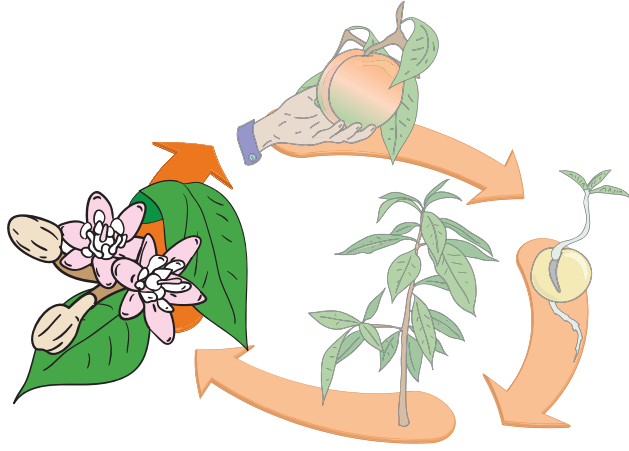




د تكاثر: من قليل إلى كثير

مقدمة

يُتيح التكاثر استمرار بقاء الأنواع (species) على سطح الكرة الأرضية وهو من مميزات حياة جميع الكائنات الحية ومن بينها النباتات.

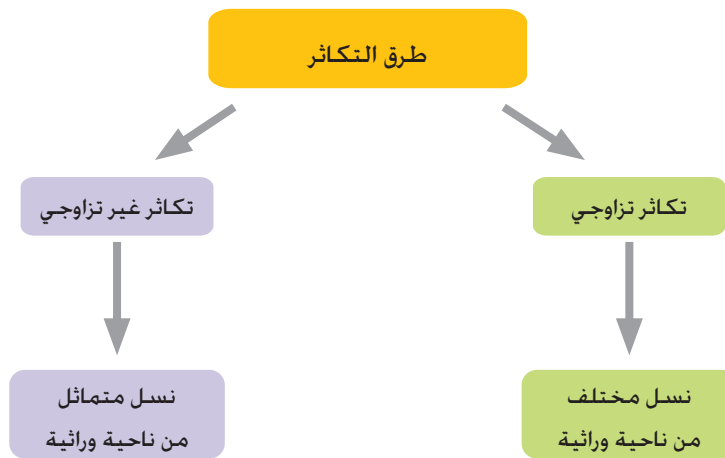
يوجد في الطبيعة طريقتان للتكاثر: تكاثر **غير تزاوجي (غير جنسي)** وتكاثر **تزاوجي (جنسي)**.

التكاثر غير التزاوجي سبق التكاثر التزاوجي في مراحل النشوء والارتقاء، وهو يحدث في البكتيريا، الفطريات، النباتات وفي أنواع حيوانات بسيطة. التكاثر التزاوجي معقد أكثر من التكاثر غير التزاوجي وهو يحدث في أنواع حقيقية النواة: فطريات، نباتات وحيوانات. يوجد حيوانات تتكاثر بالطريقتين: التزاوجية وغير التزاوجية.

تختلف الطريقتان عن بعضهما بعدد الأفراد الذين يساهمون بالمعلومات الوراثية للفرد الجديد.

في التكاثر غير التزاوجي، مصدر المعلومات الوراثية في الفرد الجديد من أحد الوالدين. أما في التكاثر التزاوجي، المعلومات الوراثية في النسل يكون مصدرها عادةً من الوالدين، لذا:

في التكاثر غير التزاوجي يكون جميع النسل متماثل من ناحية المعلومات الوراثية للوالد الذي نتجوا منه وجميعهم متماثلون. أما في التكاثر التزاوجي، "تختلط" المعلومات الوراثية من مصدرين مختلفين، لذا نحصل في النسل على تراكيب جديدة وخاصة من المعلومات الوراثية ونتيجةً لذلك يختلف النسل عن بعضه (باستثناء توأم متماثل) وعن الوالدين (الرسم د - 1).



الرسم د - 1: طرق تكاثر ونسل

1. تكاثر غير تزاوجي (خضري) - من واحد إلى كثير

التكاثر غير التزاوجي شائع عند النباتات ويحدث فيها على الأغلب إلى جانب التكاثر التزاوجي. التكاثر غير التزاوجي في نباتات البذور نسمّيه **تكاثرًا خضريًا**، لأن خلايا، أنسجة أو أعضاء مختلفة للنبات (لا تشترك في التكاثر التزاوجي) تُستخدم مصدرًا للنبات الجديد. يحدث التكاثر غير التزاوجي بفضل قدرة التجدد عند النباتات وبفضل قدرتها على النمو من أعضاء النبتة. تتم قدرة التجدد عند النباتات بفضل الصفتين الآتيتين:

- في كل خلية من خلايا النبات، نجد جميع الصفات الوراثية المطلوبة لبناء النبتة الكاملة.
- تستطيع الخلية البالغة التي مرّت **تمايز** أن تعود إلى قدرتها على الانقسام والتميز لأنواع خلايا مختلفة.

علاقة بالخلية:
تمايز خلايا

يحدث التكاثر غير التزاوجي بشكل طبيعي وبطرق مختلفة. يستغل الإنسان هذه الطرق لتطبيقات مهمة وناجعة لهذا النوع من التكاثر.



د1.1 طرق تكاثر غير تزاوجي

يوجد عدة طرق لتطور نبات جديد من أعضاء مختلفة لنبات بالغ. تعتمد كلها على قدرة النبات أن يطور أعضاء جديدة من أعضاء موجودة، مثل: الأوراق، السيقان والجذور. العملية الخلوية التي يعتمد عليها التكاثر غير التزاوجي هي انقسام الخلايا بطريقة **الميتوزا**.

مصطلحات: ميتوزا

الميتوزا هي عملية انقسام لنواة الخلية بعد أن تضاعفت فيها المادة الوراثية. في نهاية الميتوزا نحصل على نواتين من نواة واحدة، حيث تكون كرموسومات كل واحدة منهما متماثلة ومماثلة لكروموسومات النواة التي نتجت منها. وعادةً بعد انقسام النواة، تنقسم الخلية ذاتها أيضًا. نتيجة الانقسام هي خليتان متماثلتان في الشحنة الوراثية.

علاقة بالخلية:

ميتوزا.

تكاثر غير تزاوجي بواسطة أعضاء فوق سطح التربة

روافد

نجد في أنواع نباتات مختلفة **روافد**، وهي سيقان أفقية مع سلاميات طويلة ودقيقة نسبياً، تنمو بالموازاة لسطح التربة (عادةً فوق سطح الأرض، لكن يمكن أن تكون الروافد تحت سطح التربة). تنمو من البراعم الموجودة في عقد هذه السيقان، غصون تحمل أوراقاً إلى أعلى وجذور إلى أسفل. الغصون وشبكة الجذور التي تنتج على طول الروافد، تتطور إلى نباتات جديدة (الرسم د - 2)، وهذه النباتات الجديدة تستطيع أن تتحول إلى نباتات مستقلة تماماً عندما تنفصل عن نبتة الأم. فيما يلي أمثلة لنباتات تتكاثر بواسطة الروافد: توت أرضي، نجيل وبوني.



الرسم د - 2: روافد نجيل، روافد بوني

تبرعم

في أنواع معينة، يتطور نبات كامل من برعم انفصل عن نبتة الأم. إذا وصل البرعم التربة ونمت جذور، فإنه يتطور إلى نبات كامل. يوجد أنواع مثل الكلنكوة (الرسم د - 3) التي تتطور في أطراف أوراقها براعم تتساقط منها إلى الأرض.



الرسم د - 3: تبرعم - ورقة كلنكوة مع وجود براعم في أطرافها. انتهوا إلى الجذور التي تطورت في قسم من البراعم

فسائل النخيل

الفسائل هي غصون تتطور من قاعدة الساق وتستطيع أن تتطور إلى نباتات مستقلة جديدة إذا انفصلت عن نبتة الأم، فيما يلي أمثلة لنباتات تتكاثر بواسطة الفسائل: موز وشجر النخيل (الرسمه د- 4).

يقوم عادةً مزارعو النخيل بفصل فسائل من أشجار نخيل مختارة، لكي يغرسوها في كروم النخيل وهكذا تنمو أشجاراً ذات صفات مرغوبة. لتنشيط نمو جذور من الفسائل عند انفصالها من شجرة النخيل البالغ، يقوم المزارع بوضع كيس يحتوي على نشارة خشب رطبة أو أي وسط آخر على قاعدة الفسيلة.

وينفذ أيضاً مزارعو الزيتون هذه الطريقة، لكي يقوموا بعملية تكاثر الزيتون. عندما يجد المزارع شجرة ثمارها كثيرة وجيدة بشكل خاص، فإنه يقوم بفصل الفسائل التي نمت في قاعدة الشجرة ويغرسها لكي تنمو لأشجار زيتون.

تثمر نبتة الموز مرة واحدة فقط في حياتها، بعد ذلك يموت القسم الذي ينمو فوق سطح الأرض. قبل أن تموت النبتة، تنمو الفسائل من قاعدة نبتة الأم، لكي تتطور فيما بعد إلى نبتة موز بالغة. اليوم طريقة التكاثر الأساسية لنبتة الموز هي مستنبت أنسجة، سوف تتعلمون فيما بعد في هذا الفصل عن هذه الطريقة.

أوراق وغصون الأوراق والسيقان التي تتساقط، يمكن أن تستوعب في التربة وتنمو لتتطور إلى نبتة جديدة، مثلاً: السيقان المستوية والخضراء التي تشبه "الأوراق" في نبتة الصبار والتي تسقط على الأرض، تستطيع أن تنمو منها جذور وتتطور إلى نباتات جديدة ومستقلة. وأيضاً الغصون التي تنفصل عن نبتة الأم تستطيع أن تتطور إلى نبتة كاملة، مثلاً: غصون شجرة الصفصاف والاثل التي تنمو بالقرب من جدول ماء وتنفصل عن نبتة الأم، تنجرف مع تيار الماء وعند وصولها ضفة الجدول، قد تتماسك بالتربة وتتطور لها جذور، وهكذا نحصل على أشجار جديدة ومستقلة.



الرسمه د- 4: شجرة نخيل مع فسائل حديثة السن في مرحلة الانفصال



نبتة جديدة تطورت من ورقة سقطت على الأرض. انتبهوا للشعيرات الماصة الموجودة على الجذور.



تكاثر غير تزاوجي بواسطة أعضاء داخل التربة

درنات وأبصال

يوجد نباتات معمرة لها أعضاء تخزين ثخينة داخل الأرض، مثل: **البصل أو الدرنة**. النباتات التي يوجد لها عضو تخزين كهذا نسميها جيوفيتات (جيو - أرض، فيتات - نباتات). الجيوفيتات في البلاد، على سبيل المثال بصيل، يزهر وتنمو أوراقه في فصلي الخريف والشتاء، أما في فصل الصيف، تذبل أقسام النبتة الموجودة فوق سطح التربة، ثم تتساقط وتكون النبتة في حالة سبات. الدرنة هي ساق قصير وثخين مع براعم جدد. تُستخدم الدرنة كعضو تخزين داخل التربة، حيث تنمو منها جذور، أوراق وسيقان. يمكن أن تتطور درنات إضافية من درنة الأم، حيث تبقى مجاورة لدرنة "الأم" أو تنفصل عنها. تتكاثر صابون الراعي في الطبيعة من بذور، لكن يمكن أن يؤدي إلى تكاثرها بواسطة قطع الدرنة إلى عدة أقسام، بحيث تكون براعم جدد في كل قسم. في شقائق النعمان والحيلوان، تنتج درنات من براعم إبطية لدرنة الأم. تنفصل الدرنات الصغيرة عن الدرنة الكبيرة، وتستطيع أن تتطور إلى نباتات جديدة مجاورة لدرنة الأم.



بصيل مُزهر في بداية الخريف



صابون الراعي مع درنة
(رسمه من كتاب علم نبات قديم)



صابون الراعي



حيلوان

للمزيد عن:

الجيوفيتات. انظروا
بند أ3.



الرسمه د - 5: من واحد
يخرج اثنان: بصل بجانبه
بصيلان صغيران (الرنجس)

البصل هو ساق قصير ثخين، الأوراق حوله لحمية ومنظمة بكثافة. الساق الثخين والأوراق اللحمية من حوله تُستخدم كعضو تخزين. في إبطي الورقة اللحمية، يوجد براعم تتطور إلى أبصال جديدة (بصيلات). إذا انفصلت البصيلات عن نبتة الأم، تنمو منها جذور وأوراق وتتطور إلى نبات بالغ مستقل. فيما يلي أمثلة لنباتات ذات أبصال: البصل الأخضر والرنجس (الرسمه د - 5).

??

سؤال د - 1

أ. نمت نبتة شقائق نعمان حمراء في أبيض، في نهاية الموسم، وُجدت ثلاث درنات في الأبيض. هل الأزهار التي تتطور من هذه الدرنات في الموسم القادم تكون ذات لون مختلف؟ عللوا.

ب. يظهر صابون الراعي وشقائق النعمان في الطبيعة عادةً في مجموعات كثيفة. اقترحوا شرحاً لهذه الظاهرة.

د.1.2 حسنات وسيئات التكاثر غير التزاوجي

يوجد حسنات وسيئات للتكاثر غير التزاوجي

- الحسنات الأساسية للتكاثر غير التزاوجي هي:
- لا توجد حاجة لشركاء لتنفيذ العملية (أفراد آخرون) أو لملقحات لنقل حبيبات اللقاح من نبات إلى آخر.
- المعلومات الوراثية عند النسل ماثلة للمعلومات الوراثية عند الوالد.



ما هي أفضلية أن تكون المعلومات الوراثية عند النسل ماثلة للمعلومات الوراثية عند الوالد؟

أفضلية الماثلة في المعلومات الوراثية أنه إذا كان لنبتة الأم ملائمة مناسبة لظروف البيئة المحيطة التي تعيش فيها، فإن نسلها الماثل لها تكون له أيضاً ملائمة مناسبة لهذه الظروف، وهكذا يوجد لنسلها احتمال كبير أن يبقى على قيد الحياة في هذه البيئة المحيطة. لكن يجب الانتباه إلى أن هذه الحسنة يمكن أن تكون سيئة أيضاً عندما تطرأ تغييرات في البيئة المحيطة. الكارثة التي حدثت في إيرلندا، في القرن الـ 19، تجسد ذلك بشكل جيد.

بنظرة زراعية: ما هي العلاقة بين البطاطا وبين الهجرة إلى الولايات المتحدة في القرن الـ 19؟

في القرن الـ 19، قام مزارعون كثيرون بتنمية البطاطا في إيرلندا. في القرن الـ 16، نُقلت تنمية نبات البطاطا من جنوب أميركا إلى أوروبا بشكل عام وإلى إيرلندا بشكل خاص، ومع مرور الوقت تحولت تنمية البطاطا إلى مصدر مهم للغذاء. كانت البطاطا مكوناً مهماً في التغذية، لأنها تشكل مصدراً للطاقة ومن السهل تنميتها. بفضل البطاطا ازداد السكان المزارعون في إيرلندا. في كل سنة، كان يقطف المزارعون درنات البطاطا من الأرض، لكن كانوا يتركون قسم قليل من الدرنات في الأرض، لكي تكون مصدراً لحصول السنة القادمة. في سنة 1845، انتشر في كل أوروبا مرضاً بسبب فطر من نوع ذبول. أصاب هذا المرض درنات البطاطا وأصبحت غير قابلة للأكل. بعد مرور سنة، انتقل مرض الذبول إلى إيرلندا وقد أباد محاصيل كثيرة ولم يبقَ غذاء للسكان. عانى أكثر من نصف مليون نسمة من الجوع. وهاجر الملايين إلى بلدان مختلفة، معظمهم إلى الولايات المتحدة.



سؤال د- 2

أ. أبقى مزارعو إيرلندا قليلاً من درنات البطاطا في الأرض. اشرحوا السبب لذلك.
ب. هل الصفات الوراثية للبطاطا في السنوات المختلفة كانت متماثلة أم مختلفة؟ عللوا.



