الأسمدة

أهداف الدرس

ستتمكَّن من:

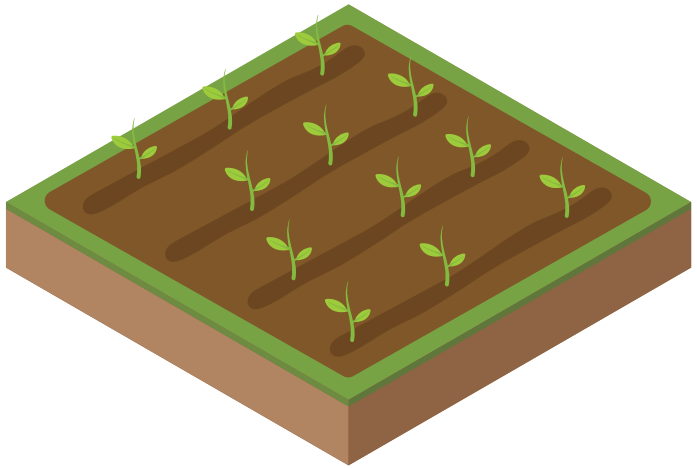
- توضيح أن الأسمدة قد تحتوي على مركَّبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم
- تفصيل التفاعلات الكيميائية التي تنتج أملاحًا تُستخدَم باعتبارها أسمدة
- وصف الإنتاج الصناعي للأسمدة ومقارنته بتخليق نفس المواد الكيميائية في المختبر

أهمية الأسمدة

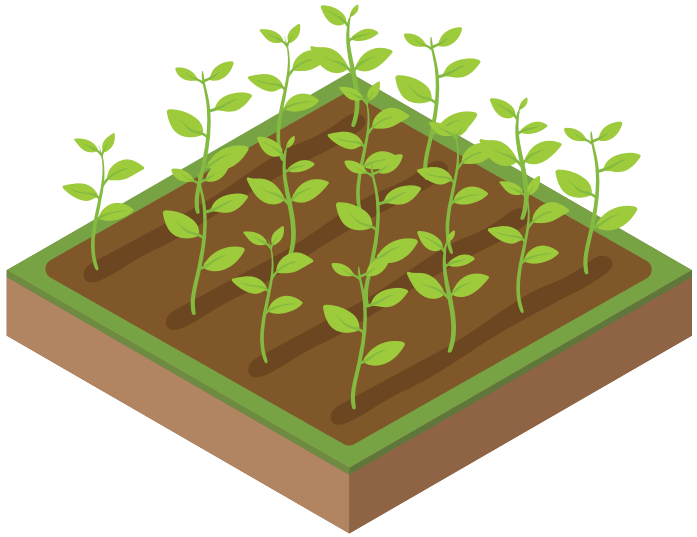
تحتاج النباتات والمحاصيل إلى امتصاص عناصر معينة من التربة التي تنمو فيها للبقاء بصحة جيدة.

وفي هذا السياق، يُعَد النيتروجين عنصرًا مهمًّا للغاية، حيث تستخدمه النباتات لتكوين البروتينات، والكلوروفيل، والأحماض النووية. ويكون نمو النبات محدودًا إذا لم يتوفر ما يكفي من النيتروجين من التربة.

يُشير المزارعون إلى إنتاجية المحاصيل على أنها كمية المحاصيل المزروعة لكل وحدة مساحة من الأرض. ونظرًا لأن مساحة الأرض الخصبة محدودة، يجب أن تكون إنتاجية المحاصيل عالية من أجل تلبية الطلب على المنتجات الغذائية.



إنتاجية محصول مرتفعة



إنتاجية محصول منخفضة

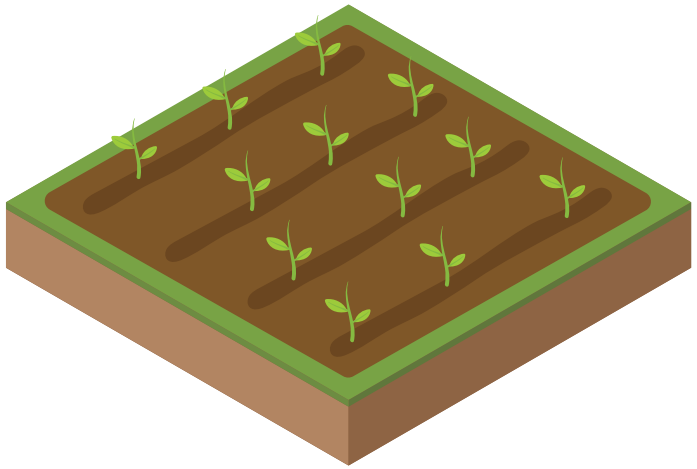
أهمية الأسمدة (متابعة)

يوجد النيتروجين في التربة على صورة مُركَّبات عضوية وغير عضوية.

