من بذرة إلى بذرة

מזרע לזרע

ايريت سده

روت أمير

الجامعة العبرية في القدس

مركز تدريس العلوم

إدارة المركز الإسرائيلي للتربية العلمية

والتكنولوجية على اسم عاموس دي - شليط

وزارة التربية، السكرتارية التربوية مركز

تخطيط وتطوير المناهج التعليمية

الطبعة العبرية 2011

الطبعة العربية 2012

من بذرة إلى بذرة
From Seed to Seed

تطوير وكتابة:

د. إيريت سده، ضاحية التربية أورط يد ليبوفيش، نتانيا.

د. روت أمير، مركز تدريس العلوم، الجامعة العبرية في القدس.

هانيا جاي، مدرسة على اسم عميساف، بيت بيرل.

إعداد الطبعة التجريبية، تطوير نماذج أسئلة وتركيز التجربة:

شيلي دور - حاييم، مركز تدريس العلوم، الجامعة العبرية في القدس.

استشارة علمية:

بروفسور حاييم كيجل، كلية العلوم الزراعية، التغذية وجودة البيئة المحيطة، الجامعة العبرية في القدس.

بروفسور عمرام أشري (الفصل الخامس)، كلية العلوم الزراعية، التغذية وجودة البيئة المحيطة، الجامعة العبرية في القدس.

التحضير للطباعة: شوشانا هريئل

إعداد جنسوي: ساره أوفق.

باقة شكر إلى

الذين قرأوا وابدوا ملاحظاتهم:

راحل نوسينوبيس، المركز القطري لمعلمي البيولوجيا، الجامعة العبرية في القدس.

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

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

د. مريم أهروني، مختبر النباتات لمستنبت نسيج (الفصل الرابع، بند د3.1).

معلمات التجربة وتلاميذهن:

عليزا جورن وجلينا كوشنير (مدرسة موسينزون، هود هشارون).

سيمونا دفيدسون ورونيت لبكوفيش (مدرسة على اسم عميساف، بيت بيرل).

آريئل للينتطل (مهعد تسفيا، سدوت النقب).

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

طاقم التصميم والجرافيكا:

نافا موسكو، أوري كيرمن

صور الغلاف:

بادرة أفوكادو (I, Dontworry (Creative Commons; زهرة أفوكادو (B. Navez (Creative Commons; شجرة أفوكادو: (avlxyz (Creative Commons.

صدر بتمويل مركز تخطيط وتطوير المناهج التعليمية، وزارة التربية

وإدارة المركز الإسرائيلي للتربية العلمية - التكنولوجية على اسم عاموس دي شليط

© جميع الحقوق محفوظة لوزارة التربية، 2011

© جميع الحقوق على المواد التي مصادرها خارجية ووردت في الكتاب محفوظة لأصحابها.

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

אגף ספרי לימוד
באישור
משרד החינוך
אישור מס': 4280
אושר בתאריך: 6/3/2011

محتويات الكتاب

أ. مبنى النبات ودورة حياته 5

مقدمة 5
أ1. من بذرة إلى بذرة وما بينهما: دورة حياة النبات 8
أ2. مبنى النبات وأعضائه 10
أ1.2 ملاءمة بين مبنى النبات وطريقة حياته 10
أ2.2 أقسام النبات 12
أ3.2 نباتات وأقسام النباتات، الصحة والعافية 18
أ3. متشابهة لكنها مختلفة - ملاءمة بين النباتات وبيت التنمية 19
أ1.3 ملاءمة بين دورة حياة النبات وبيت التنمية 19
أ2.3 ملاءمة أعضاء النبتة إلى بيت التنمية 20
أ3.3 ملاءمات للحياة معًا وللعلاقة المتبادلة مع كائنات حية أخرى 21
أسئلة لتلخيص الفصل 22
المواضيع الأساسية في الفصل 23
مصطلحات مهمة في الفصل 23

ب. من بذرة إلى بادرة: عملية الإنبات 25

مقدمة 25
ب1. مبنى البذرة 26
ب1.1 الجنين 26
ب2.1 مواد تخزين 27
ب3.1 قشرة البذرة 29
ب2. عملية الإنبات 29
ب1.2 سبات البذور 30
ب2.2 من سبات إلى إنبات 33
ب3.2 مراحل عملية الإنبات 34
ب3. من وجهة نظر زراعية: توجيه الإنبات وتخزين بذور 41
ب1.3 طرق تؤثر على موعد الإنبات 41
ب2.3 تخزين بذور 42
ب3.3 بذور على طاولتنا 43
أسئلة لتلخيص الفصل 44
المواضيع الأساسية في الفصل 45
مصطلحات مهمة في الفصل 45

ج. من البادرة إلى النبتة: نمو وتطور 47

مقدمة 47
ج1. تزداد الخلايا والمواد في النبات الذي ينمو 48
ج1.1 النبات الأخضر يخدم ذاته 49
ج2.1 يحتاج تطور النبات إلى ماء وأملاح معدنية 56
ج3.1 تُستخدم نواتج عملية التركيب الضوئي لاستخراج الطاقة، للنمو والتخزين 59
ج2. هرم وتساقط أقسام النبات 61
ج3. ينمو ويتطور النبات بشكل متناسق وليس بطريقة عشوائية 63
ج1.3 الأوكسين والنمو باتجاه الضوء 63
ج2.3 الجبريلين وتأثيره على الإنبات وعلى استطالة الساق. 65
ج3.3 الإثيلين وعملية الهرم 66

ج4. يؤثر المزارعون على النمو والتطور 67
ج1.4 تزويد ظروف وموارد 67
ج2.4 تطبيق المعرفة عن الهورمونات في الزراعة 71
ج5. توسع: النبات يستجيب لبيئته المحيطة 73
أسئلة لتلخيص الفصل 75
المواضيع الأساسية في الفصل 76
مصطلحات مهمة في الفصل 77

د. تكاثر: من القليل إلى الكثير 79

مقدمة 79
د1. تكاثر غير تزاوجي (خُضَري - لا جنسي) - من واحد إلى كثيرين 80
د1.1 طرق تكاثر غير تزاوجية 81
د2.1 حسنات وسيئات التكاثر غير التزاوجي 84
د3.1 تكاثر غير تزاوجي في الزراعة 85
د2. تكاثر تزاوجي (جنسي) - من اثنين إلى كثير 92
د1.2 الإزهار 92
د2.2 مبنى الزهرة 96
د3.2 التلقيح 98
د4.2 الإخصاب 103
د5.2 من الزيجوت إلى الجنين: من خلية واحدة إلى كائن حي متعدد الخلايا 104
د6.2 من وجهة نظر زراعية: تدخُّل المزارع في توجيه تطور الثمار 111
د3. تكاثر تزاوجي وتكاثر غير تزاوجي: مبادئ، حسنات وسيئات 114
اسئلة لتلخيص الفصل 116
المواضيع الأساسية في الفصل 119
المصطلحات المهمة في الفصل 120

هـ. تدخُّل الإنسان في تنمية نباتات زراعية 121

مقدمة 121
هـ1. من هناك إلى هنا: تأقلم نباتات 124
هـ1.1 مراحل التأقلم 125
هـ2.1 نباتات تأقلمت في البلاد 126
هـ2. من القديم يخرج جديد: رعاية أصناف بواسطة انتخاب اصطناعي وتهجين 128
هـ1.2 كيف نهجِّن بطريقة موجهة؟ 128
هـ2.2 أمثلة لنواتج عملية الرعاية 130
هـ3. رعاية أصناف جديدة بواسطة هندسة وراثية 131
هـ1.3 كيف "نهندس" نبتة؟ 131
هـ2.3 أمثلة لنواتج مهمة في الهندسة الوراثية 132
هـ4. توسع: تدخُّل المزارعون يؤثر على البيئة المحيطة 135
أسئلة لتلخيص الفصل 136
المواضيع الأسياسية في الفصل 138
مصطلحات مهمة في الفصل 138

قاموس المصطلحات 139
دليل المصطلحات 147
مصادر الصور 151

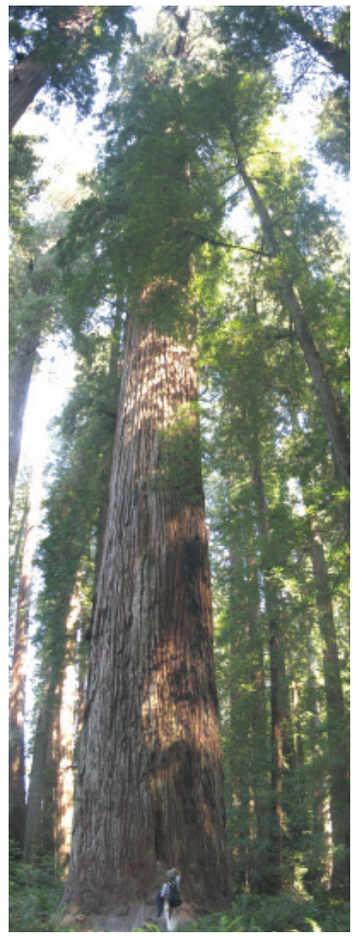
أ مبنى النبات ودورة حياته

مقدمة

كل من ينظر حوله، يرى نباتات تشكل جزءًا لا يتجزأ من العالَم الذي نعيش فيه. منها صغيرة، كبيرة ومنها أعشاب أو أشجار. النباتات مُتنوّعة بأشكالها، بكبرها، بألوانها، بمذاقها وبرائحتها. يوجد نباتات نأكل ثمارها وأخرى تظلل علينا في الأيام الحارة. نتمتّع بمناظر الأزهار والأشجار وهناك نباتات نستغلها لاحتياجاتنا المختلفة. لولا النباتات لكان عالمنا فقير جدًا في الألوان، الأطعمة، الحيوانات والأكسجين. والحقيقة أننا لا نستطيع الحياة على سطح الكرة الأرضية دون نباتات!

النباتات شائعة في كل مكان، تقريبًا، على سطح الكرة الأرضية: ابتداءً من مناطق استوائية ماطرة وحارة، عبر صحاري قحطاء وفي مناطق باردة جدًا ومجمدة. في كل بيت تنمية، نجد عوامل أحيائية وعوامل لا أحيائية، فقط النباتات الملائمة للظروف الخاصة السائدة في بيت التنمية هي التي تنجح في البقاء والتكاثر.

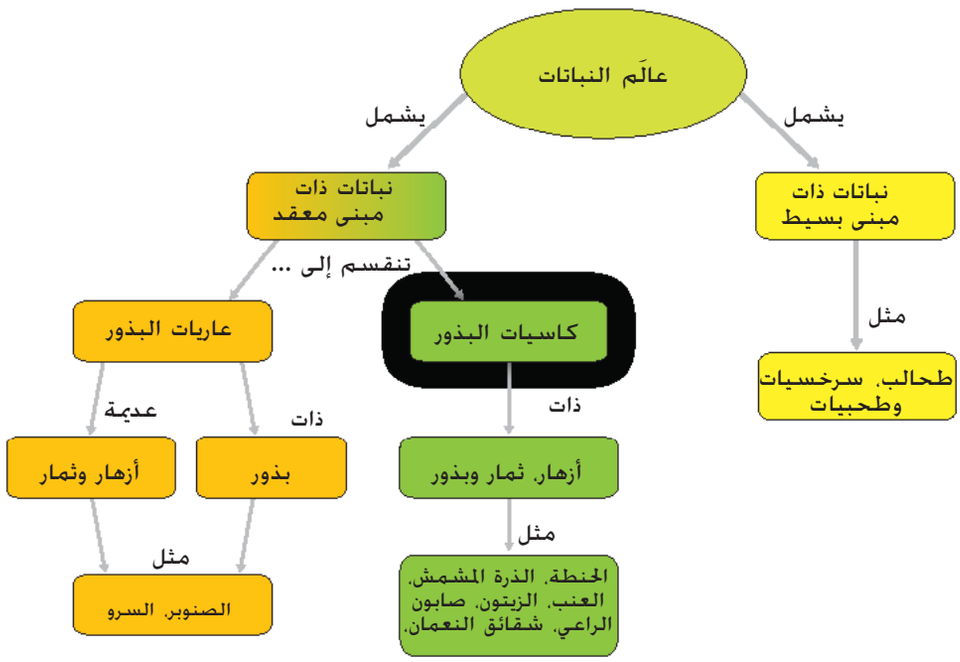
عدد أنواع النباتات كبير جدًا. ومن المعروف اليوم أن هناك حوالي 260,000 نوع من النباتات ذات بذور. كل نوع له صفات تميزه، حيث يتمّ التعبير عنها بشكل أعضائه وبطريقة حياته. يمكن أن نجد في الطبيعة نباتات صغيرة جدًا، مثلاً: عدسة الماء التي يصل كبرها عدة مليمترات. كما نجد نباتات كبيرة جدًا، مثلا: أشجار السكوايا الضخمة التي تعيش في كليفورنيا (الولايات المتحدة) والتي يصل ارتفاعها إلى عشرات الأمتار (الرسمة أ - 1).



الرسمة أ - 1: اليمنى: شجرة السكوايا (انتبهوا إلى الشخص الذي يقف بجانب الشجرة الضخمة).
اليسرى: نباتات صغيرة جدًا لعدسة الماء (كبر كل نبتة حوالي 5 ملم).

الرسمة أ- 2: العليا: سرخسيات. السفلى: شجرة تحمل أزهارًا وثمارًا (قاتل أبيه)

يوجد نباتات، مثل: الطحالب، الطحبيات والسرخسيات التي مبناها بسيط جدًا وعديمة الأزهار. بالمقارنة مع ذلك، يوجد نباتات مبناها معقد، فروعها متفرعة، تحمل أزهارًا وثمارًا وتحتوي على بذور (الرسمة أ - 2).
الأزهار والثمار تميِّز مجموعة متطورة من النباتات التي نسمِّيها **كاسيات البذور**، لأن بذورها محمية (مغطاة) داخل أنسجة الثمرة التي تطوَّرت فيها (الرسمة أ - 3).
في هذا الكتاب، سنبحث هذه المجموعة من النباتات.



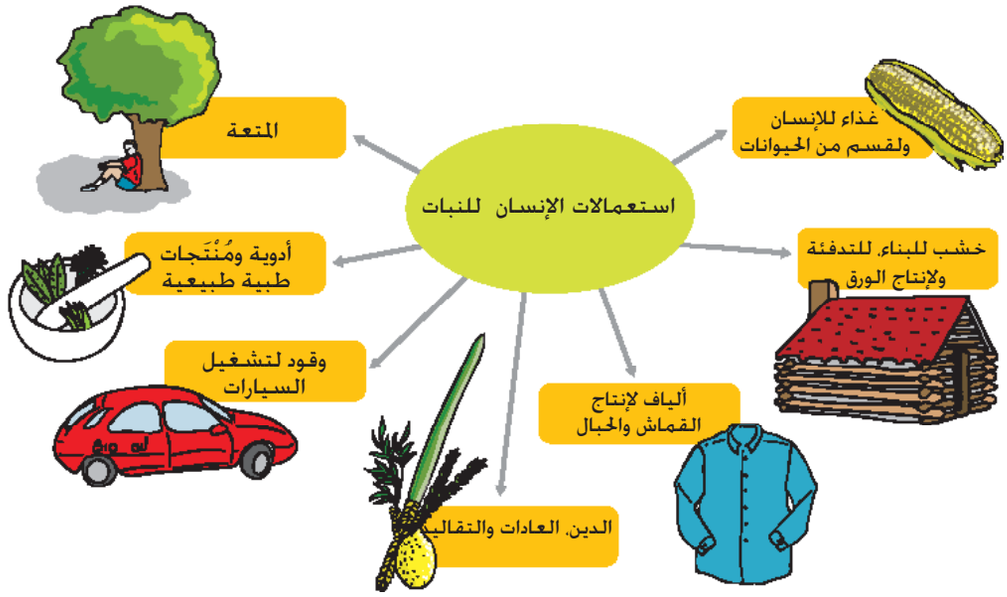
الرسمة أ- 3: رسم تخطيطي لمصطلحات عالَم النباتات (يبحث هذا الكتاب كاسيات البذور)

لأي الأغراض نستعمل النباتات في حياتنا اليومية؟

تُستعمل النباتات كمصدر غذاء لمعظم الكائنات الحيّة، من بينها الإنسان. تُستعمل النباتات أيضًا كمصدر للخشب الذي يُستعمل للبناء والتدفئة، كما تُستعمل نباتات أخرى لإنتاج أقمشة مختلفة، مثل: القطن والكتان. وهناك نباتات نستخرج منها أدوية مهمة (الرسمة أ - 4). ننمي اليوم نباتات الذرة، لكي نستخرج منها وقود بيوديزل لتشغيل السيارات.

علاقة بعلم البيئة:
عوامل أحيائية: النباتات مُنْتِجات في النظام البيئي.

من المهم أن تعرفوا أن جميع المُنْتَجات التي مصدرها من النباتات هي نواتج عملية التركيب الضوئي الذي من خلاله تستغل نباتات خضراء ضوء الشمس كمصدر طاقة لبناء مواد عضوية. ناتج إضافي مهم لعملية التركيب الضوئي هو الأكسجين الضروري لعملية التنفس ولأداء أجهزة بيولوجية.



الرسمة أ - 4: استعمالات الإنسان للنباتات

يقودكم هذا الكتاب في مسار حياة نبات ينتمي إلى مجموعة كاسيات البذور: من البذرة حتى مرحلة الإزهار، إنتاج الثمار والبذور التي يتطور منها الجيل القادم.

أ1. من بذرة إلى بذرة وما بينهما: دورة حياة النبات

نبات حولي - بيسوم

نبات معمر - زيتون

في حالات نادرة فقط، نسأل أنفسنا الأسئلة الآتية: ما هو النبات؟ كيف يكبر ويتكاثر النبات؟ما هي مراحل دورة حياته؟ ما هي المدة الزمنية التي يعيشها النبات؟

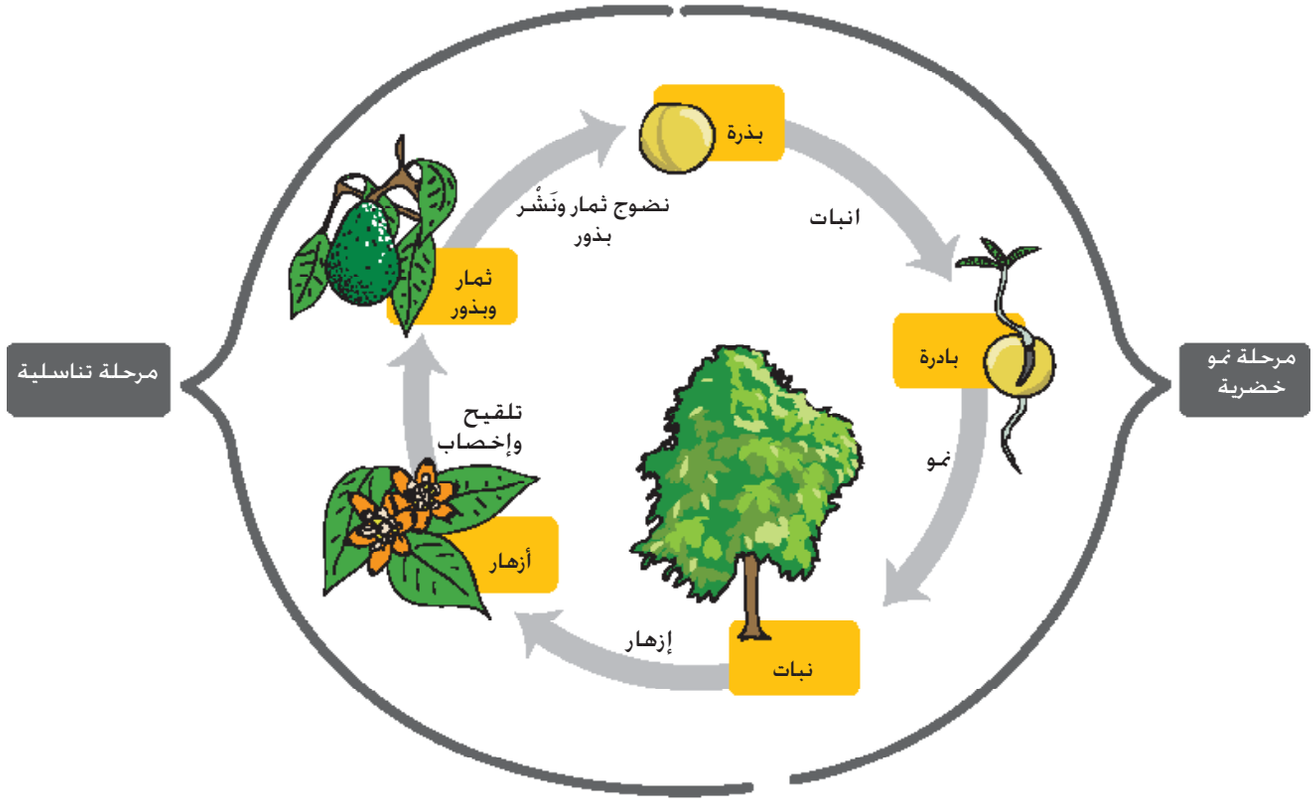
على الرغم من أن نباتات كثيرة تختلف عن بعضها في المبنى، الشكل وفي مدة حياتها، إلا أنه يوجد تشابه كبير جدًا في دورة حياة النباتات المختلفة، في أسس مبنى أعضائها ووظائفها وفي العمليات التي تحدث فيها.
تختلف النباتات عن بعضها في المدة الزمنية التي تعيشها. دورة حياة النباتات الحولية قصيرة، فهي تنبت، تزهر وتتكاثر مرة واحدة وتنهي حياتها خلال عدة أسابيع أو عدة شهور.
هذه النباتات تكون صغيرة عادةً، مثلاً: البيسوم الذي يمكن أن نجده في فصل الربيع، في كل مكان في البلاد.

توجد نباتات أخرى معمرة (متعددة السنوات). وهي تعيش أكثر من سنة واحدة وتستطيع أن تتكاثر عدة مرات خلال فترة حياتها، مثل: نباتات الكروم والبساتين كالتفاح والخوخ والعنب والزيتون، وأشجار الحرش كالخروب والبلوط ونباتات البصل والدرنات كصابون الراعي و شقائق النعمان والنرجس.

على الرغم من وجود فروق كثيرة بين أنواع النباتات في الكبر، الشكل ومدة الحياة، إلا أنه في جميع نباتات كاسيات البذور، يوجد تشابه كبير جدًا في تسلسل مراحل دورة حياة النبات (الرسمة أ - 5). تتم كل مرحلة والعمليات المعروضة في الرسمة 5 في هيئة ظروف خاصة بها (نتوسع فيها في الفصول القادمة).

تبدأ جميع النباتات كاسيات البذور حياتها كبذرة تنبت في ظروف مناسبة وتتطور إلى نبات حديث السن - بادرة. نلاحظ في جميع النباتات عمليات نمو وتتطور في الجذور، الأوراق، السيقان والغصون. هذه المرحلة من النمو نسمّيها مرحلة النمو الخضري، حيث يتطور خلالها النبات من بادرة إلى نبات بالغ.
في أعقاب تطور السيقان وأوراق النبتة، يبدأ تطور نوع جديد من الأعضاء وهي الأزهار التي تعتبر أعضاء تكاثر تؤدي إلى إنتاج البذور (لنمو الجيل القادم). هذه المرحلة نسمّيها مرحلة تناسلية. الانتقال من النمو (المرحلة الخضرية) إلى الإزهار وفيما بعد إلى إنتاج الثمار والبذور (المرحلة التناسلية) متعلق بعوامل داخلية. مثل: المعلومات الوراثية للنبات، عُمر النبات ونشاط الهورمونات (التي تنظّم النمو)، كما أنه متعلق بعوامل خارجية، مثل: تغيُّر درجة الحرارة، تغيُّر عدد ساعات الإضاءة خلال اليوم، كمية الماء والأملاح المعدنية المتوافرة للنبات. الإزهار هي عملية ضرورية لإنتاج البذور، لكنها ليست العملية الوحيدة الضرورية، لأن تطور الثمار والبذور متعلق بعمليتين إضافيتين تحدثان في أعضاء تكاثر الزهرة:

1. التلقيح - انتقال حبيبات اللقاح إلى الميسم الذي يقع في رأس المتاع.
2. الإخصاب- اتحاد خليتَيْ تكاثر: خلية منوية وخلية البويضة. بعد عملية الإخصاب، تتطور الثمار وفي داخلها بذور.



الرسمة أ - 5: مراحل وعمليات في دورة حياة النبات: من بذرة واحدة إلى بذور كثيرة. *انتبهوا!* يهرم النبات الحولي ويموت وتبدأ البذور دورة حياة جديدة. أما في النبات المعمر، تتم دور ة الحياة مرات كثيرة طيلة حياة النبات.

تختلف عند النباتات المختلفة المدة الزمنية التي تمر منذ الإنبات حتى تكوين الجيل الجديد من البذور. عند النباتات **الحولية**، تَنتُج البذور الجديدة، خلال شهر واحد أو عدة أشهر منذ الإنبات. بعد إنتاج البذور، تنتهي دورة حياتها وهي تجف وتموت. في السنة التالية، تنبت البذور في الموسم المناسب وتبدأ دورة حياة جديدة. معظم النباتات البرية الشائعة في البلاد هي نباتات حولية كالصفير والخشخاش والبيسوم، والنباتات الزراعية كالحنطة والذرة. أما النباتات **المعمرة** فهي لا تموت بعد الإزهار وإنتاج البذور. بل تستمر في الحياة عدة سنوات حتى سنوات كثيرة جدًا. في النباتات المعمرة، تَنْتُج أزهار، ثمار وبذور في كل سنة، أو كل عدة سنوات. أشجار الأحراش كالخروب والبلوط وأشجار البساتين كالمشمش والتفاح هي أمثلة لنباتات معمرة تتم فيها دورات نمو كثيرة، إزهار وإنتاج بذور طيلة سنوات حياتها.

الجوافا مع عمود إزهار

من الجدير بالمعرفة: مرة واحدة تكفي .....

يوجد نباتات معمرة كالجوافا الذي يزهر مرة واحدة طيلة حياته، حيث يتم الإزهار مرة واحدة فقط بعد عدة سنوات من النمو، وبعد عملية الإزهار تنهي النبتة دورة حياتها وتموت.

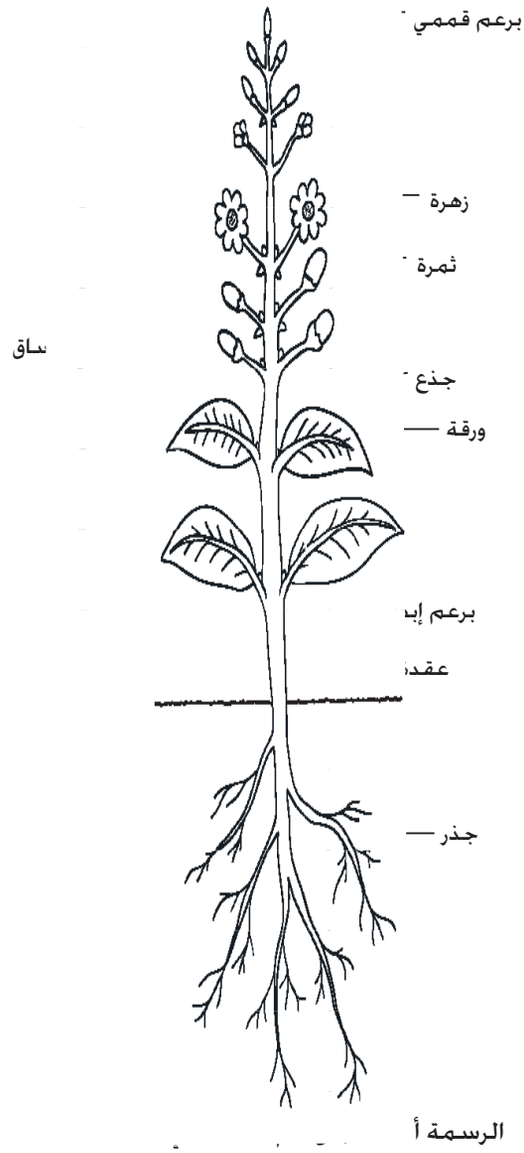
أ2. مبنى النبات وأعضائه

أ1.2 ملاءمة بين مبنى النبات وطريقة حياته

طريقة الحياة الخاصة عند النباتات

يتميَّز مبنى النباتات الحولية أو المعمرة، الصغيرة جدًا أو الكبيرة جدًا، بأُسس مبانٍ مشتركة وبسيطة. هذه الأسس متعلقة بطريقة حياة النبات الخاصة التي تختلف تمامًا عن طَريقة حياة الإنسان والحيوان. فيما يلي مميزات طريقة الحياة الخاصة للنباتات:

- النباتات ساكنة، وهذا يعني أنها ثابتة المكان في التربة، وهي لا تستطيع أن تغيِّر مكان معيشتها خلال حياتها. كما أنها لا تستطيع أن تتملص من آكلاتها ولا تستطيع أن تبحث عن شريك للتكاثر.
- النباتات ذاتية التغذية: تُنْتِج بذاتها بعملية التركيب الضوئي السكريات المطلوبة لنموها ومواد عضوية أخرى، حيث يتم بناؤها من مواد غير عضوية تستوعبها من بيئتها المحيطة.
- تتعرض نباتات اليابسة وأعضائها إلى خطر الجفاف.
- تقوم نباتات كثيرة بعلاقات متبادلة متنوعة وضرورية مع الحيوانات، بالأساس في المرحلة التناسلية: تلقيح الأزهار وانتشار الثمار والبذور.
- تنتشر النباتات في الطبيعة، بالأساس بواسطة نَشْر الجيل القادم: البذور.
- تستطيع النباتات أن تمر فترات زمنية مستمرة كبذور في سبات وهي تنبت عندما تكون ظروف مناسبة.



الرسمة أ

مبادئ مبنى النبات

أ. الانتشار في البيئة المحيطة وزيادة مساحة السطح الخارجي نسبةً إلى الحجم

يمثِّل مبنى النبات (الرسمة أ - 6) مبدئًا أساسيًا ومهم للنبات: تتفرع أعضاء النبتة - جذور، غصون وسيقان - بشكل كبير جدًا، وهي تنتشر في مجالات حياتها في التربة والهواء. هذا الانتشار في البيئة المحيطة، يساعد النبات في الحصول على موارد ضرورية لتطوره، مثل: ماء، ضوء، أملاح معدنية، CO_2 وأيضًا ملقحات وشريك حياة للتكاثر، دون أن يغيِّر النبات مكانه.

يزيد تفرع الجذور في التربة وتفرع الغصون التي تحمل الأوراق فوق سطح

التربة من مساحة السطح الخارجي للنبتة نسبةً إلى حجمها وهكذا تزداد نجاعة استيعاب الموارد الضرورية لنمو وتطور النبات. من المهم معرفة الحقيقة أن الموارد الأساسية والضرورية للنبات لتنفيذ عملية التركيب الضوئي، للنمو والتطور (ضوء، ماء، أملاح معدنية وَ CO_2) موزعة في البيئة المحيطة التي يعيش فيها النبات وهي غير متوافرة بنفس المقدار في كل مكان وزمان. إنَّ زيادة مساحة السطح الخارجي للأعضاء نسبةً لحجمها يساعد على استيعاب هذه الموارد:

- يتم استيعاب كمية كافية من الطاقة الضوئية وَ CO_2 لعملية التركيب الضوئي بفضل مساحة السطح الخارجي الكبير لاستيعاب هذه الموارد. يتم الحصول على هذه المساحة الكبيرة بفضل تفرع الغصون وبفضل الأوراق الواسعة والمستوية.
- الماء والأملاح المعدنية موزعة في كل حجم التربة بشكل غير متجانس: أحيانًا يكون الماء والأملاح المعدنية المذابة فيه في أعماق التربة، في هذه الحالة تكون أفضلية للجذور التي تتغلغل في أعماق التربة بالمقارنة مع الجذور الأخرى. هذا الوضع يميِّز فترة الصيف، في البلاد. التي يبقى فيها كميات قليلة من الماء التي هطلت في فصل الشتاء، في أعماق التربة.

علاقة بعلم البيئة:
ملاءمة النباتات للحياة في بيئة محيطة جافة.

ب. حماية من الجفاف

في الرسمة أ - 6، لم يتم التعبير عن ميز آخر مهم في مبنى النبات الذي يعيش في اليابسة: حماية أعضائه من الجفاف. الأوراق والسيقان تحمي نفسها من الجفاف بواسطة طبقة دقيقة من الفلين التي تغطيها وهي غير نفاذه للماء والغازات تقريبًا. وهكذا تقلل من تبخر الماء من النبتة. أما أعضاء أخرى في النبات كالغصون والجذوع فهي مغطاة بقشرة قاسية غير نفاذة للماء. الأفضلية الإضافية لهذه الوسائل أنها تحمي النباتات من آكليها ومن دخول مسببات أمراض وطفيليات مختلفة. البذور التي تكون مكشوفة مدة زمنية طويلة، قد تجف وتؤكل. القشرة القاسية هي إحدى الآليات التي تحميها من الجفاف ومن أن تؤكل حتى تصبح ظروف بيئة محيطة ملائمة للإنبات.

للمزيد عن:
التلقيح ونَشْر البذور، انظروا الفصل الرابع.

ج. مبان لجذب حيوانات وللحماية

جذب ملَقحات وحيوانات تنشر البذور

نستمتع من أزهار وثمار النباتات، لكن يجب أن نعرف أن ألوان الأزهار والثمار العصيرية هي وسائل لجذب ملقحات وحيوانات تقوم بنشر البذور. النبات الذي لا يستطيع أن يبحث عن شريك للحياة بشكل فعَّال أو لا يقوم بنشر نسله، فإنه يقوم بعلاقة متبادلة مع حيوانات ويستثمر موارد كثيرة لبناء وسائل لجذبها. عندما يقوم الحيوان بجمع الرحيق من الزهرة، فإنه يقوم بتلقيحها وعندما يجمع الحيوان الثمار من الشجرة أو الجنبة ("الشجيرة") ويأكلها في مكان آخر، فإنه يقوم بنشر النبات إلى مكان بعيد عن بيت تنميته. في أنواع النباتات التي تؤكل ثمارها تكون قشرة البذرة عادةً ذات قدرة على الصمود أمام عصارات الهضم الموجودة في معدة الحيوان، وهي لا تتحلل، وهكذا تُفرز البذور من الحيوانات دون أن تتضرر قدرتها على الإنبات.

علاقة بعلم البيئة:
- ملاءمة نباتات للهروب من الحيوانات التي تأكلها.
- علاقة متبادلة من نوع تكافل.

حماية النبات من الحيوانات ومسببات الأمراض

تتعرض النباتات كل الوقت إلى أن تأكلها حيوانات. عندما يأكل ماعز أوراق حديثة السن لنبتة لا تستطيع الهروب أو الاختباء منها، فإنها تؤذي احتمال تطورها وبقائها. لذا يوجد عند النباتات وسائل حماية ضد هذه الحيوانات، مثل: الأشواك، إنتاج مواد غير لذيذة الطعم وأحيانًا سامة. يمكن أن نجد مواد سامة في بصل البُصيل، في أوراق نبات الدفلة وفي درنة صابون الراعي.

سؤال أ - 1

ذكرنا في الصفحات السابقة المميزات الخاصة الآتية لطريقة حياة النبات:

1. النباتات ثابتة في مكانها.
2. النباتات ذاتية التغذية وتقوم بعملية التركيب الضوئي.
3. تقوم النباتات بعلاقة متبادلة مع الحيوانات في المرحلة التناسلية للنبات.
4. تتعرض النباتات للأكل من قبل حيوانات ولأمراض من قبل مسببات أمراض. اكتبوا لكل مميز ملاءمة واحدة بين مبنى النبات وطريقة حياته (استعينوا "بمبادئ مبنى النباتات" التي وردت في البندين أ وَ ج).

2.2أ أقسام النبات

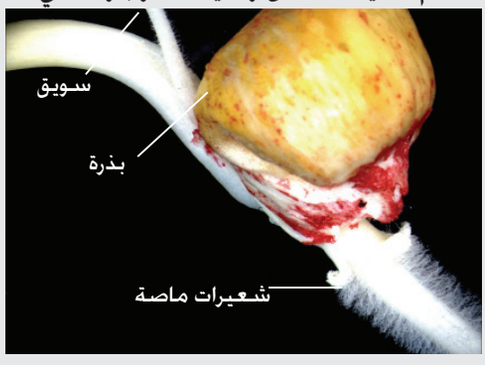
يوجد للنبات قسمان أساسيان: جذور داخل التربة وساق فوق سطح التربة، وهو يشمل الساق، الأوراق، الأزهار والثمار.

الجذور: مبنى وأداء

تقوم الجذور بتثبيت النبات في التربة، تستوعب ماءً وأملاحًا معدنية لنقلها إلى الأقسام العلوية للنبات وللحصول على نواتج عملية التركيب الضوئي من الأقسام العلوية لتخزينها في الجذور. مبنى الجذور متفرع جدًا وهو مناسب لادائها. تتفرع الجذور عادةً إلى جذور صغيرة، لكي تساعد بالأساس على تثبيت النبتة في التربة ولزيادة مساحة السطح الخارجي للاستيعاب. تزيد شبكة الجذور المتفرعة التي مساحة سطحها الخارجي كبير نسبة إلى حجمها من نجاعة استيعاب الماء والأملاح المعدنية من التربة.

توسع: شعيرات ماصة

يتم استيعاب الماء والأملاح بالأساس في أقسام حديثة السن ودقيقة موجودة في طرف كل جذر. في أطراف الجذور يوجد خلايا مستطيلة الشكل تشبه شعرة دقيقة نسمّيها شعيرات ماصة (الرسمة أ - 7). عدد الشعيرات في طرف كل جذر هو كبير جدًا، وفي الجذر كله يصل عددها إلى مئات الآلاف وأكثر من ذلك. تتغلغل الشعيرات الكثيرة بين فراغات صغيرة موجودة بين حبيبات التربة، وهي تزيد من مساحة التلامس مع الماء الموجود في التربة، وهكذا تزداد بشكل كبير جدًا قدرة استيعاب الماء والأملاح المعدنية. لذا عندما ننقل نبات من مكان نموه إلى مكان آخر، يجب نقله مع كتلة تراب حول جذوره، لكي لا نؤذي أطراف الجذور الحساسة التي يوجد فيها شعيرات ماصة.



الرسمة أ - 7 : بادرة ذُرة مكبرة.
نرى شعيرات ماصة على الجذير الصغير

?? سؤال أ - 2

أي بيت تنمية ملائمة له نباتات ذات شبكة جذور تتغلغل إلى عمق كبير جدًا في التربة؟ اشرحوا ادعاءكم.

هذه جذور أيضًا

إضافةً إلى تثبيت النبات ولاستيعاب الماء والأملاح، يوجد نباتات ذات جذور تُستعمل لتخزين مواد أيضًا، مثل: النشا والسكر. الجزر، الشمندر والفجل (الرسمة أ - 8) هي أمثلة لجذور تقوم بتخزين مواد. يستعمل النبات المواد المخزنة في الجذر لعمليات حياته، لكن الإنسان والحيوانات يستغلان هذا النوع من الجذور كمصدر غذاء.

الرسمة أ - 8: جذور تخزن غذاء: شمندر، فجل وجزر

لا تتطور كل الجذور داخل التربة. يوجد جذور تتطور من الساق أو الأوراق، لذا تكون هذه الجذور فوق سطح التربة. يوجد جذور تنمو من الغصون إلى الأسفل باتجاه التربة وهكذا تقوم بدعم الغصون.

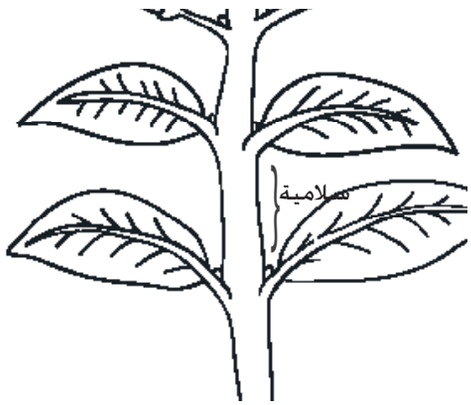
في النباتات المتسلقة، تتطور جذور قصيرة من الساق، وهي جذور للالتصاق بحائط أو بنبات تتسلق عليه. تساعد هذه الجذور على تثبيت ودعم النبات المتسلق.

جذور الفيكوس بنجالي التي نمّت من الغصون العليا وأصبحت ثخينة وهي تبدو كالجذوع

جذور التصاق لنبتة متسلقة (عُنيبة)

الساق

الساق هو جزء من النبتة الموجود في معظم الحالات فوق سطح التربة، وهو يشمل محور مركزي - الساق الذي يحمل الأوراق، الأزهار والثمار. في بداية تطور النبات، يكون الساق عُشبي وهذا يعني أخضرًا، لينًا ومرنًا. في الجنبات والأشجار، يتفرع الساق ويصبح ثخينًا خلال السنوات ويتحول إلى جذع خشبي غير مرن وغير أخضر كما كان من قبل. تتفرع الغصون من الجذع. في طرف الساق، يوجد برعم قممي تتطور منه أوراق وسيقان (الرسمة أ- 6). المنطقة التي ترتبط بها الورقة بالساق نسمّيها عقدة، وقسم الساق الذي يقع بين عقدة و عقدة نسمّيه سلامية (الرسمة أ- 9). في إبط الورقة (بين الورقة والساق) يوجد برعم إبطي، يتطور منه غصن جانبي جديد. تتطور الأزهار من البرعم القممي أو من البراعم الإبطية. الوظائف الأساسية للساق هي: الدعامة أو التثبيت، نقل الماء والأملاح المعدنية، ونواتج عملية التركيب الضوئي، وهو يحمل الأوراق والأزهار والثمار (جدول أ - 1).



الرسمة أ - 9: الساق وأقسامه

جدول أ - 1: وظائف الساق

وظائف الساق	شرح عن وظائف الساق
نقل	أنابيب النقل متواصلة وتنتشر على طول جميع أقسام النبتة - من أطراف الجذور عبر الجذع إلى قمم الغصون، الأوراق، الأزهار، الثمار والبذور. يتم نقل المواد في النبات عبر نوعين من الأنابيب: يُنقل الماء والأملاح المعدنية من الجذور إلى الساق عبر أنابيب الخشب، أما نواتج عملية التركيب الضوئي فيتم نقلها عبر أنابيب اللحاء من الأوراق إلى المناطق التي تستهلكها أو تخزنها.
يحمل الأوراق، الأزهار والثمار	مكان الأوراق على الجذع يقلص من أن تظلل الأوراق بعضها البعض، وهكذا يصبح استيعاب الضوء أكثر ناجعًا لتنفيذ عملية التركيب الضوئي. مكان الأزهار والثمار يكشفها إلى الملقحات والعوامل التي تنشر الثمار.
دعامة أو تثبيت	الجذع يُكسب النبات ثباتًا وصمودًا أمام قوة الجاذبية للكرة الأرضية وأمام القوى التي تحنيه أو تكسره، على سبيل المثال الرياح.

?? سؤال أ - 3

اشرحوا، كيف يتلاءم مبنى الجذور والساق مع استيعاب الموارد الموزعة في البيئة المحيطة للنبات؟

هذه سيقان أيضًا

الجذوع متنوعة جدًا في المبنى والوظيفة. يوجد جذوع للتسلق وهي تلف نفسها حول شيء معين وتتسلق عليه، مثلاً: يوجد للبلاب جذوع ثخينة تقوم بتخزين الغذاء، مثلاً: الطنان الذي جذعه فوق سطح الأرض ويقوم بتخزين الغذاء. نجد جذع البطاطا وجذع صابون الراعي داخل الأرض، حيث يقوم كل واحد منهما بتخزين الغذاء ونسمّي الجذع في هذه الحالة "درنة".

جذع الصبار هو مثال لجذع لحمي يجمع الماء، لذا يستطيع الصبار أن يعيش في مناطق فيها قحط وجفاف. يُشير اللون الأخضر للجذع اللحمي إلى أن عملية التركيب الضوئي تتم في الجذع (الرسمة أ - 10). الأشواك الموجودة على الجذع هي أوراق النبتة التي تحمي الصبار من حيوانات آكلت النباتات.

الرسمة أ - 10: جذوع تختلف عن بعضها في الشكل والوظيفة:
الصبار: جذع أخضر مع أشواك، درنة البطاطا، الطنان: جذوع ثخينة

للمزيد عن:
التركيب الضوئي، انظروا الفصل الثالث.

الورقة

في معظم النباتات، الورقة هي العضو الأساسي في النبات التي تقوم بعملية التركيب الضوئي وقسماها هما العنق والنصل.
معظم الأوراق التي تجدونها من حولكم هي دقيقة، مستوية ولونها أخضر. هذه الصفات للأوراق متعلقة بعملية التركيب الضوئي: مساحة السطح الخارجي الكبيرة نسبةً إلى الحجم تساعد على استيعاب الضوء وَ CO_2. والصبغة الخضراء - كلوروفيل - موجودة داخل الخلية. وهي تقوم ببناء الكربوهيدرات. كما هو الأمر مع الجذور والسيقان، فإن الأوراق متنوعة أيضًا: يوجد أوراق لونها بنفسجي، أو أصفر، أو يوجد في الورقة مناطق خالية من الكلوروفيل.
تنوع أشكال وألوان الأوراق كبير جدًا، لذا نستعين بشكل الأوراق لتمييز النباتات وتسميتها.

الورقة وأقسامها:نصل وعنق

يستمر جهاز أنابيب النقل الموجود في الساق إلى داخل الورقة كعروق، حيث يتم نقل الماء والأملاح المعدنية من الجذور إلى الورقة عبر العروق، أما نواتج عملية التركيب الضوئي، فهي تُنقل من الورقة إلى أقسام النبات الأخرى. وكما هو الأمر عند الجذور والجذوع، فإن الأوراق أيضًا، يوجد لها وظائف إضافية (إضافةً لعملية التركيب الضوئي) في نباتات معينة، ويوجد لها أشكال مختلفة ملائمة لوظائفها (الرسمة أ - 11).

أوراق تختلف عن بعضها في الشكل

البصل هو عبارة عن مجموعة متراصة من الأوراق التي تخزن الغذاء، ومحاليق النباتات المتسلقة، مثل: العنب، البازيلاء، هي أوراق أيضًا. أشواك الصبار (الرسمة أ - 10)، هي أوراق وقد تغيَّر شكلها ووظيفتها أثناء عملية النشوء والارتقاء، وقد تطورت إلى وسيلة حماية عند الصبار ضد الحيوانات التي تأكله.

الرسمة أ - 11: أوراق تختلف عن بعضها في الشكل والوظيفة. اليمنى: محاليق. اليسرى: بصل

?? سؤال أ - 4
مساحة السطح الخارجي لأعضاء كثيرة في النبات تكون كبيرة نسبةً إلى حجمها. اكتبوا اسماء هذه الأعضاء واشرحوا أهمية هذه الصفة في كل عضو.

أزهار، ثمار وبذور

تعرفنا حتى الآن على أعضاء تشترك في عمليتَي النمو والتطور. في موعد معين، في دورة النبات، عندما تكون ظروف البيئية المحيطة والداخلية مناسبة، تبدأ المرحلة التناسلية: تتطور في النبات أعضاء التكاثر التي بواسطتها يتم إنتاج البذور التي تعتبر بداية الجيل القادم.

للمزيد عن:
الأزهار ، الثمار والبذور، انظروا الفصل الرابع.

الأزهار هي مركز نشاط التكاثر في النباتات كاسيات البذور. في أعضاء التكاثر الموجودة في الأزهار، تتطور **خلايا التناسل أو التكاثر** (خلايا ذكرية وخلايا البويضة)، حيث تتم عملية **الاخصاب** في هذه الأعضاء. في أعقاب الإخصاب، تتطور من الأزهار ثمارًا في داخلها بذور، ومن هذه البذور تتطور نباتات جديدة تمثّل الجيل الجديد الذي هو استمرار لجيل الوالدين.

الرسمة أ - 12: زهرة الهيبسكوس وأقسامها:
أورق كأس خضراء، أوراق تويج حمراء،
أسدية صفراء وميسم عليه "شعيرات"

تنوع أشكال وألوان الأزهار هو لا نهائي تقريبًا، لكن على الرغم من ذلك، يمكن وصف أقسام مشتركة لمعظم الأزهار مثل حامل الزهرة، أقسام الزهرة مرتّبة عادةً في دوائر، وهي تشمل الغلاف الزهري (أوراق الكأس وأوراق التويج) وأعضاء **التكاثر التزاوجي** (الجنسي) للنبتة: أسدية ومتاع في قاعدته يوجد **مبيض** (سوف تتعلمون عنها في الفصل الرابع) (الرسمة أ - 12).

يتم الاخصاب في الزهرة وفي أعقابه تتطور ثمار في داخلها بذور.

فكرة مركزية:
الاستمرارية بين الأجيال هي إحدى ميزات الحياة عند جميع الكائنات الحية في الطبيعة.

الثمرة قسم من النبتة وهي تتطور عادةً من **المبيض** (من القسم السفلي للمتاع) عادةً في أعقاب **الإخصاب**. في كل ثمرة يوجد بذرة واحدة أو عدة بذور (الرسمة أ- 13). مع مرور الوقت، تتطور نباتات جديدة من البذور. يتطور البرتقال، البطيخ والبندورة في أعقاب إخصاب تمّ في الأزهار. الثمرة تحمي البذور التي تتطور في داخلها وتساعد على نَشْر البذور في البيئة المحيطة.

الرسمة أ- 13: أفوكادو - ثمرة مع بذرة واحدة، الرمان - ثمرة مع بذور كثيرة

البذور موجودة داخل ثمرة تطورت من المبيض، كما ذكرنا. **البذرة** هي وحدة التكاثر للنبتة وأقسامها هي: **جنين**، أنسجة مع مواد ادخارية وقشرة.
نميّز في الجنين بين قسمين أساسيان: **السويق** الذي يتطور منه الساق و**الجذير** الذي تتطور منه شبكة الجذور.

للمزيد عن:
مبنى البذرة، انظروا الفصل الثاني.

مواد إدخارية: هي مواد نَتَجت في نبتة الأم ، تُخزَّن في البذرة وتغذي البادرة الصغيرة في بداية نموها.