د 3.1 تكاثر غير تزاوجي في الزراعة

الصفات الوراثية المتماثلة للنسل التي نحصل عليها من التكاثر غير التزاوجي تُتيح للمزارعين أن يحافظوا على هذه الصفات عدة أجيال. لهذا السبب، يفضل المزارعون أحياناً استعمال هذه الطريقة من التكاثر مع نباتات تستطيع أن تتكاثر بطريقة تزاوجية أيضاً. عندما ينجح المزارع في تحسين صنف معين من النباتات، فهو يستعمل عادةً التكاثر غير التزاوجي، لكي يحافظ على الصفات الوراثية أن تنتقل من جيل إلى آخر، ولكي يمنع من أن تختلط مع صفات أصناف أخرى. نباتات العنب، هي مثال لنباتات ينموها بطرق تكاثر غير تزاوجية بسبب الجودة الخاصة لأصنافها، مثلاً: و ... وهكذا نحافظ على صفاتها الوراثية من جيل إلى آخر. نستعمل هذه الطريقة أيضاً مع النباتات التي تكاثرها بواسطة البذور صعب جداً، أو لا يمكن تنفيذه، مثل: الموز الذي لا يوجد فيه بذور، أو أصناف عنب وبطيخ ينقصها بذور ونباتات ثنائية المسكن، مثلاً: النخيل، فإذا استعملنا طريقة البذور لتكاثر النخيل، فإننا نحصل على نصف أشجار ذكورية لا تعطي ثماراً.

يطبق المزارعون طرق تكاثر غير تزاوجية مختلفة تحدث في الطبيعة (وُصفت في بند 1.1)، وإضافةً إلى ذلك، فإنهم يستعملون **فسائل** وطرقاً جديدة طورت خلال السنوات، مثلاً: **مستنبت نسيج**.

بما أنه يمكن تقريباً أن ننتج نبتة جديدة من كل عضو من أعضاء النبتة، إلا أن الطريقة التي نختارها متعلقة بالنبتة ذاتها وبنجاعة التطبيق الزراعي. فوسائل



خميطة



الرسمة د - 6: فسيلة من نبتة أم محمود، حيث تنمو جذورها في وعاء فيه ماء

الفسيلة هي جزء انفصل من النبتة، وفي ظروف معينة تنمو منه جذور، غصون وأوراق ويتطور إلى نبتة جديدة. أقسام النبات المناسبة أن تكون فسيلة هي: الغصون، الأوراق والجذور وذلك وفقاً لنوع النبات. قام الإنسان بإكثار النباتات بواسطة فوسائل خلال مئات السنين، وقد تراكمت عنده معظم المعرفة حول الظروف المناسبة لتطور الفوسائل بطريقة التجربة والخطأ وبواسطة البحث المنهجي. في الزراعة وفي نباتات الحدائق، يقوم المزارعون بإكثار نباتات بواسطة الفوسائل، مثل: أشجار الزيتون، الفواكه ونباتات الزينة. إضافةً إلى حسنات التكاثر غير التزاوجي التي ذُكرت في بند د 2.1، فإن الفسيلة تنمو أسرع من النبات الذي تم أنباته في التربة وتصل عادةً المرحلة التناسلية خلال فترة زمنية قصيرة بالمقارنة مع نبتة نمت من بذور في التربة. نميز بين فوسائل شجرية تُستعمل في تكاثر الأشجار والجنابات (الشجيرات)، مثل: الورد وأشجار الفواكه المختلفة، وبين فوسائل عشبية (غير شجرية) تُستعمل في تكاثر نباتات عشبية، مثل: العكايب، حلق بنت السلطان والجيرانيوم. يوجد أيضاً فوسائل أوراق، حيث تُستعمل الورقة كوحدة تكاثر وتنمو الجذور من عنق الورقة، أو من أطراف العروق، أو من أماكن جروح العروق، مثلاً: الخميطة.

عملية تحضير الفوسائل بسيطة جداً: نُقلّم قطعة من غصن نبتة، ثم نغرسها في التربة أو نضعها في وعاء فيه ماء (الرسمة د - 6)، وبعد أن تتطور الجذور من الطرف السفلي للغصن، يمكن أن نغرسها للحصول على نبتة جديدة.

للمزيد عن:
نبتة ثنائية المسكن،
انظروا بند التوسع
2.2.



تتأثر قدرة جدد الفسائل وإنتاج الجذور من **عوامل داخلية** متعلقة بالنبتة ذاتها، ومن **عوامل خارجية** في البيئة المحيطة للنبات. لا تتكاثر كل نبتة بهذه الطريقة، مثلاً: لا يتكاثر شجر المل بطريقة الفسائل. في النباتات التي تتكاثر من الفسائل، يستطيع المزارع أن يتدخل بالعمليات وأن يؤثر عليها بواسطة السيطرة على عوامل خارجية وداخلية تؤثر على نمو الجذور وعلى استمرار تطور الفسيلة إلى نبتة كاملة.

العوامل الداخلية التي تؤثر على تطور الفسيلة:

- **نوع العضو الذي أخذت منه الفسيلة:** ورقة، غصن، درنة. أحياناً من نفس النبتة، يمكن إنتاج فسائل من ورقة ومن غصن أيضاً.
- **عمر العضو:** تشير تجارب المزارعين إلى أن الفسائل التي حُضِرَت من غصون صغيرة السن، تنمو وتتطور الجذور منها بشكل أفضل من الفسائل التي حُضِرَت من بالغة السن. ينبع الفرق بينهما، على ما يبدو، من مخزون المواد الغذائية والهورمونات الموجودة بكمية أكبر في الفسائل التي حُضِرَت من غصن حديث السن بالمقارنة مع غصن بالغ السن.
- **مخزون المواد في الفسائل:** تستغل المواد المخزونة في خلايا الفسيلة، مثلاً: السكريات، لإستخراج طاقة، وهي مصدر لمواد بناء. أثناء نمو وتطور نبات جديد من الفسيلة، تتم فيه عملية انقسام خلايا بشكل سريع، حيث تتحلل وتبنى مواد وتنفذ فيه عملية التنفس الخلوي. تُنقل سكريات، حوامض أمينية وأملاح معدنية من المخزن الموجود في خلايا الفسيلة إلى الأعضاء التي تتطور. الفسيلة التي لا يوجد فيها مخزون كافٍ من المواد، قد لا تتطور. في الأشجار التي تتساقط أوراقها، عندما لا تكون أوراق لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، فإن كمية السكريات تكون قليلة. لذا يوجد أهمية لموعد فصل الفسيلة عن نبتة الأم. يفضل المزارعون إنتاج الفسيلة في الفترة التي يبدأ فيها توريق وتنتج كربوهيدرات خلال عملية التركيب الضوئي.
- **كمية الهورمونات المختلفة في الفسيلة:** في الأشجار التي تتساقط أوراقها، تركيز الهورمونات في فصلي الخريف والشتاء يكون منخفضاً، لذا يختار المزارع تخضير الفسيلة من هذه النباتات في فصل الربيع الذي يكون فيه تركيز الهورمونات أكبر من تركيزه في فصل الشتاء. **الأوكسين** الذي يُنتج في الأوراق، يُنقل إلى قاعدة الفسيلة وينشط نمو الجذور.



فسائل تين

العوامل الخارجية/ البيئة المحيطة التي تؤثر على تطور الفسيلة تشبه بالطبع العوامل التي تؤثر على نمو كل نبات، مثل: كمية المياه المتوافرة، تهوية التربة، درجة الحرارة، ظروف الإضاءة (الفسائل ذات الأوراق تحتاج إلى ضوء لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، الفسائل التي لا يوجد لها أوراق، تستطيع أن تطور شبكة جذور دون وجود ضوء، لكن بعد مرور مدة زمنية معينة، يجب نقلها إلى الضوء) ونسبة الرطوبة في الهواء التي تؤثر على عملية النتح في النبات الذي يتطور. وقد يكون مكان القص بؤرة لدخول مسببات أمراض. عند تنمية نباتات، من ضمنها تنمية فسائل **في دفيئة** داخل أصص ووسائط تنمية منفصلة، حيث ننمي فيها نباتات في أصص وأوعية دون أن يكون تلامس مع التربة، يمكن مراقبة ظروف البيئة المحيطة وملاءمتها للنبات: الضوء، رطوبة الهواء، كمية مياه الري، عدد مرات الري ونوع وسط النمو. في نباتات معينة، يمكن تنشيط نمو الجذور من الفسائل بواسطة غمس قاعدة الفسيلة بمستحضر هورمون ينشط نمو الجذور، وهو مخلوط من الأوكسين ومواد التطهير. يتأثر نجاح نمو الجذور من تركيز الأوكسين، من المدة الزمنية للغمس في الأوكسين ومن نوع الفسيلة.

??

سؤال د - 3

قبل أن نؤدي إلى نمو الجذور من الفسيلة، نوصي بإزالة الأوراق من الثلث السفلي للفسيلة، وإذا أخذنا فسيلة من شجرة لها أوراق كثيرة، فمن الأفضل أن نقلل عدد الأوراق. لماذا من الأفضل أن نزيل قسمًا من الأوراق وليس كلها؟ اشرحوا.



نافذة البحث د - 1: تأثير عوامل على نمو الجذور من الفسيلة



ابيلية كبيرة الأزهار

النبته ابيلية كبيرة الأزهار هي جنبية (شجيرة) جميلة ينموها في البلاد لأغراض الزينة. يمكن إكثار هذا النبات من بذور، لكن النسبة المئوية للإنبات قليلة، لذا فحص الباحثون إمكانية إكثار هذا النبات بطريقة غير تزاوجية بواسطة فسائل. تعرّف الباحثون من جارب سابقة - على نباتات أخرى - أن هناك عاملان أساسيان يؤثران على نجاح التكاثر بواسطة الفسائل: نوع الفسيلة (عشبية، شجيرة، نصف شجيرة) وغمسها بالأوكسين قبل غرسها في وسط تنمية مناسب. فحص الباحثون تأثير هذين العاملين على نمو الجذور من فسائل هذه النبتة. في التجربة الأولى، أخذ الباحثون فسائل من أماكن مختلفة في الجنبية (الشجيرة)، ثم قاموا بغمس قاعدتها في أوكسين لمدة متماثلة من الزمن وفحصوا النسبة المئوية لنمو الجذور. عرضنا مكتشفات التجربة في الجدول الآتي:

تجربة 1: النسبة المئوية لنمو الجذور من أنواع فسائل مختلفة

نوع الفسيلة	نسبة نمو الجذور
عشبية	55
نصف شجيرة	10
شجيرة	5

أ. اعرضوا نتائج التجربة بطريقة بيانية. عللوا الطريقة التي اخترتموها لعرض النتائج.
ب. هل من المهم تنفيذ عدة إعادات لكل علاج في التجربة؟ عللوا.
ج. ماذا يمكن أن نستنتج من نتائج التجربة؟ اشرحوا.

في تجربة أخرى، فحص الباحثون تأثير مدة الغمس في الأوكسين على تطور فسائل عشبية. قسّم الباحثون الفسائل إلى مجموعتين: في المجموعة أ، غمست الفسائل في الأوكسين لمدة ساعتين. في المجموعة ب، غمست الفسائل في الأوكسين لمدة أربع ساعات. نمت جميع الفسائل في ظروف الظل، لكي تمنع من الفسائل أن تصبح خشبية. فيما يلي مكتشفات التجربة.

تجربة 2: النسبة المئوية لنمو الجذور من فسائل عشبية نُفِعت في أوكسين

مدة النقع بالساعات	نسبة نمو الجذور
2	46
4	62

د. هل المدة الزمنية لنقع الفسائل في الأوكسين أثرت على النسبة المئوية لنمو الجذور؟ عللوا بمساعدة معطيات الجدول.
هـ. ماذا تكون، بحسب رأيكم، النسبة المئوية لنمو الجذور إذا كانت مدة النقع 8 ساعات؟ عللوا.

و. لماذا اختار الباحثون فسائل عشبية في التجربة الثانية؟



التكاثر بمستنبت نسيج

إضافةً إلى طرق التكاثر التي تعتمد على قدرة التجدد الطبيعية لأقسام النبات، طُوِّرت تكنولوجيا متقدمة للتكاثر غير التزاوجي وهي **مستنبت النسيج**. يعتمد التكاثر بمستنبت النسيج على قدرة التجدد الطبيعي للنبته الكاملة من مقاطع نسيج صغيرة وحتى من خلايا منفردة نميها على وسط نمو اصطناعي. يُستعمل مستنبت النسيج في ظروف تخضع للمراقبة في المختبر. لتحضير مستنبت نسيج نستعمل قطعة صغيرة من نسيج عضو حديث السن لم يمر **تمايز**، لكن يمكن أيضًا استعمال خلايا من عضو بالغ مرّت خلاياه تمايز. تعود هذه الخلايا وتعمل على أنها خلايا لم تتمايز (خلايا مريستماتية). وهي تنقسم وتتكاثر وتتطور نواتج انقسامات الخلايا إلى نبات كامل مع أنسجته وأعضائه المختلفة.

علاقة بالفصل الثالث:
مريسمات.

من الجدير بالمعرفة: تجدد الأعضاء - ليس في النباتات فقط

قدرة تجديد أنسجة وأعضاء أصيبت أو قُطعت موجودة عند حيوانات أيضًا. تستطيع بعض الحيوانات أن تنمي أعضاءً من جديد. تنمي السحلية أو الوزغة ذنبًا جديدًا بدل الذنب الذي قطع. وتستطيع السلمندرا أن تنمي رجلًا بعد قطعها. أما الطيور والثدييات، لا تستطيع أن تنمي أعضاءً من جديد، على الرغم من أن جلدنا يتجدد بعد إصابة أو حروق.



يجب أن يشمل وسط التنمية لمستنبت النسيج على جميع المكونات المطلوبة لتطور النبات: سكر، ومكونات متوازنة لعناصر مطلوبة بتركيز عال، مثل: النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم، المغنيسيوم والكالسيوم. وأيضًا عناصر مطلوبة بتركيز منخفض، مثل: الحديد، المنغنيز، الخارصين، البورون وغير ذلك، كما يشمل وسط التنمية على حوامض أمينية، فيتامينات وهورمونات تنظم النمو. في المرحلة الأولى، يتم النمو في أوعية مغلقة فيها رطوبة بنسبة 100% وتخضع ظروف درجة الحرارة والضوء للمراقبة. في هذه الظروف، تبدأ الخلايا بالانقسام السريع (الرسمه د - 7). وسط التنمية الغني وظروف المختبر لمستنبت الخلايا، تزود ظروف نمو مثلى لنمو نباتات، لكن البكتيريا والفطريات موجودة في كل مكان من حولنا ووتيرة تطورها أعلى بكثير من تطور نسيج النبات، لذا من المهم الحفاظ على ظروف معقمة في المختبر. إذا لم نحافظ على ظروف معقمة، فإنّ المستنبت يتلوث ونحصل على مستنبت بكتيريا وفطريات بدل من أن نحصل على مستنبت نباتات! يتم الحفاظ على ظروف معقمة بواسطة تنقية الهواء، تعقيم أدوات العمل، أدوات التنمية وأوساط النمو. يجب أن يحافظ العاملون على استعمال لباس معقم وعلى طرق عمل تمنع من تلوث المستنبتات. تمر المادة النباتية ذاتها عمليات تعقيم طويلة قبل تحضير المستنبت منها، لكي نتخلص من البكتيريا والفطريات التي تعيش على النبات وفي داخله. أحيانًا نضيف إلى وسط التنمية مضادات حيوية، لكي نمنع تطور بكتيريا وفطريات.



الرسمه د - 7: نبات يتطور في مستنبت نسيج



للمزيد عن:

الهورمونات. انظروا
الفصل الثالث.

نحدّد تكنولوجيا التكاثر بحسب نوع النبات. الطريقة الشائعة هي إنتاج نبات كامل من مقطع نسيج. يمكن أن نسيطر على العملية بشكل كبير من خلال توازن هورمونالي. في المراحل الأولى من التكاثر، عندما نكون معنيون بإنقسام الخلايا وإنتاج الساق وأوراق، فإنّ النسبة بين تركيز الهورمونين تسيتوكينين **وأوكسين** في وسط النمو تكون عالية. فيما بعد، عندما نكون معنيون بإنتاج الجذور، فإننا نغيّر النسبة بين منظّمات النمو ونزيد من نسبة الأوكسين.



بعد نهاية نموها في المختبر، ننقل النباتات الحديثة السن إلى الدفيئة وهناك تمر بعملية تكيف تدريجية لظروف الحياة "خارج الأنبوبة" (الرسمه د - 8). عملية التكيف حرجة لبقاء ونجاح نباتات مستنبتات في الدفيئة، الحقل أو الكرم التي تُنقل إليها.

