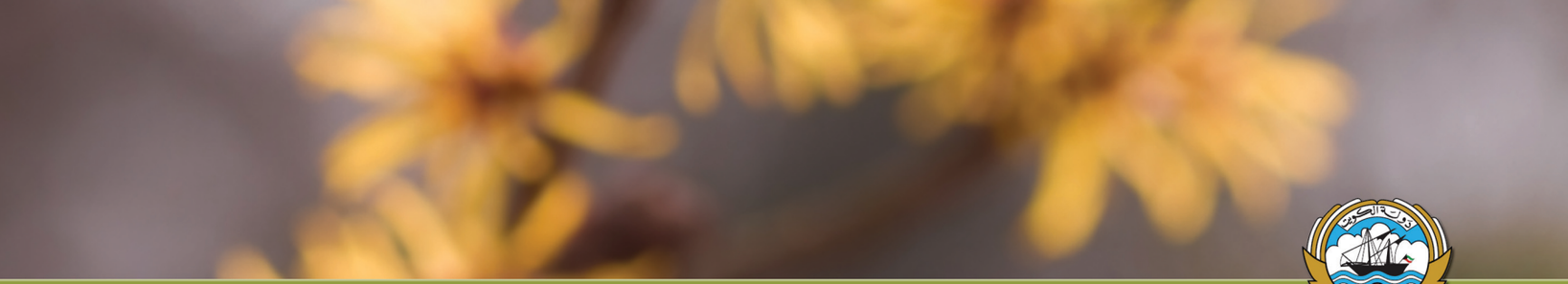


وزارة التربية

الأحياء

11

الصف الحادي عشر

الجزء الأوّل

كتاب المعلّم

المرحلة الثانوية

الطبعة الثانية

أودع في مكتبة الوزارة تحت رقم (٢٣) بتاريخ ٣١/ ٣/ ٢٠١٥م
شركة مطابع الرسالة - الكويت

الأحياء

كتاب المعلّم

الصفّ الحادي عشر 11

الجزء الأوّل

المرحلة الثانويّة

اللجنة الإشرافية لدراسة ومواءمة سلسلة كتب العلوم

أ. برّاك مهدي برّاك (رئيسًا)

أ. مصطفى محمد مصطفى علي
أ. فتوح عبد الله طاهر الشمالي
أ. سعاد عبد العزيز الرشود
أ. تهاني ذعار المطيري

الطبعة الثانية

1446 هـ

2024 – 2025م

فريق عمل دراسة ومواءمة كتب الأحياء للصف الحادي عشر الثانوي

أ. ليلى علي حسين الوهيب

أ. دلال سعد مسعود المسعود
أ. محمد علي أكبر عباس
أ. خلود فهد عبد المحسن الدليمي
أ. منى حسين نوري عطيّة

دار التَّربَويّون House of Education ش.م.م. وبيرسون إديوكيشن 2013

© جَميع الحقوق مَحفوظة: لا يَجوز نشْر أيّ جُزء من هذا الكِتاب أو تَصويره أو تَخزينه أو تَسجيله بأيّ وَسيلَة دُون مُوَافقَة خطّيَّة مِنَ النّاشِر.

الطبعة الأولى 2014/2013 م
الطبعة الثانية 2016/2015 م
2024/2023 م
2025/2024 م

حضرة صاحب السمو الشيخ مشعل الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

H.H. Sheikh Meshal AL-Ahmad Al-Jaber Al-Sabah
The Amir Of The State Of Kuwait

سمو الشيخ صباح خالد الحمد الصباح
ولي عهد دولة الكويت

H.H. Sheikh Sabah Khaled AL-Hamad Al-Sabah
The Crown Prince Of The State Of Kuwait

مقدمـــة

الحمدلله رب العالمين، والصلاة والسلام على سيد المرسلين، محمد بن عبدالله وصحبه أجمعين.

عندما شرعت وزارة التربية في عملية تطوير المناهج، استندت في ذلك إلى جملة من الأسس والمرتكزات العلمية والفنية والمهنية، حيث راعت متطلبات الدولة وارتباط ذلك بسوق العمل، وحاجات المتعلمين والتطور المعرفي والعلمي، بالإضافة إلى جملة من التحديات التي تمثلت بالتحدي القيمي والاجتماعي والاقتصادي والتكنولوجي وغيرها، وإن كنا ندرك أن هذه الجوانب لها صلة وثيقة بالنظام التعليمي بشكل عام وليس المناهج بشكل خاص.

ومما يجب التأكيد عليه، أن المنهج عبارة عن كم الخبرات التربوية والتعليمية التي تُقدم للمتعلم، وهذا يرتبط أيضًا بعمليات التخطط والتنفيذ، والتي في محصلتها النهائية تأتي لتحقيق الأهداف التربوية، وعليه أصبحت عملية بناء المناهج الدراسية من أهم مكونات النظام التعليمي، لأنها تأتي في جانبين مهمين لقياس كفاءة النظام التعليمي، فهي من جهة تمثل أحد المدخلات الأساسية ومقياسًا أو معيارًا من معايير كفاءته من جهة أخرى، عدا أن المناهج تدخل في عملية إنماء شخصية المتعلم في جميع جوانبها الجسمية والعقلية والوجدانية والروحية والاجتماعية.

من جانب آخر، فنحن في قطاع البحوث التربوية والمناهج، عندما نبدأ في عملية تطوير المناهج الدراسية، ننطلق من كل الأسس والمرتكزات التي سبق ذكرها، بل إننا نراها محفزات واقعية تدفعنا لبذل قصارى جهدنا والمضي قدمًا في البحث في المستجدات التربوية سواء في شكل المناهج أم في مضامينها، وهذا ما قام به القطاع خلال السنوات الماضية، حيث البحث عن أفضل ما توصلت إليه عملية صناعة المناهج الدراسية، ومن ثم إعدادها وتأليفها وفق معايير عالمية استعدادًا لتطبيقها في البيئة التعليمية.

ولقد كانت مناهج العلوم والرياضيات من أول المناهج التي بدأنا بها عملية التطوير، إيمانًا بأهميتها وانطلاقًا من أنها ذات صفة عالمية، مع الأخذ بالحسبان خصوصية المجتمع الكويتي وبيئته المحلية. وعندما أدركنا أنها تتضمن جوانب عملية التعلم ونعني بذلك المعرفة والقيم والمهارات، قمنا بدراستها وجعلها تتوافق مع نظام التعليم في دولة الكويت، مركزين ليس فقط على الكتاب المقرر ولكن شمل ذلك طرائق وأساليب التدريس والبيئة التعليمية ودور المتعلم، مؤكدين على أهمية التكامل بين الجوانب العلمية والتطبيقية حتى تكون ذات طبيعة وظيفية مرتبطة بحياة المتعلم.

وفي ضوء ما سبق من معطيات وغيرها من الجوانب ذات الصفة التعليمية والتربوية تم اختيار سلسلة مناهج العلوم والرياضيات التي أكملناها بشكل ووقت مناسبين، ولنحقق نقلة نوعية في مناهج تلك المواد. وهذا كله تزامن مع عملية التقويم والقياس للأثر الذي تركته تلك المناهج، ومن ثم عمليات التعديل التي طرأت أثناء وبعد تنفيذها، مع التأكيد على الاستمرار في القياس المستمر والمتابعة الدائمة حتى تكون مناهجنا أكثر تفاعلية.

د. سعود هلال الحربي

الوكيل المساعد لقطاع البحوث التربوية والمناهج

المحتويات

الجزء الأول

الوحدة الأولى: علم النبات

الوحدة الثانية: علم الوراثة

الجزء الثاني

الوحدة الثالثة: أجهزة جسم الإنسان

محتويات الجزء الأول

الوحدة الأولى: علم النبات 18

الفصل الأول: التغذية والنقل والنموّ في النباتات 20

الدرس 1–1: تركيب النباتات 21

الدرس 1–2: التغذية في النباتات 29

الدرس 1–3: النقل في النباتات 38

الدرس 1–4: نموّ النباتات 43

الفصل الثاني: التكاثر والاستجابة في النباتات 49

الدرس 2–1: التكاثر الجنسي في النباتات (1) 50

الدرس 2–2: التكاثر الجنسي في النباتات (2) 55

الدرس 2–3: التكاثر اللاجنسي في النباتات 60

مراجعة الوحدة الأولى 65

الوحدة الثانية: علم الوراثة 73

الفصل الأول: أساسيات علم الوراثة 75

الدرس 1–1: الأنماط الوراثية 76

الدرس 1–2: مبادئ علم الوراثة 81

الدرس 1–3: دراسة توارث الصفات في الإنسان 92

الدرس 1–4: ارتباط الجينات (الارتباط والعبور) 97

الدرس 1–5: الوراثة والجنس 103

مراجعة الوحدة الثانية 108

الهدف الشامل للتربية في دولة الكويت

تهيئة الفرص المناسبة لمساعدة الأفراد على النموّ الشامل المتكامل روحيًا وخلقيًا وفكريًا واجتماعيًا وجسمانيًا إلى أقصى ما تسمح به استعداداتهم وإمكاناتهم في ضوء طبيعة المجتمع الكويتي وفلسفته وآماله وفي ضوء المبادئ الإسلامية والتراث العربي والثقافة المعاصرة بما يكفل التوازن بين تحقيق الأفراد لذواتهم وإعدادهم للمشاركة البناءة في تقدم المجتمع الكويتي والمجتمع العربي والعالم عامه .

الأهداف العامة لتعليم العلوم

تؤكد أهداف تعليم العلوم في مراحل التعليم العام على تنمية الخبرات المختلفة: الجانب المعرفي والجانب المهاري والجانب الوجداني .

هذا وقد صيغت الأهداف التالية لكي تحقق الجوانب الثلاثة بحيث تساعد المتعلم على:

1. تعميق الإيمان بالله سبحانه وتعالى من خلال تعرفه على بديع صنع الله وتنوع خلقه في الكون والإنسان .
2. استيعاب الحقائق والمفاهيم العلمية ، واستخدامها في مواجهة المواقف اليومية ، وحل المشكلات ، وصنع القرارات .
3. اكتساب بعض مفاهيم ومهارات التقانة بما ينمي لديه الوعي المهني ، وحب وتقدير العمل اليدوي ، والرغبة في التصميم والابتكار .
4. اكتساب قدر مناسب من المعرفة والوعي البيئي بما يمكنه من التكيف مع بيئته ، وصيانتها ، والمحافظة عليها ، وعلى الثروات الطبيعية .
5. اكتساب قدر مناسب من المعرفة الصحية والوعي الوقائي بما يمكنه من ممارسة السلوك الصحي السليم والمحافظة على صحته وصحة بيئته ومجتمعه .
6. اكتساب مهارات التفكير العلمي وعمليات التعلم وتنميتها وتشجيعه على ممارسة أساليب التفكير العلمي وحل المشكلات في حياته اليومية .
7. تنمية مهارات الاتصال ، والتعلم الذاتي المستمر ، وتوظيف تقنيات المعلومات ومصادر المعرفة المختلفة .
8. فهم طبيعة العلم وتاريخه وتقدير العلم وجهود العلماء عامه والمسلمين والعرب خاصة والتعرف على دورهم في تقدم العلوم وخدمة البشرية .
9. اكتساب الميول والاتجاهات والعادات والقيم وتنميتها بما يحقق للمتعلم التفاعل الإيجابي مع بيئته ومجتمعه ومع قضايا العلم والتقانة والمجتمع .

الأهداف العامة لتدريس مادّة الأحياء

يهدف تدريس الأحياء في المرحلة الثانوية إلى تحقيق الأهداف التالية:

أولا - الأهداف المعرفية

1. تعرف المصطلحات والمفاهيم والمبادئ والحقائق البيولوجية الرئيسة المتعلقة بجميع أنشطة حياة الكائنات الحية.
2. إكساب الطالب المعرفة العلمية المناسبة لاحتياجاته لكي يستفيد من دراسته للعلوم البيولوجية في تحسين حياته وفي التعامل مع العالم البيوتكنولوجي المتطور والمتناهي.
3. حث الطالب على المتابعة العلمية لما يدور ويستحدث في مجال العلوم البيولوجية وتطبيقاتها الحياتية.
4. إكساب الطالب ثقافة بيولوجية مناسبة تمكنه من إدراك التكامل بين تركيب أجهزة جسمه ووظائفها وعلاقة بعضها ببعض، وتوجيهه إلى مراعاة الشروط التي تلزم لحسن سير هذه الوظائف.
5. تزويد الطالب بثقافة شاملة مبنية على رؤية واضحة متماسكة ومتفتحة على الحياة بمختلف مستوياتها التنظيمية داخل الإطار البيئي الذي يعيش فيه.
6. تنمية المعارف والمهارات التي تمكن الطالب من التصرف بشكل يؤدي إلى تحسين معيشته على المستوى الشخصي والمستوى الاجتماعي في البيئة التي يعيش فيها.
7. التركيز على الأبعاد المختلفة للعلوم البيولوجية، سواء التاريخية أو الفلسفية أو الاجتماعية في الإطار المحلي والعالمي.
8. إلمام الطالب بالمشكلات والقضايا البيئية العالمية ذات الصلة بالعلوم البيولوجية، وتأثيرها على بلده والبيئة المحلية التي يعيش فيها.
9. وعي الطالب للمشكلات والقضايا الاجتماعية المحلية والعالمية ذات الصلة بالعلوم البيولوجية، وإتاحة الفرص أمامه لممارسة مهام المواطنة عبر إبداء المقترحات لحل تلك القضايا.
10. تعريف الطالب إلى القضايا المرتبطة بحياته ومجتمعه، والتي توضح معنى الأفكار العلمية الكبرى مثل الحفاظ على الطاقة، والتلوث، وطبيعة النظريات العلمية ومدلولاتها الاجتماعية، وغيرها.
11. توضيح دور التقدم التكنولوجي في مجال العلوم البيولوجية في تنمية المجتمعات العالمية والمحلية سياسيًا واقتصاديًا وثقافيًا واجتماعيًا.
12. تقديم رؤى شاملة ومتكاملة للعلاقة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع، توضح مدى التأثير على البيئة المحلية التي يعيش فيها الطالب.
13. إمداد الطالب بالمواقف المناسبة للمقارنة بين تأثير كل من العلم والتكنولوجيا، وتقدير مساهمتهما في إنتاج المعرفة والقوة الجديدة المؤثرة في المستقبل في مجال العلوم البيولوجية، وغيرها من العلوم العلمية.
14. تعريف الطالب إلى التطبيقات العلمية العملية الإيجابية للموضوعات البيوتكنولوجية وأبعادها الأخلاقية، وإلى المشكلات الأخلاقية التي تثيرها، ومدى تأثيرها على البيئة الاجتماعية التي يعيش فيها.
15. تزويد الطالب بأمثلة تاريخية عن المتغيرات العميقة التي أحدثتها التكنولوجيا والعلم في المجتمع، ومدى تأثيراتها على النموّ الاقتصادي واتخاذ القرارات السياسية.

ثانيا - الأهداف المهارية

1. اكتساب الطالب منهجية التفكير العلمي والمقدرة على حل المشكلات.
2. تنمية قدرة الطالب على التعامل مع المستحدثات البيولوجية، وما تثيره من قضايا أخلاقية من خلال اكتسابه لمهارات الملاحظة الدقيقة والتحليل والاستنتاج والتعليل والتفكير الناقد والاستناد إلى الدليل وتفنيد الأدلة والمرونة الذهنية.
3. ممارسة الطالب للمواطنة أثناء حل المشكلات من خلال تدريبه على مهارات استخدام أساليب التعلم الذاتي، والعمل التعاوني الجماعي والمناقشة والإقناع، وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب والتريث في إصدار الأحكام.
4. تنمية المهارات اليدوية ومهارات البحث العلمي لدى الطالب على المستوى الفردي والجماعي، وتدريبه على استخدامها في حل المشكلات الحياتية مع منح الطالب الاستقلالية في عملية التعلم.
5. تدريب الطالب على مهارات اتخاذ القرارات وإصدار الأحكام والاشتراك الإيجابي في البحث عن المعلومات، وتوظيفها في صناعة القرارات خلال حياته اليومية.
6. تصرف الطالب بشكل واع وفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية، وتوظيفها التوظيف الأمثل في حياته اليومية.
7. اتباع الطالب السبل والتوجيهات الخاصة في الحفاظ على صحته وبيئته، والعمل على حماية الثروات الطبيعية الموجودة فيها.
8. العناية بالاهتمامات المهنية في مجال الأحياء، وبخاصة المهن المرتبطة بالعلم والتكنولوجيا، وإكساب الطالب المقدرة على اختيار توجهه المهني المستقبلي بما يتناسب مع ميوله وطموحاته.
9. مساعدة الطالب على استخدام وتداول الأدوات الأساسية لتعلم الأحياء، مع تهيئة الفرص لاكتسابه معظم المهارات المتطلبة في هذا المجال.

ثالثا - الأهداف الوجدانية

1. تنمية مواقف إيجابية تعكس ما يوضح تقدير الخالق (سبحانه وتعالى) وقدرته اللامتناهية في عظيم خلقه، وفي تسْيير الحياة وتطورها.
2. اكتساب الطالب لميول واتجاهات إيجابية نحو تقدير دور العلم والعلماء (العرب وغير العرب) في خدمة المجتمع وتقدم البشرية.
3. خلْق الفرص لإكساب الطالب اتجاهات إيجابية نحو جهود الدولة في رعاية المواطن صحيًا واجتماعيًا وثقافيًا، وفي حماية البيئة.
4. استثارة روح حب الاستطلاع والاهتمام لدى الطالب عبر متابعة كل ما هو جديد ومستحدث في مجال العلوم البيولوجية وتطبيقاتها الحياتية، واكتشاف جوانبها الأخلاقية.
5. تنمية اتجاهات الطالب تجاه القضايا البيولوجية والأخلاقية، مع توجيهه إلى ضرورة تقبل هذه القضايا والموضوعات وتقدير إيجابياتها وإدراك سلبياتها.
6. إكساب الطالب اتجاهًا إيجابيًا نحو الثقة في آراء المتخصصين، من رجال العلم والدين تجاه القضايا البيولوجية والأخلاقية المستحدثة.
7. تنمية الإحساس بالمسؤولية الاجتماعية والبيئية لدى الطالب مع تبنيه للأسلوب العلمي في حل مشكلاته الحياتية.
8. تنمية الوعي والقيم والاتجاهات الإيجابية البيئية لدى الطالب حيال حسن استخدام الموارد البيئية، وكيفية المحافظة على التوازن البيئي محليًا وعالميًا.

مخطط تدريس الوحدة الأولى: علم النبات

الفصل الأول: التغذية والنقل والنموّ في النباتات

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
1-1 تركيب النباتات	* تحديد التراكيب الأساسية في أوراق النباتات وسوقها وجذورها. * المقارنة بين الوظائف الأساسية للأوراق، والسوق، والجذور والأزهار. * المقارنة بين تراكيب النباتات الزهرية ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** تتساقط الأوراق في الخريف * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** ما العشب الضار؟ * **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** مزارعون لبعض الوقت	2	* صور وشفافيات لنباتات زهرية مختلفة، وتحضير شرائح مجهرية جاهزة لأنسجة الخشب واللحاء. * شرائح محضّرة شفافيًا أو لوحات أو صور لمقاطع أوراق الشجر والسوق والجذور. * صور وشفافيات لمقاطع طولية لجذور نباتات مختلفة وسوقها. * شفافيات أو لوحات وصور ثلاثية الأبعاد أو نماذج تظهر مقطعًا عرضيًّا لساق شجرة وأخرى تظهر مواقع النموّ في الجذور. * صور وشفافيات لنباتات مختلفة تظهر التراكيب المتخصّصة لعملية البناء الضوئي.
2-1 التغذية في النباتات	* تحديد الموادّ والتراكيب المستخدمة في عملية البناء الضوئي. * المقارنة بين خطوات عملية البناء الضوئي التي تستلزم وجود الضوء والخطوات التي لا تستلزم ضوءًا. * وصف تركيب الورقة النباتية وتحديد أين تحدث عملية البناء الضوئي. * تفسير دور كلّ من ضوء الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون والكلوروفيل في عملية البناء الضوئي.	* **علم الأحياء والبيئة:** بكتيريا ذاتية التغذية عن طريق البناء الكيميائي * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** أصل الغذاء الصحي * **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** تزايد غاز ثاني أكسيد الكربون	3	* لوحات أو شفافيات وصور لدورات حياة الحزازيات، السرخسيات والمخروطيات. * لوحات أو شفافيات وصور توضح أجزاء الزهرة الخارجية والداخلية، وعمليتي التلقيح والإخصاب في الزهرة. * لوحات أو شفافيات وصور لطرق التكاثر الخضري الطبيعي والاصطناعي. * لوحات أو شفافيات وصور لتجارب داروين وونت. * لوحات أو شفافيات وصور تظهر كيفية تفاعل النباتات مع البيئة.

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
3-1 النقل في النباتات	* شرح دور كلّ من الجذور والأوراق في نقل الماء في النباتات. * تفسير آليات نقل الماء والسكّريات في النباتات.	* **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** النباتات الغارقة	2	* شفافيات أو صور أو خرائط لمناطق متعدّدة من العالم.
4-1 نموّ النباتات	* تحديد موقع منشأ الخلايا في النباتات. * المقارنة بين الأنسجة الانشائية والأنسجة الأخرى في النباتات. * المقارنة بين نمطين من نموّ النباتات. * شرح كيف يحدث النموّ الأوّلي والنموّ الثانوي في النباتات.	* **العلم والمجتمع والتكنولوجيا:** تقليم الأشجار * **علم الأحياء في حياتنا اليومية:** ثابت مثل الأرجوحة الشبكية	2	

الفصل الثاني: التكاثر والاستجابة في النباتات

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
2-1 التكاثر الجنسي في النباتات (1)	* شرح ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات. * وصف عملية تكاثر النباتات اللابذرية والنباتات البذرية.		2	
2-2 التكاثر الجنسي في النباتات (2)	* تحديد التراكيب المذكّرة والمؤنثة والعقيمة للزهرة. * شرح عملية الاخصاب في النباتات الزهرية. * تفسير عملية إنبات البذور.		2	
2-3 التكاثر اللاجنسي في النباتات	* وصف طرق التكاثر الخضري الطبيعي. * شرح طرق التكاثر الخضري الاصطناعي. * تحديد فوائد التكاثر الخضري الاصطناعي. * تعريف الزراعة في الماء. * وصف التكاثر الخضري (البكري) عند النباتات الزهرية. * تحديد مفهوم زراعة الأنسجة عند النباتات.		1	
حل مراجعة الوحدة الأولى			1	
إجمالي عدد الحصص			15	

الوحدة الأولى

علم النبات

مكونات الوحدة

الفصل الأول: التغذية والنقل والنموّ في النباتات

1–1: تركيب النباتات

1–2: التغذية في النباتات

1–3: النقل في النباتات

1–4: نموّ النباتات

الفصل الثاني: التكاثر والاستجابة في النباتات

2–1: التكاثر الجنسي في النباتات (1)

2–2: التكاثر الجنسي في النباتات (2)

2–3: التكاثر اللاجنسي في النباتات

مقدمة

دع الطلّاب يتناقشون حول كيفية ارتباط افتتاحية الوحدة بمحتواها. دعهم يفكرون في التراكيب والوظائف الضرورية لتدعيم مثل تلك الشجرة الضخمة. واطلب إليهم أن يتناقشوا في كيفية المقارنة بين هذه الشجرة العملاقة والنباتات الأخرى.

معالم الوحدة

استعرض مع الطلّاب الأنشطة الصفّية التي سيقومون بها خلال دراستهم هذه الوحدة. وناقش معهم مدى ارتباط المحتوى العلمي للوحدة مع الحياة اليومية، لا سيّما في ما يتعلّق بتقدّم التجارب العلمية والاختراعات والتكنولوجيا التي سمحت للإنسان باكتشاف ما كان مخفيًّا من أسرار الحياة.

اكتشف بنفسك

ملاحظة نبتة زهرية

قبل أن يبدأ الطلّاب في دراسة هذه الوحدة، دعهم يجرون النشاط في مجموعات صغيرة. دعهم يتبادلون ملاحظاتهم عن مظهر النبات وتركيبه النسيجي، والزهرة.

1. الأجزاء المختلفة التي تتكوّن منها النبتة الزهرية هي: الجذر، الساق، الأوراق، الأزهار، والثمار.
2. * **الجذور:** تكون الجذور ليفية في النبتة أحادية الفلقة، ووتدية في النبتة ثنائية الفلقة.
   * **السيقان:** تكون السوق عشبية في النبتة أحادية الفلقة وقد تكون عشبية أو خشبية في النبتة ثنائية الفلقة.
   * **الأوراق:** تكون ضيقة وذات تعرّق متوازٍ في النبتة أحادية الفلقة، وعريضة وذات تعرّق راحي أو ريشي في النبتة ثنائية الفلقة.
   * **الأزهار:** تكون الأزهار ثلاثية الأوراق ومضاعفتها في النبتة أحادية الفلقة، وتكون رباعية أو خماسية في النبتة ثنائية الفلقة.
3. تساقطت منها مادّة دقيقة الحبيبات تُسمّى حبوب اللقاح.

الأهداف المرجو اكتسابها بعد دراسة الوحدة الأولى

1– يحدد المصطلحات التالية:

الإخصاب، الأنسجة الإنشائية، البذرة، بروتينات ناقلة نشطة، البلاستيدات الخضراء، البناء الضوئي، تعاقب الأجيال، الترقيد أو الرئد، التطعيم، التعقيل، تفاعلات غير معتمدة على الضوء، تفاعلات معتمدة على الضوء، التكاثر البكري، التكاثر الخضري، التكاثر الصناعي، التلقيح، ثغور، الثمرة، الجذر الوتدي، الجذر الليفي، الجرانا، حرق الجذور، زراعة الأنسجة، الزهرة، الزهرة الكاملة، الزهرة الناقصة، الستروما، السوق، الشد النتحي، ضغط الإمتلاء، الضغط الجذري، الطور المشيجي، الطور الجرثومي، العروق، العقدة، عقلة، علم الزراعة في الماء، عنق الورقة، فرضية تدفق الضغط، الكلوروفيل، الكمبيوم، الكمبيوم الفليني، الكمبيوم الوعائي، كيوتيكل، الممر خارج خلوي، الممر الخلوي الجماعي، الممر عبر الغشائي، النسيج الوسطي الإسفنجي، النسيج الوسطي، النسيج الوسطي العمادي، النصل، نظرية الشد والتماسك، النموّ الأولي، النموّ الثانوي

2– يتعرف المفاهيم العلمية التالية:

الأهداف المعرفية

- الوظائف الحيوية الأساسية في النباتات
- عملية البناء الضوئي
- أنماط النموّ في النباتات
- عمليات التكاثر في أنواع النباتات المختلفة

الأهداف المهارية

- مهارة مقارنة النباتات ذات الفلقة الواحدة والنباتات ذات الفلقتين من حيث الشكل الخارجي وعن طريق التشريح
- مهارة استخدام المجهر الضوئي لتقصّي تركيب الأنسجة النباتية
- مهارة الملاحظة الدقيقة، وتسجيل البيانات وتنظيمها، واستنتاج العلاقات من البيانات.

الأهداف الوجدانية

- ترسيخ الإيمان بوجدانية الله من خلال تعرّف وجدانية تركيب النباتات والخصائص التي تجعلها قادرة على النموّ والتكيّف في البيئات المختلفة
- تقدير جهود العلماء
- اكتساب ميل إيجابي نحو تبنّي الأسلوب العلمي والتفكير النقدي في حلّ المشكلات
- الإيمان بأنّ الحقائق العلمية ذات طبيعة ديناميكية، تتميّز بالقابلية للتغير والتبديل والتعديل
- الإيمان بضرورة وأهمية اكتساب مهارات النقاش المُجدي الذي ينبذ التشبّث بالرأي والتعصّب والتطرّف.

الفصل الأول

التغذية والنقل والنموّ في النباتات

دروس الفصل

1–1: تركيب النباتات
1–2: التغذية في النباتات
1–3: النقل في النباتات
1–4: نموّ النباتات

مقدمة الفصل

مهّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، ثم اطلب إليهم محاولة تفسير لماذا تبدو جميع أوراق النباتات الزهرية خضراء اللون، وما أهمية ذلك لعملية البناء الضوئي. وضّح للطلّاب أنّ النباتات تعتبر الحلقة الأولى (أو المستوى الغذائي الأوّل) في جميع السلاسل الغذائية في الطبيعة. دعهم يُعدّدون الأوجه الأخرى لأهمّية النباتات بالنسبة إلى الكائنات الأخرى بخاصّة الحيوانات.

وجّه الطلّاب إلى تعرّف عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.

ألم يخطر ببالك يومًا أن تتساءل، إذ ترى أشعّة الشمس الساقطة على الأوراق الخضراء للنباتات، ما الذي يحدث من عمليات مذهلة أسفل سطح تلك الأوراق الخضراء عندما تمتصّ طاقة ضوء الشمس؟ وفي خلال عملية البناء الضوئي، كيف يتمّ اتّحاد الجزيئات البسيطة من غاز ثاني أكسيد الكربون والماء لتكوين السكّر؟ ما السبب في كون العديد من أوراق النباتات الخضراء عريضة ومفلطحة، ولماذا هي خضراء؟ كيف تتكوّن البروتينات والليبيدات والفيتامينات من السكّريات الناتجة في أجسام النباتات؟

إذا كانت النباتات تستطيع، من خلال عملية البناء الضوئي استخدام طاقة ضوء الشمس بصورة مباشرة، فإنّ الكثير من الكائنات الأخرى كالحلزون مثلًا، لا يُمكنها استخدام تلك الطاقة بصورة مباشرة. فهي تحصل على الطاقة اللازمة لها كي تنمو وتتكاثر وتُحافِظ على حياتها بالتغذية على تلك النباتات التي صنعت غذاءها بنفسها. هناك أيضًا كائنات أخرى لا تستطيع التغذية على النباتات، لكنّها تتغذّى على كائنات أخرى تغذّت على النباتات. بعض الكائنات لا يُمكنها الحصول على الطاقة لكي تعيش إلّا بتحليل أجسام الكائنات الأخرى الميتة. فجميع الكائنات، بما فيها النباتات، يجب أن تُحرّر الطاقة من السكّريات والمركّبات الأخرى التي تمّ بناؤها عن طريق عملية البناء الضوئي.

دروس الفصل

الدرس الأوّل
• تركيب النباتات
الدرس الثاني
• التغذية في النباتات
الدرس الثالث
• النقل في النباتات
الدرس الرابع
• نموّ النباتات

الأهداف:

- يحدّد التراكيب الأساسية في أوراق النباتات وسوقها وجذورها.
- يقارن بين الوظائف الأساسية للأوراق، والسوق، والجذور، والأزهار.
- يقارن بين تراكيب النباتات الزهرية ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.

الأدوات المستعملة: شرائح محضّرة شفافيًا أو لوحات أو صور لمقاطع أوراق الشجر والسوق والجذور.

صفحات الطالب: من ص 14 إلى ص 27

صفحات الأنشطة: من ص 17 إلى ص 22

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون افتتاحية الدرس في الشكل (1) ويقرأون التعليق المصاحب له. فسِّر كيف أنّ شكل زهرة نبات نحلة الأوركيد ولونها يعتبران تكيّفًا لبقاء النباتات على قيد الحياة. اشر إلى أنّ ذلك يعطي الزهرة تكيّفًا أكثر لعملية التلقيح، فالتلقيح ضروري لإنتاج البذور.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول تركيب النباتات، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما جزء النبات الذي يقوم بعملية البناء الضوئي؟ **(البلاستيدات الخضراء في الأوراق والسوق)**
- ماذا يحدث أثناء عملية البناء الضوئي؟ **(تستخدم البلاستيدات الخضراء طاقة الشمس لتكوّن جزيء الكربوهيدرات من الماء وثاني أكسيد الكربون، مع انطلاق الأكسجين كأحد النواتج.)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 مقدّمة في النباتات

نشاط سريع

ضع نباتات زهرية متنوّعة، مثل نباتات السوسن والحشائش والصبّارات، في حجرة الدراسة. وجّه الطلّاب لفحص كلّ نبتة من تلك النباتات وكتابة قائمة بالتراكيب المشتركة بينها.

الدرس 1-1
تركيب النباتات
Structure of Plants

الأهداف العامة
- يُحدد التراكيب الأساسية في أوراق النباتات وسوقها وجذورها.
- يُقارن بين الوظائف الأساسية للأوراق، والسوق، والجذور والأزهار.
- يُقارن بين تراكيب النباتات الزهرية ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.

(شكل 1)

تُغطّي النباتات معظم قارّات العالم في تنوّع ضخم لا يتخيّله عقل. وللنباتات العديد من التكيّفات الفريدة التي تزيد من فرص بقائها حيّة. فعلى سبيل المثال، زهرة نبتة الأوركيد الموضّحة في الشكل (1) لها لون ملكة النحل وشكلها ورائحتها، وتعمل هذه التكيّفات على جذب ذكور النحل التي تُلقّح الزهرة. وعلى الرغم من التكيّفات الفريدة لبعض النباتات، إلّا أنّ تراكيب النباتات ووظائفها متشابهة بشكل عامّ.

1. مقدّمة في النباتات Introduction to Plants

تخيّلْ أنّك في نزهة في مكانك المفضّل. ما الكائنات الحيّة التي قد تراها؟ الكائنات التي ستراها بكثرة في معظم الأماكن هي النباتات، فهي تنمو في أيّ مكان على وجه الأرض، في الشوارع، وعلى الجدران، وفي الساحات وفي الغابات. ما الأماكن الأخرى التي يُمكن أن ترى فيها النباتات؟ للنباتات أنواع كثيرة، فالبعض منها قد يصل إلى ارتفاعات شاهقة مثل أشجار الخشب الأحمر، والبعض الآخر كالسرخس الطافي قد يكون صغيرًا جدًّا، لا يتجاوز ارتفاعه بعض السنتمترات.
بعض النباتات ذات أزهار ملوّنة وبعضها الآخر لا يُزهر. وتتنوّع أعمار النباتات أيضًا، فبعضها كنبات القطيفة (شكل 2) لا يعيش سوى لموسم واحد، وبعضها الآخر كالصنوبر ذي المخاريط الشوكية يعيش لآلاف السنين.

(شكل 2)
نبات القطيفة

14

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 3 صفحة 15 في كتاب الطالب: (الأوراق تصنع الغذاء من خلال عملية البناء الضوئي، السوق تحمل الأوراق والأزهار وتنقل الماء والموادّ الغذائية، الأزهار عبارة عن تراكيب تكاثرية.)

2.2 الأوراق النباتية

(أ) أنواع الأوراق النباتية وأشكالها

دع الطلّاب يدرسون الشكل (4) ثمّ اطرح عليهم ما يلي:

- اذكر نوعًا من النباتات ذات الأوراق الشوكية. **(الصبّار)**
- لماذا يعتبر من الأفضل للنبات أن تكون أوراقه مركّبة عن أن تكون بسيطة؟ **(لتكون له مساحة سطح أكبر من أجل القيام بعملية البناء الضوئي.)**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

تتساقط الأوراق في الخريف

اطلب إلى الطلّاب إجراء بحث حول القيود والضوابط الخاصّة بالتخلّص من أوراق الأشجار في المناطق التي يعيشون فيها.

صوِّب المفاهيم الخاطئة

قد يصعب على بعض الطلّاب تمييز الورقة البسيطة من وريقة الورقة النباتية المركّبة. اشر إلى أنّ الورقة البسيطة عبارة عن تركيب كامل يتكوّن من نصل واحد، وأنّ الورقة المركّبة تتكوّن من عدّة أنصال صغيرة تُسمّى وريقات. وضّح للطلّاب عدّة أمثلة لكلّ نوع من الأوراق النباتية.

نشاط توضيحي

شجِّع الطلّاب على جمع أوراق نباتية متنوّعة من النباتات المنزلية والنباتات غير المنزلية وإحضارها إلى الفصل. (ذكِّر الطلّاب أن يكونوا حريصين على ألّا يضرّوا النباتات عند قطع الأوراق.) وضّح للطلّاب كيفيّة تجفيف الأوراق عبر وضعها على لوحة وتغطيتها بورق شفّاف. دع الطلّاب يكتبون بعض البيانات على كلّ ورقة، مثلًا إذا كانت نبتة من النباتات ذات الفلقة الواحدة أو من النباتات ذات الفلقتين، وإذا كانت الورقة بسيطة أو مركّبة. وليكتبوا على الأوراق المركّبة ما إذا كانت ريشية أو راحية. (يمكن استخدام الشكل (4) للمساعدة.)

(شكل 3)
من المحتمل أنك تعرف أسماء الأجزاء فوق الأرضية للنباتات. ما وظائف تلك الأجزاء؟

وعلى الرغم من هذا التنوّع الهائل للنباتات، إلّا أنّ هناك الكثير من التشابهات بينها. فلجميع النباتات تقريبًا أجزاء خضراء، والكثير منها خشبي، ومعظمها له أزهار. وعلى عكس الحيوانات، تعيش جميع النباتات تقريبًا مزروعة في مكان واحد في التربة.

وتعزى الاختلافات بين معظم النباتات إلى التنوّع في بعض التراكيب الأساسية: الأوراق، والسوق، والجذور، والأزهار والبذور (شكل 3). تُمكّن هذه التراكيب النباتات من أن تعيش وتتكاثر في البيئات المختلفة.

2. الأوراق النباتية Leaves

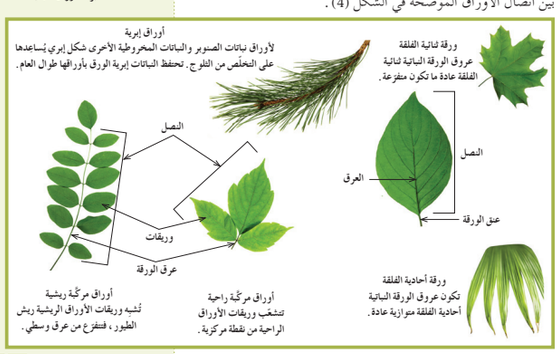
الأوراق هي أكثر التراكيب وضوحًا في النباتات، وهي الأعضاء التي تتمّ فيها أكثر العمليات ضرورة لحياة النباتات والمعروفة بالبناء الضوئي، والتي تستخدم فيها النباتات ضوء الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون لتكوين السكّريات. (تقوم الأجزاء الخضراء الأخرى من النباتات أيضًا بعملية البناء الضوئي، ولكنّ الأوراق هي المواقع الأساسية لهذه العملية).

1.2 أنواع الأوراق النباتية وأشكالها

Kinds and Shapes of Leaves

تشترك جميع أوراق النباتات، كالأجزاء الأخرى، في بعض الصفات العامّة. **فالجزء الأكبر من الأوراق النباتية مفلطح وعريض ويُسمّى النصل Blade، وهو يحتوي على الخلايا التي تقوم بعملية البناء الضوئي.** وقد يكون النصل كبيرًا ومفلطحًا كأوراق نبات الجمّيز، أو إبريًا كأوراق نبات الصنوبر. قارن بين أنصال الأوراق الموضّحة في الشكل (4).

(شكل 4)
الصفات المميّزة للأوراق النباتية



وعلى الرغم من هذا التنوّع الهائل للنباتات، إلّا أنّ هناك الكثير من التشابهات بينها. فلجميع النباتات تقريبًا أجزاء خضراء، والكثير منها خشبي، ومعظمها له أزهار. وعلى عكس الحيوانات، تعيش جميع النباتات تقريبًا مزروعة في مكان واحد في التربة.

وتعزى الاختلافات بين معظم النباتات إلى التنوّع في بعض التراكيب الأساسية: الأوراق، والسوق، والجذور، والأزهار والبذور (شكل 3). تُمكّن هذه التراكيب النباتات من أن تعيش وتتكاثر في البيئات المختلفة.

2. الأوراق النباتية Leaves

الأوراق هي أكثر التراكيب وضوحًا في النباتات، وهي الأعضاء التي تتمّ فيها أكثر العمليات ضرورة لحياة النباتات والمعروفة بالبناء الضوئي، والتي تستخدم فيها النباتات ضوء الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون لتكوين السكّريات. (تقوم الأجزاء الخضراء الأخرى من النباتات أيضًا بعملية البناء الضوئي، ولكنّ الأوراق هي المواقع الأساسية لهذه العملية).

1.2 أنواع الأوراق النباتية وأشكالها

Kinds and Shapes of Leaves

تشترك جميع أوراق النباتات، كالأجزاء الأخرى، في بعض الصفات العامّة. **فالجزء الأكبر من الأوراق النباتية مفلطح وعريض ويُسمّى النصل Blade، وهو يحتوي على الخلايا التي تقوم بعملية البناء الضوئي.** وقد يكون النصل كبيرًا ومفلطحًا كأوراق نبات الجمّيز، أو إبريًا كأوراق نبات الصنوبر. قارن بين أنصال الأوراق الموضّحة في الشكل (4).

تحتوي أنصال الأوراق النباتية على ثقوب صغيرة تُسمّى **الثغور Stomata**، تسمح بخروج بخار الماء إلى الهواء، وبتبادل غاز ثاني أكسيد الكربون والأكسجين مع الهواء.

تحتوي الأنصال أيضًا على **تراكيب أنبوبية الشكل تُسمّى العروق Veins، ينتقل خلالها الماء والعناصر المعدنية والسكّريات إلى جميع أنحاء النصل.** كما ترى في الشكل (4)، يُمكن أن تترتّب العروق في أنماط متنوّعة. كيف تصف هذه الأنماط؟ يُمكنك استخدام أنماط العروق لتُحدّد ما إذا كانت النباتات الزهرية من ذوات الفلقة الواحدة أم من ذوات الفلقتين.

تدخل العروق إلى معظم الأوراق من خلال **عنق الورقة Petiole، وهو التركيب الصغير الذي يصل بين نصل الورقة وساق النبتة.** بالإضافة إلى ما يقوم به العنق من تدعيم للنصل، إنّه ينقل أيضًا السوائل بين الأوراق والسوق.

تُصنَّف الأوراق النباتية إلى بسيطة ومركّبة. فالأوراق البسيطة تتكوّن من نصل واحد، أمّا المركّبة فلها نصلان أو أكثر من الأنصال صغيرة الحجم التي تُسمّى وريقات، وترتبط جميعها بعنق واحد.

وتُصنَّف الأوراق المركّبة إمّا إلى ريشية أو راحية. فالأوراق الريشية تُشبه ريش الطيور، ولها عروق متفرّعة من العرق المركزي الرئيسي الذي يُسمّى العرق الأوسط. ومن الأمثلة على النباتات ذات الأوراق المركّبة الريشية نباتات نخيل جوز الهند، وأشجار الدردار والجوز، وشجيرة الورد. وتُشبه الأوراق المركّبة الراحية راحة اليد وأصابعها، وهي ذات وريقات عديدة تشعّ جميعها من نقطة مركزية، ومن أمثلتها أوراق نباتات الفراولة والترمس وأشجار الكستناء.

يظهر الشكل (5) أنواع مختلفة من أوراق الأشجار.

(شكل 5)
أنواع مختلفة من أوراق الأشجار.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

تتساقط الأوراق في الخريف

يختار الناس من المشاتل الزراعية نباتات يضعونها في منازلهم أو يزرعونها في حدائقهم. ما الصفات الوراثية المهمّة في تحديد أنواع النباتات التي تريد شراءها؟

(ب) تركيب الورقة النباتية

دع الطلّاب يدرسون الشكلين (6) و(7)، وناقش معهم وظيفة كلّ قسم من ورقة الشجر وكيف يعمل لمساعدة النباتات على إنتاج السكّر خلال عملية البناء الضوئي.

فسّر أنّ معظم عملية البناء الضوئي تحدث في الأوراق النباتية، لذلك فإنّ تركيب الورقة النباتية له شأن عظيم في هذه العملية. وجّه الأسئلة التالية:

- ما الذي يكوّن الطبقة السطحية للورقة النباتية؟ **(الكيوتيكل، والبشرة)**
- أين تقع الثغور؟ **(على السطح السفلي للورقة النباتية)**
- ما العلاقة بين الخلايا الحارسة وفتحات الثغور؟ **(تضبط الخلايا الحارسة عملية فتح الثغور وإغلاقها.)**
- في أيّ طبقة تحدث معظم عملية البناء الضوئي؟ ولماذا؟ **(النسيج الوسطي، لأنّ العديد من البلاستيدات الخضراء تقع في هذا النسيج.)**

نشاط توضيحي

زوّد الطلّاب بجوز من البالونات الطويلة وحفّزهم على استخدامهما لتمثيل عمل الخلايا الحارسة. وضّح للطلّاب أنّ وجود الثغور ووظيفتها من تكيّفات النبات التي من شأنها حمايتها في بيئتها. اطلب إلى الطلّاب رسم رسومات تظهر كيف أنّ نموذج البالونات يشبه عمل الخلايا الحارسة. عليهم وصف الشروط اللازمة لفتح الثغور وإغلاقها. اسألهم: أيّ عامل ينظّم إغلاق الثغور وفتحها؟ **(التغيّر في ضغط الماء (ضغط الامتلاء داخل الخلايا الحارسة).)**

تصويب المفاهيم الخاطئة

وضّح للطلّاب حاجة النبات للأكسجين من أجل إنتاج السكّريات للنموّ وتصليح الأنسجة المتهالكة. وذكّرهم أنّ النباتات تحتاج إليه خلال عملية التنفّس الخلوي لإنتاج الطاقة التي تحتاجها لعملية النقل النشط التي تحتاجها لنقل الماء والأملاح المعدنية والموادّ الغذائية.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "تقنية الصبغات التفاضلية" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 17 و18 و19. يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحضير شرائح لمقطع عرضي من ساق نبتة، واستخدام تقنية الصبغة التفاضلية لصبغ الأجزاء المختلفة من الساق.

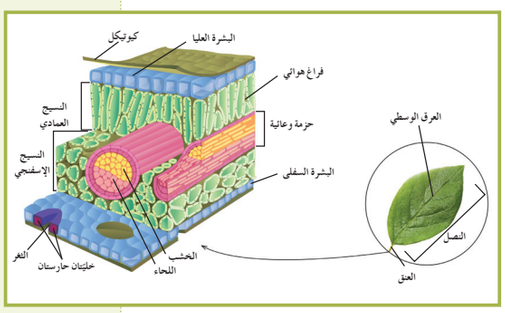
نشاط توضيحي

لتوضّح عمل الخليتين الحارستين عمليًّا، انفخ جزئيًّا بالونين طويلين. اقطع بالطول قطعة طويلة ورفيعة من شريط لاصق وألصقها على طول جانب كلّ بالون، ثمّ الصق نهايتي البالونين بعضهما مع بعض عند طرفي كلّ قطعة شريط على كلّ بالون. وضّح كيف ينفتح الثغر بواسطة الخليتين الحارستين عن طريق الاستمرار في نفخ البالونين. (عندما ينتفخان تمامًا، سينحني البالونان للخارج إلى جهة الجانب المثبّت به الشريط). وضّح انغلاق الثغر عن طريق ترك البالونين يفرغان ما يحتويان عليه من هواء ببطء. فسّر بالمثل كيف أنّ تدفّق الماء دخولًا إلى الخلايا الحارسة وخروجًا منها يضبط عمل الثغور.

2.2 تركيب الورقة النباتية The Leaf Structure

تُعتبَر أوراق النباتات من أهمّ مصانع الغذاء في العالم لأنّ السكّر والزيوت والبروتينات التي تُصنَع في داخلها هي مصدر الغذاء لجميع الكائنات الحيّة على وجه الأرض. إذًا يجب أن يكون للنباتات تراكيب مميّزة تُمكّنها من الحصول على العناصر الضرورية لعملية البناء الضوئي، وتُمكّنها من توزيع نواتج البناء الضوئي خلال أقسام النبتة كافّة. يُمكن اعتبار الورقة نظامًا متخصّصًا لعمليّة البناء الضوئي، وتتضمّن أنظمة فرعية تحتوي على أنسجة مسؤولة عن تبادل الغازات، وأخرى عن نقل الماء والأملاح المعدنية إلى الخلايا حيث تحدث عملية البناء الضوئي.

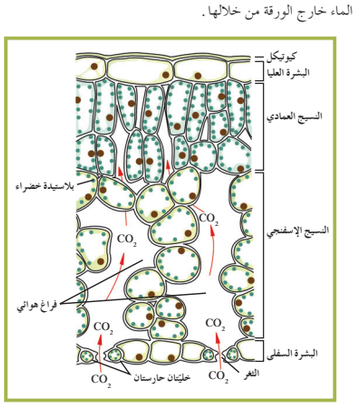
تركيب الورقة هو الأمثل لامتصاص الضوء وتنفيذ عملية البناء الضوئي. مثل الجذور والسوق، يُغلَّف الورقة النباتية غلاف خارجي يتألّف من خلايا البشرة، وخلايا داخلية تتكوّن من أنسجة أساسية وأنسجة وعائية. يُوضّح الشكل (6) كيف يكون سطح الورقة العلوي مغلّفًا بطبقة من الأنسجة الجلدية العلوية (نسيج البشرة العليا) Upper Epidermis وسطح الورقة السفلي مغلّفًا بطبقة من الأنسجة الجلدية السفلى (نسيج البشرة السفلي) Lower Epidermis. **في معظم النباتات، تُغلّف السطح العلوي طبقة من الشمع تُسمّى كيوتيكل Cuticle تُؤدّي مع طبقة البشرة دورًا في منع تسرّب الماء إلى خارج الورقة.**



(شكل 6)
قطاع ثلاثي الأبعاد من ورقة شجرة تُظهر الأنسجة التي تكوّنها. قارن وباين بين تراكيب الخلايا المختلفة في الورقة.

تتّصل الأنسجة الوعائية للورقة مباشرة بالأنسجة الوعائية للساق جاعلة الأوراق جزءًا لا يتجزّأ من نظام النقل في النباتات. في ورقة الشجرة، يجتمع كلّ من الخشب واللحاء في حزم وعائية تبدأ في الساق وتدخل الورقة عبر عنقها. حين تصل الحزم الوعائية إلى نصل الورقة، يحيط بها عدد من الخلايا البرنشيمية والسكلرنشمية.

يتألّف الجزء الأكبر من الورقة النباتية من أنسجة أساسية (برنشمية) متخصّصة تُعرف بالنسيج الوسطي Mesophyll. في معظم النباتات، تحدث عملية البناء الضوئي في هذا النسيج. **توجد أسفل النسيج العلوي الجلدي طبقة من الخلايا مستطيلة الشكل المتراصّة بعضها على بعض، وتُسمّى النسيج الوسطي العمادي Palisade Mesophyll.** هذه الخلايا المتراصّة والغنيّة بالبلاستيدات الخضراء تمتصّ الضوء الذي يقع على الورقة. **توجد تحت هذا النسيج طبقة من الخلايا غير منتظِمة الشكل والمتباعدة بعضها عن بعض، وتُسمّى النسيج الوسطي الإسفنجي Spongy Mesophyll.** تمتلئ الفراغات بين خلايا هذه الطبقة بالهواء Air Spaces (شكل 7). ويتّصل الهواء في هذه الفراغات بالهواء الخارجي عبر **ثغور Stomata** موجودة في البشرة، حيث يحدث تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الورقة والهواء المحيط بها، وتفقد الماء خارج الورقة من خلالها.



(شكل 7)
مقطع طولي لورقة نباتية

إجابة سؤال الشكل 8 صفحة 19 في كتاب الطالب

(تسمح الثغور بتبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الورقة والهواء، كما تتمّ من خلالها عملية النتح.)

إجابة السؤال صفحة 19 في كتاب الطالب

(تقفل الثغور في يوم مضيء حارّ وجافّ.)

3.2 السوق النباتية

(أ) أنواع السوق وأشكالها

دع الطلّاب يدرسون سوق النباتات الموضّحة في الشكل (10)، ثمّ اسأل:

- ما وظيفة جميع السوق الموجودة في الشكل؟ **(حمل الأوراق والأزهار)**
- كيف تختلف ساق الشجرة عن ساق النباتات العشبية؟ **(ساق الشجرة خشبية وأكبر وأقوى وأكثر حماية للنباتات.)**

شجّع الطلّاب على التفكير في الاختلافات في قابلية الانثناء في كلّ من الساق العشبية والساق الخشبية. اسأل:

- كيف تُعتبَر الساق المرنة تكيّفًا حسّيًّا للنبات العشبي؟ **(مرونتها تمنعها من الانكسار عند هبوب الرياح، أو عند سقوط الأمطار أو الثلوج.)**

نشاط توضيحي

احضر سوقًا نباتية خشبية متنوّعة إلى الصف. راع أن يكون في تلك السوق بعض التكيّفات مثل الدرنات (البطاطا) والريزومات (السوس والغاب والبامبو). أشر إلى العقد والعقلات والبراعم على كلّ ساق. اسمح للطلّاب بفحص كلّ ساق منها.

- أخبر الطلّاب أنّه يمكن استخدام ترتيب الأوراق على الساق كإحدى الطرق لتعرّف النباتات. فالأوراق المتبادَلة تترتّب حلزونيًّا على طول الساق، والأوراق المتقابلة يُقابل كلّ منها الآخر على جانبي إحدى العقد. كما أنّ ورقتين أو أكثر عند كلّ عقدة تكونان في ترتيب ورقي ملتفّ أو حلزوني. اعرض على الطلّاب سوقًا نباتية متنوّعة تحمل أوراقًا واطلب إليهم التعرّف عليها.

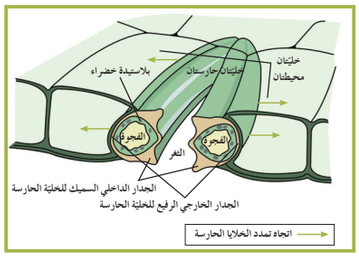
دع الطلّاب يدرسون الشكل (12)، ثمّ اطلب إليهم تحديد كيف أنّ كلًّا من هذه السوق يتكيّف بالتخزين والسكون. ناقش كيف أنّ هذه السوق تساعد النباتات على البقاء حيّة خلال ظروف بيئية قاسية. اِسأل: متى يستخدم النبات الطعام المخزّن في السوق؟ **(عندما تبدأ النبتة بالنموّ بعد السكون، إلى حين أن تصبح قادرة على إنتاج ما يكفيها من الطعام.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "ملاحظة الثغور والخلايا الحارسة" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 20 و21 و22.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على معرفة تركيب الثغور، وتحديد الظروف البيئية التي تؤثّر في انفتاح الثغور وانغلاقها.

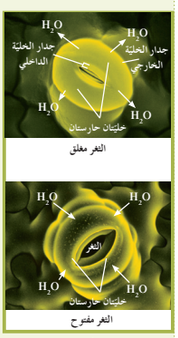
آلية فتح وغلق الثغر Mechanism of Stomatal Opening and Closing

يتألّف كلّ ثغر من خليّتين حارستين Guard Cells تتوسّطهما فتحة ثغرية Stomatal Opening، كما يُوضّح (شكل 8). الخليّة الحارسة في البشرة (النسيج الجلدي) هي خليّة متخصّصة تحتوي على البلاستيدات الخضراء، وتُؤدّي دورًا في ضبط فتح الثغور وإغلاقها، كاستجابة لتغيّر ضغط الماء داخلها تأثّرًا بالعوامل البيئية الخارجية. عندما تمتلئ الخلايا الحارسة بالماء، يزداد ضغط الماء داخلها مؤدّيًا إلى ازدياد ضغط الامتلاء الناتج عن الضغط الأسموزي لغشاء الخليّة على جدار الخليّة، وهذا الازدياد في الضغط يُؤدّي إلى انتفاخ الخلايا الحارسة.



(شكل 9)
مقطع طولي يبيّن تركيب الثغر والخليّتان الحارستان

كيف يُساعد شكل الخلايا الحارسة على فتح الثغور؟ أنظر إلى زوج الخلايا الحارسة المحيطة بفتحة الثغر في (شكل 9)، ولاحظ سماكة جدار الخليّة الداخلية القريب من هذه الفتحة الذي يكون أكثر سمكًا، بالمقارنة مع سماكة الجدار الخارجي في الجانب المقابل الذي يكون أقل سمكًا. عندما يدخل الماء إلى الخليّتين الحارستين، فإنّهما تنتفخان ويزداد ضغط الإمتلاء، فيتمّ دفع جدرهما الرقيقة الخارجية البعيدة عن الفتحة لتتّخذ شكلًا مقوّسًا. ويُسبّب هذ الفعل شدّ الجدر السميكة الداخلية للخليتين الحارستين بعيدًا الواحدة عن الأخرى، فينفتح الثغر ويُصبح أكثر اتّساعًا. عندما يكون الماء نادرًا في النبات، يخرج من الخليّتين الحارستين مسبّبًا انخفاضًا في ضغط الامتلاء على جدار الخليّة. فتتكمش الخليّتان وينخفض شدّ الجدر السميكة لهما، فتقتربان الواحدة من الأخرى، وتُصبح فتحة الثغر أضيق أو تُغلَق قليلًا (لا تُغلَق الثغور كليًّا). ما هي العوامل التي تتحكّم بفتح الثغور وانغلاقها؟



(شكل 8)
عندما يدخل الماء الخليّتين الحارستين الموجودتين بورقة النبات، فإنّهما تنتفخان وتفتحان الثغر. وعندما تفقد الخليّتان الحارستان الماء، فإنّهما تُصبحان رخوتين وتُغلقان الثغر. ما الدور الذي يقوم به الثغر؟

يتأثّر فتح الثغور وانغلاقها بالعوامل البيئية الخارجية، كوجود الضوء وحرارة الطقس وقوّة الرياح ونسبة الرطوبة. كيف يُؤثّر كلّ من هذه العوامل البيئية في الثغور؟

للمحافظة على الاتّزان الداخلي للنبتة وحمايتها من الجفاف، تُبقي النباتات الثغور مفتوحة بشكل كافٍ لتأمين حاجاتها للبناء الضوئي، ولكن ليس كثيرًا حتّى لا تخسر الكثير من الماء وتُصاب بالجفاف. فهي تُقفِل الثغور في حالة ارتفاع درجة حرارة الطقس كثيرًا أو شدّة الضوء أو ازدياد سرعة الرياح أو خلال الطقس الجافّ، عندما تزداد نسبة تبخّر الماء من النبتة وذلك للحفاظ على حياتها. تنفتح الثغور بوجود الضوء وتُقفِل بغيابه، أي في الليل. كيف تصف حالة الثغور في يوم مضيء حارّ وجافّ؟

3. السوق النباتية Stems

لا تعمل الأوراق بمفردها في النباتات لكنّها مثبّتة بتراكيب تُسمّى السوق Stems.

وللسوق وظيفتان رئيستان هما: حمل الأوراق والأزهار، ونقل الماء والموادّ الغذائية إلى جميع أجزاء النبتة. وتتمّ عملية النقل في السوق عن طريق بعض الخلايا الأنبوبية التي تشكّل نسيج الخشب الذي ينقل الماء والأملاح المعدنية إلى أعلى، من الجذر إلى عروق الأوراق والأزهار، وخلايا أنبوبية أخرى تشكّل نسيج اللحاء الذي ينقل السكّريات من الأوراق إلى جميع أجزاء النبتة. وتُؤدّي السوق في بعض النباتات وظيفة إضافية أخرى، فتعمل كأماكن لتخزين الغذاء الزائد عن حاجة النباتات. فعلى سبيل المثال، لنبات البطاطا ساق تحت أرضية تُخزّن كمّيات كبيرة من النشا.

1.3 أنواع السوق وأشكالها

Kinds of Stems and their Forms

وبينما يُحدّد ترتيب الأوراق على السوق الشكل العامّ للنباتات، يعتمد حجم النباتات على حجم السوق. وبناء على شكل الساق وحجمها ونوعها، تُصنّف النباتات إلى أربع فئات: نباتات عشبية Herbaceous Plants وشجيرات Shrubs ونباتات متسلّقة (أو معترشة) Vines وأشجار Trees. يُوضّح الشكل (10) أمثلة على كلّ نوع من هذه النباتات.

تتنوّع السوق النباتية في قوّتها أو متانتها، فالسوق العشبية غير خشبية وتتكوّن من أنسجة ليّنة نسبيًّا مغطّاة بطبقة واقية رقيقة. تشتمل السوق الخشبية والقوية للأشجار والشجيرات على جذوع وفروع وغصينات. ويُمكنك أن تتعرّف أشجارًا وشجيرات عديدة من خلال سوقها، حتّى أثناء مواسم تساقط الأوراق. أمّا النباتات المتسلّقة أو المعترشة فلها سوق أسطوانية خشبية، وعادة ما تدعمها الأشجار أو دعامات أخرى.

تتصل الأوراق بالسوق في مواضع تُسمّى العقد Nodes، وتُعرف قطع الساق الواقعة بين كلّ عقدتين متجاورتين بالعقلات Internodes (شكل 11).

(شكل 10 – أ)
نبتة عشبية

(شكل 10 – ب)
نبتة متسلّقة أو معترشة

(شكل 10 – ج)
أشجار

(شكل 10)
تنوع السوق النباتية

(ب) تركيب السوق

اشر إلى الطلّاب لدراسة القطاعين العرضيين في السوق الموضّحة في الشكل (13) لمقارنة ومباينة تركيب الساق في النباتات أحادية الفلقة وثنائية الفلقة. ناقش خصائص تراكيب الساق التي تختلف في النوعين من النباتات، وناقش أيضًا تشابهاتها. كن متأكّدًا من أنّ الطلّاب يمكنهم أن يتعرّفوا أو يحدّدوا جميع أجزاء الساق بطريقة صحيحة، بما فيها مواضع الأنواع الثلاثة من الأنسجة النباتية.

نشاط توضيحي

استخدم جهاز عرض رأسي لتعرض على الطلّاب شفافيات لنسيج الخشب واللحاء في سوق متنوّعة. زوّد مجموعات من الطلّاب بسوق نباتية وعدسة يدوية ومشرط، وقم بتشريح السوق وفحص القصيبات والأوعية الخشبية أمامهم، ثم ادعهم لتفحّص عيّناتهم. قد يستخدم الطلّاب الشكل (13) كمرشد لهم. دعهم يرسمون كلّ نوع من النسيج الوعائي، ويحدّدون الخلايا، ويسجّلون ملاحظاتهم.

إجابة سؤال الشكل 13 صفحة 22 في كتاب الطالب: (نباتات أحادية الفلقة ذات حزم وعائية مبعثرة.)

إجابة السؤال ص 21 في كتاب الطالب: (النباتات الزهرية تحتوي على أوعية خشبية وقصيبات بينما النباتات المخروطية تحتوي فقط على قصيبات. وبما أنّ الأوعية الخشبية تتميّز بقدرتها الكبيرة على نقل الماء بسهولة بعكس القصيبات، فإن النباتات الزهرية تحصل على كمّيات أكبر من الماء، فتنمو وتنتشر أكثر من النباتات المخروطية.)

4.2 الجذور

كوّن علاقات

الصلة بالرياضيات

تنمو معظم جذور الأشجار أفقيًّا للخارج ولأسفل. فجذر شجرة طولها 50 مترًا (164 قدمًا) لا ينمو لأكثر من 2.5 متر (8.2 قدم) إلى داخل التربة، ومن جهة أخرى، فإنّ شجرة بهذا الحجم قد تنتشر جذورها أفقيًّا إلى مسافة تساوي ارتفاعها. زوّد الطلّاب بورق رسم بياني ودعهم يرسمون مثل تلك الشجرة ومجموعها الجذري في مقياس رسم.

الصلة بعلم الصحّة

فسِّر أنّ جذور معظم النباتات تُعتبَر مصادر جيّدة للفيتامينات والعناصر المعدنية التي تساعد على منع الإصابة بالأمراض أو مقاومتها. فجذور الخضراوات مثل الجزر والفجل واللفت، والخضراوات الدرنية مثل البطاطا، غنية بالبيتاكاروتين والفيتامين ج والبوتاسيوم. وتساعد جميع هذه الموادّ الجسم على مكافحة مرض السرطان وأمراض القلب.

(شكل 11)
تتصل الأوراق بالساق على مستوى العقد. يُنتج الساق الأوراق والأغصان التي تكبر في البراعم. يحمل هذا الساق الأوراق عاليًا بنمط تبادلي لتتعرض لأشعة الشمس التي تحتاجها لعملية البناء الضوئي.

يبدأ النموّ في معظم السوق في تراكيب تُسمّى البراعم Buds، وهي قد تنمو إلى أوراق أو فروع أو أزهار. وتظهر البراعم عادة في أنماط منتظِمة بين الورقة والعقدة. فعلى سبيل المثال، تظهر البراعم على الجانبين المتقابلين في ساق النعناع، أمّا في ساق نبات دوّار الشمس فتنمو في نمط تبادلي على طول الساق. ويُعتبَر نمط نموّ البرعم تكيّفًا يُتيح لأوراق النبات أكبر قدر من التعرّض للضوء (شكل 11).

يظهر الشكل (12) أنواعًا مختلفة من السوق التي تكيفت لتخزين الطعام والسبات.

(شكل 12)
للكثير من النباتات سوق محوّرة تُخزّن الطعام. الدرنات، والرايزومات، والبصلات والكورمات قد تبقى كامنة خلال الأوقات الباردة أو الجافة إلى حين عودة الظروف الملائمة للنموّ.

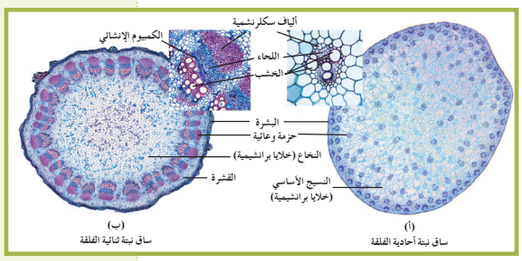
2.3 تركيب السوق The Stem Structure

يتألّف ساق النبتة، مثل باقي أقسامها، من ثلاثة أنواع من الأنسجة: البشرة، الأنسجة الأساسية والأنسجة الوعائية. تُغلِّف الساق طبقة من أنسجة البشرة ذات جدر خلايا سميكة، ويُغلِّفها من الخارج غلاف شمعي للحماية.

تحتوي سوق النباتات الزهرية أو مغطّاة البذور على نسيج وعائي يتضمّن أوعية خشبية وقصيبات، أمّا النباتات المخروطية فتحتوي على قصيبات فحسب. لماذا يفوق عدد النباتات الزهرية عدد تلك المخروطية، ما يجعلها تسود في الكثير من المناطق؟

على الرغم من وجود الأنسجة الوعائية في جميع أقسام النبتة، إلّا أنّ ترتيبها يختلف من قسم إلى آخر. ففي الجذور، يُكوّن النسيج الوعائي أسطوانة مركزية، بحيث يكون اللحاء مستقلًّا عن الخشب لكنّهما يتوزّعان بنمط تبادلي. أمّا في السوق، فيترتّب الخشب واللحاء في حزم وعائية Vascular Bundles حيث يكون اللحاء لجهة الخارج والخشب لجهة مركز الساق.

توجَد بين هذين النسيجين طبقة من الأنسجة الإنشائية تُسمّى الكمبيوم الإنشائي. يختلف ترتيب الحزم الوعائية في النباتات الزهرية أحادية الفلقة عنه في النباتات الزهرية ثنائية الفلقة كما في الشكل (13).



(شكل 13)
يختلف توزيع الحزم الوعائية في سوق النباتات أحادية الفلقة والنباتات ثنائية الفلقة. هل توجد حزم وعائية مبعثرة في الساق؟

في النباتات أحادية الفلقة، تتواجد الحزم الوعائية بشكل مبعثَر بين خلايا الأنسجة الأساسية. وتضمّ الأنسجة الأساسية خلايا ذات شكل واحد معظمها من الخلايا البرنشمية. أمّا في النباتات ثنائية الفلقة، فتتوزّع الحزم الوعائية بشكل دائري منظَّم لتُشكّل حلقة حول مجموعة من الخلايا البرنشمية الموجودة في مركز الساق، والتي تُسمّى النخاع Pith. تُحيط بحلقة الحزم الوعائية طبقات من الخلايا البرنشمية تمتدّ إلى البشرة وتُسمّى القشرة cortex.

4. الجذور Roots

الجذر هو ذلك الجزء من النبتة الذي ينمو تحت سطح التربة، ويُؤدّي وظيفتين أساسيتين هما: امتصاص الماء والعناصر المعدنية من التربة، وتثبيت النبات بقوّة في التربة (شكل 14). كما أنّ بعض أنواع الجذور تُخزّن الغذاء الفائض عن حاجة النباتات.

1.4 أنواع الجذور وأشكالها Kinds of Roots and their Forms

يوجَد نوعان شائعان من الجذور كما ترى في الشكل (15). أحدهما هو **الجذر الوتدي Taproot الموجود في النباتات ثنائية الفلقة، وهو جذر مركزي كبير الحجم يحمل الكثير من الجذور الجانبية التي تتفرع منه.** ويُمكِن أن تنمو الجذور الوتدية عميقًا تحت الأرض لتمتصّ المياه الجوفية. فإذا حاولت أن تنزع أحد النباتات مثل الفول أو الملوخية من التربة، ستعرف أنّ الجذر الوتدي يُثبّت النبات بقوّة في التربة.

(شكل 14)
على الرغم من أثر الرياح السائدة التي جعلت فروع هذه الشجرة تنمو منحرفة إلى الجوانب، فالجذور العميقة لهذه الشجرة ثبّتتها بإحكام في مكانها.

(أ) أنواع الجذور وأشكالها

دع الطلّاب يقارنون بين تراكيب الجذور الموضّحة في الشكل (15) ووظائفها. اسأل:

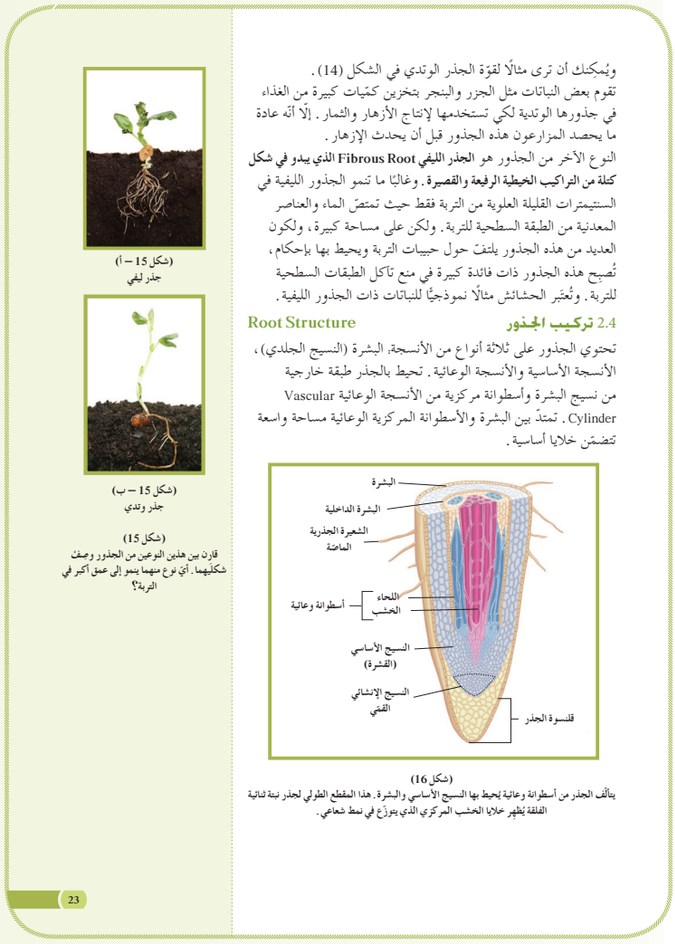
- كيف تساعد الجذور الليفية النباتات؟ **(تمتصّ الجذور الليفية الماء والعناصر المعدنية من المناطق الضحلة المتّسعة وتثبّت النباتات بالتربة.)**
- كيف تساعد الجذور الوتدية النباتات؟ **(تثبّت الجذور الوتدية النباتات بالتربة وتختزن كمّيات كبيرة من الغذاء.)**

إجابة سؤال الشكل 15 صفحة 23 في كتاب الطالب: (الجذر الليفي أقلّ عمقًا ويتكوّن من العديد من الجذور خيطية الشكل. الجذر الوتدي مفرد ويمتدّ عميقًا، وله بعض الشعيرات الجذرية الصغيرة.)

(ب) تركيب الجذور

اذكر أنواع الأنسجة المكوِّنة للجذر والموضّحة في الشكل (16). تأكَّد من أنّ الطلّاب يمكن أن يحدّدوا موضع البشرة (النسيج الجلدي)، والنسيج الوعائي والنسيج الأساسي. ساعد الطلّاب في تعرّف الأنواع المختلِفة من الخلايا في كلّ نسيج. ثمّ اسأل:

- هل تتوقّع أن تلاحظ الكلوروفيل في الخلايا البرنشيمة للجذر؟ **(لا، لا تستقبل الجذور أشعّة ضوء الشمس، لذلك هي ليست بحاجة إلى الكلوروفيل.)**
- كيف تتشابه الجذور أحادية الفلقة والجذور ثنائية الفلقة؟ **(يقع النسيج الوعائي في مركز الجذر لكلتيهما.)**
- كيف يختلف النسيج الوعائي في الجذور أحادية الفلقة والجذور ثنائية الفلقة؟ **(الجذر ثنائي الفلقة فيه لبّ صلب من النسيج الوعائي، أمّا الجذر أحادي الفلقة، ففيه حلقة من النسيج الوعائي حول النخاع.)**



ويُمكنك أن ترى مثالًا لقوّة الجذر الوتدي في الشكل (14).
تقوم بعض النباتات مثل الجزر والبنجر بتخزين كمّيات كبيرة من الغذاء في جذورها الوتدية لكي تستخدمها لإنتاج الأزهار والثمار. إلّا أنّه عادة ما يحصد المزارعون هذه الجذور قبل أن يحدث الإزهار.
النوع الآخر من الجذور هو **الجذر الليفي Fibrous Root الذي يبدو في شكل كتلة من التراكيب الخيطية الرفيعة والقصيرة**. وغالبًا ما تنمو الجذور الليفية في السنتيمترات القليلة العلوية من التربة فقط حيث تمتصّ الماء والعناصر المعدنية من الطبقة السطحية للتربة. ولكن على مساحة كبيرة، ولكون العديد من هذه الجذور يلتفّ حول حبيبات التربة ويحيط بها بإحكام، تُصبح هذه الجذور ذات فائدة كبيرة في منع تآكل الطبقات السطحية للتربة. وتُعتبر الحشائش مثالًا نموذجيًا للنباتات ذات الجذور الليفية.

2.4 تركيب الجذور Root Structure

تحتوي الجذور على ثلاثة أنواع من الأنسجة: البشرة (النسيج الجلدي)، الأنسجة الأساسية والأنسجة الوعائية. تحيط بالجذر طبقة خارجية من نسيج البشرة وأسطوانة مركزية من الأنسجة الوعائية Vascular Cylinder. تمتدّ بين البشرة والأسطوانة المركزية الوعائية مساحة واسعة تتضمّن خلايا أساسية.

(شكل 16)
يتألّف الجذر من أسطوانة وعائية يُحيط بها النسيج الأساسي والبشرة. هذا المقطع الطولي لجذر نبتة ثنائية الفلقة يُظهر خلايا الخشب المركزي الذي يتوزّع في نمط شعاعي.

