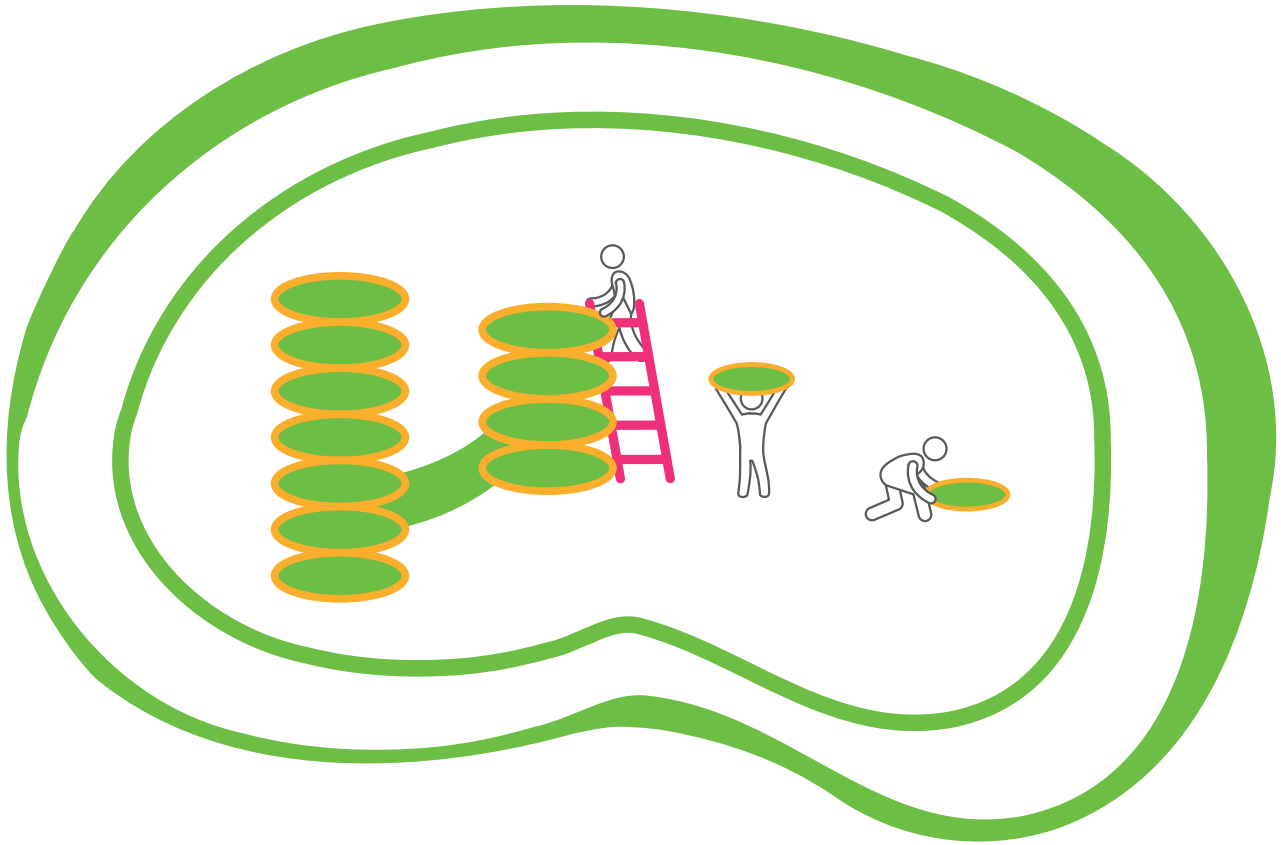


تركيب البلاستيدة الخضراء

أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

- وصف تركيب البلاستيدة الخضراء
- شرح أوجه تكيف البلاستيدات الخضراء التي تجعلها متوائمة مع وظيفتها
- توضيح أهمية صبغات البناء الضوئي في عملية البناء الضوئي
- التعرف على مواقع المرحلتين الرئيسيتين للبناء الضوئي

النباتات تصنع غذاءها بنفسها

النباتات كائنات حية متعددة الخلايا تحتاج إلى تغذية للبقاء على قيد الحياة وتساعدها على أداء وظيفتها. ولكن لا تملك النباتات جهازًا هضميًا متخصصًا لامتصاص المغذيات من مصادر الغذاء.

وما يثير الدهشة هو أن النباتات قد تطوَّرت لحل هذه المشكلة عن طريق صنع غذائها بنفسها! تقوم النباتات بهذه العملية، التي تُعرف بعملية البناء الضوئي، في تراكيب متخصصة بالخلية تسمى البلاستيدات الخضراء. يمكنك رؤية البلاستيدات الخضراء الموجودة في الخلايا النباتية في الصورة المجهرية الموضحة.

البناء الضوئي في النباتات

عندما تقوم النباتات بعملية البناء الضوئي، فإنها تمتص ثاني أكسيد الكربون والماء وتحولهما إلى سكريات، مثل الجلوكوز بشكل أساسي، وأكسجين باستخدام الطاقة الضوئية. قد تتوفر هذه الطاقة الضوئية من مصدر ضوء طبيعي مثل ضوء الشمس، أو مصدر ضوء صناعي، مثل مصباح.

