دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الأحياء

للسنة الأولى من مرحلة التعليم الثانوي

الاسبوع الخامس عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هجري
2020 / 2021 ميلادي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

7 – 2 ورقة النبات : مصنع إنتاج الغذاء في الطبيعة

يشار أحيانًا إلى ورقة النبات على أنها إحدى "المصانع" الرئيسة في العالم، لأن الورقة هي العضو الذي تحدث فيه عملية البناء الضوئي. وورقة النبات هي أيضًا العضو الذي تتكون فيه المواد الغذائية الأخرى مثل الدهون والبروتينات. وتصبح تلك المواد في النهاية غذاءً لجميع الكائنات الحية الأخرى إما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

وإذا اعتبرت الورقة "مصنعًا"، فحتمًا تكون مجهزة جيدًا بالمعدات التي تمكنها من تصنيع الغذاء. وبالفحص الدقيق لورقة النبات يتبين أنها متوائمة تمامًا مع وظيفتها في إنتاج الغذاء.

وبصفة عامة، تتكون ورقة النبات الخضراء العادية من **نَصْل الورقة**، و**عنق الورقة**، و**قاعدة الورقة**.

ويحمل عنق الورقة النصل بعيدًا عن الساق حتى يتمكن النصل من الحصول على كمية كافية من أشعة الشمس والهواء. وفي بعض الأوراق (مثل أوراق العشب أو الذرة) لا يوجد عنق. وتتميز تلك النباتات بطول نصل أوراقها.

يمتلك نصل ورقة النبات سطحًا مستويًا كبيرًا مقارنة بحجمه. وتمكن تلك الصفة الورقة من الحصول على أكبر قدر ممكن من ضوء الشمس اللازم لعملية البناء الضوئي. ونصل الورقة الرقيق الممتد يعني وصول ثاني أكسيد الكربون بسرعة إلى الخلايا الداخلية في الورقة.

التعرق

تحمل العروق النباتية الماء والأملاح المعدنية إلى الخلايا في نصل ورقة النبات، كما تنقل الأغذية المصنعة من الورقة إلى باقي أجزاء النبات. وفي الأوراق البسيطة مثل أوراق شجرة البرتقال أو نبات *الخطمي* (*الورد الصيني*) *أو نبات الفلفل*، يوجد عرق رئيس (العرق الأوسط) الذي تتفرع منه باقي الأفرع في النبات مكونة بذلك شبكة من العروق الدقيقة.

شكل 7–4 السمات الخارجية لورقة نبات ذات فلقتين

التركيب الداخلي لنصل الورقة

يبين قطاع مستعرض في ورقة النبات (شكل 7–5 ب) أن نصل الورقة على كل من جانبي العرق الأوسط **له بشرة عليا** تتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة عن قرب يغطيها من الخارج **قشيرة (كوتيكل)**. وتحمي تلك القشيرة الظاهرة الورقة، وتحد من تبخر الماء الزائد، كما تعمل على تركيز الضوء على طبقات النسيج الأوسط في ورق النبات.