(شكل 15 – أ)
جذر ليفي

(شكل 15 – ب)
جذر وتدي

(شكل 15)
قارن بين هذين النوعين من الجذور وصف شكليهما. أيّ نوع منهما ينمو إلى عمق أكبر في التربة؟

23

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة الملاحظة:** وزِّع أوراقًا لأنواع مختلفة من النباتات على الطلّاب لكي يلاحظوها. اختر الأوراق النباتية التي تمثِّل مدًى واسعًا من الأشكال والأحجام. شجِّع الطلّاب على فحص الأوراق تحت مجهر التشريح (أو بعدسة يدوية)، ثمّ رسم أشكال تخطيطية مزوَّدة بالبيانات لملاحظاتهم.
- **مهارة الملاحظة:** دع الطلّاب يلاحظون شرائح مجهّزة لقطاعات مستعرضة وطويلة لجذور وسوق لنباتات أحادية الفلقة وأخرى ثنائية الفلقة، لكي تعطيهم فرصة للمقارنة والمباينة بين تركيباتهما.
- **صياغة الفروض:** قبل أن يقرأ الطلّاب عن الثمار، اعط كلّ زوج منهم تفّاحة ناضجة ومشرطًا أو سكّين تقشير. اطلب إليهم أن يكتبوا وصفًا للتفّاحة من الخارج قبل قطعها. بعد ذلك، عليهم أن يشطروا التفّاحة إلى نصفين ويفحصوا ما بداخلها فحصًا دقيقًا. (حذِّر الطلّاب لكي يحترسوا عند استخدام المشرط أو السكين.)

5.2 الأزهار والبذور والثمار

اوضح للطلّاب أنّ التلقيح هو عملية انتقال حبوب اللقاح من الأجزاء المذكّرة إلى الأجزاء المؤنّثة المحتوية على البيض، وتحصل عملية الإخصاب في الزهرة. واشر إلى أنّ الكثير من الأزهار تتكيّف لجذب كائنات ملقّحة. فعلى سبيل المثال، تشكّلت زهرة نبتة السحلبية وتلوّنت لتماثل بطن أنثى الدبّور التي تجذب الذكور. أمّا سوق الكرنب فلها رائحة تجذب الذباب، وتتفتّح بعض الأزهار مثل ياسمين الليل المزدهر في الليل لكي تجذب الخفافيش أو الفراشات.

نشاط توضيحي

اعرض عددًا من البذور التي تُظهر تنوّعًا في اللون والشكل والحجم والملمس. دع الطلّاب يدرسون التشابهات والاختلافات بين تلك البذور. اقترح عليهم أن يفتحوا بذرة منها ويتعرّفوا الجنين. اسأل: على الرغم من اختلاف البذور في المظهر، كيف تتشابه؟

(تحتوي على جنين النبتة والغذاء المدَّخر.)

نشاط توضيحي

احضر ثمارًا متنوّعة فيها بذور، بما فيها الثمار الشائعة التي يشار إليها على أنّها خضراوات (الطماطم، القرع، الخيار). اشطر كلًّا منها إلى نصفين لتوضّح موضع البذور. اسأل:

- ما العلاقة بين الثمرة وبذورها؟ **(الثمرة تحتوي على البذور وتحميها وتنشرها.)** لماذا تُعتبَر الطماطم ثمرة حقيقة؟ **(لأنّها تحتوي على بذور.)**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

ما العشب الضارّ؟

دع الطلّاب يبحثون عن كلمة عشب في القاموس. اسأل: إذا كان النبات يحمي التربة من التآكل (أو التعرية)، فهل يُعتبَر عشبًا؟ فسّر إجابتك. **(من المحتمل أن يجيب الطلّاب بالنفي؛ العشب عبارة عن أي نبات ليست له قيمة حيث ينمو.)**

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، استعرض أمثلة مختلفة من النباتات المزروعة بأصيص، أو استخدم جهاز عرض رأسي لعرض شفافيات مختلفة توضح تنوّعات مختلفة من النباتات. اطرح الأسئلة التالية لكلّ نبتة منها:

- ما نوع أوراق النبتة؟ **(الإجابة ستكون إمّا بسيطة أو مركّبة.)**
- ما نوع ساق النبتة؟ **(إمّا خشبية أو عشبية)**
- ما نوع جذر النبتة؟ **(إمّا جذر وتدي أو جذر ليفي)**
- دع الطلّاب يقومون بتحديد الوظائف الأساسية للأوراق والسوق والجذور. **(عمليّة البناء الضوئي للأوراق؛ النقل والتدعيم للسوق؛ امتصاص الماء والعناصر الغذائية للجذور)**

يُؤدّي الجذر دورًا أساسيًّا في امتصاص الماء والأملاح المعدنية ونقلها. يُظهر الشكل (16) مجموعة من الخلايا الوعائية مرتّبة في نمط شعاعي. ينمو الجذر في الطول ويُنتِج النسيج الإنشائي القمّي Apical Meristem خلايا جديدة بالقرب من قمّة الجذر. تُغطّي هذه الخلايا الجديدة الهشّة قلنسوة الجذر Root Cap التي تحمي الجذر.

تُؤدّي بشرة الجذر دورًا مزدوجًا من ناحية حماية الأنسجة الداخلية ومن ناحية امتصاص الماء. تحدث معظم عملية الامتصاص عند أطراف الجذر في منطقة التمايز Zone of Differentiation حيث تمايزت خلايا البشرة إلى شعيرات جذرية ماصّة Absorbing Root Hairs.

هذه الشعيرات عبارة عن تراكيب أنبوبية دقيقة الحجم تنمو من الأغشية الخلوية لبعض خلايا البشرة في الجذر. وتُؤدّي هذه الشعيرات دورًا في زيادة مساحة السطح الماصّ للماء بدرجة كبيرة. تمتدّ مباشرة إلى الداخل من البشرة، طبقة إسفنجية من النسيج الأساسي تُسمّى القشرة Cortex لتصل إلى حلقة من الخلايا تُسمّى طبقة البشرة الداخلية (الأندوديرمس) Endodermis. تُحيط هذه البشرة الداخلية بالأسطوانة المركزية الوعائية. ويتوزّع كلّ من اللحاء والخشب في هذه الأسطوانة بشكل تبادلي.

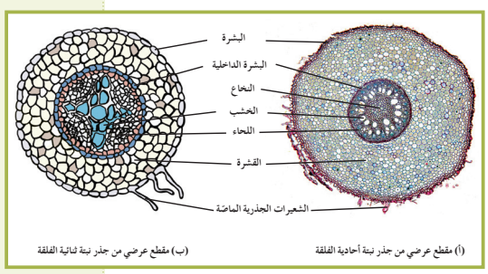
يختلف ترتيب كلّ من نسيجي الخشب واللحاء في النباتات أحادية الفلقة وفي النباتات ثنائية الفلقة. ففي الأولى، يكوّن النسيج الوعائي حلقة تحيط بمساحة مركزية من الأنسجة الأساسية البرنشيمية التي تُسمّى النخاع. أمّا في الثانية، فيكون النسيج الوعائي قلبًا مصمتًا في مركز الجذر له أذرع هي عبارة عن الخشب، ويتوزّع اللحاء بين هذه الأذرع (الشكل 17).

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

ما العشب الضارّ؟

يعتقد أناس كثيرون أنّهم يعرفون العشب الضارّ. هل تعرف ما هي النباتات التي تعتقد أنّها أعشاب ضارّة؟ الحقيقة أنّ العشب الضارّ هو أيّ نبات ينمو على الإطلاق حيث لا يُرغَب في وجوده.



(شكل 17)
اختلاف جذر النباتات

5. الأزهار والبذور والثمار Flowers, Seeds and Fruits

على الرغم من أنّ الكثير من النباتات لا تُزهِر، إلّا أنّ الناس عادة ما يصفون النباتات النموذجية بوجود الأزهار. **والزهرة Flower هي عضو التكاثر الجنسي في النبات الزهري، ووظيفتها الأساسية هي إنتاج الأمشاج الذكرية (الخلايا الذكرية في حبوب اللقاح) والأمشاج المؤنّثة (البيض)، وتُشكّل أيضًا التركيب الذي تتمّ فيه عملية الإخصاب.**

وعلى عكس معظم الحيوانات، تعيش النباتات عادة حياتها بالكامل في مكان واحد من دون أن تتنقّل، ما يُسبّب صعوبة في تكاثرها جنسيًّا. لذلك بعض تكوينات الأزهار قابلة للتكيّف، ما يُمكّنها من أن تتكاثر جنسيًّا على الرغم من بقائها في مكان واحد.

ويُعتبَر إنتاج النباتات لحبوب اللقاح مثالًا لأحد تلك التكيّفات. فبدأ التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية عندما تنتقل حبوب اللقاح، وهي التراكيب الحاملة للأمشاج (جاميتات) الذكرية، إلى الأجزاء التي تحتوي على البيض في الزهرة. وتُسمّى **عملية انتقال حبوب اللقاح من الأجزاء المذكّرة إلى الأجزاء المؤنّثة في الزهرة بالتلقيح Pollination**. ويُمكن أن تنتقل حبوب اللقاح بواسطة الرياح أو الماء أو الحشرات أو بعض الكائنات الأخرى. وتُنتِج النباتات كمّيات كبيرة من حبوب اللقاح لضمان حدوث عملية التلقيح (شكل 18).

(شكل 18)
الأزهار والثمار

أمّا عملية **الإخصاب Fertilization**، **فهي اتّحاد الخلايا المذكّرة مع الخليّة البيضية، وهي تحدث بعد حدوث عملية التلقيح**. ونتيجة هذه العملية هي تكوّن الزيجوت (أو اللاقحة) التي تنمو إلى جنين النبتة الذي تنمو حوله الأنسجة المُغذّية، وينمو الاثنان معًا ليُكوّنا البذرة. لذلك **فإنّ البذرة Seed عبارة عن تركيب تكاثري يتكوّن من جنين النبتة وغذائها المدّخر**. وبحدوث عملية الإنبات تتكوّن النباتات الجديدة.

للنباتات العديد من الطرق لنثر بذورها، وتُسبّب هذه الطرق انتشار النباتات الجديدة، الناتجة عن التكاثر الجنسي، إلى مناطق أكثر اتّساعًا من جيل إلى الجيل الذي يليه. وبتزايد انتشار النباتات إلى مناطق أكثر اتّساعًا، تزايد فرص حفظ الأنواع النباتية وبقائها على قيد الحياة وبالتالي عدم انقراضها.

في النباتات الزهرية، تتكوّن البذور داخل تركيب يُسمّى **الثمرة Fruit**، **حيث تُحيط الثمار بالبذور وتحميها، وتُساعد في انتشارها لمواطن جديدة**. وتوجَد تنوّعات كثيرة من هذه الثمار، منها الخوخ والطماطم والجوز والعنب وغيرها. ويُمكنك أن تتعرّف التراكيب المختلفة التي تدخل في تكوين ثمرة البرتقال في الشكل (18). ما الثمار والبذور الأخرى التي تتناولها كجزء من طعامك؟

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

مزارعون لبعض الوقت

هل تتوقّع أنّ العمل في مزرعة في يوم إجازتك الأسبوعية يُمكن أن يكون مبهجًا ومربحًا في الوقت نفسه؟ ففي العام 1992، قام أحد معلّمي العلوم في إحدى المدارس الثانوية بدعوة طلّابه، بعد التنسيق مع معلّم التربية الزراعية، إلى ربح دخل إضافي عن طريق زراعة بعض النباتات مثل الجزر والفول السوداني وغيرها، وبيع منتجاتها في المدرسة. وفي نهاية العام الأوّل، حقّق الطلّاب المشاركون في المشروع دخلًا مربحًا. وبعد تقسيم الربح بين أفراد المجموعة الخمسة، تساءلوا: كيف يزيدون أرباحهم؟ فقرّر الطلّاب توسيع خطّ الإنتاج بتصنيع منتَجاتهم.

وبعد عرض الأمر على إدارة المدرسة، خُصّصت لهم قطعة أرض غير مُستغَلّة من حديقة المدرسة، وأمدّتهم بالدعم المالي اللازم. وحمل المنتَج الأوّل للطلّاب اسم «من الحقل إليك!»، وهو عبارة عن مخفوق الفول السوداني الذي لاقى رواجًا كبيرًا عند عرضه للبيع في المدرسة. واتّفقت إدارة المدرسة مع إحدى هيئات التجارة المحلية أن تتولّى تسويق هذا المنتَج مع هامش من الربح. وبحلول العام 1995، استطاع الطلّاب التبرّع بمبالغ مالية لصندوق المنح التعليمية لمساعدة زملائهم.

وتُعَدّ تجربة هؤلاء الطلّاب جزءًا من الاتّجاه العالمي نحو زراعة المحاصيل في مساحات صغيرة بعيدًا عن المجتمعات الزراعية. وقام أناس كثيرون بزراعة المحاصيل على جوانب الطريق وفي الشرفات وفي التجمّعات المدنية وفي أيّ مكان تصلح فيه زراعة النباتات. هذا وقد تضمّن أحد التقارير الحديثة للأمم المتّحدة أنّ واحدًا من كلّ ثلاثة أشخاص مقيمين في المدن على مستوى العالم يزرع بعض أنواع الموادّ الغذائية.

ويتنوّع الدافع لزراعة المحاصيل، يزرع بعض الناس لتغذية عائلاتهم، والبعض يبيعون محاصيلهم للربح، والبعض الآخر يشترك بجزء أو بكلّ ما يُنتجه مع بنوك الغذاء والمحتاجين. هل لديك حديقة؟ ماذا تفعل بمحاصيلك؟

مراجعة الدرس 1-1

1. صِفْ التراكيب الأساسية للأوراق النباتية والسوق والجذور.
2. قارن بين الوظائف الأساسية للأوراق النباتية والسوق والجذور والأزهار.
3. أعدّ جدولًا لمقارنة تراكيب النباتات الزّهريّة أحادية الفلقة وثنائية الفلقة.
4. **سؤال للتفكير الناقد:** افترض أنّ نباتًا غابت عنه السوق. ما نوع الصعوبات التي يُواجهها لمنافسة النباتات الأخرى؟
5. **أضِف إلى معلوماتك:** في أيّ من تراكيب الورقة النباتية تحدث عملية البناء الضوئي؟ صِفْ باختصار هذه التراكيب.

* ما أنواع النسيج الوعائي وما وظائفها؟ **(نوعان: نسيج الخشب الذي ينقل الماء والعناصر المعدنية من الجذور إلى الأوراق، ونسيج اللحاء الذي ينقل السكّريات من حيث تكوّنت إلى حيث تُستهلك أو تُخزن.)**
* في أيّ جزء من أجزاء النبات يوجد النسيج الوعائي؟ **(الجذور والسوق والأوراق)**
* ما نوعا خلايا نسيج الخشب وما وجه الاختلاف بينهما؟ **(القصيبات عبارة عن أنابيب طويلة ضيّقة لها جدر رقيقة تفصل بينها. الأوعية الخشبية عبارة عن أنابيب قصيرة واسعة بدون حواجز أو فواصل بينها.)**

إجابة السؤال ص 26 في كتاب الطالب: (اقبل إجابات الطلّاب عن أي نوع من الفواكه أو البذور (الحبوب) التي هي جزء من طعامهم.)العلم والمجتمع والتكنولوجيا

مزارعون لبعض الوقت

شجِّع الطلّاب ليبحثوا عن تاريخ ومدى توافر الحدائق العامّة واستخدامها في الأحياء التي يعيشون فيها. دعهم يكتشفون كيف يتعلّم الفرد الاهتمام بالحدائق. لو كان ممكنًا، ادعُ أحد المتخصصين إلى الفصل ليناقش منافع زراعة نباتات الغذاء والأزهار للاستخدام الشخصي.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1-1

1. تتركّب الأوراق النباتية من نصل وعنق؛ قد تكون السوق خشبية أو عشبية، وقد تكون الجذور وتدية أو ليفية.
2. تُصنِّع الأوراق النباتية السكّر وتتبادل الغازات خلال الثغور؛ تقوم السوق بالتدعيم ونقل الموادّ؛ تثبّت الجذور النبات وتمتصّ الماء والعناصر المعدنية؛ وتنتج الأزهار بذورًا.
3.

	أحادية الفلقة	ثنائية الفلقة
البذرة	ذات فلقة واحدة	ذات فلقتين
الأوراق	ذات عروق متوازية	ذات عروق متفرّعة
الحزم الوعائية	شكل مبعثر	شكل دائري
الجذور	جذر ليفي	جذر وتري

4. ستكون النبتة غير قادرة لتتنافس على الضوء؛ وستكون الأزهار والأوراق على سطح الأرض؛ أمّا نقل الماء والموادّ الغذائية، فسيتمّ من الجذر إلى الورقة أو من خلال الورقة ذاتها.
5. يحدث البناء الضوئي في الخلايا المتراصّة من التراكيب قرصية الشكل داخل البلاستيدات الخضراء للنباتات.

الأهداف:

- يحدِّد الموادّ والتراكيب المُستخدَمة في عملية البناء الضوئي.
- يقارن بين خطوات عملية البناء الضوئي التي تستلزم وجود الضوء والخطوات التي لا تستلزم ضوءًا.
- يصف تركيب الورقة النباتية، ويحدِّد أين تحدث عملية البناء الضوئي.
- يفسِّر دور كلّ من ضوء الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات لنباتات مختلفة تُظهر التراكيب المتخصّصة لعملية البناء الضوئي.

صفحات الطالب: من ص 28 إلى ص 40

صفحات الأنشطة: من ص 23 إلى ص 25

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (19) ويقرأون التعليق المصاحب له. اشر إلى أنّ طاقة الغذاء تأتي من ضوء الشمس. وعندما يموت كائن ما، تتحرَّر من جسمه الطاقة المختزَنة من ضوء الشمس. اسأل:

- ما المصدر الأصلي لأشكال الطاقة كلّها على كوكب الأرض؟ **(الشمس)**
- كيف يقوم المزارعون بإعادة استعمال طاقة الشمس المختزَنة في النباتات؟ **(يحرث المزارعون الأرض الزراعية، بما فيها من نباتات مسنّة، بعد جني المحاصيل، بحيث أنّهم يعتبرون تلك النباتات مخصّبات أو أسمدة للمحاصيل الزراعية الغذائية الجديدة.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة للطلّاب حول البناء الضوئي، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما جزء النبات الذي يمتصّ الضوء؟ **(الكلوروفيل)**
- ماذا يحدث أثناء عملية البناء الضوئي؟ **(تُستخدَم طاقة ضوء الشمس لتحويل الماء وثاني أكسيد الكربون إلى أكسجين وجلوكوز.)**

نشاط توضيحي

اعرض نباتات أو صور نباتات ذات تراكيب متخصّصة، مثلًا نباتات معترشة لها محاليق، نباتات صبّار لها أشواك أو نبتة القِدر (وهي إحدى النباتات آكلة الحشرات) مقتنصة ذبابة.

اشر إلى التحوّلات النباتية واطلب إلى الطلّاب اقتراح فائدة لكلّ نوع من تلك التكيفات.

الدرس 1-2
التغذية في النباتات
Nutrition in Plants

الأهداف العامة

- يُحدِّد الموادّ والتراكيب المُستخدَمة في عملية البناء الضوئي.
- يُقارن بين خطوات عملية البناء الضوئي التي تستلزم وجود الضوء والخطوات التي لا تستلزم ضوءًا.
- يصف تركيب الورقة النباتية، ويُحدِّد أين تحدث عملية البناء الضوئي.
- يُفسِّر دور كلّ من ضوء الشمس والماء وثاني أكسيد الكربون والكلوروفيل في عملية البناء الضوئي.

(شكل 19)

تُبيّن الأحداث التاريخية أنّ المجاعات تُمثّل خطرًا داهمًا على حياة الإنسان والحيوان معًا، لأنّ تلك الكائنات تُصبح غير قادرة على توفير متطلّباتها من الطاقة لكي تبقى على قيد الحياة، على عكس بعض الكائنات الأخرى التي تستطيع توفير متطلّباتها كالكائنات ذاتية التغذية (شكل 19). فمنذ حوالى 3 مليارات سنة، تطوّرت لدى بعض الكائنات القدرة على استخدام مصدر الطاقة اللامتناهي وهو الشمس. كيف تستخدم هذه الكائنات ضوء الشمس لتصنع منه الغذاء لنفسها ولغيرها من الكائنات؟

1. الطاقة المستمَدّة من ضوء الشمس

Energy from Sunlight

لا توجَد حياة على الأرض من دون الطاقة المستمَدّة من ضوء الشمس. فالكائنات الحيّة بحاجة للطاقة لكي تنمو وتتكاثر وتستمرّ في حياتها. وهي تحصل على الطاقة اللازمة لها من الطاقة الكيميائية المختزَنة في الغذاء والتي مصدرها عملية البناء الضوئي التي تقوم بها الكائنات ذاتية التغذية.

28

2. علِّم وطبِّق

1.2 الطاقة المستمَدّة من ضوء الشمس

دع الطلّاب يفحصون الشكل (20). تناقش معهم حول طبيعة عملية البناء الضوئي والكائنات التي تقوم بهذه العملية، ثم اسأل:

- ما طبيعة عملية البناء الضوئي؟ **(كيميائية)**
- ما التركيب النباتي الذي تتمّ داخله عملية البناء الضوئي؟ وأين تجده في النباتات الخضراء؟ **(البلاستيدات الخضراء، وهي موجودة في الأوراق النباتية والسوق الخضراء.)**

2.2 البلاستيدات الخضراء

دع الطلّاب يدرسون الشكل (21)، ويقرأون التعليقات المصاحبة لأجزاء البلاستيدات الخضراء. وبعد ذلك، ارسم شكلًا بيانيًّا دائريًّا على السبورة لتوضيح العلاقات بين الجرانا والثيلاكويدات والأنظمة الضوئية، مع مراعاة ضرورة أن يوضّح الشكل الثيلاكويد داخل الجرانا الواحدة، وكذلك الأنظمة الضوئية داخل الثيلاكويد. وجِّه السؤال التالي:

- أين تحدث التفاعلات المعتمدة على الضوء (التفاعلات الضوئية) ودورة كالفن (التفاعلات اللاضوئية) داخل البلاستيدات الخضراء؟ **(تحدث التفاعلات المعتمدة على الضوء في أغشية الثيلاكويد، وتحدث دورة كالفن في الستروما.)** اطلب إلى الطلّاب تحديد هذه المواقع على الرسم.

نشاط توضيحي

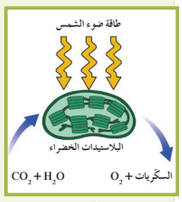
استخدم منشورًا زجاجيًّا لتحلّل الضوء الأبيض إلى ألوانه المفردة. اشر إلى أنّ قوس قزح يتكوّن بعد أن يتحلّل ضوء الشمس إلى ألوانه عندما يمرّ خلال نقاط المطر أو القطيرات العالقة من الماء. فسِّر أنّ «الضوء المرئي» أو «الضوء الأبيض» ما هو في الواقع إلّا اتّحاد الألوان المختلفة للضوء أو اندماجها. ولكلّ لون طول موجي مميّز وطاقة مميّزة.

نشاط سريع

حدِّد تأثير اللون على الطاقة الممتصّة. غطِّ بصلة ترمومتر بقماش أسود، وأخرى بقماش أبيض. ضع الترمومترين في ضوء الشمس المباشر. اطلب إلى أحد الطلّاب التطوّع لتسجيل درجة الحرارة بالترمومترين كلّ دقيقة لمدّة 5 إلى 7 دقائق. مثّل البيانات في رسم بياني وناقش النتائج مع طلّاب الفصل.

فالبناء الضوئي Photosynthesis هو العملية التي تستخدم فيها الكائنات ذاتية التغذية (التي تحتوي على الكلوروفيل) طاقة ضوء الشمس لبناء الكربوهيدرات (السكّريات) من المواد غير العضوية البسيطة، مثل ثاني أكسيد الكربون والماء. وغاز الأكسجين في الهواء ما هو إلّا نتاج عملية البناء الضوئي الذي تراكم على مرّ العصور الماضية. فعملية البناء الضوئي تُعتبَر القاعدة الأساسية للحياة حيث يتمّ بواسطتها إنتاج الغذاء وتحرير الأكسجين اللازم لتنفّس جميع الكائنات الحيّة (شكل 20). فلولاها لما استمرّت الحياة على سطح كوكب الأرض.

تحدث عملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء والطحالب وحيدة الخليّة وبعض الأنواع من الطلائعيات كالبكتيريا الزرقاء Cyanobacteria، والتي تُعتبَر جميعها كائنات ذاتية التغذية. تحدث عملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء في **البلاستيدات الخضراء فهي عضيّات خلوية توجد بكمّيات كبيرة في خلايا الأوراق النباتية** (شكل 20).



(شكل 20)
البناء الضوئي عبارة عن سلسلة من التفاعلات التي تستخدم الطاقة من الشمس لتحويل الماء وثاني أكسيد الكربون إلى السكّريات والأكسجين. تحدث عملية البناء الضوئي داخل العضيّات المعروفة بالبلاستيدات الخضراء.

فقرة إثرائية

علم الأحياء والبيئة

بكتيريا ذاتية التغذية عن طريق البناء الكيميائي

بعض أنواع البكتيريا تحصل على غذائها عن طريق استخدام الطاقة الكيميائية الناتجة عن أكسدة مركّبات غير عضوية مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وتحليلها، وذلك لاختزال ثاني أكسيد الكربون وتثبيته في مركّبات كربوهيدراتية. لكن هنا تقوم البكتيريا بإنتاج نواتج غير الأكسجين. فمثلًا، خلال عملية البناء الكيميائي لكبريتيد الهيدروجين، يُنتَج الكبريت (S) بدلًا من الأكسجين (O_2).

البناء الضوئي

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{الشمس}]{\text{طاقة ضوء}} \text{سكّريات} + O_2$$

البناء الكيميائي

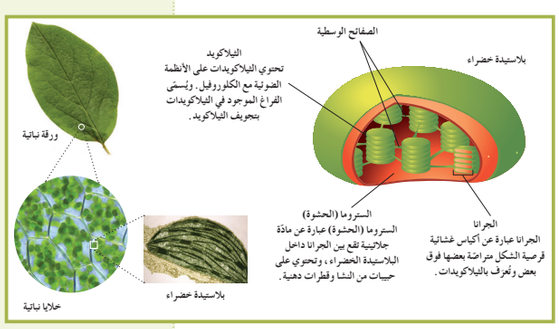
$$CO_2 + O_2 + H_2S \longrightarrow \text{سكّريات} + S + H_2O$$

تمّ اكتشاف هذا النوع من البكتيريا في العام 1977 في قاع المحيطات، بالقرب من فوّهات البراكين التي تخرج منها كمّيات كبيرة من غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S). هناك تعيش أنواع من بكتيريا الكبريت، وتقوم بتحويل هذا الغاز إلى طاقة لصنع منتجات عضوية تتغذّى عليها ديدان كبيرة الحجم وغريبة الشكل، بالإضافة إلى أنواع أخرى من الحيوانات.

2. البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

توجَد في الخلايا النباتية عضيّات تتخصّص في القيام بعملية البناء الضوئي وتُعرف بالبلاستيدات الخضراء. يُوضّح الشكل (21) كيف **تتركّب البلاستيدات الخضراء من غشاء مزدوج يُحيط بمادّة جيلاتينية عديمة اللون تُعرف بالستروما (الحشوة) Stroma.** تحتوي الستروما على تراكيب تُعرف **بالجرانا Grana، وهي عبارة عن تراكيب قرصية الشكل متراصّة بعضها فوق بعض** (كلّ مجموعة هي جرانم Granum).

ويُعرَف القرص الواحد منها باسم الثيلاكويد Thylakoid التي يصل عددها إلى 15 قرصًا أو أكثر في الجرانا الواحدة. والقرص المعروف بالثيلاكويد مجوَّف من الداخل، ويحتوي تجويفه على صبغة الكلوروفيل وجميع الأصباغ الأخرى اللازمة لعملية البناء الضوئي. وتمتدّ حافّات الثيلاكويد خارج حدود الجرانا لتُشكّل الصفائح الوسطية Middle Lamellae، لتلتقي بحافّات ثيلاكويد أخرى في جرانا مجاورة (شكل 21). بذلك، تزداد مساحة سطح الأقراص المُعرّضة للضوء.



(شكل 21)
تراكيب البناء الضوئي

دع الطلّاب يفحصون الشكل (22). فسّر أنّ الطول الموجي في الطيف المرئي يدلّ على كمّية الطاقة في كلّ لون من الضوء. فكلّما كان الطول الموجي أقصر، كانت كمّية الطاقة أكبر. والطول الموجي للّون الأحمر هو الأطول، أمّا الطول الموجي للّون البنفسجي فهو الأقصر. اسأل:

- أين يقع الضوء الأخضر في الطيف المرئي؟ **(في الوسط، بين الضوءين الأزرق والأصفر.)**
- ما ألوان الضوء الممتصّة أثناء عملية البناء الضوئي؟ **(الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأزرق والنيلي)**

ما لون الضوء الذي لا يتمّ امتصاصها؟ **(الضوء الأخضر)**

3.2 آلية البناء الضوئي

كوّن علاقات

الصلة بعلم الكيمياء

ذكّر الطلّاب أنّ الأيون عبارة عن ذرّة (أو مجموعة ذرّية) تحمل شحنة موجبة أو سالبة لأنّها فقدت أو اكتسبت إلكترونًا أو أكثر. اسأل:

- إذا كان الأيون يحتوي على بروتونات أكثر من إلكترونات، هل تكون شحنته موجبة أم سالبة؟ **(موجبة)**

اشر إلى أنّ الـ $NADP^+$ أيون موجب وهذا يفسّر لماذا يمكنه اكتساب إلكترون سالب. بعد ذلك، اسأل:

- ممّ تتكوّن ذرّة الهيدروجين؟ **(بروتون واحد وإلكترون واحد)**

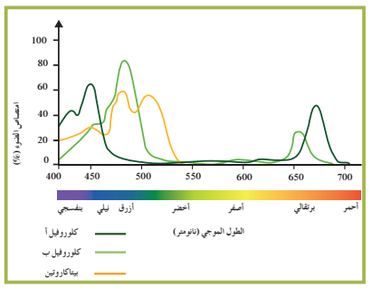
إذا فقدت ذرّة الهيدروجين إلكترونها، فما نتيجة ذلك؟ **(تصبح أيون هيدروجين أو H^+.)**

دع الطلّاب يدرسون عملية البناء الضوئي الموضّحة في الشكل (23) ثم اسأل:

- ما الموادّ التي تأتي إلى البلاستيدات الخضراء والتي تُستخدَم في التفاعلات المعتمدة على الضوء؟ **(الضوء والماء)**
- ما المادّة التي تأتي إلى البلاستيدات الخضراء والتي تُستخدَم في دورة كالفن؟ **(CO_2)**
- ما المادّة التي تنطلق إلى خارج البلاستيدات الخضراء والتي تنتج عن التفاعلات المعتمدة على الضوء؟ **(O_2)**
- ما الموادّ التي تخرج من البلاستيدات الخضراء وتنتج عن دورة كالفن؟ **(السكّريات)**
- ما الموادّ التي تنتقل من التفاعلات المعتمدة على الضوء إلى دورة كالفن؟ **(NADPH ،ATP)**
- ما الموادّ التي تعود من دورة كالفن إلى التفاعلات المعتمدة على الضوء؟ **(P ،ADP ،$NADP^+$)**

إجابة سؤال الشكل 23 ص 32 في كتاب الطالب: (ينطلق غاز الأكسجين خلال التفاعلات المعتمدة على الضوء وتنتج السكّريات خلال دورة كالفن.)

تحتوي البلاستيدة الخضراء على عدّة أصباغ أساسية في عملية البناء الضوئي. أهمّها صبغ الكلوروفيل. **يُعتبر الكلوروفيل Chlorophyll الصبغة الأساسية لعملية البناء الضوئي في جميع النباتات.** هناك نوعان من صبغ الكلوروفيل: كلوروفيل «أ» Chlorophyll a وكلوروفيل «ب» Chlorophyll b اللذان يمتصّان الأطوال الموجية البنفسجية والزرقاء والحمراء من الطيف المرئي لضوء الشمس (شكل 22) التي تمدّ عملية البناء الضوئي بالطاقة اللازمة لها. ولا تمتصّ أصباغ الكلوروفيل الضوء الأخضر بل تعكسه، لذلك تبدو معظم النباتات خضراء اللون.



(شكل 22)
يوضّح هذا الشكل الأطوال الموجية للضوء التي تُمتص بواسطة الكلوروفيل ونوعين من الأصباغ المساعدة. ما اللون الذي لم يُمتص؟

3. آلية البناء الضوئي

Mechanism of Photosynthesis

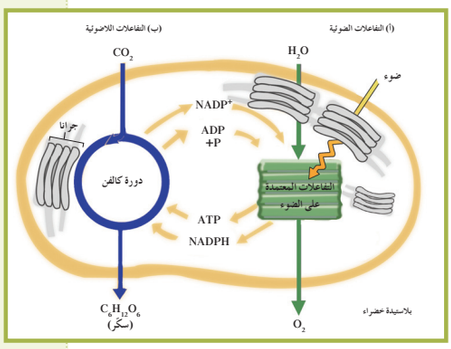
تستخدم النباتات ذاتية التغذية الطاقة الضوئية للشمس أثناء عملية البناء الضوئي لصنع جزيئات من الموادّ الكربوهيدراتية من الماء وثاني أكسيد الكربون، ويُنتَج غاز الأكسجين كمنتَج ثانوي لهذه العملية. ويُمكن تلخيص عملية البناء الضوئي في المعادلة الكيميائية التالية:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

في هذه المعادلة، يُنتَج سكّر الجلوكوز سداسي الكربون $C_6H_{12}O_6$. ويُمكن للطاقة المختزَنة في الروابط التساهمية للجلوكوز والكربوهيدرات الأخرى أن تُستخدَم لاحقًا لإنتاج جزيئات من مركّب الأدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP) الذي يُعتبَر عُملة الطاقة للخليّة الحيّة.

لا تتمّ عملية البناء الضوئي كلّها دفعة واحدة، بل تحدث على مرحلتين كما هو موضّح في الشكل (23). وتُعرَف المرحلة الأولى بالتفاعلات المعتمِدة على الضوء (التفاعلات الضوئية) والثانية بالتفاعلات غير المعتمِدة على الضوء (التفاعلات اللاضوئية) أو دورة كالفن. وتحدث كلّ مرحلة منهما في موقع مختلِف داخل البلاستيدة الخضراء. تبدأ التفاعلات الضوئية بامتصاص الكلوروفيل للضوء في الجرانا، وخلالها تنشطر جزيئات الماء إلى أيونات هيدروجين (H^+)، والكترونات وغاز الأكسجين (O_2). ويتكوّن خلال هذه المرحلة مركّبان كيميائيان هما: ATP وNADPH.

تلي المرحلة الأولى التفاعلات غير المعتمِدة على الضوء (دورة كالفن) التي يُستخدَم فيها مركّبا ATP وNADPH الناتجان عن التفاعلات المعتمِدة على الضوء. وخلال تفاعلات هذه المرحلة، يتمّ اختزال غاز CO_2 بواسطة الهيدروجين ليتكوّن السكّر.



(شكل 23)
تتمّ عملية البناء الضوئي في مرحلتين: التفاعلات المعتمِدة على الضوء ودورة كالفن. في أيّ مرحلة ينطلق غاز الأكسجين؟ وفي أيّ مرحلة تُنتج السكّريات؟

(أ) التفاعلات المعتمدة على الضوء (التفاعلات الضوئية)

كوّن علاقات

الصلة بعلم الفيزياء

اسأل الطلّاب: هل يشعّ الضوء في موجات أم في جسيمات؟ **(قد يجيب بعض الطلّاب في موجات، وقد يجيب الآخرون في جسيمات.)**

فسّر أنّ للضوء كلًّا من خواصّ الموجات وخواصّ التيار المنساب من الجسيمات، وأنّ جسيم الضوء يُسمّى الفوتون، وأن لبعض الفوتونات طاقة أعلى من الفوتونات الأخرى. وضّح أنّ مقدار الطاقة في الفوتون يعتمد على الطول الموجي، فكلّما كان الطول الموجي أقصر كانت طاقة الفوتون أكبر. فسّر أنّه عندما يصطدم فوتون ذو طاقة معينة (طول موجي معين) بجزيء من الكلوروفيل، تنتقل طاقة الفوتون إلى إلكترون في هذا الجزيء من الكلوروفيل.

دع الطلّاب يدرسون الشكل (24) ويقرأون التعليق المصاحب للشكل، ثم وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- أين تحدث هذه التفاعلات المعتمدة على الضوء؟ **(خلال غشاء الثيلاكويد في البلاستيدات الخضراء)**
- أين ينشطر الماء؟ **(ينشطر الماء على السطح الداخلي لغشاء الثيلاكويد.)**

اشر إلى أنّ التفاعلات تتّجه من النظام الضوئي (2) خلال سلسلة نقل الإلكترون إلى النظام الضوئي (1)، أي من اليمين إلى اليسار على الشكل. وجّه الأسئلة التالية:

- في أيّ موضعين يمتصّ الكلوروفيل طاقة ضوء الشمس؟ **(في النظام الضوئي (1) و (2))**
- أين وكيف يُنتَج الـ ATP خلال هذه العملية؟ **(يُنتَج الـ ATP عندما تمرّ أيونات الـ H^+ (البروتونات) خلال أنزيم تصنيع الـ ATP، في غشاء الثيلاكويد، حيث يربط جزيء ADP بمجموعة فوسفات مستخدمًا الطاقة الناتجة من تدفّق أيونات الـ H^+.)**
- كيف يُنتَج الـ NADPH خلال هذه العملية؟ **(يُنتَج الـ NADPH عندما يلتقط الـ $NADP^+$ إلكترونات عالية الطاقة من النظام الضوئي (1) عند السطح الخارجي لغشاء الثيلاكويد.)**

اشر إلى أنّ منحدر التركيز (أو ممال التركيز أو تدرّج التركيز) يشير إلى دور قاعدة الانتشار حيث تنتشر المادّة من منطقة عالية التركيز إلى منطقة منخفضة التركيز. فسّر أنّ أيّ مادّة ستنتشر بحسب تدرّج تركيزها. الانتشار عبارة عن عملية ذاتية أو تلقائية، أي تحدث من تلقاء نفسها.

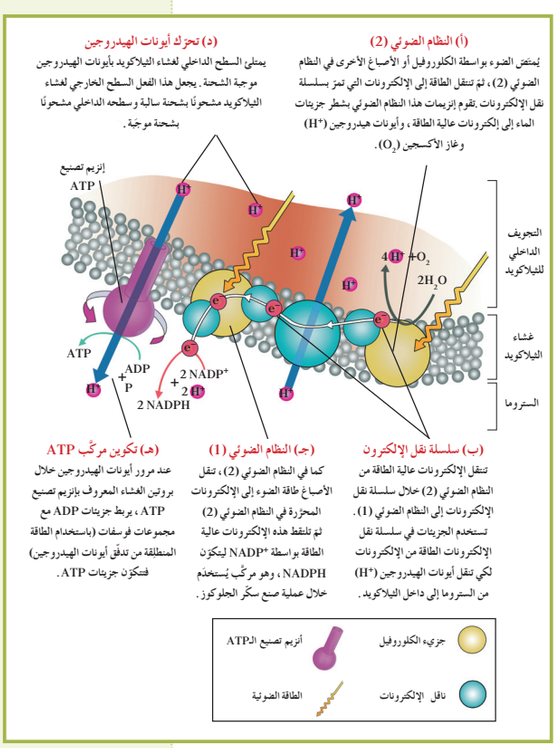
إجابة السؤال صفحة 33 في كتاب الطالب: (لا يمكن لأيونات الهيدروجين الانتشار عبر غشاء الثيلاكويد بحسب منحدر التركيز. بالمقابل تمرّ هذه الأيونات خلال ناقل بروتيني يُسمّى أنزيم تصنيع ATP. تنتج عن هذا التدفّق طاقة تُستخدَم لربط جزيئات الـ ADP مع جزيئات فوسفات لتنتج الـ ATP.)

1.3 التفاعلات المعتمِدة على الضوء (التفاعلات الضوئية)
Light–Dependent Reactions

التفاعلات المعتمدة على الضوء Light–Dependent Reactions هي المرحلة الأولى من عملية البناء الضوئي، وكما يدلّ اسمها، هي تعتمد في حدوثها على ضوء الشمس. وتحدث هذه التفاعلات في مناطق متنوّعة من غشاء الثيلاكويد تُعرَف بالنظام الضوئي Photosystem I (1) والنظام الضوئي Photosystem II (2)، وهما وحدات جامعة للضوء في البلاستيدات الخضراء.

تبدأ عملية البناء الضوئي عندما يُمتَصّ الضوء بواسطة الكلوروفيل والأصباغ الأخرى في النظام الضوئي (2) الذي يستخدم بعضًا من طاقة هذا الضوء لشطر جزيئات الماء، بواسطة بعض الإنزيمات، إلى أيونات هيدروجين (H^+) وغاز أكسجين (O_2) وإلكترونات عالية الطاقة (e^-). ينتشر معظم غاز الأكسجين الناتج إلى خارج الأوراق النباتية ليُصبِح جزءًا من الهواء الذي نتنفّسه.

وبتتبّع مسار الإلكترونات في الشكل (24)، نجد أنّ إلكترونات الكلوروفيل في النظام الضوئي (2) تُكتسب بعضًا من طاقة ضوء الشمس وتُصبِح إلكترونات عالية الطاقة تتحرّك من النظام الضوئي (2) إلى النظام الضوئي (1)، عبر مجموعة من المركّبات الوسطية الموجودة في غشاء الثيلاكويد، والتي تُعرَف بسلسلة نقل الإلكترونات Electrons Transport Chain. تُزوِّد هذه الإلكترونات سلسة نقل للإلكترونيات بالطاقة اللازمة للنقل النشط لأيونات الهيدروجين من الستروما إلى داخل تجويف الثيلاكويد. ما الدور الذي يُؤدّيه تدرّج تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) الناتج في عملية إنتاج مركّب ATP؟



(شكل 24)
تستخدم التفاعلات الضوئية طاقة ضوء الشمس لتنتج ATP و NADPH وغاز الأكسجين. تحدث هذه التفاعلات في أغشية الثيلاكويد في البلاستيدة الخضراء.

نشاط سريع

لكي تدعم مفهوم أنّ التفاعلات المعتمدة على الضوء تُنتج غاز الأكسجين كمنتج لها، اقطع ورقة خضراء من نبات حي واغمرها في حوض ممتلئ بالماء. دع الطلّاب يلاحظون الورقة. انتظر لمدّة 30 دقيقة، ثمّ دع الطلّاب يلاحظون الورقة مرّة ثانية. يجب أن يرى الطلّاب الفقاعات المتكوّنة على السطح السفلي للورقة. فسّر أنّ عملية البناء الضوئي قد استمرّت بعد قطع الورقة. اسأل: ما الغاز الذي تنتجه النباتات أثناء عملية البناء الضوئي؟ **(غاز الأكسجين)** في أيّ شكل بالأصل يدخل الأكسجين إلى خلايا النبات؟ **(يدخل الأكسجين خلايا النبات كجزء من جزيئات الماء.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "متى يصنع النشا؟" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 23 و24 و25.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على تفسير تأثير إشعاعات الضوء المختلفة على عملية البناء الضوئي.

صوِّب المفاهيم الخاطئة

قد لا يفهم الطلّاب تمامًا فكرة أنّ التفاعلات المعتمدة على الضوء، ودورة كالفن تحدثان الواحدة تلو الأخرى أثناء عملية البناء الضوئي. فسّر أنّ هدف عملية البناء الضوئي هو إنتاج الجلوكوز. فالتفاعلات المعتمدة على الضوء تنتج الـ NADPH والـ ATP، وهما لازمان في دورة كالفن لإنتاج جزيء الجلوكوز. وضّح أيضًا أنّ مركّبي الـ $NADP^+$ والـ ADP المنتجين عن طريق دورة كالفن يُستخدمان أثناء التفاعلات المعتمدة على الضوء لإنتاج المزيد من الـ NADPH والـ ATP. ذكّر الطلّاب أنّ الـ ADP يصبح ATP عندما يُضاف إليه جزيء فوسفات.

(ب) التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (التفاعلات اللاضوئية)

(دورة كالفن)

توظيف الاشكال

دع الطلّاب يفحصون الشكل (25) ويقرأون التعليق المصاحب له، ثم وجّه السؤالين التاليين:

- أين تحدث دورة كالفن؟ **(تحدث دورة كالفن في ستروما البلاستيدات الخضراء، خارج الجرانا.)**
- ما الذي يدخل دورة كالفن من الهواء الجوي؟ **(ستّة جزيئات من CO_2.)**

2.3 التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (دورة كالڤن) (التفاعلات اللاضوئيّة)

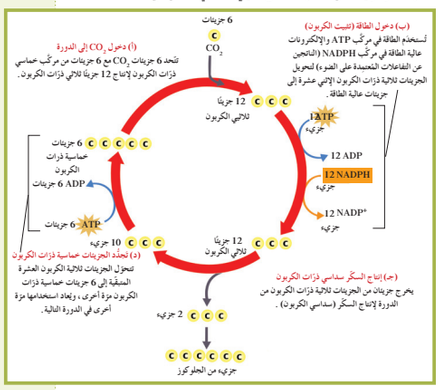
Light–Independent Reactions (Calvin Cycle)

التفاعلات غير المعتمدة على الضوء (دورة كالفن)

Light–Independent Reactions (Calvin Cycle)

هي المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي وتحدث في ستروما (حشوة) البلاستيدات الخضراء خارج الجرانا. تعتمد هذه التفاعلات على نواتج مجموعة التفاعلات المعتمِدة على الضوء (NADPH وATP) وعلى توفّر غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 (شكل 25). وعلى عكس التفاعلات المعتمِدة على الضوء، لا تعتمد هذه التفاعلات على وجود الضوء كي تحدث، وهذا هو سبب إعطائها هذا الاسم. وسُمّيت دورة كالفن نسبة للعالم ميلفن كالڤن الذي اكتشفها.

ويُمكنك تتبّع هذه السلسلة من التفاعلات غير المعتمِدة على الضوء أو دورة كالفن في الشكل (25)، حيث يُستخدم مركّب NADPH كمصدر للهيدروجين اللازم لتثبيت غاز CO_2 في صورة مادّة كربوهيدراتية. ويتمّ ذلك باستخدام الطاقة المُختزَنة في جزيئات ATP، حيث يتكوّن جزيء واحد من سكّر الجلوكوز مقابل 6 جزيئات من غاز CO_2 التي تدخل إلى هذه التفاعلات.



(شكل 25)
تستخدم دورة كالڤن كلًّا من ATP وNADPH لإنتاج السكّريات عالية الطاقة. وتحدث هذه الدورة في ستروما (حشوة) البلاستيدات الخضراء ولا يتطلّب حدوثها وجود الضوء.

اطلب إلى أحد الطلّاب أن يحدّد في الشكل الموضع الذي تدخل فيه تلك الجزيئات الستة من CO_2 إلى دورة كالفن، ثم اطلب إلى طالب آخر أن يشير إلى الموضع في دورة كالفن حيث يستخدم فيه المركّبان ATP وNADPH، واسأل:

- من أين ينتج المركّبان ATP وNADPH؟ **(ينتج كلّ من الـ ATP والـ NADPH عن التفاعلات المعتمدة على الضوء.)** أكّد على أنّ دورة كالفن تستخدم طاقة هذين المركّبين عاليي الطاقة، والناتجين عن التفاعلات المعتمدة على الضوء لتحافظ على استمرارية الدورة. اسأل:
- ما الناتج عن هذه الدورة؟ **(جزيئان ثلاثيّا ذرّات الكربون)**

دع أحد الطلّاب يحدّد أين ينتج هذان الجزيئان ثلاثيّا ذرّات الكربون في الدورة. اسأل:

- ما الذي يحدث بعد ذلك للجزيئين ثلاثيي الكربون؟ **(يتّحدان ليكوّنا جزيئًا واحدًا سداسي ذرّات الكربون.)**
- كيف تكتمل الدورة؟ **(تكتمل الدورة عندما تتحوّل الجزيئات ثلاثية الكربون المتبقّية إلى جزيئات خماسية الكربون، والتي لا تلبث أن تتّحد مع جزيئات جديدة من (CO_2) لتبدأ الدورة مرّة ثانية.)**

اشر إلى أنّ كلّ لفّة من دورة كالفن تستخدم جزيئًا واحدًا فقط من الكربون، لذا لا بدَّ أن تحدث الدورة ستّ مرات لتصنع جزيئًا واحدًا من الجلوكوز.

4.2 مصير السكّريات الناتجة عن البناء الضوئي

- ما هو مصير السكّريات الناتجة عن البناء الضوئي داخل النباتات المنتجة؟ **(يتحوّل معظم الجلوكوز المُنتَج إلى سكّر ثنائي (السكّروز) وينضمّ إلى النسغ في اللحاء. تستخدم النبتة السكّر المنتج كمصدر للطاقة من أجل النموّ والقيام بعمليات أيضية تضمن لها البقاء حية. يُستخدَم السكّر لتكوين جزيئات عضوية أخرى مثل الدهون والبروتينات. أمّا الفائض من هذا السكّر فيخزّن على شكل سكّريات معقّدة (نشا) في أجزاء مختلفة من النبتة.)**
- كيف تستفيد الكائنات غير ذاتية التغذية من هذا المنتج؟ **(عندما تتغذّى هذه الكائنات على الكائنات ذاتية التغذية، فإنّها تحصل على النشا وجزيئات عضوية أخرى (دهون وبروتينات). ثم تقوم بتكسير النشا إلى سكّر الجلوكوز لتستخدمه في العمليات الأيضية لإنتاج الطاقة ATP التي تستخدمها خلال العمليات الأيضية الأخرى من أجل النموّ والبقاء على قيد الحياة.)**
- أيّ من السكّريات يُعتبَر مصدر طاقة للإنسان؟ السيليلوز أم النشا؟ لماذا؟ **(النشا، لأنّه يهضم في جسمنا ليعطي السكّروز الذي تستخدمه الخلايا لإنتاج الطاقة ATP. أمّا السيليلوز، فإنّه لا يهضم في جسمنا لغياب الأنزيم الهضمي المخصّص له.)**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

"أصل الغذاء الصحي"

وضّح للطلّاب أنّنا نتناول الحبوب ليس فقط لأنّ بعضها غني بالنشا، إنّما لأنّها تحتوي على نسبة من الألياف وبعضها مصدر غني بالبروتينات. شدّد على أهمّية تناول الحبوب الكاملة التي لا تزال تحتفظ بالقشرة لاحتواء هذه الأخيرة على فيتامينات وألياف.

4. **مصير السكّريات الناجمة عن البناء الضوئي**

The Fate of Sugars Resulting from Photosynthesis

ما الذي يحدث لجميع جزيئات السكّر المتكوّنة أثناء عملية البناء الضوئي؟ تحتاج الكائنات ذاتية التغذية، والكائنات غير ذاتية التغذية إلى الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية مثل النموّ والتكاثر. فالكائنات ذاتية التغذية وغير ذاتية التغذية تُحوّل طاقة الجلوكوز إلى طاقة تختزن في ATP، وتستخدم هذه الطاقة لأداء جميع الوظائف الحيوية.

وبإنتاج جزيئات السكّر، تكون الكائنات ذاتية التغذية أوّل من يستهلكها. فالكبيرة منها مثل النباتات بحاجة إلى توفير الطاقة لجميع خلاياها، لذلك فإنّ للنباتات الكبيرة أجهزة لنقل السوائل التي تنقل السكّريات على شكل سكّروز وجزيئات عالية الطاقة من الأوراق إلى الخلايا الأخرى في النباتات.

تستخدم النباتات بعضًا من الجلوكوز للنموّ. فعلى سبيل المثال، تُكوّن النباتات جزيئات تركيبية مثل السيليلوز عن طريق ربط العديد من جزيئات الجلوكوز في سلاسل طويلة.

ويُعَدّ السيلّيلوز أكثر الموادّ وفرة تُنتجها النباتات الحيّة، وهو يُكسِب التراكيب النباتية القوّة والصلابة. والقليل من الكائنات الحيّة فقط يُمكنها استخدام السيلّيلوز كمصدر للطاقة. والبكتيريا التي تعيش في القنوات الهضمية للأبقار تُعتبَر مثالًا للكائنات التي تستطيع استخدام هذه المادّة.

تختزن معظم النباتات الجلوكوز عالي الطاقة في صورة نشويات لا تُستخدَم مباشرةً لإنتاج الطاقة أو التراكيب المختلفة. ومثل السيلّيلوز، تتكوّن النشويّات من سلاسل من جزيئات الجلوكوز، ولكنّها ترتبط بعضها ببعض بطريقة مختلفة عن ارتباطها في جزيئات السيلّيلوز. توجد النشويات في الأغذية النباتية مثل الذرة والبطاطا والقمح.

الكائنات غير ذاتية التغذية تستهلك النباتات والكائنات ذاتية التغذية الأخرى لكي تحصل على النشويات. ثمّ تهضم النشويات إلى جلوكوز، وتستخدم الطاقة المختزَنة فيه من أجل احتياجاتها من الطاقة ولتكوين التراكيب المختلفة في أجسامها. وأيّ جزيئات جلوكوز عالية الطاقة لا تُستخدَم يُمكن أن تُختزَن مرّة ثانية كجليكوجين بواسطة الكائنات غير ذاتية التغذية.

5. **العوامل المؤثّرة في عملية البناء الضوئي**

Factors Affecting Photosynthesis

تستلزم عملية البناء الضوئي عدّة عوامل أساسية: الطاقة من الشمس، الماء، ثاني أكسيد الكربون ووجود الكلوروفيل.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

أصل الغذاء الصحّي

تُعَدّ الكربوهيدرات معقّدة التركيب الموجودة في الحبوب مصدر طاقة مهمًّا للإنسان. فالأرزّ والخبز والمعكرونة تُعتبَر أمثلة على الأغذية الغنية بالكربوهيدرات معقّدة التركيب.

5.2 العوامل المؤثّرة في عملية البناء الضوئي

دوّن التفاعل الكيميائي لعملية البناء الضوئي على السبورة:

ماء + ثاني أكسيد الكربون + ضوء الشمس ⟵ أكسجين + سكّريات بسيطة

تناقش مع الطلّاب حول كيفية تأدية التراكيب المختلفة للورقة النباتية الخضراء دورًا في عملية البناء الضوئي.

(أ) الضوء

تناقش مع الطلّاب حول النباتات الموضّحة في الشكل (26). اطلب إلى الطلّاب أن يقترحوا نباتات أخرى بحاجة إلى كمّيات متنوّعة أو مختلفة من ضوء الشمس. شجّع الطلّاب على أن يستنتجوا ذلك من خلال ملاحظاتهم الشخصية للنباتات المنزلية، ونباتات الحدائق أو المناطق البرية. اسأل:

- باعتقادك، أيّ نبتة من هذه النباتات بحاجة إلى ضوء الشمس المباشر؟ **(ستعتمد الإجابات على ملاحظات الطلّاب.)**
- باعتقادك، أيّ نبتة من النباتات بحاجة إلى أقل كمّية من ضوء الشمس؟ **(ستعتمد الإجابات على ملاحظات الطلّاب.)**

وضّح للطلّاب أنّ معدّل البناء الضوئي ينخفض كثيرًا في درجات الحرارة المنخفضة جدًّا أو العالية جدًّا. ومن جهة أخرى، لا تعتبر دائمًا شدّة الضوء عاملًا محدّدًا في البناء الضوئي. في معظم النباتات، يحدث المقدار الأقصى من البناء الضوئي في 20 إلى 25% من كامل ضوء الشمس.

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 26 ص 37 في كتاب الطالب: (يحتاجان إلى ضوء، لكنّ النباتات النامية تحت الشجر يصلها ضوء أقلّ وقد تكيّفت لاستغلال كمّيات الضوء القليلة التي تصلها. لذلك، لا نراها تنمو كثيرًا بالطول.)

إجابة السؤال صفحة 37 في كتاب الطالب: (لن تزهر النبتة، وستتكاثر قليلًا أو لن تتكاثر إطلاقًا وقد تموت.)

صوّب المفاهيم الخاطئة

قد يعتقد الطلّاب أنّ البناء الضوئي يحدث في الخلايا النباتية فقط، وأنّ التنفّس يحدث في الخلايا الحيوانية فقط. اكّد على أنّ كلًّا من الخلايا الحيوانية والخلايا النباتية تستخدم عملية التنفّس لتحرير الطاقة.

1.5 الضوء Light

تحدث عملية البناء الضوئي في مرحلتين. فتبدأ بمرحلة امتصاص الضوء التي تحدث فقط عندما تتعرّض النبتة لضوء الشمس أو الضوء الصناعي. ويعمل الكلوروفيل والأصباغ الأخرى (كفرون استشعار ضوئية) تمتصّ طاقة الضوء وتُحوّلها إلى طاقة كيميائية، وينتج غاز O_2 خلال هذه المرحلة. أمّا المرحلة الثانية التي تُسمّى دورة كالفن فلا تستلزم وجود الضوء لكي تتمّ. فهي تستخدم الطاقة المُختزنة وبعض الموادّ المتكوّنة خلال التفاعلات المعتمدة على الضوء لتحويل CO_2 إلى سكّر بسيط مثل الجلوكوز.

بالإضافة إلى القيام بعملية البناء الضوئي، فإنّ النباتات تتنفّس. والتنفّس الخلوي عبارة عن تكسير الجزيئات مثل الجلوكوز إلى جزيئات أبسط مثل CO_2 والماء، بالإضافة إلى انطلاق الطاقة التي تستخدمها النباتات لكي تنمو وتتكاثر وتُنتج المركّبات الضرورية. وتُعتبر نواتج التنفّس الخلوي في النباتات هي نفسها النواتج عند الحيوانات، وهي ثاني أكسيد الكربون والماء.

تقوم النباتات بعملية البناء الضوئي والتنفّس الخلوي في الوقت نفسه. فهي تصنع الجلوكوز عن طريق عملية البناء الضوئي، وتستخدمه في الوقت نفسه، خلال التنفّس الخلوي للحصول على الطاقة. تعتمد الكمّية الصافية من السكّر المتكوّنة بواسطة النباتات على عدّة عوامل تتضمّن معدّل التنفّس الخلوي في النباتات وكمّية الضوء المتاحة.

نقطة التعويض Compensation Point عبارة عن كمّية الطاقة الضوئية المقتنصة أثناء عملية البناء الضوئي اللازمة لبقاء النبات على قيد الحياة، أيّ أنّها كمّية الطاقة الضوئية التي تحتاج إليها النباتات لتوازن متطلّباتها من الطاقة. فإذا كانت كمّية السكّر التي تُنتجها عمليّة البناء الضوئي متوازنة تمامًا مع كمّية السكّر التي تستخدمها النباتات لكي تبقى حيّة، فلن تكون هناك طاقة مُكتسبة أو مفقودة. أمّا إذا كان السكّر الذي تُنتجه النباتات أكثر من الذي تستخدمه، فتكون قد اكتسبت طاقة. ويُمكن للنباتات أن تُخزّن الطاقة الزائدة عن حاجتها أو تستخدمها للنموّ. أمّا إذا استخدمت النباتات كمّية من السكّر أكثر من تلك التي تُنتجها، فتكون قد فقدت طاقة. ماذا يمكن أن يحدث إذا استقبلت النباتات كمّية من ضوء الشمس أقلّ من نقطة التعويض الخاصّة بها لفترة زمنية طويلة؟

تختلف كمّية ضوء الشمس التي تحتاج إليها نباتات معيّنة لتصل إلى نقطة التعويض. فبعضها مثل قصب السكّر والحشائش المدارية الأخرى يحتاج كمّيات كبيرة من ضوء الشمس لينمو بصورة أفضل (شكل 26 – ب). أمّا نباتات أخرى مثل اللبلاب والعنب، فتحتاج إلى كمّية معتدلة فقط من ضوء الشمس، كما يُمكنها أن تنمو في الظلّ. وتُلقّب بعض نباتات الحدائق بنباتات الظلّ.

(شكل 26 – أ)

(شكل 26 – ب)

(شكل 26)
قصب السكّر عشب مداري يحتاج إلى الكثير من ضوء الشمس. ما وجه الشبه بين الاحتياجات الضوئية للنباتات التي تنمو تحت الأشجار الشاهقة (أ) والاحتياجات الضوئية لقصب السكّر (ب)؟

(ب) الماء

قبل استعراض تجربة العالم فان هلمونت في النصّ، وجِّه السؤال التالي:

* كيف يحصل النبات على الطاقة اللازمة للنموّ؟ **(تُستخدَم نواتج عملية البناء الضوئي في عملية التنفّس، وتُستخدَم الطاقة المتحرّرة أو المنطلقة أثناء التنفّس للنموّ.)**

اخبر الطلّاب أنّ تجربة فان هلمونت قد تبدو بسيطة وواضحة في أيّامنا الحاضرة. وساعدهم على تقدير أهمّيتها بالحكم عليها في ظلّ عدّة اعتبارات. فسّر أنّه في العام 1630 م، لم يكن قد تمّ التعرّف على ثاني أكسيد الكربون، ولم يتمّ اكتشافه حتّى القرن التالي في العام 1756 م. ولم يتمّ التعرّف على التفاعلات المعتمدة على الضوء والتفاعلات غير المعتمدة على الضوء (تفاعلات الظلام) حتّى اكتشاف دورة كالفن في العام 1950م.

توظيف الأشكال

وجِّه الطلّاب إلى دراسة الشكل (27) وتناقش معهم حول تجربة فان هلمونت ونتائجها. اسأل:

* في اعتقادك، ما الذي كان فان هلمونت يحاول معرفته؟ **(الأدوار التي كانت تقوم بها التربة والماء في نموّ النباتات.)**
* ماذا وضّحت تجربة فان هلمونت؟ **(أنّ التربة أسهمت بدرجة ضئيلة للغاية في زيادة كتلة الشجرة.)**
* لماذا لم يعتبر فان هلمونت الهواء كأحد عوامل زيادة الكتلة للنبات النامي؟ **(قد يقترح الطلّاب أنّ فان هلمونت قد ركّز على الماء والتربة، ولم يأخذ في الاعتبار أنّ الهواء له كتلة قد تساهم في تغيير كتلة الشجرة.)**

نشاط توضيحي

ازرع مجموعة من النباتات في التربة، ومجموعة أخرى بدون تربة (ماء غني بالعناصر الغذائية النباتية). اضبط كمّية العناصر الغذائية والماء المعطاة لكلّ نبتة. احط جميع النباتات بكيس من البلاستيك. دع الطلّاب يقارنون نموّ النبتة على مدار فترة زمنية في بيئة مغلقة. واطلب أن يجهّزوا سجلًّا وتقريرًا شفهيًّا مختصرًا لوصف نتائج التجربة.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

تزايد غاز ثاني أكسيد الكربون

يراجع العلماء كمّية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوّي ويسجّلونها بشكل متواصل. وقد قامت دول كثيرة لفترات طويلة بضبط الصناعات الّتي تولّد كمّيات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون.

ينمو العديد من نباتات الظلّ في الغابات أسفل الأشجار الكبيرة، جنبًا إلى جنب مع الأشجار الصغيرة (شكل 26 – أ). وتنمو نباتات الظلّ والأشجار الصغيرة ببطء نسبيًّا عندما يكون الضوء نادرًا. من ناحية أخرى، عندما تسقط الأشجار المسنّة أو يتمّ قطعها، يصل الضوء الوافر لأرضية الغابة، فتنمو نباتات الظلّ الصغيرة بسرعة أكبر لتصل إلى أقصى طولها وسمكها. وقد تبدأ الأشجار الصغيرة أيضًا بالنموّ لتصل إلى حجمها الكامل المحتمل.

2.5 الماء Water

الماء هو المركّب الأساسي لعملية البناء الضوئي. فتحتاجه النباتات لتُكمل المرحلة الأولى من البناء الضوئي، وهي التفاعلات المعتمدة على الضوء. في العام 1630، أجرى العالم البلجيكي فان هلمونت تجربة ساعدت العلماء على فهم دور الماء في عملية البناء الضوئي. ويُوضّح الشكل (27) كيف زرع فان هلمونت شجرة صفصاف وزنها 2 كيلوجرام في منتصف برميل يحتوي على 90 كيلوجرامًا من التربة. قام فان هلمونت بريّ الشجرة لمدّة خمس سنوات بماء المطر، ثم وزن الشجرة ووزن التربة بعد أن جفّت. فوجد أنّ وزن الشجرة زاد 75 كيلوجرامًا، في حين لم ينقص وزن التربة سوى 55 جرامًا فقط (تذكّر أنّ الألف جرام تُكوّن كيلوجرامًا واحدًا). لذلك يُعَدّ النقص في وزن التربة ضئيلًا للغاية. استنتج فان هلمونت أنّ نموّ الشجرة يرجع غالبًا إلى الماء الذي كان قد أُضيف إلى التربة. ولكنّه لم يكن على درجة كبيرة من الصواب، فقد أهمل الأخذ في اعتباره أنّ مادّة في الهواء هي ثاني أكسيد الكربون قد تكون أثّرت أيضًا على وزن النبتة. ومن ناحية ثانية، لم يُوضّح هلمونت أنّ التربة قد أسهمت بدرجة كبيرة بالمادّة الجديدة المتكوّنة في النبتة النامية. تُوضّح تجربة هلمونت الطريق للوصول أحيانًا إلى المعرفة العلمية. فعندما يستشكف الباحثون حدثًا غير معروف، قد يكتشفون تفسيرًا لإحدى الخطوات وليس جميعها. وفي هذه الأيام، يعرف العلماء أنّ حوالي 90 % من الماء الذي تمتصّه النباتات يُفقَد بالتبخّر، ولا يُستخدَم في عملية البناء الضوئي. وبالتالي، فمعظم الماء الذي امتصّه النبات لا يُضاف إلى كتلة النبتة.

وعلى وجه العموم، يُؤثّر مدى توافر الماء في عملية البناء الضوئي بطريقتين: الأولى تستلزم وجود الماء كمادّة خام للتفاعلات الضوئية، والثانية لا بُدّ فيها من توافر الماء بدرجة كافية لحفظ الخليّتين الحارستين مملوءتين لكي تبقى ثغور الورقة مفتوحة. فعندما تنغلق الثغور، لا يُمكِن لثاني أكسيد الكربون دخول الأوراق، وسرعان ما تخلو النبتة من مركّب أساسي آخر لعملية البناء الضوئي، وهو ثاني أكسيد الكربون.

(شكل 27)
تجربة فان هلمونت
(أ) السنة الأولى: زرع فان هلمونت شجرة صفصاف وزنها 2 كجم (كيلوجرام) في 90 كجم تقريبًا من التربة.
(ب) السنة الخامسة: بعد مرور خمس سنوات، زاد وزن الشجرة 75 كجم ونقص وزن التربة 55 جم.

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

تزايد غاز ثاني أكسيد الكربون

يستخدم الباحثون أنابيب لضخّ المزيد من CO_2 إلى منطقة ما في إحدى الغابات حيث يُمكنهم دراسة تأثيرات CO_2 على النظام البيئي. ويبلغ تركيز CO_2 في هذه الرقعة من الأرض 550 جزءًا في المليون، وهو المستوى الذي سيتم الوصول إليه في الغلاف الجوّي للأرض في هذا القرن.

توجد حاليًا كمّيات هائلة من غاز CO_2 في الهواء لم تكن موجودة بهذه الكمّية في أواخر القرن التاسع عشر. ففي العام 1870، كان تركيز CO_2 في الهواء حوالي 270 جزءًا في المليون، أمّا الآن فقد بلغ تركيزه حوالي 360 جزءًا في المليون. وقد نتجت هذه الكمّيات الإضافية من CO_2 عن حرق الأخشاب والوقود الأحفوري. فنحن نستخدم طاقة هذا الوقود في جميع الأنشطة تقريبًا في أيّامنا الحاضرة.

يحبس غاز CO_2 الحرارة في الغلاف الجوّي بالطريقة نفسها التي تقوم بها الأسطح والجوانب الزجاجية للصوبات الزجاجية تقريبًا، لذلك يُسمّى فعل الاحتباس الحراري لغاز CO_2 في الغلاف الجوّي بظاهرة تأثير الصوبات الزجاجية أو ظاهرة الاحتباس الحراري. ويُعَدّ تأثير الصوبات الزجاجية تأثيرًا طبيعيًّا، فمن دونه سيبلغ متوسّط درجة حرارة سطح الأرض $-18^{\circ}C$. ولكن إذا ازداد مستوى CO_2 في الغلاف الجوّي، سيشتدّ الاحتباس الحراري. وقد تُؤدّي ظاهرة تأثير الصوبات الزجاجية الشديدة إلى ظاهرة التدفئة العالمية. والتدفئة العالمية عبارة عن زيادة درجة حرارة الأرض نتيجة للتراكم المتزايد والسريع لغاز CO_2 وغازات الاحتباس الحراري الأخرى. في اعتقادك، ماذا يُحتمَل أن ينتج عن التدفئة العالمية؟ على الرغم من أنّ جميع العلماء لا يتّفقون على أنّ المشكلة خطيرة، إلّا أنّ الكثير منهم معنيّ بهذا الأمر. ويتساءل بعض الباحثين ما إذا كان يجب علينا أن نُحاوِل استعادة التوازن بين الأكسجين وCO_2 في الغلاف الجوّي. فكيف ذلك؟

للمزيد من الفهم الكامل لتأثير ظاهرة الاحتباس الحراري أو الصوبات الزجاجية، يقوم بعض العلماء باستكشاف قدرة النباتات على امتصاص كمّيات CO_2 أكبر من الكمّيات الموجودة في الهواء. فإذا استطاعت امتصاص كمّيات CO_2 أكبر من الكمّيات الشائعة وبقيت سليمة، قد تكون قادرة على تقليل كمّية CO_2 في الغلاف الجوّي. واكتشف الباحثون أنّ بعض النباتات، ومنها محاصيل معيّنة، نمت بدرجة أكبر وأنتجت أوراقًا وثمارًا أكثر عندما عُرّضت لمستويات من CO_2 أعلى من المستويات الموجودة الآن في الهواء. ويعتقد بعض الباحثين أنّ التعرّض لمستويات عالية من CO_2 سيتسبّب في أن تُنتِج المحاصيل الرئيسية مثل القمح والأرزّ حبوبًا أكثر.

وقد اختبر العلماء أيضًا منطقة مليئة بالأشجار والشجيرات، وذلك بتعريض المنطقة لكمّيات إضافية من CO_2. وعلى الرغم من أنّهم توقّعوا أنّ الأشجار والشجيرات ستنمو بدرجة أكبر، إلّا أنّهم لم يُحدّدوا حتّى الآن ما هي الآثار الجانبية التي ستطرأ على عناصر النظام البيئي. وعلى المدى البعيد، ليس من المؤكّد ما إذا كانت الأنظمة البيئية الطبيعية ستستفيد من المستويات العالية من CO_2 في الهواء أم لا.

(ج) ثاني أكسيد الكربون

اعطِ الطلّاب الوقت الكافي لدراسة الشكل (28)، ثم اسأل:

* ما التجربة الضابطة في تجربة سنبيير؟ **(الأوراق النباتية الموضوعة في الماء الذي لا يحتوي على CO_2.)**
* ماذا أثبتت تجربة سنبيير؟ **(عملية البناء الضوئي تحتاج إلى CO_2.)**

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجدون إحدى الخطوات التالية أو جميعها.

* اطلب إلى الطلّاب أن يكتبوا المعنى الكامل للصيغة التالية:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

أكسجين جلوكوز ماء ثاني أكسيد الكربون

فسّر أنّ هذه هي الصيغة الخاصّة بتفاعلات البناء الضوئي. اطلب إلى الطلّاب أن يذكروا اسم المصدر الذي يأتي منه كلّ جزيء.

دع الطلّاب يكتبون فقرة باستخدام كلماتهم الخاصّة التي تفسّر كيف تنتج النباتات السكريات عالية الطاقة من خلال عملية البناء الضوئي.

دع الطلّاب يتتبّعون مسار جزيء CO_2 من الغلاف الجوّي إلى الورقة، وخلال تحويله في عملية البناء الضوئي. يجب أن يستخدم الطلّاب في شروحاتهم هذه المصطلحات: الثغر، النسيج الوسطي، البلاستيدات الخضراء، دورة كالفن، النسيج الوعائي.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–2

1. في التفاعلات المعتمدة على الضوء تنشطر جزيئات الماء إلى إلكترونات وأيونات الهيدروجين التي تُستخدَم في إنتاج المركّبين NADPH وATP. في دورة كالفن يتفاعل كلّ من الـ NADPH والـ ATP والـ CO_2 لإنتاج الجلوكوز.
2. هذه العوامل الثلاثة ضرورية لكي تحدث عملية البناء الضوئي. تحدث عملية البناء الضوئي في مرحلتين. تستلزم المرحلة الأولى امتصاص الضوء، وتتحوّل طاقة الضوء إلى طاقة كيميائية لينتج غاز الأكسجين. والماء هو أيضًا عامل أساسي في هذه العملية، تحتاجه النباتات لتكمل المرحلة الأولى منها وأيضًا لحفظ ثغور الورقة مفتوحة. أمّا ثاني أكسيد الكربون، فيُستخدَم لصنع السكّريات البسيطة أثناء دورة كالفن.
3. التجربة العلمية هي لقياس معدّل إنتاج غاز O_2 عن طريق جمع غاز الأكسجين الناتج بواسطة نبات مائي.
4. CO_2، الذي يُعدّ أكثر تركيزًا في الغلاف الجوّي منه في الورقة النباتية، ينتشر خلال الثغور إلى داخل الورقة النباتية. يمرّ الماء إلى خلايا النسيج الوسطي بالأسموزية، وإلى الخارج خلال فتحات الثغور عن طريق الانتشار.

3.5 ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide (CO_2)

إنّه العامل الثالث المؤثّر في عملية البناء الضوئي، ويُستَخدَم لصنع السكّريات البسيطة أثناء دورة كالفن.

وعلى الرغم من قيام العديد من العلماء بدراسة دور غاز CO_2 في عملية البناء الضوئي، إلّا أن العالم الفرنسي جان سنبيير أجرى تجربة قاطعة في العام 1782. ويُوضّح الشكل (28) كيف وُضِعت أوراق نباتية في محلول بيكربونات (ماء يحتوي CO_2)، وعندما عُرِّضت الأوراق لضوء الشمس أنتجت ما أسماه سنبيير «الهواء النقي». ونحن نعرف الآن أنّ سنبيير كان قد لاحظ الأكسجين O_2، ومن جهة أخرى، عندما وضع الأوراق في ماء خالٍ من CO_2 وعرّض تلك الأوراق لضوء الشمس، لم تُنتِج الأكسجين. ومن هذه التجربة وتجارب أخرى أجراها، إستنتج سنبيير أنّ الأوراق تستخدم CO_2 في عمليّة البناء الضوئي التي تتطلّب أيضًا وجود الماء وضوء الشمس لكي تُنتِج غاز O_2.

مراجعة الدرس 1–2

1. لخّص الخطوات الرئيسية لعملية البناء الضوئي.
2. فسّر دور كلّ من الضوء والماء وCO_2 في عملية البناء الضوئي.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** صمّم تجربة لقياس معدّل عملية البناء الضوئي مع الأخذ في الاعتبار الموادّ المتفاعِلة ونواتج عملية البناء الضوئي.
4. **أضف إلى معلوماتك:** ينتقل CO_2 والماء أثناء عملية البناء الضوئي بالانتشار والأسموزية. في ظلّ أيّ ظروف تحدث كلّ عملية منهما؟

(أ) وجود CO_2 في الماء أنتجت الأوراق الأكسجين (O_2) عندما عُرِّضت لضوء الشمس.

(ب) غياب CO_2 في الماء لم تنتج الأوراق الأكسجين (O_2) عندما عُرِّضت لضوء الشمس.

(شكل 28)
تجربة جان سنبيير لتبيّن أهمية غاز (CO_2) في عملية البناء الضوئي.

40

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

* **مهارة استخدام الجداول والأشكال البيانية:** بعد انتهاء الطلّاب من فحص الشكل (22)، اسأل: في أيّ منطقة من الطيف يمتصّ كلوروفيل (ب) الضوء أفضل ما يمكن؟ **(في المنطقة الزرقاء)**

شجّع الطلّاب على تحويل البيانات في الشكل البياني إلى جدول بيانات يوضّح، على سبيل المثال، الأطوال الموجية التي امتصّتها الكلوروفيل (أ) والكلوروفيل (ب) والبيتاكاروتين.

* **مهارة المقارنة والمباينة:** دع الطلّاب يقارنون بين ما يحدث في التفاعلات المعتمدة على الضوء خلال عملية البناء الضوئي وما يحدث في دورة كالفن. يجب أن يقارن الطلّاب بالتفصيل بين الموادّ المتفاعلة والنواتج لكلّ سلسلة من التفاعلات.
* **مهارة التعبير الكتابي:** دع الطلّاب يتخيّلون أنفسهم علماء القرن السابع عشر. واطلب إليهم أن يكتبوا خطابات تتضمّن الغرض من البحث الذي يريدون إجراءه، ووصفًا مختصرًا للتجربة، والتكاليف المطلوب تدبّرها. ذكّرهم أنّه لم تكن هناك حكومة أو هيئات تأسيس في تلك الأيّام.

الأهداف:

- يشرح دور كلّ من الجذور والأوراق في نقل الماء في النباتات.
- يفسّر آليّات نقل الماء والسكّريات في النباتات.

الأدوات المستعملة: صور وشفافيات لمقاطع طولية لجذور وسوق نباتات مختلفة.

صفحات الطالب: من ص 41 إلى ص 50

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (29) ويقرأون التعليق المصاحب له. فسّر كيف أنّ نباتات عديدة تستجيب بسرعة للمؤثّرات. أخبر الطلّاب أنّ ورقة نبتة الميموزا الحسّاسة يمكن أن تستجيب للّمس في 0.1 من الثانية. ويمكن أن تنتشر هذه الاستجابة إلى جميع أجزاء هذه النبتة في معدّل مقداره 50 سم/ثانية.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول النقل في النباتات، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما وظيفة الجذر؟ **(امتصاص الماء والعناصر الغذائية، وفي بعض النباتات تخزين الغذاء.)**
- ما النسيج المسؤول عن النقل في النباتات؟ **(النسيج الوعائي)**

نشاط سريع

اعرض ساق كرفس نضرة وأخرى ذابلة للغاية. ادع الطلّاب للتأمّل في سبب اختلاف شكلهما. ضع ساق الكرفس الذابلة في وعاء من الماء البارد، واجعلهم يلاحظون الكرفس في نهاية الحصّة الدراسية. فسِّر كيف استعاد الكرفس صلابته.

علم الأحياء في حياتنا اليومية

النباتات الغارقة

اسأل الطلّاب: أيّ حالة صحيحة وسهلة: الريّ الزائد أم الريّ الشحيح؟ قد يستنتج الطلّاب أنّه من الأسهل أن يُضاف الماء من أن تجفّ التربة. ناقش ماذا يمكن أن يحدث عندما تُغمَر منطقة مشجرة بالماء لفترة طويلة.

الدرس 1-3
النقل في النباتات
Transport in Plants

الأهداف العامة

- يشرح دور كلّ من الجذور والأوراق في نقل الماء في النباتات.
- يفسّر آليّات نقل الماء والسكّريات في النباتات.

(شكل 29)

حين تلمس نباتًا من نوع ما برفق، قد تتدلّى أوراقه وتُصبح ضعيفة خلال ثوانٍ قليلة. فنبات الميموزا الحساسّ الموضّح في الشكل (29)، يستجيب للّمس بتقليد مظهر النبات الذابل. ربّما تجعل هذه الاستجابة النباتات أقلّ عرضة لأن تكون وجبة لأحد الحيوانات آكلة الأعشاب.

1. النقل في الجذور Transport in Roots

هل تركْتَ مرّة بعضًا من نبات الكرفس بعيدًا عن الماء حتّى ذبل؟ حين يحدث ذلك في المرّة القادمة، جرّب وضع الكرفس في وعاء فيه ماء لساعات قليلة، ولاحظ كيف يستعيد صلابته. فقد يكون ذبل لأنّه فقد الماء الذي تبخّر في الهواء، فيُقال إنّ خلايا نبات الكرفس فقدت ضغط امتلائها. **وضغط الامتلاء Turgor Pressure هو الذي يعطي دعامة للخلية الناتجة عن الضغط الأسموزي لغشاء الخلية على جدارها.**

ويعتمد ضغط الامتلاء على الماء. فعندما تكون الفجوات العصارية المركزية في الخلايا النباتية ممتلئة بالماء، تضغط على الجدر الخلوية بالطريقة نفسها التي يحفظ بها الهواء البالون منتفخًا. وعندما تكون الفجوات المركزية غير ممتلئة، تنكمش الخلايا النباتية مثل بالون خالٍ من الهواء.

كيف يحصل النبات على الماء الضروري ليحتفظ بضغط الامتلاء؟ تقوم الجذور بتثبيت النباتات في التربة وبامتصاص الماء والمعادن الذائبة بالماء. وتتطلّب عملية الامتصاص هذه طاقة لكي تحدث، فلا يدخل الماء مباشرة من التربة إلى الجذور بل تتمّ بالأسموزية.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

النباتات الغارقة

يُمكن أن يكون الريّ الزائد مؤذيًا للنباتات تمامًا مثل عدم ريّها بماء كاف. فعندما تتشبّع التربة بالماء، قد لا يصل الأكسجين إلى الجذور. وإذا لم يكن متاحًا لخلايا الجذور المقدار الكافي من الأكسجين للتنفّس الخلوي، لن تستطيع أن تُنتج الطاقة اللازمة لأداء الأنشطة الخلوية.

41

2. علِّم وطبّق

1.2 النقل في الجذور

دع الطلّاب يفحصون الشكل (30) لكي يتعرّفوا على أهمّ العناصر الغذائية التي تستمدّها النبتة من التربة، ويدركوا أهمّية أن تمتصّ النبتة كمّيات كافية منها. ودعهم يتعرّفون الأعراض التي تصيب النباتات في حالة نقص تلك العناصر. اعرض على الطلّاب أنواعًا مختلفة من الأسمدة النباتية.

وضّح لهم كيف يقرؤون معلومات تحليل المغذّيات على الكيس أو العلبة، بخاصّة كمّية النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. ناقش متى ولماذا تُستخدَم الأسمدة للنباتات، وكذلك مخاطر التسميد المفرط، واحتمال إلحاق الضرر بالبحيرات والبرك من تدفّق المخصّبات مع مياه الصرف (زيادة الفوسفور في البرك تحفّز نموّ الطحالب.)

نشاط توضيحي

اعرض على الطلّاب عدّة أنواع من النباتات المنزوعة بالكامل من التربة. دعهم يفحصون الجذور والشعيرات الجذرية الماصّة بواسطة عدسة يدوية. اشرح كيف أنّ النسيج الوعائي المتّصل يمتدّ من الجذور إلى الأوراق. دع الطلّاب يرسمون خريطة تفسّر كيفية انتقال الماء والأكسجين والمعادن خلال النباتات.

(أ) النقل النشط للمعادن

يلزم النقل النشط لنقل المغذّيات إلى الجذور، لأنّ شوارد المغذّيات توجد في ماء التربة بتركيز أقلّ ممّا هي موجودة في خلايا البشرة. في الحقيقة، تخرج هذه الشوارد من الشعيرات عبر الانتشار إذا لم يتمّ سحبها بالنقل النشط إلى داخل الشعيرات الجذرية الماصّة. ولكي يتمّ النقل النشط، إنّه يستلزم توفّر الـ ATP والأكسجين. لذلك، الجذور في حاجة متواصلة للأكسجين، وهي تحصل عليه من الهواء الموجود في فراغات التربة. ولكن إذا كانت فراغات التربة ممتلئة تمامًا بالماء، فإنّ جذور معظم النباتات الأرضية لا يمكنها أن تحصل على الأكسجين الذي تحتاج إليه. وهذا يفسّر لماذا يمكن لريّ النباتات المنزلية المفرط أن يقتل هذه الأخيرة. ومن جهة ثانية، إذا كان تركيز الماء في فراغات التربة منخفضًا للغاية، فإنّه قد ينتقل إلى خارج الشعيرات الجذرية الماصّة ويعود ثانية إلى التربة، ويُسمّى هذا حرق الجذور، وهو غالبًا ما يحدث في النباتات التي تمّ تسميدها بإفراط.

(ب) الانتقال إلى داخل الاسطوانة الوعائية

دع الطلّاب يدرسون الشكلين (32) و(33) لتحديد كيفية انتقال الماء والمعادن خلال البشرة والقشرة وصولًا إلى الأسطوانة الوعائية. اجعلهم يركّزون على الممرّات المختلفة.

تأكّد من فهم الطلّاب لدور شريط كاسبر في منع الماء والمعادن من عبور الممرّ خارج الخلوي في طبقة البشرة الداخلية، ثمّ اسألهم:

(شكل 30)
إذا لم تمتصّ النبتة عناصر معدنية كافية مثل النيترات الذي يحتوي على النيتروجين، سيتوقّف نموّها وتزول أوراقها.

(شكل 31)
تظلّ نبتة المنجروف الأحمر حيّة في مياه الشواطئ المالحة التي تقتل معظم النباتات الأخرى. فشبكة جذور نبتة المنجروف تدعم الأفرع المورقة للنبتة فوق الماء والطمي.

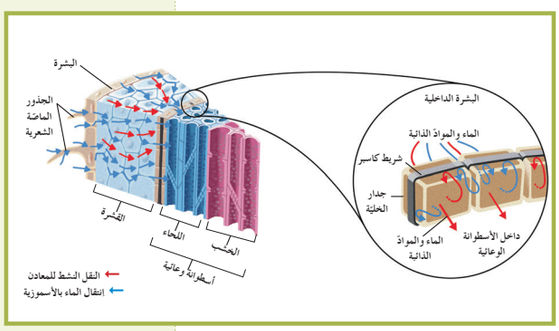
ويتطلّب حدوث عملية الأسموزية، انتقال الماء من محيط ذي تركيز مائي عالٍ Hypotonic Medium أو ذي جهد مائي عالٍ High Water Potential إلى محيط ذي تركيز مائي منخفض Hypertonic Medium أو ذي جهد مائي منخفض Low Water Potential. تؤدّي تركيبة التربة دورًا في عملية الامتصاص. التربة هي عبارة عن خليط من الرمل، الطين أو الطمي، الأملاح المعدنية (شوارد الأملاح)، الهواء وأنسجة الكائنات الحيّة المتحلّلة. تحتوي التربة في مستويات مختلفة على كمّيات مختلفة من هذه المكوّنات. تحتاج النباتات إلى الأملاح المعدنية لكي تنمو بشكل سليم (شكل 30).

في معظم الأحيان، يكون تركيز شوارد المعادن في التربة (جهد مائي منخفض) أكبر من تركيز شوارد المعادن داخل خلايا الجذور (جهد مائي عالٍ). تُؤدّي هذه الحالة إلى انتقال الماء من الجذور إلى التربة بحسب قانون الأسموزية، وهذا يُشكّل خطرًا كبيرًا على حياة النباتات. لذلك تكيّفت الجذور مع هذا الواقع بعمليات تُوفّر الشروط اللازمة لانتقال الماء من التربة إلى داخل الجذور، وصولًا إلى الأنسجة الوعائية. لكن **في حال وجود كمّيات كبيرة من المعادن في التربة** (زيادة كمّية السماد المضافة إلى التربة)، **سيخرج الماء من الجذور إلى التربة، وهذا ما يُسمّى بحرق الجذور Root Burn الذي يؤدّي إلى موت النباتات**. أنظر الشكل (31) لتتعرّف كيف تبقى نباتات المنجروف الأحمر حيّة على الرغم من كون جذورها مغروسة في المياه المالحة.

1.1 النقل النشط للمعادن
Active Transport of Minerals

يحتوي غشاء خليّة الشعيرات الجذرية الماصّة وخلايا البشرة الأخرى على **بروتينات ناقلة نشطة Active Transport Proteins، تُضَخّ شوارد المعادن بواسطة النقل النشط من التربة إلى داخل الجذور**. تستخدم هذه النواقل الطاقة الكيميائية المختزَنة في جزيئات الـ ATP. يجعل هذا النقل البيئة داخل جذور النبتة ذات تركيز عالٍ بالشوارد المعدنية (جهد مائي منخفض) بالنسبة إلى التربة (جهد مائي عالٍ). عندئذ، يتنقل الماء من التربة إلى الجذور بالأسموزية (شكل 32).

تتطلّب عملية النقل النشط للمعادن تأمين غاز الأكسجين إلى خلايا الجذور بكمّية كافية، بالإضافة إلى السكّريات، من أجل حدوث عملية التنفّس الخلوي التي تُؤمّن الطاقة إلى هذه الخلايا. وتعتمد كمّية الماء المُمتَصّة من التربة بواسطة الأسموزية على كمّية الماء في التربة. فعندما تحتوي التربة على كمّية كبيرة من الماء، يكون معدّل الامتصاص عاليًا. أمّا أثناء الجفاف أو تدنّي مستوى هطول الأمطار، فتكون نسبة الماء في التربة أقلّ، وينخفض معدّل امتصاص الماء من التربة.



(شكل 32)
انتقال الماء من التربة إلى الجذور لتصل إلى الأنسجة الوعائية.

2.1 الانتقال إلى داخل الأسطوانة الوعائية
Movement into the Vascular Bundle

ينتقل الماء والأملاح من نسيج البشرة إلى الأسطوانة الوعائية عبر ثلاثة ممرّات موضّحة في الشكل (53). الأوّل هو **الممرّ خارج خلوي Apoplast، وهو انتقال الماء عبر الجدر الخلوية، من القشرة وصولًا إلى البشرة الداخلية**. وهذه الطريقة لا تعتمد على الأسموزية نظرًا إلى أنّ هذه الأخيرة تتطلّب وجود الغشاء الاختياري النفاذية. وعلى هذا الأساس، يتمّ انتقال الماء بهذه الطريقة بواسطة الانتشار الحرّ أو السلبي الذي لا يستوجب وجود طاقة أيضية ATP. الثاني **هو الممرّ الخلوي الجماعي Symplast حيث ينتقل الماء والأملاح من خليّة إلى الخلايا المجاورة عبر الروابط البلازمية Plasmodesmata**. والثالث **هو الممرّ عبر الغشائي Transmembrane حيث ينتقل الماء والأملاح الذائبة من خلية إلى أخرى عبر الجدر الخلوية والأغشية**.

يُؤدّي النقل النشط والأسموزية دورًا في انتقال الماء والأملاح المعدنية من البشرة وصولًا إلى الحدود الداخلية للقشرة، حيث توجَد طبقة البشرة الداخلية المؤلّفة من خلايا ذات شكل قرميدي، والتي تُغلّف الأسطوانة الوعائية كما في الشكل (32).

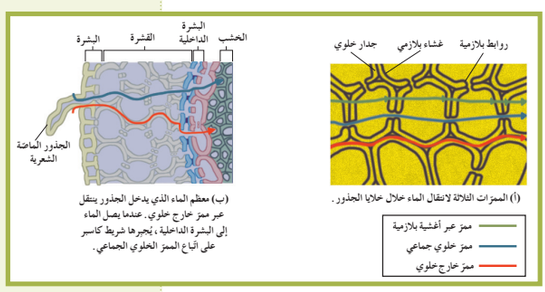
* ماذا يمنع الماء والمعادن من العودة إلى خلايا البشرة؟ **(تُستخدَم هذه الخلايا للنقل النشط من أجل ضخّ المعادن نحو الأسطوانة الوعائية، مانعة بذلك عودتها إلى خلايا البشرة. كذلك ينتقل الماء إلى طبقة البشرة الداخلية بالأسموزية، ولا يمكنه أن يعود لأنّ الظروف مؤاتية لحدوث عملية الأسموزية من البشرة الداخلية (جهد مائي عالٍ) إلى الأسطوانة الوعائية (جهد مائي منخفض)، وليس من البشرة الداخلية إلى القشرة.)**

2.2 النقل إلى الأعلى في الخشب

وجّه الطلّاب إلى دراسة الشكل (35) واسأل:

* ما الذي يسبّب صعود الماء إلى أعلى؟ **(انجذاب جزيئات الماء بعضها إلى بعض وإلى جدار الأنبوب.)**
* هل تتوقّع انتقال الماء إلى ارتفاع أعلى في الأنبوب الرفيع أو في الأنبوب الأوسع؟ **(الرفيع)**
* ما الذي يقوم بسحب الماء إلى أعلى بالرغم من وجود قوى الجاذبية التي تشدّ به نزولًا؟ **(إنّ قوى التماسك وقوى التلاصق مجموعة قوى تتخطّى قوّة الجاذبية وتشدّ بالماء صعودًا داخل الأنبوب.)**

وجّه الطلّاب لاستخدام الشكل (36) من أجل مناقشة العوامل الثلاثة التي تساعد في نقل الماء من جذور النبتة إلى الورق، انطلاقًا من التراب. ثمّ اسألهم عن أهمّية الشدّ النتحي **(من دون قوى الشدّ بسبب عملية النتح، لن يتّجه عمود الماء صعودًا ليصل الماء إلى قمّة الشجرة مهما ارتفعت عاليًا)**.



(شكل 33)
انتقال الماء والأملاح إلى الأسطوانة الوعائية عبر ثلاثة ممرات

يُغلّف جدر خلايا البشرة الداخلية الأربعة الجانبية شريط غير منفذ للماء يُسمّى شريط كاسبر Casparian Strip، وهو شريط شمعي يمنع مرور الماء عبر الممرّ خارج خلوي، وبالتالي يُجبر الماء على اتّباع الممرّين الآخرين باتّجاه واحد نحو الأسطوانة الوعائية (شكل 33).

3.1 الضغط الجذري Root Pressure

لماذا تحتاج النبتة إلى آلية فاعلة تُؤمّن تحرّكًا باتّجاه واحد؟ تُتيح هذه الآلية للنبتة تأمين ضغط كافٍ لنقل الماء بعيدًا عن التربة باتّجاه الجذور، ثمّ من البشرة باتّجاه الأسطوانة الوعائية، فصعودًا خلال الخشب في جذور النبتة وساقها. في البداية تُضَخّ شوارد المعادن من التربة إلى البشرة، ثمّ إلى الخلايا الداخلية في القشرة بواسطة النقل النشط. وهذا يُؤمّن الشروط اللازمة لانتقال الماء بالأسموزية باتّجاه واحد من البشرة إلى القشرة، فإلى البشرة الداخلية، ثمّ إلى الأسطوانة الوعائية. يُنتج انتقال الماء هذا ضغطًا كبيرًا يسمح بدفع الماء داخل الأسطوانة الوعائية باتّجاه الخشب، ثمّ صعودًا خلال الخشب نحو الساق. **يُعتبر الضغط الجذري Root Pressure نقطة الانطلاق لتحرّك الماء داخل الجهاز الوعائي.** لكن لا يكفي هذا الضغط لتحريك الماء صعودًا عشرات الأمتار كما في شجر غابات الشجر الأحمر التي يبلغ طولها 90 مترًا. يُظهر الشكل (34) عرضًا توضيحيًّا لمفهوم ضغط الجذور في جذر نبتة الجزر.

لكي تحصل النباتات على العناصر المعدنية من التربة، تُساعدها كائنات أخرى. فالكائنات المحلِّلة مثل الفطريات مهمّة للغاية بالنسبة إلى النباتات، لأنها تُحرّر المركّبات العضوية والعناصر المعدنية من أجسام الكائنات الميتة، ما يجعل هذه الموادّ متاحة للامتصاص بواسطة النباتات.

(شكل 34)
حين يمتص الجذر الماء، يدفع الضغط الجذري الماء صعودًا في الأنبوب الزجاجي الذي يؤدّي دور ساق النبتة وأوراقها.

ففطر الميكوريزا أو الفطر الجذري عبارة عن فطريات خاصّة تعيش في علاقة تكافلية مع جذور بعض النباتات. فتفرز الميكوريزا الأنزيمات الهاضمة التي تُساعد في تكسير الموادّ العضوية في التربة، وتُحرّر العناصر المعدنية التي تُصبح النباتات قادرة على امتصاصها، وفي المقابل تُؤمّن النبتة الغذاء كالسكّريات للفطريات.

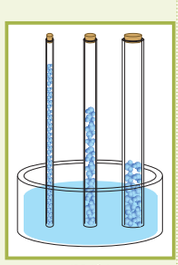
2. النقل إلى الأعلى في الخشب Upward Translocation in the Xylem

لقد وضّحنا أنّ الضغط الجذري غير كافٍ لنقل الماء والمعادن عاليًا في الساق. تذكّرْ أنّ الخشب عبارة عن أنابيب خشبية متواصلة من الجذور مرورًا بالساق ووصولًا إلى الأوراق. تُشكّل هذه الأنابيب نظام نقل مؤلّف من أنسجة متخصّصة. بالإضافة إلى الضغط الجذري، هناك قوًى وآليّات أخرى تعمل على سحب الماء صعودًا، وهما الخاصّية الشعرية Capillary Action والنتح Transpiration.

1.2 الخاصّية الشعرية (عمود متواصل من الماء) Capillary Action(Continuous Column of Water)

يُمكن تفسير الخاصّية الشعرية بالاعتماد على **نظرية الشدّ والتماسك المتواصل Cohesion–Tension Theory المسؤولة عن تشكّل عمود الماء.** تنطلق هذه النظرية من الخواصّ المميّزة للماء، وأهمّها التماسك Cohesion بين جزيئات الماء والتلاصق Adhesion بين جزيئات الماء وجدار الأنبوبة (الخشب) أو الإناء الذي يوضَع فيه الماء. بالتالي، إذا وُضِع الماء في أنبوب شعري وأُغلِق طرفاه، لا ينقطع عمود الماء داخل الأنبوب، كما هو موضّح في الشكل (35).

فإذا ملأنا أنبوبًا زجاجيًّا طويلًا مفتوح الطرفين بالماء، ثمّ ثبّتنا على طرفه العلوي إسفنجة مبلّلة بالماء، وغمّسنا طرفه السفلي في كأس فيه ماء، نُلاحظ وجود اتّصال مستمرّ بين كلّ من الإسفنجة والأنبوب الزجاجي والكأس، من دون أيّ انقطاع لاتّصال الماء في هذا النظام. كيف يكون ممكنًا دفع الماء في الأنبوب الزجاجي من دون أن يحدث انقطاع لعمود الماء؟ كيف يندفع عمود الماء إلى أعلى على جدار الأنبوب الزجاجي بالرغم من أنّ عمود الماء هذا يخضع لتأثير شدّ الجاذبية والاحتكاك بجدار الأنبوب؟ يُمكن أن نُفسّر صفات الماء التماسكية والتلاصقية استمرارية وجود عمود الماء داخل الأنبوب من دون انقطاع. لكن علامَ يعتمد تحرّك الماء هذا؟ إنّ أيّ فقدان للماء عن طريق تبخّر ماء الإسفنجة يسحب مكانه ماء من الأنبوب الزجاجي الذي يسحب بدوره ماء من الكأس. وبالتالي، إنّ معدّل صعود الماء في الأنبوب الزجاجي يتناسب طرديًّا مع معدّل تبخّر الماء من الإسفنجة.



(شكل 35)
الخاصّية الشعرية، وهي نتيجة قدرة جزيئات الماء على الالتصاق بعضها ببعض وبجدار أنبوب ما، تجعل الماء يعلو في أنبوب رفيع أكثر منه في أنبوب عريض. ما الذي يجعل الماء يتحرّك عموديًّا في الأنبوب بعكس الجاذبية؟

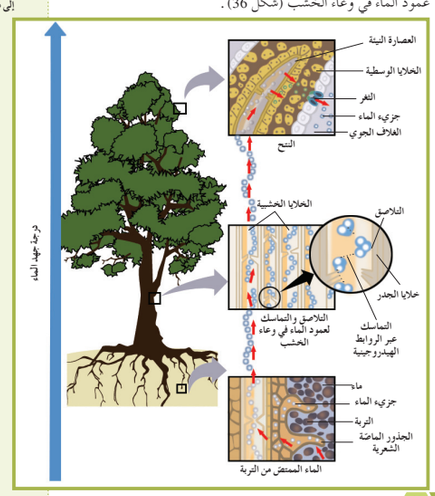
يُمكننا المضاهاة بين هذه الشعيرات الزجاجية، وعلى رأسها الإسفنجة، وبين النبات الذي ينمو في التربة الطبيعية. فيُمكن أن نُشبّه ماء الكأس بماء التربة، والأنبوبة الشعرية بالخشب الناقل للماء، والإسفنجة بالسطح المبخّر أي النتح في أوراق الأشجار.

ولكن هل تكفي الخاصية الشعرية لتفسير كيفية انتقال الماء من التربة إلى الأجزاء العالية في النبات، بعكس الجاذبية الأرضية وقوى الاحتكاك في جدر الأوعية الخشبية؟ نحن نعلم أنّ الماء لا يصعد إلى أعلى إلّا إذا كان يخضع لقوى شدّ وجذب من أعلى، وقوى دفع من أسفل. لكن في المضاهاة السابقة، لا توجَد قوى دفع من أسفل، وهذا يُبرّر أنّ صعود الماء يعتمد أساسًا على قوى الجذب والشدّ من أعلى. ما الذي يُشكّل قوى الجذب والشدّ من أعلى في النباتات؟

2.2 الشدّ النتحي Transpiration Pull

إنّ قوّة جهد الماء الناتجة عن عملية التبخّر والنتح Evapo–transpiration من خلال ثغور الورقة تشدّ وتجذب الماء صعودًا، وهذا ممكن بوجود عمود الماء في وعاء الخشب (شكل 36).

(شكل 36)
يُسبّب انحدار الجهد المائي من التربة إلى الساق (خلال النبات) فإلى الهواء قوّة الشدّ النتحي. ينتقل الماء من منطقة جهد مائي عالٍ إلى منطقة جهد مائي منخفض.



3.2 انتقال العصارة الناضجة في اللحاء

وجّه الطلّاب إلى دراسة الشكل (39). دعهم يصمّمون خريطة لتوضيح حركة السكّر من خليّة المنبع إلى اللحاء، وصولًا إلى خليّة المصرف. اسأل:

* أيّ نوع من الخلايا تكون خليّة المنبع، وأين تقع؟ **(خليّة البناء الضوئي في الورقة)**
* أيّ نوع من النسيج الوعائي ينقل السكّر؟ **(ينتقل السكر خلال نسيج اللحاء.)**
* أين يكون الضغط داخل اللحاء أعلى؟ **(عند المنبع، حيث تدخل الموادّ الغذائية، ويتدفّق الماء بتحرّكه من المناطق ذات التركيز الأعلى إلى المناطق ذات التركيز المنخفض.)**
* كيف يساعد الضغط المنخفض عند المصرف في نقل الموادّ الغذائية خلال اللحاء؟ **(يسحب الضغط المنخفض الموادّ الغذائية إليه، تمامًا مثل المكنسة الكهربائية.)**

إجابة السؤال صفحة 49 في كتاب الطالب: (في درنة البطاطا)

بعد مناقشة تدفّق السكّريات واختزانها، اطرح السؤال التالي:

* ما الأجزاء النباتية التي تستخدمها النباتات لتخزين السكّر؟ **(الثمار، البذور، الكورمات، الأبصال، الجذور الوتدية والسوق الأرضية (الريزومات))**

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملف تقييم الأداء

لتقيِّم فهم الطلّاب للنقل في النباتات، اسأل:

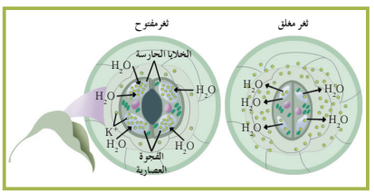
* كيف يساعد الفعل الشعري على نقل الماء داخل النباتات من دون القوّة التي تساعد على إنتاج عمود متواصل داخل الخشب؟ **(يساعد الفعل الشعري على نقل الماء داخل النباتات بسبب صفتي التماسك والتلاصق اللتين تشكّلان عمود الماء المتواصل، أمّا انتقال الماء فتسبّبه قوى الجذب والشدّ من أعلى.)**
* كيف يساعد النتح عملية النقل في النباتات؟ **(يولّد النتح ضغطًا سالبًا في نسيج الخشب فيسحب الماء لأعلى خلال النبات.)**
* لخّص في مقطع مسار الماء من التراب إلى داخل الأوراق النباتية، وصولًا إلى الهواء. **(يجب على الطلّاب ذكر جميع المراحل، تسميتها وتحديد وجهة المسار.)**

إنّ تحرّك الماء الناتج عن خاصّية الماء التماسكية والتلاصقية يُمكن أن يُفسَّر بجهد الماء. هناك انحدار في جهد الماء من الأكبر جهدًا في التربة إلى الأصغر جهدًا في الهواء. هذا الانحدار في المبدأ يدفع الماء صعودًا في خشب النبتة نحو الغلاف الجوّي.

ومثال القاطرة التي تسحب ورائها مئات العربات، **إنّ تحرّك الماء خارج الأوراق من خلال الثغور خلال عملية النتح والنتح يشدّ الماء صعودًا خلال الخشب من الجذور وحتى من التربة. تُسمّى هذه العملية قوّة الشدّ النتحي Transpiration Pull.** يُؤدّي ازدياد معدّل النتح في الطقس الجافّ إلى تدنّي الضغط الأسموزي في خلايا النباتات، فتنكمش النباتات وتذبل. وعندما تذبل، تُقفَل الثغور. لماذا؟

3.2 ضبط النتح Controlling Transpiration

هل يُمكن تفسير إغلاق الثغور وضبطها باستخدام مفهوم جهد الماء؟ تحدث عملية النتح على مستوى الثغور، وتُحفَّز عملية إقفال الثغور وفتحها بوجود الانحدار في جهد الماء بين الخلايا الحارسة والخلايا المحيطة. في المقابل، ينتج هذا الانحدار عن آلية نقل أملاح البوتاسيوم (K^+). يُحفِّز وجود الضوء النقل النشط لأملاح البوتاسيوم عبر قنوات خاصّة في غشاء الخلايا الحارسة الذي يتطلّب وجود طاقة الـ ATP. تتراكم أملاح البوتاسيوم في فجوات الخلايا الحارسة (شكل 37)، ما يُؤدّي إلى انخفاض جهد الماء فيها نسبة إلى جهد الماء في الخلايا المحيطة. وبناء على ذلك، يتحرّك الماء بحسب انحدار جهد الماء من الخلايا المحيطة في البشرة (جهد مائي عالٍ) إلى داخل الخلايا الحارسة (جهد مائي منخفِض) بالأسموزية، ما يُؤدّي إلى انتفاخ الخلايا الحارسة وفتح الثغور. خلال الليل وأثناء غياب الضوء، يحدث العكس وتُقفَل الثغور.

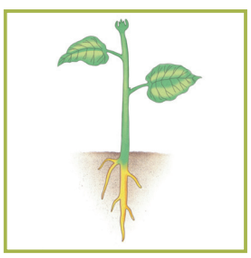


(شكل 37)
انتقال أملاح البوتاسيوم إلى داخل الخلايا الحارسة أو خارجها يؤثّر على عملية فتح الثغور.

تضمن عملية النتح جذب الماء إلى أعلى قمّة في الشجرة مع الحفاظ على ضبط هذه العملية، في إطار الحفاظ على اتّزان الماء داخل النبتة، وذلك بضبط عملية فتح الثغور وإغلاقها. وكما رأينا، إنّ التحكّم في عملية فتح الثغور وإغلاقها يتأثّر بجهد الماء في الغلاف الجوّي والتربة، أي يعتمد على الظروف البيئية المحيطة بالشجرة. عندما تكون الظروف البيئية صعبة (حارّة وجافّة وتكون سرعة الرياح قويّة)، يزداد معدّل النتح وتزداد خسارة النبتة للماء. في هذه الحالة، تُقفِل النبتة ثغورها لكي لا تذبل وتموت. في حال وجود كمّية كبيرة من الماء في التربة، بالإضافة إلى أمطار وفيرة وهواء رطب، تفتح النبتة ثغورها ويرتفع معدّل النتح بشكل لا يُؤثّر على فقدان النبتة لكمّيات كبيرة من الماء.

3. انتقال العصارة الناضجة في اللحاء
Transportation of the Elaborated Sap in Phloem

يتمّ تحويل السكّر المنتَج خلال عملية البناء الضوئي إلى سكّر ثنائي "السكّروز"، قبل أن يتمّ تحميله في اللحاء ونقله إلى أجزاء النبتة. السكّروز هو الشكل السائد للسكّر الذي ينقله اللحاء. ويُعتبَر نقل هذا المذاب في اللحاء سريعًا (2.5 سم في الدقيقة الواحدة)، لكن ليس بسرعة انتقال العصارة النيئة الصاعدة في الخشب. تتحرّك العصارة الناضجة داخل أنسجة اللحاء صعودًا أو هبوطًا على حدّ سواء. من الممكن نقل السكّروز من مكان صنعه (الورقة) إلى مكان للتخزين (الجذر، الفواكه أو البذور) أو إلى المناطق النشطة بالنموّ، مثل الأنسجة الإنشائية القمّية في قمّة الجذر والساق (شكل 38).



(شكل 38)
جهاز النقل في النبات
الأوراق: تنقل خلايا المنبع في الأوراق السكّريات إلى اللحاء لينقلها إلى باقي أجزاء النبات، في حين تستقبل الماء والمعادن من الخشب. يبخّر الماء من خلال الثغور في الورقة.
السوق: ينتقل الماء والموادّ الغذائية والسكّريات خلال النسيج الوعائي في السوق إلى جميع أجزاء النبتة.
الجذور: يمتص الخشب في جذور النبتة الماء. تستهلك الجذور السكّريات التي وصلت إليها بواسطة اللحاء وتحزّنها.

اكتساب المهارات

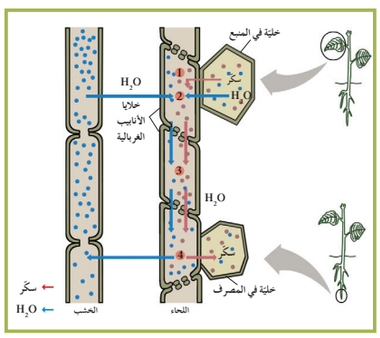
احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة التحليل:** يمكن للطلّاب ملاحظة قطرات الماء المتراكمة على الجدار الداخلي لكيس يغطّي مجموعة من أوراق نبتة طازجة اشتروها من البائع. ناقش مع الطلّاب مصدر قطرات الماء هذه، وتأكّد من فهمهم أنّ كلّ جزيء ماء يتبخّر يشدّ جزيء ماء آخر ليحلّ مكانه في الورقة.
- **مهارة الملاحظة:** زوّد الطلّاب بأمثلة متنوّعة عن سوق النباتات مثل فروع شجرة خشبية وسوق الأزهار واللبلاب وسوسن نابت وأبصال النرجس الأصفر ونباتات البطاطا. حمّسهم على اكتشاف العقد والعقليات والبراعم في هذه السوق.
- **مهارة الملاحظة:** يمكن للطلّاب أن يلاحظوا النتح بسهولة بواسطة تغطية نبات مزروع في أصّيص بكيس بلاستيكي. ويجب أن يروا النبات بصورة طبيعية ويضعوه في منطقة جيّدة الإضاءة. وبعد بضعة أيّام، دع الطلّاب يصفون التغيرات. **(تتراكم الرطوبة في صورة قطرات مائية داخل الكيس البلاستيكي.)** ناقش من أين أتى الماء.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–3

1. لا يؤمّن الفعل الشعري القوّة الكافية لدفع الماء صعودًا إلى أعلى الشجر المرتفع.
2. فقدان الماء خلال عملية النتح في الأوراق يولّد ضغطًا سالبًا في خشب الجذر، دافعًا الماء والموادّ الغذائية الذائبة لأعلى خلال خلايا نسيج الخشب الجوفاء. يُنقَل السكّر المصنَّع في الأوراق بواسطة النقل النشط خلال اللحاء إلى مكان استخدامه.
3. خلال الظهيرة، يكون ضوء الشمس أقوى من وقت الليل، وبذلك تنشط عملية البناء الضوئي التي تستلزم الماء إضافة إلى ضوء الشمس، لذلك يكون نقل الماء أسرع في الظهيرة. العوامل البيئية التي تؤثّر في عملية البناء الضوئي هي ضوء الشمس، الماء ودرجة الحرارة.
4. خلال الأسموزية، تتحرّك السوائل من منطقة منخفضة التركيز في الموادّ الذائبة إلى منطقة عالية التركيز في الموادّ الذائبة.

وقد فُسّر انتقال السكّريات على أحسن وجه بواسطة **فرضية التدفّق بالضغط The Pressure–Flow Hypothesis**. **فالسكّريات تُنقل من منطقة في النبتة تُسمّى المنبع Source إلى منطقة تُسمّى المصرف Sink**. ويُمكِنك تتبّع الخطوات التي تصفها هذه الفرضية في الشكل (39). والمنبع عبارة عن أيّ جزء في النبتة حيث تُنتَج السكّريات عن طريق عملية البناء الضوئي أو عملية تكسّر لجزيئات النشا. أمّا المصرف، فهو الجزء حيث تُستهلَك السكّريات أو يتمّ تخزينها.



(شكل 39)
1. تنتقل السكّريات من خلايا المنبع إلى خلايا الأنابيب الغربالية خلال عملية النقل النشط، فيصبح تركيز السكّر في اللحاء عاليًا.
2. بسبب التركيز العالي للسكّر في اللحاء، ينتشر الماء إلى داخل خلايا الأنابيب الغربالية رافعًا ضغط الماء.
3. يُسبّب الضغط تدفق العصارة (المحلول السكّري) خلال اللحاء.
4. تنتقل السكّريات من اللحاء إلى خلايا المصرف. ينتشر الماء إلى الخشب خافضًا ضغط الماء في اللحاء.

وتُعَدّ أوراق النبتة منابع نموذجية، أمّا الجذور فتُعَدّ مصارف نموذجية. ومن ناحية ثانية، إنّ الجذور التي اختُزنت فيها السكّريات يُمكِن أن تعمل كمنبع أيضًا. أين المصارف في نبتة البطاطا؟

في بداية العملية، تُضَخّ السكّريات بالنقل النشط من المنبع إلى الأنابيب الغربالية، ثمّ يدخل الماء إلى خلايا الأنابيب الغربالية بحسب انحدار الجهد المائي في الخشب بالأسموزية رافعًا ضغط الماء. يتحرّك كلّ من الماء والسكّريات إلى أسفل بحسب منحدر (أو تدرّج) التركيز.

وفي النهاية، تنتقل السكّريات من الأنابيب الغربالية إلى خلايا المصرف بالنقل النشط، ويترك الماء الأنابيب الغربالية إلى الخشب بالأسموزية. يجب أن تتوفّر الطاقة لكي تتمّ عملية ضخّ السكّريات إلى داخل الأنابيب الغربالية، وإلى خارجها في بعض الأحيان. ومن اللازم أن تكون خلايا الأنابيب الغربالية في اللحاء حيّة لكي تُؤدّي وظيفتها، لأنّ الخلايا الحيّة فقط يُمكِنها أن تُوفّر الطاقة اللازمة لعملية النقل النشط.

تتحرّك السكّريات خلال النباتات بشكل أبطأ من سرعة تحرّك الماء. ويبلغ أسرع معدّل للنقل باللحاء حوالي 2 متر في الساعة. عند هذه السرعة، كم من الوقت تستغرق السكّريات لكي تنتقل إلى أسفل خلال جذع شجرة طوله 30 مترًا؟

مراجعة الدرس 1–3

1. لماذا تكون الخاصّية الشعرية غير كافية لانتقال الماء صعودًا داخل النبتة؟
2. صِفْ الآليّات التي تستخدمها النباتات للحصول على الماء والمغذّيات ولنقل السكّريات.
3. **سؤال للتفكير الناقد:** لماذا يكون نقل الماء في النباتات أسرع في الظهيرة وأبطأ في الليل؟ ما العوامل البيئية التي قد تُؤثّر في ذلك؟
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف يُؤثّر منحدر (أو تدرّج) التركيز على الأسموزية؟

الأهداف:
- يحدِّد موقع منشأ الخلايا في النباتات.
- يقارن بين الأنسجة الإنشائية والأنسجة الأخرى في النباتات.
- يقارن بين نمطين من نموّ النباتات.
- يشرح كيف يحدث النموّ الأوّلي والنموّ الثانوي في النباتات.

صفحات الطالب: من ص 51 إلى ص 59

صفحات الأنشطة: من ص 26 إلى ص 30

عدد الحصص: 2

الأدوات المستعملة: شفافيات أو لوحات وصور ثلاثية الأبعاد، أو نماذج تظهر مقطعًا عرضيًّا لساق شجرة، وأخرى تظهر مواقع النموّ في الجذور.

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (40)، ويقرأون التعليق المصاحب له. أكِّد على أنّ البونساي (Bonsai) يعكس التحكّم في نموّ النباتات. اسأل:

- كيف يحدّ النموّ المقيّد للجذر من نموّ النباتات؟ **(يضبط الجذور ويتحكّم في كمّية الماء والموادّ الغذائية في النبات.)**

ذكِّر الطلّاب أنّ تجربة فان هلمونت أثبتت أنّ معظم كتلة النبات مصدرها الماء.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول نموّ النباتات، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- هل تقوم جميع الخلايا في الكائنات الحيّة بالانقسام الميتوزي؟ **(كلّا، لا تقوم الخلايا المتخصّصة بالانقسام، إنّما الخلايا الجذعية فحسب.)**
- عدِّد بعض أنواع الخلايا المتخصّصة في النباتات. **(خلايا البشرة (الجلدية)، خلايا النسيج الأساسي، الخلايا الحارسة، الخلايا التي تكوّن اللحاء وغيرها.)**
- كيف تنمو النباتات؟ **(تنمو طولًا وعرضًا.)**
- هل تُقاس النباتات قياسيًّا بالطول والعرض فقط؟ برّر إجابتك. **(كلّا، إنّما هناك نموّ لأغصان جديدة تنتج أقسامًا مثمرة.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "فحص تركيب ورقة نباتية ثنائية الفلقة" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 26. يساعد هذا النشاط الطلاب على دراسة التركيب التشريحي لورقة نباتية ثنائية الفلقة.

الدرس 1-4
نموّ النباتات
Plants Growth

الأهداف العامة
- يُحدِّد موقع منشأ الخلايا في النباتات.
- يُقارِن بين الأنسجة الإنشائية والأنسجة الأخرى في النباتات.
- يُقارِن بين نمطين من نموّ النباتات.
- يشرح كيف يحدث النموّ الأوّلي والنموّ الثانوي في النباتات.

(شكل 40)

في فنّ تنسيق النباتات في اليابان، يبتكر الناس أشجارًا مصغّرة مزروعة في أصص ويُوجّهون نموّها إلى أشكال جميلة عن طريق ربط أطرافها بسلك وتقليمها كما هو موضّح في الشكل (40). وأشجار هذا الفنّ اليابانيّ ليست من النوع الصغير، لكنّ عمّال البساتين يستطيعون التحكّم بالحجم عبر زراعة الأشجار في أصص صغيرة قليلة العمق، وعن طريق تهذيب الجذور والفروع المورقة الجديدة أو تقليمها بانتظام.

1. الأنسجة الإنشائية (المرستيمية): مواقع النموّ
Meristems: Sites for Growth

هل تعرف كيف ينمو الإنسان في الطول؟ كلّما زاد طول عظام معيّنة مثل عظام الفخذ والعمود الفقري، يزداد طولنا. تنمو النباتات لتُصبح أكثر طولًا عن طريق زيادة طول قمم الجذور والسوق أو أطرافها. وإذا نما الناس في الطول بالطريقة نفسها التي تنمو فيها النباتات، سينمون عند أطراف أصابعهم وعند قمم رؤوسهم.

تُسمّى الأنسجة النامية للنباتات بالأنسجة الإنشائية (أو المرستيمية) Meristems.

51

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "فحص شريحة جاهزة لقطاع عرضي في جذر نبات ثنائي الفلقة" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 27 و 28. يساعد هذا النشاط الطلّاب على دراسة أنواع الأنسجة النباتية الثلاث التي يتركّب منها الجذر وملاحظة ترتيب الحزم الوعائية بين خلايا الأنسجة في النباتات الزهرية ثنائية الفلقة.

2. علِّم وطبِّق

1.2 الأنسجة الإنشائية (المرستيمية): مواقع النموّ

دع الطلّاب يدرسون الشكل (41) لتحديد مناطق النموّ في النباتات، اسألهم:

- ما هي وظيفة الأنسجة الإنشائية؟ **(تتكوّن الأنسجة الإنشائية من خلايا جذعية تقوم بعمليات الانقسام الميتوزي بشكل متواصل لكي تنمو النباتات في الطول والعرض، وتُعتبَر مصدرًا للخلايا التي ستتمايز في ما بعد لتشكّل إحدى الأنواع الثلاثة من الأنسجة الموجودة في النباتات.)**
- أين توجد الخلايا الإنشائية المسؤولة عن استطالة النباتات؟ **(في قمّة الجذور وفي قمّة الساق حيث تُعرَف بالنسيج الإنشائي القمّي.)**
- أين توجد الخلايا الإنشائية التي تسبّب تفرّع أغصان الشجرة؟ **(في البراعم الموجودة في مناطق اتّصال الأوراق بالسوق.)**
- أين توجد الخلايا الإنشائية المسؤولة عن زيادة قطر النبتة؟ **(بين الخشب واللحاء، وبالقرب من أسطح السوق، وتقع بشكل موازٍ لمحيط العضو.)**

تصويب مفهوم خاطئ

يمكن لبعض الطلّاب أن يفكّروا أنّه خلال نموّ النباتات، يزداد طول الساق من النقاط التي يلتصق عندها الساق مع الجذور. ساعد الطلّاب على فهم أين يحدث نموّ الشجرة بالنظر إلى الأشجار في ملعب المدرسة. وضّح أنه عندما تنمو الشجرة ويزداد طولها، لا ترتفع أغصانها عاليًا عن الأرض، بل تبقى على العلوّ نفسه. ممكن تكرار تطبيق هذا المفهوم على عدد من الأشجار والنباتات في الملعب، حتّى تتأكّد من فهم الطلّاب.

نشاط سريع

اعرض نباتات متنوّعة يظهر في كلّ منها نموّ جديد. اعطِ الطلّاب الوقت الكافي لفحص النباتات وتحديد أين يحدث النموّ، ثمّ دعهم يبحثون عن مناطق النموّ بالتبرعم. قد ترغب في أن تدع الطلّاب يستخدمون عدسة يدوية لفحص النباتات.

2.2 النموّ الأوّلي أو الابتدائي

دع الطلّاب يدرسون الشكل (42). استرع انتباههم إلى المناطق الثلاثة المعنونة على الشكل. اسأل:

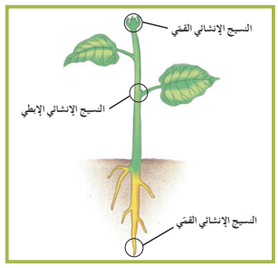
- أيّ منطقة مسؤولة عن دفع الجذر خلال التربة؟ **(منطقة الاستطالة)**
- أيّ منطقة مسؤولة عن إنتاج خلايا جديدة؟ **(منطقة الانقسام الخلوي حيث يوجد النسيج الإنشائي القمّي)**

وتحتوي النباتات العشبية والخشبية أنسجة إنشائية عند أطراف السوق والفروع أو قممها، وعند أطراف الجذور أو قممها، وفي البراعم عند مواقع اتّصال الأوراق بالسوق.

بالإضافة إلى ذلك، توجَد أنسجة إنشائية في النباتات الخشبية، بين نسيج الخشب ونسيج اللحاء في الجهاز الوعائي، وبالقرب من أسطح السوق. ووظيفة الأنسجة الإنشائية هي إنتاج خلايا جديدة بواسطة الانقسام الميتوزي. وكما هو شائع في الانقسام الميتوزي، فإنّ الخلايا الجديدة التي تمّ إنتاجها تكون متشابهة في بادئ الأمر. ومن جهة أخرى، تتخصّص الخلايا في نهاية الأمر أو تتمايز لتُكوّن واحدًا من ثلاثة أنواع من الأنسجة التي تُكوّن النباتات، وهي النسيج الوعائي أو البشرة (النسيج الجلدي) أو النسيج الأساسي.

تُسمّى الأنسجة النامية عند قمم الجذور والسوق أو أطرافها الأنسجة الإنشائية القمّية (أو الأنسجة المرستيمية القمّية) Apical Meristems، وهي تُسبّب نموّ أطراف السوق والجذور أو قممها في الطول. وبسبب نشاط الأنسجة الإنشائية القمّية، تصبح النباتات أكثر طولًا، وتصبح جذورها أكثر عمقًا إلى داخل التربة.

تتكوّن الأنسجة الإنشائية البرعمية الإبطية Axillary Meristems في البراعم التي تظهر في مواضع اتّصال الأوراق في السوق، والتي تُسمّى آباط الأوراق. وتُسبّب هذه الأنسجة نموّ الفروع الجانبية على السوق في الشكل (41).



(شكل 41)
الأنسجة الإنشائية هي مناطق النموّ السريع، مثل تلك الموجودة في قمم الجذور والسوق أو أطرافها.

تُسمّى الأنسجة الإنشائية التي تقع في سوق النباتات الخشبية وجذورها بشكل موازٍ لمحيط العضو بالأنسجة المرستيمية الجانبية Lateral Meristems، وهي المسؤولة عن نموّ النباتات في العرض (ازدياد قطر الساق والجذور).

2. النموّ الأوّلي أو الابتدائي Primary Growth

يوجَد نمطان من النموّ في النباتات البذرية. ففي أحد نوعي النموّ، تنمو جميع النباتات لتصبح أكثر طولًا وأكثر عمقًا داخل التربة. وفي النوع الآخر، تنمو النباتات الخشبية لتُصبح أكثر عرضًا. **وتُسمّى العملية الأولى أي استطالة السوق والجذور بالنموّ الأوّلي أو الابتدائي Primary Growth، حيث تنمو سوق النباتات لتُصبح أكثر طولًا، وتنمو جذورها لتُصبح أكثر عمقًا.** ويحدث هذا النموّ في جميع النباتات.

تُعرَف الساق الأولى التي تبزغ من أيّ بذرة بالساق الابتدائية أو الأوّلية، وهي تُكوّن السوق والأوراق. وللسوق الابتدائية نوعان من الأنسجة الإنشائية: الأنسجة الإنشائية القمّية والأنسجة البرعمية الإبطية الموضّحة في الشكل (42). فالأنسجة الإنشائية التي توجَد في قمم جميع السوق تُكوّن الساق والأوراق، أمّا البراعم الإبطية الموجودة عند قاعدة كلّ ورقة، فيُمكِن أن تُكوّن فرعًا أو زهرة. ولأنّ البراعم الإبطية يُمكِن أن تكوّن فروعًا جانبية من الساق، فإنّها تُسمّى أيضًا البراعم الجانبية Lateral Buds. في معظم النباتات، تبقى البراعم الإبطية غير نشطة بفعل هرمونات الأكسين التي تُفرَز في الأنسجة الإنشائية عند قمّة الساق. وإذا أُتلفت هذه القمّة أو أُزيلت، سيتوقّف إنتاج هذا الهرمون، وستبدأ البراعم الإبطية بالنموّ. وقد تكون قد رأيت كيف يستغلّ عمّال البساتين فائدة هذه الطريقة، فلكي يجعلوا النباتات تنمو بصورة كثيفة، يقومون بتقليم (قصّ) قمم الفروع. وتُستخدَم هذه التقنيّة أيضًا لعمل الأسوار، فقطع قمم السوق يُزيل التثبيط الهرموني، لكي تبدأ البراعم الإبطية في النموّ إلى الأفرع الجانبية.

يستلزم النموّ الأوّلي أو الابتدائي للجذور والسوق حدوث ثلاث خطوات: الانقسام الخلوي، ثمّ الاستطالة، فالتمايز. في الخطوة الأولى، يُكوّن الانقسام الخلوي في النسيج الإنشائي القمّي خلايا جديدة. في الخطوة الثانية، تنمو الخلايا في الطول في منطقة من الجذر تُسمّى منطقة الاستطالة، وتدفع استطالة الخلايا الجذر خلال التربة. في الخطوة الثالثة، تُصبح الخلايا متخصّصة في منطقة التمايز، وتحدث في هذه المنطقة تغيّرات للخلايا لتُصبح جزءًا من النسيج الوعائي (الخشب أو اللحاء)، أو النسيج الجلدي (الشعيرات الجذرية)، أو النسيج الأساسي (خلايا بارنشيمية أو دعامية).

* ما نوع الخلايا التي قد تظهر في منطقة التمايز؟ **(خلايا البشرة (النسيج الجلدي)، خلايا النسيج الأساسي أو خلايا النسيج الوعائي)**

حدِّد موضع خلايا النسيج الإنشائي القمّي (النسيج المرستيمي القمّي)؟ **(أسفل منطقة الانقسام الخلوي)**

إجابة السؤال صفحة 54 في كتاب الطالب: (في الأنسجة الإنشائية داخل الجذر)

نشاط في الصف

دع الطلّاب يتفحّصون شرائح مجهّزة لقمّة نامية للجذر، توضّح المناطق الثلاث للنموّ الابتدائي. دع الطلّاب يرسمون ما يلاحظونه ويحدّدون كلّ منطقة على الرسم. ذكِّر الطلّاب أنّهم قد يلاحظون أيضًا قلنسوة الجذر في كلّ قمّة نامية له. اسأل:

* ما النشاط الحيوي الذي يساعد في تعرّف منطقة الانقسام الخلوي؟ **(ظهور العديد من الخلايا في المراحل المختلفة من الانقسام الميتوزي)**
* كيف يساعد شكل الخلايا في تحديد منطقة الاستطالة؟ **(الخلايا طويلة وتبدو جميعها متماثلة.)**
* أيّ خطوة أو منطقة من النموّ الابتدائي للجذر مسؤولة عن دفع الجذر خلال التربة؟ **(الاستطالة)**
* ما هي وظيفة القلنسوة؟ **(حماية الأنسجة الإنشائية القمّية التي تقوم بالانقسام، ما يؤدّي إلى استطالة جذر النبتة.)**

نشاط توضيحي

وزِّع على مجموعات من الطلّاب بادرات نباتية، ودعهم يجرون تجربة على نموّ النباتات. اطلب إلى كلّ مجموعة قصّ قمم بعض النباتات وترك البعض الآخر كتجربة ضابطة. دع الطلّاب يلاحظون أنماط النموّ في النباتات التي تمَّ قصّ قممها ويقارنونها مع مجموعة ضابطة. اطلب إليهم أن يسجّلوا ملاحظاتهم في ملفّاتهم.

3.2 النموّ الثانوي

(أ) الأنسجة الأنشائية الجانبية

* ما هو النموّ الثانوي؟ **(نموّ جذور النباتات وسوقها وفروعها أكثر في العرض)**
* أيّ من الأنسجة ينتج عنه النموّ الثانوي عند انقسامه؟ **(النسيج الإنشائي الجانبي ويُسمّى نسيج الكمبيوم.)**

حفّز الطلّاب على استدلال يشرحون فيه لماذا لا يحدث النموّ الثانوي في النباتات أحادية الفلقة.

وجّه الطلّاب بسؤالهم:

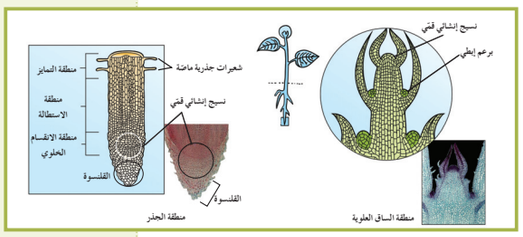
* كيف تختلف بنية ساق النبتة أحادية الفلقة عن بنية ساق النبتة ثنائية الفلقة؟ **(في الأولى تنتشر الحزم الوعائية داخل الساق بين الأنسجة الأساسية، بينما تنتظم في الثانية بشكل حلقي.)**

اطلب إلى الطلّاب مراجعة عملية النموّ الثانوي في سوق النباتات ثنائية الفلقة، ثمّ حفّزهم على الاستدلال عن سبب عدم حدوث النموّ الثانوي في النباتات أحادية الفلقة. **(في النباتات أحادية الفلقة لا يوجد مكان معيّن لتشكّل الأنسجة الإنشائية الجانبية.)**

ناقش مع الطلّاب إذا كان النموّ الثانوي مهمّ للنباتات أحادية الفلقة الواحدة، ولماذا؟ **(بالإجمال تُعتبَر النباتات أحادية الفلقة أقصر ولا تحتاج إلى الدعم الذي تحتاجه السوق الأكثر طولًا.)**

أين تتمركز الخلايا في كلّ خطوة من الخطوات الثلاث في الجذر في الشكل (42)؟

تُغطّي قمّة الجذر مجموعة من الخلايا البارنشيمية التي تُحيط به إحاطة كاملة لحماية القمّة النامية. تُشكّل هذه الخلايا القلنسوة Rootcap، وهي تتآكل ثمّ تنشأ باستمرار خلال استطالة الجذر عميقًا في التربة.



(شكل 42)
يظهر النموّ الأوّلي في جميع النباتات، وفيه تنمو السوق أكثر طولًا وتنمو الجذور أكثر عمقًا.

3. النموّ الثانوي Secondary Growth

إذا راقبْتَ نموّ إحدى الأشجار على مدار فترة زمنية طويلة، قد تُلاحظ أنّ الشجرة تنمو في العرض كما تنمو في الطول. فأثناء **النموّ الثانوي Secondary Growth، تنمو جذور نباتات بذرية معيّنة وسوقها وفروعها أكثر في العرض**. ويُعتبَر ازدياد عرض جذع شجرة مثالًا للنموّ الثانوي.

لا يحدث النموّ الثانوي في جميع النباتات. فمعظم النباتات العشبية يحدث فيها نموّ أوّلي فقط. وعادة ما يُلاحَظ النموّ الثانوي فقط في الكرمات والشجيرات والأشجار. وعلى سبيل المثال، يحدث النموّ الثانوي في النباتات عارية البذور. **وتنتج عن النموّ الثانوي طبقات من نسيج خلوي ميت يُسمّى الخشب Wood.**

ويُعتبَر النموّ الثانوي تكيّفًا يُمكّن بعض النباتات الخشبية من البقاء على قيد الحياة في بيئات معيّنة. وكلّما ازداد عرض ساق النبتة، أصبحت أكثر قوّة. وتسمح الساق القويّة للنبتة بأن تنمو أكثر طولًا، وتُصبح لديها فرصة متزايدة للحصول على الضوء، وبسبب تنافس النباتات على الضوء، فإنّ احتمال حصول النباتات المرتفعة على ضوء الشمس الحيوي أكبر، لذلك هي تتكاثر بنجاح. فالنموّ الثانوي عبارة عن التكيّف الذي يُسهم في سيادة النباتات الخشبية في أنظمة بيئية عديدة.

1.3 الأنسجة الإنشائية الجانبية Lateral Meristems

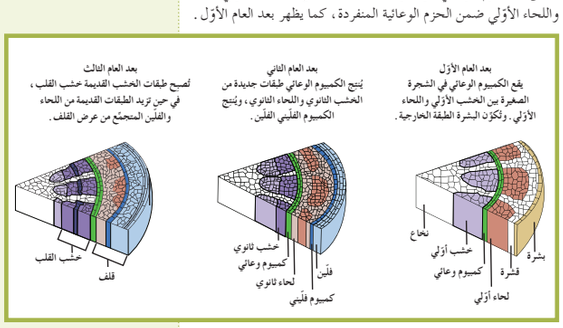
يُسبّب حدوث النموّ الثانوي انقسامًا خلويًا في تراكيب تُسمّى الأنسجة الإنشائية الجانبية. وبخلاف الأنسجة الإنشائية القمّية التي تتمركز عند قمم الجذور والسوق، تتمركز الأنسجة الإنشائية الجانبية ضمن جوانب الجذور والسوق وبموازاتها. وبشكل عامّ، تتّخذ الأنسجة الإنشائية الجانبية شكلًا مشابهًا لأسطوانة جوفاء داخل الجذر أو الساق وتُسمّى نسيج الكمبيوم.

2.3 الكمبيوم Cambium

هو النسيج الإنشائي الذي ينتج خلايا جديدة للنموّ الجانبي في النباتات الخشبية.

يوجد نوعان شائعان من الكمبيوم: الكمبيوم الوعائي والكمبيوم الفلّيني. يُوضّح الشكل (43) قطاعًا مستعرضًا لجذع شجرة، يظهر فيه نوع من الكمبيوم. أيّ نوع منها يُعدّ جزءًا من قلف الشجرة؟

تُظهِر النباتات ثنائية الفلقة نموًّا ثانويًا في نطاق الأنسجة الإنشائية التي تُسمّى الكمبيوم الوعائي. وتتكوّن هذه الأنسجة بين الخشب الأوّلي واللحاء الأوّلي ضمن الحزم الوعائية المنفردة، كما يظهر بعد العام الأوّل.



(شكل 43)
النموّ الثانوي في النباتات ثنائية الفلقة

ثمّ تنقسم خلايا الكمبيوم الوعائي لتُنتج طبقة جديدة من الخشب الثانوي لناحية مركز الساق، وخلايا اللحاء الثانوي للناحية الخارجية، كما يظهر بعد العام الثاني. تُشكّل هذه الأنسجة المختلفة كلًّا من القلف والخشب ضمن الساق الناضجة.

(ب) الكمبيوم

دع الطلّاب يدرسون الشكل (43) في الوقت نفسه الذي تشرح فيه الخطوات المتتالية في النموّ الثانوي، ثمّ اسأل:

- أين يظهر الكمبيوم الوعائي عندما يبدأ النموّ الثانوي؟ **(بين خشب ولحاء النسيج الوعائي الابتدائي)**
- ما الأسباب التي تجعل الساق تصبح أكثر سماكة؟ **(تنتج انقسامات الكمبيوم الوعائي طبقات جديدة من الخشب واللحاء اللذين يزيدان من سماكة الساق.)**
- أين تتكوّن خلايا اللحاء الجديدة؟ **(نحو الجهة الخارجية للكمبيوم، أي نحو الخارج في الساق)**
- أين تتكوّن خلايا الخشب الجديدة؟ **(نحو الجهة الداخلية للكمبيوم، أي نحو مركز الساق)**
- قارن بين نموّ السنة الأولى والسنة الثانية. ما الأنسجة التي يحلّ الفلين مكانها؟ **(القشرة والبشرة)**
- أين يقع الكمبيوم الفلّيني؟ **(بين اللحاء والبشرة)**
- أيّ الخلايا أكبر سنًّا، تلك الموجودة في اللحاء الابتدائي أم تلك الموجودة في اللحاء الثانوي؟ **(الابتدائي)**

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

تقليم الأشجار

شجِّع الطلّاب على ملاحظة المشاكل الناتجة عن نموّ النباتات، والحلول التي تُعتمَد في مجتمعهم.

(ج) تكوّن الخشب

دع الطلّاب يدرسون الشكل (44) قبل مناقشة تركيب الخشب، واسأل:

- لماذا تعتقد أنّ خلايا الصيف أصغر حجمًا من خلايا الربيع؟ **(الصيف حارّ وجافّ، والنموّ يكون أبطأ.)**

(أ) الكمبيوم الوعائي Vascular Cambium

يقع أحد نوعي الكمبيوم، وهو الكمبيوم الوعائي Vascular Cambium، بين الخشب واللحاء. ينتج الانقسام الخلوي في الكمبيوم الوعائي خشبًا جديدًا إلى الجهة الداخلية من الكمبيوم، ولحاءً جديدًا إلى الجهة الخارجية. ويحدث نموّ الخشب الجديد واللحاء الجديد في صورة دورية. ففي كلّ عام، يُنتِج الكمبيوم الوعائي خشبًا ولحاء جديدين أثناء موسم نموّ النباتات.

في بداية العام الثاني لنموّ النباتات الخشبية، يُسمّى الخشب الجديد الذي يُنتِجه الكمبيوم الوعائي بالخشب الثانوي Secondary Xylem، وهو يُعرَف عمومًا باسم الخشب. ويُسمّى اللحاء الجديد المتكوّن بواسطة الكمبيوم الوعائي كلّ عام باللحاء الثانوي Secondary Phloem، لكنّه لا يحمل اسمًا شائعًا. وكلّما نمت السوق والجذور في العرض عامًا بعد عام، ينقل الخشب الثانوي الماء، في حين ينقل اللحاء الثانوي السكّريات داخل النباتات.

(ب) الكمبيوم الفلّيني Cork Cambium

يُعرَف النوع الآخر من الكمبيوم **بالكمبيوم الفلّيني Cork Cambium، وهو النسيج الإنشائي الموجود بين اللحاء والبشرة.**

ويستبدل الانقسام الخلوي في الكمبيوم الفلّيني طبقة القشرة وطبقة البشرة أو النسيج الجلدي في النباتات بالفلّين الذي يحمي الشجرة. ويتّحد اللحاء الثانوي والكمبيوم الفلّيني والفلّين لتُكوّن القلف الذي يُحيط بجذع الشجرة. ربّما تعرف الفلّين الطبيعي، وهو المادّة المُستخدَمة في صناعة بعض أنواع لوحات الإعلانات.

وللعديد من الأشجار طبقات عديدة من الفلّين الذي يُعتبَر نسيجًا ميتًا ولا يُمكنه التمدّد. ونتيجة لذلك، يشقّ النموّ الأفقي المستمرّ لجذوع الأشجار أو يفلق الطبقات الخارجية، ممّا يُسبّب انشقاق طبقات الفلّين وبالتالي انشقاق القلف. وللأشجار مثل البلّوط قلف متشقّق بسبب نموّ الكمبيوم الفلّيني.

وتُربّى أشجار معيّنة ويُحافَظ عليها من أجل استخلاص الفلّين منها. فأشجار البلّوط الفلّينية في البرتغال تُنتِج حوالى 60 % من الإنتاج العالمي للفلّين الطبيعي.

ويُمكن استخلاص الفلّين من أشجار البلّوط الفلّينية كلّ 7 إلى 10 سنوات، عندما تبلغ الأشجار 25 عامًا من العمر، ويُمكن للأشجار التي يصل عمرها إلى 200 عام أن تظلّ تُنتِج الفلّين الصالح للاستعمال. ولا بدّ أن يُراعي جامعو الفلّين عدم إتلاف طبقة الكمبيوم الوعائي عند استخلاص الفلّين من الأشجار، فإذا أُزيلَت هذه الطبقة تموت الشجرة.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

تقليم الأشجار

يُسبّب نموّ النباتات مشكلات أحيانًا، مثلًا عندما تنمو شجرة على خطوط القوى الكهربائية أو على أملاك الجيران. عادةً، يعتني بالأشجار في شوارع المدينة عمّال البلدية أو مجلس الحيّ. اتّصِل بمجلس الحيّ الذي تعيش فيه وتعرّف ماذا تفعل إذا لاحظتَ شجرة نامية على ملكية عامّة بشكل يسترعي الانتباه. من ناحية أخرى، تُعتبَر الأشجار المزروعة في الملكيّة الخاصّة مسؤوليّة مالكيها الذين يستأجرون مؤسّسة خدمية أو هيئة خاصّة لمساعدتهم في رعايتها. رتِّب لإجراء حديث مع شخص ما في إحدى الهيئات الخاصّة لتقليم الأشجار في الحيّ الذي تعيش فيه. كيف يتمّ تهذيب الأشجار أو إزالتها؟ ما التجهيزات اللازمة لذلك؟ اسأل عن بعض المواقف التي استلزمت إزالة الأشجار.

3.3 تكوُّن الخشب Formation of Wood

يتراكم النسيج الخشبي سنويًّا ليُنتِج ما نُسمّيه بالخشب Wood. تستمرّ الطبقات الخارجية الجديدة فقط من الخشب الثانوي في نقل الماء وتكون فاتحة اللون، وتُسمّى بالخشب العصاري Sap Wood. كلّما ازداد عرض الساق الخشبية، أصبحت أنسجة الخشب القديمة والموجودة ناحية مركز الشجرة مصمتة وغير قادرة على نقل الماء. بالإضافة إلى ذلك، يُصبح لونها داكنًا مع مرور السنين لاحتوائها على نسب متزايدة من الشوائب التي لا يُمكِن التخلّص منها.

تُسمّى هذه الطبقات القديمة من الخشب بخشب القلب Heart Wood. يحتوي خشب القلب على موادّ مثل الزيوت والأصباغ والموادّ الراتينجية والتانينات غير الموجودة في الخشب العصاري. يُظهِر الشكل (44) تراكيب الخشب. لاحظ سلسلة الحلقات متداخلة المركز التي تُسمّى حلقات الشجرة Tree Rings أو حلقات النموّ Growth Rings. كيف تتكوّن هذه الحلقات؟

في معظم الأقاليم المناخية المعتدلة، يكون نموّ الشجرة موسميًّا. عندما يبدأ النموّ في فصل الربيع يبدأ الكمبيوم الوعائي بالنموّ بسرعة منتِجًا خلايا واسعة من خلايا الخشب فاتحة اللون ذات جدر رقيقة. النتيجة هي تكوُّن طبقة فاتحة اللون وواسعة من الخشب تُسمّى الخشب المبكر Early Wood أو خشب الربيع Spring Wood، ويكون هذا النوع من الخشب قادرًا على نقل كمّيات كبيرة من الماء. مع استمرار موسم النموّ في الصيف، وعندما يكون الطقس أكثر جفافًا وحرارة، يُنتِج الكمبيوم الوعائي خلايا أصغر لكنّها تتميّز بوجود جدر خلايا أسمك، تُشكّل طبقة من خلايا الخشب داكنة اللون وتستطيع نقل كمّيات من الماء أقلّ من تلك التي ينقلها الخشب المبكر. تُسمّى هذه الطبقات الخشب المتأخّر Late Wood أو خشب الصيف Summer Wood. يحدث نموّ هذه الطبقات بمعدّل أقلّ لأنّها تحدث في موسم الجفاف.

هذا التبادل أو التعاقب في الخشب الداكن والخشب الفاتح يُنتِج ما نُسمّيه عادة حلقات النموّ. تتألّف كلّ حلقة من نطاق من الخشب الداكن ونطاق من الخشب الفاتح، وتُناظِر كلّ حلقة سنة من النموّ، فإذا قمْتَ بعدّ الحلقات في مقطع عرضي من ساق الشجرة الخشبي، أمكنك تقدير عمر الشجرة. يُعطي أيضًا مقدار اتّساع الحلقة معلومات عن الظروف البيئية (الطقس رطب أم جافّ) التي كانت سائدة في سنة معيّنة من النموّ. فتُشير الحلقات الواسعة إلى أنّ الطقس السائد كان ممطرًا والحرارة كانت مناسبة، في حين تُشير الحلقات الضيّقة إلى حالة من الجفاف في الطقس. وتتكوّن حلقات النموّ أيضًا في الجذور. لماذا يُمكنك أن تُحدّد عمر الشجرة عن طريق عدّ حلقات النموّ فيها؟

(شكل 44)
قارن بين خشب الربيع وخشب الصيف في هذا القطاع المصوع. لماذا يكون خشب الربيع أكثر اتّساعًا؟

نشاط سريع

لتتأكّد من فهم الطلّاب لكيفية تكوّن الخشب، اطلب إليهم رسم تصوير لمقطع من ساق شجرة، على ورقة بيضاء جانبية وتحديد موقع كلّ من الخشب واللحاء، واسألهم:

* أين تقع خلايا الخشب الأصغر سنًّا؟ خلايا اللحاء الأكبر سنًّا؟ **(يجب أن تظهر الرسومات مقطعًا من ساق الشجرة محدّدة عليه مجموعة من طبقات خلايا الخشب الأصغر سنًّا، داخل الكمبيوم الوعائي، مباشرة باتّجاه مركز الساق، وطبقة من خلايا اللحاء الأكبر سنًّا، خارج الكمبيوم الوعائي، مباشرة باتّجاه خارج الساق.)**
* أيّ من الأنسجة ينتج هذين النوعين من الخلايا؟ **(ينتج الكمبيوم الوعائي كلًّا من نسيج الخشب واللحاء.)**
* ما هو الخشب العصاري؟ **(الخشب الحديث مباشرة داخل الكمبيوم الوعائي والذي يكون نشيطًا بنقل الماء.)**
* ما هو خشب القلب؟ **(الخشب القديم أو المتقدّم في السنّ، والموجود باتّجاه مركز الساق، والذي فقد القدرة على نقل الماء.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 44 ص 57 في كتاب الطالب: (يكون النموّ سريعًا خلال فصل الربيع بسبب وجود كمّيات كبيرة من الماء، فينتج عن هذا خلايا خشب أكبر حجمًا.)

إجابة سؤال الشكل 45 ص 58 في كتاب الطالب: (الكمبيوم الوعائي والكمبيوم الفلّيني)

إجابة سؤال ص 57 في كتاب الطالب: (كلّ حلقة مكوّنة من حلقتين داكنة وفاتحة تمثّلان خشب الربيع وخشب الصيف خلال السنة الواحدة.)

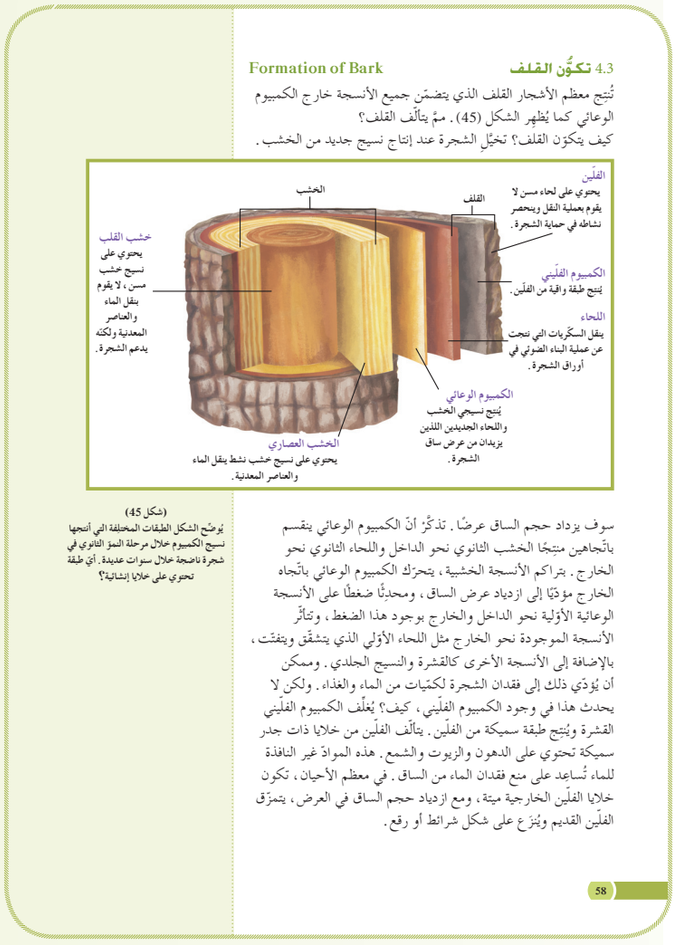
(د) تكوّن القلف

نشاط توضيحي

اعرض على الطلّاب عيّنات قلف من أنواع عديدة من الأشجار. فسّر أنّ ظهور القلف يختلف بين أنواع الأشجار، وهو يُعدّ إحدى الصفات المُستخدَمة لتصنيف الأشجار. اسأل:

* ما نوع الخلايا التي تكوّن القلف؟ **(اللحاء الثانوي والفلّين والكمبيوم الفلّيني)**
* لماذا يتشقّق القلف؟ **(عندما تنمو الشجرة تتمدّد، لكنّ الفلّين لا يحدث له ذلك. وبتشقّق طبقات الفلّين، فإنّها تسبّب تشقّق القلف.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "فحص شريحة جاهزة لقطاع عرضي في ساق نبات أحادي الفلقة وثنائي الفلقة" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 29 و30. يساعد هذا النشاط الطلّاب على دراسة الأنسجة النباتية الثلاث التي تتركّب منها الساق ومقارنة ترتيب الحزم الوعائية بين خلايا الأنسجة النباتية في النباتات الزهرية أحادية الفلقة وثنائية الفلقة.



4.3 تكوُّن القلف Formation of Bark

تُنتِج معظم الأشجار القلف الذي يتضمّن جميع الأنسجة خارج الكمبيوم الوعائي كما يُظهِر الشكل (45). ممَّ يتألّف القلف؟ كيف يتكوّن القلف؟ تخيّل الشجرة عند إنتاج نسيج جديد من الخشب.

(شكل 45)
يوضّح الشكل الطبقات المختلفة التي أنتجها نسيج الكمبيوم خلال مرحلة النموّ الثانوي في شجرة ناضجة خلال سنوات عديدة. أيّ طبقة تحتوي على خلايا إنشائية؟

سوف يزداد حجم الساق عرضًا. تذكّرْ أنّ الكمبيوم الوعائي ينقسم باتّجاهين منتجًا الخشب الثانوي نحو الداخل واللحاء الثانوي نحو الخارج. بتراكم الأنسجة الخشبية، يتحرّك الكمبيوم الوعائي باتّجاه الخارج مؤدّيًا إلى ازدياد عرض الساق، ومحدِثًا ضغطًا على الأنسجة الوعائية الأوّلية نحو الداخل والخارج بوجود هذا الضغط، وتتأثّر الأنسجة الموجودة نحو الخارج مثل اللحاء الأوّلي الذي يتشقّق ويتفتّت، بالإضافة إلى الأنسجة الأخرى كالقشرة والنسيج الجلدي. وممكن أن يُؤدّي ذلك إلى فقدان الشجرة لكمّيات من الماء والغذاء. ولكن لا يحدث هذا في وجود الكمبيوم الفلّيني، كيف؟ يُغلِّف الكمبيوم الفلّيني القشرة ويُنتِج طبقة سميكة من الفلّين. يتألّف الفلّين من خلايا ذات جدر سميكة تحتوي على الدهون والزيوت والشمع. هذه الموادّ غير النافذة للماء تُساعِد على منع فقدان الماء من الساق. في معظم الأحيان، تكون خلايا الفلّين الخارجية ميتة، ومع ازدياد حجم الساق في العرض، يتمزّق الفلّين القديم ويُنزَع على شكل شرائط أو رقع.

ثابت مثل الأرجوحة الشبكية

3. تُزرَع الأشجار قريبة بعضها من بعض لكي تعمل كمصدّات رياح في الحدائق والطرق والمباني. ناقش المزايا الأخرى للأشجار المزروعة قريبة بعضها من بعض.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، اطلب إلى الطلّاب رسم جدول بخانتين على السبّورة. اجعل الأولى للنموّ الابتدائي والثانية للنموّ الثانوي. اطلب إلى الطلّاب أن يحدِّدوا الأنسجة والعمليات التي تحدث في كلّ نوع من النموّ. اسأل:

- ما المناطق الثلاث للنموّ الابتدائي الموجودة في المرستيم القمّي للجذر؟ **(الانقسام الخلوي والاستطالة والتمايز)**
- أين توجد أنسجة المرستيم الجانبي؟ **(خلال جوانب الجذور والسوق وموازية لها)**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–4

1. في الأنسجة الإنشائية أو المرستيمية، التي تكون: قميّة – عند قمم السوق والفروع والجذور؛ إبطيّة – عند أماكن اتّصال الأوراق بالسوق؛ وجانبية – ضمن جوانب الجذور والسوق وموازية لها.
2. النموّ الأوّلي أو الإبتدائي: سوق أطول وجذور أعمق. النموّ الثانوي: سوق وجذور أسمك.
جميع النباتات الوعائية لها نموّ ابتدائي، والنباتات الخشبية لها نموّ ثانوي.
3. الأنسجة الإنشائية هي أنسجة تتميّز بقدرتها على إنتاج خلايا جديدة غير متخصصة بواسطة الإنقسام الميتوزي أمّا أنسجة النبابات الأخرى فهي تتكوّن من الخلايا التي انتجها النسيج الانشائي والتي تخصَّصت لتشكّل واحد من ثلاثة أنواع من الأنسجة التي تكوِّن النباتات وهي النسيج الوعائي أو البشرة أو النسيج الأساسي.
4. كلّا، يتمّ إنتاج الفلّين بواسطة الكمبيوم الفلّيني الذي لا يوجد في النباتات أحادية الفلقة.
5. ينتج الانقسام الميتوزي خلايا بنوية متماثلة وراثيًّا مع الخلايا الأبوية.

مراجعة الدرس 1–4

1. أين تنشأ الخلايا والأنسجة الجديدة في النباتات؟
2. صِفْ نمطين شائعين من نموّ النباتات. ما نوع النباتات التي يظهر فيها كلّ نمط من أنماط النموّ؟
3. قارن بين الأنسجة الانشائية والأنسجة الاخرى من النباتات.
4. **سؤال للتفكير الناقد:** هل تتوقّع أنّ معظم النباتات أحادية الفلقة تُنتِج الفلّين؟ فسّر إجابتك.
5. **أضِف إلى معلوماتك:** كيف يُمكّن الانقسام الميتوزي النباتات النامية من الحفاظ على الرسالة الوراثية المدوّنة في معظم خلاياها؟

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

ثابت مثل الأرجوحة الشبكية

قد لا تحتاج أبدًا إلى تحريك أرجوحتك الشبكية إلى أسفل. كلّما نمت الأشجار المعلّقة فيها. فالأشجار تنمو في الطول عند أطراف فروعها أو قممها، لذلك فالأرجوحة المثبّتة بشجرتين تبقى عند الارتفاع نفسه تقريبًا طيلة فترة حياة الشجرتين.

59

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة تصميم التجارب:** شجِّع الطلّاب على تصميم تجربة لتحديد ما إذا كان لجميع النباتات المعدّل نفسه من النموّ الابتدائي. يجب أن يقرِّر الطلّاب كيف سيقومون بقياس النموّ الابتدائي، ويحدِّدوا النباتات التي سيدرسونها.
- **مهارة البحث:** دع الطلّاب يبحثون ويكتبون عن الاستخدامات اليومية للنباتات وحيدة الفلقة وثنائية الفلقة، مثل تحضير الأدوية والمنتجات الغذائية، وتصنيع الملابس والأثاث.
- **مهارة صياغة الفرضيات:** يقوم بعض المواطنين الذين يقطنون بجانب الغابات بتقشير الأشجار من ناحية الكعب للتخلّص منها وتحويل الغابات إلى مراعي. عند تقشير الساق بإزالة قطع القلف الذي يحيط بأسفل الساق، تموت الشجرة. أُطلب إلى الطلّاب طرح فرضية لسبب موت الشجرة عند تقشيرها. **(يؤدّي التقليم إلى إزالة طبقة القلف، وبذلك يُزال معها اللحاء المسؤول عن نقل العصارة من ورق الشجرة إلى الأقسام الباقية فيها، ومنها الجذور. في غياب وصول السكّر، وهو مصدر الطاقة، إلى خلايا الجذور غير القادرة على إنتاج غذائها بنفسها، سيتوقّف النقل الفعّال في خلايا الجذور. وفي ظلّ غياب الطاقة، لن تظلّ الجذور قادرة على امتصاص المعادن والماء من التراب، ما يؤدّي إلى موت الشجرة.)**

الفصل الثاني

التكاثر والاستجابة في النباتات

دروس الفصل

2–1: التكاثر الجنسي في النباتات (1)

2–2: التكاثر الجنسي في النباتات (2)

2–3: التكاثر اللاجنسي في النباتات

مقدمة الفصل

مهّد لدراسة الفصل عبر توجيه الطلّاب إلى تعرّف صورة افتتاحية الفصل، وناقش الطلّاب حول مدى ارتباط الافتتاحية بمحتوى الفصل. اسألهم كيف تستجيب النباتات للتغيرات الحاصلة في ضوء الشمس أو درجات الحرارة الفصلية.

وجّه الطلّاب إلى تعرّف عناوين الدروس الواردة في هذا الفصل.

تزهّر نباتات أجراس الثلج في هواء جبال الألب الشاهقة الارتفاع أسفل القمم المكسوّة بالثلج، وشمالًا في وسط الاسكا. في بداية فصل الصيف، تنبت أعشاب من خلال ثلج الصيف المبكر تُشبه الصوف الثلجي في أرض دائمة التجمّد. كيف تبقى هذه النباتات حيّة في المناطق القطبية التي غالبًا ما تكون مظلمة، وبوجود الرياح والبرد الشديدان؟ كيف تتكاثر بوجود هواء قليل الأكسجين وتحت درجات الحرارة المنخفِضة في قمم الجبال؟ غالبًا ما تكون الإجابات عن هذه الأسئلة مذهلة. فبعض النباتات تفرز الكحول الذي يعمل كمادّة مانعة للتجمّد، ولأزهار نباتات أخرى بتلات لها قدرة عالية على عكس الضوء، فهي تتخذ شكل الكؤوس لاقتناص أشعّة الشمس، لذلك قد ترتفع درجة حرارتها 10°C عن الهواء المحيط بها. الطقس البارد الذي تعيش فيه هذه النباتات البذرية يُبطِئ معدّلات تكاثرها، فتستغرق عامين أو ثلاثة لتُنجِز ما تُنجزه النباتات التي تعيش في الطقس الدافئ في موسم نموّ واحد. فبراعمها التي تتكوّن في فصل الصيف تبقى راقدة طوال موسم الشتاء الطويل، وتُزهِر مع الأيّام الدافئة الأولى لفصل النموّ التالي. وتتكاثر نباتات قطبية عديدة في التربة عن طريق إنتاج الريزومات أو السوق الجارية لتنمو نباتات جديدة.

خلال البرد، تحتفظ بعض النباتات بالحرارة والطاقة لكي تمنع سوائلها الداخلية من التجمّد. أمّا في البرد القارس فتدخل هذه النباتات في فترة الكمون. ما الطرق الأخرى التي تستجيب بها النباتات لما يحيط بها عندما تنمو وتتكاثر؟

دروس الفصل

الدرس الأوّل
- التكاثر الجنسي في النباتات (1)

الدرس الثاني
- التكاثر الجنسي في النباتات (2)

الدرس الثالث
- التكاثر اللاجنسي في النباتات

الدرس 2-1 التكاثر الجنسي في النباتات (1)

الأهداف:
- يشرح ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات.
- يصف عمليّة تكاثر النباتات اللابذرية والنباتات البذرية.

الأدوات المستعملة: لوحات أو شفافيات وصور لدورات حياة الحزازيات، السرخسيات والمخروطيات.

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (46) والتعليق المصاحب له. ذكّرهم أنّ البذور هي منتجات التكاثر الجنسي في النباتات. اسأل:

- كيف يكون تساقط البذور بعيدًا عن النباتات الأبوية، مفيدًا لانتشار النباتات؟ **(سيكون الكثير من النباتات الجديدة قادرًا على أن ينمو في مناطق من دون التنافس على ضوء الشمس والعناصر الغذائية.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول التكاثر الجنسي في النباتات وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما المصطلح الذي يُستخدَم لوصف دورة حياة النبات؟ **(تعاقب الأجيال)**
- ماذا تُسمّى الخلايا الجنسية وحيدة المجموعة الكروموسومية أو الصبغية؟ **(الأمشاج أو الجاميتات)**

نشاط سريع

اعرض عددًا كبيرًا من الثمار المتنوّعة مثل التفّاح أو التوت، والثمار ذات الأشواك مثل الخروع ورأس الهندباء البرية. اشر إلى أنّ البذور تنتشر لمسافة بعيدة بطرق متنوّعة. اسأل:

- كيف تنتشر بذور تلك الثمار؟ **(تنتقل بذور الثمار بواسطة الحيوانات والإنسان؛ الثمار الشائكة تتعلّق بفرو الحيوانات؛ تنتقل بذور الهندباء البرّية بواسطة الرياح.)**
- لماذا يُعدّ انتشار البذور مفيدًا للنباتات؟ **(انتشار البذور يقلّل من تنافس النبات على العناصر الغذائية والماء والضوء والمساحة لكي تنمو وتتكاثر بدورها.)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 التكاثر الجنسي

ناقش مع الطلّاب كيفية إنتاج النباتات الهجينة كالموضّحة في الشكل (47). اسأل:

- ما أهمية التنوّع الوراثي للكائنات؟ **(مقاومة الأمراض والافتراس والتغيرات الحاصلة في البيئة)**

صفحات الطالب: من ص 61 إلى ص 67

عدد الحصص: 2

الدرس 2-1 التكاثر الجنسي في النباتات (1)
Sexual Reproduction in Plants (1)

الأهداف العامة
- يشرح ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات.
- يصف عملية تكاثر النباتات اللابذرية والنباتات البذرية.

(شكل 46)

إذا تجوّلتَ يومًا في الغابة في أواخر فصل الصيف، قد تسمع أصوات فرقعة خفيفة. إنّها بذور شجرة البندق الساحرة الموضّحة في الشكل (46) تُقذَف بقوّة نتيجة تقلّص القرون التي تحويها. قد تصل تلك البذور إلى مسافة تتجاوز 14 مترًا، فهي عبارة عن منتجات التكاثر الجنسي في النباتات البذرية.

1. التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

تمرّ معظم النباتات بطور من التكاثر الجنسي في مرحلة من مراحل دورة حياتها. لذلك، فإنّ إمكانية إنتاج نباتات متنوّعة وراثيًّا، لا بدّ أن تكون ذات فائدة كبيرة للأنواع المختلفة منها.

فالتنوّع الوراثي في الكائنات الحيّة يعزّز مقدرتها على مقاومة الأمراض، والافتراس، والتأقلم مع التغيّرات التي تحدث في البيئة التي تعيش فيها. يسمح ذلك للنباتات بالاستمرار في الحياة والانتشار على شكل نباتات جديدة وهجينة ذات صفات وراثية مختلفة إلى حدّ ما عن النباتات الأمّ. ويُوضّح الشكل (47) وردة هجينة.

وعلى الرغم من أنّ الأزهار تُعتبَر أكثر التراكيب التكاثرية شيوعًا، إلّا أنّ هناك نباتات لا تُنتِج أزهارًا. فالحزازيات والسرخسيات والنباتات المخروطية مثلًا تتكاثر من دون أن تُكوّن أزهارًا، فلهذه النباتات تراكيب متخصّصة لإيواء البويضات والأمشاج الذكرية.

(شكل 47)
أُنتِجت هذه الوردة الهجينة بانتقال حبّة لقاح من نوع من الورد إلى نوع آخر. ويستخدم مربّو النباتات هذا النوع من التكاثر الجنسي لإنتاج زهور ذات روائح وألوان وأشكال جديدة.

61

* ما السبب في أنّ بقاء النباتات واستمرارها في الحياة مرهون بالتنوّع الوراثي؟ **(الارتباطات الجينية التي تتمّ لدى الأفراد المتكاثرة جنسيًّا تؤدّي إلى ظهور نباتات هجينة جديدة ذات صفات وراثية مختلفة عن الأبوين.)**

2.2 تعاقب الأجيال

دع الطلّاب يتتبّعون تتابع الأحداث الموضّح في الشكل (48). تأكّد من أن الطلّاب يفهمون الطورين في دورة حياة النباتات. اسأل:

* أيّ العمليات موضّحة في الشكل؟ **(الانقسام الميتوزي والانقسام الميوزي والإخصاب)**
* ما العملية التي تنتج زيجوتات؟ **(الإخصاب)**
* ما العملية التي تنتج جراثيمًا (أبواغًا)؟ **(الانقسام الميوزي)**
* ما العملية التي تنتج كلًّا من النباتات المشيجية والنباتات الجرثومية؟ **(الانقسام الميتوزي)**

اشر إلى أنّ التكاثر الجنسي يتطلّب تكوين خلايا متخصّصة تُسمّى الأمشاج، التي تضم نواتها مجموعة مفردة من الكروموسومات يُرمَز لها بـ (n). ذكّر الطلّاب بأنّ الانقسام الميوزي للخلية الأمّ (2n) يؤدّي إلى تكوين أربع خلايا، يحتوي كلّ منها على نصف عدد الكروموسومات.

فسّر أنّ الإخصاب يؤدّي إلى اتّحاد نواتي المشيج المذكّر والمشيج المؤنث لتكوين الزيجوت (البيضة الملقّحة أو اللاقحة)، فتصبح نواة اللاقحة تضمّ مجموعة من الكروموسومات يُرمَز لها بـ (2n).

ذكّر الطلّاب بأنّ التعاقب هو تبادل أو تناوب الانتقال بين طورين أو مرحلتين في دورة حياة النباتات وتكاثرها الجنسي، وأنّ هذا التعاقب مهمّ جدًّا في عملية التكاثر الجنسي في النباتات.

إجابة سؤال الشكل 48 صفحة 62 في كتاب الطالب

النبتة المشيجية تنتج الأمشاج بواسطة الانقسام الميتوزي.

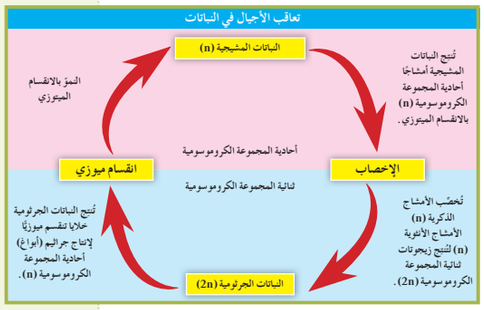
اشر إلى أنّ دورة حياة النباتات تتضمّن طورين متتاليين. الطور الأول وهو النبات الجرثومي (البوغي) الذي تحتوي نواة خلاياه على مجموعة كروموسومات مزدوجة (2n)، والذي يؤدّي عند نهايته بعد الانقسام الميوزي إلى تكوين جراثيم (أبواغ) تحتوي نواتها على مجموعة كروموسومية مفردة (n). أمّا الطور الثاني فهو النبات المشيجي الذي تحتوي نواة خلاياه على مجموعة كروموسومات مفردة (n)، والذي يؤدي عند نهايته بعد الانقسام الميتوزي إلى تكوين أمشاج تحتوي نواتها أيضًا على مجموعة كروموسومية مفردة (n). والإخصاب وتكوّن اللاقحة وانقسامها ميتوزيًّا سوف تؤدّي إلى نباتات جرثومية (بوغية) من جديد.

وتُعتبَر عملية التكاثر الجنسي في النباتات أكثر تعقيدًا منها في معظم الحيوانات، لأنّ دورة حياتها تستلزم حدوث طورين مختلفين. وبسبب اختلاف هذين الطورين، فإنّ دورة حياة النباتات تتميّز بظاهرة تعاقب الأجيال.

2. تعاقب الأجيال Alternation of Generations

تمرّ جميع النباتات أثناء دورة حياتها بظاهرة تُسمّى **تعاقب الأجيال Alternation of Generations**، والتي **تتحوّل خلالها النباتات من أجيال ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) إلى أجيال أحادية المجموعة الكروموسومية (1n). وتتضمّن هذه الظاهرة طورين مهمّين هما: الطور المشيجي والطور الجرثومي أو البوغي.** وقد أُعطِي هذان الطوران هذين الإسمين نسبة إلى ما يُنتِجه كلّ منهما: الأمشاج، والجراثيم أو الأبواغ على التوالي. **خلال الطور المشيجي Gametophyte، تكون النباتات مكوّنة من خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (n)، وتُنتِج الأمشاج التي تتحد أثناء عملية الإخصاب لتكوّن الزيجوت (اللاقحة). أمّا خلال الطور الجرثومي (البوغي) Sporophyte فتكون النباتات مكوّنة من خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n). ويتمّ خلاله انقسام خلايا معيّنة ميوزيًّا لإنتاج الجراثيم (الأبواغ)، وهي تراكيب تكاثرية أحادية المجموعة الكروموسومية (n).** وتستمرّ دورة حياة النباتات بانقسام الجراثيم أو الأبواغ ميتوزيًّا لإنتاج النباتات المشيجية. لاحظ موضع النباتات المشيجية في دورة حياة النباتات الموضّحة في الشكل (48). قد تُصبح النباتات المشيجية نباتات مستقلّة كما يحدث في الحزازيات والسرخسيات، أو مجموعة من الخلايا تعتمد كلّيًّا على خلايا النباتات الجرثومية كما يحدث في النباتات المخروطية والزهرية.

(شكل 48)
يُمثّل هذا الشكل ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات. كيف تُنتِج الأمشاج؟



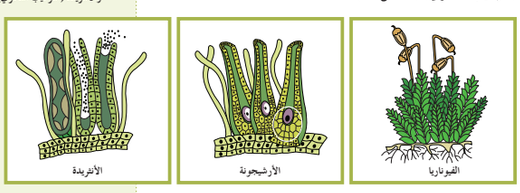
وتختلف دورة حياة النباتات عن دورة حياة الحيوانات في أمرين: الأوّل هو أنّ الخلايا الجسمية للحيوانات هي ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n)، أمّا خلال دورة حياة الأنواع المختلفة من النباتات، قد يكون الطور الجرثومي أو الطور المشيجي هو السائد. وفي معظم الأنواع النباتية، يكون الطور الجرثومي هو السائد، أمّا في الحزازيات فالطور المشيجي هو السائد. والثاني هو أنّ الانقسام الميوزي لدى الحيوانات يُؤدّي إلى تكوين الأمشاج مباشرة. أمّا في النباتات، فيُؤدّي إلى تكوين الجراثيم. ويُمكِن للجراثيم أن تُصبح نباتات مستقلّة منتِجة للأمشاج كما يحدث في السراخس والحزازيات.

وفي نباتات أخرى مثل النباتات المخروطية والزهرية، تنمو الجراثيم إلى تراكيب منتِجة للأمشاج، ولا تستقلّ بل تبقى معتمِدة على الطور الجرثومي. وكما في الحيوانات، يحدث الإخصاب باتّحاد السابحات الذكرية والبويضة، فينتج زيجوت جديد ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n). لكن في بعض النباتات مثل الحزازيات والسرخسيات، يحدث الإخصاب في الماء. أمّا في النباتات المخروطية والزهرية، فيتمّ الإخصاب من دون الحاجة إلى توفّر الماء.

3. دورة حياة النباتات اللابذرية Life Cycle of Seedless Plants

خلال دورة حياة الفيوناريا، وهي من الحزازيات، يكون الطور السائد هو الطور المشيجي (الشكل 50). تنمو النباتات المشيجية (n) من جراثيم (n) في محيط بيئي مناسب وتعيش مستقلة معتمدة على نفسها في الغذاء لإحتواء خلاياها على البلاستيدات الخضراء ويمتص الماء والمعادن بواسطة الجذور. أثناء هذا الطور، يُؤدّي الانقسام الميتوزي في الأنثريدة Antheridium (التركيب الذكري) إلى إنتاج السابحات الذكرية ذات الأسواط، كما يُؤدّي إلى إنتاج البويضات في الأرشيجونة Archegonium (التركيب الأنثوي) (الشكل 49).

(شكل 49)
نبتة الفيوناريا والتراكيب التكاثرية: الأرشيجونة (التركيب الأنثوي) والأنثريدة (التركيب الذكري)



3.2 دورة حياة النباتات اللابذرية

(أ) دورة حياة الحزازيات

دع الطلّاب يتبعون تسلسل الأحداث الموضّح في الشكل (50).
اسأل:

- ما نوع الخلايا التي ينتجها كلّ من النبتة المشيجية المذكّرة والمؤنّثة؟ **(الأمشاج المذكّرة والمؤنّثة)**
- علامَ تحتوي أنوية خلايا النبتة المشيجية؟ **(مجموعة مفردة من الكروموسومات)**
- ما الذي يحدث بعد الإخصاب وتكوّن اللاقحة؟ **(تتعرّض اللاقحة لعدّة انقسامات ميتوزية لتكوّن النبتة الجرثومية (البوغية).)**

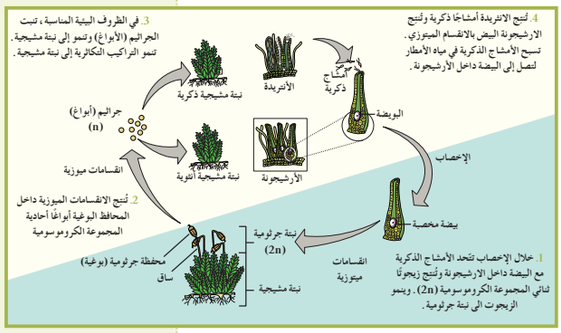
ذكّر الطلّاب بأنّ الحزازيات هي نباتات خضراء صغيرة تنمو عادة في المياه وفي الأماكن الرطبة الظليلة، لها أشباه جذور وأشباه سوق وأشباه أوراق، ولا تحتوي على أنسجة دعامية. وبعض أنواع الحزازيات وحيدة المسكن، أي أنّها تحمل الأعضاء المذكّرة (الانثريدات) والمؤنّثة (الأرشيجونات) معًا. وبعض الأنواع الأخرى ثنائية المسكن، وتكون نباتات مشيجية مذكّرة ونباتات مشيجية مؤنّثة. وقد تختلف النباتات المشيجية المذكّرة عن المؤنّثة من حيث الحجم واللون أحيانًا.

- اشر إلى أنّه خلال دورة حياة الفينوريا (نوع من الحزازيات)، تكوّن النبتة المشيجية هو الطور السائد أي الذي يستمرّ لفترة أطول. وأنه خلال هذا الطور، تتكوّن الأمشاج في الأعضاء المذكّرة والمؤنّثة. وعند نضج الأنثريدات، تتحرّر الأمشاج المذكّرة ذات الأسواط وتبدأ بالحركة، وتأخذ طريقها في الماء إلى الأرشيجونة، حيث تصل إلى البيضة ليتمّ إخصابها. يبدأ الانقسام الميتوزي في الزيجوت (اللاقحة) وينتج عنه تكوّن النباتات الجرثومية (2n). وتبقى النبتة الجرثومية المكتملة مثبّتة على النبتة المشيجية لتحصل على ما يلزمها من موادّ غذائية. أمّا الجزء العلوي، فيتكوّن من ساق ومحفظة جرثومية (بوغية)، وهي التي تحتوي على النسيج الجرثومي الذي يحتوي على الخلايا الجرثومية الأمّ التي تنتج الجراثيم (الأبواغ).

(ب) دورة حياة السرخسيات

دع الطلّاب يتبعون تسلسل الأحداث الموضّح في الشكل (51).
اسأل:

- ما نوع الخلايا التي ينتجها كلّ من الأعضاء المذكّرة والمؤنّثة في النباتات المشيجية؟ **(الأمشاج المذكّرة والمؤنّثة)**
- علامَ تحتوي أنوية خلايا النباتات المشيجية؟ **(مجموعة مفردة من الكروموسومات)**
- ما الذي يحدث بعد الإخصاب وتكوّن اللاقحة؟ **(تتعرّض اللاقحة لعدّة انقسامات ميتوزية لتكوّن النبتة الجرثومية.)**



□ طور ثنائي المجموعة الكروموسومية
□ طور أحادي المجموعة الكروموسومية

(شكل 50)
دورة حياة الحزازيات

في فترة الخصوبة، تنفصل الأمشاج الذكرية عن الأنثريدة وتسبح باتّجاه الأرشيجونة لتُخصّب البويضة عند قاعدتها، فتنتج بيضة مخصّبة (زيجوت) ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n). بعد ذلك يقوم الزيجوت بعدّة انقسامات ميتوزية ينتج عنها جنين ثنائي المجموعة الكروموسومية (2n) داخل الأرشيجونة. ينمو الجنين على النبتة المشيجية ويعتمد عليها في الغذاء ليصبح نبتة جرثومية (2n).
تتشابه دورة حياة الخنشار، وهو من السرخسيات، مع دورة حياة الحزازيات، مع الإختلاف بأنّ الأنثريدة والأرشيجونة تتكوّنان عند السطح السفلي للنباتات المشيجية. وعند توفّر الماء، تسبح الأمشاج الذكرية التي تُطلقها الأنثريدة باتّجاه الأرشيجونة، فتتّحد إحداها مع بويضة داخلها، ما يُؤدّي إلى إنتاج بويضة مخصّبة ثنائية المجموعة الكروموسومية. وتُعتبَر البويضة المخصّبة الخليّة الأولى لنباتات جرثومية (بوغية) (الشكل 51).
خلال الطور الجرثومي (البوغي)، تتكوّن المحافظ البوغية على شكل بثرات في الجهة السفلى لأوراق نباتات الخنشار. تقوم الخلايا في المحافظ الجرثومية (البوغية) بالانقسام الميوزي، فتُنتج أبواغًا جديدة أحادية المجموعة الكروموسومية. وعندما تنفجر المحافظ الجرثومية (البوغية)، ينقل الهواء الجراثيم (الأبواغ) الناضجة، وينشرها في مساحات واسعة من الأرض حيث تنمو لتُكوّن نباتات مشيجية جديدة أحادية المجموعة الكروموسومية.

* كيف تتشابه دورتا حياة الفينوريا والخنشار وكيف تختلفان؟ **(خلال الدورتين، يوجد تعاقب الأجيال، وتكوّن النبتة المشيجية الأمشاج والنبتة الجرثومية الجراثيم(الأبواغ). وتختلف الدورتان بأنّ الطور المشيجي هو الطور السائد في الفينوريا (الحزازيات)، أمّا في الخنشار (السرخسيات) فالطور السائد هو الطور الجرثومي. النبتة المشيجية في الخنشار أحادية المسكن، أي تحمل الأعضاء المذكّرة والمؤنّثة معًا.)**

4.2 التكاثر بالبذور

نشاط توضيحي

دع الطلّاب يقطعون بذور فول وحمّص مستنبتة وحبّة ذرّة مستنبتة. وزّع عليهم عدسات يدوية، واطلب إليهم أن يقارنوا بذورها ويحدّدون ما إذا كانت البذرة والحبّة أحادية الفلقة أم ثنائية الفلقة.

اشر إلى أنّ البذور هي وسيلة تكاثر النباتات المنتجة لها، وانتشارها في مساحات واسعة من الأرض. بالإضافة إلى أنّ بعض أنواع البذور يشكّل أحد مصادر الغذاء.

اشر أيضًا إلى أنّ البذور تتكوّن من تراكيب تُسمّى بويضات تكون موجودة في الأزهار أو على مخاريط بعض النباتات. وقد صنّف علماء النباتات البذور في مجموعتين رئيسيتين هما: بذور مغلّفة أو مغطّاة، وبذور عارية.

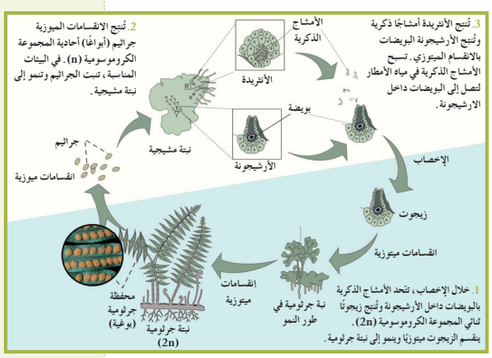
ذكّر الطلّاب بأنّ البذور المغطّاة تتكوّن في النباتات التي يكون البيض فيها محصورًا في تكوين داخل الزهرة يُسمّى المبيض.

أمّا البذور العارية، فتتكوّن في النباتات وفي أنواع من الأشجار والشجيرات، حيث يتكوّن البيض على السطح العلوي للحراشيف التي تكوّن المخاريط. ولا تحتوي عاريات البذور على مبايض، لذا لا تكون البذور فيها مُحاطة بأنسجة المبيض خلال فترة تكوينها. وعندما تنضج البذور، تنغلق حراشيف المخاريط بعضها على بعض، موفّرة بذلك بعض الحماية للبذور.

توظيف الأشكال

دع الطلّاب يتبعون تسلسل الأحداث الموضّح في الشكل (54). اسأل:

* ممَّ تتكوّن النباتات المشيجية الذكرية في الصنوبر؟ **(مجموعة حبوب اللقاح)**
* كيف تنتقل حبوب اللقاح من المخاريط المذكّرة إلى المخاريط المؤنثة؟ **(بواسطة الهواء)**
* متى تحدث عملية التلقيح؟ **(عندما تصل حبوب اللقاح إلى النبتة المشيجية المؤنثة الموجودة في المخاريط المؤنثة.)**
* أيّ من الطورين هو السائد في دورة حياة الصنوبر؟ **(الطور الجرثومي)**
* أين تكمن أهمّية إنتاج حبوب اللقاح بكمّيات كبيرة في المخاريط المذكّرة لنبات الصنوبر؟ **(حتى يصل أكبر عدد منها إلى البيض الموجود بين الحراشف في المخاريط المؤنثة بواسطة الهواء.)**



طور ثنائي المجموعة الكروموسومية
طور أحادي المجموعة الكروموسومية

(شكل 51)
دورة حياة السرخسيات

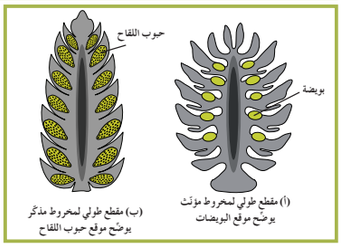
4. التكاثر بالبذور Reproduction by Seeds

أنواع كثيرة من النباتات تُنتج البذور أثناء التكاثر الجنسي. **والبذرة عبارة عن تركيب يحتوي على جنين نباتي ثنائي المجموعة الكروموسومية، ويُخزّن الغذاء في شكل نشا بصورة أساسية.** ولمعظم البذور غلاف واقٍ قويّ. ويُمكن أن تنتقل البذور بعيدًا عن النباتات الأمّ بواسطة الرياح أو الماء أو الحيوانات، تمامًا كما تنتقل الجراثيم (الأبواغ). ويسمح ذلك للنباتات البذرية بالانتشار إلى مساحات واسعة من الأرض.

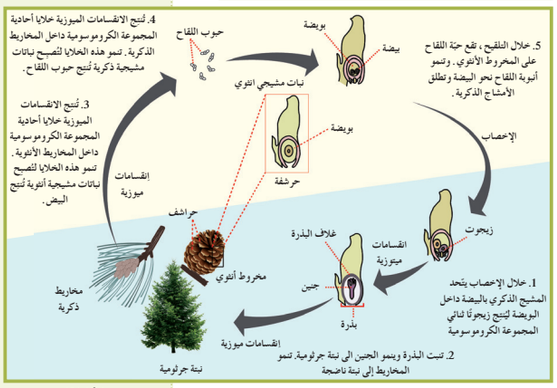
توجد مجموعتان من النباتات التي يُمكنها إنتاج البذور. المجموعة الأولى هي النباتات عاريات البذور، وسمّاها العلماء كذلك لأنّ بذورها غير مغلّفة بثمرة، مثل النباتات المخروطية التي تتواجد بذورها داخل المخاريط. والمجموعة الثانية هي النباتات مغطّاة البذور والتي تكون بذورها مغلّفة بالثمار، مثل بذور النباتات الزهرية. وتتضمّن هذه المجموعة نباتات أحادية الفلقة Monocots أو ثنائية الفلقة Dicots، وفقًا لعدد الفلقات الموجودة داخل البذرة.

يظهر الشكل (54) دورة حياة الصنوبر، وهو نوع من أنواع النباتات المخروطية. تحمل شجرة الصنوبر نوعين من المخاريط، الذكرية والأنثوية، منفصلة بعضها عن بعض (شكل 52). خلال فصل الربيع، تقوم خلايا معيّنة ثنائية المجموعة الكروموسومية من المخاريط الذكرية بإنتاج جراثيم ذكرية دقيقة Microspores أحادية المجموعة الكروموسومية بواسطة الانقسام الميوزي. وفي الوقت نفسه، تقوم المخاريط الأنثوية بإنتاج جراثيم أنثوية ضخمة Macrospores.

(شكل 52)
المخاريط الأنثوية والذكرية وموقع كلّ منهما على الشجرة.



(شكل 53)
مقطعان طوليان لمخروطين أحدهما مذكّر والآخر مؤنث.



(شكل 54)
دورة حياة الصنوبر

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة المقارنة والمباينة:** اطلب إلى الطلّاب إعداد جداول توضّح دورات حياة الحزازيات والسرخسيات والمخروطيات.
- **مهارة التعبير الكتابي:** اطلب إلى الطلّاب البحث عن عملية التلقيح والإخصاب في بعض أنواع النباتات المخروطية.
- **مهارة إعداد النماذج:** اطلب إلى الطلّاب تنفيذ مجسّمات تمثّل دورات حياة الحزازيات والسرخسيات والمخروطيات باستخدام معجون التشكيل بعدّة ألوان.

3. قيّم وتوسّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، دعهم يجرون إحدى الخطوات أو جميعها.

اطرح السؤالين التاليين عن التكاثر الجنسي في النباتات:

- ما الفرق بين النباتات المشيجية والنباتات الجرثومية؟ **(النباتات المشيجية أحادية المجموعة الكروموسومية، وتنتج أمشاجًا أحادية المجموعة الكروموسومية عن طريق الانقسام الميتوزي. النباتات الجرثومية ثنائية المجموعة الكروموسومية، وتنتج جراثيمًا أحادية المجموعة الكروموسومية عن طريق الانقسام الميوزي.)**
- ما بعض الاختلافات بين البذور والجراثيم؟ **(الجراثيم أحادية المجموعة الكروموسومية والبذور ثنائية المجموعة الكروموسومية؛ الجراثيم لا تحتوي على غذاء مدّخر، في حين تحتوي البذور على غذاء مدّخر.)**

دع الطلّاب يضعون مجموعة بطاقات يحمل كلّ منها على أحد وجهيه صورة لدورة حياة الحزازيات والسرخسيات والمخروطيات، وعلى الوجه الآخر شرحًا مختصرًا لكلّ دورة، وتسجيلًا لمميزات كلّ منها.

على عكس الحزازيات والسرخسيات، لا تُكوّن الجراثيم نباتات مشيجية، بل تنتج مباشرة حبوب اللقاح Pollen أو بويضات Eggs (شكل 53).

يتمّ التلقيح في الصنوبر حين تُطلق المخاريط الذكرية أعدادًا كبيرة من حبوب اللقاح التي تنتقل في الهواء. ولا يتمكّن إلّا عدد قليل منها من الوقوع على المخاريط الأنثوية، ليصل بعدها الى البيض فيُخصّبه. فتنتج عن ذلك بيضة مخصّبة ثنائية المجموعة الكروموسومية. تبدأ اللاقحة (البيضة المخصّبة) سلسلة انقسامات ميتوزية حتّى يتكوّن جنين صغير عبارة عن سويقة تحت فلقية، في أحد طرفيها جذير وفي الآخر ريشة محاطة بعدد كبير من الأغلفة (شكل 55).

ويظلّ الجزء المتبقّي من النباتات المشيجية الأنثوية محيطًا بالجنين ليُكوّن الأندوسبرم. وفي الوقت نفسه، يتصلّب الغلاف البيضي مكوّنًا غلاف البذرة الذي يلتصق به جناح رقيق يُساعد على انتشارها بواسطة الرياح.

يمرّ وقت طويل بين التلقيح وتكوّن البذرة في المخروطيات، يتجاوز السنة أحيانًا. وتتساقط خلال هذا الوقت المخاريط الذكرية في حين تبقى المخاريط الأنثوية معلّقة على الأشجار. عند إنبات البذرة، يخرج منها جذير يخترق التربة، وتستطيل السويقة وتبدأ بالظهور فوق سطح التربة. ثمّ تتحوّل البادرة تدريجيًا إلى شجرة غير محدودة النموّ.

وتتميّز دورة حياة المخروطيات، على عكس الحزازيات والسرخسيات، بأنّ الإخصاب لا يحتاج إلى الماء، لذلك لا تحتاج المخروطيات لبيئة رطبة أو مائية لتتكاثر. كذلك يتواجد الجنين داخل البذرة التي تحميها الحراشف السميكة للمخاريط.

(شكل 55)
مقطع طولي لبذرة الصنوبر توضّح تركيب البذرة

مراجعة الدرس 2-1

1. صِفْ ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات.
2. ما الطور السائد في كلّ من الحزازيات، السرخسيات والمخروطيات؟
3. ما هي التراكيب التكاثرية في المخروطيات؟
4. **سؤال للتفكير الناقد:** خلال أيّ مرحلة من دورة حياة النباتات تحدث الارتباطات الجينية؟ وأيّ من النبتتين هو أوّل من يرث مثل تلك التغيّرات: النبتة المشيجية أو النبتة الجرثومية (البوغية)؟
5. **أضِف إلى معلوماتك:** قارن عملية الانقسام الميوزي بالنسبة إلى إنتاج الأمشاج النباتية والحيوانية.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2-1

1. تنقسم خلايا النباتات الجرثومية ثنائية المجموعة الكروموسومية ميوزيًّا لتنتج جراثيمًا أحادية المجموعة الكروموسومية، ثم تنقسم ميتوزيًّا لتكوّن نباتات مشيجية أحادية المجموعة الكروموسومية، التي تنقسم بدورها أيضًا ميتوزيًّا لتنتج الأمشاج. يحدث الإخصاب ليتكوّن الزيجوت ثنائي المجموعة الكروموسومية وينقسم ميتوزيًّا ليكوّن النباتات الجرثومية ثنائية المجموعة الكروموسومية.
2. الطور السائد في الحزازيات هو الطور المشيجي، أمّا في السرخسيات والمخروطيات فالطور السائد هو الطور الجرثومي (البوغي).
3. المخاريط المذكّرة والمؤنثة
4. تحدث الارتباطات الجينية خلال الإخصاب. النبتة الجرثومية هي أوّل من يرث مثل تلك التغيرات.
5. في الحيوانات: يُنتج الانقسام الميوزي أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية التي تكوّن الزيجوت. في النباتات: يُنتج الانقسام الميوزي الجراثيم أحادية المجموعة الكروموسومية التي تنتج بدورها كائنًا كاملًا أحادي المجموعة الكروموسومية.

الدرس 2-2 التكاثر الجنسي في النباتات (2)

الأهداف:
- يحدِّد التراكيب المذكّرة والمؤنثة والعقيمة للزهرة.
- يشرح عملية الإخصاب في النباتات الزهرية.
- يفسّر عملية إنبات البذور.

الأدوات المستعملة: لوحات أو شفافيات وصور توضّح أجزاء الزهرة الخارجية والداخلية، وعمليتي التلقيح والإخصاب في الزهرة.

صفحات الطالب: من ص 68 إلى ص 74

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

دع الطلّاب يتفحّصون صورة افتتاحية الدرس في الشكل (56) ويقرأون التعليق المصاحب له. فسّر أنّ التلقيح عبارة عن عملية أساسية لأنّ النباتات لا يمكنها التحرّك للبحث عن رفيق للتزاوج. اسأل:

- ما بعض وسائل التلقيح؟ **(الرياح، الأمطار، الحيوانات مثل الحشرات والطيور والخفافيش)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول تكاثر النباتات، وجّه إليهم السؤالين التاليين:

- ما البذور؟ **(تركيب واقٍ يحتوي على جنين النبتة وغذاء مدَّخر.)**
- كيف تنتشر بذور النباتات البذرية؟ **(عن طريق الرياح أو الماء أو الحيوانات)**

نشاط توضيحي

اعرض على الطلّاب مجموعة متنوّعة من الأزهار في مراحل مختلفة من التفتّح. إذا كان ممكنًا، ارِ الطلّاب بعض الأزهار التي بدأت في تكوين الثمرة. اعرض زهرة الهندباء البرّية ضمن الأزهار، واشر إلى أنّ كلّ «بتلة» ما هي في الحقيقة إلّا زهرة مستقلّة لها سداة ومتاع. شجِّع الطلّاب على فحص الأزهار واشر إلى الأجزاء المُستخدَمة في التكاثر. اسأل:

- كيف تجذب البتلات الكائنات الملقِّحة كالحشرات؟ **(البتلات تكون ظاهرة يمكن رؤيتها، غالبًا ما تكون زاهية الألوان، وهي تطلق الروائح التي تجذب الكائنات الملقِّحة.)**

2. علِّم وطبِّق

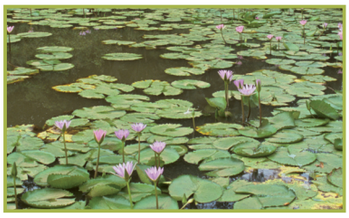
1.2 خصائص الأزهار

نشاط توضيحي

دع الطلّاب يعملون في أزواج، واعطِ كلّ زوج إحدى الأزهار كبيرة الحجم. اطلب إليهم تشريح إحدى هذه الأزهار، وأن يحدّدوا وظيفة وتركيب كلّ جزء من الزهرة، مع تحديد التراكيب العقيمة والتراكيب التكاثرية لها.

الدرس 2-2 التكاثر الجنسي في النباتات (2)
Sexual Reproduction in Plants (2)

الأهداف العامة
- يُحدِّد التراكيب الذكرية والأنثوية والعقيمة للزهرة.
- يشرح عملية الإخصاب في النباتات الزهرية.
- يُفسّر عملية إنبات البذور.



(شكل 56)

يحدث التلقيح في نباتات كرفس الماء الموضح في الشكل (56)، عندما تُصادف الزهرة الذكرية الطافية على سطح الماء منخَفضًا مائيًّا تصنعه الزهرة الأنثوية التي ثُبِّتت نفسها بساق مغمورة داخل الماء، فتنزلق الزهرة الذكرية في هذا المنخفَض لتصطدم بالزهرة الأنثوية. في هذه العملية، تُغبِّر الزهرة الأنثوية بحبوب اللقاح التي تقوم بتلقيح البيوض. وعلى الرغم من أنّ الأزهار تُلقَّح بطرق متنوِّعة، إلّا أنّها تحتوي كلّها على التراكيب نفسها التي تسمح بحدوث عملية التكاثر.

1. خصائص الأزهار Characteristics of Flowers

كم قد يبدو العالم من حولنا مظلمًا من دون الأزهار والورود والتوليب والأوركيد! لكنّ أهمّية الأزهار لا تقتصر على الصورة الجميلة التي يراها بها الإنسان أو على رائحتها الزكيّة التي يشمّها، بل في الوظيفة التي تؤدّيها. فالزهرة هي العضو التكاثري في النباتات الزهرية أو النباتات مغطّاة البذور. **الأزهار Flowers عبارة عن سوق متحوّرة لها أوراق وتراكيب أخرى متخصّصة من أجل عملية التكاثر.** ولمعظم الأزهار ثلاثة أنواع من التراكيب: ذكرية، أنثوية وعقيمة.

اشر إلى أنّ الزهرة هي العضو المسؤول عن عملية التكاثر في النباتات الزهرية والتي يُطلَق عليها أيضًا تسمية نباتات مغطّاة البذور. وتتمثّل الوظيفة البيولوجية للزهرة في أنّها تعمل على دمج حبوب اللقاح المذكرة مع البويضة المؤنثة من أجل إنتاج البذور. وتبدأ هذه العملية بواسطة التلقيح الذي يعقبه الإخصاب، الذي يؤدّي في النهاية إلى تكوّن البذور وانتشارها.

ذكّر الطلّاب بأنّ الأزهار مختلفة الأنواع والألوان والأحجام، وأنّ البعض منها خنثى (زهرة كاملة أو ثنائية الجنس)، أيّ أنّها تحمل الأعضاء المذكّرة والمؤنثة معًا، والبعض الآخر أحادي الجنس (زهرة ناقصة) يحمل الأعضاء المذكّرة أو المؤنثة فقط.

اشر أيضًا إلى أنّ النباتات الزهرية قد تكون أحادية المسكن، أي أنّ الزهرة المؤنثة والزهرة المذكرة موجودة في النبات نفسه، أو ثنائية المسكن، أي أنّ الزهرة المؤنثة موجودة في نبات واحد والزهرة المذكرة موجودة في نبات آخر، مثل النخيل.

2.2 تكون الأمشاج

توظيف الأشكال

دع الطلّاب يدرسون الشكلين (58) و(59) صفحة 70 و71 في كتاب الطالب، ثم اسأل:

- أيّ من الطورين، الطور المشيجي أو الجرثومي (البوغي) هو السائد؟ **(الطور الجرثومي (البوغي) هو الطور السائد)**
- أين تتكوّن الأمشاج المذكّرة؟ **(في المتك)**
- أين تتكوّن الأمشاج المؤنثة؟ **(في المبيض)**

يتكوّن المتاع Pistil الذي غالبًا ما يشغل مركز الزهرة، عادة من ثلاثة أجزاء: الميسم Stigma، والقلم Style، والمبيض Ovary، كما يوضّح الشكل (57).

لكلّ جزء من المتاع وظيفة خاصّة، فالميسم هو التركيب الذي تحطّ عليه حبوب اللقاح وتنبت، لذلك غالبًا ما يكون لزجًا ودبقًا لتثبت عليه حبوب اللقاح. ويصل القلم بين المبيض والميسم، أمّا المبيض فيحتوي على بويضة Ovule واحدة أو أكثر وفقًا لنوع النباتات.

2. تكوُّن الأمشاج Production of Gamete

كما في معظم النباتات، تتعاقب الأجيال في النباتات الزهرية، لكنّ الطور المشيجي يقتصر على تكوين الأمشاج ولا يُنتج نباتات مستقلّة كما يحدث في الحزازيات والسرخسيات. يبدأ النشاط الجنسي للنباتات الزهرية في المتك حيث أنّ ثمّة خلايا معيّنة، ثنائية المجموعة الكروموسومية، تبدأ بالانقسام الميوزي، لتُنتج كلّ منها أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية تُسمّى الجراثيم (الأبواغ) الدقيقة Microspores، والتي ما تلبث أن تنتج بواسطة الانقسام الميتوزي حبوب اللقاح التي يُشكّل مجموعها نباتات مشيجية ذكرية. وتحتوي كلّ واحدة من حبوب اللقاح على نواتين: نواة أنبوبية Tube Nucleus ونواة تواليدية Generative Nucleus. يُوضّح الشكل (58) تكوّن حبوب اللقاح في المتك.

(شكل 58)
تُنتج حبوب اللقاح بواسطة الانقسام الميتوزي داخل أكياس حبوب اللقاح في المتك.

في الوقت نفسه، تبدأ بعض خلايا البويضة Ovule ثنائية المجموعة الكروموسومية بالانقسام الميوزي، لتُنتج كلّ منها أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، تزول منها ثلاث لتبقى واحدة فقط تُسمّى الجرثومة (البوغ) الأنثوية الضخمة Megaspore. ثم تتعرّض نواة هذا البوغ إلى ثلاثة انقسامات ميتوزية متتالية، لتُنتج 8 أنوية أحادية المجموعة الكروموسومية مرتّبة في مجموعات.

وتُطلَق تسمية الزهرة الكاملة Complete Flower على تلك التي تحتوي على التراكيب الأنثوية والذكرية معًا، مثل أزهار المنثور والمشمش والفول.

وتوصَف بالزهرة الناقصة Incomplete Flower تلك التي تحتوي على إحدى التراكيب الأنثوية أو الذكرية فقط، مثل زهرة التين والتوت والنخيل.

أمّا التراكيب العقيمة فوظيفتها حماية الأزهار والأجنّة النامية، وجذب الحشرات من أجل إتمام عملية التلقيح.

1.1 التراكيب العقيمة للزهرة

Sterile Parts of the Flower

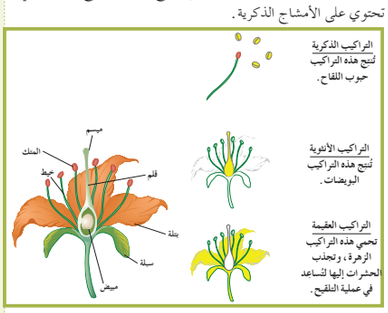
الكأس، وهي تُشكّل المحيط الخارجي للزهرة الذي يحضن التراكيب الأخرى ويحميها من العوامل الخارجية. وعادة ما تكون أوراق الكأس أو السبلات Sepals خضراء اللون، لكنّ عددها قد يختلف من زهرة إلى أخرى.

التويج، وهو يتكوّن من أوراق (البتلات) قد يختلف لونها من زهرة إلى أخرى، ولها روائح مختلفة تُساهم في جذب الحشرات التي تُؤدّي دورًا مهمًّا في عملية التلقيح. ومثل السبلات، قد يختلف عدد الأوراق الملوّنة أو البتلات Petals من زهرة إلى أخرى، لكنّه ثابت في أزهار النوع الواحد.

2.1 التراكيب التكاثرية للزهرة

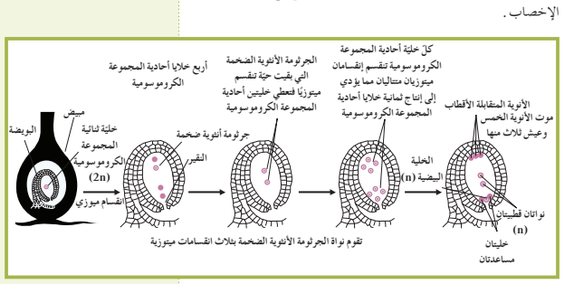
Male and Female Parts of the Flower

الأسدية Stamens، وتُعرَف أيضًا بالطلع، هي التراكيب الذكرية في الزهرة، وقد يختلف عددها من نوع إلى آخر في النباتات. تتكوّن كلّ سداة من جزءين: المتك Anther والخيط Filament، كما يُوضّح الشكل (57). والخيط يحمل المتك الذي يقوم بإنتاج حبوب اللقاح Pollen التي تحتوي على الأمشاج الذكرية.



(شكل 57)
زهرة نموذجية

تتمركز ثلاث أنوية في أسفل البويضة (الخلية البيضية Egg Cell ونويتان أخريان مساعدتان تتفتّتان بعد الإخصاب) وثلاث أنوية في أعلاها وتُسمّى الأنوية متقابلة الأقطاب التي تنفتّت أيضًا بعد الإخصاب، ونواتان في منتصفها تُسمّيان النواتين القطبيتين، كما يُوضّح الشكل (59). تُشكّل الأنوية الثماني مع السيتوبلازم المحيط بها الطور المشيجي في النباتات. ثلاث فقط من هذه الأنوية تُؤدّي دورًا مهمًّا في عملية التكاثر الجنسي: النواتان القطبيتان والخلية البيضية التي تأخذ مكانها بالقرب من فتحة النقير Micropyle. أمّا الأنوية الخمس المتبقّية فتختفي مع حدوث الإخصاب.



(شكل 59)
بعد انقسام ميوزي واحد وعدّة انقسامات ميتوزية، تتكوّن بويضة ونواتان قطبيتان داخل البويضة. أمّا الخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية الأخرى الناتجة عن تلك العملية، فتموت.

3. التلقيح والإخصاب Pollination and Fertilization

عندما ينضج المتك ينفجر غلافه، فتتناثر حبوب اللقاح وتنتقل إلى ميسم الزهرة أثناء عملية التلقيح Pollination. ويكون التلقيح ذاتيًا Self Pollination عندما تنتقل حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسمها. أمّا التلقيح الخلطي Cross Pollination، وهو الأكثر انتشارًا، فتنتقل خلاله حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم زهرة أخرى من النوع نفسه. وتُساعد عوامل عديدة، مثل الهواء والحشرات (شكل 60) والماء، على انتقال حبوب اللقاح وانتشارها.

بعد أن تلتصق حبوب اللقاح على ميسم الزهرة اللزج والدبق، تنبت مكوّنة أنبوبة تُسمّى أنبوبة اللقاح. خلال نموّها، تمتدّ هذه الأنبوبة عبر القلم إلى المبيض حاملة معها النواتين: الأنبوبية والتوالدية. تُساعد النواة الأنبوبية في نموّ أنبوبة اللقاح، ثمّ تزول مع نهاية نموّه. أمّا النواة التوالدية أحادية المجموعة الكروموسومية (n)، فتنقسم انقسامًا ميتوزيًا في الأنبوبة لتُعطي نواتين أحاديتي المجموعة الكروموسومية (n)، تُصبحان لاحقًا النواتين الذكريتين بعد أن يستطيل شكلاهما.

(شكل 60)
بعض الحنافس تُساعد في تلقيح الأزهار كلّما تنقّلت من زهرة إلى أخرى باحثة عن حبوب اللقاح لتتغذّى.

اشر إلى أنّه، مثل معظم النباتات، تتعاقب الأجيال في النباتات الزهرية مع طور جرثومي سائد، والطور المشيجي يقتصر على مجموعة خلايا في الزهرة تبقى متّصلة بأنسجتها.
ذكّر الطلّاب بأنّ المتك في الأسدية تقوم بإعداد حبوب اللقاح أو النباتات المشيجية التي تتكوّن منها الأمشاج المذكّرة، وأنّ المبيض في الزهرة يقوم بإعداد البويضات التي تكوّن الأمشاج المؤنثة أو البيض.

3.2 التلقيح والإخصاب

توظيف الأشكال

دع الطلّاب يدرسون الشكلين (60) و(61) صفحة 71 و72 في كتاب الطالب، ثم اسأل:

- ما هو التلقيح الذاتي، ومتى يكون التلقيح متصالبًا أو خلطيًّا؟ **(التلقيح الذاتي هو انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة نفسها. يكون التلقيح متصالبًا عندما تنتقل حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة أخرى من النوع نفسه.)**
- ما الذي يساعد عملية التلقيح؟ **(عوامل متعدّدة منها الهواء، الماء، الحشرات، الطيور والإنسان)**

اشر إلى أنّ تكوّن أنبوبة اللقاح التي تخترق سطح الميسم وأنسجة القلم عملية مهمّة جدًّا لتصل إلى فتحة نقير البويضة.
اشر أيضًا إلى أهمّية التغيرات التي تحدث لمختلف أنواع حبوب اللقاح، مثل النواة الأنبوبية والنواة التوالدية.
اشر إلى أهمّية ما يُسمّى عملية الإخصاب المزدوجة في النباتات مغطات البذور، أي اتّحاد النواة الذكرية الأولى مع نواة البيضة لتكوين اللاقحة أو الزيجوت، واتّحاد النواة الذكرية الثانية مع النواتين القطبيتين ليتكوّن الأندوسبرم، أي نسيج خلاياه ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3n).

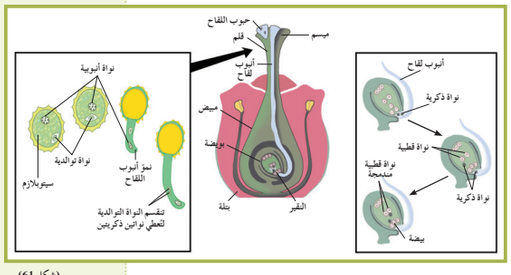
4.2 الإنبات

اشر إلى أهمّية الطرق المتعدّدة التي تنتقل بها البذور من مكان إلى آخر، ما يسمح بالانتشار الواسع لأنواع النباتات المختلفة. اشر أيضًا إلى أهمّية الموادّ المختزنة في البذور كمصدر من مصادر الغذاء للإنسان. فالحبوب كالفول والحمّص والعدس والفاصوليا والقمح غنية بالموادّ الغذائية والفيتامينات والأملاح المعدنية.

نشاط توضيحي

ضَع مجموعة من البذور المتنوّعة بحيث تتضمّن كلًّا من أحادية الفلقة، مثل القمح والذرّة، وثنائية الفلقة، مثل الفول والفاصوليا، بين منديلين مبلّلين موضوعين على لوحة. ضع غطاء بلاستيكيًّا على اللوحة لكي تحفظ المنديلين مبلّلين، وضع اللوحة في مكان دافئ ومنعزل. بعد مرور عدّة أيّام، ارفع الغطاء البلاستيكي والمنديل العلوي، ثمّ استدع الطلّاب لملاحظة البذور النباتية. دع الطلّاب يحدّدون موضع الجذر والساق لكلّ بذرة، وما إذا كانت وحيدة الفلقة أم ثنائية الفلقة.

ويحدث الإخصاب Fertilization عندما تنتقل إحدى النواتين الذكريتين من أنبوبة اللقاح إلى البويضة عبر فتحة النقير، فتتحد مع الخلية البيضية لتُكوّن الزيجوت Zygote أو البيضة المخصّبة. في هذه الأثناء، تُخصّب النواة الذكرية الثانية النواتين القطبيتين، ونتيجة ذلك الإخصاب الثاني، يتكوّن نسيج تكون خلاياه ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3n)، ويُعرف بنسيج سويداء البذرة أو الأندوسبرم Endosperm.
يُخزّن هذا النسيج الموادّ الغذائية في البذرة، بينما يتحوّل جدار البويضة إلى غلاف البذرة. ولا تحدث عملية الإخصاب المزدوجة هذه إلّا في النباتات مغطّاة البذور (شكل 61).
يبدأ الطور الجرثومي (البوغي) للنباتات مع اكتمال عملية الإخصاب وتكوّن الزيجوت الذي يتعرّض لسلسلة من الانقسامات الميتوزية، فيتكوّن الجنين Embryo، وتُصبح البويضة بذرة. في الوقت نفسه، تتحوّل الأجزاء الأخرى من المبيض والأنسجة المحيطة به إلى ثمرة Fruit تُغلّف البذرة أو البذور المتكوّنة.



(شكل 61)
عندما تحطّ حبوب اللقاح على الميسم، تنمو أنبوبة لقاح وتمتدّ داخل القلم (إلى اليسار). عندما تصل الأنبوبة إلى البويضة، تُخصّب نواة ذكرية واحدة البيضة مكوّنة زيجوتًا، بينما تتحد النواة الذكرية الأخرى مع النواتين القطبيتين مكوّنة نواة الأندوسبرم.

4. الإنبات Germination

يُساهِم انتشار البذور لمسافات بعيدة عن النبتة الأمّ في انتشار النباتات على مساحات واسعة وفي بيئات مختلفة. فبعض البذور خفيفة الوزن تُحمَل بواسطة الرياح، وبعضها الآخر له خطّافات تُثبّتها بسهولة بأجسام الحيوانات التي تنقلها إلى أماكن بعيدة. كما يُمكِن للحيوانات أن تنقل البذور بطريقة أخرى، فعندما تأكل الثمار، تنتشر البذور غير القابلة للهضم بواسطة فضلاتها. وعندما تكون الظروف البيئية مناسبة لنموّ البذور، تظهر منها أولى الأوراق وتنمو في عملية تُسمّى الإنبات. يُوضّح الشكل (62) مراحل عملية الإنبات لبذرة ثنائية الفلقة.

ذكّر الطلّاب بأنّ تكوين البذرة يبدأ بعد إتمام عملية الإخصاب وتكوّن الزيجوت، وهي تتكوّن من:

1. **الجنين:** وهو الجزء الأساسي من البذرة المكوّن لنبات جديد، ويتكوّن غالبًا نتيجة اتّحاد الأمشاج المؤنثة والمذكّرة. ويتألّف الجنين من السويقة تحت فلقية، الفلقات، السويقة فوق فلقية، الريشة والجذير.
2. **الأنسجة المختزنة:** تخزّن البذور الغذاء إمّا في الفلقات أو في الأندوسبرم.
3. **الأغلفة البذرية:** تتكوّن من أغلفة البويضة، وهي عبارة عن غلاف أو اثنين، وغالبًا ما يتصلّب الغلاف الخارجي ويصبح لونه غامقًا في حين يظلّ الغلاف الداخلي شفّافًا رقيقًا، وتبقى النيوسيلة والأندوسبرم داخل الغلاف الداخلي مكوّنة في بعض الحالات طبقة واضحة حول الجنين.

اشر إلى أنّ إنبات البذرة يعني مقدرتها على إعطاء بادرة واستئناف نموّ الجنين بعد توقّفه أو سكونه مؤقّتًا، حتى تتهيّأ الظروف الملائمة للإنبات، مثل امتصاص الماء الذي يؤدّي إلى انتفاخ الخلايا وتمزّق أغلفة البذرة. ومن الشروط الملائمة أيضًا الأكسجين الضروري لعملية التنفّس الخلوي، وتنشيط الأنزيمات أو تكوين أنزيمات جديدة، وهي التي تقوم بهضم الغذاء المخزَّن في الفلقات، وتحويل النشا إلى سكّريات، والليبيدات إلى أحماض دهنية وجليسرول، والبروتينات إلى أحماض أمينية، والفيتين إلى أيونات فوسفات، وبذلك يسهل نقلها إلى المرستيمات.

فسّر للطلّاب أنّ بذور بعض النباتات، مثل البرسيم، لا تنبت جيّدًا إذا لم تُخدَش أغلفتها. اذكر أنّ البرسيم تأكله حيوانات المراعي.

اسأل:

- كيف تؤكّد عملية الخدش الميكانيكي أنّ بذور البرسيم ستنبت؟ وكيف تحسّن الرحلة التي تقطعها بذور البرسيم داخل الجهاز الهضمي للحيوان من الظروف اللازمة لإنبات البذور؟ **(يضعف الخدش والأنزيمات وحمض HCl داخل الجهاز الهضمي للحيوان غلاف البذرة القوي، ما يسمح للبذور بامتصاص الماء والإنبات. وقد يحسّن براز الحيوان المحيط بالبذور خصوبة التربة التي تحتوي على البذور.)**

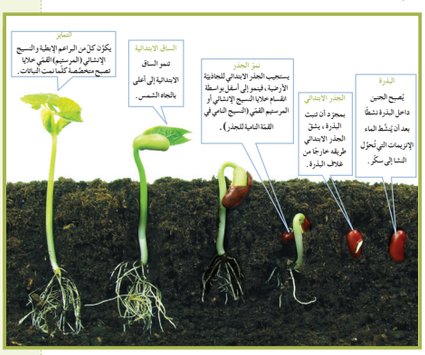
خلال تلك العملية، يستمدّ الجنين الطاقة من الغذاء المخزّن في البذرة، فينمو ممزّقًا غلاف البذرة ويُكوّن جذيرًا Radicle وسويقة جنينية أو تحت فلقية Hypocotyl ينموان مع نموّ البادرة النباتية.

يمتدّ الجذير في التربة وينمو الى أسفل، وتنمو السويقة الى أعلى حاملة معها الفلقتين والريشة Plumule. وتكون تلك السويقة أوّل الأمر منحنية الى أسفل ثمّ تستقيم وتنفرج الفلقتان، فتتعرّض الريشة للضوء والهواء.

تضمحلّ الفلقتان شيئًا فشيئًا، ثمّ لا تلبثان أن تسقطا بعد أن يُستنفَد كلّ ما فيهما من غذاء مخزّن. بعد ذلك تخضرّ الريشة وتكبر، وتتميّز فيها الساق والأوراق الخضراء، فتتحوّل تدريجيًّا إلى مجموع خضري، كما يتفرّع الجذير ويستمرّ في النموّ تحت الأرض حتّى يتحوّل إلى مجموع جذري. ويُسمّى هذا الإنبات بالإنبات الهوائي لأنّ الفلقتين تظهران في الهواء فوق سطح التربة.

ويؤثّر في عمليّة الإنبات عدّة عوامل بيئية، هي:

- **مدى توفّر الماء:** فخلال المرحلة الأولى من الإنبات، يُنشّط الماء العديد من الإنزيمات بما فيها تلك التي تُحوّل النشا إلى السكّر الذي يُعتبَر المصدر الأساسي للطاقة لنموّ الجنين.
- **درجة الحرارة:** تحتاج البذور إلى درجات حرارة معتدلة أو دافئة لكي تنبت. ولهذا السبب، توجد وفرة كبيرة من النموّ النباتي أثناء فصل الربيع الذي يتميّز بالدفء، ما يدفع العديد من البذور الكامنة لأن تنبت.



(شكل 62)
الإنبات

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة التفكير الناقد:** يحدث التلقيح المتصالب أو الخلطي في حالات معيّنة. توقّع ما يمكن أن تكون بعض تلك الحالات. **(أن تكون الأزهار أحادية الجنس (أزهار ناقصة). أن تنضج المياسم قبل المتوك أو العكس. أن يكون مستوى المتوك منخفضًا عن مستوى المياسم.)**
- **مهارة التطبيق:** لماذا تُعتبَر نبتة الفول مغذّية؟ **(تحتوي البذور على غذاء مدَّخر وعناصر غذائية لجنين النبات. عندما ينبت الفول، يستخدم جنين النبات كمّيات ضئيلة فقط من هذه الموادّ الغذائية.)**
- اقترح على الطلّاب أن يحاولوا استنبات بعض بذور الفول في المنزل. شجّعهم على تحديد الوصفات التي تستخدم هذه النباتات.
- **مهارة تصميم التجارب:** قسّم طلّاب الفصل إلى مجموعات صغيرة، ودع كلّ مجموعة تقدح أذهانها لتحديد ما إذا كانت الطيور آكلة الفواكه تنجذب إلى لون الثمار أو إلى رائحتها. على كلّ مجموعة أن تقترح فرضًا، وأن تصمّم تجربة لاختبار ذلك الفرض. **(يجب أن يفترض الطلّاب أنّ الحيوانات تنجذب أكثر بواسطة الرائحة أو تنجذب أكثر بواسطة اللون.)**

3. قيّم وتوسّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقيّم أداء الطلّاب، اطلب إليهم أن يتخيّلوا أنفسهم بذور إحدى النباتات الزهرية، ويكتبوا مقالًا عنوانه «كيف أصبحت بذرة؟». اطلب إليهم أن يذكروا أسماء أجزاء النباتات المُستخدَمة في هذه العملية والخطوات التي تمّت خلال تطوّرهم إلى بذرة.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–2

1. التراكيب الذكرية: السداة وتتكوّن في المتك والخيط
التراكيب الأنثوية: المتاع وتتكوّن في الميسم، القلم والمبيض
التراكيب العقيمة: البتلات والسبلات
2. انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم، نموّ أنبوبة لقاح باتّجاه المبيض، اتّحاد نواة ذكرية مع البيضة ونواة ذكرية أخرى مع النواتين القطبيتين، تكوّن الجنين والأندوسبرم وصولًا إلى البذرة
3. تستجيب البذرة للماء والحرارة. ينشّط الماء الأنزيمات التي تحوّل النشا إلى سكّر ليصبح الجنين نشطًا ويبدأ في النموّ. يشقّ الجذر الابتدائي (الجذير) طريقه إلى خارج غلاف البذرة وينمو إلى أسفل، بينما تنمو الساق الابتدائية إلى أعلى.
4. من الممكن أن تكون حبوب اللقاح لزجة لكي تساعد على الالتصاق بالميسم، غير أنّ الميسم نفسه لزج.
5. تُعدّ الرائحة، اللون والشكل من تكيفات الأزهار لجذب حشرات أو طيور أو خفافيش تقوم بتلقيحها. هذه الكائنات الملقِّحة لها تراكيب متخصّصة متطوّرة لكي تصل إلى رحيق الأزهار.

- **مدى توفّر الأكسجين:** لا يحدث الإنبات في غياب هذا العنصر. ففي البذور النابتة، تحدث عملية التنفّس بمعدّل سريع وبخاصّة في المراحل الأولى من الإنبات. ويتوقّف معدّل استهلاك الأكسجين على نوع الغذاء المخزّن والذي ستتمّ أكسدته.
- **الضوء:** يُؤثّر على إنبات بعض البذور ولا يُؤثّر على إنبات البعض الآخر. فبذور التبغ والخسّ والجزر مثلًا تحتاج إلى الضوء لكي تنبت. وعادة ما تكون هذه الأنواع من البذور صغيرة الحجم، تحتوي على القليل من الموادّ الغذائية المخزّنة التي تكفي لإنبات البذرة لفترة زمنية قصيرة فقط لذا تنثر هذه البذور على وجه التراب.

لا يحتاج إنبات أنواع أخرى من البذور للضوء لأنّه يُعيق إنباتها. فبذور الحمّص والفاصوليا يجب إخفاؤها في التربة لكي لا تتعرّض للإضاءة. وتكون هذه البذور عادة ذات أحجام كبيرة نسبيًّا، وتحتوي على كمّية كبيرة من الموادّ المخزّنة تكفي لإنبات البذور حتّى لو زُرِعت في عمق التربة.

مراجعة الدرس 2–2

1. حدّد التراكيب الذكرية والأنثوية والعقيمة في الزهرة.
2. إشرح باختصار عملية الإخصاب في النباتات، موضّحًا دور كلّ من التراكيب الذكرية والأنثوية للزهرة في هذه العملية.
3. فسّر عملية الإنبات.
4. **سؤال للتفكير الناقد:** هل تتوقّع أن تكون حبوب لقاح الأزهار هوائية التلقيح لزجة؟ لمَ نعم ولِمَ لا؟
5. **أضف إلى معلوماتك:** كيف تتوافم تكيّفات النباتات بتكيّفات الكائنات التي تُساعد في إتمام عملية تلقيح الأزهار؟

الأهداف:

- يصف طرق التكاثر الخضري الطبيعي.
- يشرح طرق التكاثر الخضري الاصطناعي.
- يعدّد فوائد التكاثر الخضري الاصطناعي.
- يتعرف الزراعة في الماء.
- يصف التكاثر الخضري (البكري) عند النباتات الزهرية.
- يحدّد مفهوم زراعة الأنسجة عند النباتات.

الأدوات المستعملة: لوحات أو شفافيات وصور لطرق التكاثر الخضري الطبيعي والاصطناعي.

صفحات الطالب: من ص 75 إلى ص 82

صفحات الأنشطة: من ص 31 إلى 33

عدد الحصص: 1

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

وجّه الطلّاب إلى دراسة صورة افتتاحية الدرس في الشكل (63) والتعليق المصاحب له. فسّر كيف أنّ العديد من المزارعين التجاريين يستخدمون تقنيات التكاثر اللاجنسي، مثل التطعيم والرئد وغيرها. اسأل:

- في اعتقادك، ما بعض مميزات استخدام تقنيات التكاثر اللاجنسي؟ **(التكاثر اللاجنسي سريع وعادة ما يحافظ على الصفات الجيّدة للنباتات.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول التكاثر اللاجنسي في النباتات، وجّه إليهم السؤال التالي:

- كيف يتشابه النسل المنتج لا جنسيًّا مع الآباء؟ **(الآباء والنسل متطابقان وراثيًّا.)**

نشاط توضيحي

احضر ثمرتي برتقال إلى الفصل، واحدة منهما تحتوي على بذور والثانية عديمة البذور. اقطعهما، واطلب إلى الطلّاب توضيح كيف تختلفان. حمّس الطلّاب لتفسير كيف سينتج النسل من كلّ نوع من البرتقال. **(يمكن أن تنمو الأنواع ذات البذور من البذور، أمّا الأنواع عديمة البذور فيتمّ إكثارها عن طريق التطعيم.)**

2. علِّم وطبِّق

1.2 التكاثر الخضري

نشاط توضيحي

احضر إلى الفصل نباتات أو أجزاء نباتية تتّضح فيها نتائج التكاثر اللاجنسي. فعلى سبيل المثال، للفراولة سوق جارية، وللبطاطا عيون تحتوي على براعم كامنة، والقلقاس مثال للكورمات. اعرض هذه العيّنات في الفصل واعطِ الطلّاب الفرصة لكي يفحصوها.

الدرس 2-3
التكاثر اللاجنسي في النباتات
Asexual Reproduction in Plants

الأهداف العامة

- يصف طرق التكاثر الخضري الطبيعي.
- يشرح طرق التكاثر الخضري الاصطناعي.
- يُعدّد فوائد التكاثر الخضري الاصطناعي.
- يتعرّف الزراعة في الماء.
- يصف التكاثر الخضري (البكري) عند النباتات الزهرية.
- يُحدّد مفهوم زراعة الأنسجة عند النباتات.

(شكل 63)

عندما تُقطَع القمم النامية (أنسجة مرستيمية أو إنشائية) من نبات وتوضَع في محلول مغذٍّ وشروط بيئية مناسبة، تنقسم الخلايا في النسيج الإنشائي وتُسبّب نموّ النسيج (شكل 63). يلي ذلك أخذ قطع صغيرة من النسيج النامي وإعادة زراعتها في محاليل مغذّية من جديد، لتنمو كلّ قطعة منها وتُصبح نبتة كاملة. بهذه الطريقة، يكون العلماء قد استنسخوا نباتات عديدة من النبتة الأمّ بطريقة من طرق التكاثر اللاجنسي.

1. التكاثر الخضري Vegetative Reproduction

يتمّ التكاثر الجنسي في النباتات كما في معظم الكائنات الحيّة باتّحاد نواة الأمشاج من فردين، فتنتج عن هذا النوع من التكاثر تنوّعات وراثية كثيرة. وعلى عكس ذلك، لا تحدث في التكاثر اللاجنسي عملية إخصاب، لذلك تنتج عنه أفراد جديدة مطابقة وراثيًّا للنبتة الأمّ.
يُوضّح الشكل (64) نوعين من النباتات التي تتكاثر لاجنسيًّا.

(شكل 64)
استنساخات نباتية طبيعية، نباتات كلّ منها مطابقة وراثيًّا، ونشأت من نبات أصلي (أبوي) واحد.

75

توظيف الأشكال

دع الطلّاب يلاحظون الشكل (64)، ثمّ وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- كيف تجد النباتات في الشكل؟ **(كلّها متشابهة تمامًا.)**
- هل من الممكن أن تكون تلك النباتات قد تكاثرت جنسيًّا؟ **(كلا إذ أن التكاثر الجنسي يؤدّي إلى تنوّع في أحجام وأشكال النباتات، والواضح في الشكل أنّ كلّ النباتات متشابهة تمامًا.)**
- دع الطلّاب يتفحّصون الشكل (65) واطلب إليهم الإجابة عن سؤال الشكل. **(الرئد (سوق تمتد أفقيًّا في كثير من الأحيان تحت الأرض) والدرنات (سوق سميكة وتحت أرضية) تنتج نباتات جديدة من البراعم. الكورمات سوق سميكة تحت أرضية متحورة لتخزين الموادّ الغذائية تحمل برعم رئيس على سطحها العلوي ينمو لينتج نبات جديد، الأبصال سوق تحت أرضية قرصية الشكل تحمل برعم طرفي في قمة الساق ينمو لينتج نبات جديد.)**

ذكّر الطلّاب بأنّ التكاثر الخضري هو نوع من التكاثر اللاجنسي، وأنّه يتمّ عن طريق أجزاء من النبتة تنمو لتعطي نباتات جديدة تماثل الأصل. وهذا النوع من التكاثر يتمّ من دون حدوث التلقيح أو الإخصاب.

اشر إلى أهمّية التكاثر الخضري في سرعة انتشار الأنواع المختلفة من النباتات وعلى مساحات واسعة.

ناقش مع الطلّاب الطرق الطبيعية للتكاثر الخضري، واطلب إليهم التوسّع، والبحث عن نباتات تستطيع التكاثر بإحدى تلك الطرق.

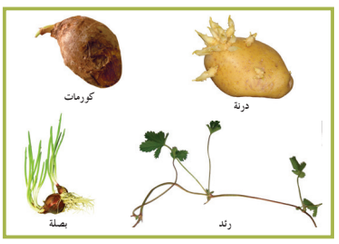
وعلى الرغم من أنّ الكثير من النباتات يتكاثر لاجنسيًّا في أوقات معيّنة خلال دورة حياتها، فإنّ نباتات أخرى تستخدم هذه الطريقة من التكاثر في معظم دورة حياتها. وتُشكّل قدرة النباتات على التكاثر بالطريقتين الجنسية واللاجنسية فائدة كبيرة لها، ففي البيئة المستقرّة والغنية بالموارد، يكون التكاثر اللاجنسي أسرع من التكاثر الجنسي، ويُنتج نباتات متكيّفة للعيش في هذه البيئة.

وحين تتغيّر الظروف البيئية، تستطيع هذه النباتات أن تتكاثر جنسيًّا فتنتج عنها نباتات تحمل صفات وراثية جديدة قد تزيد من فرصها للبقاء حيّة في تلك البيئة المتغيّرة.

ويُسمّى التكاثر اللاجنسي الذي يحدث طبيعيًّا في النباتات بالتكاثر الخضري Vegetative Reproduction، ويُمكن لتلك النباتات أن تُضاعف من أعدادها بسرعة كبيرة جدًّا، حتى أنّها قد تُزاحم النباتات الأخرى.

2. طرق التكاثر الخضري
Ways of Vegetative Reproduction

يتمّ التكاثر الخضري عن طريق تركيب أو جزء من أجزاء النبات، كالساق أو الجذور أو الأوراق الخضراء. يُمكنك أن تُقارن بين العديد من تلك التراكيب الموضّحة في الشكل (65).



(شكل 65)
الرئدات والدرنات والكورمات والبصلات عبارة عن تراكيب نباتية يُمكنها إنتاج نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي. كيف تختلف هذه التراكيب بعضها عن بعض؟

ومع تنوّع التراكيب التي تسمح بالتكاثر الخضري في النباتات، تتنوّع طرق هذا التكاثر الطبيعي. في ما يلي أنواع طرق التكاثر الخضري.

1.2 التكاثر بالرئد أو الترقيد Reproduction by Stolon

هو عملية طمر ساق النبتة في التربة عند ملامسته لها. تحمل الساق الجارية براعم كثيرة ينمو كلّ منها إلى نبتة جديدة. ويُمكن للنبتة الجديدة أن تُصبح مستقلّة أو أن تبقى متّصلة بالنبتة الأمّ.

وهذا ما يحدث في نبتة الفراولة ونباتات ياسنت الماء، وهي نباتات مائية تتكاثر خضريًّا بالرئد، وتستطيع أن تسدّ مجاري الأنهر والقنوات. فعشر نباتات منها تستطيع أن تتكاثر وتُنتج أكثر من 600000 نبتة في العام الواحد.

2.2 التكاثر بالريزومات Reproduction by Rhizomes

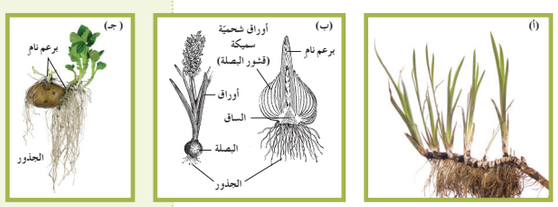
تمتدّ من النبتة ساق تكون في معظم الأحيان أفقية تحت سطح التربة، تمتدّ من براعمها جذور في الأرض، فتنمو نباتات جديدة (شكل 66 – أ)، مثل ما يحدث في نباتات الخيزران والزنجبيل.

3.2 التكاثر بالإبصال والكورمات
Reproduction by Corms and Bulbs

لبعض النباتات سوق تمتدّ تحت التربة، فتنمو وتتحوّر لتخزّن الموادّ الغذائية على شكل كورمات Corms. ومن أمثلة النباتات التي تتكاثر بالكورمات، القلقاس والزعفران والجلاديولاس. أمّا الأبصال Bulbs، فهي أيضًا سوق تحت أرضية تحمل أوراقًا شحمية متحوّرة لتخزين الموادّ الغذائية (شكل 66 – ب). ومن أمثلة النباتات التي تتكاثر بالإبصال، البصل والسوسن والزنبق.

4.2 التكاثر بالدرنات Reproduction by Tubers

تُكوّن بعض النباتات درنات Tubers، وهي عبارة عن أجزاء أرضية منتفخة من النبتة وتحتوي على براعم. تتكاثر البطاطس مثلًا بواسطة درنات من ساقها، وتنمو براعمها تحت التربة مستخدمة النشا المخزّن فيها (شكل 66 – جـ).



(شكل 66)
طرق التكاثر الخضري

(أ) التكاثر بالريزومات
(ب) التكاثر بالإبصال
(جـ) التكاثر بالدرنات

2.2 التكاثر الخضري الصناعي

نشاط توضيحي

اطلب إلى طلّاب متطوّعين أن يحضروا للفصل عُقلًا من أجزاء مختلفة لثلاثة أنواع من النباتات أو أكثر. استخدم العقل كمحاولة لزراعة نباتات جديدة في الماء. اطلب إلى الطلّاب أن يلاحظوا العُقل خلال فترة زمنية محدّدة، وأن يصفوا (كتابيًّا أو بالتقاط الصور) نتائج هذه التجربة للتكاثر الصناعي.

نشاط توضيحي

احضر مقطعًا من فرع إحدى الأشجار واقطعه إلى مقطعين. استخدم المقطعين لإيضاح خطوات عملية التطعيم الموصوفة في هذا الدرس. بعد أن تربط قطعتا الفرع، الحم مكان الارتباط (المفصل) بالشمع. اسأل الطلّاب:

* لماذا تمّ لحام المفصل بالشمع؟ **(من أجل الدعامة، ليبقى رطبًا ولمنع دخول الجراثيم إليه (الشجرة الأصل)**

ذكّر الطلّاب بأن تدخّل الإنسان وتنوّع طرق التكاثر الخضري الإصطناعي أدّيا إلى زيادة في أعدادها وأنواعها. وكانت طرق التعقيل والتطعيم والترقيد وما زالت تُستخدَم من قبل الإنسان. اشر إلى أنّ زراعة الأنسجة النباتية هي تقنيات حديثة نسبة إلى الطرق الباقية، وأنّ الأبحاث الحديثة ما زالت مستمرّة لإنتاج أفضل المنتوجات النباتية.

اسأل:

* ما الذي يفعله الإنسان ليكثر نباتات الجيرانيوم؟ **(يزرع قطعًا منها في تربة جيّدة.)**
* كيف تكون نباتات الجيرانيوم الناتجة؟ **(تكون النباتات مشابهة تمامًا للنبتة الأمّ.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "التكاثر اللاجنسي في النباتات" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 31 و32 و33.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على ملاحظة أحد أنواع التكاثر اللاجنسي في النباتات.

3. التكاثر الخضري الاصطناعي Artificial Propagation

إذا صادف أن أكلت يومًا العنب من دون بذور أو البرتقال أبو سرة، فإنّك بذلك تكون قد تذوّقت منتجات للتكاثر الخضري الاصطناعي. ويحدث مثل هذا التكاثر عندما يستخدمه الناس لإنتاج نباتات جديدة. **وتتضمّن طرق التكاثر الاصطناعي التعقيل، والتطعيم و زراعة الأنسجة.**

1.3 التعقيل Cutting

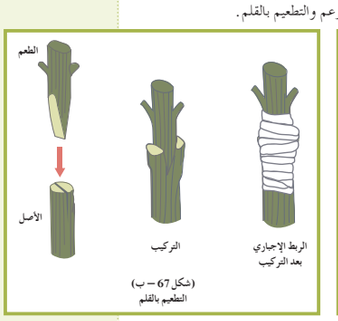
تقتضي هذه الطريقة بأخذ قطعة من الساق أو الورقة، أو برعم الورقة أو قطعة من الجذور، ثمّ غرسها في تربة تُناسب نموّها. الورود والعنب واللبلاب وتوت العلّيق والتفّاح وقصب السكّر نباتات يتمّ اكثارها بهذه الطريقة.

2.3 التطعيم Budding

هي طريقة نقل قطعة من نبتة تحتوي على برعم واحد تُسمّى الطعم، ووضعها على ساق نبتة أخرى تُسمّى الأصل. في الربيع أو الخريف، يقوم المزارعون بتطعيم الكثير من أشجار الفاكهة والحمضيات مثل التفّاح والليمون الهندي (الجريب فروت).

ولنجاح عملية التطعيم، لا بدّ من اختيار الطعم من شجرة خالية من الأمراض، وأن يكون الطعم والأصل من فصيلة نباتية واحدة. ويجب تغطية مكان الطعم بغطاء ليبقى رطبًا ولمنع دخول الجراثيم إلى الشجرة الأصل. ومن طرق التطعيم تلك الموضّحة في الشكلين (67 – أ) و(67 – ب)، وهي التطعيم بالبرعم والتطعيم بالقلم.

(شكل 67 – أ)
التطعيم بالبرعم



(شكل 67 – ب)
التطعيم بالقلم

(شكل 67)
أنواع من طرق التكاثر الاصطناعي

3.3 الرئد أو الترقيد Stolons

خلال هذه العملية، يعمد المزارعون إلى **طمر أجزاء من سوق النباتات الممتدّة فوق الأرض بينما لا تزال متّصلة بالنبتة الأساسية، لتنمو نبتة جديدة.** وهذا ما يحدث في نبتة الفراولة.

4.3 زراعة الأنسجة Tissue Culture

تسمح هذه الطريقة بإنماء نبتة كاملة من خلايا مفردة أو قطع صغيرة من الأوراق أو الساق أو الجذور. وقد ابتكر هذه الطريقة عالم فسيولوجيا النبات الأميركي ستيوارد، عام 1958، حين تمكّن من إنماء نبتة جزر كاملة من قطع صغيرة من جذورها.

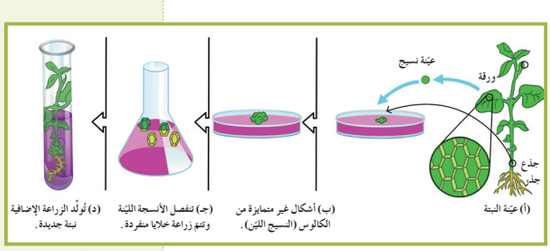
وزراعة الأنسجة النباتية هي مجموعة من التقنيات المُستخدَمة للحفاظ على نموّ خلايا النباتات وأنسجتها في وسط معقّم ومغذّ.

وتعتمد زراعة الأنسجة النباتية على حقيقة أنّ العديد من الخلايا النباتية لديها القدرة على تكوين نبتة كاملة Totipotency. تُؤدّي هذه الزراعة دورًا أساسيًّا في إنتاج محاصيل على نطاق واسع أو تجاري.

من أهمّ تطبيقات زراعة الأنسجة النباتية:

(أ) زراعة الميرستيم Meristem Culture

تستخدم هذه الزراعة أصغر جزء من الساق الذي يحتوي على خلايا غير متمايزة. ويُمكن لهذه الكتل الخلوية المعروفة بالكالوس Callus أن تتطوّر إلى نبتة كاملة. تُستعمَل هذه التقنية في تطوير الحمضيات والبطاطا الخالية من الفيروسات المسبّبة للأمراض (الشكل 68).



(شكل 68)
زراعة الأنسجة

3.2 فوائد التكاثر الخضري الاصطناعي

اشر إلى فوائد الطرق المختلفة للتكاثر الخضري الاصطناعي بخاصّة في استخدامها لإكثار نباتات مرغوبة وخالية من الأمراض خلال فترات زمنية قصيرة نسبة للتكاثر الجنسي وبكلفة مالية أقلّ. وتفيد زراعة الأنسجة في إكثار النباتات ذات الصفات الوراثية النادرة.

4.2 علم الزراعة في الماء

اشر إلى أنّ الأبحاث الزراعية الحديثة سمحت لعلماء النباتات في زراعة بعض الأنواع، مثل الخسّ والبندورة، في مشاتل تعتمد على ريّ الجذور بالماء بدون الحاجة إلى زرع الشتول في التربة. ومن شروط تلك الزراعة أن تكون الماء غنية بالمغذّيات والأملاح المعدنية التي تحتاجها النباتات. اشر إلى الفوائد الاقتصادية والبيئية التي تؤمّنها طريقة زراعة بعض أنواع النباتات في الماء.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملف تقييم الأداء

لتقييم الأداء، دع الطلّاب يجرون إحدى الخطوات أو جميعها. اطلب إلى الطلّاب أن يفسّروا كتابيًّا أو بالأشكال التخطيطية كلًّا ممّا يلي:

- مزايا كلّ من التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي.
- أنواع التراكيب التي يمكن أن تنتج نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي.
- أنواع التكاثر الخضري الاصطناعي.

اطلب إلى الطلّاب رسم جدول مقارنة بين التكاثر الخضري الطبيعي والتكاثر الخضري الصناعي. اطلب إليهم زيادة أفكار جديدة مرتبطة بكلّ نوع من التكاثر.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة البحث:** اطلب إلى الطلّاب البحث عن طرق التطعيم المختلفة التي يستخدمها المزارعون في إكثار منتوجاتهم الغذائية وفوائد تلك الطرق. شجّعهم لتدعيم بحثهم بالصور.
- **مهارة البحث:** اطلب إلى الطلّاب البحث عن أبحاث العلماء الجديدة في زراعة الأنسجة النباتية واستخداماتها.
- **مهارة التصنيف:** اطلب إلى الطلّاب تصنيف أنواع النباتات المزروعة في الماء، وتفسير طريقة زراعتها، واظهار فوائدها الاقتصادية والبيئية. اطلب إليهم تدعيم بحثهم بالصور والاحصاءات.

(ب) زراعة البروتوبلاست Protoplast Culture

هي خلايا نباتية أُزيلَ جدارها الخلوي السيلّلوزي. يُمكِن أن تتطوّر هذه الخلايا إلى نباتات كاملة. وتقنيّة انصهار البروتوبلاست هي نوع من التعديل الوراثي حيث تُضاف بعض الموادّ الهرمونية كالسيتوكينين إلى الوسط الغذائي لإنتاج نباتات هجينة.

4. فوائد التكاثر الخضري الاصطناعي
Benefits of Artificial Propagation

إنّ الطرق المختلفة للتكاثر اللاجنسي ساعدت الإنسان في الحفاظ على أنواع كثيرة من النباتات، والتخلّص من أنواع أخرى غير مرغوب فيها، واستبدالها بنباتات مرغوب فيها. وسمحت له أيضًا بإكثار نباتات يصعب تكاثرها بالبذور، وإنتاج نباتات متشابهة في ما بينها ومشابهة للنبتة الأمّ.

1.4 فوائد التعقيل Benefits of Cutting

(أ) يعتمد المزارعون التعقيل لسهولة الحصول على قطع من النباتات التي يريدون زراعتها.

(ب) يُعطي التعقيل نتائج سريعة، إذ أنّ نموّ النباتات في بعض أنواع نباتات الزينة، مثل الورود، يُعطي نتيجة أسرع من النتيجة التي يُعطيها زرع البذور.

2.4 فوائد التطعيم Benefits of Budding

(أ) يُساعد التطعيم في إكثار أصناف نباتات معيّنة. فبهذه الطريقة يُمكِن أن ينمو عدّة أنواع من الفاكهة على جذع شجرة واحدة.

(ب) يُساعد التطعيم أحيانًا في التغلّب على الأمراض التي تُصيب النباتات.

3.4 فوائد الرنّد أو الترقيد Benefits of Stolons

(أ) تتمّ عملية الترقيد بسهولة ولا تحتاج إلى عناية كبيرة كالتي يحتاجها التكاثر بالتعقيل.

(ب) يحتاج التكاثر بالترقيد إلى وقت قصير نسبة إلى التكاثر بالتعقيل أو التطعيم.

(ج) عملية الترقيد مضمونة النجاح لأنّ الساق الجارية تبقى متّصلة بالنبتة الأمّ إلى أن يتمّ تكوين الجذور للنبتة الجديدة.

4.4 فوائد زراعة الأنسجة Benefits of Tissue Culture

تُستخدَم هذه التقنية اليوم لإكثار النباتات ذات الصفات الوراثية النادرة أو المرغوب فيها، مثل نباتات الأوركيد والبنفسج الإفريقي. كما يُمكِن استخدام هذه التقنيّة لإنتاج نباتات سليمة خالية من الأمراض الفيروسية.

5. التكاثر البكري في النباتات الزهرية
Apomixis in Flowering Plants

في هذا النوع من التكاثر، ينمو الجنين من بويضة Ovule غير مخصّبة.

هناك أنواع مختلفة من هذا التكاثر الذي يُسمّى التكاثر البكري Apomixis عند النباتات الزهرية، وأهمّها:

التكاثر البكري غير المتكرّر Non Recurrent Apomixis: تخضع الخليّة الأمّ أو الجرثومية الأنثوية الضخمة Megaspore إلى انقسام ميوزي، فيتكوّن كيس جنيني أحادي المجموعة الكروموسومية، ويُعطي بدوره نبتة كاملة لها نصف عدد الكروموسومات الموجودة عند النبتة الأمّ. ولا يُمكِن لهذه العملية أن تتكرّر من جيل إلى آخر.

التكاثر اللاجنسي الجرثومي Sporophytic Apomixis: لا تتكوّن الأجنّة من اتّحاد الأمشاج بل من خلايا النوسيلة Nucellus أو بعض أغلفة البذرة Integuments. ويُعتبَر هذا النوع من التكاثر مهمًّا في عدّة أنواع من الحمضيات.

التكاثر البكري المتكرّر Recurrent Apomixis: هذا النوع هو الأكثر تعقيدًا، لأنّ عدد الكروموسومات في الكيس الجنيني هو نفسه في النبتة الأمّ بسبب عدم اكتمال الانقسام الميوزي في الكيس الجنيني. لذلك ينمو الجنين من خلايا المنشأ أو من الخلايا الجرثومية الأمّ Archesporial Cells أو من أجزاء النوسيلة.

6. علم الزراعة في الماء Hydroponics

هو نمط زراعي لإنتاج المحاصيل في الماء من دون استعمال التربة، حيث يُمكِن تنمية النباتات بواسطة محاليل غنيّة بالمغذّيات المعدنية أو في وسط خامل مثل البرليت، الفيرموكوليت أو الصوف المعدني. إكتشف العلماء أنّ النباتات تمتصّ المعادن الأساسية في صورة أيونات لاعضوية ذائبة في مياه الريّ، لذلك بإضافة المغذّيات إلى المياه بطريقة صناعية، لا ضرورة لوجود التربة. تُعتبَر هذه الزراعة تقنيّة نموذجية في البحوث البيولوجية والتدريس (شكل 69).

(شكل 69)
الزراعة في الماء

وتتميّز هذه التقنيّة بعدّة فوائد أهمّها:

- غياب الحاجة إلى التربة، وبذلك يُمكِن الزراعة في أيّ مكان بغضّ النظر عن طبيعة التربة الموجودة فيه.
- إنخفاض تكاليف الريّ إذ يُمكِن إعادة استخدام الماء.
- تخفيف التلوّث البيئي الناتج عن الأسمدة الكيميائية الزائدة عن حاجة النباتات.
- سهولة الحصاد والحصول على أعلى إنتاجية ممكنة من النباتات.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 2–3

1. في الظروف الملائمة، ينتج التكاثر اللاجنسي نباتات جديدة بسرعة، وبهذا فهو يعتبر تكيّفًا جيّدًا للبيئة المتوافرة.
2. تتضمَّن التراكيب: الرئدات، الدرنات، الريزومات، الأبصال، الكورمات.
3. تقتضي عملية التعقيل في نبتة الجيرانيوم تقطيع عقل من نبتة الجيرانيوم وزرعها في تربة ملائمة ضمن شروط بيئية معينة.
4. الترقيد، إذ عندما يلامس ساق النبتة الجاري التربة، سرعان ما تنمو جذور في التربة ويرفع ساق النبتة الجديدة.
5. تمتصّ النباتات المعادن الأساسية في صورة أيونات لاعضوية ذائبة في مياه الريّ، لذلك بإضافة المغذّيات إلى المياه بطريقة صناعيّة، لا ضرورة لوجود التربة.
6. قد تتنوّع الإجابات: كلا نوعي التكاثر ينتجان نباتات متطابقة وراثيًّا تمامًا مع النبات الأبوي. تحدث عملية التكاثر الخضري طبيعيًّا. أمّا التكاثر الخضري الصناعي، فيتمّ إنجازه من خلال تدخّل الإنسان.
7. قد تظهر الصفة الوراثية الجديدة من خلال حدوث طفرة وراثية.

- التخلّص من الأمراض والآفات الموجودة في التربة مثل الفطريات والديدان، والحشرات، والأعشاب. أضِف إلى ذلك إمكانيّة التقليل من استخدام المبيدات.

لكنّ الزراعة المائية لا تخلو من بعض السيئات:

- يُؤدّي أيّ فشل في نظام التقنيّة إلى الموت السريع للنباتات.
- خطر هجوم الكائنات الممرِضة على النباتات بسبب الرطوبة العالية.
- تحتاج النباتات المائية إلى الكثير من الأسمدة المختلِفة وأنظمة احتواء متنوّعة.

مراجعة الدرس 2–3

1. فسّر كيف يُفيد التكاثر اللاجنسي النباتات؟
2. أذكر ثلاثة تراكيب تستخدمها النباتات في التكاثر الخضري.
3. اشرح عملية التعقيل في نبتة الجيرانيوم.
4. أيّهما يحتاج إلى وقت أقلّ لإظهار نباتات جديدة، الترقيد أم التعقيل؟ فسّر إجابتك.
5. ما هي الخاصيّة النباتية التي مكّنت العلماء من استبدال التربة بالماء كوسط زراعي لإنتاج المحاصيل؟
6. **سؤال للتفكير الناقد:** ما وجه الشبه بين التكاثر الخضري الاصطناعي والتكاثر الخضري الطبيعي؟ وما وجه الاختلاف بينهما؟
7. **أضِف إلى معلوماتك:** ما الأحداث التي قد تُسبّب ظهور صفة وراثية جديدة في إحدى النباتات المُنتَجة بالاستنساخ؟

82

مراجعة الوحدة الأولى

* قبل أن يبدأ الطلّاب بمراجعة الوحدة الأولى، قد ترغب في مناقشة المفاهيم الأساسية من الأفكار الرئيسية.
* اشر إلى أنّ التراكيب والخصائص الخاصّة تمكّن النباتات من البقاء حيّة على وجه الأرض. التكيّف الناجح مع البيئة الجافّة يحتاج إلى تراكيب نباتية لامتصاص الماء ونقله، وتصنيع الغذاء والتكاثر لإنتاج الجيل التالي. يمكن تصنيف النباتات بواسطة هذه التراكيب المتخصّصة. اشر إلى أنّ فهم التراكيب والخصائص النباتية، وكذلك التنوّع والدور البيئي، سيساعد الطلّاب في دراستهم للوحدة الأولى.
* اذكر أنّهم في دروس الوحدة قد تعلّموا أنّ النباتات تحوّل الطاقة الضوئية للشمس إلى طاقة كيميائية مدّخرة بالغذاء من خلال عملية البناء الضوئي التي تشمل مرحلتين، إحداهما ضوئية والأخرى لا ضوئية. اشر إلى بعض الأمثلة من التراكيب المتخصّصة التي يستخدمها النبات ليقوم بالعمليات الحيوية. وتتضمّن هذه التراكيب البلاستيدات الخضراء التي تقوم بالبناء الضوئي، والخلايا الحارسة التي تنظّم حجم الثغور وبذلك تؤثّر في البناء الضوئي، وخلايا الخشب واللحاء المسؤولة عن نقل الماء والموادّ الغذائية. اشر إلى أنّ نموّ النباتات يحدث في مناطق متخصّصة تُسمّى الأنسجة الإنشائية.
* فسّر أنّ النباتات تتكاثر لاجنسيًّا وجنسيًّا. يُنتج التكاثر اللاجنسي نسلًا متماثلًا متلائمًا بصورة جيّدة للبيئة الثابتة الموجودة حوله. ويشتمل التكاثر الجنسي على تبادل الأجيال وينتج عنه التنوّع. في النباتات الزهرية، يتمّ إنتاج البذور على مخاريط أو في ثمار.

مراجعة الوَحدة الأولى

المفاهيم

الإخصاب	Fertilization	الأنسجة الإنشائية	Meristems
البذرة	Seed	بروتينات ناقلة نشطة	Active Transport Protein
البلاستيدات الخضراء	Chloroplasts	البناء الضوئي	Photosynthesis
تعاقب الأجيال	Alternation of Generations	الترقيد	Stolon
التطعيم	Budding	التعقيل	Cutting
تفاعلات غير معتمِدة على الضوء (دورة كالڤن)	Light Independent Reactions (Calvin cycle)	تفاعلات معتمِدة على الضوء	Light Dependent Reactions
التكاثر البكري	Apomixis	التكاثر الخضري	Vegetative Reproduction
التكاثر الصناعي	Artificial Propagation	التلقيح	Pollination
الثغور	Stomata	الثمرة	Fruit
الجذر الوتدي	Taproot	الجذر الليفي	Fibrous Root
جرانا	Grana	حرق الجذور	Root Burn
زراعة الأنسجة	Tissue Culture	الزهرة	Flower
الزهرة الكاملة	Complete Flower	الزهرة الناقصة	Incomplete Flower
ستروما	Stroma	الساق	Stem
الشدّ النتحي	Transpiration Pull	ضغط الامتلاء	Turgor
ضغط جذري	Root Pressure	الطور المشيجي	Gametophyte
الطور الجرثومي (البوغي)	Sporophyte	العروق	Veins
عقدة	Node	عقلة	Internode
علم الزراعة في الماء	Hydroponics	عنق الورقة	Petiole
فرضية تدفّق الضغط	Pressure–Flow Hypothesis	الكلوروفيل	Chlorophyll
الكمبيوم	Cambium	كمبيوم فليني	Cork Cambium

كمبيوم وعائي	Vascular Cambium	ممرّ خارج خلوي	Apoplast
كيوتيكل	Cuticle	ممرّ خلوي جماعي	Symplast
ممرّ عبر غشائي	Transmembrane	النسيج الوسطي الإسفنجي	Spongy Mesophyll
النسيج الوسطي	Mesophyll	النسيج الوسطي العمادي	Pallisade Mesophyll
النصل	Blade	نظرية الشدّ المتماسك	Cohesion – Tension Theory
النموّ الأوّلي	Primary Growth	النموّ الثانوي	Secondary Growth

الأفكار الرئيسية للوحدة

الفصل الأوّل: التغذية والنقل والنموّ في النباتات

(1–1) تركيب النباتات

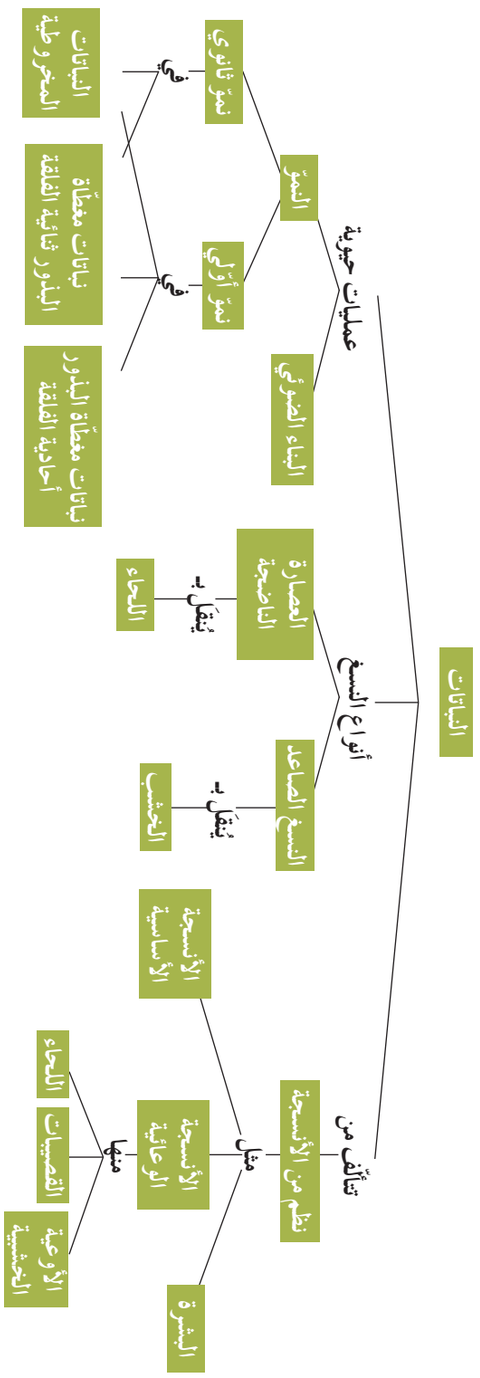
- التراكيب الأساسية للورقة النباتية هي النصل والعروق والعنق، وهي تُمكّن الورقة من العمل كعضو في عملية البناء الضوئي.
- يُمكن تصنيف الأوراق النباتية إلى بسيطة أو مركّبة. ويُمكن تصنيف الأوراق المركّبة إلى ريشية أو راحية.
- تحمل السوق الأوراق النباتية والأزهار، وتنقل الماء والموادّ الغذائية إلى جميع أجزاء النباتات.
- إمّا أن يكون للنباتات جذر وتدي كبير واحد أو جذور ليفية صغيرة عديدة منتشرة، وهي تمتصّ الماء والعناصر المعدنية وتُثبّت النباتات.
- تتكاثر النباتات الزهرية بواسطة البذور.

(2–1) التغذية في النباتات

- تتحوّل طاقة ضوء الشمس أثناء البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية مُختزَنة في الغذاء.
- تتكوّن المرحلة الأولى من عملية البناء الضوئي من تفاعلات ضوئية تُستخدَم فيها الطاقة الضوئية لشطر الماء إلى غاز الأكسجين، أيونات هيدروجين والكترونات عالية الطاقة. ويُساعِد تدفُّق الإلكترونات في توليد مركب الـ ATP.
- في المرحلة الثانية من البناء الضوئي، أي دورة كالڤن (التفاعلات اللاضوئية)، يتحوّل ثاني أكسيد الكربون إلى جزيء ثلاثي ذرّات الكربون يُستخدَم في إنتاج الجلوكوز.
- تتبادل النباتات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون مع الهواء الجوّي، وتفقد الماء من خلال ثقوب تُسمّى الثغور. وتتحكّم الخلايا الحارسة في حجم الثغور.
- لكي تخزّن النباتات الطاقة أو تنمو، لا بدَّ أن تُنتِج كمّية جلوكوز أكبر من تلك التي تحتاج إليها في عملية التنفّس الخلوي.
- تفقد النباتات معظم الماء الذي تمتصّه خلال عملية التبخّر.

خريطة مفاهيم الوحدة الأولى

الفصل الأوّل



(3–1) النقل في النباتات

- يحفظ الماء في الفجوات الخلوية ضغط الامتلاء للخلايا النباتية.
- تمتصّ الجذور الماء من التربة بواسطة الأسموزية.
- تدخل بعض العناصر المعدنية الجذور بواسطة الانتشار، وبعضها الآخر بواسطة النقل النشط. ويحتاج جميع الجذور إلى الأكسجين لتُوفّر الطاقة لعملية النقل النشط.
- في النباتات الوعائية، ينقل نسيج الخشب الماء والأملاح المعدنية الذائبة، وينقل اللحاء العصارة المحتوية على السكّريات الذائبة المنتجة خلال عملية البناء الضوئي.
- إنّ خلايا نسيج الخشب هي خلايا ميتة وجوفاء. عندما يتبخّر الماء خلال الأوراق أثناء عملية النتح، يتمّ تعويض هذا الماء من خلال سحب ماء إلى أعلى خلال الأنابيب الجوفاء بواسطة قوى التماسك.
- تستخدم خلايا اللحاء الحيّة الطاقة في النقل النشط للسكّريات من خلايا المنبع إلى الأنابيب الغربالية، ومن الأنابيب الغربالية إلى خلايا المصرف.

(4–1) نموّ النباتات

- يحدث النموّ الأوّلي (أو الابتدائي) في الأنسجة الإنشائية (أو المرستيمية) القمّية، أي عند قمم السوق والفروع والجذور، وكذلك عند مواضع اتّصال الأوراق بالسوق.
- يحدث في جميع النباتات نموّ أوّلي. ويُمكن للنباتات الخشبية أيضًا أن تنمو أكثر في العرض من خلال النموّ الثانوي.
- الخشب عبارة عن طبقات من نسيج الخشب الثانوي. ويتكوّن القلف من طبقات الفلّين والكمبيوم الفلّيني واللحاء.
- يُوفّر عرض طبقات نسيج الخشب الربيعي والصيفي بيانات عن تغيّرات المناخ.

الفصل الثاني: التكاثر والاستجابة في النباتات

(2–1) التكاثر الجنسي في النباتات (1)

- يستلزم التكاثر الجنسي في النباتات حدوث تعاقب أجيال أحادية المجموعة الكروموسومية وأجيال ثنائية المجموعة الكروموسومية.
- الطور المشيجي هو الطور السائد في الحزازيات، والطور الجرثومي (البوغي) هو السائد في السرخسيات والنباتات المخروطية والزهرية.
- يُنتج العديد من النباتات البذور أثناء التكاثر الجنسي.

(2–2) التكاثر الجنسي في النباتات (2)

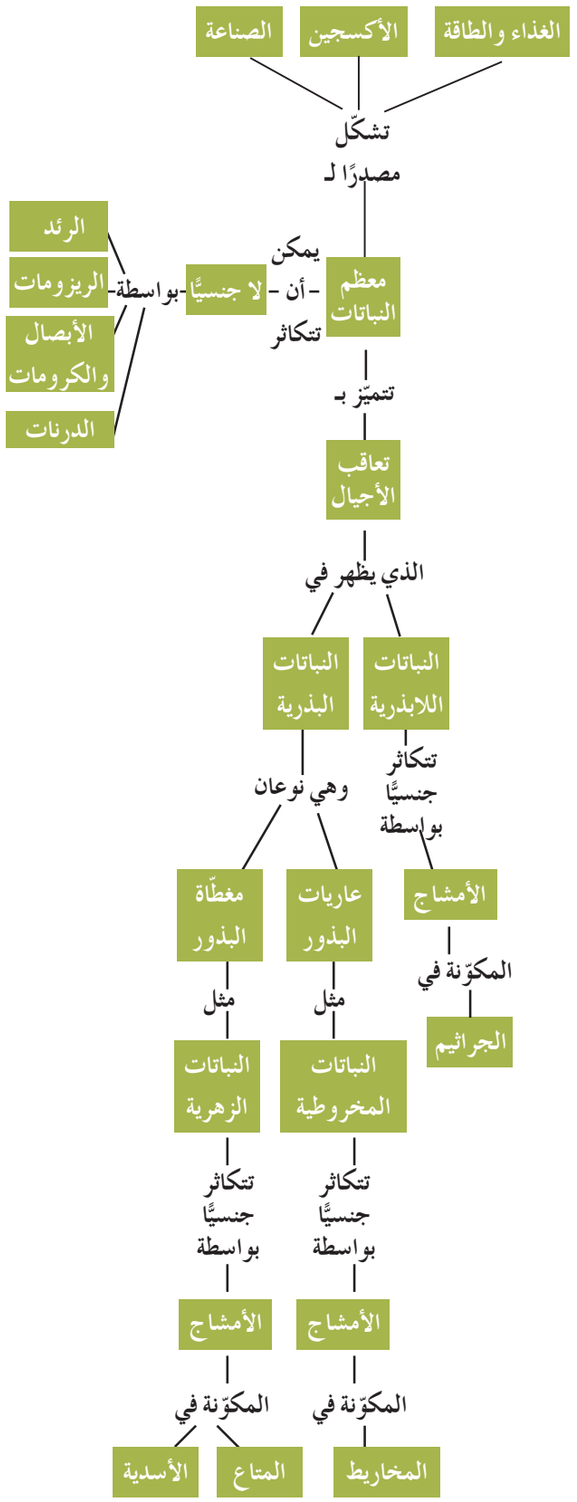
- لمعظم الأزهار تراكيب ذكرية وأنثوية وعقيمة.
- تتطلّب عملية الإخصاب في النباتات مغطّاة البذور (النباتات الزهرية) حدوث عملية التلقيح، ونموّ أنبوبة اللقاح واتّحاد البيضة مع نواة ذكرية.
- خلال عملية الإخصاب في النباتات مغطّاة البذور تتكوّن البذور والثمرة.
- تحتاج عملية الإنبات إلى وجود عوامل ملائمة مثل الماء والأكسجين ودرجة حرارة معتدلة والضوء أحيانًا.

(2–3) التكاثر اللاجنسي في النباتات

- يُنتج التكاثر اللاجنسي نباتات مشابهة تمامًا للنبتة الأمّ ومتكيّفة للعيش في بيئة مستقِرّة.
- يُمكن أن يحدث التكاثر الخضري في بعض النباتات بدءًا من بعض التراكيب مثل السوق الجارية والسوق الأرضية والدرنات والكورمات والبصلات.
- يستخدم المزارعون تقنيّات التعقيل والتطعيم والرند (الترقيد) لإنتاج كمّيات كبيرة من النباتات في وقت أقصر وكلفة أقلّ.
- تكمن أهمّية زراعة الأنسجة النباتية في قدرة خلاياها على التجدّد إلى نباتات كاملة. وتُستخدَم هذه التقنيّة لإنتاج نباتات ذات صفات وراثية نادرة أو نباتات خالية من الأمراض.

خريطة مفاهيم الفصل الأول

إستخدم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.



خريطة مفاهيم الفصل الثاني

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظِّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الفصل.

إجابات أسئلة الوحدة الأولى

تحقّق من فهمك

اختيار العبارة الصحيحة

1. الأعناق
2. البذرة
3. العروق
4. الأزهار
5. التكاثر الخضري
6. حبوب اللقاح
7. المبيض

صحّ أم خطأ

1. صحّ
2. خطأ. تُسمّى الأعضاء المؤنثة في الحزازيات بالأرشيجونة.
3. خطأ. تتميّز جميع النباتات بظاهرة تعاقب الأجيال.
4. خطأ. تقسم النباتات مغطاة البذور إلى نباتات أحادية الفلقة ونباتات ثنائية الفلقة.
5. خطأ. النبتة المشيجية هو الطور السائد في النباتات اللابذرية.
6. صحّ

اجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

1. العروق في أوراق النباتات وحيدة الفلقة عادة ما تكون متوازية؛ العروق في أوراق النباتات ثنائية الفلقة عادة ما تكون متفرّعة.
2. الخشب نسيج وعائي، كذلك الأمر بالنسبة للّحاء. ينقل الخشب الماء والعناصر المعدنية الذائبة؛ ينقل اللحاء السكّريات الذائبة.
3. يمكن للجذور الوتدية أن تصل إلى الماء الذي قد يكون بعيدًا تحت سطح الأرض، وهي تثبّت النباتات بقوّة. يمكن للجذور الليفية جمع الماء من منطقة متّسعة لكن ضحلة، وهي تمنع تآكل التربة أو تعريتها.
4. لديها بذور، وهي تُمكِّن النباتات البنوية (مغطّاة البذور ومعرّاة البذور) من أن تظلّ كامنة حتّى تصبح الظروف مناسبة للبقاء. النوع الذي له بذور يستطيع أن ينتشر على نحو كبير.
5. ينمو كل من الجيل أحادي المجموعة الكروموسومية وثنائي المجموعة الكروموسومية بالانقسام الميتوزي. أما الجيل ثنائي المجموعة الكروموسومية فقط هو الذي ينقسم ميوزيًّا لكي ينتج الجراثيم (الأبواغ).
6. تسمح الفراغات الهوائية في النسيج الوسطي بتبادل الغازات المُستخدَمة في البناء الضوئي.

تحقق من فهمك

اختر العبارة الصحيحة من بين العبارات التي تلي كل سؤال ممّا يلي وذلك بوضع علامة (✓) أمامها:

1. تقوم العروق بنقل السوائل فيما بين الأوراق النباتية والسوق عبر:
☐ الجذور الليفية ☐ الأنصال ☐ الأعناق ☐ الجذور الوتدية
2. التركيب التكاثري النباتي الذي يتكوّن من الجنين والغذاء الخاصّ به هو:
☐ الزهرة ☐ الحبّة ☐ المشيج ☐ البذرة
3. الأوعية الأنبوبية التي تنقل الماء والعناصر المعدنية والسكر خلال الأوراق النباتية هي:
☐ الجذور الوتدية ☐ العروق ☐ النباتات الوعائية ☐ الأنصال
4. الأعضاء التكاثرية للنباتات الزهرية هي:
☐ الأزهار ☐ المخاريط ☐ الثمار ☐ الأعناق
5. يعتبر نموّ النبات من الرئد والدرنة مثالًا لـ .....
☐ التكاثر الجنسي ☐ التلقيح ☐ التكاثر الخضري ☐ الاستعمار
6. في النباتات الزهرية، التراكيب التي تحتوي الخلايا الذكرية هي .....
☐ الجراثيم ☐ حبوب اللقاح ☐ المبايض ☐ الفلقات
7. تركيب النباتات الذي يتطوّر إلى الثمرة هو .....
☐ الفلقة ☐ البذرة ☐ الجرثومة ☐ المبيض

ضع علامة (✓) في المربّع الواقع أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (✗) في المربّع الواقع أمام العبارة غير الصحيحة في كلّ ممّا يلي:

1. القمح من النباتات أحادية الفلقة. ☐
2. تسمّى الأعضاء المذكّرة في الحزازيات بالأرشيجونة. ☐
3. تتميّز النباتات اللابذرية فقط بظاهرة تعاقب الأجيال. ☐
4. تقسم النباتات عارية البذور إلى نباتات أحادية الفلقة و نباتات ثنائية الفلقة. ☐
5. النبتة المشيجية هو الطور السائد في النباتات البذرية. ☐
6. تنشأ التراكيب التكاثرية لنباتات عارية البذور في مخاريط ذكرية وأنثوية. ☐

اجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

1. ما أوجه اختلاف تعرّق الأوراق في النباتات أحادية الفلقة والنباتات ثنائية الفلقة؟ أرسم أمثلة توضّح تلك الاختلافات.
2. ما نوع نسيج الخشب؟ كيف يختلف عن اللحاء؟
3. ما فوائد كلّ من الجذور الوتدية والجذور الليفية للنباتات؟
4. ما التركيب التكاثري الموجود في كلّ من النباتات معرّاة ومغطّاة البذور وغير الموجود بالحزازيات والسرخسيات؟ ما الفائدة التي تعود على النبات من وجود مثل ذلك التركيب؟

7. التفاعلات الضوئية ودورة كالفن (التفاعلات اللاضوئية)؛ تستخدم الأولى الماء وتنتج الأكسجين، أمّا الثانية فتنتج الجلوكوز.
8. تنفتح الخليّتان الحارستان عندما تكونان منتفختين بالماء، وتنغلقان عندما يكون الماء قليلًا. عندما ينغلق الثغر، يكون تبادُل غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون قليلًا.
9. الكلوروفيل وأصباغ البناء الضوئي الأخرى
10. يفقد النبات الذابل ضغط امتلائه ويصبح أقلّ صلابة. يحدث الذبول عندما يفقد النبات الماء.
11. تحتوي خلايا السراخس في الطور المشيجي على البلاستيدات الخضراء التي تمكّنها من عملية البناء الضوئي وتصنيع غذائها.
12. يكون الجذير قادرًا على امتصاص الماء، وهذا يساعد في عملية الإنبات ويسرّعها.

تحقّق من مهاراتك

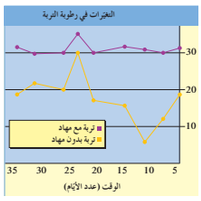
1. يمكن للنباتات أن تنتج الغذاء والملابس والخشب والأدوية وموادّ أخرى.
2. مستوى الرطوبة الثابت نسبيًّا في الشكل البياني العلوي يعكس قدرة المهاد على الاحتفاظ بالرطوبة في التربة. قد ترجع التغيّرات في الشكل البياني إلى وجود الأمطار المتساقطة أو الريّ وغيابهما. إذا انخفضت الرطوبة في التربة بدرجة كبيرة جدًّا، قد تموت النباتات المزروعة في التربة من دون المهاد.
3. 140 دقيقة، أو ساعتان و 20 دقيقة. اضرب 105 أمتار × 100 لتحصل على 10500 سم، ثم اقسم هذا الرقم على المعدّل الأقصى للتدفّق الذي يساوي 75 سم/الدقيقة.
4. ستتنوّع التصاميم. يمكن للطلّاب أن يُعرِّضوا بعض النباتات المزروعة بأصص إلى الرياح المولّدة بواسطة مروحة، ويَحفظوا النباتات الأخرى بعيدًا عن الرياح. يمكنهم ريّ كلّ النباتات حتّى يحدث تصريف للماء من الأصص، ثم يقومون بقياس كتلة الأصص في أوقات منتظمة ليحدّدوا مقدار السرعة التي يمرّ بها الماء من التربة خلال النباتات.

أسئلة مراجعة الوحدة 1

5. ما أوجه التشابه والاختلاف بين طَوْرَي دورة الحياة في النبات؟
6. فسّر لماذا يُعتبَر من الأفضل للنباتات أن يتكوّن 70 – 20% من حجم النسيج الوسطي في أوراقها من فراغات هوائية.
7. ما المرحلتان الأساسيتان من عملية البناء الضوئي؟ في أيّ مرحلة منهما يُستخدَم الماء ويُنتَج الأكسجين؟ وأيّ مرحلة تُنتج الجلوكوز؟
8. كيف تتحكّم الخلايا الحارسة في تبادُل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والماء خلال الثغور؟
9. ما الموادّ النباتية المسؤولة عن تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية؟
10. صِفْ ما يحدث عندما يذبل نبات. ما أسباب الذبول؟
11. فسّر أهمّية الطور المشيجي في السراخس.
12. أين تكمن أهمّية انبثاق الجذير أوّلًا في عملية إنبات البذور؟

تحقق من مهاراتك

1. **التنظيم والتصنيف:** تخيّلْ أنّك مشترِك في لجنة للتنمية الاقتصادية في منطقتك. إبحث عن بعض الأعمال والصناعات ذات العلاقة بالنباتات التي قد ترغب اللجنة في أن تُحضِرها إلى المنطقة لتُعزّز النموّ الاقتصادي. ضَعْ في اعتبارك مناخ المنطقة ونوع التربة والموارد المتاحة عند قيامك بعمل توصياتك.
2. **مهارة تفسير الأشكال البيانية:** ينشر الكثير من منسقي الحدائق طبقة من المهاد (قطع صغيرة من قلف الأشجار، ورقائق صغيرة من خشب الأشجار والقشّ وموادّ عضوية أخرى) على التربة حول النباتات، ويُوضِّح الرسم البياني التالي أحد تأثيرات المهاد على التربة. صِفْ ذلك التأثير. ما الظروف التي قد أنتجت التغيّرات الموضَّحة في الشكل البياني؟



3. **تطبيق المفاهيم:** أحسب الزمن الذي يستغرقه الماء ليصل إلى قمّة جذع شجرة من الصنوبر الأحمر طولها 105 أمتار. إفترِض أنّ الماء يتحرّك بأقصى معدّل.
4. **تصميم تجربة:** خطِّط لإجراء تجربة لتحديد ما إذا كان معدّل النتح يختلف بواسطة الرياح.
ملحوظة: ضمِّن طريقة لقياس الماء الذي تمتصّه كلّ نبتة.

5. يجب أن يتوقّع الطلّاب ارتباطًا موجبًا بين طول حياة النبات ومقدرته على القيام بالنموّ الثانوي. يمكنهم جمع بيانات لمقارنة سمك النباتات مع طول فترة أعمارها.
6. يمكن أن يُطعَّم فرع من شجرة تفّاح على فرع من شجرة تفّاح أخرى لإنتاج نوعين من الثمار المختلفة على الشجرة نفسها. التعقيل وزراعة الأنسجة يمكن أن ينتجا نوعًا واحدًا من النوع الذي أُخذَت منه.
7. النبتة الأولى التي يمكن أن تتفتّح في فصل الصيف والنبتة الثانية التي يمكن أن تنمو أيضًا في فصل الربيع.
8. يستنتج العلماء من المعطيات الواردة في الجدول أنّ إنتاجية بذور الجزر أفضل بكثير بوجود الحشرات من عدم وجودها. وبوجود النحل، يصل تلقيح النباتات المزهرة إلى أقصاه.

المشاريع

1. قد تتنوّع الإجابات وفقًا لأنواع النباتات السائدة في المكان الذي يعيش فيه الطلّاب. شجّع الطلّاب على التعرّف إلى نوعين من النباتات في محيطهم، والبحث عن كيفية تكاثرهما.
2. يمكن للطلّاب استخدام الأشكال التخطيطية في الكتاب المدرسي وفي مصادر أخرى كمعلومات لنماذجهم.
3. زرعت الهيئة الوطنية لإدارة أبحاث الملاحة الجوّية والفضاء NASA النباتات في بيئة منعدمة الجاذبية لدراسة نموّها وقدرتها على الحياة في محطّة فضائية. يمكن للطلّاب أن يجروا بحثًا عن الموضوع من خلال الإنترنت.

5. **تصميم التجارب:** ما العلاقة التي تتوقّع وجودها بين طول فترة حياة النبات ومقدرته على القيام بالنموّ الثانوي؟ ما البيانات التي يُمكنك أن تجمعها لاختبار فرضك؟ صِفْ تجربة تجمّع هذه البيانات.
6. **التنظيم والتصنيف:** فكّر في طرق التكاثر الخضري الاصطناعي الموصوفة في هذا الفصل. أيّ طريقة ستستخدمها لإنتاج شجرة تفّاح تحمل نوعين مختلفين من ثمار التفّاح؟
7. **تحليل البيانات:** افترِض أنّ لديك حديقة ظليلة ذات تربة رطبة. وظّف الجدول التالي لكي تتعرّف النباتات القصيرة التي ستتفتّح أزهارها في حديقتك في فصل الصيف. ما النبتة أو النباتات الأخرى التي يُمكن أن تتفتّح في حديقتك؟

التخطيط لزراعة الحديقة				
النبتة	فترة الإزهار	إرتفاع النبتة	الإضاءة	التربة
الأولى	أواخر الربيع	30 cm	ضوء ظليل	رطبة
الثانية	من منتصف الصيف إلى أواخره	20 – 30 cm	ضوء ظليل	رطبة
الثالثة	قبل منتصف الصيف	0.6 – 1.8 m	ضوء ظليل	جيّدة الصرف
الرابعة	أوائل الصيف إلى أواخر الخريف	60 cm	ضوء ساطع	جيّدة الصرف
الخامسة	أواخر الربيع إلى منتصف الصيف	30 – 45 cm	ضوء ساطع	جيّدة الصرف

8. **تحليل البيانات:** يُمثّل الجدول التالي نتائج تجربة قام بها العلماء لدراسة دور الحشرات في عملية تلقيح النباتات المزهرة.

	نباتات المشتل			نباتات الحقول
	في غياب الحشرات	بوجود حشرات صغيرة	بوجود النحل	
إنتاجية بذور الجزر ($kg/40m^2$)	58	205	381	322

ما الذي استنتجه العلماء من معطيات الجدول أعلاه؟

المشاريع

1. **علم الأحياء والمجتمع**

كيف تتكاثر الأنواع السائدة من النباتات في الحيّ الذي تعيش فيه؟ إدعم تقريرك بالرسومات أو بالصور الفوتوغرافية.

2. **علم الأحياء والفنّ**

إصنع نموذجًا ثلاثي الأبعاد لواحدٍ ممّا يأتي: الطبقات في الورقة النباتية؛ تركيب جذر النبات؛ تركيب ساق نبات خشبية لها نموّ ثانوي.

3. **علم الأحياء وعلم الفيزياء**

تعرّف التجارب التي قامت بها NASA لاستكشاف كيف تنمو النباتات في بيئة منعدمة الجاذبيّة. ما الغرض لهذه التجارب على المدى الطويل؟

مخطط تدريس الوحدة الثانية: علم الوراثة

الفصل الأول: أساسيات علم الوراثة

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
1-1 الأنماط الوراثية	* تعرّف مفهوم علم الوراثة والصفات الوراثية. * التمييز بين الصفات السائدة والصفات المتنحّية. * تحليل نتائج تجارب مندل لثلاثة أجيال من نبات البازلاء.	* علم الأحياء في حياتنا اليومية: خطوط الدم!	2	* أقراص مدمجة CD–ROMs * شرائط فيديو – تلفاز * شفافيّات ملوّنة وجهاز عرض رأسي Overhead Projector * شفافيات أو لوحات وصور أو أفلام توضّح تجارب مندل. * شفافيات وصور توضّح قوانين مندل.
2-1 مبادئ علم الوراثة	* تلخيص قوانين مندل الوراثية ويفسر بعض تطبيقاتها. * تحديد شروط تحقيق النسب المندلية. * توضيح مفهوم السيادة في الكائنات الحيّة. * تعرّف مفهوم انعدام السيادة ويُفسِّر بعض حالاته. * تعرّف مفهوم التلقيح الاختباري وبعض تطبيقاته.		2	* صور أو شفافيات لنبات البازلاء بصفات متنوّعة لدراسة توارث هذه الصفات. * شفافيات أو صور لسجلّ عائلة ما تظهر توارث صفة معيّنة لدى الإنسان. * شفافيات أو صور تظهر عملية العبور بين الكروماتيدات. * صور أو شفافيات لصفات معيّنة عند الإنسان تظهر ارتباطها بالكروموسومات الجنسية.
3-1 دراسة توارث الصفات في الإنسان	* تفسير توارث بعض الصفات باستخدام سجّل النسب الوراثي. * التفريق بين بعض الاختلالات الوراثية السائدة والمتنحّية. * تعداد طرق عدّة لتحديد بعض الاختلالات الوراثية المحتمل توارثها (الاستشارات الوراثية).	* العلم والمجتمع والتكنولوجيا: الاستشارات الوراثية * علم الأحياء في حياتنا اليومية: الشمع في أذنيك	2	

الدرس	الأهداف	معالم الدرس	عدد الحصص	الوسائل المعينة في عملية التدريس
4-1 ارتباط الجينات [الارتباط والعبور]	* تحديد العلاقة بين الجينات والصفات الوراثية والكروموسومات والحمض النووي DNA. * تعرّف مفهوم الارتباط كنمط وراثي. * تفسير ما ينتج عن العبور من ارتباطات جينية جديدة.	* علم الأحياء في حياتنا اليومية: الإنسان أصله إنسان!	2	
5-1 الوراثة والجنس	* تفسير دور الوراثة في تحديد الجنس. * التمييز بين الكروموسومات الذاتية والجنسية. * تعرّف بعض الصفات الوراثية المرتبطة والمحدّدة والمتأثّرة بالجنس، والمقارنة بينها.		2	
حلّ مراجعة الوحدة الثانية			**1**	
إجمالي عدد الحصص			**11**	

الوحدة الثانية

علم الوراثة

مكوّنات الوحدة

الفصل الأوّل: أساسيات علم الوراثة

1–1: الأنماط الوراثية

1–2: مبادئ علم الوراثة

1–3: دراسة توارث الصفات في الإنسان

1–4: ارتباط الجينات (الارتباط والعبور)

1–5: الوراثة والجنس

مقدّمة

- تتطلّب الدراسة في هذه الوحدة أن يكون لدى الطالب خلفية من المعلومات البيولوجية عن تركيب الخليّة وعضياتها وعن التكاثر، حيث يتمّ التركيز على دراسة الآليات التي تحكم انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء في الكائنات الحية.
- تتيح الدراسة في هذه الوحدة حقلًا خصبًا من المعارف البيولوجية اللازمة، والمرتبطة بالبيئة والحياة، والتي تجذب انتباه الطلّاب فيتوصّلون من خلالها للإجابة على الكثير من الأسئلة التي تدور في أذهانهم. فالحقائق الوراثية عديدة ومشوّقة، والمفاهيم جديدة، والتعميمات نافعة ومرتبطة بالحياة والبيئة، والمبادئ والقوانين الوراثية تلقي الضوء على احتمالات نتاج الأجيال، والنظريات تساعد الطالب في إدراك وتفسير ما يراه من ظواهر وراثية.

معالم الوحدة

استعرض مع الطلّاب الأنشطة الصفّية التي سيقومون بها خلال دراستهم لهذه الوحدة. وناقش معهم مدى ارتباط المحتوى العلمي للوحدة مع الحياة اليومية، لا سيّما في ما يتعلق بتقدّم التجارب العلمية والاختراعات والتكنولوجيا التي سمحت للإنسان باكتشاف ما كان مخفيًّا من أسرار الحياة.

ما الخصائص والمميّزات الخاصّة التي تجعلك مميّزًا عن زملائك في المدرسة؟ قد يكون شعرك المجعّد أو خفّة ظلّك وروحك المرحة. هل يُشارِكك أحد أفراد عائلتك هذه الصفات؟ أنظر من حولك، ما الصفات التي يتقاسمها أفراد العائلات الأخرى؟ هناك عدد كبير من العائلات الحيوانية، أيضًا، مثل الدببة والبوم والذئاب والخنازير والكثير غيرها. لماذا يتشابه أفراد كلّ عائلة من هذه العائلات؟

منذ قرون عدّة، يجهل الناس لماذا يتشابه أفراد العائلات. جاءت الأدلّة الأولى لتُفسّر ذلك من خلال دراسة دقيقة لتوارث الصفات في النباتات، واكتُشِفت معلومات كثيرة غيرها بعد اكتشاف المجهر. ومن الحدائق والمختبرات، بدأت الاكتشافات تتجمّع بعضها مع بعض لحلّ لغز الوراثة.

إكتشِف بنفسك

استكشِف الصفات الموروثة

الأدوات المطلوبة: قلم رصاص، ورقة بيضاء، ورقة رسم بياني الخطوات:

1. كُنْ واثقًا من قدرتك على تحديد كلّ صفة من الصفات التالية: القدرة على لفّ اللسان على شكل U، شحمة الأذن ملتحمة أم سائبة، وجود شعر على السلامية الوسطى لأصابع اليد أو غيابه، وجود غمّازات على الخدّ أو غيابها، وغيرها من الصفات.
2. ضَعْ جدولًا لتستخدمه في حصر أفراد عائلتك أو معظم أصدقائك.
3. أحصر الأشخاص الذين تبدو عليهم صفة أو أكثر من هذه الصفات، وسجّل مجموع الأشخاص لكلّ صفة.
4. أرسم شكلًا بيانيًّا لما توصّلتَ إليه من نتائج. أيّ الصفات أكثر وضوحًا؟ أيُّ صفة من هذه الصفات هي الأكثر انتشارًا؟

فصول الوحدة

الفصل الأوّل
- أساسيات علم الوراثة

أهداف الوحدة

- يتعرّف مفهوم علم الوراثة والصفات الوراثية.
- يُميّز بين الصفات السائدة والصفات المتنحّية.
- يفهم قوانين مندل الوراثية.
- يفهم موضوع السيادة.
- يُحدّد شروط تحقيق النسب المندلية.
- يتعرّف مفهوم التلقيح الاختباري وتطبيقاته.
- يتعرّف مفهوم انعدام السيادة.
- يتعرّف توارث الصفات باستخدام سجلّ النسب الوراثي.
- يُفرّق بين الاختلالات الوراثية السائدة والمتنحّية، وطرق تحديدها.
- يتعرّف مفهومي الارتباط والعبور وما ينتج عنهما من ارتباطات جينية جديدة.
- يُفسّر دور الوراثة في تحديد الجنس.
- يُميّز بين الكروموسومات الجنسية والذاتية.
- يتعرّف الصفات الوراثية المرتبطة والمتأثّرة بالجنس.

معالم الوحدة

- علم الأحياء في حياتنا اليومية
- العلم والمجتمع والتكنولوجيا

اكتشف بنفسك

استكشف الصفات الموروثة

زوِّد الطلّاب ببعض الإرشادات للتخطيط لتنفيذ النشاط، وبالاعتماد على الصفات التي تسهل ملاحظتها، والأسئلة التي يوجّهونها لأفراد عائلاتهم وأصدقائهم لجمع البيانات، وتنظيمها بطريقة تجعل تمثيلها بيانيًّا سهلًا، وتحليلها للخروج بالاستنتاجات حول أكثر الصفات الموروثة وأكثرها انتشارًا في الإنسان.

الأهداف المرجو اكتسابها بعد دراسة الوحدة الثانية

1– يحدد المصطلحات التالية:

الارتباط، الألّيل، الألّيل السائد، الألّيل المتنحي، التلقيح الاختباري، التهجين الأحادي، التهجين الثنائي، الجين، الجينات المرتبطة، الجينات المرتبطة بالجنس، حامل الصفة، سجل النسب، السيادة غير التامة، السيادة المشتركة، السيادة الوسطية، الصفات المتأثرة بالجنس، الصفات المحددة بالجنس، الصفة النقية، الصفة الهجينة، الصفة الوراثية، التركيب الجيني، التركيب الظاهري، العبور، علم الوراثة، الكروموسومات الجسمية، الكروموسومات الجنسية، النظرية الكروموسومية في الوراثة، مربع بانت، نقي أو متشابه اللاقحة، هجين أو متباين اللاقحة

2– يتعرف المفاهيم العلمية التالية:

الأهداف المعرفية

- فهم أسس ومبادئ الوراثة فهمًا صحيحًا.
- تطبيق المعلومات التي تعرفها في هذه الوحدة على المشكلات الوراثية الحياتية.
- التحليل والتركيب للوصول إلى احتمالات الأجيال في توراث صفة أو صفات محددة.
- التقويم وإصدار الأحكام مدعمة بالأسس الوراثية.

الأهداف المهارية

- مهارة التوقّع بتوارث الصفات لدى الأجيال المتعاقبة.
- مهارة التعبير عن وراثة الصِّفات باستخدام مربعات بانت.
- مهارة الملاحظة الدَّقيقة وتسجيل البيانات وتنظيمها.
- مهارة استنتاج العلاقات من البيانات.

الأهداف الوجدانية

- الإيمان بأن الحقائق العلميَّة ذات طبيعة ديناميكية، تتميز بقابليتها للتغير والتَّبديل والتَّعديل.
- الإيمان بالأسلوب العلمي في حلِّ المشكلات.
- تقدير جهود العلماء.
- الإيمان بقدرة الخالق المطلقة، والدقة المحكمة في تنظيم توارث الصفات في الكائنات الحية.

الفصل الأوّل

أساسيات علم الوراثة

دروس الفصل

1–1: الأنماط الوراثية

1–2: مبادئ علم الوراثة

1–3: دراسة توارث الصفات في الإنسان

1–4: ارتباط الجينات (الارتباط والعبور)

1–5: الوراثة والجنس

مقدّمة الفصل

بدأت الدراسات العلمية لعلم الوراثة منذ مئة عام تقريبًا. تركّز اهتمام روّاد علم الوراثة على دراسة أوجه الشبه والاختلاف بين الأهل وأولادهم. بعد دخوله الدير بخمسة عشر عامًا، بدأ جريجور مندل يجري تجاربه على نباتات البازلّاء. أدّت هذه التجارب أخيرًا إلى ما يعرف بعلم الوراثة. لم يكن العالم يعرف إلّا القليل عن ما يُسمّى الوراثة. فقد اعتقد العلماء أنّ خصائص الوالدين تمتزج بشكل أو بآخر لدى الأولاد. ومع اهتمامهم بتزاوج النباتات والحيوانات، لم يكن لديهم أيّ مبادئ علمية يستندون إليها في أعمالهم تلك. أجرى مندل تجارب مُتقَنة، مركّزًا على خصائص وراثية قليلة ومستعملًا تقنيات الرياضيات في تحليل نتائجه. لم يعطِ العلماء في حينه أيّة أهمّية لأعماله، لكن بعد موته بخمسين عامًا، بدأوا يدركون أهمّيتها وأخذوا يبنون دراساتهم عليها.

يتساءل كلّ والدين ينتظران مولودًا جديدًا كيف سيبدو طفلهما. هل سيكون صبيًّا أم فتاة؟ هل سيُشبِه أنفه أنف أبيه أم أمّه؟ هل سيكون لون عينيه أزرق أم بنيًّا؟ هل سيولَد بصحّة جيّدة؟ في الماضي، ما كان للوالدين سوى أن يتوقّعا الإجابات عن هذه الأسئلة. أمّا اليوم، فأصبحا يملكان كمًّا من المعلومات تُساعدهم على التوقّع ببعض الصفات التي قد يحملها طفلهما. هذه المعلومات هي نتيجة الأبحاث في علم الوراثة. يشمل هذا العلم دراسة كيفية انتقال الخصائص البيولوجية من الآباء إلى الأبناء. قبل القرن العشرين، إعتقد الناس أنّ الخصائص البيولوجية تنتقل من جيل إلى آخر بواسطة الدم، ولا يزال الكثيرون يتحدّثون عن "نسب الدم". لكن أصبحنا نعلم الآن أنّ هذه الخصائص تنتقل كرسائل كيميائية في الكروموسومات، وهذه الرسائل مرمّزة على جزيئات الـDNA داخل النواة.

دروس الفصل
الدرس الأوّل
- الأنماط الوراثية

الدرس الثاني
- مبادئ علم الوراثة

الدرس الثالث
- دراسة توارث الصفات في الإنسان

الدرس الرابع
- إرتباط الجينات (الارتباط والعبور)

الدرس الخامس
- الوراثة والجنس

الأهداف:
- يتعرّف مفهوم علم الوراثة والصفات الوراثية.
- يميّز بين الصفات السائدة والصفات المتنحّية.
- يحلّل نتائج تجارب مندل لثلاثة أجيال من نبات البازلّاء.

الأدوات المستعملة: شفافيات أو لوحات وصور أو أفلام توضّح تجارب مندل.

صفحات الطالب: من ص 94 إلى ص 100

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تعرّف الطلّاب على صورة افتتاحية الدرس في الشكل (70)، ودعهم يقرأون التعليق المصاحب له. اسأل الطلّاب ما إذا كانوا مؤيّدين أم معارضين لهذا الوصف.

اشر إلى أنّ صفة الخجل تُعتبَر إحدى الصفات السلوكية التي استعان بها علماء النفس السلوكيون في علم الوراثة وملاحظة السلوك عند الأطفال. ولا يؤكّدون أنّها موروثة إلّا بمتابعة نموّ هؤلاء الأطفال حتّى مرحلة البلوغ.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة للطلّاب حول الأنماط الوراثية، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما المقصود بالصفات الوراثية؟ **(الصفات التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء من جيل إلى جيل.)**
- ما المقصود بعلم الوراثة؟ **(الدراسة العلمية لتفسير كيفية انتقال الصفات الموروثة.)**
- كيف تنتقل الصفات من الآباء إلى الأبناء؟ **(عن طريق الكروموسومات.)**

2. علِّم وطبِّق

نشاط توضيحي

اختر خمسة طلّاب، واطلب إليهم ذكر بعض الكلمات أو الجمل البسيطة لوصف أنفسهم، وسجِّلها على السبّورة **(ستتنوّع الأوصاف ومعظمها يشمل صفات الطول والوزن ولون الشعر أو العيون والذكاء)**. ناقش باقي الطلّاب في الفصل لتحديد أيّ هذه الصفات موروثة أو غير موروثة. وبذلك ساعد الطلّاب على فهم مدى الارتباط بين الوراثة والصفات.

دع الطلّاب يميّزون الشكل (71) وأكّد لهم على مفهوم اتّفاق

الدرس 1-1
الأنماط الوراثية
Patterns of Inheritance

الأهداف العامة
- يتعرّف مفهوم علم الوراثة والصفات الوراثية.
- يُميّز بين الصفات السائدة والصفات المتنحّية.
- يُحلّل نتائج تجارب مندل لثلاثة أجيال من نبات البازلّاء.

(شكل 70)

هل تخجل من التحدّث مع شخص تلتقيه للمرّة الأولى، أو تخجل من إلقاء خطاب؟ يخجل معظم الناس من ذلك. إستعان العلماء بعلم الوراثة لتوقّع وراثة صفة الخجل عند الأطفال، فأنت تعرف أنّ معظمهم خجول (الشكل 70). ويُحدَّد مقدار خجل الأطفال إلى حدّ ما بعلم الوراثة. ويقلّ هذا الخجل عمومًا كلّما اقترب الإنسان من سنّ الرشد.

لعلّك لاحظتَ أنّ لكلّ نوع من الكائنات الحيّة صفات تُميّزه عن الكائنات الأخرى، وأنّ الكائنات تتكاثر جيلًا بعد جيل لتنقل صفاتها إلى نسلها لكي ينمو إلى النوع نفسه. فلا يُنجِب البشر إلّا بشرًا، ولا تلد الفئران إلّا فئرانًا، ولا تنتج بذور البلح إلّا نخلًا.

وعلى الرغم من تشابه أفراد النوع الواحد في صفات نوعيّة تُميّزهم عن أفراد الأنواع الأخرى، إلّا أنّ كلّ فرد من أفراد النوع نفسه له صفاته وملامحه الخاصّة. فلعلّك لاحظتَ أنّ لديك من الملامح ما يُميّزك عن زملائك في المدرسة. فبالرغم من أنّنا جميعًا بشر، إلّا أنّ لكلّ منّا من الملامح ما يُميّزه عن الآخرين (شكل 71).

(شكل 71)
البشر كلّهم صفات وملامح عامّة، إلّا أنّ لكلّ فرد صفات وملامح تُميّزه عن الآخرين. ما هذه الصفات وكيف اكتسبها؟

94

البشر، مثل غيرهم من الكائنات المختلفة، في صفات عامّة بالرغم من اختلاف كلّ منهم عن الآخر في صفاته الخاصّة التي انتقلت إليه من آبائه. اسأل: ما هي بعض الصفات التي تميّزك عن زملائك في الفصل؟ **(تختلف الصفات من طالب إلى آخر.)**

1.2 تجارب مندل

عند عرض تجارب مندل، أكّد للطلّاب على مفهوم ثبات الصفات وانتقالها من جيل إلى جيل وهذا ما توصّل إليه مندل من تجاربه.

- قدّم مندل على أنّه مؤسّس علم الوراثة الحديث، مع التركيز على أنّ نجاحه يُعزى إلى:

(أ) خلفيته العلمية كمدرّس لمادّة الفيزياء في الدير حيث كان يعيش، وحيث كان يسجّل دائمًا النسب العددية التي تظهر في الأجيال المتتابعة للنباتات في ما يختصّ بالصفات المتضادّة.

(ب) ملاحظاته الدقيقة والواضحة، ودقّته في تسجيل الصفات العددية الدقيقة لتجاربه.

(جـ) استخدامه للاحتمالات والإحصاء الرياضي في تفسير نتائج تجاربه، وبذلك تجنّب آراءه ومعتقداته الشخصية.

- كيف حصل مندل على نسل نقي؟ **(بواسطة التخصيب الذاتي أو التلقيح الذاتي، وبذلك تحصل النبتة على الخصائص الوراثية نفسها من الوالدين.)**
- كيف حصل على نبتة هجينة؟ **(عندما زاوج نبتتين نقيّتين تحمل كلّ منهما أحد شكلي صفة معيّنة يجري درس توارثها. والهجين هو الذي يحصل على أشكال مختلفة من الصفات الوراثية لدى كلّ من الوالدين.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 73 صفحة 96 في كتاب الطالب

(يجري التلقيح الخلطي عن طريق نزع المتك من الزهرة قبل نضجها، ثمّ إحاطتها بكيس من الورق، على أن تُنقل حبوب اللقاح بطريقة صناعية في الوقت المناسب.)

نشاط توضيحي

احضر مجموعة من أزهار نبات البازلّاء أو أي نبات بقولي آخر مثل الفول أو غيره ليفحصها الطلّاب لتعرُّف مدى مناسبتها لإجراء التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي.

