وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي

جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة

كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة

قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيـمياء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد: بونوة مارية، عواج ياسمين

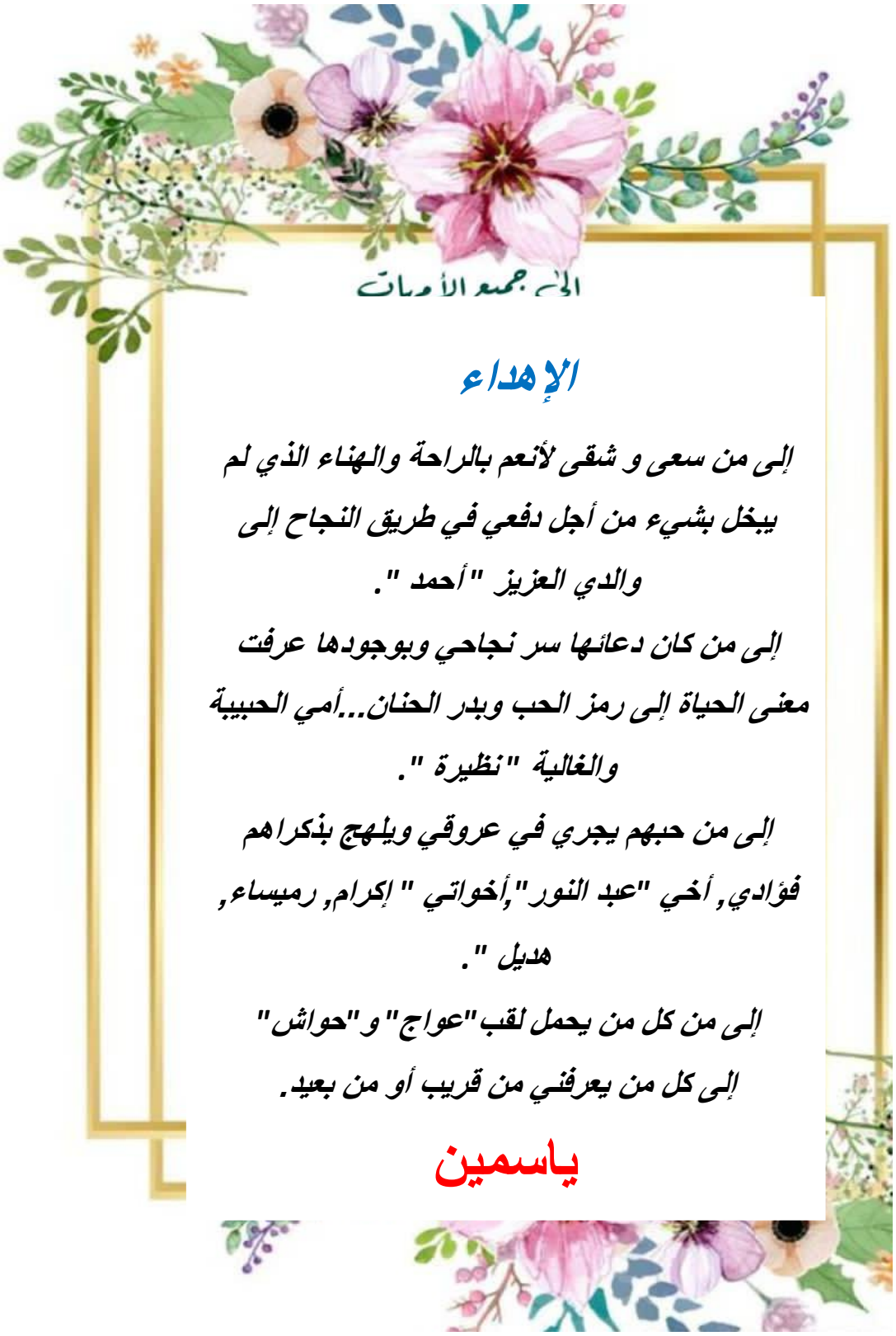
بعنـوان

دراسة استقصائية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي واللاهوائي

نوقشت علنا يوم:07-06-2022 أمام لجنة المناقشة:

منال زاوي	أستاذ محاضر"أ"	رئيسا
علي ذوادي	أستاذ تعليم عالي	مناقشا
خولة شاوش	أستاذ محاضر"ب "	مـقررا

السنة الجامعية : 2021 / 2022



الإهداء

إلى من سعى و شقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشيء من أجل دفعي في طريق النجاح إلى والدي العزيز "أحمد ".

إلى من كان دعائها سر نجاحي وبوجودها عرفت معنى الحياة إلى رمز الحب وبدر الحنان...أمي الحبيبة والغالية "نظيرة ".

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي, أخي "عبد النور",أخواتي " إكرام, رميساء, هديل ".

إلى من كل من يحمل لقب"عواج" و"حواش"

إلى كل من يعرفني من قريب أو من بعيد.

ياسمين

الإهداء

ما أجمل أن يجود المرء بأغلى ما

لديه والأجمل أن يهدي الغالي

للأغلى .هي ذي ثمرة جهدي

أجنيها اليوم, هي هدية أهديها إلى:

والدي الغالي حفظه

أمي العزيزة أطال الله عمرها

جميع إخوتي وأخواتي وصديقاتي

إلى كل من يعرفني من قريب أومن

بعيد

وإلى جميع من ساندني في إنجاز

هذا العمل.

مارية

شكر و عرفان

الحمد لله الذي وهبنا التوفيق والسداد ومنحنا الثبات و أعاننا على إتمام هذا العمل بعد أن سافرنا لنضع النقاط على الحروف ونكشف ما وراء ستار العلم والمعرفة فها هي ثمار علمنا قد أينعت وحان قطافها.

هذه كلماتنا المبعثرة نهمس بها في كل أذن من سيفتح هذه المذكرة لينهل معها ما يشاء ويشتهي وينقد ما يرفض ويبتغي.

هي أيضا كلمات شكر إلى كل من حثنا وغرس فينا الأمل والإرادة إلى كل من الأستاذة المشرفة "شاوش خولة" على نصائحها وتوجيهاتها القيمة وإلى الأستاذ المناقش "ذوادي علي" الذي لم يبخل علينا بنصائحه وإرشاداته كما نشكر رئيسة اللجنة الأستاذة "منال زاوي" على قبولها ترأس هذه اللجنة.

وإلى كل من ساعدنا في إنجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد.

قائمة المختصرات

المختصر	باللغة الأجنبية	باللغة العربية
AD	Anaerobic Digestion	الهضم اللاهوائي
AFNOR	Association Française de Normalisation	المنظمة الفرنسية للتوحيد القياسي
BBF_S	Biochar Based Fertilizers	الأسمدة القائمة على الفحم الحيوي
C/N	Carbon and Nitrogen content	محتوى الكربون و النيتروجين
COD	Chemical Oxygen Demand	الطلب الكيميائي على الأكسجين
CTR	Chemical parameters of non-fertilized soil	المعلمات الكيميائية للتربة غير المخصبة
EC	Electrical Conductivity	الناقلية الكهربائية
FAO	Food and Agriculture Organisation	منظمة الأغذية والزراعة
HRT	Hydraulic Retention Time	وقت الاحتفاظ الهيدروليكي
NPK	Nitrogen Phosphor Potassium	سماد كيميائي مركب من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم معا
OLR	Organic Loading Rate	معدل التحميل العضوي
TOC	Total Organic Carbon	الكربون العضوي الكلي
TOM	Total Organic Matter	إجمالي المواد العضوية
TS	Total Solids	مجموع المواد الصلبة
VFA	Volatile Fatty Acids	الأحماض الدهنية المتطايرة

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
الشكل(1)	مكونات النفايات المنزلية	9
الشكل(2)	مراحل عملية الحرق للنفايات الصلبة	11
الشكل(3)	مدة تحلل النفايات العضوية في التربة	13
الشكل(4)	طرق معالجة النفايات تبعا لمحتواها من المادة العضوية	16
الشكل(5)	انطلاق الغازات وبخار الماء من أكوام المواد العضوية أثناء التحلل	16
الشكل(6)	صهاريج الهضم اللا هوائي	17
الشكل(7)	مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي في العشر سنوات الأخيرة	22
الشكل(8)	فاعلية السماد في الوسط الهوائي	23
الشكل(9)	السماد الكيميائي(NPK)	30
الشكل(10)	نسبة تواجد المخلفات العضوية	31
الشكل(11)	مخطط يظهر مراحل عملية الأسمدة بالعلاقة مع الزمن والأنواع البيولوجية السائدة و درجة تفكك الكربون وتغير قيم الPH	33
الشكل(12)	مخطط عام لنماذج تصاميم محطات الأسمدة الموجودة حاليا في الأسواق العالمية	35
الشكل(13)	مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي في العشر سنوات الأخيرة	45
الشكل(14)	المخلفات العضوية المنتجة للغاز الحيوي	47
الشكل(15)	الرش على أوراق النباتات على شكل رذاذ	49
الشكل(16)	تحويل سماد البيوغاز إلى كمبوست يستخدم عند الحاجة	49
الشكل(17)	إضافة سماد البيوغاز إلى مياه الري مباشرة	49
الشكل(18)	مخطط وحدة إنتاج الغاز الحيوي	50
الشكل(19)	علاقة معدلات النمو الميكروبي مع النظام الحراري الناظم للهاضم	51
الشكل(20)	إنتاج الغاز الحيوي عند قيم مختلفة لدرجة الحموضة	52
الشكل(21)	فطورTrichsporon Pullulans المنتجة للميثان	57
الشكل(22)	الخميرة Saccharomyces Cerevisiae المنتجة للميثان	57
الشكل(23)	مراحل عملية التخمر اللاهوائي	58
الشكل(24)	نموذج لتوليد الكهرباء من الغاز الطبيعي	59
الشكل(25)	حافلة تعمل بالغاز الحيوي في السويد	60

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
الجدول(1)	أنواع النفايات حسب المعيار الذي يأخذه في التصنيف.	6
الجدول(2)	عواقب الغازات السامة على البيئة جراء الحرق في المفارغ العشوائية.	8
الجدول(3)	مقدار النيتروجين المثبت بزراعة المحاصيل البقولية المختلفة.	27
الجدول(4)	تدرج المواد العضوية من حيث سرعة تفككها ومدى ملاءمتها للأسمدة.	31
الجدول(5)	قيم النسبة (C/N) لبعض المواد الداخلة في عملية الأسمدة.	32
الجدول(6)	مواصفات الكمبوست الجيد الناضج المستخدم للتسميد وتحسين نوعية التربة.	33
الجدول(7)	صور العناصر الغذائية الصالحة للامتصاص.	37
الجدول(8)	مكونات الغاز الحيوي ونسبها.	46
الجدول(9)	خصائص غاز الميثان.	47
الجدول(10)	الأسباب الرئيسية لتغير الرقم الهيدروجيني.	52
الجدول(11)	نسبة الكربون إلى نيتروجين لبعض المخلفات العضوية.	53
الجدول(12)	بعض نواتج الهضم اللاهوائي.	55
الجدول(13)	النتائج المتحصل عليها في الدراسة بعد إنتاج البقايا الصلبة " Anchois Fert".	66
الجدول(14)	جودة الأسمدة العضوية الناتجة و مدى تأثيرها على نبات الذرة و الفاصولياء.	69
الجدول(15)	فاعلية سماد ال KM2501-1 في القضاء على نيماتودا(RKN_S) في التجارب الحقلية والوعائية.	71
الجدول(16)	وظيفة وفعالية عملية التسميد على بنية المجتمع البكتيري وذلك في وجود المعادن الثقيلة و الفلزات و المضادات الحيوية.	73
الجدول(17)	تركيبة الأسمدة العضوية المنتجة لأعلى كتلة حيوية لنبتة الشعير مقارنة بالأسمدة الاصطناعية.	75
الجدول(18)	النتائج النهائية الخاصة بالسماد الناتج من الحمأة الثانوية للمياه العادمة لوحدة الألبان.	77
الجدول(19)	أهمية معاملات التسميد الجدول (C/N) و الهيدروكربونات العطرية والجذور في طريقة التسميد داخل الوعاء.	79
الجدول(20)	النتائج المتحصل عليها عند إضافة كل عامل لمصفوفة السماد للحد من الروائح.	81
الجدول(21)	نتائج التطبيق المشترك للفحم النباتي مع سماد المزارع و ال NPK في زيادة جودة التربة الإستوائية.	83

الجدول(22)	تقييم تأثيرات الإطلاق البطيء للسماد الذي يعتمد على الفحم الحيوي في وسائط التربة الزراعية.	85
الجدول(23)	تأثير إضافة رماد الكتلة الحيوية على إنتاج وتنقية الغاز الحيوي.	90
الجدول(24)	تقدير إنتاج الغاز الحيوي ل 38 نوع من المخلفات الزراعية.	93
الجدول(25)	التحليل الأولي لروث الدجاج ومخلفات محاصيل الطاقة والنتائج المتحصل عليها لكل هضم.	96
الجدول(26)	الخصائص الفيزيوكيميائية للركائز والنتائج المتحصل عليها خلال التجربة.	98
الجدول(27)	معايير التشغيل والأداء لمفاعلات الغاز الحيوي خلال أربعة مراحل.	100
الجدول(28)	إنتاج الغاز الحيوي من نفايات معالجة الأنشوجة بعد استخراج زيت السمك.	102
الجدول(29)	تصميم هندسي لهاضم يعمل على إنتاج الغاز الحيوي من نفايات المطبخ.	104
الجدول(30)	التركيب الكيميائي للهضم المستخدم في التجربة.	106
الجدول(31)	إجراء توازن الطاقة والاقتصاد لمزرعة نموذجية مع مزارع الألبان للسيناريو بدون مصنع للغاز الحيوي ومع مصنع للغاز الحيوي يستخدم السماد باعتباره الركيزة الرئيسية.	108
الجدول(32)	مراجعة نقدية لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه في إطار التشريعات في جميع أنحاء العالم.	111

الفهرس

العنوان	الصفحة
الإهداء.	i
شكر وعرفان.	iii
قائمة المختصرات.	iv
قائمة الأشكال.	v
قائمة الجداول.	vi
مقدمة عامة.	1
قائمة المراجع.	3
الفصل الأول: نظرة عامة حول مخاطر النفايات و طرق معالجتها.	
تمهيد.	5
I-1- النفايات و مخاطرها على البيئة.	5
I-1-1- تعريف النفايات.	5
I-1-2- أنواع النفايات و مصادرها.	5
I-1-3- أسباب إنتشار النفايات.	6
I-1-4- مخاطر إنتشار النفايات.	7
I-2- مخاطر النفايات الصلبة و كيفية إدارتها.	8
I-2-1- تعريف النفايات الصلبة.	8
I-2-2- أنواع النفايات الصلبة.	9
I-2-3- خطورة النفايات الصلبة.	10
I-2-4- طرق التخلص من النفايات الصلبة.	10
I-3- تثمين النفايات العضوية.	13
I-3-1- تعريف النفايات العضوية.	13
I-3-2- أنواع النفايات العضوية.	13
I-3-3- تثمين النفايات.	15
الخلاصة.	18
قائمة المراجع.	19

الفصل الثاني: تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي.	
تمهيد.	22
II-1- دراسة عامة حول عملية التسميد و مبادئها.	22
II-1-1- عملية التسميد (Composting).	22
II-1-2- الأسمدة.	23
II-1-3- أنواع الأسمدة.	23
II-1-4- النفايات القابلة للتسميد.	30
II-1-5- الشروط و الأسس البيولوجية و الفيزيوكيميائية لعملية الأسمدة الهوائية.	31
II-1-6- مواصفات السماد الناضج المستخدم في عملية التسميد.	33
II-2- صناعة السماد العضوي على المستوى الصناعي و التجاري في محطات الأسمدة.	34
II-2-1- أقسام محطات الأسمدة.	34
II-2-2- سير العمليات في محطات الأسمدة.	35
II-2-3- نموذج من تصاميم محطات الأسمدة في الأسواق العالمية.	35
II-3- التربة و أهمية بعض العناصر الغذائية الكبرى و الصغرى على صحة النبات.	36
II-3-1- التربة (Soil).	36
II-3-2- خصوبة التربة.	36
II-3-3- العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات.	36
II-3-4- العناصر القابلة للامتصاص.	37
II-3-5- أهمية العناصر الغذائية للنبات و أعراض نقصها.	38
الخلاصة.	40
قائمة المراجع.	41
الفصل الثالث: تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي.	
III-1- نواتج عملية الهضم اللاهوائي للنفايات العضوية.	44
III-1-1- الغاز الحيوي.	44
III-1-2- سماد الغاز الحيوي.	48
III-2- أسس عملية الهضم اللاهوائي.	50
III-2-1- مكونات وحدة إنتاج الغاز الحيوي.	50

III-2-2- العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي.	51
III-2-3- المراحل الكيميا حيوية للهضم اللاهوائي.	55
III-3- إستخدامات, مزايا و عيوب الغاز الحيوي.	58
III-3-1- استخدامات الغاز الحيوي.	58
III-3-2- مزايا الغاز الحيوي.	60
III-3-3- عيوب الغاز الحيوي.	61
الخلاصة.	62
قائمة المراجع.	63
الفصل الرابع: تحليل و مناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي.	
تمهيد.	66
IV-1- الدراسة المرجعية رقم (1).	66
IV-2- الدراسة المرجعية رقم (2).	67
IV-3- الدراسة المرجعية رقم (3).	71
IV-4- الدراسة المرجعية رقم (4).	73
IV-5- الدراسة المرجعية رقم (5).	75
IV-6- الدراسة المرجعية رقم (6).	77
IV-7- الدراسة المرجعية رقم (7).	79
IV-8- الدراسة المرجعية رقم (8).	81
IV-9- الدراسة المرجعية رقم (9).	83
IV-10- الدراسة المرجعية رقم (10).	85
الخلاصة.	86
قائمة المراجع.	87
الفصل الخامس: تحليل و مناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي.	
تمهيد.	90
V-1- الدراسة المرجعية رقم (1).	90
V-2 - الدراسة المرجعية رقم (2).	93
V-3 - الدراسة المرجعية رقم (3).	96

V-4 - الدراسة المرجعية رقم (4).	98
V-5- الدراسة المرجعية رقم (5).	100
V-6- الدراسة المرجعية رقم (6).	102
V-7- الدراسة المرجعية رقم (7).	104
V-8- الدراسة المرجعية رقم (8).	106
V-9 - الدراسة المرجعية رقم (9).	108
V-10- الدراسة المرجعية رقم (10).	11
الخلاصة.	114
قائمة المراجع.	115
خلاصة عامة.	117
قائمة الملاحق.	I
الملخص.	

مقدمة عامة

البيئة هي محور الحياة ومهمة الحفاظ عليها تقع على عاتق الجميع لذا تسعى دول العالم لحمايتها بشتى الطرق والوسائل سواء من خلال إصدار قوانين، مراسيم ومعاهدات أو القيام بحملات تحسيسية لتوعية المواطنين. يجدر الذكر أن النفايات تلعب دور كبير في تلوث البيئة، فالنفايات بمختلف أنواعها، خصائصها وأحجامها، وبإفرازها لملوثات سائلة، صلبة وغازية تضر البيئة وتعرض صحة الإنسان والحيوان للخطر[1].

في الماضي كان الناس يتخلصون من نفاياتهم عن طريق الطمر، حيث أن مساحات كبيرة من الأراضي استخدمت من أجل طمر النفايات. لكن نقص الأراضي المتوفرة لعملية الطمر، إضافة إلى الوعي البيئي بالمخاطر الناجمة عن عملية طمر النفايات، والمتمثلة بتلوث التربة والمياه الجوفية، أدى إلى البحث عن طرق بديلة أكثر فعالية وأكثر اقتصادية لمعالجة النفايات والتخلص النهائي منها تتناسب مع تركيب النفايات وخصائصها كطرق التدوير والأسمدة والتخمير اللاهوائي [2].

وعليه اتجهت الأنظار منذ سنوات إلى تثمين النفايات بصفة عامة وخاصة العضوية منها التي لطالما اعتبرت مواد عديمة الفائدة ومصدر لتلوث البيئة وشرا يصعب التخلص منه. لكن هذه النظرة القائمة اتجاهها بدأت تتغير نحو الاتجاه الايجابي خلال السنوات الأخيرة، واعتبارها منجما سيكون من الإسراف عدم استغلاله بعد نجاح تحويلها إلى مصدر نظيف للطاقة وإنتاج السماد لتخصيب التربة، مع توقعات بأن تشكل في المستقبل مصدرا بديلا للمواد الأولية الطبيعية في العديد من القطاعات الاقتصادية. في ظل ما تشهده أسعار المواد الأولية والطاقة من ارتفاع مع استنزاف للثروات الطبيعية [3].

وعليه سلطنا الضوء في دراستنا هذه على النفايات العضوية, وهي دراسة حول طرق تثمين هذه النفايات في كل من الوسط الهوائي واللاهوائي.

وقد كان لاختيارنا لهذا الموضوع عدة أسباب من بينها أن النفايات العضوية تنتج عن العديد من المصادر، كالصناعات الغذائية والزراعة والقمامة المنزلية، وتتميز باحتوائها على مواد قابلة للتخمر في الهواء أو في غياب الهواء، مما يجعلها مصدرا ملوثا للبيئة ومصدرا لغاز الميثان المسبب للاحتباس الحراري.

وتتضح الصورة حول مدى الخطر الذي تمثله هذه النفايات من خلال الكميات المهولة التي ينتجها البشر سنويا ففي دول الاتحاد الأوروبي تبلغ كميات النفايات العضوية أكثر من 43 مليون طن سنويا، بينما تبلغ هذه الكميات في الولايات المتحدة 34 مليون طن, عدا الكميات المنتجة في دول آسيا وأفريقيا والتي يرجح أن تكون أكبر من مثيلتها الأوروبية [4].

مما سبق نطرح التساؤل التالي: فيما تتمثل النفايات العضوية وما هي مصادرها؟ وما هي طرق معالجتها؟ وكيف يمكن الاستفادة منها في إنتاج السماد العضوي والغاز الحيوي؟

سنحاول معالجة هاته الإشكالية باستخدام المنهج الوصفي والمنهج التحليلي، وفق الفصول التالية:

الفصل الأول: قمنا بإعطاء نظرة شاملة يتعرف من خلالها القارئ على النفايات بصفة عامة ومدى خطورتها وطرق معالجتها وكذلك قدمنا لمحة عن طرق تثمين النفايات العضوية.

الفصل الثاني: تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي.

الفصل الثالث: تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي.

الفصل الرابع: تحليل ومناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي.

الفصل الخامس: تحليل ومناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي.

وفي الأخير أنهينا العمل بخلاصة عامة من خلالها بينا أهم ما توصلنا إليه في هذه الدراسة.

قائمة المراجع:

[1] كحيحة عبد النور. (2019). تسيير ومعالجة النفايات الحضرية الصلبة ودورها في التنمية المستدامة دراسة حالة مدينة بسكرة, مذكرة ماستر, جامعة بسكرة.

[2] كوكب حسين حربا, الفصل الثامن المعالجة البيولوجية للنفايات العضوية, ص1.

[3] شليحي الطاهر, مزلف سعاد. (2018). أهمية تدوير النفايات العضوية كسماد فلاحي في حماية البيئة, مجلة الاقتصاد والبيئة, المجلد1 / العدد 1ص119.

[4] الصغير محمد الغربي. (2018). النفايات العضوية من نعمة إلى نقمة, الجزيرة, تاريخ الإطلاع 16-05-2022.

الفصل الأول

نظرة عامة حول مخاطر النفايات وطرق معالجتها

تمهيد:

تعتبر حماية البيئة من أكثر المهام إلحاحًا في عصرنا. تصل نفايات المنشآت الصناعية والأنشطة البشرية المنزلية إلى كميات كبيرة مما يؤثر على تلوث الغلاف الجوي والمسطحات المائية وأمعاء الأرض، والتي يتجاوز مستواها اليوم في كثير من المدن المعايير الصحية المسموح بها. أظهرت الدراسات البيئية أنه على مدى العقود الماضية، أدى التأثير المدمر للعوامل البشرية إلى بداية أزمة بيئية.

تعد إدارة النفايات مشكلة بيئية وتكنولوجية واقتصادية معقدة تكافح العديد من البلدان لحلها على أعلى مستوى. يعد البحث عن التقنيات وإنتاج المعدات لمعالجة النفايات والتخلص منها اليوم مجالًا مرغوبًا و واعدًا، ويتم تطويره بدعم من مستثمرين من القطاعين العام والخاص.

I-1- النفايات و مخاطرها على البيئة:

I-1-1- تعريف النفايات:

نجد أن النفايات محل اهتمام الكثيرين في هذا العصر فتعددت مفاهيمها و تعاريفها وسنحاول عرض بعض التعاريف المشهورة والخروج بتعريف شامل ودقيق لنفايات.

1- التعريف الاصطلاحي:

عرفت منظمة الصحة العالمية النفايات بأنها الأشياء التي أصبح صاحبها لا يريدها في مكان ما, والتي أصبحت ليس لها قيمة أو أهمية [1].

2- التعريف من الناحية القانونية:

حسب المادة 03 من قانون (01-19) المتعلق بتسيير النفايات ومراقبتها وإزالتها " هي كل البقايا الناتجة عن عمليات الإنتاج أو التحويل أو الاستعمال وبصفة أعم كل مادة أو منتوج وكل منقول يقوم المالك أو الحائز بالتخلص منه أو قصد التخلص منه , أو يلزم بالتخلص منه أو بإزالته " [2].

I-1-2- أنواع النفايات ومصادرها:

إن تصنيف النفايات يسمح لنا بالتعرف على النفايات وتحديد الطرق المثلى لمعالجتها , ولإحصاء كامل لأنواع النفايات يجب علينا إتباع تصنيف معين ويكمن المشكل في أنه يمكن لنوع محدد من النفايات أن يصنف عدت تصنيفات وذلك حسب المعيار الذي يأخذه في تصنيف خاص.

حسب ما جاء في دراسة الباحثة [3], أن هناك أربعة معايير لتصنيف النفايات حسب طبيعة النفايات وطرق معالجتها وسلوكها ومصدرها وفي ما يلي جدول يلخص أنواع النفايات حسب كل معيار من المعايير المذكورة وقد أضفنا بعض ما يشمله كل نوع من النفايات.

الجدول (1): أنواع النفايات حسب المعيار الذي يأخذه في التصنيف [3].

المعيار	التصنيف	الأمثلة
طبيعة النفايات (الطبيعة الفيزيائية)	صلبة	بقايا طعام, أثاث تالف
	سائلة	زيوت السيارات, مياه الصرف الصحي
	غازية	دخان السيارات, دخان المصانع
طرق المعالجة	هامدة	فضلات البناء, أكوام الأتربة
	منزلية	مخلفات المنازل, بقايا الطعام, أثاث تالف
	خاصة	نفايات المستشفيات ...
	خطرة	مركبات كيميائية ...
سلوك النفايات	هامدة	مخلفات الهدم والبناء ...
	سامة	مواد كيميائية ...
	قابلة للتخمر	مواد عضوية ...
المصدر	صناعية	مخلفات المصانع, غازات وسوائل ...
	نووية	فضلات ناتجة عن معالجة اليورانيوم وغيره
	حضرية	مخلفات المنازل والمستشفيات ...
	إشعاعية	نواتج التجارب النووية, نفايات طبية
	زراعية	أوراق الأشجار, أغصان, مبيدات ومخصبات

I-1-3- أسباب انتشار النفايات:

هناك العديد من الأسباب التي تؤدي إلى انتشار النفايات، ومنها:

- التقدم الصناعي السريع وزيادة حجم الفضلات الصناعية، وعدم إمكانية التخلص منها بالسرعة نفسها.
- الاعتماد على طرق غير صحية في التخلص من النفايات مثل الحرق والرمي في البحار والأنهار والمكبات، وعدم الشعور بالمسؤولية من قبل رؤساء البلديات، إذ لا يهتمون بإيجاد حلول جذرية لمشاكل البيئية الخطيرة.
- عدم وجود حل وتحرك فعال لتقليص المشاكل الناجمة عنها، فهي قائمة على نشاطات واجتهادات فردية بكميات قليلة ومناطق محدودة.
- عدم وجود قانون صارم يمنع رميها وتوجيه عقوبة للمخالفين إما بدفع غرامات مادية أو حبسهم. عدم وجود إمكانيات لاستيعاب كمية كبيرة من النفايات في مكبّ واحد.

- عدم وجود فعاليات كافية للتخلص منها، فالبلديات تجمعها مرة واحدة فقط في الأسبوع في بعض المناطق.

- الإهمال من قبل المواطنين وعدم معرفتهم بحجم الضرر الناتج عن تكدس النفايات [4].

I-1-4- مخاطر انتشار النفايات:

هناك العديد من المخاطر الناجمة عن النفايات، وهي [5]:

1- المخاطر الصحية:

- التعرض لبكتريا الكزاز والتهاب الجلد.

- التعرض للهباء الحيوي وهي عبارة عن كائنات دقيقة في الهواء، توجد عادة في النفايات المخزنة في بيئة رطبة ودافئة، وتسبب الحساسية للأشخاص الذين يستنشقونها كثيرًا ولفترات زمنية طويلة

- التعرض للجراثيم من خلال البراز كبكتيريا إي كولاي والسالمونيلا وفايروسات تسبب التهاب الأمعاء وفايروس التهاب الكبد "إيه" الذي ينتقل من خلال تناول طعام ملوث ببراز شخص مصاب.

- التعرض للطفيليات المرتبطة بفضلات الحيوانات كالتوكوبلازما وهي موجودة بالأخص في براز القطط، ويؤدي إلى الإصابة بمرض المقوسات، وفي حالة أُصيبت به المرأة الحامل ينتقل إلى جنينها مما يسبب مضاعفات خطيرة.

- التعرض لجراثيم مخابئ الحيوانات كالقوارض، مثل داء البريميات وهي عدوى مرتبطة ببول القوارض كالجرذان وتسبب اليرقان والتهاب السحايا وحدوث تلف في الكلى.

التعرض للفيروسات التي تنتقل بواسطة الدم كالتهاب الكبد الفيروسي "بي" و"سي" وفيروس "إتش إي في" الذي يسبب الإيدز، من خلال استخدام إبر ملوثة بالفيروسات، ويواجه هذه المشكلة الأشخاص الذين يتعاملون مع النفايات الطبية.

- التعرض لمخاطر صحية كثيرة، بسبب جذبها للذباب والحشرات والفئران التي بدورها تنقل الجراثيم إلى الإنسان.

- التعرض لنفايات الرعاية الصحية خطر جدًا لما تسببه من نقل العدوى للمرضى ومقدمي الرعاية وعامة الناس، وانتشار كائنات مجهرية مقاومة للأدوية، وإصابات ناتجة عن النفايات الحادة كالإبر، وتسمم وتلوث ناجم عن إفراز منتجات صيدلانية وعن طريق مياه الصرف الصحي، وتلوث بعناصر ومركبات سامة.

2- المخاطر البيئية:

- التأثير على المظهر العام وانتشار الروائح الكريهة.

- التأثير على النظام البيئي الحيوي للمنطقة من خلال جلب القوارض والحشرات.

- احتمالية التسبب في تلوث مياه الشرب في حالة عدم بناء مدافن للنفايات بطريقة مناسبة.

- احتمالية إفراز ملوثات في الهواء ومخلفات الرماد في حالة عدم الترميد بطريقة مناسبة أو ترميد مواد غير مناسبة، إذ في حالة ترميد مواد تتكون من الكلور قد ينتج الديوكسينات والفيورانات وهي من المواد المسرطنة، وترميد المعادن الثقيلة أو التي تتكون من الرصاص والزئبق والكادميوم يؤدي إلى انتشار معادن سامة.

- الانحباس الحراري وارتفاع حرارة الكوكب مع مرور الكثير من الوقت، وذلك بسبب الغازات المنبثقة من المكبات كغاز الميثان وثاني أكسيد الكربون, حيث يمثل الجدول (2) عواقب الغازات السامة على البيئة جراء الحرق في المفارغ العشوائية.

الجدول (2): عواقب الغازات السامة على البيئة جراء الحرق في المفارغ العشوائية [6].

العناصر الكيميائية	الغازات الناتجة عن الاحتراق	عواقبها
الكربون	أكسيد الكربون	إحتباس حراري
الآزوت	أكسيد الآزوت	إحتباس حراري- أمطار حمضية- أوزون الغلاف الجوي المنخفض
الكبريت	ثنائي أكسيد الكبريت	إحتباس حراري
الكلور	حمض الكلوريدريك الدوكسين	إحتباس حراري تراكم في السلاسل الغذائية
الفليور	حمض الفليوريدريك	إحتباس حراري

I-2- مخاطر النفايات الصلبة وكيفية إدارتها:

إدارة النفايات هي في الحقيقة عملية معالجة النفايات الصلبة, وهي مجموعة متنوعة من الحلول لإعادة تدوير العناصر التي لا تنتمي إلى سلة المهملات, وهي تتمحور حول كيفية استخدام القمامة بوصفها موردا قيما, وهي شيء يحتاجه كل شخص يمتلك منزلا وعملا في العالم, فإدارة النفايات تتخلص من المنتجات والمواد التي كنت قد استخدمتها بطريقة آمنة وفعالة [7].

I-2-1- تعريف النفايات الصلبة:

يوجد هناك عدة تعريفات للنفايات الصلبة منها:

1- التعريف البيئي:

من وجهة نظر بيئية تشكل النفاية خطرا ابتداء من الوقت الذي تحدث علاقة بينها وبين البيئة, هذه العلاقة يمكن أن تكون مباشرة أو نتيجة للمعالجة.

2- التعريف الاقتصادي:

من وجهة نظر اقتصادية تعتبر نفاية كل مادة أو شيء قيمته الاقتصادية معدومة أو سلبية بالنسبة لمالكه [8].

3- التعريف القانوني:

هو ما ورد في المادة83 من قانون حماية البيئة (03-83), حيث تعرف النفاية كما يأتي: تعتبر نفاية كل ما تخلفه عملية إنتاج أو تحويل أو استعمال, وهو كل مادة أو منتج أو بصفة أعم كل شيء منقول يُهمل أو تخلى عنه صاحبه [9].

ومن خلال كل ما سبق من تعريفات يمكن القول أن التعريفات تلتقي في معنى واحد وهو أن النفايات الصلبة مواد ليس لها قيمة على جميع المستويات سواء الاجتماعية أو الاقتصادية.

