النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكبريت، والكلور. كذلك ينتقل الحديد والمغنيسيوم فى بعض الظروف.

وفى حالة الفوسفور .. يكون انتقال العنصر من الأوراق السفلى إلى كل من الجذور والأوراق العليا.

لكن يبدو أن العناصر لا تنتقل أبدًا من الأوراق الحديثة التكوين النشطة فسيولوجيًّا إلى الأوراق الأكبر سنًا. وتظهر أعراض نقص العناصر على الأوراق الكبيرة السن — غالبًا — بسبب قدرة الأوراق الحديثة على سحب احتياجاتها من العناصر من الأوراق الكبيرة عند نقص تلك العناصر فى التربة. ولا تنطبق هذه القاعدة على العناصر غير المتحركة فى النبات (عن Devlin ١٩٧٥).

الكربون والأيدروجين والأكسجين

تشكل عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين الهيكل الأساسى للمادة العضوية، ويحصل عليها النبات من ماء الرى، ومن غاز ثانى أكسيد الكربون من الجو.

الكربون

يعتبر ثانى أكسيد الكربون الجوى هو المصدر الوحيد لكل من الكربون والأكسجين للنباتات حسب معادلة البناء الضوئى المبسطة التى يستخدم فيها نظير الأكسجين ($^{18}O_2$) فى غاز CO_2، بدلاً من الأكسجين العادى. وهذه المعادلة هى:

$$2H_2O + C^{18}O_2 \xrightarrow[\text{كلورفيل}]{\text{ضوء}} O_2 + CH_2\,{}^{18}O + H_2O$$

تبلغ نسبة CO_2 بالجو ٠,٠٣ — ٠,٠٤٪. وبرغم هذه النسبة المنخفضة، فإن كمية CO_2 الموجودة بالغلاف الجوى تقدر بنحو ٦٠٠ بليون طن، تستعمل منها النباتات نحو ٧٠ بليون طن سنويًّا. وبرغم الكمية الكبيرة التى تستهلكها النباتات، فإن نسبة CO_2

الجوى تظل ثابتة لانطلاق الغاز بصورة دائمة، نتيجة تنفس الكائنات الحية، نباتية كانت أم حيوانية، وكذلك نتيجة احتراق المواد العضوية. وتعتبر الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة هى المنتج الأساسى لغاز CO_2.

هذا .. وتستفيد النباتات من زيادة نسبة CO_2 صناعيًّا فى جو الصوبات (البيوت الزجاجية والبلاستيكية) إلى أن يصبح عاملاً آخر محددًا للنمو؛ مثل شدة الإضاءة، أو درجة الحرارة.

الأيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الأيدروجين من ماء الرى. أما الأكسجين الموجود فى الماء، فإنه ينطلق إلى الجو أثناء عملية البناء الضوئى.

الأكسجين

كما سبق الذكر .. فإن النبات يحصل على حاجته من الكربون والأكسجين من غاز ثانى أكسيد الكربون. وقد أوضحت الدراسات التى استخدم فيها الماء المحتوى على النظير $^{18}CO_2$ – وهو ليس بنظير مشع — أن كل الأكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتى من الماء، وأن الأكسجين الذى يدخل فى بناء المواد العضوية يحصل عليه النبات من غاز CO_2 الجوى.

هذا .. وتحصل الجذور على حاجتها من الأكسجين اللازم للتنفس عن طريق العديسات lenticels التى توجد فيها.

النيتروجين

أهمية النيتروجين للنبات

يدخل النيتروجين فى تركيب البروتين الذى يعتبر المركب الأساسى فى البروتوبلازم، كما يدخل فى تركيب الإنزيمات، وكلوروفيل أ، ب، وبعض الأحماض فى النواة، وبعض الهرمونات. ومن أهم المركبات التى يدخل النيتروجين فى تركيبها: