

دليل الكومبوست الحراري في لبنان

دراسة حالة: مزارع السفير



المحتويات

5.....	الرسوم البيانية والجدول
6.....	مقدمة
7.....	1. الكومبوست الحراري
7.....	1.1 الكومبوست في السياق اللبناني
7.....	1.1.1. نقص في العرض والطلب
7.....	1.1.2. غياب المعايير والتنظيم
9.....	1.2. الكومبوست الحراري
9.....	1.2.1. تعريف الكومبوست الحراري
9.....	1.2.2. عملية إنتاج الكومبوست الحراري
11.....	1.2.3. فوائد الكومبوست الحراري
13.....	2. دراسة حالة: وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب
13.....	2.1. عرض لمزارع السفير
14.....	2.2. تأسيس وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب
14.....	2.2.1. إعداد الموقع
14.....	2.2.2. تصميم وحدة إنتاج الكومبوست
16.....	2.3 إنتاج الكومبوست الحراري
16.....	2.3.1. تحضير المواد الخام
17.....	2.3.2. الخلط والطبقات
17.....	2.3.3. التقليب والري
18.....	2.3.4. التعبئة والتخزين
19.....	2.4 تصنيف الكومبوست الحراري
19.....	2.4.1. التجارب
22.....	2.4.2. التقييم البيولوجي
24.....	2.5 تكاليف إعداد منشأة الكومبوست الحراري
24.....	2.5.1. الإستثمار المالي
25.....	2.5.2. التدفق النقدي والتكاليف التشغيلية
26.....	2.5.3. الإنتاج
26.....	2.5.4. التدفق المالي

27.....	3 . التوصيات.....
28.....	4 . الملحق والمراجع.....
28.....	4.1. الملحق.....
28.....	الملحق أ: الحد الأدنى للتكاليف السنوية لوحدة إنتاج كومبوست.....
29.....	الملحق ب: عينة من الرسم الحراري لكومة كومبوست واحدة.....
31.....	4.2. المراجع.....
31.....	4.3. المزيد من القراءة.....
32.....	5. شكر وتقدير.....

الرسوم البيانية والجدول

- 9..... رسم توضيحي 1 : الوصفة الأساسية لنسب المواد المستخدمة في الكومبوست الحراري.....
- 11..... رسم توضيحي 2 مكونات شبكة غذاء التربة.....
- 19..... رسم توضيحي 3 : تصميم اختبار تأثير 3 أنواع من الكومبوست على إنبات بذور الفجل.....
- 10..... جدول 1 : مقارنة عامة للكومبوست الزراعي والبيئي.....
- 16..... جدول 2 : وصف المواد الخام المستخدمة في إنتاج الكومبوست في مزارع السفير.....
- 17..... جدول 3 : مقارنة تركيب المواد الخام في السماد الحراري للاستخدامات المختلفة.....
- 20..... جدول 4 : متوسط قيم معدل الإنبات المقدر وطول الورقة ومعدل الإصابة بالأعشاب الضارة.....
- 20..... جدول 5 : معدل الإنبات (%) لبذور الفجل في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة.....
- 20..... جدول 6 : معدل طول الورقة (سم) لنباتات الفجل في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة.....
- 21..... جدول 7 : عدد الأعشاب الضارة (#) في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة.....
- 22..... جدول 8 : أهمية التقييم البيولوجي في تصنيف الكومبوست.....
- 23..... جدول 9 : التقييم البيولوجي لعينات كومبوست من 8 أكوام في مزارع السفير.....
- 24..... جدول 10 : تكاليف تركيب وحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير والاستثمار المالي.....
- 25..... جدول 11 : التكاليف التشغيلية السنوية لوحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير (10 أكوام × 4 دورات).....
- 26..... جدول 12 : إنتاجية أكوام الكومبوست في السنة (4 دورات).....
- 26..... جدول 13 : بيان التدفق النقدي لوحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير (السنة الأولى).....

إن الطريق نحو أنظمة غذائية مستدامة طويل ولكننا نعتقد أن المثابرة هي المفتاح. لا تزال الزراعة الكيماوية تهيمن على المساعدات الدولية المقدمّة لصغار المزارعين والمزارعات، والتي تعتمد بشكل كبير على الوقود والمدخلات الكيماوية المدعومة، مما يتسبب بأضرار على الأراضي الزراعية والمجتمعات والبيئة وصحة الإنسان. منذ عام 2019، كشفت سلسلة من الأزمات في لبنان والعالم، بما في ذلك فشل برامج الأمن الغذائي السابقة مثل AGRA Africa، عن فشل النماذج الزراعية الكيماوية والأنظمة الغذائية المبنية حولها، مما خلق حاجة ملحة لأساليب بديلة مستدامة.

على مدى العقد الماضي، قامت المنظمات الشعبية المحلية مثل جمعية تراب للتربية البيئية - لبنان وغيرها من المنظمات بتكثيف جهودها لتوجيه الجهات المانحة الدولية نحو الزراعة البيئية كبديل أكثر استدامة يشجّع على استخدام المدخلات المحلية من أجل تعزيز السيادة الغذائية ورعاية البيئة.

يتألف أحد هذه المشاريع من منشأة نموذجية لإنتاج الكومبوست والتي ساعدنا مزارع السفير في إنشائها في جنوب لبنان في عام 2022. وقد تم تمويل المنشأة بدعم من منظمة الأرض والإنسانية (Terre et Humanisme) من خلال مشروع الزراعة البيئية والسيادة الغذائية في جنوب البحر الأبيض المتوسط (AMED). لقد ساهمنا كجمعية تراب في بناء قدرات نور نحولي، مديرة عمليات المزرعة، لتصبح سفيرة للكومبوست الطبيعي المحلي عالي الجودة في طريقها لتحقيق التحول الزراعي البيئي الكامل لمزرعتها. لقد قمنا بتدريبها على إجراء زيارات توعوية وجلسات تدريب عملية على الكومبوست، بالإضافة إلى إنشاء محتوى تعليمي جذاب. وفي غضون عام واحد، تطوّرت المنشأة لتصبح وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب الذي استضاف العديد من الدورات التدريبية التي نظمتها جمعية تراب وأصبح واحداً من شركائنا الرئيسيين في البلاد. ومن خلال المركز، نأمل أن نشجّع تبادل الخبرات بين المزارعين/ات ونشر المعرفة والممارسات الزراعية البيئية.

إن التحول الزراعي الإيكولوجي لمزرعة كبيرة مثل مزارع السفير في لبنان يمكن أن يكون مثالاً لكيفية عمل الزراعة البيئية خارج نطاق الحيازات الزراعية الصغيرة - وربما يكون أول مثال موثّق من نوعه - ويمكن أن يلهم مزارع أخرى أن تحذو حذوها. إن دراسة الحالة التي توضح تفاصيل إنشاء وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب، مدعومة بالتجارب والملاحظات الميدانية، تُعدّ منعطفاً مهماً في جمع المعلومات والأدلة المقتنعة لدعم هذه المقولة.

وبهذا، ندعوكم لاكتشاف كيف أصبحت وحدة الكومبوست الناجحة هي الخطوة الأولى في رحلة التحول لمزارع السفير.

جمعية تراب للتربية البيئية - لبنان

1. الكومبوست الحراري

1.1 الكومبوست في السياق اللبناني

يعتمد المزارعون/ات في لبنان على الأساليب الكيميائية في معظم الأحيان، وهذا النهج يظهر بشكل متزايد على أنه غير مستدام بيئياً واجتماعياً واقتصادياً. تعتمد المزارع الكبيرة التي تزود الأسواق المحلية على المكننة العالية والوقود الأحفوري والمدخلات الكيميائية.

الكومبوست الطبيعي أحد العناصر الأولى التي يجب على المزارعين/ات دمجها في حال حدوث أي تحول زراعي كبير. لقد إزداد الوعي بين المستهلكين/ات والمزارعين/ات عن الآثار الضارة للزراعة الكيميائية على البيئة وخصوبة التربة والصحة والقيمة الغذائية. ومع ذلك، فإن التحول إلى نهج طبيعي أمر صعب مع قلة البدائل المتاحة والأسعار المناسبة.

1.1.1. نقص في العرض والطلب

إنتاج واستخدام الكومبوست الزراعي على نطاق واسع في لبنان غير شائع.

من حيث الطلب، لا تزال المعرفة محدودة لدى المزارعين/ات في لبنان عن فوائد الكومبوست. أغلب كبار المزارعين/ات يتبنون النهج السائد الذي يعتمد على المدخلات الكيميائية بدلاً من الأسمدة الطبيعية، بينما يفضل أصحاب الحيازات الصغيرة (مع استثناءات قليلة) استخدام السماد الحيواني — الذي يجدره أقل تكلفة — بدلاً من الكومبوست الطبيعي.

استورد لبنان 55,045 طناً من الكومبوست العضوي بين عامي 2016 و2019 (قبل الأزمة الاقتصادية) بقيمة إجمالية تبلغ نحو 13.6 مليون دولار، أو 247 دولاراً للطن (متوسط). ومع ذلك، فإن هذا الرقم لا يمثل سوى جزء صغير من واردات المدخلات الكيميائية التي يبلغ مجموعها مئات الملايين.

المصدر: الائتلاف اللبناني لإدارة النفايات

عندما يكون هناك وعي بين المزارعين/ات، فإن الإنتاج لا يكفي. المنتجون/ات المحليون/ات للكومبوست الزراعي قليلون من حيث العدد والحجم (المبادرات الخاصة أو المجتمعية). بالإضافة إلى ذلك، فإن معظم الكومبوست المنتج هو 'كومبوست بيئي'. في حين أن له استخداماته بالتأكيد (تقليل النفايات، وعزل الكربون)، إلا أنه لا ينصح به لزراعة المحاصيل.