قشرة البذرة تحمي الجنين الموجود داخل البذرة من إصابات ممكنة خلال الزمن الذي يمر حتى تصبح ظروفًا مناسبة للإنبات.
صفة مهمة للبذرة هي كمية الماء المنخفضة الموجودة فيها (حوالي 10%). هذه الصفة تُكسب البذرة مقاومة وصمودًا في ظروف متطرفة، مثل: الجفاف، درجة الحرارة العالية والصقيع. بفضل هذه الصفة، يمكن أن تبقى البذرة في التربة سنوات كثيرة، وعندما تتوفر الشروط المناسبة تنبت البذرة وينمو جيل جديد.
يوجد لمبنى البذور أهمية كبيرة لبقاء الجيل الجديد ولاستمراريته، وهو يساعد البذور على البقاء في فترات غير مناسبة للإنبات المباشر، مثلاً: في شتاء بارد جدًا، أو في صيف حار وجاف، كما يساعد هذا المبنى على انتشار البذور إلى أماكن بعيدة عن المكان الذي ينمو فيه النبات والذي نَتَجت فيه البذور.
يوجد عند البذور وسائل مختلفة تساعدها على الانتشار في البيئة المحيطة، ومبنى البذرة مناسب لطريقة انتشارها. ينتشر قسم من البذور مع ثمارها، وهناك حالات تبقى الثمرة على نبتة الأم، وفقط بعد أن تنفتح الثمرة، تنتشر البذور الموجودة داخل الثمرة (الرسمة أ- 14).

ثمرة عصيرية: ملائمة للنَشْر بواسطة الحيوانات
(زعرور شوكي.)

بذور مع "شعر":
ملائمة للنَشْر بواسطة الرياح
(نبتة من العائلة المركبة)

ثمرة مع جناح: ملائمة للنَشْر بواسطة الرياح
(بليسندر جميلة)

بذور تنتشر بواسطة الرياح، من ثمرة انفتحت على الشجرة
(دفلة الوادي)

الرسمة أ- 14: ثمار وبذور ملائمة للنَشْر

3.2أ نباتات وأقسام النباتات للصحة والعافية

يمكن أن تكون جميع أقسام النبات مصدر غذاء للإنسان وحيوانات أخرى، كما يمكن تحضير مشروبات منها (جدول أ- 2). الأهمية الأساسية للمواد الغذائية النباتية أنها مصدر الكربوهيدرات، البروتينات والدهنيات، كما أنها مصدر الفيتامينات والأملاح المعدنية الضرورية. وهي تُكسب مكونات الغذاء الألوان، الروائح والمذاق المتنوع. يدعي النباتيون أن النباتات تزوِّد الإنسان بجميع احتياجاته الغذائية.

تشكل النباتات مصدرًا مهمًا لإنتاج أدوية (تمَّ استخلاص الأسبيرين في الماضي من شجرة الصفصاف) ومستلزمات تجميل (كالتي تحتوي على مستخلص الألوفيرا).

قسم النبات	أمثلة
الجذر	جزر، فجل، شمندر، شمندر السكر، لفت
ساق	بطاطا، الطنّان، قصب السكر، اسبراجوس
ورقة	خس، ملفوف، بقدونس، كوزبرا، أوراق سلري، شومر، شاي، بصل أخضر، نعنع، زعتر، عشب الليمون
زهرة/ نَوَرة	قرنبيط، بروكلي، أرض شوكي، أوراق ورد
ثمرة	بندورة، خيار، فلفل، باذنجان، أفوكادو، برتقال، موز، تفاح، أجاص، تين، تمر، كيوي
بذور	أنواع مختلفة من الجوز، حمص، صويا، فاصولياء بازيلاء، كف الإوز، كوكوس،كاكاو، قهوة، سمسم

بيولوجيا في المطبخ: كلنا ثمار!

مصطلحات: خضروات، فواكه وثمار: بيولوجيا في المطبخ في حياتنا اليومية، نميِّز بين "خضروات"، مثل: بندورة، فلفل وخيار وبين "فواكه"، مثل: برتقال، تفاح، أجاص، بطيخ، شمام وغير ذلك. لكن البندورة، الفلفل والخيار والفواكه هي أيضًا ثمار بالمعنى البيولوجي، لأنها نَتَجت من أزهار النبتة وهي تحتوي في داخلها على بذور! الخس، الملفوف والبقدونس هي أوراق، أما القرنبيط والبروكلي فهي مجموعات أزهار كثيرة لم تزهر حتى الآن.

?? سؤال أ - 5

حضَّر صاحب مطعم سلطة تحتوي على خس، خيار، بندورة، عنب وجوز. وقد حضَّر صلصلة السلطة من زيت الزيتون، الخل، التفاح والعسل. اكتبوا بجانب كل مكون من مكونات السلطة والصلصلة اسم قسم النبات الذي أُخذ منه.

علاقة بعلم البيئة:
ملاءمات كائنات حية إلى بيئتها المحيطة.

أ3. متشابهة لكنها مختلفة- ملاءمة بين النبات وبيت التنمية

يتشابه المبنى العام للنبات وأقسامه في جميع النباتات بغض النظر عن بيت التنمية. لكن على الرغم من ذلك، نلاحظ في بيوت التنمية ملاءمات بين أقسام النبات وطريقة حياته وبين الظروف الخاصة في بيت التنمية.

أ1.3 ملاءمة بين دورة حياة النبات وبيت التنمية

تنمو النباتات في أماكن كثيرة على سطح الكرة الأرضية، وفي مناطق تسودها ظروف غير مريحة في قسم من أشهر السنة. دورة حياة النبات، مبنى النبات وظروف المنطقة التي يعيش فيها متعلقة ببعضها، يمكن أن نميِّز ذلك من خلال الملاءمات المختلفة الموجودة عند النباتات الحولية والنباتات المعمرة (جيوفيتات = نباتات أرضية، جنبات - شجيرات وأشجار) (جدول أ - 3).

نبتت البذرة وأزهرت مباشرةً (بيسوم)

جدول أ- 3: دورة الحياة وظروف بيت التنمية

ظروف المناخ في بيت التمنية	دورة الحياة
مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط (نميِّز بوضوح بين فصلين): شتاء ماطر وعدد ساعات ضوء قليل نسبيًا خلال اليوم، صيف حار وجاف وعدد ساعات ضوء كثيرة نسبيًا خلال اليوم	تنبت النباتات الحولية في بداية الشتاء، تُزهر في الربيع وتنهي دورة حياتها قبل قدوم الصيف. تُحفظ البذور في سبات كل فترة الصيف وتبقى محمية في الموسم الجاف بقشرة (قشرة ثمرة و / أو بذرة).
	في الجيوفيتات (نباتات لها عضو داخل الأرض وهو يخزِّن غذاء، مثل: البصل أو الدرنة)، تذبل وتموت الأقسام العلوية الموجودة فوق سطح الأرض، والقسم الموجود داخل الأرض يبقى في سبات حتى نهاية الصيف ويورق أوراقًا ويزهر أزهارًا في فصل الخريف.
	تتساقط أوراق الجنبات والأشجار في الصيف، أو تبدل أوراق الشتاء الكبيرة بأوراق الصيف الصغيرة.
مناخ معتدل (أربعة فصول): شتاء بارد جدًا ومثلج، وعدد ساعات ضوء قليل، ربيع، صيف حار وبعده الخريف.	تنبت النباتات الحولية في الربيع، تُزهر خلال الصيف وتنهي دورة حياتها قبل قدوم الشتاء، وهكذا تُحفظ البذور في سبات، كل فترة الشتاء.
	في الجيوفيتات، تذبل وتموت أقسام النبات الموجودة فوق سطح التربة، أما القسم السفلي الموجود داخل الأرض، فيبقى في سبات داخل الأرض خلال فترة الشتاء
	تورق الجنبات والأشجار في الربيع، تُزهر في الصيف وتتساقط أوراقها في الخريف قبل قدوم الشتاء.

سؤال أ - 6

أ. ما هو التشابه بين دورة حياة نبات حولي ودورة حياة جيوفيت في مناطق تكون فيها فصول السنة مختلفة عن بعضها؟ اشرحوا.

ب. اشرحوا، ما هي الأفضلية لنبات تتساقط أوراقه في الشتاء أو الصيف؟

2.3أ ملاءمة أعضاء النبات إلى بيت التنمية

بشنين - نبات أوراقه مستوية، واسعة ويطفو على سطح الماء

كل عضو من أعضاء النبات الأساسية التي وُصفت، يمكن أن يظهر بأشكال مختلفة، حيث يشكل قسم من هذه الأشكال ملاءمة بيت التنمية والنبات. في بيت تنمية على اليابسة، على سبيل المثال، نلاحظ ملاءمات لحالات فيها نقص ماء في التربة، درجة حرارة عالية وإشعاع قوي. أما في بيوت التنمية المائية (جدول ماء، بحيرة أو بحر)، بالطبع لا يوجد نقص في الماء، لكن قد تعاني النباتات من نقص في الأكسجين وقد تتضرر من تيار الماء القوي. نجد عند النباتات المائية ملاءمات خاصة لهذه الظروف (جدول أ - 4).

جدول أ- 4: أمثلة لملاءمات جذور، سيقان وأوراق لبيت تنمية في اليابسة وبيت تنمية مائي

عضو النبات	بيت تنمية في اليابسة	بيت تنمية مائي
الجذر	شبكة جذور متفرعة (وزنها يساوي ثُلث أو أكثر من وزن النبات).جذور متفرعة تتغلغل عميقًا في التربة وشعيرات ماصة كثيرة.	شبكة جذور قليلة، يشكل وزنها نسبة مئوية قليلة من وزن النبتة. لا يوجد شعيرات ماصة.
ساق	أنسجة دعامة (ثبات) ونقل متطورة. يوجد لها ساق خشبي.	أنسجة دعامة (ثبات) ونقل مختصرة. ساق عشبي. يوجد فيه فراغات لتخزين الهواء (الأكسجين)، أعضاء تساعد النبات أن يطفو.
ورقة	مغطاة بكوتيكولا (أدمة) سميكة. أو بشعيرات. أو بطبقة شفافة. أوراق صغيرة في فصل جاف. وأوراق أكبر في فصل ماطر.	في النباتات التي أوراقها مغمورة في الماء تكون الأوراق دقيقة، مساحة سطحها الخارجي كبير وغير مغطاة بكوتيكولا. الأوراق مجزأة إلى فصاصات. وهكذا تمنع من أن يمزقها تيار الماء. في النباتات التي أوراقها تطفو على سطح الماء تكون مساحة الأوراق كبيرة جدًا.

سؤال أ - 7

اختاروا بيت تنمية واحد من الجدول واشرحوا أفضليات ملاءمة كل قسم من أقسام النبتة إلى بيت التنمية.

3.3أ ملاءمات للحياة معًا وللعلاقة المتبادلة مع كائنات حية أخرى

لا تعيش النباتات بشكل منعزل، بل تعيش في عالَم فيه حيوانات كثيرة، فطريات وكائنات حية دقيقة مختلفة. العلاقات المتبادلة بين النباتات وكائنات حية أخرى يوجد لها جانبان متناقضان:

- جذب ملقحات وحيوانات تنشر الثمار والبذور.
- حماية من آكلات نباتات مختلفة ومن مسببات أمراض.

تتم الملاءمة لجذب الملقحات من خلال مبنى الزهرة وخواصها: لها رائحة، ألوان، غدد رحيقية تحتوي على رحيق حلو وفيها حبيبات لقاح كثيرة ومغذية. تتغذى حشرات مختلفة كالخنفساء، النحل، عصافير وحيوانات أخرى على الرحيق وحبيبات اللقاح. وبالمقابل فهي تنقل حبيبات اللقاح من زهرة إلى أخرى وتساعد في عملية الاخصاب وإنتاج الثمار.

نحلة تلقح نبات

من الجدير بالمعرفة: هل هو بهارات، أم سُم، أم دواء؟

في حالات معينة، تُنْتِج النباتات مواد غير لذيذة وسامة، لكي تحمي نفسها من الحيوانات التي تأكلها، هذه المواد بالذات هي مصدر بهارات وأدوية لأمراض مختلفة.

بهارات: الفلفل الأسود نصنعه من بذور والفلفل الحار من ثمر الفلفل.

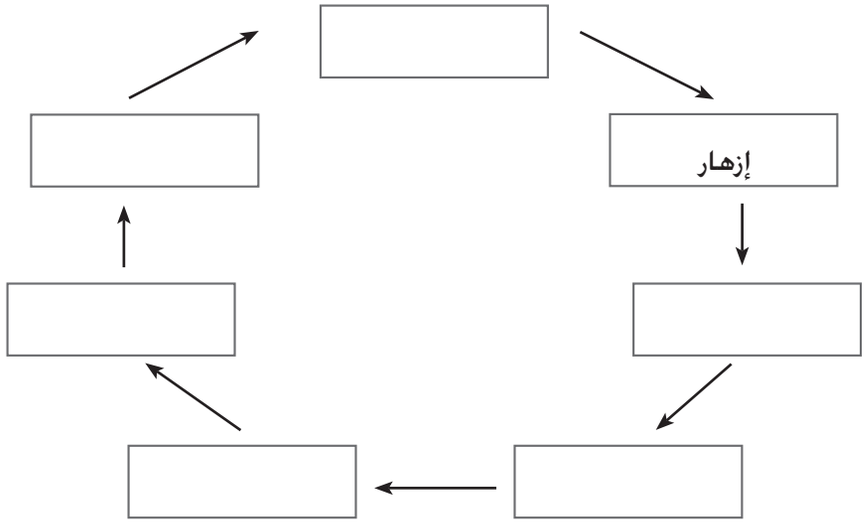
أدوية: ديجتيلس هي مادة سامة نستخرجها من أوراق نبات دجيتال أرجواني. منذ القرن الـ 18، تُستخلص مادة من هذا النبات وتُستعمل بتركيز منخفض لمعالجة اضطرابات بوتيرة القلب. اعتاد الهنود في جنوب أميركا أن يدهنوا هذه المادة على رؤوس السهام التي استُعملت للصيد. أدت هذه المادة إلى شلل في عضلات الحيوان الذي تمَّ صيده، وقد منعت منه الهروب حتى لو كانت إصابته من السهم طفيفة نسبيًا.

نستخلص الكينين من نبات نسمِّيه الكنكينا وهو مادة مرَّة وسامة بتراكيز عالية. على الرغم من ذلك، تُستعمل هذه المادة كدواء لمعالجة مرضى الملاريا.

دجيتال أرجواني

?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. في بند أ 1.2 (صفحة 10)، تعلَّمتم عن الطريقة الخاصة لحياة النبات. قارنوا بين طريقة حياة النبات وبين طريقة حياة الإنسان بحسب النقاط الست التي وردت في بند أ 1.2.
2.
   أ. انسخوا الرسم التخطيطي الآتي في دفاتركم وأكملوه بمصطلحات مناسبة (في كل مستطيل)، من قائمة المصطلحات الآتية: انبات بذور، نَشْر ثمار وبذور،إخصاب، تلقيح، إنتاج ثمار وبذور، نمو.
   ب. اكتبوا اسمًا للرسم التخطيطي.
   ج. هل هذا الرسمة التخطيطي مناسب لنباتات حولية ولنباتات معمرة؟ علِّلوا إجاباتكم.



3. صنِّفوا المصطلحات التي وردت في قائمة المصطلحات، في نهاية الفصل، إلى 3 - 6 مجموعات. أعطوا عنوانًا لكل مجموعة واشرحوا.
   ما هي العلاقة بين المصطلحات التي اخترتموها لكل مجموعة من المجموعات؟

المواضيع الأساسية في الفصل

- نعرف اليوم في عالَمنا حوالي 260,000 نوع من النباتات كاسيات البذور وهي منتشرة في كل مكان على سطح الكرة الأرضية.
- يستخدم الإنسان النباتات لاحتياجات كثيرة ومختلفة، مثل: غذاء، مصدر طاقة وأدوية.
- في دورة حياة النبات، يوجد مرحلتان: مرحلة النمو (المرحلة الخُضَرية) ومرحلة التكاثر (المرحلة التناسلية). يوجد ملاءمة بين دورة حياة النبات وبين ظروف المناخ في البيئة المحيطة للنبات.
- يوجد ميزان مهمان في طريقة حياة النبات وهما طريقة التغذية الذاتية وكونها ثابتة المكان.
- يوجد للنبات قسمان أساسيان: الساق والجذر. المشترك لهذين القسمين هو الانتشار في البيئة المحيطة، من خلال التفرع الذي يزيد من مساحة السطح الخارجي نسبةً إلى الحجم.
- يوجد ملاءمة بين مبنى الجذر والساق وبين استيعاب الموارد من البيئة المحيطة، مثل: الماء، الأملاح المعدنية، CO_2 وضوء.
- يوجد ملاءمة بين مبنى أعضاء التكاثر التي تتطور في المرحلة التناسلية وبين التلقيح وانتشار الجيل الجديد.
- البذرة هي مبنى خاص للنبات وهي تُستعمل لانتشار الجيل الجديد في البيئة المحيطة، في الوقت المناسب.
- يمكن أن تنبت البذرة وتتطور إلى نبات بالغ بعد مرور زمن كثير منذ إنتاج البذرة وبعيدًا عن المكان الذي نمت فيه نبتة الأم.
- يوجد علاقات متبادلة متنوعة بين النباتات والحيوانات التي تقوم بتلقيحها و / أو نشر ثمارها وبذورها، على الرغم من ذلك، توجد في النباتات آليات حماية من الحيوانات التي تتغذى عليها.

مصطلحات مهمة في الفصل

أعضاء

ساق

عوامل خارجية

عوامل داخلية

تلقيح

اخصاب

بذرة

حولي

مواد إدخارية

دورة حياة

كاسيات البذور

إنبات

برعم

ساق

جنين

أوراق

غصن

زهرة

ثمرة

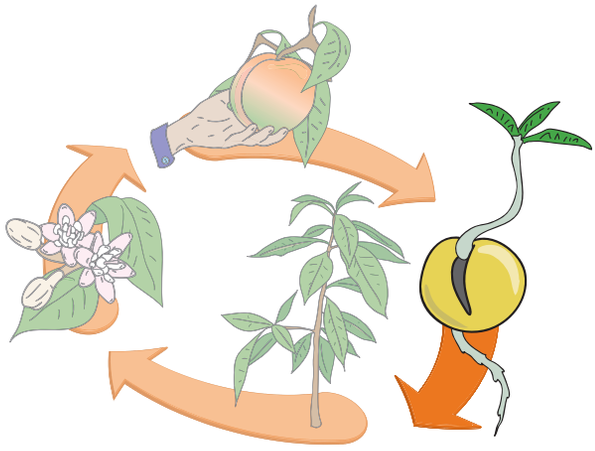
تكاثر

معمر

جذور

مرحلة خضرية

مرحلة تناسلية



ب من بذرة إلى بادرة: عملية الإنبات

مقدمة

البذور هي حلقة الوصل بين جيل معين وبين الجيل القادم. يحتوي جنين البذرة على المعلومات الوراثية التي تنتقل من جيل إلى آخر. تتطور نبتة جديدة بعد إنبات البذرة في ظروف مناسبة.

نجد البذور في النباتات الراقية التي نقسِّمها عادةً إلى مجموعتين بحسب طريقة إنتاج البذور: عاريات البذور - نباتات لا تتطور بذورها داخل ثمار، وكاسيات البذور - نباتات تتطور بذورها داخل ثمار (انظروا الرسمة أ - 3، في صفحة 6). في هذا الكتاب، سوف نركِّز على كاسيات البذور، لأن معظم النباتات التي يستخدمها الإنسان كغذاء ويستغلها لاحتياجات أخرى تنتمي إلى هذه المجموعة.

توسع: النشوء والارتقاء

نباتات البذور الأولى التي ظهرت على سطح الكرة الأرضية قبل حوالي 350 مليون سنة (قبل ظهور الديناصورات بكثير) هي عاريات البذور. تطورت نباتات كاسيات البذور بعد أن تطورت نباتات عاريات البذور. عندما نبحث تنوع أنواع النباتات المعروفة في عالَمنا اليوم، نجد أقل من 1,000 نوع من النباتات عاريات البذور وحوالي 260,000 نوع من النباتات كاسيات البذور. من المهم أن نذكر أن النباتات عاريات البذور، مثل: الأشجار الإبرية (السرو، الصنوبر) تغطي مساحات كبيرة وتُستغل كمصدر للأخشاب ولصناعة الأوراق.

ب1. مبنى البذرة

كل نوع من النباتات يوجد له بذور مميَّزة، ويمكن أن نلاحظ فروق بين البذور في الكبر، الشكل واللون. لكن فروق أخرى في مكونات مواد البذرة لا نراها بالعين المجردة. جميع البذور مكونة من ثلاثة أقسام أساسية:

- الجنين الذي يتطور في شروط مناسبة إلى نبات، وهذا النبات هو بداية جيل جديد.
- مواد تخزين - كربوهيدرات، دهنيات وبروتينات. لكي تُغذي البادرة والنبات الحديث السن في بداية طريقه. يتم حفظ مواد التخزين في فلقات، أو في نسيج خاص - اندوسبيرم.
- قشرة تحمي الجنين من ضربات وأضرار، مثل: الضرر الذي قد ينجم من احتكاك البذرة مع التربة، دخول مسببات أمراض. كما تحمي القشرة البذرة من الحيوانات التي تأكلها.

نشاط ب - 1: مشاهدة بذور

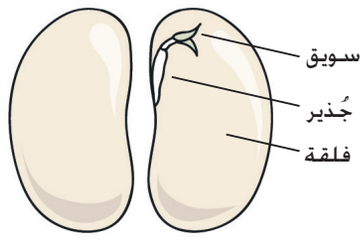
قارنوا بين صفات بذور مختلفة (مثل: فستق، افوكادو، قمح، مشمش، مانجا، بندورة، فلفل، بطاطا، برتقال) بحسب الصفات الآتية: كبر، صفات القشرة وكبر الجنين.

ب1.1 الجنين

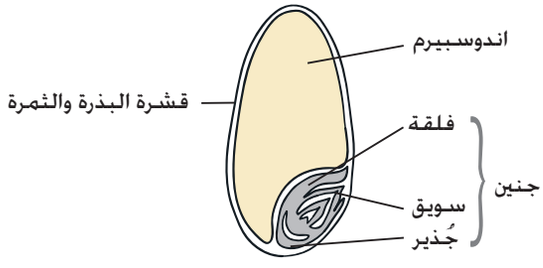
الجنين هو ناتج عملية الاخصاب التي تمَّت في الزهرة وهو يحمل في خلاياه المعلومات الوراثية التي مصدرها من "الوالدين". هو عبارة عن نبات صغير يتطور في المستقبل بعد الإنبات إلى نبات بالغ. الجنين يشمل جُذير، سويق وفلقة واحدة، أو اثنتين، أو أكثر (وهذا متعلق بنوع النبات). يتطور الجُذير إلى شبكة جذور ويتطور السويق إلى جذوع وأوراق. تحتوي الفلقات على مواد تخزين، ومع تقدم عملية الإنبات تصبح الفلقات فارغة. في بذرة الفاصولياء، على سبيل المثال، يمكن أن نرى النبات حديث السن الموجود بين الفلقتين، ويمكن تمييز أقسامه (الرسمة ب - 1): الجذير والسويق.

توسع: أحادي الفلقة وثنائي الفلقة

تنقسم نباتات كاسيات البذور إلى مجموعات بحسب عدد فلقات البذرة: أحادية الفلقة، مثل: القمح، الذرة، البصل والبُصيل(الرسمة ب - 2). ثنائية الفلقات، مثل: الفاصولياء (الرسمة ب - 1)، الفستق والبازيلاء. يوجد نباتات بذورها متعددة الفلقات كالصنوبر الذي ينتمي إلى عاريات البذور.



الرسمة ب- 1: بذرة فاصولياء
(ثنائية الفلقة): فلقتان كبيرتان، سويق وجُذير



الرسمة ب- 2: مقطع لبذرة
قمح (أحادية الفلقة)

ب2.1 مواد إدخارية

مواد التخزين - كربوهيدرات، بروتينات ودهنيات - هي مصدر مواد البناء الأساسية التي يستخدمها الجنين للنمو ولاستخراج الطاقة حتى المرحلة التي تصبح للبادرة أوراق خضراء. تتم عملية التركيب الضوئي في الأوراق الخضراء وهي التي تساعد النبات على النمو والتطور حتى يصبح بالغًا.

يتم تخزين مواد التخزين في البذرة، في نسيج خاص حول الجنين - اندوسبيرم - أو في فلقات. في بذور معينة، تشكل الكربوهيدرات مواد تخزين أساسية، وفي بذور أخرى يوجد دهنيات أكثر من كربوهيدرات (الرسمة ب - 3).

في بذور الفاصولياء أو الفستق، نلاحظ بوضوح الجنين والفلقات التي تحتوي على مواد التخزين التي ترافق الجنين في بداية حياته لحياة مستقلة. من السهل أن نلاحظ أن الفلقات أكبر بكثير من الجنين وهي تشكل معظم كتلة (وزن) البذرة. أثناء عملية الإنبات، تتم تغيُّرات كيميائية في الفلقات وهي تساعد الجنين على استغلال المواد الموجودة في الفلقات لنموه ولاستخراج الطاقة.

مواد التخزين لها قيمة غذائية كبيرة ويمكن أن نحفظها لمدة زمنية طويلة، بسبب ذلك تُستخدم البذور كمصدر غذاء مهم للإنسان وللحيوانات الأخرى.

تحتوي معظم بذور النباتات على كميات قليلة جدًا من الماء، حيث تصل نسبتها إلى 10% تقريبًا (للمقارنة: نسبة الماء في أنسجة النبات حوالي 80%-95%) ووتيرة النشاطات الحياتية التي تتم فيها بطيئة جدًا ولا يمكن قياسها. تجف البذور في نهاية تطورها على نبتة الأم نتيجة لإنقطاع جهاز نقل الماء عن الثمرة والبذور الموجودة في داخلها. كمية الماء القليلة في البذور هي أحد الأسباب لعدم إنبات البذرة مباشرةً في نهاية نضوجها، بل تنبت البذرة فقط عندما يدخل ماء إلى داخلها ويتيح حدوث نشاط بيولوجي. تشكل نسبة المياه المنخفضة أفضلية للبذور: بفضل ذلك، تستطيع أن تبقى في ظروف متطرفة، مثل: الجفاف والصقيع. وعند انتشارها في الهواء الجاف، لا يتضرر الجنين. هناك أهمية اقتصادية لجفاف البذور ، لأننا في هذه الحالة، نحفظها لمدة طويلة.

غذاء من بذور: بذور ذرة منفوخة (بُشار)

مجدرة - أرز مع عدس وبصل

كأس واحد من العدس الأخضر
3 ملاعق زيت زيتون
رأسان من البصل المقصوص بشكل رقيق
كأسان من الأرز الكامل
ملح وفلفل أسود
4 كؤوس ونِصف ماء
كمون

ننقع العدس في الماء لمدة 3 ساعات. نقوم بتصفيته وننقله إلى طنجرة. نضيف ماء حتى نغطي العدس ونغليه. نطبخ على لهب منخفض لمدة 20 دقيقة تقريبًا حتى يصبح العدس لين ثم نقوم بتصفيته.

نسخن الزيت في طنجرة ثقيلة ونقلي البصل حتى يصبح أصفر. نضيف الأرز ، الملح، الفلفل والكمون، ثم نقليها لمدة دقيقتين. نضيف العدس ونخلطه.

نضيف الماء، نغليه، نطبخ على لهب منخفض لمدة 20 دقيقة تقريبًا. نطفي اللهب، ونتركها لمدة 15 دقيقة ثم نخلطها.

?? سؤال ب - 1

أجيبوا عن الأسئلة الآتية بناءً على معطيات الرسمة ب- 3:

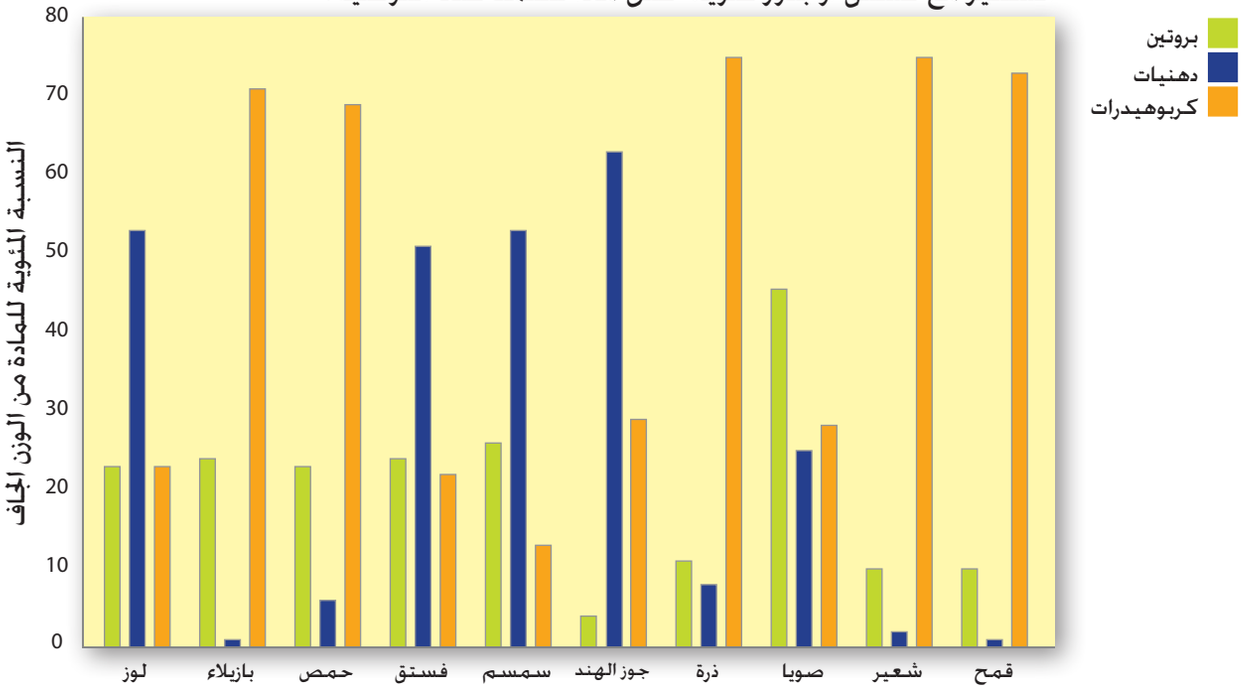
أ. تمعنوا في المعطيات المعروضة في الرسمة ب - 3، ثم اذكروا، ما هو المشترك لجميع البذور؟

ب. في أي بذور النسبة المئوية للكربوهيدرات هي الأعلى من بين جميع المواد الإدخارية الموجودة في البذرة؟

ج. في أي بذور النسبة المئوية للبروتينات أعلى من 20%؟

د. ما هي أهمية البذور كمواد غذائية للحيوانات والإنسان؟ علِّلوا.

هـ. هناك توصية للنباتيين أن يدمجوا في تغذيتهم مواد غذائية مصدرها من بذور القمح، أو الشعير مع فستق أو بذور صويا. على ماذا تعتمد هذه التوصية؟



الرسمة ب - 3: مكونات المواد الإدخارية في بذور مختلفة

من الجدير بالمعرفة: ما هي العلاقة بين البذرة والبيضة؟

المواد الغذائية في البذرة هي مساهمة نبتتا "الوالدين" لنسلهم في بداية حياتهم. تتشابه المواد الغذائية الموجودة في البذور مع المواد الغذائية الموجودة في بيوض الزواحف والطيور، لأن هذه المواد الغذائية نتجت أيضًا في جسم "الوالدين" ويستعملها الجيل الجديد في بداية طريقه.

تتشابه بذرة الأفوكادو وبيضة الدجاج في الشكل والوظيفة

ب3.1 قشرة البذرة

القشرة هي الطبقة الخارجية التي تغلف البذرة وتحميها من إصابات ميكانيكية (آلية)، من مسببات أمراض ومن نشاطات كيميائية (مثلاً: عصارات الهضم في معدة الحيوانات). في معظم البذور، القشرة نفّاذة للماء، لكن في البذور التي قشرتها غير نفّاذة للماء و / أو الهواء، لا تتم عملية الإنبات عندما تكون البذرة كاملة.

يمكن أن تحتوي القشرة على مواد تثبط (تعيق) الإنبات. القشرة القاسية تثبط الإنبات نتيجة لمقاومتها الميكانيكية لنمو الجذير.

أحيانًا يوجد وظيفة للقشرة في انتشار البذور في البيئة المحيطة، مثلاً: وجود شعيرات على القشرة، يساعد على نَشْر البذور بمساعدة الرياح (الرسمة ب - 4)، كما يساعد مبنى القشرة المبني من نسيج فلين اسفنجي وغلافها غير النفّاذ للماء على نَشْر البذور بواسطة الماء.

الرسمة ب - 4: مبنى البذور الملائم لطريقة انتشارها. اليمنى: بذور الدفلة ذات الشعيرات المناسبة لانتشار البذور بواسطة الرياح.
اليسرى: : بذور نبات النرجس البحري الذي بذوره مبنية من طبقة فلين اسفنجية ملائمة لنشْر البذور بواسطة الماء.

ب2. عملية الإنبات

عملية الإنبات هي مرحلة مهمة جدًا في دورة حياة النبات، لأن موعد الإنبات ومكانه يحددان بشكل كبير جدًا احتمال تطور البادرة إلى نبتة بالغة، كما يحددان بقاؤها وقدرتها على إنجاب نسل. المخزون المحدود لمواد التخزين في البذرة يُلزم البادرة أن تعيش حياة مستقلة قبل أن ينتهي مخزون المواد الغذائية. خلال سنوات كثيرة من النشوء والارتقاء، تطورت في النباتات آليات مراقبة لموعد الإنبات وملاءمته لظروف البيئة المحيطة. تعتمد هذه الآليات على قدرة البذرة أن تحس بإشارات (محفزات) من البيئة المحيطة لوجود ظروف بيئية مناسبة، مثل: وجود ماء، عدد ساعات الإضاءة وجودتها ودرجة الحرارة.

نشاط ب - 2: إنبات بذور

اختاروا عدة أنواع بذور موجودة في بيتكم، مثل: قمح، فلفل، بازيلاء، حمص، فاصولياء، عدس، ذرة (بُشار) وما شابه.

- حضِّروا لكل نوع بذور صحنًا واحدًا (صحن بلاستيك يُستعمل لمرة واحدة). غطوا الصحون بطبقات من ورق يُستعمل للتنظيف، ثم بللوه بالماء.
- انقعوا البذور لمدة ليلة واحدة.
- بَعد النقع، ضعوا 10 بذور من نفس النوع في صحن واحد. شاهدوا التجربة في كل يوم، وافحصوا ما إذا بدأت عملية الإنبات.
- بلِّلوا الصحون بالماء من حين إلى آخر.

أ. سجِّلوا مشاهداتكم في كل يوم.

ب. بعد مرور أسبوع، عدّوا البذور التي نبتت واحسبوا النسبة المئوية للإنبات لكل نوع بالطريقة الآتية:

$$\frac{\text{عدد البذور التي نبتت} \times 100}{\text{عدد البذور التي زُرعت}}$$

ج. إذا كانت نسبة الإنبات أقل من 50% أو لم تنبت البذور بتاتًا، اقترحوا فرضيتين لشرح هذه المكتشفات.

د. حضِّروا جدولًا للمقارنة بين أنواع البذور المختلفة. تطرقوا إلى النسبة المئوية للإنبات، شكل البادرات وإلى متغيِّرات أخرى بودكم أن تبحثوها، ثم أضيفوها إلى الجدول.

ب1.2 سبات البذور

يوجد بعض البذور التي تنبت مباشرةً مع هطول المطر الأول أو بعد الري. كما يوجد بعض البذور التي تفقد قدرتها على الإنبات بعد مرور عدة أيام على نضوجها، وهناك بذور نباتات كثيرة لا تنبت مباشرةً في ظروف مناسبة للإنبات، لأنها موجودة في حالة سبات قد يستمر مدة زمنية طويلة. تتغيَّر مدة سبات البذور وفقًا لنوع النبات وهي متعلقة بظروف البيئة المحيطة. تبقى بذور نباتات في حالة سبات عدة سنوات دون أن تفقد قدرتها على الإنبات. يتأثر السبات من مدى قدرة الماء على التغلغل عبر قشرة البذرة. من قساوتها، من وجود مواد تثبط (تعيق) عملية الإنبات من مدى قدرة الجنين على التطور. النهوض من السبات متعلق بعوامل داخلية وبعوامل خارجية (بيئية)، مثل: الضوء، الأكسجين ودرجة الحرارة المناسبة. نجد مواد تثبط البذور في ثمار معينة وهي تثبط إنبات البذور الموجودة في الثمرة ذاتها، مثلاً: في نبتة الحلبة العربية التي تنمو في الصحراء، يوجد في قشرة القرن مواد تثبط إنبات البذور. تنبت بذور هذه النبتة، فقط، بعد هطول كمية مطر كبيرة تؤدي إلى شطف وإبعاد المواد التي تثبط الإنبات. إنَّ منع إنبات البذور داخل الثمرة يزيد من احتمال إنبات هذه البذور بعد أن تنتشر الثمار والبذور الموجودة في داخلها.

ما هي أفضليات سبات البذور؟ لماذا لا تنبت البذور مباشرةً؟

المكوث في حالة سبات هو صفة مهمة للبذور، لأن السبات يُتيح للبذور أن تنبت في ظروف مناسبة جدًا لعمليات الإنبات، النمو وإنتاج جيل جديد من البذور. إذا حدث في البلاد إنبات بذور بعد هطول مطر (مرة واحدة فقط) في فصل الصيف الجاف، فإن ذلك يؤدي إلى موت عدد كبير جدًا من البادرات. من هنا، يوجد أفضلية للنباتات الشتوية الحولية من السبات، لأنها تبقى في هذه الحالة حتى تهطل الأمطار في الموسم المناسب.

من الجدير بالمعرفة: إنبات أقدم بذرة في العالم

في سنة 1963، وجد علماء آثار أثناء حفرهم في متسادا عدة بذور لشجرة النخيل. عُمرُ هذه البذور بحسب الأبحاث التي أُجريت حوالي 2000 سنة. في سنة 2005 زُرعت خمس بذور في كيبوتس قطورة في النقب. اندهش الباحثون من مشاهدة إنبات وتطور أحد بذور شجرة النخيل. وقد سُميت الشجرة "متوشلاح" على اسم متوشلاح الذي وَرَدَ اسمه في التوراة وقد عاش حوالي 1000 سنة (وما زال عُمرهُ أصغر من عُمرُ بذرة النخيل). هل "متوشلاح" الشجرة هو ذكر أم أنثى؟ سوف يعرف الباحثون الإجابة عن ذلك عندما تُزهر الشجرة. (لماذا؟ سوف تقرأون عن ذلك في الفصل الرابع الذي يبحث موضوع التكاثر.)

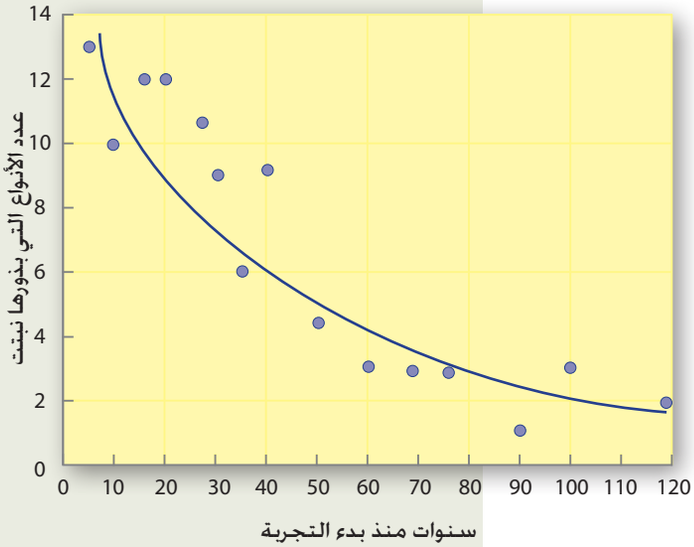
"متوشلاح"

المكوث في حالة سبات والقدرة على انتشار البذور، يوجد لهما أفضلية لاستمرار نوع النبات. فهما يتيحان توزيع البذور في الزمان والمكان المناسبين لزيادة احتمال النوع على البقاء. وهذا يعني، يوجد احتمال كبير أن يتطور الجيل الجديد في الموعد الذي فيه ظروف جيدة للإنبات ولاستمرار التطور. وقد يتطور الجيل الجديد في مكان آخر، لا يوجد فيه تنافس، بل تتوفر فيه ظروف لا أحيائية وأحيائية مناسبة للتطور في المكان الجديد أكثر من المكان الذي نَتَجت فيه البذرة بالقرب من نبتة الأم.

على الرغم من ذلك، قد تكون سلبيات للسبات وللانتشار في البيئة المحيطة. السبات المستمر يزيد من الخطورة أن تؤكل البذور أو تُصاب بمسببات أمراض، مثلاً: فطريات، أو تُحرق خلال السبات. أما بالنسبة للانتشار، فقد تصل البذور أماكن خالية من ظروف مناسبة للإنبات و/أو استمرار تطور البادرة.

نافذة البحث ب - 1: كم سنة تحافظ البذور على قدرة الإنبات؟

السؤال أعلاه، أثار حب استطلاع الباحث الأميركي الدكتور جيمس بيل (James Beal). في سنة 1879، حضَّرَ 20 وعاءً فيها رمال وبذور لـ 23 نوعًا من النباتات (50 بذرة غير جافة من كل نوع في كل وعاء). قام الباحث بحفر حفرة في الأرض وبدفن الأوعية داخل الأرض وتغطيتها بشكل يمنع دخول الضوء والماء إلى البذور. بعد مرور عدة سنوات، قام الباحث في كل مرة بإخراج وعاء واحد من التربة وفحص قدرة البذور على الإنبات. خلال الأربعون سنة الأولى، أخرج وعاء واحداً من الأرض كل 5 سنوات، وفي السنوات التالية، أخرج وعاءً واحدًا من الأرض كل 10 سنوات، وبعد ذلك كل 20 سنة. في كل فحص، حدَّد عدد الأنواع التي بذورها نجحت في الإنبات. في معظم الحالات، لم تنبت جميع البذور (50 بذرة) التي خُزِّنت في الوعاء، في بداية التجربة. لكن إذا نبتت بضع بذور من نوع معين، فقد تمَّ عدَّها ضمن الأنواع التي نبتت في نفس سنة الفحص. أخرج الوعاء الخامس عشر (من 20 وعاءً) في سنة 2000. وهذا يعني بعد 120 سنة منذ أن دُفنت البذور في الأرض! وقد جُمعت النتائج خلال السنوات المختلفة وتمَّ عرضها في الرسمة ب - 5.



الرسمة ب - 5: عدد أنواع البذور التي نبتت بذورها خلال السنوات. انتبهوا: تُشير النقاط إلى النتائج التي حصل عليها الباحث في كل سنة فحص، ويُشير الخط البياني إلى التوجه العام الذي ينبع من النتائج.

أ. صفوا مكتشفات التجربة بناءً على المعطيات المعروضة في الرسمة ب - 5.

ب. أمامكم عدة استنتاجات. هل كل استنتاج ملائم للمكتشفات؟ علِّلوا.
1. تحافظ جميع أنواع البذور على قدرة إنبات لمدة 5 سنوات على الأقل.
2. تنخفض قدرة الإنبات تدريجيًا مع مرور السنوات.
3. تحافظ حوالي نِصف أنواع البذور في التجربة على قدرة إنبات لمدة 20 سنة تقريبًا.
4. تحافظ أنواع بذور قليلة فقط على قدرة إنبات لمدة أكثر من 50 سنة.

ج. يستمر الباحثون في إخراج الأوعية الخمسة التي بقيت في التربة كل عدة سنوات. كم يكون - بحسب رأيكم - عدد الأنواع التي بذورها تنبت في السنوات القادمة؟ على ماذا تعتمد فرضيتكم؟

د. بالموازاة لإنبات البذور التي أخذت من الأوعية التي دُفنت في الأرض، أضاف الباحثون قالب إنبات مع وسط تنمية مماثل لوسط التنمية الذي استُعمل في التجربة، لكن دون بذور. وُضع هذا القالب بجانب القوالب التي تمَّ فيها إنبات البذور، وقد تمَّ ري جميع القوالب بنفس كميات الماء. لم ينبت شيئًا في هذا القالب. اشرحوا، ما هي أهمية هذا المُكتَشَف؟

من الجدير بالمعرفة: بنك البذور

يوجد في العالَم حوالي 1,300 بنك بذور، حيث يتم الحفاظ فيها على بذور لأكثر من 6 ملايين عشيرة ونوع مختلف من النباتات التي هي جزء قليل من تنوع الأنواع والعشائر الموجودة في العالَم. تهدف هذه البنوك الحفاظ على تنوع النباتات وخاصة الأنواع المتعلق بقاؤها بالإنسان. يتم تخزين البذور في أماكن كثيرة، في خزنات في باطن الأرض، في درجة حرارة 20 درجة مئوية تحت الصفر.

في أعقاب دمار عدة بنوك بذور في السنوات الإخيرة (في العراق، أفغانستان وغير ذلك)، ولكي نضمن الحفاظ على هذه البذور، فقد أقيم بنك بذور في جزيرة سفالبارد (Svalbard) في النرويج بالقرب من القطب الشمالي. أقيم البنك في نفق داخل جبل وقد خُطط بطريقة تمنع من إلحاق الضرر به في أعقاب هزة أرضية أو حرب نووية. يشكل مكان البنك بالقرب من القطب أفضلية، لأنه لا توجد حاجة لمصادر طاقة خارجية لتخفيض درجة الحرارة ولتجميد البذور. يمكن أن نحفظ البذور مئات وآلاف السنين (تذكروا بذرة شجرة النخيل "متوشلاح")، لكن على الرغم من ذلك، لا تبقى معظم البذور حيوية لمدة زمنية طويلة، لذا يجب تجديد مجمَّع البذور من حين إلى آخر بواسطة زرعها للحصول على بذور جديدة.

في سنة 1979، أُقيم في إسرائيل بنك بذور لحفظ بذور نباتات ذات أهمية للزراعة في إسرائيل وفي الشرق الأوسط.

ب2.2 من سبات إلى إنبات

الخروج من حالة السبات والانتقال إلى الإنبات ونمو الجنين متعلق بإبعاد العوامل التي حافظت على البذرة في حالة سبات. يمكن "إيقاف" السبات الذي يحدث بسبب القشرة التي تمنع دخول الماء و/ أو الأكسجين من خلال إبعاد معيق الإنبات، وهذا يعني إبعاد القشرة أو تقليل قساوتها.

في بذور ذات قشرة قاسية جدًا (مثل: الزيتون، المشمش، الخوخ والدراق) يمكن سحق (تحطيم) القشرة بوسائل ميكانيكية (آلية) أو كيميائية لتنشيط الإنبات.

نباتات حرش كثيرة في البلاد، مثل:السويد، البرزة والعزرار الشوكي، يوجد لها ثمار عصيرية ذات ألوان تأكلها العصافير. تُفرز البذور مع براز العصافير دون أن تتضرر في أماكن بعيدة عن مكان نمو النبات، وهكذا تنتشر إلى مسافات بعيدة جدًا عن نبات الأم. أحيانًا يتم تنشيط إنبات البذور في أعقاب مرورها في الجهاز الهضمي للعصفور. في أنواع نباتات أخرى، تنبت البذور بعد حدوث حريق: البذور التي قشرتها سميكة أو غير نفّاذة للماء، تنبت بعد أن تحترق في أعقاب حريق، مثل: بذور القنديل وأنواع الهنبل واللباد.

شجرة الزعرور وثمارها

نافذة البحث ب - 2: قشرة سميكة وإنبات

أنواع كثيرة من النباتات، يوجد لها بذور ذات قشرة لا تُتيح دخول الماء إلى البذرة. دخول الماء إلى البذرة ضروري لعملية الإنبات. عندما يدخل الماء البذرة فإنها تنتفخ. في التجربة التي نتائجها عُرضت في الجدول ب - 1، تمَّ علاج بذور أنواع النبق الأزرق. السيال والطلح بعلاجين:

أ. تمَّ نقع البذور لمدة 72 ساعة في كحول يُذيب مواد في القشرة ويُتيح دخول الماء.

ب. صقل (تمليس) القشرة القاسية.

مجموعة بذور إضافية من كل نوع، لم تتم معالجتها.

جدول ب - 1: النسبة المئوية للبذور التي انتفخت بالماء بعد علاجات مختلفة

نوع النبات*	% للبذور التي انتفخت بالماء		
	بعد النقع في الكحول	بَعد الصقل	دون علاج
نوع أ	29	100	18
نوع ب	88	100	9
نوع ج	10	100	0
نوع د	46	93	2
نوع ه	34	98	14

* ملاحظة: تنتمي أنواع النبق الأزرق، السيال والطلح إلى نفس الجنس.

أ. ما هو العامل الأساسي الذي يعيق انتفاخ بذور النبق الأزرق، السيال والطلح؟ علِّلوا بناءً على النتائج المعروضة في الجدول.

ب. اشرحوا، لماذا أضاف الباحثون مجموعة بذور من كل نوع - أيضًا - دون أن تمر علاج؟

ج. اختاروا ثلاثة أنواع واعرضوا نتائجها بطريقة بيانية.
هل تختارون رسم خط بياني متواصل أم أعمدة مستطيلات؟ اشرحوا اختياركم.

د. خمِّنوا، كيف تنبت بذور أشجار السيال، النبق الأزرق والطلح في الطبيعة؟ اعتمدوا على نتائج التجربة.

ب3.2 مراحل عملية الإنبات

الانتقال من بذرة جافة في سبات إلى نبات فعَّال يكبر بسرعة هو عملية معقدة، حيث تشترك فيها عوامل كثيرة تؤثر عليها. تبدأ العملية باستيعاب الماء وتنتهي بخروج نبات حديث السن من قشرة البذرة.

خلال كل عملية الإنبات، تتوفر للجنين في البذرة مواد تخزين حصل عليها من الوالدين، وهو يستعملها حتى الفترة التي يستقل فيها. ويستطيع إنتاج مواد عضوية بشكل مستقل من خلال عملية التركيب الضوئي واستيعاب الماء والأملاح المعدنية المطلوبة من التربة.

نُقسِّم عادةً عملية الإنبات إلى ثلاث مراحل:

1. انتفاخ.
2. بداية تنفس خلوي ونشاط إنزيماتي.
3. بزوغ الجُذير وبعده السويق.

بعد هذه المراحل، تبدأ البادرة بالنمو.

بزوغ الجُذير

نمو الجُذير وبزوغ السويق

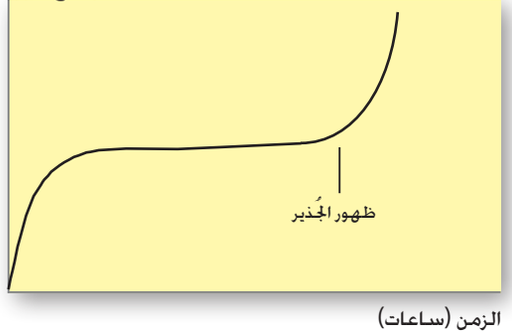
إنبات بذور عدس

تختلف مدة عملية الإنبات من نبات إلى آخر وهي تتراوح بين عدة ساعات (حتى أقل من يوم) إلى عدة أيام، وهذا متعلق بنوع النبات وبشروط الإنبات.
كلنا نعرف التعبير "لا يوجد حياة دون ماء". نعم الماء شرط مسبق وضروري للإنبات.

علاقة بالخلية وبعلم البيئة:
مكونات الخلايا، أهمية الماء.

انتفاخ

تنبع الحاجة إلى الماء في عملية الانتفاخ بسبب الصفة الحية للخلايا، حيث يتم النشاط البيولوجي والكيميائي في الخلايا في محلول مائي.
يؤدي استيعاب الماء إلى انتفاخ البذور الذي نراه بالعين المجردة. يؤدي هذا الانتفاخ إلى تكبير حجم البذرة بشكل كبير جدًا ويؤدي إلى تفعيل عمليات أيضية في الخلايا. يحدث الانتفاخ في حالة موت الجنين أيضًا، لكن مرحلة التنفس الخلوي والنشاط الإنزيماتي، تتم إذا كان الجنين حيًّا فقط. نسبة تَشَرُّب الماء الذي يؤدي إلى الانتفاخ متعلق بالمكونات الكيميائية للمواد التي تمتز الماء في البذرة، يتغلغل الماء عبر القشرة وبتوافر الماء للنبتة.
تستمر عملية الانتفاخ عدة ساعات، خلال هذه الفترة الزمنية، يدخل الماء البذرة وتمتزه المواد الموجودة فيه. تمتز البروتينات معظم الماء. في أعقاب دخول الماء البذرة، يَنْتُج داخل البذرة ضغط يؤثر من الداخل على القشرة. يؤدي هذا الضغط إلى شقوق في القشرة تشقق القشرة في أماكن مختلفة. في معظم الحالات تتشقق القشرة مقابل الجُذير الذي يخرج عبر الفتحة التي نَتَجت. يُتيح تشقق القشرة إلى الانتقال السريع للغازات والماء التي تعتبر ضرورية لاستمرار الإنبات (الرسمة ب - 6).



الرسمة ب - 6: الصورة اليمنى: بذور حمص جافة إلى جانب بذور انتفخت. الرسمة اليسرى: سيرورة عامة لاستيعاب الماء في البذرة الجافة كدالة للزمن.

من الجدير بالمعرفة: بذور تشقق صخورًا

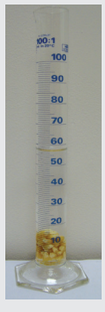
استعمل الإنسان في الماضي صفة ازدياد الحجم في البذور المنتفخة، لكي يشقق الصخور. فقد كان يقدح في الصخرة ثقبًا ضيقًا وعميقًا ويملأه في البذور ويضيف إليه ماء. في أعقاب ذلك، تنتفخ البذور وتتشقق الصخرة القاسية.

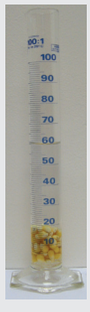
?? سؤال ب - 2

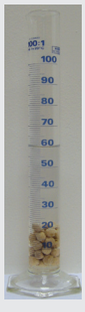
المادة الأساسية التي تمتز الماء في البذرة هي البروتين. تمعَّنوا مرةً أخرى في الرسمة ب - 3، ثم سجِّلوا البذور المناسبة لتشقق الصخور. علِّلوا.

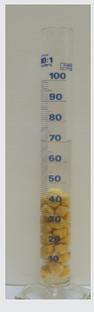
نشاط ب - 3: تغيُّر حجم البذور المنتفخة

- خذوا 30 بذرة حمص جافة (بقوليات) وَ 50 بذرة ذرة جافة (النجيليات).
- أدخلوا بذور الحمص في أنبوبة مدرَّجة تحتوي على 50 سنتمترًا مكعبًا من الماء. سجِّلوا ارتفاع الماء واحسبوا حجم البذور التي أدخلتموها داخل الأنبوبة المدرَّجة.
- كرروا القياس مع بذور الذرة، ثم احسبوا حجم البذور التي أدخلتموها داخل الأنبوبة المدرَّجة.
- انقعوا بذور الحمص وبذور الذرة في وعاء فيه ماء لمدة 24 ساعة.
- قيسوا حجم البذور المنتفخة كما فعلتم قبل الانتفاخ.
- احسبوا معدل حجم البذرة الجافة ومعدل حجم البذرة المنفوخة لكل نوع من أنواع البذور.


ذرة قبل الانتفاخ


ذرة بعد الانتفاخ


حمص قبل الانتفاخ


حمص بعد الانتفاخ

أ. انسخوا الجدول الآتي في دفاتركم واعرضوا فيه نتائج حِسابات التغيير في حجم البذور. اكتبوا عنوانًا مناسبًا للجدول.

	معدل حجم بذرة جافة (سنتمتر مكعب)	معدل حجم بذرة منتفخة	التغيُّر في حجم البذرة (بالنسبة المئوية)
حمص			
ذرة			

ب. اعرضوا النتائج بطريقة بيانية مناسبة.

ج. في أي نوع بذور كان التغيير الأكبر؟ اقترحوا شرحًا لهذا الفرق (استعينوا بالرسمة ب - 3).

توسع: تنفس خلوي ونشاط إنزيماتي

التنفس السريع هو أحد المؤشرات الأولى "لاستيقاظ" جنين البذرة من سباته. تحتاج النباتات إلى أكسجين، كما هو الأمر عند الحيوانات، لعملية التنفس التي تحدث في خلاياها وكذلك الأمر في البذرة التي تنبت. إحدى العمليات الأولى التي تحدث في البذرة المنتفخة بعد مرور عدة دقائق هي عملية التنفس الخلوي التي يتم فيها استخراج طاقة كيميائية كـ ATP. تشير حقيقة ازدياد وتيرة التنفس الخلوي بعد مدة زمنية قصيرة إلى أن كل الإنزيمات المطلوبة لعملية التنفس الخلوي موجودة في البذرة وبقيت مدة زمنية طويلة في البذرة التي كانت في وضع جاف تقريبًا. أثناء عملية التنفس الخلوي، يُستهلك الأكسجين (O_2) ويُطلق ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، لذا دون وجود أكسجين في التربة، لا تتم عملية الإنبات. تتغيَّر مكونات الهواء في التربة مع تغيُّر العمق ومع تغيُّر مدى الإشباع بالماء. عادةً يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في التربة أعلى من تركيزه في الهواء بسبب تنفس الجذور وتنفس الكائنات الحية التي تعيش في التربة. قد يؤدي التركيز المرتفع لثاني أكسيد الكربون CO_2 إلى إعاقة (تثبيط) وتباطؤ عملية الإنبات. في التربة المغمورة بالماء أو في عمق كبير جدًا، قد يحدث نقص في الأكسجين، لكن بذور الأرز والنباتات المائية شاذة، لأن بذور الأرز تستطيع أن تنبت في تربة مغمورة بالماء والنباتات المائية تستطيع أن تنبت في ظروف فيها نقص في الأكسجين.

علاقة بالخلية:
استخراج طاقة في التنفس الخلوي وَ ATP.

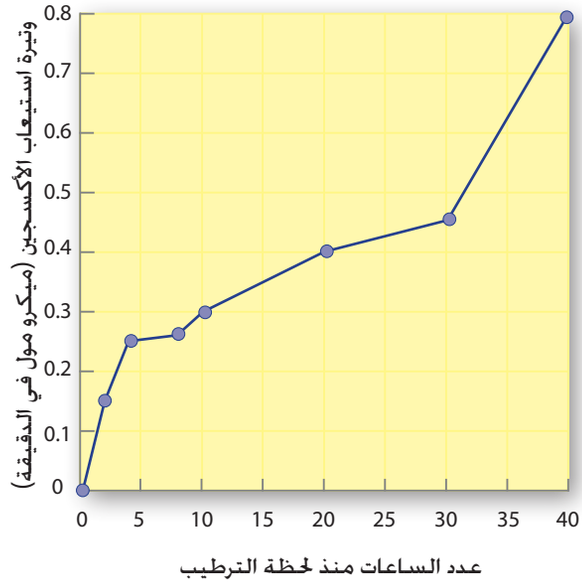
?? سؤال ب - 3

تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسمة ب - 7:

أ. صفوا التغيُّرات في وتيرة استيعاب الأكسجين خلال 40 ساعة.

ب. ماذا نستنتج من الرسمة ب - 7؟ عللوا.

ج. هل بعد مرور 40 ساعة من عملية الترطيب، نجد في البذور كمية مماثلة من مواد التخزين كما كان في البذور الجافة؟ عللوا.



الرسمة ب - 7: تغيُّرات في وتيرة استيعاب الأكسجين في بذور الخس خلال 40 ساعة منذ لحظة ترطيب البذور

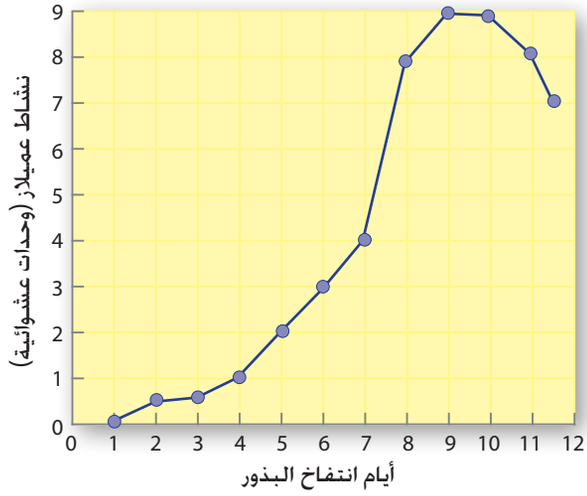
النشاط الإنزيماتي في بذرة تنبت

علاقة بالخلية:
بناء بروتين بحسب المعلومات في الـ RNA. مواد في الخلية - كربوهيدرات.

في المرحلة الثانية من الإنبات، تعمل بالأساس في البذرة إنزيمات تقوم بتحليل مواد تخزين (موجودة في الاندوسبيرم والفلقات) إلى وحدات بناء أساسية: النشا إلى أحادي سكر، البروتينات إلى حوامض أمينية، الدهنيات إلى حوامض دهنية. مادة التخزين الأساسية المستغلة خلال عملية التنفس الخلوي هي النشا (متعدد السكريات) المخزون في البذرة ولكي يتم استغلاله يجب تحليله بمساعدة إنزيمات تحلّل النشا مثل العميلاز (الرسمة ب - 8). تنتقل نواتج التحليل إلى مناطق النمو في الجنين.

في البذرة التي تنبت، يتم بناء بروتينات أيضًا بمساعدة ريبوزومات موجودة في خلاياها وفي ريبوزمات جديدة تُبنى فيها. مع تقدم عملية الإنبات، تَنْتُج جزيئات جديدة من الـ RNA (mRNA رسول). من هنا يصبح الأمر واضحًا أن المعلومات الوراثية، المواد الخام والإنزيمات المطلوبة لتطور النبات الجديد موجودة وفعّالة في البذرة التي تنبت.

تصف الرسمة ب - 8 نشاط الإنزيم عميلاز في حبوب شعير منتفخة.



الرسمة ب- 8: نشاط إنزيم عميلاز خلال أيام انتفاخ حبوب الشعير

?? سؤال ب - 4

تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسمة ب - 8:

أ. صفوا التغيُّرات في نشاط الإنزيم عميلاز المعروضة في الرسم البياني.

ب. ماذا تستنتجون من المكتشفات الموصوفة في الرسم البياني؟

ج. ما هو ناتج تحليل النشا؟ اشرحوا، لأي غرض يجب تحليل النشا؟

للمزيد عن:
هورمون جبريلين. انظروا الفصل الثالث.

توسع: هورمونات وإنبات

تَنْتج في البذرة هورمونات ويوجد لها وظيفة مهمة في الإنبات وفي جميع العمليات التي تحدث في النبات الذي يتطور. أحد الهورمونات المهمة في الإنبات هو هورمون جبريلين. ينشّط الجبريلين البذور من السبات الذي يحدث بسبب مواد مثبطة، كما أنه ينشّط إنبات البذور التي تحتاج ضوء لإنباتها. الجبريلين ينشّط بناء إنزيمات تشترك في تحليل مواد التخزين مثل إنزيم عميلاز .

سوف تتعلمون في الفصلين الثالث والرابع عن هورمونات أخرى تؤثر على الإنبات وعلى تطور النبات.

عوامل خارجية تؤثر على الإنبات

في البيئة المحيطة الطبيعية، يتأثر الإنبات من عدة عوامل في نفس الوقت. لا يحدث إنباتًا بتاتًا دون وجود ماء، لكن أحيانًا، تحتاج عملية الإنبات إلى ظروف إضافية أساسية، مثل: الضوء، درجة الحرارة وتركيز الأكسجين (انظروا التوسع في صفحة 37). ظروف الإضاءة مهمة أيضًا. يوجد أنواع بذور تنبت في وجود الضوء فقط، ويوجد أنواع بذور تنبت في الظلام. العوامل الإضافية التي تؤثر على الإنبات هي: تركيز الأملاح في التربة، وجود مواد أفرزتها نباتات أخرى لتثبط الإنبات.

تأثير الضوء على الإنبات

أجريت أبحاث كثيرة لتأثير الضوء على الإنبات. وُجد في أنواع كثيرة من النباتات أن إنبات البذور لا يتأثر من ظروف الإضاءة الموجودة فيها البذور. في أنواع نباتات أخرى، وُجد أن الضوء يؤثر على عملية الإنبات قبل بزوغ الأوراق الأولى. ينشّط الضوء إنبات بذور أنواع نباتات معينة، لكنه يثبط إنبات بذور أنواع نباتات أخرى. أفضلية حساسية البذور لظروف الإضاءة هي أنه يمكن الحصول على معلومات عن مكان البذور: هل هي موجودة في الظل (مثلاً: تحت الأشجار)، او في عمق التربة، في ظروف ضوء غير مناسبة للنمو.

إنَّ حاجة الضوء كشرط للإنبات، تزيد من احتمال البذور أن تنبت إذا وُجدت بالقرب من سطح التربة. في هذه الحالة، يوجد احتمال كبير أن يصل السويق الذي يتطور إلى سطح التربة وأن ينكشف إلى الضوء قبل أن تُستغل جميع مواد التخزين الموجودة في البذرة. من المهم أن نتذكر أن كمية مواد التخزين محدودة، واستمرار النمو متعلق بالضوء الذي يُتيح تنفيذ عملية التركيب الضوئي. على الرغم من ذلك، مكوث البذور في الطبقات العليا من التربة، يشكل خطرًا على البادرات التي تنمو في بيوت تنمية تجف فيها بسرعة الطبقات العليا للتربة، أو تكون الطبقات العليا غير ثابتة كما هو الأمر في الرمال المتحركة.

الضوء يثبط إنبات بذور معينة. إنَّ تثبيط الإنبات في وجود الضوء يزيد من احتمال إنبات البذور داخل التربة وليس على سطحها، وهكذا لا تتعرض هذه البذور إلى الجفاف. يتم عادةً تثبيط الإنبات بواسطة الضوء في البذور الكبيرة التي تحتوي على كميات كبيرة من مواد الإدخارية. في هذه الحالة، إذا كانت البذرة موجودة عميقًا في التربة، فإن السويق يوجد له احتمال كبير أن يصل سطح التربة قبل أن يستغل جميع المواد الإدخارية المتوفرة له.
في النباتات التي يتم تثبيط إنبات بذورها بواسطة الضوء، مثلاً: بذور النرجس البحري، فإنَّ نسبة إنبات بذورها المغطاة بالرمل تكون عالية.

تأثير درجة الحرارة على الإنبات

تحتاج بذور النباتات التي مصدرها من مناطق معتدلة أو باردة إلى فترة مكوث في درجة حرارة منخفضة قبل أن تستطيع الإنبات. تعرض الرسمة ب - 9 نتائج التجربة التي خُزنت فيها بذور بطاطا في درجة حرارة مقدارها 5^0C خلال عدة أيام مختلفة. بعد ذلك، قاموا بإنباتها في درجة حرارة مقدارها 25^0C وحسبوا النسبة المئوية للإنبات.

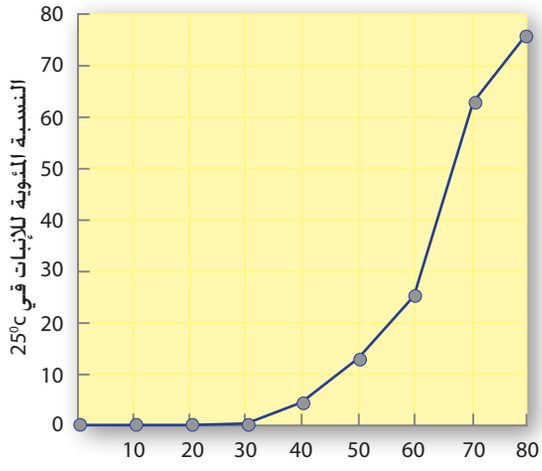
?? سؤال ب - 5

تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسم البياني الذي يظهر في الرسمة ب - 9:

أ. ما هو المتغيِّر غير المتعلق في التجربة؟

ب. ما هو عدد أيام المكوث المطلوب في درجة حرارة 5^0C لكي تنبت البذور؟

ج. تناقش متخصص في علم الأحياء ومتخصص في علم الزراعة حول الزمن المرغوب لحفظ البذور في درجة حرارة مقدارها 5^0C. ادعى متخصص علم الأحياء أن الزمن المرغوب هو 80 يومًا على الأقل، أما المتخصص في علمةالزراعة، فقد ادعى أنه يكفي 65 يومًا. ما هي الاعتبارات التي اعتمد عليها كل واحد منهما والتي أدت إلى استنتاج مختلف؟



الرسمة ب - 9: تأثير مدة المكوث في البرد (5^0C) على النسبة المئوية للإنبات

الإنبات بعد فترة المكوث في البرد. يميِّز النباتات التي تنمو في مناطق يكون فيها الشتاء باردًا جدًا. إنَّ الإنبات بعد المكوث في البرد يضمن للبذور أن لا تنبت خلال الشتاء البارد، بل في الربيع الذي يليه عندما تكون درجة الحرارة وظروف الإضاءة مناسبة أكثر للإنبات وللنمو، وهكذا نزيد من احتمال بقاء النبات حديث السن.

في مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط في البلاد تكون دورة حياة النبات مختلفة، حيث تنبت النباتات في الشتاء - الذي يكون عادةً غير بارد بشكل خاص - وبعد هطول الأمطار الأولى.

هنبل

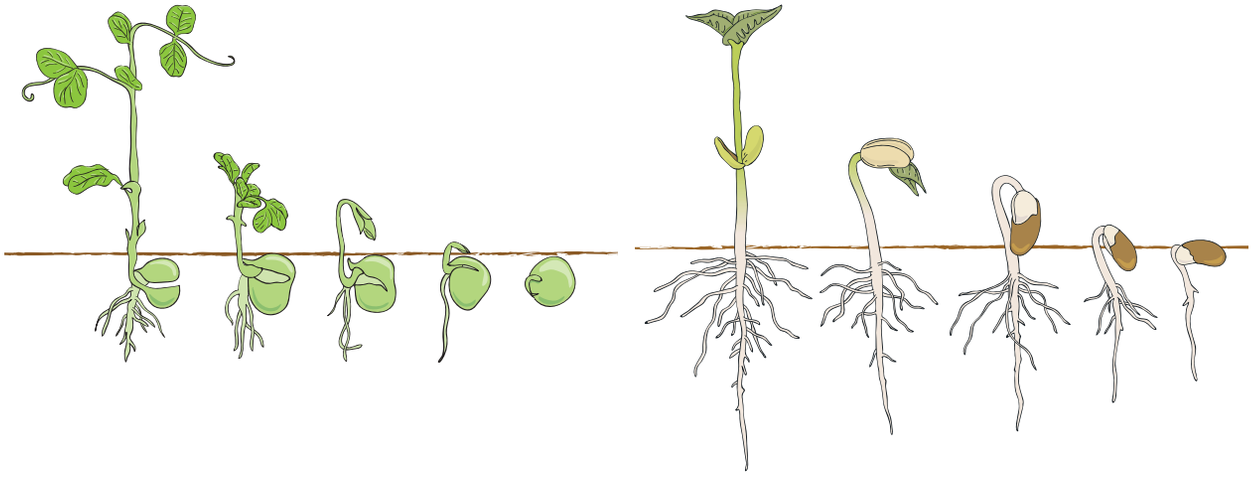
النهوض من السبات في أعقاب درجة حرارة عالية غير شائع كثيرًا. تكون هذه الظاهرة شائعة عند النباتات التي بيت تنميتها الطبيعي يتميز بشتاء معتدل وبصيف حار، حيث تنبت بذورها في الخريف، بعد الصيف الحار، وتُزهر في الربيع. درجة حرارة عالية جدًا كالتي تَنْتُج أثناء حريق، تساهم هي أيضًا في إنبات بذور معينة. في السنوات الأخيرة، ازدادت المعرفة أن الحرائق الطبيعية مهمة لتجدد غابات وأحراش، لأنِ هذه الحرائق تحفز إنبات بذور لا تنبت في ظروف عادية.

في الأبحاث التي أجريت في البلاد على أحراش محروقة، وجد الباحثون أن الحريق حفَّز إنبات أنواع مختلفة، مثل: القنديل، الهنبل، اللباد وأنواع من عائلة الفراشيات. على ما يبدو، تمَّ تحفيز الإنبات بسبب ارتفاع نفاذية قشرةالبذرة للماء والغازات. تُفتح أكواز الصنوبر المقدسي نتيجةً لتعرضها لدرجة حرارة عالية، مما يؤدي ذلك إلى توزيع ونَشْر بذور كثيرة بشكل واسع.

لباد

نماذج إنبات

تبقى فلقات بذور نباتات داخل التربة أثناء عملية الإنبات (مثلاً: البازيلاء). لكن يوجد بذور أخرى، مثلاً: الفاصولياء التي تنمو فلقاتها مع السويق فوق سطح التربة، وهي تشكل الأوراق الأولى للنبتة حديثة السن (الرسمة ب - 10).



الرسمة ب - 10: الرسمة اليمنى نماذج لإنبات فاصولياء واليسرى لبازيلاء

مصطلحات: إنبات وتوريق

هناك من يعرِّف الإنبات حتى خروج الجذير من قشرة البذرة، وبحسب رأيهم يُشير ذلك إلى انتهاء مرحلة الإنبات. يعتقد آخرون أن الإنبات ينتهي عند ظهور السويق الذي يشمل الأوراق والجذوع الأولى. بالنسبة للمزارعين التوريق - ظهور أوراق النبات فوق سطح التربة -هو مؤشر لنجاح الإنبات.

ب3. من وجهة نظرة زراعية: توجيه الإنبات وتخزين البذور

ب1.3 طرق تؤثر على موعد الإنبات

أثناء عملية الإعتناء بأنواع نباتات برية للاستفادة منها كنباتات زراعية، اهتم الإنسان أن يرعى بطريقة الانتخاب الاصطناعي نباتات ذات بذور لا يوجد فيها مثبطات الإنبات، لذا في بذور النباتات التي يعتني بها الإنسان، تمَّ إبطال أو تقصير فترة سبات البذور إلى فترة قصيرة جدًا، لكي يحدث الإنبات، التوريق وتطور النبات في نفس الوقت في الحقل الزراعي ولكي يكون كبر النباتات متجانسًا تقريبًا. لأن هذا التجانس مهم جدًا للمزارع، لكي يعتني بالنباتات بنجاعة وليوجِّه موعد نضوج الثمار وزمن الحصاد.

يستغل الإنسان المعرفة العلمية ونتائج أبحاث الظروف المناسبة للإنبات لتوجيه موعد الإنبات بحسب احتياجاته، حيث ينفِّذ ذلك من خلال تغيير ظروف البيئة المحيطة، مثل: تهوية التربة، الإضاءة ودرجة الحرارة، وقد ساعد تغيير الظروف في تنشيط عملية الإنبات.

تهوية التربة

إنَّ ارتفاع تركيز الأكسجين في التربة يؤدي إلى تنشيط عملية إنبات بذور نباتات كثيرة. أُعِدَّت معالجة التربة في الحقول الزراعية - مثلًا الحراثة - لتهوية التربة ولإتاحة تبادل غازات ناجع بين التربة والجنين الموجود في البذرة، وهكذا نُتيح عملية إنبات أسرع من الإنبات الذي يحدث في تربة لا يوجد فيها تهوية.

من الجدير بالمعرفة: أعشاب برية ضد النباتات الزراعية

تتميز أعشاب برية كثيرة بقدرتها على مقاومة تراكيز عالية من ثاني أكسيد الكربون في التربة وهي تنمو جيدًا في تربة تفتقر تهوية، وهذه القدرة غير موجودة عند النباتات الزراعية التي يعتني بها الإنسان. تساعد هذه الصفة النباتات البرية على التنافس بنجاح كبير جدًا مع النباتات الزراعية. إضافةً إلى ذلك، تنشِّط معالجة التربة إنبات بذور نباتات برية في الحقل، لأننا نوفِّر لها خلال هذه المعالجة إضاءة وتهوية جيدة.

التعرض للضوء

بذورِ النباتات التي تحتاج ضوء للإنبات، يمكن أن ننشِّط عملية إنباتها من خلال كشفها للضوء، مثلًا: يمكن تنشيط إنبات بذور الدخان والخس من خلال تسليط الإضاءة على هذه البذور لعدة ثوانٍ. تحتاج بذور نباتات أخرى إضاءة لمدة زمنية أطول.

إبعاد أو إبطال مفعول عوامل تعيق الإنبات

لا تحتاج كل بذرة إلى درجة حرارة منخفضة أو ضوء لكي تنبت. في بذور مختلفة، يتم تثبيط الإنبات بسبب صفات القشرة و/ أو وجود مواد تثبط عملية الإنبات في البذرة أو الثمرة. لتنشيط عملية الإنبات، يجب إبعاد أو إبطال مفعول هذه العوامل:

- لتنشيط إنبات بذور الزيتون وبذور بقوليات مختلفة، يجب نقع هذه البذور في حامض الكبريتيك أو في هيدروكسيد الصوديوم لمدة ساعات قليلة. وبعد ذلك نشطفها بمياه نظيفة. يؤدي هذا النقع في الحامض أو القاعدة إلى تشقق قشرة البذور، وهكذا نساعد على دخول الماء للاستمرار في عملية الإنبات (انظروا نافذة البحث ب - 2 أيضًا).
- لشطف البذور التي في سبات من مواد تثبط الإنبات، فإننا ننقع هذه البذور في الماء. تحتاج بذور النباتات العشبية إلى النقع في الماء لفترة زمنية تتراوح من 8-24 ساعة. أما بذور الأشجار فهي بحاجة إلى نقع لمدة زمنية أطول.

ب2.3 تخزين بذور

البذور هي مجمَّع مواد غذائية للإنسان والحيوان، لكنها أيضًا مجمَّع مواد غذائية لجنين البذرة الذي هو جيل المستقبل، لذا يهتم المزارع في الحفاظ على هذه البذور لمدة زمنية طويلة، لكي يضمن إنباتها في الموعد المناسب. تختلف المدة الزمنية للحفاظ على حيوية البذور من نوع إلى آخر (انظروا بند ب 1.2)، حيث تحددها العوامل الداخلية والظروف البيئية المحيطة التي تمّ التخزين فيها. تفقد البذور حيويتها خلال زمن قصير في المكان الذي يسوده هواء رطب ودرجة حرارة مرتفعة، لذا من المهم الحفاظ على ظروف بيئية محيطة مناسبة. في المكان الذي نحفظ فيه البذور، وهكذا نضمن من قدرتها على الإنبات لمدة زمنية طويلة في المستقبل، في الموعد المناسب للمزارع.

إضافةً للحفاظ على ظروف بيئية محيطة مناسبة لتثبيط الإنبات أو لمنعه، يجب حماية البذور من الحيوانات التي تأكلها، مثل: الطيور والقوارض التي تستطيع دخول المخازن والحشرات، مثل: الخنفساء والعث التي تصل أحيانًا المخزن مع البذور مباشرةً من الحقل.

طيور حمام بجانب مخازن حبوب في حيفا

?? سؤال ب - 6

أ. اشرحوا أفضليتين للنباتات - التي تنمو في الطبيعة - من تثبيط الإنبات.
ب. اشرحوا سيئة واحدة لتثبيط الإنبات.

ب3.3 بذور على طاولتنا

إضافةً إلى كون البذور جيل المستقبل للنباتات، تُستعمل البذور أيضًا كمصدر مواد غذائية مهمة للإنسان. نستعمل بذور نباتات كثيرة كبذور أو كمُنْتَجات مواد غذائية، مثل: القمح، الشعير، سنبلة الثعلب، الأرز، الشوفان والذرة. كما يوجد بذور نباتات أخرى مهمة لتغذيتنا، مثل: البازيلاء، الفول، الحمص، الفاصولياء (عائلة البقوليات)، بذور عباد الشمس (من العائلة المركبة) وبذور القرع (من العائلة القرعية).

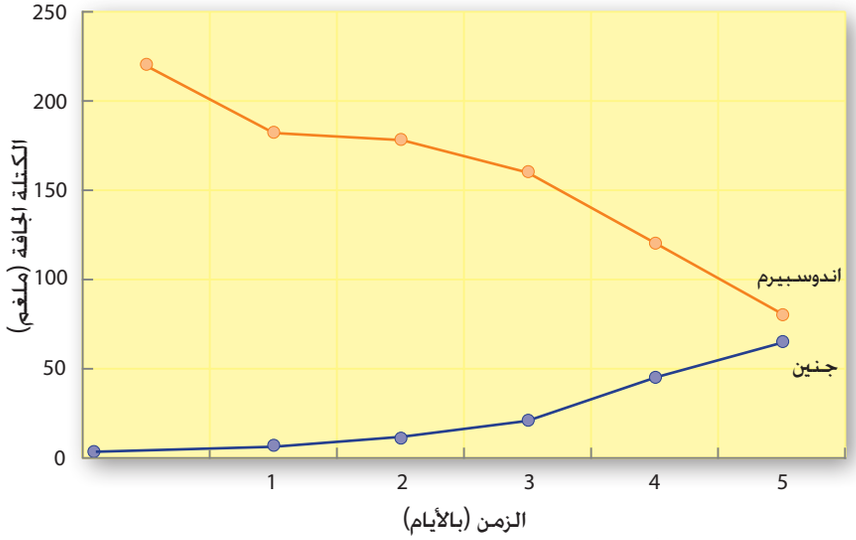
من الجدير بالمعرفة: بادرات في تغذيتنا

بادرات للأكل

النشاط الذي يحدث في البذور التي تنبت وبالأساس تحليل مواد التخزين، هو الأساس لتوصية المختصين في التغذية أن ندمج في غذائنا اليومي تناول بادرات. أحد التعليلات لهذه التوصية أن البذور في حالة الإنبات تكون أسهل للهضم من بذور ليست في حالة إنبات، أو من بذور مطبوخة تحتوي على كمية بروتينات كبيرة.

?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. ما هي الوظيفة الأساسية للبذرة في دورة حياة النبات؟ اشرحوا إجاباتكم.
2. أمامكم مراحل عملية الإنبات، رتّبوها بحسب حدوثها:
   - تشقق القشرة
   - بناء بروتينات (مثلاً: بناء إنزيم عميلاز) من نواتج تحليل مواد تخزين بروتينية
   - استيعاب ماء وانتفاخ
   - بزوغ البادرة إلى سطح التربة
   - خروج السويق من القشرة
   - ازدياد التنفس الخلوي
   - تحليل النشا (الذي تمّ تخزينه في البذرة) إلى سكريات تُستعمل لاستخراج الطاقة ولبناء مواد أخرى.
   - انقسام خلايا الجُذير والسويق واستطالتها.
   - خروج الجُذير من القشرة.
3. ما هي الأفضلية للبادرة من أن الجذير يخرج قبل السويق؟ اشرحوا.
4. ما هي الأفضلية للنبتة التي يوجد في ثمارها مادة تثبط الإنبات؟
5. تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسمة ب - 11:



الرسمة ب - 11: تغيُّرات في الكتلة الجافة للاندوسبيرم وجنين بذور ذرة نبتت في الظلام

أ. ما هو المتغيِّر غير المتعلق، وما هي المتغيِّرات المتعلقة المعروضة في الرسم البياني؟
ب. صفوا التغيُّرات التي تحدث في كل متغيِّر من المتغيِّرات المتعلقة.
ج. ما هي العمليات التي تحدث في البذرة والتي تؤدي إلى التغيُّرات التي وصفتموها في بند ب؟ اشرحوا.
د. خمّنوا كتلة كل جزء من أجزاء البذرة بعد مرور 20 ساعة. اشرحوا، على ماذا اعتمدتم في تخمينكم؟

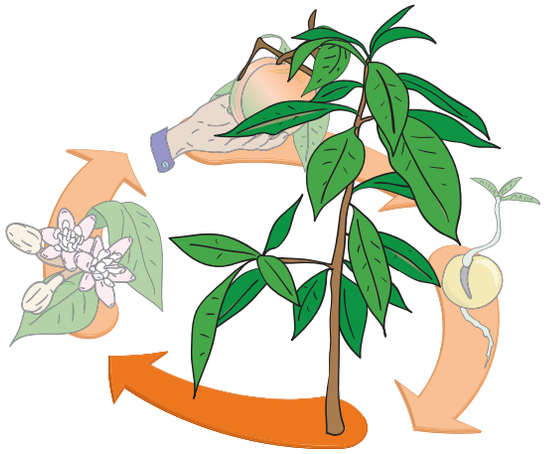
6. اختاروا عشرة مصطلحات من قائمة المصطلحات المهمة التي وردت في الفصل، ثم صنفوها إلى 3-2 مجموعات. أعطوا عنوانًا لكل مجموعة واشرحوا المشترك لجميع المصطلحات التي تنتمي إلى نفس المجموعة.

المواضيع الأساسية في الفصل

- البذور هي التي تربط بين جيل معين والجيل القادم.
- يوجد للبذرة ثلاثة أقسام: جنين، أنسجة مع مواد إدخارية وقشرة.
- يوجد بذور تنبت مباشرةً بعد هطول المطر الأول أو الري، ويوجد بذور أخرى تبقى في حالة سبات مدة زمنية معينة.
- تبدأ عملية الإنبات باستيعاب ماء وانتفاخ البذرة. بعد الانتفاخ، يتم في البذرة تنفس خلوي، ونشاط إنزيماتي، وبعد ذلك، يخرج الجذير ويليه السويق.
- يتم خلال الإنبات إنتاج وتفعيل إنزيمات تساعد على تحليل مواد تخزين لاستغلال نواتج التحليل في عملية الإنبات. ويتم تنظيم هذه النشاطات بواسطة هورمونات، مثلاً: جبريلين.
- العوامل التي تؤثر على الإنبات هي عوامل خارجية، مثل: درجة الحرارة والضوء وعوامل داخلية، مثل: وجود مثبطات إنبات في البذرة وصفات القشرة.
- يخزِّن المزارعون البذور في ظروف تضمن حيويتها لمدة زمنية طويلة. يؤثر المزارعون على موعد إنبات البذور بعدة طرق، مثل: معالجة القشرة القاسية للبذرة، تغيير ظروف الإضاءة و/أو درجة الحرارة.
- البذور هي أحد المكونات المهمة في تغذية الإنسان والحيوان.

مصطلحات مهمة في الفصل

اندوسبيرم
عوامل خارجية
عوامل داخلية
جبريلين
نَشْر بذور
بذرة
مواد إدخارية
كاسيات البذور
إنبات
سويق
جنين
فلقة
جُذير
سُبات



ج من البادرة إلى النبتة: نمو وتطور

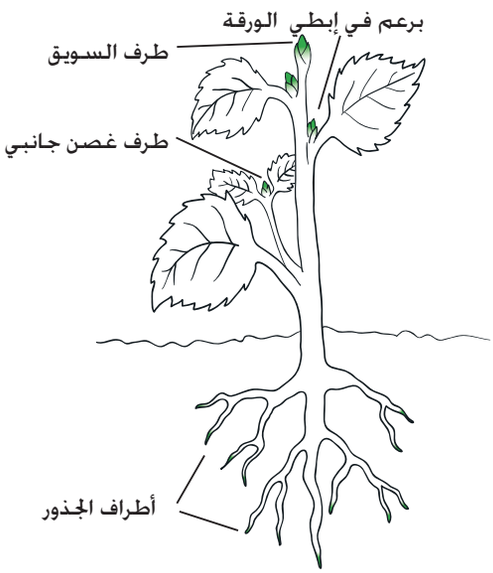
مقدمة

نمو وتطور البادرة إلى نبات هما **المرحلة الخضرية** التي من خلالها تكبر وتتطور أعضاء غير متعلقة بالتكاثر. مثل: الجذور، الأوراق، السيقان والغصون.

كيف تتطور البادرة الصغيرة؟ ما الذي يحدد كبر النبات؟ كيف يحصل النبات الثابت في مكانه على الموارد الضرورية لنموه؟

البادرة الصغيرة التي تبدأ عدة مليمترات. تكبر وتتطور إلى نبات ارتفاعه يصل عشرات السنتمترات وأحيانًا عشرات الأمتار. تكبر وتتطور النبتة باتجاهين متضادين: الجذور إلى أسفل داخل التربة والسويق إلى أعلى فوق سطح الأرض.

يتم النمو باتجاهين بفضل ميزة خاصة للنبات: **قمة النمو** التي تحتوي على أنسجة خاصة نسمّيها مريستيمات، وهي تقع في أطراف النبتة التي تتطور (الرسمة ج - 1). الخاص في خلايا المريستيمات أنها تحافظ على قدرة الاستمرار في عملية الانقسام. تستطيع الخلايا الناتجة أن تتمايز إلى جميع أنواع الخلايا التي تبني أنسجة وأعضاء النبات، مثل: الجذور، السيقان، الأوراق والأزهار.



الرسمة ج- 1: مكان المريستيمات في قمة نمو النبتة

شجرة زيتون قديمة جدًا

بفضل وجود المريستيمات، تستطيع النباتات أن تتطور وتعيش سنوات كثيرة جدًا، وذلك عكس الحيوانات المتعددة الخلايا التي تعيش مدة زمنية معينة وتنتهي حياتها. تستطيع النباتات الاستمرار في تطوير أعضاء جديدة. هذه القدرة، تساعد النباتات الثابتة في مكان واحد أن تنتشر في البيئة المحيطة، من خلال توجيه نمو الجذور والغصون الحديثة السن باتجاه مراكز الموارد (الضوء، الماء والأملاح المعدنية). عمليات **النمو والتطور** في النباتات ليست عشوائية، بل تتأثر من **عوامل خارجية** في البيئة المحيطة للنبتة، ومن **عوامل داخلية** متعلقة بالمعلومات الوراثية للنبتة.

ج1. تزداد الخلايا والمواد في النبات الذي ينمو

نمو النبات متعلق بإضافة مواد وبتكاثر خلايا ونموها. المواد التي تُضاف هي نواتج عملية التركيب الضوئي، الماء والأملاح المعدنية التي يتم استيعابها من التربة. يزداد عدد الخلايا في النبات نتيجةً لانقسام الخلايا خلال عملية **الميتوزا** .

مصطلحات: ميتوزا
الميتوزا هي انقسام نواة الخلية وهي تتم بعد مضاعفة المادة الوراثية. في نهاية الميتوزا، نحصل من نواة واحدة على نواتين وهيئة الكروموسومات في كل واحدة منهما مماثلة للأخرى ومماثلة للنواة التي نَتَجت منها. عادةً بعد انقسام النواة، تنقسم الخلية ذاتها أيضًا. نتيجة الانقسام هي الحصول على خليتين متماثلتين بالشحنة الوراثية.

ازدياد عدد الخلايا يرافقه **تمايز** خلايا إلى أنسجة مختلفة تقوم بوظائف مختلفة، مثل:

- **التغطية:** نسيج مكون من طبقة واحدة (البشرة) وهو يحيط أعضاء النبتة ويحميها.
- تنفيذ عملية التركيب الضوئي وتخزين مواد: نسيج خلايا لها أشكال مختلفة وتحتوي على كلوروبلاستيدات.
- نقل ماء ومواد مختلفة: يوجد في النباتات نسيجان للنقل: الخشب الذي يُنقل فيه ماء وأملاح معدنية استُوعبت من التربة إلى الأعضاء التي تقع فوق سطح التربة، واللحاء الذي تُنقل فيه نواتج عملية التركيب الضوئي من الأوراق إلى سائر أعضاء النبتة بما في ذلك أعضاء التخزين الموجودة داخل التربة.

الفكرة المركزية: التجانس
في كائنات حية كبيرة (نباتات وحيوانات)، يوجد أجهزة نقل مهمة لنقل مواد من مكان إلى مكان آخر. أجهزة النقل مبنية من أنابيب والمواد التي تُنقل فيها مذابة في الماء.

من الجدير بالمعرفة: حلقات

الرسمة ج- 2: حلقات سنوية في مقطع عرضي لغصن شجرة الصنوبر

في المنا طق المعتدلة التي يتغيَّر فيها المناخ بحسب فصول السنة، تتغيِّر وتيرة انقسام الخلايا في النباتات المعمرة (متعددة السنوات) مع تغيُّر الفصول: فهي سريعة في مواسم النمو التي يتوافر فيها الماء، ظروف درجة الحرارة والضوء، وتكون بطيئة في المواسم التي تتساقط فيها أوراق الأشجار أو عندما يكون نموها بطيء. نتيجةً للتغيُّرات في وتيرة انقسام خلايا أنسجة النقل، تَنْتُج حلقات في المقطع العرضي لجذع الشجرة(الرسمة ج- 2). فهذه الحلقات هي الحلقات السنوية. كل حلقة تمثِّل خلايا الخشب التي تتطور خلال موسم واحد من النشاط. يُستخدم عدد الحلقات السنوية كتقدير دقيق جدًا لعُمر الشجرة. عرض كل حلقة هو دليل للظروف التي سادت في تلك السنة: في سنة القحط يكون عرض الحلقة أصغر من عرض الحلقة في السنة الماطرة.

ج1.1 النبات الأخضر يخدم ذاته

علاقةبالخلية:
المواد في خلايا النبات تشبه المواد الموجودة في خلايا الحيوانات.

تحتاج عملية إضافة الخلايا والأعضاء أثناء نمو وتطور النبات إلى مواد عضوية (كربوهيدرات، دهنيات، بروتينات) ومواد غير عضوية من ضمنها الماء. النباتات هي ذاتية التغذية، وهذا يعني أن النبات يُنْتِج بذاته - خلال عملية التركيب الضوئي - المواد العضوية المطلوبة للنبات لاستخراج طاقة، لإنتاج خلايا جديدة، أنسجة ومواد تخزين.

عملية التركيب الضوئي - بناء مواد عضوية

علاقةبالخلية:
عُضيات في الخلية النباتية.

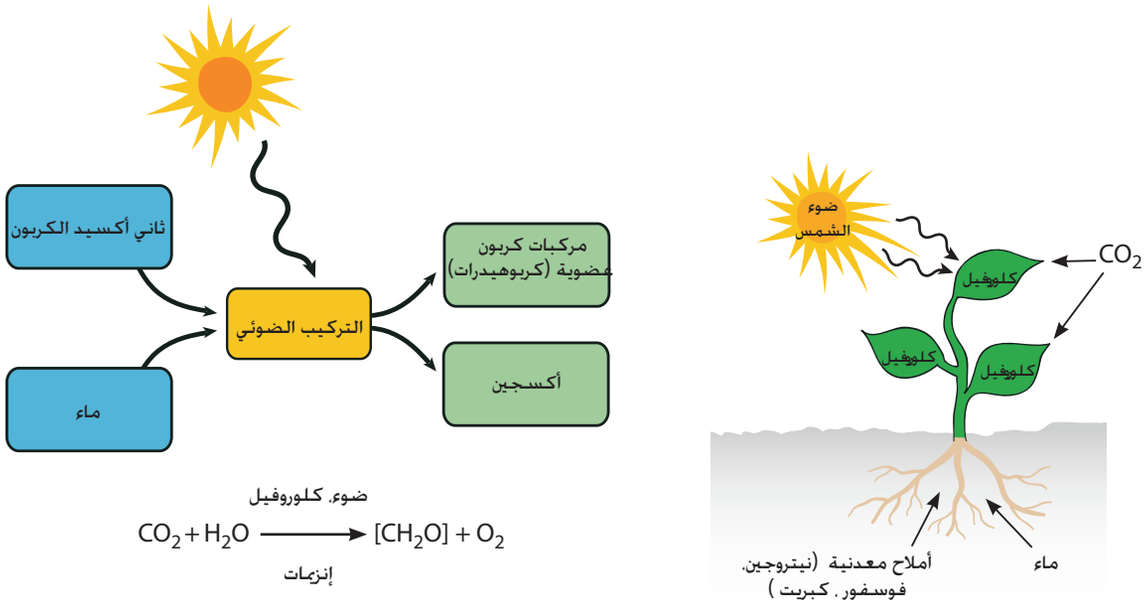
علاقة بعلم البيئة:
النباتات مُنْتِجات في النظام البيئي.

عملية التركيب الضوئي معقدة، في هذه العملية، يستغل النبات الطاقة الضوئية لإنتاج كربوهيدرات من مواد غير عضوية (ثاني أكسيد الكربون وماء) يستوعبها من البيئة المحيطة. ينمو النبات في إتجاهين: داخل التربة وفوق سطح التربة، هذا النمو يساعد النبات على استيعاب الضوء من الجو ، واستيعاب الماء والأملاح من التربة، كما يساعده على استيعاب ثاني أكسيد الكربون من الهواء عبر فتحات في الورقة (ثغور)، لكي يستخدم هذه الموارد لإنتاج مواد عضوية.

النباتات الخضراء، الطحالب وبكتيريا معينة، هي الوحيدة، فقط، القادرة على تنفيذ عملية التركيب الضوئي، أما سائر الكائنات الحية، فإنها تتغذى على المواد العضوية التي تُنْتِجها الكائنات الحية التي تنفِّذ عملية التركيب الضوئي. تتم كل عملية التركيب الضوئي في النبات، في الكلوروبلاستيدات (كلورو = أخضر، بلاستيد = جُسيم) التي هي عبارة عن عُضيات خضراء في خلايا النبات. ينبع اللون الأخضر للكلوروبلاستيدات من وجود صبغيات نسمِّيها كلوروفيل.

تتأثر عملية التركيب الضوئي من عوامل خارجية وداخلية

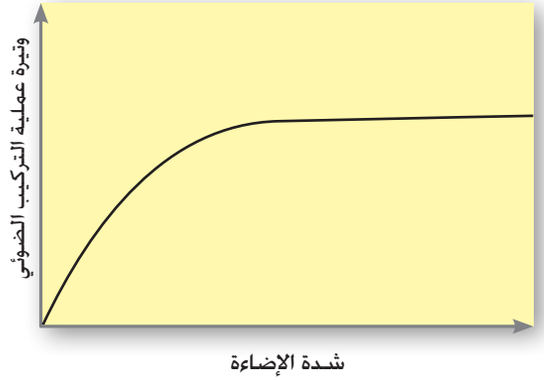
يعتقد كثيرون أن عملية التركيب الضوئي هي أهم عملية بيولوجية على الكرة الأرضية. لذا فقد تمَّ بحثها بشكل كبير جدًا، وقد وُجدت عوامل كثيرة تشترك في هذه العملية وتؤثر عليها. العوامل التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي هي عوامل خارجية/بيئية محيطة وعوامل داخلية متعلقة بمبنى النبات وأعضائه. العوامل الخارجية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي هي: الضوء، درجة الحرارة، تركيز CO_2 وتوافر المياه والأملاح المعدنية في التربة. أما مبنى الأوراق وعددها وكمية الكلوروفيل في الخلايا، فهي من بين العوامل الداخلية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي (الرسمة ج - 3).



الرسمة ج - 3: على اليمين: العوامل التي تشترك في إنتاج مواد عضوية في النبات. على اليسار: الصيغة ورسم تخطيطي لعملية التركيب الضوئي

الضوء مصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي

الضوء هو مصدر الطاقة لعملية التركيب الضوئي ودونه لا تتم عملية التركيب الضوئي بتاتًا ولا تَتُتج مواد عضوية. في الأبحاث التي فحصوا فيها تأثير شدة الإضاءة عى عملية التركيب الضوئي، حصل الباحثون على النتائج المعروضة في الرسمة ج - 4. نستنتج من الرسم البياني أن وتيرة عملية التركيب الضوئي تزداد تدريجيًا في المجال الذي فيه شدة الإضاءة منخفضة، لكن في شدة إضاءة كبيرة، تبقى عملية التركيب الضوئي ثابتة ولا ترتفع.



الرسمة ج - 4: المسار العام لتأثير شدة الإضاءة على عملية التركيب الضوئي

ماذا يمكن أن يكون سبب ثبات وتيرة عملية التركيب الضوئي؟

علاقة بعلم البيئة:
ظروف، موارد وعوامل محددة.

إحدى الفرضيات التي تمَّ فحصها في سياق هذه الظاهرة هي: طالما تؤدي إضافة الضوء إلى ازدياد عملية التركيب الضوئي، فإنّ الضوء هو العامل المحدد للعملية. أما في شدة ضوء عالية، لا يغيِّر الضوء وتيرة عملية التركيب الضوئي، لذا فهو ليس عاملًا محددًا. قد يكون هناك عامل آخر يؤثر أيضًا على وتيرة عملية التركيب الضوئي، وهو غير موجود. في شدة إضاءة عالية، وتيرة عملية التركيب الضوئي متعلقة في العامل الناقص والآن هو العامل المحدد: إذا أضفنا هذا العامل، فقد ترتفع وتيرة عملية التركيب الضوئي. تركيز CO_2 في الهواء هو مثال لهذا العامل. من الجدير بالمعرفة أن المزيد من شدة الإضاءة قد يؤذي النبات وبالتالي تنخفض عملية التركيب الضوئي.