الرسمه د - 8: أشتال موز نتجت في مستنبت نسيج قبل نقلها إلى الحقل

- حسنات التكاثر في مستنبت أنسجة بالمقارنة مع التكاثر الخصري بطرق أخرى:
- نقص تام في آفات زراعية ومسببات أمراض في النباتات الجديدة.
- يمكن إنتاج عدد كبير جدّا من النباتات مع الصفات المرغوبة للمزارع من نبتة واحدة.
- جّانس في الصفات الوراثية للنباتات التي نحصل عليها.
- يمكن تنمية نباتات في مستنبت خلال كل السنة (دون أي علاقة بالموسم).
- يمكن تخطيط التكاثر والنمو وتزويد النباتات بالموعد المطلوب وبالكمية المرغوبة.

السيئة الأساسية للتكاثر في مستنبت النسيج هي التكلفة الباهظة للأجهزة وطاقم العمل المتخصص: لتفعيل مختبر لإنتاج مستنبت أنسجة وللحفاظ على ظروف معقمة نحتاج إلى تجهيزات غالية الثمن. كما أن الطريقة تحتاج إلى أيدي عاملة متخصصة، متقنة، حذرة وذات مسؤولية.

??

سؤال د - 4

اشرحوا، لماذا نعتبر مستنبت الأنسجة على أنه طريقة تكاثر غير تزاوجية؟

التركيب (التطعيم)

التركيب هو عبارة عن طريقة إنتاج نبات جديد من نبتتين لهما صفات مرغوبة. نبتة لها ثمار جميلة، كبيرة، عصيرية ولذيذة، والنبتة الثانية ذات قدرة على مقاومة مسببات أمراض في التربة ولها شبكة جذور تتيح لها نمو بشكل جيد في تربة لا تنمو فيها بشكل جيد النبتة التي لها ثمار ناجحة. يمكن بواسطة التركيب الحصول من فرد واحد أو من عدة أفراد على أفراد كثيرة ذات صفات مرغوبة. مصدر هذه الطريقة من الصين وهي معروفة ومستعملة منذ آلاف السنين.

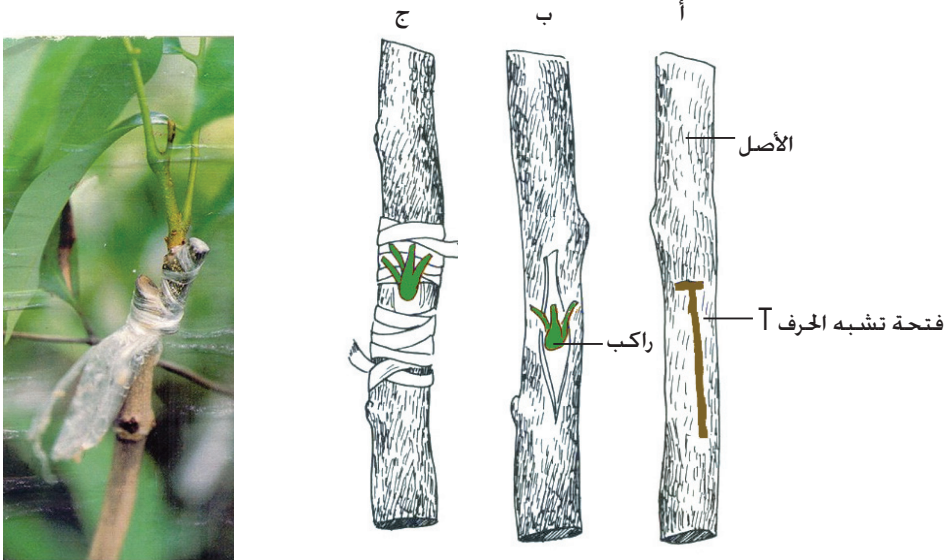
بهذه الطريقة، نركب قطعة من نبات معين على نبات آخر (قريب منه من ناحية وراثية) جذوره في التربة. القسم الذي مع جذوره في التربة نسميه **الأصل**. والقسم الذي نركبه هو قطعة غصن لها براعم، حيث نأخذها من نبتة الأم المرغوبة ونسميه **راكباً (طعماً)** (الرسمه د- 9). يوجد عدة طرق لتنفيذ التركيب وكل نبات تلائمه طريقة معينة. في جميع الطرق، المبدأ متماثل وهو إنتاج تلامس قوي بين أنابيب نقل الأصيل وأنابيب نقل الراكب.

في أعقاب التركيب، تتحد أنسجة الأصيل والراكب وتنتج بينها أنابيب نقل متواصلة، وتؤدي فيما بعد النبتتان وظائفها كنبتة واحدة كاملة.

كلما كان القرب الوراثي بين الأصيل والراكب كبيراً، فإن ذلك يزيد من احتمال نجاح التلاحم بينهما. يُنفَّذ التركيب على الأغلب بين أصناف من نفس النوع (قرب وراثي كبير جداً)، أو بين أنواع مختلفة من نفس الجنس (قرب وراثي أقل).

للمزيد عن:
مبنى النبات.
انظروا الفصل
الأول.

للمزيد عن:
أنواع وأصناف.
انظروا الفصل
الخامس.



الرسمه د- 9: مثال لعملية التركيب: أ. فتحة تشبه الحرف T في الأصيل ب. برعم الراكب داخل الفتحة. ج. الأصيل مربوط وفي داخله الراكب

?? سؤال د- 5

لماذا من المهم أن يكون الربط متلاحم بين أنسجة وأنابيب نقل الراكب والأصيل؟



معظم أشجار الفواكه في البيارات والعنب في الكروم هي نباتات مركبة تدمج بين الصفات المفضلة لشبكة الجذور للأصل وبين الصفات المفضلة لثمرة الراكب. تُستعمل طريقة التكاثر بواسطة التركيب لتقصير المدة الزمنية لاستبدال صنف معين في بيارة أو استبدال بيارة موجودة. بدل من أن نقلع الأشجار البالغة ونغرس مكانها أشناتل حديثة السن، فإننا نقوم بقص الأشجار البالغة وبتركيب الراكب من الصنف المرغوب على الجذع أو الغصن المركزي البالغ الذي لم نقصه. المدة الزمنية حتى تتطور ثمار تكون قصيرة.



الرسمه د - 10: كاكيتوس مركب

يقوم المزارعون اليوم بتركيب نباتات حولية من العائلة الباذنجانية: الباذنجان كأصل والبنندورة والفلفل كراكب. وأيضاً من العائلة القرعية: القرع كأصل والشمام والبطيخ كراكب.

في مشاتل نباتات الزينة، يركّبون نباتات كاكيتوس مختلفة، وهكذا يحصلون على دمج بين أشكال وألوان مختلفة (الرسمه د - 10).

من الجدير بالمعرفة: أصل واحد وعدة راكبون

يركّب المزارع على أصل واحد عدة راكبين، وهكذا يحصل على شجرة عليها ثمار مختلفة. هذه الشجرة مناسبة بالأساس لحدائق خاصة مساحتها صغيرة نسبياً. هذه الطريقة شائعة في أشجار الحمضيات: يمكن أن نركب على أصل واحد عدة ثمار، مثل: البرتقال، الليمون، البوملة وغير ذلك. وفي أشجار التوت، يمكن أن نركب على أصل واحد عدة أنواع من التوت، مثل: التوت الأحمر والتوت الأبيض أيضاً.



سؤال د - 6

- أ. يُستعمل التركيب لتبديل أصناف في البيارة. اقترحوا سببين لتبديل صنف معين.
- ب. تم تركيب برتقال على أصل من شجرة ليمون.
1. أي ثمار تنمو على الشجرة؟ عللوا.
2. هل الثمار هي ناتج تكاثر تزاوجي أم تكاثر غير تزاوجي؟ عللوا.



2. تكاثر تزاوجي (جنسي) - من اثنين إلى كثير

كما تعلمتم في بداية هذا الفصل، النسل الذي نحصل عليه في **التكاثر غير التزاوجي** مصدره من والد واحد، وهذا النسل متماثل من ناحية وراثية. أما في **التكاثر التزاوجي** تتحد خليتا تناسل (نواحي عملية **الميوزا**)، وهذا يعني، تتحد خلية تناسل ذكرية مع خلية تناسل أنثوية. حيث تكون عادةً من والد واحد أو من والدين ونحصل على نسل غير متماثل وغير مائل للوالدين. يتم التكاثر التزاوجي في معظم الكائنات الحية ومن ضمنها النباتات. في النباتات الحولية وفي النباتات المعمرة أيضًا، تبدأ دورة حياة النبات مع إنبات البذرة التي تتطور منها النبتة الحديثة السن. بعد مرور مدة زمنية، تتطور في النباتات أزهار تحتوي على أعضاء تناسل تزاوجية. تتم الميوزا في أعضاء تناسل الزهرة وتتطور خلايا تناسلية، حيث يتم فيها الاخصاب. في أعقاب الاخصاب، تتطور في النبتة ثمار داخلها بذور (الرسمه د - 11). في كل بذرة يوجد جنين وهو بداية جيل جديد.

علاقة بالخلية:
ميوزا.



الرسمه د - 11: من زهرة إلى ثمرة (فاصولياء).
من اليمين إلى اليسار: نبات بالغ يحمل أزهارًا؛ ثمرة حديثة السن (قرن داخله بذور)؛ قرن مفتوح مع بذور داخله

المزيد عن: الميوزا
الميوزا هي انقسام نواة خلية فيها أزواج من الكروموسومات المتماثلة ($2n$). في نهاية الميوزا، نحصل على أربع خلايا تناسلية في نواة كل منها (n) كروموسومات. وكل خلية من الخلايا الأربع تحمل معلومات وراثية مختلفة.

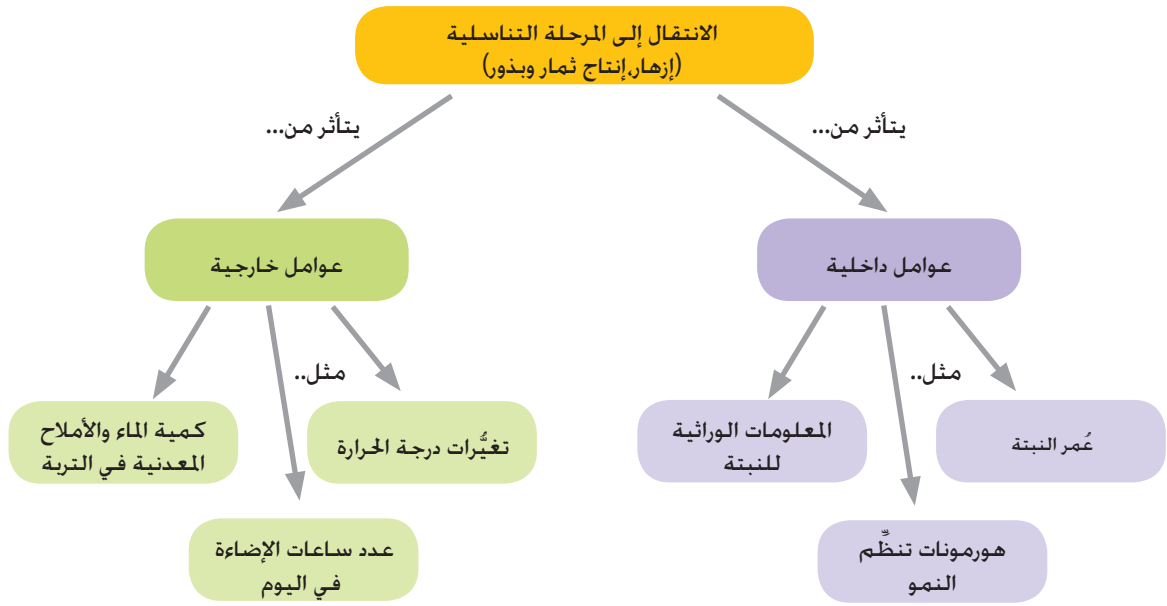
1.2. الإزهار

معظم أنواع النباتات، لا تستطيع أن تتكاثر في بداية حياتها بتاتًا. التكاثر التزاوجي هو حدث خاص في حياة النبات، ولكي يتم ذلك، يجب أن تتحقق ظروف معينة تتأثر من **عوامل داخلية** ومن **عوامل خارجية/ من البيئة المحيطة**.

يتم التعبير عن الانتقال إلى **المرحلة التناسلية**، من خلال ظهور أعضاء تناسلية وهي **الأزهار**. تتطور الأزهار من قمة النمو في طرف الساق أو من إبط الورقة. في المرحلة الخضرية، تتطور قمم النمو إلى غصون أو أوراق. أما في المرحلة التناسلية، في أعقاب محفزات ملائمة، تتمايز هذه القمم وتتطور إلى أزهار. كل نبات له موسم إزهار خاص به وهو ثابت عادةً، مثلاً: يُزهر البُصيل في الخريف ويُزهر اللوز في عيد غرس الأشجار.



- ما هي العوامل التي توجّه الانتقال إلى مرحلة التكاثر؟
- الانتقال من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التناسلية متعلق بعوامل داخلية وبعوامل خارجية (الرسمه د - 12). فيما يلي **العوامل الداخلية** التي تؤثر على موعد الإزهار:
- المعلومات الوراثية للنبته.
 - عُمر النبتة.
 - نشاط الهرمونات التي تنظّم النمو.



الرسمه د- 12: خريطة مصطلحات: العوامل التي تؤثر على الانتقال إلى المرحلة التناسلية

المعلومات الوراثية في النبتة هي التي تحدد سير التطور الذي يميز النبات وتحدد مدة فترة التطور في دورة حياته التي ينمو فيها النبات، لكنه لا يتكاثر في هذه المرحلة بتاتاً. تختلف مدة هذه الفترة بين الأنواع المختلفة:

في النباتات الحولية التي تنمو في موسم المطر وأيضاً في نباتات الصحراء التي دورة حياتها تستمر شهر إلى شهرين. تكون هذه الفترة قصيرة جداً وقد تستمر عدة أيام فقط. أما في أشجار كثيرة، من بينها أشجار الفواكه، تمر عدة سنوات قبل أن تبدأ النبتة بالتكاثر في المرة الأولى، حيث يؤثر كبر أعضاء النبات وعدد أوراقه أيضاً على الانتقال إلى المرحلة التناسلية. يتأثر تمايز الخلايا الذي يُنتج الزهرة من نشاط الهرمونات أيضاً. **الجبرلين** معروف كهورمون مهم للعمليات التي تؤدي إلى الإزهار. يرتفع مستواه في نباتات كثيرة، في المراحل الأولى لإنتاج الأزهار. والاثنين أيضاً يؤثر على الانتقال إلى الإزهار في نباتات كثيرة. اكتشفت العلاقة بين الاثنين والإزهار بطريقة عشوائية، وقد حدث ذلك بعد أن دخل دخان حريق إلى دفيئة نبات أناس وأدى إلى إزهار النباتات مبكراً. في البحث الذي أجري في أعقاب ذلك، وجد الباحثون أن الدخان يحتوي على اثنين، وهو الذي يؤدي إلى الإزهار المبكر.

للمزيد عن:

جبرلين واثنين.
انظروا الفصل
الثالث.

??

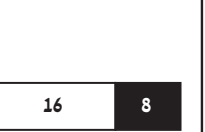
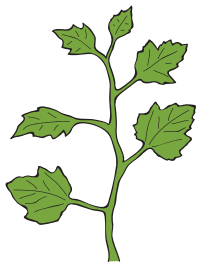
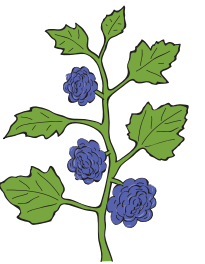
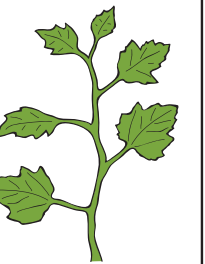
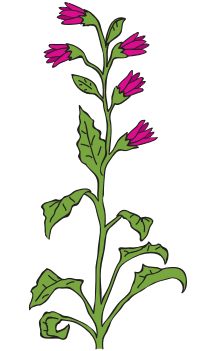
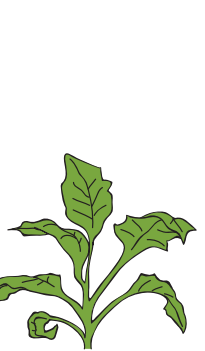
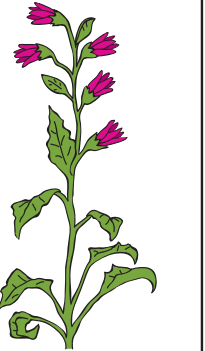
سؤال د- 7

أ. اشرحوا. لماذا يؤثر كبر أعضاء النبات وعدد أوراقه على موعد الإزهار؟
ب. هل الأزهار مصدر (عضو مُنتج). أم عضو مستهلك لنواتج عملية التركيب الضوئي؟ علّلوا.