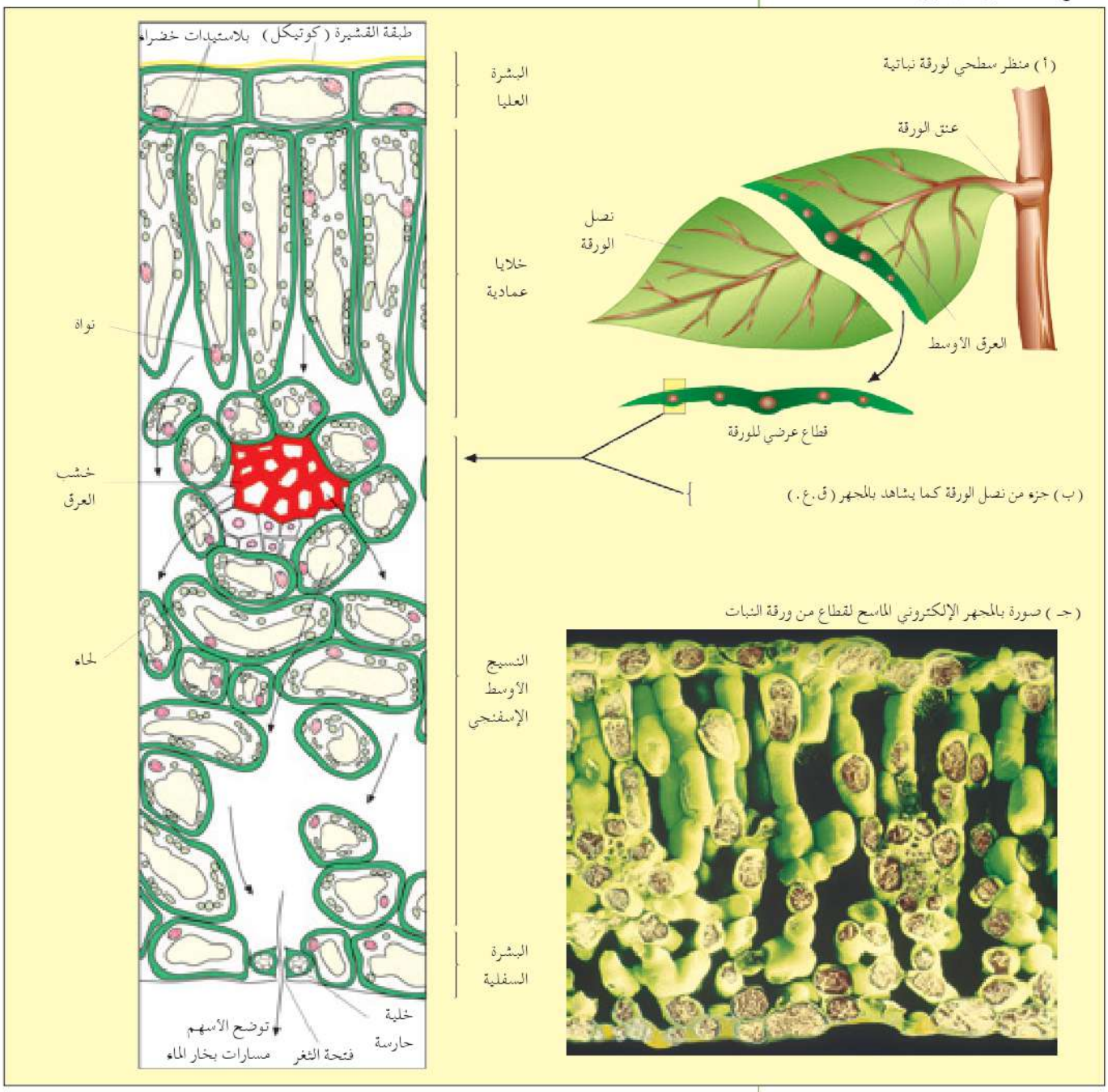
ويقع **النسيج الأوسط** أسفل البشرة العليا، وهي المنطقة الرئيسة في عملية البناء الضوئي. ويمكن تمييز منطقتين في النسيج الأوسط للنبات هما **النسيج العمادي** و**النسيج الإسفنجي**. ويتكون النسيج العمادي من طبقة أو طبقتين من الخلايا الأسطوانية الطويلة المتلاصقة تكون محاورها الطويلة متعامدة على البشرة. وتحتوي تلك الخلايا على العديد من الكلوروبلاستيدات (البلاستيدات الخضراء) التي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تمكنها من امتصاص أكبر قدر من ضوء الشمس اللازم للبناء الضوئي. والكلوروبلاستيدات (البلاستيدات الخضراء) تراكيب ذات شكل بيضاوي تحتوي على مادة اليخضور (الكلوروفيل). تكون خلايا الغشاء الإسفنجي غير منتظمة الشكل ومتباعدة بدرجة تسمح بوجود فراغات هوائية كثيرة وكبيرة بينها، كما تحتوي أيضًا على بلاستيدات خضراء.

وتوجد أسفل النسيج الأوسط **البشرة السفلية** وتتكون أيضًا مثلها مثل البشرة العلوية من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة تغطيها من الخارج طبقة من الكوتيكل. وتحتوي البشرة السفلية على الكثير من الفتحات الدقيقة يطلق عليها **الثغور** (المفرد **ثغر**). وفي معظم النباتات ذات الفلقتين، توجد الثغور بكميات كبيرة في البشرة السفلية من الورقة. ويحيط بالثغر (شكل 7 – 6) خليتان من الخلايا الحارسة.

