شارح: امتصاص المعادن

في هذا الشارح، سوف نتعلَّم كيف نذكر أمثلة المُغذِّيات الصُغرى والمُغذِّيات الكُبرى التي يحتاجها النبات، ونفسِّر كيف يمتصُّ النبات هذه المُغذِّيات الضرورية من البيئة.

جميع الكائنات الحية تحتاج إلى التغذية بشكل أساسي للحفاظ على حياتها. بدون المُغذِّيات الضرورية، لن تَحدُث العمليات الحيوية الضرورية، مثل التنفس، والنمو، وإصلاح أنسجة الجسم التالفة. على عكس الإنسان، النبات ليس له الجهاز الهضمي المعقَّد اللازم لتكسير طعامه، وإمداد خلاياه بالمُغذِّيات التي يحتاجها. يحتاج النبات إلى بعض المُغذِّيات في صورة معادن، وهي مواد غير عُضوية لا يستطيع النبات تخليقها، ولذلك يجب أن يحصل عليها من خلال الامتصاص. وبوجهٍ عامٍّ يحصل النبات على المعادن الضرورية من التربة عن طريق امتصاصها من خلال جذوره المخصَّصة تمامًا لذلك.

تعريف: المُغذِّيات

المُغذِّيات هي المواد التي يحتاجها الكائن الحي من أجل الحصول على الطاقة، والمواد البنائية، والتحكُّم في العمليات الحيوية.

تعريف: المعدن

المعدن هو أحد المُغذِّيات غير العُضوية التي لا يستطيع الكائن الحي تخليقها؛ ومن ثَمَّ يجب تناوُلها أو امتصاصها.

بصورة عامَّة، تتكوَّن الجزيئات الحيوية الموجودة داخل خلايا جميع الكائنات الحية على الأرض من ثلاثة عناصر رئيسية هي: الكربون، والهيدروجين، والأكسجين. ومع ذلك، هناك أيضًا عناصر ومعادن أخرى ضرورية لأيِّ كائنٍ حيٍّ سليمٍ صحيًّا، وهي تختلف وفقًا لاختلاف نوع الكائن الحي. ففي النبات، تنقسم المعادن الضرورية المطلوبة إلى مجموعتين أساسيتين، هما المُغذِّيات الكُبرى والمُغذِّيات الصُغرى. يوضِّح الجدول 1 بعض الأمثلة للمعادن التي تُصنَّف مُغذِّيات كُبرى أو مُغذِّياتٍ صُغرى.

جدول 1: جدول يلخِّص المعادن التي يحتاجها النبات، مُصنَّفة إلى مُغذِّيات كُبرى ومُغذِّيات صُغرى

المُغذِّيات الكُبرى	المُغذِّيات الصُّغرى
الكربون	الحديد
الهيدروجين	المنجنيز
الأكسجين	الزنك
النيتروجين	البورون
الفوسفور	الكلور
البوتاسيوم	النحاس
الكالسيوم	الموليبدينوم
المغنيسيوم	
الكبريت	

المُغذِّيات الكُبرى هي المعادن اللازمة بكميات كبيرة نسبيًا. كلمة «كبرى» تعني بالفعل «كبيرًا» أو «ضخمًا». على سبيل المثال، النيتروجين هو أحد المكوِّنات الأساسية للأحماض الأمينية التي ترتبط معًا لتكوين البروتينات. والبروتينات واحدة من الجزيئات الأربعة الحيوية الكُبرى في الكائنات الحية؛ ومن ثَمَّ يلزم توفُّر النيتروجين بكميات كبيرة. وبدون كمية كافية من النيتروجين، من المحتمل أن تتحوَّل أوراق النبات إلى اللون الأصفر، وقد يموت النبات في النهاية. كما ذكرنا سابقًا، يُعَدُّ الكربون والهيدروجين والأكسجين مكوِّنات أساسية بجميع المركَّبات العضوية في النباتات تقريبًا؛ ومن ثَمَّ فإن نقص هذه العناصر سيؤدِّي إلى ضعف نمو النبات، وذبوله، وموته في النهاية. ويمثِّل الكربون وحدَه 45% تقريبًا من الكتلة الجافة لأيِّ نبات. والمغنيسيوم أحد مكوِّنات الكلوروفيل؛ أي الصبغة الخضراء في النباتات التي تمتصُّ ضوء الشمس لتوفير الطاقة الضوئية اللازمة لعملية البناء الضوئي. وبدون وجود ما يكفي من المغنيسيوم، تتحوَّل أوراق النبات إلى اللون الأصفر، ولا تَحدُث عملية البناء الضوئي. في النباتات التي تُنتِج الزهور، يُمكن أن يؤدِّي عدم توفُّر المُغذِّيات إلى منْع نمو الزهرة.