ومع ذلك، هناك فرص كبيرة للمنتجين/ات. فوفقاً للائتلاف اللبناني لإدارة النفايات، يتم إنتاج ما بين 3500 إلى 4000 طن من النفايات العضوية في لبنان يومياً (من إجمالي 5000 إلى 7500 طن/يوم). إذا تمت معالجتها بشكل صحيح، يمكن أن تنتج حوالي 2000 طن من الكومبوست وتلغي الحاجة للإستيراد (Shoofy, 2020). بالإضافة إلى ذلك، حتى وقت قريب، كان الهدف - والتمويل - لمنتجي الكومبوست الحاليين في لبنان هو تقليل النفايات العضوية وليس إنتاج كومبوست زراعي.

1.1.2. غياب المعايير والتنظيم

للكومبوست البيئي فوائد واضحة من حيث تقليل النفايات وعزل الكربون، ولكن قلة الأبحاث والتوثيق حول استخدامه في الزراعة تجعله مُدخلًا غير مناسب.

تتفاقم مسألة سلامة الكومبوست في الزراعة مع غياب المعايير العلمية الكافية لتنظيم جودة الكومبوست الزراعي في لبنان. وزارة الزراعة اللبنانية لا تمتلك آليات لتسجيل منتجات الكومبوست المحلية والموافقة عليها، مما يؤدي إلى زيادة الاعتماد على المنتجات المستوردة. حتى فيما يتعلق باستخدام الروث الحيواني كسماد، لا توجد معايير للسلامة.

وزارة الصناعة ووزارة الاقتصاد هما الهيئتان التنظيميتان الوحيدتان اللتان تعترفان بمعايير ضمان جودة الكومبوست في لبنان. هذه المعايير مبنية على برنامج ضمان الجودة التابع لشبكة الكومبوست الأوروبي (ECN-QAS) كجزء من مشروع الاتحاد الأوروبي لإنشاء 12 مصنعاً للكومبوست وإعادة التدوير في لبنان (European Compost Network, 2019). وتعتمد هذه المعايير على فحوصات سلامة غذائية للكائنات المجهرية لتحديد وجود مواد ضارة، ولكنها لا تقيس سلامة الكومبوست أو كفاءته للاستخدام الزراعي - أو آثاره على صحة التربة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تحقيق هذه المعايير العالية في مصانع الكومبوست اللبنانية الممولة من الاتحاد الأوروبي ليس ظاهراً لعدد من الأسباب. وجد [تقرير استقصائي في عام 2019](#) أن كل الكومبوست المنتج في المصانع الإثني عشر لم يكن صالحاً لبيعه للمزارعين - وبعضه لم يكن آمناً حتى لمكب النفايات لأنه كان قادراً على تلويث المياه الجوفية (Jay, 2019). من ناحية أخرى، تعتمد معايير جودة الكومبوست لوزارة الزراعة الأمريكية (USDA) ووكالة حماية البيئة (EPA) على التقييم البيولوجي وتكنولوجيا التصوير الحراري. هذه الممارسات غير معترف بها ولا تطبق في لبنان.

وتشجع مثل هذه البيئة على استيراد منتجات الكومبوست التي لا تخضع لرقابة وزارة الزراعة. إن الأزمة الاقتصادية اللبنانية المستمرة وارتفاع تكلفة الواردات تعني زيادة في المنتجات ذات الجودة المنخفضة التي تدخل السوق المحلية.



مواد عضوية غير منخولة تتحلل في المقدمة، والسماذ النهائي في أكياس في الخلفية

(مصدر الصورة: مات هينسا عبر Flickr https://www.flickr.com/photos/matt_hinisa/2857640644)

1.2. الكومبوست الحراري

1.2.1. تعريف الكومبوست الحراري

الكومبوست هو نتيجة التحلل الحيوي للمواد العضوية. توجد أنواع عديدة من الكومبوست وتختلف بحسب المواد العضوية وطرق الإنتاج المستخدمة في تحضيرها.

لغايتنا، سوف نفرق بين بعض أنواع الكومبوست وهي الثابت والبارد والساخن. يتم إنتاج "الكومبوست الثابت" لاهوائياً (بدون أكسجين) ويستغرق حوالي 6 أشهر لإنتاج كومبوست غني بالبكتيريا بأقل جهد. "الكومبوست البارد" يعتمد على الحشرات لتحليل المواد وقد يستغرق 4 أشهر. بالمقابل، يتم إنتاج "الكومبوست الساخن" أو "الكومبوست الحراري" هوائياً (مع الأكسجين) وهو أسرع بكثير (خلال 6 أسابيع)، ويعطي منتج غني بيولوجياً، ولكنه يتطلب المزيد من الجهد والمراقبة المستمرة.

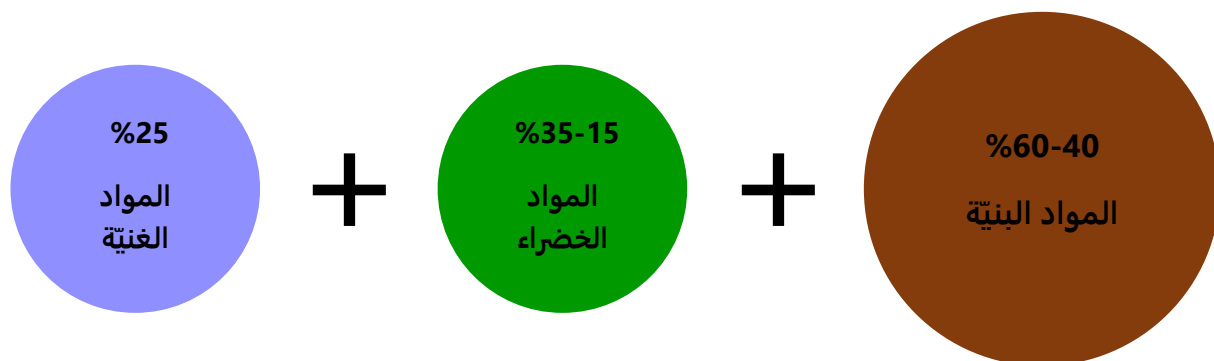
1.2.2. عملية إنتاج الكومبوست الحراري

لا توجد وصفة واحدة للحصول على كومبوست حراري جيد، حيث يمكن أن تؤثر العديد من المتغيرات على عملية الإنتاج (الظروف المناخية، وأنواع المواد المتاحة، والوقت والموارد المتاحة، وما إلى ذلك).

ومع ذلك، فإن المواد الخام المستخدمة في الكومبوست الحراري بشكل عام هي نفسها دائماً، على الرغم من أن نسبها قد تختلف بناءً على جودة الكومبوست المطلوبة. وفي أغلب الأحيان تتكوّن هذه المواد من:

- المواد البنّية (العصي الجافة، الأغصان، الفروع الصغيرة، رقائق الخشب، نشارة الخشب، الصحف، الكرتون، الأوراق الجافة والقش)
- المواد الخضراء (الحشائش، مخلفات الخضروات، الزهور، قصاصات الأعشاب، بقايا القهوة)
- المواد الغنية بالنيتروجين (روث الحيوانات، البذور)

الرسم التوضيحي 1 : الوصفة الأساسية لنسب المواد المستخدمة في الكومبوست الحراري



عملية الإنتاج هي نفسها إلى حد كبير في معظم الحالات، ولكنها قد تستغرق وقتاً أطول بحسب الظروف (الإعداد، والمواد، والطقس، وما إلى ذلك). في جميع الحالات، يتضمن ذلك بناء أكوام (حوالي 1 م³ في الحجم) أو صفوف من المواد، والتأكد من بقائها جيدة التهوية، ودافئة، وفي مستويات الرطوبة المناسبة.

الخطوات الأساسية لإنتاج السماد الحراري هي كما يلي:

1. نقوم بإعداد كمية كافية من المواد لبناء كومة 1 م³
2. نبدأ الكومة عن طريق قياس المواد بالنسب التي تحتاجها
3. نقوم ببناء طبقة أولى من المواد بالنسب الصحيحة، بمساحة حوالي 1 م × 1 م وارتفاع 20 سم
4. نضغط بقوة على الطبقة (بالمشي فوقها)
5. نروي الطبقة جيداً لتشييعها بالماء
6. نكرر ذلك مع الطبقة التالية حتى نصل إلى ارتفاع 1 م للكومة بحجم 1 م³
7. نقوم بريها مرة أخرى ونتأكد من عدم تعرض الكومة للجفاف
8. بعد 24 ساعة، نقوم بقياس درجة الحرارة في عدة ارتفاعات في وسط الكومة
9. عندما تصل درجة الحرارة إلى حوالي 55 - 75 درجة مئوية، نقوم بفك الكومة وخطها من الخارج إلى الداخل لبناء كومة جديدة.
10. نكرر العملية حوالي 5 مرات خلال 15 يوماً - إلا إذا انخفضت درجة حرارة ما دون 55 درجة مئوية

ملاحظة: يجب أن تبقى الكومة هوائية (معرضة للأكسجين) في جميع الأوقات، ويجب أن تبقى مستويات الرطوبة بين 40% و60% في جميع الأوقات.

