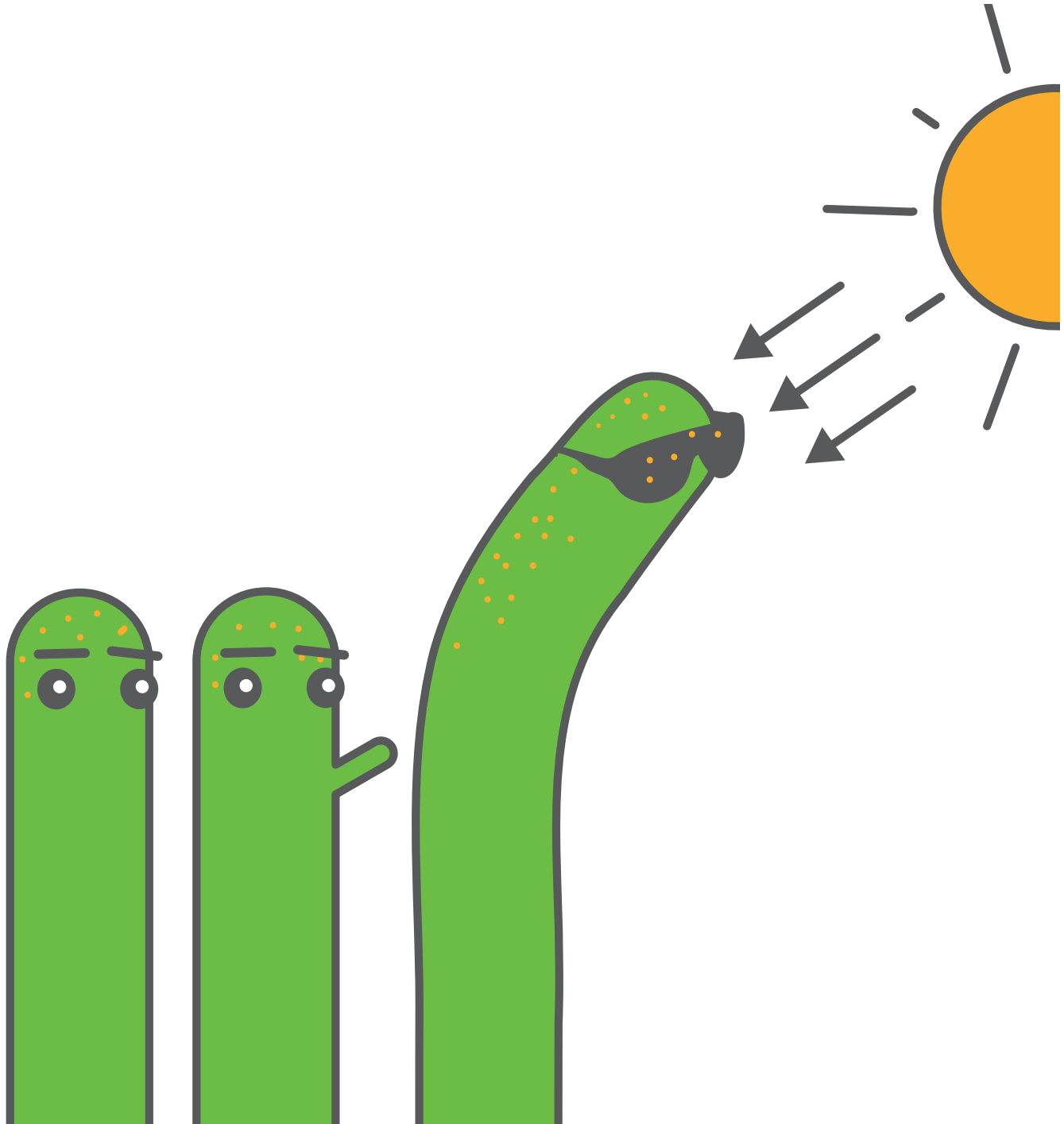


هرمونات النبات

أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- تلخيص دور الأوكسينات في استطالة الخلايا والسيادة القِمِّية، باستخدام إندول حمض الأسيتيك كمثال
- تلخيص دور الجبريلينات في الإنبات واستطالة الساق
- تلخيص دور حمض الأبسيسيك في إغلاق الثغور
- وصف دراسات عملية بسيطة أُجريَت على تأثير الهرمونات على نمو النباتات
- تحليل التجارِب التي أجراها بويسين جنسن وفِنت لبيان تأثير الأوكسينات (إندول حمض الأسيتيك) على الانتحاء الضوئي في السيقان.

دور الهرمونات في التغيُّرات الملحوظة في النباتات

أثناء سيرك في أحد المتنزَّهات خلال فصل الخريف، هل تساءلتَ عن سبب تغيُّر لون أوراق الشجر وتساقُطها؟ أو ربما رأيتَ الفاكهة تنضج وتساءلتَ، كيف يحدُث هذا؟

تلك بعضٌ من التغيُّرات المذهلة التي قد تمرُّ بها النباتات موسميًّا، فضلًا عن التغيُّرات التي قد تمرُّ بها في يوم واحد. تخضع هذه التغيُّرات لتحكُّم هرمونات النبات.

الهرمونات نواقل كيميائية تنتقل إلى جميع أجزاء النبات لمساعدته في الاستجابة إلى المثيرات. المثيرات هى تغيُّرات تحدُث في بيئة الكائن الحي الداخلية والخارجية، ومن شأنها أن تُحدِث تأثيرًا داخل الكائن الحي.

من أمثلة الهرمونات المهمة

- الإيثيلين
- الأوكسينات
- الجبريلينات
- حمض الأبسيسيك

تعريف: الهرمون

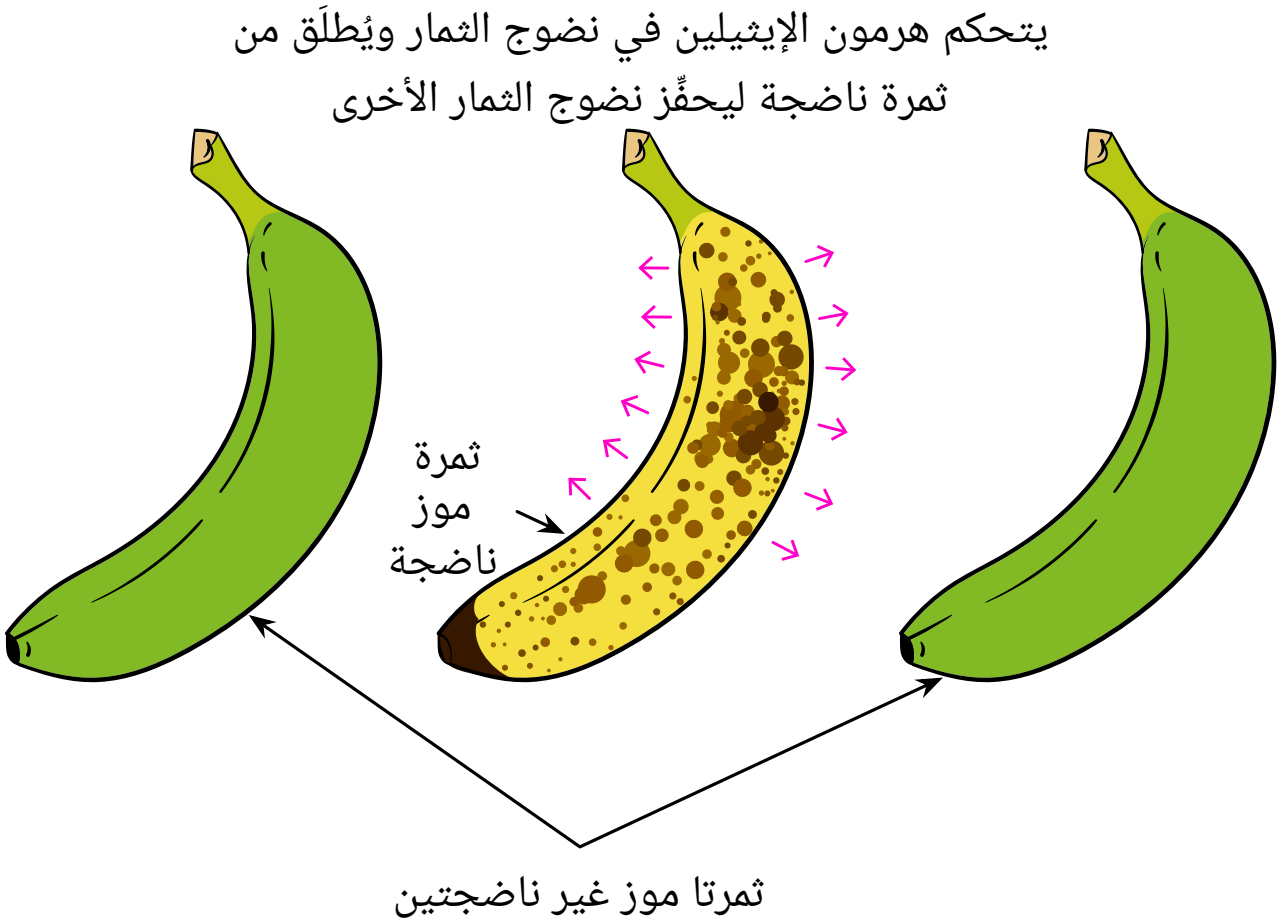
الهرمونات نواقل كيميائية تنتقل في جميع أنحاء جسم الكائن الحي، عادةً من خلال الدم أو أيٍّ وسط ناقل آخر.

الإيثيلين بوصفه هرمونًا نباتيًّا وأهميته

يُسمى الهرمون الذي يتحكم في نضوج الثمار الإيثيلين، وربما لاحظتَ حدوثَ ذلك عند نضوج مجموعة من ثمار الموز.

يُطلَق الإيثيلين أيضًا في صورة غاز بتركيزات أكبر أثناء نضوج ثمار الموز. ويتسبَّب هذا الغاز في نضوج جميع الثمار الأخرى أيضًا، كما يمكنك أن ترى في الشكل المقابل.

ولهذا السبب، إذا أردتَ أن تُنضِج ثمار الموز بسرعة، فكل ما عليك فعله هو إضافة ثمرة موز ناضجة إلى الوعاء، حتى يحث الإيثيلين المنبعث من الثمرة الناضجة على إنضاج بقية الثمار!



مصطلح رئيسي: الإيثيلين (الإيثين)

الإيثيلين هرمون نباتي غازي يحفِّز نضوج الثمار.

هرمون الأوكسين بوصفه هرمونًا نباتيًّا وأهميته

الأوكسينات اسم مجموعة من الهرمونات التي عادةً ما تنتجها الخلايا الموجودة في أطراف سيقان وجذور النباتات.

بمجرد إنتاجها تنتشر الأوكسينات من خلية إلى أخرى لتتمكن من الوصول إلى مختلف أجزاء النبات.

تؤدي الأوكسيناتُ العديدَ من الوظائف المتنوعة في النبات.

- للأوكسينات القدرة على التحكم في استطالة الخلايا والانتحاء.
- للأوكسينات القدرة على الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة.
- يمكن للأوكسينات أن تمنع السقوط المبكِّر للأوراق والثمار.
- يمكن للأوكسينات تحفيز النبات على استخدام الإيثيلين لإنضاج الثمار.
- تؤدي الأوكسينات دورًا في نمو الثمار.

مصطلح رئيسي: الأوكسينات

الأوكسينات هرمونات نباتية تتحكم في استطالة الخلية بالإضافة إلى العديد من الوظائف الأخرى، من بينها الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة واستجابات الانتحاء الضوئي.

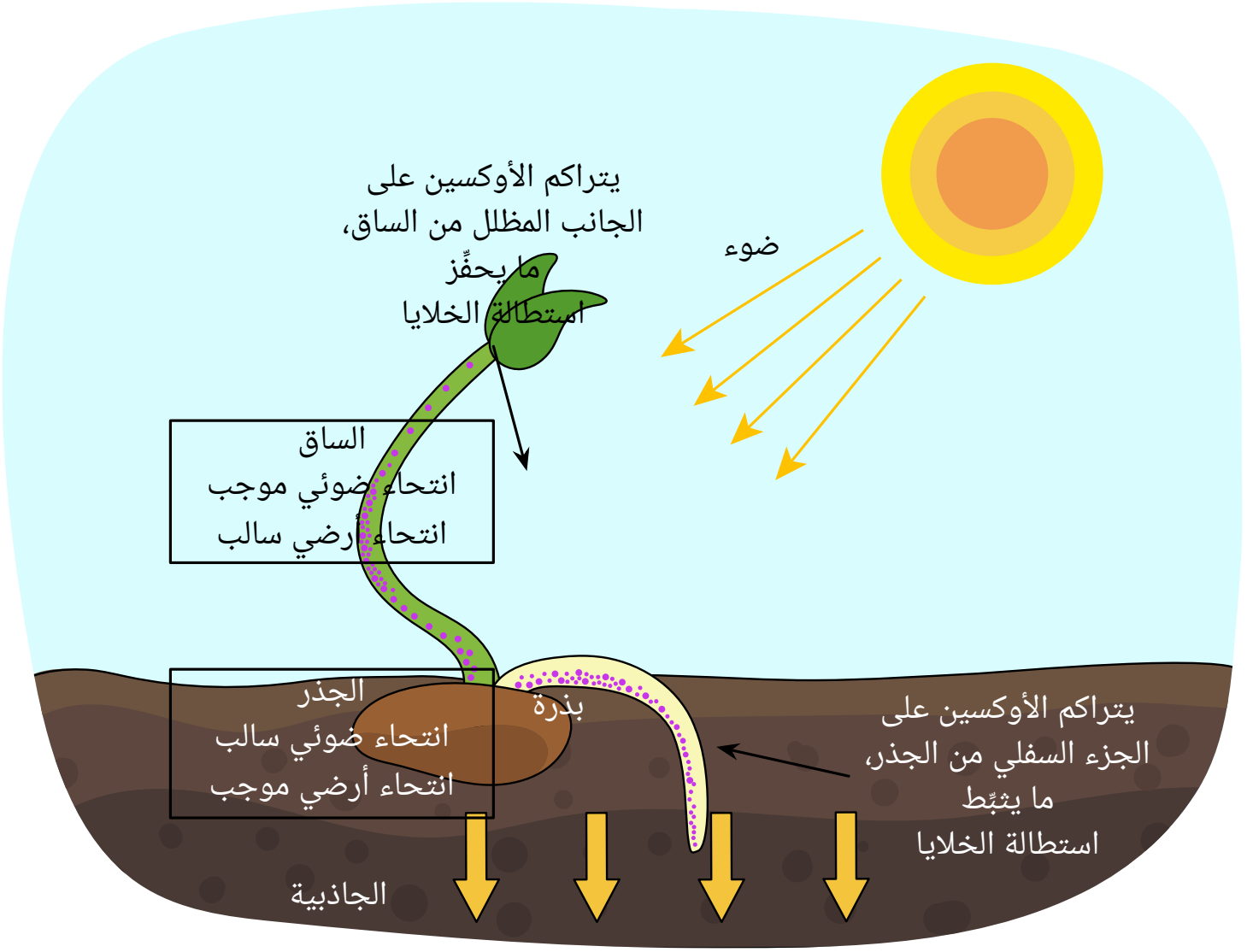
دور الأوكسينات في الانتحاء الضوئي

الانتحاء هو استجابة نمو اتجاهية نحو مثيرٍ ما أو بعيدًا عنه.

من بين الأمثلة على الانتحاء: الانتحاء الضوئي؛ حيث تتحرك أجزاءٌ من النبات نحو الضوء أو بعيدًا عنه.

من بين الأمثلة على الانتحاء الضوئي، التي ربما لاحظتَها، كيف تتحرك النباتات وتنحني ببطء لتتمكن من الوصول إلى المزيد من الضوء.