تحدث عملية البناء الضوئي أساسًا في أوراق النبات؛ حيث توجد غالبية البلاستيدات الخضراء، ولكن قد تحتوي الأنسجة البرنشيمية لسيقان النبات أيضًا على بلاستيدات خضراء، للمساهمة بقدر بسيط في عملية البناء الضوئي.

توفر عملية البناء الضوئي مزايا أساسية للنبات. فالجلوكوز الذي ينتج من هذه العملية يعمل مصدرًا لتغذية النبات؛ ما يسمح له بالنمو والتكاثر، ويساعده على القيام بالعمليات الحيوية الضرورية الأخرى. واحدة من العمليات الحيوية الضرورية هذه التنفُّس الخلوي، الذي يتكسر فيه الجلوكوز لإطلاق طاقة. يستخدم التنفُّس الخلوي الأكسجين؛ لذا فإن بعضًا من الأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي قد يُعاد استخدامه في عملية التنفس الخلوي.

تعريف: البناء الضوئي

البناء الضوئي هو عملية تُحول بها النباتات الخضراء ثاني أكسيد الكربون والماء إلى سكريات، مثل الجلوكوز، وأكسجين في وجود ضوء الشمس.

معادلة: البناء الضوئي

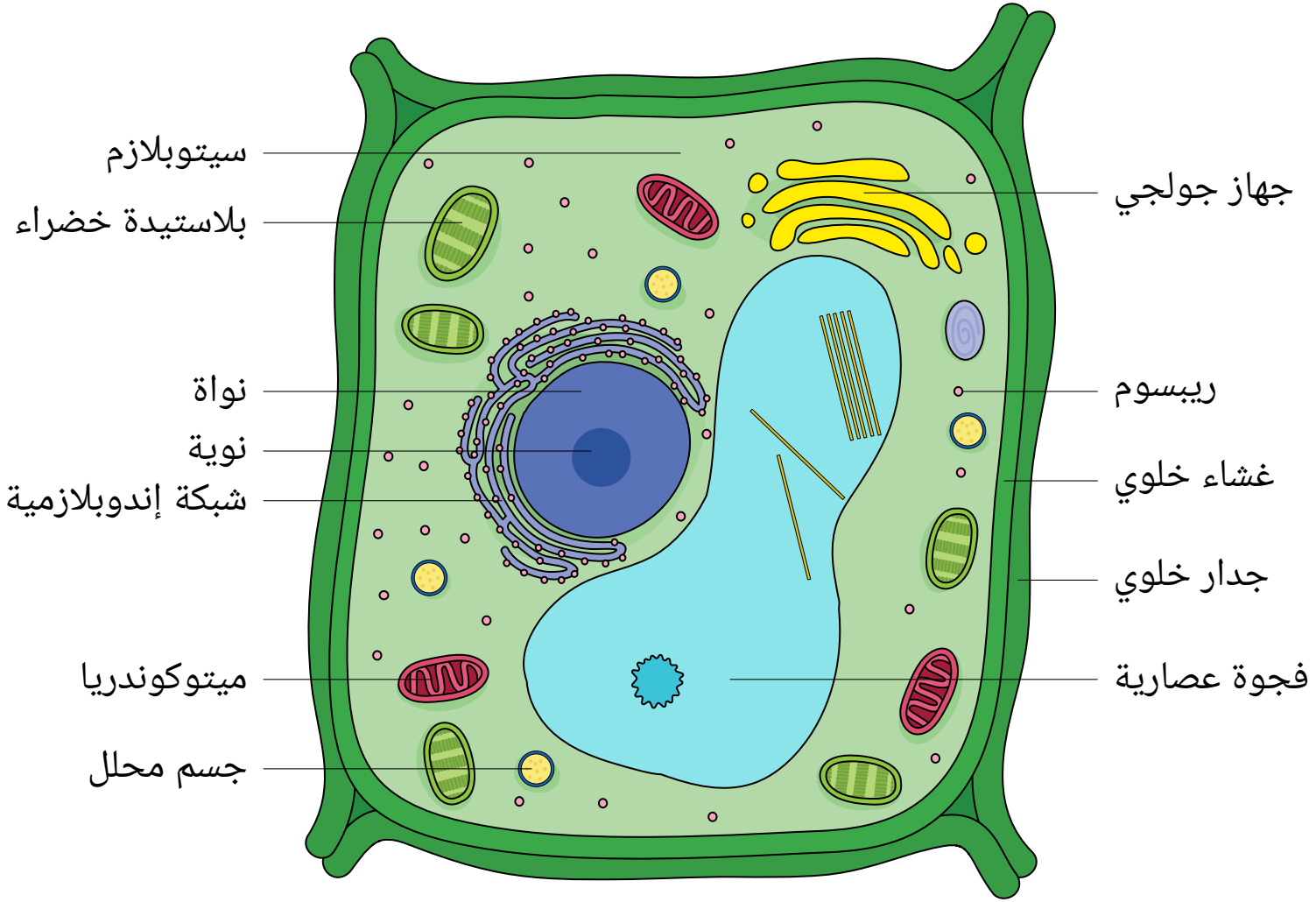
ثاني أكسيد الكربون + ماء (+طاقة ضوئية) ⟵ جلوكوز + أكسجين

تعريف: التنفس الخلوي

التنفس الخلوي هو عملية تحدث في الكائنات الحية وتتكسر خلالها المركبات التي تحتوي على الكربون (مثل الجلوكوز) لإطلاق طاقة في صورة أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP).

الخلية النباتية

تمتلك الخلية النباتية بعض العضيات مثل النواة وجهاز جولوجي والميتوكوندريا. تحتوي الخلية النباتية أيضًا على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء قد يصل إلى المئات.

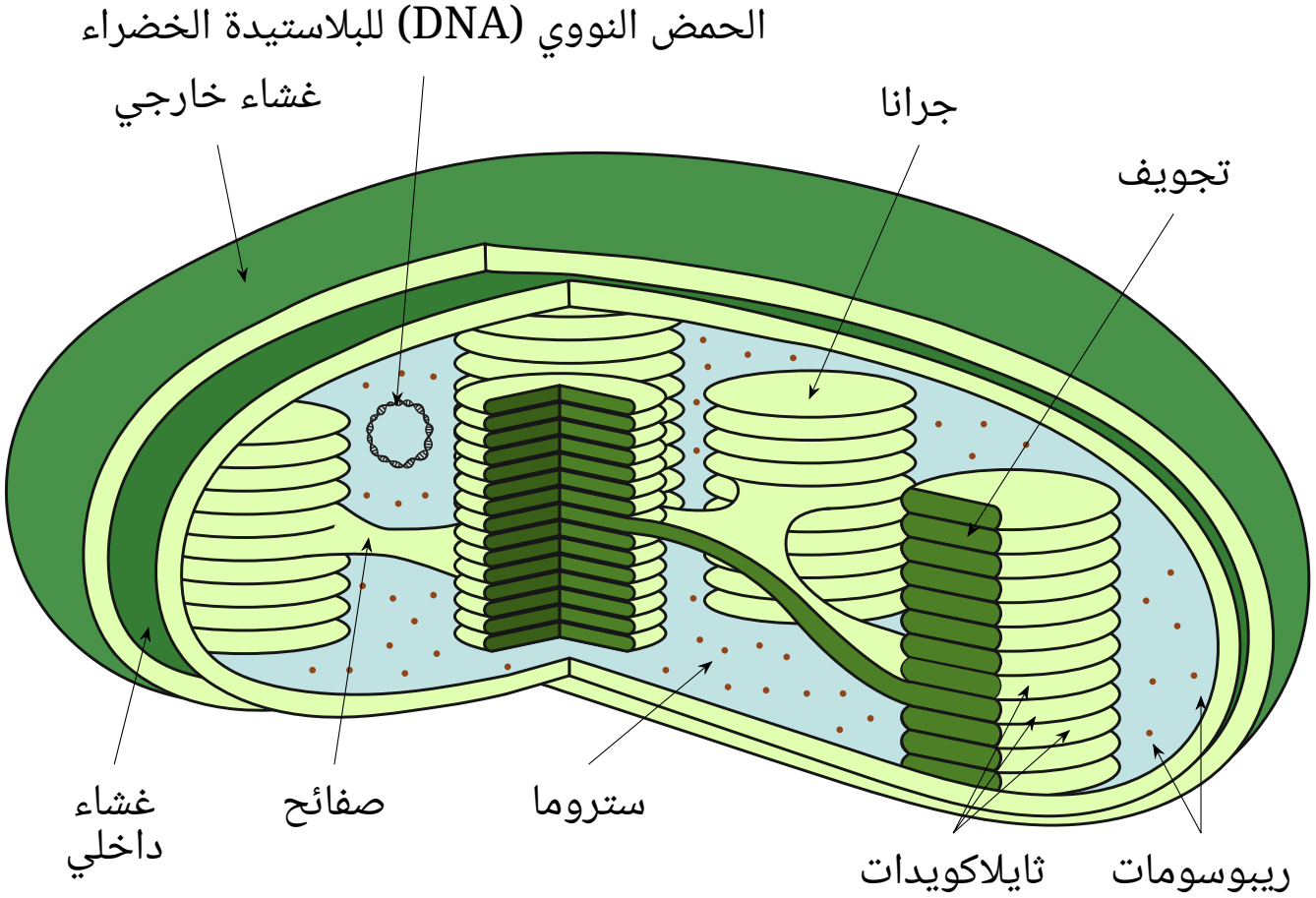


تركيب البلاستيدة الخضراء

البلاستيدات الخضراء هي أمثلة على العُضَيَّات المحاطة بغشاء مزدوج يبلغ سمكه 10 نانومترات فقط، يفصل بين طبقتيه فراغ بين غشائي.

توجد داخل البلاستيدة الخضراء حشوة سائلة تسمى الستروما. تحتوي الستروما على العديد من الإنزيمات، بالإضافة إلى الحمض النووي (DNA) الخاص بالبلاستيدة والريبوسومات. وتحتوي أيضًا على حبيبات نشا تعمل باعتبارها مخازن للجلوكوز في صورة غير قابلة للذوبان.

عند احتياج النبات لهذا الجلوكوز، تعود هذه الحبيبات إلى صورتها الأولى وهي سكر الجلوكوز القابل للذوبان، وينتقل في جميع أجزاء النبات ليُستخدَم في عملية التنفس الخلوي.