توسع: الضوء ضروري لإنتاج الكلوروفيل

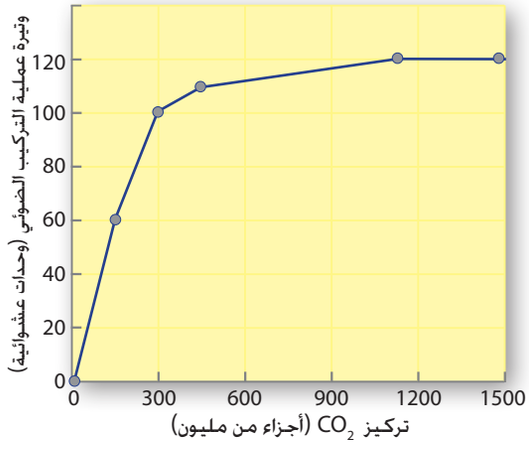
إضافةً إلى أن الضوء مصدر طاقة لعملية التركيب الضوئي، فهو ضروري أيضًا لإنتاج الكلوروفيل الذي يُكسب النبات اللون الأخضر. البادرات التي تنمو في نقص ضوء، تطول بسرعة ولا تصبح خضراء. هذه الظاهرة نسمِّيها تمهق (الرسمة ج - 5). البادرات التي لا تتعرض إلى الضوء، لا يَنْتُج فيها كلوروفيل وعندما تستغل جميع مواد التخزين الموجودة في البذور، فإنَّ البادرات تموت. إذا تعرضت البادرات إلى الضوء، فإن وتيرة الاستطالة تتباطئ، ويَنْتُج فيها كلوروفيل، وتتم عملية التركيب الضوئي وتَنْتُج مواد عضوية مطلوبة لبقاؤها وتتطورها.

الرسمة ج- 5: صورة بادرات نمَّت في وجود ضوء وبادرات نمَّت في عدم وجود ضوء

سؤال ج - 1

ما هي الأفضلية للنبات من نموه السريعة إلى أعلى في ظروف نقص في الضوء؟

ثاني أكسيد الكربون (CO_2) هو مادة خام مهم لعملية التركيب الضوئي هو موجود في الهواء، لكن تركيزه منخفض جدًا (حوالي 0.04%). على الرغم من ذلك، من المهم أن نتذكر أنه يعتبر مادة متفاعلة أساسية في عملية التركيب الضوئي وهو المصدر الوحيد لعنصر الكربون(C) في المواد العضوية مثل الكربوهيدرات (على سبيل المثال النشا). تعرض الرسمة ج - 6 تأثير تركيز CO_2 على وتيرة عملية التركيب الضوئي.



الرسمة ج - 6: تأثير CO_2 على وتيرة عملية التركيب الضوئي

سؤال ج - 2

صفوا واشرحوا النتائج المعروضة في الرسمة ج - 6.

نافذة البحث ج - 1: ثاني أكسيد الكربون والنشا

أُجريت تجربة على نباتات الغرنوق، وقد نُمِّيت في 10 أُصص. في كل نبتة، غُطِّيت ورقة واحدة بكيس شفاف مغلق جيدًا في داخله كمية ماء قليلة. أما الورقة الثانية، فقد غُطِّيت بكيس شفاف مغلق جيدًا في داخله كمية قليلة من الماء ومادة تمتز CO_2.
وُضعت جميع الأصص في مكان مضاء، وقد تمَّ ريها بكميات متماثلة من الماء. فُحصت كمية النشا في الأوراق المغطاة، في بداية التجربة وبعد عدة ساعات.

ازدادت كمية النشا في جميع الأوراق التي غُطِّيت بكيس شفاف في داخله كمية قليلة من الماء (مجموعة أ). أما في جميع الأوراق التي غُطِّيت بكيس شفاف في داخله مادة تمتز CO_2 (مجموعة ب)، فقد انخفضت كمية النشا.

أ. ما هو الهدف من التجربة؟
ب. اشرحوا. لماذا ازدادت كمية النشا في أوراق المجموعة أ خلال التجربة؟
ج. اشرحوا العلاقة بين انخفاض كمية النشا في أوراق المجموعة ب وبين المادة التي تمتز CO_2 من الكيس الذي كانت فيه هذه الأوراق.
د. اشرحوا. لماذا أُضيفت مادة تمتز CO_2 إلى أوراق المجموعة ب فقط؟

أوراق نبتة الغرنوق مغطاة

الماء وعملية التركيب الضوئي: حاجة ومشكلة

يشكل الماء مكونًا أساسيًا في الأجزاء المختلفة للنبتة. وهو ضروري لنمو ولدعامة (تثبيت) النبات، ولتنفيذ عملية التركيب الضوئي، ولعمليات كيميائية أخرى في الخلايا، وهو يساعد على نقل المواد المذابة داخل الخلية وبين الأقسام المختلفة النبات.
على الرغم من أهمية الماء للنبات، إلا أن معظم المياه التي يتم استيعابها عبر جذور النبات تنطلق إلى الهواء (من الأوراق) عبر الثغور في عملية النتح. فقط حوالي 1% من المياه التي تمَّ استيعابها تبقى في النبات (في نبتة الذرة على سبيل المثال، من كل 1,000 غم ماء تستوعبه النبتة، يبقى فيها 1 غرام ماء فقط. السبب لفقدان الماء الكثير متعلق باستيعاب CO_2.
يتم استيعاب CO_2 المطلوب لعملية التركيب الضوئي عبر الثغور المفتوحة، لكن عندما تكون الثغور مفتوحة، ينطلق عبرها بخار ماء إلى الهواء، وهذا هو الشرح لفقدان الماء الذي يرافق عملية التركيب الضوئي.
في معظم النباتات تكون الثغور مغلقة في الظلام عندما لا يتوفر ضوء لعمليةالتركيب الضوئي، وهكذا نمنع من فقدان إضافي للماء. في حالة نقص ماء بشكل مؤقت، فإن الثغور تُغلق في ساعات الضوء أيضًا، ونتيجةً لذلك لا يدخل CO_2 وتنخفض وتيرة عملية التركيب الضوئي. بسبب انخفاض وتيرة عملية النتح، يقل نقل الماء والمواد المذابة من الجذور إلى الأقسام الحديثة السن، مما يؤدي إلى تباطؤ وتثبيط عملية النمو.

علاقة بعلم البيئة:
عوامل لا أحيائية: ماء.

علاقة بجسم الإنسان:
تصبب العرق وتنظيم درجة حرارة الجسم.

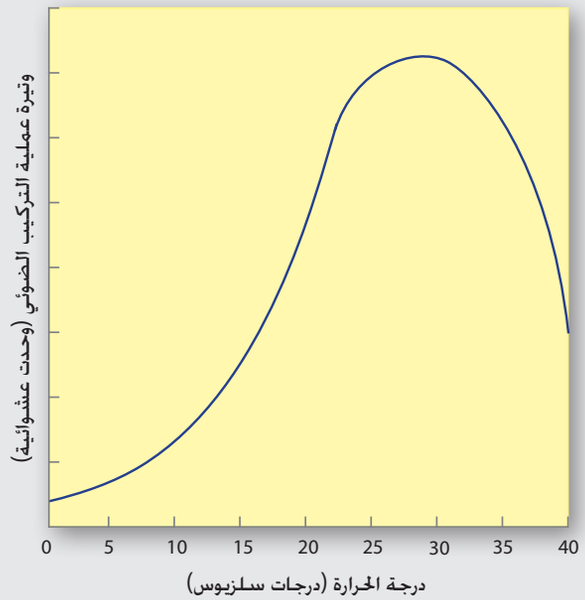
من الجدير بالمعرفة: النتح في النبات وتصبب العرق في الحيوانات

تساعد عملية انبعاث بخار الماء خلال عملية النتح على تبريد أوراق النباتات التي تتعرض للشمس، كما هو الأمر عند الحيوانات أثناء عملية تصبب العرق الذي ينظِّم درجة حرارة الجسم.

علاقة بالخلية:
تأثير درجة الحرارة على البروتينات ومن ضمنها الإنزيمات.

توسع: درجة الحرارة وعملية التركيب الضوئي

تأثير درجة الحرارة على عملية التركيب الضوئي (الرسمة ج - 7) يشبه تأثير درجة الحرارة على عمليات إنزيماتية داخل الخلايا. تؤثر درجات الحرارة المرتفعة في البيئة المحيطة للنبات على وتيرة عملية التركب الضوئي أيضًا، وذلك ليس بسبب تأثيرها على الإنزيمات فقط، بل بسبب تأثيرها على ارتفاع تبخر الماء من النبات أثناء عملية النتح وبسبب الخلل الذي يحدث في موازنة الماء الذي يؤدي إلى انكماش النبتة. تُغلق الثغور في هذه الظروف، ولا يتم استيعاب CO_2 وتتوقف عملية التركيب الضوئي لمدة زمنية معينة (حتى تتحسن موازنة الماء في النبتة).



الرسمة ج - 7: تأثير درجة الحرارة على وتيرة عملية التركيب الضوئي

سؤال ج - 3

تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسمة ج - 7.

أ. اشرحوا تأثير درجة الحرارة على العمليات الإنزيماتية. تطرقوا في إجاباتكم إلى تأثير درجات حرارة مرتفعة ودرجات حرارة منخفضة.

ب. قارنوا بين تأثير درجة الحرارة على عملية التركيب الضوئي وبين تأثير شدة الضوء على عملية التركيب الضوئي.

ج. في فصل الصيف، يغطي المزارعون دفيئات النباتات بشبكة لتظليلها، وعند قدوم الشتاء يزيلونها . اشرحوا، لماذا ينفِّذون كل عملية؟

?? سؤال ج - 4

في نوعين من نبات الملاح الذي يعيش في الصحراء، تمَّ قياس وتيرة عملية التركيب الضوئي في درجات حرارة مختلفة. سُجِّلت النتائج في الجدول الآتي.

درجة الحرارة (°C)	وتيرة استيعاب CO_2 (ميليمول/لوحدة مساحة ورقة في الدقيقة)	
	نوع أ	نوع ب
5	4	4
10	5	5
20	11	8
30	17	11
40	21	12

أ. ارسموا في دفاتركم رسمًا بيانيًا للنتائج. أعطوا عنوانًا للرسم البياني.

ب. أي نوع من بين نوعَي الملاح يوجد له ملائمة أكثر لدرجة حرارة عالية في الصحراء؟ علِّلوا بناءً على الرسم البياني الذي رسمتموه.

ج. ما هي وتيرة عملية التركيب الضوئي في درجة حرارة 15^0C في النوعين؟ اشرحوا، كيف حدَّدتم ذلك؟

د. اذكروا طريقة إضافية بواسطتها يستطيع الباحثون قياس وتيرة عملية التركيب الضوئي. ما هو الأساس البيولوجي الذي تعتمد عليه هذه الطريقة؟

ملاءمة بين مبنى النبات وبين حدوث عملية التركيب الضوئي

تتأثر عملية التركيب الضوئي من ظروف بيئية محيطة ومن عوامل داخلية متعلقة بمبنى النبات: بالكلوروبلاستيدات وبالكلوورفيل اللذان في داخلها، حيث يتم تحديد كل هذه الصفات بشكل كبير جدًا بواسطة الصفات الوراثية للنبتة، لذا نسمِّيها **عوامل داخلية**.

تنظيم الأوراق في النبات هو ظاهرة تميِّز مبنى نباتات كثيرة، حيث يتم تنظيم الأوراق بطريقة تمنع من أن تظلل ورقة معينة على أوراق أخرى، وهكذا تُتيح استيعاب كمية عظمى من الضوء (الرسمة ج - 8).

الرسمة ج - 8: تنظيم أوراق نبتة الجريح: تتعرض جميع الأوراق إلى الضوء

سوسنة أوراق: تتعرض جميع الأوراق إلى الضوء

يلخص جدول ج - 1 مميزات مبنى النبات في مستويات تنظيم مختلفة وملاءمتها لعملية التركيب الضوئي.

جدول ج - 1: ملاءمات بين النبات وبين تنفيذ عملية التركيب الضوئي

مستوى التنظيم	ملاءمة لتنفيذ عملية التركيب الضوئي
كائن حي: النبات	• تنتشر أعضاء النبات في البيئة المحيطة وهكذا يتم استيعاب موارد بكمية عظمى. • يساعد تنظيم الأوراق على استيعاب كمية عظمى من ضوء الشمس. • يوجد كلوروفيل في السيقان والأوراق. • يتم استيعاب الماء والأملاح المعدنية من التربة بواسطة الجذور. • يتم تخزين نواتج عملية التركيب الضوئي في البذور وفي أعضاء تخزين. • في أنسجة النقل، يتم نقل الماء والأملاح المعدنية من التربة إلى السويق (عبر الخشب)، ويتم نقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأوراق إلى أعضاء التخزين وإلى الثمار والبذور (عبر اللحاء).
عضو: ورقة	• تساعد مساحة السطح الخارجي الكبيرة نسبة إلى الحجم على استيعاب كمية ضوء عظمى. • يتم عبر الثغور استيعاب CO_2 واطلاق أكسجين.
عضو: الجذور	• تساعد الشعيرات الماصة التي تقع في أطراف تفرعات الجذور على استيعاب الماء والأملاح المعدنية بطريقة ناجعة.
الخلية	• في خلايا الورقة، يوجد كلوروبلاستيدات كثيرة، حيث تتم فيها عملية التركيب الضوئي.
عُضي: كلوروبلاستيد	• في الكلوروبلاستيدات يوجد صبغية الكلوروفيل وإنزيمات كثيرة بمساعدتها تتم العملية الكيميائية لعملية التركيب الضوئي.

غصن الألوديا (نبات مائي)

نظرة من قرب إلى غصن يحمل أوراق الألوديا

كلوروبلاستيدات في خلايا ورقة الألوديا

ج2.1 يحتاج تطور النبات إلى ماء وأملاح معدنية

علاقة بالخلية:
مبنى الخلايا في الحيوانات بالمقارنة مع النبات

يحتاج نمو وتطور النبات إلى ماء وأملاح معدنية مختلفة.
الماء المكون الأساسي في النباتات، معظم الماء موجود في الفجوة العصارية الموجودة في الخلايا وفيها مذابة مواد مختلفة. يزداد معظم حجم الخلايا وطولها نتيجةً لاستيعاب الفجوات العصارية التي تشكل 80%-90% من مجمل حجم الخلايا والأنسجة. من هنا تنبع أهمية الماء للنمو، إضافةً إلى كونه بيئة تتم فيها العمليات في الخلية.
النسبة المئوية للماء في معظم أعضاء النبات عالية: النسبة المئوية للماء في البطيخ، أوراق الملفوف، الجزر وأوراق الخس هي 85%-95%، أما في البذور، فالنسبة المئوية للماء أقل من 5%-10%.

الماء، ضغط طورغور ودعامة (ثبات) النبات

النباتات التي تعاني من نقص في الماء تنكمش وتذبل (الرسمة ج - 9). عندما تكون كمية ماء كافية في النبات والفجوة العصارية مليئة بمحلول، فإن حجم الخلية مليء ويؤثر ضغط السائل من داخل الخلية باتجاه الجدار القاسي للخلية، وهذا الضغط نسمّيه ضغط طورغور.

إذا كان توازن المياه في النبتة سليمًا، تبقى الأعضاء الحديثة السن وأوراق النبتة منتصبة، أما في حالة نقص في الماء، ينخفض ضغط طورغور ونتيجةً لذلك يصغر حجم الفجوة العصارية، وتفقد الخلايا من ثباتها وتصبح مرتخية،وكذلك الأمر يحدث أيضًا في الأعضاء الحديثة السن. يؤدي النقص المستمر في الماء إلى موت النبتة.

الرسمة ج - 9: نبات منكمش، نبات "منتصب"

تبقى الجنبات (الشجيرات) التي لها جذوع خشبية والأشجار منتصبة أثناء النقص في الماء أيضًا، ونلاحظ نقص الماء في الأوراق والغصون الحديثة السن فقط.

أملاح معدنية وأهميتها

الأملاح المعدنية ضرورية للتطور السليم للنبات، حيث يتم استيعابها في جذور النباتات مذابة في الماء. نقسّم عادةً الأملاح الضرورية للنبات إلى مجموعتين:

أ. أملاح معدنية تشترك في بناء مركّبات الخلية (بروتينات، كربوهيدرات، دهنيات، حوامض النواة، ATP). هذه الأملاح المعدنية، مثل: الفوسفور والبوتاسيوم، يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيًا (جدول ج - 2).

ب. أملاح معدنية تُستخدم بالأساس لتنشيط إنزيمات وعمليات في الخلية، حيث يحتاجها النبات بكميات صغيرة نسبيًا، مثلا: الحديد المطلوب في عملية إنتاج الكلوروفيل.

جدول ج - 2: أمثلة لأملاح معدنية وأهميتها للنبات

الملح المعدني	أهميته لتطور النبات
نيتروجين (N)	يشترك في بناء الحوامض الأمينية، البروتينات، النوكلوئوتيدات،حوامض النواة، الكلوروفيل، ATP وهرمونات. وهو ضروري لنشاطات إنزيمات كثيرة.
بوتاسيوم (K)	يشترك في الحفاظ على تركيز اسموزي سليم، وفي مراقبة فتح وإغلاق الثغور، وهو ضروري لنشاطات إنزيمات كثيرة.
كالسيوم (Ca)	يحتاجه النبات لنشاط إنزيمات، يشترك في مراقبة أداء أغشية وإنزيمات، وهو أحد مكونات جدران الخلايا.
مغنيسيوم (Mg)	يشترك في بناء الكلوروفيل، وهو ضروري لتنشيط إنزيمات كثيرة.
كبريت(S)	يشترك في بناء حوامض أمينية معينة، وهو ضروري لنشاطات إنزيمات كثيرة.
فوسفور (P)	يشترك في بناء جزيئات ATP-ADP، حوامض النواة، كوإنزيمات ودهنيات (فوسفولبيدات).
حديد (Fe)	يحتاجه النبات لإنتاج كلوروفيل، فعَّال في عملية التركيب الضوئي وفي التنفس الخلوي

إضافةً إلى أهمية الأملاح المعدنية في بناء أقسام النبات وفي حدوث عمليات فيه، تساهم الأملاح المعدنية في إنتاج ضغط طورغور في الخلايا. دخول الماء إلى الخلية متعلق بتركيز الأملاح المعدنية في الفجوة العصارية، وكلما كان المحلول في الفجوة مركّزًا، فإن ذلك يؤدي إلى دخول ماء كثير إلى الفجوة العصارية. فائض أو نقص في الأملاح المعدنية يؤذي عمليات في النبات ويؤدي إلى تباطؤ النمو. يوجد علامات معينة تدل على النقص في ملح معين، تساعد هذه العلامات المزارع على إكمال النقص للنبات، وهكذا يمنع من انخفاض الثمار والمحصول. يعرض الجدول ج- 3 عدة أمثلة لعلامات النقص في أملاح معدنية مختلفة.

علامات تدل على نقص الحديد في أورق التوت

جدول ج - 3: أمثلة لعلامات تدل على نقص في الأملاح المعدنية

الملح الناقص	علامات تدل على النقص
نيتروجين	الأوراق صغيرة ولون الأوراق الحديثة السن يكون أخضر فاتح. الأوراق البالغة تصفر وتموت. لا تتطور شبكة الجذور وتكون الثمار صغيرة.
بوتاسيوم	لون الأوراق أصفر أو بُني متمهق. تبدو أطراف الورقة "مجزأة". أوراق بالغة لولبية.
مغنيسيوم	إصفرار الأوراق البالغة وتكون الأوراق ذابلة.
كبريت	تفقد الأوراق لونها الأخضر. بالأساس حول العروق. الثمار صغيرة وذات قشرة سميكة ولونها فاتح بالمقارنة مع ثمار تطورها سليم.
فوسفور	لا تطول النباتات وتبقى قصيرة. يتحول لون الأوراق إلى أخضر غامق يميل إلى اللون الأزرق. تطور الجذور بطيء. ثمار وبذور قليلة. والثمار صغيرة وتنضج ببطء.
حديد	إصفرار أوراق حديثة السن. خطوط صفراء في الأوراق الخضراء للنباتات العشبية.

?? سؤال ج - 5

إحدى علامات النقص البارزة هي إصفرار الأوراق (تفقد الأوراق لونها الأخضر). اشرحوا هذه الظاهرة بناءً على معلومات الجدول ج - 2 (أمثلة لأملاح معدنية وأهميتها).

علاقة بالخلية:
نقل عبر غشاء الخلية.

توسع: استيعاب أملاح معدنية وتهوية التربة

يتم استيعاب الماء والأملاح المعدنية بالأساس في الأقسام الحديثة السن في الجذور، عدة مليمترات من رأس الجذر، بالأساس الشعيرات الماصة وخلايا بشرة أخرى.
عملية استيعاب الأملاح المعدنية من محلول التربة إلى الخلايا هي عملية معقدة، لأن غشاء الخلية اختياري، حيث يتم استيعاب قسم قليل من الأملاح بطريقة فعَّالة. يحتاج الاستيعاب الفعَّال إلى ATP، لذا فهو متعلق بوتيرة التنفس الخلوي وبتوافر الأكسجين في منطقة الجذور. التربة التي تنقصها تهوية، يوجد فيها نقص في الأكسجين ويتضرر استيعاب الأملاح المهم لتطور النبات.

علاقة بجسم الإنسان:
الجهاز الهضمي وإنزيمات الهضم.

من الجدير بالمعرفة: نباتات مفترسة

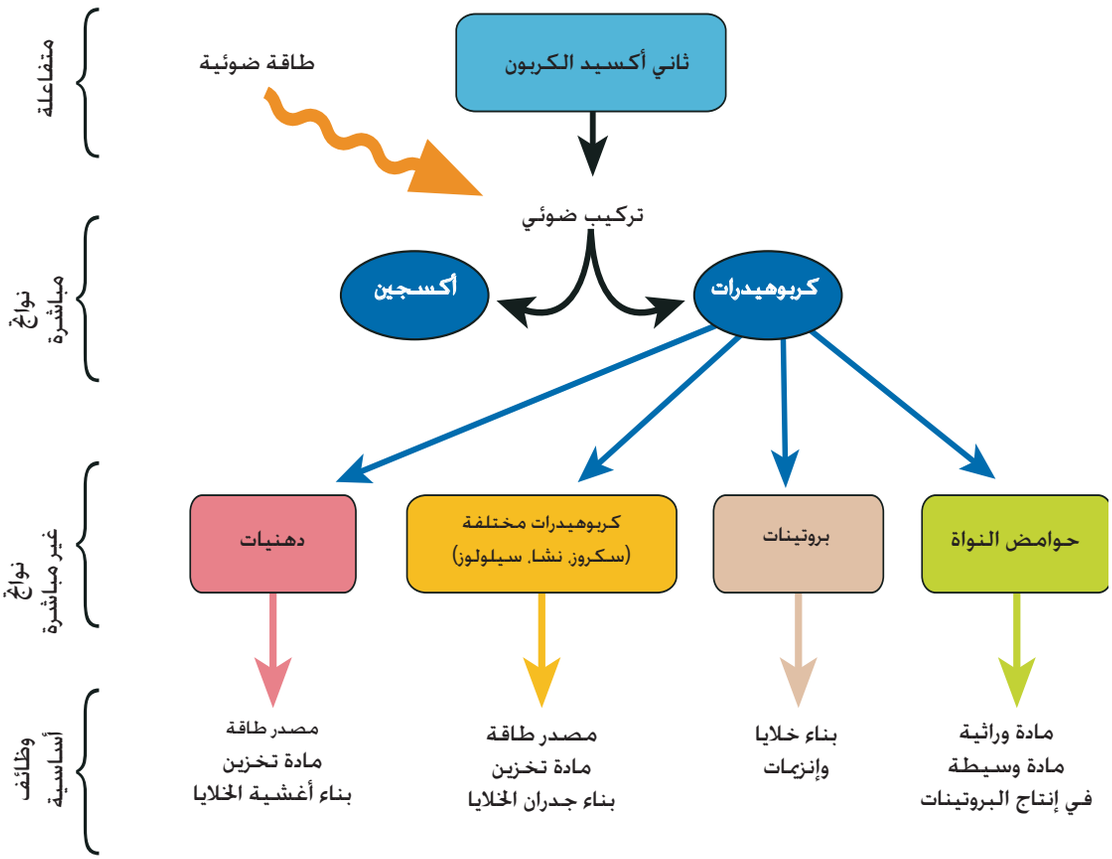
يمكن أن نجد عند النباتات المفترسة طريقة خاصة للحصول على النيتروجين والأملاح المعدنية. حتى بداية القرن الـ 19، لم يعرف العلماء بتاتًا أن هناك نباتات تتغذى على حيوانات. كان معروفًا أن الحيوانات فقط هي القادرة على الافتراس، والفكرة أن النباتات تفترس غير واردة بالحسبان بتاتًا.
في سنة 1875 ، نشر تشارلس داروين مؤسس نظرية النشوء والارتقاء كتابًا حول أبحاثه عن نباتات مفترسة. وقد أدى ذلك إلى الاعتراف بهذه الظاهرة وبحثها. النباتات المفترسة كالنباتات الخضراء، فهي تقوم بعملية التركيب الضوئي وتستوعب مواد من التربة. إضافةً إلى ذلك، تستطيع هذه النباتات اصطياد حيوانات (خاصةً حشرات وكائنات حية صغيرة أخرى) وقتلها من خلال تحليل البروتينات الموجودة في جسم الحيوان وتستوعب خلايا النبتة نواتج التحليل.

يمكن أن نجد النباتات التي تفترس حشرات في بيوت تنمية حامضية جدًا، فقيرة في النيتروجين ولا يوجدفيها تهوية (مثلاً: المستنقعات). القدرة على اصطياد حيوانات، تحليلها واستعمال نواتج التحليل كمصدر للنيتروجين هي أفضلية لهذه النباتات في بيت تنمية كهذا. خلال عملية النشوء والارتقاء، تطورت في النباتات المفترسة آليات مختلفة: وسائل لجذب الحيوانات (لون، رائحة، رحيق) ووسائل لاصطيادها. بعد أن يتم اصطياد الحيوان، يفرز النبات عصارات هضم تحتوي على إنزيمات مختلفة تقوم بتحليل جسم الحيوان. تُستخدم نواتج التحليل لبناء النبات المفترس. تستمر عملية الهضم عدة ساعات حتى عدة أيام، وهذا يتعلق بنوع النبات، كبر الفريسة ودرجة الحرارة. "الجرة" هي عبارة عن ورقة شكلها كشكل الأسطوانة وفي داخلها إنزيمات هضم ورحيق يجذب الحشرات.

ج 3.1 تُستخدم نواتج عملية التركيب الضوئي لاستخراج الطاقة للنمو والتخزين

علاقة بجسم الإنسان:
كربوهيدرات، بروتينات
دهنيات.

الكربوهيدرات هي نواتج عملية التركيب الضوئي، تُستخدم في النبات لاستخراج طاقة من خلال عملية التنفس الخلوي، وهي تُستعمل "كهيكل" لبناء سائر المركّبات العضوية، مثل: البروتينات والدهنيات (الرسمة ج - 10). عند بناء المركّبات المختلفة في النبات يشترك الماء وأملاح معدنية مختلفة (مثل: النيتروجين، الفوسفور، البوتاسيوم، المغنيسيوم والمنغنيز) (انظروا الرسمة ج - 3 في صفحة 50). تُخزَّن الكربوهيدرات، الدهنيات والبروتينات في أقسام مختلفة في النبات، مثل: البذور، الثمار وأعضاء تخزين مختلفة.
انتبهوا إلى ناتج مهم في عملية التركيب الضوئي وهو الأكسجين الذي يُستخدم خلال التنفس الخلوي في معظم الكائنات الحية وفي النباتات أيضًا.



الرسمة ج - 10: نواتج عملية التركيب الضوئي في النبات ووظائفها

?? سؤال ج - 6

أ. ما هي أهمية نواتج عملية التركيب الضوئي في شبكة الغذاء في الطبيعة؟
ب. تنتمي النباتات الخضراء المفترسة إلى مستويَيْ تغذية في الشبكة الغذائية.
ما هما المستويان؟ اشرحوا.

توسع: العضو المُنْتِج (المصدر) والعضو المُستهلك في النبات

تُنقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأعضاء التي تَنْتُج فيها - المصدر - إلى الأقسام التي تُستهلك أو تُخزَّن فيها - العضو المستهلك. المصدر هو الأوراق والسيقان الخضراء، أما المستهلك فهو أقسام النبتة، مثل: قمة النمو، أوراق حديثة السن، سيقان، جذور، درنات، أزهار، ثمار وبذور.

تُنقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأعضاء التي تُستخدم كمصدر، إلى الأعضاء التي تُستخدم كمستهلك، بواسطة أنابيب اللحاء إلى جميع الاتجاهات: إلى أعلى، مثل: أوراق حديثة السن وقمم نمو السويق وأيضًا إلى أسفل باتجاه الجذور وأعضاء التخزين الموجودة داخل التربة.

?? سؤال ج - 7

أ. ما هو المشترك لجميع الأقسام المختلفة التي تستهلك؟

ب. "أعضاء التخزين، مثل: الدرنات والبصل، يمكن أن تكون مصدر أو مكان ابتلاع في فترات مختلفة من دورة حياة النبات". اشرحوا هذه الجملة.

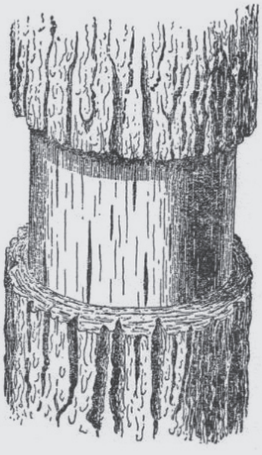
تقليل التنافس بين أقسام مستهلكة مختلفة في النبات

عندما تكون كميات نواتج عملية التركيب الضوئي محدودة، تتنافس أقسام ابتلاع مختلفة مع بعضها على الموارد. يطبق المزارعون هذه المعرفة للحصول على ثمار كبيرة: من خلال تفريد الثمار، حيث يقلص المزارعون عدد اقسام الابتلاع وهكذا يقللون من التنافس بينها. وتتوزع كمية النواتج على عدد قليل من الثمار، والنتيجة أن كل ثمرة تصبح كبيرة.

للمزيد عن:
تفريد ثمار (إزالة عدد معين من الثمار، انظروا بند ج 3.

عندما يكون المحصول المطلوب ليس ثمارًا، بل أعضاء أخرى في النبات (مثل: أوراق خس، ملفوف، بقدونس، بصل)، فإنَّ منع الإزهار يزيد من المحصول وجودته.

التحليق هي طريقة أخرى لتقليل التنافس بين الأقسام المستهلكة. وهي عبارة عن منع حركة نواتج عملية التركيب الضوئي في أنابيب اللحاء من المصدر إلى أماكن الاستهلاك. عندما نقوم بعملية التحليق، فإننا نُزيل شريطًا من الغلاف الخارجي للجذع (الرسمة ج - 11). وهكذا يتم إبعاد أنابيب اللحاء في المقطع الذي أزيل منه الشريط وينقطع التواصل بين أنابيب اللحاء. أما أنابيب الخشب الموجودة في الداخل بَعد أنابيب اللحاء، والتي يُنقل فيها الماء والأملاح المعدنية، فإنها لا تتضرر.



الرسمة ج - 11: تحليق

ج2. هرم وتساقط أقسام النبات

تساقط أوراق شجرة الملّ

الهرم هي ظاهرة تتميَّز بها النباتات **الحولية** وأقسام نباتات **معمِّرة**.

تنتهي دورة حياة النباتات الحولية عند انتهاء موسم واحد من النمو، وتبدأ بذورها دورة حياة جديدة في الموسم القادم.
في النباتات المعمرة: تهرم، تموت وتسقط أقسام معينة، أما الأقسام الأخرى تبقى وتستمر في الحياة، في السنوات القادمة. في الأشجار متساقطة الأوراق تمر سنة دون أوراق. في الأشجار دائمة الخضرة، تعيش الأوراق عدة سنوات (على الأغلب من 3-2 سنوات). تتساقط الأوراق التي هرمت وأنتهت حياتها، لكن أوراقًا كثيرة أخرى تبقى على الشجرة وتحافظ على منظرها الأخضر.
في الجيوفيتات (النباتات الأرضية)، يبقى في التربة عضو التحزين، مثل: البصل أو الدرنات مع براعم تجدد وكل أقسام النبتة الموجودة فوق سطح التربة تنكمش وتموت. .
يوجد صفة تُثير الاهتمام وتميِّز نباتات معمرة عن الحيوانات: في النباتات المعمرة، تهرم أعضاء، تموت وتتساقط، لكن الكائن الحي يبقى على قيد الحياة سنوات عديدة.
إضافةً إلى الأوراق، يوجد أعضاء أخرى تتساقط، مثل: أقسام الزهرة التي أنهت وظيفتها والثمار التي نضجت. تعيش أزهار نباتات معينة ساعات قليلة وتعيش أزهار نباتات أخرى عدة أيام. تهرم الأزهار بسبب فقدان الماء من أوراق التويج وتتساقط. في الحالات التي لا يحدث فيها إخصاب، تتساقط الزهرة الكاملة مع جميع أقسامها. أما في الأزهار التي خُصِّبت، تتساقط أوراق التويج فقط.
على ما يبدو، توجد فائدة للنبات من عملية تساقط الأعضاء. تساقط الأوراق وأقسام أخرى، يساعد النبات على مواجهة ظروف بيئية محيطة غير مريحة، مثل: درجة حرارة منخفضة جدًا أو نقص في الماء، ويساعد تساقط الثمرة في حالات كثيرة على انتشار البذور. إنَّ تساقط أقسام من الزهرة بَعد عملية الاخصاب يمنع من تبذير طاقة لصيانة أعضاء أنهت وظيفتها ولا يوجد لها حاجة. يؤدي تساقط الأوراق المظلّلة التي نجاعتها قليلة نسبيًا في تنفيذ عملية التركيب الضوئي إلى إزدياد نجاعة عملية التركيب الضوئي في الأوراق المضاءة جيدًا.

من الجدير بالمعرفة: النبتة تمدور موادها!

في الأعضاء التي تهرم، نميِّز ارتفاعًا في وتيرة التنفس الخلوي وفي تحليل مكونات مختلفة في الخلية، مثل: عضيات، أغشية ومكوناتها (بروتينات، متعددة السكريات، دهنيات، كلوروفيل وغير ذلك). تُنقل نواتج تحليل مكونات الخلية عبر اللحاء إلى سائر أقسام النبتة ويتم تخزينها هناك وتُستعمل من جديد لبناء مواد وأعضاء. بهذه الطريقة، لا يفقد النبات أملاحًا معدنية مهمة (قد تكون ناقصة) في أعقاب هرم وتساقط أعضاء. المفاجئ في الأمر أن السيلولوز المكون الأساسي في الكتلة الأحيائية للأوراق لا يتحلل، والأوراق المتساقطة هي برهان على ذلك.

علاقة بعلم البيئة:
تساقط الأوراق: تتملص من ظروف بيئية محيطة غير مريحة.

توسع: تساقط الأوراق

شجرة الشحم: قبل حدوث تساقط الأوراق

يحدث سقوط الأوراق وظهور أوراق جديدة في جميع النباتات المعمرة. في الأشجار المتساقطة الأوراق، تسقط الأوراق خلال فترة زمنية قصيرة، لذا نسمّي هذه الظاهرة تساقط أوراق. أحيانًا، يتغيَّر لون الأوراق قبل حدوث ظاهرة تساقط الأوراق. ينبع تغيير اللون من تحليل الصبغية الخضراء - الكلوروفيل ومواد أخرى ومن نقل نواتج تحليل لتخزينها في جذع الشجرة. لذا تبقى في الأوراق صبغيات حمراء وبرتقالية.

بهذه الطريقة لا يفقد النبات مواد مهمة وضرورية له عندما يصل موعد تجديد النمو. يعتبر تساقط الأوراق ملاءمة بين النبات وبين ظروف بيت التنمية، ويتم تحديده بحسب المعلومات الوراثية الموجودة في النبات. يساعد تساقط الأوراق الأشجار على البقاء في موسم يسوده ظروف غير ملائمة للنمو ويساعده أيضًا في الحفاظ على مواد قليلة، لكي يستعملها النبات في موسم التوريق القادم. في المناطق التي يسودها شتاءً باردًا جدًا، قد تتضرر الأوراق بسبب البرد القارص، لذا يساعد تساقط الأوراق، في فصل الخريف، الشجرة على البقاء في فترة الشتاء. في النباتات التي تنمو في الصحراء، مثلاً: الرتم، تتساقط الأوراق في فصل الصيف الحار والجاف ودون هذه الأوراق يفقد النبات كمية ماء قليلة.

يتم تساقط الأوراق في النباتات، على الأغلب، في موسم معين. تُشير هذه الحقيقة إلى وجود وسيلة تساعد النبات في أن يشعر بتغيُّرات البيئة المحيطة، مثل: درجة الحرارة، عدد ساعات الإضاءة أو توافر الماء، لكي يقوم برد فعل مناسب.

تساقط أوراق

كيف تتساقط ورقة؟

يحدث انفصال الأوراق عن الساق (وكذلك الأمر في أعضاء أخرى هرمت) في منطقة محددة نسمِّيها منطقة الانفصال. حيث تتميز هذه المنطقة بطبقتين:
إحداهما مكونة من خلايا لها جدار دقيق. في مرحلة معينة، تنفصل هذه الخلايا عن بعضها، يضعف الرابط بين الورقة والغصن وتسقط الورقة بعد مرور وقت معين، أو بتأثير رياح قوية.
الطبقة الأخرى مكونة من طبقة خلايا غنية بمواد غير نفّاذة للماء، وهي تحمي المنطقة التي انكشفت، في أعقاب تساقط الأوراق، من الجفاف ومن دخول آفات زراعية ضارة. بعد سقوط الورقة، تبقى على الساق طبقة الخلايا التي تحمي المنطقة وهي تبدو كالندبة.

ج3. ينمو ويتطور النبات بشكل متناسق وليس بطريقة عشوائية

العمليات والأحداث التي تتم خلال دورة حياة النبات، مثل: الإنبات، النمو التكاثر والهرم، ليست أحداث عشوائية:

- تخرج البادرة من قشرة البذرة فقط بعد أن بقيت البذرة في الماء مدة معينة، وعلى الأغلب يخرج الجذير قبل السويق.
- تنمو السيقان والأوراق إلى أعلى (عكس جاذبية الكرة الأرضية). أما الجذور تنمو إلى أسفل.
- ينمو الساق بالتنسيق مع الجذور ونمو أحدهما يؤثر على نمو الآخر.
- يتم الإزهار ونضوج الثمار في مواعيد مناسبة خلال السنة.
- تهرم الأعضاء في مرحلة معينة في دورة حياة العضو أو النبتة.

ما الذي يوجّه تطور النبات؟

تشترك عوامل داخلية وعوامل خارجية من البيئة المحيطة في توجيه التطور. وصفنا العوامل الخارجية (من البيئة المحيطة) المهمة التي تؤثر على الإنبات (الفصل الثاني)، مثل: الضوء، درجة الحرارة والماء، والعوامل الخارجية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي: ضوء، CO_2 ودرجة الحرارة. (الضوء يؤثر أيضًا على الإزهار كما ستتعلمون عن ذلك في الفصل الرابع). العوامل الداخلية الأساسية التي تؤثر على تطور النبات هي المعلومات الوراثية والهرمونات التي تنظّم النمو. تؤثر هذه العوامل الداخلية بشكل مدمج مع العوامل الخارجية في توجيه النمو والتطور. سنبحث في هذا البند عدة هورمونات تشترك في توجيه النمو.

علاقة بجسم الإنسان:
الاتزان البدني والهورمونات.

مصطلحات: هورمونات تنظّم النمو

الهورمون هو مادة تُفرز في الكائن الحي ويؤثر على عمليات مختلفة تحدث فيه، أحيانًا يكون التأثير في مكان آخر وليس في المكان الذي أفرز فيه الهورمون. الأدرنلين هو مثال لهورمون في الإنسان، وهو يؤثر على وتيرة القلب وعلى عمليات كثيرة أخرى. يوجد للهورمونات وظيفة مهمة في الحفاظ على الاتزان البدني عند الإنسان.

كذلك الأمر في النباتات، توجد هورمونات تؤثر على عمليات في النبات وتساعد في الحفاظ على الاتزان البدني في النبات. تؤثر هورمونات النبات في المكان الذي نَتَجت فيه وفي أعضاء أخرى أيضًا. تؤثر الهورمونات بشكل ملحوظ على النبات، لذا نسمّيها عادةً منظّمات النمو.

بادرات تنمو باتجاه مصدر الضوء

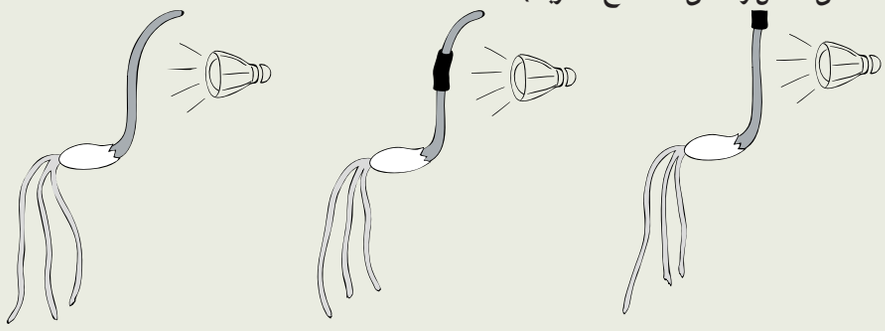
ج1.3 الأكسين والنمو باتجاه الضوء

النمو باتجاه الضوء هو ظاهرة معروفة لكل من ينمي نباتات في بيته. في سنة 1880، قام تشارلس داروين (C. Darwin) مؤسس نظرية النشوء والارتقاء وابنه بتنفيذ التجارب الأولى، لكي يوضحا العامل الذي يؤثر على النمو باتجاه الضوء.

نافذة البحث ج - 2:

في أعقاب داروين: ما هي المنطقة الحساسة للضوء في وريقة جنينية من الشعير؟

استعمل الباحثون في التجربة (الرسمة ج - 2) وريقة جنينية من بادرات الشعير (الوريقة الجنينية تغلف السويق في بادرة نباتات النجيليات. تكبر الأوراق حديثة السن عبر الوريقة الجنينية حتى تظهر على سطح التربة).



الرسمة ج - 12: تنفيذ التجربة ونتائجها في وريقة جنينية من بادرات الشعير

اشتملت التجربة على ثلاث معالجات:
1. تغطية الطرف العلوي للورقة الجنينية.
2. تغطية المنطقة المركزية للورقة الجنينية.
3. بقيت الورقة الجنينية دون تغطية.

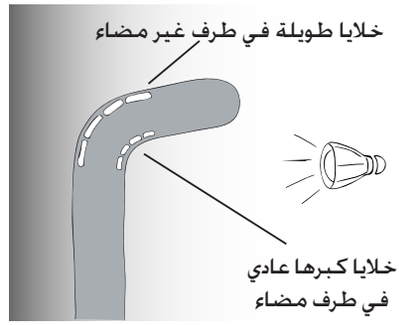
أُضيئت الورقة الجنينية من اتجاه واحد وفُحص مدى الانحناء باتجاه الضوء.

أجيبوا عن الأسئلة الآتية:

أ. ما هو المتغيِّر المتعلق في التجربة؟
ب. أي ورقة جنينية تُستخدم مجموعة ضابطة في التجربة؟ اشرحوا.
ج. اذكروا ثلاثة عوامل يجب الحفاظ عليها ثابتة أثناء التجربة واشرحوا، لماذا من المهم الحفاظ على هذه العوامل الثابتة؟
د. ما هي المكتشفات التي أدت إلى الاستنتاج أن المنطقة الحساسة للضوء تقع في طرف الورقة الجنينية؟

توضح مكتشفات أبحاث أخرى كيفية تأثير الضوء على اتجاه النمو. نَصف فيما يلي بعض المكتشفات المهمة:

- يَنْتُج هورمون أكسين في طرف الورقة الجنينية وفي قمة النمو، وهو يتحرك من القمة إلى المناطق التي تقع تحته ويؤثر على اتجاه النمو أو الانحناء إلى الضوء.
- يَنْتُج الأكسين في البراعم، وفي أعضاء، مثل: الأوراق، الثمار والبذور، في بداية تطورها.
- عندما يكون الساق مضاءً من اتجاه واحد، ينتقل الأكسين من الطرف المضاء إلى الطرف غير المضاء. التركيز العالي للأكسين في طرف غير مضاء، يؤدي إلى استطالة الخلايا في ذلك الطرف. وتؤدي استطالة الخلايا غير المتجانسة في طرفَي الساق إلى الانحناء باتجاه الضوء (الرسمة ج - 13).



الرسمة ج- 13: استطالة خلايا في طرف غير مضاء تؤدي إلى الانحناء باتجاه الضوء

علاقة بالخلية:
اسموزا.

كيف تكبر الخلية؟

ينمو النبات وأعضاؤه في أعقاب عمليتين مختلفتين تحدثان فيه: انقسام الخلايا (ميتوزا) وازدياد حجم الخلايا. تكبر الخلايا بسبب وجود الأوكسين أيضًا الذي يؤدي إلى ارتخاء جدار الخلية. في أعقاب ارتخاء الجدار، يدخل ماء إضافي إلى الفجوة العصارية، في الخلية، التي تركيز المواد المذابة فيها أكبر من تركيز المواد خارج الخلية. في أعقاب دخول الماء إلى الفجوة العصارية، يزداد حجم الخلية كما يزداد الضغط على جدار الخلية. يشتد جدار الخلية ومن خلال ذلك تُضاف إليه مواد تشترك في بنائه. إذا لم تُضاف مواد إلى الجدار، فإنه يتحول إلى دقيق مع ازدياد كبر الخلية. عندما ينتهي ازدياد كبر الخلية، يصبح الجدار أكثر سُمكًا وقساوة.

توسع: المزيد عن الأكسين

- تستجيب أعضاء مختلفة في النبات بطريقة مختلفة إلى نفس تركيز الأوكسين: ينشّط تركيز معين نمو الساق، لكن نفس التركيز يعيق نمو الجذور.
- الأوكسين الذي يَنْتُج في قمة السويق وينتقل إلى أسفل، يقوم بتثبيط (إعاقة) نمو البراعم في إبطي الورقة ويثبط أيضًا تطور الغصون الجانبية. يؤدي قطع قمة الرأس إلى إزالة التثبيط ويؤدي إلى تطور غصون جانبية. ظاهرة التثبيط التي يقوم بها الأوكسين نسمّيها سيادة قممية. الأفضلية للنبات من ظاهرة السيادة القممية أن النبات يبذل معظم موارده في النمو إلى أعلى باتجاه مصدر الطاقة.

ج2.3 الجبريلين وتأثيره على الإنبات وعلى استطالة السويق

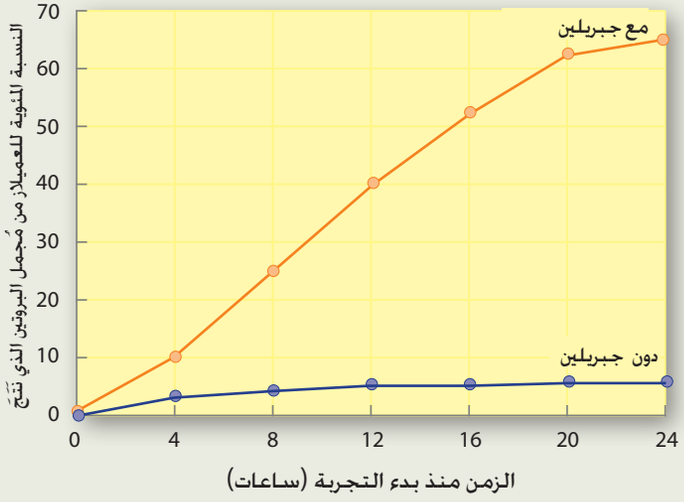
اكتُشف هورمون الجبريلين صدفةً في بداية القرن الـ 20. انتبه المزارعون اليابانيون إلى أن الأرز الذي ينمو في مزارعهم مصاب بفطر يؤدي لنبات الأرز أن ينمو إلى ارتفاع عالٍ جدًا، وأن يصبح ضعيفًا وينكسر. المادة التي استُخرجت من الفطر سُمّيت جبريلين. بعد مرور عدة سنوات، وُجدت في النباتات مركّبات كثيرة تنتمي لمجموعة الجبريلين واليوم نعرف أكثر من 100 مركّب من هذا النوع. فيما يلي تأثيرات مهمة للجبريلينات على عمليات في النبات:

- استطالة النبات (كالظاهرة التي شوهدت في حقول الأرز).
- إنبات بذور وتحليل مواد تخزين في بذور البادرات (انظروا الفصل الثاني، بند ب2.1).
- تنشيط الإزهار.

تمّ بحث تأثير الجبريلين على تحليل المواد الإدخارية في بذور الشعير. يوجد في هذه البذور مواد تخزين، بالأساس نشا وبروتينات. اتضح بعد ترطيب أولي للبذور ودخول الماء أن الجنين يقوم بإفراز جبريلين يؤثر على بناء الإنزيم عميلاز الذي يحلّل النشا، وعلى إنزيمات أخرى تحلّل البروتينات. عند تحليل النشا والبروتينات، تَنْتُج مواد تستخدمها البادرة التي تتطور لاستخراج طاقة خلال التنفس الخلوي ولإنتاج مواد لنموها. توصل الباحثون إلى الإثبات الحاسم أن هذه العملية تتم في البادرة عندما نزعوا في إحدى التجارب الجنين من البذرة. ففي هذه البذور لم يُفرز جبريلين ولم تَنْتُج إنزيمات تحلّل النشا والبروتين (نافذة البحث ج - 3 في الصفحة القادمة).

نافذة البحث ج - 3: جبريلين وبناء عميلاز

أجرى باحثون تجربة على بذور قمح، نزع الباحثون الجنين من هذه البذور دون أن تتضرر أنسجة مواد التخزين. بعد ذلك، وُضعت البذور التي ينقصها جنين في محلول يحتوي على جبريلين. بالموازة وَضع الباحثون بذور ينقصها جنين في محلول لا يحتوي على جبريلين. وقد فحصوا في مجموعتَي البذور العميلاز خلال 24 ساعة (الرسمة ج - 14).



الرسمة ج - 14: تأثير الجبريلين على بناء عميلاز في بذور دون جنين

أ. هل النتائج المعروضة في الرسمة ج - 14 تدعم الفرضية أن الجبريلين هو المسؤول عن بناء إنزيم عميلاز؟ اشرحوا.

ب. لماذا نزع الباحثون الجنين من بذور المجموعتين؟ اشرحوا.