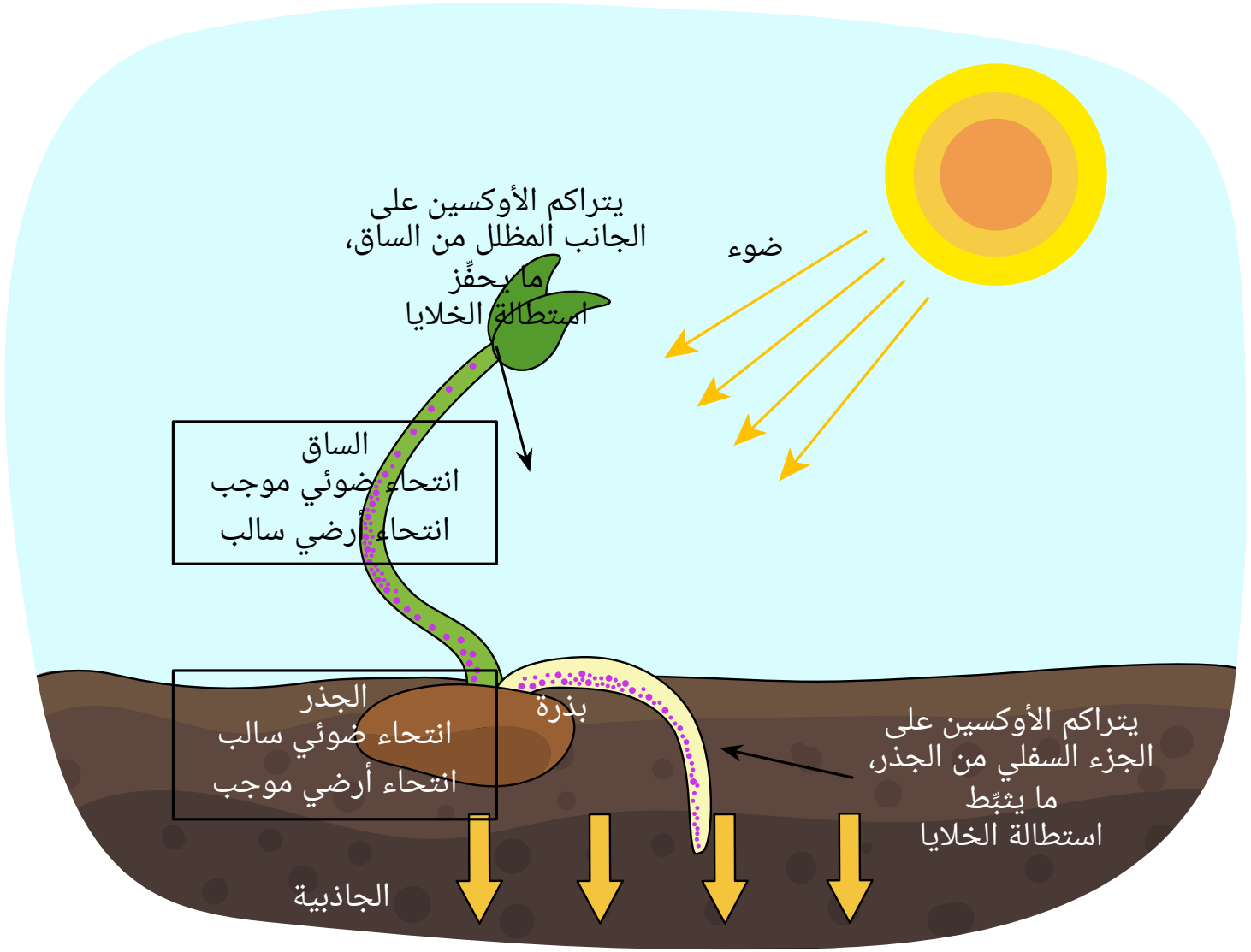
يخضع الانتحاء الضوئي بشكل أساسي لتحكُّم الأوكسينات، وتعمل في السيقان بشكل يختلف عن عملها في الجذور، كما يمكنك أن ترى في الشكل المقابل.



تعريف: الانتحاء

الانتحاء نمو اتجاهي أو استجابة حركية، إما في اتجاهِ مثيرٍ ما وإما بعيدًا عنه.

تظهر الساق انتحاءً ضوئيًّا موجبًا



في سيقان أغلب النباتات، يتراكم الأوكسين على الجانب المظلل من الساق ويحفِّز استطالة الخلايا المظللة.

وبما أن الجانب المواجه للضوء لا يستطيل، يتسبَّب هذا النمو غير المتماثل في انحناء النبات نحو الضوء في عملية تُسمَّى الانتحاء الضوئي الموجب، والذي يمكنك أن تلاحظه في الشكل الموضَّح.

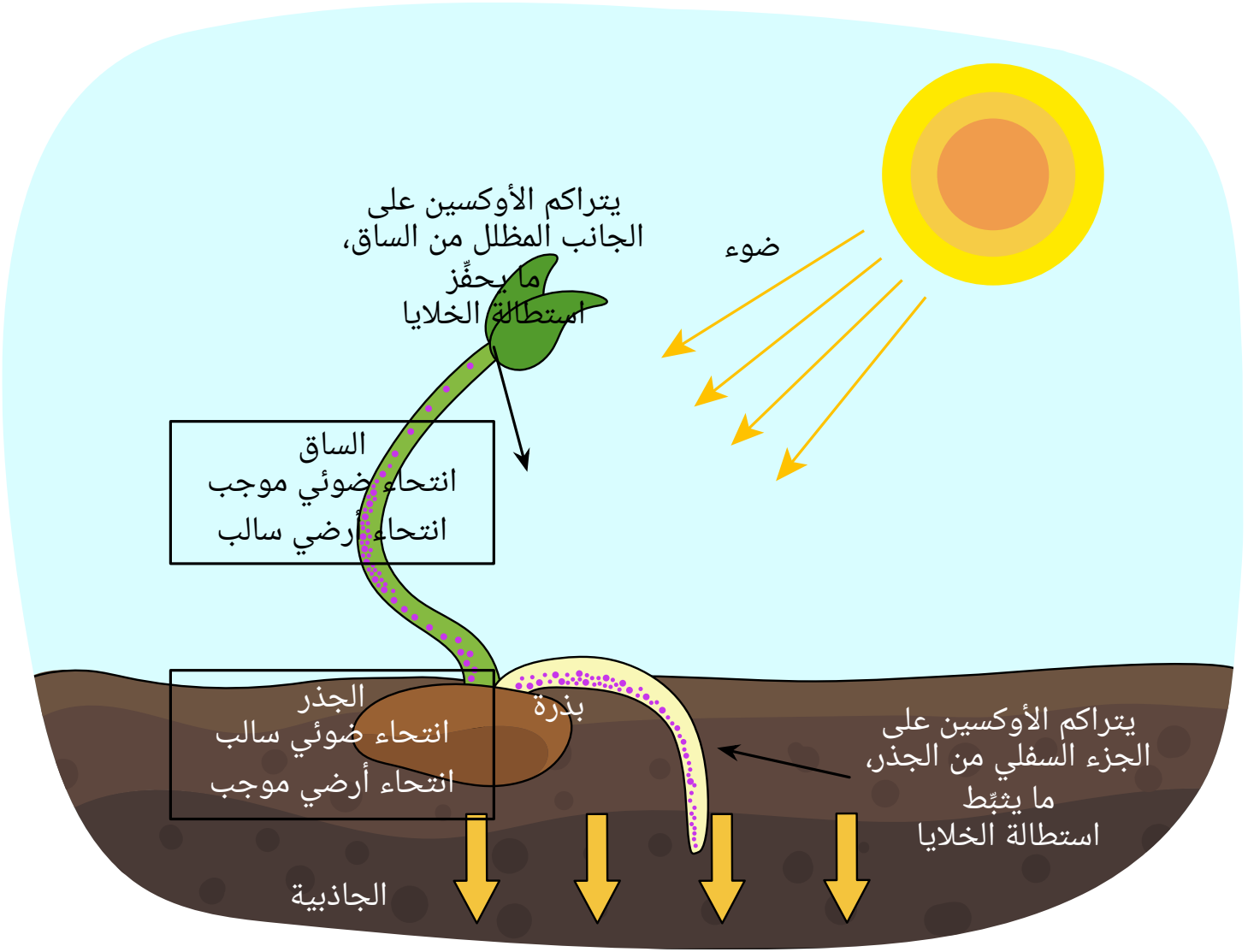
وتفيد هذه الاستجابةُ النباتَ كثيرًا؛ حيث تعني زيادةُ الضوء الداخل إلى السيقان زيادةَ حدوث عملية البناء الضوئي.

تظهر الجذور انتحاءً ضوئيًّا سالبًا

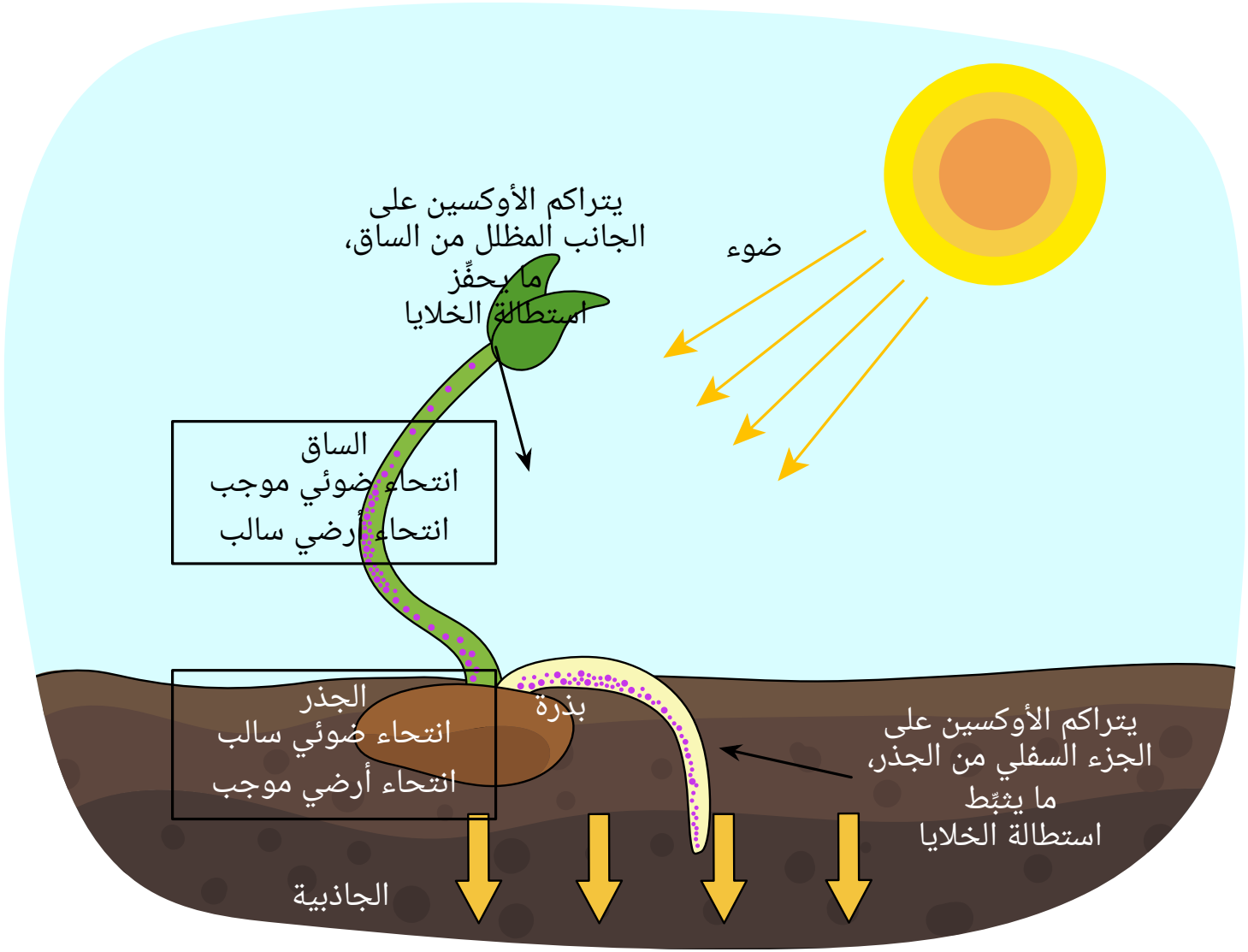
أما في جذور بعض النباتات، فيتراكم الأوكسين على الجزء السفلي من الجذور بعيدًا عن الضوء، كما يمكنك أن ترى في الشكل المقابل.

يمكن أن تحفز التركيزات المنخفضة من الأوكسين، في جذور بعض النباتات نموًا بسيطًا للجذر، وتثبِّط التركيزات العالية من الأوكسين استطالة الخلايا الموجودة في الجزء السفلي من الجذر حيث يتراكم.

تنمو الخلايا عند قمة الجذر بشكل طبيعي، ويعني هذا النموُّ غيرُ المتماثل أن الجذر ينحني بعيدًا عن الضوء الساقط فوقه، أيْ يتحرك لأسفل نحو عمق أكبر في التربة، في عملية تُسمى الانتحاء الضوئي السالب.



تظهر الجذور انتحاءً ضوئيًّا سالبًا وانتحاء أرضيًا موجبًا



خلايا الجذر تكون مدفونة تحت الأرض، وعليه فهي لا تقوم بعملية البناء الضوئي؛ لذا فهي لا تستفيد من النمو نحو مصدر الضوء.

تتمثَّل الوظيفة الرئيسية للجذر في امتصاص الماء والأيونات المعدنية، وقد يساعد الانتحاء الضوئي السالب الجذور في تحقيق ذلك عن طريق جعْلها تتحرك نحو أعماقٍ أكبر في التربة؛ حيث تزداد احتمالية العثور على المزيد من الماء.

ولكن، من المحتمل أيضًا أن ترجع هذه الاستجابة جزئيًّا إلى الشد نحو الأسفل بسبب قوة الجاذبية الأرضية، وهي عملية تُسمى الانتحاء الأرضي الموجب.

استجابة جذور النباتات للضوء بشكل مختلف

ولكن، من المثير للاهتمام أن الدراسات أثبتت أن جذور النباتات يمكن أن تستجيب للضوء بطرق مختلفة وفقًا لنوع النبات. على سبيل المثال، على الرغم من أن نبات العنكبوت «*Chlorophytum comosum*» لها انتحاء ضوئي سالب، فإن جذور العديد من النباتات لا تُظهر أي استجابات انتحاء ضوئي على الإطلاق.

مثال ١: تحديد منطقة إنتاج الأوكسين

في أيِّ جزء من النبات توجد أعلى تركيزات الأوكسينات؟

أ. في جدار نسيج الخشب
ب. في طرف الساق
ج. في الخلايا الحارسة للثغور
د. في حبوب اللقاح في الأزهار

الحل

الأوكسينات اسم يُطلق على مجموعة من الهرمونات التي تُنتَج في أطراف السيقان والجذور. بمجرد إنتاج هذه الهرمونات، تنتشر الأوكسينات عادةً من خلية إلى أخرى لتصل إلى أجزاء مختلفة من النبات. تؤدي الأوكسيناتُ العديدَ من الوظائف المتنوعة في النبات. وتتمثَّل وظيفة الأوكسينات الرئيسية في التحكُّم في استطالة الخلايا خلال الاستجابات الانتحائية، مثل الانتحاء الضوئي نحو مصدر الضوء في الساق والانتحاء الأرضي في اتجاه الجاذبية في الجذور.

مثال ١ (متابعة)

يحدث أغلب استطالة الخلايا في ساق النبات عند قمة الساق النامية. وهذا لأن هذا الجزء من النبات هو الذي سيسعى للحصول على الضوء للقيام بعملية البناء الضوئي.

أما نسيج الخشب فهو عبارة عن تراكيب ميتة، ولن تحتاج إلى الكثير من الأوكسينات بمجرد تكوُّنها. على الرغم من أن الأوكسين هرمون مهم يوجد في أغلب الخلايا الحية، فإن بعض الخلايا تحتوي على تركيزات أقل من الأوكسين من غيرها.

تحتوي الخلايا الحارسة المحيطة بالثغور على كمية من الأوكسين، لكن ثمة هرمونًا آخر يُسمى حمض الأبسيسيك يوجد في الخلايا الحارسة بتركيزات أكبر من الأوكسين؛ حيث يتحكَّم حمض الأبسيسيك في إغلاق الثغور.

مثال ١ (متابعة)

ويعتمد نمو حبوب اللقاح أيضًا بشكل جزئي على عدم انخفاض تركيزات الأوكسين بصورة بالغة، حيث وُجد أن هذا يتسبَّب في نقص إنتاج حبوب اللقاح. لكن حبوب اللقاح مسئولة عن إخصاب الأمشاج الأنثوية عند التلقيح، ولا تلعب دورًا كبيرًا في استطالة الخلايا. وعليه، مقارنةً بخلايا مثل الخلايا الموجودة عند طرف الساق، تحتوي حبوب اللقاح على تركيزات منخفضة نسبيًّا من الأوكسين.

إذن، الموقع الصحيح الذي يحتوي على أعلى تركيزات الأوكسينات في النبات هو طرف الساق.

دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في استطالة الخلايا

من بين الأمثلة على الأوكسينات إندول-3-حمض الأسيتيك أو إندول حمض الأسيتيك.

تُنتَج هذه الهرمونات غالبًا بواسطة خلايا الأوراق النامية والبرعم العلوي للنبات، والذي يُطلق عليه البرعم القِمِّي. وهي مسئولة عن تحفيز انقسام الخلايا والتحكم في استطالة الخلايا.

تحدُث استطالة الخلايا عندما يحتاج النبات إلى النمو. وقد ينمو النبات أو يتحرك استجابةً لمثيرٍ ما مثل الضوء.

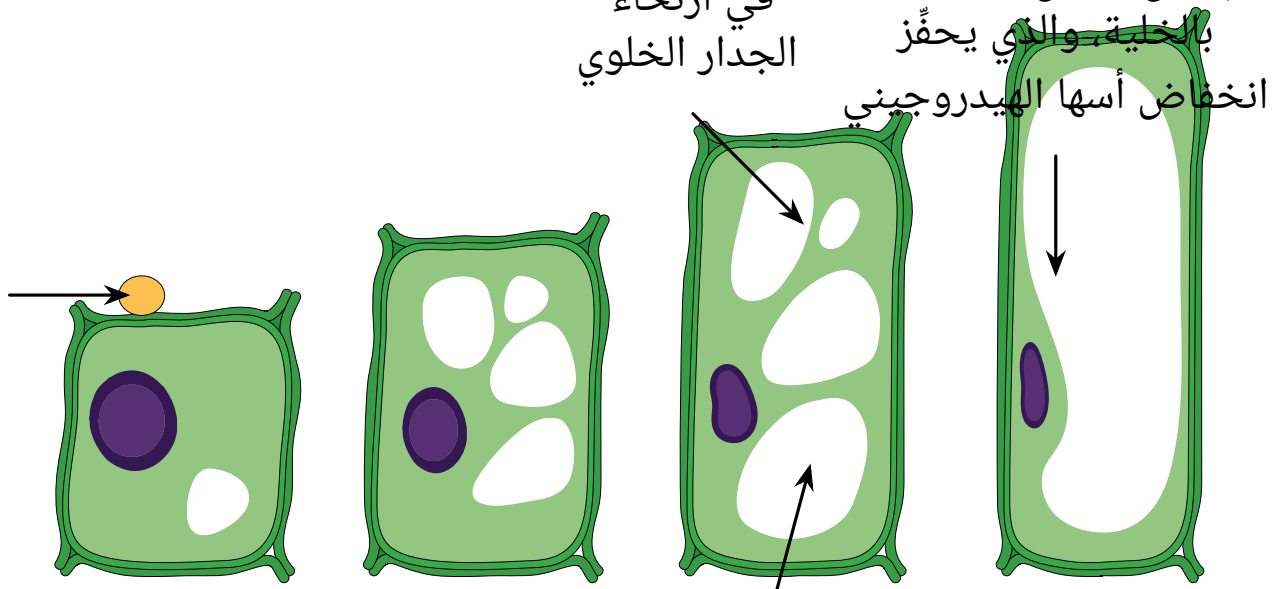
مصطلح رئيسي: إندول حمض الأسيتيك

إندول-3-حمض الأسيتيك أو إندول حمض الأسيتيك هو مثال لأحد الأوكسينات ينتج في خلايا الأوراق النامية للنبات، ويحفِّز انقسام الخلايا واستطالتها.

دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في استطالة الخلايا (متابعة)

دعونا نتناول كيف يمكن تحفيز استطالة الخلايا عند قمة الساق بواسطة الأوكسينات (إندول حمض الأسيتيك).

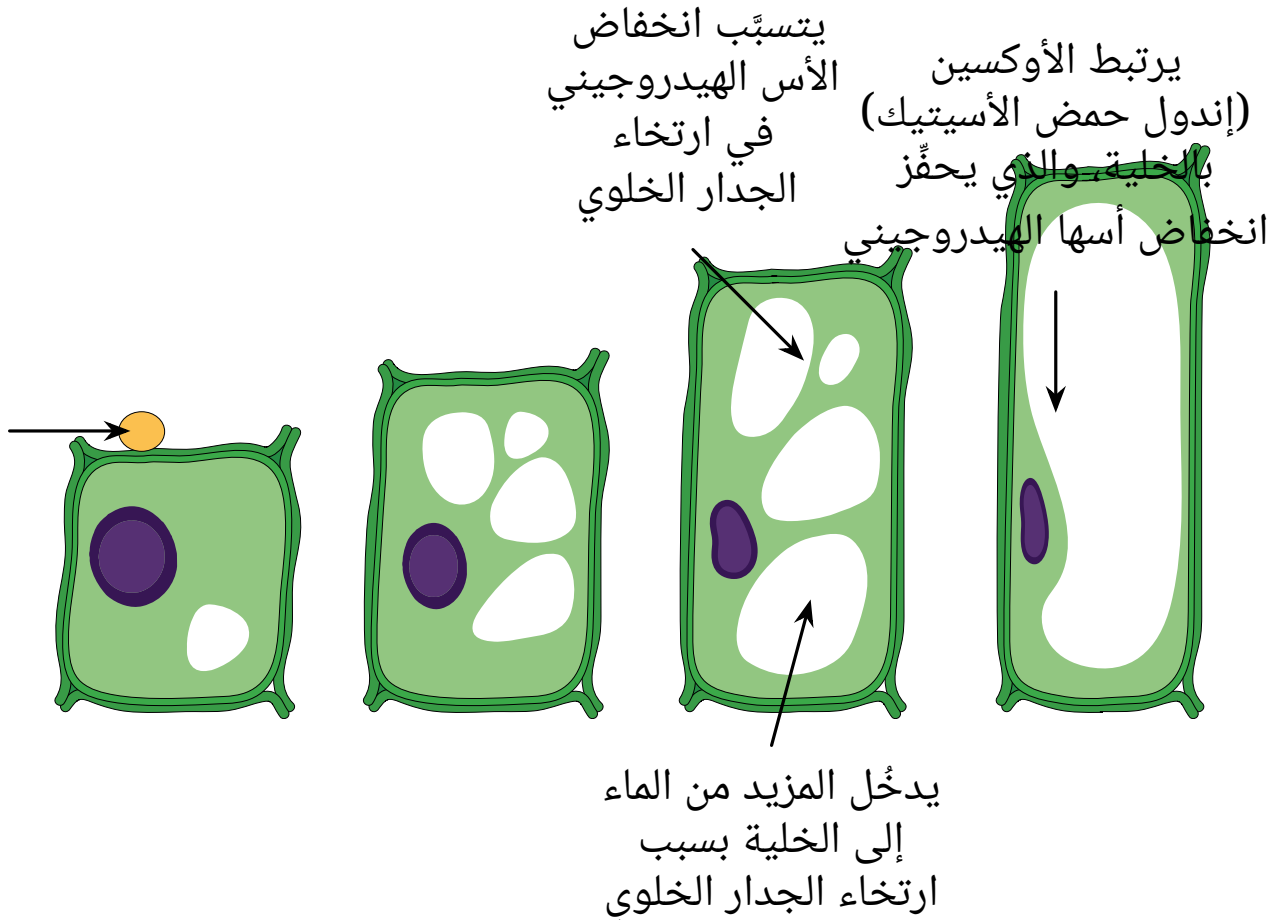
- يُنتَج إندول حمض الأسيتيك بواسطة خلايا البرعم القِمّي، وينتشر إلى أجزاء أخرى من النبات.
- يرتبط إندول حمض الأسيتيك بمستقبلات على الخلايا، ويحفِّز انخفاض الأس الهيدروجيني للخلية.
- تؤدي زيادة حمضية الخلية إلى ارتخاء الجدار الخلوي.



دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في استطالة الخلايا (متابعة)

- ويعني ارتخاءُ الجدار الخلوي دخولَ المزيد من الماء إلى الخلية، حيث يُخزَّن في الفجوات العصارية التي يزداد حجمها وعددها.
- تؤدي زيادة حجم الماء إلى زيادة الضغط الانتفاخي على الجدار المرتخي؛ ما يتسبَّب في تمدُّد الخلية واستطالتها.

يوضِّح الشكل المقابل كيفية حدوث هذه العملية.



دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة

الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) مسئول أيضًا عن الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة. تعني السيادة القِمِّيَّة أن البرعم القِمِّي (ويُطلَق عليه في بعض الأحيان الطرفي) الموجود عند قمة الساق ينمو رأسيًّا نحو الأعلى، في حين يُثبِّط نمو البراعم الجانبية (ويُطلَق عليها في بعض الأحيان الإبطية) على جوانب الساق بصورة غير مباشرة.

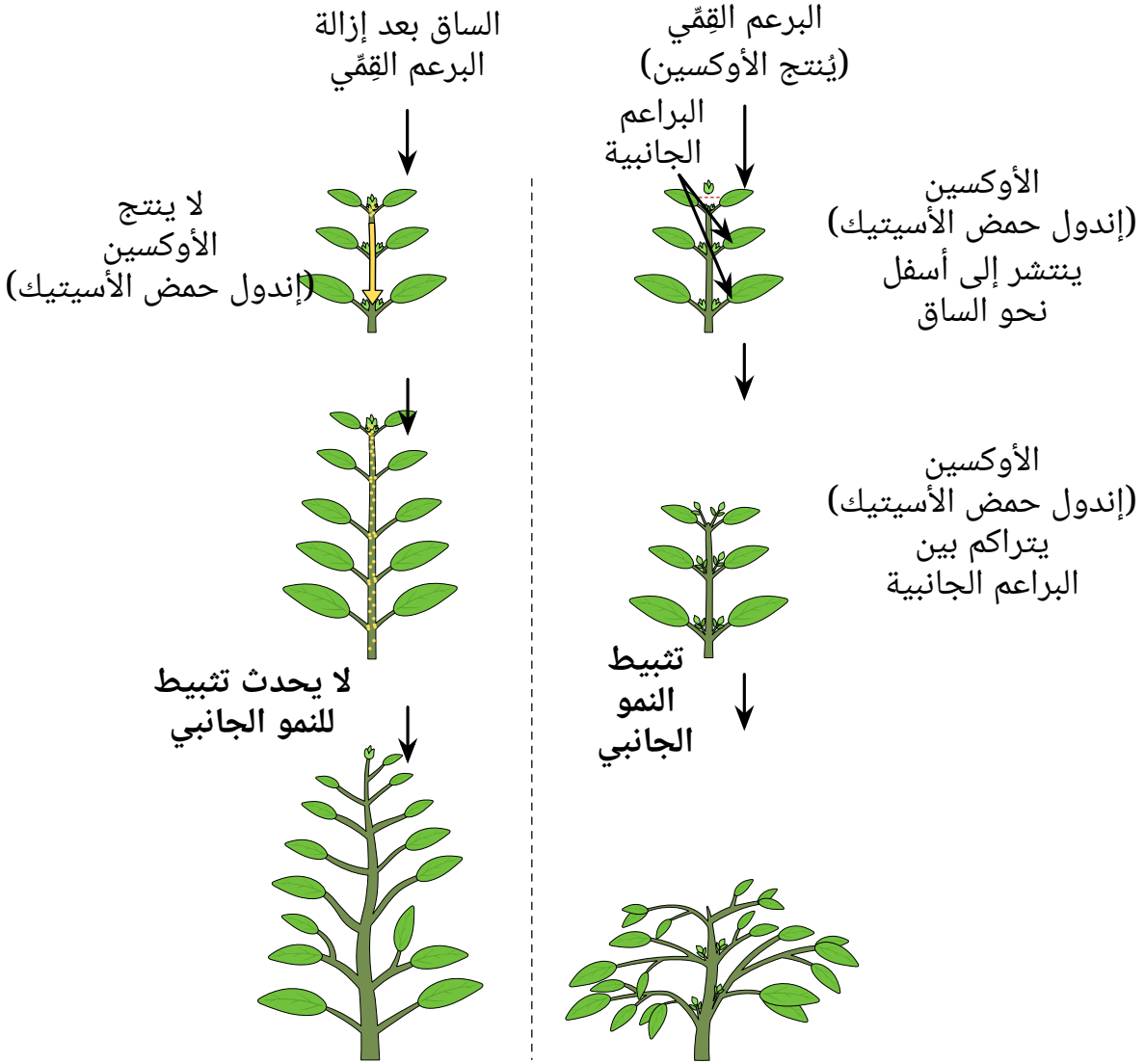
ويُعتقد أن السيادة القِمِّيَّة مفيدة للنباتات التي تتنافس على الوصول إلى أشعة الشمس، خاصةً عندما تعيش النباتات في تربة غنية بالمغذيات.

ففي هذه الظروف، تتنافس النباتات على أقصى امتصاص للضوء بدلًا من أقصى امتصاص للمغذيات؛ حيث تكون المغذيات عالية التركيز في التربة. وعليه، فإن زيادة طولها مقارنةً بالنباتات المحيطة بها من خلال السيادة القِمِّيَّة، ومن ثمَّ الحصول على أكبر قدر من أشعة الشمس لإجراء عملية البناء الضوئي، يمكن أن يكون مفيدًا لاستمرار بقائها ونموها.

دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة (متابعة)

تحقِّق الأوكسيناتُ، مثل إندول حمض الأسيتيك، التي تُنتَج بواسطة البرعم القِمِّي أو الطرفي، السيادةَ القِمِّيَّةَ عن طريق التراكم في العقد بين البراعم الجانبية، كما يمكنك أن تلاحظ في الشكل المقابل.

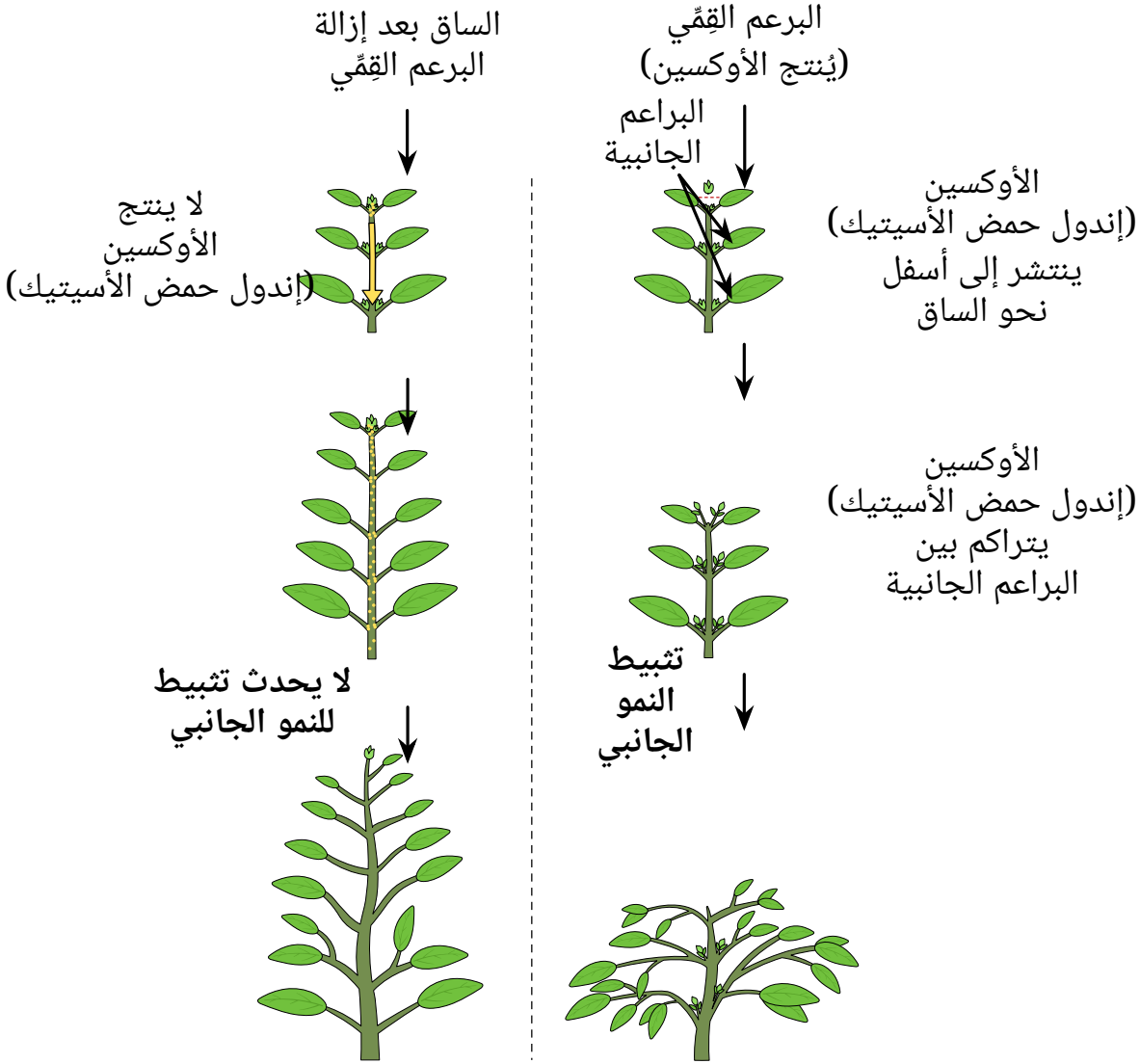
ويؤدي تراكم الأوكسينات إلى تحفيز سكون البراعم الجانبية من خلال تحويل السكريات بعيدًا عن البراعم الجانبية حتى لا تتمكن من النمو. يعني هذا أن أغلب السكريات تُحوَّل إلى البرعم القِمِّي من أجل النمو الرأسي، ما ينتُج عنه السيادة القِمِّيَّة.



دور الأوكسين (إندول حمض الأسيتيك) في الحفاظ على السيادة القِمِّيَّة (متابعة)

يمكننا القول إن البرعم القِمِّي هو المسئول عن إنتاج إندول حمض الأسيتيك: فعند إزالة البرعم القِمِّي، لا يُنتَج إندول حمض الأسيتيك، وتبدأ البراعم الجانبية في النمو، كما يظهر في الجانب الأيسر من الشكل المقابل.

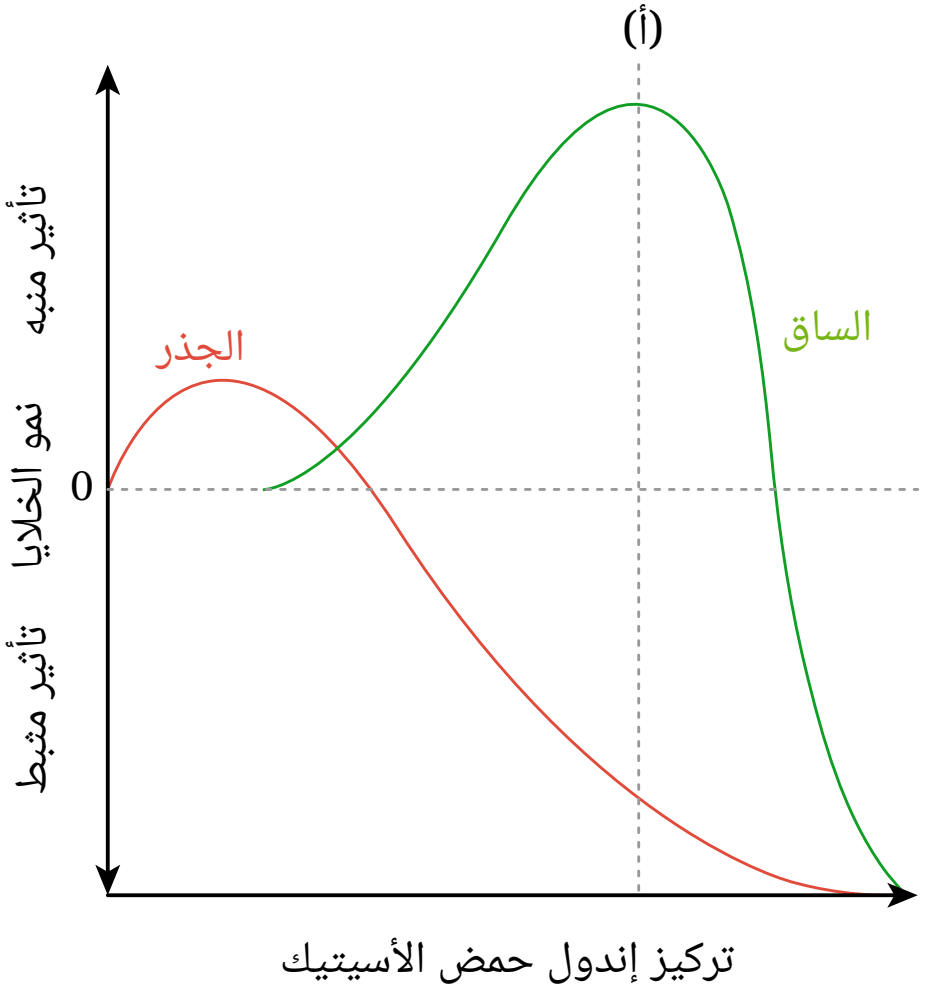
وإذا وضعنا إندول حمض الأسيتيك على الساق المقطوعة، فسيثبَّط نمو البراعم الجانبية مرة أخرى. وهذا يوضِّح أن الأوكسينات مثل إندول حمض الأسيتيك هي المسئولة عن السيادة القِمِّيَّة.



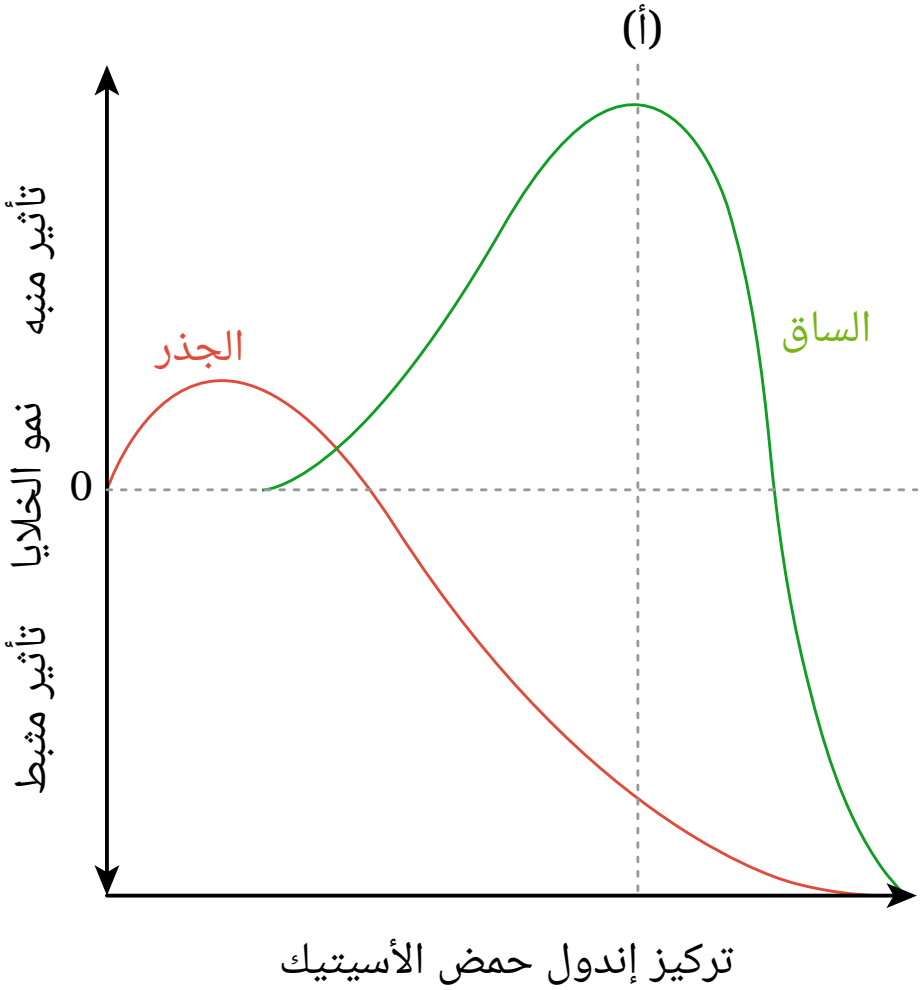
مثال ٢: شرح تثبيط إندول حمض الأسيتيك لنمو الخلايا

يوضِّح التمثيل البياني كيف يتغيَّر تحفيز أو تثبيط نمو الخلايا في جذور وسيقان النبات بزيادة تركيز إندول حمض الأسيتيك.

ما الذي يحدُث في جذر النبات عند النقطة أ؟



مثال ٢ (متابعة)

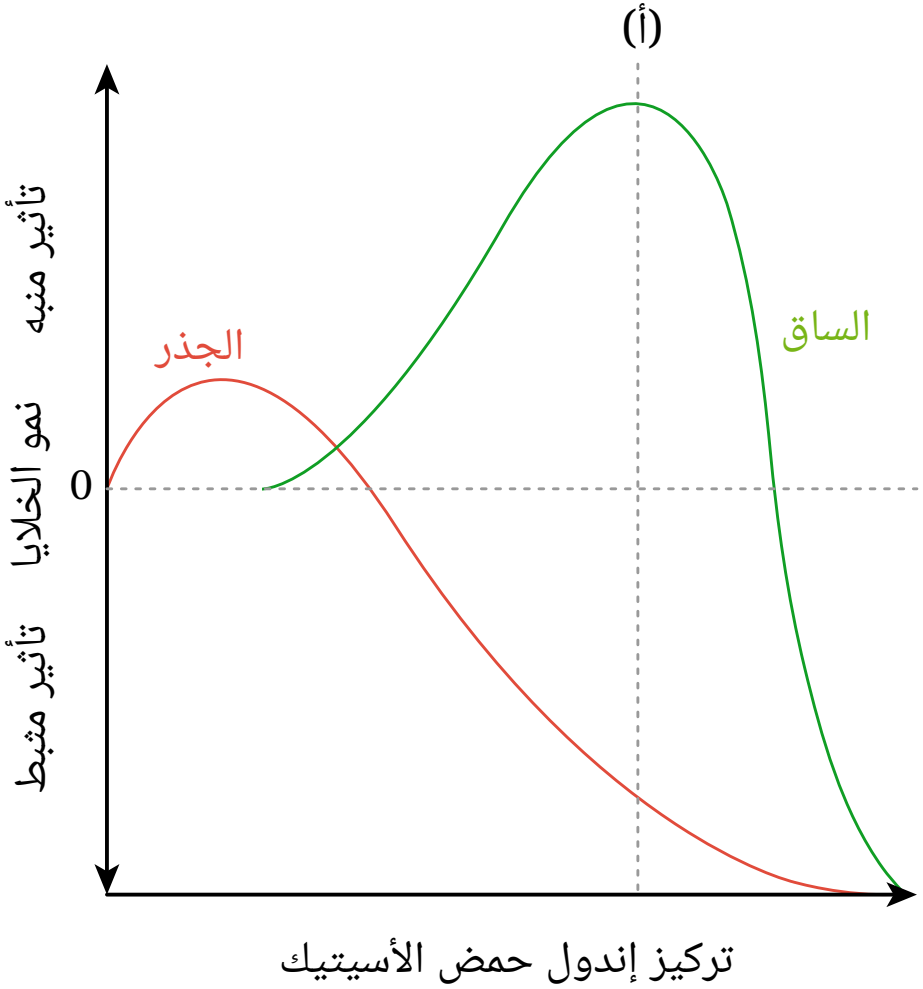


الحل

يُعد إندول حمض الأسيتيك أحد الأمثلة على الأوكسينات. ينتُج هذا الهرمون غالبًا في الأوراق النامية والبرعم العلوي للنبات، والذي يُطلَق عليه البرعم القِمِّي. وهو مسئول عن تحفيز انقسام الخلايا والتحكم في استطالة الخلايا.

عادةً ما تحدُث استطالة الخلايا عندما يحتاج النبات إلى النمو أو الانحناء استجابةً لأحد المثيرات مثل الضوء. تختلف طريقة عمل إندول حمض الأسيتيك في الجذور عنها في السيقان، ويعتمد ذلك أيضًا على التركيز الموجود في كل جزء من النبات، كما يمكنك أن ترى بوضوح في التمثيل البياني.

مثال ٢ (متابعة)



في جذور بعض النباتات، يتراكم إندول حمض الأسيتيك على الجزء السفلي من الجذر بتركيزات كبيرة ويثبِّط استطالة الخلايا. وعليه، تستطيل الخلايا عند قمة الجذر، ويعني هذا النموُّ غيرُ المتماثل أن الجذر ينحني بعيدًا عن الضوء الذي يسقط فوقه، ويتحرك لأسفل نحو أعماقٍ أكبر في التربة، في عملية تُسمى الانتحاء الضوئي السالب. وتُعَدُّ هذه العملية مفيدة للنبات؛ حيث تلعب دورًا في الجذور التي لا تحتاج إلى الضوء لأنها لا تقوم بعملية البناء الضوئي؛ مما يجعلها قادرة على التحرك نحو أعماق أكبر في التربة للوصول إلى المزيد من الماء. فالوظيفة الرئيسية للجذور هي الحصول على الماء والأيونات المعدنية، وتساعدها عملية الانتحاء الضوئي السالب على أداء هذه الوظيفة.

ولكن، مع زيادة تركيزات إندول حمض الأسيتيك، فإنها تثبِّط نمو الجذر عند النقطة أ.

وعليه، عند النقطة أ، يثبِّط إندول حمض الأسيتيك نموَّ الخلايا في الجذر.

دور الجبريلينات وحمض الأبسيسيك في تنظيم إنبات البذور

تتكيف البذور جيدًا لكي تتمكن من البقاء خلال الجفاف والطقس البارد، ويحافظ هرمون يُسمى حمض الأبسيسيك على سكون البذور.

يحافظ حمض الأبسيسيك على السكون من خلال التحكم في امتصاص الماء في الأنسجة الجنينية في البذور.

وعندما تنتهي الظروف القاسية، تقل تركيزات حمض الأبسيسيك في البذرة ويزداد تركيز الجبريلين، وهو هرمون نباتي آخر مسئول عن الإنبات.

يحدُث الإنبات عادةً عندما تتَّسم الظروف المحيطة بالبذرة بالدفء، والرطوبة، وتوفُّر الأكسجين.

ويعني انخفاض تركيز حمض الأبسيسيك أن الماء لم يعُد ممنوعًا عن الدخول إلى الورقة، وعليه يصبح الإنباتُ، أيْ بدءُ نمو النبات من بذرة إلى نبات بالغ، ممكنَ الحدوثِ.

مصطلحات رئيسية: حمض الأبسيسيك وهرمون الجبريلين وإنبات البذور

حمض الأبسيسيك

حمض الأبسيسيك هرمون نباتي مسئول عن تنظيم نمو النبات واستجابات الإجهاد البيئي، مثل تحفيز غلق المسام لمنع فقدان الماء.

الجبريلين (حمض الجبريليك)

الجبريلينات هرمونات نباتية تحفِّز حركة مخازن الكربوهيدرات الغذائية لتسمح بإنبات البذور، كما تلعب دورًا في استطالة الساق.

إنبات البذور

يحدُث إنبات البذور عندما تبدأ البذور في النمو استجابةً للظروف الملائمة مثل الدفء، ووفرة الأكسجين، وتوفُّر الماء في البادرة.

الجبريلين بوصفه هرمونًا نباتيًّا وأهميته

يكسر الجبريلين، أو حمض الجبريليك، سكون البذرة ويحفِّز الإنبات.

وتتمثَّل إحدى وظائف هرمون الجبريلين في تكسير مخازن الغذاء النشوي في إندوسبرم البذرة إلى سكريات بسيطة وأحماض أمينية. وتوفِّر السكرياتُ لِجَنين النبات الموارِدَ اللازمة ليبدأ عملية التنفس وإطلاق الطاقة. وتمكِّن الأحماضُ الأمينية الجنينَ من بناء البروتينات. وتسمح كلٌّ من هذه المواد ببدء نمو الساق والجذور.

وعندما تبلغ الساق طولًا كافيًا لتصبح فوق سطح التربة وتمتص الضوء، يبدأ النبات بإجراء عملية البناء الضوئي ليحصل على الغذاء.

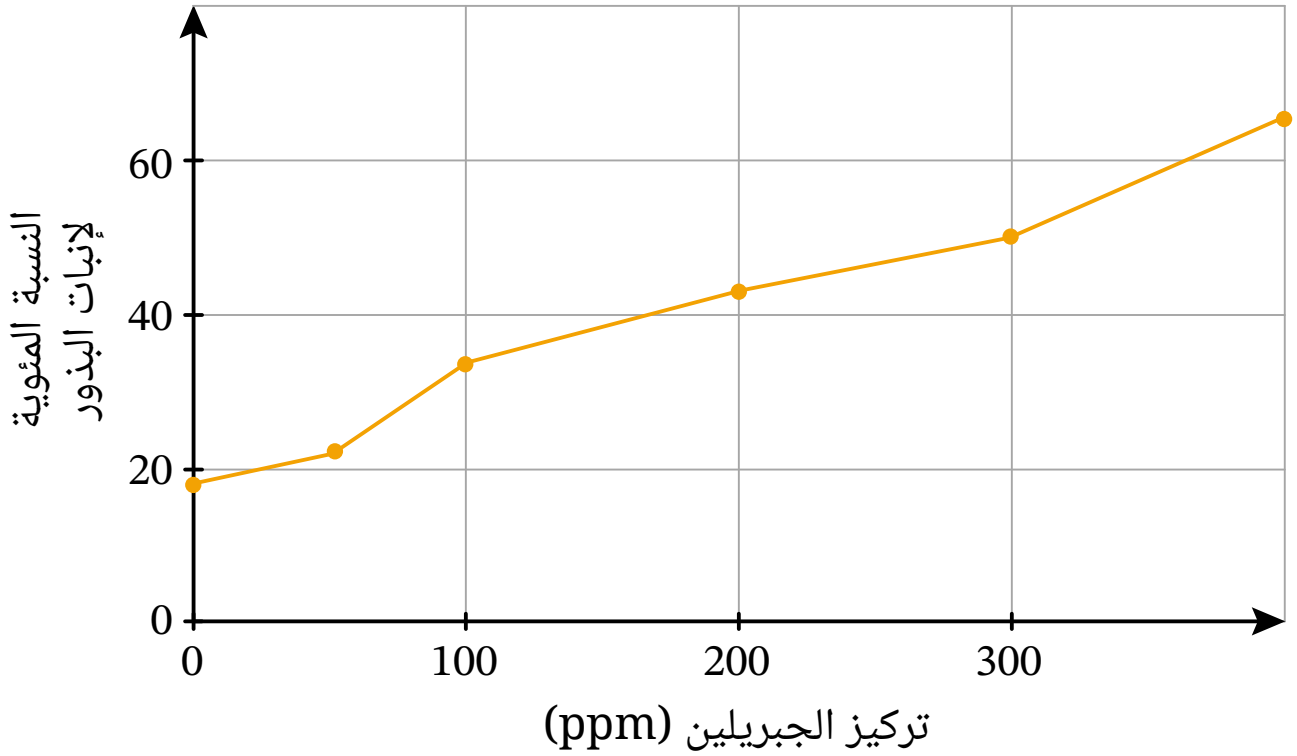
ويستمر دور هرمون الجبريلين خلال حياة النبات بأكملها؛ حيث يحفِّز استطالة الخلايا وانقسامها لكي يصبح النبات أكثر طولًا.

نتيجة نقص الجبريلين في النباتات

يُطلق على بعض النباتات اسم النباتات القزمة؛ لأنها تُنتِج كميات ضئيلة من هرمون الجبريلين بسبب طفرات جينية في التتابعات المسئولة عن الاستجابة لإشارات هرمون الجبريلين أو تخليقه حيويًّا.

وينتُج عن انخفاض تركيزات هرمون الجبريلين نباتات أقصر طولًا. ولكن، إذا عولجت هذه النباتات بالجبريلينات الاصطناعية، تنمو لتصل إلى الطول النموذجي. ولكن، في بعض الحالات، يمكن أن يتسبَّب استخدام هرمون الجبريلين الاصطناعي في نمو النبات لطولٍ يتخطى الطول الطبيعي!

مثال ٣: وصْف تمثيل بياني لتأثير تركيز الجبريلين على الإنبات



يوضِّح التمثيل البياني المُعطى نتائج زراعة بذور في تركيزات مختلفة من الجبريلين. أيٌّ من الآتي يَصِف النمط الموضَّح؟

أ. عندما يزيد تركيز الجبريلين، تزيد النسبة المئوية للبذور التي تنبُت.

ب. عندما يزيد تركيز الجبريلين، تنخفض النسبة المئوية للبذور التي تنبُت.

ج. عندما يزيد تركيز الجبريلين، لا يُوجَد تأثير ملحوظ على النسبة المئوية لإنبات البذور.

مثال ٣ (متابعة)

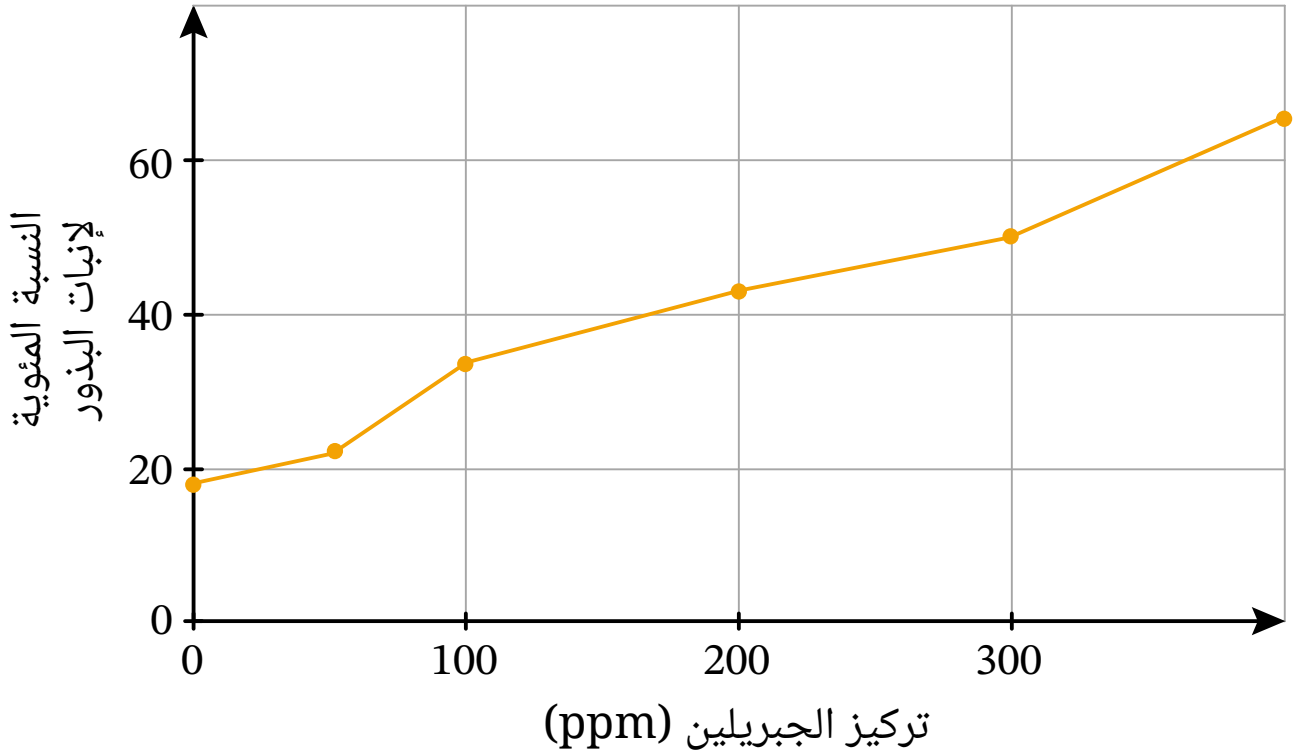
الحل

الجبريلينات هرمونات نباتية مسئولة مسئول عن تحفيز إنبات البذور وتحفيز استطالة الخلايا وانقسامها. تُنتَج الجبريلينات في البداية بواسطة البذور عندما تصبح الظروف ملائمة للنمو: توافر الدفء، والرطوبة، و الأكسجين.

يمكن للجبريلينات أن يكسر سكون البذور ويحفِّز الإنبات. وتتمثَّل إحدى وظائف الجبريلينات في تحفيز إنتاج الإنزيمات التي تكسر مخازن الغذاء النشوي في البذور إلى سكريات بسيطة وأحماض أمينية. تمكِّن هذه السكرياتُ خلايا جنين النبات من البدء في عملية التنفس، وتمكِّنها الأحماضُ الأمينية من إنتاج البروتينات؛ ما يؤدي إلى نمو الساق والجذور.

وعندما تبلغ الساق طولًا كافيًا لتصبح فوق سطح التربة وتمتص الضوء، يبدأ النبات بإجراء عملية البناء الضوئي ليحصل على الغذاء.

مثال ٣ (متابعة)



في هذا التمثيل البياني، يمكنك أن تلاحظ أنه عندما يزداد تركيز الجبريلين من 0 إلى 400 ppm، تزداد أيضًا النسبة المئوية لإنبات البذور من 18% إلى 65% تقريبًا. وهذا يوضِّح أنه كلما زاد تركيز الجبريلين، زادت النسبة المئوية لإنبات البذور.

وعليه، الإجابة الصحيحة هي الخيار أ: عندما يزيد تركيز الجبريلين، تزيد النسبة المئوية للبذور التي تنبُت

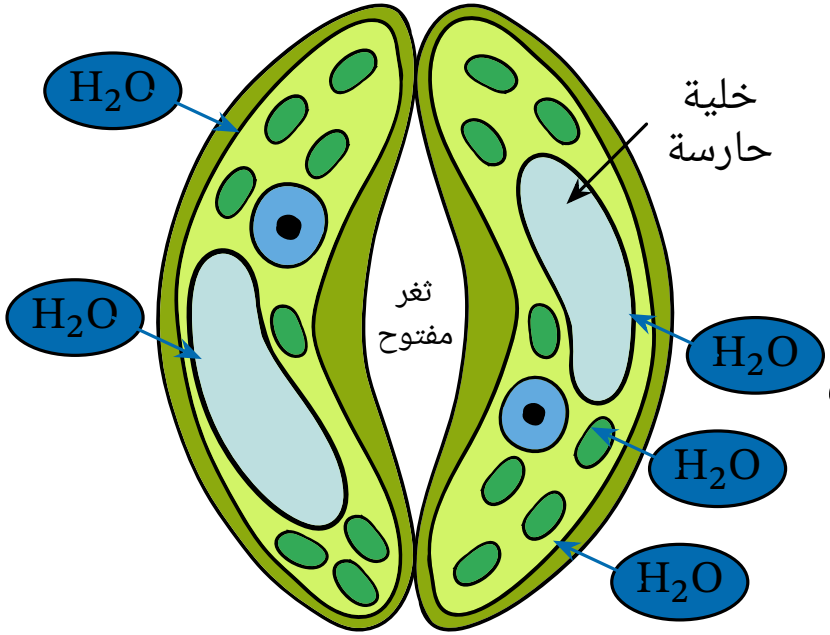
تركيب الثغور وأهميتها في النباتات

الثغور (مفردها ثَغْر) عبارة عن ثقوب صغيرةٍ توجد عادةً على السطح السفلي من الأوراق، وصُممت لتسمح بتبادل الغازات من أجل عملية البناء الضوئي.

وتُحاط الثغور بخلايا حارسة من كل جانب يمكنها أن تفتح الثغور وتغلقها كما هو موضَّح في الشكل المقابل. تُعد تلك العملية ضرورية للغاية؛ حيث يُمكن أن يُفقَد بخار الماء بسهولة عبر الثغور، ويحتاج النبات إلى الاحتفاظ بأكبر كمية ممكنة من الماء لإجراء عملية البناء الضوئي.

في حالة توفُّر الماء

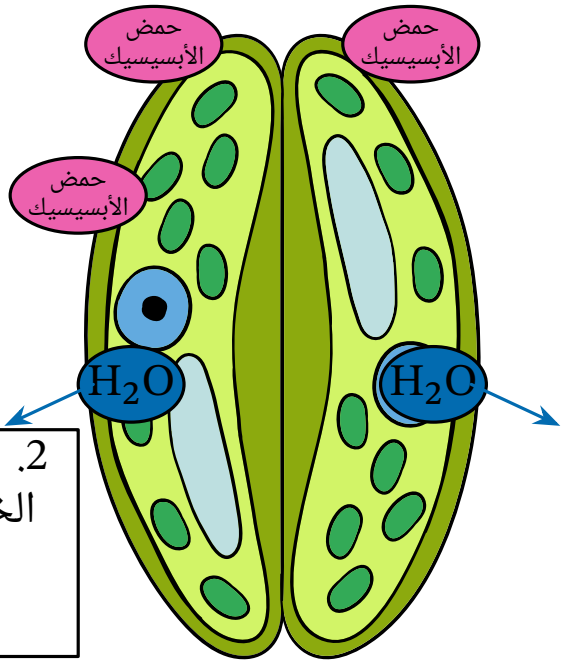
1. يتدفق الماء إلى داخل الخلايا الحارسة ما يجعلها تنتفخ



2. يظل الثغر مفتوحًا، ما يؤدي إلى فقْد بعض من الماء

في حالة نقص الماء

1. يحفِّز حمض الأبسيسيك انغلاق الثغور



2. يخرُج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي

3. ينغلق الثغر ويُحفظ المزيد من الماء

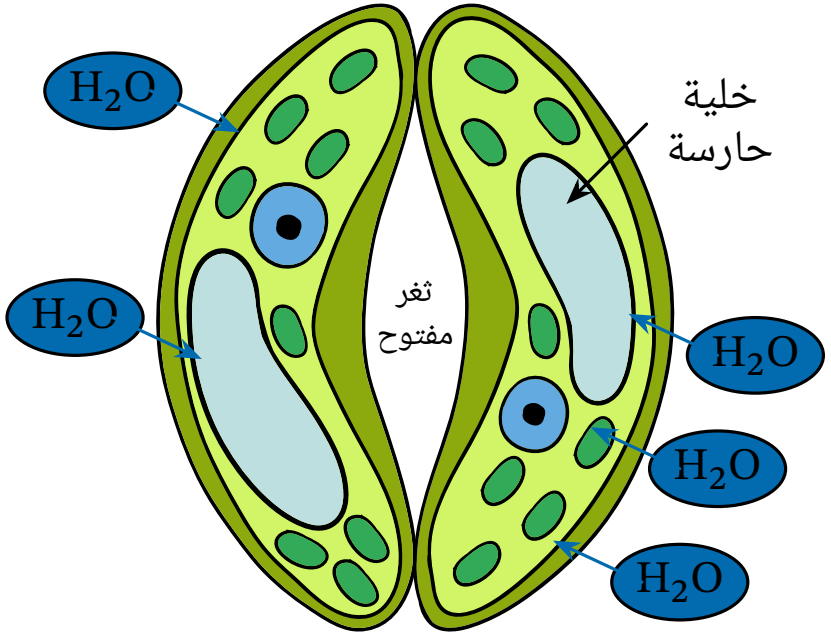
تركيب الثغور وأهميتها في النباتات (متابعة)

وعليه، يتعيَّن على الخلايا الحارسة أن تنظِّم بدقةٍ متى يجب فتح الثغور ومتى يجب أن تُغلق لحفظ الماء.

تُفتح الخلايا الحارسة وتُغلق بحسب انتفاخها. فعندما تكون منتفخة، أيْ مليئة بالماء، يفتح الثغر. وعندما تكون مرتخية، أيْ ليست مليئة بالماء، يُغلق الثغر.

في حالة توفُّر الماء

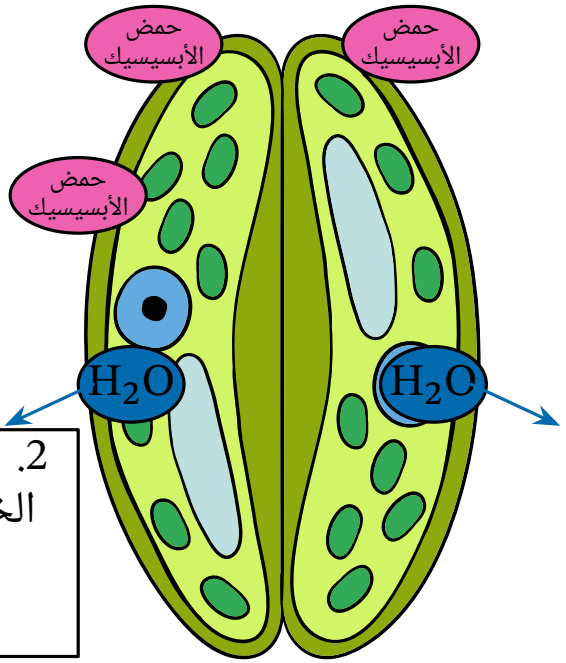
1. يتدفق الماء إلى داخل الخلايا الحارسة ما يجعلها تنتفخ



2. يظل الثغر مفتوحًا، ما يؤدي إلى فقْد بعض من الماء

في حالة نقص الماء

1. يحفِّز حمض الأبسيسيك انغلاق الثغور



2. يخرُج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي

3. ينغلق الثغر ويُحفظ المزيد من الماء

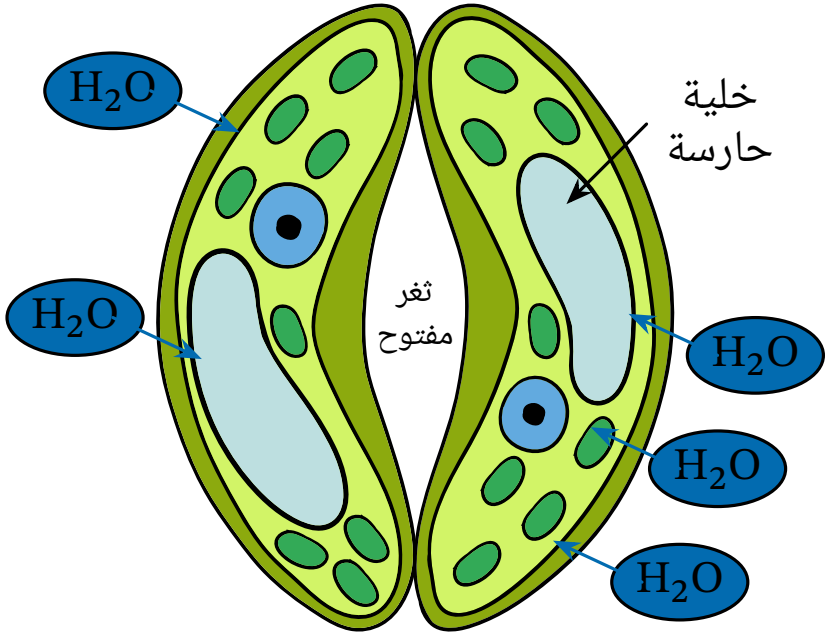
حمض الأبسيسيك بوصفه هرمونًا نباتيًّا وأهميته في تنظيم إغلاق الثغور

يمكن تحفيز انغلاق الثغور بواسطة هرمون يُسمى حمض الأبسيسيك، كما هو موضَّح في الشكل المقابل.

ففي حالة توفُّر الماء، تمتلئ الخلايا الحارسة بالماء وتنتفخ، ومن ثم تُفتح الثغور لإجراء تبادُل الغازات ويُفقد بعض الماء عبْرها.

في حالة توفُّر الماء

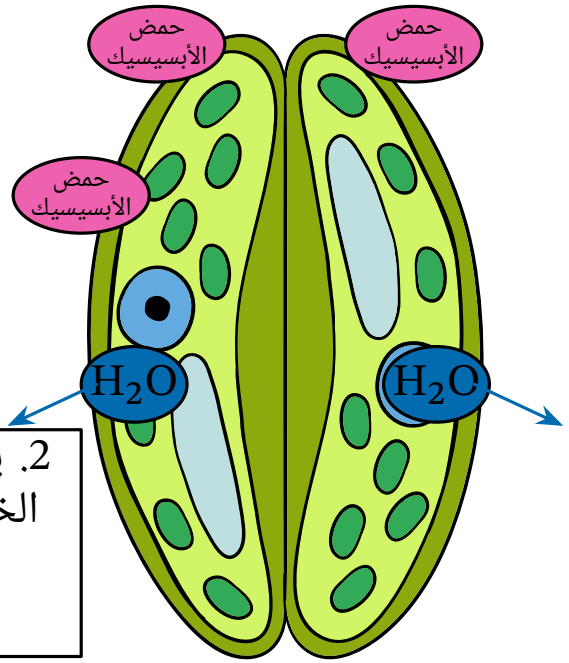
1. يتدفق الماء إلى داخل الخلايا الحارسة ما يجعلها تنتفخ



2. يظل الثغر مفتوحًا، ما يؤدي إلى فقْد بعض من الماء

في حالة نقص الماء

1. يحفِّز حمض الأبسيسيك انغلاق الثغور



2. يخرُج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي

3. ينغلق الثغر ويُحفظ المزيد من الماء

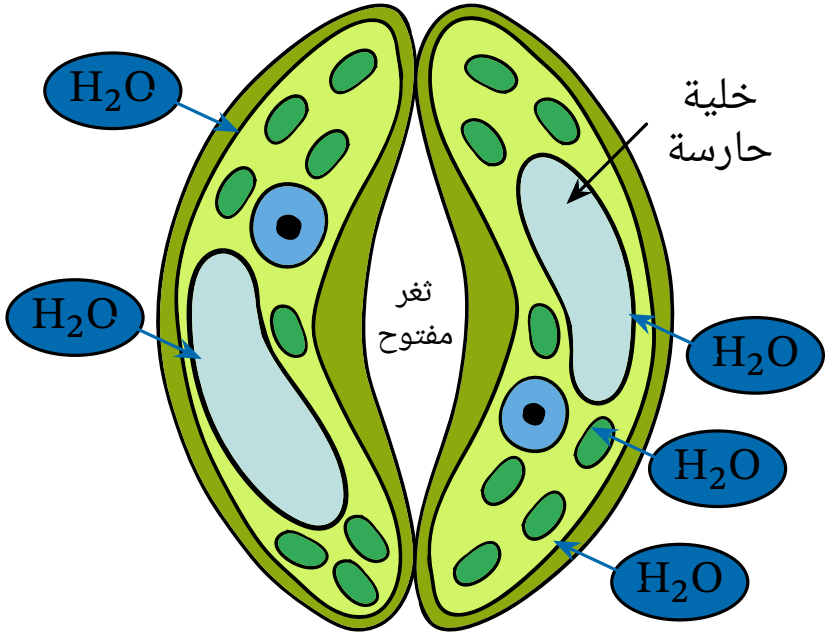
حمض الأبسيسيك بوصفه هرمونًا نباتيًا وأهميته في تنظيم إغلاق الثغور (متابعة)

وفي حالة نقص الماء، يرتبط حمض الأبسيسيك بالمستقبلات الموجودة في الخلايا الحارسة، كما هو موضَّح في الجانب الأيسر من الشكل.

يتسبَّب هذا في خروج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي وتغلق الثغور. وهذا يعني فقدان كمية أقل من الماء من خلال النتح، وحفظ المزيد من الماء في النبات.

في حالة توفُّر الماء

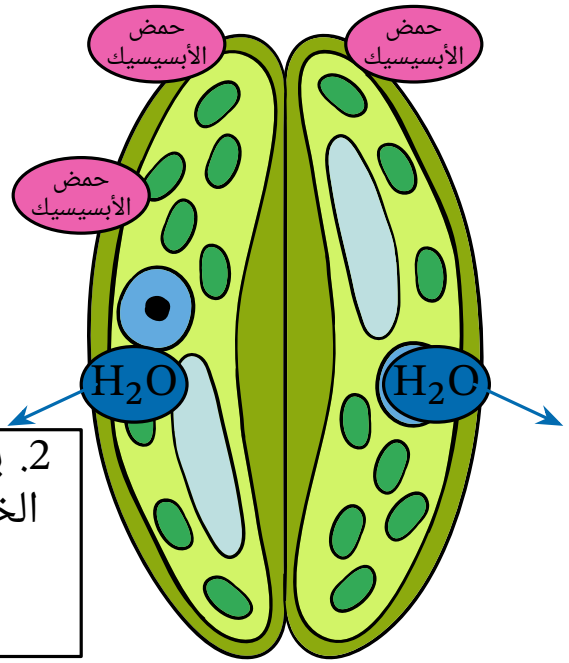
1. يتدفق الماء إلى داخل الخلايا الحارسة ما يجعلها تنتفخ



2. يظل الثغر مفتوحًا، ما يؤدي إلى فقْد بعض من الماء

في حالة نقص الماء

1. يحفِّز حمض الأبسيسيك انغلاق الثغور



2. يخرُج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي

3. ينغلق الثغر ويُحفظ المزيد من الماء

مصطلح رئيسي: إغلاق الثغور

إغلاق الثغور هو استجابة النبات لنقص الماء، فمن خلال إغلاق الثغور، تقل احتمالية فقدان الماء عبر النتح ويُحفظ الماء في النبات.

مثال ٤: التعرف على هرمونات النباتات من مواصفاتها

اذكر الهرمون النباتي الموصوف، بِناءً على المواصفات الموضَّحة.

1. تستحث الهرمونات التي تنتمي إلى هذه المجموعة تكسير مخازن الغذاء في البذرة لتستحث الإنبات.
2. تتحكَّم الهرمونات التي تنتمي إلى هذه المجموعة في استطالة الخلايا استجابةً لمثير ضوئي.
3. يحفِّز هذا الهرمون غلق الثغور.

الحل

الهرمونات نواقل كيميائية تنتقل إلى جميع أجزاء النبات من أجل مساعدته في الاستجابة للمثيرات، وهي التغيُّرات في بيئته الداخلية والخارجية.

مثال ٤ (متابعة)

الجزء الأول

الجبريلينات هرمونات نباتية مسئولة مسئول عن تحفيز إنبات البذور وتحفيز استطالة الخلايا وانقسامها. يُنتَج هرمون الجبريلين في البداية بواسطة البذور عندما تصبح الظروف ملائمة للنمو: توافر الدفء، والرطوبة، والأكسجين. تحفِّز الجبريلينات تكسير مخازن الغذاء النشوي في البذور إلى سكريات بسيطة لحث عملية التنفس في جنين النبات ونمو الساق والجذور. وعندما تبلغ الساق طولًا كافيًا لتصبح فوق سطح التربة وتمتص الضوء، يبدأ النبات بإجراء عملية البناء الضوئي ليحصل على الغذاء.

وعليه، فإن الهرمونات التي تحفِّز بدء تكسير مخازن الغذاء في البذور لبدء الإنبات هي الجبريلينات.

مثال ٤ (متابعة)

الجزء الثاني

الأوكسين هو الاسم الذي يُطلق على مجموعة من الهرمونات التي تنتجها أطراف سيقان وجذور النباتات. بمجرد إنتاج هذه الهرمونات، تنتشر الأوكسينات عادةً من خلية إلى أخرى لتصل إلى أجزاء مختلفة من النبات. تؤدي الأوكسيناتُ العديدَ من الوظائف المتنوعة في النبات. وتتمثَّل وظيفتها الأساسية في التحكم في استطالة الخلايا خلال الاستجابات الانتحائية والحفاظ على السيادة القِمِّيَّة. الاستجابة الانتحائية هي حركة النبات استجابةً لمثيرٍ ما مثل الضوء. لساق النبات انتحاء ضوئي موجب، أيْ تنمو في اتجاه الضوء، أما جذور النباتات فلها انتحاء ضوئي سالب، أيْ تنمو في اتجاه بعيد عن الضوء. يتحكم تركيز وموقع الأوكسينات في هذه الحركة الاتجاهية من خلال استطالة الخلايا استجابةً لمثيرٍ ما.

وعليه، فإن الهرمونات التي تتحكم في استطالة الخلايا استجابةً لمثير الضوء هي الأوكسينات.

مثال ٤ (متابعة)

الجزء الثالث

يتم التحكم في فتح وغلق ثغور النبات بواسطة هرمون يُسمى حمض الأبسيسيك. في حالة نقص الماء، يرتبط حمض الأبسيسيك بمستقبلات الخلايا الحارسة. وهو ما يحفِّز خروج الماء من الخلايا الحارسة؛ ما يجعلها ترتخي وتغلق الثغور. وهذا يعني فقدان كمية أقل من الماء من خلال النتح، وحفظ المزيد من الماء في النبات.

وعليه، فإن الهرمون الذي يحفِّز إغلاق ثغور النبات هو حمض الأبسيسيك.

التجارب التي أجراها العلماء لاكتشاف تأثيرات الهرمونات على استجابات النبات

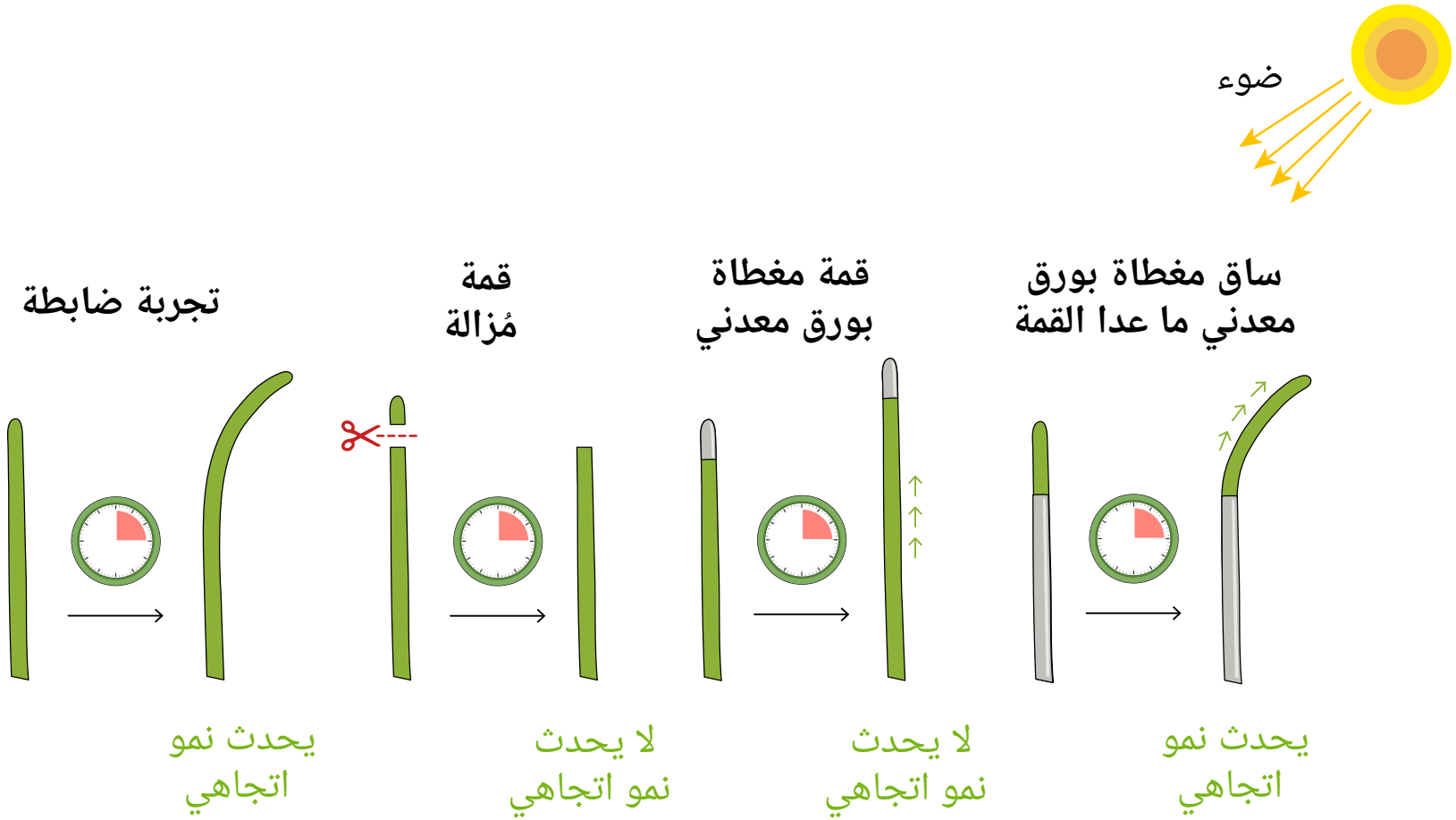
أُجريَ الكثير من التجارب لاكتشاف تأثيرات الهرمونات على استجابات النبات.

ولا تزال التجارب العملية، التي أجراها تشارلز داروين وابنه فرانسيس داروين، والتي بنى على أساسها بويسن-جنسن وَفنت أعمالهما، هي ما يعتمد عليه فهْمُنا لهرمونات النبات حتى يومنا هذا. وهي بسيطة بما يكفي لأن تجريها بنفسك!

تجارب داروين على الانتحاء الضوئي

يوضِّح الشكل المقابل تجارب داروين التي أجراها تشارلز داروين وابنه فرانسيس داروين على الانتحاء الضوئي في الغلاف الورقي، وهو الغلاف الذي يحمي قمة الساق الصغيرة في نبات نجيلي.

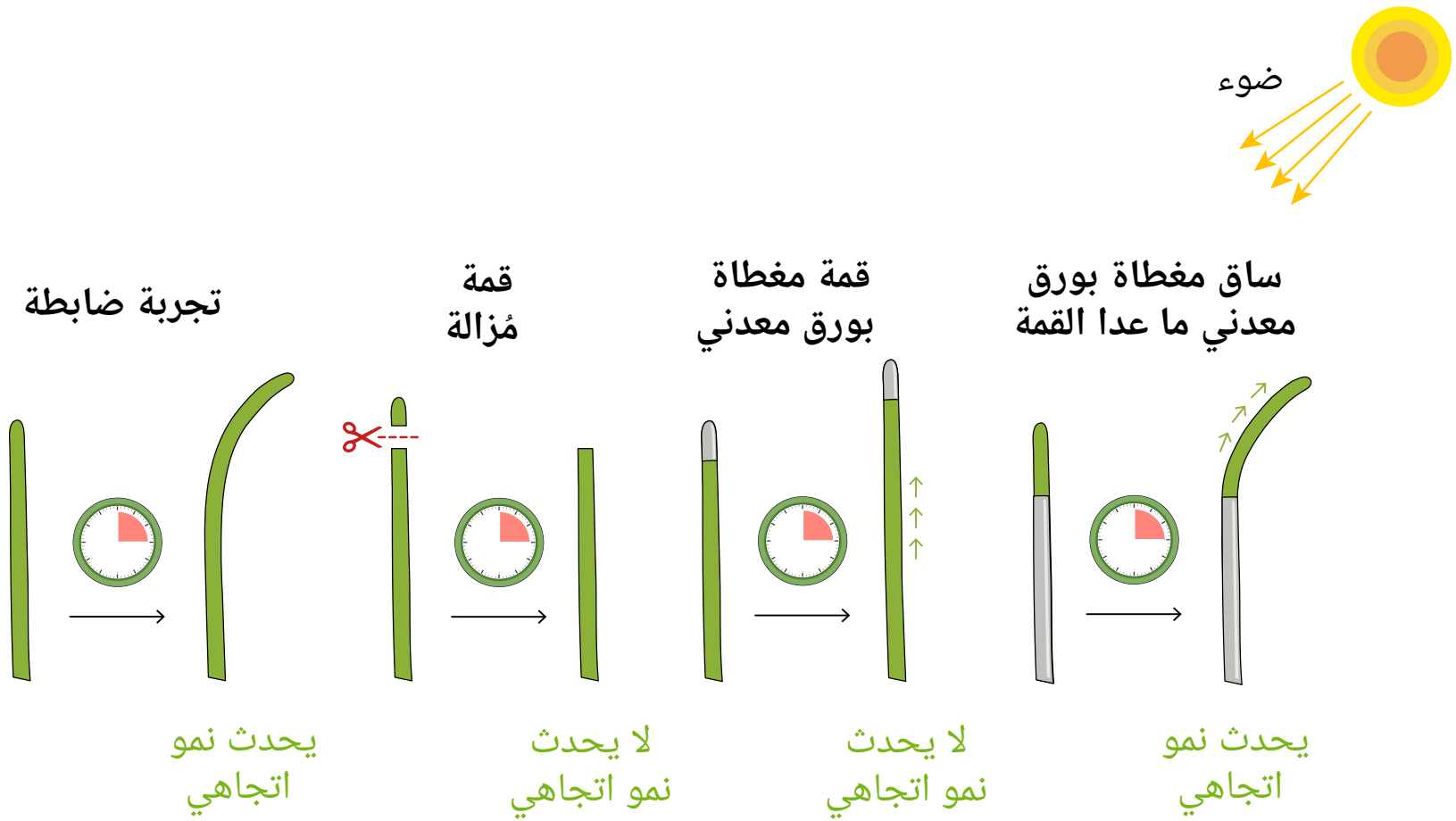
- حيث وجدَا أنه عندما تعرَّضت للضوء من اتجاه واحد فقط، فإنها تنحني نحو الضوء.
- ولكن، عند قطع القمة، لم يُلاحَظ أي نمو اتجاهي للساق.



تجارب داروين على الانتحاء الضوئي (متابعة)

- ولكن، عندما غَطَّيَا القمة بِوَرق معدني، لم تَستجِبْ الساق للضوء.
- وعندما غَطَّيَا بقية أجزاء النبات بالورق المعدني ما عدا القمة، واصَلَ النبات نُموَّه في اتجاه الضوء.

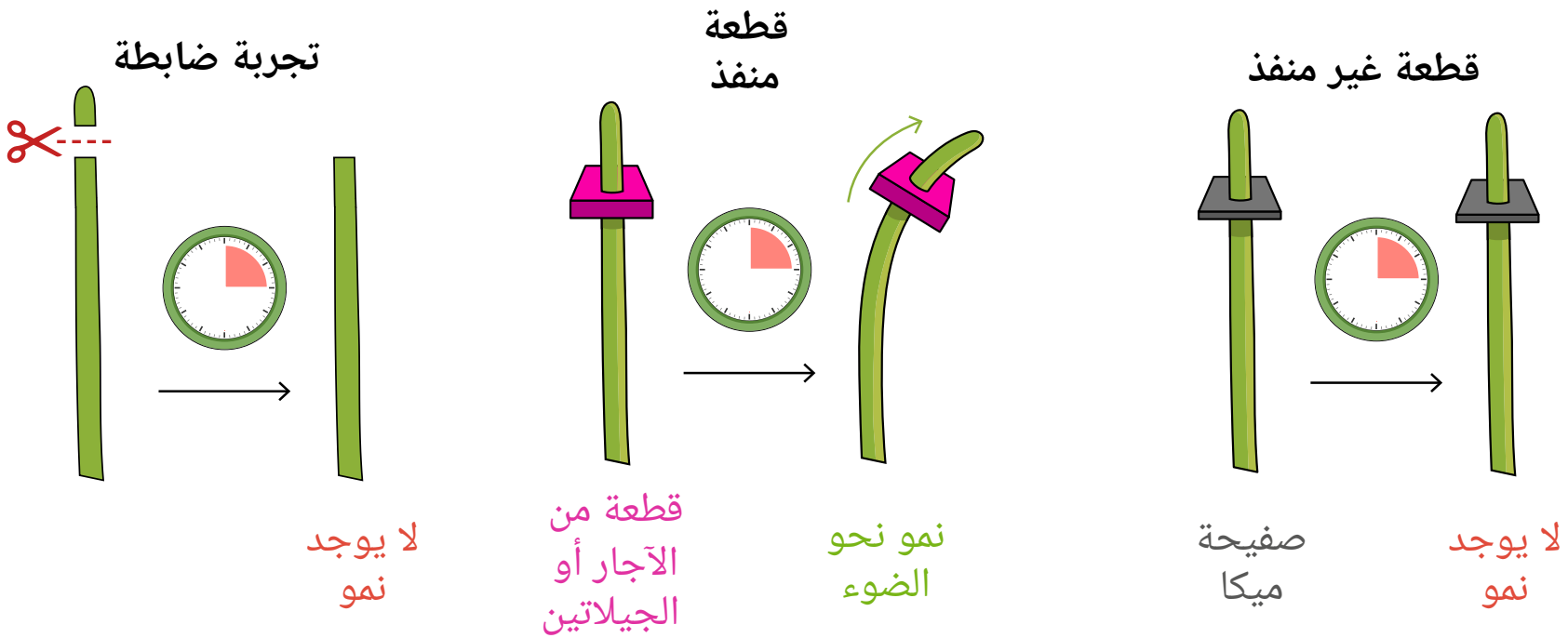
وهذا يوضِّح أن قمة الغلاف الورقي تتحكم في هذه الحركة الاتجاهية استجابةً لمثيرٍ ما؛ الضوء في هذه الحالة..



تجارب بويسن-جنسن على الانتحاء الضوئي

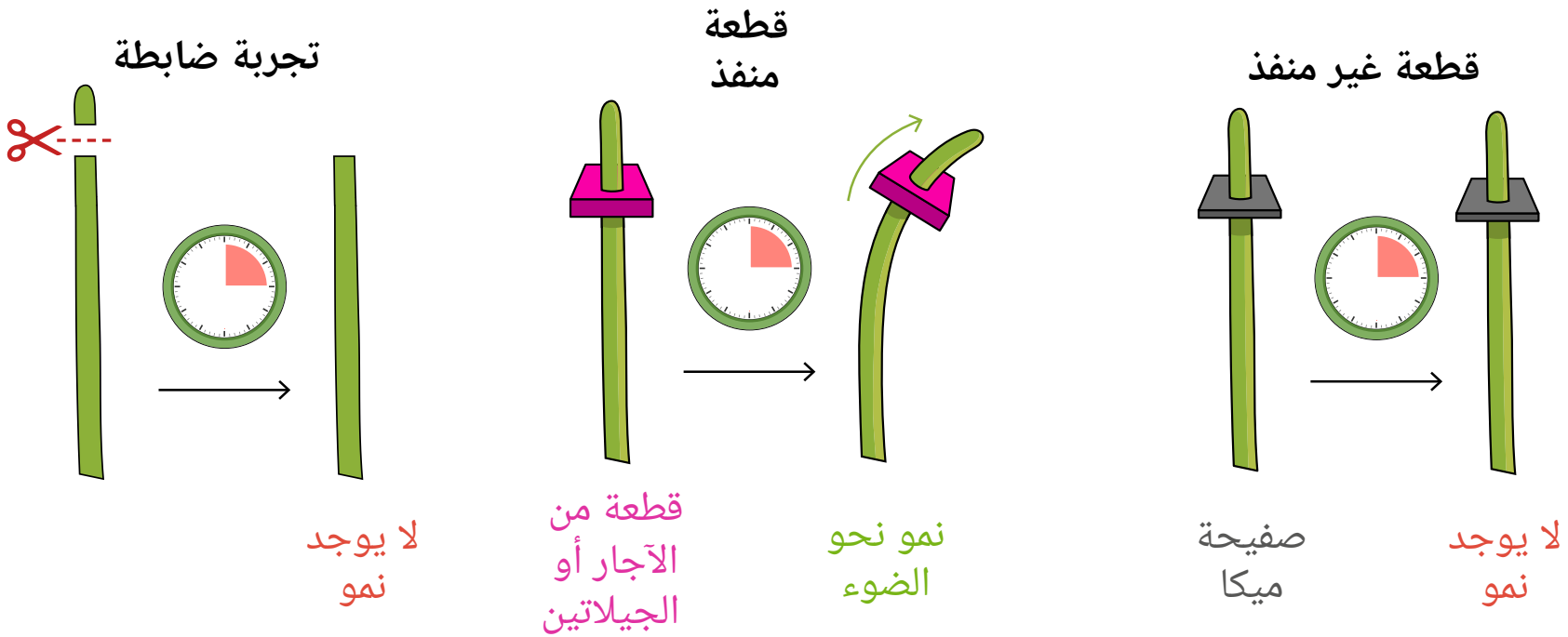
استخدم بويسن-جنسن استنتاجات داروين الأب والابن في إجراء المزيد من الأبحاث على استجابات النبات، كما هو موضَّح في الشكل الموضَّح. فعندما قَطَعَ قمة الغلاف الورقي، لم يُلاحظ أيَّ نمو للنبات. الأمر الذي أوضح له أن القمة هي ما يتحكم في النمو.

بعد ذلك، أزال القمة واستبدل بها قطعةً رفيعةً من الأجار أو الجيلاتين، بين القمة وبقية الساق، وكرَّر الأمر نفسه مع ساق آخر باستخدام صفيحة من الميكا. الأجار والجيلاتين مادتان يمكن للمواد الكيميائية أن تنفذ عبرهما. لاحظ بويسن-جنسن أن النبات واصل النمو نحو مصدر الضوء عند استخدام قطعة رفيعة من الأجار أو الجيلاتين، ولكنه لم يلاحظ أيَّ استجابة في في حالة وجود صفيحة من الميكا.



تجارب بويسن-جنسن على الانتحاء الضوئي (متابعة)

واستنتج أن شيئًا ما أُنتج في القمة وانتشر عبر الأجار، ولكنه لم ينتشر عبر صفيحة الميكا غير المنفذة. وفي حالة وضع صفيحة من الميكا غير المنفذة أو حتى صفيحة من البلاتين بين القمة وبقية النبات، لوحظ أيضًا توقُّف الانتحاء الضوئي.



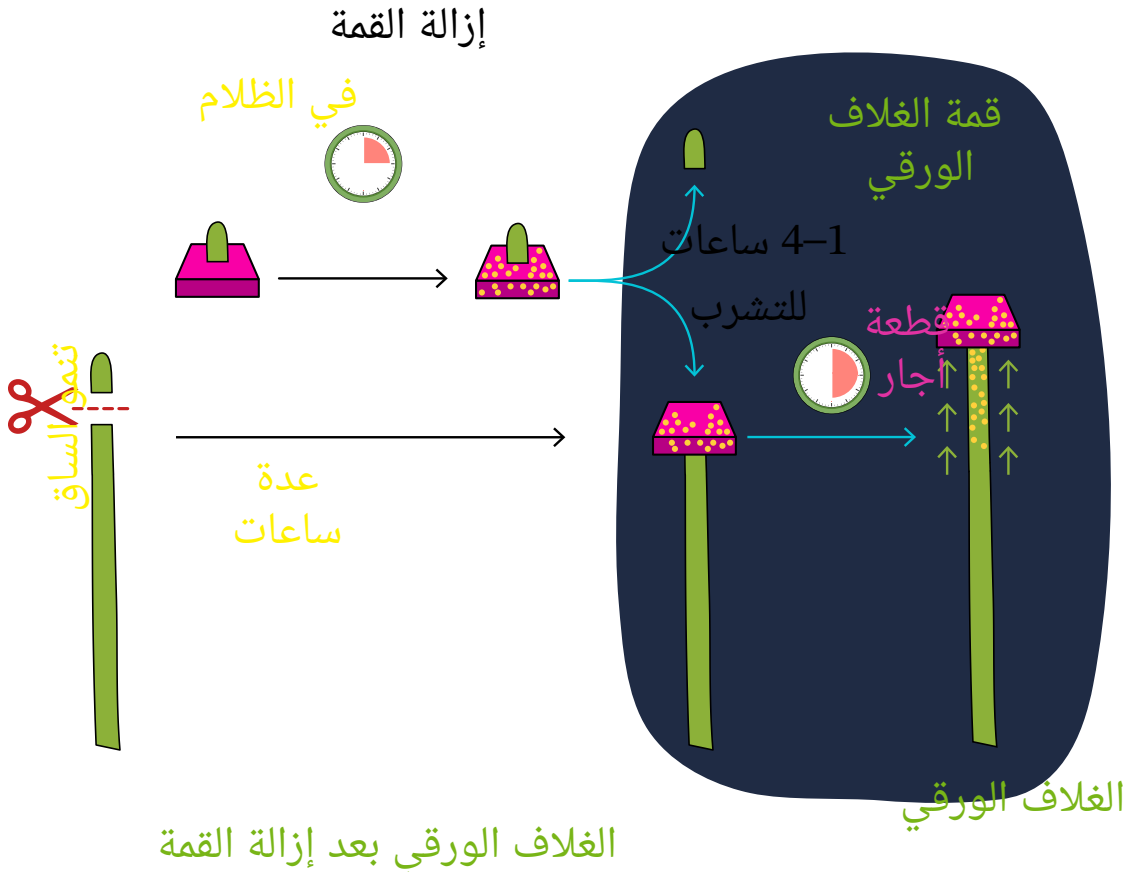
تجارب فنت على هرمونات النبات

أضاف فنت خطوات إضافية إلى هذه التجارب، وتجربتُه الأولى موضَّحة في الشكل المقابل.

- وَضَعَ وينت قمة مقطوعة من غلاف ورقي في الآجار أو الجيلاتين وتَرَكَه لمدة ساعة.
- بعد ذلك، وَضَعَ الآجار أو الجيلاتين على الساق المقطوعة عند موقع القمة في غرفة مظلمة

ولوحظ أن هذه الساق واصَلَت النمو رأسيًّا نحو الأعلى، ما وضَّح أن شيئًا ما ينتقل من الأجار أو الجيلاتين إلى ساق للنبات ويؤدي إلى نموها.

لم يتسبَّب الأجار أو الجيلاتين الذي لم يوضع أسفل القمة المقطوعة في تحفيز أيِّ استجابة خلال التجربة نفسها. وهذا أَوْضَحَ أن ثمة شيئًا ما في القمة المقطوعة انتشر إلى الأجار أو الجيلاتين، وأن هذا ليس تأثير الآجار أو الجيلاتين نفسه.



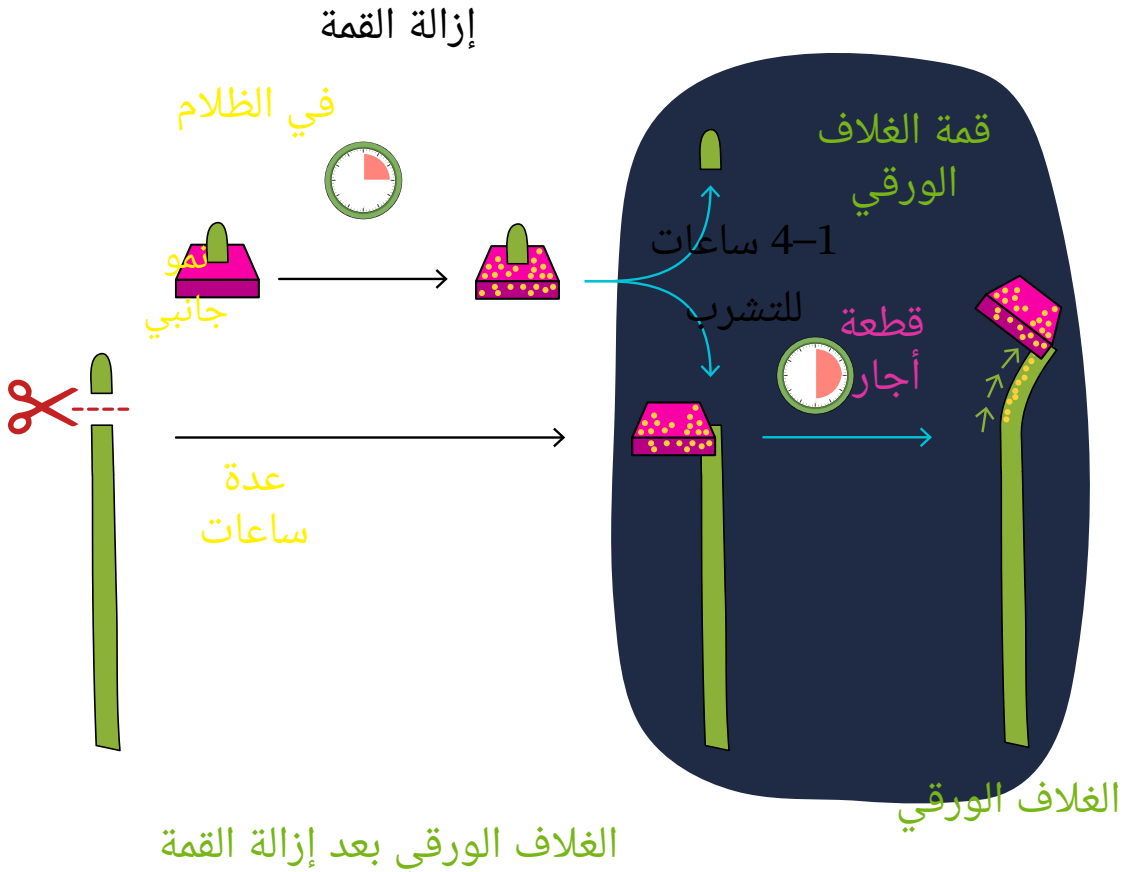
تجارب فنت على هرمونات النبات (متابعة)

- اختار فنت بعد ذلك قطعة أخرى من الأجار انتشرت بها هذه المادة الكيميائية الغامضة.
- ثم وَضَعَها بحيث لا تغطي إلا جانب الساق المقطوع، كما يمكنك أن ترى في الشكل الموضَّح.

ولاحظ أن النبات ينحني بعيدًا عن الجانب الذي وُضعت عليه قطعة الآجار، على الرغم من عدم وجود ضوء!

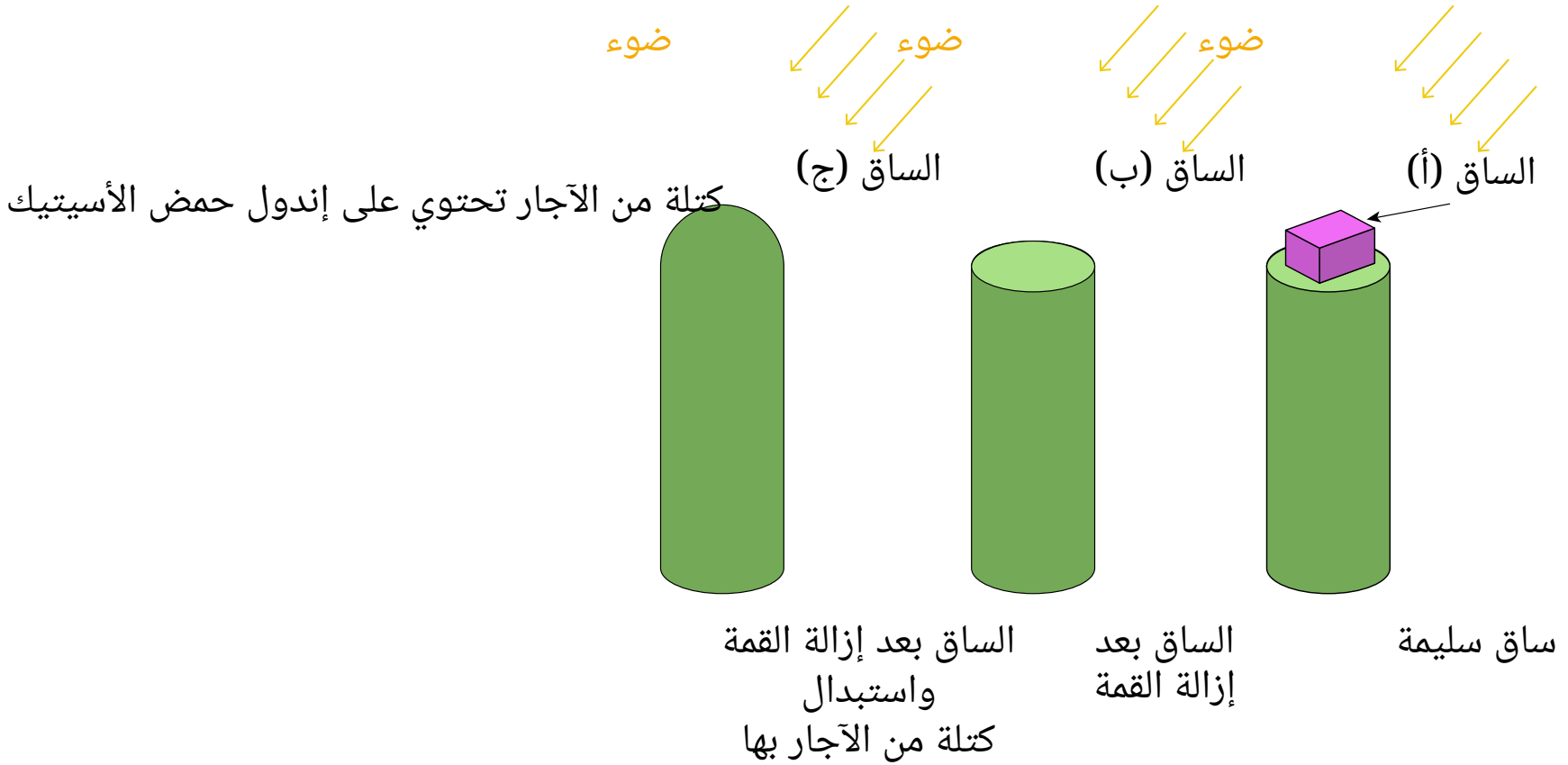
وهذا يعني أن المادة الكيميائية تتسبَّب في استجابة نمو بعيدًا عن الموضع الذي يحتوي على تركيز عالٍ منها.

سُميت هذه المادة الكيميائية الأوكسين، من كلمة إغريقية تعني «ينمو».



مثال ٥: توقُّع نتائج تجارب على إندول حمض الأسيتيك

يوضِّح الشكل الآتي تجربة بسيطة أُجرِيَت لدراسة تأثير إندول حمض الأسيتيك على نمو السيقان. وُضِعَت السيقان كما هو موضَّح في الشكل، ثم تُرِكَت لمدة 7 أيام مع إمدادها بالماء والمغذيات. ما النتيجة المُتوقَّعة للساق ب؟



مثال ٥ (متابعة)

الحل

يُعد إندول حمض الأسيتيك أحد الأمثلة على الأوكسينات. والأوكسينات هرمونات نبات تُسهِم في التحكم في استطالة الخلايا خلال الاستجابات الانتحائية والحفاظ على السيادة القِمِّيَّة. ويمكنها أيضًا أن تمنع السقوط المبكر للأوراق وأن تحفِّز نمو الثمار. الاستجابة الانتحائية هي حركة النبات استجابة لمثيرٍ ما مثل الضوء. لسيقان النباتات انتحاء ضوئي موجب، أيْ إنها تنمو في اتجاه الضوء، ولجذور النباتات انتحاء ضوئي سالب، أيْ إنها تنمو بعيدًا عن الضوء. يتحكم تركيز وموقع الأوكسينات في هذه الحركة الاتجاهية من خلال استطالة الخلايا استجابةً لمثيرٍ ما.

تظهر الساق أ ساقًا سليمة، ما يعني أن إندول حمض الأسيتيك يُخلق في قمة الساق وينتشر إلى أسفل من خلية إلى أخرى. وبما أن الضوء يسقط من ناحية اليسار، فسيتراكم إندول حمض الأسيتيك على الجانب الأيمن المظلَّل من الساق. وهذا سيزيد من استطالة هذه الخلايا أكثر من الخلايا الموجودة على الجانب الأيسر؛ ما يجعل الساق تنمو وتنحني نحو مصدر الضوء القادم من ناحية اليسار.

مثال ٥ (متابعة)

تظهر الساق ج ساقًا أُزيلت قمتها واستُبدل بها قطعةٌ من الأجار تحتوي على إندول حمض الأسيتيك. تعوِّض قطعةُ الأجار هذه مصدرَ إندول حمض الأسيتيك، الذي يُنتَج عادةً في الخلايا المرستيمية في قمة الساق. وعليه، يواصل إندول حمض الأسيتيك الانتشار نحو الأسفل في الساق، ويتراكم على الجانب الأيمن ويتسبَّب في حدوث استطالة غير متماثلة للخلايا مثل الساق أ. وهذا يعني أن الساق ج ستنمو أيضًا وتنحني نحو مصدر الضوء الساقط من ناحية اليسار.

تظهر الساق ب ساقًا أُزيلت قمتها. وبما أن إندول حمض الأسيتيك يُخلَّق في قمة الساق، فلن ينتُج إندول حمض الأسيتيك في الساق ب، ولن ينتشر لأسفل في الساق. وهذا يعني أن الساق ب لن تحدُث بها أيُّ استطالة أو انقسام للخلايا، وعليه لن تنمو الساق.

إذن النتيجة المتوقَّعة للساق ب أنها ستتوقف عن النمو.

النقاط الرئيسية

- الأوكسينات، مثل إندول حمض الأسيتيك، هرمونات نباتية تُسهِم في استطالة الخلايا والحفاظ على السيادة القِمِّيَّة.
- الجبريلينات هرمونات نباتية تسهِم في إنبات البذور واستطالة الخلايا.
- حمض الأبسيسيك هرمون نباتي يُسهِم في إغلاق الثغور في حالة نقص الماء.
- ثمة تجارب بسيطة يمكن إجراؤها لتوضيح دور الأوكسينات في استطالة الخلايا والاستجابات الانتحائية التي قد تُسبِّبها.