تركيب البلاستيدة الخضراء (متابعة)

يوجد داخل الستروما تراكيب معلقة قرصية الشكل تسمى الثايلاكويدات. تُكوِّن هذه الثايلاكويدات طبقات من الأقراص يبلغ عددها 15 قرصًا أو أكثر. تتراص الثايلاكويدات معًا في طبقات لتكوين ما يسمى بالجرانا. ترتبط الجرانا بعضها مع بعضٍ بطَيَّات غشائية رقيقة تسمى صفائح، وهي تساعد في زيادة مساحة السطح المتاحة لامتصاص الطاقة الضوئية. داخل كل ثايلاكويد، يوجد فراغ مائي يسمى تجويفًا.

البلاستيدات الخضراء هي عُضَيَّات مميزة إلى حد ما. على عكس غالبية العُضَيَّات الأخرى، تمتلك البلاستيدات الخضراء DNA والريبوسومات الخاصة بها. وهي أيضًا مُحاطة بغشاء مزدوج.

تتشابه هذه السمات مع أنواع معينة من البكتريا. وقد دفع ذلك العلماء إلى الاعتقاد بأن البلاستيدات الخضراء ربما كانت في السابق كائنات بدائية النوى منفصلة كوَّنت علاقة تكافلية مع خلايا النباتات. ثم دُمجت بعد ذلك في خلايا أسلاف تلك النباتات وتطورت في النهاية إلى الخلايا النباتية التي نعرفها اليوم! تنطبق هذه النظرية أيضًا على الميتوكوندريا ووجودها في الخلايا النباتية والحيوانية؛ نظرًا لأنها دائمًا ما تحتوي على DNA والريبوسومات الخاصة بها، كما أنها مُحاطة بغشاء مزدوج.

مثال ١: تذكُّر التراكيب الموجودة داخل البلاستيدة الخضراء

أي العبارات الآتية توضح العلاقة بين الجرانا والثايلاكويدات؟

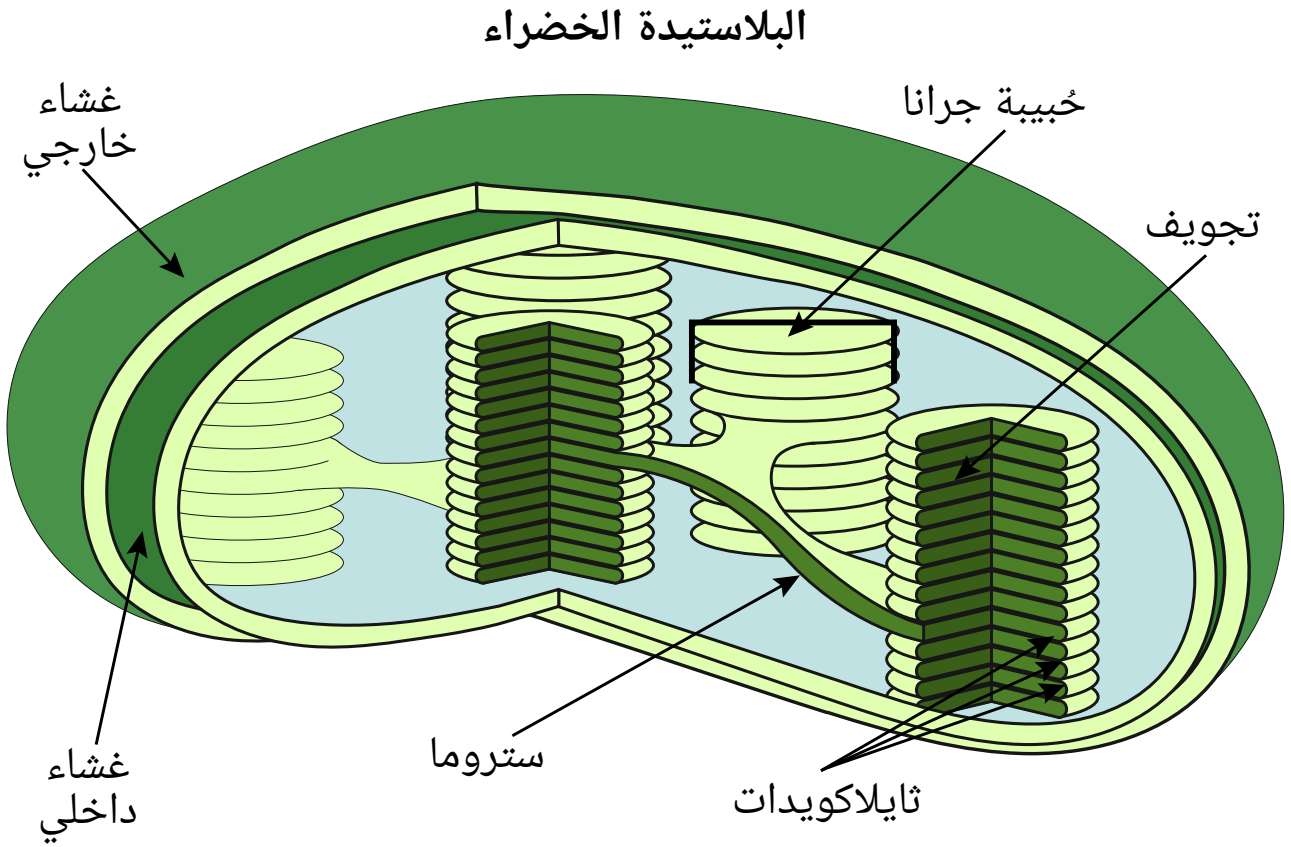
أ. الثايلاكويدات هي تراكيب قرصية الشكل تُكوِّن طبقات متراصة تسمى الجرانا.
ب. تتجمع الجرانا الدائرية في طبقات متراصة لتُكوِّن ثايلاكويدة واحدة.
ج. تتكون خلية الثايلاكويد الواحدة من عدة مكونات من الجرانا.