تمّ بحث تأثير الجبريلين على استطالة السويق في نباتات قصيرة جدًا (قزمة). في نباتات البازيلاء، يحدث تقزم النبات بسبب المعلومات الوراثية. تقلل الطفرات في الجينات المسؤولة عن بناء الجبريلين من مستوى الجبريلين ونتيجةً لذلك لا تستطيل النباتات. اتضح أنه يمكن تغيير تطور نباتات البازيلاء القزمة من خلال إضافة جبريلين ويمكن أن تتطور إلى ارتفاع يشبه النباتات العادية.

ج3.3 الإثيلين وعملية الهرم

الاثيلين هو هورمون نباتي يَنْتُج في جميع أقسام النبتة، لكن يَنْتُج بالأساس في أنسجة هرمة، مثل: أوراق نبات على وشك التساقط، أوراق تويج قديمة وثمار في حالة نضوج. في ظروف درجة حرارة عادية وضغط عادي يكون الاثيلين غاز وقد يؤثر على نباتات مجاورة. اكتُشف تأثير الاثيلين على نضوج الثمار عندما نضجت ثمار الموز بوتيرة سريعة في الأماكن التي كان فيها تسرب لغاز الطهي الذي يحتوي على كميات قليلة جدًا من غاز الايثلين. عندما فحصوا تأثير الغاز على نضوج الموز، اتضح أن الإثيلين هو العامل الذي ينشّط النضوج.

علاقة بعلم البيئة:
ظروف وموارد.

ج4. يؤثر المزارعون على النمو والتطور

منذ أن بدأ الإنسان يعمل في الزراعة وهو يستغل المعرفة حول عمليات النمو والتطور والعوامل التي تؤثر عليها، يتدخل الإنسان في دورة حياة النبات ويحاول رعاية النباتات وتحسين محاصيلها. يؤثر المزارع على نمو وتطور النباتات في ثلاثة مجالات أساسية:

- تزويد النباتات بظروف وموارد. لكي تتم العمليات بطريقة مثلى وخاصةً عملية التركيب الضوئي.
- تنظيم وتنسيق العمليات في النبات بواسطة إضافة هورمونات - منظّمات نمو مختلفة.
- تغيير مجرى النمو بواسطة التقليم.

مزارعون في عملهم

ج1.4 تزويد ظروف وموارد

كل عامل يؤثر على وتيرة عملية التركيب الضوئي، فهو يؤثر أيضًا على مجرى تطور النبات. في الحقول المفتوحة وفي البيارات والكروم، لا يستطيع المزارعون أن يغيّروا شدة الضوء، المدة الزمنية للإضاءة، تركيز CO_2 ودرجة الحرارة. العوامل التي يستطيع المزارع أن يسيطر عليها هي: كمية المياه للري، توافر الأملاح المعدنية وتهوية التربة. أما في **الدفيئات** وفي الأنفاق البلاستيكية تكون **المزروعات محمية** من الرياح، درجات حرارة منخفضة ومن آفات زراعية. يستطيع المزارع أن يضيئ الدفيئة **بإضاءة اصطناعية** وهكذا يؤثر على شدة الضوء وعلى المدة الزمنية للإضاءة، كما أنه يستطيع في الدفيئة أن ينظّم رطوبة الهواء ودرجة الحرارة وأن يثري الهواء بـ CO_2 (جدول ج - 4).

دفيئات

أنفاق بلاستيكية

جدول ج - 4: مزروعات محمية: طرق. حسنات وسيئات

الطريقة	حسنات	سيئات
الدفيئة	تحافظ بشكل جيد على درجة الحرارة، ظروف العمل مريحة (يمكن العمل سيرًا على الأقدام، وفي حالة وقوف)، يتحمل المبنى الرياح، يمكن التهوية، تتوفر حماية من آفات زراعية، يمكن إثراء الدفيئة بـ CO_2، ويمكن تنظيم الإضاءة.	تكاليف باهظة جدًا.
النفق	يحافظ على درجة الحرارة بشكل جيد، تكاليف منخفضة، حماية جيدة من الآفات الزراعية.	ظروف عمل غير مريحة، استغلال المساحة بشكل غير جيد، تتضرر من الرياح القوية.

نافذة البحث ج - 4: إثراء بـ CO_2

فحص باحثون في الدفيئة تأثير إثراء CO_2 على نمو النباتات. قام الباحثون بتنمية مجموعتين من النباتات في نفس الظروف، لكن لإحدى المجموعتين أضيف CO_2 خلال كل ساعات الإضاءة، أما المجموعة الثانية، لم تحصل على هذه الإضافة. بعد مرور مدة زمنية معينة، قام الباحثون بجمع النباتات، بتجفيفها وبتوزينها.

كتلة المادة الجافة للنباتات التي حصلت على إضافة CO_2 كانت أكبر من كتلة المادة الجافة للنباتات التي لم تحصل على هذه الإضافة.

أ. اشرحوا نتائج التجربة.
ب. لماذا أضيف CO_2 في ساعات الإضاءة فقط؟
ج. ما هي أفضلية تنفيذ هذه التجربة في الدفيئة؟
د. اذكروا سيئتين لتنمية النباتات في الدفيئة واشرحوا.

مصادر مياه للري

علاقة بعلم البيئة:
عوامل لا أحيائية:
ملوحة التربة.

في بلادنا، الصيف جاف وحار وفي الشتاء، أحيانًا، لا تكون الأمطار كافية، لذا تحصل جميع المزروعات الزراعية على إضافة ماء بواسطة الري. تتم إضافة الماء لري النباتات بطرق مختلفة.

مصادر مياه الري متنوعة:

عند ري المزروعات الزراعية، يحاول المزارعون استعمال مياه من مصادر غير صالحة للشرب، لكنها صالحة للاستعمال في الزراعة، وهكذا نوفر مياه صالحة للشرب. مياه المجاري المكررة هي مياه مجاري مرَّت بعمليات تطهير ودرجة تطهيرها هي التي تحدد مجال استعمالها. في إسرائيل، تتم مدورة حوالي 70% من مياه المجاري وهي تُستعمل لري مزروعات صناعية مثل القطن، يمكن ريها بمياه تمَّ تطهيرها بشكل جزئي. تنمية أزهار ونباتات لتغذية الحيوانات، يمكن ريها بمياه تمَّ تطهيرها بجودة متوسطة. الأشجار التي تؤكل ثمارها دون قشرة، نقوم بريها بمياه مطهرة بجودة عالية جدًا.

الثمار والخضروات التي تنمو بالقرب من التربة، يجب ريها بمياه نظيفة صالحة للشرب من مصادر طبيعية (مثل: الآبار، ينابيع، مياه جوفية، مياه مطر علوية).

تعاني أماكن مختلفة في البلاد من نقص في المياه النظيفة، مثلاً: في منطقة العربا والنقب، لذا يستغل المزارعون مياه جوفية مالحة للري. مستوى ملوحة المياه المالحة أعلى من مستوى ملوحة المياه النظيفة، لكنه أقل من مستوى ملوحة مياه البحر. في هذه المناطق، ينمي المزارعون نباتات تستطيع النمو في هذا المستوى من الملوحة، مثل: البندورة ، الشمام، الزيتون والبطاطا.

طرق الري

طريقة الري المقبولة في البلاد هي طريقة الري المغلقة، وهذا يعني تتدفق المياه عبر أنابيب من مصدر المياه إلى الحقل، البيارة والكرم. يتم الري بواسطة وسائل خاصة شائعة، من بينها الرشاشات وأنابيب التنقيط (الرسمة ج - 15).

الري بالرشاشات: تتدفق المياه عبر فتحة تدور، وتنتشر المياه بعيدًا على سطح مساحة معينة.
أفضليات استعمال الرشاشات: يمكن نقل الرشاشات والأنابيب من مكان إلى آخر، لا توجد حاجة لترشيح المياه، ولا تحدث فيها انسدادات تقريبًا. تكلفة الأنابيب والرشاشات رخيصة نسبيًا بالمقارنة مع طريقة الري بالتنقيط.
سيئات الرشاشات: خسارة مياه بسبب التبخر، الرياح وري مناطق لا يوجد فيها نباتات. لذا من الأفضل أن لا نقوم بري النباتات في الساعات الحارة وأثناء نشوب رياح. إذا أردنا أن نضيف للماء أملاح معدنية مختلفة، فيجب أن نضيفها بكميات كبيرة، لأن جميع المياه والأملاح التي نضيفها، لا تصل النباتات مباشرةً.

الري بأنابيب ماء متحركة: يشبه الري بالرشاشات، لكنه ناجع أكثر لري حقول واسعة جدًا.

الري بالتنقيط: أنابيب التنقيط هي عبارة عن شبكة أنابيب على طولها يوجد ثقوب بأبعاد ثابتة. نضع الأنابيب على التربة بالقرب من النباتات، حيث تخرج المياه منها بالتنقيط، وهذا يعني قطرة ماء تلو الأخرى. فمن خلال تحديد وتيرة التنقيط ومدتها، يمكن أن ننظّم كمية المياه التي يحصل عليها النبات. يساعد الري بالتنقيط على الري المتجانس، استغلال ناجع للماء وإضافة أملاح معدنية إلى الماء، وهكذا نضمن أن تصل غايتها. كما أنه يمكن الري في ظروف رياح قوية.
سيئات الري بالتنقيط: السعر الباهظ للأنابيب، انسداد الأنابيب والحاجة إلى ترشيح المياه لتقليص الانسدادات. إضافةً إلى ذلك، تتراكم الأملاح في التربة، في المكان الذي يتم فيه تنقيط الماء.

الري بالرشاشات

الري بأنابيب ماء متحركة

الري بالتنقيط
الرسمة ج - 15: طرق الري

?? سؤال ج - 8

قارنوا في جدولٍ بين طريقة الري بالرشاشات وطريقة الري بالتنقيط. قارنوا بحسب المميزات التي تختارونها (مثلاً: التكلفة).

من الجدير بالمعرفة: طريقة التنقيط- اكتشاف إسرائيلي

في سنوات السبعينيات من القرن السابق، اكتشف المهندس الإسرائيلي (سمحا بلاس) طريقة الري بالتنقيط. مصنع "نطفيم" في كيبوتس حتسارِم، كان المصنع الأول في العالَم الذي صَنَع أنابيب التنقيط. أدى هذا الاكتشاف إلى ثورة بطرق الري والتسميد في حدائق الزينة والزراعة، وتحوَّل إلى مُنْتَج مطلوب في إسرائيل وفي جميع أنحاء العالَم. في عيد الاستقلال الـ 50 للدولة، أطلق على طريقة الري بالتنقيط لقب " اكتشاف اليوبيل".

تزويد الأملاح المعدنية بواسطة الزبل والسماد

علاقة بعلم البيئة:
عوامل لا أحيائية: التربة.

إضافةً إلى ري النباتات، يضيف المزارعون أملاح معدنية مختلفة إلى مزروعاتهم في الحقول وإلى المزروعات المحمية. يمكن أن تكون الإضافة بواسطة تزبيل التربة، تسميدها، أو اثناهما معًا.
عند تنمية النباتات الزراعية، من الضروري إضافة أملاح معدنية، لأن حصاد الثمار يؤدي إلى تناقص أملاح معدنية مهمة في التربة.
عند التزبيل، نضيف إلى التربة أو إلى وسط التنمية مواد عضوية مختلفة، مثل: إفرزات الأبقار والطيور أو ريش مطحون وأقسام نباتات ميتة. تتحلل المواد العضوية الموجودة في روث الحيوانات وبقايا النباتات بواسطة كائنات حية دقيقة موجودة في التربة، إلى مواد غير عضوية، من بينها أملاح معدنية تحتاجها النباتات. إنَّ إضافة الزبل إلى التربة تحسِّن عادةً تهوية التربة وتماسك الماء في التربة. هناك من يضيف الزبل إلى التربة كما هو، وهناك من يضيفه ككومبوست.
الكومبوست هو زبل عضوي يَنْتُج من نفايات عضوية (بقايا غذاء نباتي، أعضاء نباتات مقصوصة، روث حيوانات وما شابه) مرَّت تحليل بيولوجي بواسطة كائنات حية دقيقة في ظروف تخضع للمراقبة. يتم إنتاج الكومبوست خلال عدة أسابيع وهو يتأثر من درجة حرارة البيئة المحيطة، من الرطوبة ومن تهوية كومة النفايات. في نهاية العملية، يصغر حجم كومة الزبل ونحصل على كومبوست - مخلوط بُني له صفات تربة تتميز بالتهوية. الكومبوست نقي من البكتيريا ومن بذور نباتات برية، لأنها أُبيدت بسبب درجات الحرارة العالية السائدة في كومة الكوومبوست. جودة الكومبوست متعلقة أيضًا بالمكونات التي نَتَجت منه وبالنسب الكمية لهذه المكونات.

مصطلحات: مدورة
تحضير الكومبوست هو مثال لمدورة موارد: بقايا مواد غذائية، مثل: قشر ثمار، جذور، أوراق، ثمار وخضروات متعفنة أو أعضاء نباتات مقصوصة مرَّت بتغييرات لإعادة استعمالها كزبل. مثال آخر للمدورة هو تطهير مياه استُخدمت لاحتياجات بيتية، حيث يتم استعمالها مرةً أخرى لري مزروعات زراعية.

تعليمات لاستعمال كومبوستور
من المطبخ إلى الحديقة وبالعكس
أمامكم وعاء كومبوست، هدفه إتاحة الفرصة لمليارات الكائنات الحية الدقيقة أن تحلِّل بقايا مواد غذائية من المطبخ ونفايات عضوية

ماذا نضع في الكومبوستر؟
بقايا ثمار وفواكه (من الأفضل تقطيع البقايا الكبيرة إلى قطع صغيرة)، قشر بيض، بقايا غذاء نباتي (مطبوخ أيضًا)، ترسبات قهوة، أكياس شاي، قوالب بيض مقسمَّة، ورق محارم، قِطع أوراق صغيرة/كرتون/صحف (غير ملونة). رماد من موقد نار، عشب أخضر مقصوص (من الأفضل أن لا يكون في حالة إزهار).
افحصوا من حين إلى آخر ما إذا المخلوط رطب، ثم اخلطوه.
وإذا احتاج الأمر، رشوا ماءً عليه.

ماذا لا نضع في الكومبوستر؟
كل بروتين مصدره من الحيوان: مُنْتَجات الحليب، بيض، مُنْتَجات اللحوم، أسماك، دجاج، عظام، لأنها تُنْتِج روائح كريهة وتجذب كائنات حية ضارة كثيرة. أعضاء نباتات مقصوصة، تمَّ رشها بمواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية، ورق كرومو أو كرتون ملون وبالطبع لا نضيف بلاستيك، نايلون، زجاج، معادن، بطاريات ....
الأرض تشكركم على التلوث الذي وفرتموه، وعلى السماد المغذي والخصب الذي أعدتهم إلى الحديقة!!

جهاز لتحضير الكومبوست في ساحة بيت خاص وتعليمات لاستعماله

كومبوستر

?? سؤال ج - 9

أ. في التعليمات التي وردت لتحضير كومبوست في حديقة البيت، طُلب منكم أن تبللوا الكومة بالماء من حين إلى آخر، وأن تخلطوها أيضًا. ما هو الأساس البيولوجي لهذه التعليمات؟

ب. ما هي الأهمية البيئية للعمليات التي تحدث في كومة الكومبوست؟

التسميد هو عملية إضافة أملاح معدنية - إلى النباتات - بمكونات معينة وبكميات دقيقة. الأسمدة الشائعة، هي الأسمدة التي تحتوي على نيتروجين، فوسفور وبوتاسيوم (جدول ج - 2، صفحة 57). تتم إضافة **السماد**، من خلال توزيعه في الحقل أو بواسطة شبكة الري. تُصنع الأسمدة في مصانع وهي تختلف عن بعضها بمكوناتها وفقًا لاحتياجات المزروعات. الأملاح المعدنية الموجودة في السماد، تذوب في الماء، لذا يستطيع النبات استيعابها بسهولة مع الماء بواسطة جذوره.

من المهم الحفاظ على نسب صحيحة لكميات الأملاح المعدنية التي نضيفها للنبات. ومن المهم أن لا نضيف للنبات كميات كبيرة من السماد، لأن فائض السماد يؤثر سلبًا على قدرة النبات في استيعاب الماء، وقد يُجرف فائض الأملاح المعدنية إلى المياه الجوفية مما يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. في السنوات الأخيرة، تُستعمل أيضًا مستحضرات سماد، حيث تُرش على أقسام النبات الموجودة فوق سطح التربة(أوراق، سيقان، جذع)، في حالة نقص في أملاح معدنية معينة.

?? سؤال ج - 10

أ. يسمِّد المزارعون عادةً النباتات بأسمدة تحتوي على نيتروجين. اذكروا وظيفة واحدة للنيتروجين.

ب. إضافةً إلى النيتروجين، يجب على المزارعون تزويد النباتات التي ينمونها بعنصرين آخرين، اذكروا هذين العنصرين ووظيفة كل واحد منهما في النبات.

ج2.4 تطبيق المعرفة عن الهرمونات في الزراعة

للمزيد عن:
استعمال الهورمونات ومستنبتات الأنسجة، انظروا الفصل الرابع.

يمكن أن نؤثر على دورة حياة النبات وتطوره، من خلال تغيير عوامل خارجية **وعوامل داخلية** أيضًا، ومن خلال تغيير كميات الهورمونات النباتية المتوافرة للنبتة وأعضاؤها.

فيما يلي بعض الأمثلة التي تمَّ تطبيقها في الزراعة:

الأوكسين والجذور: يمكن تنشيط نمو جذور من الفسائل، من خلال غمسها في مسحوق يحتوي على أوكسين "لتنشيط الجذور". إنَّ إضافة **الأوكسين** إلى وسط تنمية لمستنبت أنسجة خلايا يُنشِّط نمو عملية تطور الجذور.

الأوكسين وإنتاج ثمار كبيرة: في الثمار التي لا يوجد فيها بذور، نضيف أوكسين للحصول على ثمار كبيرة.

إطالة حياة الأزهار: يَنْتُج **الأثيلين** في أعقاب عمليات التلقيح، وهو يسرِّع عملية هرم أوراق التويج. إذا منعنا التلقيح بطرق مختلفة، مثل: قطع الأسدية أو إنتاج أصناف لا يوجد فيها غبار اللقاح، فإننا نقلِّل من إنتاج الأثيلين في أوراق التويج وهكذا نؤدي إلى إطالة حياة الأزهار. يمكن أيضًا تثبيط إنتاج الأثيلين بمساعدة إضافة مواد تثبيط. هناك أهمية لإطالة حياة الأزهار بعد القطف وخاصة الأزهار المعدَّة للتصدير.

قطع البراعم يثبط هرم الأوراق: البستاني المعني في الحفاظ على المنظر الأخضر لنباته، فإنه يقوم بقطع براعم الأزهار وهكذا يثبط الهرم. قَطع الأزهار يمنع من إنتاج الثمار والبذور التي تؤدي إلى هرم الأوراق. حتى الآن، غير واضح أي هرمونات تَنْتُج في البذور والثمار وتؤدي إلى هرم الأوراق.
توجيه تساقط الأوراق: المزارع الذي يرغب بجمع ثمار دون أوراق من حقله، يتوقف عن الري ويرش النباتات بمادة تؤدي إلى تساقط الأوراق. هكذا نعمل عادةً في حقل القطن، قبل أن نقطف (من النباتات) البذور التي تغلفها الألياف.
تفريد ثمار: عندما نريد الحصول على ثمار كبيرة، فإننا نقطف من الشجرة أزهارًا و/أو ثمارًا في مرحلة مبكرة من التطور. في أعقاب التفريد، تتطور أقل ثمار ، لكن يقل التنافس بين الثمار التي بقيت على الشجرة وهي تصبح أكبر.

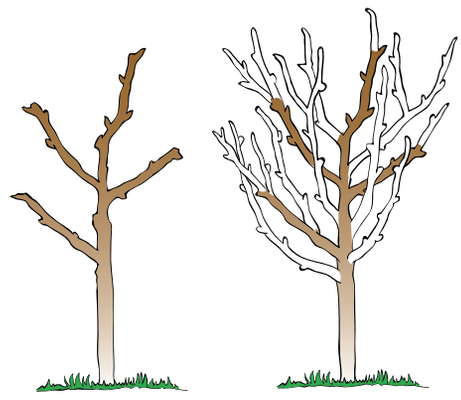
للمزيد عن:
تفريد ثمار. انظروا الفصل الرابع.

تغيير مجرى النمو بواسطة التقليم: في نباتات كثيرة، يؤدي إفراز الأوكسين من البرعم القممي إلى تثبيط تطور غصون جانبية. هذه الظاهرة معروفة باسم السيادة القممية، يستطيع المزارعون أن يطبقوا هذه الظاهرة، لكي يوجهوا مجرى النمو ولكي يصمموا النبات بحسب احتياجاتهم. **تقليم الغصون** - يغيِّر الغصن المركزي (القمة) أو الغصون الجانبية من توازن الهورمونات في أقسام النبات ويؤثر ذلك على شكل النبات وتطوره.

يوجد للتقليم عدة أهداف:
- تنشيط النمو أو تثبيطه.
- الحفاظ على سلامة النبتة (إزالة غصون تضررت من آفات زراعية أو بسبب نقص في الضوء).
- كشف الغصون للضوء.
- تسهيل العناية بأشجار الثمار وقطف الثمار.
- تصميم حديقة، بحيث يُتيح استعمال منطقة تحت الشجرة.

يؤثر التقليم على الإزهار وعلى الثمار ويساعد في السيطرة على جودة المحاصيل، كميتها وعلى موعد الإزهار ونضوج الثمار. يبرز ذلك بشكل خاص في الورد، حيث يؤدي التقليم إلى تأجيل موعد الإزهار. وإذا خططنا مسبقًا تقليم النبات، فإننا نستطيع تحديد موعد الإزهار للموسم الذي يكون فيه طلب كبير لأزهار الورد.

لكي ينمو النبات إلى أعلى، ولكي لا تتفرع منه غصون جانبية، يقوم المزارعون بتقليم الغصون الجانبية. هذا النوع من التقليم يثبط النمو في الأطراف ويساعد الجذع المركزي على التطور بشكل أفضل.
بعد تنفيذ عملية التقليم، نوصي أن تدهنوا "جروح" التقليم بمرهم خاص، لكي نمنع فقدان الماء ودخول مسببات أمراض.



تقليم : قبل وبعد

ج5. توسع: يستجيب النبات لبيئته المحيطة

النباتات ثابتة في مكانها، لكن لا يعني ذلك أنها لا تستجيب لمحفزات ولا تتحرك بطريقة ما أو أخرى في البيئة المحيطة. العكس هو الصحيح. يمكن أن نلاحظ في النباتات رد فعل لمحفزات، من خلال حركة معينة في أعضائها. نمو السويق إلى أعلى ونمو الجذور إلى أسفل، هما مثالان لرد فعل النبات إلى الضوء وإلى جاذبية الكرة الأرضية. أمثلة إضافية لحركة نباتات، هي رد فعل النبات للفريسة من خلال آليات الافتراس، رد فعل لتلامس ورد فعل النبات لاتجاه ضوء الشمس.

أ. آليات افتراس

في النباتات المفترسة (التي ذكرناها في بند ج 2.1)، يوجد عدة أنواع من المصائد التي تساعد على اصطياد الفريسة بسرعة، من بينها:

مصيدة "ماصة": نجد هذه المصيدة في النباتات التي تعيش في بيوت تنمية مائية أو في النباتات التي تطفو على سطح الماء. يوجد باب في طرف المصيدة وبجانب "الباب" يوجد شعيرات حسية. عندما تتلامس الفريسة بها، يفتح "الباب" بسرعة مقدارها واحد على ألف من الثانية، وهكذا يتم سحب الفريسة إلى داخل المصيدة. بعد اصطياد الفريسة يُغلق "الباب" وتُفرز عصارات هضم داخل المصيدة . حركة "الباب" هي أسرع حركة معروفة في مملكة النبات.

مصيدة "سقوط": يوجد في نبتة البوق ألوان قوية ورحيق له رائحة وحلو. الحشرات التي تنجذب إلى المصيدة، تنزلق وتسقط داخل "الجرة" وتقوم إنزيمات الهضم بهضمها.

مصيدة "إغلاق": هذه المصيدة مبنية من قسمين في داخلهما يوجد مجسات. عندما تتلامس فريسة مع المجسات، يُغلق القسمان وهكذا يتم اصطياد الفريسة ولا تستطيع الهروب. عندما يُغلق القسمان، يبدأ إفراز عصارة الهضم حول الفريسة. وحركة هذه المصيدة سريعة جدًا أيضًا.

نباتات مفترسة: مصيدة "سقوط" (البوق) ومصيدة "إغلاق" (خناق الذباب)

ب. رد فعل للتلامس

النبتة المستحية المعروفة باسمها الشعبي "لا تلمسني"، هي نبات من عائلة السنطيات. وهي النوع المعروف من بين أنواع هذه العائلة التي تتحرك أوراقها كرد فعل لمحفزات آلية، مثل: التلامس والاهتزاز. أوراق المستحية مركّبة، فإذا حدث تلامس أو اهتزاز مع أحد أقسام الورقة، فإن ذلك يؤدي إلى تداخل مباشر للوريقات، الواحدة مقابل الأخرى، حيث تنحني كل الأوراق إلى الأسفل. بعد مرور الوقت، تنبسط الأوراق والغصون مرةً أخرى. تحدث الحركة بفضل المبنى الخاص الموجود في قاعدة كل ورقة، وبفضل تغيُّرات ضغط طورغور في الخلايا الموجودة في هذا المبنى.

المستحية: قبل وبعد تلامس الأوراق

ج. رد فعل لاتجاه الشمس

عباد الشمس

اسم النبات عباد الشمس (من عائلة المركَّبات) الذي نأكل "بذوره السوداء" مشتق من كون الحقيقة أن نَوَرة النبتة تتحرك في أعقاب حركة الشمس. تتم هذه الحركة بفضل وجود مجسات للضوء تساعد النبات على أن "يحس" اتجاه الضوء وأن تتحرك النَوَرة والأوراق، حيث تصبح مقابل الشمس.

عادةً بعد غروب الشمس، تعود الأعضاء التي تحركت (والتي كانت باتجاه غروب الشمس) إلى الوضع الأصلي حتى شروق الشمس. بودنا أن نشير إلى أن هذه الظاهرة بارزة بالأساس عند أنواع عباد الشمس الذي يعتني به الإنسان وهي تحدث حتى مرحلة بلوغ الأزهار.

?? سؤال ج - 11

خمِّنوا، ما هي الأفضلية للنبات من رد فعله للشمس؟

د. اتصال في النبات وبين النباتات

في أنسجة النباتات التي تؤذيها حيوانات أو متطفلات يَنْتُج أثلين خلال فترة قصيرة، وهو يؤدي إلى إنتاج مواد سامة ضد الكائن الحي الذي هاجم النبتة.

في عدة أنواع نباتات، وُجد اتصال بين أفراد من نفس النوع. في أشجار الصفصاف التي أصيبت من يرقات حشرات ضارة، نَتَجت مواد حماية سامة ضد هذه الحشرات الضارة. إضافةً إلى ذلك، نَتَجت في الأوراق مركَّبات كيميائية حوَّلت أوراق النبات إلى مُرة وغير لذيذة للحشرات الضارة. المثير الاهتمام أن التغيُّرات الكيميائية لم تحدث فقط في أشجار الصفصاف التي أُصيبت، بل نَتَجت أيضًا في أشجار صفصاف بعيدة، على الرغم من أنها لم تُصَبْ بأذى من هذه الحشرات الضارة.
توجد أيضًا ظاهرة اتصال شبيهة بين أشجار الصنوبر (من عاريات البذور). في أوراق شجرة الصنوبر التي لم تُصَبْ بكائنات حية ضارة، ارتفع تركيز المواد السامة ضد هذه الكائنات الحية الضارة التي أصابت شجرة مجاورة. يتم الاتصال بين الأفراد، على ما يبدو، بواسطة مواد متطايرة تُطلقها إلى الهواء أفراد نباتات أصيبت بالكائنات الحية الضارة. حيث تستوعبها أفراد مجاورة. يؤدي استيعاب هذه المواد المتطايرة إلى سلسلة تفاعلات في خلايا أوراق الأشجار التي لم تُصَبْ بأذى، وفي أعقاب ذلك تَنْتُج مواد حماية أو مواد سامة في الأوراق.

?? سؤال ج - 12

أ. ما هي الأفضلية للنبات من إنتاج مواد سامة عندما لا تهاجمه أو لا تكون عليه كائنات حية ضارة؟
ب. ما هي الفائدة التي تجنيها شجرة ثابتة في مكانها من الاتصال الذي يتم بينها وبين نبات مجاور؟

?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. عندما نريد أن ننقل نباتات بالغة من المكان الذي نمَّت فيه إلى مكان آخر، ولكي تُستوعب هذه النباتات جيدًا في مكانها الجديد، فإننا ننفِّذ النشاطات الآتية:
   أ. نقلم قسمًا من أقسام النبات.
   ب.ننقل النبتة مع كتلة التربة التي نمَّت فيها.
   ج.نسقي النبات عند نقله ونسقيه مرات كثيرة في الأيام الأولى بعد نقله. اشرحوا الفائدة من كل توصية.
2. انتبه مزارع إلى أن النباتات في الدفيئة لا تنمو كما يجب. اقترح عليه تلميذ أن يضيف مصابيح في الدفيئة، لكن هذا الاقتراح لم يحسِّن عملية النمو؟
   أ. كيف يمكن أن نشرح ذلك؟
   ب.ماذا تقترحون على المزارع أن يعمل؟

3. كيف يتأثر نمو نبات أُضيف إليه أوكسين:
   أ. بدل البرعم القممي (قُطع البرعم وأضيف الهورمون).
   ب.أضيف الهورمون إلى التربة التي ينمو فيها النبات.

4. عندما نزور دفيئات مغلقة، فإننا نشعر فيها بهواء رطب جدًا. كيف تؤثر هذه الحقيقة على كمية الماء المطلوب لري نباتات الدفيئة؟ اشرحوا.

5. قارنوا بين التزبيل والتسميد. تطرقوا في إجاباتكم إلى جوانب مختلفة، مثل: مصدر المادة، الفائدة للنبات، الراحة للمزارع، الحسنات والسيئات.
6. يوصي الحريصون على جودة البيئة المحيطة أن نحضِّر كومبوست وأن نستعمله بدل من أن نضيف سمادًا. ما هي التعليلات لهذه التوصية؟
7. اختاروا خمسة مصطلحات من قائمة المصطلحات التي وردت في نهاية الفصل، ثم اكتبوا فقرة قصيرة تشمل المصطلحات وتوضح العلاقة بينها.

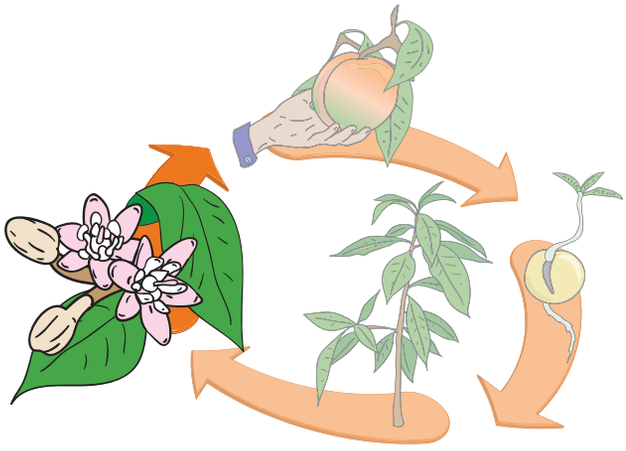
المواضيع الأساسية في الفصل

- ينمو ويتطور النبات باتجاهين متضادين: الجذور داخل التربة والسويق فوق سطح التربة.
- عمليات النمو والتطور في النبات ليست عشوائية، بل تتأثر من عوامل خارجية في البيئة المحيطة للنبات ومن عوامل داخلية متعلقة بالمعلومات وبالصفات الوراثية.
- نمو النبات يرافقه إضافة مواد بفضل عمليتين: تكاثر خلايا بواسطة عملية الميتوزا ونمو خلايا. ازدياد عدد الخلايا يرافقه تمايز خلايا إلى أنسجة مختلفة.
- تُنْتِج النباتات ذاتية التغذية مواد عضوية في عملية التركيب الضوئي.
- تتأثر عملية التركيب الضوئي من عوامل خارجية (ضوء، درجة حرارة، تركيز CO_2، توافر مياه في التربة وتوافر أملاح معدنية في التربة) ومن عوامل داخلية (مثل: مبنى الورقة، كمية الكلوروفيل).
- الكربوهيدرات هي نواتج عملية التركيب الضوئي، تُستخدم لاستخراج الطاقة خلال عملية التنفس الخلوي، ولبناء مركبات عضوية أخرى، مثل: بروتينات ودهنيات. تُستخدم الكربوهيدرات، الدهنيات والبروتينات للنمو والتخزين في جميع أعضاء النبتة، بالأساس في أعضاء داخل التربة، وفي البذور والثمار.
- يحتاج نمو النبات وتطوره إلى ضوء، CO_2، ماء وأملاح معدنية مختلفة، مثل: النيتروجين، البوتاسيوم، الفوسفور، المغنيسيوم والحديد.
- يهرم ويموت النبات الحولي في نهاية دورة حياته. في النبات المعمر، تهرم، تموت وتتساقط أوراق وغصون، لكن النبات كله يستمر في الحياة.
- تتم جميع العمليات في دورة حياة النبات بشكل مراقب بفضل نشاط هورمونات، مثل: أوكسين وجبريلين. اثلين هو هورمون يؤثر على عمليات الهرم ونضوج الثمار.
- على الرغم من أن النباتات ثابتة في مكانها، إلا أنها تستجيب لظروف البيئة المحيطة. تتحرك أعضاؤها بتأثير اتجاه الإضاءة، وقسم منها تفرز مواد سامة كرد فعل لوجود حيوانات ضارة.
- يستطيع المزارع أن يؤثر على وتيرة نمو وتطور النباتات بطرق مختلفة: تغيير الظروف الخارجية، تزويد الموارد لحدوث العمليات في النبات، تنظيم وتنسيق العمليات في النبات من خلال إضافة هورمونات مختلفة وتغيير مجرى النمو بواسطة التقليم.

مصطلحات مهمة في الفصل

أوكسين
ضوء
اثلين
نمو
عوامل خارجية في البيئة المحيطة
عوامل داخلية
جبريلين
مزروعات محمية أو مغطاة (دفيئات وأنفاق)
تقليم غصون
تفريد ثمار
تسميد
هورمونات
هرم
إثراء بـ CO_2
ري
تمايز
تطور
زبل

أنابيب تنقيط
ضغط طورغور
مياه مجاري مكررة
مدورة موارد في النبات
ميتوزا
مياه مالحة
أملاح معدنية: بوتاسيوم، فوسفور ونيتروجين
سويق
تساقط
شدة الإضاءة
تركيب ضوئي
قمة النمو
كومبوست
نسيج (منطقة) انفصال
مرحلة نمو خضرية
إضاءة اصطناعية
CO_2



د تكاثر:
من قليل إلى كثير

مقدمة

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

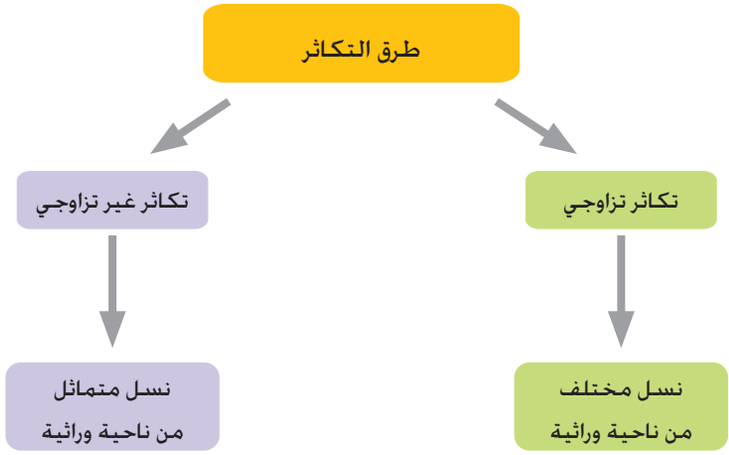
يوجد في الطبيعة طريقتان للتكاثر: تكاثر غير تزاوجي (غير جنسي) وتكاثر تزاوجي (جنسي).

التكاثر غير التزاوجي سبق التكاثر التزاوجي في مراحل النشوء ةالارتقاء، 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 لِلفْرد 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 للْوالد 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 (الرسمة د - 1).



الرسمة د- 1: طرق تكاثر ونسل

د1. تكاثر غير تزاوجي (خضري) - من واحد إلى كثيرون

التكاثر غير التزاوجي شائع عند النباتات ويحدث فيها على الأغلب إلى جانب التكاثر التزاوجي.
التكاثر غير التزاوجي في نباتات البذور نسمِّيه 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 مرَّت تمايز أن تعود إلى قدرتها على الانقسام والتمايز 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

علاقة بالخلية: ميتوزا.

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

تكاثر غير تزاوجي بواسطة أعضاء فوق سطح التربة

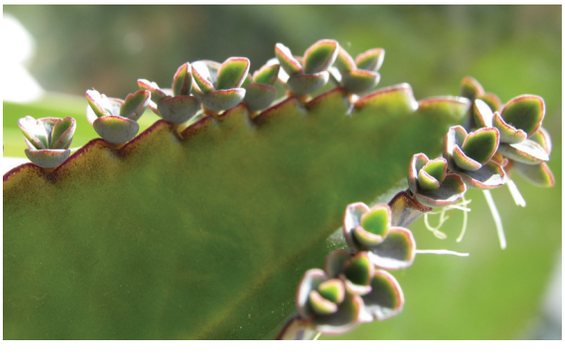
روافد

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

الرسمة 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 (الرسمة د - 3) التي تتطور في أطراف أوراقها براعم تتساقط منها إلى الأرض.



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

فسائل النخيل

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

يقوم عادةً مزارعو النخيل بفصل فسائل من أشجار نخيل مختارة، لكي يغرسوها في كروم النخيل وهكذا تنمو أشجارًا 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.

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

وينفِّذ أيضًا مزارعو الزيتون هذه الطريقة.لكي يقوموا بعملية تكاثر الزيتون. عندما يجد المزارع شجرة ثمارها كثيرة وجيدة بشكل خاص، فإنه يقوم بفصل الفسائل التي نمَّت 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 تُستوعب في التربة وتنمو لتتطور إلى نبتة جديدة، مثلا: السيقان المستوية والخضراء التي تشبه "الأوراق" في نبتة الصبار والتي تسقط على الأرض، تستطيع أن تنمو منها جذور وتتطور إلى نباتات جديدة ومستقلة. وأيضًا الغصون التي تنفصل عن نبتة الأم تستطيع أن تتطور إلى نبتة كاملة، مثلا: 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.

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 نسمِّيها جيوفيتات (جيو - أرض، فيتات - نباتات). الجيوفيتات في البلاد، على سبيل المثال بُصيل، يُزهر 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 تجدد. 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 نؤدي إلى تكاثرها بواسطة قطع الدرنة إلى عدة أقسام، بحيث تكون براعم تجدد في كل قسم. في شقائق النعمان والحيلوان، تَنْتُج درنات من براعم إبطية لدرنة الأم. تنفصل الدرنات الصغيرة عن الدرنة الكبيرة، وتستطيع أن تتطور إلى نباتات جديدة مجاورة لدرنة الأم.

بُصيل مُزهر في بداية الخريف

حيلوان

صابون الراعي

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

للمزيد عن:
الجيوفيتات، انظروا بند أ3.

البصل هو ساق قصير ثخين، الأوراق حوله لحمية ومنظَّمة 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 والنرجس (الرسمة د - 5).

الرسمة د - 5: من واحد يخرج اثنان: بصل بجانبه بصيلان صغيران (النرجس)

?? سؤال د - 1

أ. نمَّت نبتة شقائق نعمان حمراء في أصيص، في نهاية الموسم، وُجدت ثلاث درنات في الأصيص. هل الأزهار التي تتطور من هذه الدرنات في الموسم القادم تكون ذات لون مختلف؟ علِّلوا.

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

د2.1 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 للقحات لنقل حبيبات اللقاح من نبات إلى آخر.
- المعلومات الوراثية عند النسل مماثلة للمعلومات الوراثية عند الوالد.

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

أفضلية المماثلة في المعلومات الوراثية أنه إذا كان لنبتة الأُم ملاءمة مناسبة لظروف البيئة المحيطة التي تعيش فيها، فإنَّ نسلها المماثل لها تكون له أيضًا ملاءمة 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 أيضًا عندما تطرأ تغيُّرات 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 ايرلندا بشكل خاص، ومع مرور الوقت تحولت تنمية البطاطا إلى مصدر مهم للغذاء. كانت البطاطا مكونًا مهمًا في التغذية، لأنها تشكل مصدرًا للطاقة ومن السهل تنميتها. بفضل البطاطا ازداد السكان المزارعون في ايرلندا. في كل سنة، كان يقطف المزارعون درنات البطاطا من الأرض، لكن كانوا يتركون قسم قليل من الدرنات في الأرض، لكي تكون مصدرًا لمحصول السنة القادمة. في سنة 1845، انتشر في كل أوروبا مرضًا 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 يَبْقَ غذاء للسكان. عانى أكثر من نِصف مليون نسمة من الجوع. وهاجر الملايين إلى بلدان مختلفة، معظمهم إلى الولايات المتحدة.

سؤال د- 2

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

د3.1 تكاثر غير تزاوجي في الزراعة

للمزيد عن:
نبتة ثنائية المسكن، انظروا بند التوسع د2.2.

الصفات الوراثية المتماثلة للنسل التي نحصل عليها من التكاثر غير التزاوجي تُتيح للمزارعين أن يحافظوا على هذه الصفات عدة أجيال. لهذا السبب، يفضل المزارعون أحيانًا استعمال هذه الطريقة من التكاثر مع نباتات تستطيع أن تتكاثر بطريقة تزاوجية أيضًا. 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 ينمونها بطرق تكاثر غير تزاوجيه بسبب الجودة الخاصة لأصنافها، مثلاً: .... وَ ... وهكذا نحافظ على صفاتها الوراثية من جيل إلى آخر.
نستعمل هذه الطريقة أيضًا مع النباتات التي تكاثرها بواسطة البذور صعب جدًا، 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 نِصف أشجار ذكرية لا تعطي ثمارًا.

يطبق المزارعون طرق تكاثر غير تزاوجية مختلفة تحدث في الطبيعة (وُصفت في بند 1.1)، وإضافةً إلى ذلك، فإنهم يستعملون فسائل وطرقًا جديدة طُورت خلال السنوات، مثلا: مستنبت نسيج.
بما أنه يمكن تقريبًا أن نُنْتِج نبتةً جديدة من كل عضو من أعضاء النبتة، إلا أن الطريقة التي نختارها متعلقة بالنبتة ذاتها وبنجاعة التطبيق الزراعي.

فسائل

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 وفقًا لنوع النبات. قام الإنسان بإكثار النباتات بواسطة فسائل خلال مئات السنين، وقد تراكمت عنده معظم المعرفة حول الظروف المناسبة لتطور الفسائل بطريقة التجربة والخطأ وبواسطة البحث المنهجي. في الزراعة وفي نباتات الحدائق، يقوم المزارعون بإكثار نباتات بواسطة الفسائل، 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 تمّ انباته في التربة وتصل عادةً المرحلة التناسلية خلال فترة زمنية قصيرة بالمقارنةً مع نبتة نمَّت من بذور في التربة.
نميِّز بين فسائل شجرية تُستعمل في تكاثر الأشجار والجنبات (الشجيرات)، مثل: الورد وأشجار الفواكة المختلفة، وبين فسائل عشبية (غير شجرية) تُستعمل في تكاثر نباتات عشبية، مثل: العكابية، حلق بنت السلطان والجيرانيوم. يوجد أيضًا فسائل أوراق، حيث تُستعمل الورقة كوحدة تكاثر وتنمو الجذور من عنق الورقة، أو من أطراف العروق، أو من أماكن جروح العروق، مثلا: الخميلة.

خميلة

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

عملية تحضير الفسائل بسيطة جدًا: نُقلِّم 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.

تتأثر قدرة تجدد الفسائل وإنتاج الجذور من عوامل داخلية متعلقة بالنبتةٍ 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. أحيانًا من نفس النبتة، يمكن إنتاج فسائل من ورقة ومن غصن أيضًا.
- عُمرُ العضو: تُشير تجارب المزارعين إلى أن الفسائل التي حُضِّرت من غصون صغيرة السن، تنمو وتتطور الجذور منها بشكل أفضل من الفسائل التي حُضِّرت من بالغة السن. ينبع الفرق بينهما، على ما يبدو، من مخزون المواد الغذائية والهورمونات الموجودة بكمية أكبر في الفسائل التي حُضِّرت من غصن حديث السن بالمقارنة مع غصنٍ بالغ السن.
- مخزون المواد في الفسائل: تُستغل 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 وتُبنى مواد وتُنفَّذ 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 وتَنْتُج كربوهيدرات خلال عملية التركيب الضوئي.
- كمية الهورمونات المختلفة في الفسيلة: في الأشجار التي تتساقط أوراقها، تركيز الهورمونات في فصلي الخريف والشتاء يكون منخفضًا، لذا يختار المزارع تحضير الفسيلة من هذه النباتات في فصل الربيع الذي يكون فيه تركيز الهورمونات أكبر من تركيزه في فصل الشتاء. الأوكسين الذي يُنْتَج 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 معينةٍ يمكن تنشيط نمو الجذور من الفسائل بواسطة غمس قاعدة الفسيلة بمستحضر هورمون ينشط نمو الجذور، وهو مخلوط من الأكسين 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 الثُّلث 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

النبتة ابيلية كبيرة الأزهار هي جنبة *(شجيرة) جميلة ينمونها 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. تعرَّف الباحثون من تجارب سابقة - على نباتات أخرى - أن هناك عاملان أساسيان يؤثران على نجاح التكاثر بواسطة الفسائل: نوع الفسيلة (عشبية، شجرية، نِصف شجرية) 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 الجنبة (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 الجذورر من أنواع فسائل مختلفة

نوع الفسيلة	نسبة نمو الجذور
عشبية	55
نِصف شجرية	10
شجرية	5

أ. اعرضوا نتائج التجربة بطريقة بيانية. علِّلوا الطريقة التي اخترتموها لعرض النتائج.

ب. هل من المهم تنفيذ عدة إعادات لكل علاج في التجربة؟ علِّلوا.

ج. ماذا يمكن أن نستنتج من نتائج التجربة؟ اشرحوا.

في تجربة أخرى، فحص الباحثون تأثير مدة الغمس في الأوكسين على تطور فسائل عشبية. قسَّم الباحثون الفسائل إلى مجموعتين: في المجموعة أ، غُمست الفسائل في الأوكسين لمدة ساعتين. في المجموعة ب، غُمست الفسائل في الأوكسين لمدة أربع ساعات. نُمِّيت 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 نُقعت 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؟ علِّلوا بمساعدة معطيات الجدول.

هـ. ماذا تكون، بحسب رأيكم، النسبة المئوية لنمو الجذور إذا كانت مدة النقع 8 ساعات؟ علِّلوا.

و. لماذا اختار الباحثون فسائل عشبية في التجربة الثانية؟

التكاثر بمستنبت نسيج

علاقة بالفصل الثالث: مريستمات.

إضافةً إلى طرق التكاثر التي تعتمد على قدرة التجدد الطبيعية لأقسام النبات، طُوِّرت تكنولوجية متقدمة للتكاثر غير التزاوجي وهي مستنبت النسيج. يعتمد التكاثر بمستنبت النسيج على قدرة التجدد الطبيعي للنبتة الكاملة من مقاطع نسيج صغيرة وحتى من خلايا منفردة ننميها 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 مرَّت 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.

من الجدير بالمعرفة: تجدد الأعضاء - ليس في النباتات فقط

قدرة تجديد أنسجة وأعضاء أُصيبت أو قُطِعَتْ موجودة عند حيوانات أيضًا.
تستطيع بعض الحيوانات أن تُنّمي أعضاءً من جديد. تُنّمي السحلية أو الوزغة ذنبًا جديدًا بدل الذنب الذي قُطع. 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.

الرسمة د - 7: نبات يتطور في مستنبت نسيج

يجب أن يشمل وسط التنمية لمستنبت النسيج على جميع المكونات المطلوبة لتطور النبات: سكروز، ومكونات متوازنة لعناصر مطلوبة بتركيز عالٍ، 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 تنظّم 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 (الرسمة د - 7). وسط التنمية الغني وظروف المختبر لمستنبت الخلايا، تزوِّد 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، فإنَّ 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.

للمزيد عن:
الهورمونات، انظروا الفصل الثالث.

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

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

الرسمة د - 8: أشتال موز نَتَجت في مستنبت نسيج قبل نقلها إلى الحقل

حسنات التكاثر في مستنبت أنسجة بالمقارنة مع التكاثر الخضري بطرق أخرى:

- نقص تام في آفات زراعية ومسببات أمراض في النباتات الجديدة.
- يمكن إنتاج عدد كبير جدًا من النباتات مع الصفات المرغوبة للمزارع من نبتة واحدة.
- تجانس 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 النسج 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.

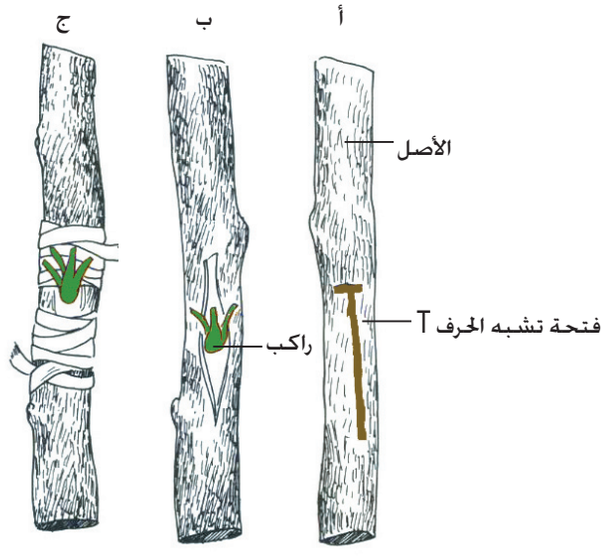
للمزيد عن:
مبنى النبات.
انظروا الفصل الأول.