المُغذِّيات الصُّغرى هي العناصر المطلوبة بكميات أقلَّ كثيرًا (ليس أكثر من بضعة ملليجرامات لكل لتر)، ويُمكن الإشارة إليها بالعناصر النزرة. تعمل معظم المُغذِّيات الصُّغرى باعتبارها «عوامل مُساعِدة» في التفاعُلات الإنزيمية. العامل المُساعِد مُكوِّن غير بروتيني لإنزيم ما، يُساعِد الإنزيم في تحفيز تفاعُل معيَّن. على سبيل المثال، الحديد هو أحد العوامل المُساعِدة للبروتينات التي تُشارِك في عمليات الأيض المُهِمَّة، مثل التنفس الخلوي، والبناء الضوئي.

تعريف: العامل المُساعِد

العامل المُساعِد جزيء غير بروتيني أو أيون مطلوب لعمل الإنزيم بشكل صحيح.

مثال ١: مقارنة بين المُغذِّيات الكُبرى والمُغذِّيات الصُّغرى

يُمكن تقسيم المُغذِّيات اللازمة للنباتات إلى مجموعتين: المُغذِّيات الكُبرى والمُغذِّيات الصُّغرى. أيٌّ من الآتي يوضِّح الفرق بين المجموعتين؟

أ. يندر وجود المُغذِّيات الصُّغرى في التربة، وتحصل عليها النباتات بصعوبة مقارنةً بالمُغذِّيات الكُبرى.

ب. يحتاج النبات إلى المُغذِّيات الكُبرى بكميات كبيرة، ويحتاج إلى كميات قليلة جدًّا من المُغذِّيات الصُّغرى.

ج. المُغذِّيات الكُبرى جزيئات كبيرة مقارنةً بالمُغذِّيات الصُّغرى، وهي جزيئات أصغر حجمًا بكثير.

د. تَستغرِق المُغذِّيات الكُبرى وقتًا أطول من المُغذِّيات الصُّغرى حتى تتكسَّر داخل النبات.

الحل

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى المُغذِّيات لكي تبقى على قيد الحياة، وتؤدِّي وظيفتها وتكون بصحة جيدة. والمُغذِّيات هي المواد التي يحتاجها الكائن الحي للبقاء على قيد الحياة والنمو والتكاثر. يحصل الإنسان على المُغذِّيات من الطعام الذي يأكله ويهضمه، ولكن النباتات يجب أن تمتصَّ معظم مُغذِّياتها من التربة.

يُمكِن تقسيم المُغذِّيات اللازمة للنباتات إلى مجموعتين: المُغذِّيات الكُبرى، والمُغذِّيات الصُّغرى. تشمل المُغذِّيات الكُبرى عناصر مثل الكربون والهيدروجين، والأكسجين، والبوتاسيوم، والفوسفور، والمغنيسيوم. وهذه هي المُغذِّيات التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيًّا. على سبيل المثال، تتكوَّن جميع الجزيئات الحيوية الرئيسية بشكل أساسي من الكربون والهيدروجين والأكسجين بنِسَب مختلفة؛ ومن ثَمَّ يجب أن يحصل النبات على كمية كبيرة من هذه العناصر. وبالنسبة إلى المُغذِّيات الصُّغرى فهي تشمل عناصر مثل الحديد والزنك والكلور. وتُستخدَم المُغذِّيات الصُّغرى بصفة رئيسية عوامل مُساعِدة في التفاعُلات المحكومة بالإنزيمات. وهي غير مطلوبة بكميات كبيرة، فالنباتات لا تحتاج عمومًا إلَّا إلى امتصاص كميات صغيرة من هذه المُغذِّيات من التربة.