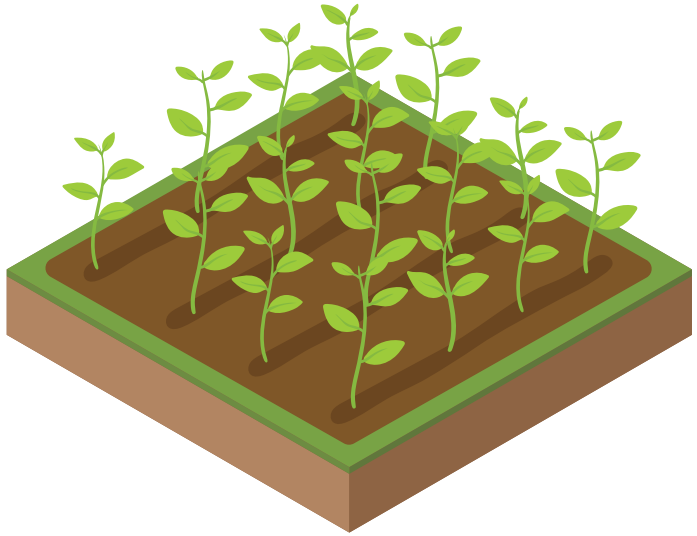
تنخفض كمية النيتروجين في التربة بمرور الزمن مع نمو المحاصيل.

كما يحتاج النيتروجين إلى أن يُستبدَل بانتظام من خلال استخدام الأسمدة.

فبدون الأسمدة، تصبح التربة غير خصبة.



إنتاجية محصول مرتفعة



إنتاجية محصول منخفضة

أنواع الأسمدة

قد تكون الأسمدة منتجات طبيعية، مثل السماد الطبيعي، ويُشار إليها باسم «الأسمدة الطبيعية». ويمكن أيضًا أن تكون الأسمدة عبارة عن مُركَّبات اصطناعية مثل الأسمدة الاصطناعية أو «الآزوتية»، والتي غالبًا ما تُشتَق من نواتج الزيت أو الغاز.

يحتوي أحد أهم أنواع الأسمدة على النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم ويُعرَف باسم سماد NPK، حيث يُمثِّل N، وP، وK الرموز الكيميائية للعناصر الثلاثة.

يُستخدَم الفوسفور في الأدينوسين ثلاثي الفوسفات، ATP، وهو مادة كيميائية حيوية تُستخدَم في عمليات تحويل الطاقة في النبات، بما في ذلك البناء الضوئي. تمتص النباتات البوتاسيوم بكميات كبيرة؛ حيث يساهم في نقل المُغذِّيات الأساسية في جميع أنحاء النبات. ولهذا السبب يُعَد البوتاسيوم مكوِّنًا مهمًّا في الأسمدة. ونظرًا لأن جميع أملاح البوتاسيوم الشائعة قابلة للذوبان، تُضاف أملاح البوتاسيوم الرخيصة إلى الأسمدة لإمداد التربة بأيونات البوتاسيوم.

تعريف: الأسمدة الاصطناعية

تحتوي الأسمدة الاصطناعية على العديد من المُغذِّيات النباتية المختلفة، والتي تحتوي على عناصر النيتروجين، والمغنيسيوم، والفوسفور، والبوتاسيوم. وعادةً ما يُصنَع هذا النوع من الأسمدة من مصادر الوقود الأحفوري.

تعريف: أسمدة NPK

يُطلَق على الأسمدة التي تحتوي على النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم «أسمدة NPK».

مثال ١: تحديد العناصر المتضمنة داخل سماد NPK

ما العناصر الثلاثة التي يجب أن يحتوي عليها سماد NPK الكامل؟

أ. الصوديوم، والفوسفور، والبوتاسيوم
ب. النيتروجين، والبلاديوم، والفوسفور
ج. النيتروجين، والبلاتين، والبوتاسيوم
د. النيكل، والفوسفور، والكاليوم
هـ. النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم

مثال ١ (متابعة)

الحل

العناصر الثلاثة اللازمة للنمو الصحي للنبات هي: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. توفر أسمدة NPK هذه العناصر الثلاثة. رمز عنصر النيتروجين هو N، أما رمز الفوسفور فهو P، ورمز البوتاسيوم هو K. وبما أن البوتاسيوم اكتُشِف بعد الفوسفور، فقد كان الرمز P مُستخدمًا بالفعل. والاسم اللاتيني الجديد للبوتاسيوم هو الكاليوم. وهذا هو أصل الرمز K.

ومن ثَمَّ، فإن NPK يُشير إلى النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. ولذا فالإجابة الصحيحة هي الخيار هـ.

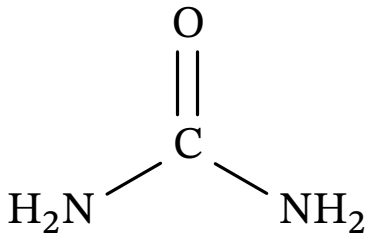
الأسمدة النيتروجينية

تحتوي الأسمدة النيتروجينية على النيتروجين في صورة يمكن للنباتات استخدامها.

وعلى الرغم من أن حوالي 78% من الهواء عبارة عن غاز النيتروجين، فلا يمكن للنبات استخدامه في هذه الصورة.

يجب إذابة النيتروجين في صورة أملاح نيترات أو أمونيوم قابلة للذوبان.

في بعض الأحيان، تُستخدَم مُركَّبات مثل اليوريا. وتوجد اليوريا في الأسمدة الطبيعية؛ حيث إنها فضلات تُنتِجها العديد من الكائنات الحية. وتظهر بنية اليوريا فيما يلي:



اليوريا، 46% من كتلتها من النيتروجين

الأسمدة النيتروجينية (متابعة)

تحتوي اليوريا على نسبة عالية نسبيًا من النيتروجين في كتلتها؛ ما يجعلها مثالًا رئيسيًا للأسمدة النيتروجينية.

وتُستخدَم في المناخات الأكثر دفئًا، حيث يكون مُعدَّل التفكك إلى الأمونيا وثاني أكسيد الكربون أسرع.

هناك نوع آخر من الأسمدة الشائعة، وهو الأمونيا المُسالة. فهي تحتوي على أعلى محتوى من النيتروجين بين جميع الأسمدة بنسبة $\sim 82\%$. وعند استخدام الأمونيا المُسالة باعتبارها سمادًا، توضع في التربة بعمق $12\ \text{cm}$ تقريبًا.

مثال ٢: تحديد أسباب كون بعض الأسمدة أكثر فعالية من الأخرى وشرح تلك الأسباب

لماذا يُعَدُّ السماد أ **غير** فعَّال مثل السماد ب في تحسين عملية نمو النباتات؟

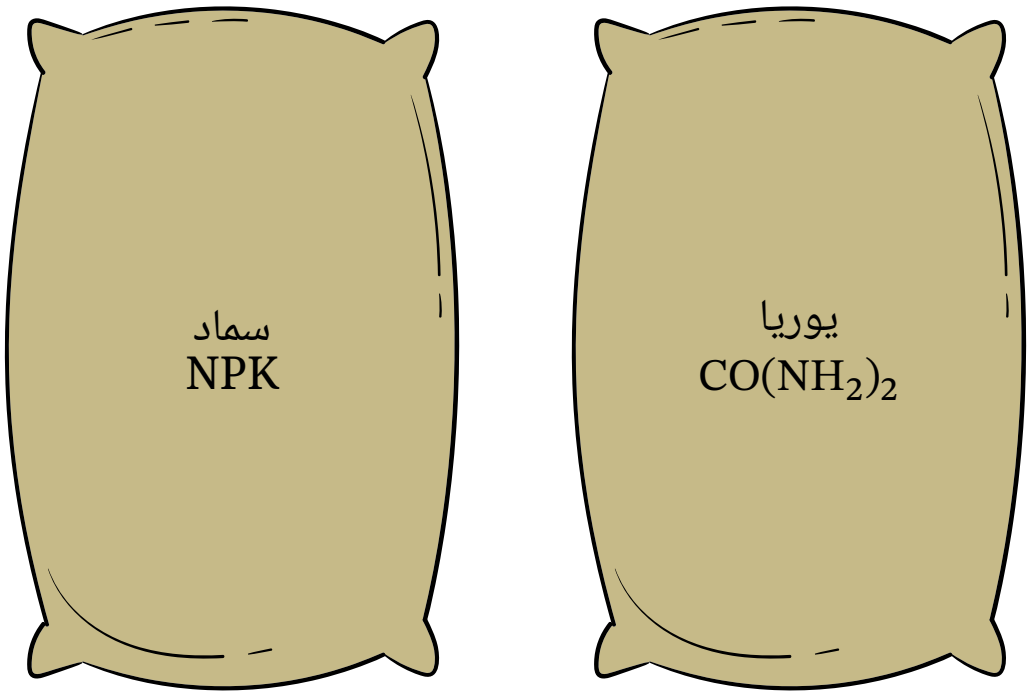
أ. السماد ب يحتوي على النيتروجين فقط.

ب. السماد ب يمنع إنبات البذور.

ج. السماد أ يزيد الأس الهيدروجيني للتربة.

د. السماد أ لا يحتوي على أيٍّ فوسفور أو بوتاسيوم.

هـ. السماد أ لا يحتوي على الصوديوم.



(أ) (ب)

مثال ٢ (متابعة)

الحل

تحتاج النباتات إلى امتصاص عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم من التربة لضمان نمو صحي.

وإذا كانت النباتات تعاني من نقص في هذه العناصر، فقد تعاني من أمراض مختلفة. يوفر السماد ب جميع هذه العناصر الثلاثة، لأنه سماد NPK.

فالرمز N هو رمز النيتروجين، و P هو رمز الفوسفور، وK هو رمز البوتاسيوم. ويحتوي سماد NPK على مزيج من المُركَّبات التي تحتوي على هذه العناصر الثلاثة. وقد تحتوي المُركَّبات أيضًا على عناصر أخرى غير ضرورية للنباتات.

ومن ثَمَّ، فإن الخيار أ غير صحيح.

يحتوي السماد أ على مُركَّب واحد يُطلَق عليه «اليوريا». يمكننا أن نلاحظ من الصيغة الجزيئية على الكيس أن اليوريا تحتوي على عناصر الكربون، والأكسجين، والنيتروجين، والهيدروجين.

مثال ٢ (متابعة)

بالنسبة لنمو النبات، فإن النيتروجين هو العنصر الوحيد المهم هنا. كما أن السماد أ لا يوفر أي فوسفور أو بوتاسيوم، لذلك فهو ليس فعالًا في تحسين نمو النبات مثل السماد ب.

إذن، الخيار د هو الإجابة الصحيحة.

تُطلِق بعض الأسمدة مُركَّبات الأمونيوم، ويمكن أن تُقلِّل الأس الهيدروجيني للتربة. بهذه الطريقة، لن يؤدي استخدام اليوريا إلى زيادة الأس الهيدروجيني للتربة. ومن ثَمَّ، فإن الخيار ج غير صحيح.

الأسمدة لا تمنع إنبات البذور؛ فهذه العملية تعتمد على صحة البذور ودرجة الحرارة. وعلى الرغم من أن النباتات تحتاج إلى كميات صغيرة من الصوديوم، فإن الكميات الكبيرة منه قد تكون سامةً، كما أن الأسمدة غير معنيَّة بتوفير هذا العنصر.

ومن ثَمَّ، فإن الخيارين ب، هـ غير صحيحين، إذن الإجابة الصحيحة المتبقية هي الخيار د.

الأمونيا ونيترات الأمونيوم باعتبارهما سمادين نيتروجينيين

غالبًا ما تكون الأمونيا هي المادة الأولية لمعظم الأسمدة النيتروجينية. ويمكن حقن الأمونيا السائلة اللامائية مباشرة في التربة، على الرغم من أنها غاز سام ويصعب التعامل معه بأمان.

نيترات الأمونيوم هي السماد الأكثر استخدامًا في العديد من البلدان. فهو يحتوي على نسبة مئوية مرتفعة نسبيًا من النيتروجين تبلغ حوالي 35% من كتلته، كما أنه شديد الذوبان في الماء.

وتُنتَج نيترات الأمونيوم صناعيًا من خلال تفاعل الأمونيا مع حمض النيتريك، كما هو موضَّح في المعادلة الآتية:

$$\text{نيترات الأمونيوم} \longrightarrow \text{حمض النيتريك} + \text{أمونيا}$$

$$\mathrm{NH_3(g) + HNO_3}(l) \longrightarrow \mathrm{NH_4NO_3}(aq)$$

هذا تفاعل تعادل. لاحظ هنا أن حمض النيتريك نفسه يُنتَج عن طريق أكسدة غاز الأمونيا في عملية منفصلة.

الأمونيا ونيترات الأمونيوم باعتبارهما سمادين نيتروجينيين (متابعة)

بينما تُستخدَم الأسمدة على نطاق واسع للمساعدة في تحسين نمو النباتات، يجب توخي الحذر لأن الكميات الفائضة من نيترات الأمونيوم يمكن أن تجعل التربة حمضية.

ولمنع ذلك، يُستخدَم سماد نيترات أمونيوم الكالسيوم في بعض الأحيان بدلًا منه. وهذا السماد في الواقع هو خليط من نيترات الأمونيوم والطباشير.

والطباشير عبارة عن كربونات الكالسيوم المُتشكِّلة طبيعيًا، والذي يعادل حموضة التربة أثناء استخدامه.

كما يُضاف الجير المطفأ ($Ca(OH)_2$) عادةً إلى أسمدة الأمونيوم للمساعدة في معادلة التربة.

كبريتات الأمونيوم باعتبارها سمادًا نيتروجينيًّا

يمكن أيضًا إنتاج كبريتات الأمونيوم عن طريق معادلة حمض الكبريتيك باستخدام غاز الأمونيا.

فحمض الكبريتيك هو مادة كيميائية تُصنَع بشكل منفصل في عملية صناعية مهمة للغاية يُطلَق عليها «عملية التماس».

المادة الخام لإنتاج حمض الكبريتيك هي الكبريت. والكبريت عنصر مهم جدًّا للنباتات.