منذ القدم، يعرف الإنسان أنّ صفات الآباء تنتقل إلى الأبناء من جيل إلى جيل، لكنّه لم يكن يعرف شيئًا عن القوانين والآليات التي تحكم انتقال تلك الصفات. وقد افترض العلماء القدامى لعدّة قرون أنّ صفات الآباء تمتزج في الأبناء، لكنّ هذا الفرض لم يُقدّم تفسيرًا عن ظهور صفات لدى بعض الأبناء لم تكن ظاهرة في الآباء. ولم يستطع العلماء تفسير ذلك إلّا بعد اكتشاف تركيب الخليّة.

سبق أن تعلّمتَ خلال دراستك للانقسام الميوزي (الاختزالي) أنّ الأبناء يستقبلون، من خلال عملية التكاثر الجنسي للآباء، نصف عدد الكروموسومات من أحد الوالدين والنصف الآخر من الوالد الآخر. وبعد الدراسات والتجارب العديدة، تبيّن أنّ الصفات الوراثيّة تنتقل من الآباء إلى الأبناء بواسطة هذه الكروموسومات.

الصفات الوراثية Genetic Traits هي الصفات التي يُمكن أن تنتقل من الآباء إلى الأبناء من جيل إلى جيل. ويُطلَق على الدراسة العلمية لهذه الصفات الموروثة اسم علم الوراثة Genetics.

يعتبر العالم النمساوي جريجور مندل (1822–1884م) (شكل 72) مؤسّس علم الوراثة الحديث. درس العلوم والرياضيات في جامعة فيينا، ثمّ أصبح راهبًا في دير قرية برن التي ولد فيها. بدأ في العام 1860م سلسلة من التجارب على نباتات البازلّاء، تمكّن من خلالها التوصل إلى مجموعة من المبادئ والقوانين الرئيسيّة لعلم الوراثة الحديث.

1. تجارب مندل Mendel's Experiments

اختار مندل نباتات البازلّاء التي كان يزرعها في حديقة الدير الذي كان راهبًا فيه لإجراء تجاربه على مجموعة من الصفات المتوازنة. وتميّزت تجارب مندل عن تجارب العلماء الذين سبقوه أو عاصروه بدراسة كلّ صفة على حدة في بداية تجاربه، وباستخدام أعداد كبيرة من النباتات (20 000 نبتة)، وباستخدام الاحتمالات والإحصاء الرياضي في تفسير النتائج.

وكان اختيار مندل لنبات البازلّاء لإجراء تجاربه موفّقًا لثلاثة أسباب:

- تركيب أزهار البازلّاء، فهي أزهار خنثى، تحيط بتلات التويج بأعضائها التناسلية تمامًا في شكل زورق، ما يسمح بحدوث عملية التلقيح ذاتيًا حيث تُحاط الأزهار بكيس من الورق لضمان عدم وصول حبوب لقاح من زهرة أخرى إليها. بالإضافة إلى ذلك، يمكن إحداث التلقيح الخلطي فيها بسهولة من خلال نزع المتك منها قبل نضجها، ثم إحاطتها بكيس من الورق على أن تُنقَل إليها حبوب اللقاح بطريقة صناعية في الوقت المناسب (شكل 37).

(شكل 72)
العالم جريجور مندل (1822–1884م) مؤسّس علم الوراثة الحديث.

فقرة اثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

خطوط الدم!

بحسب أسطورة شعبية عن الوراثة، تنتقل الصفات من الآباء إلى الأبناء عن طريق الدم. ومصطلح "خط الدم" الذي يستخدمه مربّو الحيوانات يعكس هذه الأسطورة. ففي هذا المصطلح، تُستخدم كلمة الدم للدلالة على النسب والذرية، أو وراثة الصفات.

(شكل 73)
كيف ساعد تركيب زهور البازلّاء وشكلها مندل على القيام بعملية التلقيح الخلطي وضبط التجربة؟

- يحمل نبات البازلّاء أزواجًا من الصفات المتضادة (المتقابلة أو المتعارضة) سهلة التمييز والرؤية، ما سهّل على مندل ملاحظة نتائج تجاربه.
- قصر دورة حياة نبات البازلّاء (3 أشهر) يسمح بتكرار التجارب من ثلاث إلى أربع مرّات على الأقلّ على مدار العام الواحد.

درس مندل في تجاربه وراثة سبع صفات متضادّة، لكلّ صفة منها مظهران يسهل تمييزهما بعضهما عن بعض. فعلى سبيل المثال، إمّا أن يكون الساق في النباتات طويلًا (أكثر من 150 cm) أو قصيرًا، ولا يوجَد طول متوسّط. أمّا بالنسبة إلى لون البذور، فإمّا أن تكون صفراء أو خضراء، ولا يوجَد لون وسط بين هذين اللونين. وينطبق هذا الأمر على الصفات الأخرى.

بدأ مندل تجاربه بالتأكّد من نقاء هذه الصفات عن طريق زراعة النباتات وتركها تتلاقح ذاتيًا لتُنتج الصفة نفسها التي كان يدرسها من جيل إلى جيل آخر من دون أيّ تغيير. فالنباتات الطويلة لا تُنتج إلّا نباتات طويلة جيلًا بعد جيل، والنباتات ذات الأزهار البنفسجية لا تُنتج إلّا نباتات ذات أزهار بنفسجية جيلًا بعد جيل، وهذا ينطبق على باقي الصفات السبع. وبذلك، حصل مندل على نباتات تتميّز بنقاء صفاتها الوراثية، وأطلق على صفات هذه النباتات مصطلح «صفات نقية».

إستخدم مندل في تجاربه مجموعتين مختلفتين من النباتات النقية (تحمل كلّ مجموعة منهما أحد شكلي الصفة التي كان يدرس توارثها)، وأطلق عليها اسم جيل الآباء. أجرى مندل التلقيح الخلطي بين المجموعتين، ثمّ زرع البذور الناتجة، فأنتجت بذورها نباتات أطلق عليها اسم الجيل الأوّل (F_1).

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 71 صفحة 94 في كتاب الطالب

(من الصفات التي تميز كل فرد عن الآخر: لون البشرة والعينين، شكل ولون الشعر، طول القامة وغيرها وهي صفات اكتسبها من والديه.)

علم الأحياء في حياتنا اليومية

"خطوط الدم!"

قبل القرن العشرين، كان الناس يعتقدون أنّ الصفات والخصائص البيولوجية تنتقل من جيل إلى آخر بواسطة الدم. وكثير منهم لا يزال يتكلّم حتى الآن عن «نسب الدم».

2.2 ملاحظات مندل

سجّل الملاحظات التي لاحظها مندل خلال تجاربه على السبّورة، وركّز على الملاحظات التالية:

- ظهور صفات أحد الأبوين واختفاء صفة الأب الآخر في نباتات الجيل الأوّل.
- عودة ظهور الصفة المتنحّية (المختفية) مرّة أخرى في نباتات الجيل الثاني.

اسأل الطلّاب:

- ماذا يستنتجون من ظهور صفات أحد الأبوين فقط في الجيل الأوّل؟ **(أنّ هذه الصفات هي سائدة على الصفات الأخرى.)**
- وماذا يستنتجون بالنسبة للتركيب الجيني لنباتات الجيل الأوّل؟ **(هجين أو متباين اللاقحة)**
- كيف ظهرت الصفة المتنحّية في الجيل الثاني؟ وماذا يؤكّد هذا؟ **(عندما قام بالتلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأوّل، ظهرت الصفة المتنحّية في الجيل الثاني، وهذا ما يؤكّد أنّ نباتات الجيل الأوّل هي هجينة وليست نقية.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 74 صفحة 97 في كتاب الطالب

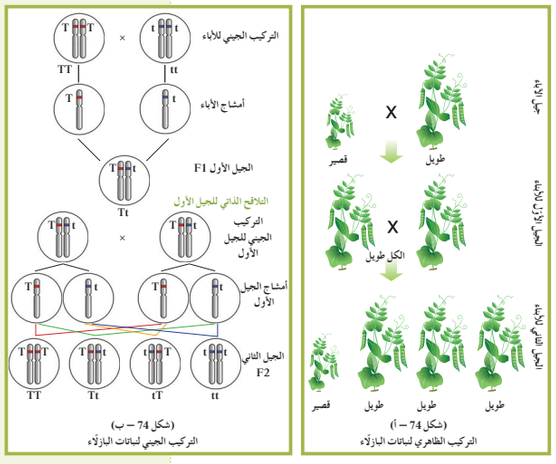
(في الجيل الأوّل، اختفت صفة نبات البازلّاء القصير. في الجيل الثاني، تظهر صفة نبات البازلّاء القصير وبنسبة 1:3 (طويل: قصير).)

وترك هذه النباتات تتلاقح ذاتيًا ثمّ زرع البذور التي حصل عليها، فأنتجت نباتات أسماها الجيل الثاني (F_2). يُوضّح الشكل (74) خطوات ونتائج الدراسة التي أجراها مندل على توارث صفة طول الساق في نبات البازلّاء، حيث كانت آباء إحدى المجموعتين طويلة الساق نقية، والأخرى قصيرة الساق نقية.

2. ملاحظات مندل Mendel's Remarks

توقّع مندل أن يحصل على نباتات طويلة الساق وأخرى قصيرة الساق في الجيل الأوّل، لكنّه فوجئ بأنّ نباتات الجيل الأوّل كانت كلّها طويلة الساق.

دهش مندل عندما ظهرت بعض نباتات الجيل الثاني طويل الساق بنسبة 75% وبعضها الآخر قصير الساق بنسبة 25%. فالصفة الوراثية لقصر الساق قد اختفت في نباتات الجيل الأوّل ثمّ عاودت الظهور في نباتات الجيل الثاني. ولاحظ مندل أنّ النسبة العددية بين نباتات الجيل الثاني كانت تقريبًا 3 : 1 (طويل : قصير).



(شكل 74)

ما الصفة التي اختفت في نباتات الجيل الأوّل؟ وما نسبة كلّ صفة من الصفتين في نباتات الجيل الثاني؟

كرّر مندل تجاربه على الصفات الستّ المتبقّية كما هو مبيّن في الشكل (75). وفي كلّ مرّة كان يحصل على النمط الوراثي نفسه في الآباء، حيث تظهر إحدى الصفتين فقط في الجيل الأوّل ثم تظهر الصفتان معًا في الجيل الثاني، بنسبة عددية ثابتة 1:3 تقريبًا. لاحظ النتائج الموضّحة في الجدول (1).

أطلق مندل على **الصفة الوراثية التي يحملها أحد الأبوين، وتظهر في أفراد الجيل الأوّل** اسم «**الصفة السائدة Dominant Trait**»، أمّا **الصفة التي يحملها أحد الأبوين ولا تظهر في الجيل الأوّل** فقد أطلق عليها اسم «**الصفة المتنحّية Recessive Trait**». أي أنّ الساق الطويلة سائدة على الساق القصيرة. ووجد مندل أنّ 75% من نباتات الجيل الثاني تحمل الصفة السائدة، أمّا الـ 25% المتبقّية من أفراد الجيل الثاني فتحمل الصفة المتنحّية.

الصفة	المظهر السائد	المظهر المتنحّي
شكل البذور	أملس	مجعّد
لون البذور	أصفر	أخضر
شكل القرن	منتفخ	محزّز
لون القرن	أخضر	أصفر
لون الزهرة	بنفسجي	أبيض
موضع الزهرة	إبطي	طرفي
طول الساق	طويل (أكثر من 1.5 متر)	قصير (أقلّ من 0.5 متر)

(شكل 75)

الصفات السبع التي درسها مندل في نباتات البازلّاء (لكلّ صفة مظهران أو شكلان مختلفان).

3.2 استنتاجات مندل وتفسيراته

تأكّد من استيعاب الطلّاب للدلائل التي استخدمها مندل وهي: العوامل الوراثية، الصفة السائدة، الصفة المتنحّية، الصفة النقية، الصفة الهجينة، جيل الآباء، الجيل الأوّل، الجيل الثاني.

وجِّه الطلّاب لتحديد الرموز الوراثية للآليات السائدة والمتنحّية للصفات السبع التي اختارها مندل في نباتات بازلّاء الزهور. واسأل:

- لماذا افترض مندل وجود شكلين على الأقلّ لكلّ عامل أو جين؟ **(بسبب وجود مظهرين لكلّ صفة وراثية)** ماذا يُسمّى كلّ واحد من هذه المظاهر؟ **(أليل)**
- إذا كان الأليلان متماثلين (سواء كانا سائدين أو متنحّيين)، ماذا تكون الصفة الوراثية؟ **(تكون نقية)**
- هل يمكن أن يكون التركيب الجيني للصفة الوراثية المتنحّية هجينًا؟ **(كلّا)** لماذا؟ **(لأنّ الصفة الوراثية المتنحّية هي معيار للنقاوة.)**

3. قيِّم وتوسَّع

3.1 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم الأداء، اطلب إلى الطلّاب الإجابة على الأسئلة التالية:

- ما المقصود بكلّ من الصفة الوراثية وعلم الوراثة؟ **(الصفة الوراثية هي الصفة التي تنتقل من الآباء إلى الأبناء، أمّا علم الوراثة فهو دراسة كيفية انتقال هذه الصفات.)**
- كيف تمكّن مندل من الحصول على نباتات نقية الصفات؟ **(عندما قام بالتلقيح الذاتي لنبتة معينة لتنتج الصفة نفسها من جيل إلى آخر.)**
- ما تفسير مندل لاختفاء إحدى الصفات من نباتات الجيل الأوّل وعودتها للظهور في نباتات الجيل الثاني؟ **(أنّ صفة الأليل المتنحّية لم تظهر أو اختفت بوجود أليل الصفة السائدة.)**

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة الملاحظة:** وجِّه الطلّاب إلى ملاحظة مدى ملاءمة تركيب أزهار نباتات البازلّاء لعملية التلقيح الذاتي والخلطي.
- **مهارة جدولة البيانات:** اطلب إلى الطلّاب تلخيص تجارب مندل وملاحظاته وتفسيراته، وتنظيمها في جدول.
- **مهارة التعبير الكتابي:** وجِّه الطلّاب إلى ممارسة كتابة وصف تفصيلي للنتائج التي حصل عليها مندل وتفسيراته لها.
- **مهارة تطبيق المفاهيم:** شجِّع الطلّاب على اختبار بعض الصفات وعمل أشكال تخطيطية توضّح كيفية توارث الصفات السائدة والمتنحّية من جيل الآباء إلى الجيل الأوّل، ومنه إلى الجيل الثاني. ودعهم يحدّدون التراكيب الظاهري الموروثة في نباتات الجيلين الأوّل والثاني.

الصفة الوراثية	الصفة الوراثية في جيل الآباء	الصفة الوراثية في الجيل الأوّل	أعداد النباتات الحاملة للصفة في الجيل الثاني	النسبة الحقيقية
طول الساق	طويل × قصير	طويل	طويل، قصير 705، 224	1 : 2,84
شكل القرن	منتفِخ × محزّز	منتفِخ	منتفِخ، محزّز 882، 299	1 : 2,95
لون القرن	أخضر × أصفر	أخضر	أخضر، أصفر 428، 152	1 : 2,82
شكل البذور	أملس × مجعّد	أملس	أملس، مجعّد 4574، 1850	1 : 2,96
لون البذور	أصفر × أخضر	أصفر	أصفر، أخضر 6022، 2001	1 : 3,01
موضع الزهرة	إبطي × طرفي	إبطي	إبطي، طرفي 651، 207	1 : 3,14
لون الزهرة	بنفسجي × أبيض	بنفسجي	بنفسجي، أبيض 705، 224	1 : 3,15

(جدول 1)
يوضّح الجدول الصفات السبع التي درسها مندل والنتائج التي حصل عليها. قارنْ كلّ صفة من الصفات الوراثية بين الجيلين الأوّل والثاني.

3. اِستنتاجات مندل وتفسيراته

Mendel's Conclusions and Explanations

حاول مندل تفسير ملاحظاته حول التجارب المقنّنة التي أجراها باستخدام التحليل الإحصائي، فافترض أنّه يتمّ التحكّم بالصفة الوراثية بواسطة ما أسماه «العوامل» التي توجَد في أزواج في خلايا الكائن. تُعرَف حاليًّا العوامل التي افترضها مندل باسم **الجينات Genes**، **وهي أجزاء من الكروموسومات مسؤولة عن إظهار الصفات الوراثية**. لاحظ أنّه في الفترة الزمنية التي كان مندل يجري فيها تجاربه لم تتوفّر أيّة معرفة بالكروموسومات أو الجينات.

اِفترض مندل أيضًا أنّه لا بدّ من وجود شكلين على الأقلّ لكلّ عامل من هذه العوامل (أو الجينات) بسبب وجود مظهرين لكلّ صفة وراثية، ويسمّى كلّ واحد منهما بالأليل. **والأليل الذي يظهر تأثيره عندما يجتمع الأليلان هو الأليل السائد Dominant Allele، أمّا الأليل المتنحّي Recessive Allele فهو الذي لا يظهر تأثيره عندما يجتمع مع الأليل السائد. وإذا كان الأليلان متماثلين (سواء أكانا سائدين أم متنحّيين)، تكون الصفة الوراثية صفة نقية Pure Trait.**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–1

1. لو كانت الصفتان الوراثيتان السائدة والمتنحية متواجدتين معًا، فإنّ الصفة السائدة تحجب ظهور الصفة المتنحّية.
2. ستظهر نباتات الجيل الأوّل بالكامل حاملة لأزهار إبطية الموضع.
3. باجتماع أليلي الصفة الواحدة (السائد والمتنحّي)، يظهر تأثير الأليل السائد في حين يختفي تأثير الأليل المتنحّي.
4. في عملية التقليح الخلطي: يتّحد المشيجان (من أبوين مختلفين) الواحدة مع الأخرى ليتكوّن أبناء يحمل كلّ منهم بعض صفات أحد الأبوين، وصفات أخرى وسطية تجمع بين صفات الأبوين.
في عملية التكاثر اللاجنسي: يتمّ نسخ جميع المعلومات الوراثية في الخليّة، ثمّ تنقسم هذه مكوّنة خليّتين متماثلتين.
5. **(أ)** إن صفة لون البذور الصفراء هي سائدة على صفة لون البذور الخضراء المتنحية.
(ب) Y يمثّل أليل لون البذور الصفراء (أليل سائد)
y يمثّل أليل لون البذور الخضراء (أليل متنحي)
(جـ) التراكيب الجينية للآباء: YY × yy
أمشاج الآباء: Y y
التركيب الجيني للأبناء في الجيل الأوّل: Yy

أمّا إذا اجتمع الأليل السائد مع المتنحّي، فتكون الصفة صفة هجينة Hybrid Trait. وعادة ما يُمثَّل الأليل السائد بالحرف الأوّل الكبير من الكلمة الأجنبية الدالّة على الصفة الوراثية كرمز للتعبير عن «العامل» أو «الجين» السائد المسؤول عن إظهار الصفة السائدة أو توريثها. ويُستخدَم الحرف الصغير للحرف نفسه للتعبير عن العامل أو الجين المسؤول عن الصفة المتنحّية المقابلة. فعلى سبيل المثال، يُمثَّل الجين المسؤول عن صفة طول الساق بالحرف "T"، أمّا الجين المسؤول عن صفة قصر الساق فيُمثَّل بالحرف "t" (الحرف "T" أو "t" هو الحرف الأوّل من كلمة Tall)، وبالتالي يُعبِّر عن كلّ صفة بحرفين. (يُمكِن في حالة تُشابه شكل الحرف اللاتيني الكبير مع الحرف الصغير استبداله بحرف آخر لسهولة الدراسة).
نشر مندل ملخّصًا لتجاربه وملاحظاته واستنتاجاته في العام 1866، لكنّها لم تلقَ أيّ صدًى. ولم يُفهَم مغزى أعمال مندل إلّا بعد 50 عام على وفاته، بعد أن اكتُشِفت الكروموسومات وعملية الانقسام الميوزي.

مراجعة الدرس 1–1

1. إشرح الفرق بين الصفة الوراثية السائدة والصفة الوراثية المتنحّية.
2. ما النتيجة التي تتوقّعها من تجارب مندل لتلقيح نبات بازلّاء نقي أزهاره إبطية الموضع (axial) مع نبات بازلّاء نقي أزهاره طرفية الموضع (terminal)؟
3. **سؤال للتفكير الناقد:** فوجئ مندل باختفاء صفة أحد الأبوين في الجيل الأوّل من تجاربه. ما تفسيرك لذلك؟
4. **أضِف إلى معلوماتك:** قارِن بين التلقيح الخلطي والتكاثر اللاجنسي.
5. التلقيح ما بين نبتتي بازلّاء، الأولى بذورها صفراء اللون والثانية بذورها خضراء اللون، أعطى في الجيل الأوّل نباتات بازلّاء بذورها صفراء اللون.
(أ) ماذا تستنتج؟
(ب) أعطِ رموزًا للأليلات.
(جـ) ما هو التركيب الجيني للآباء والتركيب الجيني للأبناء في الجيل الأوّل؟

الأهداف:

- يُلخِّص قوانين مندل الوراثية ويفسر بعض تطبيقاتها.
- يُحدِّد شروط تحقيق النسب المندلية.
- يُوضِّح مفهوم السيادة في الكائنات الحيّة.
- يتعرّف مفهوم انعدام السيادة ويُفسِّر بعض حالاته.
- يتعرّف مفهوم التلقيح الاختباري وبعض تطبيقاته.

الأدوات المستعملة: شفافيات وصور توضّح قوانين مندل.

صفحات الطالب: من ص 101 إلى ص 114

صفحات الأنشطة: من ص 34 إلى ص 35

عدد الحصص: 3

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تعرُّف الطلّاب على صورة افتتاحية الدرس في الشكل (76)، ودعهم يقرأون التعليق المصاحب له. ثمّ اسأل: ما أهمّية استعمال تقنيات الصبغ في دراسة الخلايا؟ **(تمكّن تقنيات الصبغ العلماء من تمييز ودراسة الخلايا وتركيباتها المختلفة.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة للطلّاب حول مبادىء علم الوراثة، اسألهم عمّا يعرفونه من معلومات عن الخلايا وتركيبها. وعلى أساس معلوماتهم عن تركيب الخليّة، اطلب إليهم توقّع موضع عوامل مندل الوراثية داخل الخليّة، أو بموضع ما يُعرَف هذه الأيّام بالجينات. يمكنك تسجيل توقّعات بعض الطلّاب على السبّورة، ثمّ دعوة باقي الطلّاب في الفصل إلى تقييم توقّعات زملائهم وتفسيرها.

2. علِّم وطبِّق

1.2 الأساس الخلوي للوراثة

وضّح للطلّاب تطوّر مفهوم الجين منذ عُرف حتّى الآن لتفسير آلية توارث أو انتقال الصفات في الكائنات الحية عبر الأجيال المتعاقبة. كان العلماء قديمًا يأخذون بالنظرية الكروموسومية لتفسير الانتقال الوراثي للصفات في الكائنات الحية، والتي تفترض أنّ الصفات عبارة عن جزيئات دقيقة، تنتقل من الآباء إلى الأبناء بواسطة الخلايا الجنسية. ولم تكن هذه النظرية تستند إلى أيّ براهين أو إثباتات تجريبية. وقد استمرّ الاعتقاد في صحّة هذه النظرية حتّى نُشرَت نتائج أبحاث مندل على نبات البازلّاء.

الدرس 1-2
مبادئ علم الوراثة
Principles of Genetics

الأهداف العامة
- يُلخّص قوانين مندل الوراثية ويفسر بعض تطبيقاتها.
- يُحدّد شروط تحقيق النسب المندلية.
- يُوضّح مفهوم السيادة في الكائنات الحيّة.
- يتعرّف مفهوم انعدام السيادة ويُفسّر بعض حالاته.
- يتعرّف مفهوم التلقيح الاختباري وبعض تطبيقاته.

(شكل 76)

قبل عصر مندل، لم يكن يُعرَف شيء عن الكروموسومات. لكن بعد اكتشاف تقنيات صبغ الأنسجة، شوهدت الكروموسومات في أنوية الخلايا للمرّة الأولى في أواخر القرن التاسع عشر (شكل 76). سمحت هذه التقنيات للعلماء والباحثين بملاحظة التغيّرات المختلفة التي تشهدها الكروموسومات أثناء المراحل المختلفة للانقسامين الخلويين الميتوزي والميوزي.

1. الأساس الخلوي للوراثة
The Cellular Basis of Inheritance

بعد إعادة اكتشاف ما نشره مندل، وتمكّن العلماء من مشاهدة الكروموسومات (في الخلايا المصبوغة) بواسطة المجهر ودراستهم للانقسام الميتوزي والانقسام الميوزي في الخلايا، بدأ العلماء بملاحظة التشابه بين سلوك الكروموسومات وسلوك العوامل الوراثية التي افترضها مندل (والتي عُرفت لاحقًا بالجينات).

101

في العام 1866، تحدّث مندل عن نتائج أبحاثه على نباتات البازلّاء، وتوصّله لقوانين تشرح الانتقال الوراثي للصفات في الكائنات الحية. وقد أشار مندل إلى وجود العوامل الوراثية، حيث يتمّ تمثيل كلّ صفة وراثية بعاملين. إلّا أنّ أبحاث مندل لم تكن تتضمّن أيّ إشارة إلى تحديد موضع العوامل الوراثية في الخلايا.

في العام 1903، وبعد اكتشاف تقنيات الصبغ ومشاهدة العلماء للكروموسومات بواسطة المجهر، وبالاستناد إلى سلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الخلوي الميتوزي والميوزي، وكذلك إلى التشابه بين هذا السلوك وسلوك العوامل الوراثية بحسب مندل، وضع ساتون، وبعده بعدّة سنوات بوفري، أساس النظرية الكروموسومية في الوراثة، والتي تقرّر أنّ عوامل الوراثة موجودة على الكروموسومات في أنوية الخلايا، وهي تنتقل من جيل إلى جيل بواسطة الأمشاج.

وبين عامي 1910 و1930، جاء مورجان ليؤكّد فرضية ساتون وبوفري ويدعمهما (النظرية الكروموسومية في الوراثة). وبعد أن أجرى العديد من الأبحاث على ذبابة الفاكهة، وضع فرضًا أصبح أحد فروض النظرية الكروموسومية في الوراثة. ويقرّر هذا الفرض أنّ «الجينات هي الوحدات المسؤولة عن تحقيق الصفات الوراثية وانتقالها، وهي موجودة على الكروموسومات وتشغل عليها مكانًا ثابتًا لا يتغيّر».

2.2 تمثيل الأليلات بالرموز

يوضّح الشكل (77) كيفية توارث إحدى الصفات في نبات البازلّاء، حيث يسود جين صفة الطول على جين القصر، ما يؤدّي إلى اختفاء الصفة المتنحّية في نباتات الجيل الأوّل وعودتها للظهور مرّة ثانية بين أفراد الجيل الثاني. وكذلك يوضّح إمكانية أن تكون الصفة السائدة نقية (متشابهة اللاقحة) أو هجينة (متباينة اللاقحة).

اطلب إلى الطلّاب الرجوع إلى الشكل (116)، وكتابة التراكيب الجينية للصفات السائدة. ونبّههم إلى أنّ الصفة السائدة ممكن أن تكون نقية أو هجينة. (مثلًا: طول الساق: الساق الطويلة صفة سائدة على الساق القصيرة. التراكيب الجينية: نقية TT أو هجينة Tt).

3.2 قوانين مندل

(أ) القانون الأول: قانون الإنعزال

ساعد الطلّاب في فهم كيفية تطبيق القانون الأول لمندل على الانقسام الميوزي، شكل (78). اسأل:

* ما علاقة الانقسام الميوزي بقانون الانعزال؟ **(يفسّر الانقسام الميوزي انفصال كلّ زوج من الجينات، بحيث يحتوي نصف عدد الأمشاج الناتجة على جين واحد من كلّ زوج من الجينات، ويحتوي النصف الآخر على الجين الآخر.)**
* ماذا يحدث في خلال الانقسام الميوزي الأوّل؟ **(تنفصل الأزواج المتماثلة من الكروموسومات، وتنتج خليّتين يحتوي كلّ منهما على كروموسوم من كلّ زوج متماثل من الكروموسومات.)**

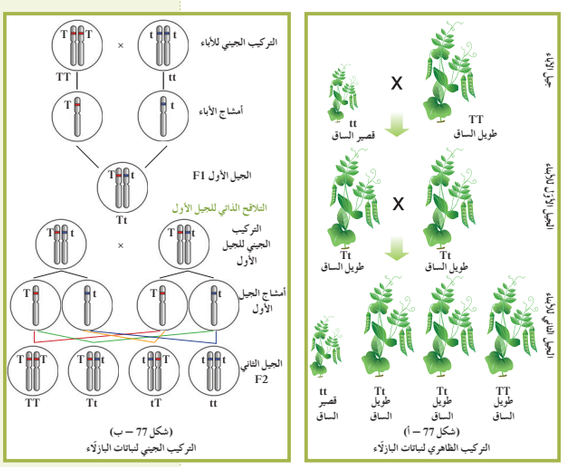
وقد سمح ذلك للعالم ساتون في العام 1903 بوضع «**النظرية الكروموسومية في الوراثة Chromosome Theory of Heredity**»، **والتي تُقرّ بأن «مادة الوراثة محمولة بواسطة الجينات الموجودة على الكروموسومات»**. بناء على ذلك، إنّ سلوك الصفات عند انتقالها من جيل إلى الجيل الذي يليه يرجع إلى سلوك الكروموسومات وما تحمله من جينات.

2. تمثيل الأليلات بالرموز Representing Alleles

إستخدم العلماء مجموعة من المصطلحات والرموز لتبسيط شرح النظرية الكروموسومية في الوراثة. وبما أنّ الجينات هي أجزاء من الكروموسومات، فإنّ الكروموسومات هي المسؤولة عن توريث الصفات. **والأليلات Alleles عبارة عن أشكال مختلفة للجينات**، ولكلّ جين صفة وراثية. فيتحكّم في إظهار لون قرن البازلّاء جين واحد له أليلان، أحدهما للقرون الخضراء (الصفة السائدة) ويُرمَز له بالحرف (G)، والآخر للقرون الصفراء (الصفة المتنحية) ويُرمَز له بالحرف (g).

طبقًا لاستنتاجات مندل والنظرية الكروموسومية في الوراثة، توجَد عوامل (جينات) الصفة الوراثية في أزواج. بالتالي فإنّ **جيني الصفة الوراثية قد يكونان متماثلين (سواء للصفة السائدة أو للصفة المتنحّية المضادّة)**، ويُسمّى الفرد «**نقيًا أو متشابه اللاقحة Homozygous**»، أو يحتمل أن **يكون الجينان مختلفين (أحدهما للصفة السائدة والآخر للصفة المتنحّية)** فيُسمّى الفرد «**هجينًا أو خليطًا أو متباين اللاقحة Heterozyous**». بالتالي فإنّ **التركيب الجيني Genotype أي التركيب الوراثي** لنبات البازلّاء النقي للقرون الخضراء هو GG، والتركيب الجيني لنبات البازلّاء الهجين للقرون الخضراء هو Gg. بمعنى آخر، الفرد الذي يحمل الصفة السائدة له احتمالان لتركيبه الجيني. فما هو التركيب الجيني أو التركيب الوراثي لنباتات البازلّاء ذي القرون الصفراء؟

يُطلَق على الصفة الظاهرة على الفرد مصطلح التركيب الظاهري Phenotype. فقد يكون نبات البازلّاء بنفسجي أو أبيض الأزهار، وقد يكون طويل أو قصير الساق، وهذا ينطبق على باقي الصفات. فعلى سبيل المثال، التركيب الظاهري لجيل الآباء لتجارب مندل كان نباتات طويلة الساق لها تركيب جيني نقي (TT)، ونباتات قصيرة الساق لها تركيب جيني نقي (tt)، أنتجت نباتات الجيل الأوّل التي لها تركيب ظاهري طويل الساق (صفة سائدة) وتركيب جيني هجين (Tt) (شكل 77).



(شكل 77)
توارث صفة طول الساق في نبات البازلّاء. قارن بين التركيب الجيني للنباتات مع تركيبها الظاهري.

3. قوانين مندل Mendel's Law

يعد اكتشاف أعمال مندل، قام العلماء بصياغة نتائجه وإصدارها في شكل قوانين سُمّيت قوانين مندل، تقديرًا لإنجازاته. ولوحظ أنّ العديد من الصفات تتّبع قوانين مندل وتُسمّى الصفات المندلية، في حين أنّ صفات أخرى لا تتبعها وتُسمّى الصفات غير المندلية. (تذكّرْ دائمًا خطوات الانقسام الميوزي ونتائجه عند دراسة الصفات المندلية).

1.3 القانون الأوّل: قانون الانعزال

The Law of Segregation

إفترض مندل أنّ أزواج العوامل (الجينات) تنفصل عند تكوين الأمشاج، ويُعرف هذا حاليًا بقانون الانعزال. وينصّ هذا القانون على ما يلي:

«ينفصل كلّ زوج من الجينات بعضهما عن بعض أثناء الانقسام الميوزي، بحيث يحتوي نصف عدد الأمشاج الناتجة على جين واحد من كلّ زوج من الجينات، ويحتوي النصف الآخر على الجين الآخر».

* ما الذي يحدث في خلال الانقسام الميوزي الثاني؟ **(تنقسم كلّ خليّة من الخليّتين الناتجتين من الانقسام الميوزي الأوّل لتنتج أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، وكلّ خلية منها مختلفة وراثيًّا عن الخليّة الأبوية، وتحوي نصف عدد الكروموسومات الموجود في الخليّة الأصلية.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 78 صفحة 104 في كتاب الطالب

(يحتوي نصف الأمشاج على الكروموسوم T والنصف الآخر على الكروموسوم t)

التوقّع بوراثة صفة واحدة

نشاط توضيحي

ارسم مربّع بانت على السبّورة لتوضيح نتائج تهجين نبتتي بازلّاء متباينتي اللاقحة بالنسبة لصفة الطول Tt × Tt (T طويل، t قصير). اطلب إلى الطلّاب إكمال المربّعات الخالية بالتراكيب الجينية لنباتات الجيل الأوّل باستخدام هذه الأحرف، ثمّ تحديد التراكيب الظاهرية للنباتات الناتجة. اسأل:

* كم عدد النباتات الطويلة؟ **(ثلاثة)**
* كم عدد النباتات القصيرة؟ **(واحدة)**
* كم عدد نباتات الجيل الأوّل التي يمكن أن ينجم عنها نسل طويل في الجيل الثاني؟ **(ثلاثة)**
* ما الذي يحدّد نوع النباتات الناتجة في الجيل الثاني عن تهجين نباتات الجيل الأوّل؟ **(نوع الأب الآخر)**

تأكّد من دراسة الطلّاب للشكل (79) وأوضح الغرض من استخدام مربّعات بانت، وكيفية استخدامها في تحديد التراكيب الجينية والظاهرية، بالإضافة إلى تحديد عدد من الصفات الوراثية لبعض الكائنات.

(ب) القانون الثاني: قانون التوزيع المستقلّ

بعد دراسة الطلّاب للقانون الثاني اسألهم:

* علىماذا ينص القانون الثاني لمندل؟

(تنفصل أزواج الجينات عن بعضها وتتوزّع عشوائيًا ومستقلّة بعضها عن بعض في الأمشاج)

* ما التراكيب الظاهرية التي ستظهرفي حال لم تتوزّع الجينات مستقلةً عن بعضها؟

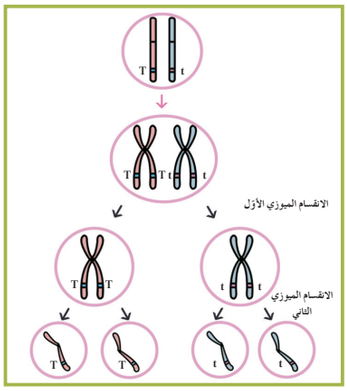
(بذور صفراء ملساء وبذور خضراء مجعدة)

التوقّع بوراثة صفتين

وجّه نظر الطلّاب إلى عملية التهجين الموضّحة في الشكل (82). اسأل:

* ما نسبة بذور البازلّاء الصفراء إلى البذور الخضراء؟ **(1:3)**
* ما نسبة بذور البازلّاء الملساء إلى البذور المجعَّدة؟ **(1:3)**

أنظر الشكل (78) الذي يمثّل الانقسام الميوزي للخلية الأمّ لنبتة بازلّاء من الجيل الأوّل، والذي ينتج عنه تكوين أمشاج يحتوي كلّ منها على جين واحد.



(شكل 78)
خلال الانقسام الميوزي تنفصل أزواج الجينات بعضها عن بعض.
ما عدد الأمشاج التي تحتوي على الجين T، وما عدد الأمشاج التي تحتوي على الجين t؟

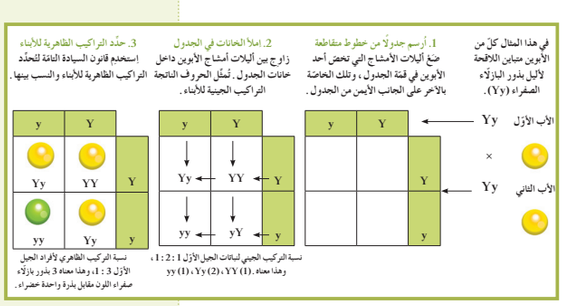
التوقّع بوراثة صفة واحدة

Prediction of the Inheritance of One Trait

يستخدم علماء الوراثة بعض الوسائل والأدوات للتوقّع بتوارث التراكيب (الأنماط) الظاهرية والجينية في تجاربهم قبل القيام بها، أي قبل أن تحدث عمليتا التهجين والإخصاب بين نباتات أو حيوانات هذه التجارب.

ومن هذه الأدوات أداة صمّمها العالم بانت وتُعرَف **بمربّعات بانت Punnett Squares**، **وهي عبارة عن مربّعات لتنظيم المعلومات الوراثية لتوضيح النتائج المتوقَّعة في تجارب الوراثة وليس النتائج نفسها.**

ويُمكِنك أيضًا استخدام مربّع بانت للتوقّع بنتائج التهجين أو التزاوج بين كائنين، مثل التهجين بين نباتي بازلّاء كليهما هجين أو متباين اللاقحة بالنسبة لصفة البذور الصفراء (Yy).



(شكل 79)
كيف تُصمّم مربّع بانت؟
تسهّل مربّعات بانت للعاملين في مجال الوراثة التوقّع بالتراكيب الجينية والتراكيب الظاهرية المحتملة للأبناء.

يُكتَب هذا التهجين على الصورة التالية: Yy × Yy. بالتالي، ينتج عن كلّ نبات من الآباء نوعان من الأمشاج، نصفها يحمل الأليل Y والنصف الآخر يحمل الأليل y.

سنُلاحِظ أنّ الحروف التي تشغل هذه الخانات جاءت نتيجة ارتباط أليلات الأمشاج الناتجة عن الآباء، وبالتالي فإنّ هذه الحروف تُمثّل التراكيب الجينية لجيل الأبناء. يُوضّح الشكل (79) وجود ثلاثة تراكيب جينية مختلِفة للجيل الأوّل: yy، Yy، YY. ما التراكيب الظاهرية لهذه التراكيب الجينية الثلاثة؟ يُوضّح الشكل أيضًا أنّ النسب المحتملة للتراكيب الجينية للأبناء هي 1 : 2 : 1، ونسبتها المئوية 25%YY؛ 50% Yy؛ 25%yy.

لقد تعرّفْتَ كيفية استخدام مربّع بانت للتوقّع بنتائج **توارث صفة واحدة من دون النظر إلى باقي الصفات، وهذا ما يعرف بالتهجين الأحادي Monohybrid Cross.**

هل يُمكِنك تحديد نتائج التهجين الأحادي لنباتات بازلّاء طويلة الساق نقيّة (TT) مع نباتات بازلّاء أخرى طويلة الساق هجينة (Tt)؟

2.3 القانون الثاني: قانون التوزيع المستقلّ

The Law of Independent Assortment

درس مندل أيضًا توارث صفتين وراثيتين في الوقت نفسه، فأجرى تلقيحًا خلطيًّا بين نباتي بازلّاء يحمل أحدهما صفتين سائدتين نقيتين هما بذور ملساء الشكل وصفراء اللون (YYRR)، في حين يحمل الآخر صفتين متنحّيتين هما بذور مجعّدة الشكل وخضراء اللون (yyrr)، فجاءت جميع نباتات الجيل الأوّل تحمل بذورًا ملساء وصفراء اللون (YyRr)،

* وضّح كيف توصّلت إلى هذه النسبة؟ **(عدد مرّات ظهور الصفة السائدة 12 وعدد مرّات ظهور الصفة المتنحّية 4، أي أنّ النسبة 12 : 4 = 3 : 1)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 80 صفحة 106 في كتاب الطالب

(تحمل نبتات البزلاء جميع الارتباطات الممكنة لشكل البذور ولونها وبالنسب التالية: 9 بذور صفراء ملساء، 3 بذور صفراء مجعّدة، 3 بذور خضراء ملساء، 1 خضراء مجعّدة.)

إجابة سؤال الشكل 81 صفحة 107 في كتاب الطالب

(تنفصل أزواج الجينات بعضها عن بعض وتتوزّع في الأمشاج عشوائيًّا ومستقلّة كلّ منها عن الأخرى.)

(جـ) القانون الثالث: قانون السيادة

لتتأكّد من فهم الطلّاب لهذا القانون اسألهم:

* ما هو القانون الثالث من قوانين مندل؟ فسّر مضمونه. **(ينصّ هذا القانون على ما يلي: الأليل السائد يظهر تأثيره، أمّا الأليل المتنحّي فلا يظهر إلّا إذا اجتمع هذان الأليلان معًا.)**

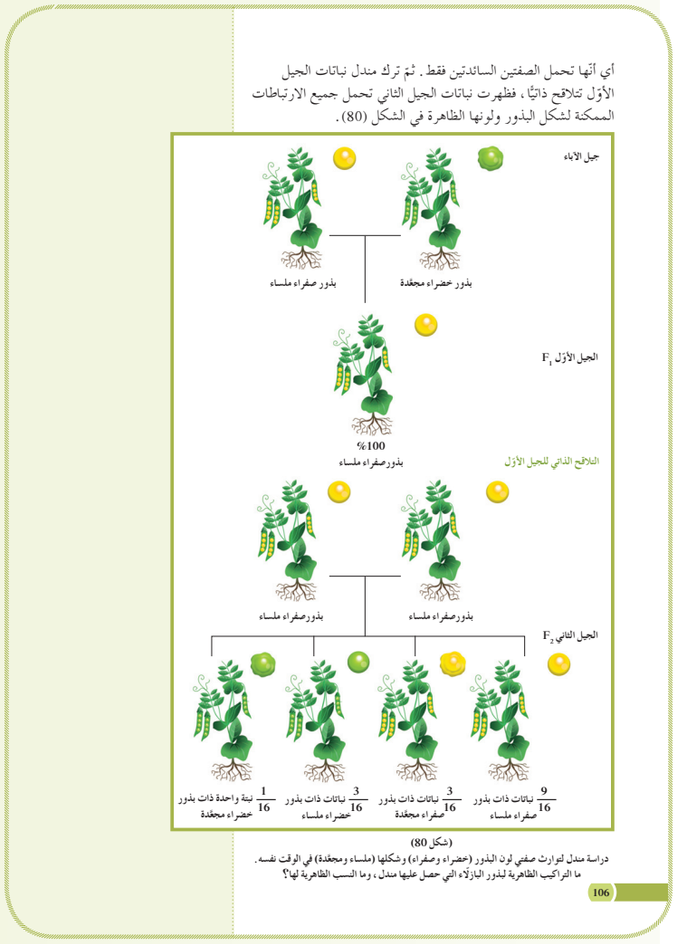
التلقيح الاختباري

وضّح للطلّاب أنّ هذا التلقيح يمكن تسميته بالتلقيح مع المتنحّي، لأنّ التركيبين الظاهري والجيني للفرد المتنحّي معروفان. ووضّح أيضًا أنّ هذا الاختبار يُستخدَم لتمييز الفرد السائد من حيث كونه متشابه اللاقحة أم متباين اللاقحة.

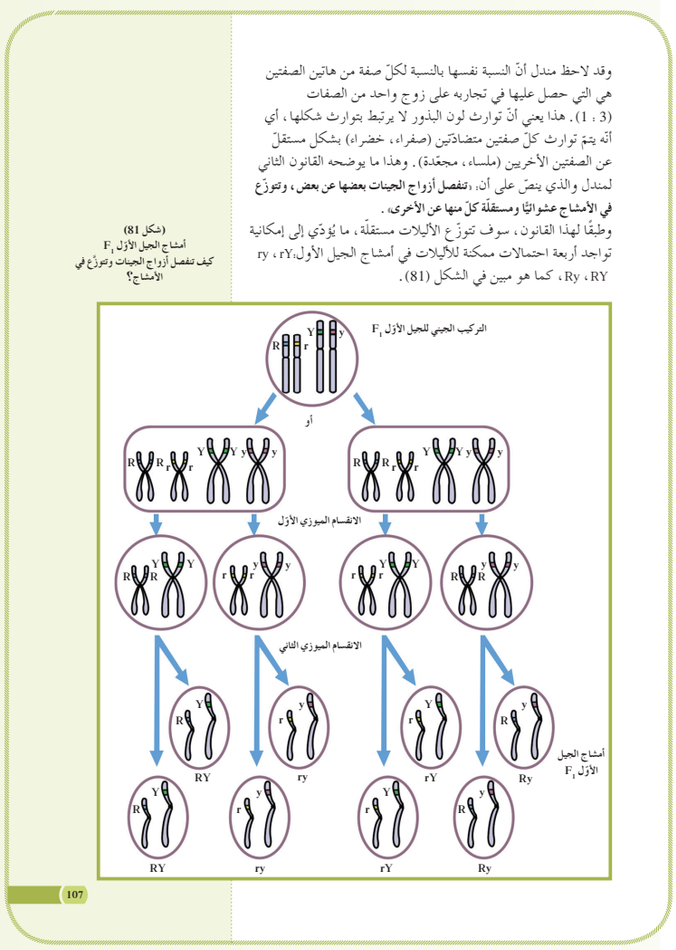
دع الطلّاب يدرسون الشكل (83) وارشدهم إلى حساب نسبة التراكيب الظاهرية للأفراد الناتجة عن التلقيح الاختباري مع الفرد المتنحّي الصفة. فإذا كانت الأفراد الناتجة كلّها تحمل تركيبًا ظاهريًّا سائدًا، كان الفرد السائد المختبر نقيًّا، أمّا إذا كانت النسبة 1:1، أي نصف الأفراد يحمل الصفة السائدة ونصفها الآخر تظهر عليه الصفة المتنحّية، كان الفرد السائد المختبر هجينًا.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "هل يمكنك توضيح قانون السيادة؟" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 37 و38.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على تصميم نماذج للتراكيب الجينية للأبناء نتيجة الارتباطات الممكنة لجينات الآباء.



(شكل 80)
دراسة مندل لتوارث صفتي لون البذور (خضراء وصفراء) وشكلها (ملساء ومجعّدة) في الوقت نفسه.
ما التراكيب الظاهرية لبذور النباتات التي حصل عليها مندل، وما النسب الظاهرية لها؟



(شكل 81)
أمشاج الجيل الأوّل F_1
كيف تنفصل أزواج الجينات وتتوزّع في الأمشاج؟

4.2 توقّعات وراثية لا تخضع لقوانين مندل

السيادة الوسطية

وضّح للطلّاب أنّه في بعض الحالات الوراثية، يكون الفرد الهجين مختلفًا في شكله (تركيبه الظاهري) عن الفرد النقي بالنسبة لإحدى الصفات، حيث يكون شكله وسطيًّا بين الصورة السائدة والصورة المتنحّية لهذه الصفة، ويكون تركيبه الظاهري وسطيًّا بين شكلي الأبوين النقيين. وهذا يختلف عمّا يعرفونه من قبل في حالات الوراثة المندلية. وتفسّر هذه الحالة بأنّه في هذه الصفة لا يسود أحد الجينين على الآخر، إنّما يحدث كلّ منهما أثره كاملًا، لذلك تُعرَف بأنّها حالات للوراثة الوسطية.

نشاط توضيحي

اطلب إلى الطلّاب استخدام لونين من الأقلام الخشبية لإظهار صفة لون الأزهار لكلّ من الآباء وأبناء الجيلين الأوّل والثاني، في حالتي السيادة التامّة والسيادة غير التامّة. اسأل:

- هل ظهر لون أزهار أحد الأبوين في أزهار نباتات الجيل الأوّل؟ **(ظهر اللون السائد في حالة السيادة التامّة، ولم يظهر لون أزهار الأبوين في حالة السيادة غير التامّة (انعدام السيادة).)**
- ما لون أزهار النباتات الناتجة في حالة انعدام السيادة؟ **(لون وسطيّ بين لوني أزهار الأبوين)**
- ما نسبة ألوان الأزهار في نباتات الجيل الثاني بالنسبة للون أزهار الآباء؟ **(1:3 في حالة السيادة التامّة، 1:2:1 في حالة السيادة غير التامّة)**
- لماذا ظهرت أزهار نباتات الجيل الأوّل بلون مختلف عن أزهار الأبوين في حالة انعدام السيادة؟ **(لأنّ أليلي صفة لون الأزهار للأبوين لا يسود أحدهما على الآخر، بل إنّ كلًّا منهما يظهر تأثيره كاملًا، لذلك ظهر لون خليط (وسطيّ بين لوني أزهار الأبوين).)**
- لماذا ظهر لونان فقط لأزهار الجيل الثاني في حالة السيادة التامّة في حين ظهرت ثلاثة ألوان لأزهار الجيل الثاني في حالة انعدام السيادة؟ **(في حالة السيادة التامّة، يكون للصفة السائدة سواء كانت نقية أو هجينة تركيبًا ظاهريًّا واحدًا، أمّا في حالة انعدام السيادة فلا يسود أيّ من أليلي صفة اللون على الآخر، وبالتالي فإنّ التركيب الظاهري للصفة النقية يختلف عن التركيب الظاهري للصفة الهجينة.)**

توظيف الأشكال

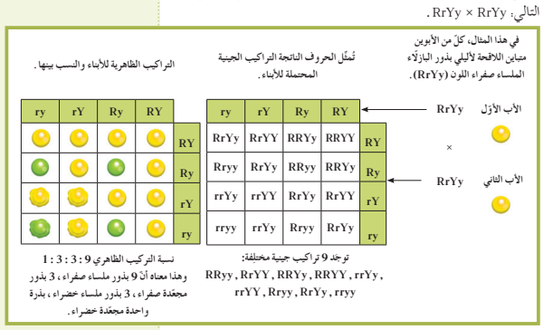
بعد دراسة الطلّاب الشكلين (85) و(86)، فسّر سبب استخدام الحروف الأجنبية الكبيرة Capital Letters في الرمز لأليات الأبوين، وعدم استخدام الحروف الصغيرة Small Letters للرمز إلى التركيب الجيني لأحد الأبوين، وذلك لعدم سيادة أليلات إحدى الصفتين على الأخرى، لأنّ تأثير كلّ من أليلي الأبوين يظهر كاملًا. ينتج عن ذلك ظهور صفة جديدة وسطية هجينة بين صفتي الأبوين في أفراد الجيل الثاني إلى جانب الصفة الوسطية، وتكون النسبة بين التراكيب الظاهرية لأفراد الجيل الثاني 1:2:1 (صفة أحد الأبوين: الصفة الجديدة: صفة الأب الآخر، على الترتيب).

قارن بين قانون التوزيع المستقلّ وسلوك الكروموسومات أثناء الانقسام الميوزي (شكل 81). لاحظ أنّ انفصال أزواج الكروموسومات يحدث عشوائيًّا وتنتج جميع الاحتمالات الممكنة للكروموسومات في الأمشاج. بالتالي إذا لم تنفصل أزواج الكروموسومات عشوائيًّا، سيكون للأبناء ارتباط الصفات نفسه مثل أحد الأبوين. بمعنى آخر، من دون قانون التوزيع المستقلّ، لا يُمكن أن يكون لديك لون عيني أبيك ولا ابتسامة أمّك!

التوقّع بوراثة صفتين

Prediction of the Inheritance of Two Traits

تُعرف دراسة توارث صفتين في وقت واحد بعملية التلقيح الثنائي Dihybrid Cross. ويُوضّح الشكل (82) الخطوات المتّبعة لتفسير نتائج التلقيح الذاتي لنباتات البازلّاء من الجيل الأوّل وهما متباينتي اللاقحة لأليلي البذور الملساء صفراء اللون. ويُكتب هذا التهجين على الشكل التالي: RrYy × RrYy.



(شكل 82)
كيف تتوقّع بنتائج التهجين التالي؟ تسهّل عمليات التهجين التالي التوقّع بالتراكيب الجينية والظاهرية المحتملة لوراثة صفتين.

3.3 القانون الثالث: قانون السيادة

The Law of Dominance

ينصّ هذا القانون على ما يلي: **«الأليل السائد يظهر تأثيره، أمّا الأليل المتنحّي فيخفي تأثيره في الفرد الهجين، إلّا إذا اجتمع هذان الأليلان المتنحيان معًا».**

على سبيل المثال، يُمثّل اللون البنفسجي لزهرة البازلّاء متباينة اللاقحة بأليلين، أحدهما سائد (P) والآخر متنحٍّ (p) وتركيبها الجيني (Pp)، أمّا تركيبها الظاهري فبنفسجي اللون. بذلك يتّضح أنّ الأليل السائد هو الذي ظهر تأثيره، في حين أنّ الأليل المتنحّي لا تأثير ظاهر له طالما أنّه متزاوج مع الأليل السائد.

ساعد الطلّاب على فهم النتائج الخاصّة بانعدام السيادة بالمقارنة بالسيادة التامّة عن طريق توجيه الأسئلة التالية:

- لو كان الأليل R سائدًا سيادة تامّة، ماذا سيكون التركيب الظاهري للون أزهار نباتات الجيل الأوّل؟ **(أحمر)**

3. لو كان الأليل R سائدًا سيادة تامّة، ماذا سيكون التركيب الظاهري للون أزهار نباتات الجيل الثاني؟ **(أحمر وأبيض بنسبة 1:3)**

إجابة سؤال الشكل 83 صفحة 109 في كتاب الطالب

(التركيب الجيني للنبات السائد Yy)

3. قيّم وتوسّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، دعهم يجرون إحدى أو جميع الخطوات التالية:

- اطلب إليهم استخدام ورقة منفصلة لتمثيل توارث الأليّلات الخاصّة بجين لون الأزهار (أرجواني، (R)، سائد؛ أبيض، (r)، متنحٍّ) وطول النباتات (طويل، (T)، سائد؛ قصير، (t)، متنحٍّ). تأكّد من أنّ الطلّاب قد توصّلوا إلى جميع التراكيب الجينية الممكنة لكلّ صفة على حدة بطريقة صحيحة قبل إجراء عملية التحليل الوراثي **(tt, Tt, TT; rr, Rr, RR)** واطلب إليهم تطبيق قوانين مندل الخاصّة بتوارث كلّ صفة منها على حدة، وكذلك توارث الصفتين مترافقتين مع بعضهما.
- عرّف الطلّاب أنّ العيون البنّية (B) سائدة على الزرقاء (b)، ثمّ اطلب إليهم إجراء التلقيح الاختباري لأربعة أبناء من والدين، أحدهما بنّي العينين والآخر أزرق العينين. اسأل:
- ما التراكيب الظاهرية للأبناء لو كان الأب ذو العينين البنّيتين متشابه اللاقحة؟ **(ستكون عيون الأبناء بنّية)** لو كان هذا الأب متباين اللاقحة؟ **(نصف الأبناء عيونهم بنّية، ونصفهم الآخر عيونهم زرقاء)**
- ما التركيب الجيني للأبناء لو كان الأبوان متشابهي اللاقحة؟ **(Bb: سيكون لدى كلّ ابن جين واحد للعيون الزرقاء (b) وجين واحد للعيون البنّية (B).)**
- فسّر كيف يمكن استخدام التلقيح الاختباري للكشف عمّا إذا كان الأب ذو العينين البنيتين متشابه أو متباين اللاقحة؟ **(لو كان هذا الأب متباين اللاقحة أي أنه يحمل الجين المتنحي فستكون عيون بعض الأبناء زرقاء.)**

التلقيح الاختباري Test-cross

تعرّفت آنّ الفرد الذي يحمل صفة سائدة يُمكن أن يكون تركيبه الجيني نقيًّا (متشابه اللاقحة) أو هجينًا (خليطًا أو متباين اللاقحة). أمّا الفرد الذي يحمل الصفة المتنحّية فدائمًا ما يكون تركيبه الجيني نقيًّا أو متشابه اللاقحة. فكيف يُمكن تحديد ما إذا كان التركيب الجيني للفرد الذي يحمل الصفة السائدة نقيًّا أم هجينًا لهذه الصفة؟

يُمكن للعلماء **التمييز بين الفرد النقي السائد والفرد الهجين السائد** من خلال إجراء **التلقيح الاختباري Text Cross**. ويتمّ ذلك بإجراء تلقيح خلطي بين الفرد الذي يحمل الصفة السائدة غير محدّدة التركيب الجيني مع فرد آخر يحمل الصفة المتنحّية المقابلة لها. وبما أنّ الصفة المتنحّية لا تظهر في التركيب الظاهري إلّا إذا اجتمع الأليلان المتنحّيان، فإنّ الفرد الذي يحمل الصفة المتنحّية يكون نقيًّا ومعروف التركيب الجيني.

فإذا كان التركيب الجيني للفرد المختبَر سائدًا نقيًّا، سيكون التركيب الظاهري لجميع الأفراد الصفة السائدة. أمّا إذا كان التركيب الجيني للفرد المختبَر سائدًا هجينًا، فسيكون التركيب الظاهري لنصف الأفراد الناتجة الصفة السائدة والتركيب الظاهري لنصفها الآخر الصفة المتنحّية.

ولتتعرّف كيف يتمّ التلقيح الاختباري، أدرس المثال في الشكل (83). فكلا التركيبين الجينيين Yy وYY يُنتجان بذور بازلّاء صفراء اللون لأنّها الصفة السائدة. ففي التلقيح الاختباري، يتمّ تلقيح النبات المراد اختباره (Y?) خلطيًّا مع النبات الذي يحمل التركيب الجيني النقي المتنحّي (yy). ما التركيب الجيني لهذا النبات المُختبَر إذا أنتجت جميع نباتات الجيل الأوّل بذورًا صفراء اللون؟

(شكل 83)

استخدام التلقيح الاختباري لتحديد التركيب الجيني

قد يكون نبات البازلّاء الذي يحمل البذور الصفراء (الصفة السائدة) نقيًا (YY) أو هجينًا (Yy). إذا كانت نسبة البذور الصفراء إلى البذور الخضراء في النباتات الناتجة من التلقيح الاختباري (1:1)، فما هو التركيب الجيني للنبات السائد؟

109

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة التوقّع:** من خلال تحديد الصفات السائدة والمتنحّية في عدّة أمثلة لتهجينات أو تزاوجات للأفراد النباتية أو الحيوانية، والتوقّع بالتراكيب الجينية والظاهرية المختلفة المحتمل توارثها في كلّ من الجيل الأوّل والثاني.
- **مهارة التعبير الكتابي:** اطلب إلى الطلّاب تخيّل أنفسهم مساعدين للعالم جريجور مندل أثناء تهجين أجيال عديدة من نباتات بازلّاء الزهور، وكانت جميع النباتات حاملة لأزهار أرجوانية اللون، ثمّ ظهرت فجأة إحدى النباتات حاملة لأزهار بيضاء. اسأل الطلّاب أن يكتبوا وصفًا لهذا الأمر، مع تقديم فرض لتفسير ظهور الأزهار البيضاء.
- **مهارة التحليل:** زوّد الطلّاب بعدّة أمثلة لتوارث الصفات في الكائنات، وبالمعلومات الوراثية الخاصّة بكلّ مثال منها، ثمّ اطلب إليهم القيام بالتحليل الوراثي للتوقّع بالتراكيب الظاهرية والجينية للأفراد لدى ثلاثة أجيال متعاقبة، ثمّ مناقشة النتائج التي توصّلوا إليها.
- **مهارة التطبيق:** تأكّد من تجهيز الطلّاب للوحة مربّعات بانت، واطلب إليهم إجراء التحليل الوراثي لأبوين متباينين اللاقحة بالنسبة لصفة لون الأزهار وصفة الطول (RrTt). اطلب إلى الطلّاب كتابة قائمة بجميع التراكيب الظاهرية الناتجة، وتحديد النسبة بين النباتات ذات الأزهار حمراء اللون والنباتات ذات الأزهار بيضاء اللون، ونسبة النباتات الطويلة إلى النباتات القصيرة.

إجابة سؤال الشكل 84 صفحة 110 في كتاب الطالب

(التركيب الجيني للنبات السائد هو Yy Rr)

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 85 صفحة 111 في كتاب الطالب

(1 أحمر ، 2 قرنفلي ، 1 أبيض)

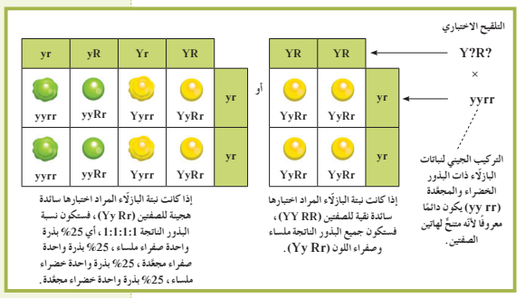
إجابة سؤال الشكل 86 صفحة 112 في كتاب الطالب

(1 أبيض ، 2 رمادي ، 1 أسود)

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–2

1. **قانون الانعزال:** تنفصل أزواج الجينات عند تكوّن الأمشاج (أثناء الانقسام الميوزي).
قانون التوزيع المستقلّ: تورث الصفات كلّ مستقلّة عن الأخرى من الوالدين.
قانون السيادة: يظهر تأثير الأليل السائد، ويختفي تأثير الأليل المتنحّي لدى أفراد الجيل الأوّل.
2. يُستخدَم كلّ من التهجين الأحادي والثنائي للتوقّع بوراثة الأبناء للصفات من الآباء. ويُستخدَم التهجين الأحادي للتوقّع بوراثة صفة واحدة، أمّا التهجين الثنائي فيُستخدَم للتوقّع بوراثة صفتين.
3. لوجود ثلاثة احتمالات لاجتماع الأليل السائد مع أليل آخر في التركيب الجيني، في مقابل احتمال واحد فقط لاجتماع الأليلين المتنحّيين مع بعضهما.
4. **(أ)** النصف Dd، والنصف الآخر dd
(ب) جميع النتائج Qq
(جـ) النصف MM، والنصف الآخر Mm
(د) الربع BB والنصف Bb والربع bb
5. الطور الانفصالي الثاني من الانقسام الميوزي هو الذي يوصف بواسطة قانون الانعزال.
6. لا، لأنّ التراكيب الجينية لأفراد الجيل الثاني يمكن الاستدلال عليها من تراكيبها الظاهرية.
7. **(أ)** اللون الأخضر سائد على اللون الأزرق.
اللون الأصفر سائد على اللون الأبيض.
لأنّ جميع العصافير في الجيل الأوّل لونها أخضر ورؤوسها صفراء اللون.
(ب) G رمز للأليل الأخضر (سائد) Y رمز للأليل الأصفر (سائد)
g رمز للأليل الأزرق (متنحٍّ) y رمز للأليل الأبيض (متنحٍّ)
(جـ) التركيب الجيني للآباء: G G Y Y × g g y y
الأمشاج: GY ؛ gy
التركيب الجيني للجيل الأوّل: Gg Yy
(د) $9 = \frac{27}{3}$ ؛ $3 = \frac{9}{3}$ ؛ $3 = \frac{9}{3}$ ؛ $1 = \frac{3}{3}$
$16 = 1 + 3 + 3 + 9$

يوضّح الشكل (84) مثالًا آخر على التلقيح الاختباري بين نبتتين من البازلّاء، لإحداهما صفتان سائدتان هما البذور الملساء صفراء اللون، وللأخرى صفتان متنحّيتان هما البذور المجعّدة خضراء اللون (yy rr). وقد أُجري هذا التلقيح لمعرفة نقاوة الصفتين السائدتين (Y?R?).



(شكل 84)
قد يكون البازلاء الذي يحمل البذور الملساء والصفراء (الصفتان السائدتان) نقيًا (YY RR) أو هجينًا (Yy Rr). إذا كانت نسبة البذور الناتجة من التلقيح الإختباري (1:1:1:1)، فما هو التركيب الجيني لنبات البازلاء ذات الصفتان السائدتان؟

فقرة إثرائية

شروط تحقيق النسب المندلية

لكي تتحقّق النسب الجينية والظاهرية للصفات التي تنطبق عليها قوانين مندل، يجب التقيّد ببعض الشروط:

- أن يكون الأبوان المراد تزاوجهما من سلالة نقية.
- أن يوجد تباين بين الصفات الوراثية التي تتم دراستها.
- أن تكون الكائنات المختارة سريعة النموّ وسهلة التربية وذات إنتاج كبير، وذلك للتمكّن من تفسير نتائج تزاوجاتها التجريبية إحصائيًا.

4. توقّعات وراثية لا تخضع لقوانين مندل

Predictions that Do Not Obey Mendel's Laws

تعلّمْتَ خلال دراستك للسيادة التامّة أنّ أحد أليلي الصفة الوراثية يسود على الأليل الآخر ويحجب تأثيره تمامًا، أو بمعنى آخر أنّ الصفة السائدة في الفرد الهجين (الناتج من تزاوج آباء نقية) تسود على الصفة المتنحّية وتحجب ظهورها تمامًا. إلّا أنّ تجارب العلماء بعد مندل أوضحت أنّ هناك صفات لا تورَث وفقًا لما توصّل إليه مندل، أي أنّها تتعارض مع قوانينه. وقد سُمّيت «الصفات غير المندلية» لأنّها تخضع في توارثها لآليات أخرى غير السيادة التامّة. من هذه الآليات آلية السيادة الوسطية.

1.4 السيادة الوسطية Intermediate Dominance

يُلاحَظ أنّ **الفرد الهجين لديه صفة لا تُشبه تمامًا الصفة الموجودة لدى أيّ من الأبوين** ويُسمّى هذا النوع من السيادة **بالسيادة الوسيطة Intermediate Dominance**. يُظهر التركيب الظاهري لهذا الفرد الهجين التأثيرات لأكثر من أليل واحد. يوجَد نوعان من السيادة الوسطية: السيادة غير التامّة والسيادة المشتركة.

إذًا النسب هي التالية:

$\frac{9}{16}$ أخضر – أصفر

$\frac{3}{16}$ أخضر – أبيض

$\frac{3}{16}$ أزرق – أصفر

$\frac{1}{16}$ أزرق – أبيض

(هـ) التحليل الجيني

(♀) GgYy × GgYy (♂)

	GY	Gy	gY	gy
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

	GY	Gy	gY	gy
GY	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Gy	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
gY	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
gy	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

مربّع بانت

♂ \ ♀	G Y $\frac{1}{4}$	G y $\frac{1}{4}$	g Y $\frac{1}{4}$	g y $\frac{1}{4}$
G Y $\frac{1}{4}$	GG YY $\frac{1}{16}$	GG Yy $\frac{1}{16}$	Gg YY $\frac{1}{16}$	Gg Yy $\frac{1}{16}$
G y $\frac{1}{4}$	GG Yy $\frac{1}{16}$	GG yy $\frac{1}{16}$	Gg Yy $\frac{1}{16}$	Gg yy $\frac{1}{16}$
g Y $\frac{1}{4}$	Gg YY $\frac{1}{16}$	Gg Yy $\frac{1}{16}$	gg YY $\frac{1}{16}$	gg Yy $\frac{1}{16}$
g y $\frac{1}{4}$	Gg Yy $\frac{1}{16}$	Gg yy $\frac{1}{16}$	gg Yy $\frac{1}{16}$	gg yy $\frac{1}{16}$

(و) تحليل النتائج

التراكيب الجينية ونسبها

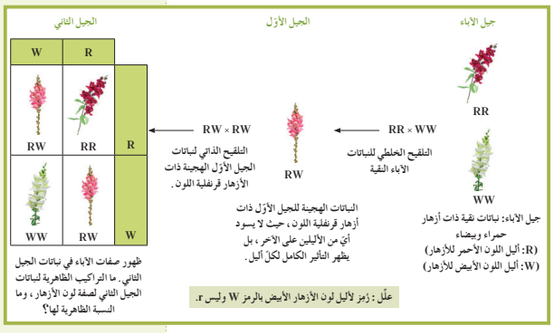
$\frac{1}{16}$ GG YY	
$\frac{2}{16}$ GG Yy	التراكيب الظاهرية ونسبها
$\frac{2}{16}$ Gg YY	$\frac{9}{16}$ أخضر – أصفر أو [GY] $\frac{9}{16}$
$\frac{4}{16}$ Gg Yy	
$\frac{1}{16}$ GG yy	
$\frac{2}{16}$ Gg yy	$\frac{3}{16}$ أخضر – أبيض أو [Gy] $\frac{3}{16}$
$\frac{1}{16}$ gg YY	
$\frac{2}{16}$ gg Yy	$\frac{3}{16}$ أزرق – أصفر أو [gY] $\frac{3}{16}$
$\frac{1}{16}$ gg yy	$\frac{1}{16}$ أزرق – أبيض أو [gy] $\frac{1}{16}$

- إذا جاءت النتيجة التي حصلنا عليها من التزاوج، للتراكيب الظاهرية، متطابقة مع النتيجة التي احتسبناها سابقًا، تكون نتيجة التوقّع قد تحقّقت.
- عدد أنواع التراكيب الجينية هو 9.

(أ) السيادة غير التامة **Incomplete Dominance**

يكون التركيب الظاهري للهجين وسطيًا بين التركيبين الظاهرين للأبوين النقيين في حالة السيادة غير التامة Incomplete Dominance. يُوضّح الشكل (85) هذا النوع من الوراثة من خلال توارث لون الأزهار في نبات حنك السبع. يُعتبر اللون القرنفلي لأزهار نبات الجيل الأوّل صفة وسطية بين اللونين الأحمر والأبيض لأزهار الآباء. يظهر تأثير الأليل (R) على الصفة الظاهرية للزهرة، وفي الوقت نفسه يظهر تأثير الأليل (W)، ولا يسود أيّ منهما سيادة تامّة على الآخر، وبمعنى آخر لا توجد أليلات مسؤولة عن إظهار اللون القرنفلي للأزهار.

عندما يتمّ التلقيح الذاتي للأزهار القرنفلية للنباتات الهجينة للجيل الأوّل، تعود صفات الآباء للظهور إلى جانب ظهور صفة اللون القرنفلي في أفراد الجيل الثاني. ما النسبة المظهرية بين نباتات الجيل الثاني؟



(شكل 85)
السيادة غير التامة في نبات حنك السبع.
تظهر حالة السيادة غير التامة عندما يُظهر كلٌ من أليلي الأبوين تأثيره كاملًا، ويكون التركيب الظاهري للجيل الأوّل وسطيًا بين التركيبين الظاهريين للأبوين. في هذا المثال، ينتج عن الأزهار البيضاء والأزهار الحمراء أزهار قرنفلية اللون.

8. النسب المظهرية للاختبارات الثلاثة هي كالتالي:
التلقيح الأوّل: 50% فجل طويل و 50% فجل بيضاوي أو 1:1
التلقيح الثاني: 50% فجل مدور و 50% فجل بيضاوي أو 1:1
التلقيح الثالث: 25% فجل طويل و 50% فجل بيضاوي و 25% فجل مدور أو 1:2:1
استنادًا إلى نتيجة التلقيح الثالث نستنتج أن هذه حالة تهجين أحادي ذات سيادة غير تامّة (سيادة وسطية) بالنسبة لشكل الفجل.
حيث يظهر تأثير كل من ألّيلي شكل الفجل الطويل والمدور ولا يسود أي منهما سيادة تامّة على الآخر. وإن شكل الفجل البيضاوي هو شكل وسطي بين التركيبين الظاهرين للأبوين النقيين.

تمثيل الألّيلات بالرموز:
- L: يمثّل ألّيل الشكل الطويل للفجل.
- R: يمثّل ألّيل الشكل المدور للفجل.

التركيب الجيني للآباء:
- الفجل الطويل: متشابه اللاقحة LL
- الفجل المدور: متشابه اللاقحة RR
- الفجل البيضاوي هجين أو متباين اللاقحة LR

التلقيح الأوّل

نبتة فجل طويلة X نبتة فجل بيضاوية

التركيب الجيني للآباء: LL × LR

أمشاج الآباء: L R L

%50 %50 %100

	L %50	R %50
L %100	LL %50	LR %50

تحليل الجدول

50% فجل طويل (LL)

50% فجل بيضاوي (LR)

التلقيح الثاني

نبتة فجل مدورة X نبتة فجل بيضاوية.

التركيب الجيني للآباء: RR × LR

أمشاج الآباء: R L R

%100 %50 %50

	L %50	R %50
R %100	LR %50	RR %50

تحليل الجدول

50% فجل مدور (RR)

50% فجل بيضاوي (LR)

التلقيح الثالث

نبتة فجل بيضاوية X نبتة فجل بيضاوية

التركيب الجيني للآباء: LR × LR

أمشاج الآباء: L R L R

%50 %50 %50 %50

	L %50	R %50
L %50	LL %25	LR %25
R %50	LR %25	RR %25

تحليل الجدول

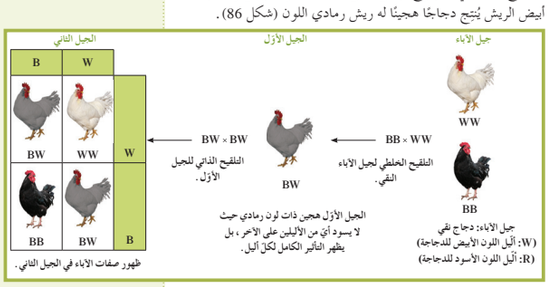
25% فجل طويل (LL)

50% فجل بيضاوي (LR)

25% فجل مدور (RR)

لقد تحققت جميع نتائج التلقيحات الثلاثة.

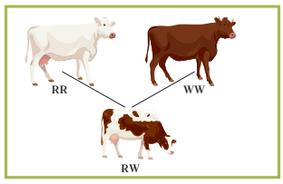
توجَد أمثلة أخرى توضّح انعدام السيادة مثل توارث لون الجلد في بعض سلالات الأبقار حيث توجَد أبقار حمراء وأخرى بيضاء. تزاوج فردين من هذين اللونين يُنتج أبقارًا هجينة ذات لون بنّي مبيضّ أو أغبر، يُعتبَر مزيجًا من لوني الأبوين الأحمر والأبيض. مثال آخر هو توارث لون الريش في الدجاج الأندلسي، فتزاوج فردين نقيين أحدهما أسود الريش والآخر أبيض الريش يُنتج دجاجًا هجينًا له ريش رمادي اللون (شكل 86).



(شكل 86)
السيادة غير التامّة في دجاج الأندلس.
ما النسبة لكلّ تركيب ظاهري للدجاج؟

(ب) السيادة المشتركة **Codominance**

يظهر تأثيرا الأليلين الموجودين في الفرد الهجين كاملين منفصلين في حالة السيادة المشتركة Codominance. مثال على السيادة المشتركة وراثة لون الشعر في أبقار الشورتهورن، حيث إنّ أليلي لون الشعر الأحمر (R) والأبيض (W) ذات سيادة مشتركة. فإنّ تزاوج ذكر شورتهورن أحمر اللون (RR) مع أنثى شورتهورن بيضاء اللون يُنتج أفرادًا هجينة تمتلك شعرًا أبيض وأحمر (RW) كما هو موضّح في الشكل (87). بالتالي، لا يوجد سيادة لأحد الأليلين على الآخر.



(شكل 87)
السيادة المشتركة

9. (أ) صفة الشكل البذور المدورة سائدة على صفة شكل البذور المجعدة وصفة لون البذور السوداء سائدة على صفة لون البذور الصفراء.

(ب) R تمثّل أليّل البذور المدورة (أليّل سائد)

r تمثّل أليّل البذور المجعدة (أليّل متنحي)

B تمثّل أليّل البذور السوداء (أليّل سائد)

b تمثّل أليّل البذور الصفراء (أليّل متنحي)

(جـ) التركيب الجيني للآباء RRbb × BBrr

أمشاج الآباء Rb Br

التركيب الجيني للأبناء في الجيل الأوّل RrBb

100% نبات ذات بذور مدورة سوداء

(د) التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأوّل

التركيب الجيني للجيل الأوّل:

RrBb

×

RrBb

أمشاج الجيل الأوّل (F_1):

RB	Rb	rB	rb	RB	Rb	rB	rb
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

	R B $\frac{1}{4}$	R b $\frac{1}{4}$	r B $\frac{1}{4}$	r b $\frac{1}{4}$
R B $\frac{1}{4}$	RR BB $\frac{1}{16}$	RR Bb $\frac{1}{16}$	Rr BB $\frac{1}{16}$	Rr Bb $\frac{1}{16}$
R b $\frac{1}{4}$	RR Bb $\frac{1}{16}$	RR bb $\frac{1}{16}$	Rr Bb $\frac{1}{16}$	Rr bb $\frac{1}{16}$
r B $\frac{1}{4}$	Rr BB $\frac{1}{16}$	Rr Bb $\frac{1}{16}$	rr BB $\frac{1}{16}$	rr Bb $\frac{1}{16}$
r b $\frac{1}{4}$	Rr Bb $\frac{1}{16}$	Rr bb $\frac{1}{16}$	rr Bb $\frac{1}{16}$	rr bb $\frac{1}{16}$

تحليل جدول النتائج الإحصائية:

التراكيب الظاهرية ونسبها

$\frac{9}{16}$ نبات ذات بذور مدورة – سوداء

- $\frac{1}{16}$ RR BB
- $\frac{2}{16}$ RR Bb
- $\frac{2}{16}$ Rr BB
- $\frac{4}{16}$ Rr Bb

$\frac{3}{16}$ نبات ذات بذور مدورة – صفراء

- $\frac{1}{16}$ RR bb
- $\frac{2}{16}$ Rr bb

$\frac{3}{16}$ نبات ذات بذور مجعدة – سوداء

- $\frac{1}{16}$ rr BB
- $\frac{2}{16}$ rr Bb

$\frac{1}{16}$ نبات ذات بذور مجعدة – صفراء

- $\frac{1}{16}$ rr bb

(هـ) التراكيب الجينية النظرية للآباء

بذور مدورة – سوداء: RRBB

RrBB

RRBb

RrBb

بذور مدورة – صفراء: RRbb

Rrbb

(و) المناقشة: بما أنه وجد عند الأبناء نبات ذات بذور مجعدة – صفراء اللون وهي صفات متنحية لذا فكلا الأبوين لا يمكن أن يكونا متشابها اللاقحة للصفتان السائدتان. لذلك فالتراكيب الجينية للآباء هي:

Rrbb × RrBb

مراجعة الدرس 1-2

1. صِفْ قوانين مندل واذكر أمثلة.
2. قارن بين التهجين الأحادي والتهجين الثنائي.
3. باستخدام قوانين مندل، إشرح سبب ظهور نباتات بازلّاء تحمل الصفات الوراثية السائدة أكثر من تلك التي تحمل الصفات الوراثية المتنحّية خلال الجيل الثاني.
4. ما نتائج التهجينات التالية؟

(أ) dd x Dd (ب) qq x QQ

(جـ) Mm x MM (د) Bb x Bb

5. ما مرحلة الانقسام الميوزي التي تتّفق مع قانون مندل للانعزال؟
6. **أضف إلى معلوماتك:** هل يجري التلقيح الاختباري على أفراد الجيل الثاني في حالة السيادة الوسطية؟
7. حدث تزاوج بين ببّغاء لون جسمه أخضر ورأسه أصفر نقي للصفتين، وببّغاء لون جسمه أزرق ورأسه أبيض نقي للصفتين. فجاء لون أجسام جميع طيور الببّغاء في الجيل الأوّل أخضر ولون رؤوسها أصفر.

(أ) ما هي الصفات السائدة؟ علّل إجابتك.

(ب) أكتب رموزًا للجينات المناسبة.

(جـ) حدّد التراكيب الجينية لكلّ فرد من أفراد جيل الآباء وأفراد الجيل الأوّل.

بعد أن زاوجنا أفراد الجيل الأوّل، حصلنا في الجيل الثاني على التراكيب الظاهرية التالية:

27 طير ببّغاء أخضر – أصفر

9 طيور ببّغاء خضراء – بيضاء

9 طيور ببّغاء زرقاء – صفراء

3 طيور ببّغاء زرقاء – بيضاء

(د) أحسب النسب لأفراد الجيل الثاني.

(هـ) أجرِ التحليل الجيني المناسِب للتحقّق من النتائج التي حصلْتَ عليها.

(و) ما أنواع التراكيب الجينية التي نحصل عليها من هذا التزاوج.

113

(ز) احتساب النسب:

$3 \approx \frac{241}{78}$ ؛ $3 \approx \frac{234}{78}$ ؛ $1 = \frac{78}{78}$ ؛ $3 \approx \frac{81}{78}$

$8 = 1 + 1 + 3 + 3$

$\frac{3}{8}$ نبات ذات بذور مدورة – سوداء

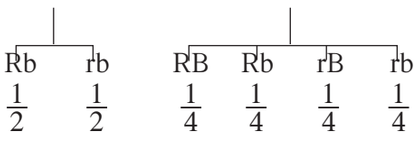
$\frac{3}{8}$ نبات ذات بذور مدورة – صفراء

$\frac{1}{8}$ نبات ذات بذور مجعدة – سوداء

$\frac{1}{8}$ نبات ذات بذور مجعدة – صفراء

(ح) التراكيب الجينية للآباء Rrbb × RrBb

الأمشاج:



	R B $\frac{1}{4}$	R b $\frac{1}{4}$	r B $\frac{1}{4}$	r b $\frac{1}{4}$
R b $\frac{1}{2}$	RR Bb $\frac{1}{8}$	RR bb $\frac{1}{8}$	Rr Bb $\frac{1}{8}$	Rr bb $\frac{1}{8}$
r b $\frac{1}{2}$	Rr Bb $\frac{1}{8}$	Rr bb $\frac{1}{8}$	rr Bb $\frac{1}{8}$	rr bb $\frac{1}{8}$

تحليل الجدول: أربع تراكيب ظاهرية

التراكيب الظاهرية ونسبها

RR Bb $\frac{1}{8}$

Rr BB $\frac{2}{8}$

$\frac{3}{8}$ نبات ذات بذور مدورة – سوداء

RR bb $\frac{1}{8}$

Rr bb $\frac{2}{8}$

$\frac{3}{8}$ نبات ذات بذور مدورة – صفراء

rr Bb $\frac{1}{8}$ نبات ذات بذور مجعدة – سوداء $\frac{1}{8}$

rr bb $\frac{1}{8}$ نبات ذات بذور مجعدة – صفراء $\frac{1}{8}$

مراجعة الدرس 1-2 (تابع)

8. يوجد ثلاثة أشكال من الفجل وهي الطويل، الدائري والبيضاوي. وقد أعطت التلقيحات المختلفة بين نباتات الفجل النتائج التالية:
التلقيح الأوّل: ما بين نبتة فجل طويلة ونبتة فجل بيضاوية أعطى 120 فجلة طويلة و118 فجلة بيضاوية.
التلقيح الثاني: ما بين نبتة فجل دائرية ونبتة فجل بيضاوية أعطى 139 فجلة دائرية و141 فجلة بيضاوية.
التلقيح الثالث: وهو تلقيح ذاتي ما بين الفجل البيضاوي أعطى 60 فجلة طويلة، 58 فجلة دائرية و119 فجلة بيضاوية.
فسّر وتحقّق من نتائج التلقيحات الثلاثة.

9. التلقيح ما بين سلالتين نقيتين من الذرة لديهما الخصائص التالية: بذور دائرية صفراء اللون وبذور مجعّدة سوداء اللون أعطى في الجيل الأوّل ذرة جميع بذورها دائرية وسوداء اللون.
(أ) ماذا تستنتج؟
(ب) أعط رموزًا للجينات.
(جـ) ما هو التركيب الجيني لنباتات الآباء ولنباتات الجيل الأوّل (F_1)؟
قمنا الآن بإجراء التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الأوّل.
(د) اجرِ تحليلًا جينيًا مناسبًا مستعينًا بمربع بانت لتحديد نسب التراكيب الظاهرية والتراكيب الجينية عند جيل الأبناء الثاني (F_2).
التلقيح بين نوعي نبات ذرة لديهما التراكيب الظاهرية التالية: بذور دائرية سوداء وبذور دائرية صفراء.
يعطي النتائج التالية:
241 نبتة بذورها دائرية وسوداء
234 نبتة بذورها دائرية وصفراء
78 نبتة بذورها مجعّدة وسوداء
81 نبتة بذورها مجعّدة وصفراء
(هـ) ما هي التراكيب الجينية النظرية للآباء؟
(و) بعد مناقشة منطقية، استنتج التركيب الجيني لكلّ منهما.
(ز) احتسب نسب التراكيب الظاهرية لنتائج التلقيح.
(ح) اجرِ تحليلًا جينيًا مناسبًا مستعينًا بمربع بانت للتحقّق من النسب المحتسبة.

الأهداف:

- يفسّر توارث بعض الصفات باستخدام سجل النسب الوراثي.
- يدرك الفرق بين بعض الاختلالات الوراثية السائدة والمتنحّية.
- يحدّد بعض طرق تحديد بعض الاختلالات الوراثية المحتمل توارثها (الاستشارات الوراثية).

صفحات الطالب: من ص 115 إلى ص 119

صفحات الأنشطة: من ص 36 إلى 39

عدد الحصص: 2

الأدوات المستعملة: شفافيات أو صور لسجل عائلة ما تظهر توارث صفة معينة لدى الإنسان.

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكد من تعرّف الطلّاب على الصفة الوراثية الموضّحة في صورة افتتاحية الدرس في الشكل (88)، وقراءاتهم للتعليق المصاحب له. ادع الطلّاب لملاحظة ظهور غمّازات الخدّ لدى بعض زملائهم، وتحديد النسبة المئوية لهم في الصف. اسأل:

- كم عدد الطلّاب الذين ليس لديهم غمّازات في الخدّ، ولديهم إخوة أو أخوات لديهم غمّازات في الخدّ؟ **(ستتنوّع الإجابات.)**
- كم عدد الطلّاب الذين لهم غمّازات في الخدّ، ولديهم إخوة أو أخوات لديهم غمّازات في الخدّ أيضًا؟ **(ستتنوّع الإجابات.)**

اكّد للطلّاب أنّه ليس شرطًا طالما كان الأليل سائدًا أن تكون الصفة الناجمة عن تأثيره هي الأكثر عمومية وانتشارًا.

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول مفهوم سجلّ النسب الوراثي، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- ماذا تعرف عن شجرة العائلة؟ هل لديكم في المنزل سجلّ يوضّح شجرة العائلة؟ **(ستتنوّع الإجابات.)**

حاول تقريب مفهوم سجلّ النسب الوراثي للطلّاب عبر مقارنته بشجرة العائلة. فكما توضّح شجرة العائلة أسماء الأجداد والآباء والأعمام والأخوال، يوضّح سجلّ النسب عملية توارث صفة وراثية معيّنة. يُضاف إلى ذلك أنّه من خلال سجلّ النسب، يمكن التنبّؤ بإمكانية توارث أو ظهور هذه الصفة في المستقبل.

الدرس 1-3
دراسة توارث الصفات في الإنسان
Studying Inherited Traits in Humans

الأهداف العامة

- يُفسّر توارث بعض الصفات باستخدام سجلّ النسب الوراثي.
- يُدرك الفرق بين بعض الاختلالات الوراثية السائدة والمتنحّية.
- يُحدّد بعض طرق تحديد بعض الاختلالات الوراثية المحتمل توارثها (الاستشارات الوراثية).

(شكل 88)

هل تظهر غمّازات في خدّيك عندما تبتسم؟ هل تعرف عائلة تنتشر الغمّازات لدى أفرادها؟ يتحكّم في توارث الغمّازات أليل سائد، فإذا وُرِّث هذا الأليل ظهرت الغمّازات (شكل 88). لكن أن يكون الأليل سائدًا لا يعني بالضرورة أن تكون الصفة الظاهرة نتيجة تأثيره هي الصفة الأكثر عمومية وانتشارًا. كم عدد الأشخاص الذين تعرفهم والذين لديهم غمّازات؟

1. دراسة سجل النسب الوراثي Pedigree Studies

ليست دراسة انتقال الصفات الوراثية في الإنسان أمرًا سهلًا، وذلك بسبب طول الفترة الممتدّة بين جيل وآخر. إلّا أنّ دراسة انتقال الصفات الوراثية في نبات البازلّاء أسهل إذ تبلغ الفترة الممتدّة بين جيل وآخر 90 يومًا فقط، بالإضافة إلى قلّة عدد الأفراد الناتجة عند كلّ تزاوج. تمكّن العلماء حديثًا من التوصّل إلى بعض التقنيات التي تُمكّنهم من دراسة جينات الإنسان بطريقة مباشرة.

115

2. علِّم وطبّق

1.2 دراسة سجلّ النسب الوراثي

دع الطلّاب يدرسون الشكل (89) واحرص على تعرّفهم طريقة إعداد سجلّ النسب الوراثي لإحدى الصفات الوراثية، بالإضافة إلى تعرّفهم بالرموز والأرقام والخطوط المُستخدَمة في هذا السجلّ للدلالة على الذكور أو الإناث ذوي الصفة الوراثية أو الحاملين لها أو الذين لا تظهر عليهم هذه الصفة، وكيفية الاستدلال على الآباء والأبناء والأجيال والزيجات.

اختبر مدى فهم الطلّاب لدلالة الرموز والأرقام في سجلّ النسب الوراثي في ما يخصّ توارث صفة إصبع الإبهام المنحني في الشكل (89) من خلال توجيه الأسئلة التالية:

* ما عدد الزيجات التي تمّت في الجيل الثاني؟ **(اثنتان)** كم عدد الإناث اللواتي تظهر عليهن هذه الصفة في الأجيال الثلاثة؟ **(واحدة)** كيف يمكنك الاستدلال على الأبوين في سجلّ النسب؟ **(بواسطة خطّ أفقي بين فردين)**

من المهمّ إتاحة الفرصة للطلّاب لدراسة بعض الصفات الوراثية في الإنسان بهدف التعرّف على بعضها، وإدراك مدى التنوّع الجيني بين البشر، مع تأكيد عدم إمكانية تقرير ما إذا كان الجين المسؤول عن الصفة المدروسة سائدًا أو متنحيًّا.

نشاط توضيحي

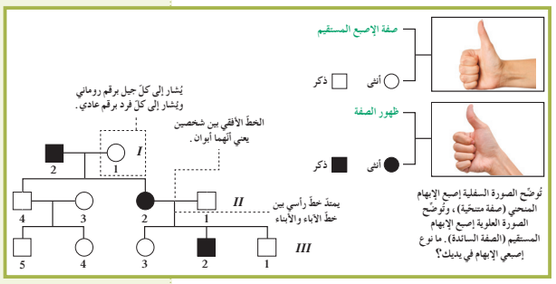
اختر بعض الصفات المتنحّية الشائعة مثل التحام شحمة الأذن أو صفة ثني اللسان طوليًّا أو صفة العيون الزرقاء. وصمّم على السبّورة سجلّ النسب لثلاثة أجيال بحيث يبدأ سجلّ النسب بتزاوجين: في التزاوج الأوّل تكون للأبوين عيون زرقاء، وفي التزاوج الثاني يكون لأحد الآباء شحمة أذن ملتحمة، وللوالد الثاني شحمة أذن سائبة.

اطلب إلى الطلّاب مساعدتك على إكمال سجلّ النسب مع التوضيح أنّ كلّ زوجين أنجبا أربعة أطفال.

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "استكشاف الصفات الموروثة" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 36 و37.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد أكثر الصفات عمومية وانتشارًا في الإنسان.

لكنّ معظم ما نعرفه عن الوراثة في الإنسان ما زال مصدره دراسة بعض الأنماط الوراثية في الإنسان عن طريق دراسة سجلّ النسب أو شجرة النسب لبعض العائلات. **وسجلّ النسب Pedigree عبارة عن مخطّط يُوضّح كيفية انتقال الصفات وجيناتها من جيل إلى جيل في عائلة محدّدة.**



(شكل 89)
مخطّط سجلّ النسب لتوارث صفة إصبع الإبهام المنحني في إحدى العائلات

لهذه السجلّات الوراثية فائدة صحّية في تتبّع توارث الصفات المختلفة، بخاصّة ما يتعلّق بالاختلالات والأمراض الوراثية.

ويُحضّر المستشارون الوراثيون هذه السجلّات الوراثية للأشخاص المقبلين على الزواج للتوقّع باحتمال ظهور مثل هذه الصفات الوراثية في نسلهم. ويفعلون ذلك من خلال جمع المعلومات عن التاريخ الوراثي لعائلات هؤلاء الأشخاص فيما يخصّ صفات وراثية معيّنة.

يُوضّح الشكل (89) تتبّع وراثة صفة إصبع الإبهام المنحني خلال ثلاثة أجيال لإحدى العائلات، وهي صفة وراثية متنحّية. قارن بين إصبعي الإبهام في الشكل، هل لديك مثل هذه الصفة؟

سبق أن تعلّمتَ أنّ الألّيل المتنحّي لا يظهر تأثيره في حالة وجوده مع الألّيل السائد. ففي الفرد الهجين (متباين اللاقحة) لا يظهر تأثير الألّيل المتنحّي بسبب اجتماعه مع الألّيل السائد. **ويُطلَق على الفرد الذي يحمل ألّيل/جين الصفة المتنحّية والتي لا يظهر تأثيرها مصطلح حامل الصفة Carrier.**

يوضِّح الشكل (90) تأثير غياب صبغ الميلانين من خلايا الجلد والشعر والرموش، ما يؤدّي إلى ظهور صفة المهق، ويتسبّب في ظهورها أليل متنحٍّ. ويوضِّح الشكل (91) سجلّ النسب لتوارث هذه الصفة المتنحّية في الإنسان (المهق). ويوضِّح الشكل (92) أيضًا سجلّ النسب لتوارث صفة سائدة (استجماتيزم العين) في الإنسان.

بعد تحليل الطلّاب للسجلّ الوراثي الموضّح في الشكل (91) اسأل: أيّ الأفراد مصاب بمرض المهق؟ **(الفرد I–2، II–2، III–3، II–3، II–5)**

- أيّ الأفراد يحمل هذا الخلل الوراثي؟ **(III–1؛ II–4؛ I–2؛ I–1)**

علم الأحياء في حياتنا اليومية

«الشمع في أذنيك!»

يمكنك أن توضّح للطلّاب أنّه يمكن تمثيل الشمع اللزج بالعسل الكثيف والشمع الجافّ بقرص الشمع في خلايا النحل، وأنّ الصفة السائدة بين البشر هي شمع الأذن اللزج.

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

«الاستشارات الوراثية»

قدِّم النصح والإرشادات للطلّاب، بخاصّة من تنتشر في عائلاتهم بعض الصفات أو الاختلالات الوراثية غير المرغوب بها، بعمل الاستشارات الوراثية قبل الإقدام على الزواج في المستقبل، خشية ظهور هذه الصفات الوراثية غير المرغوب بها في نسلهم. فالوقاية خير من العلاج، وتجنّب إنجاب أطفال غير طبيعيين خير من الإحساس بالذنب من إنجاب أطفال لا ذنب لهم في ما يعانونه من مشاكل قد لا يصلح معها العلاج.

اكّد على الطلّاب ضرورة زيارة أحد المراكز الطبّية لعمل الاستشارة الوراثية عندما يقبلون على الزواج في المستقبل، بخاصّة إذا كانت إحدى الصفات غير المرغوب بها منتشرة في عائلة أحد الطلّاب أو في عائلة من يريد الارتباط به، وذلك لتجنّب ظهور مثل هذه الصفات غير المرغوب بها عند أولادهم.

يمكنك إرشاد الطلّاب إلى إمكانية قيامهم بالكشف المبكر على الأطفال المولودين حديثًا في عائلاتهم لتحديد ما إذا كانوا مصابين بمرض الفينيل كيتونيوريا عن طريق خلط كمّية صغيرة من محلول كلوريد الحديديك (يمكن الحصول عليه من إحدى الصيدليات) بعيّنة من بول الطفل الرضيع. فإذا تحوّل لون البول إلى الأخضر الزيتوني، كان الرضيع مصابًا بهذا المرض، فينصح والديه بالتوجّه إلى أحد مراكز الاستشارات الوراثية أو المستشفيات لعلاج هذا الطفل.

إجابة السؤال: (الفرد II – 4 مصاب بمرض الفينيل كيتونيوريا)

1.1 دراسة سجلّ النسب الوراثي لصفة وراثية متنحّية
Pedigree Study for a Recessive Trait

يُعَدّ المَهَاق (الألبينو) Albinism الموضّح في الشكل (90) صفة وراثية متنحّية (خلل وراثي) في الإنسان، يتسبّب في ظهورها أليل متنحٍّ يُسبّب نقصًا في صبغ الميلانين أو غيابه في الجلد والشعر والعينين والرموش. ويُرمَز لهذا الأليل المتنحّي بالحرف (a) والأليل السائد بالحرف (A)، ولا تظهر هذه الصفة إلّا في حالة اجتماع الأليلين المتنحّيين (aa). أمّا الأفراد ذوو التراكيب الجينية (AA) أو (Aa)، فأفراد سليمون ولا تظهر هذه الصفة عليهم، حتّى لو كان الفرد ذو التركيب الجيني (Aa) يُعتبَر حاملًا لهذه الصفة. ويُوضِّح الشكل (91) سجلّ النسب الخاصّ بتوارث هذه الصفة في إحدى العائلات.

(شكل 91)
سجلّ النسب لصفة وراثية متنحّية (المهاق) في الإنسان

2.1 دراسة سجلّ النسب الوراثي لصفة وراثية سائدة
Pedigree Study for a Dominant Trait

يُوضِّح الشكل (92) سجلّ توارث الخلل الوراثي المعروف باسم استجماتيزم العين. ينتج هذا الخلل عن أليل سائد يتسبّب في عدم تساوي تقوّس قرنيّة العين، ما يُؤدّي إلى ظهور الأشياء أكثر وضوحًا عند مستوى معيّن منه عند مستوى آخر.

(شكل 92)
سجلّ النسب لصفة وراثية سائدة (استجماتيزم العين) في الإنسان

(شكل 90)
المَهاق (عدَمُ الشمس) صفة متنحّية تظهر في جميع السلالات البشرية.

فقرة إثرائية

علم الأحياء في حياتنا اليومية

الشمع في أذنيك!

هل تعلم أنّ قوانين الوراثة تُحدّد نوع الشمع الذي يتساقط من أذنيك على فترات؟ يوجد نوعان من شمع الأذن، أحدهما لزج أو رطب (W) والآخر جافّ (w). ما النوع الذي لديك؟ وهل هي صفة سائدة أم متنحّية؟

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة الملاحظة:** ملاحظة انتشار بعض الصفات الوراثية الظاهرة على بعض زملاء الدراسة أو في عائلة الطالب.
- **مهارة التوقّع:** من خلال ما قد يتوقّع به الطلّاب عن توارث بعض الصفات في أمثلة من بعض العائلات.
- **مهارة الاتّصال:** إجراء مقابلة مع بعض المتخصّصين في الاستشارات الوراثية، وقراءة الجداول والإحصائيات والرسوم البيانية التي تمثّل انتشار بعض الصفات بين الأفراد.
- **مهارة التحليل:** تحليل سجلّات النسب التي قد تعرضها على الطلّاب لتعرف نمط توارث بعض الصفات.
- **مهارة التطبيق:** تطبيق ما لدى الطلّاب من معلومات وحقائق في عمل سجلّ النسب لتوارث بعض الصفات.

2.2 زواج الأقارب وزواج الأبعاد

تصويب بعض المفاهيم الخاطئة

قد يكون بعض الطلّاب من عائلات تحرص بشدّة على تزويج أبنائها (أبناء العمومة أو الأخوال) من بعضهم البعض حرصًا على بقاء الثروة داخل العائلة، أو لأيّ أغراض أخرى شبيهة. ومن هذا المنطلق، وضّح أنّ الكثير من الأمراض والاختلالات الوراثية تظهر بكثرة بين الأزواج من ذوي القربى، لأنّ الزواج بين الأقارب يتيح الفرصة بدرجة كبيرة لظهور تأثير الجينات الضارّة. أمّا الزواج بين الأباعد فتنتج عنه أفراد هجينة لا تحمل هذه الاختلالات أو الأمراض الوراثية. وبذلك، يجب تجنّب زواج الأقارب حرصًا على عدم إنجاب أطفال مصابين بالأمراض الوراثية صعبة العلاج.

شجّع الطلّاب على ممارسة التفكير الناقد بتحديد مدى دقّة هذه العبارة: «لو لم يتزوّج الأفراد الحاملون لإحدى الصفات غير المرغوبة بأشخاص حاملين لهذه الصفة، لكانت تلك الصفة اختفت تمامًا من البشر». **(لن تظهر الصفة على أيّ مولود جديد، ولكن بعض الأفراد سيكونون حاملين لهذه الصفة.)**

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "استخدام سجلّ النسب" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 38 و39.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على استخدام سجلّ النسب لتحديد التراكيب الجينية لأفراد إحدى العائلات بالنسبة لصفة الصمم.

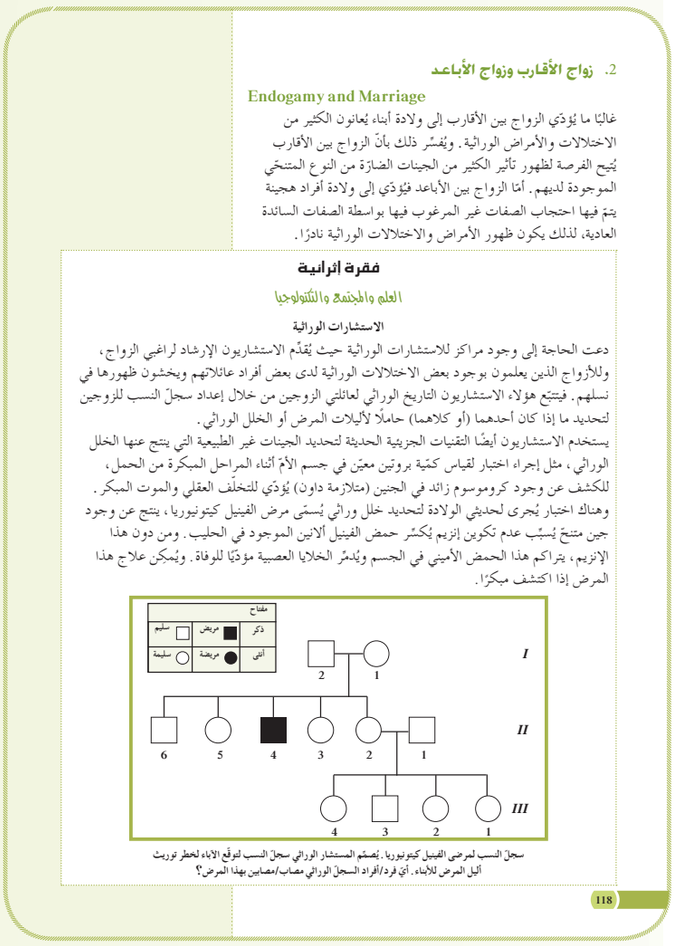
3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- لماذا لا تظهر صفة ما لدى الآباء أو الأجداد، لكنّها تظهر لدى الأبناء؟ **(يمكن أن تكون الصفة المتنحّية محمولة لعدّة أجيال، وبالتالي لا تظهر حتّى يولد طفل من تزاوج شخصين حاملين لهذه الصفة.)**
- لماذا يرث بعض المواليد بعض الاختلالات السائدة والمميتة، ولا يرثها بعضهم الآخر؟ **(بعض الاختلالات تسبّب الموت في مرحلة الطفولة، وبعض الاختلالات الأخرى لا تظهر إلّا في مرحلة النضج أو البلوغ.)**

استعِن بلوحة مرسومة توضِّح توارث بعض الصفات لدى الإنسان، ثمّ سجِّل الصفات والتركيب الظاهري والتركيب الجيني المحتمل لكلّ منها.



2. زواج الأقارب وزواج الأباعد

Endogamy and Marriage

غالبًا ما يُؤدّي الزواج بين الأقارب إلى ولادة أبناء يُعانون الكثير من الاختلالات والأمراض الوراثية. ويُفسّر ذلك بأنّ الزواج بين الأقارب يُتيح الفرصة لظهور تأثير الكثير من الجينات الضارّة من النوع المتنحّي الموجودة لديهم. أمّا الزواج بين الأباعد فيُؤدّي إلى ولادة أفراد هجينة يتمّ فيها احتجاب الصفات غير المرغوب فيها بواسطة الصفات السائدة العادية، لذلك يكون ظهور الأمراض والاختلالات الوراثية نادرًا.

فقرة إثرائية

العلم والمجتمع والتكنولوجيا

الاستشارات الوراثية

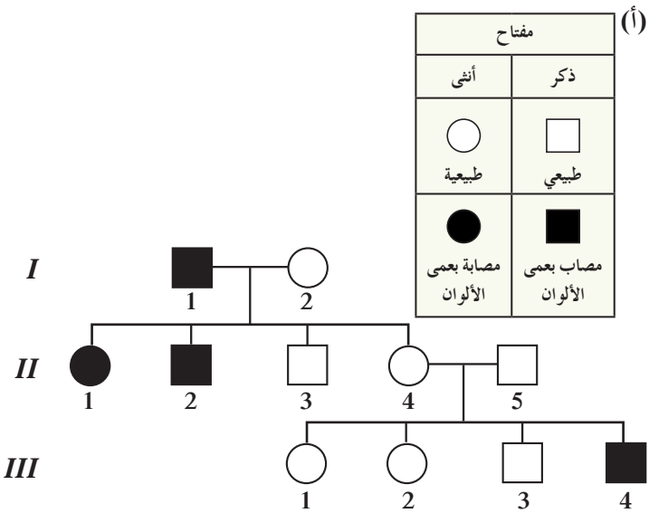
دعت الحاجة إلى وجود مراكز للاستشارات الوراثية حيث يُقدَّم الاستشاريون الإرشاد لراغبي الزواج، وللأزواج الذين يعلمون بوجود بعض الاختلالات الوراثية لدى بعض أفراد عائلاتهم ويخشون ظهورها في نسلهم. فيتتبّع هؤلاء الاستشاريون التاريخ الوراثي لعائلتي الزوجين من خلال إعداد سجلّ النسب للزوجين لتحديد ما إذا كان أحدهما (أو كلاهما) حاملًا لأليلات المرض أو الخلل الوراثي.

يستخدم الاستشاريون أيضًا التقنيات الجزيئية الحديثة لتحديد الجينات غير الطبيعية التي ينتج عنها الخلل الوراثي، مثل إجراء اختبار لقياس كمّية بروتين معيّن في جسم الأمّ أثناء المراحل المبكرة من الحمل، للكشف عن وجود كروموسوم زائد في الجنين (متلازمة داون) يُؤدّي للتخلّف العقلي والموت المبكر. وهناك اختبار يُجرى لحديثي الولادة لتحديد خلل وراثي يُسمّى مرض الفينيل كيتونوريا، ينتج عن وجود جين متنحٍ يُسبّب عدم تكوين إنزيم يُكسّر حمض الفينيل آلانين الموجود في الحليب. ومن دون هذا الإنزيم، يتراكم هذا الحمض الأميني في الجسم ويُدمّر الخلايا العصبية مؤدّيًا للوفاة. ويُمكن علاج هذا المرض إذا اكتشف مبكرًا.

سجلّ النسب لمرضى الفينيل كيتونوريا. يُصمّم المستشار الوراثي سجلّ النسب لتوقّع الآباء لخطر توريث أليل المرض للأبناء. أيّ فرد/أفراد السجلّ الوراثي مصاب/مصابين بهذا المرض؟

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–3

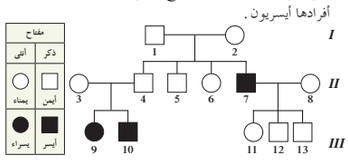
1. يوضّح سجلّ النسب الوراثي تاريخ توارث بعض الصفات في إحدى العائلات.
2. دائمًا ما تظهر صفات الأليّلات السائدة عند وجود أحدها على الأقلّ في التركيب الجيني. أمّا الأليّلات المتنحّية، فلا تظهر صفاتها إلّا في حالة اجتماع الأليّلين معًا في التركيب الجيني.
3. يمكن للآباء التعاون والعمل مع المستشار الوراثي الذي يصمّم سجلّ النسب، لتتبّع توارث صفة معيّنة في تاريخ العائلة. فعلى سبيل المثال، يمكن للمستشار تتبّع وراثة مرض الفينيل كيتونيوريا من خلال سجلّات النسب.
4. لا بدّ أن توضّح الأشكال التخطيطية التزاوجات التالية:
جيل الآباء: $Aa \times Aa \rightarrow AA, Aa, aa$
5. **(أ)** التركيب الجيني للوالدين (1 و2) هو $R\ell$، لأنّ عندهما ولد أيسر (7) وتركيبه الجيني $\ell\ell$، فيحصل هذا الولد على أليّل ℓ من أبيه وأليّل ℓ من والدته. لذلك، يجب أن يكون الوالدان متباينَي اللاقحة ($R\ell$).
(ب) الوالد رقم (7) هو $\ell\ell$ لأنّه أيسر.
الوالدة رقم (8) هي RR لأنّ جميع أولادها يكتبون باليد اليمنى. الأولاد 11، 12 و13 هم جميعًا $R\ell$. كلّ منهم يحصل على أليّل ℓ من الوالد وأليّل R من الوالدة.
(جـ) هناك إمكانية بأن تنجب هذه المرأة (11) ولدًا أيسرًا إذا تزوّجت رجلًا هجينًا $R\ell$ أو أيسرًا $\ell\ell$.
6. **(أ)**



(ب) X^nY
(جـ) X^NX^n. إن الفرد (II–2) ذكر ومصاب بعمى الألوان فيأخذ X^n من أمّه و Y من أبيه. إذًا الوالدة B هي حاملة للأليّل n.
(د) $X^NY = D$ ؛ $X^NX^n = C$
(هـ) كي تنجب إبنة مصابة بعمى الألوان يجب أن تحصل من والدتها على X^n ومن أبيها على X^n ولكن والدها طبيعي وغير مصابًا بعمى الألوان وهو غير حامل لهذا الأليّل (n).

مراجعة الدرس 1–3

1. ما الذي يُوضّحه سجلّ النسب الوراثي؟
2. صِفْ تأثير الأليلات المتنحّية والسائدة في الإنسان؟
3. **سؤال للتفكير الناقد:** ما الخطوات التي يُمكن أن يتّبعها الآباء لتحديد ما إذا كانت جينات معيّنة ستُورَث لأبنائهم؟ أذكر مثالًا واحدًا.
4. **أضِف إلى معلوماتك:** إفترض أنّ أبوين يحملان خللًا وراثيًّا متنحّيًّا. أرسم مخطّطًا يُوضّح جميع التزاوجات الممكنة لأمشاجهم بعد الانقسام الميوزي.
5. إنّ صفة أيمن أو أيسر تقع على الكروموسوم الجسمي. الجينة المسؤولة عن هذه الصفة لها أليلان: أليل الصفة أيمن (R) سائدة على أليل الصفة أيسر (ℓ). يُوضّح سجلّ النسب أدناه عائلة بعض أفرادها أيسريون.



(أ) حدّد التركيب الجيني للزوجين 1 و2. علّل إجابتك.
(ب) حدّد التراكيب الجينية للزوجين 7 و8 ولأولادهم 11، 12 و13. علّل إجابتك لكلّ تركيب جيني.
(جـ) هل يُمكن للمرأة 11 أن تُنجب طفلًا أيسر؟ علّل إجابتك.
6. تزوّج رجل (A) مصاب بعمى الألوان بامرأة (B) ترى الألوان بشكل طبيعي أنجبا أربعة أولاد: صبيّ وبنت مصابين بعمى الألوان، وصبيّ وبنت (C) رؤيتهما طبيعية. تزوّجت الإبنة (C) برجل (D) طبيعي وأنجبا أربعة أولاد: بنتين وصبيين طبيعيين وصبيًّا مصابًا بعمى الألوان. الجين المسؤول عن عمى الألوان هو جين متنحٍ ويقع على الكروموسوم الجنسي X.
(أ) أرسم سجل النسب لهذه العائلة محددًا باللون الأسود الأفراد المصابين بعمى الألوان.
(ب) حدّد التركيب الجيني للزوج A.
(جـ) حدّد التركيب الجيني للزوجة B وعلّل الإجابة.
(د) حدّد التركيب الجيني للإبنة C وزوجها D.
(هـ) لمَ لم ينجب الزوجان C وD إبنة مصابة بعمى الألوان.
ملاحظة استعمل الرموز التالية (N) لرؤية الألوان و(n) لعمى الألوان.

الدرس 1-4 ارتباط الجينات (الارتباط والعبور)

الأهداف:

- يحدِّد العلاقة بين الجينات والصفات الوراثية والكروموسومات وحمض النووي DNA.
- يتعرَّف مفهوم الارتباط كنمط وراثي.
- يفسِّر ما ينتج عن العبور من ارتباطات جينية جديدة.

الأدوات المستعملة: شفافيات أو صور تظهر عملية العبور بين الكروماتيدات.

صفحات الطالب: من ص 120 إلى ص 125

صفحات الأنشطة: من ص 40 إلى ص 41

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تعرّف الطلّاب على صورة افتتاحية الدرس في الشكل (93)، وقراءة التعليق المصاحب له. اذكر لهم أنّ بعض الصفات الوراثية لدى كائنات حية معيّنة تورَث من الآباء إلى الأبناء، وهي مرتبطة بصفات وراثية أخرى. اسأل:

- ما الصفات الوراثية في نوع الأسماك الموضَّح في الصورة والتي تورَث مرتبطة بعضها ببعض؟ **(الطول ومحيط الجسم وحجم فتحة الفم)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول ارتباط الجينات، وجِّه إليهم الأسئلة التالية:

- ما علاقة الجينات بالكروموسومات؟ **(توجد الجينات محمولة على الكروموسومات.)**
- ما دواعي استخدام مربّعات بانت؟ **(للتوقّع بالأنماط الوراثية في الكائنات المختلفة.)**

نشاط توضيحي

ارسم شكلًا بيضاويًّا مستطيلًا على السبّورة لتمثّل شكل كروموسوم. وباستخدام لونين أو ثلاثة من الطباشير، ارسم مجموعة من الأشرطة متنوِّعة الألوان على طول الشكل السابق للكروموسوم لتمثّل الجينات. وضِّح للطلّاب أنّ الجينات عبارة عن قطع من الحمض النووي DNA الذي يتكوَّن منه الكروموسوم، وهي تمثّل المواضع التي تحتلّها وحدات المعلومات الوراثية في الكروموسوم. وكلّ جين له رمز خاصّ به هو عبارة عن ترتيب معيَّن للقواعد النيتروجينية الداخلة في تركيبه. وهذا الترتيب في القواعد النيتروجينية هو المسؤول عن الصفة التي يظهرها الجين. وضِّح للطلّاب أنّهم سيتعلّمون في هذا الدرس كيفية ارتباط الجينات بعضها ببعض، لتفسير توارث مجموعة من الصفات مرتبط بعضها بالبعض الآخر.

الدرس 1-4 ارتباط الجينات (الارتباط والعبور)
Linked Genes (Linkage and Crossing Over)

الأهداف العامة
- يُحدّد العلاقة بين الجينات والصفات الوراثية والكروموسومات وحمض النووي DNA.
- يتعرّف مفهوم الارتباط كنمط وراثي.
- يُفسّر ما ينتج عن العبور من ارتباطات جينية جديدة.

(شكل 93)

تُعتبر طريقة التربية والتهجين أحد الأساليب العلمية التي يتبعها العلماء لكشف الظواهر الوراثية وتفسيرها من أجل تحسين الإنتاج. فقام العلماء بتربية وتهجين سلالة نوع من الأسماك القصيرة والنحيلة وصغيرة الفم مع سلالة أخرى من النوع نفسه، إنّما طويلة وممتلئة ومتّسعة الفم. وعلى عكس ما هو متوقّع، جاءت الأسماك إمّا قصيرة ونحيلة وصغيرة الفم، أو طويلة وممتلئة ومتّسعة الفم. فقرّر العلماء أنّ هذه الصفات تورَث مرتبطة بعضها ببعض (شكل 93).

1. الارتباط Linkage

كيف يكون للكائنات المئات من الصفات الوراثية، على الرغم من عدم وجود مئات الكروموسومات في خلاياها؟ للإجابة عن هذا السؤال، إفترض العلماء أنّه لا بدّ من أن يحمل الكروموسوم الواحد العديد من الجينات المختلفة التي تُظهر مختلَف الصفات. وتوجَد علاقة بين كلّ من الحمض النووي DNA والجينات والكروموسومات. فالـ DNA يتركّب من لولب مزدوج من شريطين، يتكوّن كلّ واحد منهما من وحدات تعرف بالنيوكليوتيدات.

120

2. علِّم وطبّق

1.2 الارتباط

ذكّر الطلّاب بقانون مندل الثاني الذي ينصّ على أنّ كلّ زوج من العوامل الوراثية المتضادّة يورَث مستقلًّا عن الأزواج الأخرى.
اشرح لهم أنّ نتائج تجربة باتسون وبانت للجيل الثاني لتوارث صفة اللون في الأزهار، وصفة شكل حبوب اللقاح، قد جاءت مختلفة عن النسب التي توقّعها العالمان. فجاء معظم النباتات مشابهًا تمامًا لأحد الأبوين، وبعضها الآخر مشابهًا للأب الآخر. وقد ظهرت في القليل منها ارتباطات جديدة للصفات، وهذا مخالف لما كان متوقَّعًا بحسب قانون مندل.
فسّر أنّ مورجان وجد أنّ كلّ خليّة من ذبابة الفاكهة تحتوي على أكثر من 500 عامل وراثي (جين). وبما أنّ كلّ خلية من ذبابة الفاكهة تحتوي على أربعة أزواج فقط من الكروموسومات، فكان لا بدّ من افتراض وجود عدد كبير من الجينات على كلّ كروموسوم من هذه الكروموسومات. بمعنى آخر، كلّ الصفات الوراثية الموجودة عواملها على الكروموسومات نفسها تورث معًا كمجموعة واحدة، أي أنّ كلًّا منها يورَث مرتبطًا بالصفات الأخرى. واذكر أنّ مندل كان محظوظًا جدًّا لأنّ الصفات السبع المختلفة التي درسها في نبات البازلّاء، كان جين كلّ منها يقع على كروموسوم منفصل. تأكّد من دراسة الطلّاب الشكل (95) الذي يوضّح تجربة باتسون وبانت. اسأل:

- هل عملية التهجين الموضَّحة في الشكل تُعتبَر مثالًا للتهجين الأحادي أم الثنائي؟ **(تهجينًا ثنائيًّا حيث تمّ اختيار توارث صفتين في الوقت نفسه.)**
- لماذا جاءت جميع نباتات الجيل الأوّل ذات أزهار أرجوانية وحبوب لقاح طويلة؟ **(لأنّها ورثت أليّلات سائدة بالنسبة لصفتي لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح.)**
- وضِّح كيف أنّ النتائج التي حصل عليها باتسون وبانت في نباتات الجيل الثاني جاءت مختلفة عن النتائج المتوقَّعة؟ **(لم تظهر التراكيب الظاهرية الأربعة بالنسبة المتوقَّعة 1:3:3:9، وبدلًا من ذلك ظهرت التراكيب الظاهرية لدى النباتات مرتبطة بصفات جديدة غير متوقَّعة.)**
- هل جاءت النتائج التي حصل عليها العالمان من هذه التجربة متّفقة مع قانون مندل للتوزيع المستقلّ؟ **(لا، فبعض الأليّلات لم تتوزّع مستقلّة كما هو مذكور في قانون مندل، بل حدث بينها ارتباط، فبقيت معًا أثناء الانقسام الميوزي.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 94 صفحة 121 في كتاب الطالب

(تحتوي الكروموسومات على حمض DNA.)

إجابة سؤال الشكل 95 صفحة 122 في كتاب الطالب

(افترض العالمان أنّ الصفتين قد تتبعان قوانين مندل.)

والجين عبارة عن تتابع معيّن لمجموعة من هذه النيوكليوتيدات في أحد شريطي الـ DNA. ويلتفّ الـ DNA حول نفسه ويتكدّس في شكل مكثّف للغاية مكوّنًا الكروموسوم (شكل 94).

(شكل 94)
تركيب الكروموسوم
ما العلاقة بين الكروموسومات والـ DNA؟

تعلّمت أيضًا أنّ الكروموسومات توجد في أزواج متشابهة في الخلايا، وبالتالي تتوزّع الجينات الموجودة على الكروموسومات المزدوجة توزيعًا مستقلًّا على الأمشاج، لذلك تظهر صفات الناتج بالنسب التي فسّرها مندل. لكن ماذا يحدث للجينات إذا كانت موجودة على كروموسوم واحد؟ هل تسلك السلوك نفسه إذا كانت الجينات نفسها موجودة على أكثر من كروموسوم واحد؟
أنت تعرف أنّ العالم ساتون وضع النظرية الكروموسومية في الوراثة، والتي تنصّ على أنّه يتمّ انتقال الصفات من جيل إلى آخر بواسطة الجينات الموجودة على الكروموسومات. وقد ساعدت هذه النظرية عالمي الوراثة باتسون وبانت في الخروج من مأزق كانا قد وقعا فيه أثناء إجراء إحدى التجارب على نباتات البازلّاء السكرية (شكل 95). يسود في هذه النباتات أليل اللون البنفسجي للأزهار (P) على أليل اللون الأحمر (p)، ويسود أيضًا أليل شكل حبوب اللقاح الطويل (L) على أليل شكلها المستدير (l).
قام العالمان بالتلقيح الخلطي لنباتات جيل الآباء النقية pp LL x PP ll. وجاءت نتائج الجيل الأوّل، كما كان متوقّعًا، هجينة لصفتي اللون البنفسجي للأزهار والشكل الطويل لحبوب اللقاح (Pp Ll).

إجابة سؤال الشكل 96 صفحة 123 في كتاب الطالب

(بطن الأنثى أكبر حجمًا وأفتح لونًا مقارنة بالذكر بالإضافة إلى أنه مدبّب الطرف في حين يبد طرف بطن الذكر مستدير الشكل.)

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "ارتباطات الجينات" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 40 و41.
يساعد هذا النشاط الطلّاب على تحديد ما إذا كانت الجينات مرتبطة أم غير مرتبطة خلال إجراء التحليل الوراثي.

2.2 العبور

اعرض ظاهرة العبور لتبسيط مفهومها والتأكّد من استيعاب الطلّاب، من خلال ترتيب مجموعة من الصفات كما يلي:

- في حال كانت هذه الصفات (الجينات) واقعة على كروموسوم واحد، تتلازم هذه الصفات معًا.
- في حال كانت هذه الصفات سائدة لدى الأب مثلًا، تظهر هذه الصفات لدى جميع أولاده، ويكون الشبه بين الأبناء والأب كبيرًا في هذه الصفات مجتمعة.
- لوحظ أنّه بالرغم من هذا التلازم، بعض هذه الصفات (الجينات) تنتقل من الكروموسوم الذي يحملها إلى الكروموسوم المماثل لها، وبالتالي يحدث تغيّر لمجموعة الصفات المتلازمة. وبذلك، يمكن اعتبار ظاهرة العبور هذه إحدى وسائل التنوّع والتغيّر للنمط الوراثي.

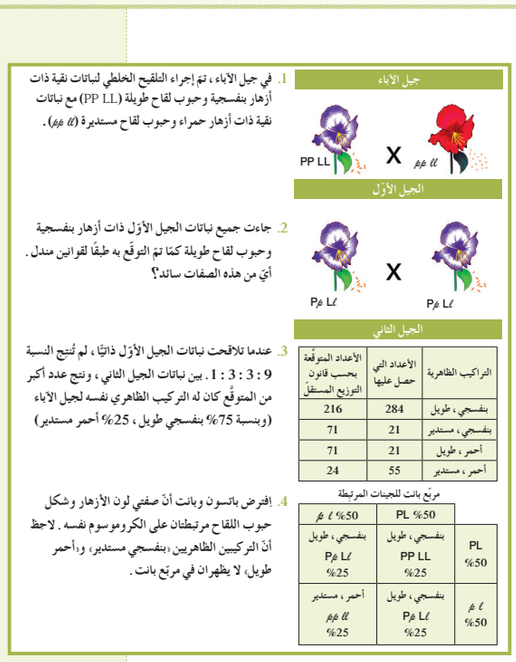
اذكر للطلّاب أنّ بعض العائلات تنتشر فيها الصفات المتلازمة المميَّزة، مثل شكل الأنف وشكل الشفاه والذقن. وتظهر هذه الصفات بين أولاد هذه العائلة (أحدهم أو عدد منهم)، وقد تختفي عن بعضهم أو كلّهم واحدة أو أكثر من هذه الصفات المتلازمة نتيجة حدوث عملية العبور بين أزواج الكروموسومات المتماثلة.

ادع الطلّاب إلى ممارسة التفكير الناقد لتقييم مدى فهمهم لنتائج عملية العبور. اسأل:

- كيف تساعد ظاهرة العبور في بقاء أنواع الكائنات على قيد الحياة؟ **(يزيد التنوّع الناتج من فرصة تكيّف بعض أفراد النوع مع الظروف والتغيّرات البيئية.)**

ذكِّر الطلّاب بخطوات الانقسام الاختزالي لكي يفهموا كيفية حدوث ظاهرة العبور.

دع الطلّاب يدرسون الشكل (98)، والفت نظرهم إلى حدوث تبادل القطع المتجاورة من الكروماتيدات الداخلية لكلّ كروموسومين متماثلين متلاصقين (الرباعي)، وكذلك ما تحمله كلّ قطعة من الجينات أثناء الطور التمهيدي الأوّل من الانقسام الميوزي.



التراكيب الظاهرية	الأعداد التي حصل عليها	الأعداد المتوقّعة بحسب قانون التوزيع المستقلّ
بنفسجي، طويل	284	216
بنفسجي، مستدير	21	71
أحمر، طويل	21	71
أحمر، مستدير	55	24

مربّع بانت للجينات المرتبطة

	PL 50%	pl 50%
PL 50%	بنفسجي، طويل PP LL 25%	بنفسجي، طويل Pp Ll 25%
pl 50%	بنفسجي، طويل Pp Ll 25%	أحمر، مستدير pp ll 25%

ترك العالمان نباتات الجيل الأوّل تتلاقح ذاتيًا مع توقّع أن يحدث توزيع لصفتي لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح بشكل مستقلّ كلّ عن الآخر، بحسب قانون مندل للتوزيع المستقلّ الذي ينصّ على وجود أربعة تراكيب ظاهرية ممكنة كنتيجة للتهجين الثنائي بنسبة 9 : 3 : 3 : 1. لكنّ النتائج التي حصلا عليها جاءت مختلفة عن النسبة المتوقّعة. فالتركيبان الظاهريان لجيل الآباء (الأزهار البنفسجية مع حبوب اللقاح الطويلة، والأزهار الحمراء مع حبوب اللقاح المستديرة) ظهرا أكثر من المتوقّع. بتعبير آخر، كانت معظم نباتات الجيل الثاني بعضها يُشبه تمامًا أحد الأبوين وبعضها يُشبه الأب الآخر، وقد ظهرت في القليل منها ارتباطات جديدة للصفات. هل تعني هذه النتائج أنّ قانون مندل غير صحيح؟

(شكل 95)
تجربة بانتسون وبانت
درس العالمان وراثة صفتين في نبات البازلّاء: لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح. ما الفرض الذي افترضاه؟

علم الأحياء في حياتنا اليومية

«الإنسان أصله إنسان!»

اعمل على تصحيح الاعتقاد الخاطئ القديم لدى بعض الطلّاب الذي يفترض وجود نوع من صلة القرابة بين الإنسان والشمبانزي. فقد اكتُشفت الخصائص البشرية من خلال إنجاز مشروع الجينوم البشري، واتّضح اختلافها عن جينوم الشمبانزي (أرقى سلالات القرود)، ما يدلّ على أنّ الله قد خلق الإنسان على صورة إنسان في الأصل، وإن اعتراه شيء من التطوّر للتكيّف مع البيئات التي عاش فيها حتّى أصبح إنسان اليوم.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارة التالية:

- **مهارة الملاحظة:** من خلال دعوة الطلّاب لملاحظة بعض الصفات التي تورَث مرتبطة لدى بعض الأفراد سواء في عائلاتهم أو عائلات أقاربهم.

3. قيّم وتوسّع

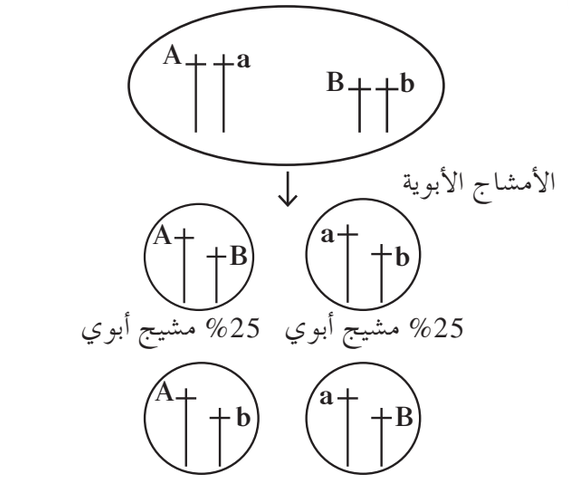
1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، اطلب منهم الإجابة عن الأسئلة التالية:

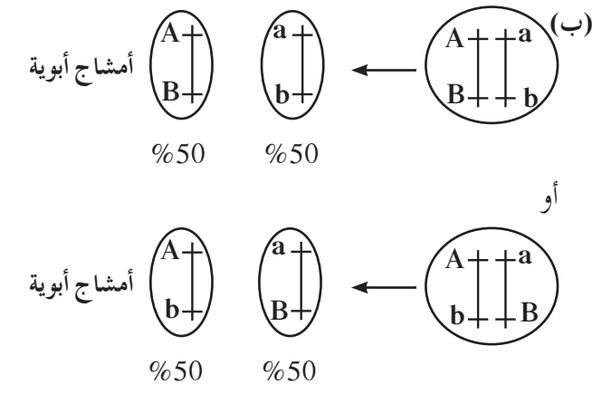
- كيف تفسّر ظاهرة ارتباط الجينات لتوارث بعض الصفات مع بعضها كوحدة؟ **(الجينات الواقعة بالقرب من بعضها على الكروموسوم نفسه تميل إلى أن تنعزل مرتبطة بعضها مع بعض في الأمشاج نفسها.)**
- كيف تفسّر ظاهرة ظهور صفات جديدة في الأبناء لم تكن ظاهرة في الآباء؟ **(حدوث عملية العبور بالكروموسومات المتماثلة)**

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–4

1. تتركّب الجينات من حمض الـ DNA، وهي موجودة في مواضع محدّدة على الكروموسومات.
2. وضّح العالمان أنّ مواضع الجينات قد تتغيّر بطريقة ما على الكروموسوم نفسه.
3. تتوزّع جينات الصفات مستقلّة طالما لم تكن واقعة على الكروموسوم نفسه.
4. (أ)



(ب)



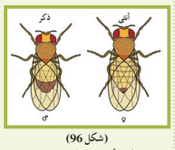
واشتبه العالمان في أنّ هناك اتّصال أو ارتباط بين جينات الصفتين، وأنّهما قد بقيا معًا أثناء الانقسام الميوزي. ولكنّهما لم يكن لديهما فكرة عن سبب هذا الارتباط بين الصفات.

وفي العام 1910، أجرى عالم الوراثة الأمريكي مورجان تجربة مشابهة لتجربة باتسون وبانت استخدم فيها حشرة ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا) بدلًا من نباتات البازلّاء السكّرية. وقد اتّخذ مورجان من الدروسوفيلا مثالًا على دراسة توارث الصفات، وذلك لسهولة شروط تربيتها وسرعة تكاثرها، فهي تستطيع وضع 100 ذبابة خلال 15 يومًا. كما أنّه يسهل التمييز بين الذكر والأنثى من خلال شكل الجسم (شكل 96). وليس لتلك الذبابة سوى 4 أزواج من الكروموسومات الكبيرة التي يُمكن رؤيتها بسهولة في المجهر العادي كما هو موضّح في الشكل (97). وتوصّل مورجان إلى أنّ صفتي لون الجسم وشكل الأجنحة لا تتوزّع مستقلّة بعضها عن بعض، وافترض لتفسير هذه النتائج أنّ «جينات هاتين الصفتين تقع على الكروموسوم نفسه». وأصبح افتراضه أحد فروض النظرية الكروموسومية في الوراثة، **إن وراثة الصفات مرتبطة بعضها ببعض وتقع على الكروموسوم نفسه تسمّى الارتباط Linkage. وتُعرف حاليًا الجينات الموجودة على الكروموسوم نفسه بالجينات المرتبطة Linked Genes.**

كان مندل محظوظًا لأنّ الصفات التي درسها في نبات البازلّاء كانت تتوزّع توزيعًا مستقلًّا، حيث كان جين كلّ صفة محمولًا على كروموسوم مستقلّ. ولو صادفه ارتباط بين تلك الجينات لاختلفت النسب التي حصل عليها ولتعذّر عليه تفسيرها. وأوضحت تجارب باتسون وبانت ومورجان أنّ الصفات يُمكن أن تورّث مع بعضها كمجموعة واحدة نتيجة وجود الجينات المرتبطة.

وبالتالي أصبحت النظرية الكروموسومية في الوراثة تفترض ما يلي: «تحمل الكروموسومات العديد من الجينات. وكلّما كانت الجينات الخاصّة بصفتين مختلفتين قريبة بعضها من بعض، فإنها تنتقل مع بعضها إلى المشيج نفسه. ونتيجة ذلك، تميل الجينات المرتبطة إلى أن تورث مع بعضها كصفة واحدة، وهذا ما يُسمّى بالارتباط التامّ Absolute Linkage.

لكن هل يُمكن تفسير نتائج تجربة باتسون وبانت باستخدام مفهوم الارتباط التامّ؟ إذا كانت جينات لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح مرتبطة، فإنّ الجيل الأوّل يجب أن يُنتج نوعين فقط من الأمشاج (PL و pl) بدلًا من أربعة بحسب قانون التوزيع المستقلّ لمندل (PL ، Pl ، pL ، pl)، وبالتالي تكون لنباتات الجيل الثاني التركيب الظاهري نفسه لجيل الآباء فقط.



(شكل 96)
ذكر وأنثى ذبابة الدروسوفيلا
كيف تميّز بينهما؟

(شكل 97)
الكروموسومات الجسمانية في خلايا ذبابة الدروسوفيلا

5. **(أ)** بما أن جينات هذين الخللين محمولة على الكروموسوم X وبما أن الذكور تمتلك كروموسوم جنسي X واحد فذلك يسهل في عملية تحديد التراكيب الجينية للذكور من خلال تراكيبهم الظاهرية.

التراكيب الجينية للذكور

1: X_D^hY ؛ 3: X_D^HY ؛ 6: X_d^HY ؛ 11: X_D^HY ؛ 14: X_d^hY

التركيب الجيني للوالدة 2

يرث الابن 6 من والدته (الفرد رقم 2) X_d^H بما أنه مصاب بعمى الألوان وغير مصاب بالهيموفيليا، لذلك فالوالدة 2 لديها X_d^H. وورث أيضًا الابن 3 من والدته 2 X_D^H بما أنه طبيعي لكلا الخللين. إذا فالوالدة لديها أيضًا X_D^H. وبالتالي فالتركيب الجيني للوالدة 2 هو $X_D^HX_d^H$.

التركيب الجيني للمرأة 10

والدة المرأة 10 هي المرأة 2 وتركيبها الجيني هو $X_D^HX_d^H$
والد المرأة 10 هو الرجل 1 وتركيبه الجيني X_D^hY
لذلك فالمرأة 10 عندها تركيبين جينيين ممكنين:
$X_D^HX_D^h$ أو $X_d^HX_D^h$
بما أن ابنها 14 هو مريض بالهيموفيليا وعنده عمى الألوان لذا يجب أن يكون لدى والدته 10 الأليلين h و d. إذًا تركيبها الجيني الحقيقي هو: $X_D^hX_d^H$

(ب) لا يمكن تفسير انتقال الخللين الوراثيين للولد 14 إلا من خلال عملية العبور التي تحدث عند والدته 10 أثناء الانقسام الميوزي الأوّل.

لكن لاحظ العالمان أنّ بعضًا من نباتات الجيل الثاني له تراكيب ظاهرية لم تكن موجودة لدى الآباء: أزهار بنفسجية ذات حبوب لقاح مستديرة وأزهار حمراء ذات حبوب لقاح طويلة (شكل 95). وبسبب وجود الارتباط بين الجينات، لا يُمكن تفسير مثل هذه الارتباطات بين الصفات وفقًا لقانون التوزيع المستقلّ. وقد افترض العالم مورجان ضرورة وجود سبب آخر للتراكيب الظاهرية الجديدة وهو ما يُسمّى بالإرتباط الجزئي Partial Linkage ويتبعه عملية العبور.

2. العبور Crossing over

إستنتج مورجان من تجربته على ذباب الفاكهة أنّ جينات صفتي لون الجسم وشكل الجناح تُورّث مرتبطة ولا تتوزّع مستقلّة، وذلك لحصوله على بعض الحشرات ذات ارتباط في هاتين الصفتين ومختلِفة عن التراكيب الظاهرية للآباء. ولم يستطع تفسير هذه الارتباطات بواسطة قانون التوزيع المستقلّ لمندل.

وقد افترض مورجان لتفسير ذلك أنّ هذا الارتباط الجديد للصفات كان نتيجة التغيّر في موضع الأليلات، وأنّ هذا التغيّر يحدث أثناء الانقسام الميوزي، كما في الشكل (98).

وقد سبق أن تعلّمْتَ انتظام الكروموسومات المتماثلة في أزواج أثناء الطور التمهيدي الأوّل من الانقسام الميوزي. يظهر كلّ زوج منها مكوّنًا من أربع كروماتيدات في ما يُعرف «بالرباعي»، ويعقب ذلك عملية تُعرف **بالعبور Crossing Over حيث يحدث ارتباط الأليلات الموجودة على الكروماتيدات الداخلية المتجاورة للرباعي، يعقبه كسر هذه الكروماتيدات وانفصالها بعد تبادل المادّة الوراثية (الأليلات) بينها في مواقع محددة تسمى بمواقع الكيازما (مواقع العبور).**

ففي تجربة باتسون وبانت، حدث العبور أثناء الانقسام الميوزي في نباتات الجيل الأوّل، وبالتالي حدث ارتباط جديد لأليلات لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح، فنتجت أمشاج Pل وLم بالإضافة إلى أمشاج PL وp. لذلك، ظهرت نباتات تحمل صفات لم تكن موجودة لدى الآباء، وهي أزهار بنفسجية ذات حبوب لقاح مستديرة وأزهار حمراء ذات حبوب لقاح طويلة.

فقرة إثرائية

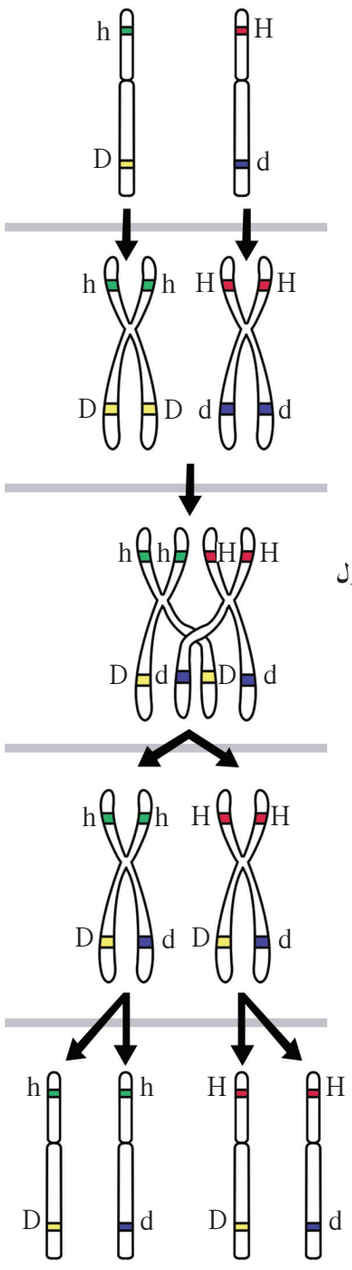
علم الأحياء في حياتنا اليومية

الإنسان أصله إنسان!

إنكشفت الخصائص البشرية بالإنتهاء من مشروع الجينوم البشري (خريطة جينات الإنسان وخصائصها). وثبت أنّ ما جعلنا بشرًا ومن أصل بشري هو اختلاف قدره 1% بين جينوم البشر وجينوم الشمبانزي (أرقى سلالات القرود).

(شكل 98)
تبادل القطع المتجاورة من الكروماتيدات الداخلية للرباعي بعضها مع بعض، أي تحدث عملية عبور.

توضيح العملية كروموسوميًا



التركيب الجيني للمرأة 10

تضاعف الكروموسومات أثناء الطور البيني الذي يسبق الانقسام الميوزي الأوّل

العبور أثناء الطور التمهيدي الأوّل

انتهاء الانقسام الميوزي الأوّل

انتهاء الانقسام الميوزي الثاني

المشيج X_d^h هو المسؤول عن الهيموفيليا وعمى الألوان عند الصبي 14 . $[X_d^hY]$

مراجعة الدرس 1-4

1. ما العلاقة بين الحمض النووي DNA والجينات والكروموسومات؟
2. **سؤال للتفكير الناقد:** كيف دعمت تجربة باتسون وبانت، على نباتات البازلّاء السكّرية، النظرية الكروموسومية في الوراثة؟
3. **أضف إلى معلوماتك:** أعِد صياغة قانون التوزيع المستقلّ مضمّنًا إيّاه معلوماتك عن الجينات المرتبطة.
4. لنفترِض وجود هجين من الجيل الأوّل (F_1)، تركيبه الجيني AaBb، ولنأخُذ بالاعتبار أنّ الجينات تقع على كروموسومات جسمية. قُمْ بتمثيل التركيب الجيني والأمشاج على الكروموسومات المتماثلة، وحدّد النسب المئوية للأمشاج من كلّ من الحالات التالية:
   (أ) الجينات غير مرتبطة.
   (ب) الجينات مرتبطة ارتباطًا تامًّا.

الأهداف:
- يفسّر دور الوراثة في تحديد الجنس.
- يميّز بين الكروموسومات الذاتية والكروموسومات الجنسية.
- يتعرّف بعض الصفات الوراثية المرتبطة والمحدّدة والمتأثّرة بالجنس ويقارن بينها.

الأدوات المستعملة: صور أو شفافيات لصفات معيّنة عند الإنسان تظهر ارتباطها بالكروموسومات الجنسية.

صفحات الطالب: من ص 126 إلى ص 135

صفحات الأنشطة: من ص 42 إلى ص 43

عدد الحصص: 2

1. قدِّم وحفِّز

1.1 استخدام صورة افتتاحية الدرس

تأكّد من تعرّف الطلّاب على صورة افتتاحية الدرس في الشكل (99)، وقراءة التعليق المصاحب له. وضّح أنّ هذه الصورة تُعتبر إحدى أدوات الاختبار الخاصّة بالكشف عن إحدى الصفات المرتبطة بالجنس والمعروفة بعمى الألوان. فالشخص المصاب بهذا الخلل الوراثي يرى النقاط الحمراء والخضراء في هذه الصورة كنقاط بنّية اللون. اسأل:

- لو كان هذا الخلل الوراثي أكثر انتشارًا بين الرجال منه بين النساء، فكيف يمكنك استنتاج نمط توارثه؟ **(لا بدّ أن تكون له علاقة بنوع الجنس عند توارثه.)**

2.1 اختبار المعلومات السابقة لدى الطلّاب

لتقييم المعلومات السابقة لدى الطلّاب حول ارتباط الوراثة والجنس، وجّه إليهم الأسئلة التالية:

- كيف تفسّر ظاهرة العبور؟ **(العبور هو عملية تبادل أجزاء من الكروماتيدات بين كروموسومات متماثلة.)**
- كيف تؤثّر عملية العبور على معدّل التطور؟ **(تؤدّي عملية العبور إلى الحصول على كمّية هائلة من التغيّرات الجينية، ما يزيد من معدّل التطوّر.)**
- كيف كانت استنتاجات مندل لتختلف لو قام بدراسة صفتين محدّدتين في جينات تقع على مسافة قريبة جدًّا من الكروموسوم نفسه؟ **(لن يكون بوسع الأليّلات أن تتوزّع مستقلّة، وعوضًا عن ذلك، ستكون الصفات مرتبطة أثناء تكوين الأمشاج.)**
- ما هي العلاقة بين التركيب الجيني لصفة معينة والتركيب الظاهري للصفة نفسها؟ **(التركيب الجيني هو مجموعة الأليّلات لدى الشخص لصفة ما والتي تحدّد التركيب الظاهري أو ظهور الصفة.)**

الدرس 1-5
الوراثة والجنس
Heredity and Sex

الأهداف العامة
- يُفسّر دور الوراثة في تحديد الجنس.
- يُميّز بين الكروموسومات الذاتية والكروموسومات الجنسية.
- يتعرّف بعض الصفات الوراثية المرتبطة والمحدّدة والمتأثّرة بالجنس ويُقارن بينها.

(شكل 99)

إذا استطعتَ التمييز بين النقاط الملوّنة في الشكل (99)، قد تتمكّن من قراءة رقم. الأشخاص الذين لا يرون هذا الرقم قد يكونون مصابين بعمى اللونين الأحمر والأخضر. هذه الصفة الوراثية الشائعة وصفات أخرى غيرها، ستتعرّفها خلال هذا الدرس، ذات نمط وراثي فريد وخاصّ.

1. كروموسومات الانسان Human Chromosomes

تحتوي الخلايا الجسمية للإنسان على 23 زوجًا من الكروموسومات (46 كروموسومًا)، منها 22 زوجًا (44) تُسمّى الكروموسومات الذاتية أو الجسمية، وزوج واحد يُسمّى الكروموسومان الجنسيان.

الكروموسومات الذاتية (الجسمية) Autosomes تظهر في أزواج ذات الشكل نفسه ولكنها تختلف عن الأزواج الأخرى في الخلية الجسمية.

والكروموسومات الجنسيان Sex Chromosomes هما اللذان يُحدّدان ما إذا كان الأفراد ذكورًا أو إناثًا، وهما مختلفان ويُرمَز إليهما بالحرفين X و Y. ويُعتبَر الكروموسوم Y في الثدييات، ومنها الإنسان، المحدّد الأساسي للجنس. فإذا كان الكروموسوم Y موجودًا كان الفرد ذكرًا (XY)، وإذا كان غائبًا كان الفرد أنثى (XX). ولأنّ خلايا الإناث تحتوي على كروموسومين جنسيين (XX)، فجميع البيض الناتج عن الانقسام الميوزي يحتوي على كروموسوم واحد من النوع X (22 + X).

126

2. علِّم وطبّق

1.2 كروموسومات الإنسان

تأكّد من تعرّف الطلّاب على المفاهيم التالية:

- يُعتبر الكروموسوم الجنسي Y المحدّد الأساسي للجنس في الثدييات، ومنها الإنسان.
- يوجد نوع واحد من البويضات، ونوعان من الحيوانات المنوية، بالتالي فإنّ تحديد نوع جنس الأبناء يرجع إلى الوالد الذكر.

تصويب مفهوم خاطئ

قد يظن بعض الطلّاب أنّ تسمية الكروموسومين الجنسيين X و Y ترجع إلى شكليهما، وهذا خطأ. فيُسمّى الكروموسوم X أحيانًا باسمه للدلالة الرمزية فقط، وقد سُمِّي الكروموسوم Y بهذا الاسم لأنّ الحرف Y يأتي في الترتيب الهجائي بعد الحرف X.

دع الطلّاب يدرسون الشكل 100، ثمّ اسأل:

- إذا كان هناك ألّيل على الكروموسوم الجنسي X للرجل، فأيّ أولاده «الذكور والإناث» سيرث هذا الألّيل؟ **(الإناث)** لماذا لا يورث هذا الألّيل لأيّ من أبنائه الذكور؟ **(لأنّ الأبناء الذكور لا يرثون إلّا الكروموسوم الجنسي Y من أبيهم.)**

تصويب مفهوم خاطئ

قد يعتقد البعض أنّ الأمّ (أو الزوجة) هي المسؤولة عن إنجاب البنات أو الذكور. اشر إلى أنّ نتائج التحليل الوراثي بهذا الشكل توضّح أنّ الرجل أو الزوج هو المسؤول عن ذلك لأنّ كروموسوميه الجنسيين مختلفان.

إجابة سؤال الشكل 100 صفحة 127 في كتاب الطالب

(%50)

2.2 الصفات المرتبطة بالجنس

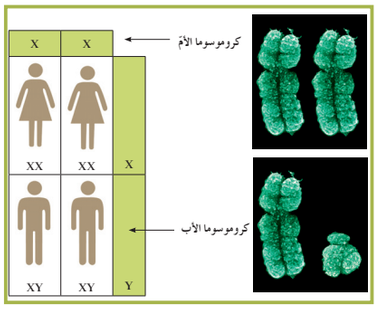
يرجع توارث الصفات المرتبطة بالجنس إلى وقوع الجينات المسؤولة عن إظهار هذه الصفات على أحد الكروموسومين الجنسيين.

يحتاج الذكور إلى جين واحد متنحّ أو سائد موجود على كروموسوم X الذي يرثه من والدته حتّى تظهر الصفة. أمّا الإناث، فتحتاج إلى ألّيلين متنحّين موجودين على كروموسومي X (XX) حتى تظهر الصفة.

لا تظهر الصفات المرتبطة بالجنس بالدرجة نفسها على الأفراد، وهذا يرجع إلى تداخل فعل عدد من الجينات المختلفة التي يقع معظمها على مواقع مختلفة من الكروموسوم الجنسي.

تناول دراسة توارث مرضى عمى الألوان والهيموفيليا في الإنسان نظرًا لشيوعهما. أمّا توارث لون العيون في ذبابة الفاكهة، فاتركه للطالب كنشاط خاصّ به، تطلب ضمنه من الطلّاب استخدام مربّع بانت لتوضيح النتائج التي توقّعها مورجان من حساباته.

أمّا في الذكور (XY)، فنصف الحيوانات المنوية الناتجة عن الانقسام الميوزي يحتوي على الكروموسوم الجنسي Y (22 + Y)، ونصفها الآخر يحتوي على الكروموسوم الجنسي X (22 + X). أي مشيجي ذكر الإنسان يُحدّد نوع الجنس في الأبناء؟ (الشكل 100).



(شكل 100)
يُحدّد الكروموسومان X و Y الجنس في الإنسان.
ما النسبة المئوية في أن تكون المواليد إناثًا؟

2. الصفات المرتبِطة بالجنس Sex-linked Traits

الكروموسومان X و Y غير متماثلين. **تُعرف الجينات المحمولة على الكروموسومين X و Y بالجينات المرتبطة بالجنس Sex-linked Genes، ويُطلق على الصفات التي تتحكّم فيها الجينات المرتبطة بالجنس اسم الصفات المرتبِطة بالجنس Sex-linked Traits.**

1.2 تجارب مورجان Morgan's Experiments

يُعتبَر العالم مورجان أوّل من درس الجينات المرتبِطة بالجنس في العام 1910، حين كان يجري أبحاثه على توارث صفة لون العينين في حشرة ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا). فقد لاحظ وجود ذبابة ذكر ذات عينين بيضاوين بدلًا من العينين الحمراوين العاديتين لدى هذا الذباب.

فقام بتهجين ذبابة أنثى حمراء العينين مع ذكر أبيض العينين، فجاء جميع أفراد الجيل الأوّل حمر العينين، ما يعني سيادة صفة لون العينين الحمراوين على صفة لون العينين البيضاوين. ثمّ هجّن مورجان ذكور الجيل الأوّل مع إنثاه متوقّعًا بحصوله على نسبة 3 : 1 للعينين الحمراوين إلى العينين البيضاوين في أفراد الجيل الثاني. وكما توقّع مورجان، تحقّقت هذه النسبة، ولكن كانت مفاجأة له أن جاء جميع أفراد الذباب بيض العينين ذكورًا (شكل 101).

(شكل 101)
دهش مورجان لدى اكتشافه أنّ جميع أفراد الذباب بيض العينين ذكور. لماذا توقّع مورجان نسبة 3 : 1 للعينين الحمراوين إلى العينين البيضاوين في الجيل الثاني؟

وافترض مورجان لتفسير ظهور الذكور بيض العينين في الجيل الثاني أنّ ألّيل لون العين الأبيض متنحٍّ (r) وألّيل لون العين الأحمر هو سائد (R)، وأنّ جين لون العيون محمول على الكروموسوم الجنسي X، في حين لا يحمل الكروموسوم Y أي جين للون العين، ويُعَدّ هذا كافيًا لتُصبح الذكور بيض العينين. أمّا في الإناث (XX)، فإنّ ألّيل اللون الأحمر السائد الموجود على أحد كروموسومي X يحجب تأثير الألّيل المتنحّي المحمول على الكروموسوم الجنسي X الآخر. وبذلك تكون عيون الإناث حمراء، ولا تظهر عيون الإناث بيضاء إلّا إذا كان كلا الكروموسومين X حاملين لجين اللون الأبيض (المتنحّي).

واختبر مورجان صحّة فرضه بتهجين ذكور بيض العينين مع إناث هجينة حمراء العينين (من الجيل الأوّل)، فجاء نصف الإناث بيضاء العينين.

وبإثبات صحّة هذا الفرض، يُصبح مورجان أوّل من أثبت وجود الجينات على الكروموسومات، وبالتالي تمّ التأكّد من صحّة النظرية الكروموسومية في الوراثة.

2.2 الصفات المرتبِطة بالجنس في الإنسان Sex Linked Traits In Humans

إكتُشِف الكثير من الجينات المرتبِطة بالجنس خلال السنوات التالية لتجارب مورجان، نذكر منها ما يلي:

(أ) مرض عمى الألوان Color Blindness

مرض عمى الألوان هو صفة مرتبِطة بالجنس في الإنسان، حيث لا يُمكِن التمييز بين الألوان، بخاصّة اللونين الأحمر والأخضر. ويتسبّب في هذا المرض الألّيل المتنحّي المرتبِط بالكروموسوم الجنسي X ويُرمَز له بالحرف X^c، أمّا ألّيل الرؤية الطبيعية للألوان فيُرمَز له بالحرف X^C وهو السائد. وبذلك يكون التركيب الجيني للذكر المصاب بعمى الألوان X^cY، والتركيب الجيني للأنثى المصابة بهذا المرض X^cX^c (متشابهة اللاقحة). أمّا المرأة التي تحمل التركيب الجيني X^CX^c (متباينة اللاقحة) فهي طبيعية وإن كانت حاملة لجين مرض عمى الألوان. ما التركيب الجيني لأمّ الولد المصاب بعمى الألوان؟

(ب) الهيموفيليا (نزف الدم) Hemophilia

الهيموفيليا هو خلل وراثي مرتبِط بالكروموسوم الجنسي X، حيث لا يتجلّط الدم كالمعتاد ويستمرّ نزف الدم حتّى في الجروح البسيطة. ويتسبّب هذا الجين المتنحّي بعدم تكوّن المادّة الكيميائية المسؤولة عن التجلّط الطبيعي للدم.

ولأنّ الذكور (XY) يستقبلون كروموسوم X من أمّهاتهم، فإنّهم يرثون عمى الألوان والهيموفيليا وغيرهما من الصفات المرتبِطة بالكروموسوم الجنسي X من أمّهاتهم.

اطلب إلى الطلّاب إيجاد الاحتمالات المتوقّعة في الحالات التالية بالنسبة لمرضى عمى الألوان أو الهيموفيليا:

1. تزاوج رجل مصاب وأنثى سليمة.
2. تزاوج رجل سليم وأنثى حاملة للمرض.
3. تزاوج رجل مصاب وأنثى حاملة للمرض.
4. تزاوج رجل سليم وأنثى مصابة بالمرض.

دعهم يصفون الشكل (101) لتبيان أنّ دهشة مورجان ترجع إلى أنّ جميع ذكور الذباب أبيض العينين وليس الإناث، ما يدلّ على أنّ الألّيل المسؤول عن لون العين الأبيض محمول على الكروموسوم الجنسي X.

وضّح أيضًا أنّ سبب ظهور عدد أقلّ من الذباب أبيض العينين عن الذي توقّعه مورجان عُرف لاحقًا، حيث وضّحت التجارب (بعد مورجان) أنّ الذباب أبيض العينين يموت قبل الفقس من البيض بنسبة أكبر من الذباب أحمر العينين.

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 101 صفحة 127 في كتاب الطالب

(لأنّ ألّيل لون العين الأحمر سائد وألّيل لون العين الأبيض متنحّ)

3.2 الصفات المحدّدة بالجنس والصفات المتأثّرة بالجنس

وضّح للطلّاب أنّ هذه الصفات هي صفات جيناتها محمولة على كروموسومات جسمية (غير جنسية)، لكنّ عملها يتأثّر بوجود هرمونات جنسية مذكّرة أو مؤنثة.

لا تظهر الصفات المحدّدة بالجنس إلّا في جنس واحد، في حين تظهر الصفات المتأثّرة بالجنس في الجنسين، لكن بدرجات متفاوتة.

دع الطلّاب يميّزون الشكلين (102) و(103) ثمّ اسألهم:

- لماذا لون ريش ذكر هذه الطيور أكثر زهوًا وتنوّعًا عن الإناث؟ **(بسبب وجود الهرمونات الجنسية المذكّرة.)**
- لماذا ألّيل صفة الصلع في الرجال سائد؟ **(بسبب وجود الهرمونات الجنسية المذكّرة.)**

توظيف الأشكال

إجابة سؤال الشكل 102 صفحة 129 في كتاب الطالب

(الألوان الزاهية لدى الذكور)

إجابة سؤال الشكل 103 صفحة 129 في كتاب الطالب

(ألّيل سائد)

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "تتبّع توارث صفة متأثّرة بالجنس" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 42 و43.

يساعد هذا النشاط الطلّاب على تفسير وراثة إحدى الصفات المتأثّرة بالجنس (مثل الصلع) في عائلاتهم.

اكتساب المهارات

احرص على استخدام الطلّاب المهارات التالية:

- **مهارة الملاحظة:** تتحقّق هذه بملاحظة الطالب لانتشار بعض الصفات، سواء المرتبطة أو المتأثّرة بالجنس، بين أفراد عائلته.
- **مهارة التنبّؤ:** يجب أن تشجّع الطلّاب على التنبّؤ بتوارث بعض الصفات بين أفراد عائلتهم.
- **مهارة التحليل:** من خلال قيام الطالب بعمل سجلّ نسب لإحدى الصفات المرتبطة أو المتأثّرة بالجنس في عائلته، بحيث يمكنه تحليل التراكيب المظهرية والجينية (إن أمكن) لأفراد عائلته بالنسبة لتوارث هذه الصفة.
- **مهارة المقارنة:** اطلب إلى الطلّاب إعداد جدول تتمّ من خلاله المقارنة بين الصفات المرتبطة والمحدّدة والمتأثّرة بالجنس، مع ذكر أمثلة لكلّ حالة وراثية منها.
- **مهارة التعبير الكتابي:** اطلب إلى الطلّاب كتابة فقرة مُستخلَصة من جدول المقارنة بالمهارة السابقة توضّح دور الجنس والكروموسومات الجنسية في ظهور كلّ نوع من الصفات الوراثية.

أمّا الإناث (XX) اللواتي تظهر عليهن الصفات المرتبطة بالكروموسوم الجنسي X، فيرثنها من كلي الوالدين حيث يستقبلن كروموسوم X من كلّ والد.

وتبيّن أنّ مرضى عمى الألوان والهيموفيليا لا يظهران بالدرجة أو الشدة نفسها عند جميع الأفراد المصابين، ما يدلّ على تداخل عدد من الجينات المختلفة، يقع معظمها على مواقع مختلفة من الكروموسوم الجنسي X.

3. الصفات المحدَّدة بالجنس والصفات المتأثِّرة بالجنس
Sex-Limited Traits and Sex Influenced Traits

1.3 الصفات المحدَّدة بالجنس Sex-limited Traits

الصفات المحدَّدة بالجنس هي الصفات التي لا تظهر إلّا بوجود الهرمونات الجنسية وفي أحد الجنسين أو الاخر فحسب. ومثل معظم الصفات الجسمية، تتحكّم بهذه الصفات جينات تقع على الكروموسومات الذاتية (الجسمية) وليس على الكروموسومات الجنسية. وعلى الرغم من أنّ جينات هذه الصفات موجودة في كلّ من الذكور والإناث، إلّا أنّها لا تظهر إلّا في جنس واحد منهما فقط.

ولكي تظهر الصفة المحدَّدة بالجنس، لا بدّ من وجود الهرمون الجنسي المناسب في الجسم. ولأنّ الهرمونات الجنسية لا تُنتَج بكمّيات كبيرة إلّا عندما يبلغ الفرد، فإنّ معظم هذه الصفات لا تظهر في الأطفال.

وتُفسّر الصفات المحدَّدة بالجنس الكثير من الاختلافات بين الجنسين. فعلى سبيل المثال، غالبًا ما تكون ألوان ذكور الطيور كثيرة وأكثر زهوًا من ألوان الإناث (شكل 102). لكن ما فائدة ذلك؟ ومن أمثلة هذه الصفات في الإنسان ظهور اللحية ونموّها في الذكور وإنتاج الحليب في الإناث.

2.3 الصفات المتأثِّرة بالجنس Sex-influenced Traits

الصفات المتأثّرة بالجنس هي الصفات التي توجد جيناتها على الكروموسومات الذاتية وتتأثّر بالهرمونات الجنسية، وهي تظهر في الجنسين ولكن بدرجات متفاوتة. فمثلاً آليلات صفة الصلع (B) في الإنسان متأثّرة بالجنس، فآليل الصلع يكون سائدًا في حالة وجود الهرمونات الجنسية الذكرية (شكل 103)، ويكون متنحّ في حالة وجود الهرمونات الجنسية الأنثوية. لذلك لا يسقط شعر الأنثى تمامًا ولكن تقلّ كثافته إذا كان لديها جينان لصفة الصلع (BB). يوضّح الجدول (2) التراكيب الجينية والظاهرية لصفة الصلع بحسب الجنس.

(شكل 102)
لاحظ أنّ الصورة اليسرى للذكر، أمّا الصورة اليمنى فللأنثى. ما الصفات المحدّدة بالجنس التي يُمكنك اكتشافها في هذين الطائرين؟

(شكل 103)
الصفات المتأثّرة بالجنس، مثل صفة الصلع، تظهر بدرجات متفاوتة في الجنسين. هل ألّيل صفة الصلع سائد أم متنحّ في الشخص في الصورة؟

الجنس	التركيب الجيني	التركيب الظاهري
ذكر	BB	أصلع
	Bb	أصلع
	bb	عادي الشعر
أنثى	BB	خفيفة الشعر
	Bb	عادية الشعر
	bb	عادية الشعر

(جدول 2)
التراكيب الجينية والظاهرية لصفة الصلع بحسب الجنس

اطلب إلى الطلّاب تنفيذ نشاط "هل لديك صفة مرتبطة بالجنس (عمى الألوان)؟" والإجابة عن الأسئلة الموجودة في كتاب الأنشطة صفحة 47.
يساعد هذا النشاط الطلّاب على اكتشاف ما إذا كانت لديهم صفة مرتبطة بالجنس.

3. قيِّم وتوسَّع

1.3 ملفّ تقييم الأداء

لتقييم أداء الطلّاب، دعهم يجرون إحدى أو جميع الخطوات التالية:
اكتب قائمة المصطلحات التالية على السبّورة: الكروموسومات؛ الكروموسومات الجنسية؛ الكروموسومات الجسمية؛ الصفات المرتبطة بالجنس؛ الصفات المحدّدة بالجنس؛ الصفات المتأثّرة بالجنس؛ نوع الجنس.
اطلب إلى الطلّاب استخدام هذه المجموعة من المصطلحات في وضع خريطة مفاهيم توضّح العلاقة بينها.

إجابات أسئلة مراجعة الدرس 1–5

1. الكروموسومات الجنسية تحدّد نوع جنس الكائن، أمّا الكروموسومات الجسمية فلا تحدّده.
2. توجد جينات الصفات المرتبطة بالجنس على الكروموسوم الجنسي (X) أو (Y)، أمّا جينات الصفات المحدّدة والمتأثّرة بالجنس فتوجد على الكروموسومات الجسمية، وتحتاج إلى وجود الهرمونات الجنسية حتّى يتمّ التعبير الجيني عنها، فتظهر هذه الصفات، أو لتحديد ما إذا كان الجين المسؤول عن تلك الصفة سائدًا أو متنحيًّا.
3. ألّيل لون العين الأبيض متنحّ (r)

♂ / ♀	X^r	Y
X^r	X^rX^r	X^rY
X^r	X^rX^r	X^rY

إن نصف الجيل الناتج إناثًا بيض العيون، ونصفه الآخر ذكورًا بيض العيون.

4. لا يحدث تعبير للجينات المتنحّية في وجود الجينات السائدة إلّا في حالة عدم وجود كروموسومات متماثلة.
5. التركيب الجيني لذكر طبيعي X^HY
التركيب الجيني لذكر مصاب X^hY
التركيب الجيني لأنثى طبيعية X^HX^H
التركيب الجيني لأنثى حاملة للمرض X^HX^h
التركيب الجيني لأنثى مريضة X^hX^h

ملاحظة: تموت هذه الأنثى قبل أن تولد.

مثال (1)

تزوّج رجل مصاب بعمى الألوان بامرأة سليمة ولكن حاملة لهذا الخلل الوراثي وهو مرض يسبّبه ألّيل متنحٍ مرتبط بالكروموسوم الجنسي X.
(أ) حدّد التراكيب الجينية للأمّ والأبّ.
(ب) حدّد النسب المئوية لتراكيب أولادهما الظاهرية والجينية المحتملة.

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: **اذكر المعلوم وغير المعلوم.**

المعلوم:
(أ) تركيب الأبّ الظاهري (مصاب بعمى الألوان)
(ب) تركيب الأمّ الظاهري (سليمة حاملة للخلل الوراثي)
(ج) ألّيل المرض متنحٍّ ومرتبط بالكروموسوم الجنسي X

غير المعلوم:
(أ) التركيب الجيني للأبّ وللأمّ
(ب) النسب المئوية لتراكيب أولادهم الظاهرية والجينية المحتملة.

2. حلّ غير المعلوم:
(أ) التركيب الجيني للأبّ: الأبّ مصاب بعمى الألوان أي يحمل ألّيل المرض وبالتالي يكون تركيبه الجيني: X^cY
التركيب الجيني للأمّ: الأم ذات تركيب ظاهري سليم ولكنّها حاملة للخلل الوراثي أي تحمل في آن معًا الألّيل السليم X^C وألّيل المرض X^c وبالتالي تركيبها الجيني X^CX^c
(ب) لحساب النسب المئوية للتراكيب الظاهرية والجينية المحتملة للأولاد يُستَخدم مربّع بانت الذي يوضّح النتائج المتوقّعة.

التركيب الجيني للوالدين: الأبّ X^cY × الأمّ X^CX^c
الأمشاج: X^c و Y — X^C و X^c
%50 %50 %50 %50

♂ / ♀	X^c %50	Y %50
X^C %50	X^CX^c	X^CY
X^c %50	X^cX^c	X^cY

النسب المئوية للتراكيب الظاهرية والجينية:
25% أنثى سليمة ولكن حاملة للخلل الوراثي X^CX^c
25% أنثى مصابة بعمى الألوان X^cX^c
25% رجل سليم X^CY
25% رجل مصاب بعمى الألوان X^cY

3. قيّم: **هل النتيجة لها معنى؟**
تمكّنّا من إستنتاج النسب المئوية لتراكيب الأولاد الظاهرية والجينية المحتملة اعتمادًا على ارتباط مرض عمى الألوان بالكروموسوم الجنسي X وعلى كونه ناتج من ألّيل متنحٍّ.

130

6. **(أ)** الألّيل المسؤول عن هذا الخلل هو متنحي، لأن الزوجين II–5 وII–6 هما طبيعيان ولديهم ولد III–11 مصاب بعمى الألوان. هذا يشير إلى أن الألّيل المسؤول عن الخلل هو متنح والألّيل الطبيعي هو سائد.
تمثيل الألّيلات بالرموز: (N) الألّيل الطبيعي و (n) الألّيل المسؤول عن عمى الألوان.
(ب) III–1: X^nY لأنّه مصاب بعمى الألوان
- الفرد II–2: X^NX^n أنثى طبيعية حاملة للمرض لأن لها تركيب ظاهري طبيعي ولكن لديها ابن III–3 مصاب بعمى الألوان.
- الفرد III–1: X^NY لأنه طبيعي.
- الفرد III–2: X^NX^n أنثى طبيعية حاملة للمرض لأنها تستقبل X^N من والدتها (II–2) و X^n من والدها المريض.

(ج) لنعرف احتمال أن يكون لديها طفل مصاب بعمى الألوان نجري التحليل الجيني التالي:

التركيب الجيني للآباء: ♀ X^NX^n × ♂ X^NY
أمشاج الآباء: X^N $\frac{1}{2}$ — X^n $\frac{1}{2}$ — Y $\frac{1}{2}$ — X^N $\frac{1}{2}$

مربع بانت

♀ \ ♂	X^n $\frac{1}{2}$	Y $\frac{1}{2}$
X^N $\frac{1}{2}$	X^NX^n $\frac{1}{4}$	X^NY $\frac{1}{4}$
X^n $\frac{1}{2}$	X^nX^n $\frac{1}{4}$	X^nY $\frac{1}{4}$

تحليل الجدول:

X^nX^n $\frac{1}{4}$ أنثى مريضة تموت قبل الولادة

X^NX^n $\frac{1}{4}$ أنثى طبيعية حاملة للمرض

X^NY $\frac{1}{4}$ ذكر طبيعي

X^nY $\frac{1}{4}$ ذكر مصاب بالمرض

9. **(أ)** يتأثّر تعبير الألّيل المسؤول عن الصلع والموجود على كروموسوم ذاتي بمستوى الهرمون الجنسي الذكري (تستوستيرون) عند الذكور البالغين. وبما أن نسبة التستوستيرون تتفاوت بين الجنسين فهي تؤدّي إلى تفاوت في التعبير عن الألّيل لدى الجنسين. فعند الذكور تتوافر نسبة عالية من التستوستيرون وبذلك يكون ألّيل الصلع سائدًا بينما عند الإناث تكون نسبة التستوستيرون متدنية لذلك فألّيل الصلع عندهم يكون متنحيًا.

(ب) ربما يؤدّي هرمون التستوستيرون إلى وقف تعبير الجين المسؤول عن إنتاج أنزيم ضروري لنمو الشعر.

(جـ) تستقبل الإبنة ألّيل (b) من والدها إذ أن تركيبه الجيني (bb) لأنّه طبيعي غير مصاب بالصلع. التركيب الجيني للوالدة هو (Bb) إذ أن لديها ابن أصيب بالصلع وقد ورث ألّيل (B) منها. فبذلك يمكن أن تستقبل (ترث) الإبنة أما الألّيل (b) أو الألّيل (B) من والدتها. فيكون تركيبها الجيني إما (bb) أو (Bb) وبما أن ألّيل (b) هو سائد عند الإناث فمن غير الممكن أن تصاب الإبنة بالصلع بكلا التركيبين الجينين.

مثال (2)

تزوّج رجل أصلع بامرأة خفيفة الشعر.

(أ) حدّد التراكيب الجينية للأمّ والأبّ.

(ب) حدّد النسب المئوية لتراكيب أولادهما (الأبناء) الظاهرية المحتملة.

طريقة التفكير في الحلّ

1. حلّل: **اذكر المعلوم وغير المعلوم.**

المعلوم:

(أ) تركيب الأمّ الظاهري (خفيفة الشعر)

(ب) تركيب الأبّ الظاهري (أصلع)

غير المعلوم:

(أ) التركيب الجيني للأبّ وللأمّ

(ب) النسب المئوية لتراكيب أولادهم الظاهرية المحتملة.

2. حلّ غير المعلوم:

(أ) هناك ألّيلان للجين المسؤول عن الصلع (B) و(b). وألّيل الصلع (B) سائد عند الرجال ومنتجً عند النساء والألّيل (b) السليم سائد عند النساء ومنتجً عند الرجال أي أن التركيب الجيني للأمّ لا يمكن أن يكون سوى (BB) لظهور تلك الصفة في حين أنّ التركيب الجيني للأبّ قد يكون متشابه اللاقحة أي (BB) أو متباين التركيب (Bb)

(ب) إذا كان التركيب الجيني للأبّ متشابه اللاقحة:

♀ \ ♂	B	B
B	BB	BB
B	BB	BB

تحليل الجدول:

100% ذكور صلع 100% إناث خفيفات الشعر

أمّا إذا كان التركيب الجيني للأب متباين اللاقحة:

♀ \ ♂	B	b
B	BB	Bb
B	BB	Bb

تحليل الجدول:

لدى الإناث: 50% مصابات بالصلع (خفيفات الشعر) (BB) 50% سليمات (عاديات الشعر) (Bb)

لدى الذكور: 100% مصابون بالصلع (Bb) أو (BB)

3. قيّم: **هل النتيجة لها معنى؟**

تمكّنا من تعرّف التراكيب الظاهرية للأولاد (الأبناء) اعتمادًا على مبدأ سيادة ألّيل الصلع (B) عند الرجال وتنحّيه عند النساء.

131

مراجعة الدرس 1-5

1. ما الفرق بين الكروموسومات الجسمية (الذاتية) والكروموسومات الجنسية؟
2. ما الفرق بين الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المحدّدة بالجنس والصفات المتأثّرة بالجنس؟
3. **سؤال للتفكير الناقد:** ما النتائج التي تتوقّعها من تهجين ذباب فاكهة إناث عيونها بيضاء اللون مع ذكور عيونها بيضاء؟ إستخدِم مربّع بانت.
4. **أضف إلى معلوماتك:** كيف يُمكّنك تنقيح قانون السيادة لمندل ليتوافق مع الصفات المرتبطة بالجنس؟
5. أُكتب التراكيب الجينية لكلّ من الأفراد التالية:

ذكر طبيعي غير مصاب بالهيموفيليا.

ذكر مصاب بالهيموفيليا.

أنثى طبيعية غير مصابة بالهيموفيليا.

أنثى طبيعية حاملة للمرض.

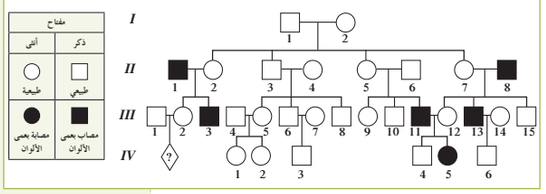
أنثى مصابة بمرض الهيموفيليا.

6. عمى الألوان هو خلل في رؤية الألوان يعود إلى جين متموضع على الكروموسوم الجنسي X. يمثّل سجل النسب أدناه، عائلة بعض أفرادها مصابون بعمى الألوان.

(أ) هل الجين المسؤول عن عمى الألوان سائد أم متنحٍّ؟ علّل إجابتك.

(ب) حدّد التراكيب الجينية للأفراد III–2، III–1، II–2، II–1. علّل كلّ إجابة.

(جـ) تنتظر المرأة III–2 مولودًا ولكنّها قلقة حيال إصابته بعمى الألوان. هل هناك احتمال لإصابة هذا الطفل بعمى الألوان؟ أوضح ذلك مستعينًا بمربع بانت.



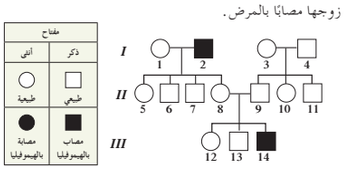
132

مراجعة الوحدة الثانية

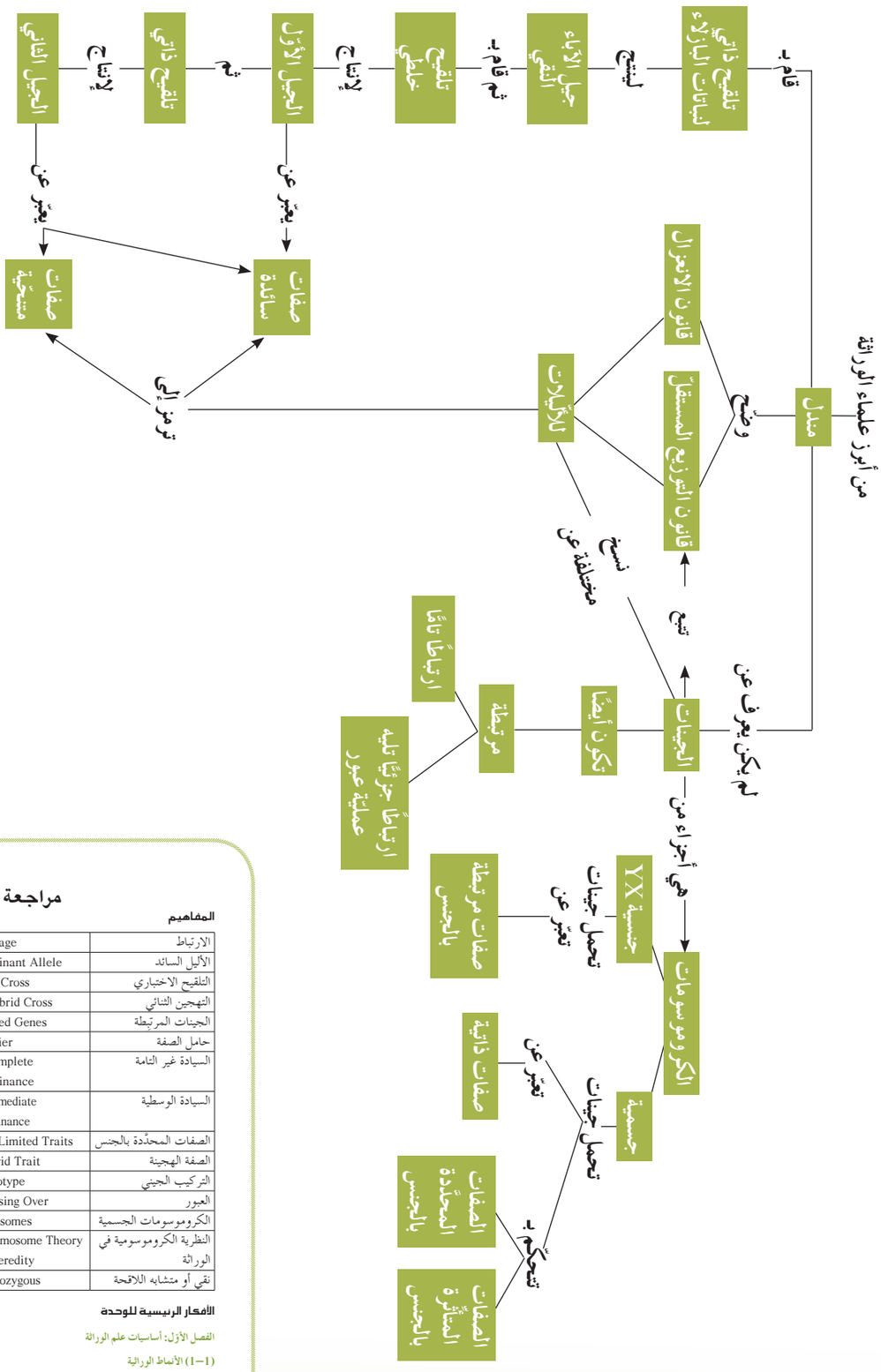
- قبل أن تبدأ في عرض ومراجعة المفاهيم التي تضمّنتها الوحدة الثانية، ناقش مع الطلّاب الأفكار الرئيسية التي تعرّفوها في دروس هذه الوحدة.
- تأكد من مدى استشعار الطلّاب لأهمّية دراسة هذه الوحدة، إذ أنّها تتناول دراسة أساسيات علم الوراثة. ومن خلال دراستهم لهذه الأساسيات، قد يتمكّنون من فهم وتفسير الأجيال في مختلف الكائنات، ومن بينها الإنسان.
- شدّد أمام الطلّاب على أنّ توارث الصفات تحكمه أسس وأنماط ونظم ثابتة ومستقرّة، تُمكّن العاملين في علم الوراثة من التوقّع بالصفات التي سيتمّ توريثها، والتي لن يتمّ توريثها. فقوانين مندل، ومربّعات بانت، وسجلّات النسب الوراثي تُعتبر أمثلة متنوّعة للأدوات التي يستخدمها العاملون في علم الوراثة للتوقّع بما إذا كانت الصفات ستورث للأبناء أم لا.
- ذكّر الطلّاب بأنّ مادّة الوراثة هي الحمض النووي DNA، وأنّ هذا الحمض هو المكوّن الأساسي للكروموسومات في جميع الأنواع المختلفة من الكائنات. وأنّ الجينات عبارة عن قطع أو أجزاء صغيرة من الحمض النووي DNA، وهي المسؤولة عن ظهور أيّ صفة أو عدم ظهورها بحسب قوّة تأثير الجين. فيطغي تأثير بعض الجينات على تأثير الجينات الأخرى، ويحجب تأثيرها. وبالإضافة إلى ذلك، قد يكون بعض الجينات مرتبطًا مع بعضه الآخر، وبذلك تورث مرتبطة ببعضها كصفة واحدة. وهذا الارتباط يمكن أن ينفكّ بواسطة حدوث عملية العبور بين أزواج الكروموسومات المتماثلة أثناء الانقسام الميوزي الأوّل.
- اشر إلى أنّ بعض الجينات يقع على الكروموسومات الجنسية، وبالتالي فإنّ الصفات التي تنجم عنه (تأثيره) تكون مرتبطة بنوع الجنس في الكائن. ويكون بعض الجينات موجودًا على الكروموسومات الجسمية، لكنّ تأثيره لا يظهر إلّا في وجود الهرمونات الجنسية (الصفات المحدّدة والمتأثّرة بالجنس).

مراجعة الدرس 1-5 (تابع)

7. تزوّج رجل وامرأة سليمان وأنجبا ولدًا مصابًا بمرض وراثي يُسمّى الهيموفيليا (نزعة وراثية للنزف الدموي). الجين المسؤول عن هذا المرض متنحٍّ (n) بالنسبة إلى الجين الطبيعي (N) ويحمله الكروموسوم الجنسي X.
   (أ) ما هو التركيب الجيني لكلّ من الأبوين؟
   (ب) أعط تحليلًا جينيًا مستعينًا بمربع بانت.
   (جـ) حدّد جنس الولد المريض.
   (د) لماذا لا يمكن أن تُصاب الإناث بهذا المرض؟
8. يمثّل سجل النسب أدناه عائلة بعض أفرادها مصابون بمرض الهيموفيليا. يُلاحظ ظهور هذا المرض عند الذكور فقط. ويؤدّي وجود الجين المسؤول عنه بنسختين في التركيب الجيني إلى موت الجنين.
   (أ) هل الألّيل المسؤول عن هذا المرض سائد أم متنحٍّ؟ علّل إجابتك.
   (ب) هل هذا الجين مرتبط بالجنس؟ علّل إجابتك.
   (جـ) حدّد التراكيب الجينية للأفراد: 8، 13 و14 وعلّل كلّ إجابة.
   (د) اجر التحليل الضروري لتحديد نسب احتمال إصابة نسل الأنثى 5 في الحالتين التاليتين:
   - إذا لم يكن زوجها مصابًا بالمرض.
   - إذا كان زوجها مصابًا بالمرض.



9. هناك ألّيلان للجين المسؤول عن الصلع (B) و(b). يُعتبر ألّيل الصلع (B) سائدًا عند الرجال ومتنحٍّ عند النساء. ويعتبر ألّيل (b) السليم سائدًا عند النساء ومتنحٍّ عند الرجال.
   يتسبّب ألّيل واحد من ألّيل الصلع (B) بظهور الصلع عند وجود المستوى الطبيعي لهرمون التستوستيرون (هرمون ذكري) عند الرجال البالغين أي امتلاكهم التراكيب الجينية التالية: (Bb) أو (BB)، بينما، يجب عند النساء، أن ترثن ألّيلين من ألّيل الصلع (B) أي أن تمتلكن التركيب الجيني (BB).
   إنطلاقًا من المعطى أعلاه:
   (أ) ماذا نعني بالقول إنّ خاصية الصلع متأثّرة بالجنس؟
   (ب) ضع فرضية تفسّر سبب سيادة ألّيل الصلع عند الذكور.
   (جـ) لدى والدان ليسا أصلعين، ابن أصيب بالصلع عند عمر الثلاثين. إذا كان لهذين الوالدين ابنة، حدّد نسبة احتمال إصابتها بالصلع.



مراجعة الوَحدة الثانية

المفاهيم

الارتباط	Linkage	الأليل	Allele
الأليل السائد	Dominant Allele	الأليل المتنحّي	Recessive Allele
التلقيح الاختباري	Test Cross	التهجين الأحادي	Monohybrid Cross
التهجين الثنائي	Dihybrid Cross	الجين	Gene
الجينات المرتبطة	Linked Genes	الجينات المرتبطة بالجنس	Sex Linked Genes
حامل الصفة	Carrier	سجلّ النسب	Pedigree
السيادة غير التامة	Incomplete Dominance	السيادة المشتركة	Codominance
السيادة الوسطية	Intermediate Dominance	الصفات المتأثرة بالجنس	Sex Influenced Traits
الصفات المحدَّدة بالجنس	Sex Limited Traits	الصفة النقية	Pure Trait
الصفة الهجينة	Hybrid Trait	الصفة الوراثية	Genetic Trait
التركيب الجيني	Genotype	التركيب الظاهري	Phenotype
العبور	Crossing Over	علم الوراثة	Genetics
الكروموسومات الجسمية	Autosomes	الكروموسومات الجنسية	Sex Chromosomes
النظرية الكروموسومية في الوراثة	Chromosome Theory of Heredity	مربّع بانت	Punnett Square
نقي أو متشابه اللاقحة	Homozygous	هجين أو متباين اللاقحة	Heterozygous

الأفكار الرئيسية للوحدة

الفصل الأوّل: أساسيات علم الوراثة

(1–1) الأنماط الوراثية

- علم الوراثة هو دراسة انتقال الصفات أو توارثها.
- جريجور مندل أوّل من استخدم الإحصاء والرياضيات لدراسة توارث الصفات في الكائنات.
- الأليلات عبارة عن أشكال مختلِفة للجين الواحد. في الكائن الهجين، الأليل السائد هو الذي يظهر تأثيره.

(2–1) مبادئ علم الوراثة

- تنصّ النظرية الكروموسومية في الوراثة على أنّ وراثة الصفات تُحكَم بواسطة الجينات المحمولة على الكروموسومات.
- التركيب الجيني هو جميع الأليلات الخاصّة بالصفة الموروثة، والتركيب الظاهري هو الصفة الظاهرة ذاتها.
- يصف قانون الانعزال كيف تنفصل أزواج الكروموسومات أثناء الانقسام الميوزي.
- ينصّ قانون التوزيع المستقلّ على أنّ أزواج الجينات تنفصل وتتوزّع مستقلّة كلّ عن الأخرى.
- ينصّ قانون السيادة على أنّ الأليل السائد، إذا وُجِد، هو الذي سيظهر تأثيره.

تحقق من فهمك

1. اكمل الجمل التالية بما يناسبها:

1. التركيب الظاهري
2. السيادة الوسطية (انعدام السيادة)
3. علم الوراثة
4. النظرية الكروموسومية في الوراثة
5. قانون السيادة
6. الطور التمهيدي الأوّل
7. الجنسية

2. ضع علامة (✓) في المربّع الواقع أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (✗) في المربّع الواقع أمام العبارة غير الصحيحة في كلّ ممّا يلي:

1. ✓
2. ✗ متباين اللاقحة
3. ✓
4. ✓
5. ✗ مربّعات بانت
6. ✗ الكروموسومات الجسمية
7. ✓

أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

1. الوراثة الوسطية (انعدام السيادة)
2. الفرد النقي يكون متشابه اللاقحة، والفرد الهجين يكون متباين اللاقحة.
3. عندما يتمّ تلقيح الفرد النقي السائد مع الفرد المتنحّي المتشابه اللاقحة، يكون لجميع الأفراد الناتجين تركيبًا ظاهريًّا سائدًا. وعندما يتمّ تلقيح الفرد متباين اللاقحة السائد مع الفرد المتنحّي المتشابه اللاقحة، سيكون لنصف الأفراد الناتجين تركيبًا ظاهريًّا سائدًا، ولنصفهم الآخر تركيبًا ظاهريًّا متنحّيًا.
4. كشف الفحص المجهري للكروموسومات المصبوغة عن أنّها تسلك سلوك عوامل مندل، فهي تنعزل أو تنفصل أثناء الانقسام الميوزي، وتوجد في أزواج، وتتوزّع مستقلّة.
5. لأنّ نباتات البازلّاء تحمل أزواجًا من الصفات المتضادّة سهلة التمييز والرؤية، ولإمكانية تكرار التجارب على نباتات البازلّاء لسرعة تكاثره (قصر دورة الحياة)، وتميّز أزهار البازلّاء بتركيب يُمكّن من التحكّم في طريقة التلقيح، ذاتيًّا أو خلطيًّا

(3–1) دراسة توارث الصفات في الإنسان

- تُنظّم المعلومات الوراثية بطرق معيّنة تسمح بالتوقّع بوراثة الصفات.
- بعض الصفات لا تخضع في توارثها لقوانين مندل.
- يُستخدَم سجلّ النسب لتتبّع تاريخ بعض الصفات الوراثية بين الأقارب.
- يُحدّد المستشارون الوراثيون الصفات التي يُمكِن أن يتوارثها الأبناء.

(4–1) ارتباط الجينات (الارتباط والعبور)

- تقع الجينات المرتبطة على الكروموسوم نفسه ولا تتوزّع مستقلّة عن بعضها.
- تتكوّن تراكيب جينية جديدة نتيجة حدوث العبور أثناء الانقسام الميوزي.

(5–1) الوراثة والجنس

- تُحدّد الكروموسومات الجنسية (X وY) جنس الأفراد، وباقي الكروموسومات هي كروموسومات ذاتية (أو جسمية).
- الجينات الواقعة على الكروموسومات الجنسية جينات مرتبطة بالجنس.
- تقع الصفات المحدّدة بالجنس والمتأثّرة بالجنس على الكروموسومات الذاتية، ولكنّها تتأثّر بالهرمونات الجنسية.

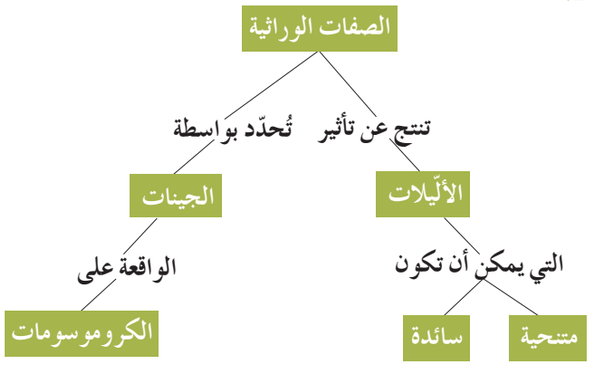
خريطة مفاهيم الوحدة

إستخدِم المفاهيم الموضّحة في الشكل لرسم خريطة تُنظّم الأفكار الرئيسية التي جاءت في الوَحدة.

6. توقّع العالمان ظهور النسبة 1:3:3:9 للتراكيب الجينية، وللتراكيب الظاهرية، لكنّهما لم يحصلا على هذه النسبة لأنّ جيني هاتين الصفتين (لون الأزهار وشكل حبوب اللقاح) حدث بينهما ارتباط، لأنّهما يقعان قريبين أحدهما من الآخر على الكروموسوم نفسه.
7. بانفصال الجينات المترابطة على أحد الكروموسومات عندما يحدث عبور بين أزواج الكروموسومات المتماثلة أثناء الطور التمهيدي الأوّل من الانقسام الميوزي.
8. لأنّ الذكور تستقبل كروموسوم X واحد فقط، وبالتالي تظهر الصفات الموجودة جيناتها على هذا الكروموسوم.
9. اكتشف مورجان الجينات المرتبطة بالجنس، وقدّم الدليل على أنّ الكروموسومات هي المواضع لعوامل مندل الوراثية.

تحقق من مهاراتك

1.



2. جميع البذور للنباتات الناتجة من الجيل الأوّل ستكون ملساء وقشرة بذرتها رمادية اللون.
3. ستتنوّع الأشكال. ويمكن للطلّاب استخدام الشكل (139) كنقطة للبداية.
4. لو قام مندل بدراسته على ازهار حنك السبع لكان يدرس النمط الوراثي المعروف بالسيادة الوسطية (انعدام السيادة) والذي يتميّز بوجود ثلاثة تراكيب ظاهرية للصفة، ولم يكن ليستطع وضع قوانينه. إلّا أنّ نتائجه كانت لتؤكّد الافتراض السائد في أيّامه بأنّ صفات الآباء تمتزج في الأبناء لأنّ لون أزهار نبات حنك السبع في الجيل الأوّل يُعتبر مزيجًا بين لوني أزهار النباتات الآباء.
5. نصف أبنائه الذكور والإناث سيصابون بهذا المرض.

تحقق من فهمك

1. أكمل الجُمل التالية بما يناسبها:

1. تعرّف الصفة التي تظهر على الكائن بـ .....
2. يظهر التأثير الكامل لكلّ من الأليلين في حالة .....
3. تُسمّى دراسة الصفات الوراثية بـ .....
4. أدّت التشابهات بين عوامل مندل وسلوك الكروموسومات إلى قيام ساتون باقتراح .....
5. ..... يصف ظهور تأثير الصفة السائدة في حالة وجود الأليل الخاصّ بها.
6. تحدث ظاهرة العبور خلال ..... من الانقسام الميوزي.
7. الكروموسومات ..... تُعتبَر مسؤولة عن الصفات المرتبطة بالجنس.

2. ضعْ علامة (✓) في المربّع الواقع أمام العبارة الصحيحة، وعلامة (✗) في المربّع الواقع أمام العبارة غير الصحيحة في كلّ ممّا يلي:

1. حامل الصفة الوراثية لا يظهر عليه تأثير الأليل الخاصّ بهذه الصفة. ☐
2. في تجارب مندل، غالبًا ما تكون أفراد الجيل الأوّل متشابهة اللاقحة بالنسبة للصفة المدروسة. ☐
3. الصفة المتنحّية التي لا تظهر في الجيل الأوّل دائمًا ما تظهر في الجيل الثاني. ☐
4. جميع أليلات أزواج الجينات تُكوّن التركيب الجيني للكائن. ☐
5. يُمكن استخدام التلقيح الاختباري لتوضيح جميع النتاجات الممكنة للنهجينات الوراثية. ☐
6. تُعتبَر الكروموسومات الجنسية مسؤولة عن الصفات المتأثّرة بالجنس. ☐
7. يتمّ التحكّم في الصفات المحدّدة بالجنس بواسطة الجينات الواقعة على الكروموسومات الذاتية (الجسمية). ☐

أجب عن الأسئلة التالية بإيجاز

1. أذكر أحد الأنماط الوراثية التي لا تتبع قوانين مندل.
2. ما الفرق بين الفرد النقي والفرد الهجين؟
3. كيف يُستخدَم التلقيح الاختباري لتمييز التركيب الظاهري السائد إذ كان متشابه اللاقحة أو متباين اللاقحة؟
4. لخّص الدليل الذي أدّى إلى النظرية الكروموسومية في الوراثة.
5. لماذا كان مندل موفّقًا في اختيار نباتات البازلّاء لإجراء تجاربه؟
6. وضّح كيف اختلفت نتائج تجارب باتسون وبانت عن الفرضيّات التي افترضاها. كيف تمكّنا من تفسير هذا الاختلاف؟
7. كيف تتكوّن التراكيب الجينية الجديدة للجينات المرتبطة؟
8. لماذا تظهر الصفات المتنحّية الواقعة على الكروموسوم الجنسي في ذكور الإنسان؟
9. ما المفاهيم الرئيسية التي اكتشفها مورجان نتيجة أبحاثه على ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا)؟

6. أُجريت في الحالات الثلاث تلاقيح اختبارية (تزاوج بين كائن هجين وآخر متنحّ).

بما أننا حصلنا في الحالات الثلاث على 4 تراكيب ظاهرية بنسب مئوية ليست 25% لكلّ تركيب أو نسب (1:1:1:1)، لذلك فهي ليست حالة تهجين ثنائي بتوزيع مستقلّ أي 4 تراكيب ظاهرية بنسب متساوية. كما أنّها ليست حالة ارتباط كامل (حيث نحصل على تركيبين ظاهرين بنسب متساوية). لذلك فهي حالات تهجين ثنائي مع ارتباط جزئي تتبعه عملية عبور.

7. **(أ)**

* الشخص (III–1) مصاب بالمهق، في حين أنّ أبويه (II–4) و (II–5) غير مصابين بالمهق. هذا الشخص حصل على الأليّل المسؤول عن المهق من كلّ من أبويه، لذلك فالوالدان طبيعيان لكنّهما متباينا اللاقحة، أي أنّ عندهما أليّل المهق بالرغم من أنّهما طبيعيان. لذلك فالأليّل المسؤول عن المهق هو أليّل متنحّ.

لنعطي الآن رموزًا للأليّلات: (A) رمز للأليّل الطبيعي و(a) رمز للأليّل المتنحّي (المهق).

* لكي نعرف الآن ما إذا كان الأليّل موجودًا على كروموسوم جسمي أو جنسي، نجري التحليل التالي من خلال الإجابة عن الأسئلة التالية:

* هل الجين موجود على كروموسوم Y؟

(كلّا، لأنّ الوالد (II–4) هو رجل طبيعي.)

* هل الجين موجود على كروموسوم X؟

(لو كان الجين موجودًا على الكروموسوم X فسيكون التركيب الجيني للوالد (I–1) غير المصاب بالمهق X^AY وزوجته (I–2) المصابة X^aX^a وابنتهما (II–2) ستحصل على X^A من والدها و X^a من والدتها، وبالتالي سيتكوّن تركيبها الجيني X^AX^a، ولن تكون مصابة بالمهق. لكن بحسب سجلّ النسب، هي مصابة بالمهق، لذلك الجين المسؤول ليس موجودًا على كروموسوم جنسي، أي أنّ الفرضية المطروحة مرفوضة. إذًا الجين المسؤول موجود على كروموسوم جسمي.)

(ب) التركيب الجيني للشخص (II–4) والشخص (II–5) هو Aa.

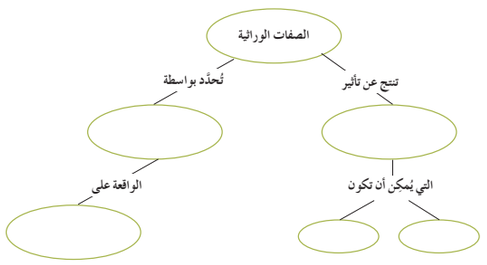
التركيب الجيني للشخص (III–1) هو aa.

التركيب الجيني للشخص (III–2) هو Aa أو AA.

التركيب الجيني للشخص (III–3) هو Aa أو AA.

تحقق من مهاراتك

1. كوّن خريطة للمفاهيم: أكمِل خريطة المفاهيم التالية بإضافة المصطلحات: الأليلات، الجينات، الكروموسومات، سائدة، متنحية.



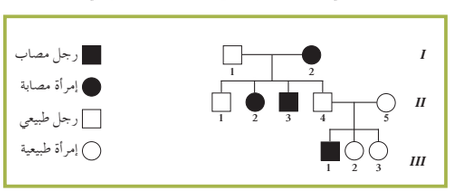
2. **تطبيق المفاهيم:** إذا كانت صفة البذور الملساء سائدة على صفة البذور المجعّدة، وصفة اللون الرمادي لقشرة البذرة سائدة على صفة اللون الأبيض لقشرة البذرة في نباتات البازلاء. وضّح باستخدام مربّع بانت نتائج تهجين نبات بازلاء نقي أملس البذور وقشرة بذرته رمادية اللون مع نبات آخر نقي بذوره مجعّدة وقشرة بذرته بيضاء اللون. ما الصفات التي تظهر في الجيل الأوّل؟
3. **تطبيق المفاهيم:** أُرسم أشكالًا تخطيطية تُوضّح ما يلي: «كلّما كانت الجينات المرتبطة بعيدة بعضها عن بعض ازدادت الفرصة لانفصالها أثناء حدوث العبور».
4. **تقويم المفاهيم:** لنفترض أنّ مندل درس وراثة صفة لون الأزهار في نبات حنك السبع بدلًا من نبات البازلاء، هل للنتائج التي كان من الممكن أن يتوصّل إليها تأثير على القوانين التي صاغها؟
5. **تحديد السبب والتأثير:** لنفترض أنّ رجلًا مصابًا بالهيموفيليا تزوّج بامرأة حاملة لهذا الخلل الوراثي، فما احتمال أن يكون الابن أو الابنة مصابًا بهذا الخلل الوراثي؟
6. **تطبيق المفاهيم:** لنفترض أنّ دراسة انتقال ثلاثة أزواج من الأليلات قد حصلت نتيجة تزاوج كائن ما متنحي الصفتين مع كائن هجين الصفتين. يعرض الجدول التالي نتائج التزاوجات:

التزاوج	النتائج			
متنحّي الصفتين [ab] × هجين [AB]	350 [AB]	353 [ab]	49 [Ab]	48 [aB]
متنحّي الصفتين [ad] × هجين [AD]	361 [AD]	358 [ad]	40 [Ad]	41 [aD]
متنحّي الصفتين [bd] × هجين [BD]	891 [BD]	890 [bd]	8 [Bd]	8 [bD]

فسّر النتائج وحدّد موقع الجينات الثلاثة على الكروموسوم.

ملاحظة: إدراج الأليلات داخل هذا الشكل [ ] يعني التركيب الظاهري.

7. المَهاق خلل وراثي في الإنسان ينتج عن نقص في صبغ الميلانين في الجلد والشعر والعينين. يُمثّل سجلّ النسب التالي عائلة يَظهر على بعض أفرادها هذا الخلل الوراثي.



(أ) باستخدام التحليل المنطقي، حدّد ما يلي:

* هل الأليل المسؤول عن المَهاق أليلًا سائدًا أم متنحّيًا؟
* هل الأليل المسؤول موجود على كروموسوم جسمي أو كروموسوم جنسي؟

(ب) أكتب التراكيب الجينية المحتمَلة لكلّ من الأفراد التالية: II–4 و II–5 وأولادهما الثلاثة.

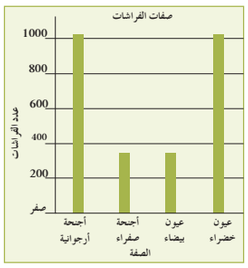
8. **تصميم تجربة:** اشتبه أحد الباحثين بوجود خلل وراثي مُعيَّن يُسبّبه أليل متنحٍّ محمول على الكروموسوم الجنسي X في ذبابة الفاكهة. صمِّم تجربة لاختبار صحّة هذا الفرض.

8. قد تتنوّع الإجابات، لكن يجب أن تتضمّن جميعها تهجينًا بين الأنثى الحاملة (ابنة الذكر المريض) وذكرًا سليمًا. لو كان الجين مرتبطًا بالجنس (محمولًا على الكروموسوم الجنسي X)، فإنّ المرض سيظهر في الأبناء الذكور فقط، ولو كان الجين محمولًا على كروموسوم جسمي، سيظهر المرض في كلّ من الذكور والإناث.
9. لكلّ من الأجنحة الأرجوانية والعيون الخضراء صفتان سائدتان لأنّهما تظهران على غالبية الفراشات. أمّا الأجنحة الصفراء والعيون البيضاء فصفتان متنحّيتان لأنّهما تظهران في عدد أقلّ من الفراشات.
10. تبين النتائج في الشكل البياني أنه يوجد إرتباط بين صفتا لون الجسم وتنقيط الجسم كما أن اللون البنّي والجسم المنقّط، هما الصفتان السائدتان.

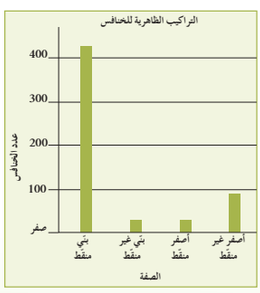
المشاريع

1. ستتنوّع الإجابات. درس مندل لون الأزهار وطول النبات. الصفات التي يدرسها العلماء في الصور الفوتوغرافية للأشخاص هي لون العيون، وشحمة الأذن، ولون الشعر، ولون البشرة، وغيرها من الصفات الطبيعية.
2. يجب أن تتضمّن الإجابات وصفًا لنباتات الجيل الأوّل.
3. ستتنوّع الإجابات. تميّزت أعمال مندل باستخدام علم الرياضيات، وقد كان علماء الأحياء وقتذاك لا يفهمون ولا يقدّرون قيمة علم الرياضيات في تفسير نتائج التجارب والأبحاث، بالإضافة إلى أنّ علم الأحياء كان وصفيًّا في المقام الأوّل ولا يهتمّ بالتجربة التي أسّس عليها مندل أبحاثه، لذلك لم تُقبل نتائج أعماله.

9. **تفسير شكل بياني:** يُوضّح الشكل البياني التالي بعض الصفات الوراثية في 1355 فراشة. أيّ من هذه الصفات سائد، وأيها متنحٍّ؟ فسّر إجابتك.



10. **تفسير شكل بياني:** يوجد في نوع من الخنافس أليلان لصفة لون الجسم: بنّي (أحمر داكن) أو أصفر، وكان لهذه الخنافس أيضًا أليلان لصفة تنقيط الجسم: منقّط أو غير منقّط. هُجّن خنفسان متباينا اللاقحة لكلي الصفتين. يُوضّح الشكل البياني التالي التراكيب الظاهرية لأفراد الجيل الثاني. هل يوجد ارتباط بين هذه الصفات؟ أيّ من هذه الصفات سائد؟



المشاريع

1. **علم الأحياء والفنّ:** يرسم العديد من الفنانين لوحات زيتية للمناظر الطبيعية والحدائق. ما الصفات التي درسها مندل في اللوحة الزيتية التالية؟ وما الصفات التي يدرسها العلماء للأشخاص في الصور الفوتوغرافية؟ أرسم منظرًا أو لوحة زيتية لإحدى الحدائق، ثمّ حدّد الصفات التي يُمكن تحديد توارثها.

2. **علم الأحياء وعلم الاجتماع:** إذهب إلى إحدى الحدائق العامّة التي تنتشر فيها النباتات المزهرة أو إلى محلّ لبيع الزهور، واستكشِف توارث الصفات في مختلف النباتات. إبحث عن التهجينات الجديدة بين النباتات. ما الصفات التي تهجّنت في النباتات الأبوية؟ وما مظهر الصفات في النباتات البنوية؟
3. **علم الأحياء والتاريخ:** لم تلقَ أعمال مندل اهتمامًا، بل تمّ تجاهلها لمدّة تُقارب الخمسين عامًا حتّى اكتشفها بعض العلماء. لماذا تمّ تجاهل أعمال مندل؟

نشاط 1 تقنيّة الصبغات التفاضلية

التوقع

يوجد نوع الأنسجة نفسه في جميع أقسام النبتة، لكن في مواقع مختلِفة.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. يجب أن يرى الطالب اللونين الأرجواني والأخضر. المسؤول عن هذين اللونين هو الصبغة TBO.
2. تسمح بمرور أشعّة الضوء للتمكّن من رؤيتها بوضوح.
3. يظهر النسيج البارنشيمي الرقيق والنسيج الكولنشيمي أرجواني. أمّا النسيج السكلرنشيمي ونسيج الخشب فتظهر خضراء اللون أو زرقاء مخضرّة. وتظهر الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة أرجوانية، في حين يبقى النشا غير مصبوغ.
4. تكون الأنسجة الوعائية في الساق منظَّمة في حزم وعائية، حيث تكون الأوعية الخشبية لجهة مركز الساق والأوعية اللحائية لجهة الخارج.

التحليل والاستنتاج

بشكل عامّ، معظم الأنسجة البيولوجية لديها القليل من التباين، ويصعب تمييز التفاصيل الخلوية بالمجهر الضوئي العادي. تعزّز الأصباغ وضوح العيّنات، بالإضافة إلى كون الأصباغ المختلِفة لديها ميول مختلفة للتفاعل مع مختلف العضيات والجزئيات الكبيرة.

الخلاصة والتعميم

1. لأنّها تصبغ باللون الأزرق المخضرّ جدر الخلايا المترسِّبة عليها مادّة اللجنين، وباللون الأحمر إلى أرجواني جدر الخلايا الخالية من اللجنين.
2. النسيج البارنشيمي الرقيق، النسيج الكولانشيمي، الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة ظهرت باللون الأرجواني المحمرّ، وهذا يدلّ على وجود جدر من السيليلوز. أمّا العناصر التي تحتوي على اللجنين، مثل نسيج الخشب والنسيج السكلرنشيمي، فظهرت خضراء اللون إلى زرقاء مخضرّة.

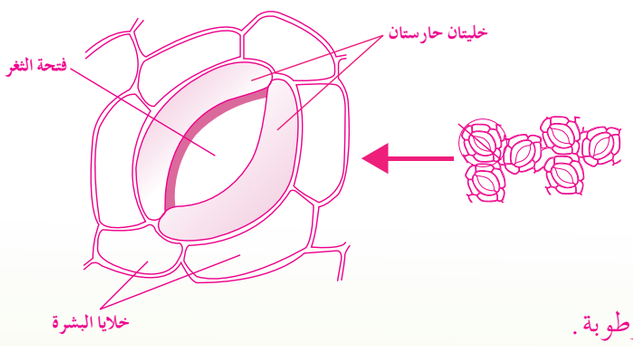
نشاط 2 ملاحظة الثغور والخلايا الحارسة

صياغة الفرضيات

نعم فمثلًا بوجود ظروف بيئية تزيد من معدّل عمليّة النتح تنغلق الثغور.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. تُظهر الإجابات المعقولة أنّ عدد الثغور على السطح العلوي أقلّ منه على السطح السفلي.
2. فتحة الثغر محاطة بخليتين حارستين



3. شدة الإضاءة، درجة الحرارة، المحتوى المائي للتربة، درجة الرطوبة.

تصميم التجارب

1. تعريض ورقة النبات لإضاءة عالية الشدة.
2. قد لا تحدث تغيرات في الثغور في الورقة المفصولة من النبات
قد لا تحدث تغيرات.

المقارنة ، التحليل والاستنتاج

1. عدد الثغور على السطح العلوي أقلّ من عددها على السطح السفلي.
2. يتعرّض السطح العلوي لأشعّة شمس مباشرة تزيد من معدّل النتح، فجاء تكيّف النبتة لحماية نفسها من الجفاف بوجود عدد أقلّ من الثغور على السطح العلوي.
3. قد لا تستجيب الورقة المفصولة عن النبات للتغيرات البيئية.
التفسير : لأن الاوراق قد فقدت الحياة بفصلها عن النبات.
4. تحفظ الاوراق على النبات وتغير الظروف البيئية للنبات بالكامل.
5. نعم
6. سيزداد معدّل البناء الضوئي لأنّ الضوء من العوامل الضرورية لهذه العملية، ثم يثبت عند معدل معين مهما زادت شدّة الاضاءة. وقد يؤدي استمرار تعرض النبات للحرارة العالية التي تنتج عن الاضاءة عالية الشدة الى انغلاق الثغور وتوقف عملية البناء الضوئي.

نشاط 3 متى يُصنَع النشا؟

التوقع

تحتاج النباتات الخضراء إلى أشعّة الضوء القادرة على امتصاصها من أجل حدوث عمليّة البناء الضوئي.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. حافظت الأوراق على لونها الأخضر ولكنّها أصبحت مترهّلة وليّنة.
2. فقدت الأوراق لونها الأخضر وأصبحت جافّة، وأصبح لون الإيثانول أخضر.
3. أصبحت مترهّلة وليّنة من جديد.
4. ظهر على الورقة التي كانت قد تعرَّضت لأشعّة الشمس وللضوء الأحمر نقاط زرقاء داكنة، بينما حافظ اليود على لونه البنيّ المصفرّ على الورقة التي كانت في الظلام والتي كانت معرَّضة للضوء الأخضر.

التحليل والاستنتاج

1. (أ) إزالة الكيوتيكل التي تمنع دخول محلول اليود إلى ورقة النبتة.
(ب) تمزيق أغشية الخلايا ليصل اليود إلى حبيبات النشا في السيتوبلازم والبلاستيدات الخضراء، لأنّ وجود أغشية الخلايا المنفذة بشكل انتقائي تمنع من وصول اليود بسهولة إلى داخل الخلايا.
(جـ) يهدم الأنزيمات ومنها مثلًا تلك التي تحوّل النشا إلى سكّر بسيط.
2. يحجب لون أصباغ الكلوروفيل الخضراء تغيُّر لون محلول اليود إلى أزرق قاتم بوجود النشا. لذلك يجب إزالة هذه الأصباغ من الأوراق لتصبح الورقة صفراء. الإيثانول مذيب للمركّبات العضوية وبالتالي يساعد على استخلاص أصباغ الكلوروفيل من أوراق النباتات (هذا يفسّر تغيُّر لون الإيثانول إلى الأخضر).
3. ترهّلت الورقة بعد غليانها بالماء لأنّ الماء الساخن يمزّق غشاء الخلية، فتفقد الخلايا ضغط الامتلاء. أصبحت الورقة جافّة بعد غليانها بالإيثانول لأنّ الإيثانول سبَّب خسارة الماء من الورقة.
4. غسل الورقة بالماء البارد مهمّ من أجل ترطيبها من جديد لأنّ محلول اليود هو محلول مائي وبحاجة إلى وسط مائي داخل خلايا النبتة لينتشر داخلها.
5. يكشف وجود النشا إذ يتحوّل لون اليود من بنّي مصفرّ إلى أزرق داكن.
6. الورقة التي تعرَّضت للضوء الأبيض (أشعّة الشمس) وتلك التي تعرَّضت للضوء الأحمر.
7. الورقة التي حُجِب عنها الضوء والتي تعرَّضت للضوء الأخضر.
8. حدوث عمليّة البناء الضوئي
9. تمتصّ صبغة الكلوروفيل مكوّنات أشعّة الضوء الأبيض لكن بنسب مختلفة. فهي قادرة مثلًا على امتصاص أشعّة الضوء الأحمر إنّما ليس الأخضر. فقط عند امتصاص الكلوروفيل لأشعّة الضوء تكون قد حصلت على الطاقة اللازمة للبدء بعمليّة البناء الضوئي.
10. كلّا، لأنّ الصبغة الخضراء في النباتات غير قادرة على امتصاص الضوء الأخضر، وبذلك لا توجد طاقة كافية لبدء عمليّة البناء الضوئي.

11. الجلكتوز والفركتوز والسكروز
12. كلّا، لا تُظهر ما إذا كان الناتج الأوّل أو المتوسّط أو النهائي لعمليّة البناء الضوئي.
13. لا يمكن معرفة ما إذا كان النشا قد تراكم في ورقة النبتة نتيجة البناء الضوئي أم كان موجودًا أصلًا في الورقة.
لتحسين هذه التجربة، يجب انتزاع النشا بالكامل من الأوراق عبر وضعها في مكان مظلم ليوم كامل، ثمّ إجراء اختبار وجود النشا.
وبمجرّد إثبات استخدام الورقة لكامل كمّية النشا أي إزالتها كلّيًّا من الورقة، يتمّ السماح بحدوث عمليّة البناء الضوئي من خلال تعريض النبتة لأشعّة الشمس، ثم إجراء اختبار وجود النشا.
في حال وجود النشا، هذا يعني أنّه تمّ تصنيعه بواسطة عمليّة البناء الضوئي. ويمكننا الاستنتاج أنّ وجود النشا يشير إلى أنّ عمليّة البناء الضوئي قد حدثت.

نشاط 4 فحص تركيب ورقة نباتية ثنائية الفلقة

الملاحظة . تسجيل البيانات والرسم التخطيطي

1. البشرة (النسيج الجلدي)، نسيج وعائي (الخشب واللحاء) ونسيج أساسي (النسيج العمادي والإسفنجي).

نشاط 5 فحص شريحة جاهزة لقطاع عرضي في جذر نبات ثنائي الفلقة

الملاحظة . تسجيل البيانات والرسم التخطيطي

1. البشرة (النسيج الجلدي)، النسيج الأساسي والنسيج الوعائي
3. النسيج الوعائي هو قلب مصْمَت في مركز الجذر له أذرع هي عبارة عن الخشب ويتوزّع اللحاء بين هذه الأذرع.

نشاط 6 فحص شريحة جاهزة لقطاع عرضي في ساق نبات أحادي الفلقة وثنائي الفلقة

التوقع

نعم، فهو يسمح بالنمو الجانبي للنباتات الخشبية.

الملاحظة . تسجيل البيانات والرسم التخطيطي

1. البشرة، الأنسجة الإنشائية والأنسجة الوعائية

المقارنة

1.

	ساق نبات أحادي الفلقة	ساق نبات ثنائي الفلقة
ترتيب الحزم الوعائية	مبعثرة بين خلايا الأنسجة الأساسية	تتوزَّع بشكل دائري منظَّم لتشكِّل حلقة حول مجموعة من خلايا الأنسجة الأساسية (النخاع)

2.

نوع النبات / توزيع الحزمة الوعائية	نبات أحادي الفلقة	نبات ثنائي الفلقة
1. اتجاه الخشب	نحو مركز الساق	نحو مركز الساق
2. اتجاه اللحاء	نحو الخارج	نحو الخارج
3. موضع الكمبيوم الفليني	غير موجود	بين نسيج الخشب واللحاء

نشاط 7 التكاثر اللاجنسي في النباتات

التوقع

زراعة قطعة من ساق جارية في التربة ورويها بانتظام يؤدي إلى نمو نبتة جديدة عن طريق التكاثر اللاجنسي أو الخضري.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. سوف تتنوّع الإجابات، لكنّها يجب أن تؤكّد على أنّ النبتة هي عبارة عن سوق تتلامس مع الأرض في بعض المواضع التي ينمو عندها مجموع خضري للنبتة.
   يجب أن يوضّح الرسم مواضع تلامس السوق مع الأرض ومواضع وجود المجموع الخضري للنبتة.
2. ستتنوّع أشكال التغيّرات. على المعلّم إرشاد الطلّاب لفهم أنواعها وما يجب عليهم ملاحظته.

التحليل والاستنتاج

1. نمت نبتة جديدة على الساق الجارية.
2. نمت النبتة الجديدة من البراعم الموجودة عند العقد الموجودة على الساق الجارية.
3. سوف تموت بدون جذور.
4. ستستمرّ في النموّ.
5. تكاثر لاجنسي خضري في السوق الجارية يسمى التكاثر بالرئد.

التطبيق

لأنه يستغرق وقتًا أقلّ من التكاثر الجنسي في البذور، وهذا أكثر إفادة لهم من الناحية التجارية.

نشاط 8 هل يمكنك توضيح قانون السيادة؟

الملاحظة وتصميم النماذج

أربعة ارتباطات

تحليل البيانات

1. يمكن أن ترتبط أمشاج الأبوين (الأزرار) بأربع طرق، في أربعة ترتيبات للألّيلات CC، Cc، cC، cc
2. يمكن أن يستقبل الأبناء ألّيلات الآباء نفسها بطريقتين: C من الأمّ وc من الأب، أو C من الأب وc من الأمّ.

تطبيق

1. يحصل كلّ ابن على مشيج واحدة فقط من كلّ أب، وهي تحتوي على جين (ألّيل) واحد من كلّ زوج من الجينات.
2. يظهر تأثير الجين السائد (C) على الجين المتنحّي (c)، وبذلك فهو يحدّد التركيب الظاهري للأبناء. كلّ ثلاثة أبناء من الأربعة لهم لون (تركيب ظاهري) سائد (CC، Cc أو cC).

نشاط 9 استكشاف الصفات الموروثة

صياغة الفرضيات

قد تتنوّع فرضيات الطلّاب.

تسجيل البيانات

1. ستتنوع إجابات الطلّاب

التحليل

تتنوّع لإجابات وفقًا لنتائج الطلّاب.

نشاط 10 استخدام سجلّ النسب

صياغة الفرضيات

تتنوّع فرضيات الطلّاب، لكن يجب الإجماع على تحديد نسبة ظهور صفة الصمم لدى أفراد جيل الأبناء لتعرف ما إذا كانت هذه الصفة سائدة أم متنحّية.

الملاحظة وتسجيل البيانات

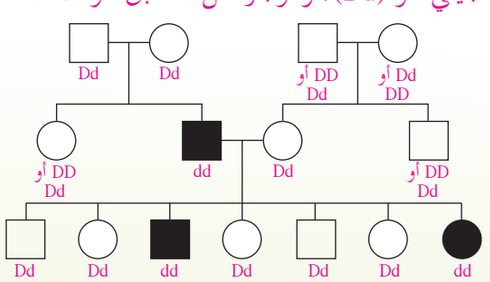
2. اختفت الصفة في جيل الآباء (الأجداد).
3. لا، فرد واحد في الجيل الأوّل وفردان في الجيل الثاني.

تحليل البيانات

1. dd
2. لا توجد أيّ تراكيب جينية أخرى محتملة.
3. DD أو Dd
4. يحمل معظم أفراد هذه العائلة صفة الصمم. التركيب الجيني هو Dd.

الاستنتاج

1. عدم ظهور صفة الصمم في جيل الآباء (I) وظهورها لدى أحد أبناء الجيل الأوّل في إحدى العائلتين (II–3) معناه أنّ هذين الأبوين (I–4، I–3) لا بدّ أن يكونا حاملين لصفة الصمم، وتركيبهما الجيني هو (Dd). وتزاوج الشخص الأصمّ (dd) ذو التركيب الجيني (II–3) مع أحد أبناء العائلة الأخرى (II–2) من الجيل الأوّل، ثمّ ظهور الصفة في الجيل الثاني على بعض الأبناء معناه أنّ ابن العائلة الثانية في الجيل الأوّل (II–2) لا بدّ أن يكون حاملًا للصفة، وتركيبه الجيني هو (Dd). وهذا معناه أنّ أحد أبويه أو كليهما لا بدّ أن يكون حاملًا أيضًا لهذه الصفة، وتركيبه الجيني هو (Dd). وموجز كلّ ما سبق هو أنّ صفة الصمم في هذه العائلة متنحّية وليست سائدة.
2.



تصميم تجربة مماثلة

الصفات الوراثية في الإنسان، سواء أكانت متنحّية أم سائدة، كثيرة. ومنها على سبيل المثال: شحمة الأذن الملتحمة أو السائبة (سائدة)، القدرة على لفّ اللسان على شكل U (سائدة)، إصبع الإبهام المنحنية (متنحّية)، والكثير غيرها.

نشاط 11 ارتباطات الجينات

الملاحظة

1. أليل اللون الماجنتا (M) سائد وأليل اللون الأخضر المصفرّ (m) متنحٍّ.
2. أليل قرن الاستشعار المنثني (B) سائد وأليل قرن الاستشعار الملتوي (b) متنحٍّ.

تصميم مربعات للتوقع الوراثي

1.

	BM	Bm	bM	bm
← BbMm	BbMm	Bbmm	bbMm	bbmm
← bbmm	bm			

2. 1 : 1 : 1 : 1

المقارنة

نسبة الطرز الجينية للأبناء الناتجة خلال التحليل الوراثي في مربّع بانت (1 : 1 : 1 : 1) تختلف عن نسبة الطرز الجينية للأبناء الموضَّحة في الجدول (2 : 4 : 1 : 1).

التحليل والاستنتاج

1. قرن استشعار منثنٍ مع عينين لونيهما ماجنتا، وقرن استشعار ملتوٍ مع عينين لونيهما أخضر مصفرّ.
2. BbMm ، bbmm ، Bbmm ، bbMm
3. 1 : 1 : 1 : 1
4. لا تتَّفق النتائج المتوقَّعة مع النتائج الحقيقية، ما يدلّ على أنّ الجينات الخاصّة بلون العينين والجينات الخاصّة بشكل قرون الاستشعار هي جينات غير منفصلة وقد تكون مرتبطة.

نشاط 12 تتبع توارث صفة متأثِّرة بالجنس

الملاحظة

1. يجب أن تتضمَّن إجابات الطلّاب وصف لكثافة الشعر وتوزيعه في مختلف مناطق الرأس.
2. لا
3. **الأولاد الذكور:** ستظهر صفة الصلع عليهم مع تقدّمهم بالعمر، لو بدرجات مختلفة.
   الأولاد الإناث: ستظهر صفة الصلع في صورة تساقط الشعر وقلّة كثافته، بخاصّة مع تقدّمهم بالعمر، أو لا تظهر مطلقًا.
4. نعم
5. يجب أن تتضمَّن إجابات الطلّاب خاصّيتي تساقط الشعر وقلّة كثافته.

تحليل البيانات وتفسيرها

1. منتشرة
2. وجود أليّلات صفة الصلع على الكروموسومات الجسمية سائدة نتيجة إفراز الهرمونات الجنسية الذكرية في الجسم.
3. نعم
4. يُعتبر تساقط شعر النساء أحد مظاهر وراثة صفة الصلع لوجود أليّل صفة الصلع على الكروموسومات الجسمية في خلايا أجسامهن. ويكون أليّل صفة الصلع متنحٍّ نتيجة إفراز الهرمونات الجنسية الأنثوية في الجسم.

نشاط 13 هل لديك صفة مرتبطة بالجنس (عمى الألوان)؟

التوقع

قد تتنوّع توقّعات الطلّاب، لكن ما يجب الاتّفاق عليه هو وجود بطاقات ملوَّنة خاصّة تُستخدم للكشف عن وجود هذه الصفة أو عدم وجودها.

الملاحظة وتسجيل البيانات

1. نعم
2. 9
3. 2

التحليل والاستنتاج

1. غير مصاب بعمى الألوان
2. الأحمر و الأخضر