الفصل الثالث

التسميد

تقوم إدارة خصوبة التربة فى الزراعة العضوية على فلسفة "غذِ التربة لتغذى النبات". ويتم تحقيق ذلك المبدأ من خلال سلسلة من الممارسات التى تُخطط لأجل زيادة كل من: محتوى التربة من المادة العضوية، ونشاطها البيولوجى، وتيسر العناصر منها.

ويعتمد تسميد الزراعات العضوية – كلية – على الأسمدة الطبيعية – العضوية منها وغير العضوية – شريطة ألاّ يكون قد اتبعت فى تجهيزها عمليات تتعارض مع مبادئ الزراعة العضوية.

ويعد التسميد العضوى هو الأساس فى الزراعات العضوية؛ ولذا .. فإننا نتناوله بشئ من التفصيل.

الأسمدة ومحسنات التربة المصرح باستخدامها

يمكن استخدام المواد التالية كأسمدة ومحسنات للتربة فى الزراعات العضوية (جميع المواد المعلمة بـ * يتعين موافقة جهة التصديق على الحاجة إليها):

- سبلة الماشية والدواجن*: يتعين الحصول على موافقة جهة التصديق إن لم يُحصل على السبلة من مزارع عضوية. ولا يُسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.
- المخلفات الحيوانية المزوجة بالماء slurry والبول*: يتعين الحصول على موافقة جهة التصديق إن لم يُحصل عليها من مزارع عضوية. ويفضل أن يكون استعمالها بعد خضوعها لتخمر متحكم فيه، وتخفيف مناسب. كذلك لا يسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يُسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● مخلفات حيوانية ومخلفات دواجن على صورة كمبوست*: يلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● سبلة حيوانات مزرعية جافة وسبلة دواجن مجففة*: لا يسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● مخلفات المنازل المكمورة، على ألا تحتوى سوى على المخلفات النباتية والحيوانية، وعلى ألاّ تزيد فيها نسبة العناصر الثقيلة عن حدود معينة بالجزء فى المليون، هى: ٠,٧ للكادميم، و ٢٥ للنيكل، و ٤٥ للرصاص، و ٠,٤ للزئبق، وصفر للكروميوم (VI)، وعلى ألاّ تزيد نسبة النحاس عن ٧٠، والزنك عن ٢٠٠ جزء فى المليون.

● كمبوست المخلفات النباتية.

● مخلفات بيئات زراعة عيش الغراب، على ألاّ تحتوى تلك البيئات – ابتداءً – على أى مكونات تخرج عما فى هذه القائمة.

● زرق الطيور البحرية (الجوانو)* guano.

● القش.

● البرليت perlite، والبنتونيت bentonite، والزيوليت zeolite، وغيرهم من أنواع الطين.

● الفيرميكيوليت vermiculite.

● المنتجات ذات الأصل الحيوانى*، مثل: الدم المجفف، ومسحوق الحوافر والقرون والعظم، والفحم الحيوانى animal charcoal، ومسحوق السمك، ومسحوق اللحم، ومسحوق الريش والشعر، والصوف، والفراء، والشعر، ومنتجات الألبان.

● المنتجات الجانبية للصناعات القائمة على المنتجات العضوية*.

● المنتجات ذات الأصل النباتى، مثل مخلفات صناعة الزيوت (مثل نواتج عصير البذور والثمار)، وقشور الكاكاو، ومخلفات المولت malt، ومخلفات صناعة النسيج ... إلخ، ويشترط عدم سبق المعاملة بمواد مخلقة.

- المنتجات الجانبية لصناعة السكر*، مثل الفيناز vinase.
- الأعشاب البحرية ومنتجاتها، على أن يكون قد حُصل عليها بأى من الوسائل التالية:

١- العمليات الفيزيائية، مثل التجفيف، والتجميد، والطحن.

٢- الاستخلاص بالماء أو بالسوائل الحامضية أو القلوية.

٣- التخمر.

- نشارة ورقائق الخشب، وقلف الأشجار*، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- كمبوست لحاء الأشجار، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- رماد الخشب*، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- صخر الفوسفات الطبيعى*: يجب ألا يزيد تركيز الكادميم فيه عن ٩٠ مجم/كجم من الـ P_2O_5.
- خَبَث المعادن basic slag*.
- صخر البوتاس — أملاح البوتاسيوم المستخرجة من مناجمها الطبيعية (مثل الـ kainite، والـ sylvinite): يجب أن يقل محتواها من الكلورين عن ٦٠٪.
- كبريتات البوتاسيوم* (مثلاً .. patenkali): يُحصل عليها بطرق فيزيائية على ألا تكون قد تعرضت لعمليات كيميائية بهدف زيادة قدرتها على الذوبان.
- كربونات الكالسيوم من مصادر طبيعية (مثل الطباشير chalk والمرْل marl — وهو الطين الغنى بكربونات الكالسيوم — والـ maerl والحجر الجيرى limestone والطباشير الفوسفاتى phosphate chalk).
- كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ذات الأصل الطبيعى، مثل: الطباشير المغنيسيومى، ومسحوق الحجر الجيرى المغنيسيومى.
- كبريتات المغنيسيوم، مثل: الكزيريت keserite.
- محلول كلوريد الكالسيوم للرش الورقى.

- كلوريد الصوديوم (المستخرج من المحاجر فقط).
- فوسفات الكالسيوم والألمونيوم: يجب ألا تزيد فيه نسبة الكادميم عن ٩٠ مجم/كجم من الـ P_2O_5.
- العناصر الدقيقة*.
- الكبريت* (زهر الكبريت).
- مسحوق الأحجار.
- الكائنات التى تتواجد طبيعيًا مثل الديدان.
- الفيرميكمبوست vermicompost.
- البيت: يشترط خلو البيت من الإضافات المخلقة. ويسمح به كمهاد لزراعة البذور وفى مخاليط الزراعة، لكن لا يُسمح به فى الاستعمالات الأخرى إلا بعد موافقة جهة التصديق على ذلك.
- الدبال المتحصل عليه من الديدان الأرضية والحشرات.

السيليكات المائية (الزيوليتات zeolites).

- فحم الخشب.
- كلوريد الجير*.
- مخلفات الإنسان*: يُفضل — إن أمكن — أن تكون مهواة أو متحللة. لا يجوز استعمالها مع المحاصيل التى تزرع لأجل الاستهلاك الآدمى (عن CAC ٢٠٠١، و UKROFS ٢٠٠٣).

ويبين جدول (٣-١) محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم لبعض الأسمدة العضوية وغير العضوية المصرح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

جدول (٣-١): محتوى المواد المستخدمة فى الإنتاج العضوى من كل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (٪) (عن Boyhan وآخرين ١٩٩٩، و Harris وآخرين ٢٠٠٧).

المادة	N	P_2O_5	K_2O	التيسر
مسحوق العظام الخام	٦-٢	٢٧-١٥	صفر	بطئ
مسحوق العظام المعامل بالبخار	٤,٠-٠,٧	٣٤-١٨	صفر	بطئ إلى متوسط
كسب بذرة الخروع	٥	١,٨	١	بطئ
مسحوق قشرة الكاكاو	٢,٥	١,٠	٢,٥	بطئ
الكمبوست	٣,٥-١,٥	١,٠-٠,٥	٢-١	بطئ
كسب بذرة القطن	٦	٢,٥	١,٧	بطئ إلى متوسط
الدم المجفف	١٢	١,٥	٠,٦	متوسط إلى سريع
مستحلب السمك	٥-٣	٢-١	٢-١	سريع
مسحوق السمك المجفف	١١-١٠	٦	٢	سريع
النفايات الجافة للسمك	١٢-٣,٥	١٢-١	١,٦-٠,٨	بطئ
القمامة المجففة	٢,٧	٣	١	بطئ جدًا
زرق الطيور البحرية	١٢-٩	٨-٣	٢-١	متوسط
الكِلب kelp (رماد عشب البحر)	٠,٩	٠,٥	١٣-٤	بطئ
السبلة الطازجة				
الماشية	٠,٢٥	٠,١٥	٠,٢٥	متوسط
الخيل	٠,٣	٠,١٥	٠,٥	متوسط
الأغنام	٠,٦	٠,٣٣	٠,٧٥	متوسط
الخنازير	٠,٣	٠,٣	٠,٣	متوسط
الأرانب	٢,٤	١,٤	٠,٦	متوسط إلى سريع
الدجاج (٧٥٪ رطوبة)	١,٥	١	٠,٥	متوسط إلى سريع
الدجاج (٥٠٪ رطوبة)	٢	٢	١	متوسط إلى سريع
الدجاج (٣٠٪ رطوبة)	٣	٢,٥	١,٥	متوسط إلى سريع
الدجاج (١٥٪ رطوبة)	٦	٤	٣	متوسط إلى سريع
البط	٠,٦	١,٤	٠,٥	متوسط إلى سريع

تابع جدول (٣-١).

المادة	N	P_2O_5	K_2O	التيسر
المارل marl	صفر	٢	٤,٥	بطئ جدًا
الميلوجانيت miloganite الجاف	٥	٢-٥	٢	متوسط
كمبوست عيش الغراب	٠,٤-٠,٧	٠,٦	١,٥-٠,٥	بطئ
البيت والمك	١,٥-٣	٠,٧٥	١,٠-٠,٥	بطئ جدًا
نشارة الخشب	٠,٢	٠,١	٠,٢	بطئ جدًا
المجارى المعاملة	١-٣	٤,٠-٠,٥	صفر-٠,٥	بطئ
كسب فول الصويا	٦,٧	١,٦	٢,٣	بطئ إلى متوسط
رماد الخشب	صفر	١-٢	٣-٧	سريع
مسحوق الجرانيت (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	صفر	٣,٠-٥,٠	بطئ جدًا
الرمل الأخضر (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	١,٣٥	٤-٩,٥	بطئ جدًا
الكاينيت kainite (ترسبات طبيعية)	صفر	صفر	١٢	بطئ جدًا
صخر الفوسفات (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	٢٠-٣٢	صفر	بطئ جدًا
ملح إبسوم	صفر	صفر	صفر (١٠ Mg)	سريع
سلفات البوتاسيوم والمغنيسيوم	صفر	صفر	٢١ (١١ Mg)	سريع

وتتباين تلك المنتجات فى سرعة معدنة ما تحتويه من نيتروجين عضوى، كما يتضح من جدول (٣-٢).

جدول (٣-٢): معدل تمعدن النيتروجين العضوى فى بعض الأسمدة العضوية حسب درجة الحرارة والفترة الزمنية (عن Gaskell وآخرين ٢٠٠٦).

السماد	الحرارة (°م)	معدل تمعدن النيتروجين العضوى (٪) بعد فترة		
		أسبوع واحد	أربعة أسابيع	ثمانية أسابيع
سبلة الدواجن المجهزة على صورة حبوب	١٥	٤	١٦	٢١
	٢٥	١٠	٢٣	٣٦

تابع جدول (٣-٢).

السماد	الحرارة (°م)	معدل تعدن النيتروجين العضوى (٪) بعد فترة		
		أسبوع واحد	أربعة أسابيع	ثمانية أسابيع
زرق الطيور البحرية	١٥	٤٩	٥٧	٦٠
	٢٥	٤٥	٤٨	٥٤
زرق الطيور البحرية على صورة حبوب	١٥	٤٢	٦١	٦٤
	٢٥	٤٦	٦٠	٦٧
مسحوق السمك	١٥	٥١	٥٥	٦١
	٢٥	٤٨	٦٠	٦٤
مسحوق الريش	١٥	٤٢	٥٦	٥٩
	٢٥	٥٠	٦٤	٦٣
مسحوق الدم	١٥	٤١	٦٠	٦٤
	٢٥	٥١	٦٧	٧٠

المركبات والمنتجات الطبيعية التى يُحظر أو يُقيد استعمالها

لا يُسمح باستخدام بعض المركبات الطبيعية فى الإنتاج العضوى، وتُفرض قيود على استخدام بعضها الآخر كما يلى:

١- يمكن استخدام مادة كلوريد البوتاسيوم (أو ما يعرف باسم muriate of potassium) - فقط - ما لم يُؤد استخدامها إلى زيادة محتوى التربة من أيون الكلوريد.

٢- على الرغم من أن معظم الحجر الجيرى الزراعى يُسمح باستعماله فى الإنتاج العضوى، فإن الجير المطفى $Ca(OH)_2$ والجير المحروق (أكسيد الكالسيوم CaO لا يُسمح باستعمالهما بسبب طريقة تصنيعهما.

٣- لا يُسمح فى الاتحاد الأوروبى واليابان باستعمال نترات الصوديوم الطبيعية (نترات شيلى) فى الإنتاج العضوى بسبب مخاطر زيادة الصوديوم فى التربة، بينما يسمح باستعمالها فى الولايات المتحدة لتوفير ما لا يزيد عن ٢٠٪ من حاجة النباتات الكلية من النيتروجين. ويجب أن يؤخذ ذلك الأمر فى الاعتبار عن الرغبة فى تصدير مُنتج ما من بلد

تسمح باستعمال نترات الصوديوم فى حدود ٢٠٪ من حاجة النباتات من النيتروجين إلى بلد لا يسمح باستعمالها على الإطلاق.

٤- يُسمح باستخدام السبلة الطازجة (التى لم تتحلل إلى كمبوست أو لم تترك جانبًا لتتحلل جزئيًا) ما دامت السبلة قد تم تداولها بطريقة تحد من مخاطر تلوث محاصيل الغذاء بمسببات أمراض الإنسان، ومن مخاطر تلوث البيئة بالنيتروجين. ويعنى ذلك تحديدًا أن السبلة الطازجة لا تُستخدم إلا فى إنتاج الأسمدة الخضراء، أو فى الحالات التى يجرى فيها الحصاد بعد ٤-٦ شهور من إضافة الكمبوست للتربة فى جو دافئ بقدر كاف يسمح بالنشاط البيولوجى المؤدى إلى تحلل السبلة.

هذا .. وتختلف برامج تصديق الإنتاج العضوى فى قوائم المواد المصرح بها، والمواد المقيدة الاستعمال، والممنوعة من الاستخدام، بما يعنى ضرورة الرجوع إلى تلك القوائم قبل استخدام أى من المنتجات التى تسوق على أنه يصرح باستخدامها فى الإنتاج العضوى.

أهمية التسميد العضوى

لقد أوضحت الدراسات إنه لا يكون — عادة — ممكنًا زيادة محتوى التربة من المادة العضوية لأكثر من ١٪، ولكن حتى مثل هذه الزيادة فإنها يمكن أن تُحسن خصوبة التربة بصورة درامية.

يُعد الدبال أكثر مكونات المادة العضوية مقاومة للتحلل، فهو بطئ التحلل بشدة، وقد يستغرق تحلله مئات السنوات. وتتحلل البقايا النباتية الغنية فى الكربون والفقيرة فى النيتروجين مثل القش وحطب الذرة، ولكنها تنتج الدبال بكفاءة. وبالمقارنة .. فإن البقايا النباتية عالية المحتوى من النيتروجين، مثل النموات النباتية الغضة، تتحلل بسرعة، ويقل إنتاجها من الدبال.

ويمكن أن يوفر تحلل المادة العضوية فى التربة كميات جوهرية من العناصر المغذية. ويتحول جزء من النيتروجين الموجود فى المادة العضوية إلى صورة معدنية (غير عضوية)

مثل الأمونيوم (NH_4^+)، والنترات (NO_3^-) من خلال عملية المعدنة mineralization. هذا .. إلاّ أن توقيت ومعدل المعدنة لا يتفق — غالبًا — مع احتياجات النبات؛ مما يستدعى ضرورة التسميد بالنيتروجين خلال موسم النمو. ويعد عدم التوافق بين معدنة النيتروجين من المادة العضوية واحتياجات المحصول من العنصر أكبر تحديات التغذية فى الزراعة العضوية.

كذلك تعد المادة العضوية مصدرًا جيدًا للفوسفور، حيث تؤدى معدنة العنصر من المادة العضوية إلى تيسره للنبات. كما وأن تحلل المادة العضوية تنطلق معه بعض العناصر الدقيقة، مثل النحاس والزنك.

وإلى جانب إمدادات العناصر، فإن المادة العضوية تحسن خصوبة التربة من خلال تأثيرها على عدد من خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية. فالمادة العضوية يمكن أن تدمص العناصر من خلال عملية تبادل الكاتيونات؛ مثل الأمونيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. ويمكن أن تسهم المادة العضوية بنحو ٢٠٪-٧٠٪ من السعة التبادلية الكلية للتربة.

كذلك يتحسن قوام التربة من خلال تكوين المادة العضوية للتجمعات aggregates؛ الأمر الذى ينعكس على نفاذية التربة، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. وتفيد هذه التغيرات فى تحسين النمو الجذرى، وتوفر بيئة مناسبة للنشاط الميكروبى؛ الأمر الذى ينعكس على النمو النباتى والمحصول (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وعلى الرغم من أن أى مواد عضوية غير متحللة تضاف إلى التربة سوف تتحلل مع الوقت، إلا أن لذلك الأمر مساوئه، مقارنة بإضافة المواد العضوية المتحللة. فمثلاً .. إذا أضيفت كميات كبيرة من المواد العضوية غير المتحللة، فإن الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليلها سوف تنافس النباتات المتواجدة على نيتروجين التربة أثناء عملية التحلل؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى نقص النيتروجين وضعف النمو النباتى. كذلك يكون من الأسهل كثيرًا خلط المادة العضوية المتحللة بالتربة عما يكون عليه الحال مع المادة العضوية غير المتحللة.

هذا إلى جانب أن إضافة المادة العضوية وهى متحللة تعنى توفر العناصر الضرورية المتواجدة بها – مباشرة – للنمو النباتى، دونما حاجة إلى الانتظار لحين تمام تحللها، فضلاً عن تحسين المادة العضوية المتحللة لخصائص التربة الفيزيائية، مثل بناء التربة، ونفاذيتها، وسعتها التبادلية الكاتيونية، وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

ويمكن إيجاز أهم مزايا المادة العضوية للتربة، فيما يلى:

١- تحسين الحالة الفيزيائية للتربة.

٢- تعد مصدرًا غذائيًا للكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة، والتى تساعد فى تيسر العناصر.

٣- تساعد المادة العضوية للتربة على الاحتفاظ بالعناصر، فلا تتسرب مع ماء الرشح.

٤- تفرز البكتيريا التى تنمو على المادة العضوية مواد كربوهيدراتية معقدة تفيد فى لصق حبيبات التربة لتكوين تجمعات منها.

٥- تساعد الأحماض التى تنطلق أثناء تحلل المادة العضوية فى تيسر العناصر الضرورية للنمو النباتى.

٦- يمكن للماء تخلل التربة بصورة أفضل عند وجود المادة العضوية، مما يقلل من تعريتها.

٧- يتحسن تعمق الجذور فى التربة.

٨- تتحسن قدرة التربة الرملية على الاحتفاظ بالماء ضد الجاذبية.

٩- يتحسن الصرف فى الأراضى الثقيلة عندما يزداد التحبب فيها بفعل المادة العضوية.

١٠- تعد المادة العضوية ذاتها – بعد تحللها – مصدرًا لجميع العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات، والتى تتيسر بصورة تدريجية اثناء النمو النباتى. ويعد هذا التيسر التدريجى من الأهمية بمكان بالنسبة لعنصر مثل النيتروجين (Harris وآخرون ٢٠٠٧).

ونظرًا لأن المادة العضوية للتربة تتحلل سريعًا فى الأجواء الحارة، لذا .. يلزم تكرار إضافتها سنويًا لتعويض ما ينقص منها بالتحلل.

تحلل المادة العضوية فى التربة

عند قلب المادة العضوية فى التربة، فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين تكون – عادة – عالية فى البداية؛ حيث تبلغ نحو ٥٠:١. ومع تحلل المادة العضوية تنطلق كميات كبيرة نسبيًا من ثانى أكسيد الكربون، وكميات قليلة نسبيًا من النيتروجين النتراتى والأمونيومى؛ فتضيق النسبة تدريجيًا. ويستمر ذلك مع استمرار تحلل المادة العضوية، حتى تصل نسبة الكربون إلى النيتروجين لنحو ١٠:١. وتظل النسبة ثابتة بعد ذلك، برغم استمرار تحلل المادة العضوية. ويعنى ذلك أن المادة العضوية التى توجد فى صورة متقدمة من التحلل تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين بها ١٠:١ مهما كانت النسبة فى بداية التحلل؛ لذلك نجد أن المادة العضوية التى بها نسبة كبيرة من الكربون إلى النيتروجين تعطى عند تحللها كمية أكبر من ثانى أكسيد الكربون، وكمية أقل من الدبال humus، وهو الناتج النهائى للتحلل.

تقسيم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها

تقسم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها إلى الأقسام التالية:

١- مواد ذات نسبة متقاربة جدًا very narrow؛ مثل: بول الحيوانات (١٠:١)، والبقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (١٥:١-٢٠:١).

٢- مواد ذات نسبة متقاربة؛ مثل: البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها والسماد الحيوانى المتحلل (٢٠:١)؛ وغير البقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (٢٠:١).

٣- مواد ذات نسبة عالية؛ مثل القش المتحلل، والأوراق المتحللة (٦٠:١)، وغير البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها (٦٠:١).

٤- مواد ذات نسبة عالية جدًا؛ مثل: القش (٨٠:١)؛ والأوراق الجافة (٨٠:١)، ونشارة الخشب (٣٠٠:١) (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

وعمومًا .. تتوقف نسبة الكربون إلى النيتروجين على مرحلة النمو النباتى؛ فتكون النسبة أوسع كلما تقدمت النباتات فى النمو، وكذلك تكون فى النباتات غير البقولية أوسع منها فى النباتات البقولية.

العوامل المؤثرة على سرعة تحلل المادة العضوية

يتم تحت الظروف المناسبة تحلل نصف كمية المادة العضوية الطازجة المضافة (سماد حيوانى، أو سماد أخضر) خلال ٢-٣ أسابيع، ونحو ٣/٤ الكمية المضافة خلال ٤-٦ أسابيع.

وتتأثر سرعة تحلل المادة العضوية بالعوامل التالية:

١- درجة الحرارة:

حيث تخضع سرعة التحلل لقانون: فان هوف Vant Hoff؛ فتزداد سرعة التحلل إلى الضعف مع كل زيادة مقدارها ١٠ درجات مئوية بين درجتى حرارة صفر، و ٣٥°م.

٢- تهوية التربة:

لأن الأكسجين ضرورى لتأكسد المواد العضوية، ولتنفس الكائنات الدقيقة فى التربة.

٣- الرطوبة الأرضية:

لضرورتها لنمو الكائنات الدقيقة، ولإتمام التفاعلات التى تحدث أثناء التحلل.

٤- pH التربة:

حيث تكون كائنات التربة فى أعلى درجات نشاطها بين pH ٦-٦,٥.

نواتج تحلل المادة العضوية فى التربة

عند تحلل المادة العضوية فى التربة، فإنها إما أن تتأكسد كلية، وإما أن تتحلل إلى مواد وسطية تسمى الدبال humus. ومن المواد التى تتأكسد أو تتحلل كلية المركبات العضوية البسيطة، كالسكريات، والنشويات، والهيميسيليلوز، والبروتينات البسيطة. فالسكريات تتأكسد إلى CO_2، وماء وحرارة، مع صور أخرى للطاقة. والبروتينات البسيطة تتأكسد فى وجود الماء إلى CO2، وماء، وأمونيا، وطاقة. والبروتينات المركبة المحتوية على الكبريت تتأكسد فى وجود الماء إلى CO2، وماء، وأمونيا، وكبريتيد الأيدروجين. هذا .. وتتحول الأمونيا إلى نيتروجين نتراتى، ويتحول كبريتيد الأيدروجين إلى كبريتات. والمعادن تتحد مع بعض الأنيونات، مكونة أملاحًا، أو تبقى فى المحلول الأرضى كأيونات. وتفيد

المركبات التى تتأكسد كلية فى إمداد كائنات التربة الدقيقة بالطاقة، كما تفيد فى إمداد النبات ببعض العناصر الضرورية (Buckman & Brady ١٩٦٠).

أما الدبال، فهو مركب وسطى لتحلل المادة العضوية. وهو ناتج من نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة عليها، ويوجد فى صورة غروية، وله أهميته القصوى فى زيادة السعة التبادلية للتربة. والدبال عبارة عن مادة عضوية متقدمة كثيرًا فى درجة تحللها. وهو مادة غير متجانسة، ليس له تركيب كيميائى محدد، ولونه بنى داكن، ويتكون من بقايا نباتية وحيوانية متحللة مع بقايا خلايا كائنات التربة نفسها. والدبال غير ثابت التركيب، ويتغير باستمرار فى التربة ببطء.

يشكل اللجنين نحو ٤٠٪-٤٥٪ من الدبال، ويدخل البروتين فى تركيبه بنسبة ٣٠٪-٣٥٪، أما الباقى، فهو عبارة عن دهون وشموع ومواد أخرى. واللجنين بالدبال ذو أصل نباتى، أما البروتين، فإنه يرجع إلى نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة (Millar وآخرون ١٩٦٥).

الأسمدة الخضراء

الأسمدة الخضراء green manure هى تلك التى تزرع لغرض قلبها فى التربة بعد نموها، وليس لغرض أخذ محصول منها. ويوجد منها نوعان:

١- نوع يزرع كغطاء للتربة cover crop، حيث تزرع نباتاته لغرضين؛ هما المحافظة على التربة من التعرية، ولتحسينها بقلبها فيها. وهى تزرع غالبًا فى الأوقات التى لا تزرع فيها الخضروات.

- نوع يسمى أسمدة خضراء green manure crops، وتزرع نباتاته لأجل تحسين التربة فقط، وتقلب فيها وهى مازالت خضراء، وهى تزرع غالبًا فى الأوقات المناسبة لزراعة الخضر؛ وعليه .. فهى تشغل الأرض فى وقت يمكن فيه استغلالها فى زراعة الخضر.

هذا .. ويجب أن تؤخذ العوامل التالية — فى الحسبان — عند اختيار نوع محصول التسميد الأخضر:

١- مدى تأقلم المحصول على الظروف الجوية السائدة خلال موسم النمو المراد زراعته خلاله.

٢- مدى تأقلم النبات على تربة المزرعة.

٣- مواصفات النمو الجذرى، ومدى تغلغلة فى التربة.

٤- مدى سهول قلب النمو الخضرى فى التربة.

٥- كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول فى الوقت المتاح لنموه قبل زراعة الحقل بالخضروات. وتجدر الإشارة إلى أن كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول هى الأساس فى المفاضلة بين الأنواع النباتية المختلفة؛ فالهدف هو تحسين خواص التربة. ويجب تفضيل محصول غير بقول ينتج كمية كبيرة من المادة العضوية على محصول بقول ينتج كمية قليلة من المادة العضوية؛ لأن الآزوت يمكن توفيره من مصادر أخرى.

ومن المحاصيل التى تزرع — عادة — لغرض استخدامها كسماد أخضر: البرسيم، واللوبيا، والفول الرومى.

ومن أهم مزايا استخدام الأسمدة الخضراء ما يلى:

١- يؤدى قلب السماد الأخضر فى التربة إلى إعادة العناصر الغذائية — التى امتصتها النباتات — إلى التربة، ومعها كمية من المادة العضوية.

٢- تؤدى محاصيل التسميد الأخضر مهمتين بالنسبة للعناصر الغذائية فى التربة: الأولى امتصاص العناصر من أعماق مختلفة، ثم إضافتها إلى الطبقة السطحية بعد قلب المحصول فى التربة، والثانية امتصاص العناصر الغذائية والاحتفاظ بها، بدلاً من فقدها بالرشح لحين قلب المحصول فى التربة.

٣- تضيف المحاصيل البقولية كميات إضافية من الآزوت إلى التربة.

٤- تعتبر المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر أكثر فائدة من كمية مماثلة مضافة على سطح التربة فى صورة أسمدة عضوية؛ لأن جزءًا من المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر يكون فى صورة جذور نباتات تتخلل التربة لأعماق كبيرة، وتعطى

عند تحللها توزيعًا عميقًا للمادة العضوية فى التربة. كما تترك عند تحللها أنفاقًا تتخلل التربة لأعماق كبيرة؛ مما يساعد على تحسين مسامية التربة وتهويتها. وذلك أمر يستدعى الاهتمام بالمجموع الجذرى للأسمدة الخضراء.

٥- تساعد الأسمدة الخضراء على تثبيت التربة وحفظها من التعرية، وخاصة فى المناطق الغزيرة الأمطار، أو المعرضة للرياح القوية (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

هذا .. ويجب أن يكون الهدف من زراعة نباتات تحسين التربة هو الحصول على أكبر قدر ممكن من النمو فى الوقت المتاح؛ ولذلك يجب - عند زراعتها - ما يلى:

١- أن تكون الزراعة أكبر كثافة مما هى فى حالة الزراعة العادية. وتكون الزراعة على مسافات ضيقة، أو نثرًا حسب المحصول. وتبلغ كمية التقاوى للفدان نحو ٤٠ كجم من اللوبيا، و ٢٥ كجم من فول الصويا، و ٤٥ كجم من الفول الرومى، و ٣٥ كجم من البسلة، و ١٢ كجم من حشيشة السودان.

٢- العناية بتسميدها عضويًا، كما لو كانت تزرع لأجل الحصول على محصول منها؛ لأن فى ذلك استثمارًا كبيرًا للأسمدة المضافة .. فهذه الأسمدة ستعود إلى التربة مرة أخرى لتستفيد منها الخضر المزروعة، كما ستعمل على تشجيع نمو خضرى جيد فى نباتات التسميد الأخضر؛ مما يزيد من كمية المادة العضوية المضافة إلى التربة. وفى حالة عدم توفر الأسمدة يعتبر من الأجدى إضافة جزء من السماد المخصص لمحصول الخضر إلى نباتات التسميد الأخضر المزروعة قبل الخضر.

٣- عند استخدام البقوليات كأسمدة خضراء يجب تلقيح بذورها ببكتيريا العقد الجذرية الخاصة بها فى حالة زراعتها لأول مرة بالحقل.

ويتوقف موعد قلب النباتات المستعملة كسماد أخضر فى التربة على عاملين؛ هما:

١- موعد زراعة محصول الخضر التالى فى الدورة.

٢- الفترة التى يستغرقها تحلل نباتات السماد الأخضر.

وتتوقف الفترة التى تستغرقها نباتات السماد الأخضر حتى تتحلل على كل من

درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة فى التربة، وعلى مدى تقدم النباتات المستعملة كسماد أخضر فى النمو عند قلبها فى التربة، وكذلك على نسبة الكربون إلى النيتروجين بها.

هذا .. ويؤدى قلب السماد الأخضر فى التربة إلى حدوث نقص مؤقت فى الآزوت؛ نتيجة استهلاكه من قِبَل الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية. ورغم أن ذلك الآزوت يعود إلى التربة مرة أخرى، إلا أن هذا النقص المؤقت يؤثر على نمو نباتات الخضر المزروعة إذا زرعت قبل تحلل السماد الأخضر المضاف.

ولإسراع تحلل المادة العضوية، وتلافى النقص المؤقت فى الآزوت، تجب مراعاة ما يلى:

١- تسميد نباتات السماد الأخضر جيدًا بسماد آزوتى عضوى أثناء نموها؛ حيث يؤدى ذلك إلى زيادة النمو الخضرى؛ ومن ثم زيادة فائدته كسماد أخضر. ومن ناحية أخرى .. فإن ذلك يؤدى إلى زيادة محتوى النبات من النيتروجين. ويمكن اعتبار ذلك التسميد الآزوتى جزءًا من المقرر الآزوتى الذى يعطى للمحصول التالى؛ حيث سيعود إلى التربة بعد تحلل السماد الأخضر.

٢- قلب السماد الأخضر فى التربة وهو مازال فى حالة غضة، وقبل أن يبدأ فى الإزهار؛ حيث تبلغ نسبة المادة الجافة به فى ذلك الوقت نحو ٢٠٪. ويؤدى تأخير قلب السماد عن ذلك إلى زيادة نسبة المادة الجافة، ولكنه لا يتحلل بسرعة.

٣- إضافة كمية من السماد العضوى الغنى بالآزوت إلى التربة عند قلب السماد الأخضر بها بمعدل نحو ١٠ كجم آزوت/طن من المادة الجافة المقلوبة من الأسمدة الفقيرة فى نسبة النيتروجين. ولكن لا يلزم ذلك الإجراء عند التسميد الأخضر بالمحاصيل البقولية الغنية بالآزوت.

٤- يجب أن تمر فترة لا تقل عن شهرين بين قلب المحصول فى التربة، وزراعة المحصول الجديد، حتى يتم التحلل.

٥- ولإسراع التحلل يراعى إجراء ما يلى:

أ- تقطيع النباتات إلى أجزاء صغيرة، ثم حرثها فى التربة؛ بحيث لا تظهر فوق

سطح الأرض.

ب- رى الأرض بغزارة بعد قلبها فى التربة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

الأسمدة ذات الأصل الحيوانى

تعد السبلة الحيوانية أهم الأسمدة العضوية، وهى تتضمن الفائط والبول والفرشة فى الحالة الطازجة (دون كمن). وتشكل السبلة الحيوانية القديمة مصدرًا متوازنًا للنيتروجين وغيره من العناصر الكبرى والصغرى. ولا يمكن استعمال السبلة فى الإنتاج العضوى إلاّ إذا استعملت فى أراضٍ غير مخصصة لإنتاج محاصيل غذائية، أو إذا أضيفت للتربة قبل الزراعة بما لا يقل عن ١٢٠ يومًا قبل الموعد المتوقع لحصاد الجزء المأكول من المحاصيل الغذائية، وذلك إذا ما كان ذلك الجزء المأكول من المحصول ملامسًا للتربة، أو إذا أضيفت السبلة قبل الموعد المتوقع للحصاد بما لا يقل عن ٩٠ يومًا إن لم يكن الجزء المأكول ملامسًا للتربة. وعلى الرغم من مناسبة السبلة كمصدر جيد ومتجانس للعناصر المغذية للنبات، فإن السماح باستخدامها ليس أمرًا مؤكدًا فى كل الحالات، وغالبًا ما يُطلب تحويله إلى كمبوست أولاً (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وإذا ما استخدمت السبلة الحيوانية فى صورة كمبوست بعد خلطها فى مكمورة مع مخلفات نباتية، فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين الابتدائية يجب أن تتراوح — قبل الكمر بين ١:٢٥، و ١:٤٠، وتجب المحافظة على حرارة تتراوح بين ٥٥، و ٧٧°م لمدة ثلاثة أيام فى المكامير المهواة الثابتة فى مكانها static aerated pile system، أو لمدة ١٥ يومًا فى المكامير التى تقلب خمس مرات على الأقل (Ferguson ٢٠٠٦).

هذا .. وتحضر أسمدة من مختلف الأنسجة الحيوانية التى لا يستفيد منها الإنسان فى غذائه؛ كالعظام، والدم، والأسماك واللحوم التى لا تصلح للاستهلاك الآدمى. وتقوم شركات خاصة بتحضير هذه النوعية من الأسمدة العضوية.

ويمكن حقن شبكات الرى بالتنقيط ببعض هذه الأسمدة العضوية المجهزة بطرق

خاصة، ولا سيما الأسمدة التى تتكون – أساسًا – من بروتينات نباتية أو حيوانية، وتجهز بطريقة تعرف باسم "التجفيف بالرش" Spray-drying.

يتم أولاً تحليل الأنسجة النباتية أو الحيوانية إنزيميًا، ثم تركز فى صورة سائل كثيف – وهى دافئة قليلاً – تحت تفريغ، ويلى ذلك رشها من رشاش يدور بمعدل ١١٠٠٠ دورة فى الدقيقة، مع تعرض الرذاذ لهواء تبلغ سرعته ٢٢٤ كيلو مترًا فى الساعة.

يكون ناتج هذه العملية دقيقًا للغاية ومتجانسًا فى الحجم، ويتراوح محتواه الآزوتى – عادة – من ١٢٪ إلى ١٤٪. وقد تم بهذه الطيقة تحضير أسمدة عضوية من بروتينات السمك، والدم، والدواجن، والخميرة.

ويستدل من دراسات Schwankl & McGourty (١٩٩٢) على إمكانية حقن هذه البروتينات فى شبكة الرى بالتنقيط دون توقع حدوث انسداد بالنقاطات. هذا إلا أن البروتينات لا تكون ذائبة فى ماء الرى، وإنما تبقى معلقة وتميل إلى الترسيب، وخاصة بالنسبة لبروتين الدم. أما بروتين السمك فيبقى معلقًا فى مياه الرى لفترة أطول، وبذا .. يكون توزيعه فى شبكة الرى أكثر تجانسًا.

ومن الأسمدة العضوية التجارية المحضرة من الأنسجة الحيوانية ما يلى:

١- من الأسمدة المحضرة من الأسماك سماد Alaska Fish Emulsion 5-1-1، وهو مستحلب يحتوى على ٥٪ نيتروجينًا عضويًا، بالإضافة إلى ١٪ من كل من الفوسفور والبوتاسيوم، ويستعمل مع مياه الرى – سواء أكان الرى بالرش، أم بالتنقيط – بمعدل لتر من السماد لكل ٢٥٠ لترًا من مياه الرى.

٢- من الأسمدة المحضرة من العظام سماد Bone Meal 1-11-0؛ وهو سماد غنى بالفوسفور العضوى، ويضاف إلى التربة نثرًا إلى جانب النباتات.

٣- من الأسمدة المحضرة من الدم سماد الدم المجفف Dried Blood 10-0-0، وهو يحتوى على ١٠٪ نيتروجينًا عضويًا سريع التيسر للنبات.

هذا .. إلا أن بعضًا من تلك المنتجات يحتوى على جزيئات صغيرة تكون معلقة فى الماء ولا تذوب فيه؛ الأمر الذى قد يعنى ترسبها من السماد؛ وبالتالى ضعف محتوى السماد من العناصر المغذية. ويمكن – غالبًا – عمل مستخلصات لتلك المواد الصلبة تُرش بها النباتات أو تضاف مباشرة إلى التربة.

ويتوقف مقدار ما يضاف من مختلف المواد العضوية وغير العضوية – لاستكمال حاجة النبات من العناصر المغذية – على الخبرة السابقة للمنتج، وقوة النمو النباتى، والمعلومات المتوفرة عن صفات التربة، مثل محتواها من المادة العضوية، والسعة التبادلية الكاتيونية، وقدرة التربة على توفير عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم، واحتياجات المحصول وتاريخ الحقل، ومدى قدرة المواد المراد إضافتها على توفير العناصر الضرورية وسرعة تيسرها. هذا علمًا بأن زيادة التسميد بالنيتروجين أو بالفوسفور يمكن أن تؤدى إلى تلوث المياه السطحية والجوفية، وهو ما قد يحدث فى حالات الإضافات الكبيرة جدًا من الأسمدة العضوية. ويفيد تحليل التربة بصورة منتظمة فى الحكم على مدى خصوبة التربة وما يحدث فيها من تغيرات سنة بعد أخرى (عن Brust وآخرين ٢٠٠٣).

هذا .. ولا يسمح فى السوق الأوروبية باستخدام مخلفات المجارى المعالجة فى تسميد الزراعات المحمية لما قد تحمله من مخاطر التلوث بمسببات أمراض الإنسان وببعض العناصر السامة. ونظرًا لأن تلك المخلفات هى أصلاً لمواد عضوية – نباتية وحيوانية – خرجت من المزارع ولا يسمح بعودتها إليها، إلى جانب ما يحدث من فقد للعناصر بالمزارع جراء الرشح مع ماء الصرف، والزنترة denitrification، وتبخر الأمونيا، فإنه يُسمح فى الزراعة العضوية باستعمال مغذيات محدودة فى علائق الحيوانات والأسمدة النباتية لتكون بديلاً لما يُفقد من الدورة التى يفترض أن تكون مغلقة. هذا إلاّ إنه لا يسمح إلا باستعمال المواد التى تتيسر منها العناصر بعمليات وسطية مثل التجوية الكيميائية أو من خلال نشاط بعض الكائنات الدقيقة (Stockdale وآخرون ٢٠٠١).

التسميد بالكمبوست

يمكن أن يشكل الكمبوست – وخاصة إذا دخل فى تكوينه سبلة الحيوانات – مصدرًا اقتصاديًّا ومناسبًا لكل من العناصر الكبرى والدقيقة، ويكون التحدى عند استعمال الكمبوست هو معرفة تركيبه وكيفية استعماله بكفاءة. فإذا ما كانت المواد التى ادخلت فى إنتاج الكمبوست فقيرة فى العناصر المغذية، فإن الكمبوست يكون كذلك. وإذا لم يكن الكمبوست فى مرحلة متقدمة من التحلل، فإنه يؤدى إلى فقر مؤقت فى نيتروجين التربة الذى تحتاج إليه الكائنات الدقيقة التى تقوم باستكمال تحليل الكمبوست الذى يُضاف إليها. وتعد نسبة الكربون إلى النيتروجين فى الكمبوست أحد دلائل توفيره للنيتروجين للنبات، فمع زيادة النسبة عن ٢٠ : ١ تزداد فرصة تثبيت نيتروجين التربة فى كائنات التربة الدقيقة التى تقوم بتحليل الكمبوست، بينما يوفر الكمبوست الذى تنخفض فيه النسبة عن ٢٠ : ١ النيتروجين للمحصول المزروع.

ومن بين عوامل الجودة الأخرى للكمبوست عمره، وحجم جزيئاته، ورقمه الأيدروجينى، وملوحته، ونقاوته، أى نسبة ما يحتويه من مادة عضوية، حيث يفضل الكمبوست الذى يقل محتواه من التربة والرمل والمواد الأخرى غير العضوية التى تكون مخلوطة به. ونظرًا لأن تحليل الكمبوست يكون على أساس الوزن الجاف، فإن محتواه الرطوبى يضيف إلى وزنه، ويقلل من محتواه من العناصر وكثيرًا ما يصل محتوى الكمبوست من الرطوبة إلى ٢٥٪–٣٠٪ (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦، و Gaskell & Smith ٢٠٠٧).

يكون الكمبوست الحديث young compost – عادة – غنيًّا فى محتواه من عديدات التسكر، وهى التى تعزز تجميع حبيبات التربة المتفرقة، وتؤدى إلى زيادة ثبات التجمعات الأكبر حجمًا. هذا إلا أن إضافة هذا الكمبوست الحديث – غير المكتمل التحلل – يتطلب تركه فى التربة لفترة طويلة قبل وصوله إلى مرحلة الثبات (Raviv ٢٠٠٥).

هذا .. وتكون معدلات المعدنة من الكمبوست المضاف للتربة منخفضة نسبيًّا، كما يُعد

الكمبوست – عادة – مصدرًا ضعيفًا للنيتروجين على المدى القصير. ولقد أظهرت الدراسات أن نسبة النيتروجين التى تتمعدن من الكمبوست خلال السنة الأولى بعد إضافته لا تزيد عن ١٥٪. وربما يفسر ذلك المشاكل الخاصة بالتسميد النيتروجينى التى تنشأ خلال فترة التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة العضوية. ومع الاستمرار فى إضافة الكمبوست سنويًا .. تزداد الكمية الكلية من النيتروجين العضوى بالتربة، ومن ثم تزداد كميات العنصر التى يمكن أن تتوفر من المعدنة (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وإلى جانب استخدام الكمبوست فى تسميد التربة، فإنه يستخدم – كذلك – كأحد المكونات الرئيسية لبيئات الزراعة، وهو استخدام انتشر حديثًا على نطاق واسع، وخاصة فى زراعة المحاصيل غير المأكولة كنباتات الزينة ومشاتل الأشجار. ويعد هذا الاستخدام للكمبوست بديلاً جيدًا للبيت موس؛ فهو يؤدى معظم ما يتحقق باستعمال البيت، فضلاً عن كونه أقل تكلفة. كما أن الكمبوست "الناضج" المكتمل التحلل mature compost يعد مثبطًا للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة. وتجدر الإشارة إلى أن الكمبوست "الناضج" هو بالضرورة كمبوست "ثابت" stable (عن Raviv ٢٠٠٥).

إضافات البيت

تتوفر تجاريًا أنواع من البيت peat، يتم تحضيرها بالمعاملة الحرارية لمخلفات نباتية مثل الأوراق وقلف أشجار بعض الأنواع النباتية، ويتم تعقيمها بالبخار تحت ضغط على حرارة عالية تصل إلى ١٣٤°م، وتستخدم كإضافات للتربة.

ويكون تحليل هذه النوعية من البيت، كما يلى:

الخاصية	التحليل
وزن المتر المكعب	١٠٠ كجم
الرطوبة	١٣,٢٪

الخاصية	التحليل
الـ pH (١٠:١)	٩,٣
الـ EC (١٠:١)	٠,٩٥ ديسى سيمنز/م
النيتروجين الكلى	٠,٥٣٪
النيتروجين الأمونيومى	١١٣ جزء فى المليون
النيتروجين النتراتى	لا يوجد
المادة العضوية	٩٥٪
الكربون العضوى	٥٥٪
الرماد	٥٪
نسبة الكربون إلى النيتروجين	١:١٠٤
الفوسفور الكلى	٠,٠٥٪
البوتاسيوم الكلى	٠,٤٥٪
نسبة التشبع بالماء	١٠٠٠٪

أما تحليل البيتموس فإنه يكون – مثاليًا – فى الحدود التالية:

الخاصية	التحليل
الـ pH	٦,٠–٥,٥
الـ EC	١,٣٩
الحديد	٢,٢ جزء فى المليون
المغنيسيوم	١,٣ جزء فى المليون
الكالسيوم	١,٣ جزء فى المليون
المنجنيز	٣,٣ جزء فى المليون
الزنك	٠,٧ جزء فى المليون
الكبريت	٢,٣ جزء فى المليون

الأسمدة الحيوية

من بين الأسمدة الحيوية المتوفرة محليًا، 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 آزوت الهواء الجوى وتنشيط النمو

وقد حُصل فى إحدى الدراسات على ٣٣ عزلة بكتيرية كانت قادرة على إذابة الفوسفور من مصادرة العضوية وغير العضوية، وانتخب منها ١٦ سلالة كانت قادرة على استعمار جذور الطماطم. وتبين أن جميعها أحدثت — فى الزراعات المحمية — زيادة فى كل من: النموات الهوائية والجذرية، والوزنين الرطب والجاف، ومحتوى نباتات الطماطم — التى لُقحت بها — من عنصر الفوسفور، مقارنة بنباتات الكنترول. ولقد أظهر تحليل التربة فى محيط جذور النباتات التى لُقحت بذورها — قبل الزراعة — بالبكتيريا — زيادة فى محتواها من عنصر الفوسفور، وتساوت جميع العزلات المختبرة فى تلك التأثيرات (Hariprasad & Niranjana ٢٠٠٩).

توفير حاجة النباتات من مختلف العناصر المغذية

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 طرديًا 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 أو 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 (denitrification) — كما يحدث فى الأراضى الغدقة — يمكن أن يكون كبيرًا إذا وصل للتربة كمياه 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 ثلاثة 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، و ٩٠ 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 المصرح 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 خضروات المواسم الدافئة وخضروات المواسم الباردة.

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

يعد الكمبوست وبعض الأسمدة العضوية مصادر جيدة للفوسفور. ومن المهم رصد مستوى الفوسفور فى التربة سنويًا، 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 تجاريًا 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 جدًا منه.

البوتاسيوم

لا يُعد التيسر البطئ للبوتاسيوم من معادن التربة كافٍ لمدِّ النباتات بحاجتها 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 (Mikkelsen 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 التسميد الإضافى 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 التي 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 — تدريجيًا — مع استمرار التسميد العضوى.

العناصر الدقيقة

تحتوى الأسمدة العضوية على مختلف العناصر الدقيقة. كذلك يمكن 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.