شكل 7 – 5 تركيب ورقة النبات



جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وتختلف الخلايا الحارسة عن خلايا البشرة في النواحي التالية :

- تشبه الخلايا الحارسة من منظور سطحي حبة الفول، بينما تكون خلايا البشرة غير منتظمة الشكل.
- تحتوي الخلايا الحارسة على بلاستيدات خضراء حتى تستطيع تصنيع الغذاء عن طريق عملية البناء الضوئي (لا تحتوي خلايا البشرة على بلاستيدات خضراء) .
- تعتبر الخلايا الحارسة هي خلايا البشرة الوحيدة القادرة على تصنيع السكر. ووفقًا لإحدى النظريات، يزداد تركيز أيونات البوتاسيوم (K^+) في الخلايا الحارسة عند التعرض لضوء الشمس. ويعمل ذلك بجانب السكر المُتكوِّن على خفض جهد الماء في الخلايا الحارسة. ويدخل الماء نتيجة لذلك من الخلايا الأخرى إلى الخلايا الحارسة عن طريق الخاصية الأسموزية فتنتفخ وتصبح مكتنزة. ولوجود جدار سليولوزي أكثر سمكًا على أحد جانبي الخلية الحارسة، أي الجانب الذي يوجد حول فتحة الثغر، تُصبح الخلايا الحارسة المنتفخة أكثر تحدبًا، وتعمل بالتالي على فتح ثغر النبات.

ويستهلك النبات أثناء الليل السكر، ويخرج الماء من الخلايا الحارسة، ولذلك تصبح رخوة وتغلق فتحات الثغور. يقلل ذلك من كمية بخار الماء الذي يخرج من الورقة. ولا تُنظم خلايا البشرة كمية الماء المفقود من الورقة، وإنما تعمل فقط على حماية المناطق الداخلية في ورقة النبات.

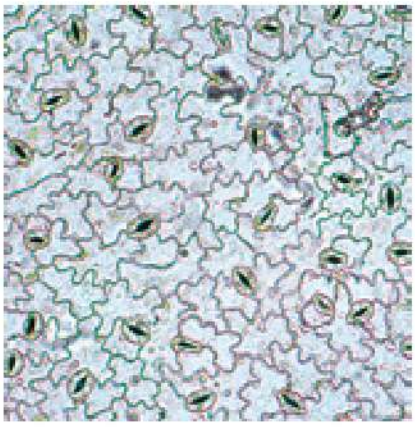
دخول ثاني أكسيد الكربون إلى ورقة النبات

يستهلك ثاني أكسيد الكربون الموجود في ورقة النبات بسرعة كبيرة أثناء النهار عند حدوث البناء الضوئي. وبذا يصبح تركيز ثاني أكسيد الكربون في الورقة أدنى من تركيزه في الهواء الجوي، أي يتوفر تدرج انتشار. فينتشر ثاني أكسيد الكربون من البيئة الخارجية خلال الثغور، ومنها إلى مجموعة الفجوات الهوائية في الورقة.
وتُغطِّى دائمًا أسطح خلايا النسيج الأوسط طبقة رقيقة من الماء حتى يذوب فيها ثاني أكسيد الكربون. ينتشر بعد ذلك ثاني أكسيد الكربون المذاب كمحلول إلى داخل الخلايا.