بهذه الطريقة، نركِّب قطعة من نبات معين على نبات آخر (قريب منه من ناحية وراثية) جذوره في التربة. القسم الذي مع جذوره في التربة نسمِّيه **الأصل**. والقسم الذي نركِّبه هو قطعة غصن لها براعم، حيث نأخذها من نبتة الأم المرغوبة ونسمِّيه **راكبًا (طُعمًا)** (الرسمة د- 9). يوجد عدة طرق لتنفيذ التركيب وكل نبات تلائمه طريقة معينة. في جميع الطرق، المبدأ متماثل وهو إنتاج تلامس قوي بين أنابيب نقل الأصل وأنابيب نقل الراكب.

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

للمزيد عن:
أنواع وأصناف.
انظروا الفصل الخامس.

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



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

شجرة تفاح بعد التركيب

سؤال د- 5

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

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 أشتال 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.

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

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

الرسمة د - 10: كاكتوس مركّب

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 نسبيًا. هذه الطريقة شائعة في أشجار الحمضيات: يمكن أن نركّب على أصل واحد عدة ثمار، مثل: البرتقال، الليمون، البوملة وغير ذلك. وفي أشجار التوت، يمكن أن نركّب على أصل واحد عدة أنواع من التوت، مثل: التوت الأحمر والتوت الأبيض أيضًا.

?? سؤا د - 6

أ. يُستعمل التركيب لتبديل أصناف في البيارة. اقترحوا سببين لتبديل صنف معين.

ب. تمَّ تركيب برتقال على أصل من شجرة ليمون.

1. أي ثمار تتطور على الشجرة؟ علّلوا.
2. هل الثمار هي ناتج تكاثر تزاوجي أم تكاثر غير تزاوجي؟ علّلوا.

د2. تكاثر تزاوجي (جنسي)- من اثنين إلى كثير

علاقة بالخلية:
ميوزا.

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 (نواتج 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 مماثل 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 (الرسمة د- 11). في كل بذرة يوجد جنين وهو بداية جيل جديد.

الرسمة 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.

د1.2 الإزهار

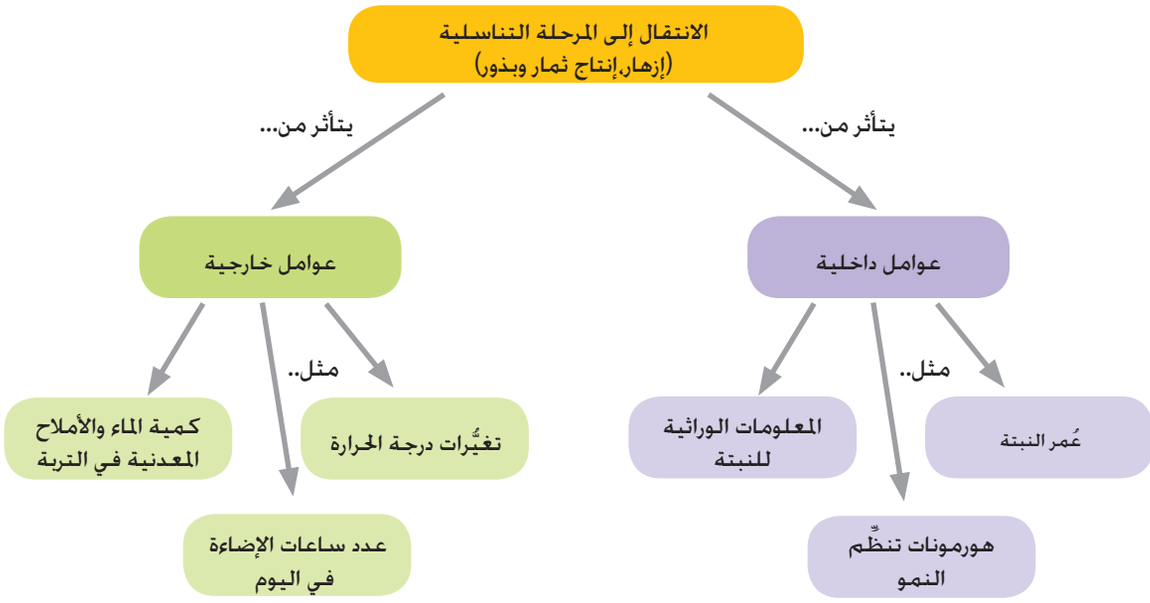
معظم أنواع النباتات، لا تستطيع أن تتكاثر في بداية حياتها بتاتًا. التكاثر التزاوجي هو حدث خاص في حياة النبات، ولكي يتم ذلك، يجب أن تتحقق ظروف معينة تتأثر من **عوامل داخلية** ومن **عوامل خارجية/ من البيئة المحيطة**.

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 توجِّه الانتقال إلى مرحلة التكاثر؟

الانتقال من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التناسلية متعلق بعوامل داخلية وبعوامل خارجية (الرسمة د - 12). فيما يلي **العوامل الداخلية** التي تؤثر على موعد الإزهار:

- المعلومات الوراثية للنبتة.
- عُمر النبتة.
- نشاط الهورمونات التي تنظِّم النمو.



الرسمة 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 بتاتًا. تختلف مدة هذه الفترة بين الأنواع المختلفة:

في النباتات الحولية التي تنمو في موسم المطر وأيضًا في نباتات الصحراء التي دورة حياتها تستمر شهر إلى شهرين. تكون هذه الفترة قصيرة جدًا 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 أيضًا على الانتقال إلى المرحلة التناسلية.

يتأثر تمايز الخلايا الذي يُنْتِج الزهرة من نشاط الهورمونات أيضًا. **الجبريلين** معروف كهورمون مهم للعمليات التي تؤدي إلى الإزهار. يرتفع مستواه في نباتات كثيرة، في المراحل الأولى لإنتاج الأزهار. والاثلين أيضًا يؤثر على الانتقال إلى الإزهار في نباتات كثيرة. اكتُشفت العلاقة بين الاثلين والإزهار بطريقة عشوائية، وقد حدث ذلك بعد أن دخل دخان حريق إلى دفيئة نبات أناناس وأدى إلى إزهار النباتات مبكرًا. في البحث الذي أُجري في أعقاب ذلك، وجد الباحثون أن الدخان يحتوي على اثلين، وهو الذي يؤدي إلى الإزهار المبكر.

للمزيد عن:
جبريلين واثيلين. انظروا الفصل الثالث.

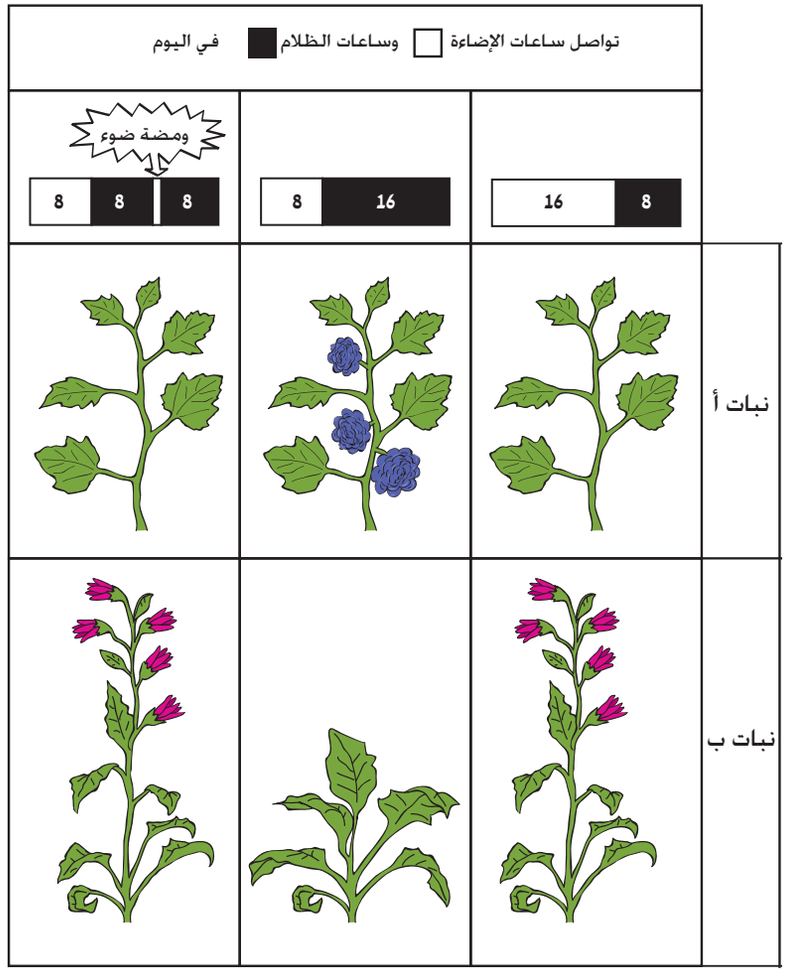
?? سؤال د- 7

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

العوامل الخارجية/البيئة المحيطة التي تؤثر على الإزهار هي الضوء ودرجة الحرارة. في نباتات كثيرة، **الضوء** هو عامل أساسي. بيَّنت أبحاث كثيرة أن النباتات تستجيب للتغيُّرات في عدد ساعات الإضاءة في اليوم - **طول اليوم** - وهي تُزهر 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 يميِّز النبات للتغيُّرات في دورية ساعات الإضاءة والظلام.

اتضح في الأبحاث التي تركَّزت 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. تُزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتواصل أكبر من قيمة عتبة (قيمة حرجة) معينة، حيث تكون عادةً حوالي 14 ساعة ظلام. إذا قطعنا تواصل ساعات الظلام ، مثلا: إذا استعملنا ومضات ضوء قصيرة، فإن النبات لا يُزهر.
نباتات نهار طويل، مثل: *الخردل، الملفوف، معظم أصناف القمح والشعير، الشمندر والفجل.* تُزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام المتواصل أصغر من قيمة معينة، حيث تكون عادةً أصغر من عشر ساعات. النباتات التي تُزهر في الربيع، تستجيب إلى النهار الذي يطول وإلى الظلام الذي يقصر. النباتات التي تُزهر في الخريف تستجيب إلى النهار الذي يقصر وإلى الظلام الذي يطول.
في نباتات معينة، مثل: البندورة، القطن والنَّضَم، بداية إزهارها غير متعلق بمدة ساعات الإضاءة. يمكن أن نرى العلاقة بين ساعات الإضاءة وبين تطور الإزهار في الرسمة د - 13.



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

سؤال د - 8

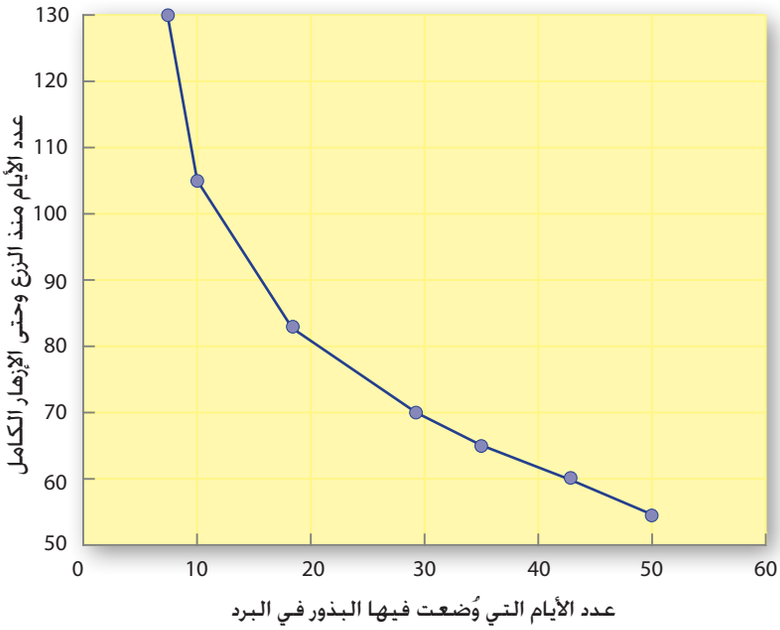
في الرسمة د - 13 يوجد نبتتان. أيهما نبات نهار قصير؟ اشرحوا.

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

تستجيب النباتات للتغيُّرات في عدد ساعات الإضاءة في اليوم، حيث تُشير هذه الحقيقة إلى أن النبات فيه وسائل تساعده على التمييز بهذه التغيُّرات. وُجد في الأبحاث أن هذه الوسيلة هي صبغية الفيتوكروم التي تستوعب الضوء وتتغيَّر في أعقابه. التغيُّر الذي يبدأ في الصبغية ينشِّط حدوث عمليات تؤدي إلى الإزهار. الصبغية فيتوكروم فعَّالة 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، مثلاً: 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.

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 تمّ إنباتها فيها أو وُضعت فيها قبل إنباتها.



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

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 حدَّدتم 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 وخاصةً في مجال تنمية نباتات الزينة.

يوجّه 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 والعالَم.

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 المعدَّة 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 وَ "يوم الحب" (Valentine). في الطبيعة، في فترة الشتاء تكون معظم أصناف الورود في سبات وهي تُزهر 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 تقليم الغصون في الصيف أن تتطور غصون تحمل أزهارًا في فصل الشتاء، في المواعيد المطلوبة.

معالجة نباتات معينة بالجبريلين، 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.

للمزيد عن: التقليم والجبريلين. انظروا الفصل الثالث.

د2.2 مبنى الزهرة

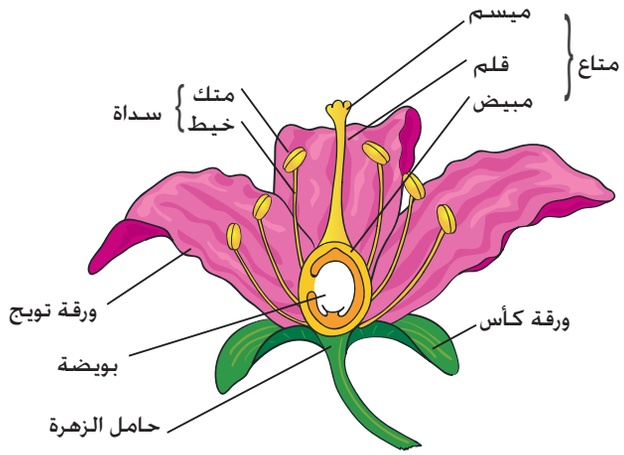
في الأزهار التي تتطور مع بداية المرحلة التناسلية، نجد الأعضاء التناسلية الذكورية والأنثوية للنبات. كما ذكرنا في الفصل الأول، لا توجد "زهرة نموذجية"، لأنه لا يوجد حدود للتباين في شكل ومبنى الأزهار (الرسمة د - 15).

أقسام الزهرة تكون منظّمة عادةً 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.

الرسمة د- 15: تنوع أشكال الأزهار

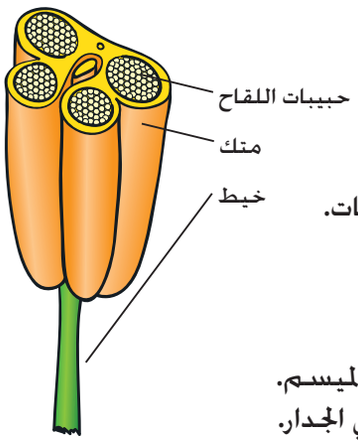
يوجد حالات يكون فيها للزهرة دائرة واحدة من أوراق الغلاف الزهري، مثلا: البُصيل ويوجد أزهار، لا يوجد لها أوراق غلاف زهري بتاتًا، مثلا: أزهار الخروب. في أنواع كثيرة تكون أوراق غلاف الزهرة مرتبطة (متلاصقة) ببعضها وهي تبدو كورقة كأس كاملة وليس كأوراق كأس منفردة. في مركز الزهرة وبعد أوراق التويج، نجد الأعضاء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



الرسمة د- 16: مقطع طولي تخطيطي في الزهرة

أعضاء التناسل الذكرية - الأسدية

كل سداة مبني من خيط يحمل متك مع "أكياس" لقاح (الرسمة د - 16). في داخل المتك، تحدث الميوزا وتَنْتُج حبيبات لقاح أحادية المجموعة الكروموسومية (هيبلوئيدي). عدد حبيبات اللقاح كبير جدًا، وهي تنتشر بمساعدة الرياح، أو الحيوانات إلى أزهار أخرى.



حبيبات اللقاح الناضجة محاطة بجدار متعدد الطبقات. الطبقة الخارجية قاسية جدًا وأحيانًا ذات بروزات ومنخفضات تميِّز نوع النبات.

يوجد لمبنى جدار حبيبات اللقاح ولخواصها عدة وظائف:

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

....

من الجدير بالمعرفة: المزيد من المعلومات عن جدار حبيبات اللقاح

على الرغم من أن حيوية حبيبات اللقاح تُحفظ عدة ساعات أو عدة أيام، إلا أن الصمود العالي للجدار الخارجي يحافظ على شكل حبيبات اللقاح سنوات كثيرة. في عدة حالات، ساعد تميز حبيبات اللقاح في حل عمليات إجرام، عندما تمَّ 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 جدًا كمتحجرات عُمرها حوالي 100 سنة، على تعلُّم تاريخ بيولوجيا الكرة الأرضية وعلى معرفة الظروف التي سادتها في الماضي.

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

أعضاء التناسل الأنثوية - المتاع

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

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

هيبسكوس (انتبهوا إلى الميسم المغطى بشعيرات)

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 لإنبات حبيبات اللقاح، لأنه يُفرز سائل غني بالسكريات، الحوامض الأمينية والزيوت.

تنتقل الخلايا التناسلية الذكرية عبر القلم إلى المبيض. يوجد في المبيض بويضات. تتميَّز أنواع النباتات بعدد البويضات وبترتيبها في المبيض. تحدث عملية الميوزا في البويضات وفي أعقابها نحصل على عدة خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (هيبلوئيدي) وفقط خلية واحدة منها تُستعمل كخلية تكاثر أنثوية - خلية البويضة. خلال عملية الاخصاب، تتحد نواة خلية البويضة مع نواة خلية تناسل ذكرية ويَنْتُج 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.

توسع: مسكن واحد أو أكثر

معظم أزهار النباتات يوجد فيها أسدية و متاع أيضًا. هذه الأزهار نسمِّيها 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 نسمِّيها 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.

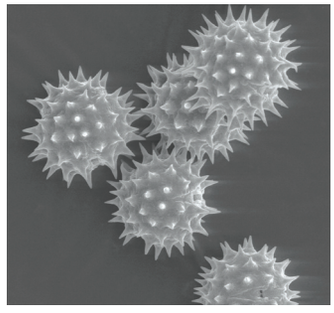
خروب: شجرة أنثى مع ثمار

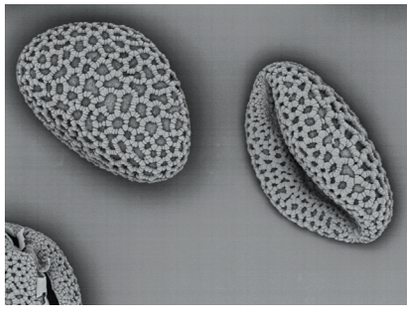
د3.2 التلقيح

علاقة بالخلية:
أحادية المجموعة الكروموسومية وثنائية المجموعة الكروموسومية

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.

في الزهرة ثنائية الجنس التي فيها أسدية ومتاع في نفس الزهرة، تنضج في نفس الوقت. حيث تؤدي كل هبة ريح خفيفة إلى حبيبات اللقاح أن تسقط على الميسم الموجود في مركز الزهرة.
أحيانًا يتم التلقيح بين زهرتين مختلفتين في نفس الفرد وأحيانًا 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 ملاءمات مختلفة في مبنى الزهرة، لونها ومبنى حبيبات اللقاح (الجدول د - 1). هذه الملاءمات هي أمثلة لملاءمة بين المبنى والوظيفة.





حبيبات لقاح من نباتات مختلفة (مكبّرة بحوالي مائة ضعف)

تلقيح بواسطة حيوانات

جدول د- 1: ملاءمة التلقيح بواسطة الرياح أو الحيوانات

مميِّز/صفة	تلقيح بواسطة الرياح	تلقيح بواسطة حيوانات
كبر الأزهار وألوانها	أزهار صغيرة عديمة اللون.	أزهار كبيرة ذات ألوان أو أزهار صغيرة مرتَّبة بمجموعات (نَوَرة).
مبنى الزهرة	أحيانًا تنقصها أوراق تويج. تكون الأزهار موجهة إلى أسفل كحلق الأُذن المرتخية.	يشبه أنبوب في قاعدته أعضاء تناسلية. أعضاء تناسلية مكشوفة. بروزات توجِّه الخطم
غدد رحيق	لا يوجد	يوجد
رائحة للأزهار	لا يوجد	يوجد
مبنى الأسدية	بارزة من داخل الزهرة. مرنة.	مرتَّبة في الزهرة بطريقة تؤدي إلى تلاصق حبيبات اللقاح بجسم الحشرة أو بأرجلها.
عدد حبيبات اللقاح	عددها كبير جدًا.	عددها 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 نسبيًا، لها إضافات، مثل: الأشواك والبروزات.
مبنى الميسم	مكشوف، له مساحة سطح استيعاب واسعة وهو لاصق ومتفرع.	له مساحة سطح استيعاب صغيرة ولاصق.

جدير بالمعرفة: حمَّى القش

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

لا تنبت كل حبيبات اللقاح التي تصل الميسم، ولا تخصِّب كل حبيبات اللقاح البويضات في المبيض. أولًا 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)، فإنَّنا نسمِّي ذلك تلقيح ذاتي، أما إذا وصلت حبيبات اللقاح من فرد آخر من نفس النوع (species)، فإنَّ ذلك تلقيح غريب (متبادل). وُجد في أنواع نباتات كثيرة أن هناك تلقيح غريب وتلقيح ذاتي أيضًا.
يوجد أفضلية للتلقيح الذاتي في الأنواع التي فيها احتمال التلقيح الغريب ضئيل جدًا، مثلاً: عندما يكون البُعد بين الأفراد كبير جدًا. 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 بتاتًا.

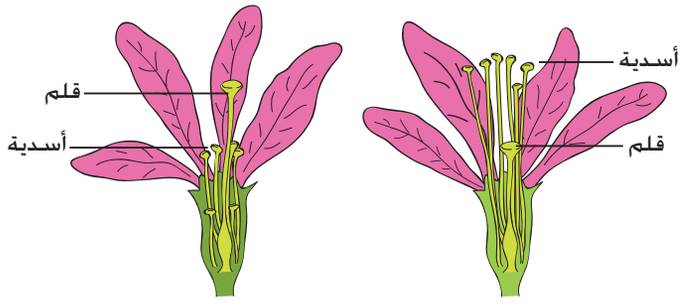
كيف تمنع التلقيح الذاتي أو تقلل من احتمال التلقيح الذاتي؟

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).

نَوَرة ذكرية للخروب (انتبهوا أن الأزهار لا يوجد لها أوراق تويج)

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 (الرسمة د- 17). يمكن أن يحدث تلقيح تخصيب إذا سقطت حبيبات لقاح من أسدية قصيرة على ميسم قصير وبالعكس.



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

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 المركّبة والعائلة الشفوية.

ج. عدم ملاءمة ذاتية
يتم التعبير عن "عدم الملاءمة الذاتية" بأن حبيبات اللقاح لنفس الفرد لا تستطيع بتاتًا 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 طريقتَيْ 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. قدَّر 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 طرقًا مختلفة تزيد من احتمال التلقيح، فيما يلي بعض الطرق الأساسية:

- إضافة ملقحات: يدفع المزارعون نقودًا 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 أيضًا. يضع المزارعون مناحل نحلة ال ... في الكروم (مثلاً : أفوكادو)، وقد وُجد أنها تزيد من نسبة التلقيح ومن كمية الثمار الناتجة.

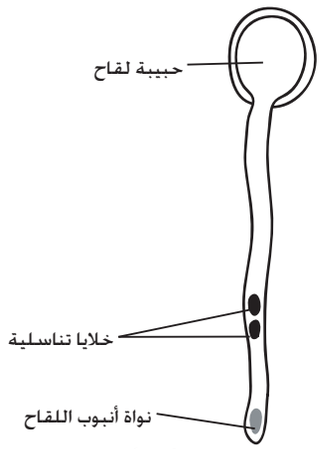
جدير بالمعرفة: طعم العسل

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، ينفِّذ المزارعون تلقيح اصطناعي، فهم ينقلون بشكل موجَّه حبيبات اللقاح من نبتة إلى أخرى، لكي يزيدوا من احتمال الحصول على محاصيل ثمار كثيرة أو للحصول على تخصيب لا يحدث في الطبيعة. ينفِّذ المزارعون عادةً **التلقيح الاصطناعي** في كروم النخيل، لأنه في معظم الكروم، يوجد أشجار أنثوية كثيرة وعدة أشجار ذكرية فقط. يجمع المزارعون اللقاح من الأشجار الذكرية وينثرونها على المياسم الأنثوية، وهكذا يضمنون تلقيحًا 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 نُنْتِج أصنافًا جديدة - أصناف تهجين - ذات صفات مرغوبة للمزارعين، وهي لا تَنْتُج لولا تدخّل الإنسان.

إنبات حبيبات لقاح

بعد أن تسقط حبيبة لقاح على ميسم، تنبت بفضل تأثير مواد تُفرز من الميسم. ينمو امتداد أنبوب لقاح مغلَّف بغشاء من فتحة صغيرة في حبيبة اللقاح داخل نسيج الميسم. هذا الأنبوب الممتد نسمِّيه **أنبوب اللقاح**. وهو يَنْتُج خلال عملية **الميوزا** ويحتوي داخله على ثلاث خلايا أحادية المجموعة اكروموسومية: تتطور إحدى هذه الخلايا إلى أنبوب اللقاح. والخليتان الأُخريتان هما خلايا تناسل ذكرية موجودة داخل أنبوب اللقاح (الرسمة 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 نَمَّت على الميسم إلى خلية تناسلية أنثوية مغلقة في **بويضة** داخل المبيض.



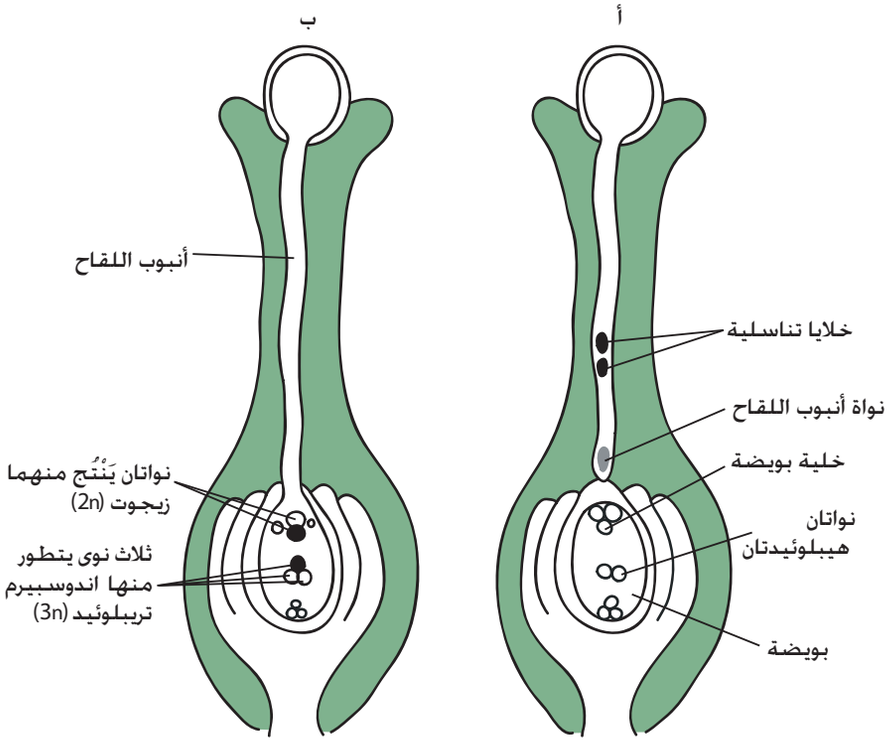
الرسمة د - 18: أنبوب اللقاح لحبيبة اللقاح التي نبتت

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 يميِّز نوع النبات. من مبيض مع بويضة واحدة، تتطور ثمرة مع بذرة واحدة.

د4.2 الإخصاب

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



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

يتم الاخصاب داخل البويضة الموجودة في مبيض الزهرة. يشترك في الإخصاب خليتا تناسل ذكرية (جاميتتان) وصلتا داخل أنبوب اللقاح عبر المتاع (الرسمة د - 19 أ). عند حدوث عملية الإخصاب، تتحد نواة إحدى الخليتين الذكريتين مع نواة تناسل أنثوية - خلية بويضة - ويَنْتُج زيجوت ديبلوئيدي (2n)، الذي يتطور منه جنين (الرسمة د - 19 ب).

تتحد نواة خلية التناسل الذكرية الثانية مع نواتين هيبلوئيديتين في البويضة، وهكذا تَنْتُج الخلية الأولى للأندوسبيرم مع نواة تربلوئيدية (يوجد فيها 3n كروموسومات). تنقسم هذه الخلية بعملية الميتوزا ويتطور نسيج لتخزين مواد إدخارية لتغذية الجنين أثناء تطور البذرة ولتغذية البادرة في بداية تطورها.

عملية الإخصاب التي تشترك فيها خليتا تناسل ذكرية نسمِّيها إخصاب مضاعف. يتم الإخصاب المضاعف في نباتات كاسيات البذور فقط.

من البويضة المخصبة، تتطور البذرة مع جميع أقسامها: الجنين والاندوسبيرم. بهذه الطريقة يساهم الوالدين في إنتاج الجنين ومواد إدخارية/اندوسبيرم. يتطور غلاف البويضة إلى قشرة البذرة التي تحمي الجنين الذي يتطور عندما يجد ظروفًا مناسبة لإنباته. بعد الإخصاب، تذبل الأسدية، الميسم والمتاع. يتطور المبيض ذاته إلى ثمرة داخلها بذور. ويتم تحديد عدد البذور في الثمرة بحسب عدد البويضات التي تمَّ 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، وتمَّ تلقيحها وتخصيبها بحبيبات لقاح مناسبة، هي التي تتطور فيها ثمار مع بذور.

د5.2 من الزيجوت إلى الجنين: من خلية واحدة إلى كائن حي متعدد الخلايا

الزيجوت هو الخلية التي نَتَجت خلال عملية الإخصاب، وهي الخلية الأولى للجنين والنبات الذي يتطور منه في المستقبل. ينقسم الزيجوت إلى خليتين وهما تستمران في الانقسام (ميتوزا). وبعد انقسامات كثيرة، يَنْتُج الجنين الذي يتميَّز بسويق وبجذير (الرسمة 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، الدهنيات والبروتينات التي يستخدمها النبات حديث السن حتى المرحلة التي يُنْتِج بذاته بعملية التركيب الضوئي المواد التي يحتاجها.

في نباتات معينة من عائلة البقوليات (مثل: البازيلاء، الفاصولياء والفستق)، تُنقل مواد الاندوسبيرم خلال تطور الجنين إلى الأوراق الأولى للبادرة - الفلقات، وهناك يتم تخزينها. في نباتات أخرى، مثل: القمح أو الذرة، يزوِّد الاندوسبيرم المواد المطلوبة مباشرةً، 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.

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

للمزيد عن:
مواد التخزين في البذرة، انظروا الفصل الثاني.

أُعِدَّت مواد التغذية "المرزومة" في البذرة مع الجنين لتغذية النبات المتطور، لكن هناك آخرون يستفيدون منها، حيث تُستعمل البذور كغذاء مركَّز وجيد للإنسان ولكائنات حية كثيرة أخرى. البذور التي تعتبر مكون أساسي في تغذية الإنسان هي: أنواع النجيليات (أرز، قمح، ذرة) بقوليات (بازيلاء، فستق، 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 تحميها من إصابات مختلفة: ميكانيكية مثل الإحتكاك بالتربة، أسنان حيوانات، حوامض ومواد أخرى في الجهاز الهضمي للحيوانات (تأكل ثمار تحتوي بذور)، بكتيريا وفطريات.

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 بتاتًا، مثلًا: تجتاز النباتات الحولية فترة الصيف الجاف في بلادنا كبذور، وهكذا "تتملص" من ظروف بيئة محيطة صعبة (حر شديد وجفاف). أحيانًا 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

تطور الثمرة

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

انتبهوا: بحسب هذا التعريف، الأشياء التي نسمِّيها "خضروات"، مثل: البندورة، الخيار، الفلفل والباذنجان هي ثمار أيضًا بحسب علم النبات.

بداية عملية إنتاج الثمار نسمِّيها الايناع (عقد الزهرة). بعد عملية الايناع أيضًا، لا تُكمل كل الثمار عملية التطور. يتساقط في الحمضيات حوالي 90% من الأزهار التي مرَّت بعملية الايناع، في الأفوكادو نسبة الايناع حوالي 1%. لكن هذه النسبة تضمن محاصيل عالية للمزارعين.

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

في أعقاب الايناع، تبدأ مرحلة نمو الثمرة. تُنقل نواتج 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 وتَنْتُج فراغات بين الخلايا.

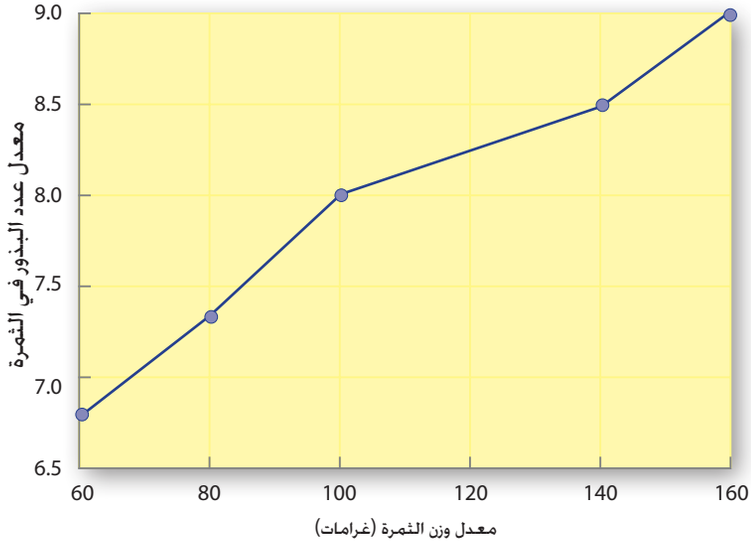
يتأثر كبر الثمرة من المعلومات الوراثية للنبتة، من كمية الموارد المتوفرة للنبتة ومن ظروف حالة الطقس. والبذور التي تتطور في الثمرة تؤثر على كبر الثمرة أيضًا. يؤدي ازدياد البذور إلى ارتفاع مستوى الأوكسين والجبريلين في الثمرة، حيث تؤدي هذه الهورمونات إلى توجيه كمية كبيرة من نواتج عملية التركيب الضوئي إلى الثمرة وتوجيه كمية قليلة إلى الأقسام الخضرية. تأثير البذور والهورمونات التي تفرزها على تطور الثمار هو تأثير ملحوظ، مثلًا: عندما يقل عدد البذور في الثمرة، يتغيَّر 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 (الرسمة د- 21).



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

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

عند انتهاء مرحلة نمو الثمرة، تبدأ مرحلة النضوج. في هذه المرحلة، تبدأ في الثمرة تغيُّرات بمكوناتها الكيميائية، بطعمها، برائحتها، بلونها، بقساوتها وبمستوى الحموضية (pH).

يتحلل الكلوروفيل الذي أكسب الثمرة لونها الأخضر وتظهر مواد ألوان أخرى. في حالات كثيرة، المواد الإدخارية كالنشا لا تذوب، بل تتحلل إلى سكريات وتُكسب الثمرة الناضجة مذاقها الحلو، ومع مرور الوقت تقل درجة الحموضية تدريجيًا. تمتلئ خلايا نسيج الثمرة - اللب القصيري- بمواد مغذية ولذيذة تحيط البذور. اللب القصيري، يحوِّل الثمرة إلى غذاء تتغذى عليه حيوانات كثيرة والإنسان. يمكن أنْ نفكر أنّ أكل الثمار يشكِّل سيئة للنبات، لكن هذه الصفة وصفات أخرى للثمار تشكل ملاءمة لإنتشار البذور (كما نلاحظ ذلك في جدول د - 2 في صفحة 110).

بندورة حمراء وخضراء

ليس جميع الثمار عصيرية وبذورها تنتشر بواسطة حيوانات. يوجد تنوع كبير جدًا في الثمار أيضًا. يوجد ثمار جافة، مثلاً: القرن في نباتات البقوليات التي تفتح ثمارها وتُطلق 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 وسجِّلوا ما شاهدتموه.
- اقطعوا من موزة صفراء قطعة سُمكها 5 سم. نقطوا عليها نقطة لوجول وسجِّلوا 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. خمِّنوا 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. يَنْتُج اثلين في الثمرة وهو يؤثر على وتيرة النضوج. الاثلين المنبعث من الثمرة، يؤثر أيضًا على نضوج الثمار المجاورة له.

هناك بعض الثمار التي تنهي عملية النضوج بعد قطفها. هذه الثمار نسمِّيها 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.

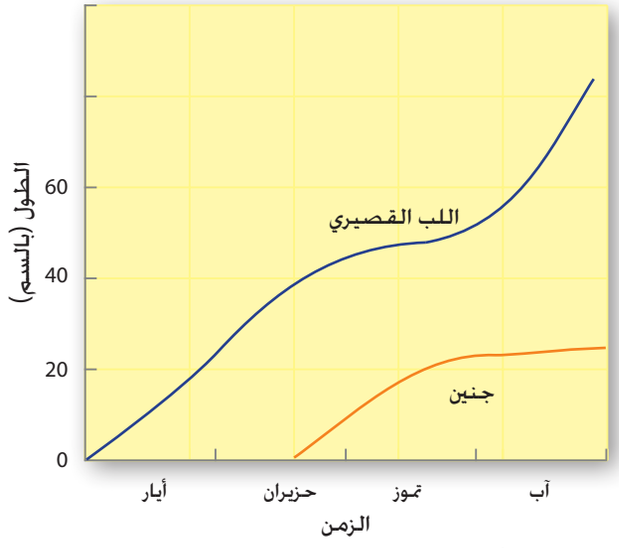
?? سؤال د - 12

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 تغيُّرات في كبر أقسام الثمرة كما نلاحظ ذلك في الرسمة د - 22.

أ. صفوا المكتشفات التي تظهر في الرسمة د - 22.
ب. قارنوا بين مجرى التغيُّرات في الجنين وبين مجرى التغيُّرات في اللب القصيري؟
ج. ما هي وظيفة اللب القصيري في الثمرة؟



الرسمة د - 22: تغيُّر 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، تتطور مجموعة شعيرات على رؤوس بذور البيسوم، وتبدو النَوَرة كلها "كرأس الجد". كل بذرة هي وحدة انتشار تشمل ثمرة في داخلها بذرة ومجموعة شعيرات تساعد وحدة الانتشار على الطيران إلى أبعاد كبيرة بمساعدة الرياح (الرسمة د - 23).

الرسمة د - 23: انتشار ثمار بواسطة الرياح (على اليمين: بذور الدفلة; على اليسار: "رأس الجد")

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 (الرسمة د- 24) ويساعد في انتشار البذرة إلى أبعاد كبيرة وفي دخولها داخل التربة.

الرسمة د- 24: بذرة إبرة العجوز

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.

ثمار صبار

الثمرة تؤكل والبذور تبقى (مانجو ومشمش)

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

جدير بالمعرفة: تؤكل وتنتشر أيضًا

يوجد لنبتة الخروع علاقة متبادلة مثيرة الاهتمام مع النمل. البذرة ذاتها سامة، لكن في طرفها يوجد جُسيم 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...
الثمرة	ثمرة عصيرية، حلوة وطرية	مشمش، عنب، أفوكادو، بندورة	.1
	تفتح الثمرة وتقذف بذورها ("تنفجر")	فقوس الحمار، الشيرق	.2
	تفتح الثمرة بعد أن تتبلل فقط	شوك الدب	تزامن الإنبات مع الموسم الماطر
	ثمرة يوجد لها بروزات	فصّة	.3
	ثمار لها إضافات تشبه الجناح وهي تساعدها على التحلق في الجو. ثمرة لها مجموعة شعيرات	بليسندر جميلة بيسوم	.4
بذرة	يوجد كتلة دهنية في طرف البذرة	خروع	.5
	يوجد للبذرة شعيرات	قطن الدفلة	.6
	مواد التخزين القريبة من الجنين تحتوي على مواد مرَّة. 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 وَ "إدخال" البذرة إلى داخل التربة.

سؤال د - 14

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

بليسندر جميلة

الشيرق: قرون مع بذور

انتشار بذور في فقوس الحمار

جدير بالمعرفة - اختراع من الطبيعة

إحدى الاختراعات المستعملة كثيرًا في حياتنا اليومية هي الشرائط اللاصقة ("سكوتش") التي نستعملها لإغلاق الأحذية، الحقائب وغير ذلك. أُخِذَتْ هذه الفكرة من الطبيعة مباشرةً، من ثمار الفصّة التي تشتمل على شرائط لاصقة، حيث تساعدها على الإلتصاق بصوف الحيوانات بقوة.

ثمرة الفصّة.: تساعد البروزات على انتشار البذور بواسطة الحيوانات

شرائط لاصقة "سكوتش"

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؟

د6.2 من وجهة نظر زراعية: تدخُّل المزارع في توجيه تطور الثمار

كما تعلَّمتم في الفصل الثالث، يستطيع المزارع أنْ يتدخل في جميع مراحل نمو النبات، وأنْ يوجِّه موعد الإزهار (بند د1.2)، وأنْ 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 بَرَدْ. رش النباتات بالأوكسين، يمنع أحيانًا تساقط الأزهار والثمار في ظروف الصقيع خاصة. تزداد عملية عقد الثمار في أصناف أجاص معينة في أعقاب رشها بجبريلين.
- أحيانًا 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 (يُزيل عددًا معينًا من الثمار أو الأزهار).
يمكن أن يتم تفريد الأزهار وتفريد 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 عادةً، 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 وتتعرض 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 الريّ كثيرًا، فإن الثمار تكون حلوة عادةً.
- تؤدي إضافة هورومونات نباتية إلى الحصول على ثمار كبيرة. بودنا أن ننوه أن استعمال الهورمونات قد يُشوِّه شكل الثمار، لذا يجب على المزارعين استعمال الهورمونات بكميات مناسبة.
- تنفيذ التحليق يمنع انتقال نواتج عملية التركيب الضوئي إلى الأقسام السفلية للنبتة. 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 نسمِّيها **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 الاثيلين بحسب حاجة السوق إلى هذه الثمار.

للمزيد عن:
التحليق، انظروا بند ج3.1.

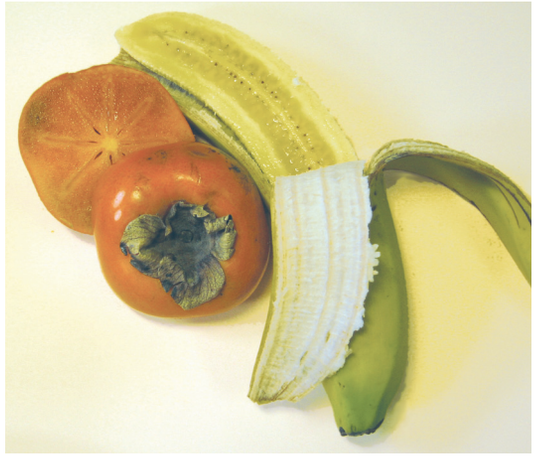
من الأفضل أن نعرف أنه أحيانًا تدخُّل المزارع يؤدي إلى أن تكون الثمار كبيرة وجميلة ومدة تخزينها طويلة، لكن في حالات كثيرة لا تكون لذيذة. لهذا السبب تزداد رغبة الناس إلى اختيار ثمار نُمِّيت دون تدخُّل المزارعون.

إنتاج ثمار دون بذور (حث parthenoskarpos)

يوجد حالات تتطور فيها **ثمار دون بذور**، هذه الظاهرة نسمِّيها 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 إنْ لم يكن بعدها إخصاب. يوجد نباتات يتطور فيها المبيض إلى ثمرة دون تلقيح. نقص البذور في الطبيعة هو سيئة للنباتات، لأنَّ 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 نؤدي بطريقة اصطناعية إلى تطور ثمار دون إخصاب ودون بذور. الطريقة الأولى بواسطة هورمونات نباتية: رش بأوكسين (تين)، رش بجبريلين (خمان أسود، أجاص، عنب) ورش بتسيتوكنين (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 واخصاب بالطرق العادية.

للمزيد عن:
الهندسة الوراثية، انظروا الفصل الخامس.

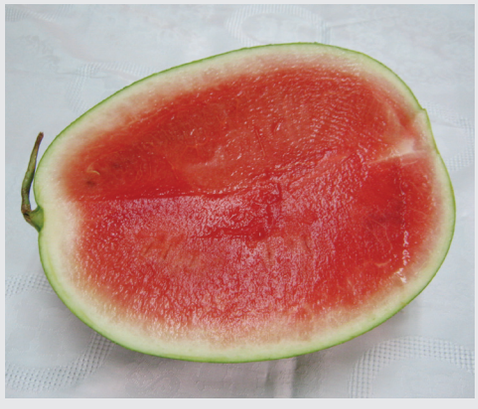
يوجد طلب كبير جدًا لثمار دون بذور، من قبل المستهلكين ومصانع الغذاء، لانه من السهل جدًا معالجة ثمار دون بذور. الحسنات للمزارع أنه غير متعلق بعوامل خارجية، مثل: الريح أو الملقحات ويستطيع أن يسيطر جيدًا على موعد التسويق وفقًا لمتطلبات المستهلكين.



ثمار دون بذور: موز وأفرسمون

توسع: بطيخ دون بذور

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



بطيخ دون بذور

للحصول على بطيخ دون بذور، يستعمل المزارع نبتتين مختلفين: نبتة ذكرية تساهم في حبيبات اللقاح وهي البطيخ "العادي" الذي فيه عدد الكروموسومات 2n (ديبلوئيدي). 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 نِصف عدد كروموسوماتها: (2n) كروموسومات من الأنثى وَ (n) كروموسومات من الذكر. وهكذا نحصل على ثمرة عدد كروموسوماتها (3n) (ثلاثية المجموعة الكروموسومية). العدد الفردي للكروموسومات يمنع من تطور البذور. في أعقاب الاخصاب، تتطور ثمرة عصيرية أكثر قساوةً من الثمرة التي تحتوي على بذور، لكن البذور القليلة التي تَنْتُج تكون صغيرة، شفافة (أحيانًا بيضاء) وغير خصبة.

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

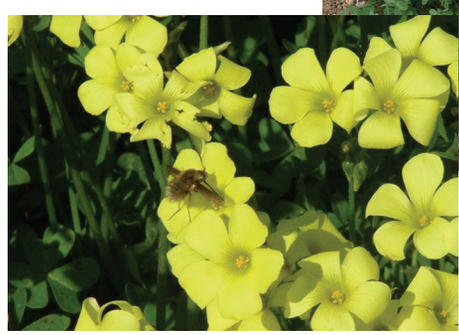
كما ذكرنا في بداية الفصل، يوجد في عالَم الأحياء طريقتان معروفتان للتكاثر: تكاثر تزاوجي (تكاثر جنسي) وتكاثر غير تزاوجي (يشمل التكاثر الخضري).

لكل طريقة تكاثر حسنات وسيئات. أحيانًا في بيئة محيطة معينة تكون طريقة معينة ذات حسنات، لكنها في بيئة محيطة أخرى تكون ذات سيئات.
ذكرنا في بند د2.1 حسنات وسيئات تكاثر غير تزاوجي. في هذا البند، نفصِّل 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 تتنقل من زهرة إلى أخرى وهكذا تنقل حبيبات اللقاح التي تحتوي على خلايا تناسلية ذكرية من زهرة إلى أخرى. في النباتات التي يتم تلقيحها بواسطة تلقيح غريب فقط، في حالة نقص في الملقحات، لا يتمُّ التكاثر إلا إذا استطاع النبات أنْ يتكاثر بواسطة تكاثر غير تزاوجي أيضًا.

يتم التعبير عن حسنات التكاثر التزاوجي عندما تتغيَّر ظروف البيئة المحيطة، حيث يؤدّي التباين في المعلومات الوراثية بين أفراد التكاثر التزاوجي إلى ازدياد احتمال بقاء أفراد معينة على الرغم من التغيُّر في البيئة المحيطة، وهكذا نضمن استمراريّة 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 تغيُّرات في بيئة محيطة لا تتيح بقاء الأفراد، فقد ينقرض النوع. كما أنه بفضل التباين الكبير يمكن رعاية أصناف جديدة ذات صفات مناسبة للأسواق المختلفة.

تتكاثر أنوع نباتات كثيرة في الطبيعة بالطريقتين، وهذا يعني تكاثر تزاوجي وتكاثر غير تزاوجي، مثل: شقائق النعمان، بُصيل، أنواع ثوم وبصل، النجيل، النعنع، التوت الأرضي والأسبراجوس. وتتكاثر أنواع أخرى بطريقة التكاثر التزاوجي فقط، مثل: الملّ، التفاح، بيسوم، 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 تَنْتُج 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 نَتَج منه، ويكون كل النسل متماثلاً أيضًا.
عدد خلايا التناسل التي تشترك في العملية	.1	لا توجد علاقة بالخلايا التناسلية
عدد الوالدين اللذان يَنْتُج منهما النسل	عادةً اثنان (في التلقيح المتبادل، والد واحد في التلقيح الذاتي	.2
تباين وراثي بين الوالدين والنسل	يوجد	لا يوجد
مماثل للوالدين	.3	.4
مماثل 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
حسنات في الزراعة	إنتاج أصناف تهجين ذات صفات مرغوبة / مفضلة .12	الحفاظ على صفات مرغوبة خلال الأجيال .13 .14 .15
سيئات في الزراعة	.16	.17
جانب النشوء 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 اسْمَ شجرة النخيل "متوشلاح".
قال أحد العلماء: "إننا نخشى ألّا تُثمر الشجرة بتاتًا".
أ. النخيل هو نبات ثنائي المسكن. لماذا يَخشون ألّا تُثمر الشجرة؟
ب. يتكاثر النخيل بواسطة الفسائل أيضًا. 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 يُنْتِج شجر النخيل فسائل. في السنوات الأخيرة، طوَّر الباحثون طريقة تكاثر بواسطة مستنبت خلايا من أشجار النخيل.
قارنوا بين طريقَتَي التكاثر، ثم تطرقوا إلى حسنات وسيئات كل طريقة.