I-2-2- أنواع النفايات الصلبة:

يتم تصنيف النفايات الصلبة تِبعا لمصدرها إلى عدة أنواع هي:

1- نفايات منزلية:

وهي المخلفات الناتجة من المنازل والفنادق وغيرها كما يوضح الشكل (1) مكوناتها، ويجب معالجتها والتخلص منها حتى لا تشكل أي خطر على البيئة.

الشكل(1): مكونات النفايات المنزلية.

2- نفايات صناعية:

وهي تعتبر أخطر أنواع النفايات على البيئة ،نظراً لاحتوائها على مواد قابلة للاشتعال (متفجرة، وسامة)، وأيضاً مادة الكاوتشوك والبلاستيك تحتاج فتره طويلة للتحلل.

3- نفايات زراعية:

تمثل كافة المخلفات الناتجة منن الأنشطة الزراعية والحيوانية ونفايات المسالخ، وإذا تم إعادة هذه النفايات إلى دورتها الطبيعية فإنها لا تشكل خطر على البيئة [10].

4- نفايات التعدين والهدم والبناء:

نفايات التعدين هي المواد المتبقية بعد عملية فصل الأجزاء القيّمة عن الأجزاء غير الاقتصادية (الشوائب المعدنية) من المواد الخام. تختلف مخلفات التعدين عن الغطاء الفوقي، وهو المادة الصخرية أو الترابية التي تمتد فوق خامة أو جسم معدني وتجري إزاحتها أثناء التعدين دون أن تُعالج [11].

5- نفايات ناتجة عن معالجة المياه العادمة:

وهي مياه تحتوي على تركيز عالي من الأسمدة يمكن الاستفادة منها إذا تمت معالجتها، فتعمل على رفع كفاءة التربة وتحسين الزراعة [10].

I-2-3- خطورة النفايات الصلبة:

- تشويه المنظر.
- الرائحة الكريهة.
- ستجلب النفايات العديد من الحشرات والقوارض، فهي تؤثر على النظام الحيوي في المنطقة التي تتجمع فيها النفايات.
- على المدى الطويل تؤثر النفايات على درجة الحرارة، إذ يسبب تجمع النفايات إلى انبعاث غازات منها (غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون) فيعمل ذلك على رفع درجة الحرارة والتأثير على الاحتباس الحراري.
- يعمل دفن النفايات بالشكل الغير صحيح إلى تلوث مياه الشرب وذلك وفقاً لمنظمة الصحة العالمية [12].

I -2-4- طرق التخلص من النفايات الصلبة:

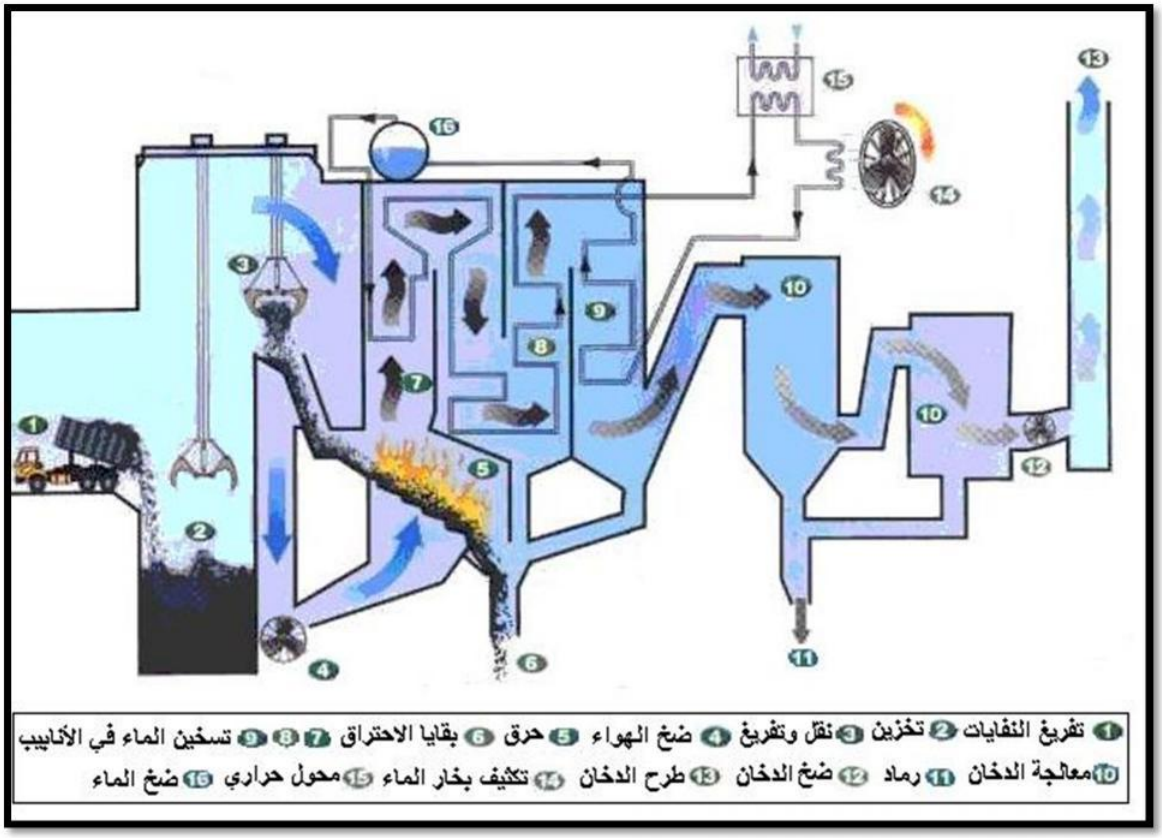
يُطلَق على (إنتاج النفايات وجمعها ومعالجتها ونقلها والتخلص منها) مفهوم إدارة النفايات، ولما لهذا المفهوم من أهمية بالغة لدى الدول لصلته بالصحة العامة والبيئة، تمّ تشريع قوانين تنظّم هذه العملية، وقد أُنيطت مسؤوليّتها إلى مؤسسات رسمية عديدة تتابع وبشكل مكثف كلّ ما يتعلّق بها، ومن الطرق المستخدمة للتخلص من النفايات الصلبة [13][14][15][16]:

1- إعادة التدوير:

هي طريقة آمنة ومربحة بنفس الوقت وهي بالأساس تعتمد على تجميع النفايات وتصنيفها إلى مواد قابلة للتدوير كالزجاج والكرتون والبلاستيك، ثم إرسالها إلى مصانع متخصصة لكل نوع حتى يعاد تدويرها وإنتاج مواد قابلة للاستخدام من جديد، وهي عملية مفيدة للبيئة وتُغني عن المواد الأولية بشكل كبير.

2- الحرق:

هي الطريقة التي تعتمد على تجميع النفايات الصلبة في محرقة أو مكب نفايات وتُحرق حتى نتخلص منها، الأمر الذي لا يحتاج إلى مكان كبير جدًا ويقلل من حجم النفايات الصلبة؛ لكنها طريقة مضرة للبيئة فهي تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون المضر بالكائنات الحية والغلاف الجوي بشكل كبير وغازات أخرى قد تكون سامة، لكن تكلفة التخلص منها قليلة بالمقارنة مع الطرق الأُخرى المُتبعة [13], حيث يوضح الشكل المقابل مراحل عملية الحرق للنفايات الصلبة.



الشكل (2): مراحل عملية الحرق للنفايات الصلبة.

3- مكبات النفايات الصلبة:

يمكن إقامة مكبات تحوي الكميات الكبيرة من النفايات الصلبة وطمرها، إذ تُبنَى كمدافن في مواقع بيولوجية مناسبة بعيدة عن الصدوع والسهول والأراضي الرطبة، وأغطية مرنة لتغطية قاع المكب لمنع تسرب المواد الناتجة منها لباطن الأرض قدر الإمكان، وطمر النفايات باستمرار بطبقات التربة، ومراقبة

المياه الجوفية لمراقبة تسرب النفايات من عدمه، والرعاية المستمرة والرقابة لحماية البيئة من مخلفات هذا الطمر على المدى البعيد [14].

4- تحويل النفايات إلى طاقة بواسطة (تغويز البلازما):

التغويز مصطلح يعني تحويل المادة من الحالة السائلة أو الصلبة إلى الحالة الغازية. أما البلازما، فهي حالة المادة الرابعة، بعد الصلب والسائل و الغاز. والبلازما عبارة عن غاز مشحون إلكترونياً وشديد السخونة تولّده النجوم في الكون بطريقة طبيعية. ويمكن توليده اصطناعياً على الأرض عبر استخدام الطاقةالكهربائية.

التغويز بأسلوب البلازما هو عبارة عن معالجة النفايات العضوية وغير العضوية بواسطة مفاعل يستخدم موقد بلازما قوي لرفع درجة حرارة النفايات لتصل إلى آلاف الدرجات. تؤدّي هذه الحرارة الرهيبة إلى تكسير الروابط الكيميائية بين العناصر وتحويل كامل كمية النفايات المعالجة، بما فيها الخطرة بيئياً، إلى غازات، وتُقسّمها إلى عناصرها الأساسية. ومن أهم ميزات التغويز أنه لا ينتج الرماد الذي يُعد مشكلة أساسية في المحارق التقليدية، كما أن مردود الطاقة من هذه العملية عالٍ مقارنة بتقنية الحرق المباشر، وهو مستخدم في نظام القوات الجوية الأمريكية القابل للنقل لتحويل بقايا البلازما إلى طاقة كما في حقل هلبرت بولاية فلوريدا. وإلى جانب المصانع الكبيرة، توجد أيضاً المحارق المحلية لتوليد الطاقة من النفايات بطريقة التغويز، كمصنع توليد الطاقة في ملجأ دي سارين على سبيل المثال [15].

5- تحويل النفايات العضوية إلى أسمدة:

يمكن استغلال النفايات العضوية مثل بقايا الطعام، والنبات في إنتاج الأسمدة، ومخصّبات التربة عبر عملية تسمى "كومبوست"، حيث يتم تحلل هذه النفايات بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وتحولها إلى مركبات عضوية صغيرة تستخدم كبديل للسماد الكيماوي المستخدم في الزراعة، وتساهم هذه العملية بشكل كبير في التقليل من النفايات المنزلية، وتوفر مواد طبيعية بديلة للأسمدة الكيماوية [10][16].

6- إنتاج الغاز الحيوي من النفايات العضوية:

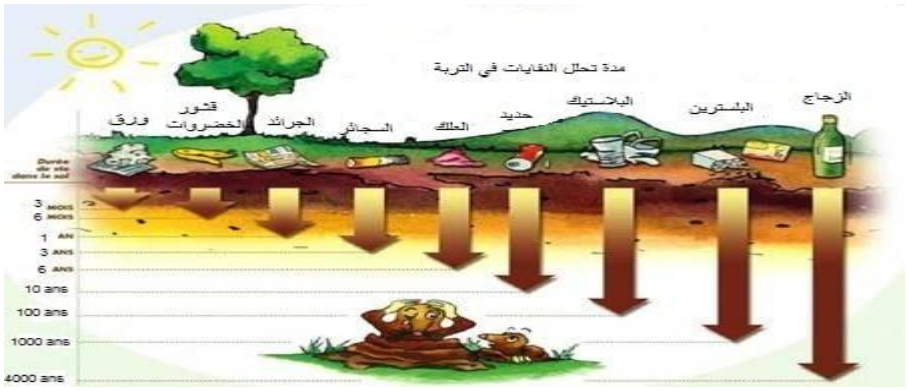
من المعروف أن إنتاج الغاز الحيوي يتم حالياً من مكبات الصرف الصحي. ولكن عملية الإنتاج تستغرق وقتاً قد يزيد على عشرين سنة تتراكم خلالها أطنان وأطنان من النفايات العضوية. ولتسريع عمليات التحلل اللاهوائي التي تنتج الغاز الحيوي فقد تم تصميم معامل تعتمد على استعمال حرارة مرتفعة نسبياً لتحفيز الكائنات الدقيقة المسؤولة عن التحلل. وبذلك فإن العملية التي تحتاج إلى سنوات قد تتم في أيام قليلة، وهذا ما يزيد من مردود الطاقة ويقلل الحاجة إلى مساحات واسعة من الأراضي لإنشاء مكبات جديدة [15].

I-3- تثمين النفايات العضوية:

تشكل النفايات العضوية ما يقارب 50% من حجم النفايات المنزلية وتعتبر النفايات العضوية النوع الوحيد من النفايات الذي يتحلل بالكامل بسرعة كبيرة نسبيا.

I-3-1- تعريف النفايات العضوية:

هي نفايات قابلة للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة, منها من تتحلل بشكل سريع كالمواد المتعفنة وتشمل الغذاء والخضروات واللحوم والخبز وأخرى تتحلل بشكل بطيء كالورق والكرتون والأخشاب والجلد والأقمشة والمطاط الطبيعي, والشكل التالي يبين مدة تحلل النفايات العضوية في التربة.



الشكل(3): مدة تحلل النفايات العضوية في التربة.

I -3-2- أنواع النفايات العضوية:

يمكن تقسيم النفايات أو المخلفات العضوية إلى ثلاثة أنواع رئيسية وذلك بحسب مصدرها وهي:

1- النفايات الزراعية:

تعرف المخلفات الزراعية بصورة عامة على أنها كل ما ينتج من المخلفات العضوية خلال عمليات إنتاج المحاصيل الزراعية بكافة أنواعها سواء أثناء أو بعد الحصاد أو القطاف أو أثناء عمليات الإعداد للتسويق أو التصنيع لهذه المحاصيل كمخلفات التصنيع الزراعي.

هناك أنواع عديدة للمخلفات الزراعية والتي يمكن اعتمادها في عمليات التصنيع كمواد أولية في عمليات الإنتاج والتدوير وتشمل كافة المخلفات العضوية التي تنتج من الحقول والمزارع أو من مخلفات التصنيع الزراعي وتقسم إلى نوعين رئيسيين هما:

أ)- المخلفات الحقلية:

تشمل جميع المخلفات الزراعية العضوية التي تنتج بعد عمليات الحصاد (للمحاصيل الحقلية من حبوب وبقوليات) أو تنتج بعد جني أو قطاف المحاصيل الحقلية (محاصيل الفاكهة) أو أثناء إعدادها لتلك

المحاصيل للتسويق, ومعظم هذه المخلفات تنتج على مستوى الحقول والمزارع ويمثل هذا النوع من المخلفات الكم الأكبر من المخلفات الزراعية.

وتعتبر مخلفات سعف النخيل مثالا هاما للكميات الهائلة التي تنتج من تلك الشجرة المباركة من المخلفات كل عام وخاصة في الدول المنتجة للتمور " دول الخليج العربي " والتي للأسف تكون نهايتها الإهمال أو الحرق مع أنه يمكن الاستفادة من كافة أجزاء ومخلفات أشجار النخيل الثمري " أوراق النخيل السعف, الليف, الكرب, جذوع الأشجار, البلح والبسر والبذور وغيرها .." في تصنيع وإنتاج العديد من المنتجات التي تدخل في المجال الصناعي والزراعي.

ب)- مخلفات التصنيع الزراعي:

وهى كل ما ينتج بصورة عرضية أو ثانوية أثناء عمليات حفظ أو تصنيع المحاصيل الزراعية وتشمل هذه المخلفات أنواع عديدة منها مخلفات التصنيع الزراعي نباتية المصدر مثل " مخلفات معاصر الزيوت ومخلفات المطاحن وصوامع الحبوب، ومخلفات المضارب ومخلفات صناعة السكر والنشاء والجلوكوز".

2- المخلفات الحيوانية:

هي المخلفات العضوية الناتجة من نشاطات ومشاريع تربية الحيوانات والأسماك والطيور وتشمل العديد من المخلفات ومنها " فضلات الحيوانات والدواجن خلال تربيتها بالمزارع أو المباقر أو المداجن أو محطات الإنتاج وتشمل فضلات الحيوانات من روث الحيوانات، وزرق وفرشة الدواجن بالإضافة إلى مخلفات التصنيع الناتجة من الحيوانات أو الطيور أو الأسماك والتي تشمل مخلفات المجازر و المسالخ ومخلفات مصانع الألبان والصناعات الغذائية التي تعتمد على المنتجات الحيوانية وكذلك مخلفات مشاريع تربية الأسماك ومعامل حفظ وتصنيع الأسماك ...".

3- مخلفات الطعام من المنازل والمطاعم:

هي مجموعة مختلفة من المخلفات المشتركة من أصل نباتي " زراعي " و " حيواني " معا ولا يمكن إدخالها ضمن المخلفات الحقلية أو مخلفات التصنيع الزراعي أو الحيواني وتشمل " مخلفات المطابخ والمطاعم " وهي خليط من المخلفات المتعددة ومحتواها غني وغير ثابت وتخضع لشروط ومعالجة خاصة في عمليات تدويرها وتحويلها إلى منتجات مصنعة.

وتؤكد الحقائق والدراسات زيادة مضطردة وكبيرة في كميات نفايات مخلفات الطعام عربيا وعالمياً، والتي ساهمت في تراكمها الطفرة الاقتصادية والأنماط والسلوكيات المعيشية الجديدة، إلى جانب بعض

العادات والتقاليد الخاطئة في المبالغة في إعداد وتحضير كميات كبيرة من الطعام وبشكل زائد عن حاجة الإنسان... [17].

I-3-3- تثمين النفايات:

وفقا للقانون 01-19 فإن عملية تثمين النفايات هي جميع عمليات إعادة استخدام النفايات أو إعادة تدويرها أو تحويلها إلى سماد أو مادة أخرى [18].

1- أهمية تثمين النفايات العضوية:

تكمن أهمية تثمين النفايات بصفة عامة في فاعلية طرق التثمين وأيضا الحاجة إلى المواد المنتجة وقد قسمنا أهمية التثمين إلى:

أ)- الأهمية البيئية:

وراء كل الطرق المتبعة في تثمين النفايات هدف بيئي وهو المحافظة على البيئة والموارد البيئية من مياه وتربة وهواء نقي وكائنات حية وأيضا ترابط النظام البيئي، فكما ذكرنا سابقا تعد النفايات من مشكلات العصر لذلك كان من الأهمية القصوى التخلص منها للحفاظ على البيئة.

ب)- الأهمية الاقتصادية:

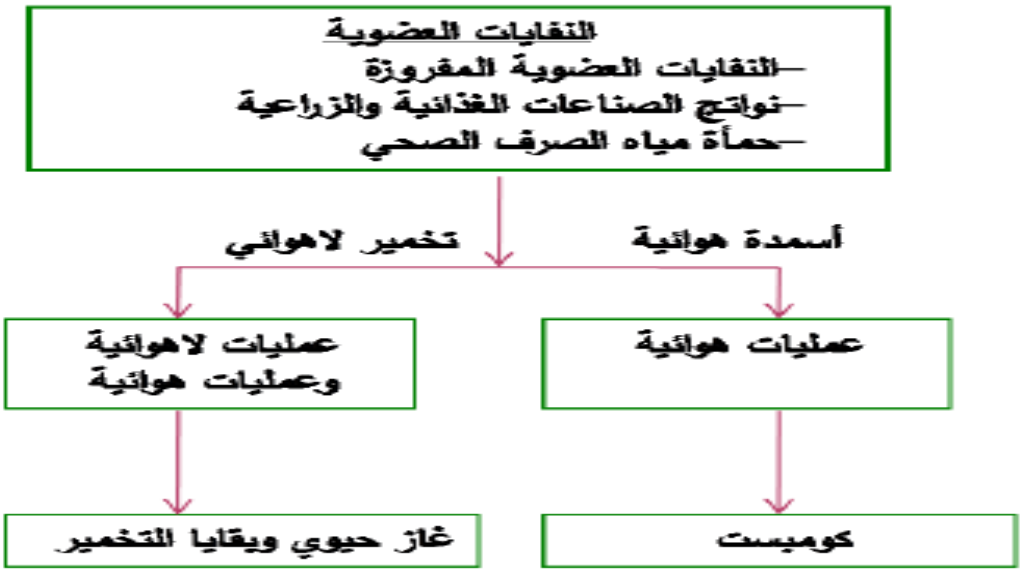
توفر النفايات العضوية مادة ذات قيمة سالبة في حالتها الأولى ولذلك فإن تثمينها يجعل لها قيمة مالية معتبرة وذلك بإتباع طرق محددة لكي تعطيها تلك القيمة. وأيضا بمعالجتها نتجنب خسائر مالية قد نتكبدها سبب أخطارها ومضاعفاتها من تلوث وضياع للموارد الطبيعية.

ج)- الأهمية الاجتماعية:

إن تثمين النفايات ثقافة عصرية من شانها أن تساهم بقدر كبير في تنمية الشعوب والحفاظ على الثروات للأجيال القادمة، وتنمي الحس بالمسؤولية للفرد تجاه البيئة وما تقدمه من خيرات [19].

2- طرق معالجة النفايات العضوية:

إن اعتماد الطريقة المناسبة لمعالجة النفايات العضوية يستند بدرجة كبيرة على نسبة الشوائب فيها، وعلى خواصها الفيزيائية والكيميائية، وكذلك إلى الهدف النهائي من عملية المعالجة برمتها. وبناءً على ذلك فإنه يمكن معالجة النفايات العضوية بالطرق التالية, كما هو موضح في الشكل المقابل:



الشكل (4): طرق معالجة النفايات تبعا لمحتواها من المادة العضوية.

أ)- الطريقة الهوائية (التحلل الهوائي):

هي إحدى وسائل المعالجة البيولوجية للمخلفات العضوية سواءً النباتية أو الحيوانية للحصول على سماد عضوي جيد والمحافظة على البيئة، وإثراء التربة بالكائنات الحية التي تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي وإذابة الفوسفور و البوتاسيوم مما يساعد على نمو المحاصيل بكفاءة عالية.وهي عملية حيوية تعتمد على نشاط التمثيل الغذائي للعديد من الكائنات الحية الدقيقة حيث تعتمد تلك الكائنات في تغذيتها على ما تحتويه هذه المخلفات من المواد الكربوهيدراتية و النيتروجينية. وأثناء تغذيها على هذه المواد تنطلق كميات كبيرة من الحرارة وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، (أنظر الصورة أدناه) ونتيجة لتلك الحرارة المنطلقة فان درجة حرارة المكمورة تصل بين 60 إلى 75 درجة مئوية [19].

الشكل (5):انطلاق الغازات وبخار الماء من أكوام المواد العضوية أثناء التحلل.

ب)- الطريقة اللاهوائية (التخمير اللاهوائي):

يعتبر الهضم اللاهوائي للمخلفات العضوية إحدى التقانات الحيوية لإنتاج طاقة قابلة للتجدد ونظيفة من الكتلة العضوية، بالإضافة إلى حفظ قيمة المخصب العضوي (السماد) الناتج عن تلك المخلفات [20].

وهو عملية تحلل حيوي للمواد العضوية بغياب الأكسجين، والتي يتم خلالها تحلل وتحول المواد العضوية من قبل الكائنات الحية الدقيقة التي تعمل على تحطيم المركبات العضوية المعقدة وتحويلها إلى مركبات كيميائية بسيطة، وبشكل نهائي إلى غاز حيوي مؤلف من ميثان ونسب من غازات أخرى ومواد عضوية على شكل حمأة مستقرة، ويعد الميثان مصدرًا للطاقة المتجددة ويعتبر أحد الحلول لمشاكل النقص المستمر للطاقة التقليدية، حيث يمكن أن يحرق مباشرة في موقع الهضم لتأمين المتطلبات الحرارية والكهربائية، بالإضافة لتوليد الكهرباء داخل المزارع [21].

تستطيع الكائنات الحية الدقيقة تحويل المادة العضوية إلى غاز الميثان وثاني أ وكسيد الكربون كمنتجات رئيسية وفق المعادلة التالية:

$$\text{مواد عضوية} + \text{ماء} + \text{هوائية لا بكتريا} \longrightarrow CO_2+CH_4+NH_3+H_2S$$

تم اقتراح الهضم اللاهوائي كطريقة بديلة لإزالة الفضلات العضوية عالية التركيز، ولقد تم القيام بمجموعات بحثية متطورة ومتعددة لدراسة عمليات الهضم اللاهوائية باستخدام مواد وركائز عضوية مختلفة, ومن فوائدها التخلص من الفضلات بطريقة آمنة، وبطاقة تشغيلية منخفضة، وبكلفة استثمارية ابتدائية متوسطة، حيث تنتج عملية الهضم اللاهوائي الغاز الحيوي الذي يمكن استخدامه كطاقة متجددة نظيفة، حيث استخدم في أوربا في عدد من المنشآت، بالإضافة إلى السماد العضوي(الحيوي)الذي يعتبر مصدراً لإمداد النباتات بالعناصر التسميدية المغذية.

الشكل (6): صهاريج الهضم اللاهوائي.

الخلاصة:

بتعدد مصادر النفايات العضوية، تتعدد طرق الاستفادة منها وهذا ما يجعل المجال مفتوحا للاستثمار فيها وخلق مناصب شغل، وأيضا تضمن دورة للمادة في الطبيعة. لذلك من الواجب التشجيع للتعريف بهذه الأساليب الصحية و تطويرها ومحاربة الأساليب التي تؤدي إلى مخاطر في الحاضر والمستقبل، ونشر الوعي في المجتمع حول ما تسببه إذا ما تم معالجتها.

قائمة المراجع:

باللغة العربية:

[1] منظمة الصحة العالمية.

[2] القانون الجزائري الإصدار رقم:01-19 المؤرخ في 27 رمضان الموافق ل 12 ديسمبر 2011, الذي يتعلق بتسيير النفايات ومراقبتها وإزالتها.

[3] سعيدي, ن. (2012). تسيير النفايات الحضرية في الجزائر بين الواقع والفاعلية المطلوبة, دراسة حالة الجزائر العاصمة, مذكرة ماجستير, جامعة بومرداس .

[4] حنين المشايخ. (21-04-2019).بحث عن النفايات وأثرها على البيئة, تاريخ الإطلاع: 10-05-2022.

[5] أسامة أبو الرُب. (24-08-2015). النفايات مخاطر صحية وبيئية, الجزيرة نت.

[6] بوقطاية.م, عامر.ا, مرغني.إ, خنفور.إ. (2014). مساهمة في دراسة حالة وتسيير النفايات وأثرها على البيئة, جامعة الوادي.

[7] فريق التحرير. (2016).ما هي إدارة النفايات و ما هي طرق التخلص منها, مجلة نقطة العلمية, تاريخ الإطلاع: 14-05-2022.

[8] محمد بن إبراهيم الدغيري, النفايات الصلبة تعريفها أنواعها وطرق معالجتها, الجمعية الجغرافية السعودية سلسلة ثقافية جغرافية (3), جامعة الملك سعود المملكة العربية السعودية.

[9] قوانين حماية البيئة.

[10] فارس بن دباس عبد الرحمن السويلم، النفايات المنزلية بين إعادة التدوير والأضرار الصحية والبيئية، السعودية العبيكان، ص 68-69-70-71-74-78. بتصرّف.

[12] الحجار، صلاح محمود. (2011). أسس وآليات التنمية المستدامة, إدارة المخلفات الصلبة البدائل – الابتكارات – الحلول، دار الفكر العربي، القاهرة.

[14] زينة حمايمي. (2019). طرق التخلص من النفايات الصلبة, تاريخ الإطلاع: 15-05-2022.

[15] طايل الحسن. (2018). من نفايات إلى وقود ..حلول بيئية وطاقة بديلة, العربية, تاريخ الإطلاع: 10-05-2022.

[16] بشير محمد عربيات، أيمن سليمان مزاهرة، التربية البيئية، عمان- الأردن: دار المناهج للنشر والتوزيع، ص 88-89. بتصرّف.

[17] مجد جرعتلي. (2016). المخلفات العضوية من عِبْء صحي و بيئي إلى مورد اقتصادي, دراسات وبحوث زراعية, مكتب دراسات خضراء.

[19] بالقاسم مسلم, صبرين قرميط. (2018). تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي, مذكرة ماجستير, كلية علوم الطبيعة والحياة قسم البيولوجيا جامعة الوادي.

[21] الحافظ خلدون. (2012). دراسة العوامل المؤثرة لتحويل المخلفات الصلبة والسائلة إلى وقود غازي في القطر العربي السوري, أطروحة دكتوراه الهندسة الميكانيكية جامعة حلب.

باللغة الأجنبية:

[13] Lesley Rushton (2003), Health hazards and waste management, Leicester, UK: MRC Institute for Environment and Health, Page 184-186, Part 68.

[18] Belaib.A. (2012). Etude de la jestion et de la valorisation par compostage des dechets organiques generes par le restaurant universitaire Aicha oum elmouminine. Université de Mentouri Constantine. P 8

[20] Brown, R.(2003): Biorenewable Resources: Engineering New Products from Agriculture**.** Iowa State Press: Ames, IA.

المواقع الإلكترونية:

[11] http://www.ldlp-dictionary.com/dictionaries/word/5017951/A

تاريخ الإطلاع 20-05-2022

الفصل الثاني

تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي

تمهيد:

تعد الزراعة من القطاعات الحيوية في اقتصاد العالم, و نظرا للزيادة المستمرة في عدد سكان العالم فإن الأمر استلزم زيادة الطلب على الغذاء, لذلك كان الاهتمام بشكل كبير بتوسيع و استصلاح و استزراع أراض جديدة, لذلك فقد تم الاعتماد على استخدام الأسمدة الزراعية التي كانت نتيجة تثمين النفايات, حيث أن هذه الأسمدة تعد من الركائز الأساسية في التنمية الزراعية و الذي كان انعكاسها مبهر على الإنتاج الفلاحي.

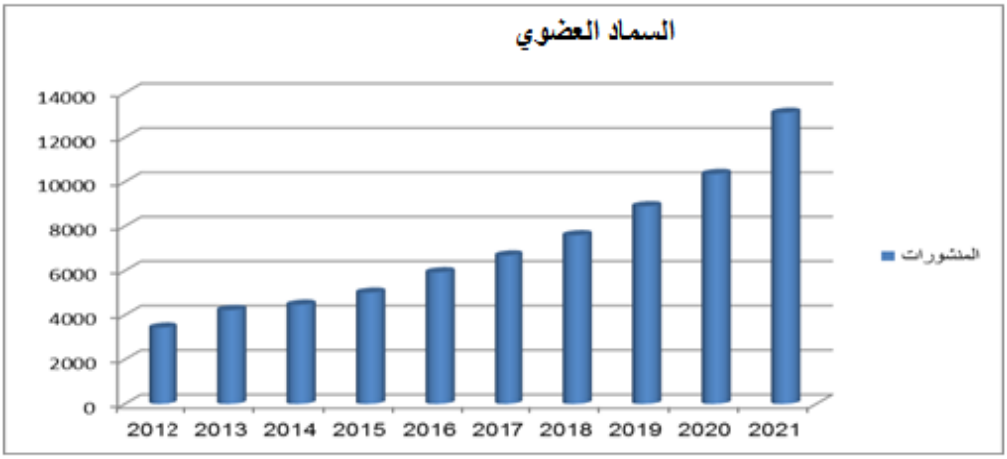
II-1- دراسة عامة حول عملية التسميد و مبادئها:

II-1-1- عملية التسميد:

تعرف بأنها عملية تحويل النفايات العضوية القابلة للتفكك البيولوجي بواسطة الأحياء الدقيقة الهوائية والمخيرة، وضمن شروط وظروف معينة و محددة، إلى مادة معقمة وصحية وصالحة للاستخدامات الزراعية الآمنة تسمى بالسماد العضوي.

تحدث عملية تفكيك المواد العضوية بيولوجيا في الطبيعة بشكل تلقائي عند توفر الشروط المناسبة. حيث تشاهد تحت الأشجار في المناطق الرطبة، إذ تتفكك أوراق الأشجار ذات التركيب العضوي هوائيا بواسطة البكتريا إلى مواد دبالية عضوية مغذية الأشجار. إن هذه العملية تدعى بعملية التحلل البيولوجية (Biological Decomposition).في حال تدخل الإنسان في سير عملية التحلل البيولوجي للمواد العضوية فإن هذه العملية تدعى بالأسمدة [1].

وفي السنوات الأخيرة لاحظنا اهتمام واضح جراء استخدامات هذه الأسمدة الناتجة عن تثمين النفايات العضوية خاصة في الوسط الهوائي حيث يبرهن المدرج التكراري المبين في الشكل (7).



الشكل(7): مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي في العشر سنوات الأخيرة [2].

II-1-2- الأسمدة:

هي المواد العضوية وغير العضوية الأصل والمستخدمة بهدف تغذية النباتات وتحسين خصائص التربة الحيوية والفيزيائية والكيماوية.

إن استخدام الأسمدة من شأنه التأثير في إنتاجية النباتات (في المشاتل والحقول والحدائق) كما ونوعا... حيث ينشط نموها ويعزز مقاومتها ويحسن من حالتها الصحية. كما أن فاعلية الأسمدة تتحدد بنوعيتها وخصائصها وقابلية الأنواع النباتية الحيوية ومدى حاجتها للمواد الغذائية ومحتوى المواد القابلة للامتصاص في التربة [3].

تحتوي الأسمدة على عناصر غذائية كبرى التي يحتاجها النبات بكمية كبيرة والتي تتمثل في: النيتروجين (الآزوت)، الفوسفور، البوتاسيوم، الكبريت. كما أنها تحتوي على عناصر غذائية صغرى التي يحتاجها النبات بكميات قليلة جدا وهي الحديد والكالسيوم، المنغنيز، المغنيزيوم، البروم، الزنك والنحاس [4]. وبالتالي فالتسميد هو إضافة العناصر الغذائية للنبات و ذلك بهدف تعويض خصوبة التربة من هذه العناصر غير الموجودة فيها، أو تلك الموجودة بكميات قليلة وغير كافية لحاجات النبات، أو الموجودة بصورة غير جاهزة أي غير صالحة للامتصاص من قبل جذور تلك الأشجار [5].

الشكل(8): فاعلية السماد العضوي.

II-1-3- أنواع الأسمدة:

تصنف الأسمدة إلى صنفين رئيسيين هما: الأسمدة العضوية (طبيعية)، والأسمدة الكيميائية (صناعية). وتضم الأسمدة الطبيعية مخلفات حيوانية ونباتية، بينما، تحضر الأسمدة الكيميائية من مواد معدنية وكيميائية في مصانع متخصصة، معدة لهذا الغرض. و تصنف الأسمدة الكيميائية بدورها إلى أسمدة بسيطة تحتوي على عنصر واحد فقط (كالنتروجين مثلا) ، أو أسمدة مركبة تحتوي على أكثر من عنصر في آن واحد، كالنتروجين و الفوسفور (NP),النيتروجين و البوتاسيوم (NK) ، أو النيتروجين

والفوسفور و البوتاسيوم معا (NPK) (و هي الأشهر و الأكثر استخداما في الزراعة). كما يمكن أن تكون هذه الأسمدة سائلة أو صلبة أو غازية [6].