العوامل الخارجية/البيئة المحيطة التي تؤثر على الإزهار هي الضوء ودرجة الحرارة. في نباتات كثيرة، **الضوء** هو عامل أساسي. بيّنت أبحاث كثيرة أن النباتات تستجيب للتغيرات في عدد ساعات الإضاءة في اليوم - **طول اليوم** - وهي تزهر فقط عند دمج عدد معين من ساعات الإضاءة وساعات الظلام.

مصطلحات: رد الفعل للتوقيت الضوئي والتوقيت الضوئي
التوقيت الضوئي: الدورية خلال اليوم لعدد ساعات الإضاءة/الظلام في مواسم مختلفة.
رد فعل للتوقيت الضوئي: رد فعل يميز النبات للتغيرات في دورية ساعات الإضاءة والظلام.

اتضح في الأبحاث التي تركّزت في عوامل إزهار النباتات أن العامل المهم الذي يحدد ما إذا يُزهر أو لا يُزهر النبات هو تواصل عدد ساعات الظلام وليس عدد ساعات الإضاءة. **نباتات نهار قصير.** مثل: أصناف معينة من الصويا. أصناف معينة من التبغ. التوت الأرضي. عباد الشمس والصفير. تزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتواصل أكبر من قيمة عتية (قيمة حرجة) معينة. حيث تكون عادة حوالي 14 ساعة ظلام. إذا قطعنا تواصل ساعات الظلام، مثلاً: إذا استعملنا ومضات ضوء قصيرة. فإن النبات لا يُزهر. **نباتات نهار طويل.** مثل: الخردل، الملفوف، معظم أصناف القمح والشعير، الشمندر والفجل. تزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتواصل أصغر من قيمة معينة. حيث تكون عادة أصغر من عشر ساعات. النباتات التي تزهر في الربيع. تستجيب إلى النهار الذي يطول وإلى الظلام الذي يقصر. النباتات التي تزهر في الخريف تستجيب إلى النهار الذي يقصر وإلى الظلام الذي يطول. في نباتات معينة. مثل: البندورة، القطن والنضج، بداية إزهارها غير متعلق بـ ساعات الإضاءة. يمكن أن نرى العلاقة بين ساعات الإضاءة وبين تطور الإزهار في الرسمة د - 13.

تواصل ساعات الإضاءة □ وساعات الظلام ■ في اليوم			
			
			نبات أ
			نبات ب

الرسمة د- 13: العلاقة بين دورية ساعات الضوء والظلام وبين الإزهار في نباتين



??

سؤال د - 8

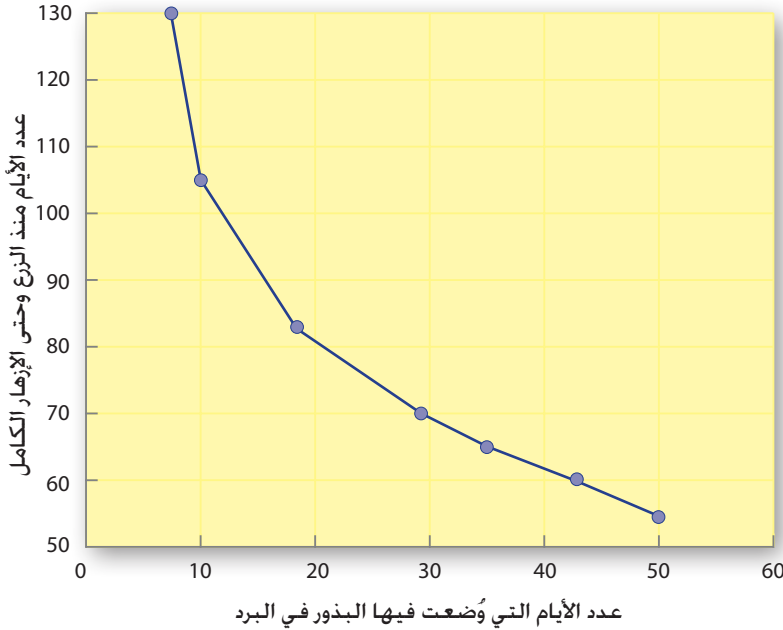
في الرسمة د - 13 يوجد نباتان، أيهما نبات نهار قصير؟ اشرحوا.



توسع: فيتوكروم (فيتو = نبت، كروم = صبغية) وإزهار

تستجيب النباتات للتغيرات في عدد ساعات الإضاءة في اليوم، حيث تشير هذه الحقيقة إلى أن النبات فيه وسائل تساعد على التمييز بهذه التغيرات. وُجد في الأبحاث أن هذه الوسيلة هي صبغية الفيتوكروم التي تستوعب الضوء وتتغير في أعقابها. التغير الذي يبدأ في الصبغية ينشط حدوث عمليات تؤدي إلى الإزهار. الصبغية فيتوكروم فعالة في عملية إنبات بذور أنواع معينة أيضًا وهي تتأثر من الضوء أيضًا (الفصل الثاني).

في نباتات معينة، الإزهار لا يتأثر من عدد ساعات الإضاءة والظلام في اليوم، بل يتأثر من عامل بيئي محيط آخر، مثلًا: درجة الحرارة، تُزهر أنواع نباتات فقط عندما تتعرض بتواصل لمدة زمنية معينة، لدرجة حرارة منخفضة نسبيًا (2°C حتى 10°C). إذا تعرضت هذه الأنواع لدرجة حرارة منخفضة لمدة زمنية قصيرة جدًا، فإنها لا تُزهر. شجرة الكرز على سبيل المثال، لا تُزهر في معظم أنحاء البلاد بسبب العدد القليل للأيام التي تكون فيها درجات الحرارة منخفضة.



الرسمة د - 14: تأثير مدة تعرض بذور الشوفان الشتوي لدرجة حرارة منخفضة، على الزمن الذي يمر حتى تُزهر

أحيانًا يكون تأثير درجة الحرارة على الإزهار متعلق بمرحلة الإنبات بالذات. يُزهر الصنف شوفان شتوي، فقط، بعد أن نضع بذوره في درجة حرارة منخفضة قبل إنباتها. كلما وضعنا هذه البذور في درجة حرارة منخفضة لمدة زمنية أطول، فإن ذلك يؤدي إلى تقصير الزمن حتى الإزهار (الرسمة د - 14). أما أصناف الشوفان الربيعي، فإنها تُزهر دون علاقة بدرجة الحرارة التي تم إنباتها فيها أو وُضعت فيها قبل إنباتها.

??

سؤال د - 9

يتطرق السؤال الآتي إلى الرسمة د - 14.

كم يومًا من الأفضل أن نضع بذور الشوفان في درجة حرارة منخفضة، لكي يكون عدد الأيام، منذ الزرع وحتى الإزهار الكامل، 60 يومًا؟ اشرحوا، كيف حدّدتم ذلك؟

من وجهة نظر زراعية: توجيه موعد الإزهار بواسطة الإضاءة الاصطناعية يتم تطبيق المعرفة بشأن وظيفة الضوء ودرجة الحرارة في عملية الإزهار، في مجال التنمية التجارية للنباتات وخاصة في مجال تنمية نباتات الزينة. يوجه المزارعون موعد الإزهار في الدفيئات بواسطة التنظيم المراقب لدورية ساعات الضوء والظلام في اليوم بمساعدة **الإضاءة الاصطناعية**. وهكذا يضمنون أن يكون موعد الإزهار بحسب متطلبات السوق للأزهار في البلاد والعالم.

يسيطر المزارع على موعد الإزهار بفضل سيطرته على درجة حرارة الدفيئة و/أو بواسطة التبريد. مثال لتأثير الإضاءة ودرجة الحرارة على موعد الإزهار هو تنمية الورود المعدة للتصدير. في بداية سنوات الستينات، من القرن الـ 20، بدأ المزارعون بتنمية الورود في الشتاء لتصدير أزهارها إلى أوروبا. في أوروبا، كان الطلب على الأزهار في أشهر الشتاء (ديسمبر - فبراير) كبير بسبب عيد الميلاد و "يوم الحب" (Valentine). في الطبيعة، في فترة الشتاء تكون معظم أصناف الورود في سبات وهي تزهر مع قدوم فصل الربيع فقط. بفضل الدمج بين ظروف الإضاءة ودرجة الحرارة في الدفيئة، يمكن تبكير موعد الإزهار إلى الفترة المرغوبة في فصل الشتاء.

إضافة إلى ذلك، يضمن تقليص الغصون في الصيف أن تتطور غصون تحمل أزهاراً في فصل الشتاء، في المواعيد المطلوبة.

معالجة نباتات معينة بالجبرلين، قد تستبدل بشكل جزئي تأثير درجة الحرارة أو تأثير عدد ساعات الإضاءة. لذا يضيف المزارعون هذا الهورمون إلى النباتات وهكذا يوجهون الإزهار إلى الموعد المرغوب.

2.2 مبنى الزهرة

في الأزهار التي تتطور مع بداية **المرحلة التناسلية**، نجد الأعضاء التناسلية الذكورية والأنثوية للنبات. كما ذكرنا في الفصل الأول، لا توجد "زهرة نموذجية"، لأنه لا يوجد حدود للتباين في شكل ومبنى الأزهار (الرسمه د - 15).

أقسام الزهرة تكون منظمة عادة في دوائر:

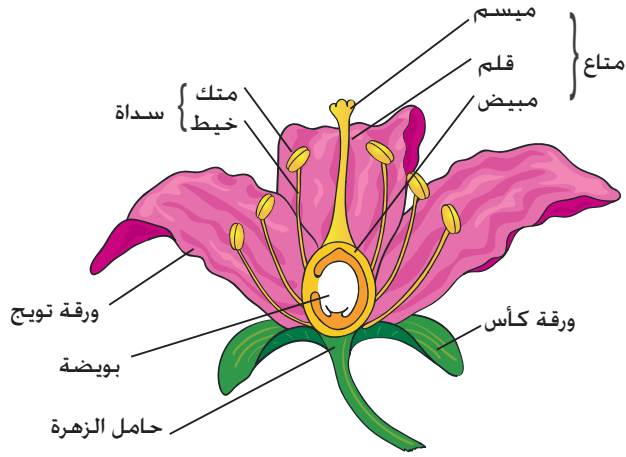
على الأغلب نجد دائرتين من أوراق الغلاف الزهري، مثل: أوراق الكأس وأوراق التويج. **أوراق الكأس** خارجية ويكون لونها أخضر عادةً. ووظيفتها الأساسية حماية أقسام الزهرة الأخرى، خاصة في المراحل الأولى من تطور برعم الزهرة. **أوراق التويج**، هي أوراق داخلية، ذات ألوان عادةً، ووظيفتها أن تجذب حيوانات، مثل: الحشرات والعصافير التي تقوم بتلقيح الأزهار.

للمزيد عن:

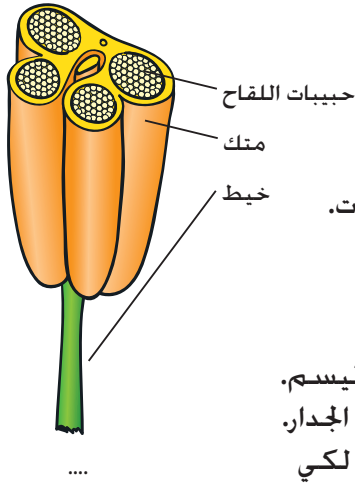
التقليم
والجبرلين. انظروا
الفصل الثالث.



الرسمه د- 15: تنوع أشكال الأزهار



الرسمه د- 16: مقطع طولي تخطيطي في الزهرة



يوجد حالات يكون فيها للزهرة دائرة واحدة من أوراق الغلاف الزهري، مثلاً: البُصيل ويوجد أزهار، لا يوجد لها أوراق غلاف زهري بتاتاً، مثلاً: أزهار الخروب. في أنواع كثيرة تكون أوراق غلاف الزهرة مرتبطة (متلاصقة) ببعضها وهي تبدو كورقة كأس كاملة وليس كأوراق كأس منفردة، في مركز الزهرة وبعد أوراق التويج، نجد الأعضاء التناسلية للزهرة: **الأسدية والمتاع (الكريلة)** (الرسمه د - 16).

أعضاء التناسل الذكورية - الأسدية

كل سداة مبني من خيط يحمل **متك** مع "أكياس" لقاح (الرسمه د - 16). في داخل المتك، تحدث **الميوزا** وتنتج **حبيبات لقاح** أحادية المجموعة الكروموسومية (هيبلوئيدي). عدد حبيبات اللقاح كبير جداً، وهي تنتشر بمساعدة الرياح، أو الحيوانات إلى أزهار أخرى. حبيبات اللقاح الناضجة محاطة بجدار متعدد الطبقات. الطبقة الخارجية قاسية جداً وأحياناً ذات بروزات ومنخفضات تميز نوع النبات.

يوجد لمبنى جدار حبيبات اللقاح وخصائصها عدة وظائف:

- حماية حبيبات اللقاح من الجفاف، الأشعة والإصابات الميكانيكية.
- تساعد بروزات الجدار على الالتصاق بالملقح والانطلاق منه عند وصول الملحق إلى الميسم.
- عندما يكون التلقيح بواسطة رياح، تكون حبيبات اللقاح ملساء ودون بروزات في الجدار.
- يحمل جدار حبيبات اللقاح وسائل للتعرف والتمييز بين الميسم وحبيبات اللقاح، لكي تنبت حبيبات اللقاح على ميسم الزهرة من نفس النوع (species).

من الحدير بالمعرفة: المزيد من المعلومات عن جدار حبيبات اللقاح



زنبق أبيض (ننبهوا إلى حبيبات اللقاح الصفراء التي سقطت على أوراق التويج)

على الرغم من أن حيوية حبيبات اللقاح تحفظ عدة ساعات أو عدة أيام، إلا أن الصمود العالي للجدار الخارجي يحافظ على شكل حبيبات اللقاح سنوات كثيرة. في عدة حالات، تساعد تميز حبيبات اللقاح في حل عمليات إجرام، عندما تم تمييز حبيبات اللقاح والنبات الذي منه التصقت حبيبات اللقاح بملابس المتهم، ساعدت هذه المعطيات المحققين في الوصول إلى مكان عملية الإجرام. يساعد تنوع حبيبات اللقاح التي حُفظت منذ فترات قديمة جداً كمتحجرات عمرها حوالي 100 سنة، على تعلم تاريخ بيولوجيا الكرة الأرضية وعلى معرفة الظروف التي سادتها في الماضي.

أعضاء التناسل الأنثوية - المتاع

المتاع مبني من ثلاثة أقسام (الرسم د - 17):

- الميسم في القسم العلوي من المتاع.
- القلم الذي يربط بين الميسم والمبيض.
- المبيض المجوف في القسم السفلي من المتاع.

الميسم هو منطقة واسعة تقع في رأس، وفي حالات كثيرة يكون على سطح الميسم شعيرات أو مادة لاصقة لاستيعاب حبيبات اللقاح. عندما تصل حبيبات اللقاح ميسم زهرة من نفس النوع (species) فإنها تنبت. الميسم هو مكان مريح لأنبات حبيبات اللقاح، لأنه يُفرز سائل غني بالسكريات، الحوامض الأمينية والزيوت.

تنتقل الخلايا التناسلية الذكرية عبر القلم إلى المبيض. يوجد في المبيض **بويضات**. تتميز أنواع النباتات بعدد البويضات وترتيبها في المبيض.

تحدث عملية الميوزا في البويضات وفي أعقابها نحصل على عدة خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (هبلويدية) وفقط خلية واحدة منها تُستعمل كخلية تكاثر أنثوية - **خلية البويضة**. خلال عملية الإخصاب، تتحد نواة خلية البويضة مع نواة خلية تناسل ذكرية وينتج زيجوت. في

نباتات كثيرة، نجد في الزهرة **غدد رحيق** أيضًا. الغدد الرحيقية هي أنسجة تُفرز سائل حلو له رائحة يجذب إلى الزهرة ملقحات تتغذى على الرحيق. يمكن أن نعتبر الرحيق على أنه "المقابل" الذي تدفعه النبتة "مقابل الخدمات" للملقحاتها.



