

العلوم الحياتية

الصف الحادي عشر - كتاب الطالب

الفصل الدراسي الأول

11

فريق التأليف

موسى عطا الله الطراونة (رئيساً)

عطاف عايش الهباهبة

د. محمد حسين بريك

ختام خليل سالم

روناهي " محمد صالح " الكردي (منسقاً)

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:



06-5376262 / 237



06-5376266



P.O.Box: 2088 Amman 11941



@nccdjor



feedback@nccd.gov.jo



www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدرّس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار المجلس الأعلى للمركز الوطني لتطوير المناهج في جلسته رقم ()، تاريخ م، وقرار مجلس التربية والتعليم رقم () تاريخ م بدءاً من العام الدراسي م.

© HarperCollins Publishers Limited 2022.

- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN:

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2024/5/2919)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	العلوم الحياتية، كتاب الطالب: الصف الحادي عشر، الفصل الدراسي الأول
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2024
رقم التصنيف	373,19
الوصفات	/ الأحياء // أساليب التدريس // المناهج // التعليم الثانوي /
الطبعة	الطبعة الأولى

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

المراجعة والتعديل

أمجد أحمد الخرشنة

د. آيات محمد المغربي

ختام خليل سالم

التحكيم الأكاديمي

تصميم وإخراج

نايف محمد أمين مرashedة

التحرير اللغوي

د. خليل إبراهيم علي القعيسي

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.

British Library Cataloguing -in- Publication Data

A catalogue record for this publication is available from the Library.

قائمة المحتويات

5	المقدمة
7	الوحدة الأولى: عمليات حيوية في النبات
10	الدرس 1: النقل في النبات
21	الدرس 2: الاستجابة في النبات
33	مراجعة الوحدة
35	الوحدة الثانية: النباتات البذرية وتكاثرها
38	الدرس 1: النباتات البذرية
47	الدرس 2: التكاثر اللاجنسي في النباتات البذرية
56	مراجعة الوحدة
59	مسرد المصطلحات
60	قائمة المراجع

المقدمة

انطلاقاً من إيمان المملكة الأردنية الهاشمية الراسخ بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ سعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراسية وتطويرها؛ لتكون مُعِيناً للطلبة على الارتقاء بالمستوى المعرفي، ومجاراة الأقران في الدول المتقدمة.

يُعدُّ هذا الكتاب واحداً من سلسلة كتب المباحث العلمية التي تُعنى بتنمية المفاهيم العلمية، ومهارات التفكير وحلّ المشكلات، ودمج المفاهيم الحياتية والمفاهيم العابرة للمواد الدراسية، والإفادة من الخبرات الوطنية في عمليات الإعداد والتأليف وفق أفضل الطرائق المُتبَّعة عالمياً؛ لضمان انسجامها مع القيم الوطنية الراسخة، وتلبيتها حاجات الطلبة والمعلمين والمعلمات.

جاء هذا الكتاب مُحققاً مضامين الإطار العام والإطار الخاص للعلوم، ومعاييرها، ومؤشّرات أدائها المُتمثلة في إعداد جيل محيط بمهارات القرن الحادي والعشرين، وقادر على مواجهة التحديات، ومُعزّز بانتمائه الوطني. ووفقاً لذلك، فقد اعتُمِدَت دورة التعلُّم الخماسية المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعلُّمية التعليمية، وتوفّر لهم فرصاً عديدة للاستقصاء، وحلّ المشكلات، والبحث، واستخدام التكنولوجيا وعمليات العلم، فضلاً عن اعتماد منحنى STEAM في التعليم الذي يُستعمل لدمج العلوم والتكنولوجيا والهندسة والفن والعلوم الإنسانية والرياضيات في أنشطة الكتاب المتنوعة، وفي قضايا البحث.

يتألّف الفصل الدراسي الأول من الكتاب من وحدتين، يتّسمُ محتواها بالتنوع في أساليب العرض، هي: عمليات حيوية في النبات، والنباتات البذرية وتكاثرها. يضم الكتاب أيضاً العديد من الرسوم، والصور، والأشكال التوضيحية، والأنشطة، والتجارب العملية التي تُنمّي مهارات العمل المخبري، وتساعد الطلبة على اكتساب مهارات العلم، مثل: الملاحظة العلمية، والاستقصاء، ووضع الفرضيات، وتحليل البيانات، والاستنتاج القائم على التجربة العلمية المضبوطة، وصولاً إلى المعرفة التي تُعين الطلبة على فهم ظواهر الحياة من حولنا.

روعي في تأليف الكتاب التركيز على مهارات التواصل مع الآخرين، ولا سيما احترام الرأي والرأي الآخر، وتحفيز الطلبة على البحث في مصادر المعرفة المختلفة؛ فلغة الكتاب تُشجّع الطلبة أن يتفاعلوا مع المادة العلمية، وتحثُّهم على بذل مزيد من البحث والاستقصاء. وقد تضمّن الكتاب أسئلة متنوعة تراعي الفروق الفردية، وتُنمّي لدى الطلبة مهارات التفكير وحلّ المشكلات.

ألحقَ بالكتاب كتابٌ للأنشطة والتجارب العملية، يحتوي جميع التجارب والأنشطة الواردة في كتاب الطالب، تيسّر تنفيذها بسهولة، إضافةً إلى أنشطة إثرائية، وأسئلة مثيرة للتفكير.

ونحن إذ نُقدِّم هذه الطبعة من الكتاب، فإننا نؤمل أن يُسهم في تحقيق الأهداف والغايات النهائية المنشودة لبناء شخصية الطلبة، وتنمية اتجاهات حُبِّ التعلُّم ومهارات التعلُّم المستمر، فضلاً عن تحسين الكتاب؛ بإضافة الجديد إلى المحتوى، وإثراء أنشطته المتنوعة، ومراعاة ملاحظات المعلمين والمعلمات.

والله ولي التوفيق

المركز الوطني لتطوير المناهج

عمليات حيوية في النبات

Biological Processes in Plant

قال تعالى:

﴿الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَاسْلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ

مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى﴾ (سورة طه، الآية 53).

أتأمل الصورة

يُعَدُّ التفاف محاليق نبات العنب حول أي شيء تلمسه في أثناء نموها استجابةً لمثير، هو ملامستها هذا الشيء. وبالمثل، تستجيب النباتات للعديد من المثيرات الأخرى. فما هذه المثيرات؟ وما تلك الاستجابات؟

الفكرة العامة:

تحدث في النبات عمليات حيوية عديدة تساعد على نموه وبقائه، وتُسهم استجابة النبات للمثيرات في ذلك.

الدرس الأول: النقل في النبات.

الفكرة الرئيسة: تنقل أنسجة مُتخصّصة في النباتات الوعائية المواد المختلفة بطرائق مُتنوّعة .

الدرس الثاني: الاستجابة في النبات.

الفكرة الرئيسة: يستجيب النبات لعدد من المثيرات، وتؤدي الهرمونات النباتية دورًا في هذه الاستجابات.



تجربة استعمالية

دور هرمون الأكسين في نضج الثمار

المواد والأدوات: ثلاث حبّات كبيرة من الفراولة، ملقط فلزي، ثلاثة من أطباق بتري.

أصوغ فرضيتي: عن العلاقة بين إزالة البذور عن ثمار الفراولة ونضجها.

أختبر فرضيتي:

- 1 **أرّقّم** أطباق بتري بالأرقام من (1) إلى (3).
- 2 **أضبط المتغيرات:** أضع على الطبقة الأولى إحدى حبّات الفراولة، وأستخدمها عيّنة ضابطة.
- 3 **أجرب:** أزيل كل البذور التي على حبة أخرى بالملقط، ثم أضع هذه الحبة في الطبقة الثاني.
- 4 **أجرب:** أزيل البذور على هيئة حزام من منتصف الحبة الأخيرة، ثم أضع هذه الحبة في الطبقة الثالث. بعد ذلك أضع الأطباق الثلاثة في الغرفة بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة.
- 5 **ألاحظ** التغيّرات التي تطرأ على حبّات الفراولة مدّة 3 أيام، ثم أدوّن ملاحظاتي.
- 6 **أقارن** بين التغيّرات التي طرأت على حبّات الفراولة في أثناء التجربة.

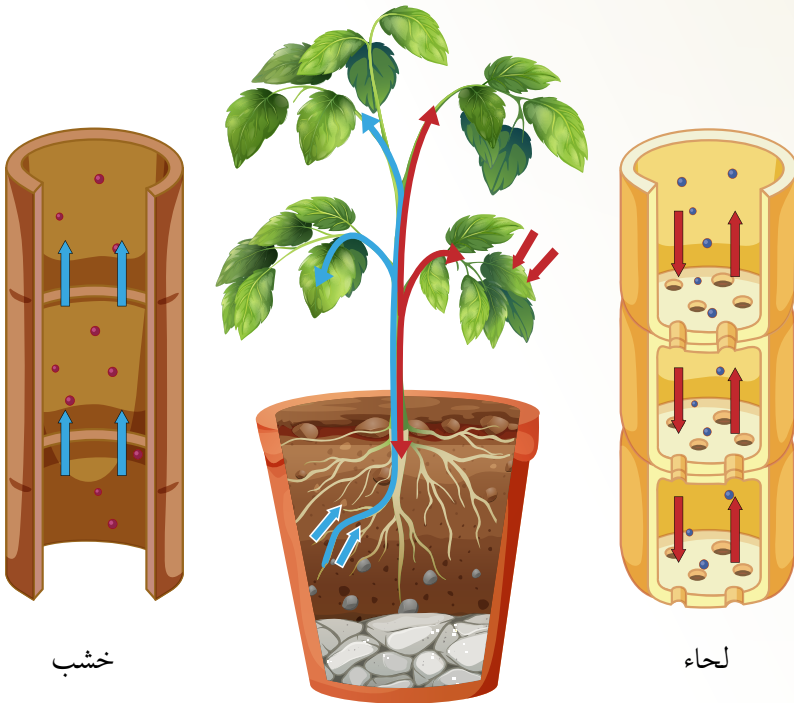
التحليل والاستنتاج:

1. **أفسّر** سبب التغيّرات التي طرأت على حبّات الفراولة.
2. **أستنتج:** ما الجزء المسؤول عن تغيّر شكل الحبة؟
3. **أتوقع:** ما علاقة عنوان التجربة بالنتائج التي توصّلت إليها؟
4. **أصدر حكماً.** أوضح إذا توافقت نتائجي مع فرضيتي أم لا.
5. **أتواصل:** أناقش زملائي / زميلاتي في نتائج التجربة.

أنسجة النقل في النباتات الوعائية

Transport Tissues in Vascular Plants

تنقل الأنسجة الوعائية Vascular Tissues الماء والمواد الذائبة فيه إلى جميع أجزاء النبات. وقد تعرّفنا سابقاً وجود نوعين من الأنسجة الوعائية، هما: الخشب، واللحاء، أنظر إلى الشكل (1).



الشكل (1): أنسجة الخشب واللحاء في النبات.

الفكرة الرئيسة:

تنقل أنسجة مُتخصّصة في النباتات الوعائية المواد المختلفة بطرائق مُتنوّعة.

نتائج التعلم:

- أقرّن تركيب الأنسجة الوعائية في النبات بعضها ببعض.
- أوضّح طرائق انتقال الماء في النبات.
- استقصي آلية نقل الغذاء الجاهز في النبات.

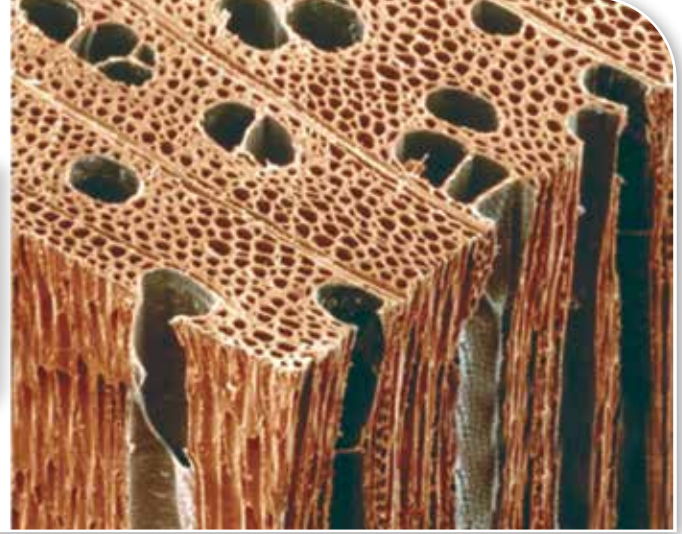
المفاهيم والمصطلحات:

Phloem Sap	عصارة اللحاء
	الأسطوانة الوعائية
Vascular Cylinder	
Xylem Sap	عصارة الخشب
Cohesion	التماسك
Adhesion	التلاصق
Water Potential	جهد الماء

✓ **أتحقّق:** ما أنسجة النقل في النباتات الوعائية؟

الشكل (2): تركيب نسيج الخشب.

أوعية خشب قصبيات خشب



الخشب Xylem

يتكون الخشب من الجزأين الرئيسيين الآتين: القصبيات Tracheids، والأوعية Vessels، وهي خلايا ميتة. ينقل الخشب الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه إلى أجزاء النبات المختلفة، أنظر إلى الشكل (2). وتمتاز القصبيات بأنها أنابيب طويلة ومجوفة وجدرانها رقيقة، أما الأوعية، فهي أقصر من القصبيات وأوسع، وجدرانها أقل سُمكًا منها.

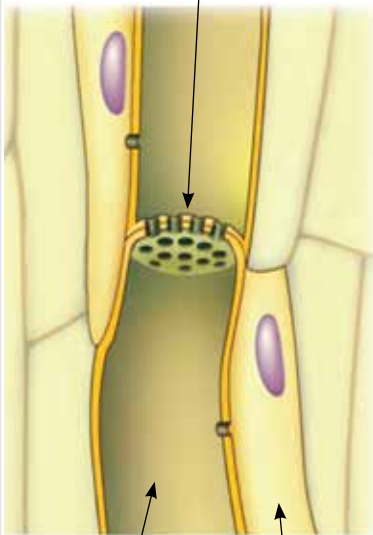
✓ **أتحقق:** مم يتكوّن الخشب؟ فيم يستفاد منه؟

اللحاء Phloem

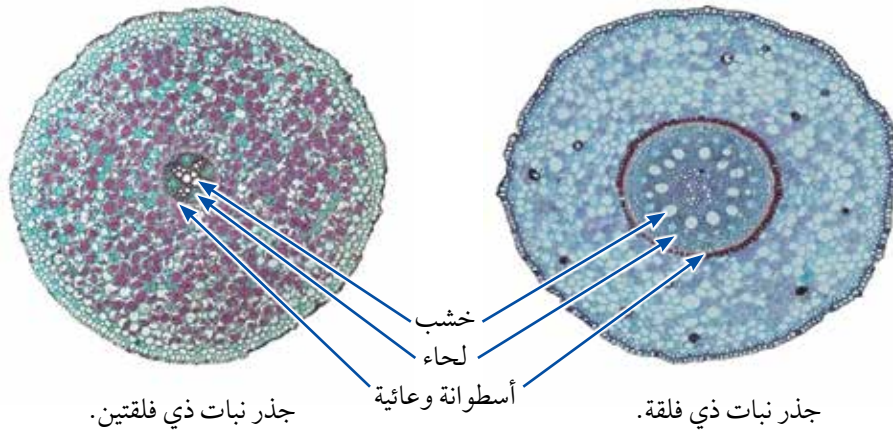
يتكوّن اللحاء من الأجزاء الرئيسة الآتية: الأنابيب الغربالية Sieve Tubes، والصفائح الغربالية Sieve Plates التي تنتهي بها تلك الأنابيب، والخلايا المرافقة Companion Cells، أنظر إلى الشكل (3).

✓ **أتحقق:** ما أوجه الاختلاف بين أوعية الخشب والأنابيب الغربالية؟

صفحة غربالية



الشكل (3): تركيب نسيج اللحاء. أنبوب غربالي خلية مرافقة



الشكل (4): مواقع أنسجة النقل في الجذر.

الأنابيب الغربالية خلايا حية ينقصها العديد من مكونات الخلايا الحية، مثل: الأنوية، والرايوسومات، ما يسمح **لعصارة اللحاء** **Phloem Sap** أن تمرّ بهذه الخلايا بسهولة.

تتصل هذه الأنابيب بعضها ببعض في نسيج اللحاء ضمن مناطق، تُسمى كلٌّ منها الصفيحة الغربالية Sieve Plate، مُشكّلةً أنابيب طويلة تمتد على طول النبات.

تُنقل عصارة اللحاء التي تحوي السُّكَّر (السُّكَّرُوز عادةً)، والحموض الأمينية، والهرمونات من أماكن تصنيعها أو وجودها إلى جميع أجزاء النبات عن طريق الأنابيب الغربالية؛ لاستخدامها في العمليات الحيوية، أو لتخزينها.