3. الجرف مع تيار ماء غصنًا من شجرة الإثل التي تنمو في أعلى جدول ماء. عندما وصل منخفض الجدول، انغرز في ضفة الجدول وتطورت له جذور وبدأ يورق أوراقًا.
أ. ما هو نوع التكاثر الذي يمثّله الغصن الذي بدأ يورق أوراقًا؟
ب تطور الغصن في منخفض الجدول إلى شجرة وبدأ يُزهر. هل يتم فيه تكاثر تزاوجي أيضًا؟ اشرحوا.
ج. اختاروا الجملة الصحيحة وعلّلوا.
I. الشحنة الوراثية للشجرة في منخفض الجدول مماثلة 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 فرقًا واضحًا 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 أنّ هناك عاملاً إضافيًا للمقارنة، فيمكنكم إضافته إلى الجدول.

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

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

6. قام باحثون بتنمية توت أرضي في قطعَتَيْ أرض. نوع التربة، درجة الحرارة وظروف الري في القطعتين كانت متماثِلة. 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، فُحصت كمية السكر في ثمار مجموعَتَي النبات (خمس نباتات من كل مجموعة). لُخصت النتائج في الجدول الآتي:

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

أ. أي مجموعة ثمار أُخذت من نباتات تطورت من روافد، وأي مجموعة ثمار أُخذت من نباتات تطورت من بذور؟ علِّلوا.

ب. نباتات التوت حساسة للصقيع. في أي قطعة أرض يوجد احتمال أكبر لبقاء نباتات توت أرضي بعد عدة ليالي؟ علِّلوا.

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 نشملها في التجربة؟
   ج. ما هي النتيجة التي تحقق الفرضية؟

8. أمامكم عدة جُمل تتطرق إلى التلقيح الاصطناعي و/أو التركيب.
   انسخوا في دفاتركم أحرف الجُمل (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 تدخُّل الإنسان فقط.
   ج. يتم اتحاد نواتَيْ خليَتيْ 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 تدخُّل 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 واشرحوا أهميتها للحيوانات ولاستمرارية أجيال النباتات.

11. وَرَدَت 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 مركَّز (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 الخليوية 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.
- يُفَضّل المزارعون استعمال تكاثر غير تزاوجي في نباتات تستطيع أن تتكاثر بطريقة تزاوجية أيضًا.
- التكاثر غير تزاوجي بواسطة الفسائل ومستنبت نسيج الخلايا هما طريقتان شائعتان في الزراعة.
- في عملية تركيب النبات نُنْتِج 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 ملائِم لطريقة التلقيح.
- تشمل عملية التكاثر التزاوجي المرحلتين الآتيتين: التلقيح والاخصاب.
- 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 ملاءمة بين مبنى الثمرة والبذور وبين طريقة انتشار البذور.
- يستطيع المزارع التدخُّل 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 محيطة متغيِّرة.
- يوجد للتكاثر التزاوجي أفضلية عندما نريد أن نرعى صنفًا جديدًا في ظروف بيئية محيطة متغيِّرة. تنبع سيئة التكاثر التزاوجي من الحاجة إلى شركاء في التلقيح والانتشار.

مصطلحات مهمة في الفصل

أسدية
أكسين
طول النهار
اندوسبيرم
بويضة
بصل
جبريلين
عوامل خارجية
عوامل داخلية
حبيبات اللقاح
ثنائي الجنس
تفريد ثمار
تفريد أزهار
نشر حبيبات لقاح
انتشار بذور
تلقيح غريب (متبادل)
تلقيح اصطناعي
تلقيح ذاتي
الإنضاج الاصطناعي
نضوج

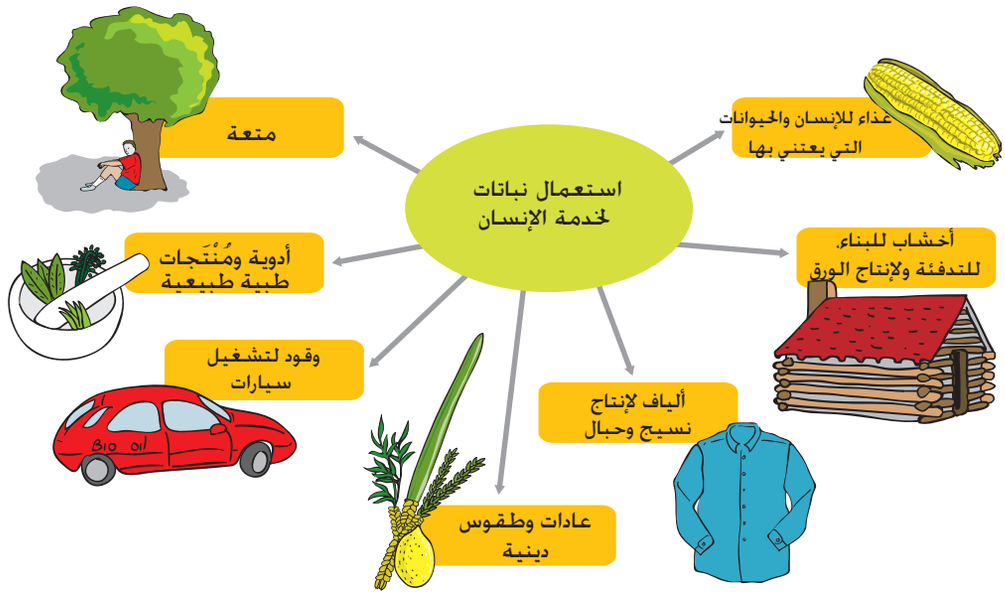
هورمونات
اخصاب
تركيب نبات
زيجوت
خيط
بذرة
أحادي الجنس
مواد إدخارية
عقد الثمار
فسائل
الأصل
ملقح
ميوزا
ميتوزا
أنبوب اللقاح
برعم
جنين
متاع
أوراق كأس
أوراق تويج
التوقيت الضوئي
فلقات

درنة
زهرة
زهرة أحادية الجنس
زهرة ثنائية الجنس
ثمرة
ثمرة دون بذور
إزهار
غدد رحيق
ميسم
نبات نهار طويل
نبات نهار قصير
تكاثر غير تزاوجي (تكاثر خضري)
تكاثر تزاوجي
راكب
تباين وراثي
جُذير
مبيض
مرحلة خضرية
مرحلة تناسلية
روافد
خلية بويضة
خلية تناسل ذكرية
مستنبت نسيج

٥ تدخُّل الإنسان في تنمية نباتات في المزرعة

مقدمة

بدأت تنمية النباتات في المزرعة قبل حوالي 10,000 سنة، وقد كان الهدف منها تزويد غذاء متنوع للإنسان والحيوانات التي يعتني بها ولتزويد مُنْتَجات كثيرة إضافية (الرسمة هـ - 1).



الرسمة هـ - 1: استعمال نباتات لخدمة الإنسان

يستغل الإنسان معظم أعضاء النباتات لأهداف مختلفة. تُستعمل معظم محاصيل البذور كمكوِّن أساسيّ مهم جدًا في تغذية الإنسان والحيوانات التي يَعْتني بها. ويُستعمل قسم من البذور لتنمية نباتات الجيل القادم ولإنتاج بذور إضافية.

جدير بالمعرفة

تزوِّد ثلاثة أنواع النجيليات - *قمح، أرز وذرة* - أكثر من 50% من غذاء الإنسان في العالَم. وَ 20 نوعًا من مجموع المزروعات الزراعية تزوِّد حوالي 90% من الغذاء. يوجد أنواع نباتات كثيرة يمكن أن تكون مصادر غذاء، لكنها غير مستغلة حتى الآن.

حقل قمح

سؤال هـ - 1

أ. فيما يلي قائمة مُنْتَجات غذائية ومشروبات: حمص، طحينة، خبز، سكر ، زيت، عصير برتقال، قهوة، كاكاو، بطاطا مقلية وبمبا. أي منها حُضِّرت من بذور؟

ب. اكتبوا مُنْتَجًا غذائيًا آخر لا يظهر في القائمة في بند أ، لكن يتم تحضيره من بذور.

في السنوات العشر الأخيرة، فهم المزارعون أنه لا يكفي أن نزرع البذور في التربة وأن ننتظر قدوم المطر لري النباتات وحصاد المحاصيل، أو قطف الثمار. اليوم، تحوَّلت تنمية النباتات في الزراعة إلى صناعة حكيمة تعتمد على المعرفة وعلى التكنولوجيا المتقدمة. حيث تختلف طرقها بشكل كبير جدًا عمَّا كان في الماضي (وما زالت متبعة حتى يومنا هذا في أماكن مختلفة في العالَم). تدخُّل الإنسان في تنمية النباتات معروف في ثلاثة مجالات أساسية:

- ازدياد المحاصيل بوسطة الري، التسميد، مكافحة الآفات الضارة والأمراض وتنمية النباتات في ظروف تخضع للمراقبة (مثل: الضوء، درجة الحرارة، CO_2).
- توجيه الإزهار وإنتاج الثمار بوسطة إضافة هورمونات، تقليم، وتغيير ظروف الإضاءة.
- ازدياد تنوع النباتات التي ينميها الإنسان لاحتياجاته المختلفة بطرق مختلفة، مثل: تأقلم نباتات أُحْضِرت من مناطق جغرافية أخرى في العالَم، رعاية أصناف وتغيير صفاتها وفقًا لاحتياجات الإنسان بواسطة الانتخاب الاصطناعي، تهجين أصناف/أنواع ببعضها وبينها وبين نباتات برية قريبة منها وطرق هندسة وراثية.

للمزيد عن:
تدخُّل الإنسان في النمو والتطور، انظروا الفصل الثالث

للمزيد عن:
أنواع وأصناف، انظروا بند هـ2.

شرحنا في الفصول الثاني والثالث والرابع عن الطرق التي يتدخل الإنسان بواسطتها في دورة حياة النبات، لكي يزيد من المحاصيل وليلائمها إلى المزارعين والمستهلكين وهنا نعود ونلخصها في جدول هـ - 1).

جدول هـ - 1: أمثلة لتدخُّل في دورة حياة النبات

المرحلة في دورة حياة النبات	العملية التي ينفِّذها المزارعون	الهدف	أمثلة للتطبيق
البذرة	احتكاك، تليين كيميائي أو هرس قشرة قاسية	.1	زيت
	كشف البذور لظروف إضاءة مناسبة	.2	الخس
المرحلة الخضرية	ري، تزبيل وتسميد	.3	جميع المزروعات الزراعية
	.4	ازدياد عملية التركيب الضوئي وتحسين النمو	خضروات وأزهار في الدفيئة
	.5	تأثير على تطور الجذور	.....
	تقليم وقصّ	. 6	أشجار ثمار وعنب
	الرش بمادة تؤدي إلى تساقط الأوراق	تحضير النبات لجمع الثمار والبذور	القطن
	تغطية الحقل بشبكة	.7	خضروات وفواكه
المرحلة التناسلية	.8	توجيه موعد الإزهار بحسب احتياجات السوق	أزهار زينة في الدفيئة
	تخليق	.9	أشجار مثمرة
	تفريد (تقليل عدد) الأزهار والثمار بطريقة يدوية أو بواسطة هورمونات	تقليل التنافس بين الأعضاء التي تستهلك نواتج التركيب الضوئي	أشجار مثمرة
	إضافة مناحل	.10	حمضيات، أفوكادو
	تلقيح اصطناعي		نخيل
	تغطية الكرم بشبكة	منع أكل الثمار من قبل العصافير والخفافيش	موز ، .....
	مستنبت نسيج	تكاثر نباتات بطريقة غير تزاوجية	موز
تخزين المنتوجات الزراعية لمدة طويلة	.11	توجيه الإنضاج الإصطناعي. في ثمار كلمكتارية	موز، افوكادو، افرسمون
	.12	إبطاء عمليات طبيعية، مثل: الإزهار، النضوج، تثبيط الإنضاج الإصطناعي.	أزهار للتصدير، تفاح، موز، بندورة، حمضيات
	غسل، تعقيم	.13	حمضيات فلفل
	تغليف بطبقة شمعية	تقليص فقدان الماء من الثمرة والحفاظ على منظر براق، تقليل الإصابات الميكانيكية، تقليص التعرض للآفات الزراعية والجفاف.	حمضيات، تفاح

?? سؤال هـ - 2

أكملوا في دفاتركم المعلومات الناقصة في الجدول. استعينوا بما تعلَّمتموه في الفصول ب ، ج وَ د.

هـ1. من هناك إلى هنا: تأقلم نباتات

جميز - شجرة أصلها من إفريقيا، وقد تأقلمت في البلاد قبل مئات السنين

لا تنمو جميع المزروعات بشكل طبيعي في منطقتنا. منذ أن بدأت تنمية النباتات لاحتياجات الإنسان، حاول مزارعون أن ينمو نباتات أُحضرت من أماكن مختلفة في العالَم.

العملية التي في نهايتها ننجح أنْ نُنّمي نباتات - في البلاد - أُحْضِرت من أماكن أخرى نسمِّيها **تأقْلُم**. أثناء التأقلم، تتعرَّض النباتات (أو البذور) التي أُحضِرت من بيت تنمية آخر إلى ظروف بيت تنميّة جديد، حيث يتم ذلك بطريقة تدريجية. أحيانًا، نختار من عشيرة النباتات التي أحضرناها، نباتات ذات صفات مناسبة للظروف الجديدة. لا ينجح التأقلم في كل حالة بسبب الفرق بين بيت التنمية الجديد وبين بيت التنمية الأصلي في الظروف الآتية: المناخ، نوع التربة، مسببات أمراض وما شابه.

قبل أكثر من مائة سنة، فَهِم المزارعون والباحثون أن نقل نباتات من بيت تنمية إلى آخر، قد يؤدي إلى مشاكل بيئيّة كبيرة. في سنة 1898، تأسست في الولايات المتحدة "خدمات رسمية لإدخال نباتات إلى أماكن تنمية جديدة"، وقد بدأوا في بحث موضوع نقل النباتات وتأقلمها والمشاكل المتعلقة بها. عملية تأقلم النباتات ليست سهلة ونجاحها غير مضمون دائمًا. في حالات معينة فشلت عملية التأقلم. في مزروعات معينة، فشل التأقلم في المحاولة الأولى، لكنه نجح في المحاولات التي تمّت فيما بعد. وفي حالات معينة، نجح التأقلم بشكل كبير جدًا، لكن النبات تحوَّل إلى "نبات غازي" وقد أدى (ويؤدي) إلى أضرار في البيئة المحيطة الجديدة. في كل محاولة تأقلم نباتات في بيئة محيطة جديدة، يجب علينا الانتباه إلى تأثيرات العملية على البيئة المحيطة، ومن هنا يجب استعمال وسائل حذر ووقاية في العملية.

علاقة بعلم البيئة:
التنوع البيولوجي وأهميته.نباتات غازية .

جدير بالمعرفة: نباتات تأقلمت كنباتات غازية

النبتة التي أُحضِرت إلى البلاد وتأقلمت هنا وتحولت إلى مكرهة حقيقية هي النبق الأزرق. أحضِّر هذا النبات إلى البلاد في سنوات العشرينيات، لكي يثبِّت الرمال (كُثْبان الرمال)، وقد انتشر في جميع أنحاء البلاد. كما هو الأمر مع جميع النباتات الغازية، فإنَّ النبق الأزرق يؤدي إلى أضرار في بيت التنمية الذي تتكاثر فيه دون مراقبة: فهي تمنع نباتات محلية من أن تنمو بالقرب منها، تؤْذي التّنوع البيولوجي في المكان وتغيِّر طابع التربة. بسبب سيطرة النبق الأزرق على ضفَتَي النهر، فإنها تؤدي أحيانًا إلى انهيار الضفة وإلى تغيير اتجاه مجرى جدول الماء. يعتبر إبعاد النبق الأزرق من بيوت التنمية مهمّة صعبة جدًا وغير ممكنة تقريبًا، وذلك بسبب عدد البذور الهائل التي تُنْتِجها، ولأن قَطعَها أو حرقها لا يميتها، بل تعود وتنمو من جديد. عندما نقلع النبق الأزرق، لا نحل المشكلة، لأنه يبقى في التربة مخزن من بذور تصمد عشرات السنين.

النبق الأزرق

?? سؤال هـ- 3

ما هي الصفات التي تساهم في نجاح نبتة النبق الأزرق أن تكون نبتة غازية؟

ه1.1 مراحل التأقلم

في عملية التأقلم، نلاحظ ثلاث مراحل أساسية:

- اختيار نباتات مناسبة للتأقلم في البلاد وإحضارها.
- منع التجول.
- تكاثر النبات وانتشاره.

أ. اختيار نباتات مناسبة للتأقلم في البلاد وإحضارها

علاقة بعلم البيئة: ملاءمة.

في الماضي، اعتاد الباحثون أن ينقلوا نباتات بالغة كاملة وحاولوا أن يأقلموها في أماكنها الجديدة. مع مرور السنين، وجد هؤلاء الباحثون أنه من الأفضل نقل البذور، لكي ينجحوا في تأقلمها. فيما يلي الأسباب لذلك:

- عملية نقل النباتات البالغة/الكاملة التي اقتُلعت من التربة هي عملية معقدة وباهظة الثمن ولا تنتهي بنجاح دائمًا.
- عند نقل النباتات البالغة، قد تُنقل نباتات مع مسببات أمراض وآفات زراعية مختلفة. هذا الخطر ليس كبيرًا عندما ننقل بذورًا.

الرصاصية

عندما تتشابه ظروف بيت التنمية الأصلي للنبات مع ظروف بيت التنمية في البلاد، فإنَّ احتمال التأقلم يكون كبيرًا. يوجد في العالَم مناطق لها أقليم يشبه الأقليم السائد في البلاد، مثل: جنوب كاليفورنيا، جنوب إفريقيا، وأقسام كبيرة من إستراليا، لذا أُحْضِرت إلى إسرائيل نباتات كثيرة من هذه البلاد. أحد الأمثلة لذلك هو نبتة الرصاصية التي أُحْضِرت إلى البلاد من جنوب إفريقيا وهي تُستعمل "كجدار حي"، حيث تتميز في إزهارها الأزرق فاتح.

على الرغم من ذلك، اتضح مع مرور السنين أنه يمكن أن تتأقلم بنجاح، في البلاد، نباتات تنمو في أقاليم أخرى تختلف عن أقليم بلادنا. مثلاً: نجح المزارعون في أن يأقلموا صنف بطاطا أُحضِر من سكوتلندا التي تتميز بأقليم بارد ورطب أكثر من البلاد، أما أصناف البطاطا التي أُحضِرت من فرنسا، من أقليم يشبه الأقليم في البلاد، لم تنجح هنا.

عند اختيار أصناف فواكه، خضروات ومزروعات حقلية للتأقلم، فإننا نفضل أصنافًا ذات محاصيل عالية، تبقى مدة طويلة للاستعمال، لها قدرة على الصمود أمام الأمراض،والآفات الزراعية وظروف الصدمة، مثل: الجفاف والملوحة.

عدد أنواع البذور والنباتات الجديدة التي يتم احضارها إلى البلاد لفحص تأقلمها يكون صغيرًا جدًا خوفًا من أن ينقلوا آفات زراعية وأمراض نباتات إلى البلاد. لذا تمنع الدولة مسافرين أو سائحين منعًا باتًا من إحضار ثمار، أشتال، أزهار وبذور إلى البلاد.

ب. منع تجول
كل مادة نباتية، نباتات أو بذور تصل البلاد من أماكن خارج البلاد، يجب أن تكون معقمة ومصادق عليها رسميًا أنها خالية من الأمراض. بعد ذلك، يجب أن تكون هذه المواد في منع تجول وتحت إشراف وزارة الزراعة لفترة معينة، لكي يفحصوا أنها لا تحمل أمراضًا وآفات زراعية. عندما يكون هناك شك لوجود مسببات أمراض وآفات زراعية، فإنهم يُنمّون البذور في مكان مغلق، بحيث تكون معزولة عن بيئتها المحيطة (مثلا: في دفيئة مغلقة)، لكي يتأكدوا من أنها غير مصابة بمرض معين.

ج. إكثار النبات ونشره
بعد فترة منع التجول وبعد أن يتأكدوا من أن المادة النباتية التي أُحضِرت إلى البلاد لا تحمل أمراضًا وآفات زراعية، تبدأ عملية الإكثار والنشر. أثناء إكثار المادة، يفحصون صفات ومدى تكيُّف المادة النباتية إلى ظروف الأقليم في بيت التنمية الجديد. نُنمّي عادةً النباتات الجديدة في عدة مناطق في البلاد، لكي نفحص الظروف التي تتطور فيها النباتات بشكل أفضل. خلال هذه الفترة من التأقلم، يراقب المختصون نمو هذه النباتات، وإذا وُجد عامل مسبب لأمراض أو آفات زراعية معينة، فإنهم يبيدون النباتات مباشرةً، لكي يمنعوا انتشار المرض في البلاد.

ه2.1 نباتات أُقلمت في البلاد

شجرة الكينا
شجرة الكينا هي شجرة شائعة في استراليا. وقد أُحضِرت إلى البلاد في نهاية القرن التاسع عشر، لكي تساعد على تجفيف المستنقعات التي تعتبر بيوت تنمية جيدة للباعوض الذي ينقل مرض الملاريا. الغريب في الأمر، أن شجرة الكينا نمت وتطورت في أماكن كثيرة في البلاد، حيث نجد بالأساس غابات كينا في أماكن كانت فيها مستنقعات كثيرة. تعتبر شجرة الكينا اليوم من بين الأنواع الغازية في البلاد.

شجرة كينا

أنواع حمضيات (برتقال، كريبفروت وغير ذلك)
مصدر أشجار الحمضيات من جنوب شرق آسيا. عندما أُقيمت المستوطنات الأولى في البلاد، غُرست فيها بيارات أيضًا. أسماء الحمضيات وبالأساس البرتقال من "صنف" شموطي"، سُمي "برتقال يافا الذهبي" (Jaffa Oranges)، حيث يُشير الاسم إلى جودة الثمار.

شجرة برتقال

أشجار ثمار شبه استوائية

من الصعب أنْ نتخيَّل رفوف دكاكين الفواكه والخضروات دون أفرسمون، مانجو، أفوكادو، أنونا وجوافة. مصدر هذه النباتات من المناطق المجاورة للمناطق الأستوائية التي تقع حول خط الاستواء (ومن هنا جاء اسمها شبه استوائية) والتي يسودها أقليم حار ورطب أكثر من البلاد. تأقلمت هذه النباتات جيدًا في البلاد وهي تُستهلك للاحتياجات المحلية وتُصدر إلى خارج البلاد.

جدول هـ - 2: أمثلة لثمار شبه استوائية أُقلمت في البلاد

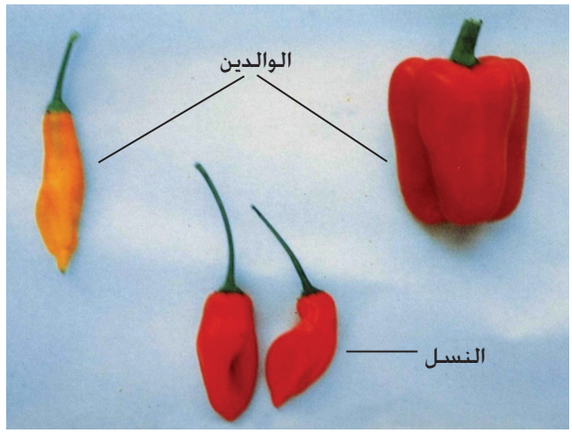
اسم النبات	المنطقة التي أُحضِر منها النبات
أفوكادو	مركز أميركا: من جنوب المكسيك وحتى شمال أميركا الجنوبية
أنونا	مركز أميركا والجنوب
أناناس	البرازيل (جنوب أميركا)
أفرسمون	جنوب وغرب آسيا
جوافة	مركز أميركا وجنوبها
ليتشي	شرق آسيا
مانجو	جنوب وشرق آسيا، شمال الهند
كيوي	جنوب الصين

ثمار على رف في دكان (من اليمين إلى اليسار:مانجو، كيوي، أناناس وليتشي)

جدير بالمعرفة: المزيد عن تأقلم النباتات في إسرائيل

بدأ تأقلم أشجار الفواكه في البلاد مع قيام المستوطنات الأولى التي أسسها البارون روتشيلد. الباحث أهرون أرونسون الذي اكتشف نبتة "أم القمح" بالقرب من روش بينا، بدأ في عملية تأقلم أشجار فواكة استوائية في بداية القرن العشرين بالقرب من عتليت. بعد موته، في سنة 1919، توقفت عملية التأقلم، لكنها تجددت بعد عدة سنوات، ففي سنة 1931 غُرست حديقة التأقلم في محطة تجريبية في رحوبوت، وقد أُدْخِلَتْ إلى البلاد أنواع وأصناف جديدة كثيرة. في غابة الأشجار الباسقة، بالقرب من البلدة كديما، في مركز البلاد. أقامت وزارة الزراعة في سنوات الخمسينيات من القرن العشرين حديقة تأقلم لأشجار زينة وأشجار غابات. وقد كان الهدف الأساسي فحص مدى ملاءمة أنواع الكينا لظروف البلاد، وفحص ملاءمة أنواع أشجار زينة وأشجار غابات جُمعت من جميع أنحاء العالم لغرسها في البلاد. تُستعمل الحديقة كمُجمَّع نباتات قومي وهي عبارة عن مُتحف للأشجار. تمتد هذه الحديقة على مساحة 130دونمًا تقريبًا وفيها حوالي 750 نوعًا من الأشجار الخاصة من جميع أنحاء العالَم.

هـ2. من القديم يخرج الجديد:
رعاية أصناف بواسطة انتخاب اصطناعي وتهجين



فلفل .....

تعتمد طرق **رعاية الأصناف** الجديدة على الحقيقة أنه في عشائر نباتات في الطبيعة، نتجت أفراد مختلفة عن بعضها في الصفات، من خلال التكاثر التزاوجي. هذا **التباين الوراثي** هو الذي يساعد المزارعون على اختيار أفراد معينة وتفضيلها بسبب صفاتها المرغوبة للتنمية. كما يستطيع المزارعون أن يقوموا بتلقيح اصطناعي واخصاب بين أفراد معينة، وهكذا يتم التهجين بينها.

من خلال **التهجين والانتخاب الاصطناعي**، لأجيال كثيرة، يمكن الحصول على صنف يحمل صفات مرغوبة. مثلاً: أشجار فواكه قصيرة، لكي يكون من السهل قطفها، أشجار فواكه تعطي محاصيل عالية من الثمار العصيرية، مزروعات ذات قدرة على الصمود للملوحة، للآفات الزراعية والأمراض، فلفل بألوان مختلفة، استعمال فواكه وخضروات في الدكاكين لمدة زمنية طويلة.

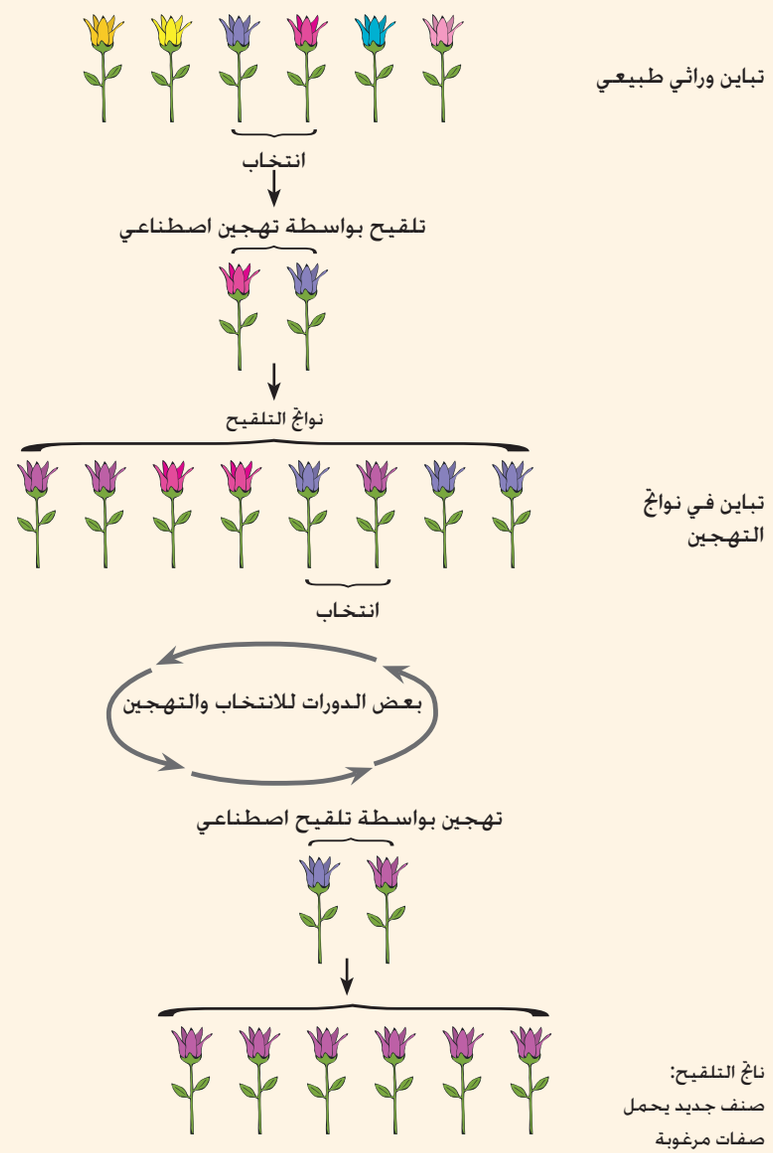
نُفِّذت هذه التهجينات في الماضي البعيد، على الرغم من أننا لا نعرف الآلية الوراثية التي بواسطتها نحصل على صنف جديد. مثلاً: التنوع الكبير الذي تعرفونه عن أصناف القمح والكلاب، هو نتيجةً لتهجينات بين أصناف مختلفة ولانتخاب اصطناعي. يمكن أن نهجن أصنافًا يعتني بها الإنسان مع "أقربائها" التي تعيش في الطبيعة، وهكذا نرعى أصنافًا جديدة ذات صفات مرغوبة للمزارعين والمستهلكين.

مصطلحات: أنواع وأصناف

تنتمي النباتات إلى عائلات تشتمل أجناسًا مختلفة تنقسم إلى أنواع. الأصناف هي مجموعة ثانوية في نوع معين، مثلاً: ينتمي التفاح إلى عائلة الورديات التي تشتمل أنواعًا مختلفة من التفاح. نوع التفاح الذي يعتني به الإنسان يشمل آلاف الأصناف (مثل: جرني سميث، دليشس، جولان أحمر وغير ذلك). يمكن أن نهجن أصنافًا مختلفة، وأحيانًا يمكن أن نهجن أنواعًا مختلفة. ثمرة البوميلا هي ناتج تهجين بين نوعين من الحمضيات وهما البوميلا ذاتها والجريبفروت.

هـ1.2 كيف نوجِّه التهجين؟

في التهجين الذي يقوم به المزارعون للحصول على دمج بين صفات فردين (الرسمة هـ - 2)، يجب أنْ يمنعوا حدوث تلقيح ذاتي طبيعي. في الأزهار ثنائية الجنس، ينزع المزارعون الأسدية وينقلون بأنفسهم حبيبات اللقاح من زهرة فرد معين إلى زهرة فرد آخر. من الواضح أنّ هذا النوع من التلقيح الاصطناعي يحتاج إلى أيدي عاملة ماهرة ومختصة. نستعين اليوم أيضًا في أصناف لا تُنْتِج حبيبات لقاح خصبة، وهذا يعني أنّها ذكور عاقرة. الذكور العاقرة تمنع تلقيح ذاتي، لكنها تسمح بتلقيح نبات معين بحبيبات لقاح خصبة من صنف آخر. يستعمل مزارعون كثيرون في العالَم أصنافًا عاقرة من ناحية ذكرية لإنتاج بذور مزروعات، مثل: الذرة، السورجوم والكانولا.



الرسمة هـ - 2: تهجين موجَّه لرعاية أصناف

?? سؤال هـ - 4

الصمود للأمراض هو إحدى الصفات التي نرعاها عادةً. هذه الصفة مفيدة للنبات، للمزارع، للنظام البيئي ولنا "كسكان" في هذا النظام. اشرحوا جانبين إيجابيين لصمود النباتات لآفات زراعية.

هـ 2.2 أمثلة لنواتج عملية الرعاية

قمح بري

القمح الذي يعتني به الإنسان (غير بري) والقمح القزم

في القمح الذي يعتني به الإنسان، لا تتحلل السنبلة وتبقى حبات القمح على نبتة الأم، لذا من الأسهل أنْ نحصد المحصول. تمَّت رعاية القمح الذي يعتني به الإنسان في منطقتنا قبل آلاف السنين بواسطة الانتخاب الاصطناعي من قمح بري سنبلته تتحلل.

وتمَّت رعاية أصناف قمح قصيرة بواسطة تهجين بين أصناف طويلة وبين أصناف قصيرة. أفضلية الأصناف القصيرة أن سيقانها لا تنكسر بسبب ثقل حبات القمح التي تنضج. كما أن بذل الجهد في بناء القسم الخضري في الساق يكون قليلًا ومحاصيل البذور تكون أكبر بالمقارنةً مع أصناف القمح العادي. سُميت عملية رعاية هذه الأصناف مع دمج التكنولوجيا الزراعية، التسميد واستعمال مواد لمكافحة الآفات الزراعية باسم "الثورة الخضراء" التي في إطارها نجحت دول في آسيا، إفريقيا، وأميركا الجنوبية أن تزيد من كمية الغذاء بشكل ملحوظ، وأن نقلل من معاناة الجوع عند سكانها.

جدير بالمعرفة: الرعاية وجائزة نوبيل للسلام

في سنة 1970، حاز الباحث الأميركي نورمان بورلوج (Norman Borlaug) على جائزة نوبل للسلام بفضل مساهمته في تحسين أصناف قمح قصيرة تعطي محاصيل عالية جدًا.

أصناف الدراق - الجرنق

في حالات كثيرة، يطوِّر المزارعون أصنافًا جديدة بحسب مذاق المستهلكين ومتطلباتهم. مثلاً: يفضل المستهلكون في انكلترا أصناف دراق عصيرية (مليئة بالعصير)، بحيث "يذوب" غلافها في الفم ويكون مذاقها حلو حامض. أما في إسرائيل، يفضل المستهلكون أصنافًا ليست لينة كثيرًا ومذاقها حلو . أصناف "أسنان القرش" التي طُوِّرت في البلاد هي دراق لونها أحمر ، بوردو وأصفر ولها شكل طويل يشبه سن سمكة القرش.

سيف قمح غير بري (يعتني بها الإنسان)

أصناف سيف القمح

أحيانًا، تتم رعاية أصناف جديدة بسبب مشاكل "عملية جدًا"، مثلاً: وَزْن الساق، في حينه، الصنف الشائع من بين أصناف سيف القمح، كان له ساق طويل وثقيل.

أدّى الوزن الثقيل لساق الزهرة، إلى صعوبة في إيجاد مزهرية مناسبة (تميل باقة الأزهار جانبًا وتؤدي إلى سقوط المزهرية) وإلى صعوبة في تصدير الأزهار إلى خارج البلاد. عند تهجين نبتة سيف قمح غير برية (يعتني بها الإنسان) مع نبتة سيف قمح برية صغيرة وناعمة، حصل المزارعون على صنف جديد من سيف قمح يحمل الصفات المرغوبة.

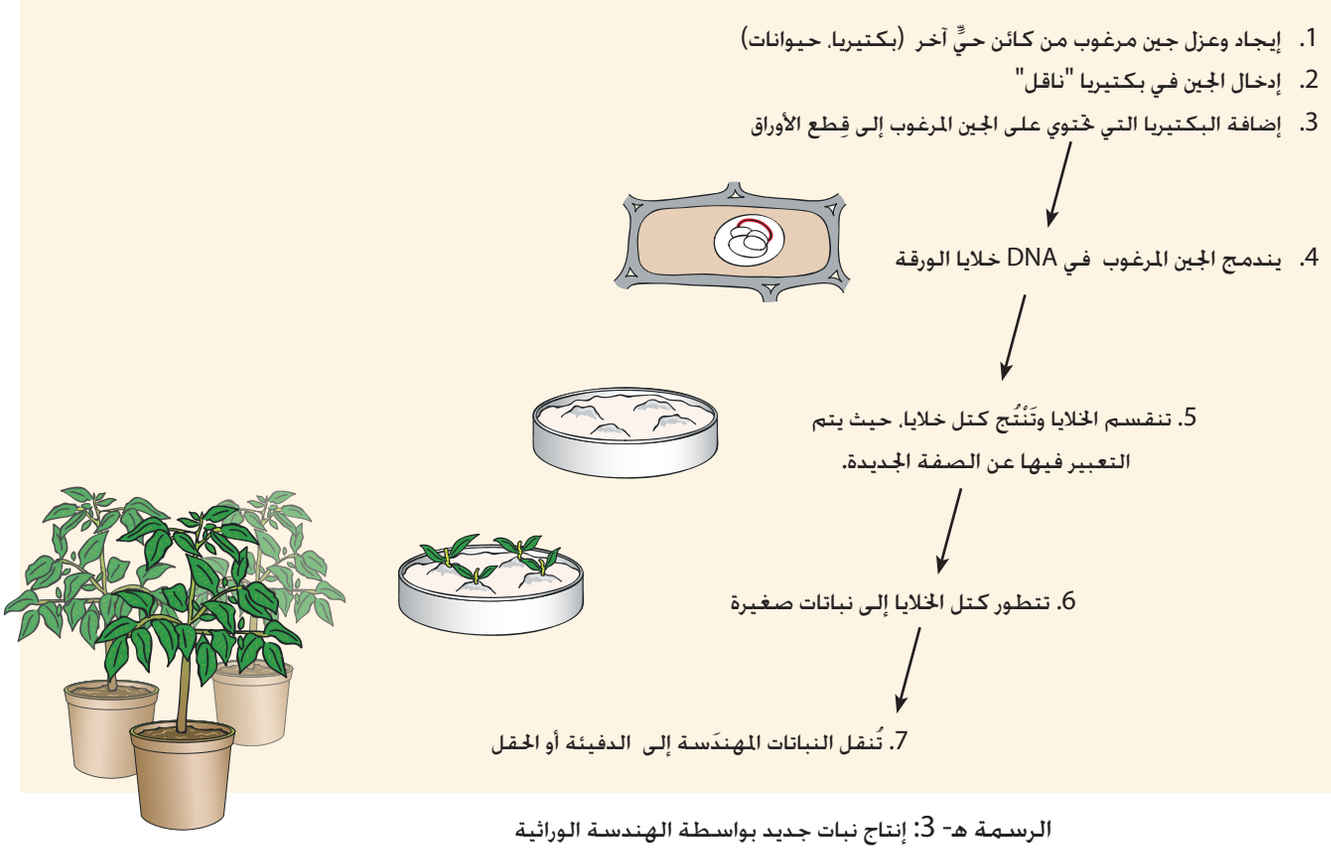
ه3. رعاية أصناف جديدة بواسطة هندسة وراثية

خلال عشرات السنوات الأخيرة، يستعمل الباحثون طرق رعاية أصناف تعتمد على **الهندسة الوراثية**، لكي يرعوا أصنافًا جديدة تتحلى بدمج من الصفات المرغوبة. تعتمد الهندسة الوراثية على نقل موجَّه لمقاطع DNA معينة من كائن حي معين إلى آخر. يمكن تطبيق الهندسة الوراثية في كائنات حية لا تنتمي إلى نفس النوع البيولوجي (species)، ولا توجد إمكانية للتهجين بينها. ينبع من ذلك أنه بواسطة الهندسة الوراثية، يمكن تغيير الشحنة الوراثية للكائن الحي بطريقة غير ممكنة في الطبيعة بتاتًا.

ه1.3 كيف "نهندس" نبتة؟

علاقة بعلم البيئة: استعمال الهندسة الوراثية.

تبدأ عملية إنتاج نبات مهندَس في البحث عن جين لصفة مرغوبة في كائن حيّ معين: نبات، حيوان وحتى بكتيريا أو فيروس. في شروط المختبر، يتم نقل الجين إلى النبات الذي نرغب في تحسينه أو تغييره. إنَّ نقل جين من كائن حيّ معيَّن إلى آخر، لا يُعتبر مهمة سهلة، لكي ننفِّذ ذلك، نستعمل أحيانًا كائن حي "ناقل"، مثلاً: ندمج مقطع الـ DNA (الذي يحمل معلومات الصفة التي نريد أن ننقلها إلى النبتة. في DNA البكتيريا (الرسمة ه- 3). نضيف البكتيريا إلى قِطع أوراق وهكذا ننقل الجين المرغوب إلى خلايا الورقة. بَعد نقل الجين المرغوب، تحتوي خلايا النبات المهندَس على معلومات الصفة المرغوبة التي سيتم التعبير عنها في النبتة.



الرسمة ه- 3: إنتاج نبات جديد بواسطة الهندسة الوراثية

بَعد أن تطوّرت النباتات المهندَسة، تُنقل إلى الدفيئات أو الحقل، وذلك متعلق بنوع النبات وبظروف النمو. عادةً، يتم إكثار النبتة المهندَسَة عدة أجيال، لكي نضمن أن يحمل النسل الصفة الجديدة / المرغوبة في جميع الأجيال.

إحدى الحسنات المهمة للهندسة الوراثية أنه يمكن إنتاج أصناف ذات قدرة عالية على الصمود للآفات الزراعية الضارة و/أو الأمراض، وفي أعقاب ذلك، نحصل عادةً على محصول كبير جدًا وذا جودة، كما يمكن تقليص استعمال مواد كيميائية (لمكافحة الآفات الزراعية)تضر بالبيئة المحيطة. حتى اليوم، نجح الباحثون في إنتاج نباتات ذات قدرة على الصمود للآفات الزراعية والأمراض، وذات قدرة على الصمود في ظروف بيئية محيطة قاسية، مثل: الحرارة، البرد، الجفاف والملوحة العالية، وهي ذات قيمة غذائية محسَّنة.

إحدى الاتجاهات الجديدة في الهندسة الوراثية للنباتات هي إدخال معلومات عن أنتيجن (مثلاً: بروتين من غلاف فيروس مسبب للأمراض) إلى خلايا بطاطا. في أعقاب أكل البطاطا، يتم تفعيل جهاز المناعة عند الإنسان وتَنْتُج فيه أجسامًا مضادة تُكسبه المناعة ضد الفيروس.

ه 2.3 أمثلة للنواتج المهمة للهندسة الوراثية

- "*الأرز المذهب*": هو أحد التطورات المهمة في الهندسة الوراثية للأرز، وقد تمَّ الحصول عليه بعد إدخال جينين من الذرة في الأرز. يحمل أحد الجينين معلومات عن صفات مسؤولة عن تخزين الحديد، والجين الثاني يحمل معلومات لإنتاج بيتا كاروتين (يَنْتُج منه فيتامين A في الحيوانات). بيتا كاروتين هو مكون أساسي في إنتاج صبغيات الرؤية في الإنسان. مستوى الحديد والكاروتين في الأرز المذهب (الذي لونه ذهبي بسبب وجود الكاروتين) أعلى من الأرز العادي واستهلاك الأرز المذهب يمنع من فقر الدم والعمى عند سكان يتغذون بالأساس على الأرز.

أرز مذهب وأرز أبيض

- بندورة غنية بمواد مضادة للتأكسد مثل اليكوفين وهي تحتوي على نسبة عالية نسبيًا للفيتامينين E وَ C.
- *القطن، الصويا، الكانولا، الذرة، والبطاطا* التي أُدخل فيها جين لإنتاج السُم Bt (الذي اكتُشف أول مرة في إسرائيل) والذي مصدره من البكتيريا. يصيب السم Bt يرقات حشرات تتغذى على أوراق نباتات. إنَّ دمج الجين لإنتاج السُم يمنع من إصابة المحاصيل التي تسببها الحشرات ويقلل من الحاجة إلى رش النباتات بمواد لمكافحة الآفات الزراعية.

- في القمح - الجين الذي أُخذ من القمح البري وأُدخل إلى قمح يعتني به الإنسان، يقصّر من زمن النضوج ويغني حبات القمح ببروتينات، خارصين وحديد.
- *عباد الشمس* - الذي أُدخل فيه جين لإنتاج بروتين كازئين مصدره من الأبقار التي تُنْتِج هذا البروتين. يحتوي الكازئين على حوامض أمينية ضرورية لأجسامنا وهو يرفع من القيمة الغذائية لبذور النبات.
- *البطاطا* - أُدخل فيها جين يحمل معلومات وراثية للصمود ضد فطر يؤدي إلى مرض الذبول، الذي أدى في الماضي إلى تدمير محاصيل البطاطا وإلى مجاعة في ايرلندا، في القرن التاسع عشر (انظروا الفصل الرابع، بند 2.1). وُجد الجين المسؤول عن هذه القدرة للصمود في صنف بطاطا بري يعيش في المكسيك.
- نبتة تَلْمَع عندما تعاني من نقص في الماء. نجح باحثون في إدخال جين مصدره من قنديل بحر استوائي في نباتات. يؤدي وجود الجين إلى انبعاث ضوء يلمع عندما تبدأ النبتة بالمعانة من صدمة ماء. نلاحظ في الظلام أن الأوراق تلمع، وهكذا نعرف أن النبتة تعاني من نقص في الماء.

جدول هـ - 3: معطيات عددية حول الهندسة الوراثية - مزروعات مهندَسة في الولايات المتحدة

المزروعات	كبر المساحة التي ينمون فيها نباتات مهندَسة ذوات قدرة على الصمود أمام مبيدات أعشاب و/أو مبيدات حشرات (في الولايات المتحدة) (النسبة المئوية من المساحة العامة لنوع النبات المزروع %)	
	في سنة 2000	في سنة 2009
القطن	61%	88%
الذرة	25%	84%
الصويا	54%	91%

?? سؤال هـ - 5

أ. ارسموا رسمًا بيانيًا بحسب معلومات الجدول هـ - 3. علِّلوا اختيار طريقة العرض البياني.
ب. صفوا توجُّه التغيُّرات خلال السنوات.
ج. ما هي المُنْتَجات الغذائية التي يتم إنتاجها من الصويا؟ جدوا معلومات حول الموضوع ولخصوها باختصار.
د. ابحثوا في مصادر معلومات محتلنة (صحف يومية، الإنترنيت) عن مقالًا يتناول تغيُّرات في النبات (لم تُذكر هنا) بواسطة الهندسة الوراثية. اذكروا الكائن الحي الذي تمَّ فيه التغيير، والكائن الحي الذي يعتبر مصدر المعلومات الوراثية، وما هي أفضلية تنفيذ العملية؟

توسع: صراع وأسئلة مفتوحة حول موضوع النباتات المهندَسَة

مع ازدياد استعمال النباتات المهندَسَة وراثيًا، يزداد عند الجمهور الخوف من استهلاك مواد غذائية أُنتجت في نباتات مهندَسَة. يعتمد الاعتراض لاستعمال النباتات المهندَسَة على الأسباب الآتية: دينية، صحية وبيئية محيطة. يدعي المعترضون المتدينون أنه لا يجوز التدخل في الآليات الوراثية للكائنات الحية التي خلقها الله. يدعي آخرون أن تناول غذاء مهندَس قد يضر بالصحة، وقد يؤدي إلى عوارض جانبية لا نستطيع توقعها اليوم. غير واضح حتى الآن، هل تناول بروتينات "جديدة" مصدرها من نباتات مهندَسَة يؤثر على صحة الإنسان الذي يتغذى من هذه النباتات؟ يتعامل جسم الإنسان مع بروتينات لا يعرفها، وهي عبارة عن جسم غريب، وقد تؤدي إلى حساسية وتثير جهاز المناعة ضدها. على الرغم من ذلك، من الجدير بالذكر أنه في الولايات المتحدة، كندا واستراليا، يستهلك ملايين الناس وملايين الحيوانات مواد غذائية مصدرها من أصناف نباتات مهندَسَة، مثل: الذرة،الصويا، القطن والكانولا، ولم تظهر حتى الآن عوارض جانبية غير مرغوب بها، على الرغم من استعمالها سنوات كثيرة. يعترض كثيرون على استعمال نباتات مهندَسَة بسبب الخوف من تأثير النباتات "الجديدة" على النظام البيئي: النبات الذي مرَّ تغيُّرات من خلال الهندسة الوراثية، قد ينشر - في بيئته المحيطة - حبيبات لقاح وبذور تحمل معلومات وراثية جديدة. قد يؤدي هذا الانتشار إلى تغيير مكونات الأنواع الطبيعية، لأن التهجين بين نبات مهندَس وبين نبات قريب منه في الطبيعة، قد يؤدي إلى إنتاج صنف جديد لا يمكن أن نتوقع صفاته مسبقًا. يحاول باحثون كثيرون أن يفحصوا مدى الأخطار التي قد تحدث للنظام البيئي، وحتى الآن لا توجد استنتاجات واضحة. بالمقابل، يدَّعي آخرون أن الأخطار التي قد تحدث للبيئة المحيطة ضئيلة جدًا. يُبرز الداعمون لاستعمال النباتات المهندَسَة أنها ذات أفضليات غذائية، وهي تقلل من استعمال مبيدات الحشرات والأسمدة التي أُثبت أنها تضر بالبيئة المحيطة. يوجد سبب إضافي للاعتراض على رعاية نباتات مهندَسَة، وهو يعتمد على الخطر أن استعمال مستمر لأصناف تحمل جين السُم Bt ، قد يؤدي إلى انتخاب حشرات ذات قدرة على الصمود أمام هذا السُم، حيث تتكاثر هذه الحشرات الضارة ونحتاج إلى مكافحتها من جديد بمواد تضر بالبيئة المحيطة. حدث شيء شبيه عندما استعملوا سنوات كثيرة مواد لمكافحة الحشرات، ومع مرور السنين، تكاثرت في عشيرة الحشرات أفراد ذات قدرة على الصمود أمام مبيدات الحشرات، وقد ازداد تعدادها في العشيرة، وانخفضت نجاعة هذه المواد.

إشارة تُشير إلى أن المُنْتَج لا يشتمل على مكونات من كائنات حية مهندَسَة وراثيًا

(Genetically Modified Organism)

هـ4: توسع: تدخُّل المزارعون يؤثر على البيئة المحيطة

أهمية النباتات للإنسان كبيرة جدًا، لكن من المهم التذكر أنّ النباتات جزءًا من النظام البيئي، حيث تؤثر المزروعات الزراعية في الحقول والكروم على الأنظمة البيئية في بيئتها المحيطة وعلى منظرها. فيما يلي عدة أمثلة لتأثير الزراعة على البيئة المحيطة:

قَطْع نباتات طبيعية: يؤدّي قَطْع الغابات وحرق الجذوع والغصون (للحصول على مساحات أراضي للزارعة أو للرعي) إلى انقراض أنواع، هدم تربة وفيضانات (في أعقاب التغيير في تغطية التربة). يقلل قطع النباتات من تثبيت CO_2، ويزيد احتراقها من إطلاق CO_2 إلى الغلاف الجوي وفي أعقاب ذلك يزداد تسخين الغلاف الجوي.