الجدول 1 : مقارنة عامة للكومبوست الزراعي والبيئي

الكومبوست البيئي	الكومبوست الزراعي
قد يحتوي على ملوثات	خالي من الملوثات (مسببات الأمراض، بذور الأعشاب)
مصنوع من النفايات البلدية والمنزلية	مصنوع من النفايات الزراعية
التخمير يحلّل المواد	الحرارة تحلّل المواد
قد يحتوي على شوائب	خالي من الشوائب (الزجاج والبلاستيك والمعادن وغيرها)
قد يحتوي على روائح كريهة	رائحة ترابية لطيفة
الاستخدام النهائي بيئي (تغليف مطمر النفايات، عزل الكربون)	آمن للاستخدام الزراعي
جاهز خلال 4 أشهر (الحد الأدنى)	جاهز خلال 1.5 شهر (الحد الأدنى)
صيانة منخفضة (يتطلب القليل من الجهد أو لا يتطلب أي جهد)	صيانة عالية (يتطلب جهداً ومراقبة)
لا يوجد حدّ للحجم أو السعة	يتطلب حجماً لا يقل عن 1 م ³ للحصول على نتائج فعّالة

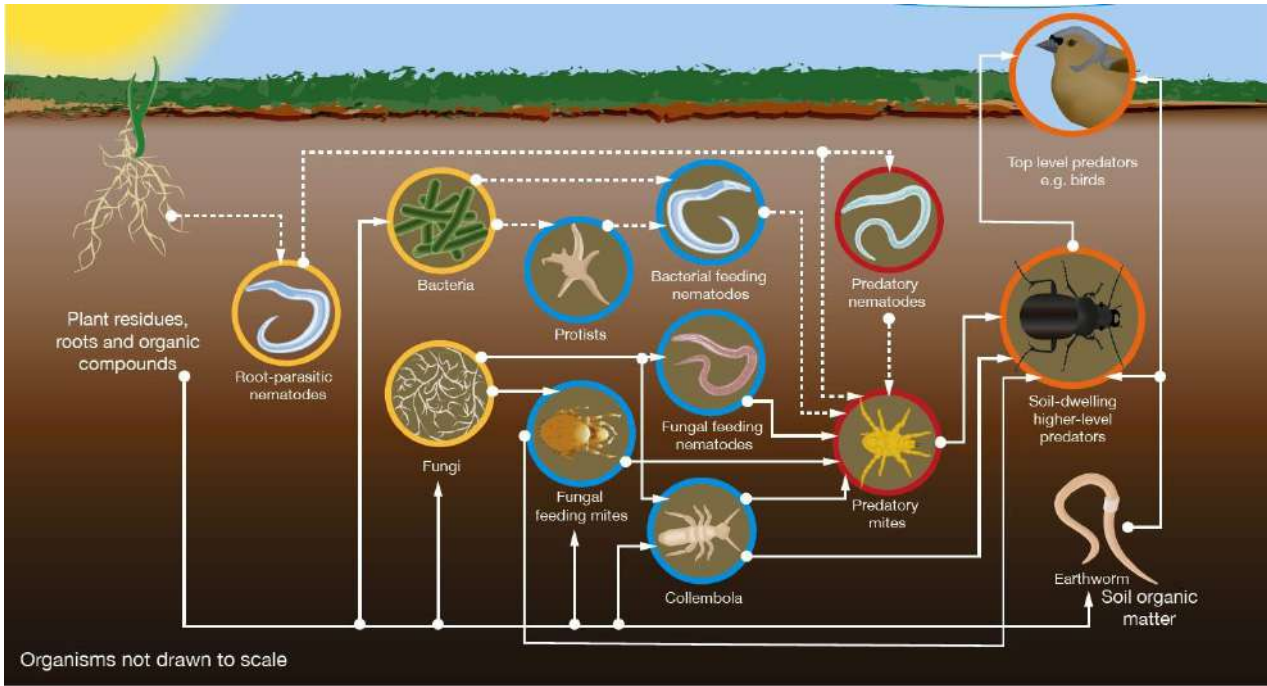
1.2.3. فوائد الكومبوست الحراري

يعتبر الكومبوست الحراري مثالياً للاستخدام الزراعي للأسباب المذكورة في الجدول 1 أعلاه. والأهم من ذلك، فإن الكومبوست الحراري يحتوي على مجموعة واسعة من المكونات المفيدة: بنك للعناصر الغذائية (البكتيريا والفطريات) ومدورات للعناصر الغذائية (الديدان الخيطية والطفيليات) التي تساهم في تحسين قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية.

هذه المكونات ضرورية لـ "شبكة غذاء التربة" (Soil Food Web) وهي شبكة متنوعة من الحياة المجهرية تحت التربة، لها علاقة وثيقة بخصوبة التربة. الدكتورة إيلين إنجهام (Elaine Ingham)، عالمة ذات شهرة عالمية متخصصة في الأحياء المجهرية في التربة، بحثت في هذا المفهوم وطوّرت. الشبكة الغذائية للتربة موجودة في التراب حول العالم، والتوازن والتفاعل بين مكونات هذه الشبكة هو المفتاح لتجدد التربة الفعّال، ضامناً خصوبة مستمرة ومستدامة. في الكومبوست البيئي، لا تتواجد هذه المكونات بالكميات أو النسب الصحيحة وبالتالي لا تمنح مجموعة كاملة من الفوائد للتربة والنبات.

رسم توضيحي 2 مكونات شبكة غذاء التربة

(المصدر: مجلس تنمية الزراعة والبستنة www.ahdb.org.uk)



"منذ الثورة الصناعية، تسارعت عمليات النمو لإنتاج الغذاء والمواد الخام التي يحتاجها السكان والمصانع. ولم تؤخذ أي خطوات فعّالة لتعويض فقدان الخصوبة الناتج عن هذه الزيادة الهائلة في الإنتاج النباتي والحيواني. والعواقب كارثية. لقد فقدت الزراعة توازنها: الأرض في حالة تمرّد؛ الأمراض بجميع أنواعها آخذة في الازدياد؛ في أجزاء كثيرة من العالم تقوم الطبيعة بإزالة التربة المستهلكة عن طريق الإنجراف".
السير ألبرت هورد - ميثاق زراعي (1943)

الفوائد الزراعية لتوازن الشبكة الغذائية للتربة:

- تحصل النباتات على تدفق مستمر من العناصر الغذائية التي يمكنها التحكم بها
- النباتات محمية ضد الآفات والأمراض
- تراجع نمو الأعشاب الضارة
- مع استعادة وظائف النظام البيئي تزول حاجة المزارع/ة لاستخدام المواد الكيميائية
- وتقل الحاجة إلى الري والحراثة، ما يؤدي إلى انخفاض في تكاليف الإنتاج

على مرّ السنين، أتقنت الدكتورّة إنغهام طريقة للكومبوست الحراري التي تضمن نتائج مثالية بناءً على الاحتياجات. تبقى وصفة الكومبوست ثابتة ومكوّنة من مواد بنية وخضراء وغنية بالنيتروجين (مراجعة الرسم التوضيحي 1، الصفحة 9)، ولكن النسب المختلفة للمواد البنية والخضراء تعطي نتائج مختلفة:

- استخدام كميات متقاربة من البني والأخضر (على سبيل المثال 40% بني - 35% أخضر) ينتج كومبوست يحتوي على الفطريات إلى البكتيريا (F:B) بنسبة 1:1 وهو مناسب للمحاصيل السنوية (يوفر الحد الأدنى من المتطلبات لنمو النبات وصحة التربة).

- نسبة أعلى من المواد البنية إلى الخضراء (على سبيل المثال 60% بني - 15% أخضر) تنتج كومبوست غني بالفطريات مع نسب F:B تتراوح بين 2:1 (الحد الأدنى) و100:1 (الحد الأقصى) وهو مناسب للأشجار المتساقطة الأوراق والنباتات المعمرة.

تفضل النباتات المعمرة بيئة فطرية سائدة بينما تفضل النباتات السنوية نسبة متوازنة وتفضل الأعشاب الضارة بيئة غنية بالبكتيريا.

تعتبر الديدان الخيطية والطفيليات ضرورية لتدوير العناصر الغذائية، حيث تفكك هذه الكائنات الحية الدقيقة المركبات الناتجة عن الفطريات والبكتيريا وتحولها إلى مغذيات قابلة للذوبان في الماء ومتاحة للنبات.

2. دراسة حالة: وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب

تهدف هذه الدراسة إلى توثيق وتحليل كافة خطوات إنشاء وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب. والهدف هو تقييم الجدوى الاقتصادية لمثل هذا المرفق من خلال تحليل التكلفة وقياس التأثير على خصوبة التربة وصحتها.

2.1. عرض لمزارع السفير

تأسست مزارع السفير عام 1996، على مساحة 7.3 هكتاراً في منطقة الغازية في جنوب لبنان. وتخصص المزرعة في زراعة مجموعة متنوعة من الأشجار المثمرة أغلبها أشجار استوائية وحمضيات بالإضافة إلى بعض الخضروات.

في البداية، مارست مزارع السفير الزراعة الكيميائية، حتى عام 2022 عندما التزمت مديرة العمليات الحالية، نور نحولي، بالانتقال إلى أسلوب زراعي مستدام وبيئي أكثر، عبر التوقف تدريجياً عن استخدام المبيدات والأسمدة الاصطناعية وغيرها من الممارسات الضارة.



منظر جوي لمزارع السفير (الصورة عبر جوجل إيرث)

وكجزء من هذا التحول، تم إنشاء وحدة إنتاج الكومبوست بمساعدة جمعية تراب للتربية البيئية - لبنان، وبتنويل من Terre et Humanisme ضمن مشروع الزراعة البيئية والسيادة الغذائية في جنوب البحر الأبيض المتوسط (AMED).

تم تصميم الوحدة لهدف مزدوج:

(1) لإنتاج كومبوست حراري عالي الجودة بكميات كافية لتغطية احتياجات صحة التربة في مزارع السفير. في السنوات الأولى حيث لا تزال التجارب مستمرة على المنتج، يمكن بيع الكميات الفائضة للمزارعين/ات في الجوار.

(2) لتكون بمثابة موقع توضيحي عملي للمبادئ الزراعية البيئية في إدارة الموارد في حلقة مغلقة، وفي الاستدامة، وفي التناغم البيئي ضمن النظم البيئية في البساتين. ولهذا الغرض تقدم الوحدة خدمات تعليمية وتدريبية للمزارعين/ات ومنتجي/ات الكومبوست.

2.2. تأسيس وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب

تم تصميم منشأة الكومبوست لتتناسب حجم وموارد مزارع السفير، مما يضمن الإدارة الفعالة للنفايات العضوية المنتجة في المزرعة.

2.2.1. إعداد الموقع

تم اختيار موقع مناسب لتطبيق 10 أكوام كومبوست داخل المزرعة على أرض إسمنتية كانت موجودة سابقاً مساحتها 30 م². يوفر الموقع وصولاً سهلاً لنقل المواد من وإلى وحدة الإنتاج دون إزعاج منطقة البساتين الرئيسية. وتم توسيع المساحة إلى 70 م² لتلبية احتياجات وحدة الكومبوست الحراري. تمت تغطية المنطقة لحماية أكوام الكومبوست من مياه الأمطار خلال فصل الشتاء ومن التعرض لأشعة الشمس ودرجات الحرارة المرتفعة خلال فصل الصيف. ويساهم هذا أيضاً في السماح للمجموعات الكبيرة بالتركيز بشكل أفضل خلال الدورات العملية.