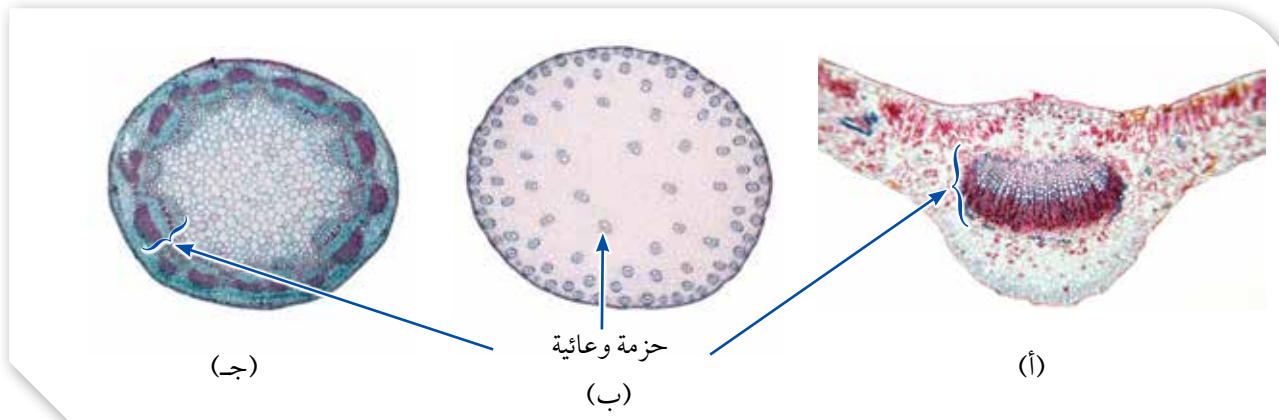
توجد أنسجة النقل في الجذور على شكل **أسطوانة وعائية** **Vascular Cylinder**، أنظر إلى الشكل (4)، وتوجد في الساق والأوراق على شكل حزم وعائية، أنظر إلى الشكل (5).

✓ **أتحقّق:** كيف تتوزّع الأنسجة الوعائية في كلّ من: الجذر، والساق، والأوراق؟

الشكل (5): أنسجة النقل في مقاطع عرضية في: أ - ورقة.

ب- ساق ذات فلقة.

ج- ساق ذات فلقتين.



امتصاص الماء من التربة

Absorption of Water from the Soil

تعرّفُ سابقاً أنّ الجذر هو العضو المسؤول عن امتصاص الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من التربة، وأنّ الشعيرات الجذرية هي امتدادات لخلايا البشرة الخارجية في الجذر تزيد مساحة السطح المُعرّض لامتصاص الماء، والأملاح المعدنية، أنظر إلى الشكل (6).

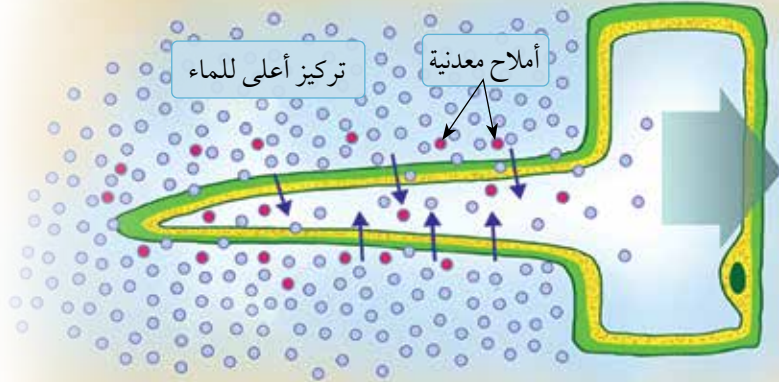
ينتقل الماء من التربة إلى خلايا الجذر عن طريق الخاصية الأسموزية؛ لأنّ تركيز الأملاح الذائبة فيه يكون في التربة أقل من تركيزها في خلايا الجذر، أنظر إلى الشكل (7).

تنتقل الأملاح المعدنية من التربة إلى خلايا الجذر بالانتشار، أو النقل النشط، أنظر إلى الشكل (8).

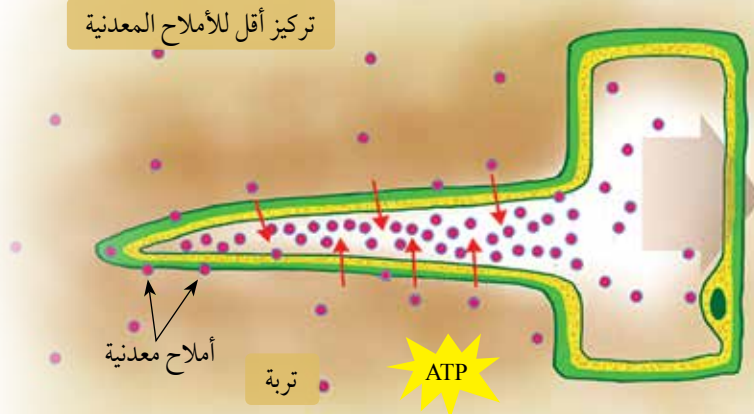


الشكل (6): شعيرات جذرية
لبذرة نامية.

الشكل (7): دخول الماء من التربة إلى النبات عن طريق الشعيرات الجذرية.
كيف ينتقل الماء من التربة إلى الشعيرات الجذرية بالخاصية الأسموزية؟



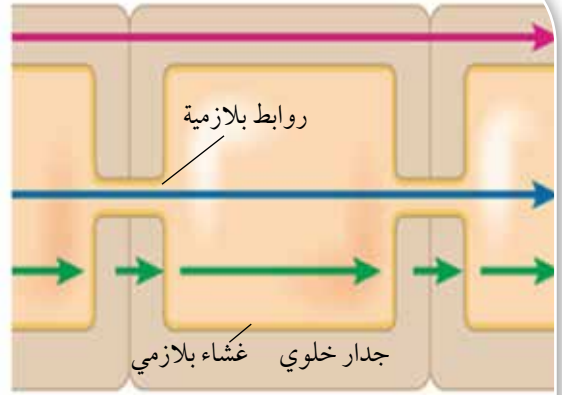
الشكل (8): دخول الأملاح المعدنية بالنقل النشط عن طريق الشعيرات الجذرية.



المسار اللاخلوي: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الجُذُر الخلوية حتى يصل إلى طبقة البشرة الداخلية.

المسار الخلوي الجماعي: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الروابط البلازمية خلال سيتوبلازم خلايا القشرة، ومنه إلى خلايا البشرة الداخلية.

مسار الجُذُر الخلوية والأغشية البلازمية: يمرُّ الماء بهذا المسار عن طريق الجُذُر الخلوية والأغشية البلازمية للخلايا المتجاورة.



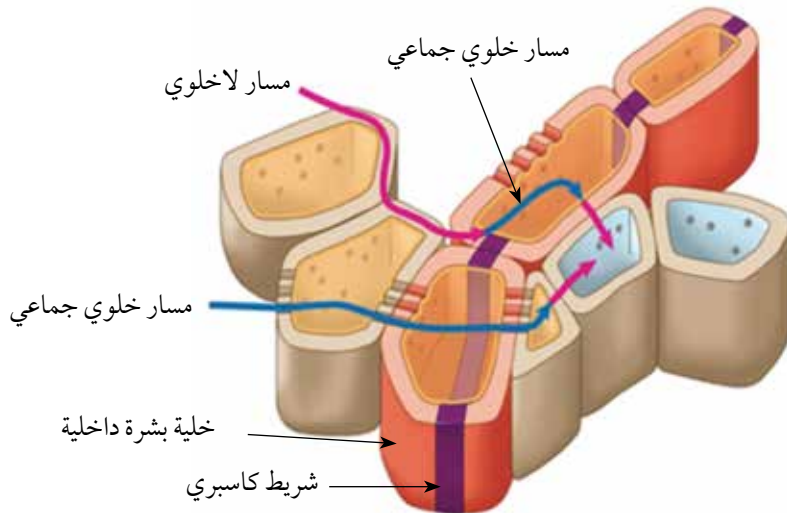
الشكل (9): مسارات انتقال الماء من التربة إلى نسيج الخشب في الجذر.

بعد دخول الماء في الجذر عن طريق خلايا البشرة، فإنَّه يمرُّ بخلايا القشرة ضمن ثلاثة مسارات، هي: المسار اللاخلوي، Apoplast Route، والمسار الخلوي الجماعي Symplast Route، ومسار الجُذُر الخلوية والأغشية البلازمية Transmembrane Route. أنظر إلى الشكل (9).

توجد طبقة شمعية تُسمَّى شريط كاسبري في الجُذُر الخلوية لخلايا البشرة الداخلية، أنظر إلى الشكل (10). يمنع شريط كاسبري الماء والأملاح الذائبة فيه من دخول الأسطوانة الوعائية خلال المسار اللاخلوي، وكذلك يحول دون رجوع الماء والأملاح الذائبة فيه من الأسطوانة الوعائية إلى خلايا القشرة، فيدخل الماء عبر المسار الخلوي الجماعي ليصل نسيج الخشب الذي ينقل الماء إلى الساق فالأوراق.

أفكر: أفران بين شريط كاسبري وصمامات القلب من حيث مبدأ العمل.

✓ **أنحقّق:** ما المسارات التي يسلكها الماء عبر خلايا القشرة؟



الشكل (10): شريط كاسبري ودخول الماء عبر البشرة الداخلية.

نقل الماء من الجذور إلى أجزاء النبات الأخرى

Transport of Water from Roots to Other Plant Parts

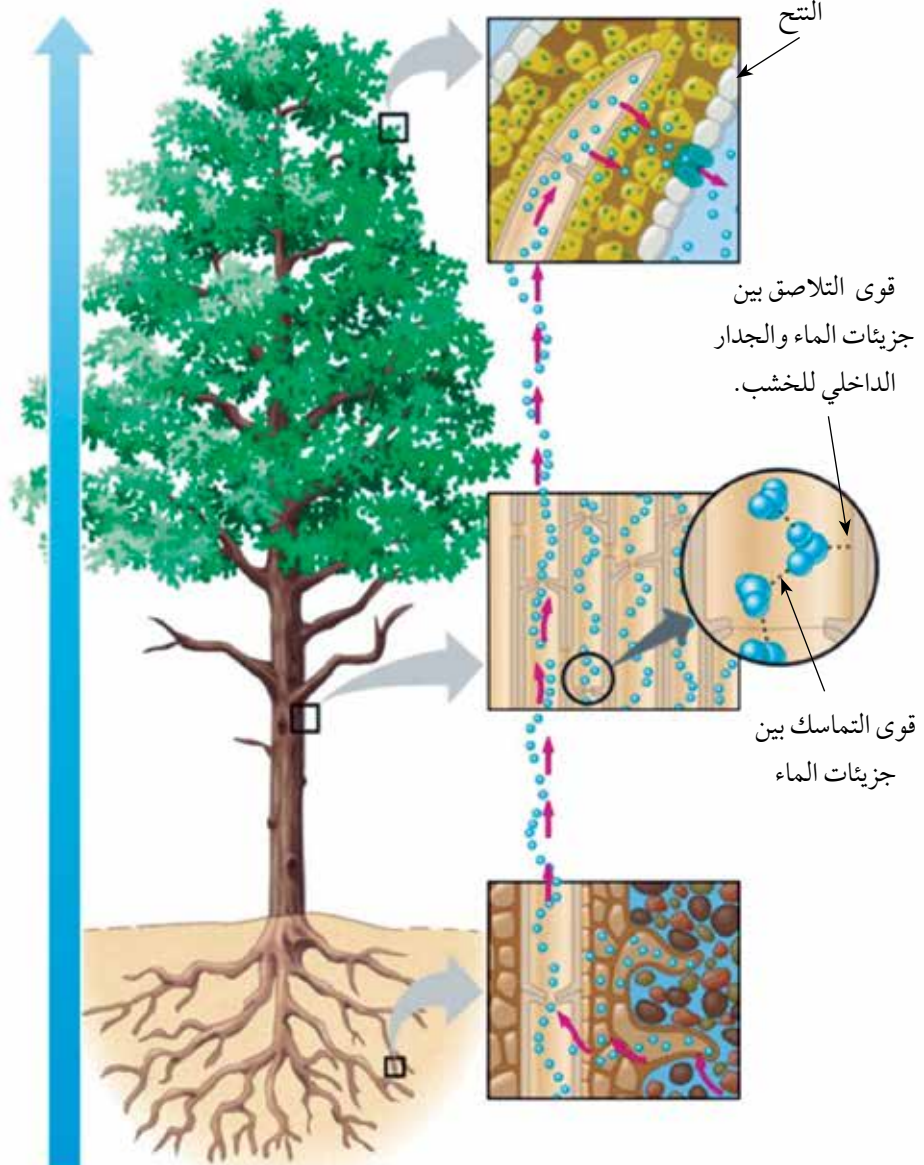
تنتقل **عصارة الخشب** Xylem Sap التي تتكوّن من الماء والأملاح المعدنية الذائبة فيه من الجذر إلى أعلى النبات؛ نتيجة عملية النتح Transpiration، وهي فقدان النبات الماء على هيئة بخار ماء في الثغور، وبفعل قُوى **التماسك** Cohesion الناتجة من تكوّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء، وقُوى **التلاصق** Adhesion الناتجة من تكوّن روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء والمواد المُكوّنة للجُدُر الداخلية لخلايا الخشب، أنظر إلى الشكل (11).

✓ **أتحقّق:** ما القوى التي تنقل عصارة الخشب إلى الأوراق؟

أفكر: يفقد نبات الذُّرّة نحو 2 L من الماء يوميًّا بعملية النتح. ما كمية الماء (بالمتر المكعب m^3) التي تُفقد بعملية النتح في يوم من حقل ذُّرّة يحوي 3276 نباتًا؟

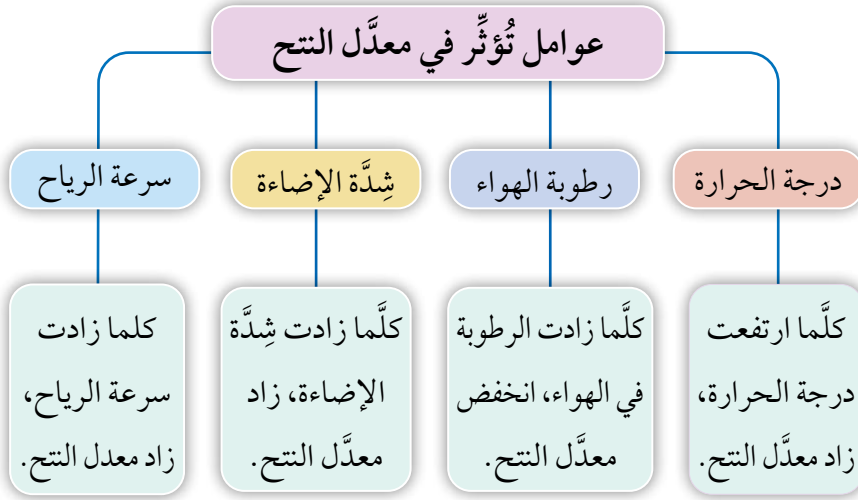
الشكل (11): نقل عصارة الخشب إلى الأوراق.

أُبين العوامل التي تُسهّم في انتقال عصارة الخشب إلى الأوراق.



جهد الماء Water Potential: خصيصة فيزيائية تقاس بـ MPa، وتُحدد الاتجاه الذي سيتدفق فيه الماء، تبعًا لتركيز المواد الذائبة فيه؛ فكلما زاد تركيز المواد الذائبة، انخفضت قيمة جهد الماء.

يتأثر معدل النتح بعوامل عدة يُبين الشكل (12) بعضها.



الشكل (12): عوامل تُؤثر في معدل النتح.



أبحث:

يفقد النبات الماء من حافات أوراقه على هيئة قطرات في ساعات الصباح الباكر، في ما يُعرَف بظاهرة الإدماع. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذه الظاهرة، ثم أعد عرضاً تقديمياً عنها باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

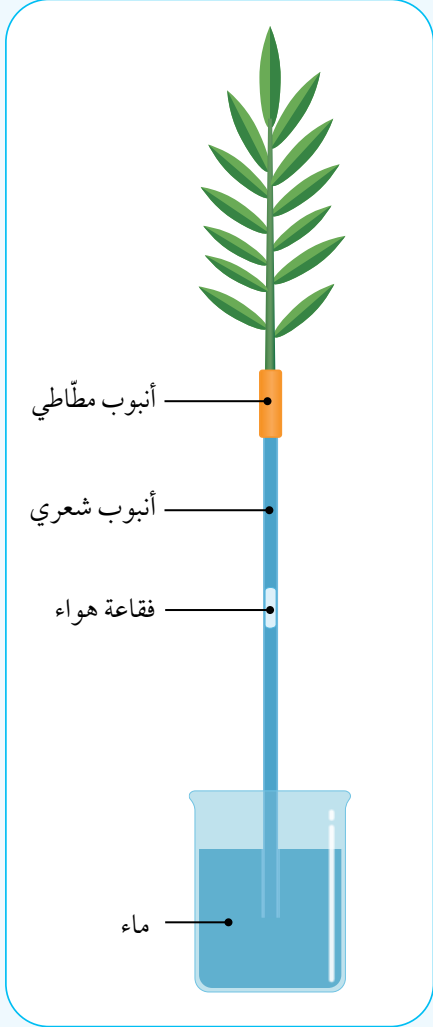


أثر الضوء في عملية التتح

المواد والأدوات: أنبوب شعري، ساق نبات بأوراقها، ورق زجاجي متوسط الحجم، ماء، أنبوب مطاطي، مصدر ضوء، غليسول، رقائق من الألمنيوم، مسطرة، قلم تخطيط.