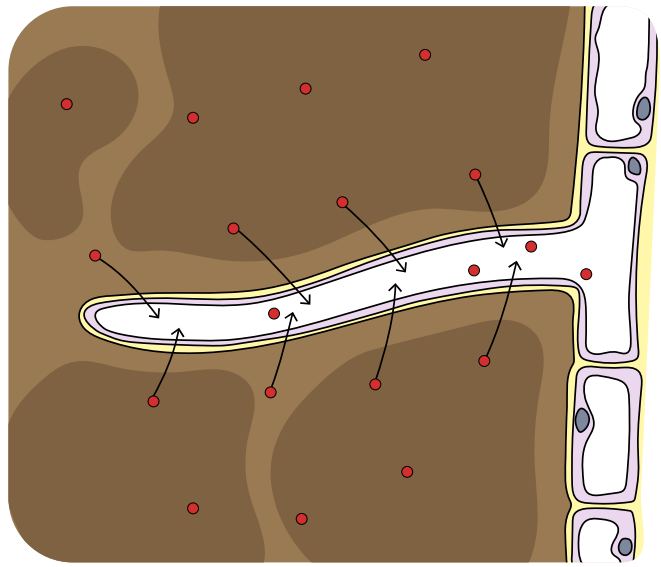
ومن ثَمَّ، الفرق بين المُغذِّيات الكُبرى والمُغذِّيات الصُّغرى هو أن النبات يحتاج إلى المُغذِّيات الكُبرى بكميات كبيرة، ويحتاج إلى كميات قليلة جدًّا من المُغذِّيات الصُّغرى.

تُوجَد بعض هذه المُغذِّيات في صورة أيونات في التربة. والأيونات ذرات، أو مجموعات من الذرات، مشحونة كهربيًّا، تُكوِّن جزيئًا مشحونًا كهربيًّا. الأيونات الموجبة الشحنة، مثل K^+، Ca^{2+}، Mg^{2+} تُسمَّى الكاتيونات. أمَّا الأيونات السالبة الشحنة، مثل SO_4^{2-}، NO_3^-، Cl^-، HPO_4^{2-} فتُسمَّى الأنيونات.

مصطلح رئيسي: الأيونات

الأيونات ذرات، أو مجموعات من الذرات، مشحونة كهربيًّا، تُكوِّن جزيئًا مشحونًا كهربيًّا. الأيونات التي لها شحنة موجبة، تُسمَّى الكاتيونات، أمَّا الأيونات ذات الشحنة السالبة فتُسمَّى الأنيونات.

إذا كان تركيز الأيونات في التربة المحيطة بالنبات أكبر من تركيز الأيونات داخل جذور النباتات، فإن الأيونات تنتقل إلى داخل الجذور باستخدام عملية يُطلَق عليها الانتشار. والانتشار حركة الجسيمات من منطقة عالية التركيز إلى منطقة منخفضة التركيز. وهو عملية سلبية، وهو ما يعني أنها لا تحتاج إلى طاقة. يوضِّح الشكل 1 كيف تنتقل الأيونات عن طريق الانتشار من التربة إلى داخل خلايا الشُّعيرات الجذرية.



الشكل 1: مخطَّط يوضِّح انتقال أيونات الكالسيوم من التربة إلى خلايا الشُّعيرات الجذرية. هذه الأيونات تنتقل عن طريق الانتشار، من منطقة التركيز المرتفع للأيونات إلى منطقة التركيز المنخفض.

تعريف: الانتشار

الانتشار هو انتقال الجزيئات من منطقة عالية التركيز إلى منطقة منخفضة التركيز.