الحل

البلاستيدات الخضراء هي عُضَيَّات موجودة داخل الخلايا النباتية، وهي موقع حدوث عملية البناء الضوئي. يوجد العديد من التراكيب المتخصِّصة داخل البلاستيدة الخضراء التي تسمح لها بأداء هذه الوظيفة.

للإجابة عن هذا السؤال، نحتاج إلى إلقاء نظرة على هذه التراكيب.

مثال ١ (متابعة)

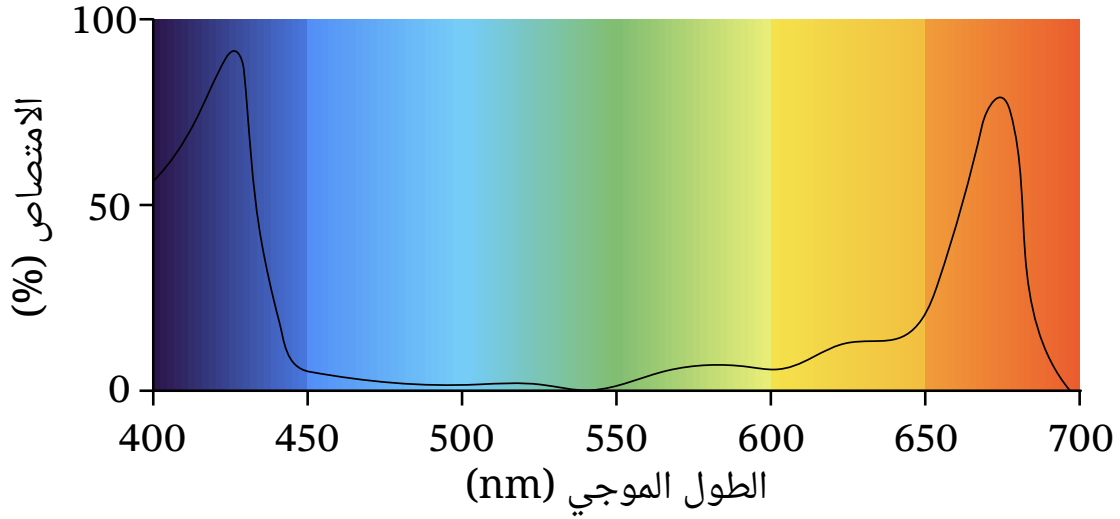


كما نرى في الشكل، فإن الثايلاكويدات تراكيب قرصية الشكل معلقة داخل حشوة الستروما. هذه الثايلاكويدات لها مساحة سطح كبيرة تساعدها على القيام بوظيفتها وهي امتصاص ضوء الشمس لعملية البناء الضوئي. يوجد العديد من الثايلاكويدات في طبقات متراصَّة تسمى الجرانا.

من ثَمَّ فإن العبارة التي توضح العلاقة بين الجرانا والثايلاكويدات هي: الثايلاكويدات هي تراكيب قرصية الشكل تُكوِّن طبقات متراصة تُسمى الجرانا.

البلاستيدات الخضراء

تتمثل الوظيفة الأساسية للبلاستيدة الخضراء في أنها موقع حدوث عملية البناء الضوئي داخل الخلية النباتية. ولكي تستطيع البلاستيدة الخضراء القيام بهذه الوظيفة، يجب أن تكون قادرة على امتصاص الطاقة الضوئية.



الصبغات هي جزيئات تمتص أطوالًا موجية محددة من الضوء وتعكس البعض الآخر. تحتوي أغشية الثايلاكويد الموجودة في البلاستيدة الخضراء على صبغات متخصصة تسمى الكلوروفيل، وهي صبغات قادرة على امتصاص هذه الطاقة. عادةً ما يوجد نوعان من الكلوروفيل في النبات هما الكلوروفيل أ والكلوروفيل ب. يمكن لصبغة الكلوروفيل أ امتصاص الأطوال الموجية الحمراء والبرتقالية والزرقاء وأغلب الأطوال الموجية الصفراء للضوء، لكنها لا تستطيع امتصاص الكثير من الأطوال الموجية الخضراء. ولهذا السبب يبدو الكثير من أوراق النبات التي تحتوي على الكلوروفيل خضراء للعين البشرية.

تُعرف العُضَيَّات التي تحتوي على صبغات بالبلاستيدات. وتُوصف البلاستيدات الخضراء بهذا الاسم بسبب لونها.

مصطلح رئيسي: الصبغة

الصبغات هي جزيئات تمتص أطوالًا موجية محددة من الضوء وتعكس أطوالًا موجية أخرى.

تعريف: الكلوروفيل

الكلوروفيل هو مجموعة من الصبغات الخضراء الموجودة في البلاستيدات الخضراء في النباتات وتمتص الطاقة الضوئية اللازمة لعملية البناء الضوئي.