خطوات العمل:

1 أصمّم نموذجًا: أستعين بالشكل المجاور على صنع النموذج الآتي:



- أضع كمية مناسبة من الماء في الورق الزجاجي، ثم أغلقه برقائق الألمنيوم.
- أقصّ جزءًا صغيرًا من الأنبوب المطاطي، ثم أدخل طرفه في أحد طرفي الأنبوب الشعري، ثم أدخل ساق النبات في طرفه الآخر.
- أضع كمية من الغليسول حول ساق النبات عند منطقة دخوله في الأنبوب المطاطي.
- أملأ الأنبوب الشعري بالماء، على أن تتكوّن فقاعة هواء في منتصفه، ثم أضع علامة عند مكان وجودها في الأنبوب بقلم التخطيط.
- أدخل الأنبوب في الورق، ثم أضع النموذج في مكان بعيد عن الضوء.

ملحوظة: أعدّل النموذج في حال لم تظهر فقاعة الهواء.

2 أقيس المسافة التي تحرّكتها فقاعة الهواء في الأنبوب الشعري بعد 10 min، ثم أدوّن النتائج.

3 أكرّر الخطوة رقم (1)، ثم أعرض النموذج لمصدر ضوء.

4 أقيس المسافة التي تحرّكتها فقاعة الهواء في الأنبوب الشعري بعد 10 min، ثم أدوّن النتائج.

التحليل والاستنتاج:

1. أفسّر سبب حركة فقاعة الهواء في الأنبوب في كلتا الحالتين.

2. استنتج سبب استخدام الغليسول.

3. أقرّن بين كمية الماء المفقودة في الحالة الأولى وتلك المفقودة في الحالة الثانية.

نقل عصارة اللحاء في النبات

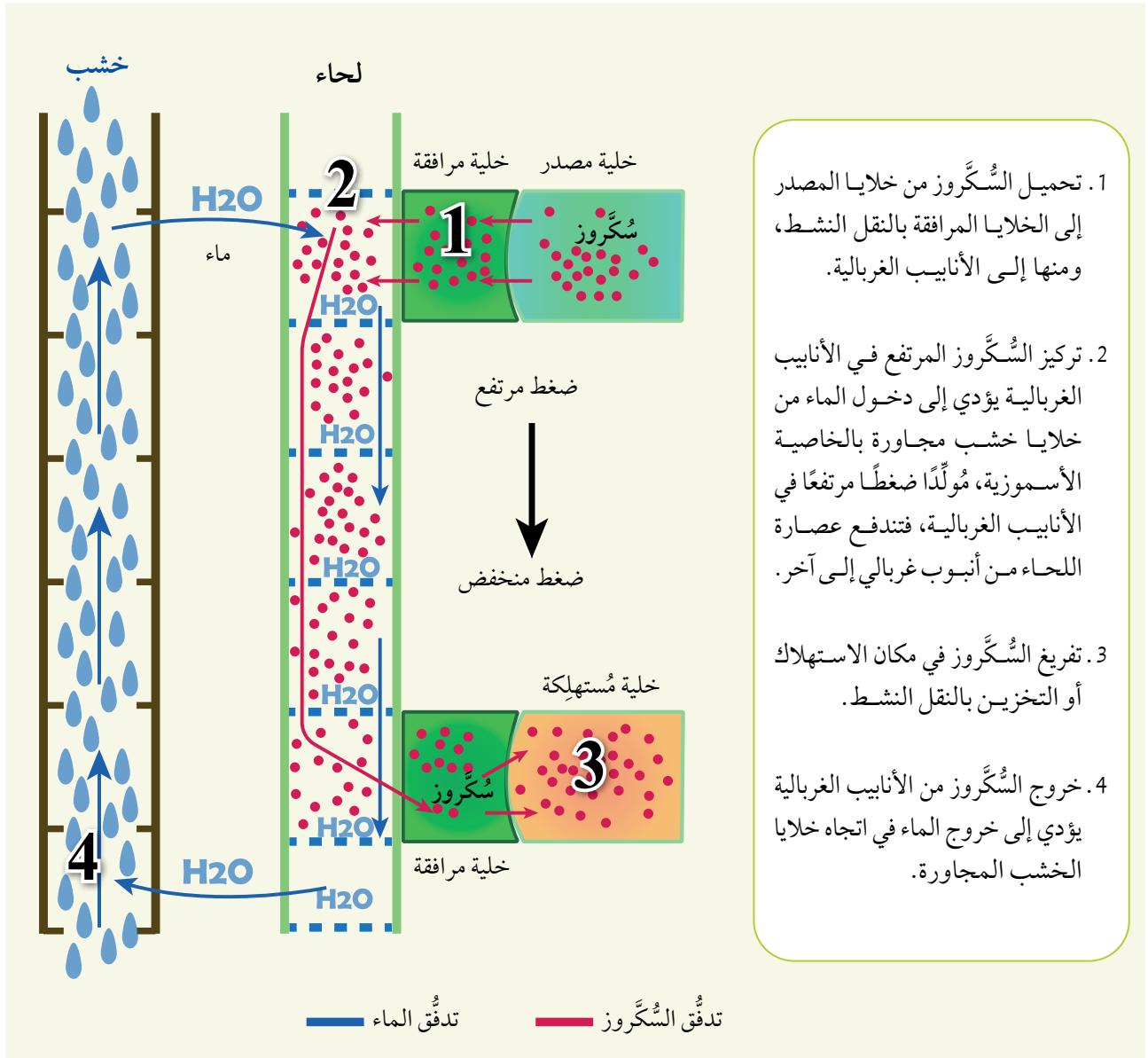
Transport of Phloem Sap in Plant

تصنع أوراق النبات وأجزاءه الخضراء الأخرى الغذاء عن طريق عملية البناء الضوئي، ثم تُنقل عصارة اللحاء إلى جميع أجزاء النبات، بما في ذلك الجذور، والثمار. ونظرًا إلى انخفاض معدل البناء الضوئي في فصل الشتاء، فإنَّ الأجزاء التي تُخزن الغذاء تصبح مصدر غذاء النبات، وقد تعرَّفتُ سابقًا أنَّ السُّكروز هو المُكوِّن الرئيس لعصارة اللحاء، أمَّا عملية نقله، فتمرُّ بخطوات عدَّة وفق فرضية التدفق الضاغط، أنظر إلى الشكل (13).

✓ **أتحقَّق:** ما الفرق بين عمليتي تحميل السُّكروز وتفريغه؟

أفكر: أحدِّد الأجزاء التي تُعدُّ مصادر غذاء في النبات تبعًا لفصول السنة، ثم أدِّعِم إجابتي بأمثلة.

الشكل (13): نقل السُّكروز من أماكن تصنيعه (المصدر) إلى أماكن استهلاكه أو تخزينه وفق فرضية التدفق الضاغط.





تُعرّف المعالجة النباتية للملوثات Phytoremediation بأنها استخدام النباتات في تقليل تركيز المواد السامة الملوثة للبيئة. وقد استعمل الباحثون اليابانيون نبات دوار الشمس لامتصاص المواد المشعة من المناطق المحيطة بمنطقة مفاعل فوكوشيما بعد انفجاره عام 2011م؛ إذ تمتص جذور نبات دوار الشمس هذه المواد من التربة عن طريق الجذور، ثم تُخزنها في أجزائه المختلفة. وعند جمع هذه النباتات، فإنّه يُتخلّص منها بطريقة مناسبة.

الربط بالطب



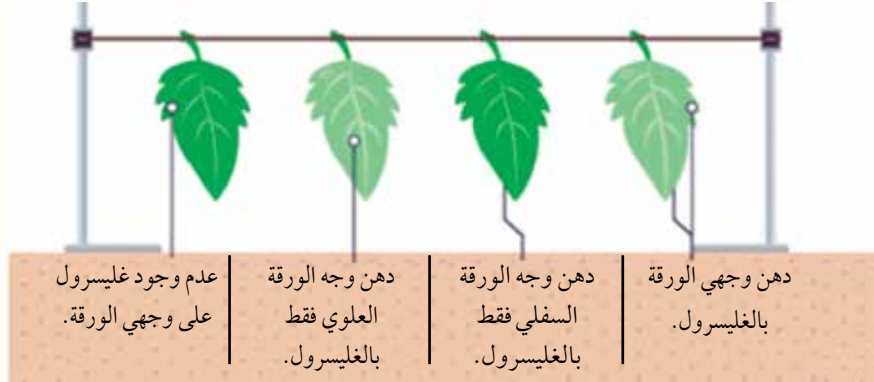
يُستخلص التاكسول (Taxol) من لحاء نبات صنوبري يُسمّى Pacific Yew (*Taxus brevifolia*)، وقد اكتشف العلماء فوائده في علاج السرطان أول مرّة عام 1960م، ثم اعتمدته المؤسسة العامة للغذاء والدواء (FDA) Food and Drug Administration في الولايات المتحدة الأمريكية لعلاج أنواع مختلفة من أورام السرطان عام 1994م، لا سيّما سرطان المبيض، وسرطان الثدي. يُؤثّر التاكسول في الأنبيبات الدقيقة للهيكّل الخلوي، ويمنع الخلايا السرطانية من إكمال دورة حياتها. غير أنّ نبات Pacific Yew موجود فقط في أماكن محدودة؛ لذا بحث العلماء عن التاكسول في نباتات أخرى، وحاولوا تصنيعه في المختبر، وقد أظهرت المُركّبات المُصنّعة نتائج مُشجّعة ومُبشّرة.



أبحاث: تنتج فضلات مختلفة من عمليات الأيض في النبات، مثل المطّاط. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن الأهمية الاقتصادية لبعض هذه الفضلات، ثم أعدّ عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي / زميلاتي في الصف.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أَوْصَح آلية نقل السُّكَّر من خلية ورقة إلى خلية جذر وَفْق نظرية التدفُّق الضاغط.
 2. **أُقارن** بين نسيج الخشب ونسيج اللحاء من حيث: المُكوّنات، والوظيفة.
 3. أَصِف توزيع نسيج الخشب واللحاء في كُلٍّ من: الجذر، والساق، والأوراق.
 4. نظرًا إلى صعوبة قياس معدّل النتح مباشرة؛ فإنّه يقاس بطرائق غير مباشرة، مثل: قياس مقدار النقص في كتلة النبات الحيوية، وقياس كمية الماء التي امتصّها النبات.
- يُبيّن الشكل الآتي أربع أوراق من نبات لها الحجم نفسه تقريبًا، وقد ثُبَّت على حامل، ودُهِن بعض أوجهها بالجليسرول:



إذا كان مقدار النقص في الكتلة الحيوية لهذه الأوراق بعد 24 h كما في الجدول الآتي، فأُجيب عمّا يأتي:

رقم الورقة				
4	3	2	1	
وجه الورقة المدهون بالجليسرول	الوجه العلوي.	الوجه السفلي.	الوجهان العلوي، والسفلي.	وجه الورقة المدهون بالجليسرول
نسبة النقص في الكتلة الحيوية للورقة	36%	4%	2%	40%

أ. **أُمثِّل بيانيًا** العلاقة بين دهن أوجه أوراق النبات بالجليسرول ومقدار النقص في الكتلة الحيوية لكلٍّ منها.

ب. **أُستنتج**: ما الذي يُمكن استخلاصه من تلك النتائج؟ أذكر دليلين لدعم استنتاجي.

Plant Hormones الهرمونات النباتية

يتأثر النبات بالعديد من المثيرات في أثناء مراحل الحياة التي يمرُّ بها، مثل: الجفاف، وطول الليل، وانخفاض درجات الحرارة، ويستجيب لهذه المثيرات بطرائق عدَّة، منها إنتاجه هرمونات نباتية تُسهم في الحفاظ على بقاءه، وهي مواد تنقل رسائل كيميائية في النبات الذي يحتاج إليها بتركيز منخفضة.

تنتج الهرمونات في أجزاء مُعيَّنة من النبات، وتؤدي عملها في أجزاء أخرى منه. وتُعدُّ الأوكسينات Auxins، والسيتوكاينينات Cytokinins، والجبرلينات Gibberellins، والإثيلين Ethylene، وحمض الأبسيسيك Absciscic Acid هرمونات نباتية رئيسة، وقد اكتُشفت حديثاً هرمونات نباتية أخرى.

✓ **أتحقَّق:** ما الهرمونات النباتية الرئيسية؟

الفكرة الرئيسة:

يستجيب النبات لعدد من المثيرات، وتؤدي الهرمونات النباتية دوراً في هذه الاستجابات.

نتائج التعلم:

- أتعرف أنواع الهرمونات النباتية المختلفة.
- أوضح آلية عمل الهرمونات النباتية في استجابات النبات المختلفة.
- أفسر أنماط الحركة في النبات، مع بيان دور المثيرات الخارجية فيها.

المفاهيم والمصطلحات:

Phototropism	الانتحاء الضوئي
Gravitropism	الانتحاء الأرضي
	الانتحاء اللامي
Thigmotropism	
Turgor Pressure	ضغط الامتلاء

أتمل البطاقات الآتية التي كُتِبَ عليها الهرمونات النباتية الرئيسة،
وأماكن تصنيعها، وأهم وظائفها:

السيٲوكاينينات

مكان التصنيع الرئيس: **الجذور**.

الوظائف الرئيسة:

ورقة نبات رُشَّت
بالسيٲوكاينين.



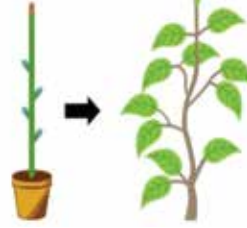
تأخير شيخوخة الأوراق.

- تنظيم انقسام الخلايا في الساق والجذر.
- تحفيز نمو البراعم الجانبية.
- تحفيز انتقال المواد الغذائية إلى أماكن استهلاكها.
- تحفيز إنبات البذور.
- تأخير شيخوخة الأوراق.

الأكسينات

مكان التصنيع الرئيس: **القمة النامية للساق**.

بوجود القمة النامية



تحفيز سيادة القمة النامية.



بعد إزالة القمة النامية

- #### الوظائف الرئيسة:
- تحفيز استطالة الساق.
 - تحفيز تشكُّل الجذور الجانبية والجذور العرضية.
 - تنظيم نمو الثمار.
 - تحفيز سيادة القمة النامية.
 - الإسهام في الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي.

حمض الأبسيسيك

مكان التصنيع الرئيس: **معظم أجزاء النبات**.

الوظائف الرئيسة:



إنبات بذور لنبات لا يُنتِج حمض الأبسيسيك.

- تثبيط نمو النبات.
- تحفيز إغلاق الثغور في أثناء الجفاف.
- تحفيز سكون البذور.

الجبرلينات

مكان التصنيع الرئيس: **الخلايا المرستيمية في البراعم والجذور والأوراق الحديثة النمو**.



استطالة الساق.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز استطالة الساق.
- تحفيز نمو أنبوب اللقاح.
- تحفيز نمو الثمار.
- تحفيز إنبات البذور.

الوظائف الرئيسة:

- تحفيز نضج الثمار، وتساقط الأوراق.
- زيادة معدّل الشيخوخة.
- تحفيز تكوُّن الجذور والشعيرات الجذرية.

الإثيلين

مكان التصنيع الرئيس:

معظم أجزاء النبات.



نضج الثمار.

استجابة النبات للمثيرات Plant Response to Stimuli

تستجيب النباتات للمثيرات في بيئاتها، شأنها في ذلك شأن الكائنات الحية الأخرى، وقد تكون هذه المثيرات يومية، أو فصلية، أو مُسببات أمراض.