مثال ٢: تذكُّر كيفية انتقال الأيونات من المنطقة العالية التركيز داخل التربة إلى جذور النبات

إذا كان هناك تركيز عالٍ من أيونات البوتاسيوم في التربة، فستنتقل الأيونات إلى منطقة التركيز الأقلّ داخل الجذور. ما المصطلح الذي يُطلَق على هذه العملية؟

أ. الانتشار

ب. التخليق

ج. الخاصية الأسموزية

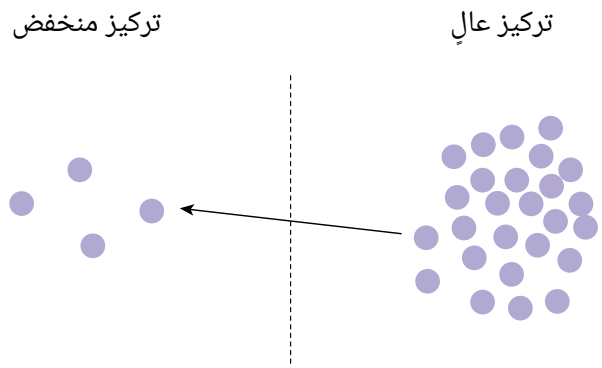
د. الهضم

هـ. النقل النَّشِط

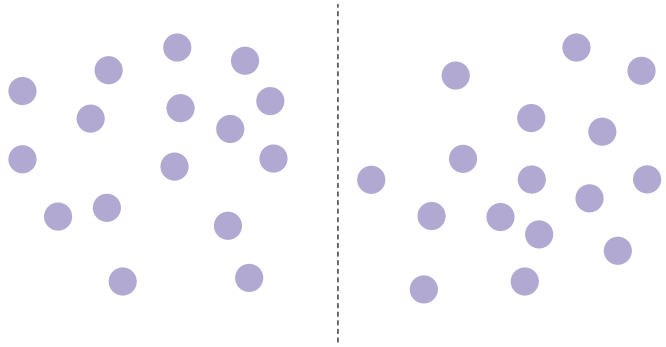
الحل

كما هو الحال بالنسبة إلى البشر، لا بدَّ للنباتات من الحصول على كمية محدَّدة من المُغذِّيات المختلفة حتى تظلَّ على قيد الحياة وتكون بصحة جيدة. يُعَدُّ البوتاسيوم من المُغذِّيات الضرورية للنبات حيث إنه يلعب دورًا مُهِمًّا في العمليات الحيوية مثل تخليق البروتين والبناء الضوئي.

عندما تُوجَد الجسيمات أو الجزيئات بتركيز كبير في منطقة معيَّنة، فإنها تميل إلى الانتشار والانتقال إلى المناطق التي يكون فيها تركيز هذه الجسيمات أو الجزيئات أقلَّ. وهذا الاتجاه موضَّح في المخطَّط الآتي.



وفي النهاية، يصبح تركيز الجزيئات متساويًا، كما هو موضَّح في المخطَّط الآتي.



تُعرَف هذه العملية بالانتشار. والانتشار عملية سلبية، وهذا يعني أنه لا يتطلَّب طاقة، وهو انتقال الجسيمات من منطقة عالية التركيز إلى منطقة منخفضة التركيز. في هذا السؤال، نعلم أن البوتاسيوم عالي التركيز في التربة. لذا فإنه سينتقل عن طريق الانتشار إلى الجذور حيث يكون تركيزه أقلَّ.

إذن الإجابة الصحيحة هي الخيار (أ): الانتشار.

الجدار الخلوي لخلايا الشُّعيرات الجذرية يكون دقيقًا نسبيًا، ليسمح بحركة الأيونات والماء. لكن بعض الأيونات قد لا تَصِل إلى سيتوبلازم الخلية والفجوة العصارية. وذلك لأنه أسفل الجدار الخلوي يُوجَد غشاء خلوي. والغشاء الخلوي شبه مُنفِذ، وهذا يعني أنه يُتِيح لبعض الأيونات المرور خلاله، لكنه يمنع بعضها الآخَر من ذلك.

مصطلح رئيسي: شبه مُنفِذ (مُنفِذ جزئيًا)

يكون التركيب شبه مُنفِذ إذا سمح بمرور بعض الجزيئات أو المواد خلاله ولم يسمح لبعضها الآخَر.

تتَّسِم أغشية خلايا الشُّعيرات الجذرية أيضًا بالنفاذية الاختيارية. على الرغم من أن الأغشية شبه المُنفِذة تميل إلى أن تَسمح، أو لا تَسمح، بمرور المواد خلالها بناءً على حجم الجزيء أو شحنته، فإنه إذا كان للغشاء نفاذية اختيارية، سيختار المواد التي يَسمح بدخولها للخلية بناءً على احتياجات الخلية الحالية.

مصطلح رئيسي: النفاذية الاختيارية

يكون للغشاء نفاذية اختيارية إذا تمكَّن من التحكُّم في المواد التي تمرُّ عبره.

إذا كان تركيز أيون معيَّن داخل الخلية أعلى من تركيزه في التربة المحيطة بالخلية، فلن يتمكَّن من الانتشار إلى داخل الشُّعيرات الجذرية. ومع ذلك، إذا كان النبات لا يزال بحاجة إلى مزيد من هذا الأيون، فيُمكن نقلُه إلى داخل الخلية باستخدام النقل النَّشِط.

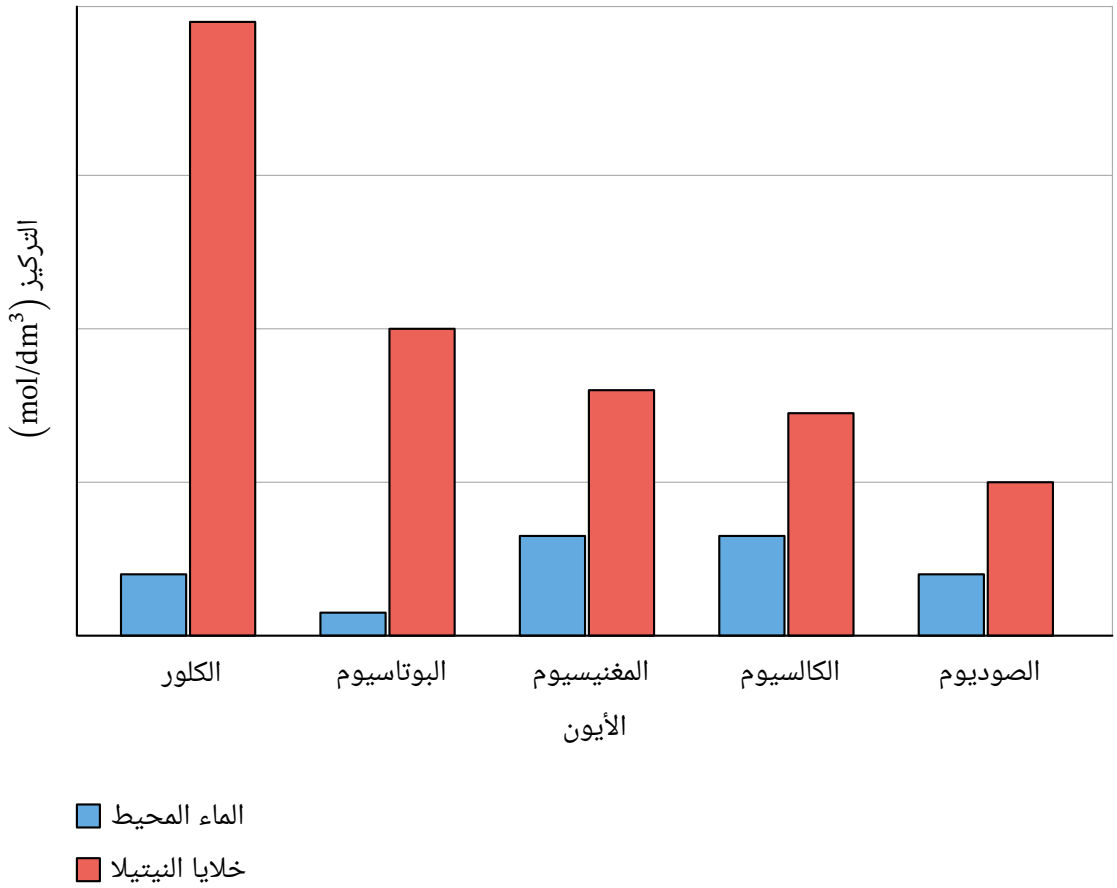
تعريف: النقل النَّشِط

النقل النَّشِط عملية تتطلَّب طاقة تُمكِّن الجسيمات من الانتقال عبر الغشاء البلازمي من منطقة منخفضة التركيز إلى منطقة عالية التركيز.

النقل النَّشِط، كما يُشير الاسم، عملية نَشِطة، وهذا يعني أن حدوثه يحتاج إلى طاقة. على النقيض من ذلك، الانتشار عملية سلبية؛ لأن حدوثه لا يتطلَّب وجود طاقة. الطاقة اللازمة للنقل النَّشِط تكون على صورة جزيئات الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، وهي جزيئات تحمل الطاقة، وهي موجودة في جميع الخلايا الحية.

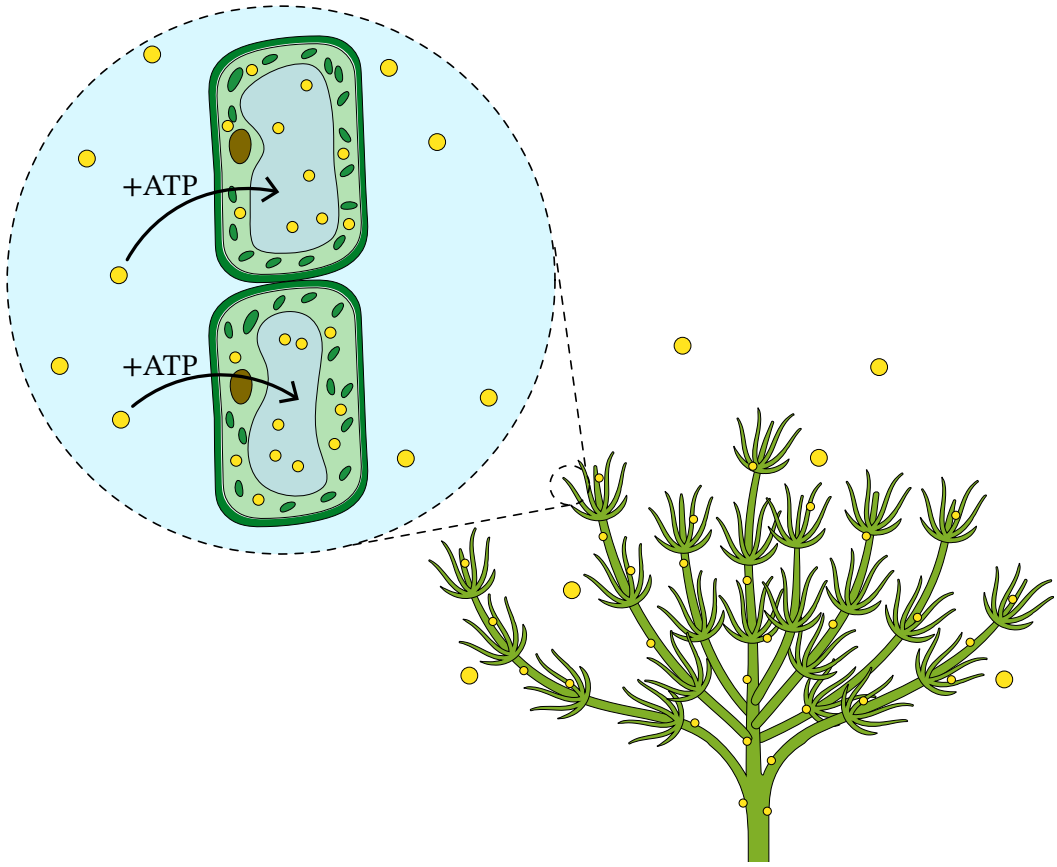
هيَّا نُلقِ نظرةً على بعض البيانات التجريبية التي تُساعِد في توضيح النقل النَّشِط للمعادن.

يتكوَّن جنس النيتيلا من عدَّة أنواع من الطحالب الخضراء التي تنمو في الماء. وتحتاج الطحالب أيضًا إلى المعادن الضرورية التي تنقسم إلى مجموعتين أساسيتين: المُغذِّيات الكُبرى والمُغذِّيات الصُّغرى. في الشكل (2)، نلاحِظ أن تركيز الكلور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والصوديوم داخل خلايا النيتيلا يُعتبَر أكبر بكثير مقارنة بالماء المحيط بها.



الشكل 2: تمثيل بياني يقارن تركيز الأيونات المختلفة في الماء المحيط بخلايا طحالب النيتيلا. جميع التركيزات في الماء أقلُّ من التركيزات في خلايا الطحالب.

