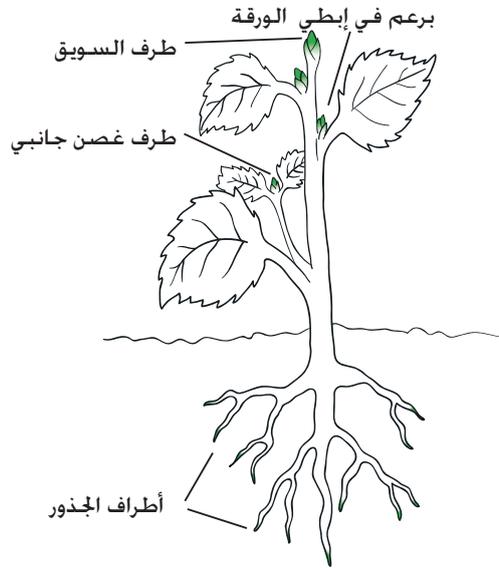


# ج من البادرة إلى النبتة: نمو وتطور

## مقدمة

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



الرسمة ج- 1: مكان المبرستيمات في  
قمة نمو النبتة

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



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

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

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



شجرة زيتون قديمة جدًا

## ج 1. تزداد الخلايا والمواد في النبات الذي ينمو

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

### مصطلحات: ميتوزا

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

- ازدياد عدد الخلايا يرافقه تمايز خلايا إلى أنسجة مختلفة تقوم بوظائف مختلفة، مثل:
  - التغطية: نسيج مكون من طبقة واحدة (البشرة) وهو يحيط أعضاء النبات ويحميها.
  - تنفيذ عملية التركيب الضوئي وتخزين مواد: نسيج خلايا لها أشكال مختلفة ويحتوي على كلوروبلاستيدات.
  - نقل ماء ومواد مختلفة: يوجد في النباتات نسيجان للنقل: الخشب الذي يُنقل فيه ماء وأملاح معدنية استوعبت من التربة إلى الأعضاء التي تقع فوق سطح التربة، واللحاء الذي تُنقل فيه نواتج عملية التركيب الضوئي من الأوراق إلى سائر أعضاء النبات بما في ذلك أعضاء التخزين الموجودة داخل التربة.

### الفكرة المركزية:

#### التجانس

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

## من الجدير بالمعرفة: حلقات



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

في المناطق المعتدلة التي يتغير فيها المناخ بحسب فصول السنة، تتغير وتيرة انقسام الخلايا في النباتات المعمرة (متعددة السنوات) مع تغير الفصول: فهي سريعة في مواسم النمو التي يتوافر فيها الماء، ظروف درجة الحرارة والضوء، وتكون بطيئة في المواسم التي تتساقط فيها أوراق الأشجار أو عندما يكون نموها بطيء. نتيجة للتغيرات في وتيرة انقسام خلايا أنسجة النقل، تنتج حلقات في المقطع العرضي لجذع الشجرة (الرسم ج-2). فهذه الحلقات هي الحلقات السنوية. كل حلقة تمثل خلايا الخشب التي تتطور خلال موسم واحد من النشاط. يُستخدم عدد الحلقات السنوية كتقدير دقيق

جداً لعمر الشجرة. عرض كل حلقة هو دليل للظروف التي سادت في تلك السنة: في سنة القحط يكون عرض الحلقة أصغر من عرض الحلقة في السنة الماطرة.

## ج1.1 النبات الأخضر يخدم ذاته

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

## عملية التركيب الضوئي - بناء مواد عضوية

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

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

## علاقة بالخلية:

المواد في خلايا النبات تشبه المواد الموجودة في خلايا الحيوانات.

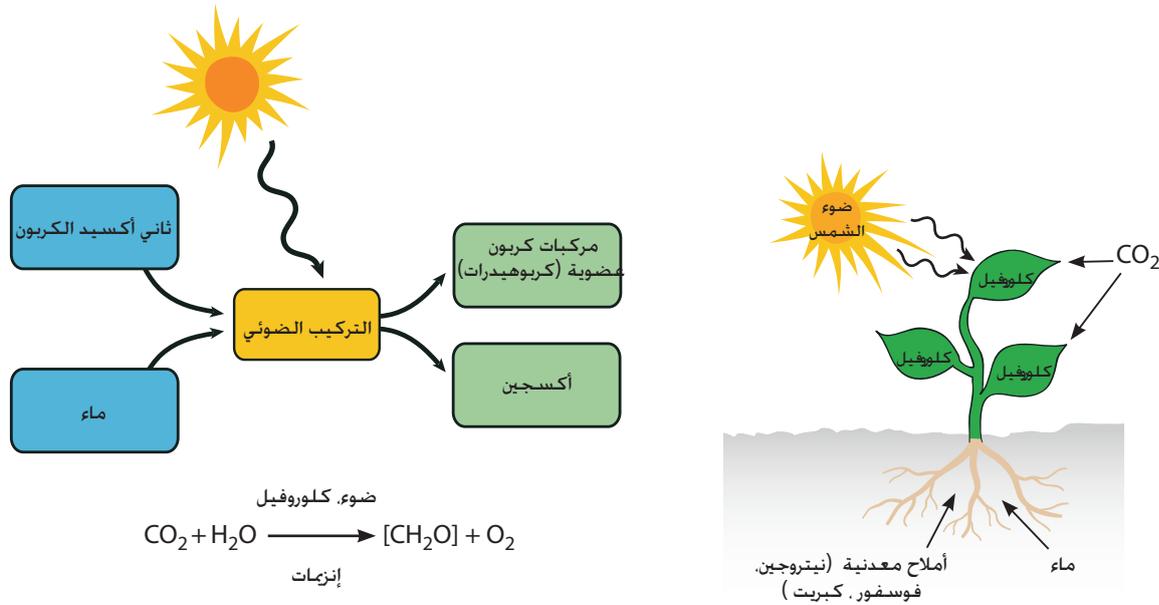
## علاقة بالخلية:

عُضيات في الخلية النباتية.

## علاقة بعلم البيئة:

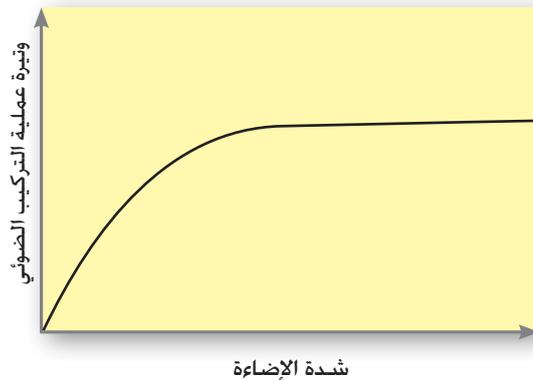
النباتات منتجة في النظام البيئي.

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



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

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



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



ماذا يمكن أن يكون سبب ثبات وتيرة عملية التركيب الضوئي؟

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

علاقة بعلم البيئة:  
ظروف، موارد وعوامل  
محددة.

### توسع: الضوء ضروري لإنتاج الكلوروفيل



الرسم ج- 5: صورة بادرات نمت في وجود ضوء وبادرات نمت في عدم وجود ضوء

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

?? سؤال ج - 1

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

ثاني أكسيد الكربون ( $CO_2$ ) هو مادة خام مهم لعملية التركيب الضوئي

هو موجود في الهواء، لكن تركيزه منخفض جدًا (حوالي 0.04%).

على الرغم من ذلك، من المهم أن نتذكر أنه يعتبر مادة متفاعلة

أساسية في عملية التركيب الضوئي وهو المصدر الوحيد لعنصر

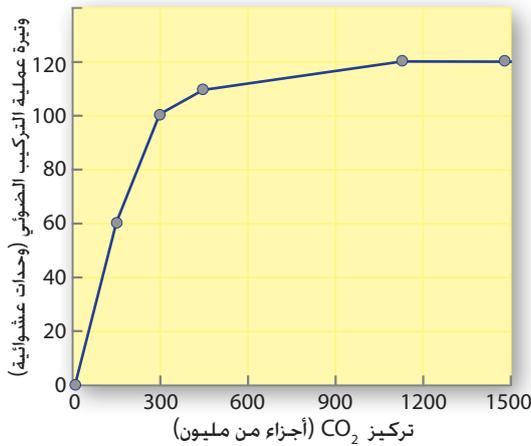
الكربون (C) في المواد العضوية مثل الكربوهيدرات (على سبيل

المثال النشا). تعرض الرسم ج - 6 تأثير تركيز  $CO_2$  على وتيرة

عملية التركيب الضوئي.

?? سؤال ج - 2

صفوا واشرحوا النتائج المعروضة في الرسم ج - 6.



الرسم ج - 6: تأثير  $CO_2$  على وتيرة عملية التركيب الضوئي

## نافذة البحث ج - 1: ثاني أكسيد الكربون والنشا



أُجريت تجربة على نباتات الغرنوق، وقد نُميت في 10 أصص. في كل نبتة، غُطيت ورقة واحدة بكيس شفاف مغلق جيداً في داخله كمية ماء قليلة. أما الورقة الثانية، فقد غُطيت بكيس شفاف مغلق جيداً في داخله كمية قليلة من الماء ومادة تمتز  $CO_2$ . وُضعت جميع الأصص في مكان مضاء، وقد تمّ ربيها بكميات متماثلة من الماء. فُحصت كمية النشا في الأوراق المغطاة، في بداية التجربة وبعد عدة ساعات.

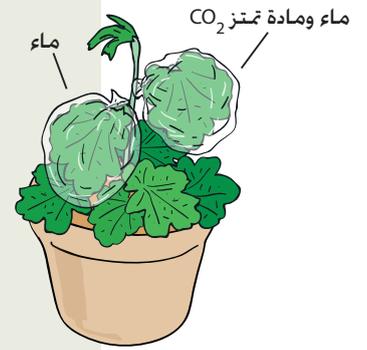
ازدادت كمية النشا في جميع الأوراق التي غُطيت بكيس شفاف في داخله كمية قليلة من الماء (مجموعة أ). أما في جميع الأوراق التي غُطيت بكيس شفاف في داخله مادة تمتز  $CO_2$  (مجموعة ب)، فقد انخفضت كمية النشا.

أ. ما هو الهدف من التجربة؟

ب. اشرحوا. لماذا ازدادت كمية النشا في أوراق المجموعة أ خلال التجربة؟

ج. اشرحوا العلاقة بين انخفاض كمية النشا في أوراق المجموعة ب وبين المادة التي تمتز  $CO_2$  من الكيس الذي كانت فيه هذه الأوراق.

د. اشرحوا. لماذا أضيفت مادة تمتز  $CO_2$  إلى أوراق المجموعة ب فقط؟



أوراق نبتة الغرنوق مغطاة

## الماء وعملية التركيب الضوئي: حاجة ومشكلة

يشكل الماء مكوناً أساسياً في الأجزاء المختلفة للنبتة. وهو ضروري لنمو ولدعامة (تثبيت) النبات، ولتنفيذ عملية التركيب الضوئي، ولعمليات كيميائية أخرى في الخلايا، وهو يساعد على نقل المواد المذابة داخل الخلية وبين الأقسام المختلفة للنبات. على الرغم من أهمية الماء للنبات، إلا أن معظم المياه التي يتم استيعابها عبر جذور النبات تنطلق إلى الهواء (من الأوراق) عبر الثغور في عملية النتح. فقط حوالي 1% من المياه التي تم استيعابها تبقى في النبات (في نبتة الذرة على سبيل المثال، من كل 1,000 غم ماء تستوعبه النبتة، يبقى فيها 1 غرام ماء فقط. السبب لفقدان الماء الكثير متعلق باستيعاب  $CO_2$ . يتم استيعاب  $CO_2$  المطلوب لعملية التركيب الضوئي عبر الثغور المفتوحة، لكن عندما تكون الثغور مفتوحة، ينطلق عبرها بخار ماء إلى الهواء، وهذا هو الشرح لفقدان الماء الذي يرافق عملية التركيب الضوئي.

في معظم النباتات تكون الثغور مغلقة في الظلام عندما لا يتوفر ضوء لعملية التركيب الضوئي، وهكذا تمنع من فقدان إضافي للماء. في حالة نقص ماء بشكل مؤقت، فإن الثغور تُغلق في ساعات الضوء أيضاً، ونتيجة لذلك لا يدخل  $CO_2$  وتنخفض وتيرة عملية التركيب الضوئي. بسبب انخفاض وتيرة عملية النتح، يقل نقل الماء والمواد المذابة من الجذور إلى الأقسام الحديثة السن، مما يؤدي إلى تباطؤ وتثبيت عملية النمو.

## علاقة بعلم البيئة:

عوامل لا أحيائية: ماء.

**علاقة بجسم الإنسان:**

تصعب العرق وتنظيم درجة حرارة الجسم.

**علاقة بالخلية:**

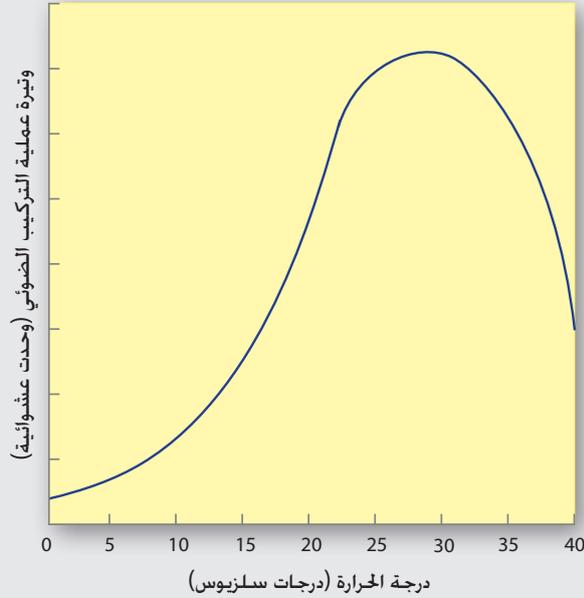
تأثير درجة الحرارة على البروتينات ومن ضمنها الإنزيمات.

**من الجدير بالمعرفة: النتح في النبات وتصيب العرق في الحيوانات**

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

**توسع: درجة الحرارة وعملية التركيب الضوئي**

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



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

**?? سؤال ج - 3**

تتطرق الأسئلة الآتية إلى الرسم ج - 7.

- اشرحوا تأثير درجة الحرارة على العمليات الإنزيمية. تطرقوا في إجاباتكم إلى تأثير درجات حرارة مرتفعة ودرجات حرارة منخفضة.
- قارنوا بين تأثير درجة الحرارة على عملية التركيب الضوئي وبين تأثير شدة الضوء على عملية التركيب الضوئي.
- في فصل الصيف، يغطي المزارعون دفيئات النباتات بشبكة لتظليلها، وعند قدوم الشتاء يزيلونها. اشرحوا. لماذا ينفذون كل عملية؟

## ?? سؤال ج - 4

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

وتيرة استيعاب CO <sub>2</sub> (مليمول/لوحة مساحة ورقة في الدقيقة)		درجة الحرارة (°C)
نوع ب	نوع أ	
4	4	5
5	5	10
8	11	20
11	17	30
12	21	40

- ارسموا في دفاتركم رسماً بيانياً للنتائج. أعطوا عنواناً للرسم البياني.
- أي نوع من بين نوعي الملاح يوجد له ملائمة أكثر لدرجة حرارة عالية في الصحراء؟ عللوا بناءً على الرسم البياني الذي رسمتموه.
- ما هي وتيرة عملية التركيب الضوئي في درجة حرارة 15°C في النوعين؟ اشرحوا، كيف حدّدتم ذلك؟
- اذكروا طريقة إضافية بواسطتها يستطيع الباحثون قياس وتيرة عملية التركيب الضوئي. ما هو الأساس البيولوجي الذي تعتمد عليه هذه الطريقة؟

**ملاءمة بين مبنى النبات وبين حدوث عملية التركيب الضوئي**  
تتأثر عملية التركيب الضوئي من ظروف بيئية محيطة ومن عوامل داخلية متعلقة بمبنى النبات: بالكلوروبلاستيدات وبالكلوروفيل اللذان في داخلها، حيث يتم تحديد كل هذه الصفات بشكل كبير جداً بواسطة الصفات الوراثية للنباتة، لذا نسميها **عوامل داخلية**.

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



سوسنة أوراق: تتعرض جميع الأوراق إلى الضوء



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

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

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

مستوى التنظيم	ملاءمة لتنفيذ عملية التركيب الضوئي
كائن حي: النبات	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تنتشر أعضاء النبات في البيئة المحيطة وهكذا يتم استيعاب موارد بكمية عظمى.</li> <li>• يساعد تنظيم الأوراق على استيعاب كمية عظمى من ضوء الشمس.</li> <li>• يوجد كلوروفيل في السيقان والأوراق.</li> <li>• يتم استيعاب الماء والأملاح المعدنية من التربة بواسطة الجذور.</li> <li>• يتم تخزين نواتج عملية التركيب الضوئي في البذور وفي أعضاء تخزين.</li> <li>• في أنسجة النقل، يتم نقل الماء والأملاح المعدنية من التربة إلى السويق (عبر الخشب)، ويتم نقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأوراق إلى أعضاء التخزين وإلى الثمار والبذور (عبر اللحاء).</li> </ul>
عضو: ورقة	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تساعد مساحة السطح الخارجي الكبيرة نسبة إلى الحجم على استيعاب كمية ضوء عظمى.</li> <li>• يتم عبر الثغور استيعاب <math>CO_2</math> وإطلاق أكسجين.</li> </ul>
عضو: الجذور	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تساعد الشعيرات الماصة التي تقع في أطراف تفرعات الجذور على استيعاب الماء والأملاح المعدنية بطريقة ناجعة.</li> </ul>
الخلية	<ul style="list-style-type: none"> <li>• في خلايا الورقة، يوجد كلوروبلاستيدات كثيرة، حيث تتم فيها عملية التركيب الضوئي.</li> </ul>
عُضي: كلوروبلاستيد	<ul style="list-style-type: none"> <li>• في الكلوروبلاستيدات يوجد صبغية الكلوروفيل وإنزيمات كثيرة بمساعدتها تتم العملية الكيميائية لعملية التركيب الضوئي.</li> </ul>



كلوروبلاستيدات في خلايا ورقة الألوديا



نظرة من قرب إلى غصن يحمل أوراق الألوديا



غصن الألوديا (نبات مائي)

## ج 2.1 يحتاج تطور النبات إلى ماء وأملاح معدنية

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

### علاقة بالخلية:

مبنى الخلايا في الحيوانات بالمقارنة مع النبات

### الماء، ضغط طورغور ودعامة (ثبات) النبات

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

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



الرسم ج - 9: نبات منكمش. نبات "منتصب"

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

### أملاح معدنية وأهميتها

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

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

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

جدول ج - 2: أمثلة لأملاح معدنية وأهميتها للنبات

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



علامات تدل على نقص الحديد في أوراق التوت

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

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

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

## ?? سؤال ج - 5

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

### توسع: استيعاب أملاح معدنية وتهوية التربة



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

علاقة بالخلية:  
نقل عبر غشاء الخلية.

### من الجدير بالمعرفة: نباتات مفترسة



يمكن أن نجد عند النباتات المفترسة طريقة خاصة للحصول على النيتروجين والأملاح المعدنية. حتى بداية القرن الـ19، لم يعرف العلماء بتاتا أن هناك نباتات تتغذى على حيوانات. كان معروفاً أن الحيوانات فقط هي القادرة على الافتراس، والفكرة أن النباتات تفترس غير واردة بالحسبان بتاتا. في سنة 1875، نشر تشارلس داروين مؤسس نظرية النشوء والارتقاء كتاباً حول أبحاثه عن نباتات مفترسة. وقد أدى ذلك إلى الاعتراف بهذه الظاهرة وبحثها. النباتات المفترسة كالنباتات الخضراء، فهي تقوم بعملية التركيب الضوئي وتستوعب مواد من التربة. إضافة إلى ذلك، تستطيع هذه النباتات اصطياد حيوانات (خاصة حشرات وكائنات حية صغيرة أخرى) وقتلها من خلال تحليل البروتينات الموجودة في جسم الحيوان وتستوعب خلايا النبتة نواتج التحليل.

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

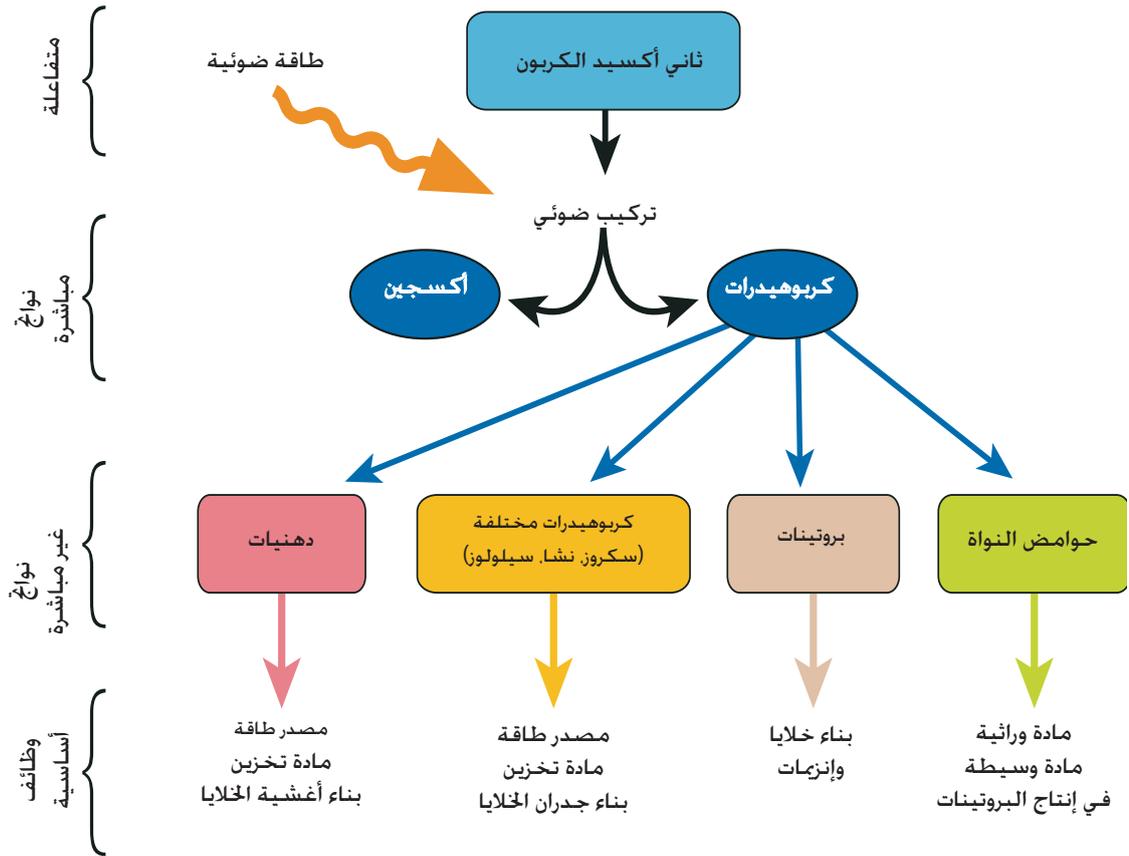


علاقة بجسم الإنسان:  
الجهاز الهضمي  
وإنزيمات الهضم.

علاقة بجسم الإنسان:  
كربوهيدرات، بروتينات  
دهنيات.

### ج 3.1 تُستخدم نواتج عملية التركيب الضوئي لاستخراج الطاقة، للنمو والتخزين

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



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

??  
سؤال ج - 6

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



### توسع: العضو المنتج (المصدر) والعضو المستهلك في النبات

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

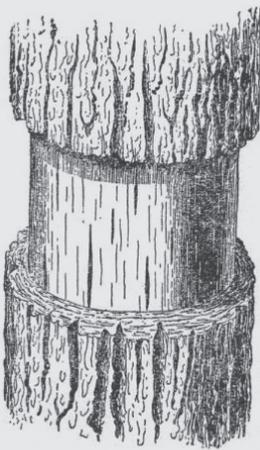
تُنقل نواتج عملية التركيب الضوئي من الأعضاء التي تُستخدم كمصدر، إلى الأعضاء التي تُستخدم كمستهلك، بواسطة أنابيب اللحاء إلى جميع الاتجاهات: إلى أعلى، مثل: أوراق حديثة السن وقمم نمو السويق وأيضًا إلى أسفل باتجاه الجذور وأعضاء التخزين الموجودة داخل التربة.

### ?? سؤال ج - 7

- أ. ما هو المشترك لجميع الأقسام المختلفة التي تستهلك؟  
 ب. "أعضاء التخزين، مثل: الدرنا والبصل، يمكن أن تكون مصدر أو مكان ابتلاع في فترات مختلفة من دورة حياة النبات". اشرحوا هذه الجملة.

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

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



الرسم ج - 11: خليق

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

### للمزيد عن:

تفريد ثمار (إزالة عدد معين من الثمار). انظروا بند ج 3.

## ج.2. هرم وتساقط أقسام النبات

**الهرم** هي ظاهرة تتميز بها النباتات **الحولية** وأقسام نباتات **معمّرة**.



تساقط أوراق شجرة المل

تنتهي دورة حياة النباتات الحولية عند انتهاء موسم واحد من النمو، وتبدأ بذورها دورة حياة جديدة في الموسم القادم. في النباتات المعمرة: تهرم، تموت وتسقط أقسام معينة، أما الأقسام الأخرى تبقى وتستمر في الحياة، في السنوات القادمة. في الأشجار متساقطة الأوراق تمر سنة دون أوراق. في الأشجار دائمة الخضرة، تعيش الأوراق عدة سنوات (على الأغلب من 2-3 سنوات). تتساقط الأوراق التي هرمت وأنتهت حياتها، لكن أوراقًا كثيرة أخرى تبقى على الشجرة وتحافظ على منظرها الأخضر. في الجيوفيتات (النباتات الأرضية)، يبقى في التربة عضو التحزين، مثل: البصل أو الدرنا مع براعم جدد وكل أقسام النبتة الموجودة فوق سطح التربة تنكمش وتموت.

يوجد صفة تُثير الاهتمام وتميّز نباتات معمرة عن الحيوانات: في النباتات المعمرة، تهرم أعضاء، تموت وتتساقط، لكن الكائن الحي يبقى على قيد الحياة سنوات عديدة. إضافة إلى الأوراق، يوجد أعضاء أخرى تتساقط، مثل: أقسام الزهرة التي أنهت وظيفتها والثمار التي نضجت. تعيش أزهار نباتات معينة ساعات قليلة وتعيش أزهار نباتات أخرى عدة أيام. تهرم الأزهار بسبب فقدان الماء من أوراق التويج وتتساقط. في الحالات التي لا يحدث فيها إخصاب، تتساقط الزهرة الكاملة مع جميع أقسامها. أما في الأزهار التي حُصبت، تتساقط أوراق التويج فقط.

على ما يبدو، توجد فائدة للنبات من عملية تساقط الأعضاء. تساقط الأوراق وأقسام أخرى، يساعد النبات على مواجهة ظروف بيئية محيطية غير مريحة، مثل: درجة حرارة منخفضة جدًا أو نقص في الماء، ويساعد تساقط الثمرة في حالات كثيرة على انتشار البذور. إنّ تساقط أقسام من الزهرة بعد عملية الإخصاب يمنع من تبذير طاقة لصيانة أعضاء أنهت وظيفتها ولا يوجد لها حاجة. يؤدي تساقط الأوراق المظللة التي نجاعتها قليلة نسبيًا في تنفيذ عملية التركيب الضوئي إلى إزدياد نجاعة عملية التركيب الضوئي في الأوراق المضاءة جيدًا.

### من الجدير بالمعرفة: النبتة تمدور موادها!

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



## توسع: تساقط الأوراق



شجرة الشحم: قبل حدوث تساقط الأوراق

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

## علاقة بعلم البيئة:

تساقط الأوراق:  
تنمّص من ظروف بيئية  
محيطية غير مريحة.

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

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

## كيف تنساقط ورقة؟



يحدث انفصال الأوراق عن الساق (وكذلك الأمر في أعضاء أخرى هرمت) في منطقة محددة نسميها **منطقة الانفصال**. حيث تتميز هذه المنطقة بطبقتين: إحداهما مكونة من خلايا لها جدار دقيق. في مرحلة معينة، تنفصل هذه الخلايا عن بعضها، يضعف الرابط بين الورقة والغصن وتسقط الورقة بعد مرور وقت معين، أو بتأثير رياح قوية.



تساقط أوراق

الطبقة الأخرى مكونة من طبقة خلايا غنية بمواد غير نفاذة للماء، وهي خمي المنطقة التي انكشفت، في أعقاب تساقط الأوراق، من الجفاف ومن دخول آفات زراعية ضارة. بعد سقوط الورقة، تبقى على الساق طبقة الخلايا التي خمي المنطقة وهي تبدو كالندبة.

### ج3. ينمو ويتطور النبات بشكل متناسق وليس بطريقة عشوائية

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

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

ما الذي يوجّه تطور النبات؟



تتشارك عوامل داخلية وعوامل خارجية من البيئة المحيطة في توجيه التطور. وصفنا العوامل الخارجية (من البيئة المحيطة) المهمة التي تؤثر على الإنبات (الفصل الثاني)، مثل: الضوء، درجة الحرارة والماء، والعوامل الخارجية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي: ضوء، CO<sub>2</sub> ودرجة الحرارة. (الضوء يؤثر أيضاً على الإزهار كما سنتعلمون عن ذلك في الفصل الرابع). العوامل الداخلية الأساسية التي تؤثر على تطور النبات هي المعلومات الوراثية والهرمونات التي تنظم النمو. تؤثر هذه العوامل الداخلية بشكل مدمج مع العوامل الخارجية في توجيه النمو والتطور. سنبحث في هذا البند عدة هرمونات تشترك في توجيه النمو.

**مصطلحات:** هرمونات تنظم النمو

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

كذلك الأمر في النباتات، توجد هرمونات تؤثر على عمليات في النبات وتساعد في الحفاظ على الاتزان البدني في النبات. تؤثر هرمونات النبات في المكان الذي نتجت فيه وفي أعضاء أخرى أيضاً. تؤثر الهورمونات بشكل ملحوظ على النبات، لذا نسميها عادةً منظمات النمو.

### ج3.1 الأكسجين والنمو باتجاه الضوء

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



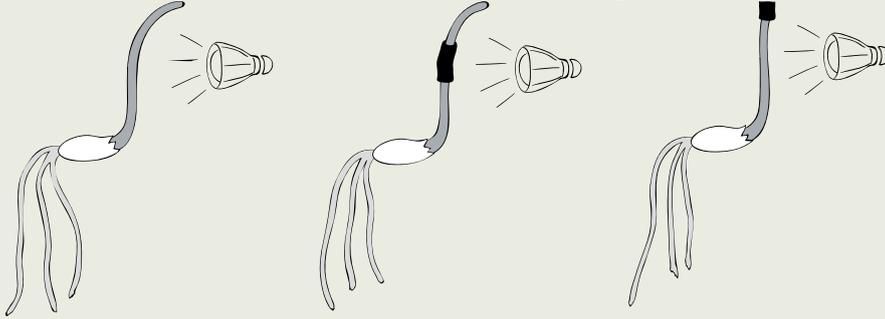
بادرات تنمو باتجاه مصدر الضوء

علاقة بجسم الإنسان:  
الاتزان البدني والهورمونات.

## نافذة البحث ج - 2:



في أعقاب داروين: ما هي المنطقة الحساسة للضوء في ورقة جنينية من الشعير؟ استعمل الباحثون في التجربة (الرسم ج - 2) ورقة جنينية من بادرات الشعير (الورقة الجنينية تغلف السويق في بادرة نباتات النجيليات. تكبر الأوراق حديثة السن عبر الورقة الجنينية حتى تظهر على سطح التربة).



الرسم ج - 12: تنفيذ التجربة ونتائجها في ورقة جنينية من بادرات الشعير

اشتملت التجربة على ثلاث معالجات:

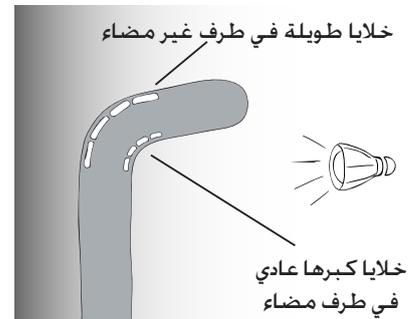
1. تغطية الطرف العلوي للورقة الجنينية.
  2. تغطية المنطقة المركزية للورقة الجنينية.
  3. بقيت الورقة الجنينية دون تغطية.
- أُضيئت الورقة الجنينية من اتجاه واحد وفُحص مدى الانحناء باتجاه الضوء.

أجيبوا عن الأسئلة الآتية:

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

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

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



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



## كيف تكبر الخلية؟

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

## توسع: المزيد عن الأوكسين



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

## ج2.3 الجبريلين وتأثيره على الإنبات وعلى استطالة السويق

اكتشف هورمون الجبريلين صدفةً في بداية القرن الـ 20. انتبه المزارعون اليابانيون إلى أن الأرز الذي ينمو في مزارعهم مصاب بفطر يؤدي لنبات الأرز أن ينمو إلى ارتفاع عال جداً، وأن يصبح ضعيفاً وينكسر. المادة التي استخرجت من الفطر سُميت جبريلين. بعد مرور عدة سنوات، وُجدت في النباتات مركبات كثيرة تنتمي لمجموعة الجبريلين واليوم نعرف أكثر من 100 مركب من هذا النوع. فيما يلي تأثيرات مهمة للجبريلينات على عمليات في النبات:

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

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

## نافذة البحث ج - 3: جبرلين وبناء عميلاز



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



الرسمه ج - 14: تأثير الجبرلين على بناء عميلاز في بذور دون جنين

- أ. هل النتائج المعروضة في الرسمه ج - 14 تدعم الفرضية أن الجبرلين هو المسؤول عن بناء إنزيم عميلاز؟ اشرحوا.  
ب. لماذا نزع الباحثون الجنين من بذور المجموعتين؟ اشرحوا.

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

## ج3.3 الإثيلين وعملية الهرم

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

علاقة بعلم البيئة:  
ظروف وموارد.

## ج4. يؤثر المزارعون على النمو والتطور



مزارعون في عملهم

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

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

### ج4.1 تزويد ظروف وموارد

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



دفيئات



أنفاق بلاستيكية

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

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

نافذة البحث ج - 4: إثراء CO<sub>2</sub>

فحص باحثون في الدفيئة تأثير إثراء CO<sub>2</sub> على نمو النباتات. قام الباحثون بتنمية مجموعتين من النباتات في نفس الظروف، لكن لإحدى المجموعتين أضيف CO<sub>2</sub> خلال كل ساعات الإضاءة، أما المجموعة الثانية، لم تحصل على هذه الإضافة. بعد مرور مدة زمنية معينة، قام الباحثون بجمع النباتات، بتجفيفها وبتوزينها.

كتلة المادة الجافة للنباتات التي حصلت على إضافة CO<sub>2</sub> كانت أكبر من كتلة المادة الجافة للنباتات التي لم تحصل على هذه الإضافة.

أ. اشرحوا نتائج التجربة.

ب. لماذا أضيف CO<sub>2</sub> في ساعات الإضاءة فقط؟

ج. ما هي أفضلية تنفيذ هذه التجربة في الدفيئة؟

د. اذكروا سيئتين لتنمية النباتات في الدفيئة وشرحوا.

## مصادر مياه للري

في بلادنا، الصيف جاف وحر وفي الشتاء، أحياناً، لا تكون الأمطار كافية، لذا تحصل جميع المزروعات الزراعية على إضافة ماء بواسطة الري. تتم إضافة الماء لري النباتات بطرق مختلفة. مصادر مياه الري متنوعة:

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

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

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

علاقة بعلم البيئة:  
عوامل لا أحيائية:  
ملوحة التربة.



الري بالرشاشات



الري بأنابيب ماء متحركة

الري بالتنقيط  
الرسمه ج - 15: طرق الري

## طرق الري

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

**الري بالرشاشات:** تتدفق المياه عبر فتحة تدور، وتنتشر المياه بعيداً على سطح مساحة معينة.

أفضليات استعمال الرشاشات: يمكن نقل الرشاشات والأنابيب من مكان إلى آخر، لا توجد حاجة لترشيح المياه، ولا تحدث فيها انسدادات تقريباً. تكلفة الأنابيب والرشاشات رخيصة نسبياً بالمقارنة مع طريقة الري بالتنقيط.

سيئات الرشاشات: خسارة مياه بسبب التبخر، الرياح وري مناطق لا يوجد فيها نباتات. لذا من الأفضل أن لا نقوم بري النباتات في الساعات الحارة وأثناء نشوب رياح. إذا أردنا أن نضيف للماء أملاح معدنية مختلفة، فيجب أن نضيفها بكميات كبيرة، لأن جميع المياه والأملاح التي نضيفها، لا تصل النباتات مباشرة.

**الري بأنابيب ماء متحركة:** يشبه الري بالرشاشات، لكنه ناجح أكثر لري حقول واسعة جداً.

**الري بالتنقيط:** أنابيب التنقيط هي عبارة عن شبكة أنابيب على طولها يوجد ثقوب بأبعاد ثابتة. نضع الأنابيب على التربة بالقرب من النباتات، حيث تخرج المياه منها بالتنقيط، وهذا يعني قطرة ماء تلو الأخرى. فمن خلال حديد وتيرة التنقيط ومدتها، يمكن أن ننظم كمية المياه التي يحصل عليها النبات. يساعد الري بالتنقيط على الري المتجانس، استغلال ناجع للماء وإضافة أملاح معدنية إلى الماء، وهكذا نضمن أن تصل غايتها. كما أنه يمكن الري في ظروف رياح قوية.

سيئات الري بالتنقيط: السعر الباهظ للأنابيب، انسداد الأنابيب والحاجة إلى ترشيح المياه لتقليص الانسدادات. إضافة إلى ذلك، تتراكم الأملاح في التربة، في المكان الذي يتم فيه تنقيط الماء.

## ?? سؤال ج - 8

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

### من الجدير بالمعرفة: طريقة التنقيط - اكتشاف إسرائيلي



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

### تزويد الأملاح المعدنية بواسطة الزيل والسماذ

إضافةً إلى ري النباتات، يضيف المزارعون أملاح معدنية مختلفة إلى مزرعاتهم في الحقول وإلى المزرعات المحمية. يمكن أن تكون الإضافة بواسطة **تزييل** التربة، تسميدها، أو اثناهما معاً. عند تنمية النباتات الزراعية، من الضروري إضافة أملاح معدنية، لأن حصاد الثمار يؤدي إلى تناقص أملاح معدنية مهمة في التربة.

عند التزييل، نضيف إلى التربة أو إلى وسط التنمية مواد عضوية مختلفة، مثل: إفرزات الأبقار والطيور أو ريش مطحون وأقسام نباتات ميتة. تتحلل المواد العضوية الموجودة في روث الحيوانات وبقايا النباتات بواسطة كائنات حية دقيقة موجودة في التربة، إلى مواد غير عضوية، من بينها أملاح معدنية تحتاجها النباتات. إن إضافة الزيل إلى التربة تحسّن عادةً تهوية التربة وتماسك الماء في التربة. هناك من يضيف **الزيل** إلى التربة كما هو. وهناك من يضيفه **ككومبوست**. الكومبوست هو زيل عضوي ينتج من نفايات عضوية (بقايا غذاء نباتي، أعضاء نباتات مقصوصة، روث حيوانات وما شابه) مرّت خليل بيولوجي بواسطة كائنات حية دقيقة في ظروف تخضع للمراقبة. يتم إنتاج الكومبوست خلال عدة أسابيع وهو يتأثر من درجة حرارة البيئة المحيطة، من الرطوبة ومن تهوية كومة النفايات. في نهاية العملية، يصغر حجم كومة الزيل ونحصل على كومبوست - مخلوط بُني له صفات تربة تتميز بالتهوية، الكومبوست نقي من البكتيريا ومن بذور نباتات برية، لأنها أُبِدت بسبب درجات الحرارة العالية السائدة في كومة الكومبوست. جودة الكومبوست متعلقة أيضاً بالمكونات التي نتجت منه وبالنسب الكمية لهذه المكونات.

### مصطلحات: مدورة

تحضير الكومبوست هو مثال لمدورة موارد: بقايا مواد غذائية، مثل: قشّر ثمار، جذور، أوراق، ثمار وخضروات متعفنة أو أعضاء نباتات مقصوصة مرّت بتغييرات لإعادة استعمالها كزيل. مثال آخر للمدورة هو تطهير مياه استُخدمت لاحتياجات بيتية، حيث يتم استعمالها مرةً أخرى لري مزرعات زراعية.



جهاز لتحضير الكومبوست في ساحة بيت خاص وتعليمات لاستعماله

علاقة بعلم البيئة:  
عوامل لا أحيائية:  
التربة.

### تعليمات لاستعمال كومبوستور

#### من المطبخ إلى الحديقة وبالعكس

أمامكم وعاء كومبوست، هدفه إتاحة الفرصة لمليارات الكائنات الحية الدقيقة أن تُلجّل بقايا مواد غذائية من المطبخ ونفايات عضوية

#### ماذا نضع في الكومبوستور؟

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

#### ماذا لا نضع في الكومبوستور؟

كل بروتين مصدره من الحيوان: مُنتجات الحليب، بيض، مُنتجات اللحوم، أسماك، دجاج، عظام، لأنها تُنتج روائح كريهة وتجذب كائنات حية ضارة كثيرة. أعضاء نباتات مقصوصة، تمّ رشها بمواد كيميائية لمكافحة الآفات الزراعية، ورق كرومو أو كرتون ملون وبالطبع لا نضيف بلاستيك، نايلون، زجاج، معادن، بطاريات .... الأرض تشكركم على التلوث الذي وفرتموه، وعلى السماذ المغذي والخصب الذي أعدتكم إلى الحديقة!!



المواد التي تدخل الكومبوستر  
المواد التي تخرج من الكومبوستر  
كومبوستر

## ?? سؤال ج - 9

أ. في التعليمات التي وردت لتحضير كومبوست في حديقة البيت، طُلب منكم أن تبللوا الكومة بالماء من حين إلى آخر، وأن تخلطوها أيضاً. ما هو الأساس البيولوجي لهذه التعليمات؟  
ب. ما هي الأهمية البيئية للعمليات التي تحدث في كومة الكومبوست؟

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

من المهم الحفاظ على نسب صحيحة لكميات الأملاح المعدنية التي نضيفها للنبات. ومن المهم أن لا نضيف للنبات كميات كبيرة من السماذ، لأن فائض السماذ يؤثر سلباً على قدرة النبات في استيعاب الماء. وقد يُجرّف فائض الأملاح المعدنية إلى المياه الجوفية مما يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. في السنوات الأخيرة، تستعمل أيضاً مستحضرات سماذ، حيث ترش على أقسام النبات الموجودة فوق سطح التربة (أوراق، سيقان، جذع). في حالة نقص في أملاح معدنية معينة.

## ?? سؤال ج - 10

أ. يسمّد المزارعون عادةً النباتات بأسمدة تحتوي على نيتروجين. اذكروا وظيفة واحدة للنيتروجين.  
ب. إضافةً إلى النيتروجين، يجب على المزارعون تزويد النباتات التي ينمونها بعنصرين آخرين، اذكروا هذين العنصرين ووظيفة كل واحد منهما في النبات.

## ج 2.4 تطبيق المعرفة عن الهرمونات في الزراعة

يمكن أن نؤثر على دورة حياة النبات وتطوره، من خلال تغيير عوامل خارجية **وعوامل داخلية** أيضاً، ومن خلال تغيير كميات الهرمونات النباتية المتوافرة للنبتة وأعضاؤها. فيما يلي بعض الأمثلة التي تمّ تطبيقها في الزراعة:

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

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

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

### للمزيد عن:

استعمال الهرمونات ومستنبتات الأنسجة. انظروا الفصل الرابع.

قطع البراعم يثبط هرم الأوراق: البستاني المعني في الحفاظ على المنظر الأخضر لنباتاته، فإنه يقوم بقطع براعم الأزهار وهكذا يثبط الهرم. قطع الأزهار يمنع من إنتاج الثمار والبذور التي تؤدي إلى هرم الأوراق. حتى الآن، غير واضح أي هرمونات تنتج في البذور والثمار وتؤدي إلى هرم الأوراق. توجيه تساقط الأوراق: المزارع الذي يرغب بجمع ثمار دون أوراق من حقله، يتوقف عن الري ويرش النباتات بمادة تؤدي إلى تساقط الأوراق. هكذا نعمل عادةً في حقل القطن، قبل أن نقطف (من النباتات) البذور التي تغلفها الألياف.

**تفريد ثمار:** عندما نريد الحصول على ثمار كبيرة، فإننا نقطف من الشجرة أزهارًا و/أو ثمارًا في مرحلة مبكرة من التطور. في أعقاب التفريد، تتطور أقل ثمار، لكن يقل التنافس بين الثمار التي بقيت على الشجرة وهي تصبح أكبر.

للمزيد عن:

تفريد ثمار. انظروا الفصل الرابع.

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

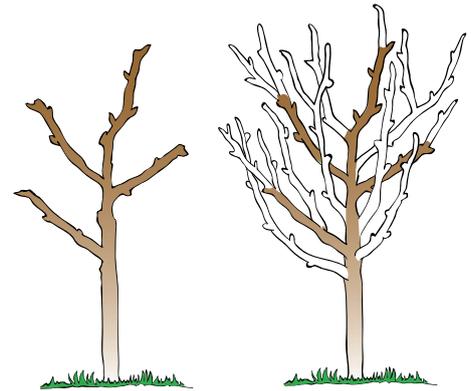
يوجد للتقليم عدة أهداف:

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

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

لكي ينمو النبات إلى أعلى، ولكي لا تتفرع منه غصون جانبية، يقوم المزارعون بتقليم الغصون الجانبية. هذا النوع من التقليم يثبط النمو في الأطراف ويساعد الجذع المركزي على التطور بشكل أفضل.

بعد تنفيذ عملية التقليم، نوصي أن تدهنوا "جروح" التقليم برهم خاص، لكي تمنع فقدان الماء ودخول مسببات أمراض.



تقليم : قبل وبعد

## ج.5. توسع: يستجيب النبات لبيئته المحيطة



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



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

أ. آليات افتراس  
في النباتات المفترسة (التي ذكرناها في بند ج 2.1)، يوجد عدة أنواع من المصائد التي تساعد على اصطياد الفريسة بسرعة، من بينها: مصيدة "ماصة": نجد هذه المصيدة في النباتات التي تعيش في بيوت تنمية مائية أو في النباتات التي تطفو على سطح الماء. يوجد باب في طرف المصيدة وبجانب "الباب" يوجد شعيرات حسية. عندما تتلامس الفريسة بها، يفتح "الباب" بسرعة مقدارها واحد على ألف من الثانية، وهكذا يتم سحب الفريسة إلى داخل المصيدة. بعد اصطياد الفريسة يُغلق "الباب" وتفرز عصارات هضم داخل المصيدة. حركة "الباب" هي أسرع حركة معروفة في ملكة النبات.

مصيدة "سقوط": يوجد في نبتة البوق ألوان قوية وريح له رائحة وحلو. الحشرات التي تنجذب إلى المصيدة، تنزل وتسقط داخل "الجرة" وتقوم إنزيمات الهضم بهضمها.  
مصيدة "إغلاق": هذه المصيدة مبنية من قسمين في داخلهما يوجد مجسات. عندما تتلامس فريسة مع المجسات، يُغلق القسمان وهكذا يتم اصطياد الفريسة ولا تستطيع الهروب. عندما يُغلق القسمان، يبدأ إفراز عصارة الهضم حول الفريسة. وحركة هذه المصيدة سريعة جداً أيضاً.

ب. رد فعل للتلامس

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



المستحبة: قبل وبعد تلامس الأوراق



عباد الشمس

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

??  
سؤال ج - 11

خمّنوا، ما هي الأفضلية للنبات من رد فعله للشمس؟

د. اتصال في النبات وبين النباتات  
في أنسجة النباتات التي تؤذيها حيوانات أو متطفلات يُنتج **أثلين** خلال فترة قصيرة، وهو يؤدي إلى إنتاج مواد سامة ضد الكائن الحي الذي هاجم النبتة.

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

??  
سؤال ج - 12

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

## ?? أسئلة لتلخيص الفصل

1. عندما نريد أن ننقل نباتات بالغة من المكان الذي نمت فيه إلى مكان آخر، ولكي تُستوعب هذه النباتات جيداً في مكانها الجديد، فإننا ننفذ النشاطات الآتية:
  - أ. نقلم قسمًا من أقسام النبات.
  - ب. ننقل النبتة مع كتلة التربة التي نمت فيها.
  - ج. نسقي النبات عند نقله ونسقيه مرات كثيرة في الأيام الأولى بعد نقله. اشرحوا الفائدة من كل توصية.
2. انتبه مزارع إلى أن النباتات في الدفيئة لا تنمو كما يجب. اقترح عليه تلميذ أن يضيف مصابيح في الدفيئة، لكن هذا الاقتراح لم يحسّن عملية النمو؟
  - أ. كيف يمكن أن نشرح ذلك؟
  - ب. ماذا تقترحون على المزارع أن يعمل؟
3. كيف يتأثر نمو نبات أُضيف إليه أوكسين:
  - أ. يبدل البرعم القممي (قُطع البرعم وأضيف الهورمون).
  - ب. أُضيف الهورمون إلى التربة التي ينمو فيها النبات.
4. عندما نزرع دفيئات مغلقة، فإننا نشعر فيها بهواء رطب جدًا. كيف تؤثر هذه الحقيقة على كمية الماء المطلوب لري نباتات الدفيئة؟ اشرحوا.
5. قارنوا بين التزليل والتسميد. تطرقوا في إجاباتكم إلى جوانب مختلفة، مثل: مصدر المادة، الفائدة للنبات، الراحة للمزارع، الحسنة والسيئات.
6. يوصي الحريصون على جودة البيئة المحيطة أن نحضّر كومبوست وأن نستعمله بدل من أن نضيف سمادًا. ما هي التعليقات لهذه التوصية؟
7. اختاروا خمسة مصطلحات من قائمة المصطلحات التي وردت في نهاية الفصل، ثم اكتبوا فقرة قصيرة تشمل المصطلحات وتوضح العلاقة بينها.

## المواضيع الأساسية في الفصل

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

## مصطلحات مهمة في الفصل

أنابيب تنقيط	أوكسين
ضغط طورغور	ضوء
مياه مجاري مكررة	اثلين
مدورة موارد في النبات	نمو
ميتوزا	عوامل خارجية في البيئة المحيطة
مياه مالحة	عوامل داخلية
أملاح معدنية: بوتاسيوم، فوسفور ونيروجين	جبرلين
سويق	مزروعات محمية أو مغطاة (دفيئات وأنفاق)
تساقط	تقليم غصون
شدة الإضاءة	تفريد ثمار
تركيب ضوئي	تسميد
قمة النمو	هورمونات
كومبوست	هرم
نسيج (منطقة) انفصال	إثراء بـ CO <sub>2</sub>
مرحلة نمو خضرية	ري
إضاءة اصطناعية	تمايز
CO <sub>2</sub>	تطور
	زبل