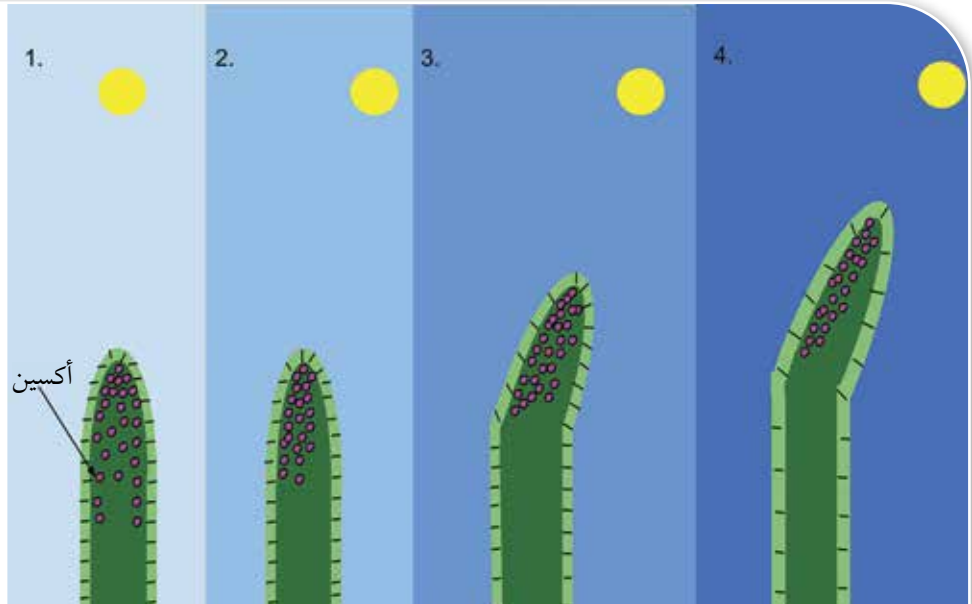
الانتحاء الضوئي Phototropism

قد يُحفّز الضوء النباتَ على النمو في اتجاهه، في ما يُعرَف بعملية **الانتحاء الضوئي Phototropism**. ويلجأ النبات إلى هذه العملية للحصول على ما يلزمه من إضاءة.

للأكسين دور مهم في عملية الانتحاء الضوئي في النبات، وهو يُصنَّع في أجزاء مختلفة من النبات، أهمها القمّة النامية للساق. يعمل الأكسين على استطالة خلايا أسفل القمّة النامية للساق في الجهة البعيدة عن الضوء، مُحدثاً انحناءً في اتجاه الضوء، أنظر إلى الشكل (14).

أفكر: أصمم تجربة أُحدّد فيها لون الضوء المرئي الذي يُسبّب أكبر انحناء ضوئي للنبات.

الشكل (14): انحناء البادرة في اتجاه الضوء.



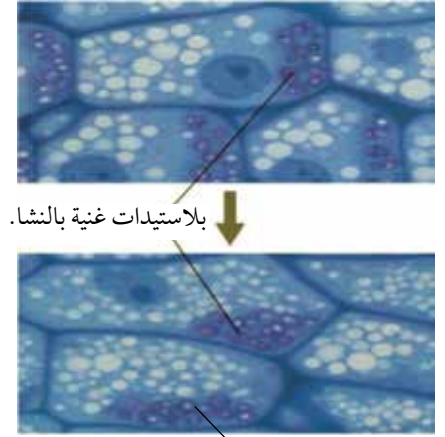


الشكل (15): نمو الجذر في اتجاه الجاذبية الأرضية.

الانتحاء الأرضي Gravitropism

يستجيب النبات للجاذبية الأرضية عندما تبدأ البذرة بالإنبات؛ إذ ينمو الجذر في اتجاه الجاذبية، في ما يُعرف بالانتحاء الأرضي Gravitropism، وتنمو الساق في اتجاه ضوء الشمس دائماً، بصرف النظر عن وضعية البذرة لحظة زراعتها، أنظر إلى الشكل (15).

تحتوي النباتات الوعائية بلاستيدات غنية بحبيبات النشا، وتوجد هذه البلاستيدات في خلايا قريبة من قمة الجذر النامية، ونظراً إلى ثقل وزن هذه البلاستيدات؛ فإنها تتجمع في الجزء السفلي من هذه الخلايا، ويُعتقد أن تجمعها يُحفّز على زيادة تركيز الأكسجين فيها، ما يُثبّط استطالة خلايا الجزء السفلي، ويسمح لخلايا الجزء العلوي أن تستطيل على نحوٍ أسرع، فينمو الجذر نحو الأسفل، أنظر إلى الشكل (16).



بعد دقائق من وضع الجذر بصورة أفقية.

الشكل (16): خلايا نباتية للقمة النامية للجذر تُبيّن مواقع البلاستيدات الغنية بالنشا.

نشاط

الانتحاء الأرضي

المواد والأدوات: ثلاث من بذور الحمص، طبق بتري، أوراق ترشيح، ماء.

خطوات العمل:

5 أضع طبق بتري في مكان مُظلم بصورة عمودية

مدة 3 أيام.

6 **ألاحظ** اتجاه نمو الجذور بعد 3 أيام، ثم أدوّن

ملاحظات.

التحليل والاستنتاج:

1. **أفسّر** النتائج التي توصّلت إليها.

2. **أتوقع:** إذا قلبتُ الطبق حتى زاوية 180°، فما

النتيجة المُتوقّعة؟



1 أنبت البذور حتى يتكوّن لها جذور مستقيمة، يتراوح

طولها بين (3 cm) و (4 cm).

2 أضع عدداً من أوراق الترشيح داخل طبق بتري،

ثم أبلّلها بقليل من الماء.

3 **أضبط المتغيرات:** أضع بذور الحمص على أوراق

الترشيح كما في الشكل المجاور.

4 أغلق طبق بتري، وأراعي أن يضغط

غطاء الطبق البذور لتثبيتها.

الشكل (17): أوراق نباتات
تلتف بدرجات مُتعددة استجابةً
لدرجات جفاف مختلفة.



أفكر: لماذا تلتف أوراق النباتات
على هيئة أنبوب عند تعرّضها
للجفاف؟



الشكل (18): نبات صحراوي يستغني
عن أوراقه معظم أيام السنة للتقليل من
فقدانه الماء.

أفكر: كيف يُمكن استثمار
هرمون الإثيلين اقتصاديًا في
مجال الإنتاج النباتي؟

تحمل الجفاف Drought Tolerance

يؤدي تعرّض النبات للجفاف مُدَّةً طويلةً إلى موته، غير أنَّ للنبات
أنظمة تحكُّم تُمكنه من التكيف مع نقص الماء؛ إذ يلجأ النبات إلى
التقليل من معدَّل النتح بصورة كبيرة للحدِّ من فقدته الماء، وذلك
بإغلاق الثغور، وزيادة إفراز حمض الأبسيسيك الذي يساعد على
إبقاء الثغور مُغلقة.

من أنماط استجابة النبات للجفاف: التفاف الأوراق على شكل يُشبه
الأنبوب، وهو نمط استجابة في النباتات العشبية، أنظر إلى الشكل (17)،
وتخلص النبات من أوراقه بصورة كلية، أنظر إلى الشكل (18).

✓ **أتحقَّق:** أوضِّح أنماط استجابة النبات للجفاف.

نضج الثمار Fruits Ripening

تجذب الثمار الناضجة الحيوانات، ما يُسهِّم في انتشار البذور،
واستمرار دورة حياة النبات.

تحدث سلسلة من التفاعلات في أثناء نضج الثمار؛ إذ يُحفِّز
الإثيلين الثمار إلى النضج، ثم يُحفِّز النضج النبات إلى إنتاج
مزيد منه، وكذلك ينتشر الإثيلين من ثمرة إلى أخرى بسبب حالته
الغازية، وهو يُستخدم تجاريًا بإضافته إلى الثمار غير الناضجة
المحفوظة في مخازن حتى تنضج، وفي حال الرغبة في إبطاء
عملية النضج، فإنَّ الثمار توضع في صناديق، ثم تُعرَّض لغاز

ثاني أكسيد الكربون، ويراعى في هذه العملية استمرار تجدد الهواء، ما يمنع تراكم الإثيلين، علماً أن ثاني أكسيد الكربون يُبْطِئ إنتاج الإثيلين.

تساقط الأوراق Leaves Abscission

يحمي تساقط أوراق النباتات في فصل الخريف النباتات من الجفاف. وتنقل النباتات بعض المواد الضرورية الموجودة في الأوراق قبل تساقطها، وتخزنها في الخلايا البرنشيمية للساق والجذر. تنفصل الورقة عن الساق قرب عنق الورقة التي تضعف نتيجة تحلل السُكَّريات في الجُدر الخلوية للخلايا بفعل عدد من الإنزيمات، التي يُسهم الإثيلين إسهاماً فاعلاً في تحفيزها، وكذلك يُسهم كلٌّ من الرياح ووزن الورقة في انفصال الورقة عن النبات وسقوطها.

سكون البذور Seeds Dormancy

في مرحلة نضج البذور يرتفع تركيز حمض الأبسيسيك، ما يؤدي إلى تثبيط عملية الإنبات، وتحفيز إنتاج بروتينات تساعد البذور على مقاومة عوامل الجفاف التي تمرُّ بها عملية نضجها، وما إن توافر لهذه البذور الظروف المناسبة (مثل الهطل) حتى ينخفض تركيز حمض الأبسيسيك فيها، ما يجعلها تنهي طور السكون وتنبت، أنظر إلى الشكل (19).

إنبات البذور Seeds Germination

تُعَدُّ أجنَّة البذور مصدرًا غنيًا بالجبرلينات، فبعد امتصاص البذور الماء، يُطلَق الجبرلين من الجنين، في إشارة إلى أن البذرة قد أنهت طور السكون، وأخذت تنبت، علماً أن بعض البذور التي تحتاج إلى عوامل بيئية مُعيَّنة لتنبت (مثل التعرُّض للضوء) تنهي طور السكون، وتنبت إذا عُولِجت بالجبرلين من دون حاجة إلى التعرُّض لهذه العوامل.



أبحاث: تعرُّض النباتات

للفيضانات في عدد من المناطق حول العالم، لا سيَّما في تغير المناخ. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن آلية استجابة النباتات للفيضان، ثم أعدَّ عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي / زميلاتي في الصف.



الشكل (19): بذور نبات المانغروف التي تنبت وهي ما تزال متصلة به.

الإزهار Flowering



أبحث في مصادر

المعرفة المناسبة عن كيفية تطعيم النباتات لإكسابها صفات مرغوب فيها، ثم أعد عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم عرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

✓ **أتحقق:** ما المقصود بهرمون الإزهار؟

أفكر: ما الوحدات البنائية لهرمون الإزهار؟

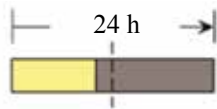
تتشكّل الأزهار من برعم قمي، أو برعم إبطي، وتعمل الأوراق التي تستشعر التغيرات في مدة الضوء على إنتاج مواد خاصة تُحفّز البراعم إلى التحوّل إلى أزهار.

وفي ما يخصّ نباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، فإنّ تعرّض ورقة واحدة منها فقط لكمية الضوء الضرورية كافٍ ليحدث الإزهار. كشفت العديد من التجارب العلمية أنّ المادة المُحفّزة إلى تشكّل الأزهار قد تنتقل من نبات تتوافر فيه شروط الإزهار إلى نبات آخر لا تتوافر فيه هذه الشروط باستخدام التطعيم، الذي يتضمّن قصّ جزء من ساق نبات، ثم تطعيمه على ساق نبات آخر، ومن الملاحظ أنّ مُحفّز الإزهار واحد لنباتات النهار القصير ونباتات النهار الطويل، على الرغم من اختلاف عدد ساعات الضوء اللازمة لتكوين الأزهار في كلا النوعين، أنظر إلى الشكل (20).

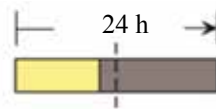
وفي سياق متصل، ظل هرمون الإزهار فلوريجن Florigen مجهول الهوية مدّة تزيد على 70 عامًا.

✓ **أتحقق:** ما المقصود بنباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل؟

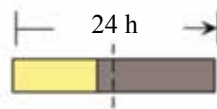
الشكل (20): الإزهار في نباتات النهار القصير، ونباتات النهار الطويل.



نبات النهار القصير يلزمه أقل من 12 h لكي يُزهر.



النبات الناتج من تطعيم نبات نهار قصير بنبات نهار طويل.



نبات النهار الطويل يلزمه أكثر من 12 h لكي يُزهر.

استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية

Plant Response to Mechanical Stimuli

تتصف النباتات بحساسيتها الشديدة للمثيرات الميكانيكية، فمثلاً، عند قياس طول ورقة نبات بمسطرة، قد يُؤثر وضع المسطرة على سطح هذه الورقة في نموها، وقد ينتج من فرك ساق نبات مرّات عدّة يومياً نباتٌ قصيرٌ مقارنةً بنبات من النوع نفسه لم تُفرك ساقه، أنظر إلى الشكل (21). أمّا النباتات المُتسلّقة ومنها العنب، فلها محاليق تلتف حول الدعامة (إن وُجدت)، وهذه التراكيب المُتسلّقة تنمو مستقيمة إلى أن تلامس جسمًا صلبًا، فيحفّز التلامس استجابة الالتفاف الناتجة من النمو غير المُتماثل للخلايا على جانبي المحلاق، ويُطلق على النمو المُوجّه (الالتفاف) **الانتحاء اللمسي** **Thigmotropism**.

من الأمثلة الأخرى على استجابة النباتات للمثيرات الميكانيكية، سلوك أوراق نبات الميموزا *Mimosa* المُركّبة عند ملامستها؛ إذ تنطوي هذه الوريقات بعضها على بعض نتيجة فقدان ضغط الامتلاء في خلايا الوريقات، أنظر إلى الشكل (22)، وتُسهم هذه الاستجابة في حماية النبات من آكلات الأعشاب. يُعرّف **ضغط الامتلاء** **Turgor Pressure** بأنّه ضغط يُواجهه الجدار الخلوي للخلية النباتية بعد تدفق الماء، وانتفاخ الخلية بسبب الخاصية الأسموزية.

✓ **أتحقق:** أعدّد بعض أنماط استجابة النبات للمثيرات الميكانيكية.



الشكل (21): أثر فرك ساق النبات في طوله.

الشكل (22): أوراق نبات الميموزا قبل اللمس وبعده.



ساق



1 mg/L

0.02 mg/L

جذر



0.02 mg/L

2 mg/L

خلايا غير متميزة



0.2 mg/L

2 mg/L

سيتوكاينين

أكسين

الشكل (23): أثر تركيز
السيتوكاينين والأكسين في تمايز
خلايا النبات.

دور السيتوكاينينات والأكسينات في الزراعة النسيجية

Role of Cytokinins and Auxins in Tissue Culture

تؤدي السيتوكاينينات والأكسينات دورًا مهمًا في تحفيز انقسام الخلايا؛ فعند إكثار نسيج من خلايا برنشيمية في أنبوب اختبار يحوي الأكسين، لوحظ أن هذه الخلايا تنمو حتى تصل حجمًا كبيرًا من دون أن تنقسم، وأنه عند إضافة السيتوكاينين والأكسين تبدأ هذه الخلايا بالانقسام، علمًا أن إضافة السيتوكاينين وحده لا تدخل الخلايا في طور الانقسام، وبالمثل، فإن نسبة السيتوكاينين إلى الأكسين تُعدّ عاملًا مهمًا في تمايز الخلايا، أنظر إلى الشكل (23).

✓ **أنتحقق:** أصف التراكيز المطلوبة من هرموني السيتوكاينين والأكسين لتشكّل الجذور.



تُعَدُّ الاستجابة الثلاثية

للبادرات إحدى وظائف هرمون الإثيلين. أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن هذا الموضوع، ثم أعدّ فيلمًا قصيرًا عنه باستخدام برنامج movie maker، ثم أعرضه على زملائي/زميلاتي في الصف.

تكيفات غذائية في النباتات Nutritional Adaptations in Plants

تحصل معظم النباتات على المواد الأولية التي تلزمها لصنع الغذاء من التربة عن طريق جذورها، لكن بعضها تكيف للحصول على هذه المواد، إضافة إلى توفير الغذاء بطرائق مختلفة.

النباتات الهوائية Epiphytes

تعيش هذه النباتات على سيقان نباتات أخرى من دون أن تتصل جذورها بالتربة، وتحصل على الماء والعناصر الغذائية بامتصاصها من الأوراق التي تهطل عليها الأمطار، أنظر إلى الشكل (24).



الشكل (24): نبات ينمو على ساق نبات آخر. ▲

النباتات الطفيلية Parasitic Plants

تحصل هذه النباتات على الماء والعناصر الغذائية والسُّكَّر من النبات العائل، وتمتاز بأن لها جذورًا تخترق الأنسجة الوعائية للنبات العائل؛ ما يُمكنها من أخذ حاجتها من الماء والغذاء، أنظر إلى الشكل (25).