1- الأسمدة العضوية:

هي الأسمدة الحاوية كليا أو جزئيا على المواد المغذية للتربة بصورة ارتباطات عضوية نباتية أو حيوانية المصدر. إن المادة العضوية هي المكون الرئيس الواجب توفره في التربة لضمان ديمومة عطاءها، والذي يقل أو ينعدم في الترب الرملية في ظروف المناطق الجافة وشبة الجافة.

تختلف هذه الأسمدة عن بعضها.... فمنها ما هو سماد حيواني اعتيادي, ومنها ما هو سماد حيواني متميع و براز طيور وكمبوست (سماد ناضج متحلل ميكروبيا بعد مروره بعمليتي التخمير والمعالجة الحرارية) وسماد أخضر والمخلفات الصلبة ومخلفات عمليات صيانة المشاتل والحدائق والمشاجر الغابية الحيوية والتصنيعية ونواتج مخلفات المدينة [3].و هناك ثلاثة أنواع من البكتيريا التي تقوم بعملية التحليل وهي:

1- الثيرموفيليك *(Thermophilic)*: تعمل على التحليل بصورة سريعة في ظروف الحرارة العالية.

2- ميزوفيليك *(Mesophilic)*: تعمل على التحليل بصورة سريعة في ظروف الحرارة المتوسطة.

3- سيكروفيليك *(Secrophilic)*:تعمل على التعليل بصورة سريعة في ظروف الحرارة المنخفضة [7].

أ)- أنواع الأسمدة العضوية:

تجهز الأسمدة العضوية من مصادر مختلفة فقد تكون مخلفات نباتية أو حيوانية أو صناعية وهي إما صلبة أو سائلة وإما طرية (fresh) أو متحللة، وتضاف إلى النباتات المختلفة بطرائق متعددة وبكميات تقدر تبعا لنوع المحصول والتربة والظروف البيئية السائدة ونسبة المواد الصلبة / السائلة في السماد العضوي وغيرها. حيث أنها تتميز برخص ثمنها وسهولة استعمالها وقلة تلويثها للبيئة والمنتجات الزراعية ومساهمتها في تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة والذي ينعكس بصورة إيجابية على نمو وإنتاج النباتات المختلفة وإن الكميات التي تضاف منها تعتمد على نسخة التربة وخصوبتها ونوع وصنفها والنبات وعمره والظروف البيئية السائدة في المنطقة [5]. و التي تنقسم إلى:

- **أسمدة عضوية نباتية:**

وهي عبارة عن المخلفات النباتية الصناعية مثل كسبة بذور الخروع و السمسم و القطن والتي تحتوي على النتروجين بنسبة 6.5 – 7 %. و كمثال على ذلك:

الكمبوست:

هذا السماد عبارة عن خليط مكون من بقايا نباتية (خاصة التبن لتوفير الكربون) وحيوانية و نفايات عضوية منزلية مثل قشر البرتقال و قشر البيض و بقايا الخضار الورقية و قشر الموز و البطاطا...الخ. حيث تؤخذ و تجرش (أو تقطع قطع صغيرة) لتتحلل بشكل أسرع و تتراكم فوق بعضها البعض و

يضاف إليها شيء من روث البقر أو الماعز أو الأرانب و كذلك كمية من الماء و تترك لفترة تضل إلى ثلاثة أسابيع على الأقل تحت ظروف معينة لنحصل في النهاية على هذا السماد المسمى (الكمبوست)، يتميز بجميع مميزات البتموس عدا أنه قد يكون ملوثا, خاصة عندما يكون من مصادر حيوانية و قد تكون رائحته غير مقبولة، و يتفوق عليه بوفرة المغذيات النباتية، و يجب التنويه إلى أن مدى غناه بالمغذيات يعتمد في الأصل على مكوناته التي دخلت فيه، و كلما كان مصدره نباتيا كلما كان أنظف و أغلى ثمنا [5].

أ)- فوائد الكومبست: للكمبوست فوائد كثيرة نذكر منها:

- يحتوي الكمبوست على عناصر غذائية عديدة بما فيها العناصر الكبرى (النيتروجين و الفوسفات و البوتاسيوم) و بعض العناصر الصغرى.
- يثبت المعادن الثقيلة فيمنع انتقالها إلى الينابيع و يحمي النبات من امتصاصها.
- يساعد على تحلل المواد الكيميائية مثل المبيدات (الحشرية و الفطرية و العشبية) والمشتقات النفطية.
- يلعب دورا رئيسيا في المحافظة على نمو الكائنات الحية الدقيقة و دود الأرض.
- يحتوي على نسبة مرتفعة من البكتيريا الضرورية لتحلل المواد العضوية المتواجدة في الطبيعة، بما فيها الأوراق، و بقايا النبات و الجذور الذابلة، إضافة إلى روث الحيوانات والجزيئات الصخرية، لتحويلها إلى غذاء للنبات.
- يعيد إحياء تركيبة التربة بعد فقدانها للبكتيريا نتيجة استعمال المبيدات الكيميائية.
- يزيد قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء خاصة في الأراضي الرملية.

ب)- أسس تصنيع الكمبوست:

يمكن القول إن جميع المواد العضوية تتحلل وهي نوعان إما غنية بالكربون و لونها بني مثل (ورق شجر متساقط، قش، أغصان شجر) أو غنية بالنيتروجين مثل بقايا نباتات، حشائش و مخلفات المطبخ ونفايات عضوية مثل قشور البطيخ و الشمام، أكياس الشاي، بقايا التفاح وقشور الموز...إلخ. إلا أن هذه المواد لا تتحلل بنفس الوقت فلكل مادة وقت معين، كل ما هو عضوي يتميز بنسبة محددة للكربون إلى النيتروجين (C/N) في تركيبه، و تعتبر نسبة (C/N) 1/30 مثالية لنشاط الكائنات التي تقوم على عملية التحلل. و هذه النسبة يمكن الحصول عليها من خلال نسب خلط المواد مع بعضها [8].

- **الأسمدة العضوية الحيوانية:**

هي عبارة عن مخلفات حيوانية مثل الدم المجفف و مخلفات الخيل و الماشية و الأغنام و الطيور التي تحتوي على النتروجين بنسبة تتراوح ما بين 5-14 % [5]، كما يعرف السماد الحيواني بأنه المواد الناتجة عن عمليات الإنتاج الحيواني المستخدمة لأغراض التخصيب بما في ذلك الفضلات و البول و الحمأة و القش ومواد الفرش الأخرى [9]، و مثال على ذلك:

السماد البلدي:

هذا السماد غني عن التعريف حيث أنه من مصادر حيوانية، من مخلفات الأبقار أو الأغنام أو الأرانب أو الطيور أو غيرها من الحيوانات، و مشكلة هذا النوع عدم اتزان المواد الغذائية فيه، و رائحته الكريهة، وقد لا يكون متحللا بالكامل، وملوث بشدة بالميكروبات والأعشاب غير المرغوبة وقد يحتوي على طفيليات كالديدان والحشرات المختلفة، لذلك لا يستخدم بحالته النقية إلا بإحدى الطريقتين:

- **الطريقة الأولى:** يؤخذ جزء بسيط منه ويخلط مع التربة بعد تعقيمه بالتخمير البطيء أو بتعريضه للحرارة التي تقتل الطفيليات فيه.

- **الطريقة الثانية:** يخمر لفترة طويلة في حفر خاصة و ذلك بجمعه فيها و إضافة الماء إليه وتغطيته بغطاء بلاستيكي كالمستعمل لتغطية البيوت المحمية ومهمته السماح لأشعة الشمس بالدخول وحبس الحرارة والغازات والبكتيريا تفعل فعلها في تحليله بشكل جيد. وبعد مرور سنة تقريبا يؤخذ ويعرض للهواء كي يفقد معظم ما بداخله من روائحه غير المرغوبة، ثم يستخدم مباشرة كسماد جيد للنباتات بكميات كبيرة حسب نوع النبات [5].

أ)- أسس تحضير السماد البلدي: يمكن تحضيره بإتباع الأسس السليمة التالية:

- بناء حظائر الحيوانات, حيث تكون مرتفعة السقوف ومنخفضة الأرضية على أن تكون أرضية الحظائر إسمنتية وغير منفذة للسوائل.

- الفرشة المستعملة, تكون خليط من التربة الغير ملحية ومخلفات المزرعة النباتية (قش الأرز أو التبن أو حطب الذرة والقطن بعد تكسيره) وتوضع الفرشة متجانسة التوزيع تحت الحيوانات بمعدل لا يزيد عن 0.5 m و 3m تربة بالإضافة إلى ما لا يقل عن 20Kg من المخلفات النباتية لكل عشر حيوانات يومياً. (حوالي 75Kg تربة و 2 Kg مخلفات نباتية لكل حيوان يومياً).

- يفضل إضافة الجبس الزراعي أو صخر الفوسفات مع الفرشة بمعدل 20Kg لكل حيوان أسبوعياً حيث أن كبريتات الكالسيوم تحد من فقد الأمونيوم كما أن الفوسفات تنفرد وترتبط في صورة عضوية سهلة تيسرها للنبات.

- يفضل إبقاء السماد أطول فترة ممكنة بالحظائر حتى يمكن تقليل صور فقد العناصر الغذائية.

- و بالنسبة لمزارع إنتاج الألبان يفضل استعمال فرشة محتوية على نسبة عالية من المخلفات النباتية (قش الأرز) ونسبة قليلة من التربة [10].

- **الأسمدة الخضراء:**

هي النباتات الخضراء التي تزرع في الحقول والمشاتل ومشاجر الفاكهة والغابات... وخصوصاً في المناطق ذات التربة الرملية الفقيرة بالمواد العضوية. وغالبية هذه النباتات من الأنواع البقولية المثبتة

لنيتروجين الهواء في التربة. حيث يتم زراعتها لهذا الغرض، إضافة لإثرائها بالمواد العضوية بعد حراثتها وخلط المحصول جيدا مع جزيئات التربة [3].

إن هذا النوع من الأسمدة يستخدم غالبا دون تخمر، ويعتمد هذا النظام على تلك المحاصيل التي تنمو [11]، وعند وصول المحصول إلى ارتفاع 30-40 cm ، تتم حراثة التربة وخلط المحصول بأوراقه وسيقانه وجذوره مع مكونات التربة مما يثري محتواها من العناصر الغذائية المختلفة وخاصة النيتروجين وهذا ما يعرف بالسماد الأخضر والجدول الموالي يبين مقدار النيتروجين المثبت في بعض البقوليات.

الجدول (3): مقدار النيتروجين المثبت بزراعة المحاصيل البقولية المختلفة [7].

المحصول	مقدار النيتروجين المثبت (باوند/موسم/فدان)
الفاصولياء	40
فول الصويا	51
الكرسنة	82
البرسيم الحولي	118
البرسيم الحجازي	136
الفصة	186

- **الأسمدة الحيوية:**

الأسمدة الحيوية مصطلح واسع يستخدم للمنتجات التي تحوي على كائنات وطحالب، وحدها أو مجتمعة، والتي تساعد عند تطبيقها على تثبيت النيتروجين الجوي أو إذابة تحفيز مغذيات التربة [9].كما تعرف أيضا على أنها عبارة عن ميكروب أو مجموعة من الميكروبات التي تعمل على توفير عنصر أو أكثر من العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات والتي يمكن بواسطتها الاستغناء عن كل أو جزء من الأسمدة الكيميائية التي تحتوي على العنصر المطلوب، وتشتمل الأسمدة الحيوية على العديد من الكائنات الحية الدقيقة والتي تختلف باختلاف الغرض المستخدم من أجله هذا السماد [5].

تنتج الأسمدة الحيوية Biofertilizers من عزل وتنقية وتوصيف أحياء مجهرية مختلفة، وإكثارها في مزارع ملائمة لحين استعمالها كلقاح، فهو إما أن يخلط مع البذور قبل الزراعة أو تغمر به جذور البادرات أو يضاف مباشرة في الحقل قرب جذور النباتات النامية. تستعمل الأسمدة الحيوية للتقليل من إضافة الأسمدة الكيميائية بما لا يقل عن 25% فضلا عن دورها في الحد من مشكلات التلوث البيئي.

والتلقيح الميكروبي (البذور+ البكتريا) تفيد في المحافظة على تربة جيدة. وتؤدي الأسمدة الحيوية دورا مهما في تعويض النقص في الإنتاجية من المغذيات و تستعمل بفاعلية لدعم و استدامة الزراعة.

تعد الأسمدة الحيوية مصدرا طبيعيا لتنظيم نمو محصول الذرة الصفراء، إذ أدى إلى زيادة نمو المحصول، وزيادة دليل المساحة الورقية، ومحتوى الكلوروفيل في النبات. ومن أهم التأثيرات الغذائية المهمة، هو تحسين امتصاص العناصر غير المتحركة مثل النحاس والزنك، يستخدم هذا اللقاح كسماد نيتروجيني مناسب في تحسين نمو العديد من المحاصيل الزراعية [12].

أ) – أنواع الأسمدة الحيوية:

- مثبتات النيتروجين:

1- لقاحات الريزوبيا للبقوليات و التي بدأ منذ سنوات طويلة تم تسويقها على نطاق تجاري في بلدان عديدة، كما أصبحت تستعمل كلقاحات للتربة أو البذور في أغلبها.

2– المنتج المسمى Azotobacterin المحتوي على Chroococum Azobacter والذي يضاف للتربة ليمد النبات باحتياجاته و ذلك من خلال تثبيته للنيتروجين لا تكافليا.

3- الآزوسبيريليم و الذي يستخدم كمثبت لنيتروجين الهواء الجوي في مزارع المحاصيل النخيلية، خاصة في الدول النامية حيث يصعب الحصول على ما يكفي من الأسمدة النيتروجينية.

4- الفرانكيا التي تستخدم كمثبت للنيتروجين الجوي في غير البقوليات كلقاحات للتربة لزيادة إنتاجها.

5 - الطحالب الخضراء المزرقة لاستخدامها كلقاح للترب المزروعة بالأرز.

6 - الآزولا و تستخدم كسماد عضوي في مزارع الأرز حيث تثبيت النيتروجين [13].

- أحياء دقيقة تساعد في تيسير فوسفات التربة للنبات:

1. فطريات الميكروهيزا:

أ- الميكروهيزا الخارجية: تتعايش مع حوالي 3%من الأنواع النباتية و بشكل رئيسي جذور أشجار الغابات.

ب- الميكروهيزا الداخلية: ينتشر هذا النوع بطريقة واسعة حيث يتماشى مع أكثر من90 % من النباتات.

2. منتج ال *Phosphobacterin*:

يحتوي على بكتيريا Bacillus megatherium var.phosphaticum ذو الكفاءة العالية في إذابة الفوسفات غير الذائبة في التربة [14].

ب)- إيجابيات الأسمدة العضوية: نذكر منها:

- يحسن خواص التربة و يزيد من حفظ الرطوبة بها، فعند تحلل المادة العضوية في السماد العضوي وعند تكوين الدبال فإنه يؤدي إلى تكوين معقد من الطين والدبال مما يساعد على مسامية وتهوية ترب

الأراضي المندمجة والطينية كما يزيد من تماسك ترب الأراضي المفككة أو الرملية فيزيد من إمكانية حفظها للمياه فيحفظها من الفقد بواسطة التبخر أو التسرب بعيدا عن منطقة جذور النبات, كما يساعد على إمكانية غسيل الأملاح عند الري بالمياه المالحة أو الزراعة في الترب الملحية حيث أن له دور في زيادة خصوبة التربة الكلسية.

- إثراء التربة بالكائنات الدقيقة المفيدة، فهو يؤدي إلى تنامي الملايين من الكائنات الدقيقة النافعة من البكتريا والفطريات الهوائية وتظهر دودة الأرض في البيئة العضوية الخالية من الكيماويات, حيث تقوم بمهام التحلل للمادة العضوية وتحسن من خواص التربة الفيزيائية التي لها دور مهم في تحلل المادة العضوية وتثبيت نيتروجين الهواء الجوي وتساعد في عملية انطلاق الأزوت والفسفور والبوتاسيوم.

- التخلص من المواد السامة بالتربة، حيث يعمل السماد العضوي الجيد على جلب العناصر الضارة الموجودة في التربة كالرصاص والكادميوم عن طريق تكوين رابطة مع معقد الدبال مما يجعلها غير قابلة للامتصاص من خلال جذر النبات.

- يساعد على الوصول لقيمة الرقم الهيدروجيني المرغوب فيه.

- إمداد النبات بالعناصر الغذائية بشكل منتظم و تدريجي، وذلك لسد الحاجة الغذائية للنبات نتيجة للنشاط الميكروبي بالتربة [15].

ج)- سلبيات الأسمدة العضوية:

تكمن أبرز مساوئها في حاجتها الكبرى إلى ظروف ملائمة (رطوبة و حرارة مناسبة لنشاط البكتيريا المحللة للمادة العضوية) وهذه الشروط قد لا تتوفر على مدار العام في كل المناطق، مما يجعل فعالية هذه الأسمدة بطيئة نوعا ما، تحت ظروف غير ملائمة [6].

2- الأسمدة الكيميائية الغير عضوية (الصناعية، الكيميائية):

هي الأسمدة التي يتم تصنيعها في المعامل كيميائياً. وتحتوي على أحد أو أكثر من العناصر الغذائية الكبرى أو الصغرى وبكمية كبيرة. ويوجد في الأسواق أنواع عديدة من هذه الأسمدة و بتراكيز مختلفة.

وكمثال على الأسمدة الكيميائية، الأسمدة النيتروجينية (الأسمدة الآزوتية) مثل: نترات الأمونيوم، ونترات البوتاسيوم، واليوريا، ونترات الكالسيوم. والأسمدة الكبريتية. والأسمدة الفوسفاتية مثل:سوبر فوسفات، ثلاثي سوبر فوسفات. ويعبر عن العناصر الكبرى الثلاثة بنسب مئوية يتم كتابتها على كيس السماد فمثلا السماد المركب 19- 19- 19هو سماد يحتوي على النيتروجين بنسبة 19% وعلى الفوسفور 19% وعلى البوتاسيوم 19% كما في الشكل التالي [4].

الشكل(9): السماد الكيميائي (NPK).

أ)-إيجابيات الأسمدة الكيميائية: من بينها:

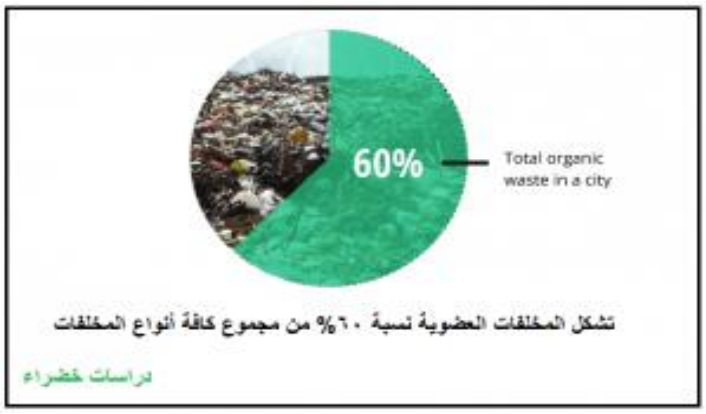
- تحسين الإنتاج الزراعي [17].
- سريعة التأثير على النبات، حيث يمتصها النبات من التربة بسرعة، وكما نستطيع أن نحدد كمية ونوع السماد اللازمة للنبات بدقة [4].
- إن الأسمدة الكيميائية سريعة التحلل و بالتالي فعاليتها آنية، و تحتوي على نسب معروفة من العناصر الغذائية المضافة، و لها دور في تعويض نقص العناصر المغذية في التربة التي تخضع لزراعات مكثفة على مدار العام أو في أعوام متتالية، و المساهمة في رفع إنتاجية المحاصيل الزراعية لمواكبة زيادة الطلب على الغذاء في ظل انحصار رقعة الأراضي الزراعية و الزحف العمراني عليها و زيادة التصحر و الجفاف و تدهور التربة الزراعية في كثير من المناطق [18].

ب)- سلبيات الأسمدة الكيميائية: من بينها:

- السمية المباشرة أو المزمنة للنبات و الإنسان و الحيوان و النظام البيئي بصورة عامة [6].
- سرعة ضياعها في أعماق التربة عند الري المفرط أو الأمطار الغزيرة.
- الإفراط في وضعها في التربة يزيد من تركيز السمية للأملاح في التربة، كما أن الأسمدة الصناعية قد تكون مكلفة ماديا في بعض البلدان [4].

II-4-1- النفايات القابلة للتسميد:

هي المخلفات أو النفايات الزائدة والغير مرغوب فيها,العضوية التركيب " ليجنوسيليلوزية "Lignocellulose والناتجة من كافة النشاطات الزراعية أو من عمليات التصنيع الزراعي أو من تربية الحيوانات أو مخلفات الطعام من المنازل والمطاعم " الخالية من أي مواد دخيلة كالمعادن أو البلاستيك أو الزجاج أو المركبات الكيميائية "وتشكل نسبة هذه المخلفات بما يزيد عن (60%) من مجموع المخلفات العامة [19].



الشكل(10): نسبة تواجد المخلفات العضوية.

II-1-5- الشروط والأسس البيولوجية و الفيزيو كيميائية لعملية الأسمدة الهوائية:

1- وجود الأحياء الدقيقة:

إن البكتيريا والفطور والبكتيريا الشعاعية أو الأكتينومايسايت (Actinomycetes) هي المسؤولة بشكل رئيسي عن عملية تفكيك المواد العضوية وتحويلها إلى سماد عضوي (كمبوست). حيث تعمل في درجات الحرارة العالية والمنخفضة وتتغذى على مواد سهلة التفكك كالسكريات والبروتينات [1].

2- المادة العضوية وقابلية التفكك البيولوجي:

بوجود المادة العضوية سريعة التفكك فإن كامل المادة يتحول إلى عناصر ثابتة خلال فترة قصيرة بواسطة البكتيريا. على العكس من ذلك فإن وجود مواد عضوية صعبة التفكك يطيل مدة عملية الأسمدة الهوائية كما هو مبين في الجدول (4).

الجدول(4): تدرج المواد العضوية من حيث سرعة تفككها ومدى ملاءمتها للأسمدة [1].

المادة العضوية	قابلية التفكك البيولوجي
السكريات	سريعة
البروتينات	
الدسم	متوسطة
السيليلوز	
الخشبين	صعبة
الراتنجات	

3- الرطوبة و محتوى الماء:

تعتبر رطوبة المواد الداخلة في عملية الأسمدة الهوائية عاملا محددا لسير عملية التفكك. حيث من الناحية التقنية يتراوح مجال الرطوبة المثالي بين (50-60%) من وزن المواد الداخلة.

4- التهوئة والأكسجين اللازم:

يعتبر وجود الأكسجين ضروريا لإتمام عملية الأسمدة الهوائية. إذ تحتاجه الأحياء الدقيقة الهوائية من أجل تنفسها ونشاطها وإتمام عملها في تفكيك المواد العضوية. ومن أجل ذلك فإنه لا يجب أن يقل تركيز الأكسجين في الوسط المحيط بالبكتريا عن 5% [1].

5- نسبة الكربون إلى النيتروجين C/N:

تعتبر نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) للمخلفات الداخلة في عملية التخمير الهوائي معيارا لقياس مدى وفرة المواد الغذائية للبكتيريا ومدى جودة السماد العضوي الناجم عن عملية الأسمدة. ويجب أن تتراوح القيم المثالية لهذه النسبة بين (25/1-30/1) وهي موضحة في الجدول المقابل.

الجدول(5): قيم النسبة (C/N) لبعض المواد الداخلة في عملية الأسمدة [1].

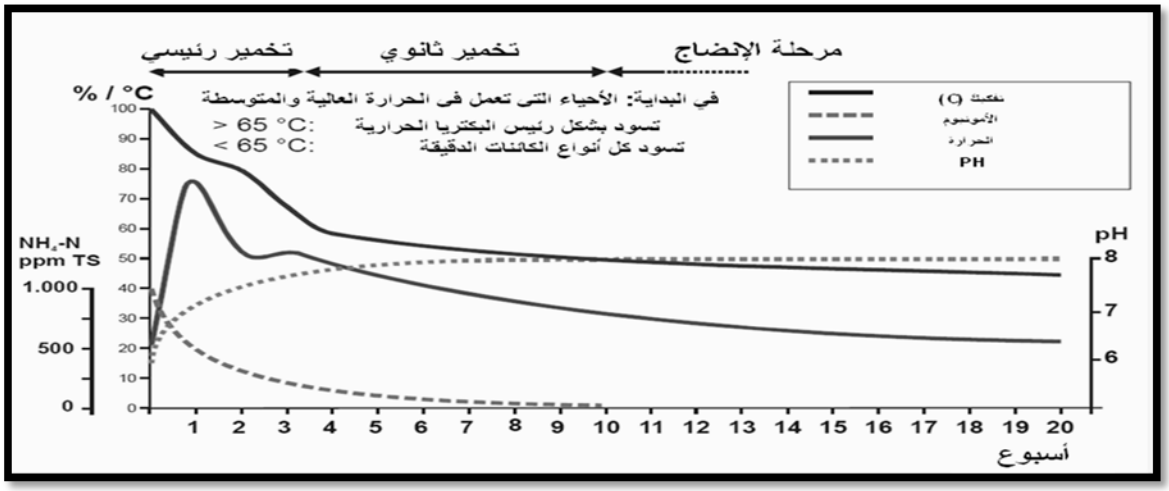
المادة	نسبة C/N
نشارة الخشب	500-100
الورق و الكرتون	500-200
القش	100-40
بقايا الأشجار	150-100
نفايات منزلية و نفايات المطابخ	21-20
روث الحيوانات	30-2
بقايا الأعشاب	25-12

6- درجة الحموضة:

تتراوح قيمتها المثلى بين (6.5- 8). فإن كانت منخفضة بين (2-4) يمكن التخلص منها بإضافة الكلس و التربة أو الكمبوست في مرحلة بدء التخمير. أما إذا كانت ذات قيمة عالية فيلزم إضافة مواد مثل بقايا الأعشاب من أجل تخفيضها إلى 8.

7- درجة الحرارة:

يتميز تفكيك المادة العضوية هوائيا بعملية التسخين الذاتي الناتجة عن التفاعلات البيو كيميائية. و بناء على اختلاف المواد عن بعضها بطاقتها الحرارية الكامنة يمكن ترتيب المواد العضوية بحسب كمية الطاقة المتحررة أثناء عملية التفكيك بشكل مبسط كما يلي: الكربوهيدرات> الدسم> البروتينات [1].



الشكل(11): مخطط يظهر مراحل عملية الأسمدة بالعلاقة مع الزمن والأنواع البيولوجية السائدة و درجة تفكك الكربون وتغير قيم الـ pH.

II-1-6- مواصفات السماد الناضج المستخدم في عملية التسميد:

تتعلق جودة السماد العضوي الناتج عن عملية الأسمدة الهوائية إلى درجة كبيرة بدرجة نقاوة المواد الأولية و درجة فرزها, و عموما يتصف السماد الجيد الناضج المستخدم من أجل التسميد و تحسين نوعية التربة بالمواصفات المبينة في الجدول (6).

الجدول (6): مواصفات السماد الجيد الناضج المستخدم للتسميد وتحسين نوعية التربة [1].

الصفة	الوصف و الحدود المثلى
اللون	اللون البني الداكن أو الغامق
الرائحة	مقبولة كرائحة التراب المرشوش بالماء
درجة التخمر	الرابعة و الخامسة
الكثافة	لا تزيد عن 700kg /m^3
درجة الحرارة	أعلى من حرارة الجو الخارجي ب 5-10 درجة مئوية
نسبة الرطوبة	أقل من 30%
درجة الـ pH	أقل من 8
الأكسجين	أكبر من 5%
ثاني أكسيد الكربون	بين 1-2 %
النيتروجين الكلي	أكبر من 1%
الفوسفور الكلي	أكبر من 0.8%
البوتاسيوم الكلي	أكبر من 1%

المادة العضوية	أكبر من 30%
الدبال	بين 25- 30%
C/N	بين 10إلى 15
تركيز المعادن الثقيلة مادة جافة ppm	الرصاص:150، الكروم: 100، الكادميوم: 1.5 الزنك: 400، النحاس: 100، النيكل: 50 ,الزئبق:1

II-2- صناعة السماد العضوي على المستوى الصناعي و التجاري في محطات الأسمدة:

عند وصف أنظمة عملية الأسمدة وخطواتها فإنه يجب التمييز بين ثلاث مستويات هي [1]:

II-2-1- أقسام محطات الأسمدة:

- الأجزاء والمنشآت المنفردة للمحطة وعملها، و المتطلبات البيئية و التقنية، و متطلبات التشغيل و السلامة اللازمة.

- القسم المتعلق بتخمير المواد المحضرة ويتضمن التخمير الرئيسي والثانوي.

- الآلات والتقنيات المستخدمة لإنجاز العمليات في وحدات المحطة وتشمل (آلات الطحن و التقطيع, آلات التقليب, آلات الغربلة و الفرز, آلات الفرز المغناطيسي....إلخ)

وقد تتضمن محطة الأسمدة الأقسام التالية أو أجزاء منها حسب كبر المحطة ونوع و كمية النفايات و التكنولوجيا المستخدمة في عملية الأسمدة:

1- مبنى الإدارة والخدمة.

2- قسم وزن المواد (النفايات العضوية) وتسجيل كمياتها.

3- قسم أو مستودع استقبال وتخزين وتفريغ المخلفات الخام (خزان عميق، أو مستودع سطحي).

4- قسم التحضير الأولي للمواد (فرز، إزالة المعادن والزجاج، تقطيع، خلط المواد ومجانستها).

5- قسم التخمير ويتضمن:

- الأسمدة الرئيسية أو الأولية (مرحلة التخمير العضوي الرئيسي).

- الأسمدة الثانوية (مرحلة التخمير الثانوي).

6- قسم التحضير الثانوي للمواد المؤسمدة.

7- قسم تخزين السماد العضوي.

8- المرشح الحيوي (Biofilter) في حالة المحطات المهوات المغلقة.

9- ملحقات (قد تتضمن: أجهزة التهوية، مغسلة الحاويات، محطة تزويد بالطاقة، مكبس ضاغط للنفايات، محطة حرق النفايات الكبيرة، مطمر للبقايا غير المؤسمدة،...إلخ) [1].

II-2-2- سير العمليات في محطات الأسمدة:

تعمل محطات الأسمدة في العموم وفق مجموعة من الخطوات والعمليات التي قد توجد كلها في بعض المحطات وقد يتم الاستغناء عن بعضها وذلك حسب حجم المحطة وطاقتها الاستيعابية و شروط التصميم. ويمكن أن نوجزها بما يلي:

1- إستقبال المخلفات و وزنها (Weighing and Receiving Biowaste).

2- التحضير الأولي للمخلفات العضوية (Pre Biowaste-reparationnP).

3- مرحلة التحلل أو التفكك (Decomposition).

- مرحلة التخمير الرئيسي أو الفعال.
- مرحلة التخمير الثانوي أو الإنضاج.

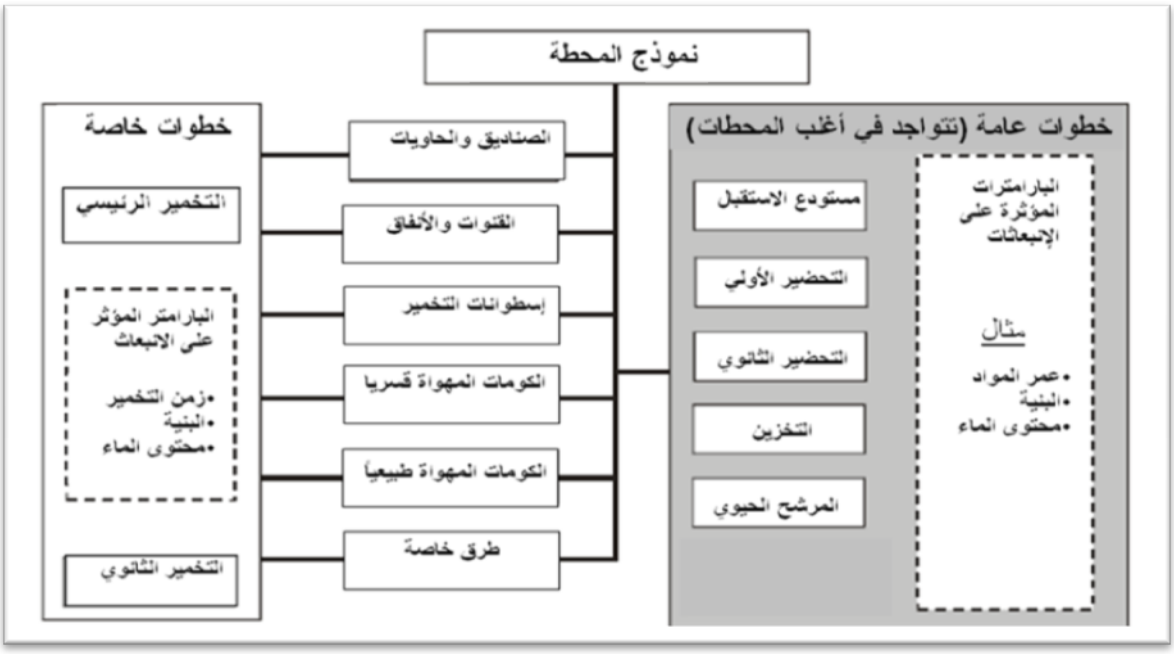
4- التحضير النهائي للكمبوست (Compost For Preparation Final).

5- تخزين السماد.

6- تسويق السماد [1].

II-2-3- نموذج من تصاميم محطات الأسمدة في الأسواق العالمية:

في الأسواق العالمية تتواجد عدة نماذج من تصاميم محطات الأسمدة. ففي ألمانيا مثلا تم تعميم مخطط يبين مراحل سير العمليات في محطات الأسمدة والتقنيات المستخدمة عالميا كما يبين الشكل (2).



الشكل(12): مخطط عام لنماذج تصاميم محطات الأسمدة الموجودة حاليا في الأسواق العالمية.

حيث نلاحظ في هذا المخطط أن هناك:

- **خطوات أو أقسام عامة**: قد تتواجد في أغلب محطات السماد وهي (إستقبال النفايات, التحضير الأولي للنفايات، التحضير الثانوي للمواد المؤسمدة ، تخزين السماد، المرشح الحيوي).
- **خطوات خاصة**: تتضمن تقنيات التخمير الرئيسي [1].

II-3- التربة و أهمية بعض العناصر الغذائية الكبرى و الصغرى على صحة النبات:

II-3-1- التربة *(Soil)*:

هي الجزء المتطور من القشرة الأرضية بفعل عوامل وعمليات تكوين التربة والمتكونة من مواد معدنية وعضوية مختلطة مع بعضها والقادرة على إمداد النبات ببعض أو كل ما يحتاجه من العناصر الغذائية بشرط توفر الماء و الهواء [20].

كل شيء يبدأ بالتربة، وقليلهم الذين يعرفون أن التربة هي مورد غير متجدد إذ يستغرق صنع 1 سم من التربة أكثر من1000 سنة، وهذا يعني أن كل التربة التي نراها في حياتنا هي كل ما هنالك منها، فضلا عن ذلك فإن قدرة التربة على التأقلم محدودة. و قد كشف تقرير جديد لمنظمة FAO لعام 2018, تحت عنوان " تلوث التربة: الواقع المخفي"، أن أنشطة الزراعة و تربية المواشي تلوث التربة من خلال الاستخدام المفرط للمبيدات و الأسمدة و استخدام مياه الصرف الغير معالجة للري [16].

II-3-2- خصوبة التربة:

هو مدى تيسير و جاهزية العناصر الغذائية و الماء لسد احتياجات النبات النامي في التربة ، حيث تقسم خصوبتها إلى ثلاثة أقسام:

- خصوبة فيزيائية: تعتمد على قوام التربة وبنيتها وعمقها ونوعية المادة المعدنية المكونة لها.
- خصوبة كيميائية: يقصد بها احتواء التربة على العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات.
- خصوبة حيوية: هي مقدار نشاط كائنات التربة وحيواناتها، وهذا النشاط يحدد مدى تحول العناصر من أشكالها العضوية إلى أشكالها المعدنية القابلة للامتصاص من قبل النبات.

II-3-3- العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات:

يعرف العنصر الغذائي على أنه مادة مغذية يحتاجها النبات لإكمال دورة حياته ووظائفه الحيوية، ووظائف هذا العنصر لا تعوض ولا تستبدل بإضافة عنصر غذائي آخر. حيث أنه المادة التي تؤدي وظيفة معينة في حياة النبات والذي يؤدي نقصه أو الإقلال منه إلى قلة أو انعدام النمو وبالتالي ينقص المحصول الناتج أو ينعدم [21].

قسمت العناصر الغذائية حسب الكمية التي يستهلكها النبات إلى قسمين هما:

1- العناصر الغذائية الكبرى *(Macronutriments)*: يستهلكها النبات بكميات كبيرة مقارنة بالعناصر الأخرى ومنها: الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والفوسفور والكبريت والبوتاسيوم و الكالسيوم و المغنيزيوم.

2- العناصر الغذائية الصغرى *(Micronutriments)*: ويستهلك منها النبات كميات قليلة ومنها: الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والبورون والكلور والكوبالت [22].

II-3-4- العناصر القابلة للامتصاص:

لا يدل وجود العنصر الغذائي بكمية مناسبة في الأرض على أنه سهل الامتصاص بواسطة جذور النبات ولكن يجب أن يتوفر هذا العنصر في صورة أيونية صالحة للامتصاص بجذر النبات، كما يوضحه الجدول أدناه.

الجدول (7): صور العناصر الغذائية الصالحة للامتصاص [23].

العنصر الغذائي	الرمز الكيميائي	الصور الصالحة للامتصاص
الكربون	C	HCO-CO
الهيدروجين	H	OH
الأكسجين	O	O-OH
النتروجين	N	NH-NO
الفوسفور	P	HPO,PO
الكبريت	S	SO^{4-}
البوتاسيوم	K	K^{+}
الكالسيوم	Ca	Ca^{2+}
المغنيزيوم	Mg	Mg^{2+}
الحديد	Fe	Fe^{2+},Fe^{3+}
المنغنيز	Mn	Mn^{2+}
الزنك	Zn	Zn^{2+}
النحاس	Cu	Cu^{2+}
الكوبالت	Co	Co
الكلوريد	Cl	Cl^{-}

II-5-3- أهمية العناصر الغذائية للنبات و أعراض نقصها:

لمعرفة أنواع العناصر الواجب إضافتها إلى النباتات لابد من معرفة أعراض نقص العناصر والتي تتشابه وتتداخل مع أعراض الأمراض النباتية الفطرية والفيروسية، ومن أهم العناصر الغذائية التي تظهر أعراض نقصها على النباتات نذكر منها:

1- النيتروجين (N):

أ) الأهمية الرئيسية للنيتروجين في تغذية النبات:

يعد عنصر النيتروجين من العناصر المهمة جدا في تغذية النبات خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تفتقر تربتها للمواد العضوية، والنيتروجين له دور مهم في النمو الخضري للنبات [22].جميع العناصر مصدرها التربة، إلا النيتروجين مصدره الهواء، و يشكل 79.8% من الهواء الجوي للأرض، والنباتات لوحدها غير قادرة على الاستفادة منه إلا عن طريق التكافل بينها وبين الأحياء المجهرية الحرة، لذا فهو عنصر غازي غير معدني. وتعتبر العائلة البقولية هي النباتية الوحيدة التي تستطيع الاستفادة من النيتروجين عن طريق عقدها الجذرية [21].

يدخل النيتروجين في تركيب الأحماض الأمينية والبروتين اللازمين لبناء أنسجة النبات و بروتوبلازم الخلايا، والإنزيمات والأحماض النووية. وتوافر النيتروجين يساعد على النمو السريع وزيادة النمو الخضري في وجود كميات كافية من الفوسفور والبوتاسيوم وغيرهما من العناصر الأساسية الميسرة. كما أن الإمداد الكافي بالنيتروجين في المراحل الأولى من حياة النبات يطيل فترة النمو مما يفيد المحاصيل التي تتميز بموسم نمو قصير، إلا أن الزيادة المفرطة في النيتروجين الميسر يؤدي إلى إنتاج أنسجة نباتية ناعمة عصارية عرضة للإصابة الميكانيكية و الحشرية مما يقلل من وجود المحصول[23].

ب) أعراض نقص النيتروجين:

تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق السفلية لانتقاله إلى الأوراق حديثة التكوين، فتظهر الورقة باللون الأخضر الفاتح ثم الاصفرار على جزء من الورقة و يشمل الورقة كلها مع استمرار النقص حتى تجف و يتوقف النبات عن النمو بشكل عام [22].

2- الفوسفور (P):

أ) الأهمية الرئيسية للفوسفور في تغذية النبات :

يطلق عليه مفتاح الحياة حيث أنه ضروري لكل الكائنات الحية وكل الخلايا، ففي حياة الحيوان والنبات لا تتم بدونه. حيث يوجد في الأحماض النووية DNA, RNA, و الفوسفوليبيدات (الأغشية) ADP, ATP.

حسب المعلومات فإن للفسفور أهمية كبيرة عند النبات حيث يشترك في العمليات التالية:

- تكسير الكربوهيدرات و إطلاق الطاقة.
- إنقسام الخلايا.
- نقل الصفات الوراثية من جيل إلى جيل.
- نمو الجذور.
- إنتاج الثمار و البذور.
- نقل الطاقة Energy transfer للإنسان و الحيوان [23].

ب)- أعراض نقص الفوسفور:

و تظهر أعراض نقصه على الأوراق السفلية فتبدو بلون داكن ثم أحمر أو قرمزي خاصة السطح السفلي للورقة ثم يتوقف نمو النبات و يقل إثماره.

كما يضعف النمو في النباتات وتكون الأوراق ذات لون أخضر مزرق مع وجود صبغات أرجوانية [22].

3- البوتاسيوم (K):

على الرغم من أهميته فإنه حتى اليوم لم تعرف مركبات بالخلية يدخل البوتاسيوم في تركيبها، لكن أهميته عظمى حيث يوجد في معظم إن لم يكن كل التفاعلات الحيوية التي تتم في الخلية.

أ) الأهمية الرئيسية للبوتاسيوم في تغذية النبات:

- له أهمية كبيرة في تكون وانقسام الخلايا الميرستيمية فقد لوحظ أنه يتركز في الميرستيمات ومناطق النمو والنشاط وله علاقة بانقسام الخلية.
- ينظم الضغط الأوزموزي بالخلية وبالتالي هو عامل مؤثر في عملية امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية وانتقالها في النبات [24].
- مقاومة النبات لدرجات الحرارة المنخفضة.
- ضروري وعامل مساعد لتحفيز أكثر من 40 إنزيم [21].

ب)- أعراض نقص البوتاسيوم:

- تظهر أعراض نقصه على الأوراق السفلية باصفرار أطرافها ثم تحولها إلى اللون البني أو ظهور بقع صفراء على أطراف الأوراق ثم تتحول إلى اللون البني، و يظهر تحدب في الورقة [22].

4- الحديد(Fe):

أ) الأهمية الرئيسية للحديد في تغذية النبات:

- يعد أحيانا من المغذيات الكبرى وأحيانا أخرى من الصغرى وتختلف كميته باختلاف النبات و تتراوح بين 1-200 جزء في المليون، ويدخل كعامل مساعد في تكوين الكلوروفيل، وتركيب بروتينات

السايتوكروم (المهمة في عملية التركيب الضوئي والتنفس والامتصاص النشط), و كذلك في تثبيت النيتروجين حيويا و اختزال النترات إلى الأمونيا [5].

ب) أعراض نقص الحديد:

الحديد لا ينتقل داخل النبات، فلا ينتقل من أماكن وجوده في الأوراق الكبيرة العمر إلى الأوراق حديثة النمو كما في العناصر الكبرى فتظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة باختفاء اللون الأخضر من بين العروق وتحولها إلى اللون الأصفر مع بقاء العروق خضراء، ومع استمرار نقصه تظهر حروق بنية على الأوراق الصغيرة وتموت، والنقص الحاد منه يؤدي إلى جفاف أطراف الأغصان [22].

5- المغنيزيوم (Mg):

أ) الأهمية الرئيسية للمغنيزيوم في تغذية النبات:

- هو العنصر الوحيد الذي يدخل في تكوين الكلوروفيل بما يشبه دور الحديد في هيموغلوبين الدم [22].
- يعد من العناصر الضرورية في تكوين سكريات النبات، كما أنه ناقل جيد للفوسفور داخل النبات و ينشط إنزيماته.
- لا تكون البروتينات و الأحماض الأمينية إلا بوجود المغنيزيوم.

ب) أعراض نقص المغنيزيوم:

- تكون الورقة صلبة متيبسة سريعة الانكسار والعروق الوسطية تكون ملتوية ويظهر اللون الأصفر.
- عند النقص الشديد يظهر موت موضعي للأنسجة.
- في الفاكهة تصفر الأوراق السفلى (يبدأ في رأس الورقة وحوافها وبين العروق ثم موت الأنسجة) وسقوط الورقة قبل أوانها خصوصا في التفاح، ففي الحمضيات تتلون الورقة باللون البرونزي ومن ثم تحترق في العنب تصفر الورقة و يقل الإنتاج [21].

الخلاصة:

نستنتج من الفصل الثاني, أن الهضم الهوائي للمخلفات العضوية وسيلة أساسية لمعالجتها و الاستفادة منها في جوانب عدة وخاصة في الجانب الفلاحي و الزراعي.

قائمة المراجع:

باللغة العربية:

[1] كوكب حسين حربا. المعالجة البيولوجية للنفايات العضوية, الفصل الثامن.

[3] عبد الستار صالح المشهداني. (2009-2010). من محاضرات الدورة التدريبية الأولى للموسم الزراعي للمهندسين و المرشدين الزراعيين.

[4] موسى حيدار كساح. (2020). مكونات وأنواع الأسمدة fertilizer.

[5] إياد هاني العلاف. (2018). 150سؤال و جواب في برامج تسميد بساتين الفاكهة, دار المعتز للنشر والتوزيع, جامعة الموصل, ص: 10- 33.

[6] خالد مصطفى. (2018). الأسمدة الزراعية: استخداماتها وأضرارها, الأرشيف العربي العلمي.

[7] عزمي محمد أبو ريان. (2010). الزراعة العضوية (مواصفاتها و أهميتها في صحة الإنسان), دار وائل للنشر,عمان, الأردن, ص: 158.

[8] أحمد الفياض, محمد العبد الله. (2006). تصنيع السماد العضوي " الكمبوست" من المخلفات العضوية, المركز الوطني للبحوث الزراعية و نقل التكنولوجيا, ص: 3- 5.

[9] بوكي ياسين ,حوري حمزة. (2019). المساهمة في دراسة تأثير طرق الري و نوع الأسمدة في نمو و إنتاج نبات البطاطا صنف سبونتا بمنطقة وادي سوف, ص: 20- 21.

[10] الندوة العلمية حول استخدام الأسمدة و تغذية النبات. (2004). دولة الإمارات العربية المتحدة.

[11] عثمان جنان يوسف. (2007). دراسة تأثير استخدام الأسمدة العضوية في زراعة و إنتاج البطاطا كمساهمة في الإنتاج العضوي النظيف, مذكرة ماجيستير, جامعة تشرين, ص: 112.

[12] عبد الله كريم. ج ,غانم بهلول. ن, محمد رضوان .م . (2018). تأثير إضافة مستويات من السماد المركب NPK و اللقاح البكتيري (Bacillus subtilise) و فطر المايكوريزا (Glomus mosseae) في نمو و إنتاجية الذرة الصفراء (Zea mays.L), المجلة السورية للبحوث الزراعية 5 (2), ص: 169- 178.

[14] النعيم احمد. ع , صديق. ح. (2002). التسميد البيولوجي للأرز الحساوي و البرسيم الحجازي, المملكة العربية السعودية , وزارة التعليم العالي , جامعة الملك فيصل, عمادة البحث العلمي.

[15] شليحي الطاهر, مزلف سعاد .(2018). أهمية تدوير النفايات العضوية كسماد فلاحي في حماية البيئة, مجلة الاقتصاد والبيئة , المجلد1 / العدد 1ص: 119.

[16] سعد الله نجم النعيمي. (2019). المرشد الحسابي و المعرفي لخلط الأسمدة السائلة و الصلبة, دار الكتب العلمية, بيروت, لبنان, ص: 7- 105.

[17] إبراهيم أبو عواد. (2019). المرجع السهل في علوم الأرض و البيئة, دار اليازوري العلمية للإعلام و النشر, ص: 53

[18] خالد مصطفى. (2018). الأسمدة الزراعية استخداماتها و أضرارها, الأرشيف العربي العلمي ص : 5- 8.

[19] مجد جرعتلي .(2016). المخلفات العضوية من عبء صحي و بيئي إلى مورد اقتصادي, مكتب دراسات خضراء.

[20] مظفر أحمد داود الموصي.(2021). تحليل التربة و النبات و الماء. دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع, ص: 11.

[21] مظفر. م, علي البدراني. و، سيد حسن.ف , الراشدي. ص.(2019). تغذية النبات (النظري و العملي), دار الكتب العلمية, لبنان, ص: 186- 187.

[22] عودة .م ، المومني . غ ، عبد الرحمان . ف , رعد النعيمات. (2010). البيئة و الموارد الزراعية. وزارة التربية و التعليم للنشر(إدارة المناهج و الكتب المدرسية). المملكة الأردنية الهاشمية. ص: 90- 95.

[23] السيد أحمد الخطيب. (2007). أساسيات خصوبة الأراضي و التسميد, دار الكتب للنشر, مصر, ص: 4 - 363.

[24] محمد حسانين. (2018). أمراض فسيولوجية: أمراض النبات الغير معدية، دار المنهل للنشر و التوزيع, ص: 37-192.

باللغة الأجنبية:

[13] Lateifa S. Assefat, 2012. Biofertilizer and its role in reducing water pollution problems with chemical fertilizers. Libyan Agriculture Research Center Journal international 3(S2), 1457-1466.

المواقع الإلكترونية:

[2] https://www.sciencedirect.com/2022

الفصل الثالث

تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي

تمهيد:

بات البحث في استثمار الطاقة النظيفة والمتجددة للمحافظة على البيئة من أهم التوجهات العالمية على نطاق واسع، وتعتبر تقنية الغاز الحيوي والتي تستخدم التخمر اللاهوائي للمخلفات العضوية من أكثر أشكال تقنيات تحويل الطاقة الواعدة عالميا حيث لقيت رواجا في العديد من دول العالم.

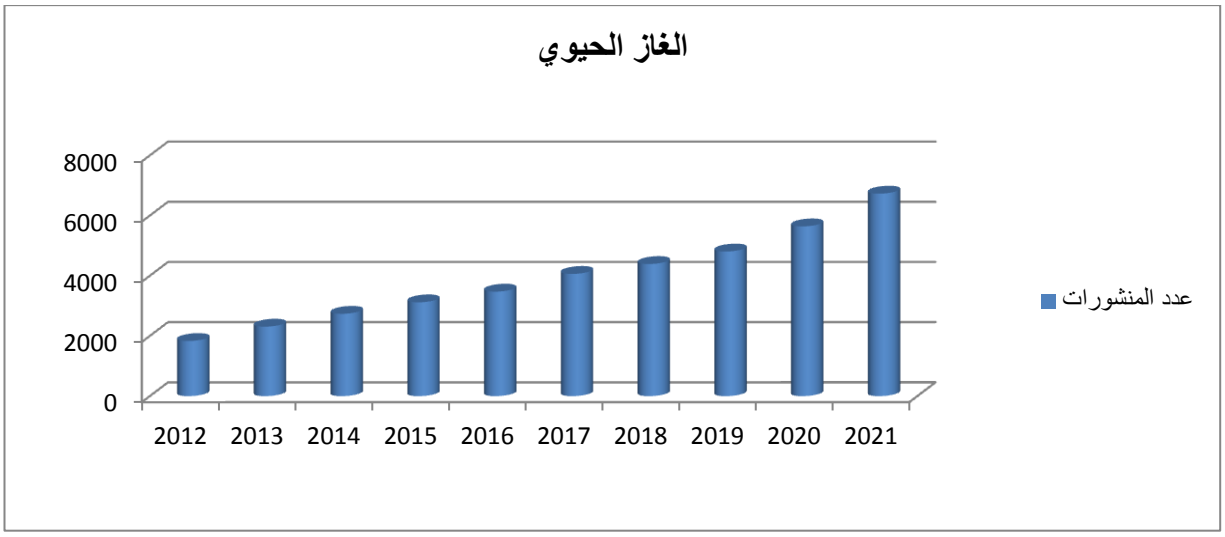
III-1- نواتج عملية الهضم اللاهوائي للنفايات العضوية:

III-1-1- الغاز الحيوي:

1- لمحة تاريخية عن الغاز الحيوي:

العلماء الإنجليز كانوا من أوائل مَن استعملوا الغاز الحيوي عام 1890م تخلصًا من أضراره واستفادة من عائده الاقتصادي بتطويرهم خزانات الصرف الصحي بما يسمح بتجميع الغاز واستعماله في إضاءة الشوارع مؤكد أنه عائد اقتصادي كبير يجب ألا يُهدر وبعد ثلاثين عامًا، وفى 1920م قامت الدنمارك بتجميع الغاز من محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقليص حجم الحمأة من جهة وللعائد الاقتصادي الكبير من جهة أخرى, كما تجدر الإشارة إلى أن ألمانيا ممثلة لدول أوروبا الغربية قد أصبحت أكبر منتج للبيوجاز والأشهر تسويقًا لهذه التكنولوجيا, يذكر التاريخ الحديث أن إنجلترا كانت قامت بالتوسع في إنتاج الغاز الحيوي وتنقيته وضخه في مقاطعة أكسفورد بنجاح كبير، حيث قامت شركة الطاقة الخضراء في عام 2015م بإنشاء مخمرات جديدة للضخ في شبكات المدن هذا يحدث رغم وجود كميات هائلة من الغاز الطبيعي في بحر الشمال, وهذا يؤكد أن الأصل في الموضوع هو عدم إهدار الطاقة من المادة العضوية والعائد الاقتصادي وتلطيف حدة «جو الصوبة».المؤكد أن تطبيقات الغاز الحيوي في أسانيد التاريخ قد بدأت في الصين والهند, حيث قاما بإنتاج البيوغاز بطريقة مبسطة فبحلول عام 1970م كان لدى الصين 6 ملايين وحدة للإنتاج في المزارع وفى الهند 2 مليون وحدة منزلية [1].

كما نلاحظ أن العالم في تطور مستمر في هذا المجال بحيث أنه كلما تقدمت السنوات كلما زاد عدد الأبحاث والمنشورات المتعلقة بإنتاج الغاز الحيوي من شتى المخلفات العضوية , حيث يمثل الشكل المقابل مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي في العشر سنوات الأخيرة [2].



الشكل(13): مدرج تكراري يوضح عدد المنشورات العلمية حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي في العشر سنوات الأخيرة.

2- تعريف الغاز الحيوي:

من اسمه يتبين أن "الغاز الحيوي" غاز يأتي من عناصر حية, أي مواد عضوية, أو نفايات عضوية تحتوي على كربون. ينشأ الغاز الحيوي من فعل بكتيري في عملية التحلل البيولوجي للمواد العضوية في أحوال لا هوائية. والتولد الطبيعي للغاز الحيوي جزء مهم من دورة الكربون, ومولدات الميثان (البكتيريا المنتجة للميثان) هي الحلقة الأخيرة في سلسلة الكائنات الدقيقة التي تحلل المواد العضوية وتعيد المنتجات المتحللة إلى البيئة, وفي هذه العملية يتولد الغاز الحيوي الذي هو مصدر لطاقة متجددة [3].

3- تركيب ومكونات الغاز الحيوي:

إن المعطيات والبيانات الموجودة في المراجع حول تركيب الغاز الحيوي ونسب الغازات المكونة له تعطي معلومات متباينة جدا, حيث يعود هذا الأمر إلى وجود عوامل ومتغيرات مختلفة تحدد طبيعة هذا التركيب من بينها المنشأ الحيوي الأصل الذي يستخرج منه الغاز بالإضافة إلى آلية سير العمل داخل خزانات التخمير, ولكن بشكل عام تشير معظم هذه المراجع إلى أن غاز الميثان يشكل المكون الرئيس للغاز الحيوي بنسب تتراوح بين %(75- 45) ثم غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة بين %(25-55) إلا أن هذه القيم تكون متغيرة خلال مراحل التخمر ففي الأيام الأولى تكون نسبة الميثان منخفضة مقارنة مع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون.

أهم مكونات الغاز الحيوي هو الميثان, حيث أنه كلما ازدادت نسبته ضمن المكونات كلما زادت نسبة الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الغاز الحيوي, أما ثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء فهما مكونان ليسا بأهمية كبيرة, بينما وجود كبريتيد الهيدروجين والأمونياك يمكن أن يسبب مشاكل بيئية وذلك

لإمكانية تشكيل أكاسيد الكبريت والنتروجين المسؤولة عن تشكل الأمطار الحمضية فيجب بالتالي التخلص منها قبل حرقها في محرق احتراق الغاز خاصة أنها من الغازات الأكّالة أيضا حيث يمثل الجدول التالي مكونات الغاز الحيوي ونسبها [4].

الجدول (8): مكونات الغاز الحيوي ونسبها [5].

المكون	مجال القيمة	القيمة المتوسطة
الميثان (CH_4)	45-70%	60%
ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	25-55%	35%
بخار الماء (H_2O)	0-10%	3.1%
نيتروجين (N_2)	0.01-5%	1%
أكسجين (O_2)	0.01-2%	0.3%
هيدروجين (H_2)	0-1%	<1%
أمونياك (NH_3)	0.01-2.5 mg/m^3	0.7 mg/m^3
كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	10-30000 mg/m^3	500 mg/m^3

4- مصادر المواد الأولية المطلوبة لإنتاج الغاز الحيوي:

المصدر الأول: النفايات المنزلية.

إن المواد الأولية المطلوبة لإنتاج الغاز الحيوي متوفرة في النفايات المنزلية حيث تشكل النفايات العضوية ما نسبته 50% على الأقل من وزن النفايات المنزلية, ومن المعروف أن معظم المدن تنتج كميات كبيرة جدا من النفايات المنزلية غالبا ما تردم في مطامر أو مدافن النفايات دون الاستفادة منها.

المصدر الثاني: المباقر والمداجن.

ينتج عن عمل المداجن و المباقر كميات كبيرة من الروث الذي يمكن الاستفادة منه في توليد جزء من الطاقة اللازمة لهذه المداجن أو المباقر.

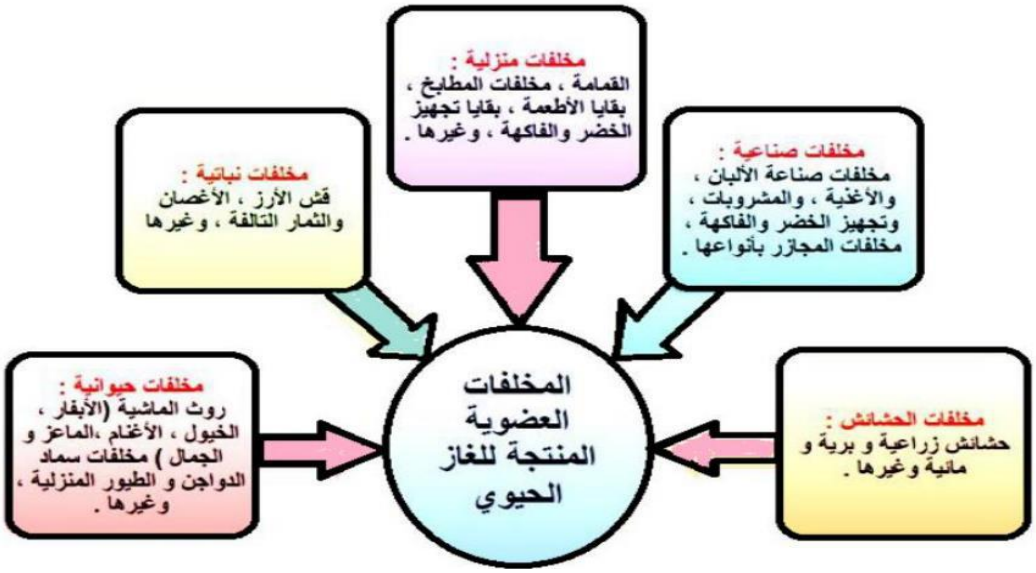
المصدر الثالث: مصانع الأغذية ومصانع توضيب الخضار والفواكه وأسواق الخضار والفواكه.

المصدر الرابع: الأراضي الزراعية التي يمتلكها الفلاحون.

يتوفر لدى الفلاحين كميات لا بأس بها من فضلات المزروعات والتي تتمثل في الفواكه أو الخضروات التالفة أو المصابة أو المشوهة وبكميات كبيرة, وهذه الكميات كافية لأن توفر له الطاقة اللازمة لاستخدامات الفلاح المنزلية.ويمكن للفلاح استخدام نفايات المواد التالية لإنتاج الغاز الحيوي:

- الخضروات والفواكه- أوراق الشجر- الروث الناتج عن تربية الماشية أو المداجن.

المصدر الخامس: المزارع الخاصة, المجمعات السياحية والمطاعم خارج المدن [6].



الشكل (14): المخلفات العضوية المنتجة للغاز الحيوي.

5- كمية الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي:

تأتي طاقة الغاز الحيوي من الميثان فقط: وبالتالي فإن الغاز الحيوي هو الشكل المتجدد للطاقة الأحفورية التي هي الغاز الطبيعي. يحتوي الأخير بشكل أساسي على الميثان ولكن أيضًا يحتوي على البيوتان والبروبان وعناصر أخرى [7] . تختلف كمية الطاقة الموجودة في الغاز الحيوي تبعا إلى محتواه من الميثان, و خصائصه موضحة في الجدول التالي:

الجدول (9): خصائص غاز الميثان [8].

الصيغة الجزيئية	CH_4
الكتلة المولية	16 .042 g/mol
المظهر	غاز عديم اللون
الكثافة	$0.717kg/m^3$
نقطة الانصهار	-182.5 C°
نقطة الغليان	-161.6 C°
الذوبان	3.5mg/100ml H_2O درجة حرارة عند 17 C°

III-1-2- سماد الغاز الحيوي:

1- تعريف سماد الغاز الحيوي (سماد البيوغاز):

يطلق على المخلوط المتبقي من عملية تخمر المخلفات العضوية والخارج من المخمر اسم سماد البيوغاز أو السماد الحيوي ويتميز هذا المحلول بأنه سماد عضوي عالي الجودة بدون روائح لا يجذب الحشرات والذباب والبعوض ويخلو من الميكروبات والطفيليات المرضية مما يجعل تداوله أكثر أمنا من الناحية الصحية عن التعامل مع المخلفات العضوية الأصلية قبل عملية التخمر. كذلك تشير تحاليل سماد البيوغاز إلى احتوائه على بعض الفيتامينات ولاسيما فيتامين ب 12 حيث أن نمو البكتيريا بالمخمر يتطلب تواجد هذا الفيتامين، كما يحتوي السماد على منظمات النمو و الهرمونات النباتية الطبيعية [9].

2- فوائد التسميد بالسماد العضوي الناتج عن الهضم اللاهوائي:

يوفر الهاضم تسميداً مجانياً للأراضي، ويجنب حرق أطنان من الحطب في المزارع، مما يوفر فرصة حقيقية في الحفاظ على الغطاء النباتي، كما يوفر كميات كبيرة من الوقود التقليدي لإنتاج نفس الطاقة المستخرجة من الغاز الناتج.

- يكون القوام الناتج غني بالمغذيات العضوية للتربة الزراعية بسبب احتوائه على نسب مناسبة من العناصر الضرورية لنمو النبات، مما يجعل التربة قادرة على تشرب الماء والحفاظ على الرطوبة وتبادل الشوارد الموجبة ويخفف من حموضة وتملح التربة ويزيد خصوبتها.
- يكون القوام المهضوم الخارج من المخمرات أقل حجماً من المخلفات الطازجة، الأمر الذي يجعل التعامل معها أسهل وأوفر.
- يقضي الهاضم اللاهوائي على كافة الجراثيم مسببات الأمراض.
- يهضم بذور الحشائش الضارة المتواجدة في مخلفات طرية، مما يوفر على المزارع الوقت والجهد اللازمين للتخلص منها.
- للقوام الناتج تركيبة متجانسة متوازنة مثالية من عناصر ومغذيات هامة يسهل استهلاكها على النبات، مما يعطي فرصة لزيادة الإنتاج وتحسين نوعه.
- يكون القوام الناتج نظيف تماماً مما يجنب العمل على مخلفات الحظائر والمخلفات المنزلية والصحية من تبعيات مرافقة مثل الروائح ومسببات الأمراض.
- التخلص من المخلفات الحيوانية والنباتية والصناعية والمنزلية العضوية وصعبة التحلل.
- ذو أهميه في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية (تحببها, نفاذيتها, سعتها الحقلية).
- خفض تكاليف الإنتاج و الحصول على منتج ثمار نظيف و آمن بيئيا [10].

3- طرق إضافة سماد البيوغاز: وتتم بعدة طرق أهمها [11]:

1- الرش على أوراق النباتات على شكل رذاذ كما في الشكل (15).

الشكل (15): الرش على أوراق النباتات على شكل رذاذ.

2- تحويل سماد البيوغاز إلى كمبوست يستخدم عند الحاجة كما في الشكل (16).

الشكل (16): تحويل سماد البيوغاز إلى كمبوست يستخدم عند الحاجة.

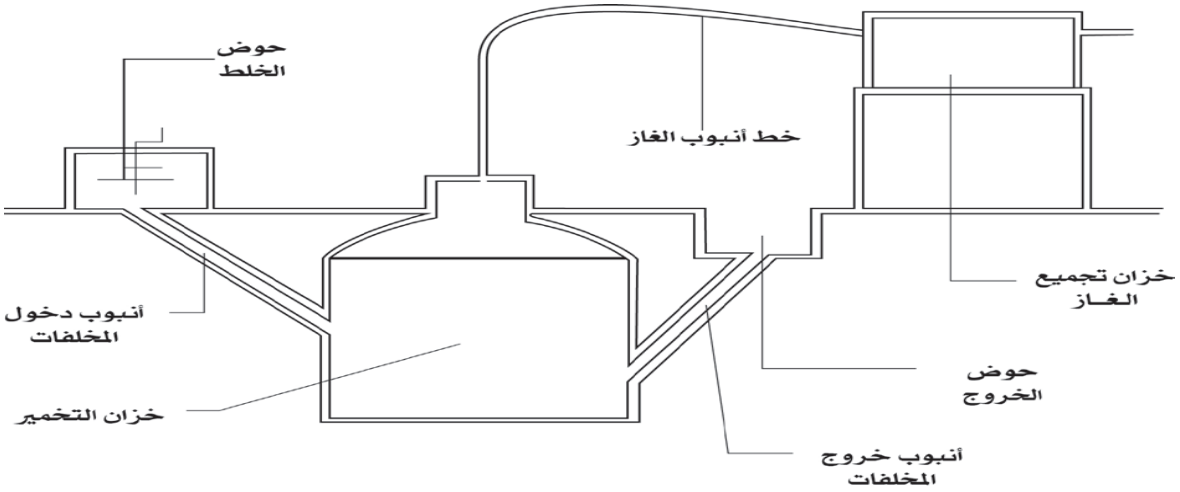
3- إضافة سماد البيوغاز الى مياه الري مباشرة كما في الشكل (17).

الشكل (17):إضافة سماد البيوغاز إلى مياه الري مباشرة.

III-2- أسس عملية الهضم اللاهوائي:

III-2-1- مكونات وحدة إنتاج الغاز الحيوي:

- تتكون وحدة البيوغاز من أربعة أجزاء رئيسية وهي مبينة في الشكل التالي [11]:



الشكل (18):مخطط وحدة إنتاج الغاز الحيوي.

1- حوض التغذية (حوض الدخول): وهو الجزء الذي توضع فيه مخلفات الحيوان والمواد الأولية, وتخلط فيه المواد مع الماء وهو غالبا بقطر متر وارتفاع 2.6m, ينقل بعدها المخلوط عن طريق أنبوب بأسفل الحوض ذو قطر كبير(حوالي 6 انش) إلى المخمر. و يجب أن يكون أعلى من حوضي التخمير وتجميع السماد الناتج, ويكون مزود بخلاط معدني يدوي لمزج المادة العضوية مع الماء اللازم.

2- المخمر أو الهاضم: وهو الجزء الذي تجمع فيه المواد العضوية القادمة من حوض التغذية وتترك فيه حتى تتخمر لا هوائيا بواسطة البكتيريا اللا هوائية ولمدة معينة بين (25 -60)يوم حسب طبيعة المادة العضوية المستخدمة, ويجب أن تكون محكمة الإغلاق ومزود بأنبوب لخروج السائل المتخمر إلى حوض التجميع على ارتفاع 20-10cm عن أرضية المخمر, بالإضافة إلى فتحة في الأعلى بقطر واحد انش مزود بإسوارة لخروج الغاز الحيوي إلى خزان تجميع الغاز الحيوي بواسطة أنابيب بلاستيكية, يجب عزل المخمر في الأماكن الباردة لتمكين البكتريا اللا هوائية من النمو وقيامها بعملية التخمير و استمراريتها.

3- خزان الغاز: وهو خزان معدني غالبا متحرك للحفاظ على ضغط الغاز الحيوي, يجمع فيه الغاز ومنه يتم توزيعه على أجهزة الوقود والإنارة وغيرها بواسطة أنابيب خاصة مزودة بأساور وأجهزة قياس ضغط الغاز وتدفقه ومصائد بخار الماء.

4- حوض تجميع السماد العضوي(حوض الخروج): وهو الحوض الإسمنتي الذي تنتقل إليه المواد السائلة بعد تخمرها وانطلاق الغازات منها, وهو ما يسمى بالسماد العضوي الحيوي, وهنا يمكن فصل المواد الصلبة عن السائل لاستخدامه في عملية التسميد. كما يمكن إنشاء عدة أحواض تجفيف السماد الناتج حسب الغاية, على أن يكون أسفل الحوض على مستوى سطح السائل ضمن المخمر.

- أنابيب و إكسسوارات وموازين قياس ضغط الغاز وكميته ومستلزمات أخرى....

ولضمان الاستفادة القصوى من منتجات وحدة البيوغاز يجب أن تزود الوحدة بالآتي:

أ- حوض لفصل الجزء الصلب من السماد وتجفيفه هوائيا وتعبئته وتخزينه لحين الاستخدام.

ب- شبكة توصيل الغاز من المواسير الحديد المغلفن أو من خراطيم البولي إثيلين.

ت- معدات استخدام الغاز التي تعمل علي البيوغاز مثل المواقد والكلوبات والدفايات وماكينات الري ومولدات الكهرباء.

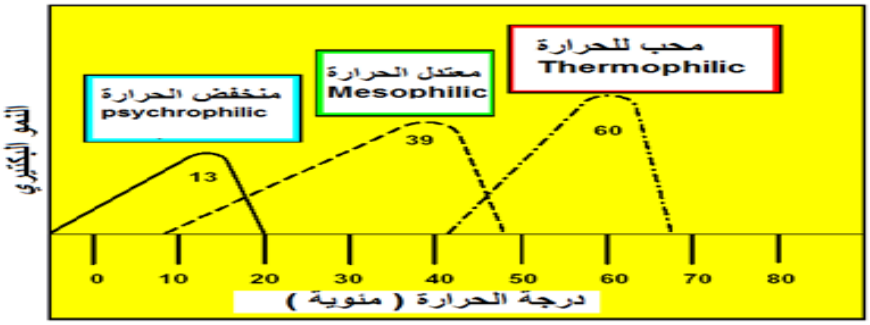
ث- نانو متر بسيط من خراطيم البولي إثيلين ومملوءة بالماء الملون. مصيدة بخار الماء والتي تركب على خط الغاز قبل توصيله إلى معدات الاستهلاك.

III-2-2- العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي:

تتوفر عدة عوامل أساسية تحكم إنتاج هذا الغاز أهمها درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، ونسبة الكربون إلى النيتروجين، وتركيز المادة الصلبة، وزمن البقاء، ومعدلات التحميل والمواد السامة.

1- درجة الحرارة:

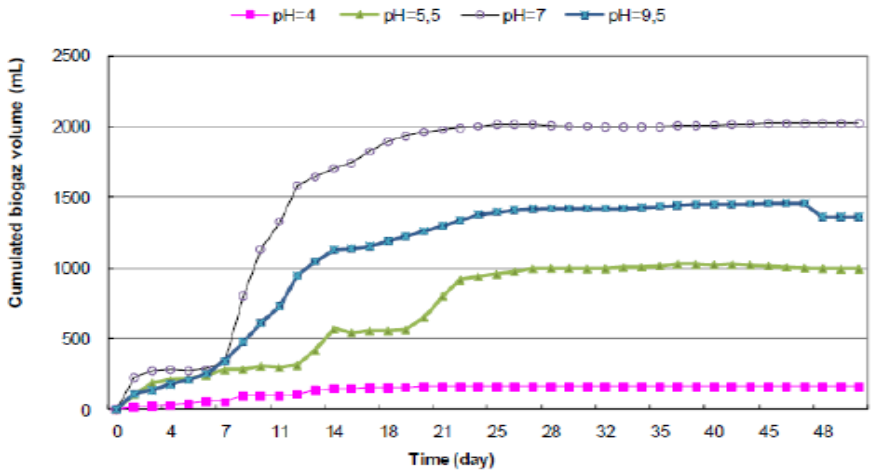
إن معدل التفاعلات الكيميائية والتغذية والنمو للأحياء الدقيقة يزيد بزيادة درجة الحرارة في المدى الحراري المحتمل لتلك الميكروبات, وقد صنفت بكتيريا الميثان إلى ثلاث مجموعات حسب تكيفها مع درجة الحرارة فالمجموعة الأولى تسمى البكتيريا المحبة للبرودة, وتعمل في مجال من°C10-25 وإنتاج الميثان في هذه الدرجة غير شائع الاستخدام, أما المجموعة الثانية فهي البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة وتكون في قمة نشاطها في مدى°C35-37, والمجموعة الثالثة البكتيريا المحبة للحرارة العالية وتعمل في درجات حرارة بين 55-60 درجة مئوية، ويجب عدم تعريض مواد التخمير لتغيرات حادة في درجة الحرارة خاصة في حالة المجموعتين الأولى والثانية ويوضح الشكل (20) العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الغاز الناتج [12].



الشكل (19): علاقة معدلات النمو الميكروبي مع النظام الحراري الناظم للهاضم.

2- درجة الحموضة:

تحتاج الكائنات الحية الدقيقة في التخمير اللا هوائي إلى وسط متعادل لتتمكن من العمل بكفاءة أي عند أس هيدروجيني يساوي 7، على الرغم من أن بكتيريا التحلل تحول المواد العضوية إلى أحماض يمكن أن تعيش في ظروف حامضية أي عند أس هيدروجيني قريب من 5.5 إلا أن بكتيريا الميثان تعمل بكفاءة أفضل عند أس هيدروجيني بين 8.6 – 5.8 وأثناء عملية التخمر يحدث توازن بين بكتيريا تكوين الأحماض وبكتيريا إنتاج الميتان بحيث يبقى الأس الهيدروجيني قريبا من 7 لذلك عند بدء التشغيل يفضل استخدام بادئ مكون من مستحلب متخمر مسبقاً أو استخدام تركيزات منخفضة من المادة العضوية للإسراع بالوصول إلى مرحلة التوازن [13].



الشكل (20): إنتاج الغاز الحيوي عند قيم مختلفة لدرجة الحموضة.

والأسباب الرئيسية لتغير الرقم الهيدروجيني موضحة كما يلي في الجدول (10):

الجدول (10): الأسباب الرئيسية لتغير الرقم الهيدروجيني.

الأسباب الرئيسية لتغير الرقم الهيدروجيني		
الوضع	**السبب الممكن**	**العلاج**
شديد الحموضة (pH ≤ 6)	- زيادة في كمية المادة المغذية للتحلل.	- تخفيض كمية المادة المغذية للتحلل.
	- تغيرات واسعة في درجة الحرارة.	- ضبط درجة الحرارة.
	- تشكل رغوة على السطح.	- سحب الرغوة أو الخلط.
شديد القلوية (pH ≥ 9)	-المادة المغذية شديدة القلوية.	الانتظار- لا يجب إضافة حمض للهاضم أبدا.

3- نسبة الكربون إلى النيتروجين:

تحتاج بكتيريا الأحماض وبكتيريا الميثان إلى الكربون والنيتروجين لنموها وتستهلكهم بنسبة 25-30% كربون إلى (1) نيتروجين وهو ما يطلق عليه نسبة الكربون إلى النيتروجين وتعادل القيمة المثلى لهذه النسبة في التخمير اللاهوائي 25-30% ويحتوي روث الأبقار والأغنام على هذه النسبة تقريبا ولكنها تتغير باستمرار وبشدة طبقا للمادة العضوية المستخدمة [13], مثل ما هي موضحة في الجدول(11).

الجدول (11): نسبة الكربون إلى نيتروجين لبعض المخلفات العضوية [14].

العينة	المادة	نسبةC/N
1	روث البط	8
2	فضلات بشرية	8
3	فضلات دجاج	10
4	فضلات خراف	19
5	فضلات أبقار, جواميس	24
6	قش الذرة	60
7	قش الأرز	70
8	نفايات صلبة عضوية	40

4- تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية:

يتراوح تركيز المادة الصلبة في محلول التغذية (أي كمية المادة الصلبة إلى الماء) بين 8-10% حيث تحافظ هذه النسبة على جريان مناسب، وتمنع تكون الأحماض بمعدلات أكبر من استهلاكها مما يحافظ

على التوازن في عملية التبخر. ولكن قد يتم رفع نسبة المادة الصلبة في بعض عمليات التخمر المستخدمة إلى 12-14% لتقليل المتطلبات الحرارية وتحسين الاقتصاديات، كما أن عملية التخمير الجاف للمخلفات الصلبة مثل القش والقمامة تتم في تركيزات مرتفعة قد تصل إلى 25-30% [15].

5- معدلات التغذية بالمادة العضوية (درجة التحميل العضوي):

تمثل كمية التغذية اليومية بالمواد العضوية مقسومة على حجم المخمر، أهمية كبيرة حيث بزيادتها يرتفع إنتاج الغاز، ولكن زيادتها أكثر من اللازم يؤدي إلى تراكم الأحماض العضوية بسبب عدم تمكن بكتيريا الميثان من تحويلها إلى غاز مما قد يسبب توقف إنتاج الغاز، وتختلف معدلات التغذية بالمادة العضوية حسب تركيب المادة العضوية ونوع المخمر المستخدم وظروف التشغيل [13].

6- زمن بقاء المحلول في المخمر:

هو الزمن الذي تقضيه المادة العضوية داخل وحدة التخمر محسوبا بالأيام في حالة معالجة المخلفات الصلبة كالحيوانية والنباتية، وبالساعات في حالة معالجة المخلفات السائلة قليلة التركيز كمياه الصرف الصحي وبعض المخلفات الصناعية. إن عملية تحلل المادة العضوية وتصاعد الغاز الحيوي من مخلفات ما قد تستمر لعدة شهور، ولكن يجب تحديد المدى الزمني الذي يمكن الحصول خلاله على أكبر قدر من الطاقة في صورة غاز حيوي بالنسبة للطاقة الكيميائية الكامنة للمادة المعالجة ويتراوح زمن الاحتباس للعديد من المخلفات الحيوانية شائعة الاستخدام بين 30-50 يوم [16].

7- المواد السامة في التغذية:

المضادات الحيوية والمبيدات والمنظفات الصناعية والمعادن الثقيلة مثل الكروم والنيكل والنحاس والزنك تعتبر مواد سامة للكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بإنتاج الغاز الحيوي، كما أن ارتفاع تركيز الأمونيا والذي ينجم عن انخفاض نسبة الكربون إلى النيتروجين قد يسبب تسمم للبكتيريا [13].

8- استخدام البادئات:

عند بداية تشغيل المخمر فإنه يفضل إضافة نسبة من مخلوط تخمير نشط وذلك للإسراع في عملية التخمير حيث يحتوي هذا المنشط على نسب متوازية من بكتيريا الميثان وبكتيريا الحمض التي يمكنها أن تعمل مباشرة بعد إضافتها، وقد لا يحتاج الأمر إلى استعمال المنشط حيث يمكن للمخمر العمل بدونه في حالة استخدام روث الماشية، ولكن ذلك يتطلب الانتظار بضعة أيام لحين تكون ونمو عدد كاف من بكتيريا التحلل وبكتيريا الميثان [17].

9- التقليب داخل المخمر:

وهو من العوامل الضرورية لرفع كفاءة عملية التخمير وزيادة إنتاجية الغاز وعن طريق التقليب تتجانس مكونات المخمر وتزداد فرص التلامس بين المخلفات والبكتيريا ويزداد نشاط بكتيريا الميثان مما يؤدي إلى ارتفاع معدلات إنتاج الغاز كما أن التقليب يمنع تشكل طبقة الخبث فوق سطح مخلوط التخمر وتيبسها مما يعوق صعود الغاز للأعلى.

و تجدر الإشارة إلى أن عملية التغذية اليومية بالمواد الطازجة تعتبر إحدى طرق التقليب، ولذا كان من المفضل تعدد مرات التغذية اليومية لزيادة فرص التقليب. و عادة يستخدم التقليب اليدوي أو الميكانيكي أو التقليب بإعادة دورات المحلول أو الغاز [13].

III-2-3- المراحل الكيميا حيوية للهضم اللاهوائي:

يتم إنتاج الغاز الحيوي أثناء عملية الهضم اللا هوائي للركائز العضوية. هذه العملية هي نتيجة نشاط جرثومي معقد، وغالبًا ما يتم إجراؤه في ظل ظروف لا هوائية. تؤدي كل خطوة في العملية إلى تكوين مركبات وسيطة، والتي بدورها تعمل كركائز خلال المرحلة التالية. وعلى الرغم من كونها معقدة، يمكن تقسيم هذه العملية إلى أربع خطوات لا يمكن فصلها عن مجموعات بكتيرية محددة جدًا:

1- التحلل المائي – الحلمهة:

وهو عبارة عن تفكك المركبات ذات الجزيئات المعقدة إلى المركبات ذات جزيئات بسيطة، حيث تحتوي المادة المغذية في الهاضم على مواد قابلة للذوبان وأخرى عديمة الذوبان بالماء كالكربوهيدرات والبروتينات والدسم.إن عمليات التميؤ للمركبات العضوية القابلة للذوبان، تؤدي إلى تحويل الجزيئات الحيوية المعقدة إلى جزيئات عضوية أحادية. وبما أن البكتريا غير قادرة على تفكيك المواد العضوية المعقدة مباشرةً، فإنها تفرز أنزيمات خارجية تعمل خارج الخلايا البكتيرية على تحطيم وحلمهة هذه المواد وتحويلها لمواد أولية سهلة الهضم حيث تنتج بكتيريا الهضم إنزيمات الإستقلاب، وأنزيمات محللة الدهون وأخرى للسليلوز والبروتين، والتي تعمل على تخفيض الجزئيات الحيوية المعقدة إلى جزئيات عضوية أحادية، كالأحماض الأمينية والسكريات والكحول والأحماض الدسمة، ومثل هذه المركبات يمكن أن تعبر عبر غشاء الخلايا، علماً أن تميؤ السليلوز وهو المركب الأساسي لجدران الخلايا يحوله إلى غلوكوز، وتتحول الدهون والشحوم إلى حموض دسمة، أما تميؤ البروتينات يحولها إلى حموض أمينية وأمونيا وثاني أوكسيد الكربون، علماً أن الأحماض الأمينية هي المصدر الرئيسي للينتروجين والكبريت في الهواضم اللاهوائية [18].

وتساهم أجناس مختلفة من البكتريا في عملية التفكك اللاهوائي نذكر منهاRuminococcus, Bacillus Clostridium Bacterioeds، ومجموعات أخرى من الأحياء الدقيقة [19].

2- تكوين الأحماض:

تقوم الأحياء الدقيقة بهضم نواتج تحلل المواد، حيث ينتج عن هذا الهضم أحماض دهنية طويلة السلسلة والخلات وحمض الفورميك (النمل) وحمض البروبيونيك والهيدروجين والأمونيا وكحولات مختلفة وأحماض أمينية ومركبات عطرية، بالإضافة إلى مركبات مختلفة أخرى يوضحها الجدول (12).

الجدول(12): بعض نواتج الهضم اللاهوائي [18].

Name	Formula
Acetate	CH_3COOH
Butanol	$CH_3(CH2)_2CH_2OH$
Butyrate	$CH_3(CH2)_2CH_2COOH$
Caproic acid	$CH_3(CH2)_4CH_2COOH$
Formate	$HCOOH$
Ethanol	CH_3CH_3OH
Lactate	$CH_3CHOHCOOH$
Methanol	CH_3OH
Propanol	$CH_3CH_2CH_2OH$
Propionate	CH_3CH_2COOH
Succinate	$HOOCCH_2CH_2COOH$

3- تكوين الخلات (الأسيتات):

تقوم فيها مجموعة من البكتيريا تسمى عادة Synotrophic Bacteria بعملية هضم الأحماض الدهنية طويلة السلسة وحمض البروبيونيك و الكحولات المختلفة وبعض الأحماض الأمينية والمركبات العطرية, بالإضافة إلى مركبات مختلفة أخرى وهي الهيدروجين والخلات والفورميات إلى المواد الأولية لإنتاج غاز الميثان، ونظرًا لأن هناك عدد كبير من البكتيريا يمكنها أن تهدم هذه المواد دون أن تكون نواتج الهضم الأولي غاز الميثان، فإن البكتريا التي تقوم بتفاعلات المرحلة الثانية ولثالثة تدعى بـ :

Synotrophic metabolizers Bacteria [19].

4- تكوين الميثان:

يعتمد تشكل الميثان على عمل الكائنات الحية الدقيقة المكونة للميثان، والتي تعمل على تحويل حمض الخل أو ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين إلى غاز الميثان، والتي تتنوع استنادا لنوع المادة الداخلة في التفاعلات الحيوية.

وهناك مجموعتان أساسيتان من البكتريا المشكلة للميثان، المجموعة الأولى تحول الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون إلى الميثان، والمجموعة الثانية تحول حمض الخل إلى الميثان.

ويمكن توضيح ذلك في المعادلة:

$$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$

ماء + ميثان ← هيدروجين + ثاني أكسيد الكربون

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

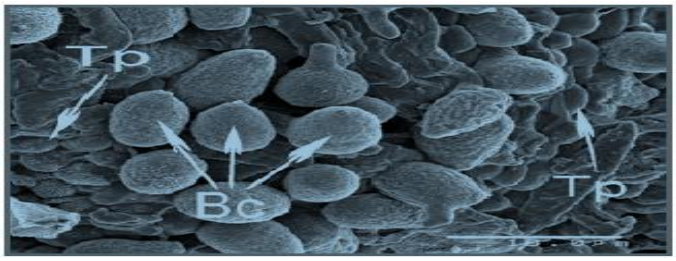
ثاني أكسيد الكربون + ميثان ← حمض الخل

كما أنه يمكن إنتاج غاز الميثان بواسطة بكتيريا الإيثانول وفق المعادلة:

$$2\ CH_3CH_2OH \rightarrow CH_4 + 2\ CH_3COOH$$

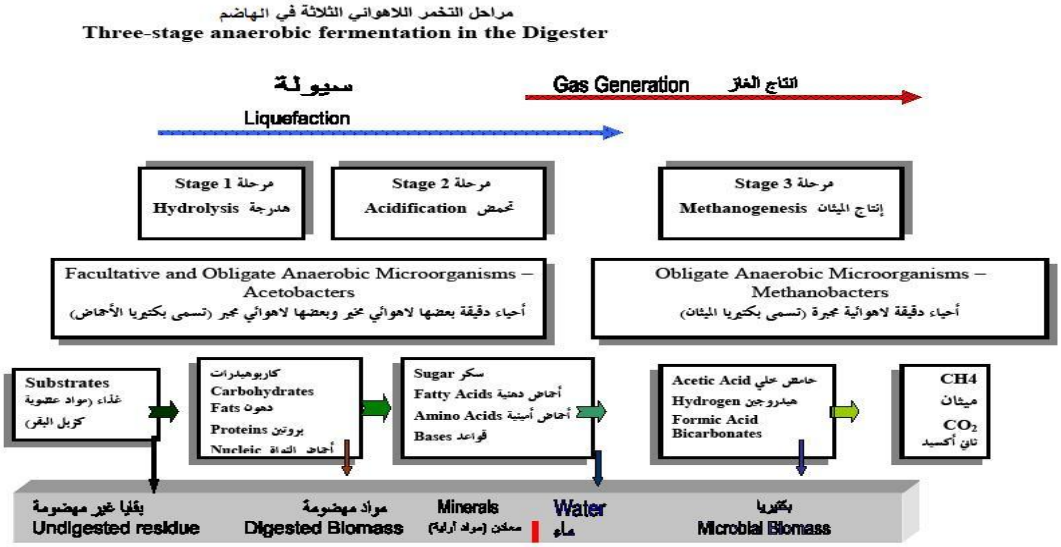
حمض الخل + ميثان ← إيثانول

تتحكم البكتريا المشكلة للميثان في أغلب مراحل هذه العملية (عملية الهضم) وإن مشكلات بكتريا الميثان أنها حساسة جداً لظروف التحضين وتكون إعادة الإنتاج بطيئة جداً، وإن أكبر مشكلة تواجه هذه العملية أن بكتريا الميثان من السهل قتلها ومن الصعب أن تنمو، وهي بكتريا لا هوائية تتحسس بوجود أكسجين الهواء الذي يؤثر بوظائف العديد من أنزيماتها، مما يسبب وبسرعة موت جزء كبير منها، ولذلك يجب أن تصمم العملية بشكل جيد بحيث تلبي احتياجات البكتيريا المشكلة للميثان، حيث تنمو المتعضيات وتزداد فعاليتها عادةً بازدياد درجة الحرارة وتنمو المتعضيات في بقايا الطعام بشكل أسرع، وهذا النمو السريع يؤدي إلى استهلاك أكبر من المواد العضوية عند هضم الحمأة " زمن المكوث أقصر" [18].



الشكل (21): فطور*Trichsporon Pullulans* المنتجة للميثان.

الشكل (22): الخميرة *Saccharomyces Cerevisiae* المنتجة للميثان.



الشكل (23): مراحل عملية التخمر اللاهوائي [9].

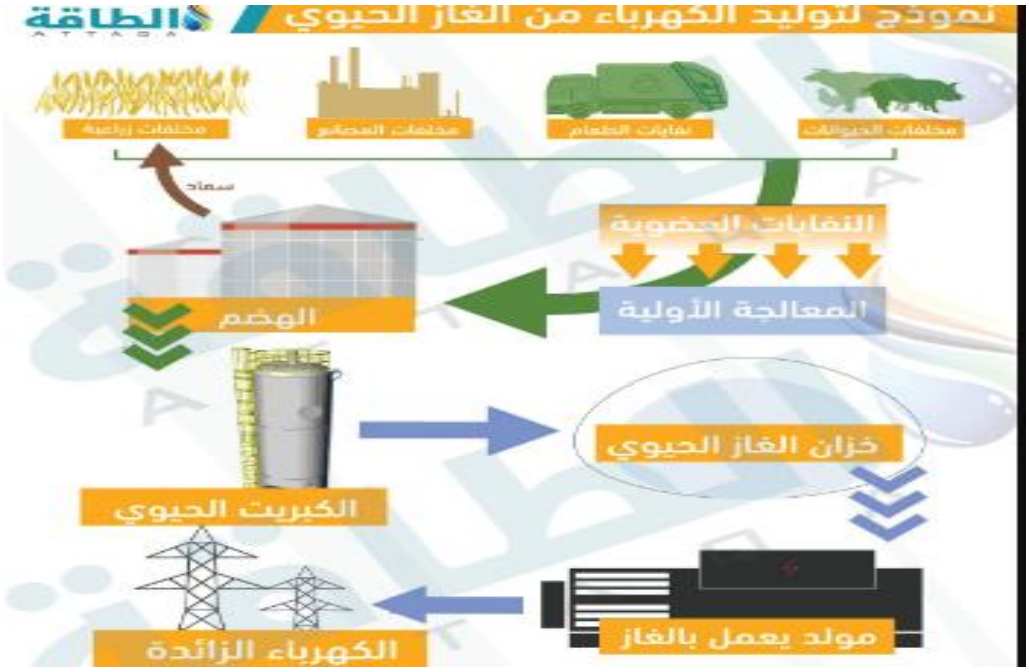
III-3- استخدامات, مزايا وعيوب الغاز الحيوي:

III-3-1- استخدامات الغاز الحيوي:

يدخل استخدام الغاز الحيوي في الكثير من التطبيقات الصناعية والتجارية المختلفة مثل؛ توليد الكهرباء، والاستخدام المباشر للغاز وتحويل الغاز الحيوي إلى غاز طبيعي [20].

1- توليد الكهرباء:

يمكن استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات المستخدمة لتوليد الكهرباء من الغاز الحيوي مثل, المحركات الترددية وخلايا الوقود و التوربينات، يُعد المحرك الترددي من أكثر التطبيقات الشائعة في الاستخدام لتطبيقات الكهرباء، وذلك للخصائص الجيدة التي يتمتع بها، مثل الكفاءة العالية والتكلفة المنخفضة، كما يستخدم تطبيق التوليد المشترك للطاقة، والذي يقوم بتوليد الحرارة والطاقة معًا، حيث إن مشاريع توليد الكهرباء بالإضافة للحرارة هو أمر مفضل للكثير من المشاريع المؤسسية والصناعية والتجارية.والشكل التالي يبين نموذج لتوليد الكهرباء من الغاز الطبيعي .



الشكل(24): نموذج لتوليد الكهرباء من الغاز الطبيعي.

2- الاستخدام المباشر:

يمكن استخدام الغاز بشكل مباشر كبديل عن وقود آخر مثل: الغاز الطبيعي، زيت الوقود، الفحم

- استخدام الغاز مباشرة في الأدوات الكهربائية الحرارية مثل؛ المجفف والفرن.
- ضخ الغاز مباشرة إلى العملاء في بعض المشاريع، وذلك لاستخدامه كوقود إضافي أو كتعويض لوقود آخر.
- حرق الفخار وأفران نفخ الزجاج.
- تصنيع السيارات.
- إنتاج المواد الكيميائية.
- معالجة الأغذية.
- صناعة الإسمنت.
- صناعة الورق.
- المنتجات الإلكترونية.
- معالجة مياه الصرف الصحي.

3- تحويله إلى غاز طبيعي:

يمكن تحويل الغاز المستخرج من النفايات إلى غاز طبيعي عن طريق عدة مراحل من المعالجة الأولية والنهائية، يتم من خلالها خفض نسبة ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والأكسجين، وزيادة نسبة الميثان، ويمكن استخدام الغاز الطبيعي فيما يأتي:

- التطبيقات الحرارية.
- توليد الكهرباء.
- استخدام الغاز في مواقع إنتاج الغاز.
- الحقن في خطوط الأنابيب التي تستخدم لنقل الغاز الطبيعي.
- وقود للحافلات كما في الشكل (26).

الشكل (25): حافلة تعمل بالغاز الحيوي في السويد.

III-2-3- مزايا الغاز الحيوي:

1- الغاز الحيويّ هو صديق للبيئة:

الغاز الحيويّ هو مصدرٌ للطاقة المتجددة، كما أنّ الغاز الناجم عن الهضم الحيوي غير ملوثٍ وفي هذه العملية لا يحدث احتراق مما لا ينجم عنه انبعاث غازات الاحتباس الحراري من الغلاف الجوي، ولذلك فإنّ استخدام هذا النوع من الغازات كشكلٍ من أشكال الطاقة هو في الواقع وسيلةٌ رائعةٌ لمكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري.

وإنّ السبب الرئيسي وراء انتشار استخدام الغاز الحيوي هو الحد من تأثير الاحتباس الحراري حيث تقوم المصانع بتقليل إنبعاث غاز الميثان عن طريق إلتقاط هذا الغاز الضار واستخدامه كوقود، إذ يساعد استخدام الغاز الحيويّ على تقليل الاعتماد على النفط والفحم كمصدرٍ للوقود.

2- الغاز الحيويّ يقلل من تلوث التربة والمياه:

إنّ مدافن النفايات تسمح للسوائل السامة بالوصول إلى مصادر المياه الجوفية علاوة على ما تنشره من روائحَ كريهةٍ، وبالتالي فإنّ الغاز الحيوي قد يحسن من نوعية المياه، إضافةً إلى ذلك فإنّ الهضم اللاهوائي يحد من مسببات الأمراض والطفيليات مما يعني بأنّ الغاز الحيويّ فعالٌ في الحد من الأمراض التي تنقلها المياه، كما أنّ عملية جمع النفايات وإدارتها تتحسن كثيرًا في المناطق التي تتضمن مصانع الغاز الحيويّ وبالتالي فهو يؤدي إلى تحسيناتٍ في البيئة والصرف الصحي والنظافة.

3- توليد الغاز الحيويّ ينتج السماد العضوي:

المنتج الثانوي لعملية توليد الغاز الحيويّ هو السماد العضوي المخصب، وهو مكملٌ مثاليٌّ للأسمدة الكيميائية أو حتى بديلٌ عنها، إذ أنّ هذه الأسمدة تؤدي إلى تسريع نمو النباتات ومقاومة الأمراض، في حين أنّ الأسمدة التجارية تحتوي على موادٍ كيميائيةٍ لها آثارٌ سامةٌ ويمكن أن تسبب التسمم الغذائي من بين أمورٍ أخرى.

4- منخفض التكلفة التكنولوجية:

إنّ التكنولوجيا المستخدمة لإنتاج الغاز الحيويّ رخيصةٌ للغاية وسهلة الإعداد وتحتاج إلى القليل من الاستثمار عندما تكون على نطاقٍ صغيرٍ، ويمكن إجراء الهضم الحيوي في المنزل مباشرةً من خلال استخدام نفايات المطبخ والسماد الحيواني [21].

III-3-3- عيوب الغاز الحيوي:

1- غياب التقدم التكنولوجي:

الأنظمة المستخدمة في إنتاج الغاز الحيوي اليوم ليست فعالة, لا توجد تقنيات جديدة حتى الآن لتبسيط العملية وجعلها وفيرة ومنخفضة التكلفة.

وهذا يعني أن الإنتاج على نطاق واسع لإرضاء عدد كبير من السكان لا يزال غير ممكن, على الرغم من أن مصانع الغاز الحيوي المتاحة اليوم يمكن أن تلبي بعض احتياجات الطاقة، إلا أن معظم الأفراد والحكومات ليسوا على استعداد للاستثمار بشكل كبير في هذا القطاع, أدى هذا الجانب إلى قيام العديد من الأشخاص بوضع أنظمة الكتلة الحيوية في منازلهم، والتي تعاني من نقص في السعة.

2- يحتوي على شوائب:

لا يزال الغاز الحيوي يحتوي على شوائب حتى بعد التكرير والضغط. عند استخدامه كوقود لتشغيل السيارات، يمكن أن يؤدي ذلك إلى تآكل محركاتها ويؤدي إلى تكاليف صيانة غير عادية.

3- لا يمكن أن تعمل في جميع المواقع:

إنتاج الغاز الحيوي ممكن فقط في مواقع معينة حيث تتوافر المواد الخام بكثرة. توفر المناطق الريفية أفضل المواقع لبناء مصانع الغاز الحيوي. ومع ذلك، من غير العملي إنشاء مصانع تعمل بالغاز الحيوي في المدن الكبيرة.

4- غير مجدية اقتصاديا:

بالمقارنة مع أنواع الوقود الحيوي الأخرى، فإن إنتاج الغاز الحيوي ليس جذابًا اقتصاديًا، خاصة على نطاق واسع. من الصعب تعزيز كفاءة مصانع الغاز الحيوي، وهو ما يفسر سبب خجل الناس ومعظم الحكومات من الاستثمار في هذا المجال.

5- إنتاج الغاز الحيوي هو إجراء حساس لدرجة الحرارة:

يعتبر إنتاج الغاز الحيوي مثل إنتاج الطاقة من الموارد المتجددة والمستدامة الأخرى، حساسًا لدرجة الحرارة ويتأثر بالطقس.

تحتاج البكتيريا المسؤولة عن إنتاج الغاز الحيوي من تحلل المواد العضوية إلى درجة حرارة مثالية محددة, تتطلب البكتيريا المساعدة درجة حرارة مثالية تبلغ 37 درجة مئوية لتعمل بشكل صحيح, إذا انخفضت درجات الحرارة عن ذلك يجب توفير الحرارة الخارجية للهضم [22].

الخلاصة:

نستنتج من الفصل الثالث، أن الهضم اللاهوائي أصبح وسيلة جذابة لإنتاج الطاقة الخضراء ومعالجة النفايات العضوية، من منظور مستقبل اقتصادي بيولوجي أخضر.

كما يمكن القول بأن المخلفات العضوية تعتبر مصدرا هاما ومتجددا للعديد من المواد الأولية الخام والتي يمكن الاستفادة منها بشكل كبير ومربح في العديد من المشاريع, بدلا من أن تكون مصدر قلق وخطر على صحة الإنسان والبيئة وكافة أشكال الحياة.

قائمة المراجع:

باللغة العربية:

[1] نبيل صبحى فرج .(2021).الغاز الحيوي تاريخيا وتطبيقيا, مجلة المصري اليوم.

[3] هارتليب أويلر.(2004).إنتاج الغاز الحيوي (البيوغاز) من النفايات العضوية, مركز الشرق الأوسط, بيروت, ص 6.

[4] أسامة عبد الرحمن.(2014-2015).دراسة العوامل المؤثرة على مردود مفاعل لإنتاج الغاز الحيوي من مخلفات منزل ريفي في محافظة طرطوس، رسالة ماجستير في الهندسة الميكانيكية، جامعة تشرين.

[5] الجمعية الألمانية للمياه والغاز.

[8] ويكيبيديا 2018 .

[9] منال عريشة, نسرين الصوا. (24 أكتوبر2009). مدخلات ومخرجات الهاضم الحيوي والعوامل المؤثرة على التحلل اللاهوائي .

