الحيوية النباتية، حيث ازدادت كتلة النمو الخضرى بنسبة ٢٧٪، وكتلة النمو الجذرى بنسبة ٧٦٪ (Spinelli وآخرون ٢٠١٠).

توفير حاجة النباتات من مختلف العناصر المغذية من الأسمدة العضوية

النيتروجين

لا يتوفر النيتروجين من المادة العضوية إلاّ إذا تحللت بفعل النشاط الميكروبى؛ الأمر الذى يعتمد على توفر كل من الرطوبة والدفء، اللذان لا يمكن بغيرهما تيسر النيتروجين من المادة العضوية التى تضاف إلى التربة، علمًا بأن الارتفاع فى درجة الحرارة والزيادة فى رطوبة التربة — حتى الحدود المثلى لنشاط الكائنات الدقيقة المحللة للمادة العضوية — يتناسب طرديًّا مع معدل تيسر النيتروجين.

تعرف عملية تيسر النيتروجين من المادة العضوية بفعل الكائنات الدقيقة باسم "معدنة النيتروجين" nitrogen mineralization. وعلى الرغم من أن تلك العملية يمكن أن توفر كميات جوهرية من النيتروجين فإن تقدير كميات العنصر التى تتوفر مع الوقت يُعد عملية معقدة لتأثرها بعدة عوامل.

ومن أهم العوامل التى تؤثر فى معدنة النيتروجين من المادة العضوية، ما يلى:

١- حرارة التربة:

تكون عملية المعدنة شديدة البطء فى حرارة أقل من ١٠°م، ويزداد معدل المعدنة بارتفاع الحرارة عن ذلك.

٢- رطوبة التربة:

تكون عملية المعدنة سريعة فى الأراضى الرطبة، ولكنها تُثبط فى ظروف الجفاف والرطوبة الزائدة.

٣- عمليات الحراثة:

تتسبب حراثة التربة فى حدوث تحفيز مؤقت فى نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة، ينخفض فى خلال أيام أو أسابيع قليلة.

وعلى الرغم من تعقيد التفاعلات بين تلك العوامل، فإنه يمكن إيجاد تقدير تقريبى لمعدل المعدنة من المادة العضوية فى التربة تأسيسًا على كمية النيتروجين العضوى الموجودة فى التربة، ونسبة هذا النيتروجين الذى يمكن أن يتمعدن خلال فترة من الوقت.

تكون أول خطوة هى تقدير كمية النيتروجين العضوى الموجودة فى التربة. ويمكن الحصول على ذلك التقدير مباشرة باختبار معملى، أو قد يمكن الاستدلال عليه من محتوى التربة من المادة العضوية. ونجد فى معظم الأراضى الزراعية أن النيتروجين العضوى يشكل حوالى ٧٪ من المادة العضوية فى التربة، وتحدث غالبية معدنة النيتروجين فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة.

ولقد أظهرت عديد من الدراسات أن حوالى ٢٪ من النيتروجين العضوى يتمعدن — عادة — كل شهرين على حرارة ٢٥°م. وعندما تكون نسبة المادة العضوية فى التربة ١٪، فإن ذلك يعنى أن كمية النيتروجين التى يمكن أن تتمعدن خلال شهرين = ١٣١٨ كجم نيتروجين عضوى بالفدان × ٠,٠٢ (نسبة النيتروجين العضوى التى تتمعدن) = ٢٦,٣٦ كجم نيتروجين للفدان. وتتأثر هذه الكمية بعديد من العوامل؛ فمثلاً يؤدى الرى بالرش إلى ابتلال كل سطح التربة؛ ولذا .. يكون التمعدن فى كل الحقل، بينما يكون التمعدن فى الأجزاء المبتلة فقط من الحقل فى حالة الرى بالتنقيط. كذلك يقل التمعدن — كما أسلفنا — فى الجو البارد وعند عدم كفاية الحراثة، وفى الأراضى الثقيلة التى قد تتعرض لزيادة كبيرة فى محتواها الرطوبى. وتجدر الإشارة إلى أن ذلك التقدير لكمية النيتروجين التى يمكن أن تتمعدن من مادة التربة العضوية لا يأخذ فى الاعتبار كميات

النيتروجين التى تُسهم بها الإضافات الحديثة من المواد العضوية سواء أكانت فى صورة مخلفات نباتية، أم كمبوست، أم إضافات عضوية أخرى.

ويبلغ معدل معدنة النيتروجين من مادة التربة العضوية والإضافات العضوية الحديثة أقصاه – عادة – قبل أن يصل المحصول إلى أعلى معدل له فى امتصاص النيتروجين. وحتى فى النظم العضوية، فإن فقد النيتروجين بالرشح أو فى صورة غازية (dentrification) – كما يحدث فى الأراضى الغدقة – يمكن أن يكون كبيرًا إذا وصل للتربة كميات كبيرة من الماء (سواء أكان ذلك من الأمطار أو من مياه الرى) فى بداية موسم النمو (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

لا تحتاج الخضر ذات مواسم النمو القصيرة (مثل الفجل والسلق والكزبرة) – عادة، إلى مزيد من النيتروجين غير ذلك الذى يتوفر من معدنة نيتروجين التربة العضوى، ومما يضاف فى صورة كمبوست أو بقايا محصولية. هذا .. بينما تحتاج الخضر ذات الاحتياجات الأعلى من النيتروجين وذات مواسم النمو الأطول إلى إضافات أخرى من سماد نيتروجينى عضوى.

ويمكن تقسيم الخضر حسب حاجتها من النيتروجين خلال موسم النمو إلى ثلاث مجموعات، كما يلى:

١- خضر تقل حاجتها الكلية من النيتروجين عن ٥٥ كجم للفدان، وتتضمن: الفاصوليا – الخيار – الفجل – السبانخ – الكوسة.

٢- خضر تتراوح احتياجاتها الكلية من النيتروجين بين ٥٥، و٩٠ كجم، وتتضمن: الجزر – الذرة السكرية – الثوم – الخس – الكنتالوب- البصل – الفلفل – الطماطم.

٣- خضر تزيد احتياجاتها الكلية من النيتروجين عن ٩٠ كجم، وتتضمن: البروكولى – الكرنب – القنبيط – الكرفس – البطاطس (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

الفوسفور

إن الزراعات العضوية التى تعتمد على السبلة لأجل توفير حاجة النباتات من النيتروجين تتوفر لها — كذلك — كافة احتياجاتها من الفوسفور، وبغير تلك السياسة فى توفير النيتروجين يتعين توفير حاجة النباتات من الفوسفور بناء على تحليل التربة.

ومن بين مصادر الفوسفور (والمصرح بها فى الزراعة العضوية) صخر الفوسفات والكمبوست. يفيد استعمال صخر الفوسفات — خاصة — فى الأراضى الحامضية التى يقل رقمها الأيدروجينى عن ٥,٥ وينخفض محتواها من الكالسيوم، علمًا بأن ذوبان صخر الفوسفات ينخفض كثيرًا فى الأراضى التى يرتفع رقمها الأيدروجينى عن ٥,٥. ويكون الفوسفور المتوفر فى الكمبوست ميسرًا بدرجة تتراوح بين ٧٠٪، و ١٠٠٪ (Nelson & Janke ٢٠٠٧). وتفضل إضافة الفوسفات إلى كومات الكمبوست أثناء تجهيزها، لأن النشاط الميكروبى المصاحب لتحلل المادة العضوية يساعد فى جعل الفوسفور المعدنى أكثر تيسرًا للنبات.

وكما فى حالة النيتروجين، يكون تيسر الفوسفور من المادة العضوية بطيئًا فى الجو البارد؛ الأمر الذى يتطلب إضافة مركبات عضوية غنية بالفوسفور السريع التيسر إلى جانب النباتات، خاصة وأن النمو الجذرى يكون بطيئًا فى الجو البارد، حتى ولو كانت التربة غنية بالفوسفور.

يُقدر الفوسفور الميسر فى التربة عند ارتفاع الـ pH عن ٦,٠ بطريقة الـ Olsen bicarbonates test. ومع حقيقة أن الفوسفور الميسر يقل فى الحرارة الأقل من ١٥,٦°م (٦٠°ف)، فإن المحاصيل التى تنمو فى الشهور الباردة من السنة تحتاج إلى مستويات أعلى من الفوسفور لتنمو جيدًا.

ونقدم – فيما يلى – بيانًا بالمستويات المناسبة من الفوسفور فى التربة – تبعًا للـ bicarbonate test لكل من خضراوات المواسم الدافئة وخضراوات المواسم الباردة.

المحصول	المستوى المناسب للفوسفور (جزء فى المليون)
خضراوات المواسم الدافئة	٢٠ – ٢٥
خضراوات المواسم الباردة	٥٠ – ٦٠

يعد الكمبوست وبعض الأسمدة العضوية مصادر جيدة للفوسفور. ومن المهم رصد مستوى الفوسفور فى التربة سنويًّا، نظرًا لأنه يمكن أن يزيد سريعًا جراء إضافات الكمبوست والأسمدة العضوية الأخرى (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

ويتوفر صخر الفوسفات الطبيعى فى عديد من المناطق بمصر، مثل واحة الخارجة، وأبو طرطور، والسباعية وغيرها، ويمكن الاستفادة منه فى الحصول على احتياجات النباتات من الفوسفور باستخدام الأنواع البكتيرية المذيبة له، مثل:

Paenibacillus polymyxa

Bacillus megaterium var. *phosphaticum*

تُفرز هذه البكتيريا أثناء نشاطها وتكاثرها أحماضًا عضوية، هى التى تفيد فى تيسر الفوسفور من صخر الفوسفات.

ويتطلب نشاط هذه البكتيريا مصدرًا للطاقة؛ الأمر الذى يمكن توفيره لها من أى مادة عضوية مثل الكمبوست، كما أن توفر عنصر البورون يفيد فى زيادة نشاط وتكاثر هذه البكتيريا. ولذا .. فقد أمكن عمل تحضير تجارى – حصل على براءة اختراع من أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا – يحتوى على صخر الفوسفات الطبيعى مضافًا إليه – بنسبة ٢٥٪ – كمبوست تام النضج سبقت معاملته بكل مما يلى:

- نوعا البكتيريا المذيبة للفوسفور اللذان سبق ذكرهما.

- محلول لحامض البوريك بتركيز ٠,٠٣٪، (وهو مسموح باستخدامه فى الزراعات العضوية).
- البكتيريا الحرة المثبتة لآزوت الهواء الجوى: *Azospirillum*، و*Azotobacter*.

يخلط الكمبوست المعامل بالأنواع البكتيرية وحامض البوريك خلطًا جيدًا بصخر الفوسفات.

كما يضاف إلى صخر الفوسفات المطحون جيدًا سيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم بنسبة ٠,٠١٪ كمادة مانعة للتكتل والتحجر، وكذلك ٢٪ فحم كربون ناعم ناتج من متبقيات مكامير الفحم.

يعد هذا المخلوط الذى يتوفر تجاريًّا تحت اسم: "الموفر-بيو" مصدرًا لكل من الفوسفور والنيتروجين، وهو يصلح للاستعمال فى الزراعات العضوية.

ولقد أوضحت دراسات Bolland وآخرون (٢٠٠٨) أن صخر الفوسفات لا يمكن اعتباره بديلاً جيدًا للأسمدة المحتوية على فوسفور ذائب، ذلك أن كفاءة صخر الفوسفات تكون منخفضة فى السنة الأولى لإضافته وتبقى منخفضة كذلك فى السنوات التالية؛ مما يستلزم استعمال معدلات عالية جدًّا منه.

البوتاسيوم

لا يُعد التيسر البطئ للبوتاسيوم من معادن التربة كافٍ لمدِّ النباتات بحاجاتها من العنصر، وبخاصة فى فترات الطلب الشديد عليه فى بعض مراحل النمو النباتى، ولكن هذا التيسر يمكن أن يُسهم فى تحسين خصوبة التربة على المدى الطويل.

هذا .. وتتوفر مصادر جيدة للبوتاسيوم يمكن استعمالها فى الزراعة العضوية، تتضمن المعادن مثل اللانجبينيت langbenite، والسلفينيت sylvinite، وسلفات

البوتاسيوم. كذلك يُعد رماد الخشب، والرمل الأخضر greensand. والأعشاب البحرية من مصادر البوتاسيوم، ولكن استعمالها لا يخضع لاعتبارات معينة؛ بسبب انخفاض محتواها من العنصر، وتأثيرها على pH التربة، وضعف ذوبانها، والحاجة إلى استعمال كميات كبيرة منها. ويتباين — كثيرًا — تركيز البوتاسيوم فى السبلة والكمبوست، ولكنه يكون ميسرًا لاستعمال النبات. ويمكن لبعض المعادن الصخرية توفير جزء من حاجة النبات من العنصر، إلاّ أن الكثير منها قليل الذوبان إلى درجة تجعل استخدامها غير عملى (Mikelsen ٢٠٠٧).

يفضل تقدير مستوى البوتاسيوم فى التربة بطريقة الاستخلاص بخلات الأمونيوم ammonium acetate extraction test. وعمومًا.. إذا كان مستوى البوتاسيوم فى التربة أعلى من ٢٠٠ جزء فى المليون، فإن التسميدالإضافى بالبوتاسيوم لا يفيد غالبًا فى زيادة المحصول. هذا إلا أن إضافات البوتاسيوم يمكن أن تعوض ما يفقد منه بالامتصاص وتحافظ على مستواه. وإذا ما انخفض مستوى البوتاسيوم فى التربة يكون من المطلوب التسميد بالعنصر. ويعد الكمبوست والأسمدة العضوية الأخرى مصادر جيدة للبوتاسيوم.

الكالسيوم والمغنيسيوم

تعد معظم الأراضى غنية فى الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت، ولكن يمكن زيادة محتوى التربة من الكالسيوم بإضافة الجبس الزراعى، ومن المغنيسيوم بإضافة ملح إبسوم Epsom salt الذى يحتوى على ١٠٪ مغنيسيوم وهو سريع التيسر، ومن الكبريت من المادة العضوية، وكذلك من كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم التى تحتوى على ٢١٪ K_2O، و ١١٪ مغنيسيوم. هذا وتحتوى طبقة تحت التربة — على مستويات أعلى من الكبريت، وهى التى يمكن الاستفادة منها بزراعة المحاصيل عميقة الجذور. هذا مع العلم بأن مستوى الكبريت فى الأراضى الرملية يزداد — تدريجيًّا — مع استمرار التسميد العضوى.

العناصر الدقيقة

تحتوى الأسمدة العضوية على مختلف العناصر الدقيقة. كذلك يمكن فى الزراعة العضوية استعمال الصور المخلبية لبعض العناصر، وأملاح الكبريتات والكربونات والأكاسيد والسيليكات لعناصر الزنك والنحاس والحديد والمنجنيز والموليبدنم والسيلينيم والكوبالت — وجميعها أملاح سريعة الذوبان — إذا ما قدمت أدلة على عدم توفر تلك العناصر بكميات كافية فى التربة (Treadwell ٢٠٠٦). كذلك يستعمل البوراكس للبورون، وموليبدات الصوديوم للموليبدنم.

كذلك تحتوى مستخلصات الطحالب البحرية على عديد من العناصر المغذية، وأحيانًا على بعض الهرمونات. وإلى جانب تلك المواد المغذية بطبيعتها، فإن بعض التحضيرات الخاصة بكائنات دقيقة معينة — تُعامل بها التربة — تؤدى إلى تيسر العناصر فيها.

الأسمدة الحيوية

من بين الأسمدة الحيوية المتوفرة محليًّا، ما يلى:

السماد	محتواه البكتيرى	أهميته
بيوجين Biogene	*Azotobacter* spp.	تثبيت آزوت الهواء الجوى
فوسفورين Phosphorine	*Bacillus megaterium*	إذابة الفوسفات
نيتروبين Nitrobene	*Azotobacter* spp. + *Azospirillum* spp	تثبيت آزوت الهواء الجوى
ميكروبين Microbene	*Azotobacter* spp. + *Azospirillum* spp. + *Pseudomonas* spp. + *Rhizobium* spp.	تثبيت آزت الهواء الجوى وتنشيط النمو