تطوير مساحات زراعية في مناطق صحراوية: لكي نمنع انتشار ظاهرة التصحر، فإننا نستعمل طرق تكنولوجية متطورة تساعد على تنمية مزروعات زراعية في أراضي صحراوية. صحيح أن عملية التصحر بطيئة، لكن في الوقت ذاته نضيف أنواعًا للنظام البيئي المحلي ونغيِّر مكوناته.

استعمال الأسمدة: يصل فائض الأسمدة إلى التربة، الوديان، مجمعات المياه والمياه الجوفية، وهي تضر بجودة المياه.

استعمال مواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية: المواد التي تُستعمل لمكافحة الحشرات، القوارض والنباتات، قد تؤذي أيضًا حيوانات ونباتات تعيش في بيوت تنمية مجاورة للأراضي الزراعية وهذه الحيوانات والنباتات لا تؤذي النباتات الزراعية. قد تصل الأسمدة والمواد التي نستعلمها لمكافحة الآفات الزراعية إلى مصادر المياه أيضًا وتمس بجودتها.

تنمية نباتات مهندَسَة: كما تعلَّمتم في بند هـ3، يمكن أن يتم تهجين بين نباتات مهندَسَة وبين "أقربائها" التي تنمو في الطبيعة، وهكذا تَنْتُج أصنافًا جديدة، لا نستطيع أن نتوقع صفاتها مسبقًا. قد لا يكون هناك خطر، لكن يمكن أن يَنْتُج نوع غاز يتنافس مع النباتات الطبيعية والمزروعات الزراعية، ولا نستطيع مكافحته بالطرق المقبولة.

تنمية نباتات تجذب حيوانات: النباتات التي ينميها المزارع تجذب إليها حيوانات، قسم منها لم يكن شائعًا في منطقة تنمية النباتات، وقسم منها كانت في منطقة تنمية النباتات، لكن عشيرتها ازدادت، مثلاً: حقول الفستق في غور الحولة تجذب إليها آلافًا من طيور الرهو التي تمر فوق الغور في مواسم الترحال، في طريقها من أوروبا إلى إفريقيا في فصل الخريف وعند عودتها إلى أوروبا في فصل الربيع، تؤدي إلى أضرار كبيرة جدًا للمحاصيل الزراعية. تواجه المزارعون صراعات حول كيفية منع طيور الرهو من أن تأكل الفستق، مثلاً: إصدار أصوات، إطلاق رصاص، لكي تهرب من الحقول، أو توزيع حبَّ ذرة في الحقول المجاورة للفستق، وهكذا ننقذ محاصيل الفستق. إلى جانب الضرر الذي يحدث للمزارعين بسبب وجود الرهو، إلا أن الرهو يجذب إلى المنطقة متنزهون كثيرون لمشاهدته، وهكذا يساهم في تطوير السياحة في المنطقة.

الرهو في غور الحولة

جميع النشاطات التي وُصفت هي تدخُّل موجَّه للمزارعون في البيئة المحيطة الطبيعية وهي تهدف إلى إنتاج مواد غذائية ومصدر رزق من الزراعة. لكن هذه النشاطات، قد تؤذي في المدى البعيد التنوع البيولوجي الطبيعي وتوازن العمليات في النظام البيئي.

نباتات، زراعة وسياحة

في السنوات الأخيرة، بدأت تتطور في البلاد سياحة داخلية متعلقة بتنمية نباتات زراعية، مثلاً: يقوم مزارعو الجولان في دعوة الناس إلى كرومهم، لكي يقطفوا بأنفسهم الكرز، فواكه الغابة، التفاح والأجاص، وبعد أن تنتهي عملية القطف، يدفع الناس نقودًا لصاحب الكرم مقابل الثمار التي قطفوها. يقترح أصحاب مزارع بهارات على الناس أن يحضِّروا مخاليط بهارات ونباتات تناسب مذاقهم، وفي فصل الخريف، يدعو مزارعون سياح للاشتراك في قطف الزيتون وفي تحضير زيت الزيتون. تشكل السياحة الزراعية مصدر دَخْل إضافي للمزارعين ولسكان المنطقة، وهي تزيد من وعي الجمهور "المدني" إلى مشاكل الزراعة وإلى الحفاظ على الطبيعة.

?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. نوصي مزارع التوت الأرضي أن يضع مناحل النحل بالقرب من قِطع الأراضي التي تعطي ثمارًا. اتضح أن التقاء النحل بنباتات التوت الأرضي ساهم في تقليل تشويه شكل الثمار، وساعد في زيادة الثمار المحسَّنة بنسبة 75% تقريبًا وازدادت المحاصيل العامة حوالي 15%.
   أ. في أي مرحلة من دورة حياة التوت الأرضي يتدخل النحل؟
   ب. ما هي العملية التي يساهم فيها النحل والتي تساعد في ازدياد كمية الثمار وتقليل التشويه في شكل التوت الأرضي؟
   ج. ما هي العلاقة المتبادلة بين نباتات التوت الأرضي وبين النحل؟ اشرحوا.

2. أمامكم قائمة نشاطات زراعية. ما هو المبدأ البيولوجي الذي يعتمد عليه كل نشاط؟
   أ. تخزين فواكه وخضروات في التبريد.
   ب. تغليف ثمار الحمضيات المعدَّة للتصدير بطبقة شمعية.
   ج. غمر الفسائل في محاليل تنظِّم النمو.
   د. إضاءة اصطناعية لقطع أزهار معدَّة للقطف.

3. تأثير شِباك سوداء ومُلَّونة على تطور الفلفل

تُستعمل شِباك الظل التي نفرشها فوق مزروعات زراعية لحماية النباتات من أشعة الشمس القوية وللحماية من أضرار كائنات حية تطير، مثل: العصافير، الحشرات والخفافيش ومن أضرار حالة الطقس، مثل: البَرَد والرياح. في السنوات العشرة الأخيرة، تمَّ بحث تأثير شِباك ظل سوداء وشِباك ظل ملونة على الإزهار والمحاصيل. تقلل شبكة الظل السوداء من شدة الإشعاع، لكنها لا تغيِّر مكونات أشعة الضوء بتاتًا. أما الشِباك المُلَّونة فهي تغيِّر مكونات أنواع أشعة الضوء التي تمر عبرها، وتسمح بمرور أشعة أكثر في مجال الضوء الأحمر والأحمر البعيد.

فيما يلي جدول يلخص تأثير لون الشبكة على محصول الفلفل.

لون الشبكة	محصول الفلفل		
	المحصول الكلي (طن للدونم)	بجودة مناسبة للتصدير (طن للدونم)	معدل وزن ثمرة الفلفل (غم)
أسود	6.79	4.51	162
أصفر	9.72	7.72	171
أحمر	9.22	6.94	169

أ. ما هو المتغيِّر غير المتعلق وما هي المتغيِّرات المتعلقة في التجربة الموصوفة؟
ب. ارسموا رسمًا بيانيًا يمثِّل المحصول الكلي تحت الشِباك المختلفة.
ج. ما هي العلاقة بين لَوْن الشبكة وبين كمية المحصول الكلي للفلفل؟
د. ما هي العلاقة بين لَوْن الشبكة وبين كمية المحصول المناسبة للتصدير؟
هـ. ما هي العلاقة بين لَوْن الشبكة وبين معدل وزن ثمرة الفلفل؟
و. أي شبكة توصون المزارعين باستعمالها؟ علِّلوا.
ز. ما هي العملية البيولوجية التي تؤثر على كمية المحاصيل؟ اشرحوا.

شِباك ذات ألوان

4. حضِّروا لافتة دعاية لجذب السائحون لقطف الثمار.

المواضيع الأساسية في الفصل

- يتم التعبير عن تدخُّل الإنسان في تنمية النباتات، في ثلاثة مجالات:
- ازدياد كمية المحاصيل بواسطة الري، التسميد، مكافحة الآفات الزراعية والأمراض وتنمية النباتات في ظروف تخضع للمراقبة (ضوء، درجة حرارة، CO_2، أملاح معدنية).
- توجيه الإزهار وإنتاج الثمار في مواعيد مناسبة للسوق بواسطة إضافة هورمونات، تقليم وتغيير ظروف الإضاءة.
- ازدياد تنوع أنواع النباتات التي ينميها الإنسان لاحتياجاته المختلفة بواسطة تأقلم نباتات مصدرها من مناطق جغرافية أخرى في العالَم ورعاية أصناف جديدة بواسطة التهجين، الانتخاب الاصطناعي والهندسة الوراثية.
- يوجد صراعات مختلفة حول تنمية لنباتات المهندَسَة واستهلاك غذاء مصدره من نباتات نَتَجت بواسطة الهندسة الوراثية.
- تؤثِّر المزروعات الزراعية في الحقول والكروم على الأنظمة البيئية في بيئتها المحيطة وعلى المنظر الطبيعي.
- تطوير بؤر سياحية في مناطق زراعية، هو مجال يتطور ويساهم في اقتصاد المزارعين والمنطقة.

مصطلحات مهمة في الفصل

تأقلم

انتخاب اصطناعي

تلقيح اصطناعي

تهجين

هندسة وراثية

رعاية أصناف

تباين وراثي

قاموس المصطلحات

المصطلحات التي أبرزناها بخط غامق في التعريف، تظهر في قاموس المصطلحات أيضًا. المصطلح باللغة الإنجليزية يساعدكم في البحث عن مواد في شبكة الإنترنيت.

أسدية (stamen) - عضو تناسل ذكري في الزهرة، تَنْتُج فيه حبيبات اللقاح. يشتمل على خيط ومتك.

الأصل (stock) - قسم من نبات له جذور وهو يشكل قسم مهم جدًا في عملية التركيب. نركّب الفسائل على الأصل وتُستعمل الفسائل كراكب.

أوكسين (auxin) - هورمون نباتي ينظّم نمو خلايا ويشترك في مراقبة التغيُّرات في نمو النبات. تَنْتُج الأوكسينات بالأساس في أطراف الجذور وفي قمم النمو.

أنبوب اللقاح (pollen tube) - قسم من خلية طويلة، يشبه "أنبوبة" دقيقة تتطور من حبيبة لقاح عندما ينبت أنبوب اللقاح على الميسم "وينمو" داخل القلم حتى البويضة في المبيض. تنتقل الخلايا التناسلية الذكرية إلى البويضة التي تتم فيها الاخصاب عبر أنبوب اللقاح.

اندوسبيرم (endosperm) - نسيج في البذور، يحتوي على مواد إدخارية ويَنْتُج في أعقاب الاخصاب وهو موجود حول الجنين أو بجانبه. قبل الانبات أو خلاله، تتحلل المواد في الاندوسبيرم إلى مكوناتها التي تذوب وتتيح نمو البادرة.

الانضاج الاصطناعي (after ripening) - عملية اصطناعية لتنشيط نضوج ثمار قُطفت قبل نضوجها. يتم عادةً الانضاج الاصطناعي بمساعد مواد كيميائية مثل الاثلين. نقوم عادةً بالانضاج الاصطناعي لثمار حمضيات، النخيل والموز بحسب الموعد المناسب لتسويقها للمستهلكين.

اثلين (ethylene) - مادة غازية تُفرز في النبات، تعمل كهورمون ينظّم عمليات نمو مختلفة. يؤثر الإثلين مع الأوكسين على انفصال الأوراق أثناء تساقطها وعلى نضوج ثمار لحمية.

انتخاب طبيعي - (natural selection) - عملية تحدد المساهمة النسبية لأفراد مختلفة في العشيرة للجيل القادم. الأفراد الملائمة أكثر من الأخرى لظروف البيئة المحيطة تضع نسلًا خصبًا وذا قدرة على البقاء.

انتخاب اصطناعي - (artificial selection) - انتخاب ينفّذه الإنسان، وهو يهدف إلى رعاية أصناف نباتات وحيوانات ذات صفات يرغبها المزارع أو الباحث. يمنع المزارعون تكاثر أفراد تنقصها هذه الصفات. انظروا أيضًا: رعاية أصناف.

اخصاب (fertilization) - العملية الأساسية للتكاثر التزاوجي: اتحاد خليتين تناسليتين وإنتاج زيجوت ثنائي المجموعة الكروموسومية .

انبات (germination) - بداية النشاط الأيضي، نمو الجنين في البذرة وخروج الجذير عبر قشرة البذرة. يتم الإنبات بعد أن تتوفر ظروف مناسبة، مثل: توافر الماء، درجة حرارة مناسبة، توافر أكسجين وتحتاج نباتات معينة إلى ظروف إضاءة أيضًا.

إزهار (flowering) - مرحلة في عملية تطور النبات، حيث يتغيَّر فيه اتجاه تطور قمم النمو إلى أزهار. يتأثر الإزهار من عوامل داخلية أو عوامل خارجية، مثل: الضوء ودرجة الحرارة.

بويضة (ovule) - نجدها في المبيض، تتم فيها الميوزا التي إحدى نواتجها خلية بويضة وهي خلية تناسلية أنثوية. بعد عملية الاخصاب تتطور البويضة إلى بذرة. في نباتات معينة، في مبيضها يوجد بويضة واحدة، وفي نباتات أخرى، يوجد في مبيضها عدة بويضات.

بادرة (seedling) - نبات حديث السن، تطور من الجنين الموجود في البذرة. تشتمل البادرة على جُذير وسويق. عادةً، الجُذير يخترق قشرة البذرة أولًا وفي أعقابه يخرج السويق. انظروا إلى الإنبات أيضًا.

بصل (bulb) - عضو داخل الأرض لنبتة مكونة من أوراق ثخينة ولحمية تقع على ساق قصير. يُستخدم البصل كمخزن للمواد التي تُستعمل لتجدد النمو بعد موسم السبات. انظروا أيضًا: الجيوفيتات.

بزوغ (emergence) - ظهور السويق فوق الوسط الذي تنبت فيه البذرة. طريقة مقبولة في الزراعة لتقدير النسبة المئوية للإنبات.

بذرة (seed) - وحدة انتشار أساسية لنباتات البذور. يحتوي مبنى البذرة على جنين، مواد إدخارية وقشرة البذرة. تتطور البذرة في أعقاب التلقيح والإخصاب. يتم تخزين مواد التخزين في الفلقات أو نسيج الاندوسبيرم الموجود حول الجنين أو إلى جانبه.

برعم (bud) - طرف حديث السن وقصير جدًا للساق، تتطور منه الأوراق أو الأزهار. إذا كان البرعم في طرف الساق، فهو برعم قممي، وإذا كان البرعم في إبط الورقة، فإنه برعم إبطي.

تأقلم (acclimation) - تغيُّر عكسي في الشكل الخارجي أو في فسيولوجيا الكائن الحي كرد فعل للتغيُّر في ظروف البيئة المحيطة. في الزراعة، تشتمل عملية التأقلم على الانتخاب الاصطناعي.

تلقيح (pollination) - عملية نقل حبيبات اللقاح (بواسطة رياح، حشرات، ماء وغير ذلك) من أسدية الزهرة إلى الميسم الذي يقع في رأس المتاع في زهرة من نفس النوع البيولوجي.

تلقيح غريب (متبادل) (heterogamy) - انتقال حبيبات اللقاح بين أفراد مختلفة من نفس النوع البيولوجي.

تلقيح اصطناعي (artificial pollination) - انتقال حبيبات اللقاح من زهرة إلى أخرى بواسطة الإنسان.

تلقيح ذاتي (autogamy) - انتقال حبيبات اللقاح إلى الميسم في نفس الفرد.

تهجين (hybridization) - عملية موجهَّة يقوم بها الإنسان، وهي تؤدي إلى إخصاب بين الكائنات الحية لرعاية أصناف وتحسينها. يتم التهجين بين أفراد مختارة مختلفة (من ناحية وراثية) من نفس النوع البيولوجي أو بين أنواع قريبة.

تركيب (تطعيم) (grafting) - طريقة تكاثر غير تزاوجي (خضري) لنباتات للحصول على نبتة مكونة من أقسام أخذت من نبتتين مختلفتين، حيث تتحد فيما بينها - في أعقاب التركيب - إلى نبتة واحدة. القسم السفلي الذي يشمل الجذور نسمّيه الأصل، أما القسم العلوي الذي نركّبُهُ على الأصل، فإننا نسمّيه راكبًا. يتم اختيار الأصل والراكب بحسب الصفات المرغوبة لكل واحد منهما.

تمايز خلايا (differentiation) - في هذه العملية، تُغيِّر الخلايا شكلها، مبناها واداءها. تتم هذه العملية خلال تطور الجنين وفي عمليات نمو أعضاء جديدة في النبات.

تساقط (abscission) - انفصال أوراق، أزهار أو ثمار من النبتة نتيجةً لتكوين منطقة انفصال في مكان الربط بالساق. التساقط متعلق بتغيُّرات هورمونالية في النبات.

تركيب ضوئي (photosynthesis) - في هذه العملية، تحوِّل النباتات طاقة ضوئية إلى طاقة كيميائية وتستعملها لبناء كربوهيدرات من CO_2 وماء.

توقيت ضوئي (photoperiodism) - رد فعل تطوري للنباتات لدورية الضوء والظلام خلال اليوم. في النباتات، بداية الإزهار متعلقة بطول فترة الظلام المتواصلة خلال اليوم.

تقليم غصون (pruning) - قطع غصون جنبات وأشجار للأغراض الآتية: إبعاد غصون ميتة أو غصون مصابة بأمراض، تصميم شكل الشجرة وارتفاعها وعرضها وازدياد كمية المحصول وجودته.

تفريد (thinning) - تُنفَّذ هذه العملية لتقليل عدد الثمار، و/أو الأزهار للحصول على ثمار بالكبر المرغوب وبجودة عالية.

تربة (soil) - تَنْتُج التربة من التفتت الآلي والكيميائي للصخور ومن نشاطات كائنات حية. تُستخدم التربة وسط نمو لكائنات حية تعيش في اليابسة.

تكاثر غير تزاوجي (تكاثر خضري) (asexual reproduction) - إنتاج نبات جديد من والد واحد دون إنتاج خلايا تناسلية. المكونات الوراثية للنسل في التكاثر غير التزاوجي مماثلة للمكونات الوراثية عند الوالد. انظروا أيضًا: تكاثر تزاوجي.

تكاثر تزاوجي (sexual reproduction) - إنتاج نبات جديد في أعقاب اتحاد خليتَيْ تناسل ذكرية وأنثوية (نتجتا في أعقاب عملية الميوزا) وإنتاج زيجوت. يختلف عادةً نسل التكاثر التزاوجي بمكوناته الوراثية عن بعضه وعن الوالدين. انظروا أيضًا: تكاثر غير تزاوجي.

تباين جيني (وراثي) (genetic variation) - هو عبارة عن فروق في تسلسل الـ DNA بين أفراد العشيرة. لهذه الفروق يوجد معنى من ناحية النشوء والارتقاء وهي تُستعمل "كمادة خام" للانتخبين الطبيعي والاصطناعي.

توالد عذري (parthenocarpy) - إنتاج ثمرة دون حدوث عملية اخصاب، لذا الثمرة ينقصها بذور. أمثلة على ذلك: موز، أناناس.

ثمرة (fruit) - عضو يتطور من مبيض (أحيانًا من أقسام أخرى) الزهرة (عادة بعد حدوث عملية الاخصاب) وهو يحتوي في داخله على بذور ويساعد على انتشارها.

ثمار دون بذور - انظروا Parthenogenesis توالد عذري.

جذمور (ساق أرضية) (rhizome) - ساق أفقي داخل التربة، له سلاميات قصيرة وثخينة نسبيًا، وهو ينمو بالموازة لسطح التربة. تنمو غصون من البراعم الموجودة في عُقد الساق. وهذه الغصون تحمل أوراقًا وجذورًا . وهي إحدى طرق التكاثر غير التزاوجي لأنواع نباتات كثيرة.

جيوفيتات (geophyte) - نباتات معمرة لها عضو تخزين داخل التربة. في نهاية موسم النمو، تذبل أقسام النبات التي تقع فوق سطح التربة ويدخل النبات في حالة سبات. في نهاية السبات، تعود وتتطور أوراق وأزهار. انظروا أيضًا: بصل ودرنة.

جبريلينات (gibberellins) - (المفرد - جبريلين) -مجموعة هورمونات تؤثر على استطالة النبات وهي تنشّط انبات البذور وفعّالة في تنظيم الإزهار أيضًا.

جنين (embryo) - نبات حديث السن في حالة سبات وهو يتطور من الزيجوت. نميِّز في الجنين كل من الجُذير، الفلقات والسويق. يبقى الجنين في حالة سبات حتى الإنبات.

جذر (root) - عضو في النباتات، وظيفته الأساسية هي استيعاب ماء وأملاح معدنية من التربة وتزويدها إلى السويق. كما أنّه يثبّت النبات في التربة. الجذر ينقصه كلوروفيل، أوراق وبراعم. تتفرع الجذور إلى جذور جانبية. تتطور في أطراف الجذور شعيرات ماصة تستوعب الماء والمواد المذابة فيه. تُستخدم جذور نباتات معينة، لكي تقوم بوظائف إضافية مثل تخزين المواد.

جُذير (radicle) - هو جذر الجنين والبادرة، تتطور منه شبكة الجذور في النبتة. وهو الأول الذي يخترق قشرة البذرة أثناء الإنبات.

حولي (annual) - يعيش موسمًا واحدًا أو سنة واحدة، خلال هذه الفترة يُكْمِل دورة حياته من الإنبات حتى الإزهار، يُنْتِج بذور، يهرم ويموت. انظروا أيضًا: نبات مُعمِّر.

خلية بويضة - انظروا: خلية تناسلية أنثوية.

خلية تناسلية ذكرية (male gamete) - خلية تَنْتُج في حبيبات اللقاح في أعقاب عملية الميوزا. تنتقل الخلية التناسلية الذكرية إلى المبيض والبويضة بواسطة أنبوب اللقاح . في نواة خليته يوجد n كروموسومات.

خلية تناسلية أنثوية (female gamete) - خلية نَتَجت في بويضة المبيض في أعقاب عملية الميوزا. في نواة الخلية يوجد n كروموسومات.

خيط (filament) - محور السداة التي تحمل في رأسها المتك. مبنى المتك وصفاته الميكانيكية مناسبة لطرق التلقيح (رياح، حشرات، عصافير وما شابه).

دورة حياة (life cycle) - مجرى حياة النبات من الإنبات وحتى إنتاج بذور، هرم وموت. هذا المجرى يشتمل مرحلة خُضريّة ومرحلة تناسلية. يوجد نباتات ذات دورة حياة حولية وأخرى ذات دورة حياة معمِّرة.

درنة (corm) - ساق موجود داخل التربة، قصير وثخين، تُجمَّع فيه مواد تخزين وتنبت منه جذور إلى أسفل وأوراق وأزهار إلى أعلى. انظروا أيضًا: جيوفيتات.

راكب (scion) - قطعة من غصن يحمل براعم (فسائل)، يتم تركيبه على نبات آخر - الأصل . انظروا أيضًا: تركيب.

رعاية أصناف (breeding) - رعاية أصناف نباتات وحيوانات ذات صفات مرغوبة للإنسان، تتم هذه العملية بواسطة عمليات انتخاب اصطناعي.

روافد (ساق مَدّادة) (stolon) - ساق أُفقي له سلاميات طويلة ودقيقة نسبيًا. ينمو بالموازاة لسطح التربة (عادةً فوق سطح التربة. لكن يمكن أن يكون الساق الأفقي داخل التربة). تنمو إلى أعلى غصون من البراعم الموجودة في عُقد الساق. وهذه الغصون تحمل أوراقًا. كما تنمو جذورًا إلى أسفل من هذه البراعم. هي إحدى طرق التكاثر غير التزاوجي لأنواع نباتات كثيرة. انظروا أيضًا: جذمور.

رحيق (nectary) - نسيج يفرز رحيق وهو موجود في الزهرة أو بجانبها. على الأغلب يوجد ملاءمة بين مكان الرحيق ومبنى جسم الملقح (حشرة أو حيوان آخر)، لكي يتلامس الملقح أثناء جمع الرحيق مع الأسدية ولينقل حبيبات اللقاح إلى الميسم الموجود في زهرة أخرى.

زبل عضوي (organic fertilizer) - مركبات عضوية مصدرها من أقسام نباتات ومن إفرازات الحيوانات. يتحلل الزبل العضوي تدريجيًا ويُطلق عناصر وأملاح معدنية إلى التربة. يُستعمل الزبل العضوي لتحسين جودة التربة أيضًا.

زيجوت (zygote) - خلية نحصل عليها من اتحاد خليتين تناسليتين ذكرية وأنثوية (إخصاب). من هذه الخلية التي تمر في عمليات الميتوزا، نحصل على جميع الخلايا التي تكوّن الكائن الحي المتعدد الخلايا.

زهرة (flower) - مبنى في نباتات كاسيات البذور، وهي تشتمل على أعضاء تناسلية. الزهرة مبنية عادةً من أوراق كأس، أوراق تويج، أسدية و/أو متاع.

زهرة ثنائية الجنس (bisexual flower) - زهرة فيها أعضاء تناسلية ذكرية وأعضاء تناسلية أنثوية أيضًا.

زهرة أحادية الجنس (unisexual flower) - زهرة فيها أعضاء تناسلية ذكرية أو أعضاء تناسلية أنثوية.

ساق (stem) - محور مركزي في النبات، يحمل أوراقًا وأزهارًا. يمكن أن يكون الساق فوق التربة أو في داخلها. الساق مبني من عُقد وفي داخله أنابيب نقل. انظروا أيضًا: الساق.

ساق النبتة (بما عليه) (shoot) - أقسام النبات التي تقع فوق سطح التربة. مثل: الساق، الأوراق والأزهار.

سويق (plumule) - قسم من البادرة الذي يُشكل بداية الساق وفي رأسه يقع البرعم القممي.

سماد (fertilizer) - مركبات غير عضوية نضيفها إلى التربة، تزوِّد النبات بعناصر وأملاح معدنية بالطريقة التي يستطيع النبات استيعابها وهي تساهم في نمو النبات.

سبات بذور (dormancy) - هي عبارة عن ظاهرة، لا تنبت البذور فيها على الرغم من وجود ظروف تتيح نمو الجنين، مثل: الماء، الضوء، الأكسجين ودرجة الحرارة، حيث يكون النشاط الأيضي منخفض جدًا في بذرة موجودة في حالة سبات. العوامل الأساسية لسبات البذور هي القشرة القاسية للبذرة وعدم نضوج الجنين.

ضغط طورغور (turgor pressure) - الضغط الذي تؤثره السوائل الموجودة داخل الفجوة العصارية في خلية النبات، على غشاء وجدار الخلية. يؤثر ضغط طورغور في جميع الاتجاهات بشكل متساوٍ. عندما يعاني النبات من أزمة ماء، فإن ضغط طورغور ينخفض وتنكمش الأوراق.

عاريات البذور (gymnospermae) - نباتات تنقصها أزهار وثمار، تتميز بأن بويضاتها وحبيبات لقاحها مكشوفة على الورقة أو حراشف المخروط (عضو يحتوي على أعضاء التناسل في نباتات عاريات البذور، وهو مكون من أوراق صغيرة مرتّبة مع بعضها. ينتمي إلى هذه المجموعة كل من الصنوبر، الأرز والسرو.

عقد الأزهار (fruit set) - مرحلة في حياة النبات، يبدأ فيها تطور الثمرة.

عوامل خارجية (external factors) - عوامل في البيئة المحيطة للنبات، تؤثر على النبات وتطوره، مثل: درجة الحرارة، طول النهار، توافر الأكسجين، كمية الماء والأملاح المعدنية وتوافرها، تركيز ثاني أكسيد الكربون وغير ذلك. انظروا أيضًا: عوامل داخلية.

عوامل داخلية (internal factors) - عوامل تؤثر على النبات وتطوره، مصدرها من الكائن الحي ذاته، وهي تَنْتُج من خلال حدوث عمليات داخلية فيه، مثل: كمية منظِّمات النمو، عُمر النبات، معلوماته الوراثية وغير ذلك.

فلقة (cotyledon) - ورقة أولى، وهي جزء من جنين النبات في البذرة. في أنواع معينة، تُخزن فيها مواد إدخارية يستغلها الجنين أثناء الإنبات. يختلف عادةً شكل الفلقات عن شكل أوراق النبتة البالغة. بحسب عدد الفلقات، نصنف عادةً نباتات كاسيات البذور إلى أحادية الفلقة أو ثنائية الفلقة.

قمة نمو (apical meristem) - منطقة مريستما في طرف الجذر، في طرف الساق والبراعم.

كامبيوم (cambium) - نسيج مريستماتي في محيط الساق والجذور. نتيجةً لانقسام خلايا الكامبيوم، تَنْتُج خلايا أنسجة النقل والساق وتصبح الجذور ثخينة.

كومبوست (compost) - يَنْتُج من تحليل بقايا مواد عضوية بواسطة ديدان شريطية، فطريات وبكتيريا. يُستعمل الكومبوست لتحسين جودة التربة ويقلص استعماله من استهلاك الأسمدة.

المتاع (pistil) - عضو تناسل أنثوي للزهرة. مبني من مبيض وميسم، وعادةً يربط بينهما القلم أيضًا.

منطقة (نسيج) انفصال (abscission zone) - منطقة تقع في قاعدة عنق الورقة أو حامل الثمرة. أثناء تساقط الأوراق أو أثناء نضوج الثمرة، يحدث انفصال بين خلايا النسيج في هذه المنطقة وبين العضو الذي يتساقط.

مزروعات محمية (مغطاة ببلاستيك) - تنمية نباتات في ظروف فيها غطاء، مثل: دفيئات، أنفاق وما شابه. تكون النباتات فيها محمية وهي تنمو في ظروف تختلف عن الظروف الموجودة في البيئة المحيطة الطبيعية.

مواد إدخارية (storage materials) - مركبات يتم تخزينها في أعضاء النبات والبذور وهي تُستخدم وقت الحاجة كمصدر للمواد ولاستخراج الطاقة.

ملقح (anther) - القسم الواسع في طرف الأسدية وهو يحتوي على حبيبات اللقاح.

منظِّمات نمو (growth regulators) - هورمونات نباتية اصطناعية. انظروا أيضًا: أوكسين، جيبريلين واثلين.

مياه مجاري مكرَّرة (treated wastewater) - مياه مجاري مرَّت بعملية تطهير، ويمكن استعمالها لري المزروعات الزراعية وفي الصناعة.

ميوزا (انقسام اختزال) (meiosis) - عملية انقسام نواة الخلية بَعد مضاعفة المادة الوراثية، حيث نحصل في نهاية العملية من نواة ثنائية المجموعة الكروموسومية على أربع نوى، كل منها تختلف عن بعضها في المعلومات الوراثية. تَنْتُج خلايا تناسلية في أعقاب عملية الميوزا - مرحلة خاصة وضرورية في التكاثر التزاوجي.

ميتوزا (mitosis) - عملية انقسام نواة بَعد مضاعفة المادة الوراثية. نحصل في نهاية العملية من نواة واحدة على نواتين، حيث يكون عدد الكروموسومات في كل واحدة منهما متساوٍ وفي نفس الوقت مساوٍ لعدد الكروموسومات الموجودة في النواة التي نَتَجتا منها. عادةً بعد انقسام النواة (ميتوزا)، تنقسم مكونات الخلية الأخرى. نتيجة الانقسام هي خليتين متماثلتين في الشحنة الوراثية.

مياه مالحة (low/medium salinity water) - مياه فيها نسبة الأملاح أعلى من نسبة الأملاح الموجودة في مياه الشرب، لكنها أقل من مياه البحر. يمكن استعمال هذه المياه في الصناعة ولري مزروعات معينة في الزراعة. انظروا أيضًا: مياه مجاري مكرَّرة.

مثبط (معيق) إنبات (germination inhibitor) - مركب كيميائي موجود في البذرة أو الثمرة وهو يعيق الإنبات.

مريستمات (meristem) - كتلة خلايا غير متمايزة، تنقسم هذه الخلايا وتُنْتِج خلايا جديدة، لكنها تحافظ على قدرة الانقسام. تقع المريستمات القممية في قمة النمو وتقع المريستمات المحيطية (الكامبيوم) في محيط الساق والجذور. تتطور أنسجة وأعضاء النبات من المريستمات.

ميسم (stigma) - الطرف العلوي للمتاع، وهو جزء من الجهاز التناسلي الأنثوي في النباتات ذات الأزهار. مبنى الميسم والمواد التي يفرزها مناسبة لاستيعاب حبيبات اللقاح ولإنباتها.

معمرة (متعدد السنوات) (perennial) - نبات يستطيع أن يعيش عدة سنوات أو سنوات كثيرة. وهو يستطيع أن يتكاثر أكثر من مرة واحدة خلال حياته. انظروا أيضًا: جيوفيتات وحولي.

مبيض(ovary) - القسم السفلي الواسع والمجوف للمتاع، الذي تتطور في داخله البويضات. بعد عملية الاخصاب، يتطور المبيض إلى ثمرة في داخلها بذور. المبيض موجود في نباتات كاسيات البذور.

مرحلة خُضريّة (vegetative stage) - مرحلة في تطور النبات من بذرة إلى نبات بالغ، حيث تزداد جذور، أوراق وغصون النبات، لكن لا يحدث ازدياد في أعضاء متعلقة بالتكاثر التزاوجي.

مرحلة تناسلية (reproductive stage) - مرحلة في تطور النبات، تَنْتُج فيها أعضاء تشترك في التكاثر التزاوجي (أزهار وثمار). في هذه الأعضاء، تَنْتُج خلايا تناسلية وتحدث فيها عمليات تلقيح، اخصاب، وتتطور البذور والثمار.

مستنبت نسيج (tissue culture) - طريقة لتنمية نباتات كاملة من خلايا أو من مقاطع نسيج، حيث يتم تنميتها خارج جسم الكائن الحي الذي أخذت منه. تتم تنمية مستنبت النسيج في ظروف تخضع للمراقبة على وسط معقم يزوِّد المستنبت بجميع الظروف والاحتياجات المطلوبة للبقاء والتكاثر، مثل: مواد غذائية، حامضية (pH)، درجة حرارة وما شابه.

نمو (growth) - إضافة غير عكسية للكتلة في أعقاب انقسام خلايا بطريقة الميتوزا واستطالة الخلايا. خلال النمو، يحدث على الأغلب تمايز خلايا إلى أنسجة وأعضاء.

نضوج (ripening) - مرحلة نهائية في تطور الثمرة.

نبات النهار الطويل (long day plants) - تُزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام أقل من قيمة معينة (قيمة العتبة). انظروا أيضًا: التوقيت الضوئي.

نبات النهار القصير (short day plants) - تُزهر هذه النباتات فقط عندما يكون عدد ساعات الظلام أكبر من قيمة معينة (قيمة العتبة). انظروا أيضًا: التوقيت الضوئي.

نسيج انفصال - انظروا أيضًا: منطقة انفصال.

فسائل (cutting) - قطعة من نبتة تستطيع في ظروف معينة أن تتطور إلى نبات جديد مع جميع أقسامه. أقسام النبات المناسبة للفسائل تختلف من نبات إلى آخر (غصون، أوراق، جذور). التكاثر بواسطة الفسائل هو طريقة تكاثر غير تزاوجي.

دليل المصطلحات

أ

اتزان 62
اتصال في النباتات 74
أسدية 16, 97
أوكسين 63
- تأثير على نمو جذور من الفسائل 87
- تطبيقات في الزراعة 71
- ردفعل للضوء 64
أعضاء تناسلية 16
أنبوب لقاح 102, 103
انتخاب اصطناعي 41, 123, 128, 129
انتفاخ (البذرة) 34, 35
اندوسبيرم 26, 27, 103, 104
إنزيمات 37, 38
انضاج اصطناعي 112
أقليم (مناخ) حوض البحر المتوسط 19
أقليم (مناخ) معتدل 19
اثلين 66
- نضوج ثمار 107
- يؤثر على الإزهار 93
- تطبيقات في الزراعة 71
اغناء بـ CO_2 68
انتشار 105
- بواسطة حيوانات 109
- بذور 29, 33
- بذور وثمار 17, 109, 110
اخصاب 8, 16, 21, 102, 103
- مضاعف 103
ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي 135
أصل 90
أصناف تهجين 102
أصناف 90, 128
بذرة/بذور 16, 26, 104, 105
- في الثمرة 106
- كغذاء 43, 122
- قشرة قاسية 123
- انتفاخ 34, 35
أُحادي المسكن 98
أحادي التزاوج. زهرة 98
أحادي الفلقة 26
استيعاب أكسجين في الإنبات 37
استيعاب ماء وأملاح معدنية 12
أكسجين 7, 59
- استيعاب في الإنبات 37
أنابيب ري تنقيط 69
إنبات 29
- نماذج 41
- تنشيط 33
- مراحل 35
أنواع 128
- غازية 124
أملاح معدنية 11, 18, 56, 70, 71
- أهميتها للنبات 57
- علامات النقص 57
- استيعاب من التربة 58
إزهار 94
- تأثير هورومونات 93
- تأثير درجة حرارة 95
- تأثير إضاءة اصطناعية 96
أنسجة
- في النبات 48
- النقل 20
- الدعامة والثبات 20
إضاءة اصطناعية 67, 96
اللب القصيري 107, 108

ب

برعم 13
بروتينات 18, 28, 38
بزوغ 41
بيضة 28
بويضة 98, 103
بيت تنمية/بيوت تنمية 19
- يابسة 20
- مائية 20
بنك بذور 33
بصل 15, 83
البحر المتوسط. أقليم 19

ت

تأقلم 123, 124
- مراحل 125
تبرعم 81
تخزين بذور 43
تخزين نواتج 123
تهوية التربة 57
- ونمو 42
تزبيل 70, 123
تناسلي. مرحلة 8, 16, 92
تنشيط الإنبات 33

تركيب ضوئي 7, 10, 14, 15, 49, 50, 51, 52, 67
- عوامل تؤثر على .. 50
- تأثير درجة الحرارة على.. 53, 54
- نواتج 58
توقيت ضوئيّ 94
تمهق 51
تخليق 60, 112, 123
تنمية أنواع برية 41
تسميد 70, 71, 123, 135
تلقيح 8, 98, 99
- غريب 100
- أهميته للزراعة 101
- اصطناعي 102, 123,128, 129
- ذاتي 100
- ذاتي، منعه 100, 128
- بواسطة الحيوانات 99
- بواسطة الرياح 98
تهجين 128, 129
تركيب 90
- تبديل صنف 91
تغذية نباتية 18
تمايز 47, 48, 80, 93
- أزهار 92
تطور، النبات 63
تنوع بيولوجي 124
تربة، تهوية 42
تثبيط إنبات 30
- وقشرة 29
تنفس خلوي 35,37,58,59,61,107
تساقط موجّه 72
تساقط أعضاء 61
تكاثر 79
- غير تزاوجي 79, 80
- غير تزاوجي في الزراعة 85
- غير تزاوجي، حسنات وسيئات 84
- خضري 80
-تزاوجي 16, 79, 80, 92
- تزاوجي وغير تزاوجي، حسنات وسيئات 114
توزيع في الزمن والبيئة المحيطة 31
تباين وراثي 128
تساقط أوراق 61, 62
تقليم 72, 111, 123
تفريد
- ثمار 60, 72, 123
- أزهار 123
- أزهار وثمار 111

ث
ثنائي المسكن 98
ثنائي التزاوج، زهرة 98
ثنائي الفلقة 26
ثاني أكسيد الكربون 11, 123
-ونشا 52
- مادة متفاعلة بالتركيب الضوئي 49, 50, 51
ثغور 48, 49, 54
ثمار دون بذور 112, 113
ثمار كلمكتارية 108
ثمرة/ثمار 16, 105
- نمو 104
- نضوج 107
- تطور 105
- عصيري 109

ج
جبريلين 38, 65
- تأثير على الإزهار 93
-وعميلاز 65, 66
- في الإنبات 65
جيوفيتان 19, 61, 83
جنين 104,105,16,26,108
جذر/ور 11, 12, 13, 20
- تخزين 13
- تلاصق 13
جُذير 16, 26, 35

ح
حبيبات لقاح 97
- نمو ل 102
حماية 11, 14, 15
حمضيات (أنواع) 126
حلقات سنوية 49
حولي، نبات 8,9,19,61, 93,105
حركة في النبات 72
حريق وإنبات 40

خ
خضروات 18
خضري، مرحلة 8
خشب 14, 48, 49, 60
خلية بويضة 98, 103
خلايا تناسلية 16
- ذكرية 102, 103
خيط 97

د

داروين، ص. 63
درجة حرارة
- وإنبات 40 ,39
- تأثير على الإزهار 95
- تأثير على التركيب الضوئي 54 ,53
دفيئة 86
دورة حياة 8, 9, 19, 92
- تدخّل الإنسان 122, 123
درنة 14, 83
دواء من النبات 21
دهنيات 18, 28

ذ

ذاتية التغذية 10, 49
ذوات بذور، نباتات 104

ر

رافد/روافد 81
راكب 90
رد فعل النبات
- للمس 73
- للشمس 74
- للآفات الزراعية 74
ري 123
- مصادر المياه لـ ... 68
- طرق 69
رعاية أصناف 123, 128,129, 131
- نواتج 130
رحيق 98
رشاشات 69

ز

زيجوت 98, 102, 103
زبل 70
زراعة
- وسياحة 136
- توجيه تطوير ثمار 111
- تأثير على البيئة المحيطة 135
- أهمية التلقيح 101
زهرة/ات 16, 92, 93
- ثنائية الجنس 98
- أحادية الجنس 98
- مبنى 96

س

ساق 13, 14, 20
- ثخين 14
- أداء لـ .. 14
سبات 38
- في البذور 30, 31, 33
- في البذور، حسنات وسيئات 31
سيادة قممية 65, 72
سويق 16, 26, 35
سياحة وزراعة 136

ش

شبه استوائية، أشجار مثمرة 127
شعيرات ماصة 58, 12, 20

ض

ضوء
- وانبات 39, 42
- وإنتاج كلوروفيل 51
- مصدر طاقة للتركيب الضوئي 50
- ظروف الإضاءة 123
- تأثير على الإزهار 94
ضغط طورغور 56

ط

طرق تكاثر 79, 80
- حسنات وسيئات 112

ع

عامل محدد 51
عاريات البذور 6, 25
عوامل خارجية/بيئة محيطة 8,30,39,48,50,63,
- تأثير على الإزهار 94
عوامل داخلية 8,30,43,48,50,63,
عرق 52
علاقات متبادلة 10, 11, 21
عميلاز (إنزيم) 38, 66
عقد الثمار 105

غ

غذاء
- أكل وشرب من النبات 18
- للإنسان 43
- من البذور 27
غصون 11
عقم ذكري 128

ف

فسائل 85
- إخراج جذور 87
- تأثير عوامل على التطور 86
فيتامينات 18, 132
فلقة/ات 26, 27, 104
فيتوكروم (صبغية نباتية) 95

ق

قمح 129
قطع غابات 135
قمة نمو 47, 64, 92
قلم 97 , 98
قشرة البذرة 17, 26, 34, 42, 104
- وتثبيط الإنبات 29

ك

كاسيات البذور 6, 7, 16, 25
كربوهيدرات (سكريات) 18, 27, 28, 59
كينا 126
كلوروفيل 15, 49, 62
كلوروبلاستيدات 49
كوتيكولا (أدمة) 20
كومبوست 70

ل

لحاء 14, 48, 60

م

مبيض 16, 97, 98
متاع 16, 97, 98
محاليق 15
منطقة (نسيج) انفصال 62
ميسم 97, 98
منع حَول 126
ملاءمة 55, 62
-لتنفيذ التركيب الضوئي 54, 55
- للانتشار 17
- أعضاء النبتة لبيت التنمية 20
- مبنى للوظيفة 12, 99, 110
مستنبت نسيج 85, 88, 123
- حسنات وسيئات 89
مواد لمكافحة الآفات الزراعية 135
مواد إدخارية 17, 26, 28, 38, 48,
ملقحات 11, 21, 97
ملقح 97
مكان ابتلاع 60, 105
منظِّمات نمو 63
مدورة (تدوير) 70
مياه مجاري كرَّرة 68
معلومات وراثية 80, 84
ميوزا 92, 97, 103
ميتوزا 48, 80, 104
ماء 11, 52, 56
- في البذرة 27
- أملاح معدنية، نقل، استيعاب 12, 14, 59
- إنبات 34, 35, 36
- متفاعل في التركيب الضوئي 49
- مالحة 68
- نظيفة 68
مزروعات مغطاة (محمية) 67
مستويات تنظيم 55
- في النبات 52
معتدل، أقليم 19
معمرة (متعددة السنوات)، نبات 8, 9, 61
منع تلقيح ذاتي 100, 128
مثبطات (معيقات) إنبات 30, 38, 42
مريستمات 47, 48
موارد 10
مرحلة خضرية 8, 47, 123
مرحلة تناسلية 8, 16, 92, 96, 123

ن

نتح 52, 53
نشوء وارتقاء 25
نمو 48, 63
نضوج ثمار 6, 107, 123
نقل 48
- جهاز (نظام) 15
نسبة بين مساحة السطح
الخارجي والحجم 10, 12, 55
نباتات
- ذات بذور 104
- مفترسة 58, 73
- مهندَسَة 133, 134
- استعمالات 7, 122
نوع بيولوجي 90, 131
نسيج(منطقة) انفصال 62
نبات النهار الطويل 94
نبات النهار القصير 94
ناشرات 11

هـ

هورمونات 63, 87, 123
- في الإنبات 38
- تأثير على تطور الثمرة 105, 112
- تأثير على الإزهار 93
- تطبيق المعرفة في الزراعة 71
- ثمار دون بذور 112
-مستنبت نسيج 88
هرم 61, 66
- تثبيط 72
هندسة وراثية 131 - 133
- مراحل 131
- حسنات 131
- نواتج 132

و

ورقة/أوراق 11, 15, 20
- تخزين 15

مصادر الصور (بحسب أرقام الصفحات)

6	عدسة الماء	Krisitian Peters (WM)
8	بيسوم	شيلي دور - حاييم
8	شجرة زيتون	شيلي - دور - حاييم
12	شعيرات ماصة	مناحم موشليون
13	جذور هوائية	ايريت سده
14	صبار كيلورابي	ايريت سده
15	محاليق	دفنا روتشيلد
17	دفلة. بليسندر جميلة	ايريت سده
18	خضروات وفواكه في المطبخ	شيلي دور - حاييم
21	تلقيح	يونتن رودين
29	مبنى بذور ملاءم لانتشار الدفلة	ايريت سده
29	نرجس بحري	دجنيت عتصمون
31	نخيل "متوشلاح"	ايلين سولوفي Elaine Solowey
35	بذور جافة وتفاح	ايريت سده
40	لباد وهنبل	اورنى شفرتسمن
43	بادرات للأكل	ايريت سده
43	حمام بالقرب من مخازن القمح في حيفا	معيان بليلة
48	شجرة زيتون قديمة	James Emery (WM)
55	غصن ألوديا	Ernst Schutte (WM)
55	خلايا وكلوروبلاستيدات في الألوديا	Frank Ribot (Netherland
55	غصن ألوديا من قرب	Krisitian Peters (WM)
57	علامات نقص في الحديد	Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives
58	نباتات مفترسة	ايريت سده
67	مزارعون في عملهم	PICT0540 (WM) Flickr (دون اسم مصور)
67	أنفاق زراعية	http://drmazesfarm.com
67	دفيئات	رفكا القيام
69	رشاشات	(Dwight Sipler (http://flicker.com/photos/fhptofarmer/4679680189
69	خط ري متحرك	بموافقة العودة إلى الزراعة
71	جهاز كومبوست	إيريت سده
73	مستحية	A. Salguero, Real Gardin Botanico de Madrid, Espana (WM)
73	مستحية	Frank Vincentz (WM)
73	آليات افتراس سقوط	ايريت سده
73	آليات افتراس اغلاق	ايريت سده
74	عباد الشمس	عوود أمير
81	تبرعم	CrazyD. (WM)
82	جذع نخيل مع فسائل	طومي سيجلر رحمه الله (بموافقة مجلة هنوطع)
86	فسائل شجرة تين	طومي سيجلر رحمه الله (بموافقة مجلة هنوطع)
88	نبات في مستنبت نسيج	Daderot (Plant Tissue Culture Lab, Atlanta Botanical Garden, Atlanta, GA, USA (WM)
89	أشتال موز قبل نقلها إلى الغرس	طومي سيجلر رحمه الله (بموافقة مجلة هنوطع)
90	تفاح بعد التركيب	طومي سيجلر رحمه الله (بموافقة مجلة هنوطع)
91	صبار مركّب	ايريت سده
92	تطور فاصولياء(صورتان)	Brenda (WM)
97	الزنبق الأبيض	الموج بوكير
99	حبيبات لقاح (الزنبق وعباد الشمس)	remf.dartmouth.edu (WM)
105	خيار من زهرة إلى ثمرة	إيريت سده
105	حمضيات من زهرة إلى ثمرة	ايريت سده
108	خوخ	Jack Dykinga, USDA ARS Image number K6084-1
109	انتشار بواسطة الرياح (دفلة)	ايريت سده
109	ثمار عصيرية	ايريت سده
110	بليسندر جميلة	ايريت سده
111	ثمرة الفصّة	إيريت سده
113	بطيخ دون بذور	ايريت سده
114	حُميض	ايلانا أدار
122	حقل قمح	ايتمار جولان
124	شجرة جميز في تل أبيب	ايريت سده
126	حمضيات مزهرة	ايريت سده
126	كينا	شيلي دور- حاييم
127	ثمار شيه استوائية في الدكان	ايريت سده
128	أصناف فلفل	حن شيبريس
130	قمح بري	افينوعم دنين
130	سيف القمح	Carl Lewis (frrnq8--a/,qr_rgadjgaip,amk-6-50.3-476.4.5153]a47b1/3b/2]`,hne
132	أرز أبيض وأصفر	http://www.goldenrice.org (WM)
135	رهو في غور الحولة	ميري برومير
137	شِباك بألوان مختلفة	ميرون سوفر. مركز أبحاث وتطوير جيلات

1. الصور التي لم نذكر اسمها. صوِّرت على يد روت أمير. بذلنا كل جهدنا لإيجاد أصحاب حقوق الصور. وإذا وقع خطأ. نصححه بكل سرور.
2. (WM) - أُخذت الصورة من Wikimedia Commons- ويمكن استعمالها بشكل حر. بشرط أن يُذكر اسم المصور.