



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية العلوم التطبيقية-قسم هندسة الطرائق

ميدان علوم وتكنولوجيا

شعبة هندسة الطرائق-اختصاص هندسة كيميائية

مذكرة من أجل الحصول على شهادة ماستر أكاديمي مقدمة من طرف

الطالبيين:

جوهري الحسن-دقيش عبد الرحمان

تحت عنوان:

تثمين مخلفات النخيل عن طريق التسميد العضوي المراقب في واحة

ورقلة

نوقشت علنيًا يوم: 11 جوان 2026 أمام اللجنة المكونة

من:

جامعة ورقلة رئيسًا

أستاذ التعليم العالي

شوقي مراد

جامعة ورقلة مؤطرًا

أستاذ التعليم العالي

سكيريفة محمد الأمين

جامعة ورقلة مناقشًا

أستاذ محاضر (ب)

باعمر لطفي

السنة الجامعية 2026/2025

- الإهداء :

﴿ وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا ﴾ صدق الله العظيم

إلى من سهر الليالي لأجل راحتي، وكان دعاؤهما سرّ قوتي ونجاحي، إلى والديّ العزيزين حفظهما الله وأدامهما تاجاً فوق رأسي. إلى عائلتي الكريمة التي منحتني الحب والدعم في أصعب اللحظات، وكانت دائماً مصدر الأمان والأمل. إلى كل من آمن بي، وساندني بكلمة طيبة، أو دعاء صادق، أو موقف جميل لن أنساه ما حييت. أهدي هذا العمل المتواضع عربون محبة ووفاء، راجيا من الله أن يجعل فيه ثمرة تعبنا وفرحة نجاح تدوم.

جوهري الحسن

إلى من كلّله الله بالهيبة والوقار... إلى من علّمني العطاء دون انتظار... إلى من أحمل اسمه بكل فخر، أبي العزيز، أطال الله في عمره ومتّعه بالصحة والعافية. إلى نبع الحنان والصفاء... إلى من كان دعاؤها سرّ نجاحي وتوفيقي، وبلسم جراحي في الأوقات الصعبة... إلى أمي الغالية، حفظها الله ورعاها وجعل الجنة مثواها. إلى إخواني وأخواتي، وكل أفراد عائلتي الكريمة الذين كانوا لي دائماً السند والملجأ. إلى كل الأصدقاء والزملاء الأوفياء الذين شاركوني مسيرتي الدراسية بمزّها وحلوها، وشجعوني على المواصلة والتميز.

أهدي إليكم هذا العمل المتواضع، ثمرة جهدي واجتهادي، تعبيراً عن حبي وامتناني الخالص لكم جميعاً.

دقيش عبد الرحمان

-الشكر والتقدير:

﴿وَقُلْ اَعْمَلُوا فَسَيَرَى اللّٰهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ﴾

صدق الله العظيم

بكل عبارات الامتنان والتقدير، نتقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ المؤطر

سكيريفة محمد الأمين

الذي كان سنداً لنا بتوجيهاته ونصائحه القيمة طوال إنجاز هذه المذكرة.

كما نتوجه بالشكر إلى أعضاء اللجنة الأستاذين الفاضلين: لطفي باعمر و مراد شوقي لقبولهما مناقشة هذا العمل، الى كل من مدّ لنا يد العون، وساندنا بكلمة طيبة أو تشجيع صادق، فكل من ترك أثراً جميلاً في هذا الطريق منا كل التقدير والاحترام.

جوهري الحسن

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

بفضل الله وتوفيقه، أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى الأستاذ الفاضل سكيريفة محمد الأمين، لما قدمه لي من توجيهات سديدة ونصائح قيمة طيلة فترة إنجاز هذا البحث، فكان لنصحه وإشرافه الأثر البالغ في إتمام هذا العمل.

كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى جميع أساتذتي الكرام في الجامعة الذين لم ييخلوا علينا بعلمهم وتوجيهاتهم، وإلى كما نتوجه بالشكر إلى أعضاء اللجنة الأستاذين الفاضلين: لطفي باعمر ومراد شوقي لقبولهما مناقشة هذا العمل، إلى كل من ساهم من قريب أو من بعيد في إخراج هذا العمل إلى النور.

نسأل الله أن يوفقنا جميعاً لما يحبه ويرضاه.

دقيش عبد الرحمان

الفهرس:

الرقم	العنوان	الصفحة
//	الإهداء	//
//	الشكر والتقدير	//
//	الخلاصة	//
//	المقدمة العامة	01
//	الجزء الأول: الجزء النظري	//
I	الفصل الأول: مخلفات النخيل وإشكالياتها البيئية	//
I.1	مقدمة	01
I.2	أنواع مخلفات النخيل	02
I.2.1	الجريد	03
I.2.2	الجدع	04
I.2.3	العرجون	05
I.2.4	الليف	06
I.2.5	الكرب	07
I.3	الإشكالية البيئية المرتبطة بمخلفات النخيل	08
II	تثمين مخلفات النخيل ودوره في التنمية المستدامة	09
II.1	مفهوم التثمين الزراعي والاقتصاد الدائري	09
II.1.1	تعريف التثمين	09

10	الاقتصاد الدائري في الواحات	II.1.2
10	التسميد العضوي كآلية تثمين	II.2
10	تعريف السماد العضوي	II.2.1
11	مراحل عملية التسميد	II.2.2
11	الأثر البيئي لتدوير مخلفات النخيل	II.3
12	الأثر الاقتصادي لتثمين مخلفات النخيل	II.4
12	مؤشرات تقييم جودة السماد العضوي	II.5
12	درجة الحموضة (PH)	II.5.1
13	نسبة الكربون	II.5.2
13	الرطوبة	II.5.3
13	درجة الحرارة	II.5.4
13	التوصيل الكهربائي (EC)	II.5.5
13	اللون والرائحة	II.5.6
14	الإطار التشريعي والبيئي	II.6
//	الجزء الثاني: الجزء التطبيقي	//
//	الفصل الأول: منهجية العمل التجريبي وعرض ومناقشة النتائج	I
16	مقدمة	I.1
16	موقع الدراسة	I.2
16	تحضير العينات والمواد المستعملة	I.3

16	المواد الأولية	1.3.1
17	الأدوات والتجهيزات المستعملة	1.3.2
17	منهجية العمل وتحضير العينات	1.4
17	تحضير المواد الأولية	1.4.1
20	المعالجة الأولية للمخلفات	1.4.2
22	تقسيم العينات الفرعية	1.4.3
23	إضافة الروث الحيواني	1.4.4
24	شروط التشغيل	1.4.5
24	التقليب	1.4.5.أ
24	المراقبة	1.4.5.ب
31	الخاتمة العامة	//
31	آفاق الدراسة المستقبلية	//
32	قائمة المراجع	//
33	الملخص	//

جدول الأشكال:

الصفحة	العنوان	الشكل
3	جريد النخيل	1
4	جذع النخيل	2
5	عرجون النخيل	3
6	ليف النخيل	4
7	كرب النخيل	5
18	الجريد بعد الطحن	6
18	العرجون بعد الطحن	7
18	الجريد بعد الغربلة	8
18	العرجون بعد الغربلة	9
19	الجريد	10
19	العرجون	11
19	الخليط (الجريد + العرجون)	12
20	الجريد في مرحلة الغمر	13
20	العرجون في مرحلة الغمر	14
20	الخليط في مرحلة الغمر	15
21	تجفيف العينات	16
23	إضافة روث الدجاج	17

23	إضافة روث الأغنام	18
25	أعمدة بيانية تمثل تغير درجة الحرارة في روث الأغنام	19
25	أعمدة بيانية تمثل تغير درجة الحرارة في روث الدجاج	20
26	كمبوست الجريد	21
26	كمبوست العرجون	22
28	مستخلصات مائية لعينات السماد العضوي	23
29	نتائج اختبار جودة الكمبوست بعد أسبوع من الغرس	24

قائمة الجداول:

الرقم	العنوان	الصفحة
1	جدول الأوزان	22
2	جدول قياس الحموضة	27

المقدمة العامة

تعد الواحات من أهم النظم الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تمثل نظاماً بيئياً وزراعياً متكاملأ يعتمد أساساً على زراعة نخيل التمر ويحتل هذا الأخير مكانة اقتصادية واجتماعية وبيئية مهمة في العديد من الدول العربية، خاصة في مناطق شمال إفريقيا، حيث يساهم في تحقيق الأمن الغذائي وتوفير فرص العمل والحفاظ على التوازن البيئي داخل المنظومة الواحاتية.

تعد الجزائر من بين الدول الرائدة في زراعة النخيل، إذ يقدر عدد أشجار نخيل التمر فيها بحوالي 9 ملايين نخلة موزعة أساساً في مناطق الواحات خاصة في ولايات: بسكرة، الوادي، ورقلة، غرداية وأدرار، والتي تمثل أهم مناطق إنتاج التمور في البلاد [1-2].

تنتج زراعة النخيل كميات كبيرة من المخلفات الزراعية مثل السعف والكرب والعراجين والألياف ونوى التمر، والتي غالباً ما يتم التخلص منها بطرق تقليدية مثل الحرق أو الإهمال، مما يؤدي إلى تراكم النفايات العضوية في الواحات وظهور العديد من المشكلات البيئية مثل تلوث الهواء وانتشار الآفات الزراعية.

في إطار التوجه نحو التنمية المستدامة، أصبح تثمين المخلفات الزراعية من المواضيع المهمة في البحث العلمي، حيث يهدف إلى تحويل هذه المخلفات إلى موارد مفيدة ذات قيمة اقتصادية وبيئية. ويعد التسميد العضوي أو ما يعرف بالكمبوست من أهم التقنيات المستخدمة في هذا المجال، إذ يعتمد على التحلل البيولوجي للمواد العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة في ظروف مناسبة لإنتاج سماد عضوي غني بالعناصر الغذائية.

يهدف هذا العمل إلى دراسة إمكانية تثمين مخلفات النخيل عن طريق التسميد العضوي المراقب، مع إبراز أهميته البيئية والاقتصادية في تحسين خصوبة التربة وتقليل التلوث البيئي وتحقيق استغلال أفضل للموارد الطبيعية داخل المنظومة الواحاتية.

الجزء الأول

الجزء النظري

١. مخلفات النخيل وإشكالياتها البيئية

1.1 مقدمة:

يحتل نخيل التمر مكانة مهمة في النظم الزراعية الواحاتية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يمثل مورداً اقتصادياً وبيئياً أساسياً، وتنتج زراعة نخيل التمر كميات معتبرة من المخلفات الزراعية مثل الجريد والجذوع والعراجين والليف والكرناف، والتي تشكل جزءاً مهماً من الكتلة الحيوية في الواحات، غير أن تراكم هذه المخلفات دون استغلالها بطريقة مناسبة قد يؤدي إلى ظهور العديد من المشكلات البيئية داخل المنظومة الواحاتية، لذلك يهدف هذا الفصل إلى التعرف على أهم أنواع مخلفات نخيل التمر وخصائصها، إضافة إلى إبراز الإشكاليات البيئية المرتبطة بتراكمها.

1.2 انواع مخلفات النخيل:

تنتج زراعة نخيل التمر كميات كبيرة من المخلفات الزراعية طوال دورة نمو النخيل، تشمل هذه المخلفات مختلف الأجزاء النباتية التي لا تُستخدم مباشرة في الإنتاج الغذائي، مثل الجريد، الجذع، العراجين، الليف، والكرناف، غالباً ما يتم التخلص من هذه المخلفات عن طريق الحرق أو الرمي في الحقول، مما يسبب مشاكل بيئية تشمل تلوث الهواء وانتشار الآفات، ومع ذلك، فإن هذه المخلفات تمثل موارد حيوية يمكن تسميتها بطرق مختلفة مثل التسميد العضوي، إنتاج الوقود الحيوي، أو الصناعات اليدوية والحرفية، بما يحقق استدامة المنظومة الواحاتية ويقلل الهدر الزراعي [5 . 4 . 3].

لا تقتصر أهمية هذه المخلفات على كونها نفايات زراعية، بل يمكن استغلالها في العديد من المجالات، مثل الصناعات التقليدية كصناعة الحصائر والحبال والسلال، أو استخدامها في البناء الريفي، إضافة إلى إمكانية تحويلها إلى سماد عضوي (كمبوست) يساهم في تحسين خصوبة التربة، كما يمكن استعمال بعضها كمصدر للطاقة الحيوية، مما يساهم في تقليل الهدر وتحقيق استغلال أمثل للموارد الزراعية.

1.2.1 الجريد:

هو ساق خشبي رفيع يمتد علا جانبيه السعف وقد يصل طول الجريدة إلى 4 أمتار، كما يفوق متوسط طوله عند بعض الأنواع إلى 5 أمتار، وفي أنواع أخرى لا يتعدى 2.5 متر، كما تحتوي الجريدة علا الشوك متوسط الشوك بين 14 إلى 60 شوكة، وعادة ما يكون رقيق ومرن وقد يكون قصير وصلب وتنقسم الجريدة إلى قسمين أساسين وهما النصل والعنق [1 . 2 . 5]. النصل: يتكون النصل من منطقتين هما:

- العرق الوسطى: يمثل المحور الرئيسي الذي يتوسط نصف السعف وهو قوي ومتين يصل اتساعه إلى عدة سنتيمترات عند منطقة اتصال قاعدة الجريدة (الكرب) بالجذع ويضيق عند قمته.

- منطقة السعف: تمثل منطقة السعف الجزء العلوي من جريدة النخيل، حيث يتوزع السعف على جانبي العرق الأوسط للجريدة بشكل منتظم، وتقوم هذه الوريقات بدور أساسي في عملية التمثيل الضوئي التي تسمح للنخلة بإنتاج المواد العضوية اللازمة لنموها وتطورها، كما تعد هذه المنطقة جزءاً مهماً من المخلفات الزراعية التي يمكن استغلالها في التسميد العضوي أو بعض الصناعات التقليدية.

- العنق: يمثل العنق الجزء السفلي من الجريدة، وهو الجزء الذي يربط القاعدة ببقية الجريدة، ويتميز هذا الجزء بصلابته وقوة أليافه، مما يساعد على تثبيت الجريدة في جذع النخلة وتحمل وزن السعف، كما يعد جزءاً من المخلفات الزراعية التي يمكن استغلالها في بعض الصناعات التقليدية أو في إنتاج السماد العضوي [1 . 2].



الشكل 1 : الجريد

1.2.2 الجذع:

يشكل الجذع العمود الرئيسي لنخيل ويدعم السعف والثمار، ويتميز بصلابته وقوة أليافه، يعتبر الجذع جزءاً أساسياً من هيكل النخلة ويحتوي على ألياف خشبية تتحلل ببطء، كما تعد المخلفات الناتجة عن تقليم أو إزالة أجزاء من الجذع مصدراً مهماً للمواد العضوية التي يمكن تحويلها إلى سماد عضوي، ويمكن أيضاً استغلالها في الصناعات التقليدية مثل الأعمدة، أو كوقود حيوي في بعض المناطق [2].



الشكل 2 : جذع النخيل

1.2.3 العرجون:

يمثل العرجون جزءاً مهماً من عملية الإنتاج الزراعي، إذ أنه يحتوي على البراعم الزهرية التي تتحول إلى ثمار التمر، وبعد انتهاء موسم الحصاد، يصبح العرجون من المخلفات الزراعية التي يمكن استغلالها بعدة طرق، فمن ناحية يمكن تقطيعه وتحويله إلى سماد عضوي يساهم في تحسين خصوبة التربة، ومن ناحية أخرى يمكن استخدام أليافه في الصناعات اليدوية والحرف التقليدية مثل صناعة الحبال، الحصائر، والأغطية، مما يحقق فائدة اقتصادية إضافية ويقلل من الهدر في المنظومة الواحاتية [2].



الشكل 3 : عرجون النخيل

1.2.4 الليف:

الليف هو النسيج الليفي القوي المتواجد في أجزاء متعددة من النخلة، خصوصاً في منطقة الجذع، يتكون هذا الليف من مركبات نباتية طبيعية مثل السليلوز واللجنين، مما يمنحه صلابة ومتانة تجعله مختلفاً عن الأنسجة الأخرى.

يعد الليف من المواد العضوية المهمة التي يمكن الحصول عليها عند تقليم النخيل ويمكن استغلاله في مجالات متعددة، تشمل صناعة الحبال القوية والحصائر والأقمشة الخشنة المستخدمة في البيوت التقليدية والأغراض الحرفية، كما يمكن استخدام الليف بعد تحلله في تحسين خصوبة التربة وزيادة محتواها العضوي عند إدخاله ضمن عمليات التسميد العضوي [2].

ويعتبر الليف من المخلفات الزراعية ذات القيمة الاقتصادية والبيئية، إذ يساهم في تقليل مخلفات النخيل وتحويلها إلى موارد مفيدة تساهم في التنمية الزراعية والحفاظ على البيئة.



الشكل 4 : ليف النخيل

1.2.5 الكرب (الكرناف):

هو الجزء الخشبي السميك الذي يبقى من قاعدة الجريدة بعد إزالتها، حيث يظل ملتصقًا بجذع النخلة مكونًا طبقة متراكمة حوله، ويتكون الكرب أساسًا من أنسجة ليفية خشبية قوية، مما يجعله من أكثر أجزاء النخلة صلابة ومقاومة للعوامل البيئية، ويظهر الكرب عادة نتيجة عمليات تقليم النخيل التي تتم بشكل دوري من أجل تحسين نمو النخلة وزيادة إنتاجها من التمر.

ويتميز الكرب ببنية ليفية غنية بالمادة العضوية، لذلك يعد من أهم مخلفات النخيل التي يمكن استغلالها في عدة مجالات، فقد يستخدم كمصدر للكتلة الحيوية في إنتاج السماد العضوي، كما يمكن إدخاله في بعض الصناعات التقليدية أو استعماله كمصدر للطاقة الحيوية بعد معالجته، ولهذا يمثل الكرب جزءًا مهمًا من المخلفات الزراعية لنخيل التي يمكن تجميعها ضمن إطار الإدارة المستدامة للموارد في مناطق الواحات.



الشكل 5 : كرب النخيل (كرناف)

تشمل مخلفات نخيل التمر عدة أجزاء نباتية ناتجة عن عمليات التقليم والإنتاج، من أهمها الجريد، الكرب، العرجون، والليف، حيث تمثل هذه المكونات جزءاً مهماً من الكتلة الحيوية في المنظومة الواحاتية، ولا تقتصر أهمية هذه المخلفات على كونها نفايات زراعية، بل يمكن استغلالها في العديد من المجالات، مثل الصناعات التقليدية كصناعة الحصائر والحبال، أو استخدامها في البناء الريفي، إضافة إلى إمكانية تحويلها إلى سماد عضوي يساهم في تحسين خصوبة التربة، كما يمكن استعمال بعضها كمصدر للطاقة الحيوية، مما يساهم في تقليل الهدر وتحقيق استغلال أمثل للموارد الزراعية [7].

1.3 الإشكالية البيئية المرتبطة بمخلفات النخيل:

تُعتبر مخلفات النخيل، مثل الجريد، الجذع، العرجون، الليف، والكرب، كمية كبيرة تتراكم بعد عمليات الحصاد والتقليم السنوي، في حال عدم استغلالها، فإن هذه المخلفات تشكل مصدراً للتلوث العضوي والمرضي، إذ يمكن أن تتحلل بطريقة عشوائية مسببة انبعاث روائح كريهة، وزيادة نشاط الحشرات الضارة، وتلوث التربة والمياه السطحية بجزئيات عضوية متحللة.

كما أن الحرق التقليدي لمخلفات النخيل يُنتج دخاناً كثيفاً وملوثات هوائية مثل ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، ما يساهم في تدهور جودة الهواء المحلي وزيادة الانبعاثات الغازية الدفيئة، وبالتالي تأثيرات على المناخ المحلي والبيئة الصحية للسكان القريبين من الواحات، من جانب آخر إذا تُركت المخلفات دون معالجة، فإنها تقلل من كفاءة الأراضي الزراعية المجاورة بسبب زيادة الحموضة أو الرطوبة الزائدة في التربة [5 . 3].

بالتالي الإشكالية البيئية لمخلفات النخيل ليست فقط مشكلة فضلات، بل تهدد الصحة العامة والنظام البيئي الزراعي، ما يفرض ضرورة تطوير طرق تسمين واستغلال هذه المخلفات بشكل مستدام لتقليل المخاطر وتحويلها إلى موارد نافعة مما يؤثر على نمو النباتات الأخرى، كما أن تراكم المخلفات بكميات كبيرة يمكن أن يؤدي إلى انتشار الحشرات والفطريات التي قد تُصيب النخيل نفسه، مسببة خسائر اقتصادية للمزارعين [5 . 4].

II تثمين مخلفات النخيل ودوره في التنمية المستدامة:

II.1 مفهوم التثمين الزراعي والاقتصاد الدائري:

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه القطاع الزراعي، برزت الحاجة إلى اعتماد مقاربات جديدة تقوم على الاستغلال الأمثل للموارد وتقليل الهدر الناتج عن الأنشطة الزراعية، ومن بين أهم هذه المقاربات مفهوم التثمين الزراعي المرتبط بمبادئ الاقتصاد الدائري، حيث يتم النظر إلى المخلفات الزراعية ليس كنفايات يجب التخلص منها، بل كموارد قابلة لإعادة الاستخدام والتوظيف في مجالات متعددة، ويهدف هذا التوجه إلى تحقيق استدامة الأنظمة الزراعية من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، تقليل التأثيرات البيئية السلبية، وتعزيز القيمة الاقتصادية للمخلفات، خاصة في البيئات الواحاتية التي تعتمد بشكل كبير على استغلال الموارد المحلية.

II.1.1 تعريف التثمين :

التثمين الزراعي هو عملية تحويل المخلفات الزراعية أو المنتجات الثانوية إلى موارد مفيدة يمكن الاستفادة منها في الإنتاج الزراعي أو الصناعي، بدل اعتبارها نفايات بلا قيمة.

يهدف التثمين إلى:

- تقليل الهدر الزراعي.
- تحسين الاستفادة الاقتصادية من المخلفات.
- المساهمة في التنمية المستدامة للقطاع الزراعي.

في حالة مخلفات النخيل، مثل الجريد، الجذع، العرجون، الليف، والكرب، فإن التثمين يشمل استخدام هذه المخلفات في صناعة الحبال، الحصائر، السماد العضوي، والطاقة الحيوية، ما يحوّل المواد العضوية إلى منتجات نافعة ويحافظ على البيئة [2 . 5].

II.1.2 الاقتصاد الدائري في الواحات:

الاقتصاد الدائري هو نموذج اقتصادي يهدف إلى الحد من الهدر وتحويل المخلفات إلى موارد قابلة للاستخدام

مرة أخرى، بدلاً من نظام الاقتصاد الخطي التقليدي (التخلص → الاستهلاك → الإنتاج).

في الواحات، يمكن تطبيق الاقتصاد الدائري من خلال:

- إعادة استخدام مخلفات النخيل في السماد العضوي أو الصناعات التقليدية.
 - تحويل المخلفات إلى مصادر للطاقة أو المواد الخام، مما يقلل من الاعتماد على الموارد الخارجية.
 - تحسين جودة التربة والمحافظة على النظام البيئي المحلي عن طريق إعادة إدخال المواد العضوية للتربة.
- تطبيق الاقتصاد الدائري في الواحات يساهم في استدامة الموارد، دعم الاقتصاد المحلي، وتقليل التأثيرات البيئية السلبية الناتجة عن تراكم المخلفات الزراعية [2 - 8] .

II.2 التسميد العضوي كآلية تئمين:

II.2.1 تعريف السماد العضوي:

السماد العضوي هو عملية تحويل المخلفات العضوية، بما فيها مخلفات النخيل، إلى سماد عضوي غني بالعناصر

الغذائية يمكن استخدامه لتحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجية المحاصيل [7 . 9] .

يعد السماد العضوي أحد أهم طرق تئمين المخلفات الزراعية، لأنه:

- يقلل من تراكم المخلفات في البيئة.
- يضيف قيمة اقتصادية للمزارعين من خلال إنتاج مادة مفيدة.
- يعزز الاستدامة البيئية والزراعية في الواحات والمناطق الزراعية التقليدية [9] .

11.2.2 مراحل عملية التسميد

تمر عملية التسميد العضوي بعدة مراحل رئيسية:

جمع المخلفات: يتم جمع جميع المخلفات الزراعية، مثل الجريد، العرجون، الليف، الكرب والجذع، بعد الحصاد

أو التقليم [5 - 10].

التقطيع : يتم تقطع المخلفات إلى أجزاء صغيرة من اجل تسهيل عملية التحلل وتحفيز النشاط الميكروبي.

الخلط والتكديس: تُخلط المخلفات مع مواد غنية بالنيتروجين (مثل فضلات الحيوانات أو النباتات الخضراء)

وتوضع في أكوام أو حاويات خاصة.

التحلل الميكروبي: تبدأ الكائنات الدقيقة في تحليل المواد العضوية، مع مراعاة الرطوبة والتهوية ودرجة الحرارة،

مما يحوّل المخلفات إلى مادة داكنة غنية بالمواد الغذائية.

النضج والتخزين: بعد اكتمال التحلل، يُترك السماد ليصبح جاهزاً للاستخدام الزراعي، ويخزن بطريقة تمنع فقد

العناصر الغذائية [5].

11.3 الأثر البيئي لتدوير مخلفات النخيل:

يساهم تدوير مخلفات النخيل في التقليل من الآثار البيئية السلبية الناتجة عن تراكم المخلفات

الزراعية في الواحات، إذ يؤدي ترك هذه المخلفات دون معالجة إلى انتشار الحشرات والآفات الزراعية،

إضافة إلى انبعاث الروائح الكريهة الناتجة عن التحلل الطبيعي للمواد العضوية، لذلك فإن إعادة تدوير هذه

المخلفات تمثل حلاً بيئياً مهماً يساهم في الحفاظ على نظافة البيئة الزراعية.

كما أن إعادة استخدام مخلفات النخيل في إنتاج السماد العضوي أو في الصناعات التقليدية يساعد

على تقليل تلوث الهواء الناتج عن حرق المخلفات، ويعمل على تحسين خصوبة التربة وزيادة المادة

العضوية فيها، مما يعزز الإنتاج الزراعي في المناطق الواحاتية، ويعتبر هذا التوجه جزءاً من الممارسات

الزراعية المستدامة التي تهدف إلى تحقيق التوازن بين النشاط الزراعي وحماية البيئة [7 . 11] .

II.4 الأثر الاقتصادي لتثمين مخلفات النخيل:

يمثل تثمين مخلفات نخيل التمر فرصة مهمة لتحسين المردود الاقتصادي في المناطق الواحاتية، حيث يمكن تحويل هذه المخلفات من مواد مهمة إلى موارد اقتصادية ذات قيمة مضافة، فمخلفات النخيل يمكن استغلالها في الصناعات التقليدية كصناعة الحصائر والأدوات اليدوية، وهو ما يساهم في دعم الحرف المحلية وزيادة دخل السكان.

كما يساهم تثمين هذه المخلفات في تقليل التكاليف المرتبطة بالتخلص منها، إضافة إلى إمكانية استخدامها في إنتاج السماد العضوي الذي يساعد المزارعين على تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية المكلفة، ويساهم هذا التوجه في تحسين استدامة الأنظمة الزراعية الواحاتية، من خلال خلق أنشطة اقتصادية مرتبطة بالزراعة واستغلال الموارد المحلية بشكل أكثر كفاءة.

وبذلك يمكن اعتبار تثمين مخلفات النخيل وسيلة فعالة لدعم التنمية الاقتصادية المحلية وتحقيق استغلال أفضل للموارد الزراعية في المناطق الصحراوية [11 - 12].

II.5 مؤشرات تقييم جودة السماد العضوي:

تعتمد جودة السماد على مجموعة من المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تسمح بتحديد درجة نضج المادة العضوية ومدى صلاحيتها للاستعمال الزراعي، وتساعد هذه المؤشرات في معرفة ما إذا كانت عملية التحلل قد اكتملت وأن السماد العضوي أصبح آمناً للنباتات والتربة [14].

II.5.1 درجة الحموضة :

تعد درجة الحموضة من المؤشرات المهمة في تقييم جودة السماد، حيث تؤثر بشكل مباشر على توفر العناصر الغذائية للنباتات، ويكون السماد الجيد عادة ذا pH قريب من التعادل يتراوح تقريباً بين 6 و8، وهو المجال المناسب لنمو معظم النباتات والكائنات الحية الدقيقة المفيدة في التربة [15].

II.5.2 نسبة الكربون:

تعد نسبة الكربون إلى النيتروجين من أهم المؤشرات التي تدل على درجة تحلل المواد العضوية، ففي بداية عملية التسميد تكون هذه النسبة مرتفعة بسبب وجود كمية كبيرة من المواد الكربونية، لكنها تنخفض تدريجيًا مع نشاط الكائنات الدقيقة التي تستهلك الكربون، وعند انخفاض هذه النسبة إلى قيم معتدلة يدل ذلك على نضج السماد واستقراره [14].

II.5.3 الرطوبة:

تلعب الرطوبة دورًا أساسيًا في عملية التسميد العضوي لأنها ضرورية لنشاط الكائنات الدقيقة المسؤولة عن تحلل المواد العضوية، ويجب أن تكون نسبة الرطوبة معتدلة لأن ارتفاعها قد يؤدي إلى نقص التهوية، بينما يؤدي انخفاضها إلى إبطاء عملية التحلل [10].

II.5.4 درجة الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة مؤشرًا مهمًا على نشاط الكائنات الدقيقة أثناء عملية التسميد ففي المراحل الأولى ترتفع درجة الحرارة نتيجة النشاط البيولوجي المكثف، ثم تنخفض تدريجيًا عند اكتمال عملية التحلل، مما يدل على نضج السماد واستقراره [10].

II.5.5 التوصيل الكهربائي :

يستخدم التوصيل الكهربائي كمؤشر لقياس كمية الأملاح الذائبة في السماد، فإذا كانت قيمته مرتفعة جدًا فقد تؤثر سلبيًا على نمو النباتات، لذلك يجب أن يكون السماد ذا مستوى معتدل من الأملاح حتى يكون مناسبًا للاستعمال الزراعي [14].

II.5.6 اللون والرائحة:

يتميز السماد الناضج بلون بني داكن أو أسود يشبه لون التربة الخصبة، كما تكون له رائحة ترابية طبيعية، أما إذا كانت الرائحة كريهة، فهذا يدل على أن عملية التحلل لم تكتمل بعد [15].

6.2 الإطار التشريعي والبيئي:

يعد الإطار التشريعي والبيئي عنصرًا مهمًا في إدارة المخلفات الزراعية وتثمينها، حيث تضع القوانين والتشريعات البيئية مجموعة من القواعد التي تهدف إلى حماية البيئة وتنظيم طرق جمع ومعالجة واستغلال النفايات، وتعمل هذه التشريعات على الحد من التلوث البيئي الناتج عن تراكم المخلفات الزراعية وتشجع على اعتماد أساليب مستدامة مثل إعادة التدوير والتسميد العضوي.

وفي العديد من الدول، تم إصدار قوانين خاصة بإدارة النفايات تهدف إلى تقليل الأثر البيئي السلبي وتحفيز استخدام التقنيات التي تسمح بتثمين المخلفات وتحويلها إلى موارد مفيدة، كما تشجع السياسات البيئية الحديثة على تبني مبادئ الاقتصاد الدائري الذي يقوم على إعادة استخدام الموارد وتقليل الهدر، مما يساهم في حماية التربة والموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة [14].

يتضح من خلال هذا الجزء النظري أن مخلفات النخيل تمثل موردًا طبيعيًا مهمًا يمكن الاستفادة منه بطرق متعددة بدل تركه يتراكم في البيئة، و يمكن تثمينها بطرق مختلفة مثل التسميد العضوي وإنتاج السماد، كما تبين أن تراكم هذه المخلفات قد يسبب بعض المشكلات البيئية إذا لم تتم إدارتها بطريقة سليمة، مثل التلوث أو انتشار الآفات، مما يبرز أهمية اعتماد استراتيجيات مستدامة تقوم على مبادئ التثمين الزراعي والاقتصاد الدائري، ويعد التسميد العضوي من أهم الحلول التي تسمح بتحويل هذه المخلفات إلى مادة مفيدة تعمل على تحسين خصوبة التربة ودعم الإنتاج الزراعي، ومن هذا المنطلق فإن تثمين مخلفات النخيل لا يساهم فقط في حماية البيئة، بل يحقق أيضًا فوائد اقتصادية من خلال استغلال الموارد المحلية بطريقة مستدامة، وهو ما يجعل دراسة هذه المخلفات وإيجاد طرق فعالة لاستغلالها أمرًا ضروريًا لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة.

يتضح من خلال هذا الجزء النظري أن مخلفات نخيل التمر تمثل موردًا طبيعيًا مهمًا يمكن الاستفادة منه بطرق متعددة بدلاً من تركه يتراكم في البيئة، وتشمل هذه المخلفات الجريد والجذع والعرجون والليف والكرناف، وهي مواد عضوية يمكن تمييزها بطرق مختلفة مثل التسميد العضوي وإنتاج الكمبوست ، كما تبين أن تراكم هذه المخلفات قد يسبب بعض المشكلات البيئية إذا لم تتم إدارتها بطريقة سليمة، مثل التلوث أو انتشار الآفات، مما يبرز أهمية اعتماد استراتيجيات مستدامة تقوم على مبادئ التثمين الزراعي والاقتصاد الدائري، ويعد التسميد العضوي من أهم الحلول التي تسمح بتحويل هذه المخلفات إلى مادة مفيدة تعمل على تحسين خصوبة التربة ودعم الإنتاج الزراعي ، ومن هذا المنطلق، فإن تثمين مخلفات النخيل لا يساهم فقط في حماية البيئة، بل يحقق أيضًا فوائد اقتصادية من خلال استغلال الموارد المحلية بطريقة مستدامة، وهو ما يجعل دراسة هذه المخلفات وإيجاد طرق فعالة لاستغلالها أمرًا ضروريًا لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة وهذا ما سنخرج عليه في الجزء العملي.

الجزء الثاني

الجزء التطبيقي

١. منهجية العمل التجريبي وعرض ومناقشة

النتائج

1.1 مقدمة:

بعد التطرق إلى الإطار النظري المتعلق بتثمين مخلفات النخيل والتسميد العضوي، يأتي هذا الجزء التطبيقي لتجسيد هذه المفاهيم على أرض الواقع، حيث تم إنجاز تجربة تهدف إلى تحضير السماد العضوي انطلاقاً من مخلفات النخيل، وذلك من خلال تتبع مجموعة من المراحل، يهدف هذا الجزء العملي إلى دراسة إمكانية تحويل مخلفات النخيل إلى مادة عضوية مفيدة، مع متابعة أهم العوامل المؤثرة في عملية التحلل، مثل الرطوبة، التهوية وحجم الجزيئات ودرجة الحرارة، وذلك من أجل تقييم فعالية هذه العملية في تثمين المخلفات الزراعية.

1.2 موقع الدراسة:

تم إجراء هذه الدراسة على مستوى بلدية سيدي خويلد بولاية ورقلة، والتي تقع ضمن المناطق الصحراوية ذات المناخ الجاف، حيث تتميز بارتفاع درجات الحرارة وقلّة التساقطات، وتُعد هذه المنطقة من المناطق الواحاتية التي تنتشر فيها زراعة نخيل التمر بشكل واسع، أنجزت تجربة التسميد العضوي في ظروف بيئية طبيعية، مع مراعاة العوامل الأساسية اللازمة لنجاح العملية، مثل التهوية والرطوبة، مما يسمح بمحاكاة الظروف الحقيقية لاستغلال مخلفات النخيل في الوسط الزراعي المحلي.

1.3 تحضير العينات والمواد المستعملة:

1.3.1 المواد الأولية: تمثلت المواد الأولية المستعملة في هذه الدراسة في مخلفات النخيل وروث الحيوانات،

وتشمل: الجريد، العراجين، روث حيوانات (دجاج وغانم)، الماء، وقد تم اختيار هذه المواد لوفرتها في المنطقة وسهولة الحصول عليها، إضافة إلى قابليتها للتحلل واستعمالها في التسميد العضوي.

1.3.2 الأدوات والتجهيزات المستعملة:

تم في هذه الدراسة استعمال مجموعة من الأدوات لإنجاز تجربة التسميد العضوي لمخلفات النخيل،

وتتمثل فيما يلي:

❖ مطحنة: استُعملت لطحن المخلفات النباتية وتحويلها إلى جزيئات صغيرة تسهل عملية التحلل.

❖ أحواض بلاستيكية: استُخدمت لاحتواء المواد العضوية أثناء مختلف مراحل التحضير والتخمير.

❖ غرابيل: استُعملت لفرز المواد المطحونة والحصول على حجم متجانس من الجزيئات.

❖ ميزان: استُعمل لقياس كميات المواد المستعملة بدقة.

1.4 منهجية العمل وتحضير العينات:

تم إنجاز هذه الدراسة التطبيقية من خلال اتباع مجموعة من المراحل المنظمة، التي تهدف إلى تحضير مخلفات النخيل وتحويلها إلى مادة عضوية قابلة للتحلل، وذلك وفق خطوات مدروسة تضمن سير عملية التسميد العضوي في ظروف ملائمة.

1.4.1 تحضير المواد الأولية: تعد عملية تحضير المواد الأولية خطوة حاسمة لضمان نقاء العينات

وتهيئتها للتحلل البيولوجي، وقد مرت هذه العملية بالمراحل التالية:

❖ **غسل وتجفيف المواد الأولية:** في المرحلة الأولى، تم جمع المواد الأولية المتمثلة في الجريد والعراجين،

حيث تم غسلها باستخدام الماء، وذلك من أجل إزالة الأتربة والشوائب والمواد العالقة التي قد تؤثر على

جودة عملية التحلل، بعد ذلك تُركت المواد لتجف في الهواء الطلق لمدة يوم كامل، حيث تم تعريضها

لظروف طبيعية تسمح بالتخلص من الرطوبة الزائدة، مما يساعد على تحسين كفاءة المراحل اللاحقة،

خاصة عملية الطحن.

❖ **طحن العينات:** بعد التأكد من جفاف المواد الأولية، تم إخضاعها لعملية الطحن باستعمال مطحنة، حيث تم تحويلها إلى جزيئات صغيرة الحجم وتُعد هذه المرحلة ضرورية، إذ أن تقليل حجم الجزيئات يساهم في زيادة المساحة السطحية المعرضة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة، مما يسهل عملية التحلل البيولوجي ويسرّع من وتيرته.



الشكل 7 : العرجون بعد الطحن



الشكل 7 : الجريد بعد الطحن

❖ **الغربلة:** بعد الانتهاء من عملية الطحن، تم تمرير المواد المطحونة عبر غرابيل، وذلك بهدف الحصول على حجم متجانس من الجزيئات، وقد تم استعمال غرابل بفتحات تقدر بـ 4 ملم، مما سمح بالحصول على جزيئات ذات حجم مناسب وموحد، وتساهم هذه العملية في تحسين تجانس الخليط، وزيادة فعالية التهوية داخل الكومة، مما ينعكس إيجاباً على نشاط الكائنات الحية الدقيقة وتسريع عملية التحلل العضوي.



الشكل 9 : العرجون بعد الغربلة



الشكل 9 : الجريد بعد الغربلة

❖ **تقسيم العينات:** بعد تحضير المواد، تم تقسيمها إلى ثلاث عينات مستقلة، وذلك من أجل دراسة تأثير نوع المادة العضوية على عملية التحلل، تهدف هذه الخطوة إلى إجراء مقارنة بين العينات من حيث سرعة التحلل وفعالية التسميد، مما يسمح بتقييم أفضل تركيبة ممكنة لإنتاج الكمبوست وقد تم توحيد وزن كل عينة ليكون ثلاث كغ وقد تم توزيع العينات كما يلي:

- العينة الأولى: جريد فقط
- العينة الثانية: عرجون فقط
- العينة الثالثة: خليط من الجريد والعرجون



الشكل 12 : العرجون



الشكل 12 : الجريد.



الشكل 12 : خليط (جريد+عرجون)

1.4.2 المعالجة الأولية للمخلفات

❖ **مرحلة الغمر:** في هذه الخطوة يتم وضع كل عينة على حدة داخل أحواض بلاستيكية مخصصة، مع الحرص على فصلها لضمان دقة النتائج، تمت إضافة كمية من الماء في حدود 18 لترًا لكل عينة إلى غاية الغمر الكلي للمواد العضوية، وذلك بهدف رفع نسبة الرطوبة وتهيئة الظروف المناسبة لانطلاق عملية التحلل. استمرت هذه المرحلة لمدة 12 يومًا، حيث تم خلالها قياس درجة الحرارة بشكل يومي لمتابعة تطور النشاط البيولوجي داخل العينات، وقد لوحظ أن درجة الحرارة بقيت مستقرة تقريبًا طوال فترة الغمر، دون تسجيل ارتفاعات ملحوظة، ويمكن تفسير هذا الاستقرار في درجة الحرارة بكون مرحلة الغمر تُعد مرحلة تمهيدية، تقتصر أساسًا على ترطيب المواد العضوية وتليين بنيتها، دون حدوث نشاط ميكروبي مكثف كما هو الحال في مرحلة التخمير، كما أن غياب التهوية الكافية داخل الوسط المغمور قد يحدّ من نشاط الكائنات الحية الدقيقة، مما يفسر عدم ارتفاع درجة الحرارة. ورغم ذلك، فإن هذه المرحلة تبقى ضرورية، حيث تساهم في تسهيل اختراق الكائنات الدقيقة للمواد النباتية لاحقًا، وتحسين ظروف انطلاق عملية التسميد العضوي في المراحل التالية.



الشكل 15 : العوجون في



الشكل 15 : الجريد في مرحلة



الشكل 15 : الخليط في مرحلة الغمر

❖ **تصريف المياه وتجفيف العينات:** بعد انتهاء مرحلة الغمر تم تصريف المياه، حيث تم إخراج العينات من الأحواض البلاستيكية وتركها لتفريغ الماء الزائد، وقد وُضعت العينات على سطح مائل يسمح بتصريف المياه بشكل تدريجي، وذلك لتفادي احتباس الماء داخل الكتلة العضوية، وتهدف هذه العملية إلى التخلص من الرطوبة الزائدة مع الحفاظ على مستوى رطوبة مناسب وضروري لاستمرار النشاط البيولوجي في المراحل اللاحقة.

بعد ذلك، تُركت العينات لتجف جزئيًا في ظروف طبيعية، دون تعريضها لتجفيف كامل، وذلك من أجل الحصول على عينات رطبة تحتوي على نسبة ماء كافية تدعم نشاط الكائنات الحية الدقيقة، دون الوصول إلى حالة التشبع التي قد تعيق التهوية، وتُعد هذه المرحلة مهمة، حيث تساهم في تحقيق توازن مناسب بين الرطوبة والتهوية، وهما عاملان أساسيان لنجاح عملية التسميد العضوي.



الشكل 17 : تجفيف العينات

❖ **قياس الوزن:** بعد الانتهاء من مرحلة تصريف المياه وتجفيف العينات بشكل جزئي، تم إعادة وزن كل عينة باستعمال الميزان، وذلك من أجل متابعة التغيرات التي طرأت على الكتلة، وقد لوحظ ارتفاع في وزن

العينات مقارنة بالوزن الابتدائي، حيث أصبحت كل عينة تزن أكثر من وزنها الأصلي، ويُفسّر هذا الارتفاع بامتصاص المواد العضوية لكمية من الماء خلال مرحلة الغمر، مما أدى إلى احتفاظها بجزء من الرطوبة حتى بعد عملية التصريف. تُعد هذه النتيجة طبيعية، إذ أن البنية الليفية لمخلفات النخيل، تتميز بقدرتها على امتصاص الماء والاحتفاظ به داخل أنسجتها، وهو ما يساهم في توفير وسط رطب مناسب لنشاط الكائنات الحية الدقيقة خلال المراحل اللاحقة من التسميد.

الجدول 1 : جدول الأوزان.

العينات	الوزن قبل الغمر (كغ)	الوزن بعد الغمر (كغ)
الجريد	3	3.190
العرجون	3	4.050
الخليط (جريد-عرجون)	3	3.450

1.4.3 تقسيم العينات الفرعية: تم خلال هذه المرحلة تقسيم كل عينة رئيسية إلى عينتين فرعيتين متساويتين، ليصبح العدد الإجمالي ست (06) عينات، وقد تم هذا التقسيم بهدف دراسة تأثير نوعين مختلفين من روث الحيوانات على عملية التسميد العضوي، حيث أُضيف لكل عينة فرعية نوع معين من الروث، مما يسمح بإجراء مقارنة بين تأثير كل نوع على سرعة التحلل وجودة الكمبوست.

1.4.4 إضافة الروث الحيواني: بعد الانتهاء من مراحل التحضير السابقة، تم الانتقال إلى مرحلة إضافة الروث الحيواني، والتي تُعد خطوة أساسية في إنجاح عملية التسميد العضوي، حيث تهدف إلى ضبط نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) وتوفير الظروف المناسبة لانطلاق عملية التخمر.

في هذه الدراسة، تم استعمال نوعين من الروث الحيواني، يتمثلان في روث الدجاج وروث الأغنام، وذلك بهدف مقارنة تأثير كل نوع على عملية التحلل. تم في البداية وضع طبقة من مخلفات النخيل بسمك يُقدَّر بحوالي 2 سم، ثم أضيفت فوقها طبقة من أحد نوعي الروث الحيواني. وقد تم اعتماد طريقة التكديس الطبقي، حيث تم تكرار هذه العملية (مخلفات/روث) إلى غاية استكمال الكمية الكلية لكل عينة. كما تم ضبط كمية الروث الحيواني المضافة، حيث تم استعمال 1 كغ من الروث مقابل 3 كغ من مخلفات النخيل، وذلك من أجل تحقيق توازن مناسب بين الكربون والنيتروجين داخل الوسط. تم إجراء خلط خفيف للمكونات لضمان تجانسها، مع الحفاظ على تهوية جيدة داخل الكومة، ويهدف استعمال الروث الحيواني إلى توفير مصدر غني بالنيتروجين، بالإضافة إلى إدخال الكائنات الحية الدقيقة التي تلعب دوراً أساسياً في انطلاق وتسريع عملية التخمير.



الشكل 18 : إضافة روث الدجاج



الشكل 18 : إضافة روث الاغنام

1.4.5 شروط التشغيل: بعد إضافة الروث الحيواني وتحضير الخليط، تم الانتقال إلى مرحلة التسميد

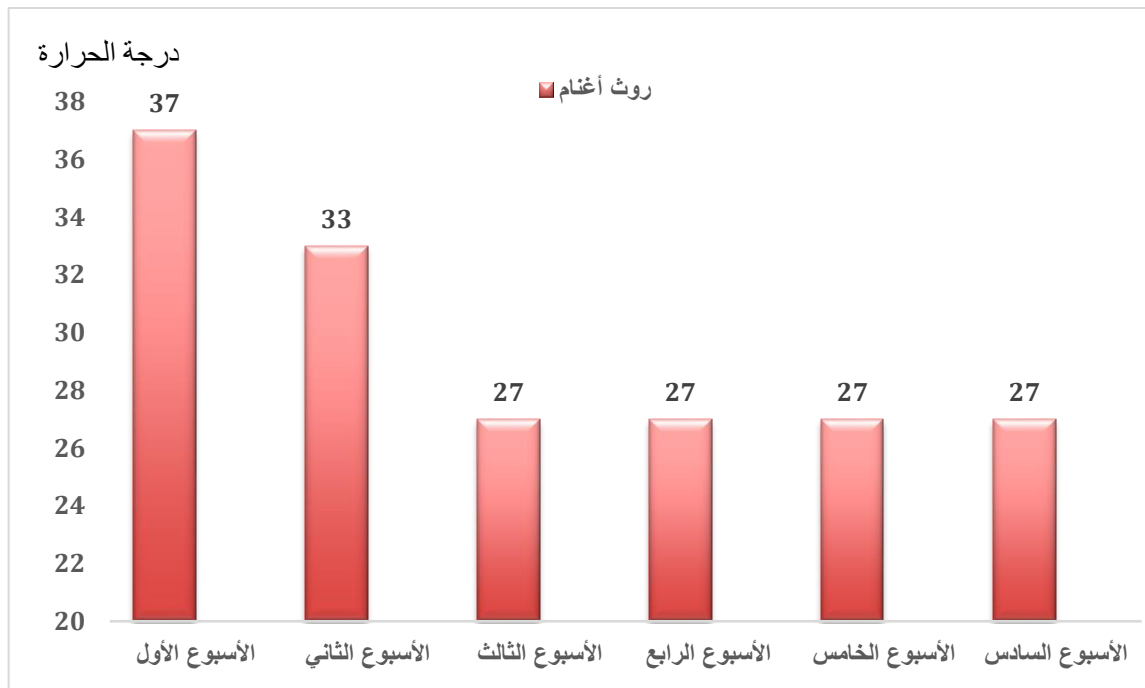
الهوائي، حيث تم وضع العينات على شكل أكوام، وذلك لتوفير ظروف ملائمة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة. تم الحفاظ على نسبة رطوبة مناسبة داخل الأكوام من خلال رشها بالماء بشكل دوري، مع تجنب

الإفراط في الترطيب الذي قد يؤدي إلى نقص التهوية، كما تم تهوية العينات بانتظام وذلك من خلال تقليب الأكوام وتعريضها للهواء، بهدف توفير الأكسجين اللازم لنشاط الكائنات الحية الدقيقة الهوائية، وتُعد الرطوبة والتهوية من العوامل الأساسية لنجاح عملية التسميد الهوائي، حيث تساهم في تسريع عملية التحلل البيولوجي وتحويل المواد العضوية إلى سماد عضوي مستقر.

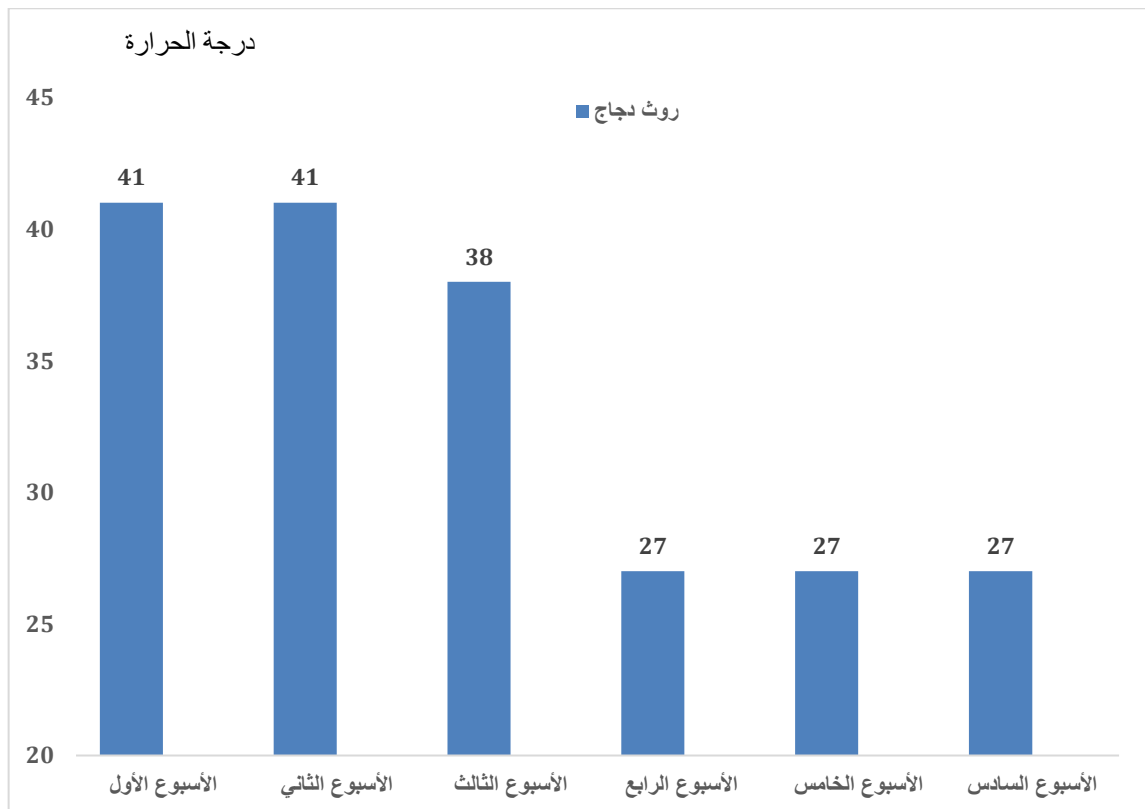
أ. التقليب: تم خلال هذه المرحلة تقليب العينات بانتظام كل 15 يومًا، وذلك لمدة 6 أسابيع، بهدف تحسين تهوية الأكوام وضمان توزيع متجانس للرطوبة والمواد العضوية داخل الكتلة. وتُعد عملية التقليب ضرورية في التسميد الهوائي، حيث تسمح بتجديد الأكسجين داخل الكومة، مما يعزز نشاط الكائنات الحية الدقيقة الهوائية المسؤولة عن التحلل، كما تساهم في تفادي تكوّن مناطق لاهوائية قد تؤدي إلى انبعاث روائح غير مرغوبة أو بطء في عملية التحلل.

ب. المراقبة: تمت متابعة تطور عملية التسميد من خلال مراقبة مجموعة من المؤشرات الأساسية، والتي تعكس مدى تقدم عملية التحلل، وتتمثل فيما يلي:

❖ **درجة الحرارة:** تم قياس درجة الحرارة بشكل يومي لمتابعة تطور عملية التسميد داخل العينات، وقد لوحظ ارتفاع في درجة الحرارة خلال الأسابيع الأولى، مما يدل على نشاط مكثف للكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن التحلل. كما سُجل اختلاف في درجات الحرارة بين العينات، حيث كانت القيم المسجلة في العينات التي تحتوي على روث الدجاج أعلى مقارنة بتلك التي تحتوي على روث الأغنام، ويُفسّر ذلك بكون روث الدجاج أكثر غنى بالمواد الأروية، مما يعزز النشاط الميكروبي ويؤدي إلى ارتفاع أكبر في درجة الحرارة. وتُعد هذه الفروق مؤشراً على تأثير نوع الروث الحيواني في سرعة وفعالية عملية التسميد العضوي.



الشكل 19 : اعمدة بيانية تمثل تغير درجة الحرارة في روث الأغنام.



الشكل 19: أعمدة بيانية تمثل تغير درجة الحرارة في روث الدجاج.

❖ **الروائح:** تمت متابعة الروائح المنبعثة من العينات باعتبارها مؤشراً مهماً لتقييم سير عملية التسميد العضوي. خلال المراحل الأولى، لوحظ انبعاث روائح كريهة ويُفسّر ذلك بتحلل المركبات الأزوتية الموجودة في الروث الحيواني، وهو ما يدل على بداية النشاط الميكروبي داخل الأكوام. لكن مع تقدم عملية التسميد، بدأت هذه الروائح في التراجع تدريجياً لتظهر رائحة ترابية مميزة، وهي علامة إيجابية تشير إلى تحسن ظروف التحلل واقترب المادة العضوية من مرحلة الاستقرار والنضج.

❖ **اللون:** يُعتبر التغير في اللون أحد أبرز المؤشرات الفيزيائية والبصرية السريعة التي تُستعمل لتقييم مدى تقدم ونضج عملية التسميد العضوي. خلال المراحل الأولى من التجربة، كانت الأكوام تحافظ على الألوان الأصلية للمواد الأولية المستعملة (اللون المستخلص من الجريد والعرجون المطحون والروث). ومع تقدم عملية التحلل البيولوجي وتوالي عمليات التقليب، لوحظ تحول تدريجي ومستمر في لون العينات؛ حيث اختفت الألوان الفاتحة والألياف الواضحة تدريجياً، ليحل محلها لون بني داكن يميل إلى السواد في المراحل النهائية للتخمير.



الشكل 22: كمبوست العرجون



الشكل 20 : كمبوست الجريد

❖ **نسبة الحموضة (pH):** تُعدّ مراقبة درجة الحموضة (pH) مؤشراً أساسياً لتقييم سير عملية التسميد العضوي، حيث تعكس طبيعة التحولات الكيميائية وعملية النشاط الميكروبي لمختلف الدقائق الحيوية المسؤولة عن التحلل داخل الأكوام. من أجل متابعة هذا المؤشر مخبرياً (مختبر بيو جيوكيمياء المناطق الصحراوية)، تم أخذ عينات ممثلة من مختلف الأكوام وإخضاعها للقياس وفق الخطوات التالية

1. تحضير مستخلصات العينات داخل كؤوس بيشر.
2. إضافة كمية محددة من الماء المقطر تقدر بـ 60 ملل لكل عينة.
3. تُترك العينات لمدة نصف ساعة (30 دقيقة) في حالة ركود وتوازن، وذلك لضمان تمام ذوبان العناصر وانتقال الأيونات المسؤولة عن الحموضة إلى الطور المائي.
4. في المرحلة الأخيرة، تم قياس قيم الـ pH باستعمال جهاز قياس الحموضة الإلكتروني.

وقد أسفرت القياسات المخبرية عن نتائج إيجابية وجيدة؛ حيث أظهرت قيم الـ pH تطوراً متوازناً يترجم بوضوح نجاح عملية التحلل البيولوجي للمادة العضوية، والانتقال السلس عبر مختلف مراحل التسميد (من المرحلة الحمضية الأولية الناتجة عن تفكيك الأحماض العضوية، وصولاً إلى مرحلة الاستقرار والنضج التي تميل فيها القيم نحو الاعتدال الظاهرة في الجدول أدناه)، مما يؤكد جودة الكمبوست المنتج وملاءمته للاستخدام الزراعي.

الجدول 2 : جدول قياس الحموضة.

العينات	Échantillons	Samples	نسبة الحموضة
جريد (روث اغنام)	Palmes(fumier de mouton)	Palm fronds (Sheep manure)	8
جريد (روث دجاج)	Palmes(fumier de poulet)	Palm fronds (Chicken manure)	7,82
عرجون (روث اغنام)	Rachis (fumier de mouton)	Rachis (Sheep manure)	7,9
عرجون (روث دجاج)	Rachis(fumier de poulet)	Rachis (Chicken manure)	7,75
خليط (روث اغنام)	Mélange (Fumier de mouton)	Mixture (Sheep manure)	7,56
خليط (روث دجاج)	Mélange (Fumier de poulet)	Mixture (Chicken manure)	7,8
الجريد الخام	Palmes brute	Raw palm fronds	6,69
العرجون الخام	Rachis brute	Raw rachis	6,62



الشكل 23: مستخلصات مائية لعينات السماد العضوي

❖ نتائج تحاليل الكربون: لم يتم الحصول عليها بعد ارسالها لمخبر التحاليل الفيز وكيميائية بالجامعة.

❖ **اختبار الكمبوست:** بهدف التأكد القطعي من نضج الكمبوست المُنتج وعدم احتوائه على أي مركبات قد تعرقل نمو النباتات، ولتقييم كفاءته وجودته كسماد عضوي مغذٍ، تم إجراء اختبار تطبيق زراعي بسيط من أجل التأكد. تمت العملية من خلال زراعة بذور نباتية داخل أوعية بلاستيكية، حيث استخدم الكمبوست المنتج كوسط زراعي أساسي بعد خلطه بنسب مدروسة لتهيئة بيئة الإنبات، وجرى ري الأوعية بانتظام وضمن ظروف إضاءة وتهوية طبيعية موحدة لجميع العينات.

وقد أسفرت التجربة الزراعية عن نتائج ممتازة ومثالية تثبت الجدوى التطبيقية للبحث.



الشكل 24: نتائج اختبار جودة الكمبوست بعد أسبوع من الغرس.

أظهرت الدراسة التطبيقية إمكانية تثمين مخلفات النخيل (الجريد والعراجين) وتحويلها إلى سماد عضوي (كمبوست) من خلال عملية التسميد الهوائي باستعمال روث الدجاج وروث الأغنام كمصدر للنيتروجين ومنشط للنشاط الميكروبي. وقد سمحت مختلف مراحل التحضير، من طحن وغمر وتجفيف وخلط وتقليب دوري، بتوفير الظروف المناسبة لنجاح عملية التحلل البيولوجي.

أظهرت نتائج المتابعة ارتفاعاً ملحوظاً في درجة الحرارة خلال الأسابيع الأولى من التسميد، خاصة في العينات المعالجة بروث الدجاج، مما يدل على نشاط ميكروبي مكثف وسرعة أكبر في عملية التحلل. كما لوحظ تحول تدريجي في لون المواد من اللون الأصلي إلى اللون البني الداكن، واختفاء الروائح غير المرغوبة وظهور رائحة ترابية مميزة تدل على تقدم عملية النضج.

بينت قياسات درجة الحموضة (pH) أن جميع العينات وصلت إلى قيم قريبة من التعادل، تتراوح بين 7.56 و 8.00، وهي قيم مناسبة للاستعمال الزراعي. وقد أكد اختبار الإنبات الأولي سلامة الكمبوست المنتج وعدم احتوائه على مواد سامة للنباتات، حيث أظهرت البذور نمواً جيداً في مختلف العينات.

من خلال هذه الدراسة، يمكن اعتبار مخلفات النخيل مورداً أو مصدراً واعدداً لإنتاج سماد عضوي ذي قيمة زراعية، مع انتظار نتائج التحاليل العنصرية والكيميائية لاستكمال تقييم جودة الكمبوست بصورة نهائية.

الخاتمة العامة وآفاق الدراسة المستقبلية:

تندرج هذه الدراسة ضمن الجهود الرامية إلى تثمين المخلفات الزراعية وتحقيق مبدأ الاقتصاد الدائري والتنمية المستدامة في المناطق الواحاتية، الهدف من الدراسة هو إمكانية تحويل مخلفات النخيل، المتوفرة بكميات كبيرة في المناطق الصحراوية، إلى سماد عضوي قابل للاستعمال الزراعي من خلال عملية التسميد الهوائي.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن مخلفات النخيل تمتلك قابلية جيدة للتحلل البيولوجي عند توفير الظروف الملائمة من رطوبة وتهوية وإضافة مصدر للنيتروجين مثل روث الدجاج أو الأغنام، كما بينت مؤشرات المتابعة الفيزيائية والكيميائية، المتمثلة في درجة الحرارة واللون والرائحة ودرجة الحموضة، نجاح عملية التسميد ووصول المادة العضوية إلى مرحلة متقدمة من النضج والاستقرار.

وقد أبرزت الدراسة كذلك الدور الإيجابي للروث الحيواني في تسريع عملية التحلل وتحسين ظروف النشاط الميكروبي، مع تسجيل فعالية أكبر نسبياً لروث الدجاج مقارنة بروث الأغنام من خلال درجات الحرارة المسجلة أثناء التخمر.

تؤكد هذه النتائج أهمية استغلال مخلفات النخيل بدل التخلص منها بالطرق التقليدية التي تسبب مشاكل بيئية، وتحويلها إلى منتج ذي قيمة مضافة يساهم في تحسين خصوبة التربة وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية.

ويبقى من الضروري استكمال هذه الدراسة بإجراء التحاليل العنصرية والكيميائية النهائية، خاصة تحديد محتوى الكربون والنيتروجين ونسبة C/N والعناصر المعدنية المختلفة، من أجل التقييم الشامل لجودة الكمبوست المنتج ومطابقته للمعايير الزراعية المعتمدة.

آفاق الدراسة المستقبلية:

- ❖ استكمال التحاليل العنصرية للكمبوست، (الكربون، النيتروجين، الهيدروجين C/N)،
- ❖ دراسة تأثير أنواع أخرى من المخلفات الزراعية المحلية على جودة الكمبوست،
- ❖ تقييم فعالية الكمبوست المنتج على نمو مختلف المحاصيل الزراعية تحت الظروف الصحراوية،
- ❖ مقارنة الكمبوست المنتج بالأسمدة العضوية والتجارية المتوفرة في السوق،
- ❖ دراسة الخصائص الميكروبيولوجية للكمبوست خلال مراحل النضج المختلفة،
- ❖ تحسين ظروف التشغيل (الرطوبة، التهوية، نسبة الخلط) للوصول إلى أفضل مردود،
- ❖ تطوير نموذج اقتصادي لتثمين مخلفات النخيل على المستوى المحلي والصناعي.

قائمة المراجع:

1. Zaid, A., & De Wet, P. (2002). Date Palm Cultivation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. FAO. (2013). Date Palm Cultivation. FAO Plant Production and Protection Paper No. 156. Rome: FAO.
3. Chabaca, M., & Boulal, H. (2017). Gestion des déchets de palmiers dattiers et valorisation agricole. Rabat: Institut Agronomique.
4. <https://dspace.univouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/30646/3/ALHALA%20AICHA-ALHALA%20SALIHA.pdf>
5. Boulenouar, N., Benkhaled, A., & Karim, R. (2014). Valorisation des déchets agricoles de la palmeraie. Alger: Université des Sciences et Technologies.
6. C.A.M. (2008). Étude morphologique des palmiers dattiers. Casablanca: Centre Agronomique Marocain.
7. Barreveld, W.H. (1993). Date Palm Products: Production and Processing. Rome: FAO.
8. Ghisalberti, E. (2016). Circular economy applications in agriculture. London: Springer.
9. FAO. (2015). Guidelines for Organic Fertilization and Composting. Rome: FAO.
10. Diaz, L.F., de Bertoldi, M., Bidlingmaier, W., & Stentiford, E. (2007). Composting and Recycling of Organic Waste. London: IWA Publishing.
11. El Hadrami, A., & Al-Khayri, J. (2012). Sustainable management of date palm wastes. Emirates Journal of Food and Agriculture, 24(5), 403–414.
12. Al-Azhar Journal of Agricultural Research V. (45) No. (2) December (2020) 138-149
13. Al-Khayri, J., Jain, S.M., & Johnson, D.V. (2015). Economic and sustainable use of date palm residues. New York: Springer.
14. Bernal, M.P., Albuquerque, J.A., & Moral, R. (2009). Composting of agricultural wastes: Indicators for quality assessment. Bioresource Technology, 100(22), 5444–5453.
15. Haug, R.T. (1993). The Practical Handbook of Compost Engineering. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
16. European Commission. (2015). Waste Framework Directive and circular economy policies. Brussels: European Commission.

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تثمين مخلفات النخيل وتحويلها إلى سماد عضوي (كمبوست) من خلال تقنية التسميد الهوائي، وذلك في إطار البحث عن حلول مستدامة لإدارة المخلفات الزراعية بالمناطق الواحية. اعتمدت الدراسة على استعمال الجريد والعراجين كمادة أولية، مع إضافة نوعين من الروث الحيواني (روث الدجاج وروث الأغنام) بهدف تحسين نسبة الكربون إلى النيتروجين وتحفيز النشاط الميكروبي المسؤول عن التحلل الحيوي.

أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في درجة الحرارة خلال الأسابيع الأولى من التسميد، خاصة في العينات المعالجة بروث الدجاج، مما يدل على نشاط ميكروبي مكثف وسرعة أكبر في التحلل. كما لوحظ تحول تدريجي في لون العينات نحو اللون البني الداكن، واختفاء الروائح الكريهة وظهور رائحة ترابية مميزة تدل على استقرار المادة العضوية. كما سجلت قيم pH نهائية تراوحت بين 7.56 و 8.00، وهي قيم ملائمة للاستعمال الزراعي. وأكد اختبار الإنبات الأولي جودة الكمبوست المنتج وعدم احتوائه على تأثيرات سامة للنباتات.

تؤكد هذه النتائج إمكانية استغلال مخلفات النخيل في إنتاج سماد عضوي ذي قيمة مضافة يساهم في تحسين خصوبة التربة وتقليل الأثر البيئي للمخلفات الزراعية. وتبقى التحاليل العنصرية والكيميائية النهائية ضرورية لاستكمال التقييم الشامل لجودة الكمبوست المنتج.

الكلمات المفتاحية: مخلفات النخيل، الكمبوست، التسميد الهوائي، التثمين الزراعي، روث الدجاج، روث الأغنام،

الاقتصاد الدائري.

Résumé (Français) : Cette étude vise à valoriser les déchets de palmier dattier par leur transformation en compost à travers le procédé de compostage aérobie. Cette approche s'inscrit dans une stratégie de gestion durable des déchets agricoles et de promotion de l'économie circulaire dans les régions oasiennes. Les matières premières utilisées sont les palmes (frondes) et les rachis de palmier dattier, associés à deux types de fumier animal (fumier de poulet et fumier de mouton) afin d'améliorer le rapport carbone/azote et de stimuler l'activité microbienne.

Les résultats ont montré une augmentation significative de la température durant les premières semaines, particulièrement pour les échantillons enrichis en fumier de poulet, traduisant une forte activité microbienne et une dégradation accélérée de la matière organique. Une évolution progressive de la couleur vers un brun foncé ainsi que la disparition des odeurs désagréables au profit d'une odeur de terre caractéristique ont également été observées. Les valeurs finales du pH variaient entre 7,56 et 8,00, indiquant un compost mature et adapté à un usage agricole. Les tests préliminaires de germination ont confirmé l'absence d'effets phytotoxiques et la bonne qualité agronomique du compost obtenu.

Cette étude démontre le potentiel des déchets de palmier dattier comme ressource renouvelable pour la production d'un amendement organique à forte valeur ajoutée. Toutefois, les analyses élémentaires et chimiques demeurent nécessaires pour compléter l'évaluation de la qualité finale du compost.

Mots-clés : *déchets de palmier dattier, compost, compostage aérobie, valorisation des déchets, fumier de poulet, fumier de mouton, économie circulaire.*

Abstract (English): This study aims to valorize date palm residues through their conversion into compost using the aerobic composting process. The work is part of a sustainable agricultural waste management approach and contributes to the development of circular economy practices in oasis regions. Palm fronds and rachis were used as the main raw materials and mixed with chicken manure and sheep manure to improve the carbon-to-nitrogen ratio and enhance microbial activity.

The results revealed a significant increase in temperature during the first weeks of composting, especially in samples amended with chicken manure, indicating intense microbial activity and rapid organic matter degradation. A gradual change in color toward dark brown, along with the disappearance of unpleasant odors and the development of an earthy smell, reflected the stabilization and maturation of the compost. Final pH values ranged from 7.56 to 8.00, which are suitable for agricultural applications. Preliminary germination tests confirmed the absence of phytotoxic effects and demonstrated the agronomic potential of the produced compost.

The findings highlight the feasibility of transforming date palm residues into a valuable organic amendment that can improve soil fertility while reducing environmental impacts associated with agricultural waste disposal. Nevertheless, elemental and chemical analyses are still required to complete the comprehensive assessment of compost quality.

Keywords: *date palm residues, compost, aerobic composting, waste valorization, chicken manure, sheep manure, circular economy.*