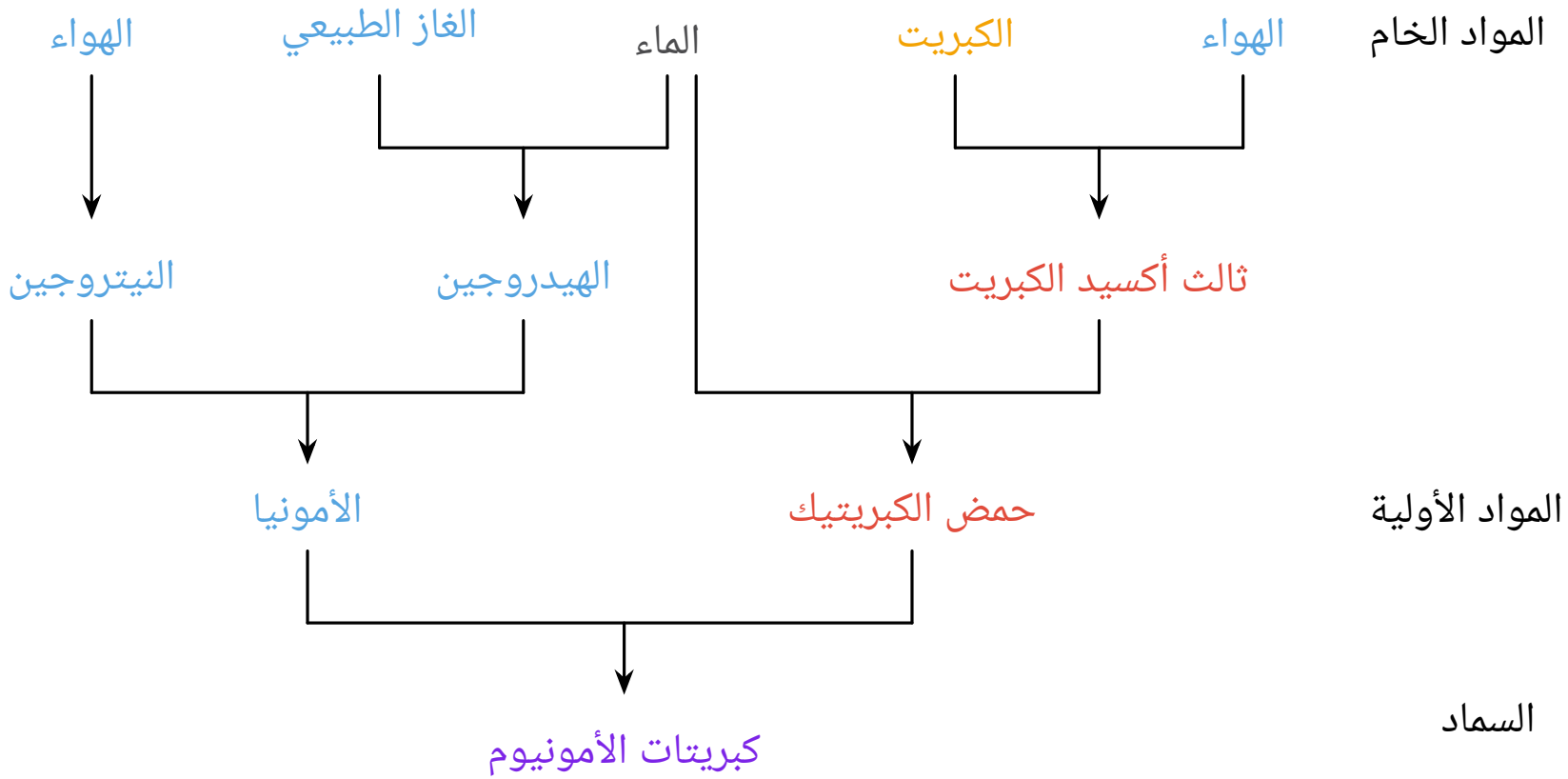
حيث تستخدمه النباتات بكميات صغيرة لتكوين البروتينات:

$$2NH_3(g) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow (NH_4)_2SO_4(aq)$$

كبريتات الأمونيوم ⟵ حمض الكبريتيك + أمونيا

كبريتات الأمونيوم باعتبارها سمادًا نيتروجينيًّا (متابعة)

يوضِّح المخطط الانسيابي الآتي عدد المواد المُستخدَمَة في صُنع كبريتات الأمونيوم.



أسمدة الفوسفور النيتروجينية

تُزوِّد أسمدة الفوسفور النيتروجينية، مثل سماد فوسفات الأمونيوم، التربة بعنصرين أساسيين، وهما النيتروجين والفوسفور.

ويُصنع فوسفات الأمونيوم باستخدام غاز الأمونيا لمعادلة حمض الفوسفوريك، الذي نحصل عليه عن طريق تفاعل صخور الفوسفات المُتشكِّلة طبيعيًّا مع حمض الكبريتيك.

ويحتوي صخر الفوسفات على فوسفات الكالسيوم من بين مُركَّبات أخرى:

$$Ca_3(PO_4)_2(s) + 3H_2SO_4(l) \longrightarrow 2H_3PO_4(l) + 3CaSO_4(s)$$

كبريتات الكالسيوم + حمض الفوسفوريك ⟶ حمض الكبريتيك + فوسفات الكالسيوم

$$H_3PO_4(aq) + 3NH_3(g) \longrightarrow (NH_4)_3PO_4(aq)$$

فوسفات الأمونيوم ⟶ أمونيا + حمض الفوسفوريك

أسمدة الفوسفور النيتروجينية (متابعة)

إن صخر الفوسفات غير قابل للذوبان، ولا يمكن استخدامه كسماد مباشرةً.

ويظهر على سطح الأرض في العديد من المواقع حول العالم كما يمكن رؤيته في الصورة المقابلة.

مثال ٣: مراجعة الصيغ الكيميائية لمُركَّبات الكالسيوم المُستخدَمة في الأسمدة

الفوسفوريت، وهو صخر رسوبي يحتوي على معادن الفوسفات، يتفاعل مع حمض الكبريتيك لإنتاج فوسفات الكالسيوم وفوق فوسفات الكالسيوم.

ما الصِّيغتان الكيميائيتان لفوسفات الكالسيوم وفوق فوسفات الكالسيوم على الترتيب؟

أ. $Ca_3(PO_4)_2$ ،$Ca(H_2PO_4)_2$

ب. $Ca_3(PO_4)_2$ ،$Ca_2(HPO_4)_3$

ج. $Ca_2(PO_4)_3$ ،$Ca(H_2PO_4)_2$

د. $Ca_3(PO_4)_2$ ،$Ca(HPO_4)_2$

هـ. $Ca_3(PO_3)_2$ ،$CaHPO_4$

مثال ٣ (متابعة)

الحل

الفوسفور عنصر مهم للاستخدام في الأسمدة. ويُمكِن العثور على مصدر جيد للفوسفور في الصخور مثل الفوسفوريت. إلا أن هذه الصخور غير قابلة للذوبان في الماء، ويجب معالجتها بالأحماض لإنتاج أملاح الفوسفات القابلة للذوبان في الماء. وعندما يتفاعل صخر الفوسفوريت مع حمض الكبريتيك، يمكن إنتاج نوعين من أملاح الفوسفات وهما: فوسفات الكالسيوم وفوق فوسفات الكالسيوم. وفي هذا السؤال، علينا تذكُّر أو تحديد الصيغة الكيميائية لكل مُركَّب من هذين المُركَّبين.

ويُعَد أكثر أيونات الكالسيوم شيوعًا هو Ca^{2+} وصيغة أنيون الفوسفات هي $(\text{PO}_4)^{3-}$. لذلك، فإن فوسفات الكالسيوم هو اتحاد كل من كاتيون الكالسيوم وأنيون الفوسفات. وللتأكُّد من أن المُركَّب متعادل كهربيًّا، نحتاج إلى ثلاثة كاتيونات كالسيوم لكل اثنين من أنيونات الفوسفات. ومن ثمَّ، هذا يُعطينا الصيغة الكيميائية لفوسفات الكالسيوم على صورة $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. بناءً على ذلك، يمكننا بالفعل تحديد أن الخيارين ج، هـ غير صحيحين.

مثال ٣ (متابعة)

تُشبه أيونات فوق الفوسفات أيونات الفوسفات، ولكن تحتوي أيونات فوق الفوسفات على ذرتين من الهيدروجين. ونتيجة لذلك، فإن أيونات فوق الفوسفات لها فقط شحنة تبلغ -1، والتي تعطيها الصيغة الكيميائية $H_2PO_4^-$.

وهكذا عند الاتحاد مع كاتيون الكالسيوم، يلزم وجود أنيوني فوق فوسفات للتأكد من تعادل المُركَّب كهربيًّا. وهذا يُعطينا الصيغة الكيميائية لفوق فوسفات الكالسيوم على صورة $Ca(H_2PO_4)_2$.

ومن ثَمَّ، فإن الصيغتين الكيميائيتين هما: $Ca_3(PO_4)_2$ لفوسفات الكالسيوم، $Ca(H_2PO_4)_2$ لفوق فوسفات الكالسيوم. وهذا يتوافق مع الخيار أ.

إذن الإجابة الصحيحة هي أ.

التخليق الصناعي للأسمدة

على المستوى الصناعي، هناك حاجة إلى كميات هائلة من المواد الأولية لإنتاج كميات كبيرة من الأسمدة.

وتُصنَع المواد الأولية من المواد الخام. كما تُصنَع هذه المواد الأولية بالقرب من مصانع إنتاج الأسمدة بحيث تكون متاحة بسهولة. وتُدار العمليات المعنية بشكل مستمر، ويُستهَلك الكثير من الطاقة جزئيًّا بسبب درجات الحرارة المرتفعة المُستخدمَة لزيادة مُعدَّل التفاعل. بالإضافة إلى أن معدات الإنتاج الواسع النطاق باهظة الثمن وغالبًا ما تكون آلية.

مثال ٤: وصف الإنتاج الصناعي الواسع النطاق للأمونيا

أكمل الفراغ: التحضير الصناعي الواسع النطاق للأمونيا هو مثال على _____.

أ. العملية المتجدِّدة

ب. عملية التقدم

ج. العملية النيتروجينية

د. عملية الدفعات

هـ. العملية المستمرة

مثال ٤ (متابعة)

الحل

الأمونيا هي المادة الخام المُستخدَمة في صناعة الأسمدة الاصطناعية التي تحتوي على النيتروجين. صناعيًّا، فإنها تُصنَع من غاز الهيدروجين وغاز النيتروجين في عملية هابر. يُنتَج خمسة وتسعون بالمائة من الهيدروجين في العالم من تفاعل الميثان، وهو ناتج الوقود الأحفوري، مع البخار. ونحصل على الميثان من مصادر غير متجددة، مثل الزيت الخام. حاليًّا، هذا يجعل من إنتاج الأمونيا نشاطًا غير متجدد.

ويُمكِن أن تستمر العملية الصناعية بشكل مستمر ما دام بالإمكان تغذية وعاء المُفاعِل بالمواد الخام. وبسبب فقد الإنتاج، يكون إيقاف العملية أمرًا مكلفًا، ومن المعتاد أن يحدث هذا سنويًّا للصيانة المُقرَّرة. وعلى عكس عملية الدفعات، حيث تُصنَع المواد الكيميائية على دفعات صغيرة مع إيقاف العملية والتنظيف في فترات التوقف، يُوصَف إنتاج الأمونيا بأنه عملية مستمرة.

إذن، الإجابة الصحيحة هي الخيار هـ.

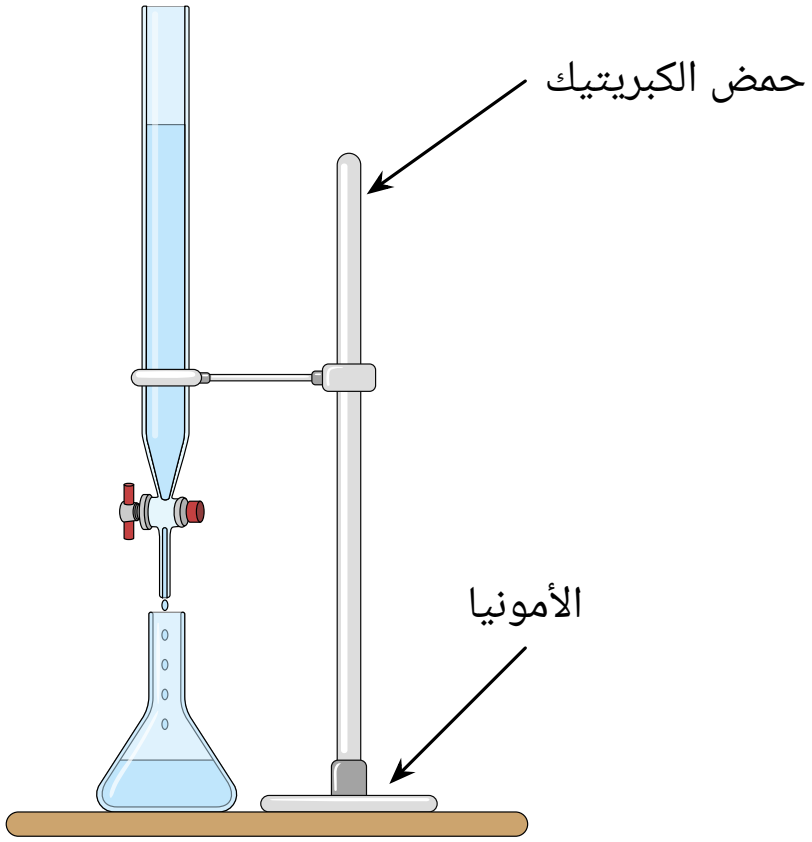
تخليق الأسمدة في المختبر

نظرًا لأن العديد من التفاعلات المُستخدَمة في صُنع الأسمدة عبارة عن تفاعلات تعادل بسيطة، يمكن إجراؤها بسهولة في المختبر على نطاق أصغر.

ستكون العملية أبطأ، وستُنتَج المُركَّبات على دفعات. ستستخدم الأدوات الزجاجية العادية للمختبرات، وهي رخيصة نسبيًّا.

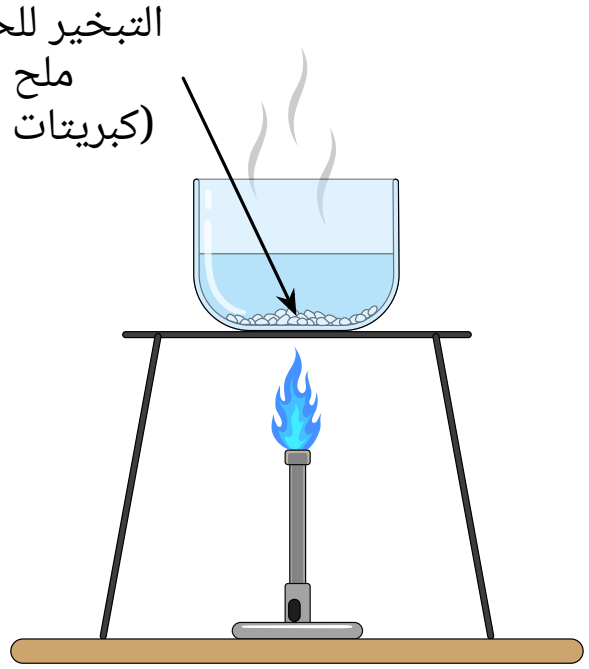
يحدث تفاعل التعادل في درجة حرارة الغرفة، ثم يُتبَع باستخدام موقد بنسن لتبخير السائل.

الخطوة الأولى



التعادل

الخطوة الثانية



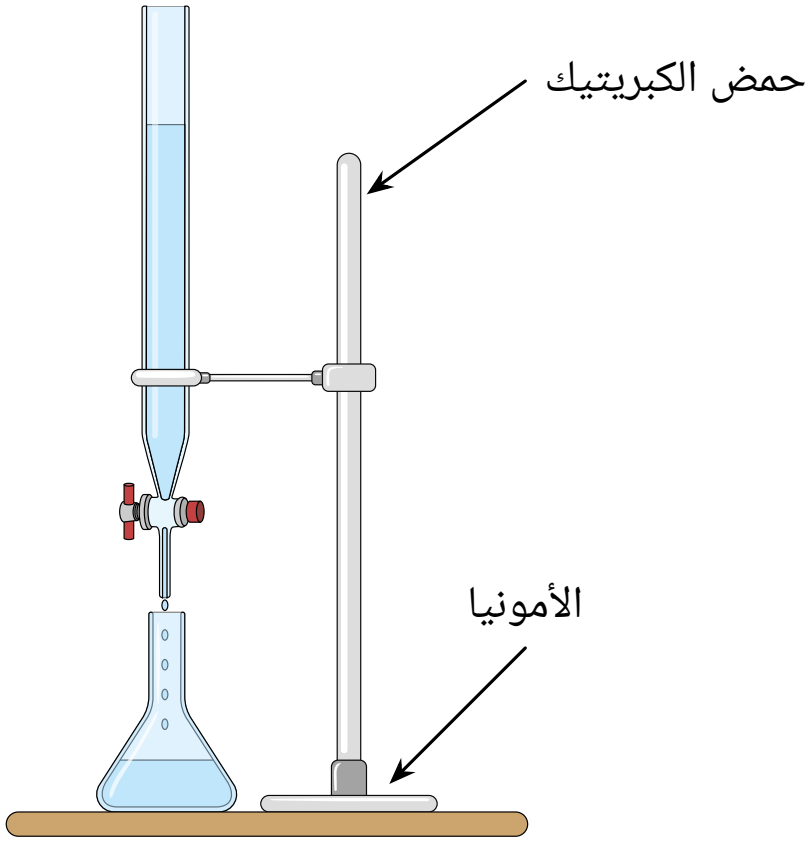
تخليق الأسمدة في المختبر (متابعة)

في المخطط المقابل، سنعادل كمية مقيسة من محلول الأمونيا باستخدام حجم محدد مسبقًا من حمض الكبريتيك. يمكن إجراء ذلك باعتباره معايرة في البداية باستخدام دليل.

وبمجرد تحديد حجم الحمض اللازم، يمكن تكرار التجربة بدون دليل.

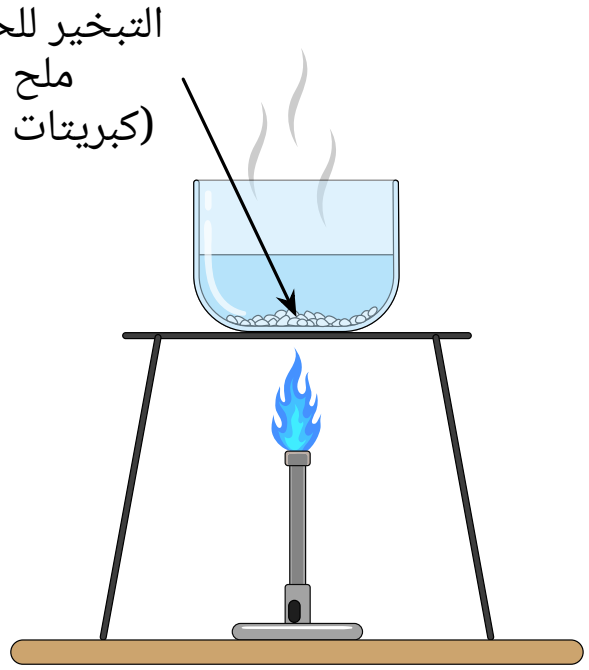
ويمكن استعادة بلورات كبريتات الأمونيوم من المحلول المتعادل عن طريق تبخير الماء في طبق التبخير باستخدام التسخين الهادئ.

الخطوة الأولى



التعادل

الخطوة الثانية



مثال ٥: وصف الإنتاج المعملي الصغير النطاق للأمونيا

املأ الفراغ: التحضير المعملي الصغير النطاق للأمونيا مثالٌ على _____.

أ. العملية المتجدِّدة

ب. العملية المستمرة

ج. عملية الدفعات

د. العملية الآلية

هـ. العملية النيتروجينية

مثال ٥ (متابعة)

الحل

يصعب صُنع غاز الأمونيا من عنصري النيتروجين والهيدروجين، وإذا صُنِع في المختبر، فلن يُنتَج سوى كميات صغيرة. ويجب الحصول على مُتفاعلات التخليق بشكل منفصل، وسيشتمل الإجراء على الأدوات الزجاجية المعملية الشائعة. سيوصف الإجراء على أنه عملية دفعات، حيث سنحتاج إلى تفكيك الأدوات وتنظيفها في كل مرة نستخدمها.

إنها بالتأكيد ليست عملية مستمرة أو آلية. في هذه العمليات، سنحصل على المواد الكيميائية المُستخدمَة للتخليق من مورِّد كيميائي وستستمر في التدفق. وهنا، تكتمل عملية تحضير الأمونيا ثم تتوقف.

على الرغم من استخدام هذه المواد الكيميائية بكميات صغيرة، فقد تُنتَج من مصادر ذات أساس بترولي، وهي مصادر غير متجددة. لهذا السبب، قد لا يكون التخليق المعملي عملية متجددة. ومن ثَمَّ، فإن الإجابة الصحيحة هي الخيار ج.

النقاط الرئيسية

- تحتاج النباتات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم للنمو والبقاء بصحة جيدة.
- يتوفر النيتروجين من خلال الأسمدة التي تحتوي على أملاح الأمونيوم أو النيترات، القابلة للذوبان في الماء. وتُنتَج هذه الأسمدة من غاز الأمونيا.
- يتوفر الفوسفور في صورة فوسفات. وتكون صيغة أيون الفوسفات هي PO_4^{3-}. ويُنتَج الفوسفات القابل للذوبان، مثل فوسفات الأمونيوم، من صخر الفوسفات، عبر حمض الفوسفوريك.
- توجد العديد من أملاح البوتاسيوم القابلة للذوبان التي يمكن إضافتها إلى التربة لتوفير أيونات البوتاسيوم، K^+.
- تحتوي أسمدة NPK على عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم.
- يمكن أن يؤدي استخدام الأسمدة بكميات فائضة إلى زيادة حمضية التربة، ولكن يمكن معادلتها عن طريق إضافة كربونات الكالسيوم أو هيدروكسيد الكالسيوم في السماد.
- يمكن تحضير الأسمدة عن طريق تفاعل صخر الفوسفات أو الأمونيا مع الأحماض مثل حمض النيتريك أو الكبريتيك.