هيبسكوس (انتبهوا إلى الميسم المغطى بشعيرات)

توسع: مسكن واحد أو أكثر



خروب: شجرة أنثى مع ثمار

معظم أزهار النباتات يوجد فيها أسدية و متاع أيضًا. هذه الأزهار نسميها **ثنائية الجنس**، لأنها تحتوي على أعضاء تناسلية أنثوية وأعضاء تناسلية ذكرية في نفس الزهرة. يوجد أنواع أزهار فيها متاع فقط أو أسدية فقط. هذه الأزهار نسميها أحادية الجنس. النباتات التي أزهارها أحادية الجنس، لكنها موجودة معًا على نفس الفرد (مثلاً: الذرة) فهي نباتات أحادية المسكن. النباتات التي أزهارها أحادية الجنس، لكنها موجودة على أفراد مختلفة، فإنها ثنائية "المسكن"، مثل: الخروب، النخيل، التوت والمل.

3.2.د التلقيح

لكي يتطور نسل في النبات كما هو الأمر عند الحيوانات. يجب أن تتحد خلية تناسلية ذكرية (جاميتا ذكرية) موجودة في حبيبات اللقاح مع خلية تناسلية أنثوية (جاميتا أنثوية) موجودة في البويضة داخل المبيض. الخلايا التناسلية هي أحادية المجموعة الكروموسومية (n) وفي كل واحدة منهما يوجد نسخة واحدة من المادة الوراثية. في النباتات، **التلقيح** يسبق اتحاد الخلايا التناسلية، وهذا يعني انتقال حبيبات اللقاح إلى الميسم.

علاقة بالخلية:

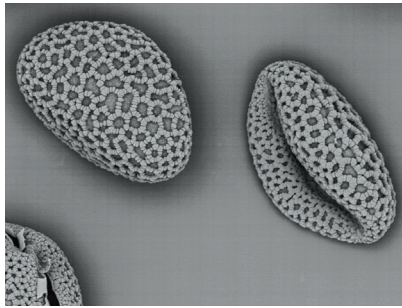
أحادية المجموعة
الكروموسومية
وثنائية المجموعة
الكروموسومية



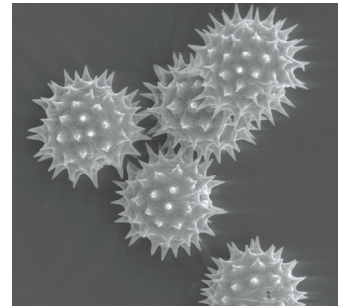
في الزهرة ثنائية الجنس التي فيها أسدية ومتاع في نفس الزهرة، تنضج في نفس الوقت، حيث تؤدي كل هبة ربح خفيفة إلى حبيبات اللقاح أن تسقط على الميسم الموجود في مركز الزهرة. أحياناً يتم التلقيح بين زهرتين مختلفتين في نفس الفرد وأحياناً بين فردين مختلفين. النباتات ثابتة في مكانها، وانتقال حبيبات اللقاح من زهرة إلى أخرى يتم بطريقتين أساسيتين: بواسطة الرياح أو بواسطة الحيوانات (بالأساس حشرات وعصافير). بحسب طريقة التلقيح، نجد ملائمة مختلفة في مبنى الزهرة، لونها ومبنى حبيبات اللقاح (الجدول د - 1). هذه الملائمة هي أمثلة للملائمة بين المبنى والوظيفة.



تلقيح بواسطة حيوانات



حبيبات لقاح من نباتات مختلفة (مكبرة بحوالي مائة ضعف)



جدول د- 1: ملائمة التلقيح بواسطة الرياح أو الحيوانات

مميز/صفة	تلقيح بواسطة الرياح	تلقيح بواسطة حيوانات
كبر الأزهار وألوانها	أزهار صغيرة عديمة اللون.	أزهار كبيرة ذات ألوان أو أزهار صغيرة مرتبة بمجموعات (تورة).
مبنى الزهرة	أحياناً تنقصها أوراق تويج. تكون الأزهار موجهة إلى أسفل كحلق الأذن المرتخية.	يشبه أنبوب في قاعدته أعضاء تناسلية. أعضاء تناسلية مكشوفة. بروزات توجه الخطم
غدد رحيق	لا يوجد	يوجد
رائحة للأزهار	لا يوجد	يوجد
مبنى الأسدية	بارزة من داخل الزهرة، مرنة.	مرتبة في الزهرة بطريقة تؤدي إلى تلاصق حبيبات اللقاح بجسم الحشرة أو بأرجلها.
عدد حبيبات اللقاح	عدها كبير جداً.	عدها كبير، لكن أصغر من عدد حبيبات لقاح الأزهار التي يتم تلقيحها بواسطة الرياح.
مبنى حبيبات اللقاح	كتلتها خفيفة، سطح خارجي أملس، في الإبريات (عاريات البذور). يوجد إضافات، مثلاً: أكياس هواء في حبيبات لقاح الصنوبر.	كبيرة وثقيلة نسبياً، لها إضافات، مثل: الأشواك والبروزات.
مبنى الميسم	مكشوف، له مساحة سطح استيعاب واسعة وهو لاصق ومتفرع.	له مساحة سطح استيعاب صغيرة ولاصق.

جدير بالمعرفة: حمّى القش



يعاني أشخاص كثيرون في موسم الإزهار من ظاهرة نسمّيها "حمّى القش". وهم يكثرون من العطس وعيونهم تدمع. عادة يكون ذلك رد فعل وحساسية لبروتينات تطلقها حبيبات اللقاح عندما تتلامس برطوبة. نعرف عن حساسية حبيبات لقاح الزيتون، الصنوبر، النجيل ونباتات أخرى تُطلق حبيبات لقاح كثيرة إلى الهواء.

لا تنبت كل حبيبات اللقاح التي تصل الميسم، ولا تخصّب كل حبيبات اللقاح البويضات في المبيض. أولاً لا تنبت على ميسم نبات معين حبيبات لقاح مصدرها من أنواع نباتات أخرى تطايرت في الريح، أو وصلت الميسم بطريقة عشوائية بواسطة حشرة أو عصفور. نفهم من هذه الظاهرة أن هناك آلية تعارف في النبات وفقط حبيبات لقاح من نفس النوع (species) تنجح في الإنبات. إذا كانت حبيبات اللقاح التي تنبت على ميسم من نفس الزهرة أو من زهرة أخرى في نفس الفرد (في نبتة أحادية المسكن)، فإننا نسمّي ذلك **تلقيح ذاتي**، أما إذا وصلت حبيبات اللقاح من فرد آخر من نفس النوع (species)، فإن ذلك **تلقيح غريب** (متبادل). ووجد في أنواع نباتات كثيرة أن هناك تلقيح غريب وتلقيح ذاتي أيضاً. يوجد أفضلية للتلقيح الذاتي في الأنواع التي فيها احتمال التلقيح الغريب ضئيل جداً، مثلاً: عندما يكون البعد بين الأفراد كبير جداً. من المهم أن نعرف أنه في التلقيح الذاتي، النسل لا يكون مماثل للوالدين، لأنه أثناء عملية إنتاج خلايا التناسل يحدث ميوزا وخلايا التناسل تختلف عن بعضها في الصفات الوراثية واتحاد خلايا التناسل هو تكاثر تزاوجي. على الرغم من ذلك، نجد في نباتات كثيرة آليات خاصة تقلل من احتمال التلقيح الذاتي، وفي حالات متطرفة تمنع هذه الآليات من التلقيح الذاتي بتاتا.



كيف تمنع التلقيح الذاتي أو تقلل من احتمال التلقيح الذاتي؟

يمكن تصنيف آليات منع التلقيح الذاتي إلى ثلاث مجموعات:

أ. الفصل بين مكان الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية. يمكن تحقيق هذا الفصل بالطرق الآتية: في أزهار أحادية التكاثر، كل زهرة تحتوي على أسدية أو متاع. في نباتات ثنائية المسكن، نجد الأزهار على أفراد مختلفين (مثل: النخيل والخروب).



نورة ذكورية للخروب (انتبهوا أن الأزهار لا يوجد لها أوراق تويج)



الرسمه د- 17: حنائية: طول مختلف للأسدية والمتاع في أفراد مختلفة

في نباتات معينة، هناك طريقة فصل إضافية في المكان، حيث يكون المتاع والأسدية في نفس الزهرة، لكنها "بعيدة" عن بعضها. في نبتة الحنائية، يوجد أزهار فيها الأسدية أقصر من المتاع، وفي أزهار أخرى تكون الأسدية أطول من المتاع (الرسمه د- 17). يمكن أن يحدث تلقيح تخصيب إذا سقطت حبيبات لقاح من أسدية قصيرة على ميسم قصير وبالعكس.

ب. الفصل في موعد نضوج الأسدية والميسم. الفصل في الموعد معناه أن نضوج الأسدية والمتاع، لا يبدأ في نفس الوقت. تنضج الأسدية قبل الميسم أو بالعكس، وهكذا لا يتم التلقيح الذاتي ويزداد احتمال التلقيح الغريب. النضوج المبكر للأسدية معروف، على سبيل المثال، في أزهار العائلة المركبة والعائلة الشفوية.

ج. عدم ملائمة ذاتية يتم التعبير عن "عدم الملائمة الذاتية" بأن حبيبات اللقاح لنفس الفرد لا تستطيع بتاتاً أن تنبت على ميسمها، هذا يعني رفض "ذاتي" وقبول "غير ذاتي". الآلية التي تمنع إنبات حبيبات اللقاح، أو استمرار تطور ال هي وراثية وتعتمد على المعرفة بين الذاتي وغير الذاتي.

?? سؤال د - 10

- أ. ما هي أفضلية وجود طريقتي تلقيح في نفس النبتة؟
- ب. اشرحوا أفضلية واحدة وسيئة واحدة لآلية منع التلقيح الذاتي.

من وجهة نظر زراعية: أهمية "خدمات التلقيح"

محاصيل ثمار كثيرة متعلقة بالتلقيح بواسطة حشرات وعصافير. قدّر اقتصاديون في الولايات المتحدة أن "خدمات التلقيح" التي تقدمها الحشرات والعصافير للمزارعين تبلغ حوالي 4 مليار دولار (4,000,000,000) في السنة!

التلقيح ضروري للحصول على بذور وثمار، لذا يستعمل المزارعون طرقاً مختلفة تزيد من احتمال التلقيح، فيما يلي بعض الطرق الأساسية:

- إضافة ملقحات: يدفع المزارعون نقوداً لنحالون، لكي يضعوا مناحلهم بالقرب من مزروعات تحتاج إلى "خدمات تلقيح". تسوق بعض الشركات مناحل للدفيئات، لأن الدفيئة المغلقة ضد أضرار آفات زراعية تمنع من زيارة ملقحات مرغوب بها أيضاً. يضع المزارعون مناحل نحلة ال ... في الكروم (مثلاً: أفوكادو)، وقد وُجد أنها تزيد من نسبة التلقيح ومن كمية الثمار الناجمة.

جدير بالمعرفة: طعم العسل

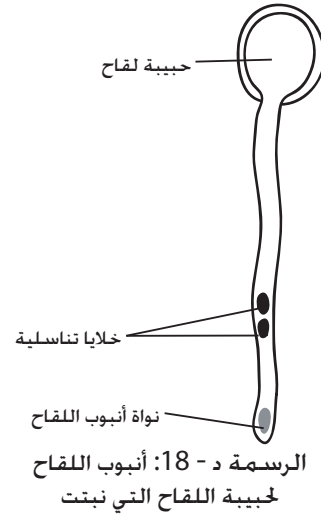


يتأثر طعم، لون وبنية العسل من نوع النبات الذي يجمع منه النحل رحيقه. يوجد مزروعات فيها رحيق قليل و/أو أن العسل غير لذيذ، لذا النحالون غير معنيون بوضع المناحل بالقرب من هذه المزروعات، إلا إذا دفع المزارعون

- **تلقيح اصطناعي:** في مزروعات معينة، ينفذ المزارعون تلقيح اصطناعي، فهم ينقلون بشكل موجّه حبيبات اللقاح من نبتة إلى أخرى، لكي يزدوا من احتمال الحصول على محاصيل ثمار كثيرة أو للحصول على تخصيب لا يحدث في الطبيعة. ينفذ المزارعون عادةً **التلقيح الاصطناعي** في كروم النخيل، لأنه في معظم الكروم، يوجد أشجار أنثوية كثيرة وعدة أشجار ذكورية فقط. يجمع المزارعون اللقاح من الأشجار الذكورية وينثرونها على المياسم الأنثوية، وهكذا يضمنون تلقيحاً أكثر نجاعةً من التلقيح بواسطة الرياح وتكون محاصيل الثمار أكثر. لكي يتغلب المزارعون على حواجز لا تتيح تلقيح طبيعي، يقوم المزارعون بحقن حبيبات اللقاح مباشرةً إلى داخل المبيض، وهكذا لا تواجه حبيبات اللقاح حواجز (موجودة في الميسم والقلم) تمنع التخصيب بطريقة طبيعية. بهذه الطريقة ننتج أصنافاً جديدة - أصناف تهجين - ذات صفات مرغوبة للمزارعين، وهي لا تنتج لولا تدخل الإنسان.

إنبات حبيبات لقاح

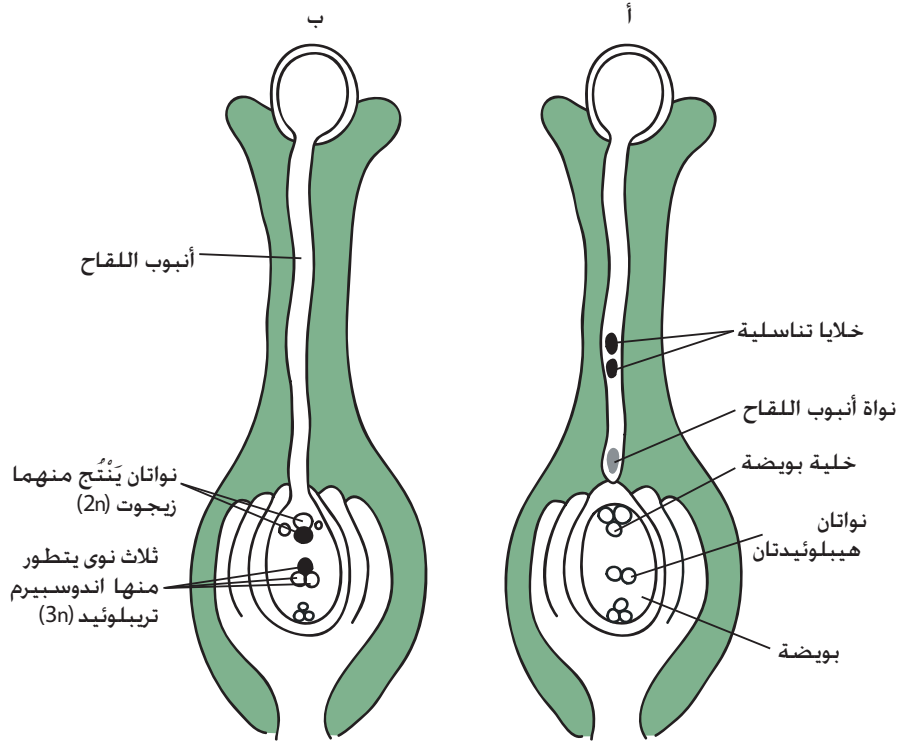
بعد أن تسقط حبيبة لقاح على ميسم، تنبت بفضل تأثير مواد تُفرز من الميسم. ينمو امتداد أنبوب لقاح مغلف بغشاء من فتحة صغيرة في حبيبة اللقاح داخل نسيج الميسم. هذا الأنبوب الممتد نسميه **أنبوب اللقاح**. وهو ينتج خلال عملية **الميوزا** ويحتوي داخله على ثلاث خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية: تتطور إحدى هذه الخلايا إلى أنبوب اللقاح. والخليتان الأخريتان هما خلايا تناسل ذكورية موجودة داخل أنبوب اللقاح (الرسم د - 18). يفرز أنبوب اللقاح إنزيمات تُذيب أنسجة وهكذا يشق طريقه داخل القلم. أثناء نموه يتغذى أنبوب اللقاح من مواد في نسيج القلم. يعمل أنبوب اللقاح كجسر عبره تصل خلايا تناسلية من حبيبة اللقاح التي نمت على الميسم إلى خلية تناسلية أنثوية مغلقة في **بويضة** داخل المبيض.