عدة ظروف جعلت الموقع مثالياً لإنتاج الكومبوست الحراري:

- تهوية جيدة لتفريق الروائح، وبالتالي تقليل المشاكل المحتملة
- تعرض جزئي لأشعة الشمس ضروري لتدفئة أكوام الكومبوست بدون تجفيفها
- سهولة في الوصول إلى المياه للحفاظ على مستويات رطوبة كافية في الأكوام
- تصريف جيد للمياه لمنع الرطوبة الزائدة



وحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير (مصدر الصورة: نور نحولي)

2.2.2. تصميم وحدة إنتاج الكومبوست

اختيار أسلوب الإنتاج استند على مبادئ وتعاليم الدكتوراة إنغهام لضمان الظروف المثالية لنشاط الحياة المجهرية.

الوحدة مؤلفة من 10 أكوام كومبوست حراري بحجم 1 م³ ومأخذ جاهز للمياه وتهوية جيدة.

تم تركيب كل كومة على منصة خشبية لتسهيل التهوية وتصريف المياه، ومنع تلوث الأرض. تم استخدام منصة إضافية عند قلب أكوام الكومبوست.

تم إحاطة الأكوام بشبك فولاذ على شكل أسطوانة بقطر 1 متر. يوفّر الشبك هيكل ثابت لاحتواء المواد والحفاظ على شكل الكومة مع السماح لتدفق مناسب للهواء.

تمت تغطية المنطقة جزئياً لحماية الأكوام من مياه الأمطار وتوفير الظل للعمال والزوار.

للحصول على قائمة بجميع المواد المستخدمة في إنشاء وحدة الكومبوست الحراري، مراجعة الجدول 10: تكاليف تركيب وحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير والاستثمار المالي (صفحة 24).



بناء هيكل كومة الكومبوست (مصدر الصورة: نور نحولي)

2.3 إنتاج الكومبوست الحراري

2.3.1. تحضير المواد الخام

من أجل تخفيض التكاليف وتعزيز الاكتفاء الذاتي، كان من المهم تأمين المواد الخام (المواد الخضراء والبنية والغنية بالنيتروجين) من مزارع السفير أو من أقرب مكان ممكن. كان التخزين الصحيح لهذه المواد أيضاً أساسياً لضمان حالة مثالية للمواد لدعم نشاط المخلوقات الدقيقة وإنتاج كومبوست عالي الجودة.

جدول 2 : وصف المواد الخام المستخدمة في إنتاج الكومبوست في مزارع السفير

الوصف	تقليم الأشجار	المواد البنية
التحضير	تقطع إلى قطع صغيرة (تم استخدام ماكينة تقطيع الخشب في مزارع السفير)	
التخزين	تخزين في الخارج، تحت الأمطار وأشعة الشمس. هذا يضمن تحوّل المادة إلى اللون البني (مظهراً محتوى الكربون الأمثل) وتسريع عملية تحللها.	
المصدر	مزارع السفير + مدرسة مجاورة	

الوصف	-الأعشاب* - مخلفات المحاصيل (مثل الجذوع والقشور والفواكه والخضروات التالفة)**	مواد خضراء
التحضير	تقطع إلى قطع صغيرة (يدوياً)	
التخزين	لا تخزين (تستخدم مباشرة) يمكن تخزين بعض الحشائش في الخارج تحت أشعة الشمس واستخدامها كمواد خضراء، ولكن إذا تعرضت للماء فإنها تترك لتصبح مواد بنية.	
المصدر	مزارع السفير	

* تم استخدام أقل من 10% من إجمالي الحشائش التي تمت إزالتها من مزارع السفير، وتم تقطيع الحشائش المتبقية ورميها في موقعها لتوفير الغطاء والمواد العضوية للتربة
** حوالي 80% من مخلفات المحاصيل تم توفيرها من المزرعة

الوصف	روث الماعز*	مواد غنية بالنيتروجين
التحضير	لا تحضير	
التخزين	في الهواء الطلق، بعيداً عن أماكن المعيشة/العمل لمنع الروائح الكريهة والسماح للروث بالجفاف والتحلل، مما يعزز توفر العناصر الغذائية	
المصدر	مزرعة ماعز مجاورة	

* في البداية، تم استخدام روث الخيول من إسطبلات في صيدا لأنه كان رخيصاً ومتوفراً . ولكن عند اكتشاف شوائب مثل المواد البنية والمضادات الحيوية في الروث، تم استبداله بروث الماعز .

2.3.2 . الخلط والطبقات

تم إنشاء أكوام الكومبوست ضمن نسب دقيقة من المواد الغنية بالكربون إلى المواد الغنية بالنيتروجين للحصول على الحجم الصحيح للجسيمات والبنية ونسبة الكربون إلى النيتروجين (C:N). تم قياس المواد باستخدام دلو سعته 20 لتراً، ثم تم خلط المواد ووضعها في طبقات بناءً على وصفتين لإنتاج أنواع مختلفة من السماد المخصص لكل من أ) الأشجار وب) الخضروات.

جدول 3 : مقارنة تركيب المواد الخام في السماد الحراري للاستخدامات المختلفة

المواد الغنية بالنيتروجين	المواد الخضراء	المواد البنية	الاستخدام المقصود
%25	%15	%60	الأشجار
%25	%35	%40	الخضروات

تم وضع المواد داخل أسطوانات الشبك الفولاذية في طبقات وفق طريقة "اللازانيا". وتتكون كل طبقة من مواد بنية اللون، تليها طبقة من مواد خضراء، ثم طبقة من مواد غنية بالنيتروجين بارتفاع حوالي 20 سم. يتم بعد ذلك ري الطبقة بدرجة كافية ثم ضغطها قبل إنشاء الطبقة التالية.

يتم تكرار نفس عملية الطبقات حتى يتم الوصول إلى الحجم المطلوب وهو 1 م³.



طبقات كومة الكومبوست (مصدر الصور: نور نحولي)

2.3.3 . التقليب والري

خضعت الأكوام للخلط بانتظام حسب درجة الحرارة (تم تقليب كل كومة 35 مرة كمعدل عام) للحفاظ على الظروف الهوائية وضمان التحلل الموحد في جميع أنحاء الكومة.

تمت مراقبة الأكوام عن كثب للحفاظ على مستويات حرارة ورطوبة محددة. تم قياس درجات حرارة يومياً باستخدام ميزان حرارة الكومبوست على عمق 0.5 متر. وتم فحص مستويات الرطوبة بانتظام من خلال الفحص اليدوي (اختبار الضغط) لمنع الكومبوست من أن يصبح جافاً جداً أو رطباً جداً أثناء مراحل التفكك:

المرحلة المحببة للحرارة

المرحلة الحرارية تتميز بارتفاع درجات الحرارة في أكوام الكومبوست، حيث تتراوح بين 55 و75 درجة مئوية بسبب النشاط المكثف للكائنات الدقيقة العاملة في تحلل المواد الخام داخل الأكوام.

خلال هذه المرحلة، يتم سقي الأكوام وتقليبها بانتظام، بمعدل لا يقل عن مرة واحدة كل 2-3 أيام (يوميًا إذا بقيت درجات الحرارة عند 75 درجة مئوية) ولمدة لا تقل عن 15 يوماً أو أكثر، حسب مزيج المواد المستخدمة.

المرحلة المتوسطة (النضوج)

تشهد المرحلة المتوسطة تباطؤاً في عملية التفكك. وتبدأ درجات الحرارة داخل الأكوام في الانخفاض تدريجياً، حتى تصل وتستقر عند مستوى حرارة الجو (مراجعة الملحق ب - نموذج الرسم الحراري لكومة كومبوست، صفحة 30 و31). يشير هذا إلى نضج الكومبوست وجاهزيته للاستخدام.

خلال هذه المرحلة، يمكن تعديل وتيرة الري والخلط بناءً على التحلل المستمر، مع الاهتمام بالحفاظ على مستويات الرطوبة اللازمة.

في ظل ظروف مثالية، يمكن ان ينتج هذا النظام كومبوست عالي الجودة في كل دورة (حوالي شهرين)، مع عائد يساوي حوالي 40%-50% من مادة المدخلات (العائد يعتمد على تركيبة الكومة).

2.3.4. التعبئة والتخزين

عند انتهاء العملية بنجاح، يكون المنتج النهائي جاهزاً للاستخدام أو التخزين. يتم قياس الكومبوست وتعبئته في أكياس سعة 100 لتر أو 25 لتر شبيهة بأكياس الحبوب. يتم إغلاق الأكياس وتخزينها بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة والرياح والماء.

إن إعداد المواد الخام بعناية ومراقبة عملية الكومبوست عن كثب ألغى الحاجة إلى فحص الكومبوست النهائي لإزالة القطع الكبيرة أو الشوائب غير المرغوب فيها. هذا النهج المبسط يوفر الوقت والجهد، كما يضمن جودة الكومبوست.

في السنة الأولى، استخدمت وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب جزءاً صغيراً فقط من الكومبوست المنتج في الموقع. حتى الآن، تم إنتاج 3 أنواع مختلفة من الكومبوست المخصص للخضار ونوعين مختلفين من الكومبوست للأشجار. التجارب مستمرة لتحديد تركيبات الكومبوست المثالية للخضروات والأشجار قبل توسيع استخدام الكومبوست إلى مساحات أكبر في المزرعة (مراجعة الجزء التالي 2.4.1. التجارب).



مراقبة درجة حرارة كومة الكومبوست



قلب كومة الكومبوست
(مصدر الصور: نور نحولي)

2.4 تصنيف الكومبوست الحراري

2.4.1. التجارب

اعتمدت وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب وصفيتين بنسب متفاوتة من المواد البنية والخضراء لإنتاج نوعين رئيسيين من الكومبوست المخصص للخضار والأشجار (مراجعة الجول 3 في الصفحة 17).

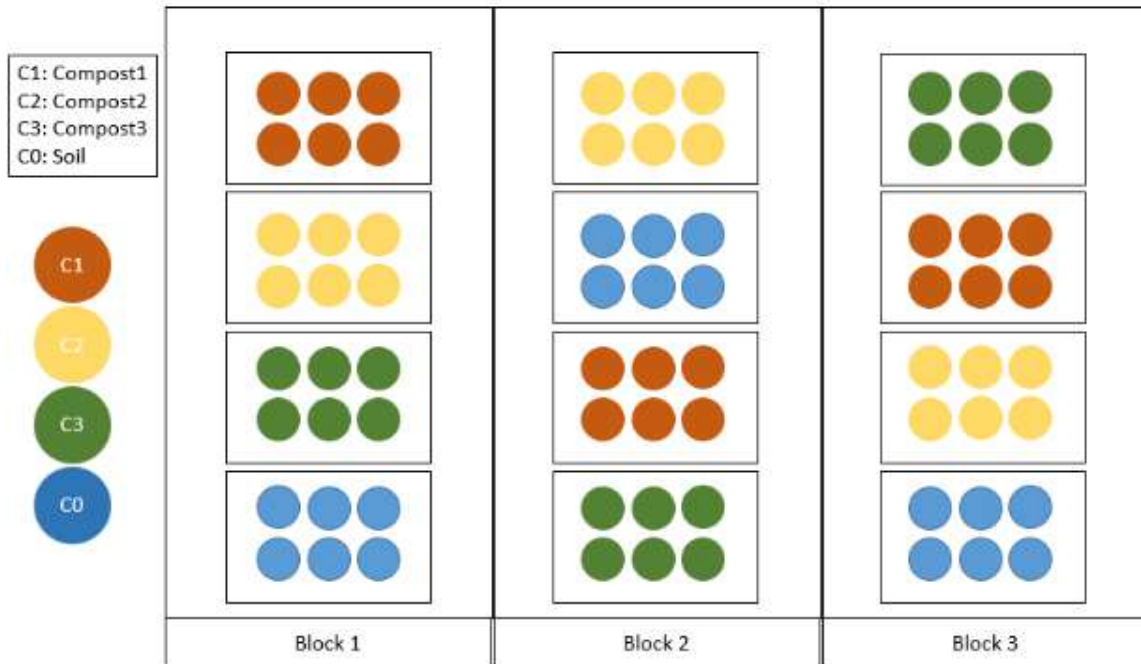
وكان من الضروري بعد ذلك قياس كفاءة الكومبوست المنتج. تم إجراء مجموعة من التجارب لمراقبة استجابة المحاصيل المختلفة لأنواع محددة من الكومبوست وتحديد أفضل مزيج لنموّ النبات الأمثل. تتطلب مراقبة تطبيقات الكومبوست في محاصيل الخضروات وقتاً أقل من الأشجار. النتائج المعروضة أدناه هي للتجارب على الخضار بشكل أساسي. أما نتائج التجارب الأخرى فهي متوقعة في نهاية سنة 2024.

التجربة الأولى: دراسة تأثير كومبوست الخضار على إنبات بذور الفجل ونموها

يهدف البروتوكول إلى تقييم تأثير ثلاثة أنواع من كومبوست الخضار (C1، C2، C3) المنتجة في وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب على إنبات ونمو بذور الفجل (F1 هجين) على مدى 30 يوماً.

استخدمت التجربة تصميم قوالب كاملة عشوائية (Randomized Complete Block Design) بإجمالي 72 وعاء مقسمة إلى 4 مجموعات مؤلفة من 18 وعاء: مجموعة واحدة لكل نوع كومبوست (3 أنواع) ومجموعة مراقبة (Control Group) رابعة لا تتلقى أي كومبوست (C0). تم زرع مجموعة المراقبة في تربة رمادية سوداء فقيرة بالمادة العضوية مستخرجة من المزرعة. تم توزيع 360 بذرة في الأوعية (5 بذور لكل وعاء). تم وضع الأوعية من كل مجموعة في كتل عشوائية للحد من آثار أي اختلاف بين الكتل، على سبيل المثال التعرّض لأشعة الشمس. تم تحديد ثلاثة معايير لتقييم النتيجة وهي معدل إنبات البذور، وارتفاع النبات، والأعشاب الضارة. تم إجراء التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام برامج إحصائية (SPSS, Excel) لتقييم أهمية الاختلافات الملحوظة ($p < 0.05$).

رسم توضيحي 3 : تصميم اختبار تأثير 3 أنواع من الكومبوست على إنبات بذور الفجل

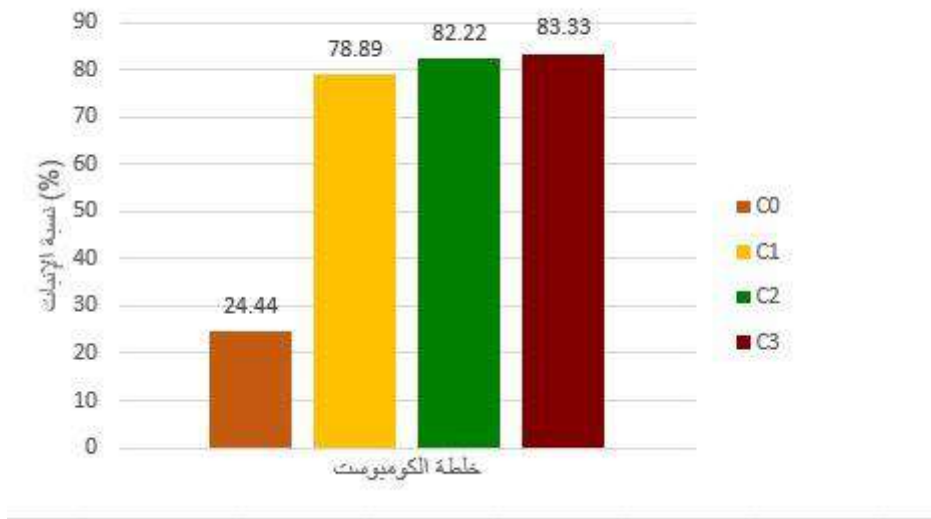


بالمقارنة مع مجموعة المراقبة، أظهرت أنواع الكومبوست الثلاثة تحسن ملحوظ في جميع المعايير المحددة:

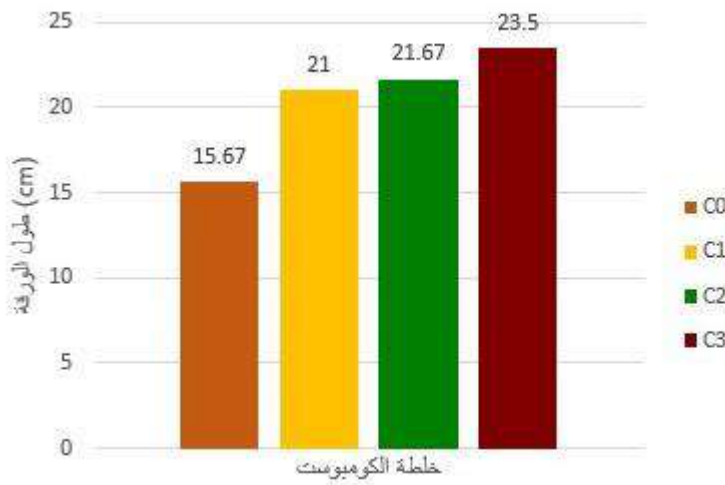
جدول 4 : متوسط قيم معدل الإنبات المقدر وطول الورقة ومعدل الإصابة بالأعشاب الضارة

نوع الكومبوست	عدد البذور النامية (#)	معدل الإنبات (%)	طول الورقة(سم)	عدد الأعشاب الضارة (#)
C0	1.22	24.44	15.67	37.83
C1	3.94	78.89	21	3.83
C2	4.11	82.22	21.67	3.05
C3	4.16	83.33	23.5	2.5

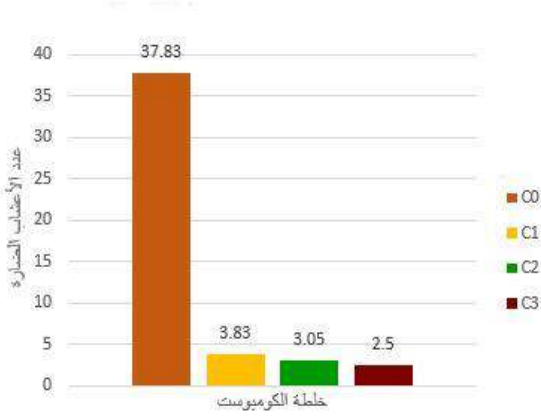
جدول 5 : معدل الإنبات (%) لبذور الفجل في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة



جدول 6 : معدل طول الورقة (سم) لنباتات الفجل في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة



جدول 7 : عدد الأعشاب الضارة (#) في 3 أنواع من الكومبوست وفي التربة



وتيرة الحشائش في المجموعة الضابطة (يمين)
وفي الكومبوست (يسار)
(مصدر الصور: نور نحولي)

التجربة الثانية: دراسة تأثير كومبوست الأشجار على إنبات بذور الخروب ونموها

يهدف البروتوكول إلى تقييم تأثير نوعين من كومبوست الأشجار (TC1، TC2) المنتجين في وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب على إنبات ونمو بذور الخروب على مدار 30 يوماً.

استخدمت التجربة تصميم قوالب عشوائية كاملة (Randomized Complete Block Design) بإجمالي 36 وعاء مقسمة إلى 3 مجموعات معالجة ومجموعة مراقبة (Control Group) رابعة لن تتلقى أي كومبوست (C0). تم تحديد أربعة معايير لتقييم النتائج، وهي معدل إنبات البذور، وارتفاع النبات، ووزن الجذور، والأعشاب الضارة.

النتائج متوقعة بحلول نهاية عام 2024.