[10] محمد مصري. (2015). معالجة المخلفات الزراعية لإنتاج السماد العضوي, رسالة قدمت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الميكانيكية قسم هندسة الآلات الزراعية, جامعة حلب .

[11] أحمد جاد الله المقداد. (2015). الغاز الحيوي طاقة صديقة للبيئة وأمل المستقبل, دمشق.

[12] الحافظ خلدون. (2012). دراسة العوامل المؤثرة لتحويل المخلفات الصلبة والسائلة إلى وقود غازي في القطر العربي السوري, أطروحة دكتوراه الهندسة الميكانيكية, جامعة حلب.

[13] الجوانب الفنية والبيئية والاقتصادية لتقانات الغاز الحيوي وتطبيقاتها في الجمهورية اليمنية .(2005). المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (اكساد)، الجمهورية اليمنية وزارة الزراعة والري – الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، دمشق .

[20] رهف سلامه. (2019). ما أهمية الغاز الحيوي وما هي استخداماته, موسوعة أراجيك.

باللغة الإنجليزية:

[7] Chottier, C. (2011). Composés Organiques Volatils du Silicium et sulfure d'hydrogène-Analyse-Traitement-Impact sur la valorisation des biogaz, INSA de Lyon.

[12] Kramer ,joseph M(2002)agricultural biogas casebook Great lakes regional biomass energy program council of great lakes Governors p.12.

[15] Ola Mahmoud Almashagbeh,(2016) Anaerobic Digestion, Biogas, Renewable Energy. Stat-Ease Design of Experiments Versión 7.02

[17] Andrews, J.F. (1969): Dynamic model of the anaerobic Am. Soc.. Civ.Engrs digestion model. J. Sanit. Engng. Div. Proc SA No.1,. pp95-116. Andrews, J.F. (1971): Kinetic models of biological waste treatmentprocesses. Biotechnol. Bioengng. Symp., Vol 2, pp. 5-33

[18] Poulsen, G.T.(2009): Solid waste management. the DAKOFA/ISWA Waste & Climate Conference 3, Copenhagen, Denmark.

[19] Poliafico, M., Murfy, J.D.(2007): Anaerobic digestion Decision support software.Master degree. Cork institute of technology, department of civil ,structural and environmental engineering.

المواقع الإلكترونية:

[2] https://www.sciencedirect.com/ تاريخ الإطلاع 2022-04-02

[6] http://drasat.blogspot.com/2014/02/blog-post_1027.html تاريخ الإطلاع 2022-04-02

[13] https://www.startimes.com/?t=32538956 تاريخ الإطلاع 2022-03-24

[21] https://sotor.com/%D9%83%D9%8A%D9%81%D9%8A%D8%A9%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%AE%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D8%B2-%D9%85%D9%86-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%81%D8%A7%D9%8A%D8%A7%D8%AA/

تاريخ الإطلاع 2022-05-22

[22] https://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-biogas.php تاريخ الإطلاع 2022-02-06

الفصل الرابع

تحليل ومناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي

تمهيد:

أصبح الاتجاه السائد لمدن العالم هو تحويل النفايات و خاصة العضوية منها إلى مواد قابلة للاستعمال, و مصدر من مصادر الطاقة من أجل الحد من خطورتها و محاربة التلوث. و كما هو معروف أن من نتائج هذا التثمين في الوسط الهوائي هو الأسمدة التي تعد من الركائز الأساسية في عمليات التنمية الزراعية , حيث انعكس استعمالها بشكل مبهر على الإنتاج الفلاحي و شكلت عنصرا أساسيا في تحقيق النهضة الزراعية على مستوى العالم. و سيتم في هذا الفصل التعرف على تجارب عالمية نجحت في تطبيق هذه المبادئ من مختلف أنواع النفايات العضوية و مدى تأثيرها الإيجابي على محصول كل نبات.

IV-1- الدراسة المرجعية رقم (1):

مقالة علمية بعنوان:

«Anchois Fert : New Organic Fertilizer fish Processing waste for Sustainable Agriculture [1]»

تم إجراء الدراسة من أجل توضيح فائدة السماد العضوي الجديد (Anchois Fert) المنتج من مخلفات معالجة الأسماك من أجل تعزيز نمو البصل الأحمر (الزراعة المستدامة) – اسبانيا 2022– و الجدول التالي يلخص أهم النتائج :

الجدول (13): النتائج المتحصل عليها في الدراسة بعد إنتاج البقايا الصلبة " Anchois Fert".

المادة الأولية	- بقايا الأنشوجة المطحونة.								
مكونات Anchois Fert	-البروتينات –الكربون العضوي – الفلافونويد – المغنيزيوم – البوتاسيوم – الفوسفات – الكبريتات – خالية من المضادات الحيوية و الجينات المقاومة للمضادات الحيوية.								
الخصائص الفيزيوكيميائية الرئيسية لبقايا الأنشوجة بعد استخراج الزيت بالليمونيين.	TS(%)	VS(%)	C(%)	N(%)	C/N				
	20.1	66.7	40	12	3.3				
	Ca^{+2}(mg/g)	K^{+}(mg/g)	Mg^{+2}(mg/g)	SO_4^{-2}(mg/g)	PO_4^{-3}(mg/g)				
	35.2	5.5	6.7	16.2	5.6				
	الليمونيين (mg/g)	إجمالي محتوى الفينول (µgTAE/mg)	مجموع الفلافونويد (µgQE/mg)	التوصيل الكهربائي (µS /cm)	pH				
	0.14	8507	1868	5.945	6.27				
الخصائص الكيميائية والكيميائية الحيوية للتربة الغير مخصبة والمخصبة كيميائيا والمخصبة عضويا و بعد حصاد البصل.	C/N	OM(%)	N (%)	C (%)	FDA	DHA	EC	pH (kCl)	pH (H_2O)	السماد
	16	6.11[a]	0.22[b]	3.54[a]	17.6[c]	1.66[b]	436[a]	6.98[a]	8.06[a]	CTR
	16	5.54[b]	0.20[b]	3.21[b]	21.8[b]	2.08[a]	438[a]	6.99[a]	8.14[a]	NPK
	11	4.34[c]	0.23[b]	2.52[c]	16.9[c]	1.68[b]	391[b]	6.98[a]	7.97[a]	HM
	14	6.19[a]	0.26[a]	3.59[a]	32.6[a]	1.48[c]	357[c]	6.89[a]	8.19[a]	AF

ميزات البصل الأحمر المزروع لمدة 3 أشهر في CTR,NPK,HM,AF	AF	HM	NPK	CTR	المعامل
	136 ± 5^a	101 ± 4^b	82 ± 5^c	102 ± 2^b	وزن البصيلة(g)
	7 ± 1^a	4 ± 0.7^b	3 ± 1^b	4 ± 1^b	قطر البصيلة (cm)
	46 ± 2^a	42 ± 2^a	42 ± 2^a	46 ± 3^a	طول الورقة (cm)
	68 ± 2^a	63 ± 3^a	55 ± 3^b	64 ± 2^a	متوسط إرتفاع النبات (cm)

أ)- التحليل والمناقشة:

تم تمييز بقايا الأنشوجة الفيزيو كيميائية المتعلقة بالمعايير الرئيسية ذات الصلة بالزراعة, حيث لوحظ أن بقايا الأنشوجة المتبقية من الإستخلاص كانت حمضية بشكل معتدل (pH=6.27), لديها توصيل كهربائي ضعيف (9.54µS /cm), نسبة عالية من الكربون (40%), الذي يعتبر مصدر للطاقة التي هي سبب في تكاثر و زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة, و النيتروجين (12%) الذي هو مصدر هام لبناء بروتين خلايا الكائنات الدقيقة بالإضافة إلى كمية كبيرة من المغذيات المعدنية ذات القيمة العالية بوجودها مثل الكالسيوم (35.2%) الذي يقوم بتلحيم خلايا السيليلوز مع بعضها البعض كما يقوم بتكوين جدار لكل من الخلايا و الأوراق و الثمر. أما عن الكبريتات (16.2%) فهي تدخل في تركيب الزيوت الطيارة المسؤولة عن الطعم و الرائحة مع دخوله في نضج الثمار و تحول لونها, حيث تعد هذه الميزات أمرا واعدا في ضوء إستخدامه كسماد.

كما تم أيضا تحليل التربة المخصبة بال AF بعد حصاد البصل (3 أشهر) و مقارنتها مع كل من التربة الغير مخصبة و المخصبة كيميائيا و المخصبة عضويا, حيث تم تسجيل أعلى درجة حموضة ماء في تربة ال AF التي برهنت على تحسين ذلك السماد في بناء التربة و قوة مسكها للماء الذي يحسن من السعة التبادلية الكاتيونية للعناصر الغذائية, أقل درجة حموضة في ال KCl, أقل قيمة في التوصيل الكهربائي التي تفضل أن تكون ضعيفة, قيمة C/N جيدة تسمح بحدوث عملية تحلل أسرع و أفضل, إحتوائها على أعلى نسبة من ال N الذي يعتبر عامل أساسي في النمو الخضري, نسبة عالية من الكربون أي مصدر للطاقة للكائنات الدقيقة, كما بلغت المادة العضوية في التربة المخصبة بال AF أعلى قيمة التي تشير على جودة التربة و التي لها ارتباط مباشر بقدرة التربة على العمل كبالوعات للمغذيات و تعزيز النشاط البيولوجي الذي يؤثر على إمداد نمو الميكروبات مع إنتاج الإنزيمات. أما من جانب منتوج البصيلة فقد زاد وزنها ب 33% و قدرها ب 75% مما يبرهن على نضج سماد ال Anchios Fert.

ب)- الإستنتاج:

يتم توظيف سماد البقايا الصلبة "Anchois Fert "لتعزيز نمو البصل الأحمر مما تبين أنه متفوق إلى حد كبير على الأسمدة العضوية والأسمدة الكيميائية، فالسماد العضوي قادر عمليا على أن يحمل البصل الأحمر نسبة 33% من وزن البصيلة بأكملها و قطر أكبر بنسبة 75 مع 66% من إجمالي أعلى من الفينول و75%من إجمالي محتوى الفلافونويد، كما يمكن إستخدامه لتعزيز النمو الصحي لمجموعة متنوعة من المحاصيل لأنه غني بالبروتينات، الكربون العضوي، الفلافونويد، المغنيزيوم، البوتاسيوم، الفوسفات و الكبريتات و خالي من المضادات الحيوية و الجينات المقاومة للمضادات الحيوية.

IV-2- الدراسة المرجعية رقم (2):

مقالة علمية بعنوان:

«Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d Afriques subsaharienne : caractérisation des déchets urbains a Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières [2]»

تم إجراء الدراسة التالية من أجل تقييم جودة أنواع مختلفة من الأسمدة العضوية التي كانت نتيجة تثمين النفايات الحضرية لمدينة لوبومباشي – جنوب الصحراء (إفريقيا)2015 - و معرفة مدى تأثيرها على نمو المحاصيل الغذائية (نبات الذرة و الفاصولياء) و الجدول التالي يوضح أهم النتائج للأسمدة الناتجة :

الجدول(14):جودة الأسمدة العضوية الناتجة و مدى تأثيرها على نبات الذرة و الفاصولياء.

المعايير و نوع الأسمدة المعتمدة	المعايير							نوع الأسمدة							
	- الفيزيائية - الكيميائية. - الميكرو بيولوجية.							C_1-: مكب النفايات فقط. C_2-: مكب النفايات + القش . C_3-: مكب النفايات +القش+ روث الدجاج (فضلات).							
النتائج بعد التحليل و المقارنة مع المعايير القياسية	متوسط	C(%)	N(%)		P(%)		K(%)		C/N		تركيز المعادن الثقيلة				
	/	5.98	0.448		2.31		1.138		12.77 و13.61		طبيعية				
حجم الجسيمات المكونة من كل سماد (%)	متوسط	C_3	C_2		C_1		كسور								
	23.5	22.8	25.3		22.6		2_5 (mm)								
	74	70	74.8		77.2		< 2 (mm)								
تركيز العناصر الرئيسية لكل سماد	C/N	K(%)	P (%)		Mg (mg /Kg^{-1})		C (%)		Ca (mg /Kg^{-1})		N (%)				
	12.772	0.989	2.012		0.768		5.007		3.102		0.392	C_1			
	13.548	1.004	1.991		0.489		5.975		3.635		0.441	C_2			
	13.612	1.421	2.690		1.708		6.983		3.786		0.513	C_3			
	13.310	1.138	2.231		0.988		5.988		3.507		0.448	متوسط			
	15-20	0.4 -2,3	_		_		_		_		0.4 - 0,5	معيار FAO			
	<20	>1	_		_		_		_		> 0.25	معيار AFNOR			

إرتفاع نباتات الذرة و الفاصولياء في أيام مختلفة (cm)	54 يوم	30 يوم	15 يوم	المعالجات
	47.7 ± 1.8b	32.5 ± 2c	12.8 ± 1.6c	T_0
	72.8 ± 1.6a	44.8 ± 2.8b	18.8 ± 1.3ab	T_1
	69.2 ± 0.8a	40.5 ± 2.3b	13.9 ± 1.1c	T_2
	70.9 ± 3.5a	44 ± 2.1b	17.4 ± 2b	T3
	73.3 ± 6a	51.2 ± 2.5a	22.1 ± 3.5a	T_4

أ)- التحليل والمناقشة:

كشف تقييم جودة 3 أنواع من السماد عن وجود إتجاه مشابه بين محتويات عناصرهم الرئيسية, إلا أن الجمع بين مخلفات مدافن النفايات+ القش+ السماد(C_3) أعطت قيما أعلى مقارنة بمخلفات المدافن الأخرى(C_1,C_2) و الذي يعود السبب إلى وجود فضلات الدجاج في C_3 حيث كانت نسب محتويات مغذياته الأساسية تقع ضمن النطاق الذي حددته منظمة الأغذية و الزراعة(FAO) و معيار AFNOR.

تم الحصول في هذه الدراسة على قيم C/N تتراوح بين 12.7 و13.6 التي تشير على نضج السماد المستعمل, الحصول على محتوى أعلى من المغنيزيوم عند إستخدام C_3 و التي كانت أعلى بثلاث مرات من محتويات C_2 و مرتين من محتويات C_1 و الذي يلعب دور منبع الزيوت في النبات التي تكون سبب في تكوين اللون الأخضر و النمو الخضري مع النيتروجين و الحديد. أما عن جانب حجم النباتات الناتجة فقد كان الحجم الأكبر من خلال جلب القمامة من المكب العام+ القش+ السماد(C_3) أي أكثر كفاءة في حالة المعالجة بالمعاملة(T_4), فبعد 45 يوما فقط كان يتبع عدد أوراق النبات الترتيب المتزايد للمعاملات (73.3± 6a) و هذا كله يعود إلى جودة الركيزة التي كانت عامل أساسي في تحسين توافر مغذيات التربة.

ب)- الإستنتاج:

- نسب ال C/N التي تم الحصول عليها تراوحت بين 12و13.6مما تشير إلى نضج الأسمدة المعتمدة.
- إستجابة متوسط درجات السماد K(1.138%) ; C(5.988%) ; N(0.448%) ; P(2.31%) بشكل إيجابي للمعايير الدولية.
- تركيبة مكب النفايات +القش + السماد (C_3) تعطي نتائج مماثلة أو أفضل من تركيبة السماد الكيميائي (NPK).
- بالنسبة للمعادن الثقيلة, فإن التراكيز المسجلة طبيعية مقارنة بالمعايير القياسية.
- بلغت معدلات إنبات الذرة والفاصولياء نسبة100% باستخدام مختلف المعاملات.
- تم الحصول على أكبر حجم للنباتات في حالة إستخدام معالجةT_4 (تربة+ C_3).
- تم الحصول على أصغر حجم للنباتات في حالة إستخدام معالجة T_0 (تربة لوحدها).

IV-3- الدراسة المرجعية رقم (3):

مقالة علمية بعنوان:

«Preparation and efficacy evaluation of Paenibacillus Polymyxa KM2501-1 microbial organist root-Knot nematodes [3] »

تم إجراء الدراسة التالية من أجل تقييم فاعلية السماد العضوي الميكروبي KM2501-1المكون من الخلط الكامل لسماد الدجاج العضوي مع معلق التخمير P-Polymyxa-KM2501-1 في السيطرة على نيماتودا تعقد الجذور(RKN_s) في التجارب الحقلية و الوعائية. والتي تسبب خسائر فادحة في الغلال للمحاصيل الزراعية - 2022 - و الجدول التالي يوضح اسس استخدام السماد :

الجدول(15): فاعلية سماد الـ KM2501-1 في القضاء على نيماتودا (RKN_S) في التجارب الحقلية و الوعائية.

المادة الأولية	Paenibacillus Polymyxa KM2501-1		
المبدأ	تحويل روث الدجاج إلى سماد عضوي بواسطة يرقات ال Hermetia illucens L و Bacillus subtilis BSF-CL. - خلط السماد العضوي لسماد الدجاج مع النبات الشائع بتركيز قدره $1.5*10^8$CFU g^{-1}		
طرق إستخدام السماد و نتائجه KM2501-1	– في التجارب الحقلية تم إستخدامه كمخبر بجرعة $1g/m^2$ حيث تم قمع مرض عقدة الجذور بنسبة 49,97 % و تم التحليل من صغار ال RKN في التربة بنسبة 88.68 % -في التجارب الوعائية تم إستخدامه كسماد أساسي و كمخبر بجرعة 40g/Pot حيث تم القضاء على مرض عقدة الجذور بنسبة 61.76% و 69.05% على التوالي		
توصيف السماد العضوي KM2501-1	- بعد 13 يوم من التحويل تم حصد : – 62.3 Kgمن الكتلة الحيوية لليرقات الطازجة . - تهوية المخلفات لمدة 3 أيام و تحويلها إلى 130Kg من سماد الدجاج العضوي. - معدل تحويل سماد اليرقات من 12.06 و 39.47 على التوالي . - إضافة معلق التخمير P-polymyxaKM2501-1 إلى سماد الدجاج العضوي بنسبة (W/W) 10. - تحضير ما يقارب 140Kg من السماد العضوي الميكروبي KM2501-1عن طريق الخلط الكامل لسماد الدجاج ومعلق التخمير الذي كان تركيزه في KM2501-1 هو 1.5 X10^8 CFU/g - هنا البيانات تظهر أن المتوسط (n=3) ±SE .		
محتوى الماء و مؤشر الإنبات لسماد الدجاج العضوي و الميكروبي KM2501-1	**KMOF**	**CMOF**	**معامل**
	29.80 ± 0.10	26.31 ± 0.23	**محتوى الماء(%)**
	62.3 ± 2.1	58.6 ± 1.2	**مؤشر الإنبعاث (%)**

العوامل / التجارب	طريقة إستخدامه	قيم الجرعات			تقليل مرض ا ل (RKN) (%)			تأثير الأسمدة العضوية الحيوية	
تجربة الوعاء	سماد أساسي (g/pot)	10	20	40	35.29	52.94	61.76	P=0.59	فاعلية ال KM2501-1 ضد نيما تودا تعقد الجذور في تجارب الأصيص و تجارب الحقل
	مخبر (g/m^2)	10	20	40	30.95	54.76	69.05	P= 0.932	
تجربة الحقل	مخبر (g/m^2)	0.25	0.55	1	15.34	29.08	49.97	-	
النتيجة	- في تجارب الوعاء: إستخدم السماد العضوي KM2501-1 : - كسماد أساسي : انخفض المرض بنسب : 35.29% و 52.94% و 61.76% بجرعات 10 و20 و40 g/pot على التوالي. - كمخبر: انخفض المرض بنسب : 30.95% و54.76% و69.05% بجرعات20 و10 و 40g/pot. على التوالي. - في تجارب الحقل :إستخدم السماد العضوي KM2501-1: - كمخبر : تقليل نسب المرض ب: 15.34% و 29.08% و 97.49% على التوالي بجرعات0.25 و 0.5 و 1Kg.m² على التوالي . - بجرعة 1Kg.m² كان للسماد العضوي الميكروبيKM2501-1 التأثير الأكبر على نمو نبات الطماطم حيث: - زيادة الوزن الرطب فوق سطح الارض : 46.76%. - إرتفاع النبات : 19.07%- سمك ساق النبات: 12.43%.								

أ)- التحليل والمناقشة:

في هذه الدراسة تم تحضير سماد عضوي ميكروبي KM2501-1 للتحكم في نيماتودا تعقد الجذور (RKN_s). كان المحتوى المائي للأسمدة العضوية الميكروبية (29.8%) وفي السماد العضوي لسماد الدجاج (26.31%) أي أقل بنسبة 30% و هذا ما كان متطابقا لمتطلبات المعيار الوطني الصيني للأسمدة العضوية. ثم تم إجراء مزيد من التقييم حول سماد الKM2501-1 على نشاطه ضد ال RKN_s في التجارب الحقلية و الوعائية, حيث أظهرت أن هذا السماد كان فعالا للغاية ضد ال RKN_s في كل من التجارب الحقلية والوعائية لأنه قد عزز في نمو الطماطم مقارنة مع السماد العضوي الحيوي التجاري عندما إستخدم في كل من الحقول و الأواني. فمن هذه النتائج قد إستخلص أن سلالة هذا الميكروب KM2501-1 تنتج كميات كبيرة من المركبات العضوية المتطايرة المبيدة للنيماتودا.

ب)الإستنتاج:

إنطلاقا من النتائج المتحصل عليها لوحظ أن السماد العضوي الميكروبي KM2501-1 مهما تكن جرعات تطبيقه فهو يمارس نشاطا جيدا ضد نيماتودا تعقد الجذور(RKN_s) في كلتا التجربتين , عكس السماد العضوي التجاري الذي لم يكن له تأثير إيجابي في نيماتودا ال RKN_s .

IV-4- الدراسة المرجعية رقم (4):

مقالة علمية بعنوان:

«Microbial community dynamics during composting of animal manures contaminated with arsenic, copper, and oxytetracycline [4] »

تم إجراء الدراسة التالية من أجل تقييم الوظيفة وفعالية عملية التسميد على بنية المجتمع البكتيري و ذلك بإيجاد طرق تعمل على تحسين كفاءة عملية التسميد في وجود المعادن الثقيلة و الفلزات و المضادات الحيوية مع تقلل تراكيز هذه الأخيرة في السماد التي لها نشاط مضاد للجراثيم. أما عن المعادن و الفلزات فهما يقيدان نمو و تنوع المجتمعات الميكروبية أثناء أسمدة الروث - 2021 - و الجدول التالي يوضح فاعلية عملية التسميد :

الجدول (16): وظيفة وفعالية عملية التسميد على بنية المجتمع البكتيري وذلك في وجود المعادن الثقيلة و الفلزات و المضادات الحيوية.

<table>
<tr><td>مواد التسميد</td><td colspan="8">– روث الأبقار Cow
- روث الخنازير Pig</td></tr>
<tr><td rowspan="3">الخواص الفيزيائية و الكيميائية المختارة لمواد التسميد</td><td>Manure</td><td>Ec (DS m^{-1})</td><td>pH</td><td>TOM (%)</td><td>TN (%)</td><td>TCu (mg Kg^{-1})</td><td>TAs (mg Kg^{-1})</td><td>OTC (mg Kg^{-1})</td></tr>
<tr><td>Cow</td><td>2.44</td><td>9.04</td><td>38.58</td><td>0.72</td><td>19.82</td><td>1.8</td><td>0.077</td></tr>
<tr><td>Pig</td><td>0.74</td><td>8.68</td><td>47.65</td><td>3.58</td><td>140.81</td><td>0.75</td><td>0.253</td></tr>
<tr><td rowspan="11">تصميم تجربة سماد البقر و الخنازير</td><td colspan="2">العلاج</td><td>Manure (Kg)</td><td>OTC (mg Kg^{-1})</td><td colspan="2">Na_3AsO_4. $12H_2O$ (mg Kg^{-1})</td><td>$CuSo_4$. $5H_2O$ (mg Kg^{-1})</td></tr>
<tr><td colspan="7">روث البقر</td></tr>
<tr><td colspan="2">Control (CC)</td><td>40</td><td>0</td><td colspan="2">0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oxytetracycline (CO)</td><td>40</td><td>160</td><td colspan="2">0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Heavy metals (CH)</td><td>40</td><td>0</td><td colspan="2">112.5</td><td>662.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">OTC with CH (COH)</td><td>40</td><td>160</td><td colspan="2">112.5</td><td>662.5</td></tr>
<tr><td colspan="7">روث الخنزير</td></tr>
<tr><td colspan="2">Control (PC)</td><td>40</td><td>0</td><td colspan="2">0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oxytetracycline (PO)</td><td>40</td><td>160</td><td colspan="2">0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="2">Heavy metals (pH)</td><td>40</td><td>0</td><td colspan="2">112.5</td><td>662.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">OTC with pH (pOH)</td><td>40</td><td>160</td><td colspan="2">112.5</td><td>662.5</td></tr>
<tr><td>التغيرات في الخصائص الفيزيائية و الكيميائية أثناء التسميد</td><td colspan="8">– في روث البقر كانت قيم الـ Ecهي الأعلى في معاملة الـ CH تليها معاملات الـCO وCOH.
- في روث الخنازير كانت القيم الأعلى في معالجة pH وpOH والأدنى في معاملة PC وPO.
- كان الرقم الهيدروجيني في روث البقر أعلى منه في روث الخنازير.
- إنخفضت قيم الأس الهيدروجيني بمرور الوقت بسبب تكوين الحمض.
– كانت تركيزاتTOM أدنى في علاجات الـ COH وpOH و تركيزاتTN أعلى في معاملات الـ CO وPO وCOH وpOH.</td></tr>
</table>

التوافر Cu و As البيولوجي أثناء عملية التسميد	- زيادة كل من TAS وTCU في سماد الخنازير و الأبقار بمرور الوقت. - كانت أعلى التركيزات ال TCU وTAS في روث الخنازير في علاجات الـpH وpOH. - كان التركيز TCUفي روث البقر أعلى بكثير منه في روث الخنازير بينما تركيز الـ TAS لا توجد فروق له في أي من روث البقر أو الخنازير. - إنخفاض الكسور المتاحة حيويا لكل من الـ Cu وAs أثناء عملية التسميد.
تدهور الـ OTC أثناء عملية التسميد	- كان معدل تحلل OTC أكبر من 90% و 83% في OTC بالمعادن الثقيلة والمعالجة الفلزية للخنازير و الأبقار على التوالي. -كانت معدلات تحلل OTC في معالجاتpH وCH أسرع من تلك الموجودة في معالجات التحكم ذات الصلة مما يؤكد التأثير الإيجابي للمعادن الثقيلة و الفلزات (Cu As) على تحلل الـ OTC. - ثوابت معدل التحلل 0.068 و0.058 يوم$^{-1}$ في معاملات الـ POH و COH على التوالي. - قيم نصف العمر ($t_{1/2}$) لـ OTC في علاجات pOH وCOH هو10.2 و13.3 يوما على التوالي.

أ) التحليل والمناقشة:

تم دراسة تأثيرات كل من ثقيل المعادن(Cu) و الفلزات (As) و المضاد الحيوي (OTC) على بنية المجتمع البكتيري و تنوعه أثناء إستخدام كل من سماد البقر و الخنزير. حيث لوحظ إنخفاض في قيم الأس الهيدروجيني الذي يعتبر المتغير الأساسي للتحكم في التفاعلات الأيونية. كما لوحظ إنخفاض كل من TN و TOM أثناء الحضانة بسبب عملية التمعدن. كما إستخلص في جانب الكسور المتاحة حيويا من المعادن الثقيلة و الفلزات أنها هي الأشكال التي تؤثر بشكل كبير على النباتات و البيئة و ما يتم خفضها إلا في المرحلة المحبة للحرارة في عملية التسميد. فوفقا لمؤشرات تنوع ألفا, كان العلاج المركب من OTC مع المعادن الثقيلة و الفلزات في روث الخنازير أقل ضررا للتنوع الميكروبي من مجموعات التحكم الأخرى.

ب) الإستنتاج:

- التسميد هي العملية التي تؤثر بشكل فعال على السماد الحيواني و بالأخص يكون تأثيرها حول حركة و توفر كل من المعادن الثقيلة و الفلزات, فتجدر الإشارة إلى أن التركيز الكلي للمعادن و أشباه الفلزات يزداد بعد إنتهاء عملية التسميد.
- عملية التسميد كان لها تأثير معنوي على الخصائص الفيزيائية و الكيميائية وعلى تثبيت كل من المعادن الثقيلة (Cu) و الفلزات (As) و تدهور الـ (OTC).
- الكسور المتاحة حيويا من المعادن الثقيلة و الفلزات هي الأشكال التي تؤثر بشكل كبير على النباتات و البيئة بصفة عامة.
- من بين العوامل البيئية لوحظت أن درجة الحرارة هي التي تتحكم في النشاط البكتيري وبنيته.
- تم تجميع مجتمع بكتيري معقد في معاملات روث الأبقار و الخنازير معا.

IV-5- الدراسة المرجعية رقم (5):

مقالة علمية بعنوان:

«Synthesis and pot trial of organic fertilizer from solid waste [5]»

تم إجراء الدراسة التالية من أجل معرفة صيغة السماد و قيمة الجرعة المثلى التي تنتج أعلى كتلة حيوية و ذلك باستخدام المواد الطبيعية الغير مستغلة التي معظمها ما تكون ذات مغذيات عالية (النيتروجين , الفوسفور, الكالسيوم...) أما عن مصدرها فيكون من النفايات الصلبة (القرون, روث الدواجن, السماد, ريش الدجاج) -2022- و الجدول التالي يوضح أهم خصائص الأسمدة:

الجدول(17): تركيبة الأسمدة العضوية المنتجة لأعلى كتلة حيوية للشعير مقارنة بالأسمدة الاصطناعية.

المواد و الأساليب المستخدمة	المواد	الأساليب المستخدمة لإنتاج السماد	
	- نبات Cocopeant	- نقعه في الماء لمدة يوم ثم تجفيف قبل إستخدامه.	
	- قرون الدواجن	- تسخينه على 200c° لمدة ساعتين ثم طحنه لإنتاج مسحوق القرن .	
	- روث الدواجن	- تجفيفه ثم سحقه.	
	- ريش الدجاج	- تسخينه تحت درجة 150c° لمدة ساعة ثم تجفيفه و طحنه.	
	- الأوراق المتساقطة في الشوارع	- تحويلهم إلى سماد بإستخدام نظام النوافذ لمدة 40 يوم.	
صياغة وسائل الزراعة و تحديد الهوية في التجربتين	إسم العينة (ID)	حجم نبات الـ Cocopeat(L)	التغذية المضافة (الحجم والوزن)
	التجربة-01-(29 يوم)		
	المراقبة	2.0	التغذية المضافة
	سماد25%	1.5	(0.5L) سماد
	سماد 50%	1.0	(1L) سماد
	H+P(1.7g)	2.0	القرن (0.85g) وروث الدواجن(0.85g)
	H+P(3.4g)	2.0	القرن (1.7g)وروث الدواجن (1.7g)
	H+P(6.8g)	2.0	- القرن (3.4 g)وروث الدواجن (3.4g)
	التجربة-02- (28يوم)		
	مراقبة	2.0	التغذية المضافة
	طير	2.0	روث الدواجن(1.7g)
	بوق	2.0	القرن (1.7g)
	H+P	2.0	القرن(0.85g)وروث الدواجن (0.85g)

	H+C	2.0	القرن (0.85g)والسماد (0.85g)		
	سماد	2.0	السماد (1.7g)		
	ريشة	2.0	الريش (1.7g)		
	NPK	2.0	NPK (1.7g)		
البيانات التجريبية للوعاء لعدد الشتلات و وزن الحصاد	التجربة (1)			التجربة (2)	
	وزن الحصاد(g)	عدد الشتلات	ID	وزن الحصاد(g)	عدد الشتلات	ID
	3.13	42	المراقبة	7.98	43	المراقبة
	8.29	46	سماد 25%	8.46	46	دواجن
	6.86	48	سماد50%	6.45	39	سماد
	9.83	44	1.7g H+P	7.05	38	ريشة
	12.5	44	3.4g H+P	10.39	49	بوق
	17.53	46	6.8g H+P	8.61	43	H+P
	-	-	-	7.84	46	H+C
	-	-	-	12.63	43	NPK

أ) التحليل والمناقشة:

كان هدف هذه الدراسة هو معرفة صيغة السماد العضوي و قيمة جرعته المثلى التي تكون السبب الرئيسي في إنتاج أعلى كتلة حيوية لنبتة الشعير ومقارنته مع الـ NPK, حيث لوحظ أن النباتات المنتجة من الأسمدة العضوية المضافة أكثر من النباتات المنتجة من الأسمدة الحيوية في وقت الحصاد و هي أقل بقليل من المجموعة الضابطة. أما عن عدد الشتلات فلا يكون لتباين المغذيات تأثير كبير على عكس وزن الكتلة الحيوية الذي يزيد بأكثر من الضعف. أما في جانب مقارنته مع أداء الـ NPK التجاري يمكن التغلب عليه بخليط القرن و الدواجن و بجرعات تفوق عليه بأربع مرات. و هذا ما جعله أكثر طلبا من الأسمدة الاصطناعية.

ب) الإستنتاج:

- تركيبة الأسمدة التي تستخدم القرون و الدواجن هي أفضل سماد يمكنه إنتاج أعلى كتلة حيوية.
- كلما تم إضافة العناصر الغذائية بكمية أكثر, كان نمو الكتلة الحيوية أفضل (وزنها يزيد بأكثر من الضعف بأعلى إضافة مغذية (6.8gH+P)).

إنطلاقا من التجربتين توصلنا إلى أن أداء الـNPK (السماد الصناعي) يمكن التغلب عليه بإجراء خليط وهذا ما يثبت بأن الأسمدة العضوية (6.8gH+P)من القرون و روث الدواجن بجرعة تفوق أربع مرات مطلوبة أكثر من الأسمدة الاصطناعية.

IV-6- الدراسة المرجعية رقم (6):

مقالة علمية بعنوان:

«Valorisation des boues de traitement des eaux usées D'une unité laitière par compostage aérobie [6]»

تم إجراء الدراسة التالية من أجل معرفة مبادئ و نتائج طريقة التسميد الهوائي للحماة الثانوية المتولدة من معالجة المياه العادمة من وحدة الألبان و المختلطة بالمخلفات الزراعية المنتجة و طرق تثمينها في منطقة الجديدة – المغرب2021 – و الجدول التالي يوضح أهم النتائج :

الجدول (18): النتائج النهائية الخاصة بالسماد الناتج من الحمأة الثانوية للمياه العادمة لوحدة الألبان.