توسع: البويضة



البويضة هي مبنى معقد يحتوي على 8 نوى أحادية المجموعة الكوسومية (هيبلوئيدية)، وهي ناتجة من عملية **الميوزا**. تشترك في عملية الاخصاب، فقط، خلية بويضة فيها نواة هيبلوئيدية ونواتين هيبلوئيديتين في مركز البويضة. عدد البويضات في كل مبيض يميز نوع النبات. من مبيض مع بويضة واحدة، تتطور ثمرة مع بذرة واحدة.



الرسم د- 19: إخصاب مضاعف في نباتات كاسيات البذور. أ. ينمو أنبوب اللقاح باتجاه البويضة؛ ب. إخصاب

4.2. الإخصاب

كما هو الأمر في التكاثر التزاوجي عند الحيوانات، فإنه في **إخصاب** النباتات تتحد خلتين مختلفتين وينتج **زيجوت** ثنائي المجموعة الكروموسومية (ديبلويد)، حيث يتطور منه جنين. لكن في نباتات كاسيات البذور، عملية الإخصاب معقدة أكثر.

يتم الإخصاب داخل البويضة الموجودة في مبيض الزهرة. يشترك في الإخصاب خليتا تناسل ذكرية (جاميتان) وصلتا داخل أنبوب اللقاح عبر المتاع (الرسم د - 19 أ). عند حدوث عملية الإخصاب، تتحد نواة إحدى الخليتين الذكريتين

مع نواة تناسل أنثوية - **خلية بويضة** - وينتج زيجوت ديبلوئيد (2n)، الذي يتطور منه جنين (الرسم د - 19 ب).

تتحد نواة خلية التناسل الذكرية الثانية مع نواتين هيلوئيدتين في البويضة، وهكذا تنتج الخلية الأولى **للأندوسبيرم** مع نواة تربلوئيدية (يوجد فيها 3n كروموسومات). تنقسم هذه الخلية بعملية الميتوزا ويتطور نسيج لتخزين **مواد إدارية** لتغذية الجنين أثناء تطور البذرة ولتغذية البادرة في بداية تطورها. عملية الإخصاب التي تشترك فيها خليتا تناسل ذكرية نسميها إخصاب مضاعف. يتم الإخصاب المضاعف في نباتات كاسيات البذور فقط.

من البويضة الخصب، تتطور البذرة مع جميع أقسامها: الجنين والاندوسبيرم. بهذه الطريقة يساهم الوالدين في إنتاج الجنين ومواد إدارية/اندوسبيرم. يتطور غلاف البويضة إلى قشرة البذرة التي تحمي الجنين الذي يتطور عندما يجد ظروفًا مناسبة لنباته. بعد الإخصاب، تذبل الأسدية، الميسم والمتاع. يتطور المبيض ذاته إلى ثمرة داخلها بذور. ويتم تحديد عدد البذور في الثمرة بحسب عدد البويضات التي تم تخصيبها في المبيض.

لا تُلقح جميع الأزهار ولا يتطور في جميعها ثمار. تتساقط أزهار كثيرة قبل أن تُلقح بسبب صقيع أو رياح قوية. فقط الأزهار التي بقيت على قيد الحياة في ظروف البيئة المحيطة، وتم تلقيحها وتخصيبها بحبيبات لقاح مناسبة، هي التي تتطور فيها ثمار مع بذور.

د.5 من الزيغوت إلى الجنين: من خلية واحدة إلى كائن حي متعدد الخلايا

الزيغوت هو الخلية التي نتجت خلال عملية الإخصاب. وهي الخلية الأولى للجنين والنبات الذي يتطور منه في المستقبل. ينقسم الزيغوت إلى خليتين وهما تستمران في الانقسام (ميتوزا). وبعد انقسامات كثيرة، ينتج الجنين الذي يتميز بسويق وبجذير (الرسم د - 20).

في أعقاب الإخصاب المضاعف، يتطور الاندوسبيرم أيضًا الذي هو عبارة عن مخزن مواد تغذية يستخدمها الجنين في المراحل القادمة من تطوره. يوجد في الاندوسبيرم مخزون من الكربوهيدرات، الدهون والبروتينات التي يستخدمها النبات حديث السن حتى المرحلة التي ينتج بذاته بعملية التركيب الضوئي المواد التي يحتاجها.

في نباتات معينة من عائلة البقوليات (مثل: البازلاء، الفاصولياء والفسق)، تُنقل مواد الاندوسبيرم خلال تطور الجنين إلى الأوراق الأولى للبادرة - الفلقات. وهناك يتم تخزينها، في نباتات أخرى، مثل: القمح أو الذرة، يزود الاندوسبيرم المواد المطلوبة مباشرة، لكي يتطور نبات حديث السن - بادرة. المواد في الاندوسبيرم والفلقات هي مساهمة الوالدين في الجيل القادم و"بذل جهد" لضمان نجاحه، حيث يستعملها النبات حديث السن مدة زمنية طويلة بعد انفصاله عن نبتة الأم.



الرسم د - 20: سويق، جذير وفلقات نبات ثنائي الفلقات: فاصولياء

أُعدت مواد التغذية "المرزومة" في البذرة مع الجنين لتغذية النبات المتطور. لكن هناك آخرون يستفيدون منها، حيث تُستعمل البذور كغذاء مركز وجيد للإنسان ولكائنات حية كثيرة أخرى. البذور التي تعتبر مكون أساسي في تغذية الإنسان هي: أنواع النجيليات (أرز، قمح، ذرة) بقوليات (بازلاء، فسق، صويا) وأنواع جوز مختلفة.

بذور: أجنة مرزومة بمواد غذائية

الأجنة هي الجيل القادم، لذا نجد في النباتات مبان وآليات تطورت خلال النشوء والارتقاء لحماية الأجنة. في النباتات التي يوجد لها بذور تكون الأجنة مرزومة بأغلفة حميها من إصابات مختلفة: ميكانيكية مثل الإحتكاك بالتربة، أسنان حيوانات، حوامض ومواد أخرى في الجهاز الهضمي للحيوانات (تأكل ثمار تحتوي بذور)، بكتيريا وفطريات.

للمزيد عن:

مواد التخزين في البذرة، انظروا الفصل الثاني.



هذه الحماية مهمة في النباتات، لأنها تختلف عن الحيوانات، ففي النباتات، الانتقال من جنين إلى كائن حي مستقل يستمر في التطور، ومن ثم إلى كائن حي بالغ، ليس متواصلًا بل متقطع. في الفترة الزمنية التي تمر منذ نضوج البذور وانتشارها وحتى الإنبات تكون البذور معرضة لإصابات وأضرار مختلفة.

في **البذرة** تكون كمية الماء منخفضة والنشاط الأيضي مختصر جدًا، لذا تصمد البذرة في ظروف متطرفة (جفاف، حرارة، صقيع). ينجح جنين النبتة في البقاء، في ظروف بيئة محيطة لا يستطيع النبات البالغ أن يعيش فيها بتاتا، مثلاً: تجتاز النباتات الحولية فترة الصيف الجاف في بلادنا كبذور، وهكذا "تتملص" من ظروف بيئة محيطة صعبة (حر شديد وجفاف). أحياناً تنبت البذرة بعد مرور زمن طويل من إنتاجها، وهكذا تكون البذرة الوسيلة الوحيدة لنشر الجيل الجديد للنبات في البيئة المحيطة وتزيد من احتمال بقاء النبات مدة زمنية طويلة.

علاقة بعلم البيئة:

ملاءمة لظروف البيئة المحيطة.

للمزيد عن:

القشرة وظروف الإنبات، انظروا الفصل الثاني



من زهرة إلى ثمرة: زهرة خيار وثمرتها، إزهار حمضيات وثمار

تطور الثمرة

في النباتات كاسيات البذور، تتطور البذور داخل ثمار. **الثمرة** هي قسم من نبتة تطورت من مبيض الزهرة، عادةً في أعقاب الإخصاب. أحياناً تشترك أقسام أخرى من الزهرة في إنتاج الثمرة، مثلاً: حامل الزهرة الذي هو قاعدة الزهرة وعليه مرتبة أعضاء الزهرة، أو أوراق غلاف الزهرة. تستطيع كل ثمرة أن تحتوي على بذرة واحدة أو أكثر. تنوع الأشكال ومبنى الثمار كبير جداً، وهي ملائمة لحماية الجنين ولنشر الجيل الجديد بنجاحة.

انتبهوا: بحسب هذا التعريف، الأشياء التي نسمّيها "خضروات"، مثل: البندورة، الخيار، الفلفل والباذنجان هي ثمار أيضاً بحسب علم النبات. بداية عملية إنتاج الثمار نسمّيها **الانواع (عقد الزهرة)**. بعد عملية الانواع أيضاً، لا تكمل كل الثمار عملية التطور. يتساقط في الحمضيات حوالي 90% من الأزهار التي مرّت بعملية الانواع، في الأفوكادو نسبة الانواع حوالي 1%. لكن هذه النسبة تضمن محاصيل عالية للمزارعين.

في أعقاب الانواع، تبدأ مرحلة **نمو الثمرة**. تُنقل نواحي عملية التركيب الضوئي عبر أنابيب اللحاء من الأعضاء الخضراء في النبات إلى الأنسجة التي ستتطور إلى ثمرة وهي تكبر بحجمها وتمتلئ بمواد مثل السكريات. تنقسم الخلايا في الثمرة وتكبر، وتحتل الفجوة العصارية معظم حجم الخلية وتنتج فراغات بين الخلايا.

يتأثر كبر الثمرة من المعلومات الوراثية للنبتة، من كمية الموارد المتوفرة للنبتة ومن ظروف حالة الطقس. والبذور التي تتطور في الثمرة تؤثر على كبر الثمرة أيضاً. يؤدي ازدياد البذور إلى ارتفاع مستوى **الأوكسين والجبرلين** في الثمرة، حيث تؤدي هذه الهرمونات إلى توجيه كمية كبيرة من نواحي عملية التركيب الضوئي إلى الثمرة وتوجيه كمية قليلة إلى الأقسام الخضرية. تأثير البذور والهرمونات التي تفرزها على تطور الثمار هو تأثير ملحوظ، مثلاً: عندما يقل عدد البذور في الثمرة، يتغير شكل الثمرة وتصبح ثمرة غير سليمة (فيها تشويه).

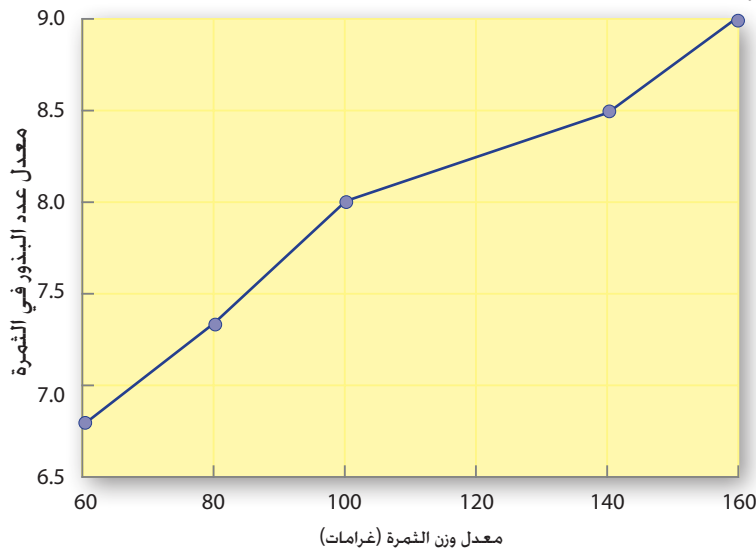
في أنواع النباتات التي تحتوي ثمارها على أكثر من بذرة، وُجِدَت علاقة بين كبر الثمرة وعدد البذور فيها، في الثمرة الكبيرة يوجد بذور أكثر من الثمرة الصغيرة. وفي أنواع نباتات مختلفة، وُجِدَت علاقة عكسية بين كبر البذور وعددها. في أنواع النباتات التي بذورها صغيرة جدًا (مثل: العائلة السحلبية وفم السمكة) يكون عدد البذور هائل جدًا لدرجة أنه من الصعب عدّها.



بذور داخل ثمارها: فلفل ورمان - بذور كثيرة جدًا؛ تفاح - بذور قليلة؛ أفوكادو- بذرة واحدة

?? سؤال د- 11

أمامكم رسم بياني يصف العلاقة بين معدل وزن ثمرة التفاح وبين معدل عدد البذور في الثمرة (الرسم د- 21).



الرسم د- 21: العلاقة بين معدل وزن الثمرة وبين معدل عدد البذور في ثمرة التفاح

- ما هي العلاقة الموصوفة في الرسم البياني بين وزن الثمرة وبين معدل عدد البذور؟
- هل من المعقول أن نجد 20 بذرة في ثمرة تفاح؟ عللوا.



عند انتهاء مرحلة نمو الثمرة، تبدأ مرحلة **النضوج**. في هذه المرحلة، تبدأ في الثمرة تغيرات بمكوناتها الكيميائية، بطعمها، برائحته، بلونها، بقساوتها وبمستوى الحموضة (pH).



بندورة حمراء وخضراء

يتحلل الكلوروفيل الذي أكسب الثمرة لونها الأخضر وتظهر مواد ألوان أخرى. في حالات كثيرة، المواد الإذخارية كالنشا لا تذوب، بل تنحلل إلى سكريات وتُكسب الثمرة الناضجة مذاقها الحلو، ومع مرور الوقت تقل درجة الحموضة تدريجياً. تمتلئ خلايا نسيج الثمرة - اللب القصيري- بمواد مغذية ولذيذة تحيط البذور. اللب القصيري، يحوّل الثمرة إلى غذاء تتغذى عليه حيوانات كثيرة والإنسان. يمكن أن نفكر أن أكل الثمار يشكل بيئة للنبات، لكن هذه الصفة وصفات أخرى للثمار تشكل ملائمة لانتشار البذور (كما نلاحظ ذلك في جدول د - 2 في صفحة 110).

ليس جميع الثمار عسيرة وبذورها تنتشر بواسطة حيوانات. يوجد تنوع كبير جداً في الثمار أيضاً. يوجد ثمار جافة، مثلاً: القرن في نباتات البقوليات التي تفتح ثمارها وتطلق بذورها، ويوجد ثمار تبقى مغلقة وتنتشر البذور داخلها كوحدة انتشار واحدة، مثلاً: ثمار عباد الشمس.

فعالية د- 1: فحص وجود سكر في موزة خضراء وفي موزة ناضجة



- اقطعوا من موزة خضراء قطعة سُمكها 5 سم. نقطوا عليها نقطة لوجول وسجّلوا ما شاهدتموه.
- اقطعوا من موزة صفراء قطعة سُمكها 5 سم. نقطوا عليها نقطة لوجول وسجّلوا ما شاهدتموه.
- اقطعوا من موزة صفراء قطعة إضافية سُمكها 5 سم. اهرسوها وأضيفوا إليها حوالي 2 ملل ماء، ثم رشحوها عبر قطعة قماش داخل أنبوبة اختبار. أضيفوا إلى الأنبوبة 3 قطرات محلول بندقط وسخنوها بحذر فوق لهب. صفوا ما حدث.
- أ. ما هي المادة التي يكتشفها الجول؟ وما هي المادة التي يكتشفها محلول بندقط؟
- ب. خمنوا النتيجة إذا فحصتم بواسطة محلول بندقط قطعة موز خضراء مهروسة. اشرحوا، على ماذا اعتمدتم في تخمينكم؟
- ج. افحصوا قطعة موز خضراء مع محلول بندقط.
- ركزوا نتائج الفحوصات في جدول.
- د. بناءً على مكتشفات الجدول، لخصوا، ماذا يحدث خلال نضوج الموز؟

تحتاج عمليات نضوج الثمار إلى طاقة، حيث يرافقها ارتفاع في عمليات التنفس الخلوي، وفي أعقاب ذلك يرتفع استهلاك الأكسجين في الثمرة. يَنُتَج **اثلين** في الثمرة وهو يؤثر على وتيرة النضوج. الاثلين المنبعث من الثمرة، يؤثر أيضاً على نضوج الثمار المجاورة له.

هناك بعض الثمار التي تنهي عملية النضوج بعد قطفها. هذه الثمار نسميها ثمارًا كليمكتارية (ثمار قمية). في هذه الثمار، تستمر عملية التنفس الخلوي بشدة كبيرة بعد قطف الثمار أيضًا. فيما يلي أمثلة لثمار كليمكتارية: موز، مانجو، بندورة. فيما يلي أمثلة لثمار غير كليمكتارية: برتقال، فلفل، شمام وتوت أرضي. الأفوكادو هو مثال لشجرة ثمارها تنضج بعد أن تسقط من الشجرة فقط.

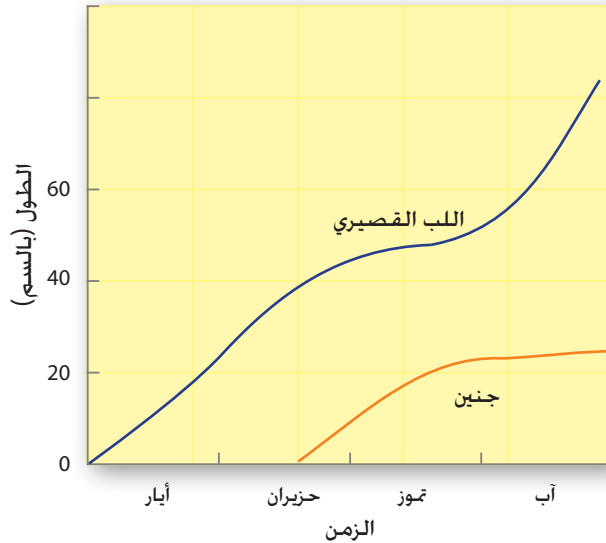
?? سؤال د - 12

- أ. ما هي الأفضلية للمزارعين من ثمار؟ اشرحوا.
ب. تضع جدة داوود عادةً ثمار الأفوكادو التي تشتريها من الدكان في كيس بُني لعدة أيام. ما هو السبب لذلك؟



?? سؤال د - 13

- خلال عملية نضوج الثمار، تحدث تغيّرات في كبر أقسام الثمرة كما نلاحظ ذلك في الرسمه د - 22.
أ. صفوا المكتشفات التي تظهر في الرسمه د - 22.
ب. قارنوا بين مجرى التغيّرات في الجنين وبين مجرى التغيّرات في اللب القصيري؟
ج. ما هي وظيفة اللب القصيري في الثمرة؟



الرسمه د - 22: تغيّر في طول اللب القصيري والجنين أثناء نضوج ثمرة الخوخ



انتشار ثمار وبذور

وسائل انتشار البذور الناجعة هي إحدى الشروط المطلوبة لاستمرار بقاء النوع. في معظم النباتات، تنتشر البذور دون الثمار، لكن يوجد أنواع نباتات تنتشر بذورها مع الثمرة أو مع أقسام منها، مثلاً: بعد عملية الإخصاب، تنطور مجموعة شعيرات على رؤوس بذور البيسوم، وتبدو النورة كلها "كرأس الجذ". كل بذرة هي وحدة انتشار تشمل ثمرة في داخلها بذرة ومجموعة شعيرات تساعد وحدة الانتشار على الطيران إلى أبعاد كبيرة بمساعدة الرياح (الرسمه د - 23).



الرسمه د - 23: انتشار ثمار بواسطة الرياح (على اليمين: بذور الدفلة؛ على اليسار: "رأس الجذ")

في إبرة العجوز، الثمرة مكونة من وحدات، في كل منها بذرة واحدة. كل وحدة كهذه يوجد لها مبنى يشبه الذنب، يلتوي الذنب عندما تنفصل البذرة عن النبات (الرسمه د- 24) ويساعد في انتشار البذرة إلى أبعاد كبيرة وفي دخولها داخل التربة.



الرسمه د- 24: بذرة إبرة العجوز



الثمرة تؤكل والبذور تبقى (ماجو ومشمش)



ثمار صبار

في الثمار العصيرية التي تنشرها الحيوانات، تحمي الثمرة البذور وتساعد على انتشارها. يوجد ثمار تؤكل مع بذورها، مثل: البندورة، الكيوي والخيار، أما ثمار أخرى تؤكل دون البذور، لأن قشرتها قاسية، مثل: الزيتون، النخيل والخوخ.

يوجد بذور سامة، وهذا يمنع من الحيوانات أن تأكلها، مثلاً: بذور نبتة الخروع.



حذير بالعرفه: تؤكل وتنتشر أيضاً

يوجد لنبتة الخروع علاقة متبادلة مثيرة للاهتمام مع النمل. البذرة ذاتها سامة، لكن في طرفها يوجد جسيم دهني مغذي يأكله النمل. يتغذى النمل على هذا الجسيم الدهني وينشر البذور في البيئة المحيطة. يوجد علاقة شبيهة بين شجرة المل وقوارض مختلفة، مثلاً: فأر الغابة. مذاق طرف ثمرة شجرة المل (التي في داخلها الجنين) مر، لذا تؤكل فقط أقسام من ثمار شجرة المل. تنقل القوارض هذه الثمار التي أكلت قسمًا منها إلى جحورها التي تسودها ظروف جيدة للإنبات، وهذه الظروف للإنبات أفضل من الظروف السائدة في المساحات المفتوحة.

علاقة بعلم البيئة:
علاقات متبادلة

طرق انتشار الثمار والبذور متنوعة جدًا، كما ستلاحظون ذلك في جدول د - 2.

جدول د- 2: خواص ثمار وبذور وملاءمتها للانتشار

صفة/مبنى الثمرة/البذرة	مثال	ملائمة للانتشار بواسطة...
ثمرة عصيرية، حلوة وطرية	مشمش، عنب، أفوكادو، بندورة	1.
تفتح الثمرة وتنفجر بذورها ("تنفجر")	فقوس الحمار، الشيرق	2.
تفتح الثمرة بعد أن تتبلل فقط	شوك الدب	تزامن الإنبات مع الموسم الماطر
ثمرة يوجد لها بروتات	فصة	3.
ثمار لها إضافات تشبه الجناح وهي تساعد على التحلق في الجو.	بليسندر جميلة	4.
ثمرة لها مجموعة شعيرات	بيسوم	
يوجد كتلة دهنية في طرف البذرة	خروع	5.
يوجد للبذرة شعيرات	قطن الدفلة	6.
مواد التخزين القريبة من الجنين تحتوي على مواد مرّة، أما في القسم البعيد عن الجنين، لا تكون المرارة عالية.	بلوط	7.
يوجد للبذرة منقار طويل وقد تطور من القلم، عندما يجف المنقار، فإنه يدخل التربة، مثل: البرغي أو النابض.	إبرة العجوز	الانتشار إلى بُعد كبير و "إدخال" البذرة إلى داخل التربة.

?? سؤال د - 14

في جدول د- 2 ، يوجد أماكن فارغة، انسخوا الجدول في دفاتركم، ثم أكملوا المعلومات الناقصة.



انتشار بذور في فقوس الحمار



الشيرق: قرون مع بذور



بليسندر جميلة



جدير بالمعرفة - اختراع من الطبيعة



إحدى الاختراعات المستعملة كثيراً في حياتنا اليومية هي الشرائط اللاصقة ("سكوتش") التي نستعملها لإغلاق الأحذية، الحقائب وغير ذلك. أخذت هذه الفكرة من الطبيعة مباشرة، من ثمار الفصّة التي تشتمل على شرائط لاصقة، حيث تساعد على الالتصاق بصوف الحيوانات بقوة.



شرائط لاصقة "سكوتش"



ثمرة الفصّة: تساعد البروزات على انتشار البذور بواسطة الحيوانات

??

سؤال د - 15

في ثمرة عصيرية وكبيرة تُبذل مواد وطاقة مصدرها من نبتة الأم، لكن الجنين أو النبتة حديثة السن لا "يحظيان" باستعمالها. ما هي الأفضلية للنبتة التي تؤكل ثمارها الكبيرة والعصيرية؟

6.2 من وجهة نظر زراعية: تدخل المزارع في توجيه تطور الثمار

كما تعلّمتم في الفصل الثالث، يستطيع المزارع أن يتدخل في جميع مراحل نمو النبات، وأن يوجّه موعد الإزهار (بند د.1)، وأن يؤثر على التلقيح (بند د.3.2)، على جودة الثمرة. كبرها وموعد نضوجها.

تأثير المزارع على عدد الأزهار والثمار

- مرحلة عقد الثمار، هي مرحلة حساسة في حياة النبتة، حيث تتساقط أزهار كثيرة في هذه المرحلة بسبب عوامل خارجية، مثل: رياح قوية، صقيع أو برد. رش النباتات بالأوكسين، يمنع أحياناً تساقط الأزهار والثمار في ظروف الصقيع خاصة. تزداد عملية عقد الثمار في أصناف أجاص معينة في أعقاب رشها بجبرلين.
- أحياناً لا يرغب المزارع أن تكون أزهار كثيرة بسبب التنافس بينها على الموارد، وفيما بعد بسبب التنافس بين الثمار التي تتطور. لذا في مزروعات معينة، يفرد المزارع الأزهار أو الثمار (يزيل عدداً معيناً من الثمار أو الأزهار).
- يمكن أن يتم **تفريد الأزهار** و**تفريد الثمار** بأيدي عاملة أو بمساعدة هورمونات نباتية. توقيت التفريد وكميته يوجد لهما تأثيران: التفريد المبكر للأزهار، قد يؤدي إلى تفريد مفرط وإلى تطور ثمار قليلة وخسارة في المحصول والدخل المادي. أما التفريد المتأخر (بعد عقد الثمار)، يوجد فيه تبذير لموارد النبتة، وبما أن تنفيذه يتم بأيدي عاملة عادة، فإن تكلفته للمزارع باهظة.
- تأثير **تقليم الغصون** بشكل يشبه تأثير تفريد الثمار. في أعقاب تقليص أوراق الشجرة، تُنقل موارد أكثر إلى الغصون والثمار التي بقيت وتعرض الغصون للضوء.



تأثير على جودة الثمرة. كبرها وموعد نضوجها

- كمية الماء المتوافرة للنبات تؤثر على تطور النبات كله وعلى ثماره. تؤثر كمية الري على مجرى تطور الثمار وعلى تركيز السكريات في الثمار. عندما لا يكون الري كثيرًا، فإن الثمار تكون حلوة عادةً.
- تؤدي إضافة هورومونات نباتية إلى الحصول على ثمار كبيرة. بودنا أن ننوه أن استعمال الهورومونات قد يُشوّه شكل الثمار، لذا يجب على المزارعين استعمال الهورومونات بكميات مناسبة.
- تنفيذ التحليق يمنع انتقال نواتج عملية التركيب الضوئي إلى الأقسام السفلية للنبته. وهكذا تصل نواتج عملية التركيب الضوئي إلى الثمار التي تتطور بكمية أكبر. أحيانًا يؤدي قطع قمة النمو إلى نفس النتيجة، لأن النبات لا ينمو نمو خضري وتُنقل معظم نواتج عملية التركيب إلى الثمار التي تتطور.
- تأثير على موعد النضوج - تنهي الثمار كليمكتارية (مثل: الأفوكادو، الموز، البندورة) عملية النضوج بعد القطف. هذه العملية نسمّيها **الإنضاج الاصطناعي**. يمكن تثبيط (إعاقة) الإنضاج الاصطناعي من خلال الحفاظ على الثمار في ظروف درجة حرارة منخفضة تعيق عملية التنفس، أو تنشيط الإنضاج الاصطناعي، من خلال إضافة الإثيلين إلى المكان الذي يتم فيه تخزين الثمار. يتم موعد إضافة الإثيلين بحسب حاجة السوق إلى هذه الثمار.

للمزيد عن:

التحليق. انظروا بند ج.3.1

من الأفضل أن نعرف أنه أحيانًا تدخل المزارع يؤدي إلى أن تكون الثمار كبيرة وجميلة ومدة تخزينها طويلة، لكن في حالات كثيرة لا تكون لذيدة. لهذا السبب تزداد رغبة الناس إلى اختيار ثمار نمت دون تدخل المزارعون.

إنتاج ثمار دون بذور (حاث parthenoskarpos)

يوجد حالات تتطور فيها **ثمار دون بذور**، هذه الظاهرة نسمّيها parthenoskarpos (ثمرة - karpos; عذراء - parthenos). تتطور في الطبيعة ثمار دون بذور عندما تنقطع العلاقة بين تطور الثمرة وبين تطور البذور. يوجد نباتات يتطور فيها مبيض الزهرة إلى ثمرة بعد حدوث عملية الإخصاب، على الرغم من توقف تطور البذور. في نباتات أخرى، قد تتطور الثمرة في أعقاب التلقيح، حتى إن لم يكن بعدها إخصاب. يوجد نباتات يتطور فيها المبيض إلى ثمرة دون تلقيح. نقص البذور في الطبيعة هو سيئة للنباتات، لأنّ ذلك يعني أن هذه النباتات لا يكون لها استمرارية. فيما يلي أمثلة لثمار parthenoskarpos: موز، أناناس وأصناف معينة من البطيخ، الافرسمون، الحمضيات والعنب. في الزراعة الصناعية، يمكن أن تؤدي بطريقة اصطناعية إلى تطور ثمار دون إخصاب ودون بذور. الطريقة الأولى بواسطة هورومونات نباتية: رش بأوكسين (تين)، رش بجبريلين (خمان أسود، أجاص، عنب) ورش بتسيتوكينين (أصناف عنب معينة). طريقة أخرى هي **الهندسة الوراثية**. مثال لاستعمال هذه الطريقة: أدخل جين مصدره من بكتيريا إلى نبتة بندورة. وقد أدى هذا الجين إلى أزهار البندورة أن تتطور إلى ثمار دون أن يحدث إخصاب، والثمرة التي حصلنا عليها دون بذور. أفضلية الطريقة أننا نستطيع الحصول على ثمار عندما لا تتيح ظروف المناخ حدوث تلقيح وإخصاب بالطرق العادية.

للمزيد عن:

الهندسة الوراثية. انظروا الفصل الخامس.



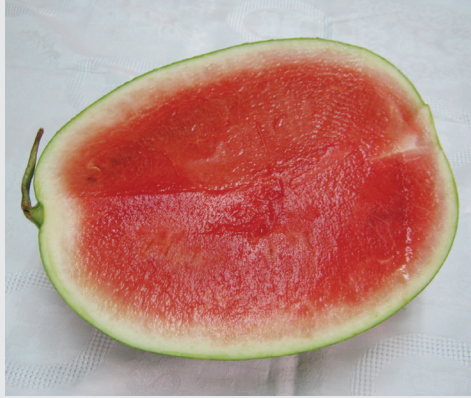
ثمار دون بذور: موز وأفرسمون

يوجد طلب كبير جدًا لثمار دون بذور، من قبل المستهلكين ومصانع الغذاء، لأنه من السهل جدًا معالجة ثمار دون بذور. الحسنيات للمزارع أنه غير متعلق بعوامل خارجية، مثل: الرياح أو الملقحات ويستطيع أن يسيطر جيدًا على موعد التسويق وفقًا لمتطلبات المستهلكين.

توسع: بطيخ دون بذور



هناك طريقة إضافية لإنتاج ثمار دون بذور وهي الإخصاب الذي يمنع تطور بذور، مثلًا: بطيخ "دون بذور".



بطيخ دون بذور

للحصول على بطيخ دون بذور، يستعمل المزارع نباتين مختلفين: نبتة ذكورية تساهم في حبيبات اللقاح وهي البطيخ "العادي" الذي فيه عدد الكروموسومات $2n$ (ديبلويد). والنبتة الأنثوية هي بطيخ له $4n$ كروموسومات (رباعية المجموعة الكروموسومية). تتطور النبتة الأنثوية من بذور رباعية المجموعة الكروموسومية، وتنبت وتطور إلى نبات بالغ له أزهار.

لكي تتطور ثمار في هذه الأصناف، يجب أن يكون تلقيحًا غريبًا. أثناء التلقيح، تساهم كل نبتة جاميتا (خلية تناسلية) تحتوي على نصف عدد كروموسوماتها: $(2n)$ كروموسومات من الأنثى و (n) كروموسومات من الذكر. وهكذا نحصل على ثمرة عدد كروموسوماتها $(3n)$ (ثلاثية المجموعة الكروموسومية). العدد الفردي للكروموسومات يمنع من تطور البذور. في أعقاب الإخصاب، تتطور ثمرة عصيرية أكثر قساوة من الثمرة التي تحتوي على بذور، لكن البذور القليلة التي تنتج تكون صغيرة، شفافة (أحيانًا بيضاء) وغير خصبة.

د.3 تكاثر تزاوجي وتكاثر غير تزاوجي: مبادئ، حسنات وسيئات

كما ذكرنا في بداية الفصل، يوجد في عالم الأحياء طريقتان معروفتان للتكاثر: **تكاثر تزاوجي** (تكاثر جنسي) و**تكاثر غير تزاوجي** (يشمل التكاثر الخضري).

لكل طريقة تكاثر حسنات وسيئات. أحياناً في بيئة معينة تكون طريقة معينة ذات حسنات، لكنها في بيئة معينة أخرى تكون ذات سيئات. ذكرنا في بند د2.1 حسنات وسيئات تكاثر غير تزاوجي. في هذا البند، نفصل حسنات وسيئات تكاثر تزاوجي. تنبع سيئة التكاثر التزاوجي في النباتات من الحاجة إلى الملقحات. الحيوانات متنقلة وتستطيع أن تتحرك اتجاه بعضها لكي تتزاوج، أما النباتات فهي ثابتة في مكانها ولكي تنتقل خلايا التناسل من فرد إلى آخر فهي بحاجة للاستعانة بعامل آخر. في حالات كثيرة تستعين بحشرات أو بحيوانات أخرى تنقل من زهرة إلى أخرى وهكذا تنقل حبيبات اللقاح التي تحتوي على خلايا تناسلية ذكورية من زهرة إلى أخرى. في النباتات التي يتم تلقيحها بواسطة تلقيح غريب فقط، في حالة نقص في الملقحات، لا يتم التكاثر إلا إذا استطاع النبات أن يتكاثر بواسطة تكاثر غير تزاوجي أيضاً.

يتم التعبير عن حسنات التكاثر التزاوجي عندما تتغير ظروف البيئة المحيطة، حيث يؤدي التباين في المعلومات الوراثية بين أفراد التكاثر التزاوجي إلى ازدياد احتمال بقاء أفراد معينة على الرغم من التغير في البيئة المحيطة، وهكذا نضمن استمرارية النوع. لا يكون الأمر كذلك عندما تكون جميع الأفراد متماثلة في المعلومات الوراثية (كما هو الأمر عند أفراد من تكاثر غير تزاوجي)، لأنه إذا حدثت تغيرات في بيئة معينة لا تتيح بقاء الأفراد، فقد ينقرض النوع. كما أنه بفضل التباين الكبير يمكن رعاية أصناف جديدة ذات صفات مناسبة للأسواق المختلفة.

تتكاثر أنواع نباتات كثيرة في الطبيعة بالطريقتين، وهذا يعني تكاثر تزاوجي وتكاثر غير تزاوجي، مثل: شقائق النعمان، بصيل، أنواع ثوم وبصل، النجيل، النعنع، التوت الأرضي والأسبراجوس. وتتكاثر أنواع أخرى بطريقة التكاثر التزاوجي فقط، مثل: المل، التفاح، ببسوم، القمح وغير ذلك. أما الأنواع التي تتكاثر بطريقة تكاثر غير تزاوجي فقط فهي نادرة. ينمو الحميض المائل في البلاد، وعلى الرغم من أنه يزهر في البلاد، لا تنتج بذور بسبب آلية عدم التحمل الذاتي الموجود في النبات وتكاثره في البلاد هو غير تزاوجي فقط. مصدر هذا النبات من جنوب إفريقيا وهو يتكاثر هناك بالطريقتين.



الحميض فيه



نظرة من قرب إلى زهرة الحميض



جدول د - 3: مقارنة بين تكاثر تزاوجي وبين تكاثر غير تزاوجي في النباتات

الجانب	تكاثر تزاوجي	تكاثر غير تزاوجي
المبدأ	"تختلط" المعلومات الوراثية من مصدرين مختلفين، لذا نحصل في النسل على تراكيب وراثية جديدة. ونتيجةً لذلك، يختلف النسل عن بعضه وعن الوالدين أيضًا.	كل النسل الذي نحصل عليه يكون متماثل من ناحية وراثية للمصدر الذي ننتج منه، ويكون كل النسل متماثلًا أيضًا.
عدد خلايا التناسل التي تشترك في العملية	1.	لا توجد علاقة بالخلايا التناسلية
عدد الوالدين اللذان يَنتُج منهما النسل	عادةً اثنان (في التلقيح المتبادل. والد واحد في التلقيح الذاتي	2.
تباين وراثي بين الوالدين والنسل	يوجد	لا يوجد
ماثل للوالدين	3.	4.
ماثل لأفراد آخرون في النسل	5.	6.
مرحلة دورة الحياة التي يبدأ فيها التكاثر	في المرحلة التناسلية	7.
أعضاء النبات التي تشترك في عملية التكاثر	8.	9.
متعلق بالملقحات/بالرياح	10.	11.
حسنتات في الزراعة	إنتاج أصناف تهجين ذات صفات مرغوبة / مفضلة	الحفاظ على صفات مرغوبة خلال الأجيال
	12.	13.
		14.
		15.
سيئات في الزراعة	16.	17.
جانب النشوئ والارتقاء	يزداد التباين بين الأفراد، يزداد احتمال بقاء الأفراد في أعقاب تغيُّرات في ظروف البيئة المحيطة	الحفاظ على الصفات من جيل إلى آخر. أفضلية للنوع في ظروف بيئية محيطة ثابتة.

??
سؤال د- 16

أكملوا في دفاتركم المعلومات الناقصة في الأماكن المرقمة في الجدول.



?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. تُزهر نبتة الموز فقط بعد أن تنمو لها على الأقل ست أوراق. ما هي الأفضلية للنبتة بذلك؟
2. ذكرنا في الفصل الثاني اسمَ شجرة النخيل "متوشلاح". قال أحد العلماء: "إننا نخشى ألا تُثمر الشجرة بتاتاً".
أ. النخيل هو نبات ثنائي المسكن. لماذا يخشون ألا تُثمر الشجرة؟
ب. يتكاثر النخيل بواسطة الفسائل أيضاً. لماذا يفصل المزارعون الفسائل من أشجار أنثى فقط؟
ج. يقوم المزارعون عادةً بإكثار أشجار النخيل بواسطة الفسائل، خاصةً في السنوات السبع الأولى من حياة الشجرة، لأن بعد ذلك، لا يُنتج شجر النخيل فسائل. في السنوات الأخيرة، طوّر الباحثون طريقة تكاثر بواسطة مستنبت خلايا من أشجار النخيل. قارنوا بين طريقتي التكاثر، ثم تطرقوا إلى حسنات وسيئات كل طريقة.
3. انجرف مع تيار ماء غصناً من شجرة الإثل التي تنمو في أعلى جدول ماء. عندما وصل منخفض الجدول، انغرز في ضفة الجدول وتطورت له جذور وبدأ يورق أوراقاً.
أ. ما هو نوع التكاثر الذي يمثله الغصن الذي بدأ يورق أوراقاً؟
ب. تطور الغصن في منخفض الجدول إلى شجرة وبدأ يزهر. هل يتم فيه تكاثر تزاوجي أيضاً؟ اشرحوا.
ج. اختاروا الجملة الصحيحة وعلّلوا.
I. الشحنة الوراثية للشجرة في منخفض الجدول ماثلة للشحنة الوراثية للشجرة في أعلى الجدول.
II. الشحنة الوراثية للشجرة في منخفض الجدول تشبه الشحنة الوراثية للشجرة في أعلى الجدول.
III. الشحنة الوراثية للشجرة في منخفض الجدول تختلف عن الشحنة الوراثية للشجرة في أعلى الجدول.
IV. لا يمكن أن نعرف ما إذا الشحنة الوراثية متشابهة أو مختلفة بين الشجرتين.
4. في نبتة التوت الأرضي، تتم ثلاث طرق تكاثر: تكاثر بواسطة روافد، تكاثر بواسطة بذور وتكاثر بواسطة مستنبت نسيج خلايا.
أ. أية طريقة من بين طرق التكاثر هي تكاثر تزاوجي؟ علّلوا.
ب. أية طريقة من بين طرق التكاثر لا تتم في الطبيعة؟
ج. اذكروا فرقاً واضحاً بين تكاثر بواسطة روافد وبين تكاثر بواسطة بذور.
د. اشرحوا أفضلية واحدة لكل طريقة من طرق التكاثر.

5. انسخوا الجدول الآتي في دفاتركم، ثم أكملوا الناقص. إذا فكرتم أن هناك عاملاً إضافياً للمقارنة، فيمكنكم إضافته إلى الجدول.

مقارنة بين طرق تكاثر: تكاثر تزاوجي بتلقيح ذاتي، بتلقيح متبادل (غريب) وبتكاثر غير تزاوجي

تكاثر غير تزاوجي	تكاثر تزاوجي		الجانب
	تلقيح ذاتي	تلقيح متبادل (غريب)	
			مدى التباين بين النسل
			حسنيات للنبات
			سيئات للنبات
			حسنيات للمزارع
			سيئات للمزارع

6. قام باحثون بتنمية توت أرضي في قطعتي أرض. نوع التربة، درجة الحرارة وظروف الري في القطعتين كانت متماثلة. في إحدى القطعتين، قاموا بتنمية نبتة توت أرضي مصدرها من روافد تطورت من نبتة أم واحدة، وفي القطعة الثانية، زُرعت بذور نبتة توت أرضي مصدرها من نفس نبتة الأم. في موسم القطف، فحصت كمية السكر في ثمار مجموعتي النبات (خمس نباتات من كل مجموعة). لخصت النتائج في الجدول الآتي:

كمية السكر في الثمرة (ملغم سكر/في 100 غم ثمر)		رقم النبات
المجموعة أ	المجموعة ب	
120	250	1
450	274	2
330	260	3
97	280	4
250	270	5

- أي مجموعة ثمار أُخذت من نباتات تطورت من روافد، وأي مجموعة ثمار أُخذت من نباتات تطورت من بذور؟ عللوا.
- نباتات التوت حساسة للصقيع. في أي قطعة أرض يوجد احتمال أكبر لبقاء نباتات توت أرضي بعد عدة ليالي؟ عللوا.

7. أرادت مجموعة تلاميذ أن تبحث الفرضية الآتية: إضافة هورمون الأكسين تُنشط نمو جذور من فسائل الغصون.
 أ. ما هي العوامل التي يجب أن نحافظ عليها ثابتة في التجربة؟
 ب. ما هي المجموعة الضابطة التي يجب أن نضمها في التجربة؟
 ج. ما هي النتيجة التي تحقق الفرضية؟
8. أمامكم عدة جُمَل تتطرق إلى التلقيح الاصطناعي و/أو التركيب.
 انسخوا في دفاتركم أحرف الجمل (أ. ب. ج وما شابه) واكتبوا بجانب كل منها ما إذا هي صحيحة بالنسبة للتركيب، أو التلقيح الاصطناعي أو اثناهما.
 أ. يمكن أن تتم فقط بين نباتات من نفس النوع النباتي (species).
 ب. يمكن أن تتم في أعقاب تدخل الإنسان فقط.
 ج. يتم اتحاد نواتي خليتي تناسل مختلفة.
 د. أحد المشتركين لا يوجد له أي تأثير على الشحنة الوراثية للنسل.
 هـ. البذور هي نسل أحد المشتركين فقط.
 و. يمكن أن تتم بشكل طبيعي أيضًا دون تدخل الإنسان.
 ز. يستعمل المزارعون هذه الطريقة، لكي يحصلوا على النسل الذي يرغبونه.
9. قارنوا بين التكاثر بمساعدة الفسائل وبين طريقة التركيب. تطرقوا إلى التشابه وإلى الاختلاف.
10. في المرحلة التناسلية في دورة حياة النبات، يقوم قسم من النباتات بعلاقة متبادلة من نوع تكافل مع الحيوانات. اذكروا نوعين من هذه العلاقة المتبادلة وشرحوا أهميتها للحيوانات ولاستمرارية أجيال النباتات.
11. وُردت في الفصل مصطلحات مهمة. اختاروا من بينها خمسة أزواج متعلقة ببعضها، ثم اشرحوا العلاقة بين المصطلحين في كل زوج.
12. أ. يمكن حفظ الثمار بواسطة التجفيف أو حفظها في محلول سكر مركز (مربى). ما هو المبدأ المشترك لهاتين الطريقتين؟ اشرحوا.
 ب. الثمار الكلمكتارية، يوجد لها أفضلية للمزارع بالمقارنة مع ثمار غير كلمكتارية. اشرحوا.

المواضيع الأساسية في الفصل

- تتكاثر النباتات بطريقة تزاوجية وبطريقة غير تزاوجية، يتم التكاثر غير التزاوجي بفضل قدرة التجدد عند النبات وقدرة نمو أعضاء النبات.
- العملية الخلية التي يعتمد عليها التكاثر غير التزاوجي هي عملية انقسام الخلايا بطريقة الميتوزا، أما التكاثر التزاوجي فهو انقسام الخلية بعملية ميوزا.
- يتم التكاثر غير التزاوجي من أعضاء تنمو فوق سطح الأرض ومن أعضاء تنمو داخل الأرض.
- في التكاثر غير التزاوجي، نحصل على نسل مماثل للوالدين ومماثل لبعضه.
- يُفضّل المزارعون استعمال تكاثر غير تزاوجي في نباتات تستطيع أن تتكاثر بطريقة تزاوجية أيضاً.
- التكاثر غير تزاوجي بواسطة الفسائل ومستنبت نسيج الخلايا هما طريقتان شائعتان في الزراعة.
- في عملية تركيب النبات نُنتج نبتة جديدة بواسطة الربط بين الأصل والراكب.
- في التكاثر التزاوجي، نحصل على نسل يختلف عن الوالدين وعن بعضه.
- تطور الأزهار هو مرحلة أولى في التكاثر التزاوجي وهو يتأثر من عوامل خارجية وعوامل داخلية.
- أقسام الزهرة هي: أوراق الكأس، أوراق التويج، الأسدية و المتاع، وهي منتظمة عادةً في دوائر.
- مبنى الزهرة ملائم لطريقة التلقيح.
- تشمل عملية التكاثر التزاوجي المرحلتين الآتيتين: التلقيح والخصاب.
- في أعقاب الاخصاب، تتطور الثمرة وفي داخلها بذور.
- استمرارية بقاء النوع مشروطة بوسائل انتشار البذور بطريقة ناجعة.
- الطريقتان الشائعتان لانتشار البذور هما الرياح والحيوانات. يوجد ملائمة بين مبنى الثمرة والبذور وبين طريقة انتشار البذور.
- يستطيع المزارع التدخل والتأثير على التلقيح، موعد الإزهار، عدد الأزهار والثمار وعلى جودة الثمرة وموعد قطفها.
- لكل طريقة تكاثر، يوجد حسنات وسيئات.
- حسنات التكاثر غير التزاوجي هي: لا توجد حاجة لشركاء والصفات المماثلة بين النسل تُتيح للكثير منها أن تبقى في ظروف بيئة محيطة ثابتة. الصفات المماثلة بين النسل هي سيئة في ظروف بيئية متغيرة.
- يوجد للتكاثر التزاوجي أفضلية عندما نريد أن نرعى صنفاً جديداً في ظروف بيئية محيطة متغيرة. تنبع سيئة التكاثر التزاوجي من الحاجة إلى شركاء في التلقيح والانتشار.

مصطلحات مهمة في الفصل

درنة	هورمونات	أسدية
زهرة	اخصاب	أكسين
زهرة أحادية الجنس	تركيب نبات	طول النهار
زهرة ثنائية الجنس	زيجوت	اندوسبيرم
ثمرة	خيطة	بويضة
ثمرة دون بذور	بذرة	بصل
إزهار	أحادي الجنس	جبرلين
غدد رحيق	مواد إدخارية	عوامل خارجية
ميسم	عقد الثمار	عوامل داخلية
نبات نهار طويل	فسائل	حبيبات اللقاح
نبات نهار قصير	الأصل	ثنائي الجنس
تكاثر غير تزاوجي (تكاثر خضري)	ملقح	تفريد ثمار
تكاثر تزاوجي	ميوزا	تفريد أزهار
راكب	ميتوزا	نشر حبيبات لقاح
تباين وراثي	أنبوب اللقاح	انتشار بذور
جذير	برعم	تلقيح غريب
مبيض	جنين	(متبادل)
مرحلة خضرية	متاع	تلقيح اصطناعي
مرحلة تناسلية	أوراق كأس	تلقيح ذاتي
روافد	أوراق تويج	الإنضاج الاصطناعي
خلية بويضة	التوقيت الضوئي	نضوج
خلية تناسل ذكرية	فلقات	
مستنبت نسيج		