نبات
متطفل

الشكل (25): نبات يتطفل على نبات آخر. ▲

النباتات الآكلة للحوم Carnivorous Plants

يُمكن لهذا النوع من النباتات القيام بعملية البناء الضوئي، ونظرًا إلى عيشه في بيئات حمضية، وافتقار تربته إلى عناصر غذائية ضرورية مثل النيتروجين؛ فقد تكيف لتوفير ما يلزمه من هذه العناصر عن طريق اصطياد الحشرات وبعض الحيوانات الصغيرة، ويحاصر هذا النوع من النباتات الحشرات والحيوانات الصغيرة داخل بعض أجزائه مثل الزهرة، ثم يُفرز إنزيمات تُسهِّم في هضم هذه الفرائس، أنظر إلى الشكل (26).



الشكل (26): نبات آكل للحوم. ▲

الربط بصناعة العطور من إصابته تفوح الرائحة الزكية.

تعيش جنوب شرق آسيا أشجار من جنس *Aquilaria*، وهي تُنتج نوعًا من الخشب يوجد في قلب الساق والجذر، ويُسمَّى Agarwood، ويُفرز مادة راتنجية عطرية داكنة اللون نتيجة إصابته بفطر *Phialophora parasitica*. ومنها يُستخلص عطر العود الثمين الذي تعتمد جودته على عوامل عدّة، منها: نوع الأشجار، وأماكن وجودها.

أما سبب ارتفاع ثمن هذا العطر، فمردهُ إلى ندرة هذه الأشجار في البيئات البرية التي تعيش فيها، علماً أنّ سعر الكيلوغرام الواحد من هذا الخشب قد يصل إلى 70000 دينار أردني، في حين لا تتعدّى كمية العطر التي يُمكن استخلاصها من الكيلوغرام الواحد منه نحو 0.3 mL.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: أوضح كيف يستجيب النبات للضوء.
2. ما المقصود بالهرمونات النباتية؟
3. **أفسّر** سبب كلّ ممّا يأتي:
 - أ. إنضاج الإثيلين ثماراً عدّة في آنٍ معاً ضمن مكان واحد.
 - ب. نمو الجذر نحو الأسفل في النباتات الوعائية.
4. **أقارن** بين كلّ ممّا يأتي:
 - أ. دور كلّ من الأكسينات، والسيتوكاينينات في الحصول على نبات كامل بالزراعة النسيجية.
 - ب. تساقط الأوراق، وإنبات البذور.
5. أوضّح الأسباب التي تدفع بعض النباتات إلى أكل الحيوانات.
6. **أطرح سؤالاً** تكون إجابته «تؤدي إلى إنتاج مواد خاصة تُحفز البراعم إلى التحول إلى ازهار».

حلقات الأشجار Tree Rings

تمتاز الأشجار بحساسيتها وتأثرها الشديد بعوامل المناخ المحلية، مثل: المطر، ودرجة الحرارة؛ لذا استفاد منها العلماء في تعرُّف بعض المعلومات عن المناخ المحلي الذي ساد قديمًا؛ إذ تنمو حلقات الأشجار بسرعة، ويزداد سُمْكها في السنوات الدافئة والرطبة، في حين تكون أقل سُمْكًا في السنوات الباردة والجافة، وفي حال تعرَّضت الأشجار لظروف وأحوال قاسية (مثل الجفاف) في سنة ما، فإنَّها لن تنمو في تلك السنة.

تمكَّن العلماء من المقارنة بين المعلومات المستقاة من جذوع الأشجار المقطوعة حديثًا لسبب ما في أحد الأماكن والقياسات المحلية لدرجة الحرارة وهطل الأمطار من أقرب محطة أرصاد جوية للمكان الذي قُطعت منه الأشجار، وقد توصَّل العلماء إلى حقيقة مفادها أنَّ جذوع الأشجار المُعمَّرة التي ماتت نتيجة التغيُّر المناخي تُقدِّم أدلة عمَّا كان عليه المناخ قبل زمن طويل من توافر البيانات المناخية.



أبحاث في مصادر المعرفة المناسبة عن استخدامات أخرى لحلقات الأشجار؛ لأتعرَّف معلومات أخرى غير تلك الواردة في النص، ثم أعدُّ عرضًا تقديميًا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

السؤال الأول:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة مما يأتي:

1. يستعمل النبات جذوره في التربة للحصول على:

أ . الماء والبروتينات.

ب . العناصر الغذائية والسكريات.

جـ . السكريات والماء.

د . الماء والأملاح المعدنية.

2. القوة التي تربط جزيئات الماء معًا هي:

أ . التماسك. ب . التلاصق.

جـ . التوتر. د . النتح.

3. يوجد شريط كاسبري في الجدر الخلوية لخلايا:

أ . القشرة.

ب . البشرة الداخلية.

جـ . البشرة.

د . الأوعية الخشبية.

4. العملية التي يُحمَل فيها السكر من خلايا المصدر

إلى الخلايا المرافقة هي:

أ . الانتشار البسيط.

ب . الانتشار المسهل.

جـ . النقل النشط.

د . الخاصية الأسموزية.

5. أحد أزواج الهرمونات النباتية الآتية ضروري لإكثار

النباتات بالزراعة النسيجية:

أ . الأكسين والسيتوكاينين.

ب . الإيثيلين والسيتوكاينين.

جـ . الأكسين والجبرلين.

د . حامض الإبيسيسيك والأكسين.

6. واحد مما يأتي يساعد المزارعين على حصاد

ثمارهم آليًا:

أ . الأكسين. ب . السيتوكاينين.

جـ . الجبرلين. د . الإيثيلين.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (×)

إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. يتكوّن اللحاء من خلايا حية. ()

2. توجد الأنسجة الوعائية في الجذر على هيئة حُزم. ()

3. تصبح الأجزاء التي تخزن الغذاء مصدر غذاء للنبات

عندما ينخفض معدل عملية البناء الضوئي للنبات في

فصل الشتاء. ()

4. تُصنّع الهرمونات النباتية في القمة النامية للساق. ()

5. يتداخل عمل أكثر من هرمون نباتي واحد في استجابة

النبات لمثير ما. ()

السؤال الثالث:

أفسّر كلاً مما يأتي:

1. يمرّ الماء من طبقة البشرة الداخلية عن طريق المسار

الخلوي الجماعي.

2. توجد البلاستيدات الغنية بحبيبات النشا في النباتات

الوعائية في خلايا قريبة من قمة الجذر النامية.

3. تنبت جذور النباتات في محطات الفضاء بصورة

مختلفة عن إنباتها على سطح الأرض.

السؤال الرابع:

أقارن بين أثر كلٍّ من العوامل الآتية في معدّل عملية النتح:

الحرارة، والرطوبة، وشِدَّة الإضاءة.

مراجعة الوحدة

السؤال الخامس:

بذرة، ثم غمر في محلول الجبرلين 8 عيّات أخرى تحوي كل منها 100 بذرة مدّة 48 h.

بعد ذلك عرّض نصف العيّات المغمورة بالماء ونصف العيّات المغمورة بمحلول الجبرلين لضوء أحمر مدّة 60 s، ثم عرّضها لدرجات الحرارة الآتية: 15°C، 20°C، 25°C، 35°C، فكانت النتائج كما في الجدول الآتي:

نسبة الإنبات في درجات حرارة مختلفة				تركيز الجبرلين mol/ L	ضوء، أو ظلام
35°C	25°C	20°C	15°C		
0	0	0	0	0	ظلام
0	1	7	1	0	ضوء
0	30	99	93	2×10^{-3}	ظلام
0	56	100	98	2×10^{-3}	ضوء

1. **استنتج:** ما المتغيرات المستقلة؟ ما المتغيرات التابعة؟

2. **أرسم مخططاً بيانياً** للنتائج التي توصّلت إليها.

3. **أستنتج** الحال الأمثل لإنبات بذور نبات *Lepidium virginicum*.

السؤال الثامن:

تؤدّي الهرمونات النباتية دوراً كبيراً في عملياتها الحيوية:

- أذكر ثلاثة من هذه الهرمونات النباتية.
- أذكر وظيفتين رئيسيتين لكل من هذه الهرمونات.

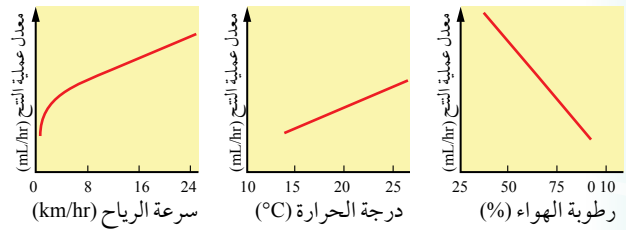
السؤال التاسع:

أصمم استقصاءً علمياً، مبيّناً فيه أثر اتجاه زراعة البذور في إنباتها.

أرسم رسماً تخطيطياً بسيطاً لتتبع مسار تدفق جزيء ماء، بدءاً بالشعيرات الجذرية، وانتهاءً بالهواء المحيط بالورقة، ثم أضع عليه أسماء جميع الأنسجة وطبقات الخلايا ذات الصلة على طول الطريق.

السؤال السادس:

درست ثلاث مجموعات من الطلبة بعض العوامل المؤثرة في معدل عملية النتح في مناطق عدة بجهاز قياس معدل عملية النتح (البوتومتر)، وحصلوا على النتائج التي تبينها الرسوم البيانية الآتية:



- استنتج** كيف تؤثر الأجواء الجافة في معدل عملية النتح.
- أتنبأ.** كيف تزيد سرعة الرياح من معدل عملية النتح؟
- أفسر.** لماذا ينصح بعدم ري النباتات خلال الظهيرة في الأجواء الحارة؟

السؤال السابع:

درس أحد الباحثين تأثير الجبرلين في إنبات بذور نبات *Lepidium virginicum*، واعتقد أن بذور هذا النبات في حاجة إلى التعرّض للضوء مدّة قصيرة لكي تنبت، وأنّ عملية الإنبات تعتمد على درجة الحرارة. بعد ذلك حضّر الباحث محلولين، هما: الماء المُقطّر، ومحلول الجبرلين الذي تركيزه 2×10^{-3} mol/L ثم غمر في الماء المُقطّر 8 عيّات تحوي كل منها 100

النباتات البذرية وتكاثرها Seed Plants and their Reproduction

قال تعالى:

﴿وَمِنْ آيَاتِهِ أَنْكَ تَرَى الْأَرْضَ خَاشِعَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ

إِنَّ الَّذِي أَحْيَاهَا لَمُحْيِ الْمَوْتِ إِنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿٣٩﴾﴾ (سورة فصلت، الآية 39).

أتأمل الصورة

تسبب ثوران عنيف لبركان جبل سانت هيلين عام 1980م، وما رافقه من حرارة وانبعاث للغازات السامة فضلاً عن تراكم أمتار عدة من الرماد البركاني وعلى مساحات واسعة في تدمير معظم الأنظمة البيئية في المنطقة. بعد سنوات عدة، تمكنت نباتات برية بذرية مثل الفرشاة الهندية *Castilleja* من النمو مجدداً في الأرض المحيطة بالبركان. فكيف تمكنت هذه النباتات من الانتشار والتكاثر؟

الفكرة العامة:

للنباتات البذرية خصائص تميزها من غيرها
من النباتات وتمكّنها من الانتشار والتكاثر.

الدرس الأول: النباتات البذرية .

الفكرة الرئيسة: للنباتات البذرية تكيفات تمكنها
من التكاثر والانتشار.

الدرس الثاني: التكاثر اللاجنسي في النباتات البذرية.

الفكرة الرئيسة: تتكاثر النباتات خضرياً دون
الحاجة إلى حدوث عملية الإخصاب.



تجربة استعلا لية

أجزاء الأزهار وصفاتها

المواد والأدوات: أزهار ناضجة لأربعة أنواع مختلفة من النباتات، مجهر تشريحي أو عدسة يدوية مكبرة.

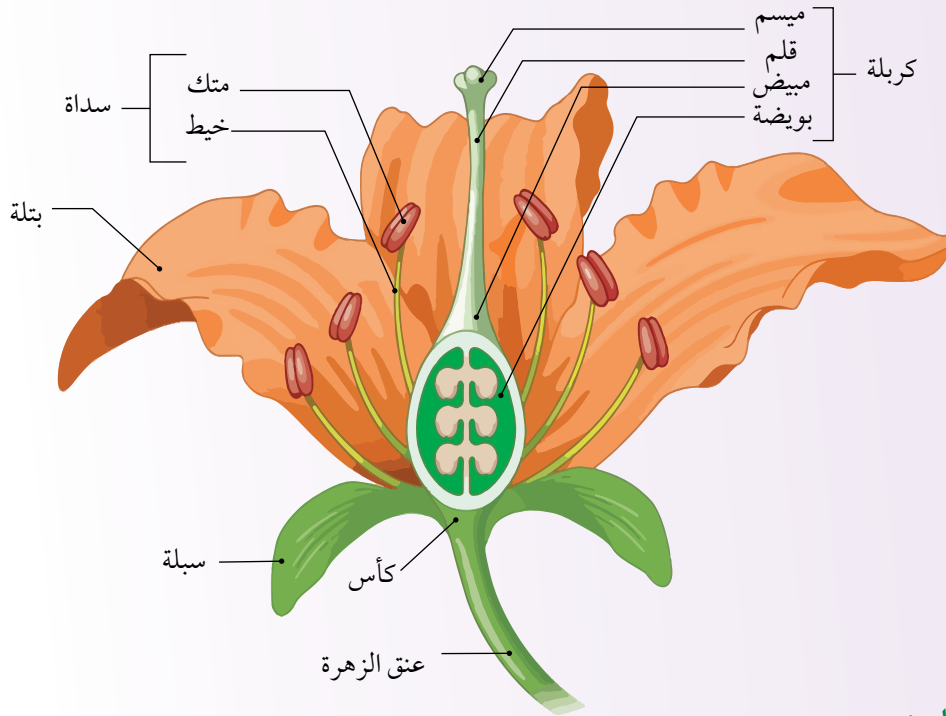
ملحوظة: يفضل أن تكون صفات الأزهار الناضجة مختلفة.

أصوغ فرضيتي: عن العلاقة بين شكل الزهرة وطريقة تلقيحها.

أختبر فرضيتي:

1 أجرب: أتفحص الأزهار الناضجة لأنواع النباتات المختلفة.

2 أحدد أجزاء كل من تلك الأزهار بالاستعانة بالشكل الآتي، مُبتدئاً بالأجزاء الخارجية، ثم الأجزاء الداخلية، وإزالة الجزء الذي حُدد.



التحليل والاستنتاج:

1. أرصد مشاهداتي، ثم أدونها في الجدول الخاص في كتاب الأنشطة والتجارب العملية.
2. **أصدر حكماً.** أوضح ما إذا كانت نتائجي قد توافقت مع فرضيتي..
3. **أتوقع:** ما التراكيب التي لاحظتها في أثناء تنفيذ النشاط، مُبيِّناً أهمها في عملية التلقيح؟

خصائص النباتات البذرية

Characteristics of Seed Plants

تُمثِّل النباتات البذرية ما نسبته 87% من أنواع النباتات في المملكة النباتية تقريبًا، وقد درُسْتُ سابقًا أنَّ النباتات البذرية تُصنَّف إلى نوعين، هما: النباتات مُعرّاة البذور Gymnosperms التي توجد بذورها في مخاريط أنثوية، والنباتات مُغطّاة البذور Angiosperms (النباتات الزهرية) التي توجد بذورها داخل الثمار، أنظر إلى الشكل (1).



الشكل (1): ثمار نبات مُغطّى البذور، ومخروط نبات مُعرّى البذور.

الفكرة الرئيسة:

للنباتات البذرية تكيفات تمكنها من التكاثر والانتشار.

نتائج التعلم:

- أتتبع دورة حياة نبات مُعرّى البذور.
- أوضّح مراحل دورة حياة نبات مُغطّى البذور.
- أفسّر بعض أنواع تكيف النباتات البذرية التي تُسهّم في تكاثرها وانتشارها.

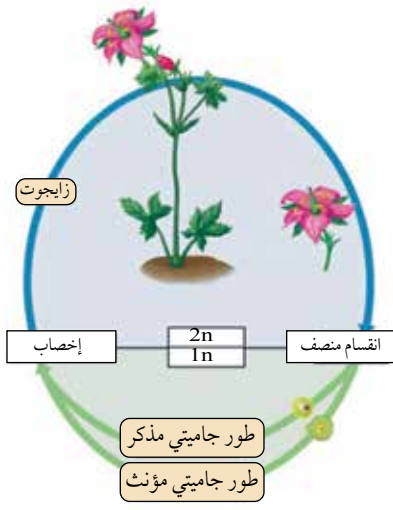
المفاهيم والمصطلحات:

Embryo Sac

كيس الجنين

✓ **أتحقّق:** إلّا ما تُصنّف النباتات البذرية؟

دورة حياة النباتات البذرية Life Cycle of Seed Plants



الشكل (2): سيادة الطور البوغي على الطور الجاميتي في النباتات البذرية.



أبحاث في مصادر

المعرفة المناسبة عن أكبر النباتات البذرية حجماً، ثم أعدّ عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم عرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

تمتاز دورة حياة النباتات البذرية بأنَّ الطور البوغي Sporophyte ثنائي المجموعة الكروموسومية $2n$ Diploid فيها سائد على الطور الجاميتي Gametophyte أحادي المجموعة الكروموسومية Haploid ($1n$)، أنظر إلى الشكل (2). توفر سيادة الطور البوغي الحماية للطور الجاميتي من الظروف البيئية مثل الأشعة فوق البنفسجية، والجفاف، فضلاً عن تزويد الطور الجاميتي بالمغذيات. يتعاقب الطور البوغي مع الطور الجاميتي في دورة حياة النباتات البذرية، في ما يُعرف بتبادل الأجيال Alternation of Generations.

✓ **أنتحقق:** أيُّ الأطوار سائد في دورة حياة النبات البذري؟

دورة حياة النباتات مُعرّة البذور Life Cycle of Gymnosperms

النباتات مُعرّة البذور هي نباتات وعائية لها مخاريط، ومن أمثلتها نبات الصنوبر. يوجد نوعان من المخاريط: أحدهما يُنتج حبوب اللقاح، والآخر يُنتج البويضات، أنظر إلى الشكل (3).

مخروط أنثوي

الشكل (3): نبات صنوبر يحمل مخاريط أنثوية وأخرى ذكورية.

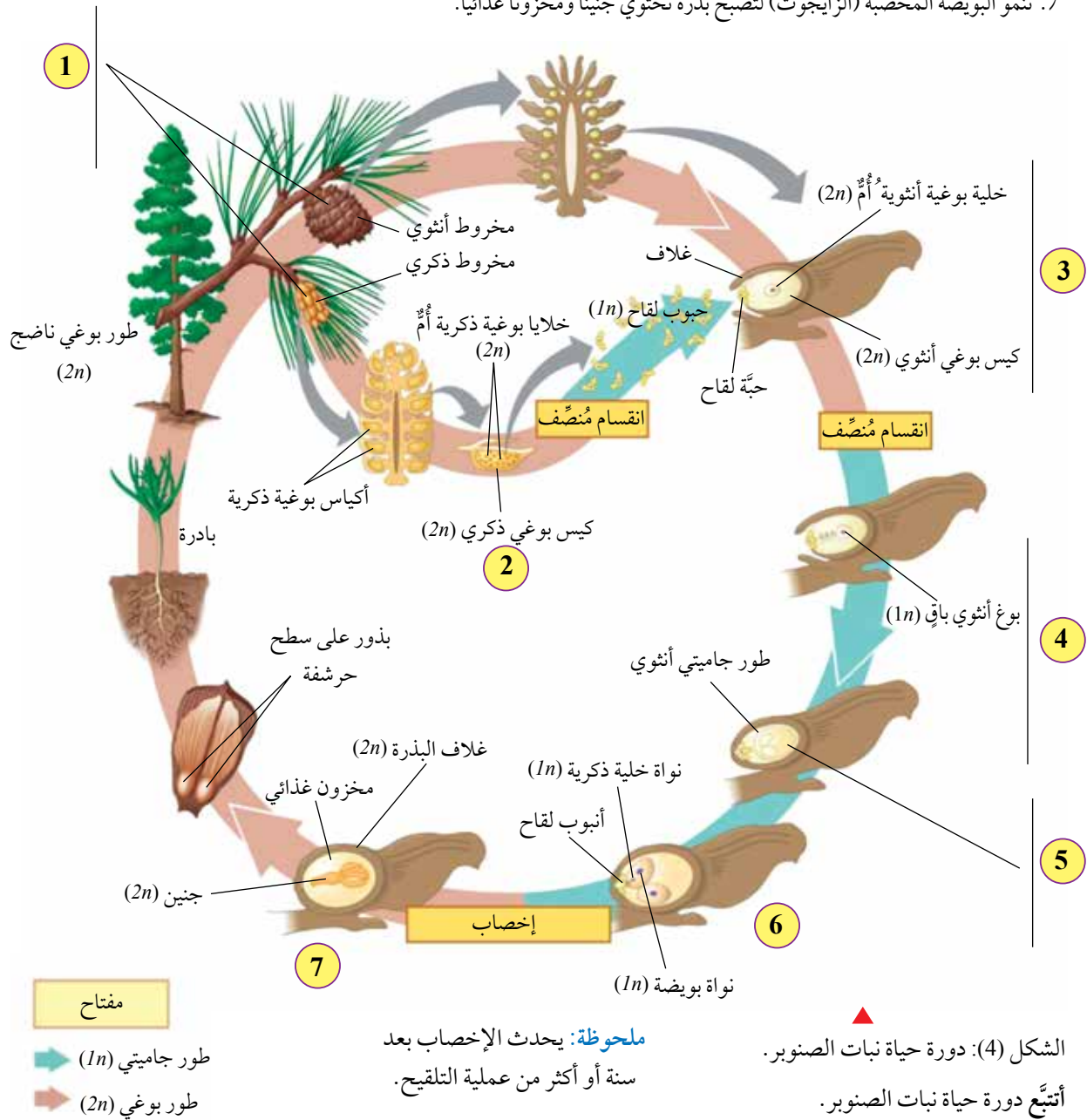
أستنتج. ما أهمية وجود المخاريط الذكورية والأنثوية في النباتات معرة البذور؟

مخروط ذكري



تمرُّ دورة حياة نبات الصنوبر بمراحل مختلفة، أنظر إلى الشكل (4).

1. تحمل أشجار الصنوبر مخاريط ذكورية وأخرى أنثوية.
2. تنقسم الخلايا البوغية الذكرية انقسامًا مُنصفًا لإنتاج حبوب اللقاح.
3. عند التلقيح، ينمو أنبوب لقاح يصل إلى الكيس البوغي الأنثوي.
4. تنقسم الخلية البوغية الأنثوية الأم انقسامًا مُنصفًا، فتنتج أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية ($1n$)، تتحلل ثلاث منها ويبقى بوغ أنثوي واحد.
5. يتحوّل البوغ الأنثوي إلى طور جاميتي أنثوي يحوي أربع بويضات.
6. تنضج البويضات بمرور الوقت، وتدخل الخلايا الذكرية عبر أنابيب اللقاح، ويحدث الإخصاب باندماج نواة خلية ذكرية في نواة البويضة.
7. تنمو البويضة المُخصَّبة (الزايغوت) لتصبح بذرة تحتوي جنينًا ومخزونًا غذائيًا.

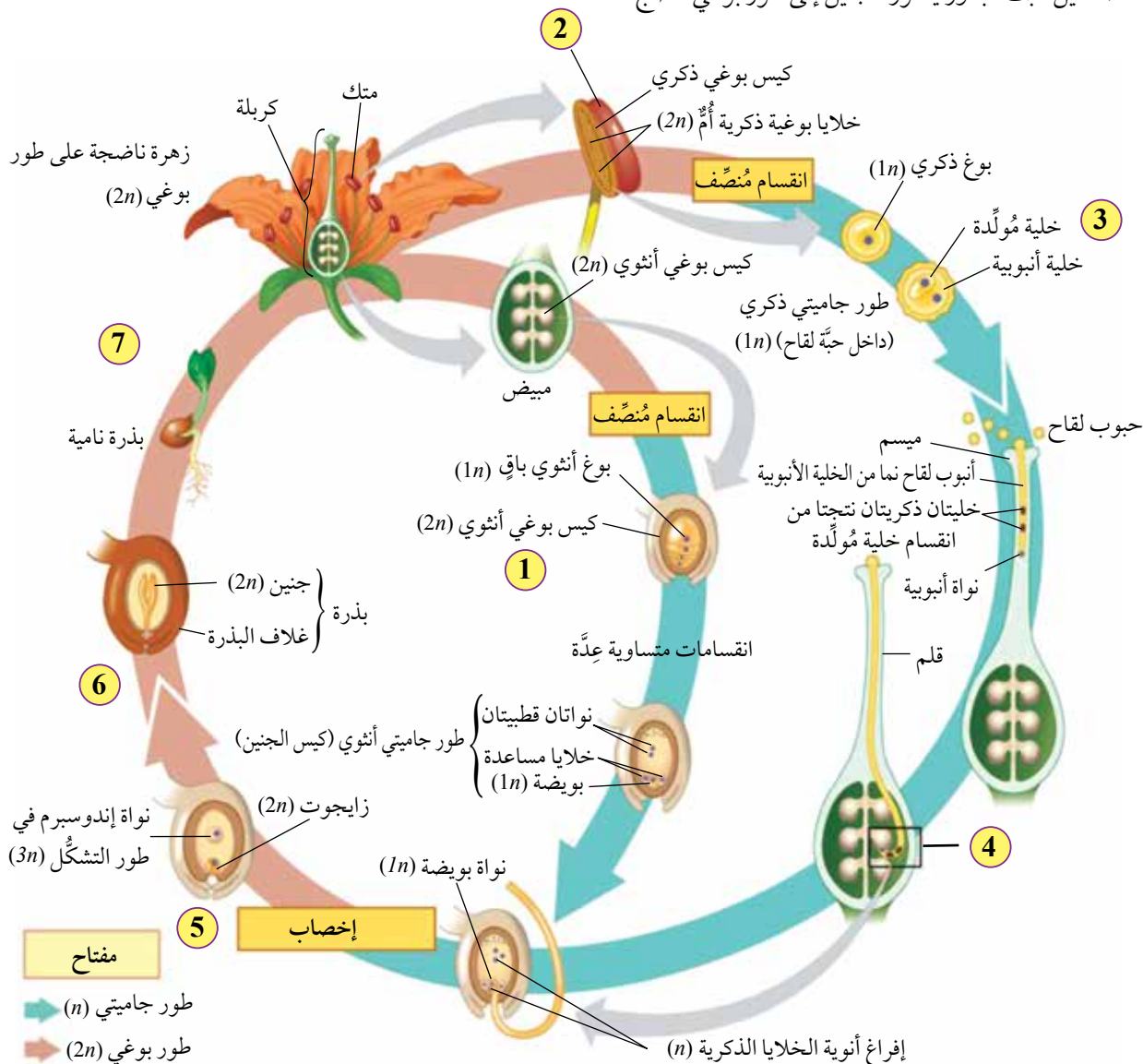


الشكل (4): دورة حياة نبات الصنوبر.
أُتبع دورة حياة نبات الصنوبر.

Life Cycle of Angiosperms دورة حياة النباتات مُغطّاة البذور

النباتات البذرية مُغطّاة البذور هي النباتات الزهرية التي تُنتج بذورها في ثمار، وتُمثّل أكبر نسبة من النباتات البذرية. تمرُّ دورة حياة النباتات الزهرية بعدد من المراحل، أنظر إلى الشكل (5).

1. تنقسم الخلية البوغية الأنثوية الأم انقسامًا مُنصفًا، فتنتج أربعة أبواغ أنثوية، يتحلل ثلاثة منها ويبقى بوغ أنثوي واحد.
2. في المتك، تنقسم الخلية البوغية الذكرية انقسامًا مُنصفًا، مُنتجة أربعة أبواغ ذكرية.
3. ينقسم كل بوغ ذكري انقسامًا متساويًا، فتنتج حبة لقاح تحوي خلية مُولدة، وأخرى أنبوية.
4. بعد عملية التلقيح، تُفرغ خليتان ذكريتان في كل كيس جنيني Embryo Sac، وهو طور جاميتي أنثوي ينتج من نمو بوغ أنثوي، وانقسامه على هيئة تركيب متعدد الخلايا.
5. يحدث إخصاب مزدوج تتحد فيه إحدى نواتي الخليتين الذكريتين مع نواة البويضة، فتنتج بويضة مُخصَّبة، في حين تتحد الأخرى مع النواتين القطبيتين، فينتج الإندوسبرم.
6. تنمو البويضة المُخصَّبة (الزايغوت) إلى جنين داخل البذرة.
7. حين تنبت البذور يتطوّر الجنين إلى طور بوغي ناضج.



تكيف النباتات البذرية Adaptation of Seed Plants

تُنتج معظم النباتات البذرية عددًا كبيرًا من البذور التي يستطيع بعضها إكمال دورة الحياة، ويُمكن لهذه النباتات التكيف بطرائق عدّة، ما يُسهّم في تكاثرها وانتشارها.

تكيف البذور Seed Adaptation

تنتشر البذور بطرائق عدّة، وهي تمتاز بصفات عديدة تُحدّد طرائق انتشارها، أنظر إلى الشكل (6).

أفكر: إذا نمت البذور قرب النبات المنتج لها، فما تأثير ذلك في النبات؟

أتحقّق: ما صفات البذور التي تنتشر بالرياح؟

الشكل (6): طرائق انتشار بذور النباتات البذرية.



انتشار البذور عن طريق الماء

تطفو بذور العديد من النباتات البذرية، مثل نبات جوز الهند على سطح الماء الذي ينقلها من مكان إلى آخر، وتكون محاطة بغلاف صلب غير منفذ للماء.

انتشار البذور عن طريق الرياح

تمتاز بعض بذور النباتات بأنها خفيفة الوزن، وباحتوائها تراكيب تُشبه الأجنحة أو الشعيرات الخفيفة، ما يساعد على نقلها إلى أماكن بعيدة، ومن الأمثلة عليها نبات الهندباء.



انتشار البذور عن طريق الحيوانات

تمتاز بعض بذور النباتات البذرية، مثل نبات اللزيق الشوكي Cocklebur بوجود تراكيب شوكية تلتصق بفرو الحيوانات أو شعرها التي تنقلها إلى أماكن جديدة.



تكيف الأزهار Flower Adaptation

الجدول (1): تكيفات في الأزهار تسهل انتشارها وتلقيحها. ▼

للأزهار في النباتات الزهرية تكيفات عدة، ما يسهم في جذب الملقحات، أنظر إلى الجدول (1) الذي يبين أهم هذه التكيفات.

الجزء من الزهرة	تلقيح بواسطة الحشرات	تلقيح بواسطة الرياح
البتلات	كبيرة الحجم، ألوانها ساطعة، قد تحوي علامات داكنة.	صغيرة الحجم أو غير موجودة.
الرحيق	إنتاج الرحيق.	غير موجود.
الرائحة	لها رائحة.	لا رائحة لها.
الأسدية (أعضاء التذكير)	تكون الأسدية داخل الزهرة.	طويلة، خيطية، تبرز عن الزهرة ليسهل حمل حبوب اللقاح بالرياح.
المياسم	سطحها ضيق، وعادة توجد داخل الزهرة.	كبيرة، لزجة، وتبرز عن مستوى الزهرة.
حبوب اللقاح	قليلة العدد، وعادة تكون كروية، ولزجة، ولها زوائد تمكنها من الالتصاق بأجسام الحشرات.	تنتج أعدادًا كبيرة من حبوب لقاح صغيرة، سطوحها ملساء، خفيفة الوزن.
الحرشفة	غير موجودة.	موجودة أحيانًا.
مثال		

* أما الأزهار كبيرة الحجم، فتلقحها الطيور أو بعض الثدييات مثل الخفافيش.

الربط بالصحة تتج النباتات التي تنتقل حبوب اللقاح فيها بالرياح أعدادًا كبيرة من حبوب اللقاح، وتكون هذه الحبوب خفيفة أو صغيرة؛ لتتمكن الرياح من حملها إلى مسافات بعيدة، وعندما يستنشق الإنسان الهواء المحمل بحبوب اللقاح، فإن هذه الحبوب قد تسبب له الحساسية. أما النباتات التي تنتقل حبوب اللقاح فيها بالحشرات، فإنها لا تسبب الحساسية؛ إذ إن حبوب اللقاح تكون أكبر وأثقل، ما يعيق حملها بالرياح.

تكيّف الثمار Fruits Adaptation

تنتج النباتات الزهرية الثمار، والثمرة مبيض زهرة ناضج، ويسهم تكيف الثمار في انتشار هذه النباتات، أنظر إلى الشكل (7) الذي يبين بعض أشكال هذه التكيفات.

الثمار التي تُؤكل

Edible Fruits

تمتاز كثير من النباتات الزهرية بثمارها الكبيرة الحجم، والحلوة المذاق، والجاذبة للحيوانات التي تنشرها عن طريق فضلاتها.



الثمار المُنفجرة

Explosive Fruits

تستخدم بعض النباتات (مثل القثاء البرّي *Ecballium elaterium*) ضغط الماء في الثمرة؛ لكي تنفجر، وتنتشر بذورها، علماً أنه نبات سام.



الشكل (7): بعض أشكال تكيف الثمار في النباتات الزهرية.

الربط بالحيوان



تنمو أشجار نبات الكاكاو في الغابات المطيرة، وتؤدي القردة دوراً مهماً في إكمال دورة حياة هذا النبات؛ إذ إنها تقطف ثماره لتأكلها وتتغذى بها، ثم تتخلص من بذورها، وهذا يسهم في نشر هذه البذور.