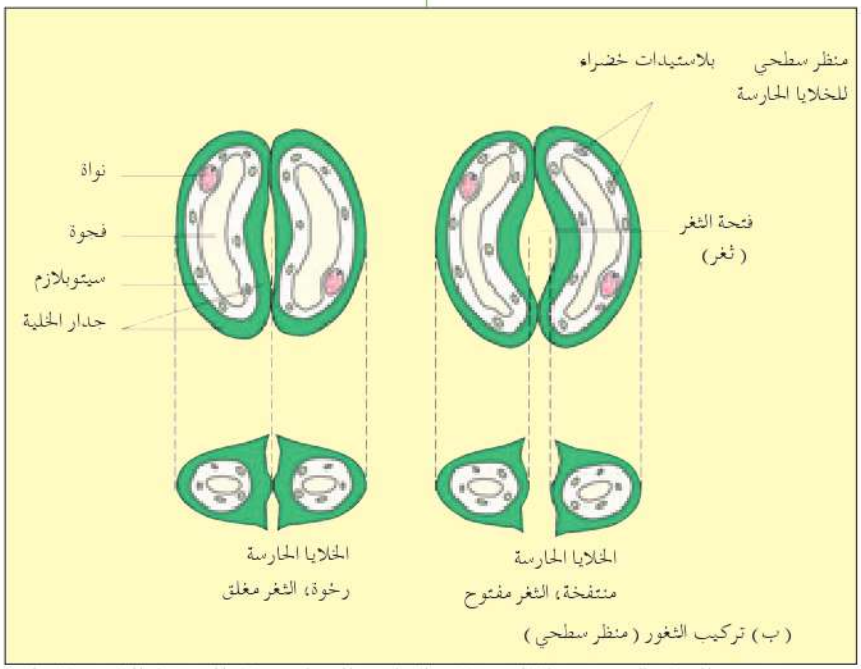
دخول الماء والأملاح المعدنية إلى الورقة

تُكوِّن عروق الورقة النباتية أفرعًا دقيقة تنتهي بين خلايا النسيج الأوسط، وهي تحتوي على اللحاء والخشب. ويعمل خشب النبات على توصيل الماء والأملاح المعدنية المذابة إلى الورقة من التربة عن طريق جذور النبات. وتنتشر تلك المواد الخام بمجرد خروجها من عروق النبات، من خلية إلى أخرى خلال النسيج الأوسط للورقة. وعند تلقي الخلايا الخضراء المواد الخام الأساسية (ثاني أكسيد الكربون، والماء، والأملاح المعدنية)، فإنها تُصنِّع الغذاء عن طريق عملية البناء الضوئي، وتُنقل السكريات المُصنَّعة خلال اللحاء إلى جميع خلايا النبات.

شكل 7 – 6 الثغور



(أ) منظر سطحي للبشرة السفلية في الورقة



(ب) تركيب الثغور (منظر سطحي)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

كيف تتكيف ورقة النبات لعملية البناء الضوئي؟

يُلخص جدول 7 ـ 1 الخصائص الأساسية لورقة النبات، وكيفية تكيفها لأداء عملية البناء الضوئي.

التركيب	التكيف
◆ سطح مسطح عريض	لامتصاص أكبر قدر من الطاقة الضوئية.
◆ نصل الورقة رفيع	يسمح بسرعة مرور ثاني أكسيد الكربون إلى الخلايا الداخلية. يسمح بوصول أشعة الشمس لجميع خلايا النسيج الأوسط.
◆ تحتوي البلاستيدات الخضراء على اليخضور (الكلوروفيل)، وتوجد في جميع خلايا النسيج الأوسط	يمتص اليخضور (الكلوروفيل) الطاقة الضوئية ويحولها إلى طاقة كيميائية تستخدم في تصنيع السكريات.
◆ يوجد عدد أكبر من البلاستيدات الخضراء في النسيج العمادي العلوي	تسمح بامتصاص طاقة ضوئية أكثر بالقرب من سطح الورقة.
◆ نظام فراغات الهواء المتصلة ببعضها البعض في النسيج الأوسط	يسمح بالانتشار السريع لثاني أكسيد الكربون في خلايا النسيج الأوسط.
◆ وجود الثغور في طبقات بشرة النبات	تفتح في ضوء الشمس لتسمح لثاني أكسيد الكربون بالانتشار داخل ورقة النبات وانتشار الأكسجين إلى خارج الورقة.
◆ احتواء العروق على الخشب واللحاء	ينقل الخشب الماء والأملاح المعدنية إلى خلايا النسيج الأوسط. وينقل اللحاء السكريات بعيدًا عن الورقة.
◆ عنق ورقة النبات	يُثَبِّت الورقة النباتية في وضع يمكنها من امتصاص أكبر قدر من الطاقة الضوئية.

جدول 7 -1 تكيف ورقة النبات للقيام بعملية البناء الضوئي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

تحليل

معضلة النبات

تعاني النباتات من مشكلة حقيقية . فللحصول على ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي، يجب أن تظل الثغور الموجودة بأوراقها مفتوحة . ينتشر ثاني أكسيد الكربون إلى داخل النبات خلال الثغور حتى يصل إلى البلاستيدات الخضراء الموجودة بخلايا النسيج العمادي التي تقوم بعملية البناء الضوئي . ومع ذلك، سوف ينتشر بخار الماء إلى الخارج عن طريق تلك الثغور ويُفقد في الهواء الخارجي . وإذا كان معدل فقدان الماء في النبات أسرع من معدل حصوله عليه من التربة، فإن خلايا النبات سوف تبدأ في الانكماش (التبلزم) ويذبل النبات في النهاية .

فسر الآتي مستخدمًا المعلومات التي تعلمتها حتى الآن في هذه الوحدة :

1 لماذا تغلق معظم النباتات ثغورها ليلاً؟

2 ينخفض أحيانًا معدل البناء الضوئي في نباتات مثل القمح أو الشعير في منتصف يوم مشمس مرتفع الحرارة .

3 لماذا يكون ذلك التكيف مفيدًا وبخاصة للنباتات الموجودة في المناطق القاحلة مثل نباتات الصبار؟

تفتح بعض النباتات ثغورها ليلًا وتمتص ثاني أكسيد الكربون وتقوم بتخزينه في صورة كيميائية، وعندما تشرق الشمس تقوم تلك النباتات بغلق ثغورها واستخدام ثاني أكسيد الكربون المخزن في عملية البناء الضوئي أثناء النهار .

7 – 3 التغذية المعدنية في النباتات

استعرضنا في السابق كيفية استفادة النباتات الخضراء من المواد غير العضوية مثل ثاني أكسيد الكربون والماء في صنع المواد العضوية المعقدة . وتحتاج النباتات إلى النترات لتكوين الأحماض الأمينية والبروتينات . وعلى الرغم من ذلك، يبين التحليل الكيميائي لجسم النبات إحتواءه على عدد من العناصر الأخرى بالإضافة إلى الكربون، والهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين . وتعرف تلك المواد بالعناصر الأساسية لأن بعضها ضروري للنمو الصحي للنبات .

توجد بعض العناصر بكميات ضئيلة فقط في جسم النبات، وتكون أيضًا ضرورية لنموه السليم . والعناصر الأساسية التي تحتاج إليها معظم النباتات مبينة على الجانب الأيسر من هذه الصفحة .

وتعتبر عناصر الكربون، والهيدروجين، والأكسجين ضرورية جدًا لتكوين الكربوهيدرات والتي تعتبر بدورها حجر الأساس الذي تصنع منه جميع المركبات الأخرى في النبات . ولا يمكن حدوث عملية البناء الضوئي في النبات في غياب ثاني أكسيد الكربون . ويحصل النبات على الهيدروجين والأكسجين من الماء الذي يمتصه النبات . لذا يعتبر الماء عنصرًا حيويًا لقيام النبات بوظائفه .

العناصر الأساسية	
عناصر لافلزية	الكربون الهيدروجين الأكسجين النيتروجين الفوسفور الكبريت
عناصر فلزية	البوتاسيوم الكالسيوم المنجنيز الحديد

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

محلول استنبات كامل للنبات

ماء مقطر	1000 سم^3
نترات البوتاسيوم	0.25 جرام
كبريتات المنجنيز	0.25 جرام
البوتاسيوم والفوسفات	0.25 جرام
نترات الكالسيوم	1 جرام
محلول كلوريد الحديديك (III)	قطرتان

مع ملاحظة ضرورة إضافة المواد الكيميائية إلى الماء بالترتيب المبين بالأعلى.

لإعداد محلول استنبات ينقصه:

- النيتروجين: تخلص من النترات، واستخدم كلوريد البوتاسيوم وكبريتات الكالسيوم.
- الماغنسيوم: تخلص من كبريتات الماغنسيوم، واستخدم كبريتات الكالسيوم.

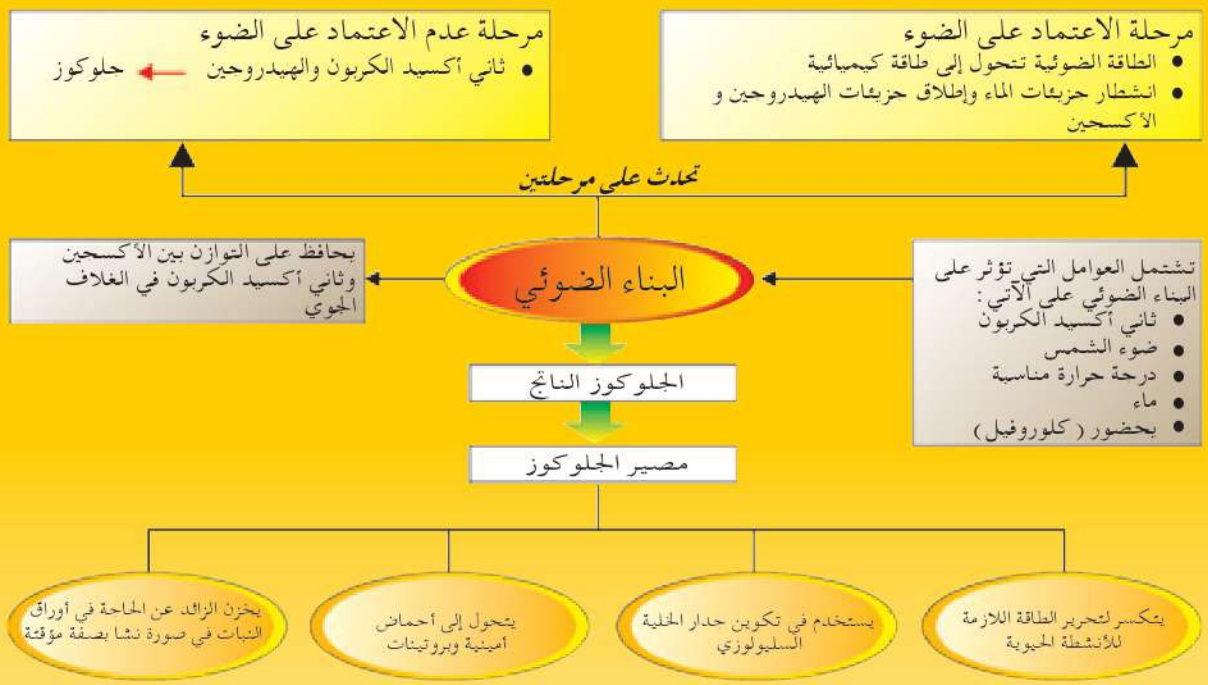
تجارب الاستنبات

يمكن معرفة ضرورة عناصر معينة مثل النيتروجين والماغنسيوم للنمو السليم للنبات عن طريق تجارب الاستنبات. وتجرى تلك التجارب على أحد النباتات المناسبة مثل نبات الذرة، الذي يُستنبت وجذوره مغمورة في محاليل أملاح معدنية مختلفة. ينقص كل محلول عنصرًا معينًا، ويلاحظ تأثير غياب ذلك العنصر على نمو النبات. ويقارَن النمو غير الطبيعي في هذه النباتات مع النمو الطبيعي لنباتات أخرى تكون جذورها مغمورة في محلول استنبات متكامل، أي تتوافر فيه كافة العناصر الأساسية بالنسب الملائمة المبينة إلى اليمين.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ملخص

خريطة مفاهيم البناء الضوئي



البناء الضوئي عملية متعددة الخطوات يحجز اليخضور (الكلوروفيل) فيها الطاقة الضوئية ويحولها إلى طاقة كيميائية تستخدم بعد ذلك في تصنيع الكربوهيدرات العضوية من ثاني أكسيد الكربون غير العضوي والماء. ويخرج الأكسجين كمنتج ثانوي أثناء تلك العملية.
معادلة البناء الضوئي:

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

يتكون نصل الورقة من ثلاثة تراكيب:

- البشرة العليا المحمية بواسطة قشيرة (كوتيكل) تمنع عملية الجفاف، وبها ثغور قليلة.
- البشرة السفلى بها قشيرة والكثير من الثغور.
- يحرس كل ثغر خليتان حارستان على شكل حبة الفول السوداني تتحكمان في حجمه وبالتالي في معدل انتشار الغازات خلاله.
- النسيج الأوسط للورقة، وينقسم إلى: نسيج عمادي تتلاصق خلاياه وتحتوي على بلاستيدات خضراء عديدة، ونسيج إسفنجي تكون خلاياه أقل التصاقًا وتكون الفراغات بين الخلوية فيه متعددة حتى تسمح بانتشار الغازات. وتحتوي تلك الخلايا أيضًا على بلاستيدات خضراء.
- عروق تحتوي على الخشب و اللحاء.

بالإضافة إلى الكربون، يعتبر أيضًا كل من الهيدروجين، والأكسجين، والنيتروجين، والماغنسيوم عناصر ضرورية للنمو السليم للنبات.

- النيتروجين ضروري لتكوين البروتين، والبروتوبلازم، والأنزيمات، والأحماض النووية. ويكون نمو الشتلات في محلول الاستنبات من دون وجود نيتروجين نموًا ضعيفًا، كما يقل عدد الأوراق، ويكون لونها الأخضر شاحبًا، وتموت الشتلة في النهاية.
- يعتبر الماغنسيوم مكونًا مهمًا لمادة اليخضور (الكلوروفيل). والشتلات التي يتم استنباتها في محلول من دون وجود ماغنسيوم تكون أوراقها صفراء وصغيرة وذلك لأن النبات يصبح غير قادر على تكوين اليخضور (الكلوروفيل)، فتظهر صبغة صفراء على النبات، وتظهر عليه أعراض الشحوب اليخضوري.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا