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.

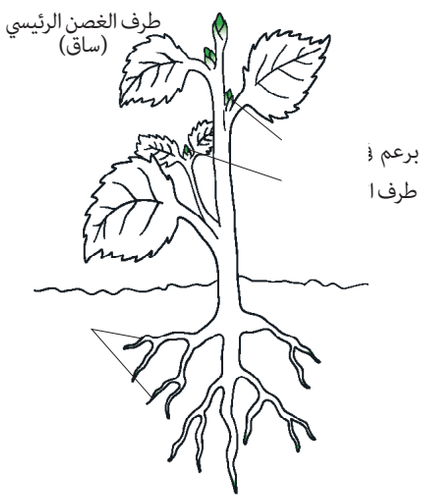
ح1. تكاثر غير تزاوجي (لا جنسي)

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

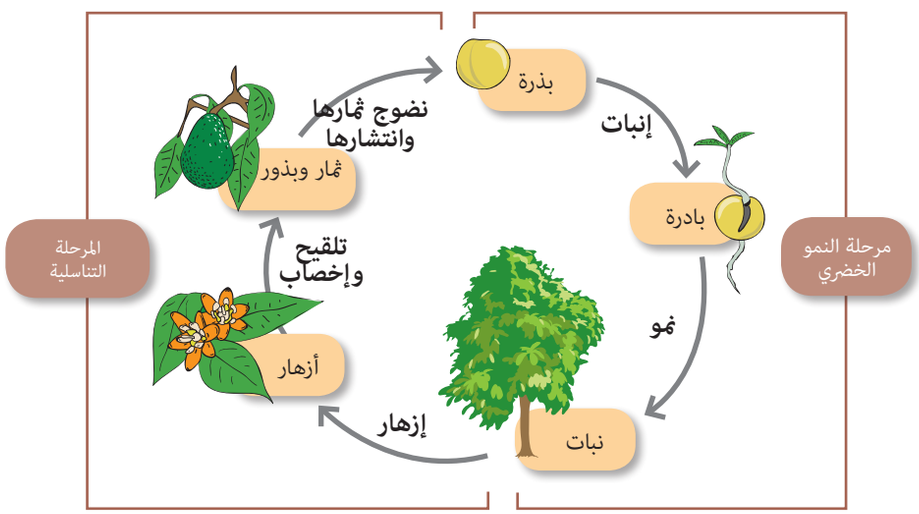
التكاثر التزاوجي عند النباتات يشبه من ناحية مبدئية التكاثر التزاوجي في كائنات حية أخرى: **خلايا تكاثر هيبلوئيدية (جاميتات)** تلتقي وتتحد، من **الزيجوت الديبلوئيدي** يتطور جنين وهو يتطور إلى نبات جديد. مع مرور الوقت، يكبر النبات حديث السن إلى نبات بالغ ويصل مرحلة تطور الأزهار في داخلها أعضاء تناسلية،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

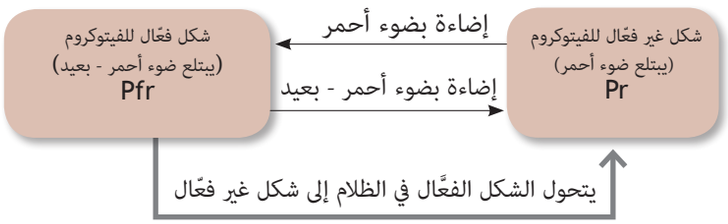
أو لا يُزهر هو تسلسل عدد ساعات الظلام وليس بالضرورة عدد ساعات الضوء. **نبات نهار قصير**، هو نبات يُزهر فقط إذا كان تسلسل عدد ساعات الظلام أكبر من قيمة العتبة (القيمة الحرجة). يُزهر **نبات نهار طويل**، فقط إذا كان تسلسل عدد ساعات الظلام أقل من قيمة معينة.

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.



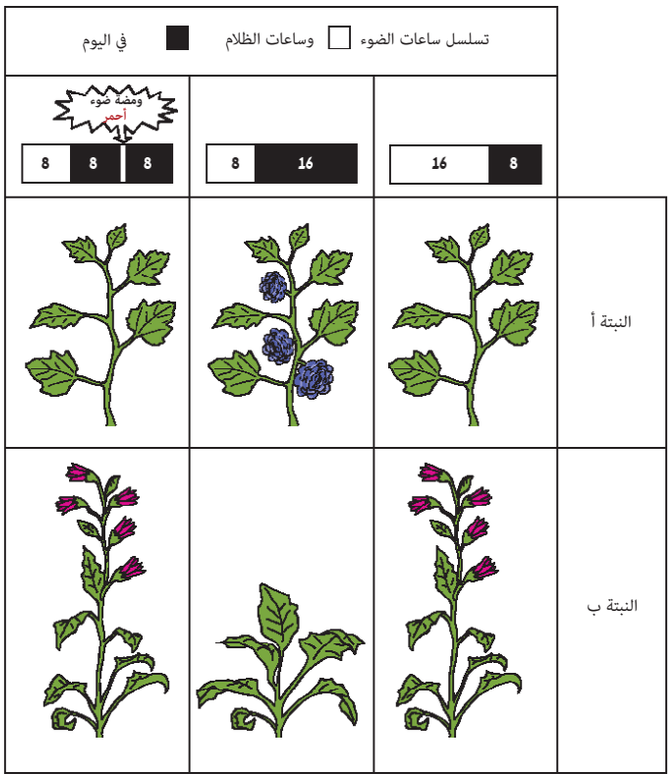
الرسمة ح-6: انتقال شكل الفيتوكروم عند تأثير أنواع الضوء

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.

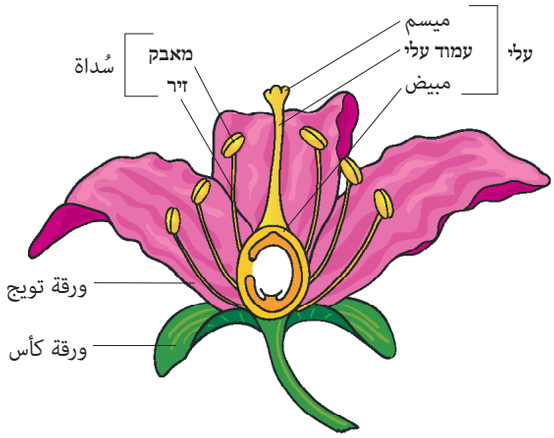
ح2.2 مبنى الزهرة والأعضاء التناسلية

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.

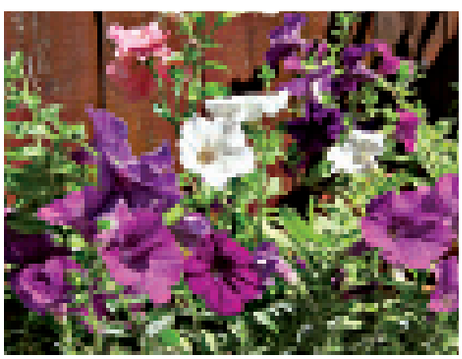
أقسام النبتة مرتَّبة عادةً في دوائر (حلقات):

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

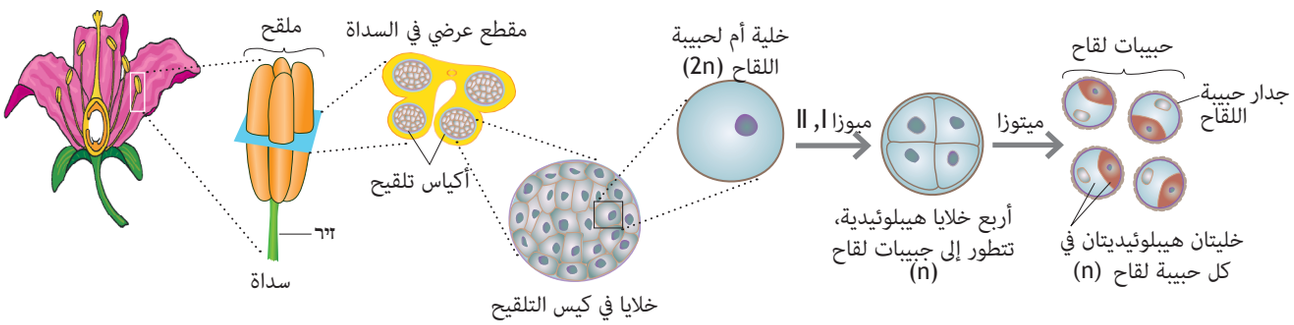


الرسمة ح-9: أزهار ذات غلاف زهري مختلف
من اليمين إلى اليسار: **היביסקוס, יערה איטלקית, פטוניה**

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.

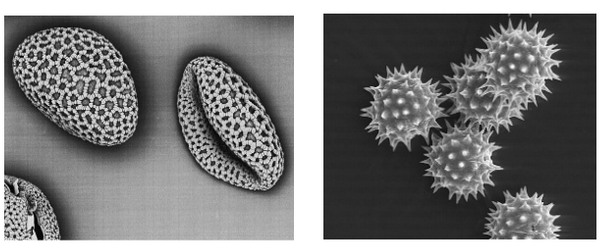


الرسمة ح -10: تطور حبيبات اللقاح

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.

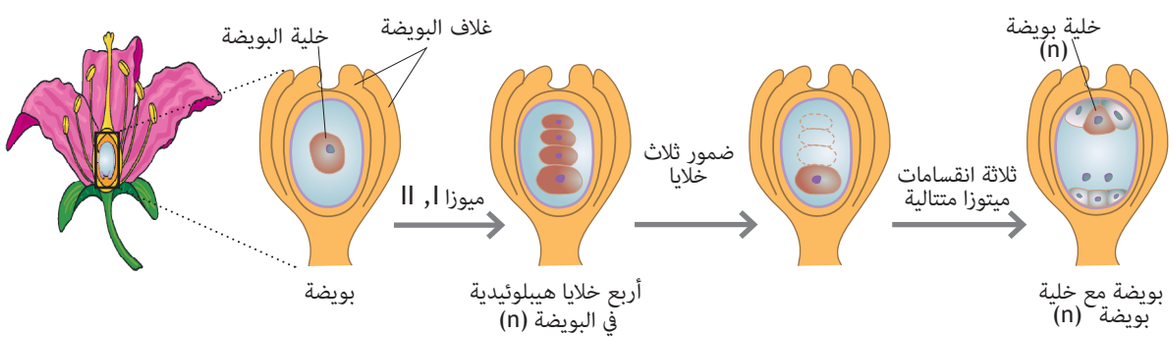
سؤال ح - 6

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).

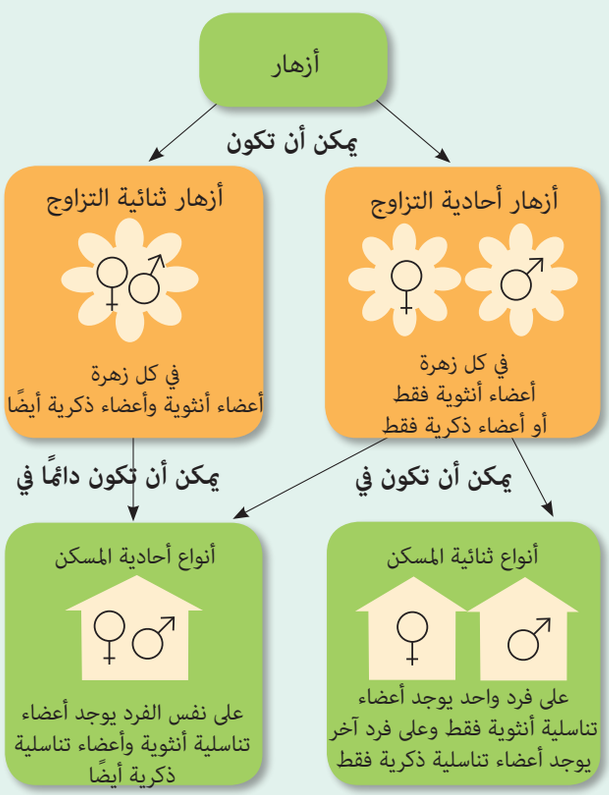
سؤال ح - 7

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.

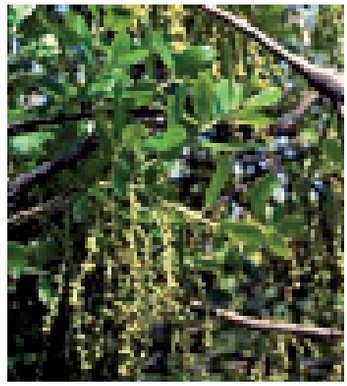
بالمقارنة مع الحيوانات، النباتات ثابتة في مكانها ولا تستطيع أن "تفتش" عن زوج. يتم نقل حبيبات اللقاح من زهرة إلى زهرة بطريقتين أساسيتين: التلقيح بواسطة الرياح والتلقيح بواسطة الحيوانات (بالأساس حشرات وعصافير). مبنى الزهرة، لونها ومبنى حبيبات اللقاح ملائمة لطريقة التلقيح (جدول ح-2, الرسمة ح - 13).

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.

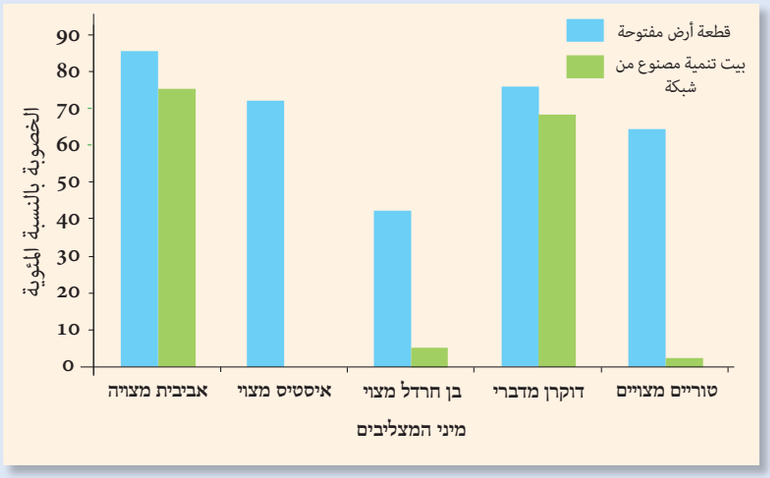
في كل واحدة من المجموعتين تمَّ فحص:

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.

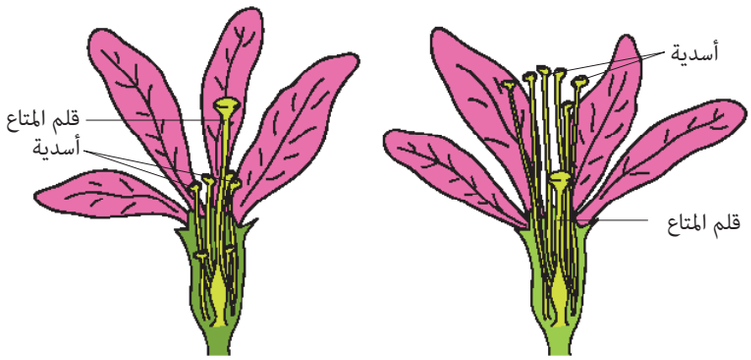
يمكن تصنيف آليات منع التلقيح الذاتي إلى ثلاث مجموعات.

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.

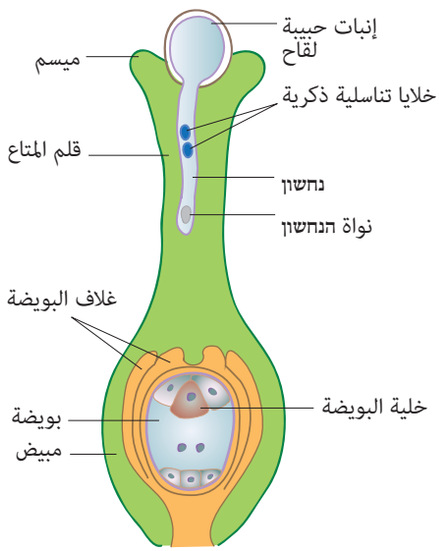
أ. أي آلية أخرى (في الحيوانات)، معروفة لكم، تعتمد على التعارف بين الذاتي وغير الذاتي؟ ما هي الآلية؟ ما هو الفرق بينه وبين آلية "عدم الملاءمة الذاتية" في النباتات؟

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).

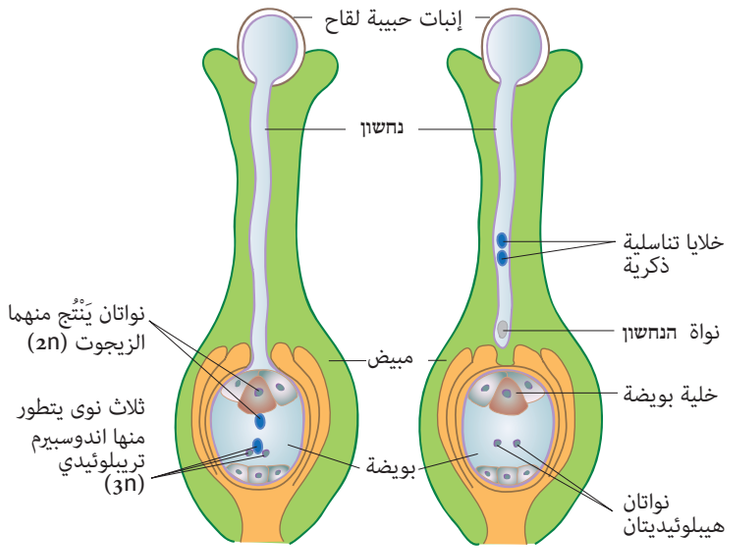
للمزيد عن

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.

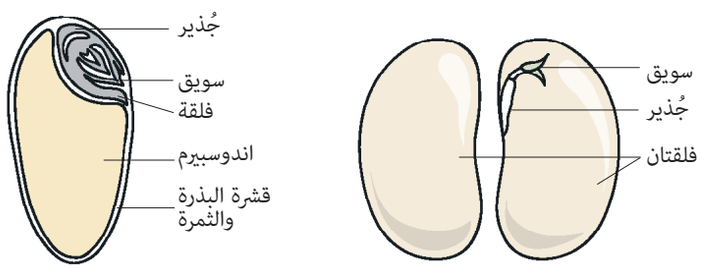
القسم في الثمرة أو البذرة	يتطور من...	مصدر المادة الوراثية
الجنين	الزيجوت	
الإندوسبيرم	نواة تريبلوئيدية	
أنسجة الثمرة وقشرتها	مبيض (وأحيانًا أقسام أخرى للزهرة)	

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

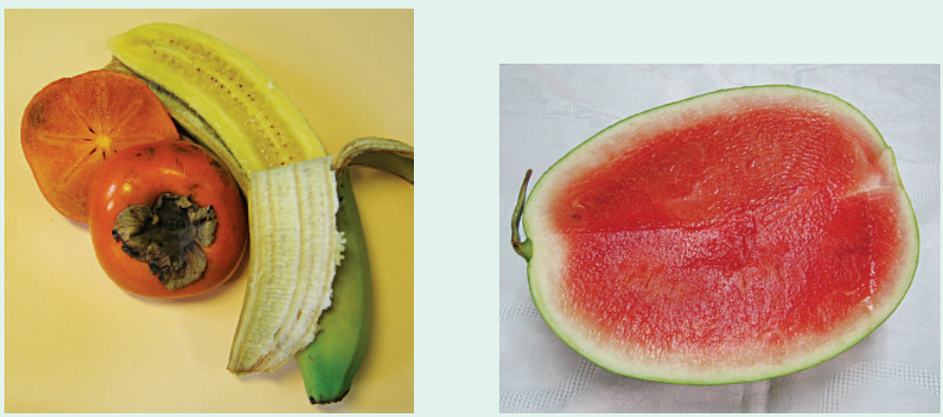
أ. البذور والثمار هي وسائل لإنتشار الجيل القادم للنبات إلى أماكن بعيدة. اذكروا حسنة واحدة وسيئة واحدة للإنتشار إلى أماكن بعيدة بالمقارنة مع الإنتشار إلى مكان مجاور تنمو فيه نبتة الأم.

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

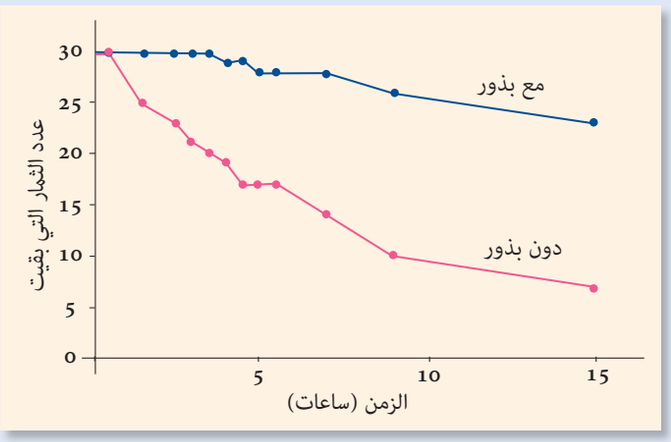
في نبات معين من عائلة ال **הסוככיים** (قريب عائلة "الجزر الأبيض")، تشتمل النورة على ثمار عديمة البذور إلى جانب ثمار ذات بذور. الثمار "الفارغة" لا تختلف بلونها وشكلها عن الثمار التي يوجد فيها بذور.

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؟

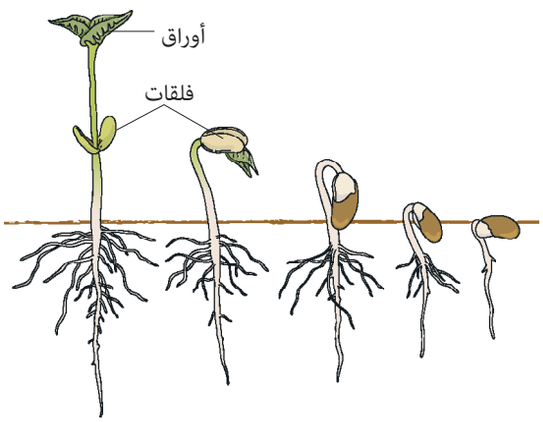
ح4. من بذرة إلى نبتة

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

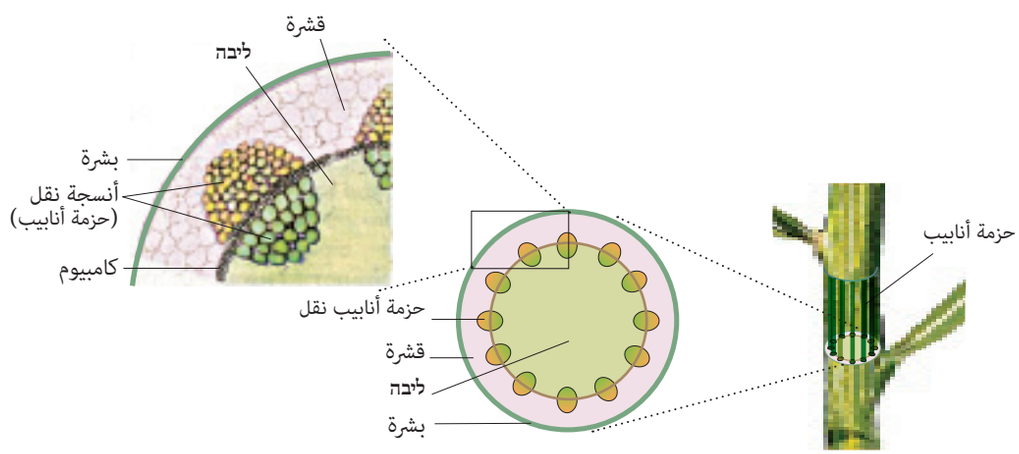
الهورمون	تأثيره في عمليات الإنبات وفي بداية نمو البادرة
أوكسين	يوجِّه نمو السويق إلى الضوء ونمو الجذور باتجاه عكسي لإتجاه الضوء.
جبريلين	ينشِّط بناء إنزيمات تُحلِّل النشا (إحدى المواد الإدخارية في البذرة)، يحفز الإنبات.
חומצה אבציסית	يؤدي إلى دخول البذور إلى سبات ويثبط النهوض من السبات.
سيتوكنين	يحفز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

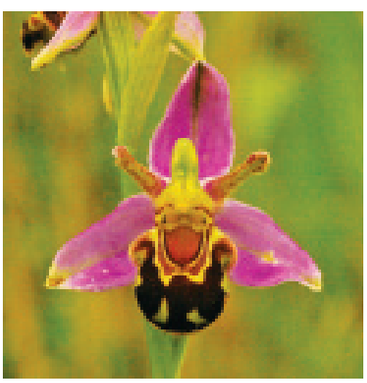
النباتات عكس الحيوانات، تكون ثابتة في مكانها خلال كل حياتها، ولا تستطيع أن تبحث بشكل فعَّال عن ذكر أو أنثى للتكاثر. كما رأينا، تكاثر النباتات البسيطة متعلق ببيئة محيطة مائية أو رطبة تُتيح حركة الخلايا التناسلية الذكرية إلى الخلية التناسلية الأنثوية الثابتة في مكانها. لكن في نباتات اليابسة، تطورت خلال 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