<table>
<tr><td>المبدأ</td><td colspan="4">- تحويل الحمأة إلى سماد بإستخدام مخلفات زراعية (أوراق الشجر- بنجر السكر..)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">الخصائص المكروبيولوجية للحمأة الأولية و السماد.</td><td>السماد</td><td>الطين الأولي</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>10</td><td>12</td><td colspan="2">- إجمالي النباتات الهوائية متوسطة الحجم (Log10/g MS)</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1.03</td><td colspan="2">- القولونيات البرازية (Log10/g MS)</td></tr>
<tr><td>0</td><td>0.87</td><td colspan="2">- العقديات البرازية (Log10/g MS)</td></tr>
<tr><td><1</td><td>69</td><td colspan="2">- بيض الديدان الطفيلية (Nombre/g MS)</td></tr>
<tr><td>الظروف المثلى لعملية التسميد</td><td colspan="4">- عمل السماد في مفاعل حيوي أسطواني و أفقي بحجم 4 m^3و سعة تعبئة أولية بنسبة 75%.
- المفاعل الحيوي مجهز بنظام تحكم في تدفق الهواء (تهوية) وماء(رطوبة) و دورة تحول السماد.
- برمجة التهوية بالتناوب بمعدل 4 مرات في اليوم (كل 6 ساعات) لمدة 5 دقائق في كل مرة.
- نسبة ال C/N : أقل من 30%- الرطوبة تكون بين 40 و 50 بالمئة.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">الخصائص الفيزيوكيميائية للسماد النهائي</td><td>السماد النهائي</td><td>عناصر ماكرو(%ms)</td><td>السماد النهائي</td><td>الإعدادات</td></tr>
<tr><td>3.36</td><td>N</td><td>7.32</td><td>PH</td></tr>
<tr><td>3.00</td><td>P_2O_5</td><td>2.73</td><td>الناقلية الكهربائية (ms/cm)</td></tr>
<tr><td>1.63</td><td>K_2O</td><td>52.28</td><td>المادة الجافة %</td></tr>
<tr><td>6.79</td><td>CaO</td><td>25.68</td><td>كربون عضوي (%MS)</td></tr>
<tr><td>3.01</td><td>MgO</td><td rowspan="3">7.63</td><td rowspan="3">C/N</td></tr>
<tr><td>4.06</td><td>Na_2O</td></tr>
<tr><td>2.57</td><td>Cl</td></tr>
<tr><td>النتيجة</td><td colspan="4">- نسبة ال C/N تقل عن 12 % و التي تشير إلى جودة السماد النهائي.
- بتطبيق مبادئ هذه الدراسة تم الحصول على محصولا من السماد بنسبة50% بعد شهر واحد فقط.
- يمكن إستخدام السماد الناتج كمعدن للتربة و كتعديل عضوي لها.
- السماد النهائي عالي التمعدن الذي يزيد من تركيز الملح و بالتالي عالي للتوصيل الكهربائي.
– وجود نسبة عالية من المواد العضوية و عناصر التسميد NPK.
- تعقيم الحمأة المرفوضة أي القضاء التام على الجراثيم الملوثة بالبراز و بيض الديدان الطفيلية.</td></tr>
</table>

أ) التحليل والمناقشة:

إعتمدت هذه الدراسة على معرفة نتائج التسميد الهوائي للحمأة الثانوية المتولدة من معالجة المياه العادمة من وحدة الألبان فكانت ميزات السماد الناتج أنه ذو قيمة أس هيدروجيني نموذجية حول إدراجه كسماد ناضج, نسبة الـ C/N أقل من 12مما تشهد على الجودة الجيدة له مما يؤدي هذا التمعدن إلى زيادة تركيز الملح أي إرتفاع الموصلية الكهربائية لهذا السماد, ومن جهة أخرى تم تسجيل نسبة لا بأس بها بالنسبة للكربون العضوي الذي يعتبر مصدر للطاقة التي هي سبب في تكاثر وزيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة كما إستخلص أنه يحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية وعناصر التسميد (NPK) مما يؤدي إلى إمكانية إستخدام هذا النوع من السماد في الزراعة لتصحيح نقص التربة منهم. فانطلاقا من السماد النهائي المتحصل عليه, يبدو أنه ضمن المعايير التي تتعلق بالقيم الحدية ل ETM في السماد الزراعي والذي يشهد على دور عملية التسميد الهوائي .

ب) الإستنتاج:

يمكن الإعتماد على العملية المستخدمة في هذه الدراسة في سلسلة معالجة متكاملة للتصريفات السائلة و النفايات الصلبة الناتجة عن صناعة الأغذية و كذلك النفايات الزراعية المختلفة بدون وجود مخاطر تؤثر على البيئة أو على صحة الإنسان.

IV-7- الدراسة المرجعية رقم (7):

مقالة علمية بعنوان:

«Bacterium consortium drives compost stability and degradation of organic contaminants in-vessel composting process of the mechanically separated organic fraction of municipal solid waste (MS-OFMSW) [7]»

تم إجراء الدراسة التالية من أجل تسليط الضوء على إستقرار السماد و تدهور الملوثات العضوية في عملية التسميد داخل الوعاء للجزء العضوي المنفصل ميكانيكيا من النفايات الصلبة البلدية (MS -OFMSW) في نظام هضم هوائي و مغلق و محب للحرارة مع الإستعانة بنشارة الخشب لتقييم مدى التأثيرات على إستقرار السماد العضوي و تدهور الملوثات العضوية – ايرلندا 2021– و الجدول التالي يوضح فعالية المعاملات :

الجدول (19): أهمية معاملات التسميد الجدول(C/N) و الهيدروكربونات العطرية والجذور في طريقة التسميد داخل الوعاء.

الهدف من الدراسة	- ربط أهمية معاملات التسميد مثل (C/N)و تردد دوران المواد نحو تحقيق إستقرار السماد. - فحص مخزون العلف من الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات و الجذور ومراقبة تدهورها أثناء عملية التسميد.
المواد الأولية	- المادة التي تم إنتاجها في الموقع من عملية التسميد (كبيرة الحجم). - نشارة الخشب الناتجة عن معالجة نفايات الخشب.
مبدأ إختيار نشارة الخشب	- موازنة نسبة النفثالينات الضعيفة التي قدمها سماد ال MS-OFMSW .
وصف طريقة التسميد في الوعاء	- تحويل المادة إلى سماد في نظام هضم هوائي محب للحرارة و مغلق. - إستخدام التهوية القسرية للحفاظ على درجات حرارة التسميد من50الى 55 درجة مئوية. - بعد تحويل المادة إلى سماد في نظام الوعاء تمر بمرحلة النضج .

أ) التحليل والمناقشة:

في هذه الدراسة تم تسليط الضوء على استقرار السماد وتدهور الملوثات العضوية في عملية التسميد داخل الوعاء للجزء العضوي المنفصل ميكانيكيا من النفايات البلدية (MS-OFMSW) في نظام هضم هوائي .فقد إستخلص بعد إضافة نشارة الخشب التي تعتبر كعامل تكتل وزيادة لوتيرة الدوران في عملية المقياس التجريبية, إلى تقليل الوقت اللازم لاستقرار السماد حيث بمجرد إضافة النشارة إلى المواد الأولية فتؤدي إلى تحفيز النشاط الميكروبي مع تعزيز تدهور الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات والفثالات قصيرة السلسلة بينما لم يكن لتكرار الدوران أي تأثير. أما بالنسبة لقيمة كل من الأس الهيدروجيني وقيمة C/N ومحتوى الرطوبة فقد شهدت ثباتا متشابها في جميع حضانات التسميد.

وفي الأخير يمكن الإستخلاص أن ما يحدد إستقرار الكومبست هو فعالية عميلة التسميد وذلك بتعاقب البكتيريا بشكل أسرع إنطلاقا من نشارة الخشب.

ب) الإستنتاج:

- لوحظ إستقرار السماد وإستنفاذ الملامح البكتيرية بعد إضافة نشارة الخشب كعامل منتفخ مع زيادة وتيرة دوران المواد.
- تدهور الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات عند إستخدام نشارة الخشب.
- أدى إستخدام نشارة الخشب إلى تقليل الوقت اللازم لإستقرار السماد.
- النشاط البيولوجي هو المسؤول عن تدهور الملوثات العضوية أثناء نشر الجزء العضوي المفصول ميكانيكيا من النفايات الصلبة البلدية (MS-OFMS).

IV-8- الدراسة المرجعية رقم(8):

مقالة علمية بعنوان:

«Reducing odour emissions from faces aerobic composting: additives [8]»

تعتبر عملية التسميد الهوائي تقنية موثوقة لتحويل الروث إلى سماد و التي أصبح يعتمد عليها بكثرة في الآونة الأخيرة. ففي هذه الدراسة تم تقديم مجموعة من الإستراتيجيات المتاحة للحد من إنبعاثات الرائحة من البراز للتسميد الهوائي و ذلك بالإعتماد على مجموعة من الإضافات – الصين2021 – و الجدول التالي يوضح أهم النتائج :

الجدول (20): النتائج المتحصل عليها عند إضافة كل عامل لمصفوفة السماد للحد من الروائح.

فوائد تسميد البراز	- تحسين خصوبة التربة. - تجنب إنتشار البكتيريا و الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض. - توفير المواد الغذائية للمحاصيل الزراعية. - تقليل مخاطر الأعشاب الضارة.
شروط التسميد	يجب أن تتوفر العوامل الأساسية في النطاق المناسب وهي: - توفير ال O_2 -درجة الحموضة - درجة الحرارة - الرقم الهيدروجيني
الغازات المنبعثة من التسميد	–الغازات التي تحتوي على النيتروجين (NH_3) و أكسيد النيتروز (NO_2). - الغازات التي تحتوي على مركبات الكبريت (VSC_S)
المضافات المستخدمة في معالجة روائح التسميد	النتائج الإيجابية
عند إضافة عامل التكتل	إستخدام سبقاك الذرة كعامل سماد مما أدى إلى: - إنخفاض نسبة ال TN من 24.9% الى 45.8% من السماد العضوي. - تزيد من قيمة الأس الهيدروجيني و تهوية الركيزة مما يؤدي إلى تحويل المادة العضوية. - تقليل إجمالي إنبعاثات الNH_3 بنسبة 30.5%. - تقليل إنبعاثات ال VSC_S بنسبة 70% - تقلل من كمية الNH_3 / NH_4^+
عند إضافة عوامل كيميائية	- تم إستخدام ال $FeCl_3$ لإزالة ال NH_3 من مياه الصرف الصحي. - تقليل إنبعاث الNH_3 بنسبة 38%. –إستخدام ملح الحديد للتحكم في VSC_S. –تقليل إنبعاث الVSC_S بنسبة 33%.

عند إضافة الممتزات	كمثال على ذللك لدينا ال Bio char مما يؤدي إلى: – تقليل تركيز الNH_4 وتقليل تطاير الNH_3 بحوالي 64%. - تقليل فقد النيتروجين بنسبة 52% و زيادة تركيز الNO_3 . - يعزز على الإمتصاص الجيد ل NH_3. – يقلل من إنبعاثات الVSC_s بنسبة 71%. - يعزز نمو الكائنات الدقيقة الأزوتية.
عند إضافة العوامل الجرثومية	- أخذ T.thioparus كمثال من العوامل الجرثومية - خفض الإنبعاثات التراكمية لـ H_2S وMe_2S و MeSH. - فقدان الـ TN ب 21.86%.

أ) التحليل والمناقشة:

تمت هذه الدراسة من أجل إيجاد طرق تقلل من إنبعاثات الروائح من سماد الروث التي تعتبر من سلبيات تقنية التسميد الهوائي. فيمكن لعامل السماد أن يعزز بشكل فعال عملية التسميد بتقليل من إنبعاثات الروائح وذلك بإضافته التي يجب أن تكون محددة بالعديد من العوامل مثل محتوى الرطوبة ونسبة C/N, حيث إستخلص أنه بإضافة الممتزات و العوامل الكيميائية تم تقليل تلك الإنبعاثات بشكل ملحوظ وذلك إنطلاقا من تقليل تطاير الNH_3 و الVSC_s, زيادة نمو الكائنات الدقيقة الآزوتية , تقليل فقد النيتروجين..., أما بالنسبة لمصانع التسميد فقد لوحظ أن هذه المواد المضافة ليست فعالة من حيث التكلفة بما فيه الكفاية. علاوة على ذلك فإن آلية الممتزات لتعزيز تحويل النيتروجين غير واضحة وآلية العوامل الميكروبية معقدة .

ب) الإستنتاج:

- يمكن للسماد أن يعزز بشكل فعال عملية التسميد و يقلل من إنبعاثات الروائح.
- يجب أن تكون كمية الإضافة لتلك العوامل (محتوى الرطوبة, نسبة الC/N) محدودة للغاية.
- تساعد إضافة العوامل الكيميائية و الممتزات على تقليل إنبعاثات الروائح أثناء تحويل الروث إلى سماد.
- تعتبر هذه المواد المضافة ليست فعالة من حيث التكلفة بما فيه الكفاية.

IV-9- الدراسة المرجعية رقم (9):

مقالة علمية بعنوان:

«Effect of Co-applied corn cob biochar with farmyard manure and NPK fertilizer on tropical soil [9] »

التربة الإستوائية المتدهورة لديها نسبة منخفضة من الكربون العضوي المتاح, النيتروجين, الفوسفور و درجة حموضة التربة. ولضمان إنتاجية محاصيل جيدة سلط الضوء على مدى تأثيرات التطبيق المشترك للفحم النباتي مع سماد المزارع في زيادة مؤشرات جودة تربتها (المناطق الإستوائية) وال NPK -أوغندا 2021– والجدول التالي يلخص أهم النتائج:

الجدول(21): نتائج التطبيق المشترك للفحم النباتي مع سماد المزارع و ال NPK في زيادة جودة التربة الإستوائية.

	الحدود	التربة التجريبية	كوز الذرة Biochar	سماد المزرعة
الخواص الكيميائية للتربة التجريبية وروث المزرعة و الفحم الحيوي	pH – H_2O	5.8	7.5	6.12
	الكربون العضوي الكلي (%)	0.93	73	65.2
	النيتروجين الكلي (%)	0.31	0.75	1.50
	الفوسفور المتاح (mg/g)	6.21	6.57	7.13
	البوتاسيوم (Cmol/kg)	0.43	7.3	4.36
	التبادل الفعال للكاتيون	4.32	1.7	0.98
	محتوى الرطوبة (%)	-	14.85	-
	المواد المتطايرة (%)	-	14.23	-
	نسبة الرماد (%)	-	50.04	-
	الكربون المثبت (%)	-	20.59	-

	علاج	طول الثمرة (cm)	الوزن الطازج للفاكهة (g)	محصول الفاكهة (Kg / plant)
التأثير المشترك للفحم النباتي مع السماد الطبيعي و NPK على محصول الخيار	مراقبة	13.84a	106.15d	0.88d
	Biochar	14.94a	137.22cd	1.62c
	السماد	14.78a	145.50bcd	1.73bc
	NPK	15.21a	157.73abc	1.90abc
	Biochar – سماد	15.21a	183.44ab	2.21ab
	Biochar – NPK	15.52a	189.85a	2.31a

	البوتاسيوم	النيتروجين	الفوسفور	علاج
تأثير الفحم النباتي و روث المزارع و تطبيقات ال NPK على نسبة المادة الجافة من إجمالي K و P و N في ثمار الخيار بعد الحصاد.	1.12d	1.57d	0.22e	
	1.55ab	1.91b	0.32c	Biochar
	1.44cd	2.11c	0.27d	السماد
	1.60bc	2.23bc	0.28d	NPK
	1.91ab	2.51a	0.36b	Biochar – سماد
	2.15a	2.91a	0.39a	Biochar – NPK

أ) التحليل والمناقشة:

في هذه الدراسة تم تسليط الضوء على التربة الإستوائية التي لطالما ما تكون ذات نسبة منخفضة من الكربون العضوي, النيتروجين, الفوسفور و حموضة التربة ولضمان إنتاجية محاصيل جيدة تم تطبيق مشترك لكل من الفحم النباتي مع سماد المزارع وال NPK. فقد كانت نتائج التطبيق المشترك للفحم النباتي مع سماد المزارع وال NPK زيادة معتبرة من مؤشرات جودة التربة كحموضتها والعناصر العضوية لها (الكربون , الفوسفور , النيتروجين) , أما في حالة التطبيق المشترك للفحم الحيوي مع الـ NPK زاد من نسب الفوسفور والنيتروجين اللذان يعتبران عاملان أساسيان في إمتصاص الغذاء في الجذور والنمو الخضري للنبات. وبالتالي فقد كان هذا التطبيق المشترك فعال لدرجة كبيرة حول التربة الإستوائية وما ينتج منها.

ب) الإستنتاج:

- التطبيق المشترك للفحم النباتي مع سماد المزارع و NPK زاد من مؤشرات جودة التربة الإستوائية مثل درجة حموضة التربة, العضوية الكلية, الكربون, الفوسفور.
- أظهرت نتائج التطبيق المشترك للفحم الحيوي مع ال NPK الغير عضوي على نسب عالية من الفوسفور و النيتروجين و محصول الخيار في التربة مقارنة بالتطبيق المشترك للفحم الحيوي مع روث المزارع.
- كان محصول الخيار و محتوى المغذيات(K,P,N) أعلى بكثير في حالة التطبيق المشترك للbiochar و روث المزارع و NPK مقارنة بالإستخدام الوحيد للbiochar و الNPK.
- تكوين مغذيات كبيرة ذات نسبة عالية في حالة التطبيق المشترك للفحم النباتي و ال NPK مقارنة بالفحم الحيوي مع روث المزارع.
- إنطلاقا من النتائج كشفت أن الbiochar المشترك مع الNPK عبارة عن إستراتيجية إستصلاح فعالة لتحسين التربة.

IV-10- الدراسة المرجعية رقم (10):

مقالة علمية بعنوان:

«Synthesizing bio char-based fertilizer with sustained phosphorus and potassium release: Co-pyrolysis of nutrient-rich chicken manure and Ca-bentonite [10]»

إهتماما كبيرا في النظام الزراعي لقدرتها على (BBF_S) تجذب الأسمدة القائمة على الفحم الحيوي تحسين إعتمادا أقل على الأسمدة الكيماوية لإنتاج ال BBF و زيادة أداء الإطلاق البطيء ل BBF_S . ففي هذه الدراسة تم إقتراح تقنية بسيطة من أجل خلق أسمدة بطيئة الإطلاق تعتمد على الفحم الحيوي ($BSRF_S$) - اليابان 2022 - و الجدول التالي يوضح أهم التأثيرات:

الجدول (22): تقييم تأثيرات الإطلاق البطيء للسماد الذي يعتمد على الفحم الحيوي في وسائط التربة الزراعية.

معامل	CMB	B10CMB	B25CMB	
pH	8.88 ± 0.01	8.85 ±0.01	8,97 ± 0,02	الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للأسمدة البكر و المعدلة (BBF_S).
C (%)	42.16 ± 0.32	34.03 ± 0.45	25,07 ± 0,87	
N (%)	9.33 ± 0.33	7.57 ± 0.15	6,20 ± 0,20	
P (%)	1.95 ± 0.22	1.62 ± 0.10	1,52 ± 0,06	
K (%)	2.60 ±0.01	2.26 ± 0.02	2,24 ± 0,08	
Ca (%)	15.27 ± 1.80	13.84 ± 0.19	9,77 ± 0,23	
Mg (%)	0.86 ± 0.12	0.78 ± 0.02	0,77 ± 0,00	
Na(%)	0.16 ± 0.00	0.22 ± 0.01	0,31 ± 0,00	
Al (%)	0.01 ± 0.00	0.15 ± 0.00	0,46 ± 0,00	
Fe(%)	0.10 ± 0.00	0.14 ± 0.00	0,29 ± 0,00	
C/N ratio	4.52 ± 0.19	4.50 ± 0.03	4,04 ± 0,27	
Ash (%)	37.10 ± 0.18	40.30 ± 0.10	51,57 ± 0,72	
CEC^c (cmol/Kg)	18.27 ± 1.50	34.30 ± 3.68	46,29 ± 2,87	
– زيادة محصول ال BBF الى (88%) من محتواه العالي من الرماد بوجود معادن أرضية قلوية. - نسبة ال (C/N) من ال bio chars ضلت منخفضة بين (4,5% – 4)و التي لا تؤثر على التحلل الميكروبي للنيتروجين العضوي بعد التطبيق على التربة. - انخفاض إجمالي ال N المحفوظة في ال Bio chars . - انخفاض استرجاع النيتروجين عن طريق التحلل الحراري المشترك. - عززCa-bentonite على تكوين مجموعة من المعادن في سطح الفحم الحيوي.				خصائص الأسمدة القائمة على الفحم الحيوي(BBF_S).

أ) التحليل والمناقشة:

انطلاقا من النتائج فقد لاحظنا أن من مواصفات الأسمدة القائمة على الفحم الحيوي والمعدلة بالـ Ca -bentonite, B25CMB و B10CMB فكانت قيم الـ PH بين 8.85 و 8.97 مما يشير إلى انعدام الحموضة مما تؤثر سلبا حول نشاط الكائنات الحية الدقيقة, قيمة الـ C/N بين 4 و4.5 أي عملية التحلل تكون أسرع نوعا ما, إنخفاض كبير في نسبة الكربون العضوي, إنخفاض في نسبة الآزوت الذي يعتبر أساس بناء بروتين خلايا الكائنات الحية و أيضا لوحظ إنخفاض ملحوظ في نسب العناصر المغذية الرئيسة للنباتات مما قد تكون كل الانخفاضات تأثيرها سلبيا وقاسيا على نمو النبات. أما حول تأثيرها الإيجابي فقد كان بزيادة ملحوظة في العناصر المغذية الفرعية للنبات , كما لاحظنا عدم حدوث أي تنوع ميكروبي في التربة وأكثر شيء لوحظ أنه بمجرد إضافة Ca-bentonite فقد تعزز على زيادة مساحة السطح المحددة (SSA) الذي بدوره يسرع من الاحتفاظ بالمغذيات الأساسية على المدى الطويل .

ب) الإستنتاج:

– أثبتت إضافة كالسيوم البنتونيت (Ca-bentonite) فعاليتها في التناقص بسهولة لمركبات اورثوفوسفات القابلة للذوبان و الـ KCl في الـ $BSRF_S$ المنتجة.

- يسلط الدليل من هذه الدراسة على إمكانية دمج ال Ca-Bentonite في BSRF لمساعدة الزراعة المستدامة الفعالة .

- سماد بطيء الإطلاق يعتمد على الفحم الحيوي ($BSRF_S$) من خلال مادة عضوية معدنية في ترسيخ السماد الطبيعي وفير الكالسيوم و البنتونيت و روث الدجاج.

- أثبت التحليل الطيفي للأشعة السينية المشتتة للطاقة أن Ca-bentonit قد قلل من الفوسفات القابل للذوبان بشكل كبير عن طريق فوسفات الكالسيوم/المغنيزيوم الغير قابل للذوبان.

الخلاصة:

إستنتجنا في هذا الفصل, أن المنتج النهائي لعملية الأسمدة هو مادة عضوية غنية بالمواد الدبالية المسماة بالكمبوست و التي تستخدم كسماد عضوي في الأراضي الزراعية, كتربة في المشاتل و كمواد تدفئة في البيوت البلاستيكية. و التي ما يكون تأثيرها إيجابي حول تحسين الخواص الفيزيائية و الكيميائية و البيولوجية للتربة, و بالتالي توفير مغذيات النباتات, و بالتالي زيادة إنتاجية كل محصول.

قائمة المراجع:

[1] Muscolo, A., F. Mauriello, et al. (2021). "AnchoisFert: a new organic fertilizer from fish processing waste for sustainable agriculture."

[2] Longanza, L. B., L. K. Kidinda, et al. (2015). "Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d'Afrique subsaharienne: caractérisation des déchets urbains à Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières." Afrique Science . **11**(2): 76-84.

[3] CHENG, W.-l., Z. Li, et al. (2022). "Preparation and efficacy evaluation of Paenibacillus polymyxa KM2501-1 microbial organic fertilizer against root-knot nematodes." Journal of Integrative Agriculture **21**(2): 542-551.

[4] Shehata, E., D.-m. CHENG, et al. (2021). "Microbial community dynamics during composting of animal manures contaminated with arsenic, copper, and oxytetracycline." Journal of Integrative Agriculture **20**(6): 1649-1659.

[5] Purnomo, C., P. Noviyani, et al. (2022). Synthesis and pot trial of organic fertilizer from solid waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing.

[6] Bihaoui, B., M. Rihani, et al. (2010). "Valorisation des boues de traitement des eaux usées d'une unité laitière par compostage aérobie." Déchets Sciences et Techniques **58**: 16-21.

[7] Graça, J., B. Murphy, et al. (2021). "Bacterium consortium drives compost stability and degradation of organic contaminants in in-vessel composting process of the mechanically separated organic fraction of municipal solid waste (MS-OFMSW)." Bioresource Technology Reports **13**: 100621.

[8] Zhu, P., Y. Shen, et al. (2021). "Reducing odor emissions from feces aerobic composting: additives." RSC advances **11**(26): 15977-15988.

[9] Apori, S. O., J. Byalebeka, et al. (2021). "Effect of co-applied corncob biochar with farmyard manure and NPK fertilizer on tropical soil." Resources, Environment and Sustainability **5**: 100034.

[10] Piash, M. I., K. Iwabuchi, et al. (2022). "Synthesizing biochar-based fertilizer with sustained phosphorus and potassium release: Co-pyrolysis of nutrient-rich chicken manure and Ca-bentonite." Science of The Total Environment **822**: 153509.

الفصل الخامس

تحليل ومناقشة دراسات سابقة حول تثمين النفايات العضوية في الوسط اللاهوائي

تمهيد:

في هذا الفصل سنقوم بتحليل ومناقشة دراسات سابقة تصب في موضوع الهضم اللاهوائي للنفايات العضوية, من خلال هذه الدراسات سنتعرف على مصادر النفايات العضوية الخاضعة لعملية التحلل اللاهوائي وكذلك أهم العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي والفوائد المكتسبة من هذه العملية.

V-1- الدراسة المرجعية رقم (1):

مقالة علمية بعنوان:

«Valorization of biomass ash in biogas technology: Opportunities and Challenges [1]»

تقدم هذه الدراسة رؤية واضحة حول جدوى استخدام وتثمين رماد الكتلة الحيوية في مجال الهضم اللاهوائي وتنقية الغاز الحيوي - البرتغال 2020 - حيث يمثل(الجدول23) الحد الأقصى لإنتاج الغاز الحيوي وإزالة الشوائب منه عند إضافة رماد النفايات البلدية الصلبة ورماد الخشب.

الجدول (23) : تأثير إضافة رماد الكتلة الحيوية على إنتاج وتنقية الغاز الحيوي.

المواد الأولية	النفايات الصلبة البلدية رماد الخشب					
المجموعات الرئيسية لموارد الكتلة الحيوية	1 -الخشب والكتلة الحيوية الخشبية.2- الكتلة الحيوية العشبية والزراعية. 3- نفايات الكتلة الحيوية المشتقة من الحيوان والإنسان. 4- مخلفات الكتلة الحيوية والإنشائية. 5- الكتلة الإحيائية المائية 6- المخلفات العضوية المنزلية و الصناعية					
	الركيزة	المفاعل	درجة الحرارة °C	رماد الكتلة الحيوية		الحد الأقصى لإنتاج الغاز الحيوي
				النوع	الجرعة	
تأثير إضافة رماد الكتلة الحيوية على إنتاج الغاز الحيوي	النفايات البلدية الصلبة	مفاعل الخزان المستمر التقليب	35	محرقة النفايات الصلبة البلدية رماد القاع	6(g\200 ml)	200(g\200ml)
		مفاعل رباعي الطبقات	35	محرقة النفايات الصلبة البلدية الرماد المتطاير	20(g \ l)	225(l\kg)
			35	محرقة النفايات الصلبة البلدية الرماد المتطاير	20(g\l)	222(l\kg)
			35	محرقة النفايات الصلبة البلدية رماد القاع	24(g /day)	675(ml\g)
		مفاعل الدفعة	35	محرقة النفايات الصلبة البلدية رماد القاع	36(g/gvs)	193(ml\g)

	رماد الكتلة الحيوية		معدل تدفق الغاز المدخل (l\h)	الشوائب	
	النوع	الكمية (kg)		النوع	الإزالة (kg\t)
تأثير رماد الكتلة الحيوية على تنقية الغاز الحيوي	محرقة النفايات البلدية الصلبة رماد القاع (الرماد السفلي)	16.3_21.9	32_131	CO_2	15.5–39
		13	895	H_2S	3×10^{-3}
			898	CH_3SH	44×10^{-6}
			898	$(CH_3)_2S$	86×10^{-6}
			897	CO_2	11×10^{-3}
		490–1000	2300–9200	CO_2	10.2–23
	رماد الخشب	411–856	2600–5200	H_2S	0.56–1.25
				CO_2	35–135

أ) التحليل والمناقشة:

تمثل تقنية الغاز الحيوي مجالًا ذا قيمة كبيرة لاستخدامها أجزاء مختارة من رماد الكتلة الحيوية، خاصة في تطبيقين رئيسيين: تحسين أداء عملية الهضم لتعزيز تكوين الغاز الحيوي وتنقيته.

1- تحسين عملية الهضم لزيادة تكوين الغاز الحيوي:

تعتبر مشكلة التحمض وعدم استقرار العملية اللاحقة من الاهتمامات الرئيسية في مصانع الغاز الحيوي التجارية بسبب وجود ركائز قابلة للتحلل الحيوي بسهولة. لا يؤدي استخدام رماد الكتلة الحيوية كمادة مضافة ذات قدرة تخزين عالية إلى زيادة كفاءة عملية إنتاج الغاز الحيوي فحسب، بل يقلل أيضًا بشكل كبير من الحاجة إلى الكواشف القلوية التجارية بالإضافة إلى التنظيم المستمر لدرجة الحموضة في الهضم اللاهوائي. الميزة الأخرى لرماد الكتلة الحيوية كمادة مضافة للتخمير هي مكملات المغذيات الكبيرة والصغرى اللازمة لنشاط الكائنات الدقيقة اللاهوائية أثناء عملية الهضم، مما يؤدي إلى تحسين العملية بشكل عام بطريقة فعالة من حيث التكلفة. على الرغم من كل هذه المزايا، لم يتم عمل الكثير حتى الآن لدراسة تأثير إضافة رماد الكتلة الحيوية إلى أنظمة الهضم اللاهوائية. هذه الإنجازات تفتح طريقًا مثيرًا للاهتمام نحو البحث المستقبلي حول تحسين إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات العضوية. بالنظر إلى التنوع الكبير للرماد المشتق من الكتلة الحيوية والخصائص المرتبطة به، يمكن توقع تأثيرات محتملة مميزة من استخدام أنواع مختلفة من هذه النفايات القيمة إما على إنتاج الميثان أو على إنتاج أنواع الغاز الحيوي الأخرى مثل الهيدروجين أو الميثان من عملية الهضم اللاهوائي.

2- تنقية الغاز الحيوي:

لا يحتوي الغاز الحيوي الخام الذي يتم الحصول عليه من عملية التخمير اللاهوائي على جودة كافية لإدخاله في شبكة الغاز أو استخدام وقود المركبات. الحل الشائع لهذا الحاجز هو طريقة التنقية التي يتم من خلالها امتصاص الشوائب أو غسلها من تيار الغاز الحيوي. إن تقنيات تنقية الغاز الحيوي الأكثر استخدامًا هي تنقية الماء / الأمين ، وامتصاص الضغط المتأرجح، والتقطير المبرد، وفصل الغشاء.

ومع ذلك، فإن تطبيق هذه العمليات له عيوب عديدة، بما في ذلك فقد الغاز الحيوي، والاستهلاك المفرط للطاقة (مثل الكهرباء) والمواد الكيميائية، فضلاً عن تلوث الغلاف الجوي المرتبط. في هذا السياق، يمكن أن يكون تطبيق رماد الكتلة الحيوية مفيدًا لاحتجاز ملوثات الغاز الحيوي، وبالتالي تقليل التكاليف والآثار البيئية مقارنة بتقنيات التنقية التجارية.

في السنوات الأخيرة، أظهرت مجموعة محدودة من الدراسات جدوى استخدام رماد قاع ترميد النفايات البلدية الصلبة ورماد الخشب، كمواد ماصة، لإزالة ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكبريت من الغاز الحيوي في المفاعلات اللاهوائية. ومع ذلك لا يمكن حصر استخدام رماد الكتلة الحيوية في عملية تنظيف الغاز الحيوي فقط بقايا الرماد من حرق النفايات الصلبة البلدية أو الخشب، حيث أن الرماد من موارد الكتلة الحيوية الأخرى أو عمليات التحويل الكيميائية الحرارية الأخرى قد تكون أكثر فعالية لتقليل ملوثات الغاز الحيوي.

ب) الإستنتاج:

الاتجاه المتزايد لإنتاج رماد الكتلة الحيوية في السنوات الأخيرة شجع الباحثين على إيجاد تطبيقات مبتكرة للرماد بطريقة اقتصادية ومستدامة حيث أن استخدام رماد الكتلة الحيوية في تنقية الهضم اللاهوائي إما كإضافة لتحسين عملية إنتاج الغاز الحيوي أو كممتز لتنقيته هو حل واعد لتثمين هذه المنتجات الوفيرة من الكتلة الحيوية إلى تطبيقات الطاقة.

V-2- الدراسة المرجعية رقم (2):

مقالة علمية بعنوان:

«The Potential for Biogas Production from Agriculture Wastes in Mexico [2]»

توجد أعمال مختلفة تتعلق بإنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية, في هذه الدراسة يتم تقدير إنتاج الغاز الحيوي من النفايات الزراعية المختارة بإتباع طريقة تجريبية تم تطويرها لإنتاج الطاقة من النفايات- المكسيك 2018 - يتم عرض نتائج هذا التقدير في الجدول (24).

الجدول (24): تقدير إنتاج الغاز الحيوي ل 38 نوع من المخلفات الزراعية.