مثال ٢: تفسير كيف تكيفت الثايلاكويدات لأداء وظيفتها

كيف تكيفت الثايلاكويدات لأداء وظيفتها؟

أ. تحتوي الثايلاكويدات على صبغات البناء الضوئي داخل غشائها؛ لامتصاص الضوء.
ب. نسبة مساحة السطح إلى الحجم صغيرة في الثايلاكويدات؛ لهذا يمكن أن تحدث التفاعلات بشكل أسرع.
ج. تحاط الثايلاكويدات بغشاء مزدوج يسمح لها بالتحكم فيما يدخل ويخرج من البلاستيدة الخضراء.
د. تحتوي الثايلاكويدات على إنزيمات متخصصة تقوم بعملية التنفس.

الحل

الثايلاكويدات تراكيب قرصية الشكل موجودة داخل البلاستيدات الخضراء لخلايا النبات. تُكوِّن الثايلاكويدات طبقات متراصة تسمى الجرانا، ووظيفتها هي مساعدة البلاستيدة الخضراء على القيام بعملية البناء الضوئي.

وبشكل أساسي، تكيفت الثايلاكويدات لتساعد البلاستيدات الخضراء على القيام بوظيفتها؛ باحتوائها على صبغات البناء الضوئي داخل أغشيتها. تمتص صبغات البناء الضوئي هذه، التي عادة ما تكون الكلوروفيل في النباتات الأرضية الوعائية أو الزهرية، ضوء الشمس المتاح وتنقله إلى مراكز التفاعلات؛ حيث تُستخدم الطاقة للقائم بـتفاعلات البناء الضوئي.

مثال ٢ (متابعة)

بالنظر إلى خيارات السؤال، نرى أن الخيار أ هو الإجابة الصحيحة. ومع ذلك، يمكننا التأكُّد من إجابتنا باستبعاد الخيارات الأخرى.

الخيار ب ليس صحيحًا؛ لأن الشكل القرصي لتراكيب الثايلاكويدات يوفر في الواقع/في الحقيقة بالفعل نسبة مساحة سطح إلى حجم كبيرة. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تسمح لها بأن تملك صبغات أكثر، وهو ما يزيد معدل تفاعلات البناء الضوئي. الخيار ج غير صحيح أيضًا؛ نظرًا لأن الثايلاكويدات غير محاطة بغشاء مزدوج، كما أنها لا تتحكم فيما يدخل أو يخرج من البلاستيدة الخضراء. فهذه هي وظيفة غشاء البلاستيدة الخضراء. بالنسبة إلى الخيار د، فهو غير صحيح أيضًا؛ لأنه على الرغم من أن الثايلاكويدات قد تحتوي على إنزيمات متخصصة، فإن وجودها يساعد في عملية البناء الضوئي، وليس عملية التنفس. تُجرى عملية التنفس بواسطة عُضَيَّة مختلفة، وهي الميتوكوندريا.

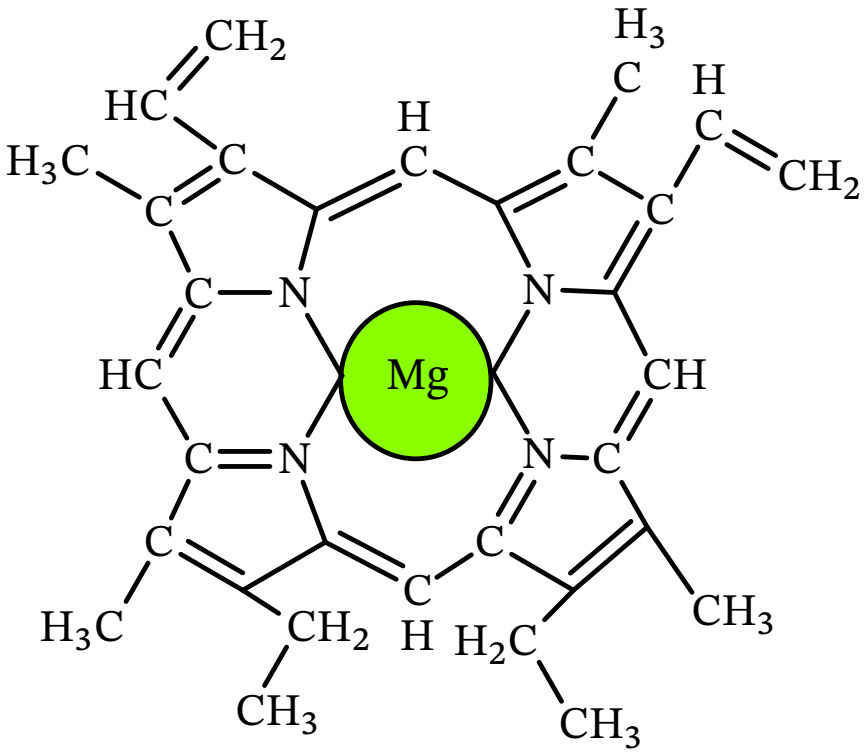
وعليه، تكيفت الثايلاكويدات لأداء وظيفتها بفضل احتوائها على صبغات البناء الضوئي داخل غشائها لامتصاص الضوء.

صبغات البلاستيدة الخضراء

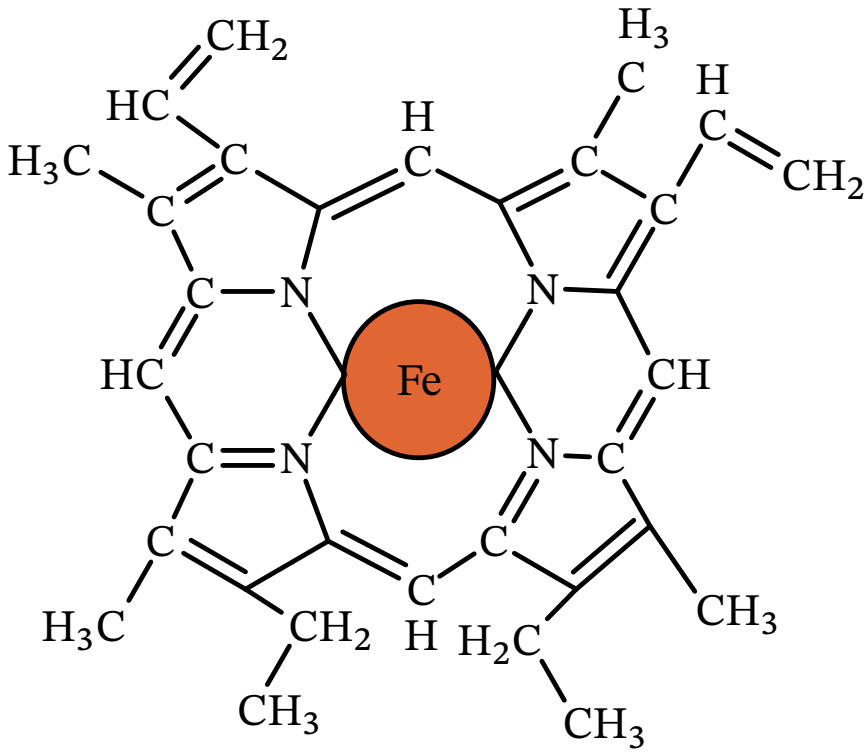
الكلوروفيل

يمتلك الكلوروفيل تركيبًا معقدًا للغاية كما يتضح من التركيب الجزيئي للكلوروفيل أ، الذي له الصيغة $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. يُعتقد أن أيون المغنيسيوم المركزي ضروري لتمكين الكلوروفيل من امتصاص الضوء. ما يثير الدهشة أن تركيب الكلوروفيل يشبه إلى حدٍّ كبير تركيب مجموعة الهيم الموجودة في هيموجلوبين خلايا الدم الحمراء للحيوانات!

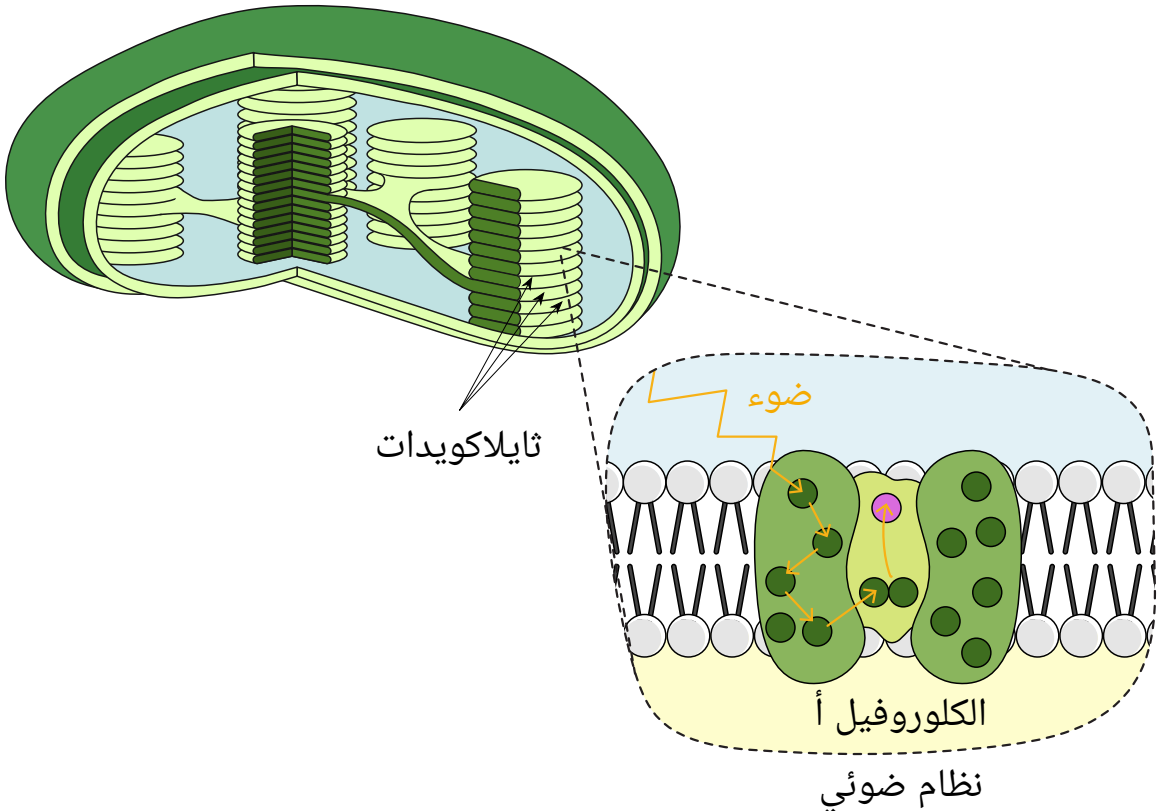
الكلوروفيل



مجموعة الهيم



صبغات البلاستيدة الخضراء (متابعة)



الكلوروفيل ليس الصبغة الوحيدة التي قد توجد في البلاستيدة الخضراء. قد تحتوي النباتات أيضًا على صبغات بناء ضوئي أخرى، مثل الزانثوفيل والبيتا كاروتين، وهما صبغتان تعطيان تراكيب النبات لونًا أصفر أو برتقاليًّا أو مائلًا للحُمرة. هاتان الصبغتان غير متوافرتين أو غير شائعتين بكثرة مثل صبغات الكلوروفيل، وهذا يفسر السبب وراء أن معظم أوراق النباتات خضراء اللون.

في أغشية الثايلاكويد، توجد الصبغات مثل الكلوروفيل داخل الأنظمة الضوئية. وبشكل رئيسي، تكون وظيفة هذه التراكيب هي امتصاص ضوء الشمس واستخدامه في المرحلة الأولى من البناء الضوئي، التي تعرف بالمرحلة الضوئية. تتألف هذه المرحلة من سلسلة من التفاعلات التي تمتص الطاقة الضوئية وتستخدمها في تكسير جزيئات الماء لتوليد طاقة كيميائية في صورة ATP.

دورة كالفين

تعتمد جميع المراحل السابقة على الطاقة الضوئية. بتحدث المرحلة الثانية من البناء الضوئي، وهي المرحلة اللاضوئية (أو دورة كلفن) في ستروما البلاستيدات الخضراء. الستروما ملائمة للقيام بهذه الوظيفة؛ نظرًا لاحتوائها على الإنزيمات اللازمة للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في المرحلة اللاضوئية.

مثال ٣: تذكُّر مواقع حدوث التفاعلات الضوئية والتفاعلات اللاضوئية في البلاستيدة الخضراء

أيٌّ من الجداول الآتية يوفق بين التراكيب داخل البلاستيدة الخضراء وتفاعل البناء الضوئي الذي يحدث في كلٍّ منها؟

أ.

التركيب	الستروما	الصفائح
التفاعل	التفاعل الضوئي	التفاعل اللاضوئي

ب.

التركيب	الغشاء الداخلي	الغشاء الخارجي
التفاعل	التفاعل الضوئي	التفاعل اللاضوئي

ج.

التركيب	غلاف البلاستيدة الخضراء	الستروما
التفاعل	التفاعل الضوئي	التفاعل اللاضوئي

د.

التركيب	الثايلاكويد	الستروما
التفاعل	التفاعل الضوئي	التفاعل اللاضوئي

مثال ٣ (متابعة)

الحل

توجد مرحلتان رئيسيتان في عملية البناء الضوئي: المرحلة الضوئية والمرحلة اللاضوئية (تُعرف كذلك باسم دورة كلفن).

تتطلب المرحلة الضوئية، كما يدل اسمها، طاقة ضوئية لكي تحدث. تحتوي ثايلاكويدات البلاستيدات الخضراء على تراكيب متخصصة داخل أغشيتها ملائمة لامتصاص الضوء، تسمى الأنظمة الضوئية. ومن ثَمَّ تحدث المرحلة الضوئية أساسًا داخل الثايلاكويد، وتحديدًا في أغشية الثايلاكويد.

تحدث المرحلة اللاضوئية بعد المرحلة الضوئية؛ نظرًا لأنها تستخدم بعض النواتج التي تكونت في المرحلة الضوئية. تتطلب المرحلة اللاضوئية إنزيمات ومرافقات إنزيمات متخصصة، إلى جانب ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه أوراق النبات. توجد كل هذه المواد داخل ستروما البلاستيدة الخضراء، وهي وسط مليء بسائل تنتشر فيه التراكيب الأخرى. وعليه، فإن المرحلة اللاضوئية تحدث أساسًا داخل الستروما.

إذن تكون إجابتنا عن هذا السؤال هي الخيار د: الثايلاكويد موقع حدوث التفاعل الضوئي، والستروما موقع حدوث التفاعل اللاضوئي.

النقاط الرئيسية

- البلاستيدات الخضراء هي عُضَيَّات موجودة داخل الخلية النباتية، وهي موقع حدوث عملية البناء الضوئي.
- تُحاط البلاستيدات الخضراء بغشاء مزدوج، وتحتوي على ثايلاكويدات توجد في طبقات متراصَّة معلقة في الستروما وتُسمى الجرانا.
- تحتوي البلاستيدات الخضراء على صبغات البناء الضوئي التي عادة ما تُكَوِّن الكلوروفيل أ والكلوروفيل ب، وعلى الرغم من ذلك، فإنها قد تحتوي أيضًا على صبغات أخرى مثل البيتا كاروتين والزانثوفيل.
- الثايلاكويدات هي موقع حدوث التفاعلات الضوئية لعملية البناء الضوئي، وتحتوي على صبغات البناء الضوئي الضرورية لهذه الوظيفة.
- الستروما هي موقع حدوث التفاعلات اللاضوئية لعملية البناء الضوئي، وتحتوي على الإنزيمات ومرافقات الإنزيمات الضرورية، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون.