# كُتيّب فني
# الأسمدة الخضراء


الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان **كرامةُ الإنسان**

**رؤيتنا**

طاقاتٌ وابتكار، ومنطقتُنا استقرارٌ وعدلٌ وازدهار

**رسالتنا**

بشغَف وعزْم وعَمَل: نبتكِر، ننتج المعرفة، نقدِّمُ المشورة،
نبني التوافق، نواكب المنطقة العربية على مسار خطة عام 2030.
يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلِّ إنسان.

E/ESCWA/CL1.CCS/2021/BOOKLET.3

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

# كُتيِّب فني
# الأسمدة الخضراء

الأمم المتحدة
بيروت

©2021 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المطبوعة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجّه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org.

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو موظفيها أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.

جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

المقصود بالدولار دولار الولايات المتحدة الأمريكية ما لم يُذكر غير ذلك.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،

صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org.

# فريق الإعداد

الفريق الذي أعدّ الكتيب الفني مؤلف من كل من:

ريم النجداوي

لارا جدع

ساره دانيال

الفريق الذي قام بتنقيح الكتيب وقدم مساهمات أخرى:

فريق الإسكوا: كريم حسن وزهر بو غانم

خبير مستقل: صهيب عبابنة

فريق تصميم الأشكال: سما عبد الشاكور وفاطمة عبد العزيز

الترجمة والتصميم العام: فريق قسم إدارة المؤتمرات لدى الإسكوا

# مقدمة

يواجه قطاع الزراعة والاغذية في المنطقة العربية تحديات بارزة تتعلق بندرة الموارد الطبيعية، والوصول إلى المدخلات الزراعية، والوصول إلى الأسواق، والتغيرات المناخية المتزايدة. تعتبر التكنولوجيات الزراعية الخضراء من الحلول التي تساهم في التخفيف من هذه التحديات وتعزيز قدرات المزارعين على الصمود ولكن لا يزال اعتماد التكنولوجيات الخضراء غير منتشر على صعيد المنطقة العربية بسبب محدودية المعلومات والوصول إلى آليات التمويل الملائمة.

لهذا الغرض، طوّرت الإسكوا الكتيب الفني هذا حول الأسمدة الخضراء والتي تمثّل بديلاً أخضر للأسمدة الكيميائية يسمح بإعادة تدوير المخلفات العضوية وتحسين خصائص التربة مع تقليل تلوث التربة والمياه الجوفية وتكاليف الإنتاج على المُزارع.

يندرج إصدار هذا الكتيب تحت إطار مشروع حساب التنمية التابع للإسكوا بعنوان "تعزيز مرونة واستدامة القطاع الزراعي في المنطقة العربية" والذي يهدف إلى تعزيز القدرات الوطنية على معالجة مرونة القطاع الزراعي واستدامته في المنطقة مع استهداف ثلاثة بلدان عربية وهي الأردن ولبنان وفلسطين.

وبالإضافة إلى الكتيب الفني هذا، أعدت الإسكوا مواد تدريبية حول موضوع الأسمدة الخضراء، تم تقديمها خلال ورش عمل تدريبية وطنية تم تنفيذها على المستوى الوطني في البلدان الثلاثة المستهدفة.

# المحتويات


ص. 3 فريق الإعداد

ص. 4 مقدمة

ص. 6 ملخص تنفيذي

ص. 7 وصف التكنولوجيا

ص. 7 ألف. التسميد العضوي (Composting)

ص. 11 باء. تسميد الديدان (Vermicomposting)

ص. 13 جيم. السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية

ص. 15 دال. الفحم الحيوي (Biochar)

ص. 17 اعتبارات التصميم

ص. 17 ألف. التسميد العضوي

ص. 18 باء. تسميد الديدان

ص. 18 جيم. السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية

ص. 18 دال. الفحم الحيوي

ص. 20 مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها

ص. 22 المراجع

# ملخص تنفيذي

تتكون الأسمدة الخضراء العضوية من مواد نباتية و/أو حيوانية، وتختلف بذلك عن الأسمدة غير العضوية التي تحتوي على مكونات اصطناعية. أما الفرق الرئيسي الآخر بينها وبين الأسمدة غير العضوية فهو أنّها تتخذ نهجاً أكثر شمولية وتستهدف المحصول والتربة معاً خلافاً للأسمدة غير العضوية التي تستهدف المحصول بشكل أساسي بهدف زيادة غلّته موسمياً وتعمل الأسمدة الخضراء العضوية على تحقيق توازن أفضل في مستويات مغذيات التربة، وبالتالي تأخذ في الاعتبار سلامة التربة وانتاجية المحاصيل في المستقبل.

تشمل الأسمدة الخضراء العضوية أنواعاً عدة منها، على سبيل المثال لا الحصر، السماد العضوي (الكمبوست)، وسماد الديدان، والسماد الأخضر المعتمد على إعداد التربة بمحاصيل التغطية، والفحم الحيوي. ولكل نوع من هذه الأسمدة مزاياه الخاصة التي قد تكون أكثر ملاءمة لمحاصيل وأنواع تربة معينة وتحديات مناخية معينة. أما الميزة الهامة الأخرى للأسمدة العضوية فهي عنصر الدائرة الكاملة من خلال إعادة تدوير النفايات الغذائية والزراعية واستخدامها في إنتاج هذه الأسمدة. ويقلل بذلك عنصر الدائرة الكاملة للأسمدة العضوية من التكلفة والأثر البيئي ويحسّن من سلامة التربة المحاصيل.

# وصف التكنولوجيا

يقدم هذا القسم معلومات حول تصميم وطرق إنتاج الأسمدة الخضراء المختلفة المبيّنة في الكتيب الفني هذا.

## ألف. التسميد العضوي (Composting)

"إن التسميد هو، بحكم تعريفه، العملية الطبيعية لتحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة في ظروف خاضعة للمراقبة" (Misra and others, 2003). إنها وسيلة بسيطة نوعاً ما لإنتاج الأسمدة الخضراء من المواد العضوية الأولية. ولا ينبغي إضافة مواد خاملة أو سامة أو ضارة إلى المادة المنتجة للسماد. ويتضمن الجدول 1 المواد الرئيسية التي يمكن أن تدخل في عملية التسميد مقارنة بغيرها من المواد التي لا ينبغي إضافتها إلى مواد التسميد.

يمكن أن يتم التسميد تحت ظروف لاهوائية (في غياب تام للأكسجين أو في ظل وجوده بكميات محدودة) أو ظروف هوائية (في ظل وجود الأكسجين). ويمكن أن تنتج الروائح الكريهة عن التسميد اللاهوائي بسبب تراكم الميثان والأحماض العضوية وغيرها من المواد التي لا تتحلل أكثر في غياب الأكسجين. بالإضافة إلى ذلك، فإن وقت المعالجة في التسميد اللاهوائي أطول مما هو عليه في التسميد الهوائي، ونظراً إلى أنه يتم على درجة حرارة منخفضة، فإنه لا يقتل مسببات الأمراض وبذور الأعشاب الضارة في المنتج النهائي.

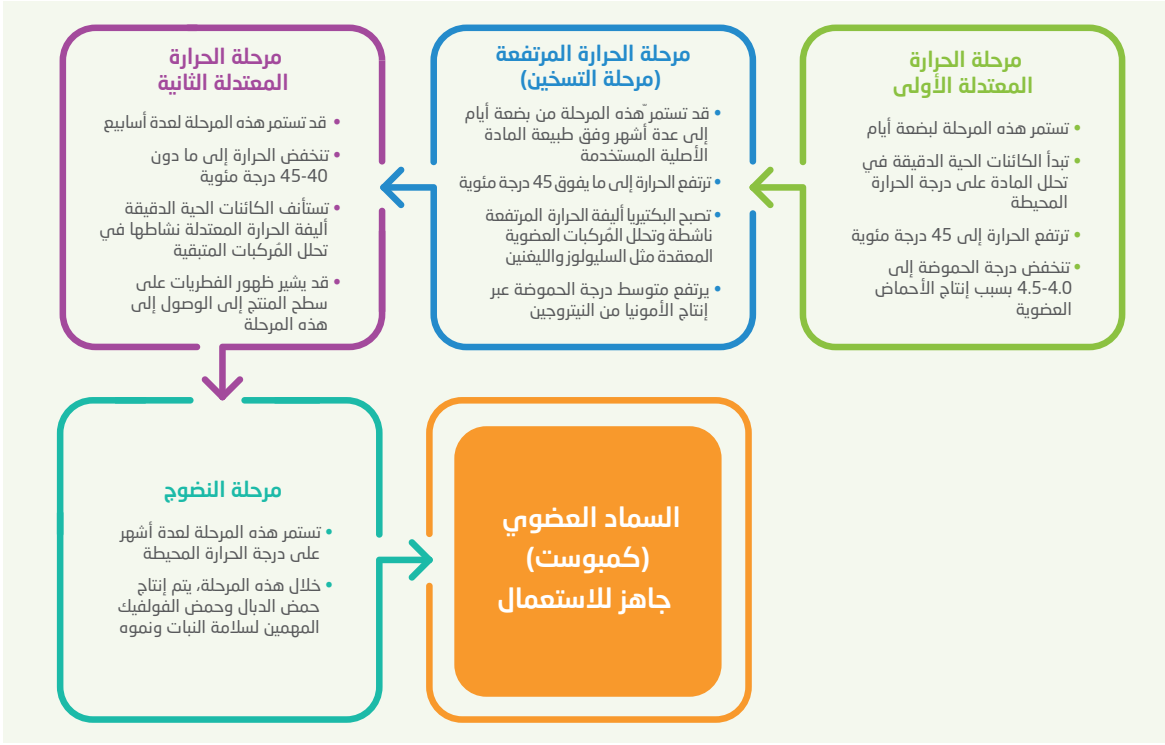
أثناء التسميد الهوائي في ظل وجود الأكسجين، تتحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة الهوائية التي تنتج في المقابل ثاني أكسيد الكربون والحرارة والمياه والأمونيا والدبال (المنتج النهائي العضوي). مع التسميد الهوائي، لا توجد مشكلة الروائح القوية ومسببات الأمراض، ويكون وقت المعالجة أقصر حيث أن الحرارة المتولدة أثناء العملية تسرع تحلل المواد العضوية المعقدة (البروتينات والسليلوز...). قد تفقد المزيد من المغذيات أثناء التسميد الهوائي مقارنةً بالتسميد اللاهوائي، لكنه يعتبر الطريقة الأكثر كفاءة لإنتاج السماد العضوي. وتظهر مراحل التسميد المختلفة في الظروف الهوائية في الشكل 1.

**الجدول 1.** المواد التي تدخل في عملية التسميد العضوي والمواد التي يجب تفاديها

| المواد التي يمكن أن تدخل في عملية التسميد العضوي | المواد التي لا يمكن أن تدخل في عملية التسميد العضوي |
|---|---|
| ✓ بقايا الحصاد والحدائق. | ✗ المخلفات الكيميائية الاصطناعية (الطلاء والبنزين والمواد اللاصقة...). |
| ✓ الزبل. | ✗ المواد غير القابلة للتحلل (الزجاج والمعادن والبلاستيك...). |
| ✓ النفايات العضوية من المطبخ (فضلات الفواكه والخضار وتلك التالفة وبقايا المكسرات وقشر البيض...). | ✗ المنظفات والمنتجات المكلورة والمضادات الحيوية ومخلفات الأدوية. |
| ✓ قشر الخشب، نشارة الخشب... | ✗ جثث الحيوانات. |
| ✓ المناديل والمحارم الورقية والورق والكرتون (غير المطبوعة أو الملونة أو المختلطة مع البلاستيك). | ✗ بقايا الطعام المطبوخ مثل اللحوم. |
| ✓ الشعر المقصوص غير الملون، جز الحيوانات. | ✗ التبغ الذي يحتوي على النيكوتين وهي مادة سامة. |

**المصدر:** Román and others, 2015.

**الشكل 1.** مراحل التسميد في الظروف الهوائية




**المصدر:** Román and others, 2015.

## 1. طرق التسميد العضوي

يمكن إنتاج السماد العضوي أو الكمبوست على نطاق واسع لتسويقه وعلى نطاق صغير لاستخدامه في الأرض من قِبل المزارعين الذين ينتجونه. وفي الكتيب الفني هذا، ستُناقش مسألة التسميد على نطاق صغير لتزويد صغار المزارعين بتقنيات تسميد قابلة للتطبيق يمكن أن يعتمدوها بسهولة. ويمكن القيام بالتسميد العضوي في حُفرٍ تحت الأرض، أو أكوام على سطح الأرض أو في نُظُمٍ مغلقة (Misra and others, 2003 and Román and others, 2015). بغض النظر عن طريقة التسميد المعتمدة، يجب تنظيف الموقع المختار للحفرة أو الكومة بشكل جيد من الحجارة والأعشاب الضارة، ويجب أن يكون من السهل الوصول إليه لتوفير المواد والتحقق المنتظم من السماد العضوي، ويجب أن يتمتّع بتصريف جيد للمياه، وأن يكون بعيداً عن الفيضانات وبمنأى عن أشعة الشمس القوية والأمطار الغزيرة، ويفضل أن يكون تحت شجرة. لمنع المطر من دخول الكومة والحفرة والحفاظ على الحرارة والرطوبة داخلها، عادة ما يتم تشكيل غطاء للسماد من التربة الرطبة (الطين)، ويتم خلطها بالتبن والقش لتغطية جانبي الكومة وأعلى الكومة والحفرة. كما يمكن استخدام الزبل الحيواني والأغطية البلاستيكية وأوراق الأشجار لتعزيز الغطاء. ويمكن أيضاً بناء جدار حجري صغير أو سياج حول الكومة والحفرة لحمايتها وتجنب سقوط الحيوانات والناس عن طريق الخطأ في الحفرة (Edwards and Araya, 2011).

تعتبر طريقتا بنغالور وإندور للتسميد من الأساليب التقليدية الشهيرة وقد سميتا على اسم مدينتين في الهند حيث تم تطويرهما واستخدامهما للمرة الأولى. وتعتمد الطريقة الأولى بشكل رئيسي على التحلل اللاهوائي في حين تعتمد الطريقة الثانية على العمليات الهوائية. وفي كلتا الطريقتين، لا بد من طبقة أساس تتكون من المواد الجافة مثل القش وسيقان النبات لضمان الحد الأدنى من التهوئة وتصريف المياه الفائضة من الطبقات العليا في حالة طريقة إندور.

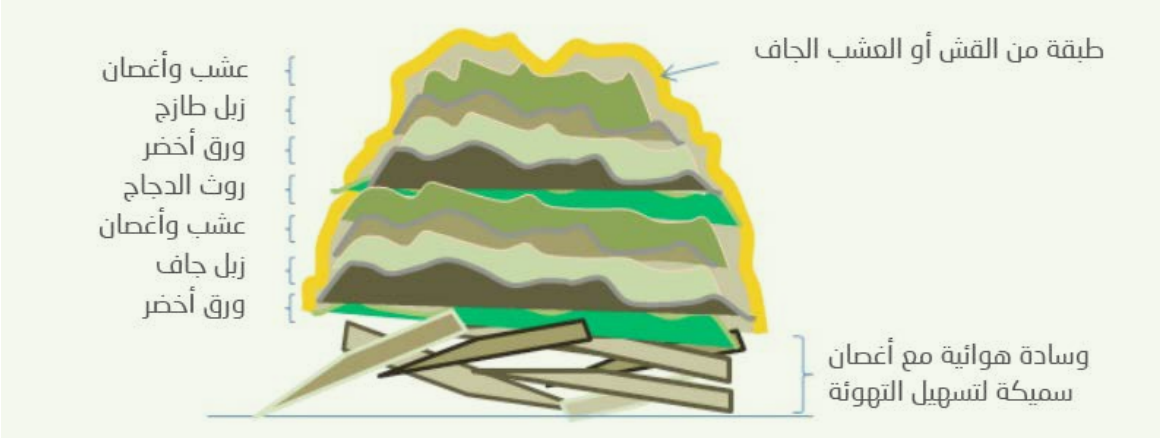
تتألف **طريقة بنغالور** من طبقات متناوبة من المخلفات العضوية الزراعية من المواد النباتية (الجافة أو الطازجة أو المختلطة) وطبقات التربة والزبل الحيواني في حفرة عمقها متر واحد أو في كومة بارتفاع نهائي يبلغ المتر والنصف (يتراوح عرض وطول الحفرة أو الكومة بين متر أو مترين)؛ علماً أنّ إضافة الزبل الحيواني تبقى اختيارية (الشكلان 2 و3). وبعد مرحلة أولية من التحلل الهوائي لمدة 10 أيام تقريباً، تُغطّى المادة بطبقة من التربة يتراوح سمكها بين 15 و20 سم وتُترَك للتحلل اللاهوائي، دون أي خلط أو إضافة المياه، لمدة تتراوح بين ستة وثمانية أشهر حتى الوصول إلى منتج السماد العضوي النهائي (Misra and others, 2003).

**الشكل 2.** نسق كومة سماد عضوي وفق طريقة بنغالور

**المصدر:** مقتبس من Edwards and Araya, 2011.

**طريقة إندور**[1]: في هذه الطريقة، يتم وضع المواد العضوية في ثلاث طبقات متناوبة: طبقة أولى من المواد الجافة (20-25 سم) ذات محتوى عال من الكربون (مثلاً القش والتبن ونشارة الخشب ورقائق الخشب وسيقان النبات المقطوعة، والأوراق الجافة) يتم رشها بالمياه لجعلها رطبة ولكن ليس مبللة، وطبقة ثانية من المواد الخضراء (20-25 سم) ذات محتوى عال من النيتروجين (مثلاً العشب الطازج، والأعشاب الضارة وسيقان النبات والأوراق المتبقية من حصاد الخضار والفواكه والخضار التالفة) من دون إضافة المياه، وطبقة اختيارية ثالثة (5-10 سم) من التربة المختلطة مع الزبل (الشكل 4). تضاف الطبقات على شكل قبة حتى ارتفاع متر أو متر ونصف مع جانبين مدببين وطبقات أسمك في الوسط منه في الجانبين. وتشمل هذه الطريقة رش منتظم للمياه على المواد والتقليب المتكرر على مرحلتين وذلك بعد 6 أسابيع و12 أسبوعاً من بداية العملية في حالة أكوام السماد. أما بالنسبة للحفر، فلا بد عادة من تقليب المواد ثلاث مرات على التوالي وذلك بعد 15 يوماً و30 يوماً وشهرين من بداية العملية (الشكلان 5 و6). عند كل تقليب، يتم رش المياه على الخليط للحفاظ على رطوبة المواد ولكن بشكل ألا تصبح مشبعة بالمياه. تستغرق عملية التسميد بأكملها حوالي أربعة أشهر حتى الحصول على السماد النهائي.

**الشكل 3.** كومة تسميد لا تحتاج إلى تقليب




**المصدر:** Román and others, 2015.

1 Misra, R. V. et al., 2003 and Edwards, S. and Araya, H. (2011).

**الشكل 4.** طبقات متناوبة من المواد العضوية في طريقة إندور

**الشكل 5.** عملية تقليب كومة سماد

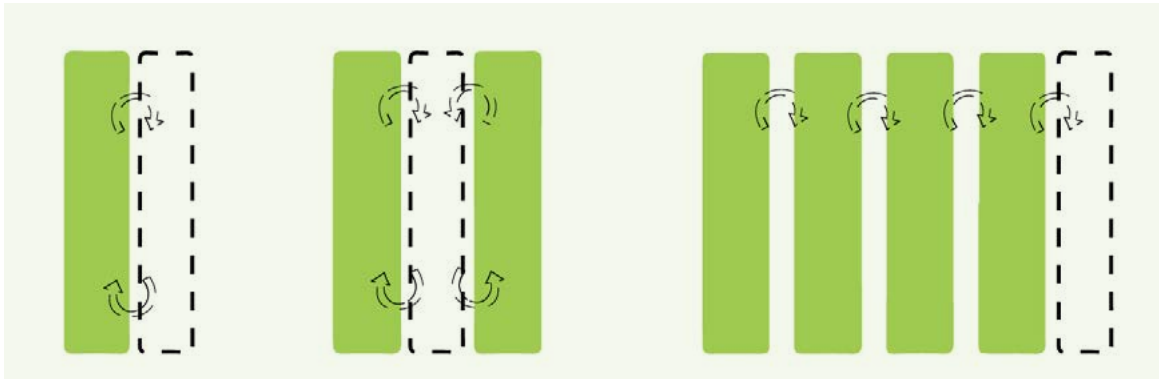
**المصدر:** FAO, 2001.

عادة ما يكون السماد ناضجاً عندما يصبح حجمه نصف حجمه الأصلي وعندما يصبح مادة بنية داكنة أو سوداء تفوح منها رائحة طيبة.

## 2. التسميد في النُظُم المغلقة

يمكن أيضاً أن يتم التسميد في حاويات مغلقة وخاصة على مستوى المنازل. وقد تكون هذه الحاويات مصنوعة من المعدن أو الخشب أو الطوب أو البراميل البلاستيكية من بين أنواع أخرى (الشكل 7). ويسمح التسميد في حاويات مغلقة بحماية السماد من العوامل الخارجية (كالمطر، والرياح، والنواقل، والحيوانات)، ويسهل التقليب وإزالة الراشح، كما يمكن أن يكون أسرع من التسميد في الأكوام (6 إلى 10 أسابيع وفق المناخ والمواد الأصلية (Román and others, 2015)، غير أنه

**الشكل 6.** طرق تقليب الكومة وفق عدد الأكوام



**المصدر:** Román and others, 2015.

**الشكل 7.** أنواع الحاويات

**المصدر:** Román and others, 2015.

**الجدول 2.** متوسط محتوى المغذيات في السماد العضوي

| المغذيات | المحتوى في السماد العضوي (كمبوست) |
|---|---|
| نيتروجين | 0.3 في المائة-5.1 في المائة (3 إلى 15 غ لكل كغ من السماد العضوي) |
| فوسفور | 1.0 في المائة-0.1 في المائة (1 إلى 10 غ لكل كغ من السماد العضوي) |
| بوتاسيوم | 0.3 في المائة-0.1 في المائة (3 إلى 10 غ لكل كغ من السماد العضوي) |

**المصدر:** Jacob, 1961 and Martínez, 2013 from Román and others, 2015.

يتطلب مراقبة دقيقة لدرجة الحرارة التي تميل إلى الزيادة المفرطة والرطوبة لضمان تجانس المنتج خاصة في حالة وضع الحاوية على قاعدتها بشكل عمودي.

## 3. السمات الكيميائية للسماد العضوي

تشمل العناصر الرئيسية للأسمدة العضوية عادة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. لكن، يمكن أن تختلف كمية هذه العناصر بشكل كبير اعتماداً على نوع الأسمدة العضوية، وكميتها وعمرها، ومعدل التحلل، وطريقة التطبيق، ووقت التعرض لمختلف الحالات المناخية، ومحتوى المياه، ونسبة الكربون للنيتروجين، ونوع الميكروبات الموجودة ونوع التربة[2]. ويتضمن الجدول 2 محتوى كل من المغذيات الأولية الموجودة في السماد العضوي.

## باء. تسميد الديدان (Vermicomposting)

إن تسميد الديدان هو استخدام ديدان الأرض في تسميد المواد العضوية. ويساعد على إنتاج سماد عضوي بنوعية أعلى، وهو مزيج من زبل الديدان ودبال الديدان، ويحتوي على نسبة عالية من المغذيات ونسبة أقل من الملوثات ومسببات الأمراض. من خلال إفرازاتها، تثري دودة الأرض السماد بالنترات والفوسفور والكالسيوم والمغذيات الأخرى وتعزز نمو بكتيريا الشعيات *(actinomycete)* التي تزيد من جودة التربة وسلامتها وبالتالي تعزز نمو المحاصيل.

يمكن استخدام عدة أنواع من الديدان ولكن النوع الأكثر شيوعاً هو الدودة الحمراء *(Eisenia foetida and Lumbricus rubellus)*. أما المواد العضوية التي يمكن استخدامها في تسميد الديدان فهي المخلفات الزراعية

2 Oregon State University Extension service (2003).

والقش من المحاصيل والأوراق الجافة من المحاصيل والأشجار وفضلات وبقايا الخضار والفواكه وبقايا منتجات الألبان والدواجن والزبل الحيواني والنفايات البلدية الصلبة العضوية...

## 1. منهجية إنتاج سماد الديدان

يمكن إنتاج سماد الديدان تحت الأرض في حفر (بعمق 1 متر وعرض 5.1 متر وبطول متفاوت) أو فوق الأرض في أكوام أو حاويات. غير أن التجارب أظهرت أن عدد ديدان الأرض وإنتاج الكتلة الحيوية وبالتالي إنتاج سماد الديدان أعلى في طريقة الأكوام مقارنة بطريقة الحفر (Nagavallemma and others, 2004).

في تسميد الديدان، يمكن تربية الديدان أولاً وجعلها تتكاثر في صناديق ضحلة تحتوي على ثقوب تصريف ثم نقلها إلى حاوية أو كومة أو أحواض السماد العضوي (الشكل 8). يتم إعداد فرش للديدان من صحف ممزقة أو مقطّعة ومخلفات عضوية (القش ونشارة الخشب...) ممزوجة مع المياه لخلق بيئة حاضنة للديدان (Misra and others, 2003). عادة ما يتم استخدام خليط من التربة مع المواد العضوية الطازجة (النفايات النباتية والزبل والأعشاب الضارة الخضراء، وما إلى ذلك) بنسبة 1:3 (Román and others, 2015). وينبغي إزالة الرطوبة الزائدة من فرش الديدان من أجل إعطائه اتساق الاسفنجة المعصورة.

تحفر ديدان الأرض عادة في المواد حتى 40 سم مما يتطلب حوضاً بعمق 50-60 سم (Román and others, 2015). ويجب حماية الحوض من المطر وأشعة الشمس ودرجات الحرارة الشديدة. وتضاف الديدان إلى الخليط لبدء عملية تسميد الديدان التي تستمر عادة لمدة شهرين مع إضافة مواد عضوية بانتظام إلى الخليط (Nagavallemma and others, 2004). أما التطبيق الأكثر شيوعاً في سماد الديدان فهو استخدام كيلوغرام واحد من الديدان لكل متر مربع من البيئة المضيفة (Román and others, 2015). وتتغذى الدودة الحمراء (*Eisenia foetida*) على بقايا الطعام بمعدل تقريبي يبلغ 5.3 أضعاف وزنها في الأسبوع (New York Department of Sanitation, 2018).

من الطرق المستخدمة لجمع سماد الديدان هو عبر فرض فترة صيام على الديدان لمدة 8 إلى 10 أيام، وبعد ذلك تتم إضافة مواد عضوية طازجة في أحد طرفي الحوض أو الحاوية مما يجبر الديدان على الانتقال إلى هذا المكان ويسمح بجمع السماد من مكانه الأولي (Román and others, 2015). وتنطوي طريقة أخرى على نقل سماد الديدان إلى جانب واحد من الحاوية/الكومة وإضافة فرش رطب جديد (قصاصات صحف طازجة...) في الجانب الآخر مع إضافة الطعام (مواد عضوية جديدة)، مما يدفع بالديدان إلى الانتقال إلى الحوض الجديد، ويسمح بالتالي بجمع السماد الخالي من الديدان من الجهة الأولى. وتشمل الأساليب الأخرى وضع سماد الديدان في أكوام

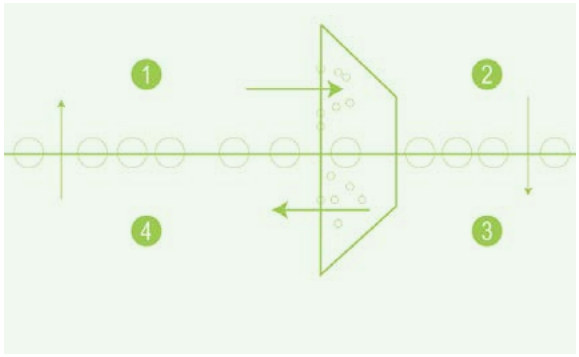
**الشكل 8.** تسميد الديدان على نطاق صغير

**المصدر:** Román and others, 2015.

**الشكل 9.** النموذج التجاري للمعهد الدولي لبحوث محاصيل المناطق المدارية شبه القاحلة (ICRISAT)

**المصدر:** Nagavallemma and others, 2004.

**الشكل 10.** تصوير تخطيطي للنموذج التجاري للمعهد الدولي لبحوث محاصيل المناطق المدارية شبه القاحلة (ICRISAT)




**المصدر:** Nagavallemma and others, 2004.

صغيرة تحت الضوء مما يضطر الديدان للذهاب إلى أسفل الكومة؛ ثم تتم إزالة السماد الخالي من الديدان في الجزء العلوي من الكومة. ويتكرر ذلك حتى الحصول على كامل السماد وفصله عن الديدان (New York Department of Sanitation, 2018). وكمتوسط، يمكن أن يقوم كيلوغرام واحد من الديدان بإنتاج 10 كيلوغرامات من سماد الديدان (Misra and others, 2003).

## 2. نماذج سماد الديدان

تم تطوير العديد من النماذج لتسهيل إنتاج سماد الديدان. أحدها نموذج وضعه المعهد الدولي لبحوث محاصيل المناطق المدارية شبه القاحلة (ICRISAT)[3] في الفلبين ويتألف من أربع غرف ذات جدران فاصلة بها ثقوب صغيرة لتسهيل حركة دودة الأرض من غرفة إلى أخرى بمجرد تحلل محتوى الغرفة الأولى (الشكلان 9 و10). يقلل هذا النموذج من العمل ويسهّل جمع سماد الديدان.

عندما يصبح السماد جاهزاً، يجب أن يُترك ليجف في أكوام لمدة يومين إلى 3 أيام، مما يجبر الديدان المتبقية على النزول إلى أسفل الكومة ويسهل عملية فصلها عن السماد. وتتم غربلة الجزء السفلي من السماد لإزالة الديدان التي قد تكون ما زالت موجودة على شكل شرانق وديدان صغيرة وبالغة ليتم نقلها بعد ذلك إلى مواد عضوية أخرى حتى تقوم بتحليلها.

# جيم. السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية

إن محاصيل التغطية (Cover crops) أو ما يُعرف أيضاً بمصطلح "السماد الأخضر" (Green Manure) هي محاصيل تقلب في التربة كنبات كامل أو أجزاء متبقية لتزويد التربة بالنيتروجين الإضافي والمواد العضوية (الشكلان 11 و12). يمكن أن تكون محاصيل التغطية من البقوليات (الفاصوليا والبازلاء وفول الصويا والبرسيم والفصة وغيرها) والأعشاب (الشوفان والحنطة السوداء والشيلم وغيرها) والبراسيكا (نبات اللفت وبذور اللفت والخردل وغيرها). وتتمتع البقوليات على وجه الخصوص بميزة تثبيت النيتروجين في جذورها من خلال التعاون التكافلي مع البكتيريا الموجودة في التربة. وعندما يموت النبات ويُقلب في التربة، يطلق النيتروجين المثبت ليستخدمه المحصول الذي يُزرع لاحقاً.

تُزرع محاصيل التغطية قبل موسم من موسم المحصول الرئيسي ثم تُقلب في التربة لتحسين جودتها. فعلى سبيل المثال، إذا كان موسم زراعة المحصول الرئيسي في الربيع، يُزرع محصول التغطية

3 Nagavallemma, K.P. et. al. (2004).

**الشكل 11.** طريقة قلب محصول التغطية في التربة يدوياً

**المصدر:** FAO,2001.

**الشكل 12.** طريقة قلب محصول التغطية في التربة ميكانيكياً

**المصدر:** Idowu and Kulbhushan, 2014.

في أواخر الصيف لإعطائه الوقت لينمو، ثم يُقلب في التربة بعد نهاية موسمه. أو إذا كان موسم زراعة المحصول الرئيسي في أواخر الخريف، ينبغي زرع محاصيل التغطية في أوائل الصيف.

بالإضافة إلى كون السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية مصدراً للنيتروجين والكربون للتربة، يساعد على الحد من تآكلها وانجرافها وانتشار الأعشاب الضارة من خلال قدرته على تغطيتها. وتُزرع محاصيل التغطية عادة بكثافة لتجنب نمو الأعشاب الضارة ويتم جزها بانتظام، وإزالة أزهارها لمنعها من نثر البذور. في حال كان محصول التغطية صالحاً للأكل أيضاً، مثل الفاصوليا أو البازلاء، تُجمع القرون وتُترك السيقان والأوراق لتُقلب في التربة لتكون بمثابة سماد أخضر.

ويتم دمج محصول التغطية في التربة باستخدام محراث على شكل قرص أو إزميل في أعلى 10 سم من التربة في حالة التربة الثقيلة (محتوى الطين العالي) أو على مستويات أعمق (تصل إلى 20 سم) في حالة التربة الخفيفة (التربة الرملية) لتجنب التحلل السريع. ويقوم بعض المزارعين بتقطيع محصول التغطية قبل دمجه في التربة. إذا كان لدى نبات التغطية سيقان صلبة أو طويلة (أعلى من 15 سم)، من الأفضل تقطيعه باستخدام جزازة دوارة على سبيل المثال. كما من الأفضل الانتظار ما بين أسبوعين وثلاثة أسابيع بين قلب محصول التغطية في التربة وزراعة المحصول الرئيسي، نظراً لأنه أثناء عملية التحلل، تستخدم الكائنات الحية الدقيقة النيتروجين ولا يكون متاحاً للمحصول الرئيسي. بالإضافة إلى ذلك، يسمح هذا

**الجدول 3.** نباتات محاصيل التغطية القابلة للتكيُّف مع المناخ المتوسطي الدافئ والجاف

| نبات التغطية | الخصائص والمتطلبات |
|---|---|
| البرسيم *(Medicago sativa)* | • نبات يتحمل الجفاف والبرد<br>• مثبّت متفوق للنيتروجين<br>• يحتاج للتربة الخصبة ليزدهر |
| الفول *(Vicia faba)* | • قادر على تثبيت النيتروجين بطريقة جيدة جداً<br>• يتميز بنظام الجذور الضحلة الذي يعزز النشاط البيولوجي |
| البيقية *(Vicia sativa)* | • مثبتة جيدة للنيتروجين<br>• لا تؤدي وظيفتها بشكل جيد في التربة القلوية |
| الخردل الأبيض *(Sinapis alba)* | • مناسب في المناخ المتوسطي<br>• يمكن أن يقوم بالتبخير البيولوجي ويقمع الآفات ومسببات الأمراض المنقولة بالتربة |

| | |
|---|---|
| الفجل العلفي *(Raphanus sativus var. longipinnatus)* | • مناسب للمناخ المتوسطي<br>• نموه سريع<br>• قادر على امتصاص النيتروجين بشكل جيد<br>• قادر على قمع الأعشاب الضارة بشكل جيد |
| اللبلب *(Lablab purpureus)* | • يوفر تغطية جيدة جداً للتربة وبالتالي يقمع الأعشاب الضارة بشكل جيد<br>• قادر على تثبيت النيتروجين بشكل جيد |
| الأعشاب السنوية (القمح، والشعير، والشوفان، والزوان السنوي، والشيلم، والشيقم) | • تتحمل البرد<br>• نموها سريع<br>• بذورها رخيصة<br>• تتحمل الجير بمستوى عال<br>• تتحمل الجفاف بمستوى منخفض<br>• تتحمل الملوحة بمستوى منخفض (باستثناء الشعير) |
| الحنطة السوداء *(Fagopyrum esculentum)* | • نموها سريع<br>• تتحمل الجفاف والظل بشكل معتدل<br>• تتأثر بالبرد<br>• يمكنها قمع الأعشاب الضارة<br>• يمكنها أن تؤدي وظيفتها بشكل جيد نسبياً في التربة الفقيرة |

**المصدر:** Rouphael and others 2019 and Idowu and Grover, 2014.

التأخير بتجنب أي مواد كيميائية سامة ينتجها محصول التغطية قد تتداخل مع إنبات المحصول الرئيسي.

يعتمد اختيار محاصيل التغطية المناسبة على عدة عوامل خاصة نوع التربة والمحصول والمناخ. ويشمل الجدول 3 نباتات من محاصيل التغطية القابلة للتكيُّف مع المناخ المتوسطي الدافئ والجاف إلى جانب خصائصها ومتطلباتها الرئيسية:

## دال. الفحم الحيوي (Biochar)[4]

إن الفحم الحيوي هو الفحم المنتج خصيصاً لتحسين نوعية التربة. وينتج من الانحلال الحراري (*Pyrolysis*) وهو التحلل الحراري للمواد العضوية أو الكتلة الحيوية التي تحترق في غياب تام للأكسجين أو في ظل وجوده بكميات محدودة. إنه عامل مُعدِّل للتربة لأنه يحسن بنيتها الفيزيائية بما في ذلك زيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه التي لها قيمة خاصة في المناطق المعرضة للجفاف مثل المنطقة العربية. بالإضافة إلى ذلك، نظراً لاستقرار الفحم الحيوي في التربة لمدة تتراوح بين مئات وآلاف السنين، يعتبر بالوعة كربون طويلة الأجل تسهم في حجز الكربون في الأرض والتخفيف من آثار تغيُّر المناخ.

يتضمن الانحلال الحراري عدة مراحل ويصل إلى درجات حرارة تتجاوز 450 درجة مئوية حتى يصل محتوى الكربون المثبت في الفحم الحيوي إلى 80-85 في المائة، وعند هذه النقطة تتراوح غلة الفحم الحيوي عادة بين 20 و25 في المائة من وزن المواد الأولية الجافة. اعتماداً على حجم ونوع المواد الأولية، يمكن صنع الفحم الحيوي على درجات حرارة ومدد مختلفة، تتراوح بين ثوان إلى أيام.

إلى جانب الفحم الحيوي، ينتج الانحلال الحراري أيضاً الغاز الاصطناعي (الغاز التركيبي) والزيوت الحيوية التي يمكن الحصول عليها من المحلل الحراري الحديث واستخدامها لإنتاج الحرارة و/أو الطاقة. ويتم حرق

4 Biochar for Sustainable Soils (2018).

الغاز التركيبي عادة في الموقع لتلبية حاجة المحلل الحراري للحرارة أو يستخدم لتوفير الحرارة لعمليات خارجية؛ ويمكن أيضاً تحويله إلى كهرباء. ويمثل الزيت الحيوي بديلاً محتملاً لزيت الوقود أو الديزل في التطبيقات الثابتة (الغلايات والأفران والمحركات والتربينات لتوليد الكهرباء). كما أنه مصدر للمنتجات الكيميائية القيمة مثل حمض الخليك والراتنجات والسكريات ومنكهات الطعام والأسمدة بطيئة الانبعاث والمواد اللاصقة والمواد الحافظة.

تحتوي المخلفات الزراعية الطازجة على محتوى مائي يتراوح بين 40 و60 في المائة. ومن الناحية المثالية، يجب أن يكون محتوى الرطوبة للكتلة الحيوية حوالي 15 في المائة عندما تستخدم لإنتاج الفحم الحيوي وحين يبدأ الانحلال الحراري. إن المواد الأولية للكتلة الحيوية التي يمكن استخدامها لإنتاج الفحم الحيوي متنوعة، ويمكن أن تكون من الخشب والأعشاب والقش وغيرها من مخلفات النباتات، القشور والأصداف، والزبل، والنفايات البلدية الصلبة العضوية بما في ذلك النفايات الغذائية، والنفايات الورقية وغيرها. وقد ثبت أن الفحم الحيوي من القش وبقايا النبات والزبل يعطي أكبر زيادة في غلة النبات، ولا سيما في التربة غير الخصبة والحمضية. وفي الواقع، إنّ معظم التجارب والتطبيقات البحثية لدراسة وإنتاج الفحم الحيوي قد استخدمت الكتلة الحيوية في نهاية عمرها (End-of-Life Biomass (ELB)) من خلال إعادة تدويرها وذلك نظراً لأن إنشاء مزارع كتلة حيوية مخصصة لإنتاج الفحم الحيوي ليست جذابة من الناحية الاقتصادية ولأنّ الفحم الحيوي الذي يتم إنتاجه عبر قطع الغابات الأصلية يمكن أن يهدد التنوع البيولوجي. ويمكن أيضاً إنتاج الفحم الحيوي في الإنتاج الحيواني المكثف أو مطامر النفايات كحل لإدارة النفايات. مع ذلك، يجب توخي الحذر لتجنب المواد الأولية التي تحتوي على مستويات غير مقبولة من السموم مثل المعادن الثقيلة التي يمكن العثور عليها في حمأة مياه المجارير والنفايات الصناعية أو المطامر.

يمكن إنتاج الفحم الحيوي على نطاق صغير في مواقد وأفران مصنوعة من المواد المتوفّرة أو مشتراة من السوق (الشكلان 13 و14). ويمكن أن يكون مصدر تسخين الكتلة الحيوية خارجياً منفصلاً أو داخلياً حيث يتم إشعال الكتلة الحيوية نفسها. وينبغي مراعاة الاعتبارات التالية أثناء تصميم مفاعلات الفحم الحيوي: سهولة تحميل الكتلة الحيوية فيها وتفريغ الفحم الحيوي منها، وقدرتها على تحمل درجات حرارة مرتفعة، وقدرتها على حرق الغازات المنبعثة دون تلويث البيئة، وأن يكون تشغيلها آمناً.

قبل الانحلال الحراري، يمكن معالجة الكتلة الحيوية وخلطها مع مواد مضافة لإثراء الفحم الحيوي بالمغذيات على سبيل المثال تُخلط مع حمض الفوسفوريك الذي يقلل من درجة الحموضة ويوفر مصدر فوسفات للتربة عند إضافته إليها. بعد أن يصبح الفحم الحيوي جاهزاً، يمكن تحويله إلى حبيبات أو كريات لتسهيل مناولته وإضافته إلى التربة.

**الشكل 13.** مبدأ وتصميم جهاز التفويز الذي يتمّ اشعال الكتلة الحيوية فيه من الأعلى ويصعد فيه الغاز إلى الأعلى (Top-Lit-Up-Draft)، وهو محلل حراري تجميعي

**المصدر:** Biochar For Sustainable Soils, 2018.

**الشكل 14.** مبدأ وتصميم الفرن المخروطي ذات اللهب المفتوح

**المصدر:** Biochar For Sustainable Soils, 2018.

# اعتبارات التصميم

يتضمن القسم التالي العوامل الرئيسية التي يجب أخذها في الاعتبار عند اتخاذ قرار لإنتاج واستخدام أحد الأسمدة الخضراء المشمولة في الكتيب الفني هذا:

## ألف. التسميد العضوي

- يؤثر توفر المواد العضوية الأصلية (نسبة الكربون للنيتروجين) ونوعها وتكوينها على الوقت اللازم للتحلل. وتتراوح نسبة الكربون للنيتروجين بين 1:15 و1:35 أثناء عملية التسميد (Román and others, 2015).
  - إذا وصلت النسبة إلى أعلى من 1:35، يمكن أن تبطئ العملية وينبغي إضافة المواد الغنية بالنيتروجين (المواد الخضراء والعشب وفضلات الفواكه).
  - إذا أصبحت النسبة أقل من 1:15، تؤدي إلى انبعاث رائحة بسبب المحتوى المفرط من النيتروجين وينبغي إضافة المواد الغنية بالكربون (الأوراق الجافة ونشارة الخشب ورقائق الخشب).
  - في بداية عملية التسميد، يجب أن تتراوح نسبة الكربون للنيتروجين المثالية بين 1:25 و1:35.
- في التسميد الهوائي، يتراوح النطاق الأمثل للتشبع بالأكسجين بين 5 و15 في المائة (Román and others, 2015):
  - مع التهوئة المفرطة (أكثر من 15 في المائة): تنخفض درجة الحرارة، ويزيد تبخر المياه مما يوقف عملية التحلل.
  - مع انخفاض التهوئة (أقل من 5 في المائة)، يكون تبخر المياه غير كاف مما يخلق بيئة رطبة ولاهوائية ويؤدي إلى زيادة انبعاث الروائح وارتفاع الحموضة في الوسط.
- تعتبر الرطوبة من المعايير الهامة للحصول على سماد ذي نوعية جيدة. ويتراوح محتوى الرطوبة الأمثل للتسميد بين 45 في المائة و60 في المائة من المياه من حيث وزن المواد الأساسية (Román and others, 2015):
  - إذا كان أقل من 45 في المائة: يتعطّل عمل الكائنات الحية الدقيقة
  - إذا كان أعلى من 60 في المائة: تشبّع المياه الوسط مما يخلق بيئة لاهوائية ويؤثر على التحلل.
  - يتم استخدام "تقنية القبضة" لمراقبة محتوى الرطوبة حيث يتم إخراج حفنة من السماد العضوي والضغط عليها بقوة بين الأصابع للتحقق مما إذا كانت رطبة جداً (تتساقط المياه منها) أو جافة جداً (تتفكك حفنة السماد بنفسها).
- درجة الحموضة من العوامل المهمة لانتشار الكائنات الحية الدقيقة ونموها بشكل صحيح. وتتراوح بين 5.4 و5.8 خلال عملية التسميد الهوائية اعتماداً على مرحلة التسميد (Román and others, 2015). ويكون الوسط أكثر حمضية خلال مرحلة الحرارة المعتدلة الأولى عندما يتم إنتاج الأحماض العضوية ومن ثم يصبح أكثر قلوية خلال مرحلة الحرارة المرتفعة مع تَشكُّل الأمونيا.
- تعتبر مراقبة درجة حرارة السماد خلال مختلف المراحل أمراً مهماً جداً للحصول على منتج ذي نوعية جيدة. وفي حالة عدم توفر ميزان حرارة، يستطيع المزارع اعتماد الاختبار الحسي عبر إدخال يده في السماد العضوي؛ إذا كان حاراً جداً لدرجة عدم استطاعته تحمُّل ذلك لأكثر من بضع ثوان، فهذا مؤشر جيد على التحلل الناجح. ويمكن أيضاً استخدام عمود معدني أو خشبي وإدخاله في نقاط مختلفة من كومة السماد مما يوفر تقديراً تقريبياً لدرجة الحرارة من خلال مقارنتها مع درجة الحرارة الموصى بها في كل مرحلة من مراحل التسميد.

يؤثر حجم الجزيئات على نشاط الكائنات الحية الدقيقة وتهوئة الكومة وحفظ الرطوبة. ويتراوح الحجم المثالي للجزيئات بين 5 و30 سم لتجنب التهوئة المفرطة في حال الجزيئات الأكبر أو الرص في حال الجزيئات الأصغر (Román and others, 2015).

يؤثر حجم كومة السماد على الرطوبة ودرجة الحرارة ومحتوى الأكسجين في السماد العضوي.

المناخ: في المناخات الدافئة إلى الحارة، يمكن إعداد السماد الناضج في غضون ثلاثة إلى أربعة أشهر. وفي الأماكن الباردة، يمكن أن يستغرق التحلل من ستة أشهر إلى سنة.

إن توافر القوى العاملة البشرية والقرب من مصدر المياه من الاعتبارات المهمّة بالنظر إلى أن بعض أساليب إنتاج السماد العضوي تحتاج إلى العمالة لتقليبه وإضافة المياه.

تؤثر المساحة المتاحة لإعداد السماد العضوي على كمية المواد الأصلية التي يمكن تسميدها وأبعاد كومة السماد العضوي (Misra and others, 2003 and Román and others 2015).

## باء. تسميد الديدان

- يجب أن تكون درجة حموضة فرش الديدان قريبة من القيمة المتعادلة.
- يجب أن تكون المواد الأصلية غنية بالمواد العضوية.
- درجة الحرارة: تتراوح درجة الحرارة المثلى لتسميد الديدان بين 19 و25 درجة مئوية. على درجات حرارة أعلى أو أقلّ، قد تدخل الديدان في سبات وتتوقف عن العمل.
- يجب أن تكون الرطوبة حوالي 80 في المائة.
- متطلبات الضوء: تفضل ديدان الأرض البيئة المظلمة لأنها حساسة للضوء.

## جيم. السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية

- إن نوع التربة ومناخ المنطقة من العوامل التي تحد من عملية اختيار نوع المحصول.
- يجب مراعاة مواسم الزراعة عند التخطيط للوقت الأنسب لزراعة محاصيل التغطية لمنحها الوقت الكافي لتنمو قبل وضعها في التربة.
- إن توافر المياه من الاعتبارات الهامة جداً لاختيار المحصول، ولا سيما أنماط هطول الأمطار وتقلباتها التي يمكن أن تؤثر على إنبات محاصيل التغطية.
- ينبغي اعتماد تناوب جيد للمحاصيل لتجنب انتقال الآفات المحتملة من محصول التغطية إلى المحصول الرئيسي (يجب تجنب الزراعة المتعاقبة لمحاصيل تغطية ومحاصيل رئيسية من نفس الفصيلة أو المعرّضة لنفس الآفات أو الأمراض).

## دال. الفحم الحيوي

- يمكن أن يؤثر نوع المفاعل/المحلل الحراري (التسخين المباشر مقابل غير المباشر)، ومعدل التسخين ومدة بقاء الكتلة الحيوية في المفاعل على خصائص الفحم الحيوي.
- تؤثر كمية الكتلة الحيوية المتوفّرة على اختيار مفاعل الكتلة الحيوية (الحجم والنوع).
- يؤثر نوع المواد الأولية ومعايير إنتاج الفحم الحيوي مثل درجة حرارة إنتاجه على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمحتوى الغذائي للفحم الحيوي. ويُشار إلى أن درجة الحرارة التي تتراوح بين 450-550 درجة مئوية تحسّن خصائص الفحم الحيوي المستخدم كمعدّل للتربة.

- يؤثر حجم جزيئات الكتلة الحيوية على عملية الانحلال الحراري. على سبيل المثال، إذا كانت جزيئات الكتلة الحيوية كبيرة (مثل جذع الخشب)، فقد تستغرق عملية التكربن ما بين أيام إلى أسابيع لإكمالها. ويؤثر حجم جزيئات الكتلة الحيوية، وبالتالي الفحم الحيوي، على خصائصه الفيزيائية مثل حجم المسام بين الجزيئات، وقدرته على الاحتفاظ بالماء، ونفاذيته المائية، وفعاليته في علاج رص التربة.

- معدل التسخين: على درجة حرارة عالية، يمكن انحلال المادة في ثوان فقط إذا كانت الجزيئات صغيرة (أقل من 1 ملم) بما يكفي لتخترقها الحرارة بسرعة. وهذا ما يسمى الانحلال الحراري السريع.

# مزايا التكنولوجيا وتحديات تطبيقها

تزيد الأسمدة الخضراء من خصوبة التربة، وبالتالي فإن لخصائصها الفيزيائية والكيميائية آثاراً مفيدة على إنتاج المحاصيل. كما أن لها أثراً إيجابياً على البيئة لأنها تسمح بالحد من تلوث المياه، وانجراف التربة، وفقدان المواد العضوية والكائنات الحية الدقيقة، والحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

يبين الجدول 4 المزايا وتحديات التطبيق الرئيسية لمختلف أنواع الأسمدة الخضراء الواردة في الكتيب الفني هذا:

**الجدول 4.** المزايا وتحديات التطبيق الرئيسية لمختلف أنواع الأسمدة الخضراء

| المزايا | تحديات التطبيق |
|---|---|
| **التسميد العضوي** | |
| • يسمح بإعادة استخدام النفايات الزراعية.<br>• يوفر بديلاً للأسمدة الكيميائية ذا نسبة عالية من المغذيات، مما يحد من أثرها على البيئة وتكلفة الإنتاج.<br>• يساعد على الاحتفاظ بالرطوبة في التربة.<br>• يسهل العمل في التربة (أثناء أنشطة الحراثة والزراعة).<br>• يحد من مخاطر انجراف التربة.<br>• يعزز تكاثر الكائنات الحية الدقيقة المفيدة التي تحلل المواد العضوية مما يجعل المغذيات متاحة للنباتات. | • يتطلب معرفة التقنيات.<br>• يتطلب اليد العاملة للمتابعة والصيانة.<br>• قد تتطلب بعض تقنيات التسميد مساحات واسعة.<br>• يتطلب إنتاج السماد الجاهز للاستخدام فترة طويلة نسبياً.<br>• يمكن أن تنبعث الروائح الكريهة في حالة عدم إعداد السماد بشكل جيد.<br>• قد تبقى مسببات الأمراض مثل الإشريكية القولونية (*E. coli*)، والسلمونيلا (*Salmonella spp.*)، والليستيريا (*Listeria monocytogenes*) المولدة للخلايا الوحيدة في السماد القائم على الزبل إذا لم يتم إنتاجه بشكل صحيح مما يؤدي إلى مشاكل حادة في سلامة الأغذية إذا استخدم لتسميد المنتجات الصالحة للأكل. |
| **تسميد الديدان** | |
| • يوفر منتجاً ذا محتوىً عالٍ من المغذيات.<br>• يحد من تكلفة الإنتاج والاعتماد على المدخلات الزراعية المشتراة.<br>• يزيد من مسامية التربة والنشاط الجرثومي واحتباس الماء.<br>• يمثل مصدراً إضافياً للدخل للمجتمعات الريفية. | • تتطلّب تقنية تسميد الديدان مساحة أكبر مقارنةً بالتسميد العضوي إذ إنها لا تسمح بتكديس المواد الأولية في كومٍ ذات ارتفاع عالٍ.<br>• الديدان هي أكثر تأثراً بدرجة الحرارة والتلوث من الكائنات الحية الدقيقة. |
| **السماد الأخضر المعتمد على محاصيل التغطية** | |
| • يساعد على الحفاظ على المواد العضوية في التربة مما يعزز النشاط البيولوجي للتربة ويزيد من توافر النيتروجين في حالة البقوليات.<br>• يمنع انجراف التربة من خلال تغطية الأرض بالنباتات الحية وجذورها ويحد من تبخر الرطوبة من خلال توفير الظل.<br>• يمنع ترشيح المغذيات عن طريق امتصاصه للمغذيات المتاحة وإعادة إطلاقها في التربة.<br>• يساعد على الحد من نمو الأعشاب الضارة عن طريق التقليل من تنافسيتها. | • يتطلب موارد إضافية (الوقت والعمالة والتكاليف) لزراعة محاصيل التغطية وصيانتها وتقليبها.<br>• ينطوي على إدخال مدخلات إضافية إلى النشاط الزراعي بدلاً من إعادة استخدام المخلفات الزراعية.<br>• يمكن أن تتحول بعض محاصيل التغطية إلى أعشاب ضارة (على سبيل المثال: الحنطة السوداء) للمحصول التالي إذا تُركت لحين نثر بذورها. |

| الفحم الحيوي | |
|---|---|
| • يحد من رص التربة ويعزز قدرتها على الاحتفاظ بالمياه ويحسن نشاطها البيولوجي.<br>• يشجع نمو الجذور ويساعد النباتات على مقاومة المرض ويعزز إنبات البذور بفضل مركباته العضوية المتاحة.<br>• يزيد الموصلية الكهربائية للتربة وبالتالي توافر المغذيات للنباتات.<br>• يمكنه تعطيل عمل المعادن الثقيلة والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والهرمونات نظراً لقدرته على الامتزاز.<br>• يمنع ترشيح النترات والبكتيريا الغائطية إلى المجاري المائية ويقلل من انبعاثات الميثان وأكسيد النيتروجين الثنائي في الزراعة.<br>• يقلل من انبعاث غازات الدفيئة ويساهم في التخفيف من آثار تغيُّر المناخ عن طريق تخزين الكربون في التربة. | • في معظم الحالات، يتمتع الفحم الحيوي بدرجة حموضة عالية نسبياً (في حدود 8-11.5) مما يجعله أكثر ملاءمة للتربة الحمضية منه للتربة القلوية.<br>• يمكن أن تزيد الجرعات العالية من الفحم الحيوي من ملوحة التربة.<br>• يمكن أن يؤدي بعض الفحم الحيوي (المصنوع من الخشب على درجة حرارة عالية) إلى انخفاض في غلة النبات، على الأقل في الموسم الأول، وذلك بسبب امتزاز المغذيات التي عادة ما تكون متاحة للنباتات. غير أن الفحم الحيوي الخشبي يمكن أن يكون أيضاً مفيداً جداً في تهوئة التربة ويمكنه أن يمنع الجريان السطحي وترشيح الأسمدة. |

# المراجع


Biochar for Sustainable Soils (2018) Biochar guides developed through Biochar for Sustainable Soils Project. Funded by Global Environment Facility (GEF) and UN Environment. Available from: https://biochar.international/guides/.

Edwards, Sue and Araya, Hailu (2011). How to make and use compost. In Climate change and food systems resilience in sub-Saharan Africa, Lim Li Ching, Sue Edwards and Nadia El-Hage Scialabba, eds. FAO, Rome, Italy 2011. Available from: http://www.fao.org/3/i2230e/i2230e.pdf.

Food and Agriculture Organization (FAO) (2001). Home garden technology leaflet 6: special techniques for improving soil and water management. In Improving nutrition through home gardening: a training package for preparing field workers in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy 2001. Available from: http://www.fao.org/3/x3996e/x3996e30.htm.

Idowu, John and Kulbhushan Grover (2014). Principles of Cover Cropping for Arid and Semi-arid Farming Systems. New Mexico State University. Available from https://aces.nmsu.edu/pubs/_a/A150.pdf.

Misra, R. V. and others (2003). On-farm composting methods. Rome, Italy: United Nations Food and Agriculture Organization. Available from http://www.fao.org/3/a-y5104e.pdf.

Nagavallemma, K.P. and others (2004). Vermicomposting: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer. Global Theme on Agroecosystems Report No. 8. Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics. Available from http://oar.icrisat.org/3677/1/172-2004.pdf.

New York Department of Sanitation (2018). NYC Master Composter Manual. NYC Compost Project. Available from: https://www1.nyc.gov/assets/dsny/docs/about_nyc-master-composter-manual-mcm_0815.pdf.

Oregon State University Extension service (2003). Nitrogen-Phosphorus-Potassium Values of Organic Fertilizers. Available from: https://extension.oregonstate.edu/crop-production/organic/nitrogen-phosphorus-potassium-values-organic-fertilizers.

Román, Pilar, Martínez, María M. and Pantoja, Alberto (2015) FARMER´S COMPOST HANDBOOK Experiences in Latin America. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Latin America and the Caribbean Santiago, 2015. Available from: http://www.fao.org/3/a-i3388e.pdf.

Rouphael, S., El Mekdad, F., Mouawad, A., Mjallal, M., Touma, E., El Hajj, S., Hajj, A. K., Atallah, T. (2019). Performance of overwinter cover crops in coastal Lebanon. Lebanese Science Journal, vol. 20, No. 1 (September), pp. 89-103. Available from http://lsj.cnrs.edu.lb/wp-content/uploads/2019/05/Therese-A1.pdf.

21-00576