التجربة الثالثة: دراسة تأثير كومبوست الأشجار على نمو شتلات الفراولة

يهدف البروتوكول إلى تقييم تأثير نوعين من كومبوست الأشجار (TC1، TC2) المنتجين في وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب على نمو شتلات الفراولة.

تتضمن التجربة خمس معاملات، تشمل خلطات من الكومبوست و التربة، ومستخلصات الكومبوست، ومجموعة لم يضاف لها كومبوست بتصميم قوالب عشوائية كاملة (Randomized Complete Block Design) وثلاث مكررات. تم تحديد ستة معايير لتقييم النتائج، وهي ارتفاع النبات، وعدد الأوراق، ونمو الجذور، والإزهار، والإثمار، والنكهة.

النتائج متوقعة بحلول نهاية عام 2024.

التجربة الرابعة: دراسة تأثير كومبوست الأشجار على أشجار الزيتون الصغيرة

يهدف البروتوكول إلى إجراء مقارنة بين تأثير نوعين من كومبوست الأشجار (TC1، TC2) المنتجين في وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب على أداء بستان زيتون صغير.

تتضمن التجربة خمس معاملات، بما في ذلك إضافة الكومبوست على السطح أو دمجها، مع تصميم قوالب عشوائية كاملة (Randomized Complete Block Design). تم تكرير الإختبار ثلاث مرات. تم تحديد سبعة معايير لتقييم النتائج، وهي نمو الأشجار، وإنتاج الثمار، والأعشاب الضارة، والأمراض والآفات، والظروف المناخية.

النتائج متوقعة بحلول أكتوبر 2026 على أقرب تقدير.

2.4.2. التقييم البيولوجي

التقييم البيولوجي للكمبوست مهم في توفير معلومات قيمة حول صحة وأداء عملية الكمبوست. يتم تقييم الجانب البيولوجي للكمبوست من خلال اختبارات مجهرية لمراقبة وجود ونشاط مكونات شبكة غذاء تربة.

يعتمد هذا النهج الميكروبيولوجي على علم الدكتوراة إيلين إنغهام وهو مناسب لأهداف مزارع السفير وجمعية تراب. الأساليب الأخرى في تصنيف جودة الكمبوست تتضمن إكثار المخلفات الدقيقة في أطباق بتري، على سبيل المثال، ولكن هذا فعال فقط في مراقبة نمو البكتيريا اللاهوائية الانتقائية لتحديد الوجود المحتمل للأمراض ومسببات الأمراض - والأهم من ذلك، أنه لا يحدد وجود ونشاط مدورات العناصر الغذائية.

جدول 8 : أهمية التقييم البيولوجي في تصنيف الكمبوست

التحلل: تلعب الكائنات الحية الدقيقة، مثل البكتيريا والفطريات والفطريات الشعاعية، دوراً رئيسياً في تحلل المواد العضوية إلى كومبوست غني بالمغذيات. يسمح لنا الاختبار البيولوجي بقياس مستوى نشاط الحياة المجهرية، مما يضمن أن عملية الكمبوست تقوم بتفكيك المواد العضوية بشكل فعال.	نشاط الحياة المجهرية
تحرير العناصر الغذائية: تقوم الكائنات الحية الدقيقة بتفكيك المركبات العضوية المعقدة إلى مركبات بسيطة، مما يحرر العناصر الغذائية الأساسية لنمو النبات. يساعد تقييم نشاط الحياة المجهرية في فهم كفاءة تدوير المغذيات في الكمبوست، وهو أمر مهم لتحسين التربة.	تدوير العناصر الغذائية
تقليل الأمراض وبذور الاعشاب الضارة: عملية الكمبوست الفعالة مع النشاط المجهرية الصحيح تساهم في قمع الأمراض وبذور الاعشاب الضارة. يسمح لنا الاختبار بالتأكد من أن عملية الكمبوست قد وصلت إلى درجات حرارة كافية للقضاء على الأمراض النباتية المحتملة وبذور الحشائش.	الأمراض وبذور الاعشاب الضارة
مستويات التهوية: الحياة المجهرية المفيدة غالباً ما تتطلب الأكسجين، والتهوية المناسبة ضرورية للحصول على الكمبوست الأمثل. يساعد الاختبار في تأكيد تهوية كومة الكمبوست بشكل جيد، مما يمنع تطور الظروف اللاهوائية التي يمكن أن تنتج روائح كريهة ومنتجات ثانوية ضارة.	الظروف الهوائية مقابل الظروف اللاهوائية
يمكن أن يشير الاختبار إلى مستوى ثبات الكمبوست ونضجه. من غير المرجح أن يتسبب الكمبوست الناضج في حدوث مشاكل في ربط النيتروجين في التربة ويكون أكثر فائدة لنمو النبات.	استقرار ونضج الكمبوست
إذا لم يكن النشاط المجهرية عند المستوى المطلوب، فيمكن للاختبار أن يوجه التعديلات في عملية الكمبوست، مثل خلط الكومة، أو ضبط مستويات الرطوبة، أو موازنة نسب الكربون إلى النيتروجين.	تحسين ظروف عملية الكمبوست

هناك عدة عوامل يمكن أن تؤثر بشكل ملحوظ على بيولوجيا نظام الكمبوست. يعد فهم هذه العوامل وإدارتها أمراً ضرورياً لتحقيق الظروف المثالية وإنتاج كومبوست عالي الجودة:

• نسبة الكربون إلى النيتروجين: تتطلب الكائنات الحية الدقيقة توازناً مناسباً بين الكربون والنيتروجين من أجل التحلل الفعال. تؤثر نسبة C:N على نسبة الفطريات إلى البكتيريا (F:B).

•محتوى الرطوبة: الكائنات الحية الدقيقة تحتاج إلى الرطوبة لتنمو وتتكاثر. الرطوبة العالية في أكوام الكومبوست تسبب ظروف لاهوائية، مما يؤدي إلى روائح كريهة وتراجع في النشاط المجهري المفيد. وفي المقابل، الظروف الجافة تؤدي إلى موت الكائنات الحية الدقيقة أو تعطل نشاطها.

•مستويات التهوية والأكسجين: التهوية الكافية ضرورية للتحلل الهوائي. يساعد تقليب أو تهوية كومة الكومبوست في الحفاظ على مستويات الأكسجين، مما يمنع تطور الظروف اللاهوائية التي تنتج روائح كريهة وتتحلل غير كامل.

•اختيار المواد الأولية: تؤثر أنواع المواد المستخدمة كمواد أولية على المجتمع المجهري في الكومبوست. المواد الأولية المتنوعة تساهم في تنوع أكبر في العناصر الغذائية والمخلوقات المجهريّة. يزيد الأمونيوم من مستوى الفطريات بينما يزيد النترات من مستوى البكتيريا.

•تواتر الخلط: يؤدي التقليب أو الخلط المنتظم لكومة الكومبوست إلى توفير الأكسجين، و توزيع الرطوبة بالتساوي، وتعزيز نشاط الحياة المجهريّة. الخلط أيضاً يمنع تشكيل جيوب لا هوائية داخل الكومة. الخلط الزائد يمكن أن يؤثر على أعداد الكائنات الحية الدقيقة والفطريات والديدان الخيطية والبروتوزوا التي لا تحب الإزعاج المفرط.

يسجل الجدول 9 تعداد المخلوقات المجهريّة في عينات كومبوست مختلفة. هذه المجموعات تتأثر بالرطوبة والحرارة والمواد العضوية. تساعد هذه الأرقام في تقييم عملية الكومبوست وجودة المنتج. إن غياب الديدان الخيطية يظهر الحاجة لزيادة تنوع المدخلات، بما أن الديدان الخيطية أساسية في تدوير العناصر الغذائية وجعلها متاحة للنباتات. تعرف الديدان الخيطية في بعض المراجع بالديدان الثعبانية أو النيماتودا. تقوم الديدان الخيطية بهذا الدور عبر تفكيك المواد العضوية واستهلاك البكتيريا والفطريات وغيرها من المخلوقات المجهريّة، لذا هي ضرورية في شبكة غذاء التربة. كما أن تدني أعداد الديدان الخيطية في التراب يدل على فقر التربة أو نقص بالمواد العضوية أو ظروف مناخية غير مناسبة. للمزيد من التفاصيل حول نسبة الفطريات للبكتيريا (F:B) مراجعة الجزء 1.2.3 حول فوائد الكومبوست الحراري.

جدول 9 : التقييم البيولوجي لعينات كومبوست من 8 أكوام في مزارع السفير

كومة 24	كومة 23	كومة 22	كومة 21	كومة 20	كومة 19	كومة 18	كومة 17	
2.46486375	0.99356634	1.06394984	1.70926207	1.08317494	0.28357883	0.96244369	1.04442903	نسبة F:B
1		5	4	1	2		2	
686,726,400	1,098,275,200	607,060,571	508,956,800	773,176,000	667,244,800	579,577,600	547,920,000	البكتيريا (#)
5,251	5,068	2,808	5,394	6,849	913	4,657	4,452	الفطريات (الطول)
304,400	1,522,000	913,200	608,800	913,200	1,522,000	913,200	608,800	السوطيات (Flagellate)
0	1,826,400	608,800	304,400	608,800	304,400	304,400	0	الهدبيات (Ciliate)
304,400	304,400	2,435,200	1,217,600	0	0	0	1,217,600	الأميبا (Amoeba)
0	0	0	0	0	0	0	0	الديدان الخيطية ف (Nematode F)
0	100	0	0	0	0	0	0	الديدان الخيطية ب

								(Nematode B)
0	0	0	0	0	0	0	0	الديدان الخطية ر (Nematode R)
0	0	0	0	0	0	0	0	الديدان الخطية ب (Nematode P)

2.5. تكاليف إعداد منشأة الكومبوست الحراري

2.5.1. الإستثمار المالي

تتعلق الاستثمارات الرئيسية المرتبطة بعمليات الكومبوست الساخن بإنشاء موقع الكومبوست وشراء المعدات اللازمة.