لكننا نعلم أن هذه الأيونات ضرورية للحفاظ على حياة وصحة الطحلب. البوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم من المُغذِّيات الكُبرى؛ لذا يجب أن يمتصَّها الطحلب بكميات كبيرة نسبيًّا. وبما أن هذه المواد تُوجَد بتركيز منخفض في الماء المحيط بالطحلب، فمن غير المُمكِن أن تنتشر الأيونات إلى داخل خلاياه، تذكَّر أن الانتشار هو انتقال المواد من منطقة ذات تركيز عالٍ إلى منطقة ذات تركيز منخفض. لذا بدلًا من ذلك، يجب نقل هذه الأيونات بشكلٍ نَشِط إلى داخل الخلايا للحفاظ على الطحلب. يُقدِّم الشكل (3) مخطَّطًا بسيطًا يوضِّح كيفية حدوث ذلك.

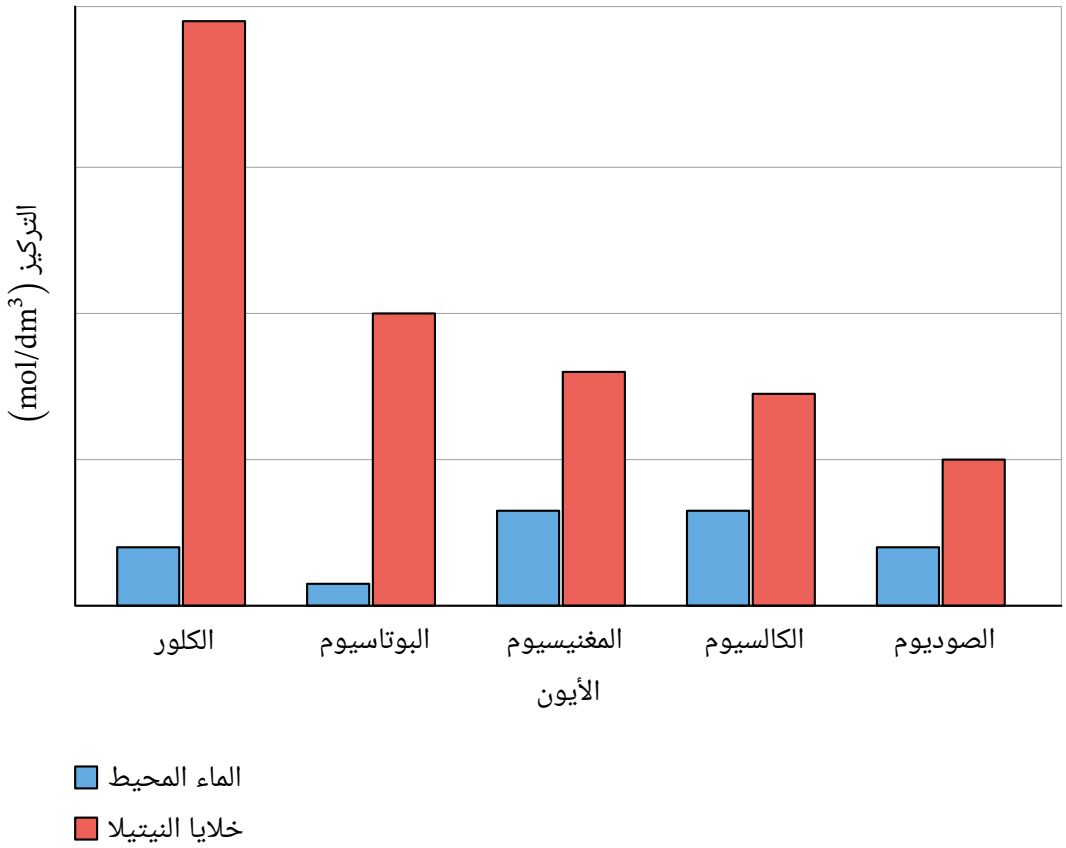


الشكل 3: مخطَّط مُبسَّط يوضِّح كيف تنتقل الأيونات بشكل نَشِط إلى داخل طحالب النيتيلا. الدوائر الصفراء تمثِّل أيونات الكلور التي تمتصُّها الخلايا باستخدام ATP

يُمكننا أيضًا ملاحَظة أن الأيونات تُمتَصُّ بشكل انتقائي. وهذا يُشير إلى أن النبات يمتصُّ أيونات معيَّنة أكثر من غيرها، بناءً على حاجته الغذائية. في التمثيل البياني الموضَّح في الشكل (2)، على سبيل المثال، نجد أن طحالب النيتيلا تمتصُّ كمية أكبر من أيونات الكلور مقارنة بأيونات الصوديوم.

مثال ٣: فهْم العملية التي بموجبها تنتقل الأيونات عكس تدرُّج تركيزها

يوضِّح التمثيل البياني مقارنة بين خلايا طحالب النيتيلا والماء المحيط. ما العملية التي تحصل من خلالها طحالب النيتيلا على المزيد من الكالسيوم (Ca^{2+}) من الماء المحيط؟



أ. الانتشار

ب. التخليق

جـ. الخاصية الأسموزية

د. الهضم

هـ. النقْل النَّشِط

الحل

لا بدَّ للنباتات والطحالب من الحصول على العديد من المُغذِّيات اللازمة لها عن طريق امتصاصها من الوَسَط المحيط بها. تمتصُّ النباتات الموجودة على الأرض المُغذِّيات من التربة إلى داخل جذورها، بينما تحصل الطحالب الموجودة في البيئات المائية على المُغذِّيات من الماء المحيط بها.

تمتصُّ النباتات والطحالب العناصر والمعادن من خلال طريقتين رئيسيتين. الانتشار وهو انتقال المواد مع اتجاه تدرُّج تركيزها؛ أيْ من المنطقة التي تُوجَد بها بتركيز عالٍ نسبيًّا إلى المنطقة ذات التركيز المنخفض. الانتشار عملية سلبية؛ أيْ إن حدوثه لا يتطلَّب وجود طاقة. يُعرَف انتشار جزيئات الماء عبر الغشاء شبه المُنفِذ بالخاصية الأسموزية. أمَّا النقْل النَّشِط، فهو انتقال المواد عكس تدرُّج تركيزها. وهذا يعني أن المواد ستنتقل من المنطقة ذات التركيز المنخفض إلى المنطقة ذات التركيز العالي. فالنقْل النَّشِط، كما يُشير الاسم، عملية «نَشِطة»، ويتطلَّب حدوثها توفُّر مُدخَلات من الطاقة.

في التمثيل البياني، يُمكننا ملاحَظة أن أيونات الكالسيوم موجودة بتركيز أعلى داخل خلايا طحالب النيتيلا مقارنة بالماء المحيط بها. ومع ذلك، قد تظلُّ الطحالب بحاجة إلى المزيد من أيونات الكالسيوم للقيام بالعمليات الحيوية الأساسية. وللحصول على المزيد من أيونات الكالسيوم، يجب أن ينقلها النبات عكس تدرُّج تركيزها. وكما رأينا، فإن طريقة فعل ذلك هي استخدام النقْل النَّشِط.

لذلك فإن العملية التي يُمكن أن تَستخدِمها طحالب النيتيلا للحصول على مزيد من الكالسيوم (Ca^{2+}) من الماء المحيط هي الخيار (هـ)، النقْل النَّشِط.

لنلخِّص الآن النقاط الرئيسية في هذا الشارح.

النقاط الرئيسية

- جميع الكائنات الحية، ومنها النباتات، تحتاج إلى المُغذِّيات لكي تُحافِظ على صحَّتها ونشاطها وبقائها على قيد الحياة.
- النباتات التي لا تحصل على ما يكفي من المُغذِّيات قد يتوقَّف نموُّها ويتغيَّر لون أوراقها، وتذبل، وتموت في النهاية.
- المُغذِّيات الكُبرى مُغذِّيات ضرورية تحتاجها النباتات بكميات كبيرة نسبيًّا، بينما المُغذِّيات الصُّغرى تكون مطلوبة بكميات صغيرة.
- يُمكن للنباتات والطحالب امتصاص المُغذِّيات من بيئتها عن طريق الانتشار أو النقْل النَّشِط.