فحص إنبات البذور

يلجأ المتخصصون في البنوك الوراثية إلى التحقق من قابلية البذور للإنبات والنمو بصورة دورية، ثم يتخذون القرارات المناسبة (مثل تكثيرها) بناءً على نسب نموها.

المواد والأدوات: ثلاث عيّينات عشوائية من بذور العدس المختلفة المصدر (كتلة كل منها 100 g)، ثلاثة أطباق بتري، قلم تخطيط، أوراق ترشيح، ماء، مسطرة.

خطوات العمل:

- 1 أرقيم أطباق بتري من (1) إلى (3).
- 2 أضع ورقة ترشيح مرطبة بالماء في كل من الأطباق الثلاثة.
- 3 **أجرب:** أضع 10 بذور من العينة الأولى في الطبق الأول، ثم أكرّر ذلك للعينتين الأخريين.
- 4 **أضبط المتغيرات:** أحتفظ بالأطباق الثلاثة في مكان يحوي مصدرًا للضوء.
- 5 **ألاحظ:** إنبات البذور بعد 4 أيام، ثم أدون ملاحظاتي.
- 6 **ألاحظ:** أنفحص البذور مدّة 10 أيام، ثم أدون ملاحظاتي.

التحليل والاستنتاج:

1. **أحسب** نسبة إنبات البذور للعينات الثلاث باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{نسبة الإنبات} = \frac{\text{عدد البذور النامية}}{\text{عدد البذور الكلية}} \times 100 \%$$
2. **أفسر** النتائج التي توصّلت إليها.
3. **أتوقع:** إذا تراوحت نسبة إنبات البذور بين (20%) و (40%)، فما الإجراء اللازم في هذه الحالة؟ أبحث عن ذلك للتحقق من صحة توقّعي.

تُستخدم التكنولوجيا في الزراعة المحمية (البيوت الزجاجية غالبًا) لتوفير الظروف اللازمة لنمو النباتات؛ بُغِيَّة إطالة موسم نموها، وزيادة إنتاجها. تمتاز الزراعة المحمية بإنتاج كميات أكبر من الغذاء على مساحة أقل من الأرض، وذلك في أي منطقة من العالم تقريبًا، وعلى مدار العام، إلى جانب تقليل آثار البيئة الخارجية في الإنتاج. يتيح هذا النوع من الزراعة إطعام عدد متزايد من السكان، ويوفر طرائق مستدامة لإنتاج الغذاء في مواجهة التغير المناخي الذي تتعرض له الأرض. يستخدم المزارعون الملقِّحات في أنظمة الزراعة المحمية، مثل استخدام النحل الطنَّان Bumblebees داخل البيوت الزجاجية.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: **أفان** بين البذور التي تنتشر بالماء والبذور التي تنتشر بوساطة الحيوانات من حيث الخصائص.
2. **أتوقع:** الطور البوغي في النباتات البذرية سائد على الطور الجاميتي فيها. هل يسود الطور البوغي على الطور الجاميتي في بقية أنواع النباتات؟ أدعم إجابتي بأمثلة.
3. **أفسر** سبب كل مما يأتي:
 - أ - تُعدُّ النباتات الزهرية أكثر النباتات انتشارًا على سطح الأرض.
 - ب - تؤدي القردة دورًا مهمًا في إكمال دورة حياة نبات الكاكو.
4. ما أنواع تكيف الثمار التي تُسهِّم في انتشار النباتات البذرية؟
5. **أقدم دليلًا:** إنَّ استخدام المبيدات الحشرية في القضاء على الحشرات الضارة يؤثر في بقاء النباتات البذرية.

التكاثر اللاجنسي في النباتات البذرية

Asexual Reproduction in Seed Plants

2

الدرس

تعلمت سابقاً أن النباتات تتكاثر جنسياً عن طريق تكوين الجاميتات الذكورية والأنثوية، ولا جنسياً دون الحاجة إلى تكوين الجاميتات بالتكاثر الخضري.

التكاثر الخضري Vegetative Reproduction

قد تتكاثر النباتات عن طريق أجزاءها الخضرية، وهي: الأوراق، والسيقان، والجذور، تنتج أفراداً مطابقة لها في ما يسمى **التكاثر الخضري** Vegetative Reproduction، وهو منتشر في النباتات البذرية وفي غيرها، ويعد نوع التكاثر الرئيس بالنسبة لبعض النباتات، أنظر إلى الشكل (8).

✓ **أتحقّق:** أوضح المقصود بالتكاثر الخضري.

الشكل (8): التكاثر الخضري في نبات البريوفيلم *Bryophyllum* (الكلائشوا)، حيث تنتج البراعم من حواف الأوراق، وعند سقوطها على التربة المناسبة تنمو لتكون نباتات جديدة.

الفكرة الرئيسة:

تتكاثر النباتات خضرياً دون الحاجة إلى حدوث عملية الإخصاب.

نتائج التعلم:

- أوضح مفهوم التكاثر الخضري.
- أقرن بين التكاثر الخضري الطبيعي والصناعي.
- أستقصي بعض طرائق التكاثر الخضري الطبيعية والصناعية.
- أبين أهمية بعض طرائق التكاثر الخضري.

المفاهيم والمصطلحات:

التكاثر الخضري

Vegetative Reproduction

Fragmentation التجزئة

Corms الكورمات

Stolon الساق الجارية

Cuttings العُقل

Layering الترقيد

زراعة الأنسجة النباتية

Plant Tissue Culture

طرائق التكاثر الخضري Methods of Vegetative Reproduction

يحدث التكاثر الخضري في النباتات غالباً بصورة طبيعية دون تدخل الإنسان، وذلك عن طريق الانقسامات المتساوية المتكررة لخلايا النسيج المولد التي تتجدد بصورة مستمرة، ويمكن لخلايا النسيج البرنشي أن تنقسم وتتمايز إلى أنواع الخلايا النباتية الأخرى، ما يسمح بتكوين العديد من أجزاء النبات المختلفة، ومن أنواع التكاثر الخضري الطبيعي:

التجزئة Fragmentation

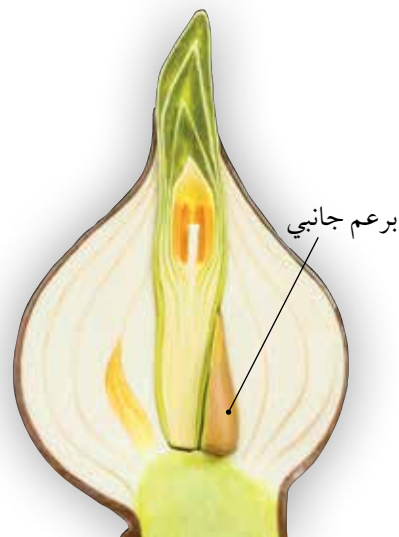
يمكن لجزء من الساق أو الجذر أن ينمو، إذا سقط أو قُطع عن النبات الأم، فينمو مُتَجَاً نباتاً كاملاً في ما يسمى **التجزئة Fragmentation**، كما في نبات الكلانشوا الوارد في الشكل (8) السابق.

الأبصال Bulbs

مجموعة من الأوراق المتحورة المخزنة للغذاء والملتفة فوق بعضها، تكوّن النبات الجديد من براعم جانبية عند قواعد الأوراق كما في نبات البصل، أنظر إلى الشكل (9).

الكورمات Corms

تتكاثر نباتات متنوعة كالقلقاس خضرياً عن طريق سيقان أرضية مخزنة للغذاء تنمو رأسياً تسمى **الكورمات Corms**، حيث يتكوّن النبات الجديد من براعم جانبية على هذه السيقان، أما البراعم القمية، فتكوّن الأجزاء الخضرية من ساق وأوراق، أنظر إلى الشكل (10).



الشكل (9): البراعم الجانبية عند قواعد نبات البصل.



أبحاث في مصادر

المعرفة المناسبة عن نبات التين الشوكي، ثم أعد مطوية أشرح فيها طريقة تكاثره خضرياً وفوائده لصحة الإنسان، ثم أعرضها على زملائي/ زميلاتي في الصف.



الشكل (10): الكورمات في نبات القلقاس.



✓ **أتحقّق:** أقارن بين التكاثر بالأبصال والتكاثر بالكورمات.



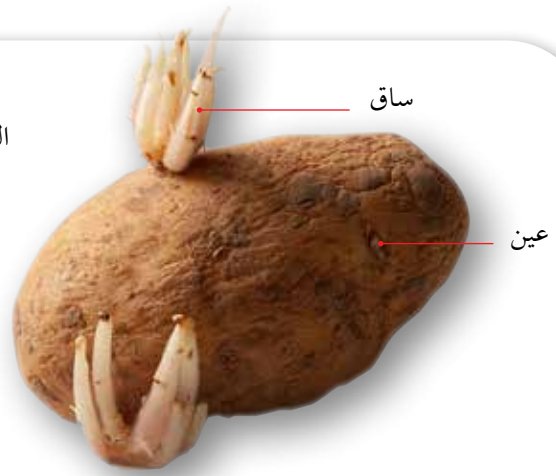
أبحاث في مصادر

المعرفة المناسبة عن مقدار إنتاج الدونم الواحد من زراعة البطاطا، ثم أُعِدَّ عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج powerpoint، ثم أعرضه على زملائي / زميلاتي في الصف.



✓ **أتحقَّق:** أذكر أمثلة على طرائق التكاثر الخضري الطبيعي.

الشكل (11): الدرنات في البطاطا.



الدرنات Tubers

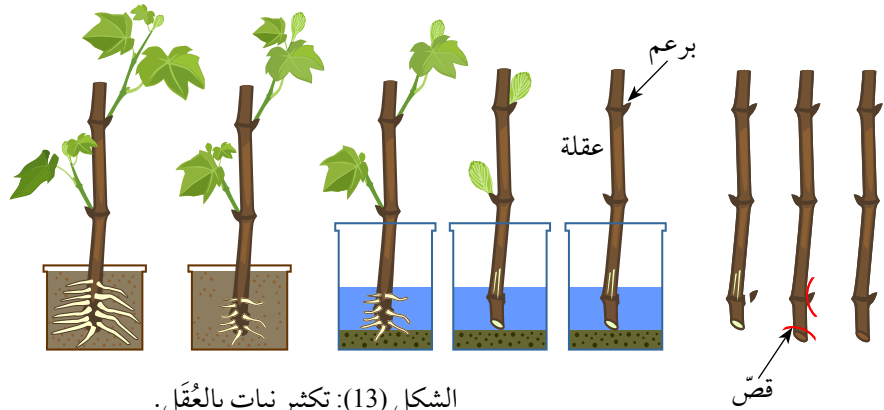
تتكاثر بعض النباتات خضرياً عن طريق سيقان أرضية مخزنة للنشا تنمو تحت سطح التربة، وتوجد عليها براعم قمية، وأخرى إبطية (عيون)، ويمكن لكل برعم منها أن يكون نباتاً جديداً إذا فُصل عن الدرنه، مثل البطاطا، أنظر إلى الشكل (11).

الساق الجارية Stolon

ساق أفقية فوق أرضية تنمو عليها عُقد، وعند ملامستها لتربة رطبة، يتكون لها جذر للأسفل وبرعم للأعلى، وتنمو هذه العقدة لتكون نباتاً جديداً في ما يُعرف بالتكاثر **بالساق الجارية Stolon**، وتنتهي هذه السيقان فوق الأرضية ببراعم قمية تزيد من طول الساق أفقياً، إلا أن البراعم الإبطية التي تنمو من العُقد تكوّن سيقاناً هوائية للأعلى وجذوراً للأسفل في النبات الجديد، مثل نبات الفراولة، أنظر إلى الشكل (12).

الشكل (12): التكاثر بالساق الجارية





الشكل (13): تكثير نبات بالعقل.

وقد تدخل الإنسان في تكثير النبات خضرياً ضمن ما يسمى بالتكاثر الخضري الصناعي، مستفيداً من ذلك في إنتاج أعداد كبيرة بصفات وراثية مرغوب فيها في مجال الزراعة بطرائق عدة، منها:

العقل Cuttings

يُقطع جزء نبات يحوي براعم (الساق غالباً)، ويفضل غمس الجزء المقطوع بهرمونات نباتية خاصة للتجذير، ثم تعاد زراعته لإنتاج نبات جديد في ما يسمى التكاثر **بالعقل Cuttings**، وتختلف أنواع العقل باختلاف الجزء المقطوع من النبات الأم، ومنها العقل الورقية والعقل الساقية، وتسمى العقل الساقية التي تحتوي القمة النامية وبعض الأوراق بالعقل الساقية الغضة، وتسمى العقل التي تحوي جزءاً من ساق يزيد عمره على عام كامل العقل الساقية المتخشبة، أنظر إلى الشكل (13).

الترقيد Layering

تعتمد طريقة **الترقيد Layering** على تدخل الإنسان بشني جزء من الساق الجارية (التي تنمو فوق سطح التربة وتحوي عقداً تخرج منها البراعم) دون فصلها عن النبتة الأم، ثم تغطيته بالتربة، فينمو بعد ذلك هذا الجزء من البراعم، مُعتمداً على النبات الأم في الحصول على الغذاء، ثم يُفصل بعد تكوينه جذوراً ليصبح بذلك



أبحث في مصادر

المعرفة المناسبة عن طرائق أخرى لتكاثر النبات خضرياً، ثم أعد عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم عرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.

أفكر: ما أهمية وجود براعم في

الجزء المقطوع من الساق في التكاثر بالعقل؟



الشكل (14): تكثير نبات
بالترقيد.

✓ **أتَحَقَّقُ:** أقارن بين التكاثر
الطبيعي والصناعي.

أفكر: لماذا تُضاف الهرمونات
النباتية إلى النسيج الصغير المأخوذ
من النبات الأم خلال عملية زراعة
الأنسجة النباتية؟

نباتاً مستقلاً، أنظر إلى الشكل (14)، ويفضل ترقيد السيقان الغضة الصغيرة التي يمكن ثنيها بسهولة، وقد يلجأ بعض المزارعين إلى إضافة هرمون تجذير في أثناء ترقيد النباتات المختلفة.

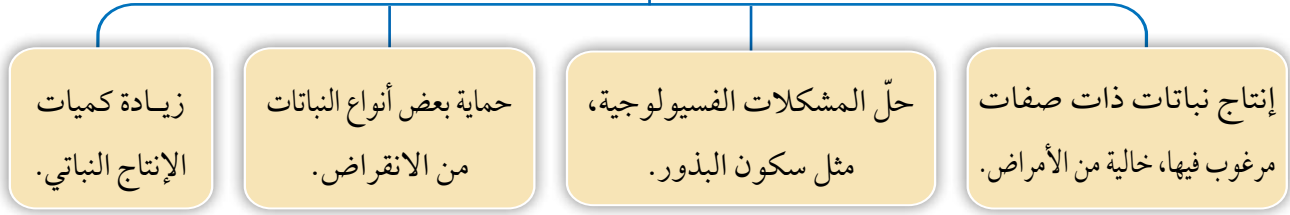
زراعة الأنسجة النباتية Plant Tissue Culture

يُمكن إنتاج نبات كامل من جزء صغير من نسيج نباتي حي يؤخذ من النبات الأم، حيث يُنمى هذا النسيج في ظروف خاصة داخل وسط غذائي يحوي العناصر الضرورية والهرمونات النباتية اللازمة لنموه، ويطلق على هذه العملية **زراعة الأنسجة النباتية Plant Tissue Culture**، ويمكن أن يؤخذ النسيج من أجزاء النبات المختلفة، مثل: الأوراق، والسيقان، والجذور. أنظر إلى الشكل (15).



الشكل (15): تكثير نبتة
بالزراعة النسيجية.

الأهمية الاقتصادية للتكاثر الخضري



الشكل (16): بعض الأمثلة على الأهمية الاقتصادية للتكاثر الخضري. ▲

الأهمية الاقتصادية لتكاثر النباتات البذرية خضرياً

The Economic Importance of Vegetative Reproduction in Seed Plants

للتكاثر الخضري في النباتات عدد من الفوائد الاقتصادية، يمثل الشكل (16) بعضاً منها.

الربط بعلم التكنولوجيا الحيوية النباتية

أصبح بالإمكان عن طريق علم التكنولوجيا الحيوية النباتية تعديل التركيب الجيني لنبات معين عن طريق إدخال جينات جديدة فيه تحمل صفات مرغوباً فيها، ويلجأ العلماء والباحثون في هذه الحالة إلى تكثير النباتات المعدلة جينياً بزراعة الأنسجة النباتية قبل تعميم زراعتها على المزارعين لاعتمادها.



أفكر: هل للتكاثر الخضري سلبيات؟ أفسر إجابتي.



أبحث في مصادر

المعرفة المناسبة عن طريقة التكاثر الخضري التي يمكن عن طريقها إنتاج أشجار تحمل أكثر من نوع من الثمار، ثم أعد عرضاً تقديمياً عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم عرضه على زملائي/ زميلاتي في الصف.



تكثير البطاطا

المواد والأدوات: بطاطا، طبق بلاستيكي، قطن، ماء، سكين، قفاز، تربة زراعية.