ومن الجدير بالذكر أن مزارع السفير كانت تمتلك بعض المعدات المطلوبة والإمدادات لتوفير المياه. كما وتمكنت من الحصول على بعض المواد الخام مجاناً (المواد الخضراء المنتجة في المزرعة) أو بتكلفة مخفضة (روث الماعز).

بالإضافة الى ذلك، تضمنت التكاليف الاستثمارية في مزارع السفير توسيع الأرضية الاسمنتية، وآلة فرم الخشب، ومساحة للتدريبات. هذه العناصر قد لا تكون ضرورية عند تكرار النموذج في مواقع أخرى.

جدول 10 : تكاليف تركيب وحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير والإستثمار المالي

الغرض	الكمية	سعر الوحدة (بالدولار الأمريكي)	التكلفة الإجمالية (بالدولار الأمريكي)	سنوات الاستهلاك	الاستهلاك السنوي (بالدولار الأمريكي)
توسيع الارضية الاسمنتية	1	200	200	30	6.67
الصفائح المعدنية بالمتر المربع	70	3.8	266	15	17.733
بناء مساحة التدريب (العمالة)	1	14	14	15	0.93
شبكة سياج مضاد للصدأ (3.5 م × 1 م)	10	8.5	85	3	28.3
آلة فرم الخشب*	1	1,500	-----	10	0
طبليّة خشب	11	12	132	10	13.2
مرشحة للري (15 لتر)	1	5.6	5.6	3	1.86
برميل ماء (200 لتر)**	1	14	14	30	0.46
مقصات تقليم	1	40	40	10	4

1	10	10	10	1	ميزان حرارة للكمبوست
5.5	2	11	1	11	شبكة (1 م × 1 م)
0.67	15	10	10	1	رأس شوكة القش او شاعوية
1	3	3	3	1	عصا شوكة
81.33 دولاراً أمريكياً	المجموع السنوي	790.6 دولاراً أمريكياً			المجموع

*ممولة من خلال منحة من جمعية تراب للتربية البيئية - لبنان

** تم شراؤه مستعمل بسعر مخفض

2.5.2. التدفق النقدي والتكاليف التشغيلية

بما أن معظم المواد الخام يتم توفيرها من مزارع السفير، فإن التكاليف التشغيلية تتكون بشكل رئيسي من تكاليف اليد العاملة والوقود.

في تقييم جدوى إنشاء وتشغيل وحدة الكومبوست الحراري، قمنا بتقييم جدوى المكونات الرئيسية الثلاثة للمشروع: (أ) إمدادات المواد الخام، (ب) صيانة الآلات، و (ج) استهلاك الوقود، واليد العاملة، والتكاليف التشغيلية الأخرى اللازمة لإبقاء المشروع قائم.

جدول 11 : التكاليف التشغيلية السنوية لوحدة إنتاج الكومبوست في مزارع السفير (10 أكوام × 4 دورات)

الغرض	الكمية	سعر الوحدة (بالدولار الأمريكي)	التكلفة الإجمالية (بالدولار الأمريكي)
اليد العاملة (معدل التكاليف الشهرية على أساس ساعات عمل متفاوتة)	12	98	1,177
شحنة روث حيواني (50 كيس، ~90 لتر لكل كيس)	4	50	200
استهلاك الوقود	250 لتر	~ 1	~ 250
قفازات	12	2	24
دلو *	1	2	2
مكنسة	1	3.5	3.5
عصا المكنسة	3	0.5	1.5
الكهرباء (تكلفة ضئيلة)	----	----	----
الماء (تكلفة ضئيلة)	----	----	----
المجموع			1,656 دولار أمريكي

تكاليف اضافية

الغرض	الكمية	سعر الوحدة	التكلفة الإجمالية
صيانة الآلات**	1	~ 50 دولاراً أمريكياً	~ 50 دولاراً أمريكياً

* تم الحصول عليه مجاناً

**في الواقع، سوف تزداد تكاليف الصيانة مع مرور الوقت، ولكن من أجل التبسيط، تم اعتبار الرقم ثابتاً وقدر تقريبياً بـ 50 دولاراً أمريكياً

2.5.3 . الإنتاج

أنتجت كل كومة من كومبوست الأشجار معدّل 500 لتراً من المنتج النهائي، وأنتجت كل كومة من كومبوست الخضار معدل 430 لتراً.

بناءً على هذه الأرقام، بلغ الإنتاج السنوي لـ 20 كومة من كومبوست الأشجار و 20 كومة من كومبوست الخضار (10 أكوام على 4 دورات بإجمالي 40 كومة سنوياً) حوالي 10000 لتر من كومبوست الأشجار و 8600 لتر من كومبوست الخضروات كما هو موضح في الجدول 15 .

جدول 12 : إنتاجية أكوام الكومبوست في السنة (4 دورات)

نوع الكومبوست	معدل الانتاج لكل كومة	عدد الأكوام	معدل الانتاج السنوي
كومبوست الأشجار	500 لتر	20	10 000 لتر
كومبوست الخضار	430 لتر	20	8 600 لتر
مجموع الانتاج السنوي			18 600 لتر

2.5.4 . التدفق المالي

في السنة الأولى من العمل، أنتجت الوحدة 18,600 لتراً من الكومبوست. وبمتوسط سعر 0.28 دولاراً أمريكياً للتر، تبلغ قيمة إجمالي الإنتاج 5,208 دولاراً أمريكياً (بتكلفة إنتاج إجمالية قدرها 1,706 دولاراً أمريكياً).

من الناحية العملية، وبما أنها السنة الأولى من الإنتاج والتجارب، فقد تم استخدام جزء من الكومبوست المنتج في الموقع لمحاصيل الخضروات والأشجار. وتم بيع جزء آخر من الإنتاج للمزارعين المحليين في أكياس سعة 25 لتراً أو 100 لتراً بسعر متوسط قدره 0.28 دولاراً أمريكياً للتر.

جدول 13 : بيان التدفق النقدي لوحدة انتاج الكومبوست في مزارع السفير (السنة الأولى)

الكومبوست المنتج (باللتر)	تكلفة الانتاج (بالدولار الأمريكي)	الكومبوست المستخدم (باللتر)	الكومبوست (باللتر)	المدخرات (بالدولار الأمريكي)	الكومبوست المباع (باللتر)	إيرادات المبيعات (بالدولار الأمريكي)	الكومبوست المتبقي (باللتر)
18,600	1,706	1,900	532	2,035	569.8	14,665	
مجموع التكاليف	مجموع المداخيل	القيمة					
1,706 دولار أمريكي	1,101.8 دولار أمريكي	4,106.2 دولار أمريكي					

3 . التوصيات

تم بذل الكثير من الوقت والجهد في تخطيط وتنفيذ وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب كمنشأة ومساحة مزدوجة الوظيفة.

واستناداً إلى الخبرة المتراكمة من هذه التجربة، يمكننا مشاركة مجموعة توصيات لأي فرد أو مؤسسة تريد تطبيق هذا النموذج:

- إجراء أبحاث واسعة النطاق وطلب التوجيه. بالنسبة للمبتدئين، فإن استشارة أحد المتخصصين أمر بالغ الأهمية لصياغة خطة إنتاج مثالية.
- البداية بمشاريع كومبوست صغيرة الحجم لاكتساب الخبرة والتكيف مع الموارد المتاحة، ثم الانتقال إلى عمليات إنتاج أكبر.
- تحديد أسلوب إنتاج مناسب للظروف الموجودة (المناخ، اليد العاملة، المواد الخام، الموارد).
- إجراء مراقبة وتقييم دؤوب ومتواصل لأكوام الكومبوست (درجة الحرارة ومستويات الرطوبة والتهوية) لضمان إنتاج مثالي.
- التجربة والملاحظة والتكيف. عملية إنتاج الكومبوست هي عملية تجريبية. سوف تحتاج وصفة كومبوست عالي الجودة إلى التعديل وفقاً للظروف المحلية.
- الصبر أساسي بما أن الكومبوست عملية طبيعية تتطلب وقتاً كافياً لضمان الجودة والفعالية.

وإلى جانب تطبيقاته الزراعية، يمكن أن يدعم الكومبوست إنشاء مبادرات يقودها المجتمع المحلي تتناول تحسين الاستدامة، وسلامة الغذاء والتغذية، والحفاظ على التنوع البيولوجي، والإدارة المسؤولة للموارد لضمان صحة الأجيال القادمة والكوكب. ويتطلب تحقيق ذلك إشراك المجتمع المحيط من خلال:

- بناء الوعي حول الأساليب البيئية للتعامل مع النفايات العضوية من خلال المحتوى والأنشطة التوعوية والتعليمية.
- إظهار كفاءة وفوائد الكومبوست من خلال الزيارات الميدانية للأراضي الزراعية ومشاركة البيانات حول التكاليف والعائدات وصحة التربة وجودة المحاصيل وما إلى ذلك.
- تشجيع التحول إلى نظم غذائية بيئية من خلال الوصول إلى المزارعين بالتدريب والتوجيه والدعم.

"إنتقال مزارع السفير إلى الممارسات الزراعية البيئية مع الكومبوست هي بمثابة رحلة مثمرة حوّلت البستان إلى نموذج للاستدامة. نحن نشجع بشدة زملائنا المزارعين/ات على تبني هذا النهج التغييري والمساهمة بنشاط في مستقبل زراعي أكثر وعياً بالبيئة وأكثر استدامة!"
نور نحولي، مديرة عمليات مزارع السفير

4 . الملحق والمراجع

4.1. الملحق

الملحق أ: الحد الأدنى للتكاليف السنوية لوحدة إنتاج كومبوست

معدات

الغرض	الكمية	سعر الوحدة (بالدولار الأمريكي)	التكلفة الإجمالية (بالدولار الأمريكي)
شبكة سياج مضاد للصدأ (3.5 م × 1 م)	10	8.5	85
طبليبة خشب	11	12	132
مرشحة للري (15 لتر)	1	5.6	5.6
ميزان حرارة للكومبوست	1	10	10
رأس شوكة القش	1	10	10
عصا شوكة	1	3	3
قفازات	12	2	24
المجموع			790.6 دولاراً أمريكياً

مواد خام

الغرض	الكمية	سعر الوحدة (بالدولار الأمريكي)	التكلفة الإجمالية (بالدولار الأمريكي)
شحنة روث حيواني (50 كيس، ~90 لتر لكل كيس)	4	50	200
المجموع			200 دولار أمريكي

تكاليف إضافية (اختياري)

الغرض	الكمية	سعر الوحدة~ (بالدولار الأمريكي)	التكلفة الإجمالية~ (بالدولار الأمريكي)
يد عاملة (متوسط التكلفة الشهرية على أساس ساعات عمل متفاوتة)	12	100	1,200
آلة فرم خشب	1	1,500	1,500
صيانة الآلات	1	50	50

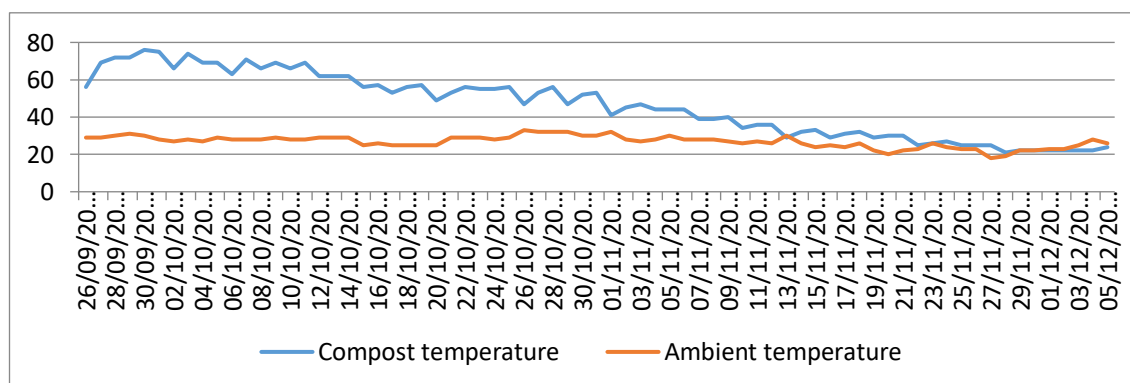
• قد تختلف الأسعار حسب المنشأ/الجودة

• الأسعار تعتمد على توفر المواد الخام (المواد الخضراء والبنية) في الموقع. المواد وتكاليف النقل إضافية يجب ادخالها في الحساب.

الملحق ب: عينة من الرسم الحراري لكومة كومبوست واحدة

التاريخ	درجة حرارة الكومة (درجة مئوية)	درجة الحرارة المحيطة (درجة مئوية)	ملاحظات
2023/09/25	--	--	--
2023/09/26	56	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/09/27	69	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/09/28	72	30	تقليب الكومة للمرة الاولى + ري
2023/09/29	72	31	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/09/30	76	30	تقليب الكومة للمرة الثانية + ري
2023/1/10	75	28	تقليب الكومة للمرة الثالثة + ري
2023/2/10	66	27	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/3/10	74	28	تقليب الكومة للمرة الرابعة + ري
2023/4/10	69	27	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/5/10	69	29	تقليب الكومة للمرة الخامسة + ري
2023/6/10	63	28	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/7/10	71	28	تقليب الكومة للمرة السادسة + ري
2023/8/10	66	28	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/9/10	69	29	تقليب الكومة للمرة السابعة + ري
2023/10/10	66	28	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/11	69	28	تقليب الكومة للمرة الثامنة + ري
2023/10/12	62	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/13	62	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/14	62	29	تقليب الكومة للمرة التاسعة + ماعري
2023/10/15	56	25	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/16	57	26	تقليب الكومة للمرة العاشرة + ري
2023/10/17	53	25	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/18	56	25	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/19	57	25	تقليب 11 + ري
2023/10/20	49	25	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/21	53	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/22	56	29	تقليب 12 + ري
2023/10/23	55	29	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/24	55	28	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/25	56	29	تقليب 13 + ري
2023/10/26	47	33	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/27	53	32	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/28	56	32	تقليب 14 + ري
2023/10/29	47	32	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/30	52	30	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/10/31	53	30	تقليب 15 + ري
2023/1/11	41	32	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/2/11	45	28	ليس هناك حاجة للتقليب
2023/3/11	47	27	تقليب 16 + ري
2023/4/11	44	28	ليس هناك حاجة للتقليب

ليس هناك حاجة للتقليب	30	44	2023/5/11
تقليب + 17 ري	28	44	2023/6/11
ليس هناك حاجة للتقليب	28	39	2023/7/11
ليس هناك حاجة للتقليب	28	39	2023/8/11
تقليب + 18 ري	27	40	2023/9/11
ليس هناك حاجة للتقليب	26	34	2023/10/11
ليس هناك حاجة للتقليب	27	36	2023/11/11
تقليب + 19 ري	26	36	2023/12/11
ليس هناك حاجة للتقليب	30	29	2023/11/13
ليس هناك حاجة للتقليب	26	32	2023/11/14
تقليب + 20 ري	24	33	2023/11/15
ليس هناك حاجة للتقليب	25	29	2023/11/16
ليس هناك حاجة للتقليب	24	31	2023/11/17
تقليب + 21 ري	26	32	2023/11/18
ليس هناك حاجة للتقليب	22	29	2023/11/19
ليس هناك حاجة للتقليب	20	30	2023/11/20
تقليب + 22 ري	22	30	2023/11/21
ليس هناك حاجة للتقليب	23	25	2023/11/22
ليس هناك حاجة للتقليب	26	26	2023/11/23
تقليب + 23 ري	24	27	2023/11/24
ليس هناك حاجة للتقليب	23	25	2023/11/25
ليس هناك حاجة للتقليب	23	25	2023/11/26
تقليب + 24 ري	18	25	2023/11/27
ليس هناك حاجة للتقليب	19	21	2023/11/28
ليس هناك حاجة للتقليب	22	22	2023/11/29
تقليب + 25 ري	22	22	2023/11/30
ليس هناك حاجة للتقليب	23	22	2023/1/12
ليس هناك حاجة للتقليب	23	22	2023/2/12
تقليب + 26 ري	25	22	2023/3/12
ليس هناك حاجة للتقليب	28	22	2023/4/12
ليس هناك حاجة للتقليب	26	24	2023/5/12



- European Compost Network. (2019). *ECN-QAS Manual - European Compost Network*. [online] Available at: <https://www.compostnetwork.info/ecn-qas/ecn-qas-manual/>
- Jay, M. (2019). Growing Link between Lebanon's Cancer Surge and EU Abetted Corruption. [online] International Policy Digest. Available at: <https://intpolicydigest.org/growing-link-between-lebanon-s-cancer-surge-and-eu-abetted-corruption/>
- Shoofy, F. (2020). الزراعة والنفايات: دولارات لبنان في الأسمدة العضوية! [online] Al-Akhbar. Available at: <https://al-akhbar.com/Politics/288355> [Accessed 2024].
- Howard, A. (1943). *An Agricultural Testament*. Oxford University Press.
- Land Stewardship Project (2019). *Elaine Ingham & Soil Health: How to Weave a Web of Willing Workers*. [online] Montevideo 117 South First Street Montevideo, MN 56265 (320) 269-2105: Land Stewardship Project. Available at: <https://landstewardshipproject.org/soil-health/soil-builders-network/>.

4.3 المزيد من القراءة

لقراءة المزيد عن شبكة غذاء التربة ودور وفوائد عناصرها المختلفة، مراجعة:

- Griffiths, B., Crotty, F. and Shepherd, M. (2019). The Soil Food Web - Factsheet. [online] bbro.co.uk. Stoneleigh Park, Kenilworth, Warwickshire, CV8 2TL: AHDB-BBRO Soil Biology and Soil Health Partnership. Available at: <https://bbro.co.uk/media/50174/19-6-soilfoodweb.pdf>
- Krishnamurthy, V. and Wilson, S. (2010). Naturally Reducing Dependency on Synthetic Fertilisers and Other Chemicals - A Novel Approach to Soil Health Assessment. [online] Microscopy.olumpus.eu. Olympus Europa Holding. Available at: <https://www.envirotech-online.com/article/environmental-laboratory/7/olympus-europa-se-cokg/naturally-reducing-dependency-on-synthetic-fertilisers-and-other-chemicals-a-novel-approach-to-soil-health-assessment/682/download>
- Associazione Microfinanza e Sviluppo ONLUS (2020). The Usage of Compost-Like Outputs in Lebanon: regulatory framework, opportunities and threats. A Survey. [online] www.microfinanzaesviluppo.it. Via Negrano 23 - 38123 Trento- Italy Associazione@microfinanza.it: Associazione Microfinanza e Sviluppo ONLUS. Available at: https://www.microfinanzaesviluppo.it/wp-content/uploads/2021/02/Compost_Survey_Lebanon.pdf

5. شكر وتقدير

إن إنشاء وحدة السفير لإنتاج الكومبوست والتدريب، بالإضافة إلى إنتاج جميع المواد التعليمية ذات الصلة - بما في ذلك هذه الوثيقة - كان نتيجة لجهود وتفاني العديد من الأفراد على مدار عامين.

إدارة مشروع الكومبوست والإستشارات: وائل يمين

تنفيذ وتشغيل وحدة الكومبوست: نور نحولي

البحث وجمع البيانات: بيان أبو مرعي

استشارات التحرير والتواصل: أليكسي بغدادي

التنسيق: رولا الخوند

المراجعة والترجمة إلى العربية: غسان السلطان

بالإضافة إلى ذلك، نود أن نشكر الأفراد التاليين لدعمهم وإيمانهم بالمشروع:

عبير ناصيف وعائلتها لمساعدتهم في إنشاء وحدة الكومبوست.

سيلفي عون لإجراء تمرين التشخيص لمزارع السفير باستخدام أداة الـ *fermoscopie*.

ريتا الخوند من Terre et Humanisme لتقديم الدعم والإستشارة.

وأعضاء جمعية تراب للتربية البيئية - لبنان الذين شاركوا في المشروع منذ بداياته: أماني داغر، سيلفانا الخوند، وسليم قطار.