امتصاص النبات للعناصر المغذية

كيفية وصول العناصر المغذية إلى الجذور

يمكن أن تصل العناصر المغذية إلى سطح الجذر بواحدة من ثلاث طرق، كما يلى:

١- نمو الجذور إليها واعتراضها لها Root Interception

تعد هذه الوسيلة لوصول العناصر المغذية إلى سطح الجذور أقلها أهمية؛ نظرًا لأن كمية العناصر الميسرة التى تلامسها الجذور أثناء نموها تكون ضئيلة للغاية.

٢- الترفق الإجمالى Mass Flow

تلك هى عملية انتقال العناصر المغذية إلى سطح الجذر ، والتى تحدث عند تحرك المحلول الأرضى ليحل محل الجزء المستنفذ الذى امتصته الجذور. وتتوقف كمية العناصر المغذية التى تُزوَّد بها الجذور بهذه الوسيلة على تركيز العناصر فى المحلول الأرضى، وسرعة امتصاص الجذور للماء. وتتوقف قدرة التربة على توفير العناصر بالتركيز المناسب عند سطح الجذور على كمية العناصر المُيسرة فى التربة، ومدى استنفاذ المحصول لها.

٣- الانتشار Diffusion

يقصد بذلك انتشار العناصر من أجزاء التربة التى يزيد فيها التركيز إلى تلك التى يكون التركيز فيها منخفضًا. ولا يحدث الانتشار إلا عندما يكون محتوى التربة الرطوبى كافيًا لاستمرار وجود غشاء مائى بين الجذور وجزيئات التربة.

وتتحرك جميع العناصر المغذية بالانتشار فى ظروف النتح القليل. ولكن عندما يزداد امتصاص النبات للماء فإن حصول النبات على كل من الكالسيوم والنترات يكون — أساسًا — بطريقة التدفق الإجمالى. وإذا كان امتصاص العناصر أكثر من سرعة حصول الجذور عليها فإنه قد يُستنفذ الفوسفور والبوتاسيوم من التربة بالقرب من سطح الجذور. ويعد استنفاد

الفوسفور مشكلة هامة؛ وذلك بسبب خاصية عدم تحركه فى التربة؛ ولذا .. فإن حصول النبات على الفوسفور يعتمد — إلى حد كبير — على نمو الجذور إلى حيث يتوفر العنصر.

وبمجرد فقد التربة لجانب كبير من رطوبتها تَضْعُف خاصيتا التدفق الإجمالى والانتشار، ويقل وصول العناصر إلى الجذور تبعًا لذلك. يحدث ذلك بسبب نقص مساحات تلامس الجذور مع الرطوبة الحرة بالتربة فى ظروف الجفاف؛ وهو أمر يسبق بداية معاناة النباتات من نقص الرطوبة الأرضية (عن Archer ١٩٨٥).

العوامل المؤثرة على تيسر العناصر وامتصاص النباتات لها

يمكن إجمال العوامل المؤثرة على تيسر العناصر المغذية وامتصاص النباتات لها فيما يلى:

١- زيادة قلوية التربة؛ الأمر الذى يؤدى إلى ترسيب العناصر الصغرى فى صور غير ذائبة، وزيادة احتمالات فقد الأمونيا بالتطاير.

٢- ارتفاع مستوى الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى؛ الأمر الذى يؤدى إلى ترسيب الفوسفور فى صورة غير ذائبة.

٣- ارتفاع محتوى التربة من كربونات الكالسيوم؛ الأمر الذى يؤدى إلى ترسيب الفوسفور فى صور غير ذائبة، وتكوين القشرة السطحية التى تعوق إنبات البذور.

٤- ارتفاع تركيز الأملاح؛ الأمر الذى يقلل من امتصاص العناصر بسبب ارتفاع الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى.

٥- انخفاض نسبة الرطوبة فى التربة إلى أقل من ٢٥٪ - ٤٠٪ من المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية؛ الأمر الذى يؤدى إلى ضعف حركة العناصر فى التربة بالانتشار؛ فيقل وصولها إلى سطح الجذور تبعًا لذلك.

٦- استمرار زيادة الرطوبة لفترة طويلة، وسوء التهوية؛ الأمر الذى يؤدى إلى اختزال النترات إلى نيتروجين غازى يفقد فى الجو.

٧- انخفاض درجة الحرارة؛ الأمر الذى يبطئ كل الأنشطة الحيوية فى النبات، وما يترتب على ذلك من ضعف امتصاص العناصر.

٨- التضاد بين العناصر؛ حيث تؤدى زيادة تركيز عنصر ما إلى خفض امتصاص عنصر، أو عدة عناصر أخرى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣).

كيفية امتصاص النبات للعناصر

تمتص النباتات العناصر المغذية من التربة بإحدى وسيلتين، كما يلى:

١- امتصاص سلبى Passive Nutrient Uptake

يتم الامتصاص السلبى حسب خاصية الضغط الأسموزى، ولا يتطلب بذل الطاقة من جانب النبات، حيث تُمتص العناصر المغذية مباشرة من المحلول الأرضى، أو بالتبادل الكاتيونى بين جدر خلايا الشعيرات الجذرية وغرويات التربة.

٢- امتصاص نشط Active Nutrient Uptake

يكون الامتصاص النشط ضد الضغط الأسموزى، ويتطلب طاقة تأتى من تنفس الجذور؛ فبعد أن تصل الأيونات إلى سطح خلايا الجذور — وهى عملية لا تتطلب طاقة — فإنها تتحد مع جزيئات حاملة لها carrier molecules، وتنتقل خلال الأغشية الخلوية إلى داخل الخلايا؛ حيث ينفصل الأيون عن حامله؛ ليصل الأيون إلى الفجوة العصارية. ويلزم لانتقال حامل الأيون طاقة يحصل عليها من التنفس.

وكل حامل carrier يتخصص فى نقل أيونات معينة. ويسمح هذا التخصص بزيادة تركيز أيونات معينة دون غيرها، فضلاً على أن النظام يسمح بزيادة تركيز جميع الأيونات — بصورة عامة — فى خلايا الجذور عنها فى المحلول الأرضى (عن Millar وآخرين ١٩٦٩).

الصور التى تمتص عليها العناصر ومحتوى التربة والنبات منها

يمتص النبات العناصر المغذية فى صورة أيونات. ويوضح جدول (١ – ١) مختلف

الصور الأيونية التى تمتص عليها هذه العناصر، والتركيز الذى توجد عليه – عادة – فى كل من التربة والنبات (عن Fuller وآخرين ١٩٧٢، و Hale & Orcutt ١٩٨٧).

جدول (١-١): الصور التى تُمتص عليها العناصر وتركيزها فى كل من التربة والنبات.

العنصر	الصور التى يُمتص عليها	تركيز العنصر (على أساس الوزن الجاف)	
		فى التربة	فى النبات
النيتروجين	NH_4^+ و No_3^-	–	٣,٠٪
الفوسفور	HPO_4^{2-} و $H_2PO_4^-$	٠,٠٥٪	٠,٢٪
البوتاسيوم	K^+	٠,١٧٪	١,٠٪
الكالسيوم	Ca^{2+}	٠,٤٣٪	٠,٥٪
المغنيسيوم	Mg^{2+}	٠,٠٣٪	٠,٢٪
الكبريت	SO_4^{2-}	٠,٠٤٪	١,٠٪
الحديد	Fe^{2+} و Fe^{3+}	٢٥٠٠٠٠ جزء فى المليون	١٠٠ جزء فى المليون
المنجنيز	Mn^{2+}	٢٥٠٠ جزء فى المليون	٥٠ جزءًا فى المليون
النحاس	Cu^+ و Cu^{2+}	٥٠ جزءًا فى المليون	٦ أجزاء فى المليون
الزنك	Zn^{2+}	١٠٠ جزء فى المليون	٢٠ جزءًا فى المليون
البورون	BO_3^{3-} و $HB_4O_7^-$	١٠٠ جزء فى المليون	٢٠ جزءًا فى المليون
الموليبدنم	MoO_4^-	جزآن فى المليون	٠,١ جزءًا فى المليون
النيكل	Ni^{2+}	–	٠,٠٦ جزءًا فى المليون
الكلورين	Cl^-	–	١٠٠ جزء فى المليون

كما يعطى جدول (١ – ٢) بيانًا بمحتوى الأراضى الرملية والجيرية الحديثة الاستزراع – فى مصر – من العناصر الأولية، وأربعة من العناصر الدقيقة، مقارنة بمحتوى أراضى الوادى والدلتا (عن عبد الحميد ١٩٩١).

جدول (١–٢): محتوى الأراضى الرملية والجيرية الحديثة الاستزراع – فى مصر – من العناصر الأولية وأربعة من العناصر الدقيقة، مقارنة بمحتوى أراضى الوادى والدلتا (عن عبد الحميد ١٩٩١).

العنصر	أراضٍ حديثة الاستزراع (صفر – ٦٠ سم)		أراضى الوادى والدلتا (صفر – ٦٠ سم)
	رملية	جيرية	
عناصر أولية (مجم/١٠٠ جم)			
النيتروجين	١٢– ٤٥	١٨– ٤٧	٧٥ – ١٧٠
الفوسفور	٠,٤– ١,٢	٠,٣– ٠,٥	٢,١ – ٤
البوتاسيوم	٥– ١٠	١٧– ٢٢	٣٨ – ٦٨
عناصر دقيقة (جزء فى المليون)			
حديد	٠,٥– ٤,٥	١,٥ – ٦	٩,٥ – ٣٠
منجنيز	٢– ٢,٥	٥ – ١٢	١٠ – ٤٠
زنك	٠,٥– ٠,٧	٠,٨ – ١	١,٢ – ٢,٤
نحاس	٠,٤– ١,٩	٠,٨ – ٠,٩	٢,٧ – ٤,٦

وإلى جانب العناصر الكبرى والصغرى الضرورية للنبات والتى سبق بيانها فى جدول (١–١) .. توجد مجموعة أخرى من العناصر تعرف بوجودها فى النباتات الراقية، ولوحظ استجابة النباتات لبعضها، لكن لم تثبت ضرورتها، وعُرفت ضرورة بعضها للثدييات، وجميعها تتوفر فى المحلول الأرضى، وهى المبينة فى جدول (١–٣).

جدول (١-٣): عناصر تتوفر فى المحلول الأرضى ويوجد بعضها فى النباتات، ولكن لم تثبت ضرورتها (عن Hanan ١٩٩٨).

العنصر		الرمز الكيميائى	الصور الذائبة التى تتوفر للنباتات	الوزن الذرى
الألومنيوم	Aluminum	Al	Al^{3+}	٢٧
الأنتيمون	Antimony	Sb	$Sb(OH)_6^-$	١٢٢
الباريم	Barium	Ba	Ba^{2+}	١٣٧
البروم	Bromine	Br	Br^-	٨٠
الكادميم	Cadmium	Cd	Cd^{2+}	١١٢
الكروم	Chromium	Cr	Cr^{2+},$Cr(OH)_2^+$,CrO_4^{2-}	٥٢
الكوبالت	Cobalt	Co	Co^{2+},Co^{3+}	٥٩
الفلور	Fluorine	F	F^-	١٩
اليود	Iodine	I	I^-	١٢٧
الرصاص	Lead	Pb	Pb^{2+}	٢٠٧
اللثيم	Lithium	Li	Li^+	٧
الزئبق	Mercury	Hg	Hg_2^{2+}	٢٠١
الروبديم	Rubidium	Rb	Rb^+	٨٥
السيلينيم	Selenium	Se	HSe^-,$HSeO_3^-$,SeO_4^{2-}	٧٩
السيليكون أ	Silicon	Si	$H_3SiO_4^-$, $H_2SiO_4^{2-}$, $HSiO_4^{3-}$, SiO_4^{4-}, $H_4SiO_4^o$	٢٨
الفضة	Silver	Ag	Ag^+	١٠٨
الصوديوم	Sodium	Na	Na^+	٢٣
الاسترونشيم	Strontium	Sr	Sr^{2+}	٨٨
الثاليم	Thallium	Tl	Tl^+	٢٠٤
اليورانيم	Uranium	U	U^{3+},U^{4+}, UO_2^+, UO_2^{2+}	٢٣٨
الفاناديم	Vanadium	V	V^{2+},V^{3+},VO^{2+},VO_2^+	٥١

أ- تتوفر صورة السيليكون $H_4SiO^o_4$ كجزيئات عديمة الشحنة غير مفككة undissociated.

ويمكن تقسيم العناصر الضرورية للنبات على أساس الصور التى يستعملها النبات ووظائفها البيولوجية فيه إلى أربع مجموعات، كما يلى:

١- عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت:

تتوفر هذه العناصر على الصور: CO_2، وHCO_3^-، و H_2O، وO_2، وNH_4^+، و N_2، وSO_4^{2-}، وSO_2. تتوفر الأيونات فى المحلول الأرضى والغازات فى الهواء.

تُعد تلك العناصر المكونات الرئيسية للمادة العضوية، كما تُعد عناصر ضرورية للمجموعات الكيميائية التى تلعب دورًا فى عمل الإنزيمات، ويتم تمثيلها فى تفاعلات الأكسدة والاختزال.

٢- عنصرا الفوسفور والبورون:

يتوفرا على الصور: الفوسفات وحامض البوريك والبوريت فى المحلول الأرضى.

يتواجدا فى النبات كإسترات للمجاميع الكحولية. وتدخل إسترات الفوسفات فى تفاعلات نقل الطاقة.

٣- عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم والمنجنيز والكلورين:

تتوفر هذه العناصر على صورة أيونات بالمحلول الأرضى.

تدخل تلك العناصر فى وظائف غير متخصصة لأجل توفير الضغط الأسموزى، كما تدخل فى تفاعلات أكثر تخصصًا لأجل تنشيط الإنزيمات وإحداث التوازن بين الأيونات غير القادرة على الانتشار وتلك القادرة.

٤- عناصر الحديد والنحاس والزنك والموليبدنم:

تتوفر على صورة أيونات أو فى صور مخلبية تدخل ضمن المجاميع الإنزيمية

المساعدة prothetic groups، وتفيد فى انتقال الأيونات عن طريق التغيرات فى التكافؤ (Jones ١٩٩٧).

كما يمكن تقسيم العناصر حسب ضرورتها لكل من النبات والحيوان كما يلى:

١- عناصر ضرورية لكل من النبات والحيوان:

عناصر كبرى: الكالسيوم – الكربون – الأيدروجين – المغنيسيوم – النيتروجين – الأكسجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكبريت.

عناصر صغرى: الكلورين – النحاس – الحديد – المنجنيز – الموليبدنم – الزنك.

٢- عناصر ضرورية للنبات فقط:

عناصر كبرى: الصوديوم.

عناصر صغرى: البورون.

٣- عناصر ضرورية للحيوان فقط:

عناصر صغرى: الزرنيخ – الكروم – الكوبالت – الفلور – اليود – النيكل – السيلينيم – الفاناديم (Jones ١٩٩٧).

انتقال العناصر المغذية داخل النبات

يكون انتقال العناصر المغذية فى النبات فى ثلاثة اتجاهات، كما يلى:

١- من أسفل إلى أعلى عن طريق الخشب، وبدرجة أقل عن طريق اللحاء.

٢- من أعلى إلى أسفل عن طريق اللحاء.

٣- جانبيًّا بين الخشب واللحاء.

وتنتقل بعض العناصر المغذية من الأوراق قبل موتها وسقوطها؛ ومن أمثلتها:

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