العناصر الغذائية المهمة في التربة وعلاقتها بنمو النبات

إن من أهم وظائف التربة لاستمرار الحياة على الأرض هي قدرتها على تهيئة الظروف الملائمة لنمو النبات وإنتاج الغذاء والكساء وتحسين البيئة التي نعيش فيها.

تُعرف إنتاجية التربة بقدرتها على إنتاج محصول معين أو تتابع من المحاصيل في ظل الظروف البيئية ونظام إدارة معين. ويعتمد الإنتاج عادةً على جميع عوامل نمو النبات، التي يعتمد بعضها على الظروف الجوية، والبعض الآخر على ظروف التربة والعوامل الوراثية للنبات.

يحصل النبات من الجو على الطاقة الشمسية (الضوء والحرارة) وثاني أكسيد الكربون والاوكسجين، أما التربة فتقوم بتثبيت جذور النبات وتزويده بالعناصر الغذائية والماء. كذلك تتأثر الإنتاجية ببعض العوامل السلبية كالأمراض والحشرات والعناصر المثبطة أو السامة سواء في التربة أو في الجو. ويمكن الحصول على أعظم إنتاج عندما تكون جميع عوامل نمو النبات قريبة من المثالية. أما إذا ابتعد واحد أو أكثر من هذه العوامل عن قيمته المثالية فإن إنتاج النبات لن يكون مقارباً للإنتاج الأعظم، حتى لو كانت العوامل الأخرى مثالية.

تحصل النباتات النامية على سطح اليابسة بدرجة رئيسية على جميع العناصر الغذائية من التربة. ورغم وجود ما لا يقل عن ستة عشر عنصراً ضرورياً لنمو النباتات الاقتصادية (جدول 1)، إلا أن ثلاثة فقط منها، وهي: الهيدروجين والأكسجين (الماء)، النيتروجين، قادرة على الحركة عبر الجو بحيث يمكن توزيعها على مساحات واسعة لتستفيد منها النباتات والأحياء الدقيقة.

فمثلاً قد تمتص نخلة في الصحراء قطرة ماء كانت قبل يوم واحد على بعد مئات الأميال في البحر أو المحيط. ولا ينطبق نفس الشيء على الفوسفور أو الكالسيوم أو الحديد والعناصر الأخرى، بسبب عدم إمكانية انتقالها في الجو. لذا يجب أن تتوافر هذه العناصر في التربة وبالقرب من جذور النباتات ليستفيد النبات منها. وعادة لا تزيد المسافة التي يمكن لهذه العناصر أن تقطعها خلال التربة عن بضعة ميكرونات إلا إذا تحركت مع الماء (محمول التربة) الذي يتحرك عبر مسامات التربة لمسافات أحياناً لا بأس بها.

وعند مقارنة هذه العناصر بالعناصر الأربعة المذكورة أعلاه والتي يمكنها أن تتحرك في الجو، فإن جميع العناصر الباقية تعد غير قابلة للحركة عملياً.

وبسبب كون معظم العناصر الغذائية غير قابلة للحركة في التربة نسبياً، فإن على جذور النباتات أن تتغلغل وتمتد في التربة لأجل زيادة قدرة النبات على امتصاص غذائه من التربة والحصول على نمو وإنتاج جيدين.

ورغم أن امتداد الجذور يختلف من نبات لآخر ومن صنف لآخر، فإن لخواص التربة الفيزيائية والكيميائية تأثيراً كبيراً على امتداد جذور نفس النبات.

التربة مادة غير متجانسة تتكون من مواد صلبة وسائلة وغازية. ويعد محمول التربة (الجزء السائل) أهم مصدر مباشر للعناصر الغذائية التي تمتصها جذور النباتات الأرضية. وبما أن محمول التربة يكون عادةً مخففاً جداً، فإن أهميته في تجهيز العناصر الغذائية بصورة كافية للنبات ستكون ضئيلة لو لم تمتلك التربة القدرة على إمداد محمول التربة بالعناصر الغذائية من الجزء الصلب.

جدول 1 العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات العالية

العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبياً		العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة نسبياً	
مصدرها الأساس الهواء والماء	مصدرها مادة التربة الصلبة	مصدرها مادة التربة الصلبة	
كاربون	نيتروجين	حديد	نحاس
هيدروجين	فسفور	منغنيز	زنك
اوكسجين	بوتاسيوم	بورون	الكلور
	كالسيوم	موليبدينوم	
	مغنسيوم		
	كبريت		

حصول النبات على العناصر الغذائية

يحصل النبات على معظم الكربون وعلى جزء من الأكسجين من الهواء الجوي مباشرةً، حيث إن بإمكان كل من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون أن يدخلا الثغور الموجودة على سطوح أوراق النباتات. وعند وصول هذين الغازين إلى داخل الخلية النباتية، يدخلان في عمليتي التركيب الضوئي والتنفس، ويتحول جزء من هذين العنصرين إلى مركبات عضوية. كذلك فإن الهيدروجين الذي يحصل عليه النبات من الماء يشارك في عملية التركيب الضوئي وفي تكوين الكربوهيدرات في الأنسجة النباتية. تكون هذه العناصر الثلاثة (الكربون، الأكسجين، والهيدروجين) ما يزيد على 90% من المادة الجافة للنبات. أما العناصر الثلاثة عشر الباقية، فيحصل عليها النبات بصورة رئيسة من التربة.

يحتاج النبات إلى كل من الكربون، الأكسجين، الهيدروجين، النيتروجين، الفسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم، والكبريت بكميات كبيرة نسبياً؛ لذلك فإنها تُسمى بالعناصر الرئيسية (الكبرى) (major or macro elements). أما بقية العناصر في الجدول وهي الحديد، المنغنيز، البورون، المولبيدينوم، النحاس، الزنك، والكلور، فيحتاجها النبات بكميات ضئيلة نسبياً؛ لذلك فإنها تُسمى بالعناصر الدقيقة أو العناصر الثانوية.(micro elements)

توجد معظم العناصر الغذائية في المكونات المعدنية والعضوية الصلبة في التربة. وتوجد نسبة قليلة من هذه العناصر على شكل أيونات قابلة للتبادل أو ذائبة في محلول التربة. يقوم النبات عادةً بامتصاص بعض الأيونات الذائبة والممتصة عند ملامسة جذور النبات لتلك العناصر. وبإمكان بعض العناصر الداخلة في تكوين الأجزاء المعدنية والعضوية من التربة أن تتحول بواسطة التجوية وتحلل المواد العضوية إلى عناصر قابلة للامتصاص من قبل الجذور. ويعتمد إنتاج المحاصيل على قابلية التربة على تحويل العناصر من شكلها غير الجاهز إلى الشكل الجاهز. ونادراً ما توجد تربة قادرة على تجهيز جميع العناصر الغذائية الضرورية للنبات بكميات كافية ولفترات طويلة؛ لذلك فمن الضروري إضافة بعض العناصر إلى التربة على شكل أسمدة عضوية أو كيميائية لأجل تحسين قابليتها على تجهيز تلك العناصر للنبات في الوقت المناسب وبالكميات المناسبة.

كذلك فإن النسب التي توجد فيها العناصر في محلول التربة ذات أهمية كبيرة بالنسبة لنمو النبات في التربة؛ لأن زيادة جاهزية عنصر ما قد تؤدي إلى نقص في عناصر أخرى، كما يحصل عند ظهور نقص البوتاسيوم على النبات عند زيادة كمية الكالسيوم أو المغنيسيوم في محلول التربة، وظهور أعراض نقص الزنك في النبات عند زيادة جاهزية الفسفور في التربة رغم وجود كميات كافية من البوتاسيوم والزنك في التربة. كذلك وُجد أن النباتات تختلف في ظهور أعراض نقص العناصر الغذائية عليها؛ فقد يظهر نقص البوتاسيوم أو الزنك مثلاً على محاصيل معينة ولا يظهر على محاصيل أخرى في نفس التربة.

الجدول 2 يبين الرموز الكيميائية والأشكال التي تمتص بها العناصر الضرورية بواسطة جذور النباتات.

جدول 2 :الرموز الكيميائية والشكل الأيوني الذي تمتص به العناصر الغذائية من التربة بواسطة جذور النباتات.

العنصر	الرمز الكيمياوي	الشكل الأيوني الذي يمتص فيه العنصر
العناصر الرئيسية		
النيتروجين	N	NO^{-}_{3} و NH^{+}_{4}

الفسفور	P	$H2PO-4$ و $HPO4^{2}-$
البوتاسيوم	K	K^{+}
الكالسيوم	Ca	Ca^{+2}
المغنسيوم	Mg	Mg+2
الكبريت	S	$SO_4$2-
العناصر الدقيقة		
الحديد	Fe	Fe+2
المنغنيز	Mn	Mn+2
البورون	B	$BO_3$3-
الموليبدنيوم	Mo	$MoO_4$2-
النحاس	Cu	Cu+2
الزنك	Zn	Zn+2
الكلور	Cl	Cl-

مفهوم جاهزية العناصر الغذائية

تعتمد جاهزية عنصر ما للنبات على كل من الصيغة الكيميائية للعنصر كما بُيِّن في جدول 2 وعلى موقع العنصر بالنسبة للجذور التي تقوم بعملية الامتصاص. ويكون العنصر جاهزًا من الناحية الكيميائية عند وجوده إما بصورة ذائبة أو بصورة قابلة للتبادل. أما من حيث الموقع، فيكون العنصر جاهزًا عندما يكون على اتصال مباشر مع جذور النبات. ولأجل أن يتم امتصاص أي عنصر، فلا بد أن يتصف بصفتي الجاهزية المذكورتين أعلاه.

وغالبًا ما تُسمى المغذيات جاهزة عندما تكون ذائبة أو قابلة للتبادل بغض النظر عن موقعها بالنسبة للجذور التي تقوم بامتصاصها. أما الصور الأخرى للعناصر، كالتي توجد في المواد المعدنية والعضوية، فتُعد غير جاهزة للنبات. لكن بعض هذه العناصر تتمكن بشكل أو بآخر أن تتحول من الصور غير الجاهزة إلى صورها الجاهزة. وهذه صفة مهمة في تحديد خصوبة التربة أو قابليتها على تزويد النبات بالمغذيات. فالترب الخصبة لا تكون قادرة على تزويد النبات بالعناصر الغذائية فحسب، بل يجب أن تكون قادرة على إطلاق العناصر

غير الجاهزة من الأجزاء العضوية والمعدنية وتحويلها إلى صورها الجاهزة كي تتمكن من تزويد النبات بتلك العناصر بالكميات المطلوبة وللفترات الطويلة. أما الترب غير الخصبة، فمن الضروري إضافة بعض أو كل العناصر الغذائية لها عن طريق التسميد لتكون قادرة على تزويد المغذيات للنبات بالكميات الملائمة خلال فترة نموه.

امتصاص النبات للعناصر الغذائية

يتم انتقال العناصر الغذائية من التربة إلى الجذور إما عن طريق تبادل الأيونات بالتماس بين سطوح الغرويات وسطوح الجذور، أو عن طريق انتقال الأيونات من محلول التربة إلى الجذور. وبعد وصول الأيونات إلى سطوح الجذور، يتم دخولها إلى جزء من النسيج الجذري بحيث يصل تركيز الأيونات في ذلك الجزء من النسيج إلى نفس تركيزها في المحلول المحيط بالجذر.

وينتشر هذا المحلول إلى الحيز الحر أو الحيز الخارجي للخلايا (free space or outer space) دون الحاجة إلى الطاقة. ويكون كل عنصر في المحلول حر الحركة من المحلول إلى الحيز الحر وبالعكس اعتمادًا على اختلاف التركيز فقط.

العناصر الغذائية وأهميتها بالنسبة لنمو النبات

العناصر الغذائية تؤثر على النبات بواحدة أو أكثر من الطرق التالية:

1. **الدخول في تركيب خلايا وأنسجة النبات.**
2. **القيام بدور العامل المساعد في بعض العمليات الحيوية.**
3. **التأثير على عمليات الأكسدة والاختزال.**
4. **المساعدة على تنظيم درجة حموضة النبات.**
5. **التأثير على الضغط الأزموزي في النبات**
6. **التأثير على امتصاص العناصر الضرورية من قبل النبات**
7. **تهيئة بيئة أكثر ملائمة لنمو الجذور.**

الكاربون والهيدروجين والأوكسجين

تدخل هذه العناصر في تكوين الكربوهيدرات والبروتينات والدهون والمركبات المتعلقة بها. وتكون هذه المركبات معظم جسم النبات إذ أن الهيدروجين والأوكسجين يكونان الماء الذي تزيد نسبته على80 % من الوزن الرطب لمعظم النباتات الاقتصادية. أما بالنسبة للوزن الجاف للنبات فإن أكثر من 90 % منو يتكون من الكاربون والهيدروجين والأوكسجين.

النيتروجين

تكون مركبات النيتروجين جزءًا لا بأس به من الوزن الكلي للنبات. يأتي بالدرجة الرابعة من حيث الوزن بالنسبة لمعظم النباتات الاقتصادية. يؤثر النيتروجين بدرجة وبسرعة تفوق درجة وسرعة تأثير أي عنصر من العناصر الأخرى المضافة في السماد. تؤدي زيادة النيتروجين في محمول التربة إلى زيادة النمو الخضري للنبات، وتكون الأوراق داكنة الخضرة. ينظم النيتروجين إلى درجة ما استهلاك النبات للبوتاسيوم والفسفور وبعض العناصر الأخرى. يوجد النيتروجين في الأجزاء الفتية من النبات بنسبة أكبر من الأجزاء القديمة، ولدخول النيتروجين في تركيب كل خلية من خلايا النبات فإن وجوده أساس لوجود النبات.
فالنيتروجين يدخل في تركيب العديد من البروتينات التي تعمل كإنزيمات لكثير من الفعاليات الحيوية في النبات. إضافة إلى ذلك، فإن النيتروجين يدخل في تركيب الكلوروفيل الذي يعد العنصر الأساسي لتكوين الغذاء في جميع النباتات الخضراء.

ومع أهمية النيتروجين بالنسبة لنمو النبات، فإن زيادته عن حد معين تؤدي إلى زيادة النمو الخضري الذي لا يكون مرغوبًا في العديد من المحاصيل الاقتصادية بسبب اضطجاع النبات وتأخر النضج وانخفاض إنتاج الثمار والبذور.

الفسفور

يدخل الفسفور في تركيب جميع الخلايا النباتية شأنه في ذلك شأن النيتروجين. فالفسفور يدخل في تركيب بروتينات نواة الخلية النباتية والفوسفوليبيدات. ويوجد الفسفور عادةً (على شكل فيتين) في البذور بكميات أكبر من وجوده في أجزاء النبات الأخرى. فالفسفور أساسي لانقسام الخلايا ونمو النبات، لذلك يتركز في خلايا الأجزاء الأكثر فعالية في النبات كأنسجة الجذور والقمم. وللفسفور أهمية كبيرة في تحويل الطاقة في

خلايا النباتات. ولهذا السبب فهو أساسي في تحول الكربوهيدرات في النباتات، كتحول النشأ إلى سكر مثلاً. لمركبات الفسفور دور هام في تهيئة الطاقة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي.

الشروط الواجب توفرها في العنصر الغذائي الضروري لنمو النبات

لا يدل وجود عنصر معين داخل تركيب النبات على أنه ضروري للنبات. ولكي يكون العنصر ضرورياً لنمو النبات، يجب أن تتوفر فيه الشروط الآتية:

1. في حالة غياب العنصر يعجز النبات عن النمو الطبيعي وإكمال دورة حياته.
2. لا يحل محل العنصر أي عنصر آخر.
3. يدخل العنصر في تركيب جزء حيوي له دور فعال في العمليات الحيوية في النبات.

العناصر الغذائية

تقسم العناصر الغذائية إلى مجموعتين تبعاً لاحتياجات النبات من كل منهما كما يلي:

1. **العناصر الغذائية الضرورية الكبرى** :(*Essential Macronutrients*)
   وتشمل: الهيدروجين، الكربون، الأوكسجين، النيتروجين، الفوسفور، الكالسيوم، البوتاسيوم، المغنيسيوم، الكبريت.
2. **العناصر الغذائية الضرورية الصغرى** :(*Essential Micronutrients*)
   وتشمل: الكلوريد، البورون، الحديد، المنغنيز، الزنك، النحاس، الموليبديوم، الكوبلت.

كذلك تقسم العناصر تبعاً لطبيعة العمليات الحيوية التي تقوم بها داخل النبات إلى الأقسام التالية:

1. عناصر مسؤولة عن **تبادل الطاقة** :(*Energy Exchange*)الهيدروجين والأوكسجين.
2. عناصر مسؤولة عن **تخزين الطاقة** :(*Energy Storage*)الكربون، النيتروجين، الفوسفور، الكبريت.
3. عناصر مسؤولة عن **الانتقال** :(*Translocation*)البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنيسيوم.
4. عناصر مسؤولة عن **الأكسدة والاختزال** :(*Oxidation and Reduction*)المنغنيز، الحديد، النحاس.

العناصر ذات القيمة الحيوية لبعض النباتات دون الأخرى

وتشمل: السيليكون، الصوديوم، الكادميوم. فالسيليكون ضروري لبعض الطحالب، والصوديوم يمكن أن يحل أحياناً محل البوتاسيوم عند نقصه. والموليبديوم ضروري لبعض أنواع البكتيريا المثبتة للنيتروجين.