إرشادات السلامة: أُوخَى الحذر عند استخدام الأدوات الحادة.

خطوات العمل:

- 1 **أجرب** أقطع البطاطا بالسكين قطعاً مكعبة حجمها $1-2 \text{ cm}^3$.
- 2 أضع طبقة من القطن في الطبق البلاستيكي.
- 3 **أجرب** أضع قطع البطاطا في الطبق الذي يحوي طبقة القطن.
- 4 **أجرب** أسكب كمية كافية من الماء على القطن بحيث تغمره وأترك الطبق يومين.
- 5 **ألاحظ** التغيرات التي حدثت لمكعبات البطاطا.
- 6 أنقل نباتات البطاطا التي نمت إلى تربة زراعية.

التحليل والاستنتاج:

1. أصف التغيرات التي حدثت لمكعبات البطاطا وفقاً لما تعلمته سابقاً.
2. **أفسر** كيف تكونت نباتات جديدة من البطاطا في هذا النشاط.
3. **أتواصل:** أناقش زملائي/ زميلاتي في النتائج التي توصلت إليها.



الربط بالصيدلة



يُتَجّه الاهتمام البحثي في العلوم الصيدلانية إلى استثمار التكاثر الخضري الصناعي في إنتاج أعداد كبيرة من النباتات الطبية؛ لاستخلاص المواد الكيميائية الفاعلة بغية استخدامها في صناعة بعض الأدوية.

مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسة: ما أهمية التكاثر الخضري؟
2. **أقارن** بين كل مما يأتي:
 - أ. التكاثر الخضري بالعقل، والتكاثر الخضري بالأبصال من حيث المفهوم.
 - ب. التكاثر الخضري بالدرنات، والتكاثر الخضري بالترقيد من حيث الآلية.
3. **أفسر**: ينتج من التكاثر الخضري نباتات مطابقة في صفاتها للنبات الأم.
4. **أنبأ**: ما المشكلات المحلية والعالمية التي قد يسهم تكثير النبات خضرياً في حلها؟
5. **أستنتج**: كيف يستفيد الإنسان من التكاثر الخضري الصناعي؟
6. **أصوغ فرضية** حول العلاقة بين التكاثر الخضري وقدرة النبات الناتج على مقاومة الأمراض.

يؤثر الجوع في العالم في أكثر من مليار شخص، وهناك جدل كبير عن أسبابه، إذ يعتقد البعض أنه ناتج من فقر الأفراد العاجزين عن شراء الغذاء، ويعتقد آخرون أن تجاوز أعداد الجنس البشري الطاقة الاستيعابية للكوكب هو السبب الرئيس لنقص الغذاء.

أيًا كانت الأسباب، فإن زيادة إنتاج الغذاء غاية إنسانية نبيلة، والخيار الأفضل لتحقيقها هو زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية، وتشير الدراسات العلمية إلى أنه لا بد من زيادة الإنتاج النباتي من الحبوب بنسبة 40% لإطعام سكان الأرض عام 2030م، وفي ظل محدودية الأراضي الإضافية التي يمكن زراعتها، كان لا بد من إيجاد حلول بديلة للوصول إلى الهدف ذاته، حيث يمكن للتكثير الخضري اختصار المدة الزمنية لإنتاج كميات الغذاء المطلوبة، إذ إنه لا يحتاج إلى أن تُتم النباتات دورات حياتها، كما يمكن التحكم في بكميات الغذاء المنتجة عن طريقه، بالإضافة إلى ما يمكن أن تقدمه التكنولوجيا الحيوية النباتية من مساعدة على تسهيل إنتاج محاصيل معينة تلبى حاجة الأفراد على الكوكب.

أبحث في مصادر المعرفة المناسبة عن أزمة الغذاء العالمي، وكيف يُسهم التكاثري الخضري الصناعي تحديدًا في التغلب عليها عالميًا، ثم أعدّ عرضًا تقديميًا عن ذلك باستخدام برنامج power point، ثم أعرضه على زملائي/ زميلات في الصف.

السؤال الأول:

أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة مما يأتي:

1. إحدى مجموعات النباتات الآتية تُمثل الجزء الأكبر من المملكة النباتية:
 أ . النباتات اللاوعائية.
 ب . النباتات اللابذرية.
 جـ . النباتات مُعرّاة البذور.
 د . النباتات مُغطّاة البذور.
2. واحد مما يأتي يوجد في النباتات مُعرّاة البذور:
 أ . الأجزاء غير التكاثرية من الزهرة.
 ب . الثمرة.
 جـ . حبوب اللقاح.
 د . الكربلة.
3. واحد مما يأتي لا يوجد في الطور الجاميتي الأنثوي لنبات بذري زهري:
 أ . الخلايا المولدة.
 ب . النواتان القطبيتان.
 جـ . الخلايا المساعدة.
 د . البويضة.
4. أي مما يأتي ينتج عند اتحاد إحدى نواتي الخليتين الذكريتين مع النواتين القطبيتين في نبات بذري زهري؟
 أ . البوغ الذكري.
 ب . الزايجوت.
 جـ . الأندوسبيرم.
 د . الكيس الجنيني.
5. السيقان التي تنمو تحت سطح التربة وتخزن كميات كبيرة من النشا، ويمكن لكل برعم موجود عليها أن يكون نباتًا جديدًا تعبر عن تكثير النبات خضريًا بطريقة تسمى:
 أ . العقل.
 ب . الدرنات.
 جـ . الترقيد.
 د . الأبصال.

6. يتكاثر نبات القلقاس خضريًا عن طريق:

- أ . العقل.
 ب . الدرنات.
 جـ . الترقيد.
 د . الكورمات.

7. إحدى طرائق التكاثر الخضري الآتية تعد طريقة صناعية:

- أ . العقل.
 ب . الدرنات.
 جـ . الكورمات.
 د . الأبصال.

8. إحدى طرائق التكاثر الخضري التي يمكن استخدامها في تكثير مختلف أنواع النبات:

- أ . العقل.
 ب . زراعة الأنسجة.
 جـ . الدرنات.
 د . الترقيد.

السؤال الثاني:

أضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (×) إزاء العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

1. يساعد أنبوب اللقاح على حدوث عملية الإخصاب في النباتات الزهرية من دون الحاجة إلى وجود وسط مائي. ()
2. الخلية البوغية الأنثوية الأم في نبات الصنوبر أحادية المجموعة الكروموسومية. ()
3. يتحول البوغ الأنثوي في نبات معري البذور إلى طور جاميتي يحوي أربع بويضات. ()
4. في النباتات الزهرية، ينقسم كل بوغ ذكري انقسامًا منصفًا، فتنتج حبة لقاح تحوي خلية مولدة، وأخرى أنبوية. ()
5. من فوائد التكاثر الخضري زيادة إنتاج أنواع معينة من النبات. ()
6. يتكون النبات الجديد في الكورمات من براعم جانبية عند قواعد الأوراق. ()

مراجعة الوحدة

السؤال الثالث:

أفسر كلاً مما يأتي:

1. تنتشر بذور الهندباء من دون حاجة إلى الحيوانات.
2. سيادة الطور البوغي في النباتات البذرية تساعد على بقائها.
3. تمتاز ثمار كثير من النباتات الزهرية بمذاقها الحلو وألوانها الجاذبة للحيوانات.
4. ينتج من زراعة الأنسجة النباتية نباتات بصفات مرغوب فيها.
5. تدخل الإنسان في التكاثر الخضري الصناعي.
6. تشبه النباتات الناتجة من العقل أو الدرنات النبات الأم، في حين تختلف النباتات الناتجة من البذور عن أبويها.

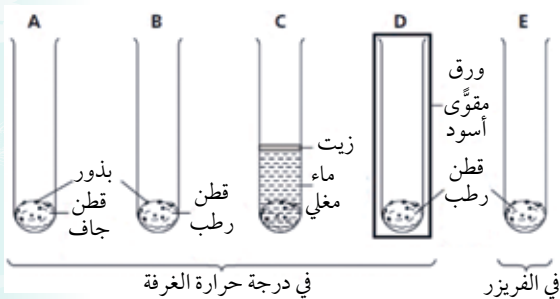
السؤال الرابع:

1. **أقارن** بين الأزهار الملقحة بالرياح والأزهار الملقحة بالحشرات من حيث: المتوك، وألوان البتلات، وتكوين الرحيق، ووجود رائحة.
2. **أقارن** بين التكاثر بالدرنات، والتكاثر بالأبصال من حيث الآلية.
3. **أقارن** بين التكاثر بالترقيد والتكاثر بالساق الجارية من حيث نوع التكاثر الخضري.

السؤال الخامس:

يظهر الجدول الآتي خصائص بعض الثمار. **أتوقع** آلية انتشار البذور في كل منها:

آلية انتشار البذور	خصائص النبات
	ثمار نبات القيقب لها زوائد تشبه الأجنحة.
	أحد نباتات العائلة النجيلية ينتج ثماراً لها زوائد شوكية.
	تنتج أشجار المانجروف ثماراً يمكنها الطفو على الماء.



السؤال السادس:

يظهر الشكل المجاور تجربة لدراسة العوامل المؤثرة في إنبات البذور. وضعت الأنابيب (A, B, C, D) في درجة حرارة الغرفة، ووضع الأنبوب E في الفريزر، أجب عن الأسئلة الآتية:

مراجعة الوحدة

1. **أستنتج** ما العوامل المؤثرة في إنبات البذور التي اختبرتها في هذه التجربة؟

2. **أنتبأ:** في أي من الأنابيب ستمكن البذور من الإنبات؟

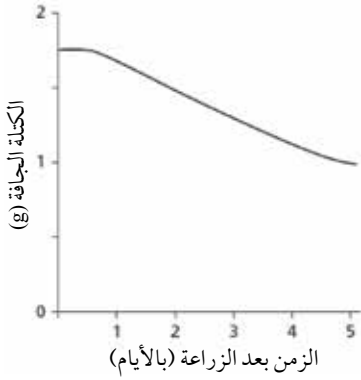
3. ما نوع الانقسام الذي يحدث في أثناء نمو البادرة؟

4. **أقارن** عدد المجموعة الكروموسومية في الخلايا المكونة للبادرة بتلك الموجودة في جنين البذرة.

5. يظهر في الرسم المجاور التغير في الكتلة الجافة لنبات الفول

بعد (5) أيام من زراعته في التربة. **أفسر** التغير الذي يظهره الرسم

البياني في كتلة نبات الفول الجافة.

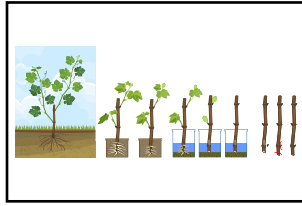


السؤال السابع:

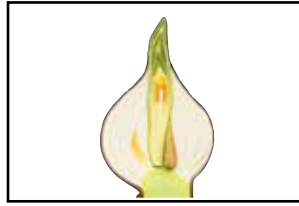
للتكاثر الخضري في النبات فوائد عدة، منها إنتاج نباتات خالية من الأمراض. **أتوقع** كيف يمكن التحكم في هذه الفائدة.

السؤال الثامن:

تُظهر الصور الآتية بعض طرائق التكاثر الخضري، أجب عن الأسئلة التي تليها:



(أ)



(ب)



(ج)



(د)



(هـ)



(و)

1. **أصنف** طرائق التكاثر الخضري إلى طبيعية وصناعية.

2. ما رمز الصورة/ الصور التي تمثل ساقاً مخزنة للنشا تنمو تحت سطح التربة؟

3. ما الصورة التي تمثل إنتاج نباتات جديدة من نسيج يؤخذ من أجزاء مختلفة من النبات؟

4. ما الصورة التي تصف قطع جزء من ساق نبات يحوي براعم؟

5. ما الصورة التي تصف إنتاج نبات جديد من براعم جانبية على سيقان قصيرة تخزن الغذاء تحت سطح التربة؟

مسرد المصطلحات

- الانتحاء اللمسي Thigmotropism:** نمو النبات استجابةً للتلامس مع جسم صلب كما في التفاف محاليق العنب.
- الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder:** عمود مركزي يتكوّن من الأنسجة الوعائية (الخشب، واللحاء) لجذر النبات.
- الانتحاء الأرضي Gravitropism:** استجابة النبات للجاذبية الأرضية.
- الانتحاء الضوئي Phototropism:** انحناء النبات استجابةً للضوء.
- التجزئة Fragmentation:** طريقة تكاثر خضري طبيعية، ينمو عن طريقها جزء من الساق أو الجذر، إذا سقط أو قُطع عن النبات الأم مُنتجًا نباتًا كاملاً.
- الترقيد Layering:** طريقة تكاثر خضري صناعية، ينثي الإنسان جزءًا من الساق الجارية -التي تحوي عقدًا تخرج منها البراعم - دون فصلها عن النبتة الأم، ثم يغطيه بالتربة، فينمو، ثم يفصل عن الأم بعد تكوين الجذور ليصبح نباتًا مستقلًا.
- التلاصق Adhesion:** التصاق مادة بأخرى، مثل التصاق جزيئات الماء بالجذر الداخلية لنسيج الخشب بواسطة روابط هيدروجينية.
- التكاثر الخضري Vegetative Reproduction:** تكاثر النبات عن طريق أجزاءه الخضرية: الساق، والأوراق، والجذور.
- التماسك Cohesion:** ارتباط الجزيئات المتشابهة بعضها ببعض عن طريق الروابط الهيدروجينية غالبًا.
- جهد الماء Water Potential:** الخصيصة الفيزيائية التي تُحدّد الاتجاه الذي سيتدفّق فيه الماء، تبعًا لتركيز المواد الذائبة فيه.
- زراعة الأنسجة النباتية Plant Tissue Culture:** طريقة تكاثر خضري صناعية، حيث يُنتج نبات كامل من نسيج نباتي حي غير متخصص يؤخذ من النبات الأم، ويُنمّى في ظروف خاصة داخل وسط غذائي يحوي العناصر الضرورية والهرمونات النباتية اللازمة لنموّه.
- الساق الجارية Stolon:** طريقة تكاثر خضري طبيعية، حيث تنمو عُقد في ساق فوق أرضية يتكون لها جذر للأسفل وبرعم للأعلى وتكون نبات جديد .
- ضغط الجذر Root Pressure:** ضغط يتولّد في جذر النباتات نتيجة الخاصية الأسموزية، ما يؤدي إلى خروج الماء من حافات الأوراق بعملية الإدماغ.
- عصارة الخشب Xylem Sap:** محلول مُخفّف من الماء و الأملاح المعدنية يُنقل خلال الأوعية والقسيبيات من نسيج الخشب إلى النبات.
- عصارة اللحاء Phloem Sap:** محلول غني بالسُكَّر يُنقل خلال الأنابيب الغربالية لنسيج اللحاء في النبات.
- العُقل Cuttings:** طريقة تكاثر خضري صناعية، يُقطّع فيه جزء نبات يحوي براعم (الساق غالبًا)، ويفضل غمس الجزء المقطوع في هرمونات نباتية خاصة للتجذير، ثم إعادة زراعته لإنتاج نبات جديد.
- الكورمات Corms:** طريقة تكاثر خضري طبيعية، يتكون فيها النبات الجديد من براعم جانبية على سيقان قصيرة تخزن الغذاء تحت سطح التربة.
- كيس الجنين Sac Embryo:** الطور الجاميتي الأنثوي للنباتات الزهرية الذي ينتج من نمو بوغ أنثوي، وانقسامه على هيئة تركيب متعدد الخلايا. وهو يحوي ثماني أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية (n1).

1. Campbell, N., A., Urry, L., A., Cain, M., l., Wasserman, S., Minorsky, P., V., Reece, J., B., **Biology a global approach**, 11 th edition, Pearson education, INC., Boston, MASS., USA, 2018.
2. Campbell, N., A., Urry, L., A., Cain, M., l., Wasserman, S., Minorsky, P., V., **Biology**, 12 th edition, Pearson education, INC., Boston, MASS., USA, 2021.
3. David M., Michael S. and Mike S. **Cambridge International AS & A Level Biology. Students Book**. Harper Collins Publisher Limited, 2020.
4. Evert, R., F., Eichhorn, S., E., Raven, **Biology of Plants**, 8 th edition, W. H. Freeman, New York, USA, 2013.
5. Jackie,C. Sue, K. , Mike,S.m and Gareth, P. **Cambridge IGCSE Biology**. Harper Collins Publishers Limited, 2014.
6. Kearsey. S., **Cambridge IGCSE Biology**, Collins, 2014.
7. Leventin, E., McMahon, K., **Plants and Society**, 8 th edition, McGraw Hill education, New York, USA, 2020.
8. Mary J., Richard F., Jennifer G., and DennisT, **Cambridge International AS & A level Biology Coursebook**, Cambridge University Press, 2014.
9. Miller.K.R., Miller & Levine, **biology**, Pearson, 2010.