البذرة، النهوض متعلق بعوامل داخلية في البذرة وبعوامل بيئة محيطة خارجية مثل الضوء ودرجة الحرارة.

DNA (Deoxyribo Nucleic Acid) - جزيء يحمل الصفات الوراثية للكائن الحي، لذا نسمِّية "المادة الوراثية". حسب تسلسل القواعد في الـ DNA يتم تحديد مبنى البروتينات في الخلايا (انظروا أيضًا: **مضاعفة** الـ **DNA**).

FSH (هورمون يحفز الجُريب הורמון מעורר זקיק Follicle Stimulating Hormone) - هورمون يَنْتُج في **الغدة النخامية**، يؤدي في كل دورة إلى تطور عدة **جُريبات في المبيض**، حيث يصل واحد منها إلى درجة جُريب ناضج.

GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) - **هورمون** يُفرز من **الهيبوثالموس**. ينظِّم إفراز الهورمونات **الجونادوتروبينية (التناسلية)** التي تُفرز من **الغدة النخامية**.

hCG (human Chorionic Gonadotropin) - **هورمون** يُفرز بواسطة **الجنين والمشيمة** في الإنسان في بداية الحمل. يُستوعب الهورمون في **المبيض** ويثبط (يعيق) اضمرار **الجُسَيْم الأصفر**.

LH (هورمون الإصفرار הורמון ההצהבה Luteinzing Hormone) - هورمون يَنْتُج في الغدة النخامية. يؤدي إلى الإباضة وإنتاج جُسَيْم أصفر في المبيض.

دليل المصطلحات

في نهاية الدليل، يوجد مصطلحات نكتبها، عادةً، بطريقة مختصرة بأحرف إنجليزية.

أ

نشوء وارتقاء 20, 29-31, 88
- في ثدييات بحرية 87
- الإنسان 59
- طرق تكاثر الفقريات 101
- التكاثر التزاوجي عند النباتات 140
- عمليات تكاثر 170

أسدية 118-119, 122
ادوارس، روبرت 66
الحصبة الألمانية، فيروس 52
أوزون في الغلاف الجوي 170
عشيرة بنو البشر، تعداد 60-61
إولتراساوند 69
اوكسيتوسين
- في الولادة 57, 58
- وإفراز الحليب 59

أوكسين 138, 165
- تأثير على التطور في مستنبت نسيج 156
- تأثير على تطور فسائل 153
- تأثير على تطور ثمار 134, 162

ضوء، تأثير على الإنبات 137, 159
ضوء، تأثير على التكاثر 28
طول النهار
- تأثير على وضع البيض 147
- تأثير على الشبق والبلوغ الجنسي 147
- تأثير على الإزهار 116-117, 161
- تأثير على التكاثر عند الحيوانات 82

إشارة خارجية من البيئة المحيطة: انظروا: عوامل خارجية من البيئة المحيطة
تجانس وتباين 15, 24, 175
تخزين بذور وثمار، ظروف 165
عدم ملاءمة ذاتية (في النبات) 126
أعضاء تخزين في النبات 113
أعضاء تزاوج 88, 90, 91, 170
أعضاء حسية 28-29
أعضاء تكاثر انظروا: جهاز التكاثر
اتحاد جاميتات انظروا: اخصاب (اتحاد خلايا تناسلية)
ايدس 74
غشاء بول جنيني 93
السّلى: انظروا السّلى
وسائل لمنع الحمل 74-75
اندوسبيرم 127-130
استروجن 38, 44-45, 75, 150
- في الحمل 52

استراتيجيات تكاثر 171-174, 177
صوص انظروا أيضًا: فراخ 93-95, 174
- مقارنة بين الفراخ 94, 95

أكروسوم 41, 50
خصية 36, 39, 85
نافذة البحث 11, 95, 104, 124, 135, 163
إثلين 163, 164-165

ب

بلوغ جنسي 38, 80
- مبكر عند الأبقار 147

فحوصات الحمل
- فحص الحمل 53
- فحص سائل السّلى 53, 69, 71
- فحص خملات كوريون 69-70, 71

إباضة 42, 44, 48, 76
- مشروطة 97

تدجين حيوانات 146
بيضة 27-28, 89, 170
- وخلية بويضة، مقارنة 89
- دجاجة، تطور ومبنى 92
- بيضة، مقارنة مع الرحم 88
- عير مخصبة 148

بويضة
- في الإنسان انظروا خلية بويضة
- في النبات 120-121, 128, 170
- تبرع... 68

غدة
- حليب 59, 99
- مساعدة 36, 40

- بروستتا 36, 40
- كوفير 40
بنك خلايا منوية 66
مشاكل خصوبة 64
كاسيات البذور 115
مشيمة انظروا أيضًا: مشيمة 100
بصل 112, 113, 155
نشوء تلقائي 11
انتخاب طبيعي انظروا أيضًا: نشوء وارتقاء 30
انتخاب اصطناعي 46
طهور 37

ت

نمو 14, 53, 139
فراخ انظروا أيضًا: صوص 94, 174
جولد، ستيفن 59
جوناندوتروبينات انظروا: هورمونات التكاثر عند الإنسان
جُسَيْم أصفر 42, 45, 52, 149
جُسَيْم متقطب 42, 43, 50
عامل محدد 172
عوامل خارجية - بيئة محيطة 28, 80, 82, 114, 115
- تأثير على تطور الفسائل 152, 153
عوامل داخلية - وراثية 80, 114, 115
- تأثير على تطور الفسائل 152, 153
جيوفيتات 113
الذروة 44, 45 LH
جيبرلين
- تأثير على تطور الثمار 162
- تأثير على الإنبات 138, 159
- تأثير على النمو 165
- وتوقف السبات 160
تقليم 164-165
سن البلوغ (عند الإنسان) 35, 37-38, 40, 44
تحوُّل في البرمائيات 87
أقراص لمنع الحمل 75
جاميتا، انظروا: خلايا تناسلية
- أنثوية: خلية بويضة
حبيبة لقاح 119-120, 170
- وميسم، تعارف 127

ث

داون، أعراض 71-72
أسماك، تكاثر في... 85-86, 101
ركود 94
ثنائي المسكن، نبات 121
ثنائي الجنس، زهرة 121
برمائيات
-تحوُّل في ... 87
- تكاثر في ... 86, 101
ثنائية الفلقة، بذرة 130
الغشاء الحاجب 74
تفريد أجنة 73
تفريد ثمار وأزهار 162, 165
نزيف الحيض 44, 45
ديبلوئيد، خلية 15, 50
داروين، تشارلس 30

ج

تلقيح 114, 122, 127
- غريب (متبادل) 123-124
- اصطناعي 162, 165
- بواسطة حيوانات 122
- بواسطة رياح 122
- ذاتي 123-126
- طرق 122
إضاءة اصطناعية
- تأثير على وضع البيض 147
- تأثير على النباتات في الدفيئة 161, 165
نضوج وإنضاج، ثمار 114, 163
معالجات تؤدي إلى نضوج جُريبات 73
محاكاة فوق صوتية (اولتراساوند) 69
اتزان بدني 48
والدان بيولوجيان 67
هورمونات تكاثر عند الإنسان
- جوناندوتروبينات انظروا أيضًا: GnRH, FSH, LH 38
- جنس: انظروا أيضًا: استروجن، طوسطسطرون، بروجسترون 38-39
هورمونات انظروا حسب أيضًا: حسب أسماء الهورمونات 28
- أعضاء مستهدفة 39
- في الإنبات ودورة حياة النبات 138

- إفراز من المخ 29,28
- إفراز من المشيمة 52
- معالجة في... 64, 149, 152-153, 159, 162, 163-164, 165
-إنتاج في المبيض 34-35
- تنظيم بواسطة... 28-29, 46
- تزامن الشبق 149
الزرع (التخصيب) الاصطناعي في الأبقار 148-149
وضع البيض، تأثير طول النهار 147
وضع بيض احتياطي 148
جوانب أخلاقية: تدخُّل الإنسان، جوانب أخلاقية
تعارف بين الخلية المنوية وخلية البويضة 26
تعارف بين الميسم وحبيبات اللقاح 123, 126, 127
الغدة النخامية 38-40, 44
هيبوثالموس 38, 39, 44
انفصال غير متعلق للكروموسومات 17, 18, 19, 24
حمل 45, 51-57, 70
- متعدد الأجنة 57
- فحص 53
- في الثدييات المختلفة 98
بقاء أفراد 30
توجيه موعد الشبق عند الأبقار 148
انقراض ثدييات كبيرة 60
مضاعفة DNA 15, 18
ولادة 98
استمرارية النوع (species) 10, 176
تبرعم 102-103
ارضاع 59, 99
اجهاض اصطناعي انظروا أيضًا: توقف الحمل
هيبلوئيدية، خلية 15
توقف الحمل (اجهاض) 72
نشر ثمار وبذور 114
إخصاب (اتحاد خلايا تناسلية) 13, 24, 26, 50, 114, 176
- في الإنسان 45, 48-50
- في النبات 127
- خارج الجسم 65-68, 73
- خارجي 27, 85, 86
- مضاعف 128
- ذاتي انظروا: تلقيح ذاتي
- داخلي 27, 86, 88, 170
- داخلي (في النبات) 128, 171
إخصاب في الأنبوبة 65
تجميد خلايا تناسلية وأجنة فائضة 66, 73
تركيب 153-154
خُنثى 25, 26
إعاقة الإنبات انظروا أيضًا: سبات بذور 28, 138
بذل جهد في تنمية النسل: انظروا استراتيجيات التكاثر
حث الشبق (عند الأبقار) 150
التفريخ 86, 98
- في الزواحف 89
تثبيت الجنين في الرحم 51
ملاءمة بين الأداء والوظيفة
- التلقيح 122, 125-126, 141
- نشر البذور (بواسطة الرياح والحيوانات) 132, 133
- البيئة المحيطة الحياتية 30
- مبنى الرحم 35, 88, 89
- مبنى الخلية المنوية 41
بلوغ جنسي 38
اتحاد خلايا تناسلية: انظروا: الإخصاب
تمايز 53, 139
- في مستنبت نسيج 156
تدخُّل الإنسان
- في عمليات تكاثر الحيوانات 146-151, 177
- في عمليات تكاثر النباتات 134, 151-165
- في عمليات تكاثر الإنسان 64-76
- جوانب أخلاقية 72-74, 90, 106, 150-151
تطور
- مستمر (في النباتات) 111, 139
- جنين انظروا أيضًا: جنين 53-55, 98, 176
- جنين في البيضة 93
- ثمار 128, 131-132, 162
جهاز داخل الرحم 75

ح

تنظيم هورموناتي انظروا: هورمونات مردودية بواسطة
الحيض انظروا: دورة الحيض

ذ

جنس (زوج) 10
- تحديد الـ.(في الإنسان) 25-26
زواحف 101
زيجوت 24
- إنتاج في الإنسان 49-50
- إنتاج في النبات 127

خيط السُداة 119, 122
صنف 154
جُريب 50
- ناضج 41-43
- أولي 35, 41-44
- معالجة لإنضاج.. 73
بذرة 27, 28, 129-130
- تخزين 158, 165
- ثنائي الفلقات /أُحادي الفلقة 130
- إعاقة الإنبات 28
- مبنى 129-130
- النهوض من السبات وتنشيط الإنبات 159
- الحفاظ على الضرورية 158, 165

د

الحبل السري 52, 58
أُحادي المسكن، نبات 121
أُحادي الجنس، زهرة 121
أُحادي الفلقة، بذرة 130
حولية، نبات 110
أُحادية الخلية، تكاثر في.. 20,102-103
تبقى في العش 94, 99
حوطار 112, 154
فقريات 80, 81
حامض الابستيك 138
مادة وراثية 13, 14, 49
مادة إدخارية 28
- في البذرة 131, 136
مواد تُعيق الإنبات 138, 159, 165
قانون العائلة (اتفاق حمل الأجنة) 67
حيوية البذور 158, 165
حيوية الخلايا المنوية 49
المغازلة (في الحيوانات) 83-84
حليب، في الأبقار 150
حليب، إنتاج (في الإنسان) 59
انقسام اختزالي (ميوزا): انظروا أيضًا: ميوزا 15
انقسام خلية (ميتوزا): انظروا أيضًا: ميتوزا 102
صفار وبروتين (في بيضة الدجاجة) 91, 92
صفار في خلية البيضة (في الإنسان) 41
أكسجين، في الإنبات 137
عقد الثمرة 131, 162
عاريات البذور، نباتات 115
عاريات البذور، ثمار 134
عديمة المشيمة، ثدي 101
قناة فالوب (الإنسان) انظروا: قناة تنقل خلايا البويضة
عاريات البذور 132

ذ

تاي زكس 68, 69
حلقات سنوية 139-140
طحبيات 140
معالجة النسل 94-95, 99-100, 172-173
معالجة هورمونالية انظروا: هورمونات، معالجة في ...
معالجة الخصوبة 57
تلومر 106
طوسطرون 38, 40, 91

ر

ثدييات الكيس 100
ثدييات 96, 98, 99
البربخ (في الإنسان) 37, 40
البربخ (في الدجاج) 91
الغدة النخامية 38
وحدة الانتشار 132
النسبة بين عدد النسل وبذل الجهد 172-173
العلاقة المتبادلة، نباتات وحيوانات 141, 177
الشبق عند الحيوانات 96-97
- تأثير طول النهار 147
- تصرفات (سلوكيات) 149
- التزامن والحث في الأبقار 148-150
فسائل 112, 152-153, 165
وليد (إنسان) 35, 58
- كبر المخ 59
قدرة النبات على التجدد 111, 151
أيام مضمونة 76
رضاعة 59, 150

ز

كوريون 51, 93
- فحص خملات... 70
- خملات 51
كيس هواء (في البيضة) 93
كنه 153

كروموسوم 21 71
كروموسومات جنسية (X,Y) 25-26
كروموسومات 13-15
- في الجنين، فحص 69-70
- متماثلة 15, 19
- مضاعفة 14
- انفصال غير متعلق 17, 18, 19, 24
كروماتيدات أخوية 14-15

س

ولادة 57-58, 98

ش

ملقحات 118
متك 119
مبنى البيضة (طير) انظروا: بيضة، مبنى
الثورة الصناعية، وازدياد تعداد السكان 60
المخ 28
طفرة 20, 31
طفرة وتباين وراثي 20
الاستعداد للتكاثر 29
دورة الحيض 38, 39, 44-46, 48, 96
- والإباضة، مدتها ودوريتها 47
- الأيام المضمونة 76
- تزامن (الإنسان) 67
دورة حياة 114, 176
- النبات، تدخُّل الإنسان 158-165
دورة الشبق 96-97, 148-149
- ودورة الحيض، مقارنة 97
دورة جنسية انظروا أيضًا: دورة الحيض ودورة الشبق96
مرض وراثي في الجنين، تحديدها 68-71
مرض جنسي 74
ماء السلى انظروا: السلى، سائل
معلومات وراثية 13
ميوزا 13, 15-16, 18, 24, 42, 43, 176
- في الإنسان 40, 42-43, 50
- في النبات 119, 120, 121
- وميتوزا، مقارنة 18-19
- وتباين وراثي 17
- في إنتاج خلايا تناسلية 24
- مراحل 16
ميتوزا 13-14, 53, 102, 103, 111, 176
- في بويضة النبات 121
- في الجنين 50
نوع بيولوجي (species) 10, 26, 50
نوع في خطر الانقراض 86, 90
كاسيات البذور 132
آليات تعارف في النبات 123
آليات تنظيم واتصال 28
آليات مردودية (موجبة وسالبة) انظروا: تغذية مرتدة
منع التلقيح الذاتي 125-126
منع الحمل 74-75
وجبة برد 161
عدد النسل والاستثمار، النسبة بينهما 172-173
انتقال مواد بين الأم والجنين 52
تدخُّل الإنسان، جوانب أخلاقية انظروا تدخُّل الإنسان
جوانب أخلاقية
غلاف شفاف 41, 50
مثبطات (معيقات) الإنبات، مواد 138, 159, 165
جهاز التكاثر 28, 29, 176
- في الإنسان انظروا أيضًا: مبيض، خصية 35-37
- في الأسماك 85
- في النباتات انظروا أيضًا: سُداة، بويضة 118-121
- في الدجاجة/الديك 91
وسط تنمية (اصطناعي) 156
مريستيما 111, 139, 151
الموارد كعامل محدد 171-172
مردودية (تغذية مرتدة):
- موجبة 29, 44, 46, 48, 59
- سالبة 29, 39, 44, 45, 46

ص

الإنبات 114, 136-138
- والفيتوكروم 137
- والهورمونات 138
- إعاقة/تثبيط/تنشيط 138, 159, 165
- ظروف تؤثر 136-137
إنبات حبيبات اللقاح 127
مضادات، انتقال من الأم إلى الجنين 52
السائل المنوي (في الإنسان) 37, 40, 48, 49
نحشون 127, 128
براعم التكاثر 112, 155

سويق 129, 136, 139
المهبل 35, 48-49
حامل، الأليل 69
تنفس خلوي، في الإنبات 136
تساقط، أزهار، وثمار 128

ض

بيئة محيطة جافة، تكاثر في .. 101, 170
بيئة محيطة مائية، تكاثر في.. 85 -87, 170
بيئة محيطة مائية/رطبة للإخصاب ولتطور الجنين 27, 88, 93 ,
101, 128, 140
دلالات جنسية
- أولية وثانوية في الإنسان 37-38, 40
- ثانوية في الحيوانات 82-83
دلالات ذكرية وأنثوية انظروا: دلالات جنسية
خملات كوريون (خملات المشيمة) 52, 70-71
تزامن الشبق عند الأبقار 148-149
تزامن دورة الحيض (في الإنسان) 67

ع

المتاع 118, 120, 127
الجنين 27-28, 50-51, 101
- في الإنسان 52
- في النبات 129
- تزويد الأكسجين إلى ... 28, 58
- فحص سلامة الحمل 69
- حماية .. 27-28, 88, 170
- إفراز فضلات 52, 93, 101
- التطور في البيضة 93
- التطور في الرحم 98
- أغشية (أكياس) 51, 93
أجنة زائدة، تجميد 66, 73
أجنة، تكاثر، وتفريد 57, 73
يترك العش 94, 99
موسم التكاثر / موسمية 81-82, 96, 146, 176
طيور، تكاثر في.. 90-95
ضروع 99
تثبيط الإنبات 138, 159, 165
أوراق الغلاف الزهري(تويج، كأس) 118
بروستتا، غدة 36, 40

ظ

خلل وراثي، تحديده في الجنين 68-71
تركيب ضوئي 129
- وتطور الثمرة 162
التوقيت الضوئي
- في الحيوانات 147
- في النباتات 115, 161
العائلة 67
خصوبة الرجل، تأثيرات ضارة على ... 36
خصوبة، مشاكل 64
فيتوكروم
- وإنبات 137, 159
- وإزهار 116
قضيب 36, 37
ثمار انظروا: ثمرة
باستور، لويس 11-12
فلقات 129-130
درنة 112-113, 155
بروجسترون 38, 44-45, 75
- في الحمل 52, 59
- في التزامن وحث الشبق عند الأبقار 149, 150
برولكتين 59, 99
فرومون 84
بروستجلندين 149
زهرة 115, 118, 122
- ثنائي الجنس / أُحادي الجنس 25, 121
ثمرة
- نضوج وإنضاج 163-164
- لنتشار 131-133
- تطور انظروا أيضًا: عقد الثمار 131-132, 162, 128
- عديمة البذور (ثمار عذرية) 134, 135
إزهار 114, 115-118
- توجيه موعد الـ ... 161, 165
- تأثير درجة الحرارة 118, 161
- تأثير دورية ساعات الضوء 116-117, 161
فتحة جنسية خارجية 85, 91, 170
جدائل بروتينات في بيضة الدجاجة 92

ع

النسل، التباين والتجانس في ... 13, 17, 20, 24, 123
غدد رحيق، أزهار 118, 122

طرق تكاثر 12-13, 176
سيتوكنين
- في الإنبات 138
- تأثير على التطور في مستنبت النسيج 156
- تأثير على تطور الفسائل 153
أنبوب البيض، دجاجة 91
أنبوب البويضات انظروا: أنبوب ينقل خلايا البويضة
أنبوب ينقل خلايا منوية 36, 37, 40, 85, 90, 91
أنبوب ينقل خلايا البويضة 35, 42, 48, 49, 51, 85
أنابيب نقل (في النبات) 139
آلام الولادة 57
- مردودية موجبة في ... 58
ميسم 120, 122
نبات نهار طويل/ نهار قصير 116-117
نبات، القدرة على التجدد 151
نبات صغير (في مستنبت نسيج) 156
نمو 114, 139-140
- تأثير التقليم على... 164

ف

كالوس 151, 156
تحديد الجنس 25-26
حمى القش 123
قمم النمو 111, 151
مشاركة - في النشوء والارتقاء، نباتات وحيوانات 141
العازل الذكري 74
كامبيوم 139, 153
جذمور 112, 113
غشاء السّلى انظروا: السّلى
غشاء بول جنيني 93
أغشية (أكياس) الجنين 51, 93
الاحتلام 41
أشهة فوق بنفسجية 170
بداية الحياة 170
شرعوف 86, 87
متعدد السنوات، نبات 110
متعدد الخلايا 15
تكاثر غير تزاوجي (لا جنسي أو خضري) 12-14, 20, 102-106, 110, 111-113, 158
- في الزراعة 113, 151-158

غ

تكاثر على اليابسة (حيوانات) 88-101
- في الثدييات 97-101
- في الطيور 90-96
تكاثر في بيئة محيطة مائية 85, 170
- في الثدييات البحرية 87
تكاثر ورقي انظروا: تكاثر لا جنسي
تكاثر تزاوجي (جنسي) 12, 13, 15, 20, 24-26, 30, 110, 113
- وتباين وراثي 24, 29-31
- في الإنسان 33-59
- في الحيوان 80-129
- في النبات 115-129
- حسنات 30
تكاثر، موسمية انظروا: نبات يوم قصير/نبات يوم طويل 81-82, 28, 96, 146, 176
- أشكال 12, 176
تكاثر عذري 103-104, 130
تجدد انظروا: القدرة على التجدد
الرحم 27-28, 48, 35, 51, 55, 171
- ملاءمة بين المبنى والأداء 35
- مخاط (في الإنسان) 35, 44, 45, 51
مستويات تنظيم (خلية، كائن حي، عشيرة، مجتمع) 175-176
رد فعل (الوليد) 58
أنسجة جنينية انظروا: مريستيما

ف

النهوض من سبات البذور، طرق لـ... 159
تباين وراثي/ جيني 13, 17, 19, 24, 30
- وطفرات 20
- في أعقاب التلقيح الذاتي/الغريب 123
القناة البولية التناسلية (في الإنسان) 37
جذر 112
جُذير 129, 136, 139
مبيض
- في الإنسان 35, 39, 44
- في النباتات 120, 127,131
- في الأسماك 85
- في الطيور 91
عبور 18, 19, 24
كلونة 105

مرحلة التكيف، للنباتات الصغيرة 156
مراحل (خضري وتناسلي) في دورة حياة النبات 114, 115
- تدخُّل المزارعون في.. 158-165
روافد 112
مشيمة 28, 51-52, 70
- بسيطة 100
- ثدييات عديمة... 101
مثانة السائل المنوي 40
السّلى 51, 88, 93
- في بيضة الطيور 93
- في فحص سائل... 69, 71
كيس الصفار 93
أكياس اللقاح 119
أكياس الجنين 51
سرخسيات 140

ق

خلية ديبلوئيدية 50
خلية هيبلوئيدية 15, 40
توأم 55, 56
خلية بويضة 25
- في الإنسان 35, 41-43, 48-50, 55, 76
- في السمكة 85
- في الطيور 91
- في النبات 120-121, 127, 128
- وبيضة، مقارنة 89
خلايا تزاوج (خلايا جنسية) انظروا: تكاثر
خلايا منوية 25, 37, 40, 41, 48, 85
- في الإنسان 36, 49
- إعدادها 49
- تأثير درجة الحرارة 36
- دخول خلية البويضة 50
- ضرورية 49, 76
- إنتاج وتطور (في الإنسان) 36, 40
خلايا تكاثر 13, 25
- فروق في إنتاجها (في الإنسان)43
- التعارف بين 26
- تجميد 66
- مكوِّنات وراثية 18, 24
- إتحاد (في الإنسان) 49-50
- وطفرات 20
- في النبات 127, 128
- إنتاج وتطور (في الإنسان) 38, 40-43
- التقاء بين .. 48-49, 86, 88
معدل الحياة (الإنسان) 60
- وبلوغ جنسي 80
تغذية، طفل 59
طفل الأنبوبة انظروا أيضًا: اخصاب خارج الجسم 66
تخطيط العائلة 61, 74-75
ظروف البيئة المحيطة، تغيُّر ونشوء وارتقاء 30
عوارض داون 71-72
فترة الشبق 96, 149
اتصال بين الجنسين 83-84
مستنبت نسيج (في النبات) 105, 156-157
مستنبت خلايا انظروا: مستنبت نسيج
سبات بذور 159
تبرع بويضات 68
ديك البيت، تكاثر في ... انظروا: طيور، تكاثر في ....

FSH 38-41, 44, 45, 147
LH 38-41, 44, 45
DNA 13, 14, 15, 18
GnRH 38, 39, 41, 44
hCG وحمل 52

مصادر الصور

نشكر الأشخاص والمنظمات الذين منحونا موافقتهم استعمال الصور.

We thank all organizations and individuals who granted us permission to reproduce their materials in this book

صفحة	اسم الصورة	اسم المصور (المصدر*)
10	تكاثر عنزة	G. Seguin (wiki comm)
27	بذرة أفوكادو تنبت	Dontworry (wiki comm)
27	صوص يخرج من البيضة	Deutsche Fotothek: r.Rossing (wiki comm)
56	توأم	د. فرنكل
57	مراحل خروج الجنين	البيولوجيا بحث الحياة، كراسة و، صفحة **541** المركز الإسرائيلي لتدريس العلوم (1976).
66	أوعية لحفظ أجنة وبويضات	مختبر الإخصاب خارج الجسم، مشفى هداسا عين كارم.
67	حقن خلية منوية داخل خلية بويضة	مختبر الإخصاب خارج الجسم، مشفى هداسا عين كارم.
70	هيئة كروموسومات سليمة من خلية رجل	National human research Institute (USA) (wiki comm)
74	أقراص دواء	Aleksandra Banic (sxc)
	العازل الذكري	Irineu I Degasperi (sxc)
81	سمكة سلمون يأكلها دب	J. Couperus (wiki comm)
81	أسماك سلمون تسبح في مرتفع الوادي	N.Eaton Jr.
83	القرون كدلالة جنسية ثانوية	ج. بن آفي
84	ذكر الفريجتا	C. Anderson (wiki comm)
84	طاووس ذكر	KrzysztofB (sxs)
86	"تزاوج" العلجوم	Janepfeifer at de.wikipedia (wiki comm)
86	سمكة سلمون تخرج من البيضة	Professor Dr.habil. UweKils (wiki comm)
87	حوت	M. Catanzariti (wiki comm)
87	دولفين	F. Meir (France) (wiki comm)
87	تحوُّل البرمائيات	البيولوجيا بحث الحياة، كراسة و، صفحة **825**، المركز الإسرائيلي لتدريس العلوم (1976)
90	سلحفاة البحر	Ukanda (Wikipedia)
90	أنثى السلحفاة تضع بيضًا في الحفرة	Grass Routes Journey (Flicker)
92	أنثى النعامة	M. Hellstrom (wiki comm)

* سُجِّل المصدر باختصار:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File: - (wiki.comm)

http://www.sxc.hu/photo/ - (sxc)

http://www.flickr.com/photos/ - (flickr)

92	بيضة نعامة	Raul 654 (wiki comm)
93	صوص يخرج من بيضة	بموافقة موقع greatchickencoops
94	ركود أنثى الحمام الرقطي	Timwindsor (Flicker)
95	فراخ جائعة	benjamint 444 (Wikipedia)
99	عِجل يرضع من أمه	S. van der Wel (wiki comm)
99	قطة وجراء	keith levi (sxc)
100	قردة وجروها	Lee Le Fever (Flicker)
100	كنغر	Martyman (Wikipedia)
104	دافنى	P. Hebert (wiki comm)
110	بيسوم	ش. دور حاييم
112	نيتسنيت	Crazy D (wiki comm)
114	دورة حياة النبات	أ. كارمن
118	مقطع عرضي تخطيطي في الزهرة	أ. كارمن
118	بيتونيا	Maja Dumat (Flicker)
119	حبيبات لقاح	remf.dartmouth.edu; D. Barthel (Wikipedia)
124	ايستيس متسوي	د. ليفي
128	خيارة مع بقايا أوراق التويج	أ. سده
132	ثمرة اسبست	أ. سده
133	بذور هردوف	أ. سده
133	ثمارة حفتسلت الشاطئ	د. عتصمون
134	بطيخ دون بذور	أ. سده
138	بذور مشمش ومانجو	ر. أمير
140	طحبيات وسرخسيات	ر. نوسينبوس
141	زهرة احيروتم (قبل التلقيح)	Sarah Murray (Flicker)
141	زهرة احيروتم (بعد التلقيح)	Daryl Mitchel (Flicker)
141	دفورنيت	Ian Capper
152	نبتة سيجليت كاملة	Sonja McAllister (Flicker)
152	ورقة سيجليت في الأصيص	Commonguy (Flicker)
152	ورقة سيجليت في مرطبان ماء	Judi Cox (Flicker)
153	تركيب في التفاح	ط. سيجلر رحمه الله (بموافقة نشرة المزارع)
154	تركيب في الحمضيات	أ. تجاري
154	صبار مركَّب	أ. سده
154	جذع نخيل مع حوتريم	ط. سيجلر رحمه الله (بموافقة نشرة المزارع)
156	نبتة السحلب.	Wildfeuer (wiki comm)
157	أشتال موز من مستنبت نسيج	ط. سيجلر رحمه الله (بموافقة نشرة المزارع)
160	تربة محروثة	IJsendoom Poul
160	متوشلاح	أ. سولووي Elaine Solowey
161	ليزيانتوس	Andrew Dunn (Wikipedia)

صُوِّرت الصور الآتية على يد ر. أمير (حسب رقم الصفحة):
10: بادرات، 25: زهرة ثنائية الجنس، (عائلة السوسنيات)، 26: أشجار نخيل، 58: رد فعل الإمساك باليد، 95: صوص حجل، 110: شجرة المل، 111: الورقة التي سقطت على التربة أنبتت جذورًا، 112: بطاط، عشب أخضر، بركا 113: عمود إزهار الحتساف، 115: أجفا مع عمود إزهار، 117: زيجوككتوس، 118:هيبوسكسو، 118: يعرا ايطالية، 122: أزهار شجرة المل، 122: حرتسيت، 125: أزهار خروب ذكري وأنثوي، 129: بذور فاصولياء، 130: البذور كمكوِّن في الغذاء، 131: افوكادو، رمان، فلفل 131: عقد ثمار سولونوم سعير 132: بروقات الحمار، انتشار بواسطة الرياح، 132: عوزرار، 133: سكوتش، 134: ثمار دون بذور (موز، افرسمون)، 140: مقطع في جذع مع حلقات سنوية، 152: فسائل تجذرت في الماء، 155: درنة بطاطا مع غصون جديدة، 155: بصل حفتسلت مع أبصال صغيرة + بصلل بنفسجي

بذلنا كل جهدنا كي نجد ونذكر أسماء أصحاب جميع الحقوق على الصور التي تظهر في الكتاب. نعتذر مسبقًا على كل خطأ أو حذف، وإذا زودتمونا بهذه المعلومات فسوف نقوم بتصحيحها في النسخة القادمة.

Every effort has been made to locate and credit all copyright holders. In case of omission or mistake, please contact the publisher for correction in future editions.