

تحدد الأنواع الرئيسة لهرمونات النبات.

تشرح كيف تؤثر الهرمونات في نمو النباتات.

تصف وتحدد الأنواع المختلفة من استجابات النبات.

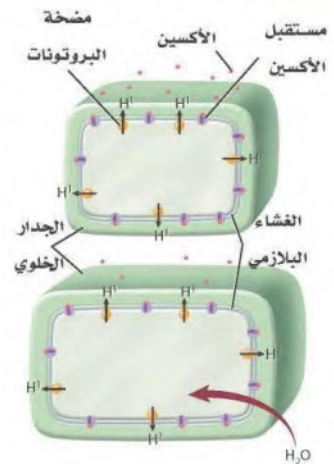
### مراجعة المفردات

النقل النشط Active transport، حركة المواد عبر الغشاء البلازمي من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى، ويحتاج إلى طاقة.

### المفردات الجديدة

الأكسين	السايتوكاينين
الجبريلين	استجابة الحركة
الإثيلين	الانتحاء

الشكل 2-8 ينفذ الأكسين تدفق أيونات الهيدروجين عبر جدار الخلية مما يضعفه، ليدخل الماء وبالتالي تستطيل الخلية.



## هرمونات النباتات واستجاباتها

## Plant Hormones and Responses

الفكرة الرئيسة يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.

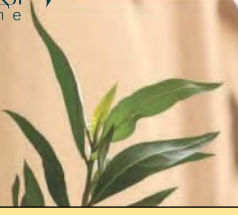
**الربط مع الحياة** أن استجابات الجسم المختلفة تسيطر عليها الهرمونات. فعندما تأكل ترسل الهرمونات إشارات لخلايا الجهاز الهضمي؛ لكي تطلق إنزيمات الهاضمة. ورغم أن النبات ليس له جهاز هضمي يفرز إنزيمات إلا أن الهرمونات تسيطر على نواح متعددة من نموه.

### الهرمونات النباتية Plant Hormones

الهرمونات مركبات عضوية تُصنع في جزء معين من المخلوق الحي، وتنقل إلى جزء آخر؛ حيث تؤثر فيه. ويحتاج المخلوق الحي إلى كمية ضئيلة من الهرمون لإحداث تغيير فيه. هل يفاجئك معرفة أن النباتات تنتج هرمونات؟ يمكن أن تؤثر هرمونات النبات في انقسام الخلايا ونموها وتميزها. وتشير نتائج الأبحاث إلى أن هرمونات النبات تؤدي عملها بالارتباط كيميائياً مع مواقع محددة على الغشاء البلازمي تسمى المستقبلات البروتينية. ويمكن أن تؤثر هذه المستقبلات في إظهار أثر الجينات أو نشاط الإنزيمات أو نفاذية الغشاء البلازمي، كما درست سابقاً في هرمونات جسم الإنسان.

**الأكسين Auxin** أول هرمون نباتي تم اكتشافه. وهناك أنواع عديدة منه، غير أن إندول حمض الخليك (الأكسين) من أكثرها دراسة، حيث يُنتج في القمة النامية والبراعم والأوراق الصغيرة والأنسجة الأخرى السريعة النمو. وهو ينتقل عبر النبات من خلية إلى أخرى بواسطة نوع من النقل النشط. وقد قُيِّمت سرعة انتقال **الأكسين** auxin فوجد أنها 1 cm/h، وتنتقل بعض الأكسينات في اللحاء. وينتقل الأكسين في اتجاه واحد فقط، بعيداً عن مكان إنتاجه.

**الربط الكيمياء** يبنه الأكسين استطالة الخلايا. وتشير البحوث إلى أن هذه العملية غير مباشرة في الخلايا الصغيرة، ويشجع كذلك على تدفق أيونات الهيدروجين بواسطة مضخة الهيدروجين من السيتوبلازم إلى جدار الخلية. وهذا يكون وسط أكثر حموضة، مما يضعف الوصلات بين ألياف السيليلوز في الجدار. كما أنه يحفز إنزيمات معينة تساعد على تحليل الجدار الخلوي. ونتيجة لفقدان أيونات الهيدروجين في السيتوبلازم فإن الماء يدخل إلى الخلايا، الشكل 2-8. وينتج عن ضعف جدران الخلايا وزيادة ضغطها الداخلي استطالة الخلية. يختلف تأثير الأكسين في النبات بصورة كبيرة بناءً على تركيزه وموقع عمله.



فمثلاً نجد أن التركيز الذي يشجع نمو الساق يمكن أن يثبط نمو الجذر في بعض النباتات. وتنبه التراكيز المنخفضة من الأكسين عادة استطالة الخلية، في حين قد تسبب التراكيز الأعلى أثراً معاكساً. ووجود هرمونات أخرى يمكن أن يعدّل أثر الأكسين. يسبب وجود الأكسين ظاهرة تسمى سيادة القمة النامية، ويكون فيها نمو النبات غالباً نحو الأعلى، ولا يوجد إلا القليل منه في الفروع الجانبية. فالأكسين الذي تُنتجه القمة النامية يثبط نمو الأغصان الجانبية. إن إزالة القمة النامية للنبات يقلل من كمية الأكسين الموجودة، وهذا يشجع نمو الفروع الجانبية، وبين الشكل 9-2، الفرق الذي تحدثه هذه الإزالة.

تؤثر الأكسينات في تكوين الثمار، وتؤخر سقوطها. وتشير البحوث إلى أن إنتاج الأكسين يتباطأ بزيادة نضج الخلية. فعند نهاية فصل النمو تؤدي قلة كميات الأكسين في الأشجار والشجيرات إلى سقوط الثمار الناضجة إلى الأرض، وسقوط الأوراق قبل الشتاء.

✓ ماذا قرأت؟ قارن كيف يمكن أن تؤثر التراكيز المختلفة للأكسين في النبات؟

**الجبريلينات Gibberellins** تسبب هذه المجموعة من هرمونات النبات والتي تسمى الجبريلينات gibberellins استطالة الخلايا، وتحفز انقسامها، كما تؤثر في نمو البذور. وتنقل الجبريلينات في الأنسجة الوعائية. وتفتقر النباتات القصيرة إلى الجينات المنتجة للجبريلينات أو إلى الجينات المنتجة لمستقبلاتها. وعندما تعالج هذه النباتات بالجبريلينات فإن تلك التي تفتقر إلى الجينات المنتجة للجبريلينات ولكن لديها الجينات المنتجة لمستقبلاتها تزداد طولاً. إن معاملة النبات بالجبريلينات يمكن أن يسبب زيادة في طوله، الشكل 10-2.

**الإثيلين Ethylene** الهرمون الغازي الوحيد المعروف هو الإثيلين ethylene، وهو مركب بسيط مكون من ذرتي كربون وأربع ذرات هيدروجين. ويوجد الإثيلين في الثمار الناضجة والأوراق والأزهار المتساقطة.



تحفز التراكيز العالية من الأكسين

استطالة الخلايا. وتؤثر الأكسينات في

تكوين الثمار وتمنع سقوطها. أما التراكيز

المنخفضة من الأكسين فتسبب سقوط

الثمار عن النباتات



■ الشكل 9-2

العلوية: يثبط الأكسين نمو الأغصان الجانبية. السفلية: تقلل إزالة القمة النامية للنبات من كمية الأكسين، ولذا تنمو الأغصان الجانبية.

■ الشكل 10-2 هذه النباتات ليس لديها جينات لإنتاج الجبريلينات. لكن النبات الذي على اليمين نما عندما تم معالجته بالجبريلينات.

**عالم وظائف أعضاء النبات (فسيولوجيا النبات)** Plant physiologist يدرس مواضيع عديدة، منها كيمياء النباتات وكيف تعمل الهرمونات، يعمل العديد منهم في التعليم والبحث في الجامعات.

ولأن الإثيلين غاز فإنه يمكن أن ينتشر بين الخلايا، كما أنه ينتقل عبر أغشية اللحاء. وعلى الرغم من أن الإثيلين يمكن أن يؤثر في أجزاء أخرى من النبات إلا أن تأثيره الأساسي هو في الثمار في مرحلة النضج. يجعل الإثيلين جدران خلايا الثمار غير الناضجة ضعيفة، ويؤدي إلى تحليل الكربوهيدرات المعقدة فيها إلى سكريات بسيطة. ونتيجة لتعرض الثمار للإثيلين فإنها تصبح طرية أكثر، كما تصبح أكثر حلاوة من الثمار غير الناضجة. ولأن الثمار الناضجة معرضة للإصابة بالكدمات بسهولة في أثناء الشحن فإن المزارعين غالباً يشحنون ثمارهم غير ناضجة، وما أن تصل إلى وجهتها فإنهم يعالجونها بالإثيلين، مما يسرع في نضجها.

**السايتوكاينينات Cytokinins** هرمونات تحفز النمو، يتم إنتاجها في الخلايا السريعة الانقسام. وهي تنتقل إلى الأجزاء الأخرى من النبات عبر أوعية الخشب. تشجع **السايتوكاينينات** cytokinins انقسام الخلايا بتحفيزها على بناء البروتينات الضرورية للانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وحيث إن السايتوكاينينات تزيد معدل النمو فإنها تضاف غالباً إلى الوسط الغذائي المستعمل في زراعة الأنسجة النباتية، وهي تقنية تتم في المختبر لتنمية نباتات من قطع أنسجة نباتية. يؤثر وجود الهرمونات الأخرى، وبخاصة الأكسين، في عمل السايتوكاينينات. فمثلاً ينبه هرمون

يمكن أن تؤثر الهرمونات في نمو النباتات، كما يمكن أن تسبب نضج الثمار

✓ ماذا قرأت؟ صف طريقتين تؤثر بهما الهرمونات في النباتات

## تجربة 2-2

### استقصاء استجابة النبات

كيف تستجيب النباتات للمنبهات الخارجية؟ تحتوي النباتات على

4. ضغ الأصص الثلاثة في مكان مضيء ثم غطي اثنان منهما بالصناديق الكرتونية بحيث يكون الشق في أحد الصندوقين مواجهاً للضوء، واركب الثالث تحت الضوء مباشرة.

5. لاحظ النباتات بعد 24 ساعة من التجربة وسجل ملاحظاتك.

#### التحليل

1. حدّد نوع الهرمون الضروري لتحفيز النباتات على تغيير اتجاه نموها.

2. التفكير الناقد. إذا كررت التجربة مرة أخرى، بحيث عملت شقان في وجهين متقابلين من الصندوق الكرتوني أحدهما باتجاه الضوء، ماذا توقع أن يحدث؟

يجب أن يتم لمس شعيرتين مختلفتين لتحفيز المصيدة على الإغلاق. وتفتح المصيدة خلال ١٢ ساعة تقريباً

2. ازرع بذور السازلاء في ثلاثة أصص، كما منها 4 بذور في الحشرة الحية تبقى تتحرك لتحاول الإفلات، لذا فهي تلمس المزيد من الشعيرات مما يسبب إغلاق أكبر للمصيدة



## استجابات النبات Plant Responses

هل تساءلت يوماً عن سبب نمو أوراق نباتات المنزل الداخلية متجهةً نحو الشبايك أو عن سبب تسلق أغصان شجرة العنب أحد الأعمدة؟ إن هذه الظواهر وأحداثاً كثيرة غيرها - منها نمو الجذور نحو الأسفل، ونمو الساق نحو الأعلى، وإسقاط النباتات لأوراقها، واصطياد أوراق بعض النباتات للحشرات - كلها استجابات من النباتات لبيئاتها.

**استجابة الحركة Nastic responses** إن استجابة النبات التي تسبب الحركة بغض النظر عن اتجاه المنبه تسمى **استجابة الحركة nastic response**. وهذه ليست استجابة نمو، بل هي استجابة مؤقتة، ويمكن تكرارها مرات عديدة.

يشكل انطباق أوراق النبتة أكلة الحشرات (فينوس) مثالاً آخر على استجابات الحركة. وتبين البحوث الحديثة أن هذا ينتج عن حركة الماء في نصف من الورقة الصاعدة. وتسبب الحركة تمدداً غير متساوٍ إلى أن يتغير الشكل المقوس للورقة فجأةً ويطبق المصيدة، كما يعد نمو نبات تباع الشمس وحركته تبعاً لمكان وجود الشمس من الأمثلة على استجابات الحركة.

**استجابات النمو Tropic responses** ماذا تلاحظ على النباتات في الجدول 2-2؟ إنها جميعها أمثلة على استجابات النمو أو الانتحاء. **فالانتحاء tropism** هو نمو النبات استجابةً لمنبه خارجي. فإذا كان نمو النبات نحو المنبه سُمي انتحاءً موجباً، وإذا كان النمو بعيداً عن المنبه سُمي انتحاءً سالباً. وهناك أنواع عديدة من الانتحاء تشمل الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي والانتحاء اللمسي. فالانتحاء الضوئي هو استجابة نمو النبات للضوء، وسببه التوزيع غير المتساوي للأكسين. ويوجد القليل من الأكسين في جانب النبات المعرض للضوء، والكثير منه في الجانب البعيد عن مصدر الضوء. ولأن الأكسين يسبب استطالة الخلايا فإن الخلايا على الجانب البعيد من مصدر الضوء تستطيل، مما يجعل ذلك الجانب من الساق أطول، فتكون النتيجة أن ينحني الساق في اتجاه مصدر الضوء. أما الانتحاء الأرضي فهو استجابة نمو النبات نحو مركز الجاذبية الأرضية. وتُظهر الجذور عادة انتحاءً أرضياً موجباً. إن نمو الجذور إلى أسفل في التربة يساعد على تثبيت النبات، ويجعل الجذور ملازمة للماء والأملاح المعدنية. لكن الساق تظهر انتحاءً أرضياً سالباً عندما تنمو إلى أعلى بعيداً عن مركز الجاذبية الأرضية. وهذا النمو يوزع الأوراق بحيث تتعرض لأكبر كمية من الضوء. وهناك نوع ثالث من الانتحاء في بعض النباتات، ألا وهو الانتحاء اللمسي. وهذا النوع هو استجابة نمو النباتات للمؤثرات الآلية (الميكانيكية)، ومنها ملازمة جسم ما أو مخلوق ما أو حتى الريح. إن الانتحاء اللمسي واضح في النباتات المتسلقة التي تلتف حول أي تركيب قريب منها كشجرة أو سياج.

افتحاء النباتات

الجدول 2-2

الافتحاء	المنبه / الاستجابة	مثال
الانتحاء الضوئي Phototropism	الضوء • النمو نحو مصدر الضوء	
الانتحاء الأرضي Gravitropism	الجاذبية • موجب: نمو نحو الأسفل • سالب: نمو نحو الأعلى	

الهرمونات النباتية هي تلك المواد الكيميائية التي تؤدي إلى تغيرات في النباتات. فيؤدي الجبرلين والسايتوكاينين إلى انقسام الخلية. ويؤدي الأكسين والسايتوكاينين إلى استطالة الخلية. أما الجبرلين فيعمل على نمو البذور، في حين يسبب الإثيلين نضج الثمار

تنتج ثمرة التفاح المتعفنة بسبب زيادة نضجها المزيد من الإثيلين، مما يؤدي إلى زيادة نضج ثمار التفاح حولها فتتلف. وثمار التفاح الزائدة النضج تنتج المزيد من غاز الإثيلين مما يسبب المزيد من التلف والتعفن لباقي ثمار التفاح في الصندوق

التفكير الناقد  
4. صف نموذجاً يبين كيف ينتقل الأكسين من خلية إلى أخرى.  
5. احكم على أساس علمي على المقولة الشائعة "تفاحة متعفنة واحدة تتلف صندوقاً كاملاً".

فهم الأفكار الرئيسية  
1. الفكرة الرئيسة حدد الهرمونات النباتية وصنفها بناءً على تأثيراتها في النباتات.  
2. سمّ ثلاثة أنواع من الانتحاءات في النباتات وصفها.  
3. قارن بين الانتحاءات واستجابات الحركة.

الانتحاء الضوئي هو استجابة نمو النباتات للضوء. الانتحاء الأرضي هو استجابة نمو النباتات للجاذبية الأرضية. الانتحاء الميكانيكي هو استجابة نمو النباتات للمس

الانتحاءات هي استجابة في النباتات تعتمد على اتجاه المنبه. أما استجابة الحركة فهي استجابة في النبات لا تعتمد على اتجاه المنبه

## النباتات ودفاعاتها Plants and their defenses



عندما تتغذى يرقة الفراشة (اليسروع) على النبات فإن لعاب البرقة يجعل النبات يفرز مواد كيميائية في الهواء تجذب نوع من الدبابير المتطفل - وهو مفترس ليرقة الحشرة.

وقد أكدت الدراسات أن المواد الكيميائية المستعملة في الإشارة ليست محزونة في النبات السليم. ولكن النباتات تطلق الإشارات الكيميائية بمجرد البدء بقضهما، كما أنها تحررها بكمية أكبر في الوقت الذي يكون فيه الأعداء الطبيعيون أكثر نشاطاً. علماً بأن آكلات الأعشاب المختلفة تطلق أيضاً إشارات كيميائية مختلفة. وعلى الرغم من أن التقدم في التقنيات الكيميائية والتقنيات الحيوية قد سارع في اكتشاف إشارات النباتات الطبيعية التي قد تساعد على حماية المحاصيل إلا أن الدليل يبين أن الإشارات الكيميائية قد تساعد المفترس أكل الأعشاب على اكتشاف الغذاء أيضاً.

### الكتابة في علم الأحياء

إعلان تصوّر أنك طورت مبيدًا حشريًا جديدًا فعالاً لمقاومة الآفات يستعمل دفاعات النباتات الطبيعية. اكتب إعلانًا تصف فيه المنتج، وكيف يختلف عن المنتجات الأخرى المتوفرة؟ وكيف يمنع نمو الآفات المقاومة؟

عندما تفكر في السلسلة الغذائية قد يتبادر إلى ذهنك صورة مفترس يطارد فريسة ويقبض عليها. لكن النباتات مستقرة وجالسة، وهي لا تستطيع الهرب من أكل الأعشاب. فهل تدافع النباتات عن نفسها ضد المفترسات؟ إن فهم الدفاعات الكيميائية للنباتات يساعد الإنسان على ابتكار استراتيجيات لحماية المحاصيل والنباتات الأخرى.

**دافع أو مت** وهب الله سبحانه وتعالى بعض النباتات كيافات متنوعة، منها الشعيرات، والأشواك المختلفة الحجم على بشرتها لردع المفترسات. ولبعضها الآخر ترسبات من السليكا داخل أوراقها تجعلها صعبة القضم، وقد تتلف أسنان المفترس. تفرز عديد من النباتات مركبات ثانوية ليست مهمة في أيض النبات، بعض هذه المركبات قد تكون مّرة الطعم أو سامة للمفترس، وبعضها الآخر قد يؤثر في هضم المفترس أو نموه أو تكاثره. وقد اكتشف الباحثون عام 2005 م أن جذور نوع من الملفوف تنتج مواد تحمي النبات بقتلها أنواعاً عديدة من البكتيريا في التربة.

**هل هي حشرة أم لا؟** من المعروف أن النباتات تميز بين هجوم حشرة وأنواع أخرى من التلف في أجزائها، ولها التقييم بوساطة المزراع. بعض النباتات تستجيب لمواد كيميائية معينة في لعاب الحشرة. فقد وجد مجموعة من علماء الكيمياء الحيوية أنه عندما تقضم حشرة أوراق نبات ما تنتشر إشارة كيميائية في جسم النبات كاملاً. وهذه الإشارة تحفز زيادة إنتاج مادة سامة في أوراق النبات جميعها، وليس في الورقة التي قُضمت فحسب.

**طلب النجدة** عندما تهاجم آكلات الأعشاب بعض النباتات، يطلق النبات إشارات كيميائية (روائح مثلاً) تجذب الأعداء الطبيعيين لأكل الأعشاب هذا. فبعض النباتات مثلاً - في الصورة - يرشد بعض أنواع الدبابير المتطفلة إلى يرقة الفراشة (اليسروع) التي قُضمت أوراقه.



## الإنترنت: كيف تستجيب النباتات القزمة للجبريلينات؟

**الخلفية النظرية:** تفتقر بعض النباتات القزمة إلى 6. صمّم جدولاً لتسجيل بيانات التجربة.

أن تبدأ العمل.  
وجهاز بياناتك

**يؤدي حمض الجبريليك إلى نمو النباتات بشكل أطول إذا كان لديها مستقبلات الجبريلين**

جين إنتاج الجبريلين، وبعضها الجبريلين. ستصمم في هذا المختبر يمكن أن تغير نمط نمو بادرار حمض الجبريليك (شكل من أشكال

**سؤال:** هل تستطيع استعمال الجبريلينات لتغيير نمو نباتات البازلاء القزمة؟

### المواد والأدوات

10. سجل قياساتك وملاحظاتك عن النباتات في جدول البيانات.

11. مثل بياناً بيانات كل من المجموعتين التجريبية والضابطة.

12. التنظيف والتخلص من الفضلات أعد حمض الجبريليك غير المستعمل إلى معلمك للتخلص منه. وفرغ زجاجات الرش جيداً واغسلها بالماء. تخلص من أعواد القطن بطرحها في سلة النفايات، وتخلص أيضاً من النباتات حسب إرشادات المعلم.

### حلّ ثم استنتج

1. حلّ الرسم البياني الخاص بك، وحدّد تأثير حمض الجبريليك في النباتات القزمة.

2. كون فرضية بناءً على نتائجك، واشرح سبب تقزم نباتات البازلاء.

3. التفكير الناقد. لماذا يُعدّ التغير الوراثي - ومنه ذلك الذي يجعل نباتات البازلاء لا تُنتج الجبريلينات - مشكلةً للنباتات في البيئات الطبيعية؟

4. تحليل الخطأ. ما الذي تعتقد أنه حدث في تجربتك وجعل نتائجك غير دقيقة؟ وكيف يمكن أن تغير من خطوات عملك؟

### شارك بياناتك

مراجعة قارن رسوماتك البيانية برسوم الطلبة الآخرين الذين أكملوا هذه التجربة.

**يؤدي حمض الجبريليك إلى نمو النباتات بشكل أطول إذا كان لديها مستقبلات الجبريلين**

**لا تنتج النباتات كمية كافية من حمض الجبريليك**

**قد لا تكون النباتات قادرة على النمو على نحو أطول لتنافس النباتات الأخرى على ضوء الشمس**

**تطايير في جزيئات السوائل في أثناء رشها وعدم وصولها للنبات**

مجموعاتك التجريبية والضابطة.

5. حدّد طريقة لإضافة حمض الجبريليك إلى النباتات، وقرّر كم مرة ستضيفه.