المادة الأولية	المخلفات الزراعية (الفواكه – الخضروات – نباتات الزينة)
مكونات الغاز الحيوي	الميثان (50-80٪) وثاني أكسيد الكربون (18-48٪) ، توجد أيضًا بعض المكونات الأخرى (أكاسيد النيتروجين ، أكاسيد الكبريت) بتركيز منخفض (1-2٪)
استخدامات الغاز الحيوي	الطاقة الحرارية – الطاقة الكهربائية – التدفئة – طهي الطعام – الإضاءة

تقدير إنتاج الغاز الحيوي والطاقة لكل نوع

النوع	الإنتاج (t)	كمية النفايات (t)	الغاز الحيوي (m^3)	الطاقة (mj)
تفاح	750324.85	123803.60	48283404.10	979911686.16
مشمش	1086.55	179.28	69919.49	1419016.10
الهليون	198075.04	166071.38	64767838.82	1314463288.93
أفوكادو	1644225.86	447229.43	174419479.23	3539843330.95
الموز	2262028.25	615271.68	239955956.76	4869906142.44
بروكلي	449185.37	908252.82	354218599.07	7188866468.22
فاكهة التنين	4542.28	1235.50	481845.06	9779045.54
كرنب	226702.39	267871.05	104469709.53	2120212754.94
قرنبيط	68832.29	22016.64	8586490.41	174262822.90
الجزر	318365.81	264006.32	102962465.54	2089623238.04
قرع	163743.50	84453.23	32936760.48	668451553.94
كوسة	456570.28	519002.12	202410825.30	4107927699.51
الخيار	817799.83	617256.55	240730055.97	4885616485.84
ليمون هندي	424315.36	115413.78	45011373.39	913505822.93
الطماطم الأخضر	683984.96	1194784.31	465965880.56	9456777545.90
شجر الجوافة	294422.68	80082.97	31232357.89	633860703.47

الخس	437561.70	137230.86	53520036.34	1086189137.44
مامي التفاح	18321.03	4983.32	1943494.86	39443228.23
المندرين	291078.27	79173.29	30877582.88	626660544.58
المانجا	1775506.77	482937.84	188345758.16	3822477161.89
البطيخ	561891.31	427424.44	166695530.16	3383085784.69
نباتات الزينة	358799.76	71759.952	27986381.28	567983608.08
البرتقال	4515520.33	1228221.53	479006396.61	9721434819.13
ثمر البابايا	883592.54	240337.17	93731496.64	1902280724.37
خوخ	176302.74	47954.35	18702194.66	379561040.61
كمثرى	24679.04	6712.70	2617952.56	53131347.27
أناناس	840486.46	228612.32	89158803.68	1809477920.62
برقوق	72206.82	19640.26	7659699.47	155453600.65
بطاطا	1727345.51	1145494.70	446742934.57	9066647857.10
الصبار	408445.05	111097.05	43327850.90	879338734.10
رمبوتان	8840.97	2404.74	937850.10	19033667.73
سابوتا	17167.30	4669.51	1821107.18	36959370.30
سبانخ	39738.91	10808.98	4215503.57	85553645.01
قشطة شائكة	16620.91	4520.89	1763146.13	35783050.77
الفراولة	392625.19	166584.05	64967780.16	1318521098.25
اليوسفي	195111.08	53070.21	20697383.37	420053395.42
الطماطم	3098329.41	2004679.20	781824887.81	15867136098.16
البطيخ	1020268.73	795628.09	310294956.88	6297436149.85
المجموع	**25644645.13**	**12700876.13**	**4953341689.58**	**100528069590.05**

أ) التحليل والمناقشة:

تمت زراعة 69 نوعًا مختلفًا من الفاكهة، وهو ما يعادل 22% من المنتجات الزراعية, يتم الحصول على كمية مماثلة لنباتات الزينة. إلى جانب ذلك، فإن فئات الخضروات والحبوب والبذور تمثل 32% من المنتجات، والأعشاب العطرية والأعلاف تتوافق مع 15%. يتضمن العنصر الآخر منتجات مثل الأعلاف وشجرة عيد الميلاد والنباتات الطبية, الفئات التي لا تعتبر من المواد الخام لإنتاج الميثان الحيوي هي الأعشاب العطرية والحبوب والبذور والأعلاف وغيرها. والسبب في هذا الاستثناء هو إما أن إنتاج النفايات لا يكاد يذكر (حالة معظم الأعشاب العطرية) أو أن النفايات تستخدم في تطبيقات محددة.

بعد ذلك، تم اختيار المحاصيل مع الأخذ في الاعتبار توليد النفايات، وجدوى جمعها ومدى ملاءمتها لتحويلها إلى غاز حيوي. على أساس هذه المعايير، تم اعتبار 36 نوعًا كمصدر للنفايات لإنتاج الميثان الحيوي.

يقدر الغاز الحيوي الذي يمكن إنتاجه من هذه النفايات الزراعية بـ $4953\times10m^3$ ومحتوى الطاقة حوالي 10Gjتعتبر هذه الكمية من الطاقة ذات قيمة قليلة مقارنة بإجمالي الاستهلاك الأولي في الدولة والذي يقترب من 11000Pj في السنة ومع ذلك يمكن أن يكون التحول المنهجي للكتلة الحيوية لإنتاج الغاز الحيوي بديلا مثيرا للاهتمام ليس فقط لتوليد الطاقة ولكن أيضا للقطاع البيئي لأنه يمثل آلية لإدارة النفايات .

التطبيقات الرئيسية للغاز الحيوي هي توليد الطاقة الحرارية والكهربائية. ومع ذلك ينبغي استكشاف بعض التطبيقات المحتملة الأخرى، مثل الضوء والحرارة للطهي والحصول على منتجات ذات قيمة مضافة من مخططات التكرير الحيوي على نطاقات أكبر.

ب) الإستنتاج:

إن إمكانيات الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة في المكسيك كبيرة, إلى جانب الزراعة هناك العديد من الأنشطة الأخرى التي تنتج النفايات العضوية. نظرًا لأن مخطط إنتاج غاز حيوي واحد قد يتطلب استثمارات عالية وتكاليف تشغيلية، يجب استكشاف بعض الأساليب التكميلية الأخرى.

V-3- الدراسة المرجعية رقم (3):

مقالة علمية بعنوان:

«Anaerobic co-digestion of chicken manure with energy crop residues for biogas production [3] »

تسلط هذه الورقة الضوء على الاستفادة من الهضم اللاهوائي لسماد الدجاج مع مخلفات محاصيل الطاقة المحلية لتحسين إنتاج الغاز الحيوي من حيث النوعية والكمية – ماليزيا 2021 – يبين الجدول (25) التحليل الأولي والنتائج المتحصل عليها في التجربة.

الجدول(25): التحليل الأولي لروث الدجاج ومخلفات محاصيل الطاقة والنتائج المتحصل عليها.

المواد الأولية	الركيزة	اللقاح	المضافات			
	روث الدجاج	روث البقر	قصب السكر SB - النخيل زيت OPE- ألياف الفاكهة الفارغة EFB			
التقنية المستخدمة	الهضم اللاهوائي المشترك (ACOD)					
جهاز تحليل الغاز الحيوي	كروماتوغرافيا الغاز(GC)					
التحليل الأولي لروث الدجاج ومحاصيل الطاقة	المادة الأولية	C (%)	N (%)	C /N	الرطوبة (%)	الطاقة (KJ/Kg)
	سماد الدجاج	42.88	3.7795	11.348	27.463	6905
	EFB	9	0.94	43.10	51.64	21060
	OPE	40.52	1.50	24.26	46.96	17846
	SB	33.64	0.32	106.79	62.48	16676
محتويات كل جهاز تحكم مع النتائج المتحصل عليها	الجهاز / المادة الاولية	DC_1	DC_2	DSB	DOPE	DEFB
	سماد الدجاج(g)	200	100	70	70	70
	روث البقر(g)	-	100	100	100	100
	SB(g)	-	-	30	-	-
	OPE(g)	-	-	-	30	-
	EFB(g)	-	-	-	-	30
	C/N	11.35	12.77	17.74	15.41	17.13
	pH	8.61	8.57	7.35	7.61	8.16
	حجم الغاز الحيوي بعد 60 يوم (ml)	14000	20000	1900	12500	8000

أ) التحليل والمناقشة:

تم اختبار روث الدجاج ومخلفات محاصيل الطاقة لتحليل الخصائص من أجل تحديد تكوينها وخصائصها التي تشمل القيمة الحرارية ومحتوى الرطوبة ومحتوى الطاقة, تم استخدام ما مجموعه ثلاثة مخلفات مختلفة لمحاصيل الطاقة المحلية وهي تفل قصب السكر SB وزيت النخيل OPE وألياف الفاكهة الفارغة EFB حيث أن جهاز التحكم في روث الدجاج فقط مسمى DC_1 وجهاز التحكم في الهضم للتحقيق في إضافة اللقاح في عملية الهضم DC_2 ومفاعلات الهضم المشترك مع تفل قصب السكر وزيت النخيل وألياف الفاكهة الفارغة موصوفة ب DSB, DOPE, DEFB على التوالي.

أعطى DC_2نتيجة أفضل مقارنة بـ DC_1 توفر إضافة اللقاح في النظام استقرار التكون الحيوي الميثاني أثناء بدء العملية وبالتالي تعزيز الهضم اللاهوائي من ناحية أخرى, تم تحسين نسبة C/N المسجلة لمفاعلات الهضم المشترك لتكون في نطاق مناسب من 15 إلى 35 حيث كان DSB هو الأعلى عند 17.74 مقارنة بـ DC_1 11.35, نتيجة لذلك زاد إجمالي إنتاج الغاز الحيوي في DSB بنسبة تصل إلى 36% بسبب محتواها العالي من الكربون الذي يوفر الاستقرار لنمو البكتيريا وأنشطتها. يعمل تفل قصب السكر كمصدر جيد للكربون لنظام AD وبالتالي يعزز إنتاج الميثان من ناحية أخرى DOPE و DEFB أقل بنسبة 13% و 41%من إجمالي حجم الغاز الحيوي ,ومع ذلك ينتج تركيز غاز الميثان أعلى بكثير مقارنة بـ DC_1 يوضح هذا أن DOPE وDEFB يعطيان عائدا أعلى من الميثان مما يحدد استقرار وكفاءة عملية الهضم .

ب) الإستنتاج:

تعمل إضافة بقايا محصول الطاقة على تحسين الخصائص والمحتوى العضوي للنظام اللاهوائي بشكل كبير مما يؤدي إلى أداء بكتيري أفضل وإنتاج الغاز الحيوي مقارنةً بعملية الهضم الأحادي. يغير المحتوى العالي من الكربون في مخلفات محاصيل الطاقة ويحسن نسبة C/N للهضم الكلي لسماد الدجاج وبقايا محاصيل الطاقة وبالتالي يوفر المزيد من الغذاء لنمو البكتيريا.

V-4- الدراسة المرجعية رقم (4):

مقالة علمية بعنوان:

«Experimental and kinetic studies on co-digestion of agrifood and sewage sludge for biogas production [4]»

تم استخدام روث البقر لتوليد الغاز الحيوي ولكن لم يتم الحصول على دمج كامل لإزالة البلمرة حتى الآن, لذلك تم تشفيره مع ركائز أخرى لزيادة إزالة البلمرة وتحديد أفضل ركيزة لإنتاج الغاز الحيوي - الهند 2022 - النتائج موضحة في الجدول (26).

الجدول (26): الخصائص الفيزيوكيميائية للركائز والنتائج المتحصل عليها خلال التجربة.

المواد الأولية	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	
	روث البقر	نفايات المطبخ	نفايات الخضر والفواكه	قش الأرز	قش القمح	النفايات الصلبة البلدية	
الخصائص الفيزيوكيميائية للركائز	المعايير	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
	pH	6 .2	4.8	5.4	6.6	5.6	5.6
	TS(%)	32.4	28	21	67.8	76.4	35.4
	VS(%)	21.2	25.6	19.32	75.86	86.23	12
	TOC(%)	9.75	9.2	11.3	15.87	18.32	6.65
	COD(ml)	80	102	74.7	178	200	138
	نسبة C /N	18.4	20.9	18.83	41.76	47.05	20.78
	السليلوز(g / kgvs)	19.6	13.6	11.8	37.4	39.5	12.3
	هيميسليلوز(g / kgvs)	21.8	10.3	6.3	25.7	26.8	18.2
	اللجنين(g / kgvs)	1.9	3.8	5.8	11.2	6.6	4.6
	المعايير	A_1	A_1+ A_2	A_1+ A_3	A_1+ A_4	A_1+ A_5	A_1+A_6
	نسبة C /N	18.4	16.8	19.5	24.6	22,8	20.7
	TS(%)	57.3	65.6	66.5	76	68	70
النتائج المتحصل عليها بعد 20 يوم	نسبة استهلاك TOC(%)	51.28	41.18	29.54	31.7	31.81	25
	نسبة استهلاك COD(%)	42.66	28.42	41.46	52.74	65.21	21.09
	نسبة استهلاك السليلوز(%)	42.35	50	37.29	52.40	52.65	27.4
	الغاز الحيوي المنتج (ml /g)	394	360	336	424	459	361

أ) التحليل والمناقشة:

تشير النتائج إلى أن الهضم المشترك لروث البقر مع الكتلة الحيوية اللجنوسليلوزية مفيد لتعزيز إنتاج الطاقة الحيوية, يظهر ذلك من خلال الانخفاض في CODبنسبة 65.21%, 52.74%, 41.46%, 28.42%, 42.60 %, 21.09% لعينة قش القمح, قش الأرز, نفايات الخضر والفواكه, نفايات المطبخ,روث البقر,النفايات الصلبة البلدية على التوالي, يشير أقصى انخفاض في الكربون العضويTOC بنسبة 51.28% و41.18% في عينة قش القمح والأرز على التوالي إلى أعلى قابلية للتحلل البيولوجي مقارنة بمخزونات الأعلاف الأخرى, استهلاك السليلوز 52.65% و52.40%في قش القمح وقش الأرز بينما روث البقر, مخلفات المطبخ, نفايات الخضر والفواكه والنفايات البلدية الصلبة أظهر هذا الاستهلاك فقط 42.3%, 50%, 37.29%, 27.4% على التوالي, هذا يثبت أن قابلية التحلل البيولوجي مناسبة في الكتل الحيوية اللجنوسليلوزية.

لوحظ ووجد الإنتاج التراكمي للغاز الحيوي بعد 20 يوم لروث البقر الذي تم هضمه مع قش القمح أعلى إنتاج للميثان يليه الهضم المشترك مع قش القمح بينما أظهر الهضم المشترك مع مخلفات الخضر والفواكه أدنى إنتاج, أظهرت نفايات المطبخ والنفايات البلدية الصلبة قيمة منخفضة والتي كانت حتى أقل من روث البقر دون الهضم المشترك.

ب) الإستنتاج:

تمت مقارنة قابلية التحلل البيولوجي وإنتاج الغاز الحيوي من روث البقر الذي تم هضمه بشكل مشترك مع مختلف الكتل الحيوية للنفايات باستخدام طرق بسيطة والتي يمكن أن توفر فكرة أساسية عن تأثير الهضم المشترك للمساعدة في تحديد أفضل ركيزة لإنتاج الغاز الحيوي, تشير هذه الدراسة إلى أن الكتل الحيوية اللجنوسليلوزية هي الأفضل للهضم المشترك مع روث البقر لإنتاج الغاز الحيوي لأنها تحتوي على نسبة عالية من السليلوز والهيميسليلوز.

V-5- الدراسة المرجعية رقم (5):

مقالة علمية بعنوان:

«Anaerobic Digestion of Animal Manure and Influence of Organic Loading Rate and Temperature on Process Performance, Microbiology, and Methane Emission From Digestates [5]»

توضح هذه الدراسة الهضم اللاهوائي للسماد الحيواني وتأثير معدل التحميل العضوي ودرجة الحرارة على أداء العملية وعلم الأحياء الدقيقة وانبعاث الميثان من الهضم - البرتغال 2021 - النتائج موضحة في الجدول (27).

الجدول (27): معايير التشغيل والأداء لمفاعلات الغاز الحيوي خلال أربعة مراحل.

المواد الأولية	A:روث الماشية والسماد الصلب من الدواجن							
معايير التشغيل لمفاعلات الخزان التي يتم تحريكها باستمرار		درجة الحرارة°C		OLR (kgvs/m ^{3}anday)		HRT (days)		
	المفاعل / المرحلة	1	2-3-4	1 - 2	3 - 4	1 - 2	3 - 4	
	A_{Ref}	38	38	2.7	4.5	30	16	
	A_{Temp}	38	52	2.7	4.5	30	16	
معايير أداء مفاعل الغاز الحيوي خلال المراحل الأربعة								
المرحلة	المفاعل	GP (ml/day)	SMP ($mlCH_4$/gvs)	VFA (g/l)	DD(%)	H_2S (ppm)	CH_4(%)	pH
1	A_{Ref}	3903	181	0.27	36	73	49	7.85
	A_{Temp}	41000	191	0.36	37	132	50	7.91
2	A_{Ref}	4297	195	0.16	33	69	56	7.79
	A_{Temp}	4884	181	2.12	32	179	54	7.96
3	A_{Ref}	4784	207	0.08	-	-	60	7.74
	A_{Temp}	6984	197	2.44	-	-	60	7.84
4	A_{Ref}	7456	194	0.18	28	31	64	7.8
	A_{Temp}	4548	208	2.41	27	94	60	7.87

أ) التحليل والمناقشة:

تعد إمكانيات إنتاج الغاز الحيوي من روث الماشية مرتفعة بشكل عام في أوروبا وفي السويد تقدر الإمكانيات بحوالي 6-3Twh سنويا ومع ذلك بلغ إنتاج الغاز الحيوي المحلي من السماد الطبيعي في 2019 حوالي 60Gwh في السويد, ناتجة عن ما يقرب 1140674 طن من السماد الطبيعي .

تشمل الطرق الممكنة لتعزيز إنتاج الميثان من مصانع الغاز الحيوي القائمة على السماد على سبيل المثال زيادة درجة حرارة التشغيل ومعدلات التحميل ,معدل التحميل العضوي الشائع (OLR)في الهضم اللاهوائي هو 5-2 Kg من المواد الصلبة المتطايرة لكل متر مكعب من حجم الهاضم النشط واليوم تعمل مصانع الغاز الحيوي التي تعمل مع روث الماشية السائل عادة على المستوى الأدنى من هذا النطاق حيث أن الأحمال العالية محدودة إلى حد ما بسبب المحتوى المائي العالي للسماد ومع ذلك فإن الهضم المشترك للسماد الطبيعي مع المواد التكميلية والأكثر كثافة للطاقة يسمح بزيادة الحمل العضوي ويمكن أن يحسن من إنتاج الميثان وكثافة التحلل دون تغيير كبير في وقت الاحتفاظ الهيدروليكي (HRT).

اليوم تعمل العديد من مصانع الغاز الحيوي على نطاق المزرعة في السويد بشكل أساسي في ظروف درجة حرارة متوسطة (ميسوفيلية) 38-40 درجة مئوية ومع ذلك فقد تبين أن التشغيل عند درجة حرارة محبة للحرارة العالية 52- درجة مئوية مقارنة بظروف الحرارة المتوسطة يزيد من معدل التحلل والميثان.

ب) الإستنتاج:

يريد المزارعون تحقيق إنتاجية عالية من الغاز الحيوي ومستويات عالية من المغذيات في الهضم عند استخدام السماد باعتباره الركيزة الرئيسية لإنتاج الغاز الحيوي ,طرق الوصول إلى هذه الأهداف تشمل على سبيل المثال الحمل العضوي العالي ودرجة الحرارة العالية ,عامل مهم يجب مراعاته أثناء تحسين عملية الهضم هو خطر زيادة احتمال الميثان المتبقي من الهضم مما يؤدي إلى انبعاثات غاز الميثان أثناء التخزين.

V-6- الدراسة المرجعية رقم (6):

مقالة علمية بعنوان:

«Towards the Anchovy Biorefinery: Biogas Production from Anchovy Processing Waste after Fish Oil Extraction with Biobased Limonene [6]»

تعد إعادة استخدام مخلفات الأسماك وتثمينها عملية رئيسية تهدف إلى تقليل إنبعاثات الميثان المرتبطة بالإدارة غير المستدامة كما أنها تعتبر جزءا مهما من الاقتصاد الدائري, توضح هذه الدراسة إنتاج الغاز الحيوي من نفايات معالجة الأنشوجة - إيطاليا 2021 - النتائج موضحة في الجدول (28).

الجدول (28): إنتاج الغاز الحيوي من نفايات معالجة الأنشوجة بعد استخراج زيت السمك.

المواد الأولية	حمأة الأنشوجة الصلبة SAS-اللقاح(السماد ومخلفات من الصناعة والزراعة)- السليلوز					
إعدادات المفاعل التجريبية	الركيزة	الدفعة	كتلة الركيزة(g)	TS(%)	pH	
	اللقاح	1 2	-	2.5	7.38 7.42	
	السليلوز(عنصر تحكم)	3 4	2.1	3.1	7.50 7.47	
	SAS	5 6 7	2.7	3.3	7.39 7.30 7.41	
توصيف اللقاح والسليلوز وحمأة الأنشوجة الصلبة	الركيزة	PH	TS(%)	VS(%)	COD (mgo_2/gTS)	C/N	الليمونيين (mg/gTS)
	اللقاح	7.5	5.0	76.3	-	-	-
	السليلوز	-	95.6	100	1185	-	-
	SAS	6.30	98.0	77.1	918.3	4	5
الإنتاج النهائي للغاز الحيوي والميثان ومحتوى الميثان في أحجام الغاز الحيوي للتحكم ودفعات التغذية بنظام SAS.	الركيزة	الدفعة	الغاز الحيوي (ml /gvs)	BMP	متوسط محتوى الميثان(%)		
	السليلوز (عنصرتحكم)	3 4	603.4 593.3	396.5 382.6	66 65		
	SAS	5 6 7	406.4 381.7 347.4	296.1 281.3 256.4	72 73 73		
توصيف هضم حمأة الأنشوجة الصلبة.	الخاصية	اللقاح	السليلوز	SAS			
	pH	7.1	7.0	7.3			
	TS(%)	2.4	2.5	2.7			
	VS(%)	71.2	72.1	69.3			
	TAN (ml/l)	234	173	697			
	Cl^- (ml/l)	1263	1105	1297			
	VFA(mg_{HAC}/l)	297.3	290.4	411.1			

أ) التحليل والمناقشة:

تعتبر الأنشوجة من بين أكبر أنواع الأسماك التي يتم صيدها في جميع أنحاء العالم على وجه الخصوص في السنوات القليلة الماضية تجاوزت كميات الأنشوجة التي تم إنزالها في الاتحاد الأوروبي 135000 طن وجاء 91 % من الإجمالي من إسبانيا والبرتغال وإيطاليا وكرواتيا واليونان، تنتج صناعة شرائح الأنشوجة كمية كبيرة من المخلفات الحيوية (مثل رؤوس الأسماك والعظام والذيل) التي يمكن استخدامها لاستخراج العديد من المنتجات الحيوية ذات القيمة المحتملة بما في ذلك دهون أوميغا 3. بعد استخراج زيت السمك الغني بالأوميغا 3 وفيتامين D_3 والزياكسانثين من بقايا شرائح الأنشوجة باستخدام الليمونيين الحيوي في عملية دائرية بالكامل، تم استخدام البقايا الصلبة (حمأة الأنشوجة) كركيزة لإنتاج الغاز الحيوي عن طريق الهضم اللاهوائي, على الرغم من نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) النموذجية للمخلفات الحيوية البحرية غير المتوازنة أظهرت حمأة الأنشوجة مردود جيد من الميثان حوالي ($200mL_{CH4}·g_{VS}^{-1}$).

مما يثبت أنها ركيزة مثالية للهضم المشترك جنبًا إلى جنب مع النفايات والمخلفات الأخرى الغنية بالكربون. علاوة على ذلك ، فإن وجود الليمونيين المتبقي، المستخدم كمذيب استخلاص متجدد وغير سام وصالح للأكل، لا يؤثر على تكوين الميثان الميكروبي. توضح النتائج الواردة في هذه الدراسة أن بقايا الأنشوجة بعد عملية استخراج زيت السمك يمكن استخدامها بكفاءة كركيزة بدء لإنتاج الغاز الحيوي في معمل التكرير الحيوي الحديث.أخيرًا يمكن استخدام الهضم الناتج خلال عملية الهضم اللاهوائي بشكل مفيد كمساعد / سماد في الزراعة بسبب محتوى النيتروجين الملحوظ وغياب المركبات غير المرغوب فيها (مثل المعادن الثقيلة).

ب) الإستنتاج:

يتطلب التثمين الكامل لنفايات معالجة شرائح الأنشوجة تحويل الحمأة المتبقية بعد استخراج زيت السمك, في هذا التقرير الأولي تم استخدام حمأة الأنشوجة المذكورة أعلاه كركيزة حيوية في الهضم اللاهوائي بهدف إنتاج الغاز الحيوي تم الحصول على ناتج جيد من الميثان كانت العملية الكلية مستقرة جدا مما جعل حماة الأنشوجة ركيزة مناسبة للهضم المشترك مع نفايات الكتلة الحيوية الأخرى, علاوة على ذلك فإن وجود الليمونيين المتبقي المستخدم كمذيب استخلاص متجدد وغير سام وقابل للأكل لا يؤثر على تكوين الميثان الميكروبي.

V-7- الدراسة المرجعية رقم (7):

مقالة علمية بعنوان:

«Healthy-Smart Concept as Standard Design of Kitchen Waste Biogas Digester for Urban Households [7]»

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل مفهوم الصحة الذكية كتصميم قياسي للغاز الحيوي لنفايات المطبخ لسكان الحضر, الهاضم اللاهوائي مصمم لحجم الأسرة - ماليزيا 2021- التفاصيل موضحة في الجدول(29).

الجدول (29): تصميم هندسي لهاضم يعمل على إنتاج الغاز الحيوي من نفايات المطبخ.

المادة الأولية	نفايات المطبخ						
التصميم القياسي لهضم الغاز الحيوي	نفايات المطبخ		الأسرة (أهل البيت)				
	المعايير	القيمة(%)	المعايير	الوحدة	القيمة		
	تقدير الوزن الجاف الصلب الخامل	1	استهلاك الغاز الحيوي للطبخ	$(Nm^3/person\ d^{-1})$	1		
	المحتوى المائي المقدر لوزن الإدخال	80	سلوك الطبخ	$(times\ d^{-1})$	80		
	وزن المادة الجافة	10	عدد الأفراد لكل أسرة	(person)	4		
	خفضVSالقابل للتحلل الحيوي	80	إنتاج النفايات لكل شخص	$(kg/person\ d^{-1})$	1		
تصميم إمكانيات الغاز الحيوي من نفايات المطبخ	المعايير		الوحدة		القيمة		
	إجمالي المواد الصلبة لوزن الإدخال الفعلي		$(kg\ d^{-1})$		0. 8		
	محتوى الماء لوزن الإدخال الفعلي		$(kg\ d^{-1})$		3.2		
	محتوى الماء		$(kg\ d^{-1})$		7.2		
	إدخال الحجم بعد التخفيف		$(m^3\ d^{-1})$		0.008		
	معدل التدفق الكلي الثابت خلال 24 ساعة		$(kg\ s^{-1})$		9.26×10^{-5}		
	عامل التحلل البيولوجي		$(kg\ m^{-3})$		0.819		
	إدخال تركيز الركيزة السائلة القابلة للتحلل البيولوجي		$(kg\ m^{-3})$		16.212		
	وقت الاحتفاظ الهيدروليكي		(Day)		16		
	إنتاج الميثان من الحجم القابل للتحلل البيولوجي		$(Nm^3\ kg^{-1} \times VS)$		0.507		
	المواد الصلبة Bth		$(Nm^3\ d^{-1})$		0.329		
ملخص هندسي للهاضم	العنصر		غرفة التخمير	غرفة الغاز	غرفة الحمأة	غرفة الهضم	
	الحجم (m^3)		0.128	0.140	0 .006	0.274	
	الارتفاع (m)		0.620	0 .33	0 .699	1 .352	
معايير التشغيل	pH	VFA	VS	C/N	القلوية	درجة الحرارة	

أ) التحليل والمناقشة:

لمعرفة مقدار الغاز الحيوي الذي يمكن إنتاجه من نفايات المطبخ، تم إجراء بعض الحسابات للعثور على العديد من المعايير, تم حساب جهد الميثان من نفايات المطبخ باستخدام بعض الخطوات. كانت هناك مراجع محددة لشرح التركيب الكيميائي لمخلفات الطعام. في هذه الحالة، تم اعتبار تركيبته الكيميائية قريبة جدًا من نفايات المطبخ, يمكن تعميم نفايات المطبخ أو نفايات الطعام مثل جميع المواد الحيوية الناتجة عن أنشطة المطبخ (بما في ذلك الخضار والفواكه والخبز والأرز والبن المطحون وأوراق الشاي، إلخ). أكبر مشكلة مع النفايات المنزلية هي عدم انتظام المواد الأولية التي تدخل للهاضم اللاهوائي.

كان محتوى الميثان في الغاز الحيوي حوالي 60% من إجمالي حجم الغاز الحيوي. للتقدير الأولي، تم تصميم الهاضم لشخصين. يجب توفير احتياجات الغاز الحيوي لشخصين من قبل الهاضم. يمكن لشخصين أيضًا إنتاج 4kg من نفايات المطبخ (الرطبة) لتزويد الجهاز الهضمي. كان هذا هو السبب في جعل الهاضم صغيرًا وسهل الصيانة ومساحة أقل ونظام معياري. مع التصميم الرأسي يبلغ إجمالي الحجم والارتفاع لوحدة الهضم $0.274m^3$ و 1.352 m، على التوالي. إذا زادت الحاجة إلى الغاز الحيوي مع زيادة عدد العائلات ، فيمكن توصيل الوحدات التالية بالتوازي.

بالنسبة لإنتاج الغاز الحيوي بمفهوم صحي وذكي، يجب التحكم في بعض معايير التشغيل بشكل صحيح, مثل الأس الهيدروجيني والقلوية ودرجة الحرارة وتركيز الأحماض الدهنية المتطايرة والمواد الصلبة المتطايرة ونسبة C/N, يجب التحكم في جميع المعايير بواسطة أداة قائمة على الكمبيوتر في الوقت الفعلي لإنتاج الغاز الحيوي الأمثل مع التشغيل الآمن. لهذا السبب، يجب معرفة قيمة التحكم في هذه المعايير بالرجوع إلى المعايير المطلوبة، والتي يجب ضمانها أثناء اختبار هاضم الغاز الحيوي.

يمكن استخدام النتائج في التغلب على مشكلة النفايات المنزلية الحضرية التي تستخدم كمصدر لطاقة الغاز الحيوي، ويمكن أيضًا المساهمة بها كمرجع في التخطيط الحضري المستدام.

ب) الإستنتاج:

يمكن لكل أسرة معالجة نفايات المطبخ كمصدر للنفايات الحضرية لتحويلها إلى غاز حيوي باستخدام تقنية هضم الغاز الحيوي بمفهوم تصميم صحي ذكي. هذا التصميم مهم جدًا في التحكم في المواد لإنتاج الغاز الحيوي الأمثل دون التسبب في تأثيرات على البيئة، مثل تلوث الهواء والماء. إستنادًا إلى محاكاة بسيطة لشخصين في المنزل، فإن الغاز الحيوي الناتج من هضم الغاز الحيوي لنفايات المطبخ كافٍ لأغراض الطهي ليوم واحد.

V-8- الدراسة المرجعية رقم (8):

مقالة علمية بعنوان:

«The Effect of Anaerobic Digestate on the Soil Organic Carbon and Humified Carbon Fractions in Different Land-Use Systems in Lithuania [8]»

توضح هذه الدراسة إمكانية استخدام الهضم (الصلب والسائل) الناتج من المواد الأولية المختلفة المستخدمة في عملية إنتاج الغاز الحيوي كسماد حيوي للمحاصيل الزراعية – ليتوانيا 2022 – يتم عرض التركيب الكيميائي للهضم المستخدم في التجربة في الجدول (30).

الجدول (30): التركيب الكيميائي للهضم المستخدم في التجربة.

المواد الأولية	سماد الدجاج وحبوب الذرة							
التركيب الكيميائي للهضم								
موقع مصنع الغاز الحيوي	تاريخ أخذ العينات	المعايير						
		pH	TS(%)	OM(%)	N (g /kg)	C_{org} (g /kg)	MHS (g /kg)	MHA (g /kg)
الهضم السائل								
Vievis	26أفريل 2019	7.8	4.8	4.7	4.7	20.7	7.5	2.3
	30أفريل 2020	7.6	5.8	5.7	6.2	31.7	19.1	2.6
Krekenava	29أفريل 2019	7.9	3.6	3.5	3.9	9.6	3.1	0.5
	15 ماي 2020	7.4	2.3	3.3	3.9	9.7	4.2	0.8
الهضم الصلب								
Vievis	20أفريل 2019	8.6	29.1	87.4	25.7	489.4	18.4	2.2
	30أفريل 2020	8 .2	26.3	86.1	21.1	465.3	57.5	0.7
Krekenava	29أفريل 2019	8.4	31.3	75.2	17.1	426.4	18.5	0.8
	15 ماي 2020	8.9	29.7	87.8	15.7	526.6	24.4	0.8

أ) التحليل والمناقشة:

يتم تحديد جودة الهضم من خلال تركيبته الكيميائية ,يحتوي الهضم السائل المنفصل على محتوى منخفض من TS (4.8-5.8%) في Vievis, (2.3-3.6%) في Krekenava, بينما كان الهضم الصلب المنفصل أعلى محتوى (23.3-29.1%), (29.7-31.3%) في Krekenava, Vievis.

اعتمادا على كمية TS اختلفت المراحل المختلفة للهضم السائلة والصلبة في المتوسط من 5 إلى 10 مرات, تم تحديد الفرق في كمية Cog في مراحل الهضم المختلفة كان الهضم الصلب المفصول أكثر ثراء بمقدار 17-28 في Cog من السائل الهضمي.

تظهر البيانات أن كلا من الأجزاء الصلبة والسائلة من الهضم تحتوي على عناصر قيمة,ومع ذلك يحتوي جزء الهضم السائل على كمية أقل من TS نتيجة لذلك فإن الهضم السائل لديه القدرة أكبر على الهجرة إلى طبقات التربة العميقة مقارنة بجزء الهضم الصلب على العكس من ذلك يمكن استخدام الجزء الهضم من الصلب كتعديل عضوي نظرا لارتفاع محتوى OM و Cog والاستقرار العالي بمجرد معالجته من خلال الهضم اللاهوائي.

ب) الإستنتاج:

تظهر النتائج أن كلا من الأجزاء الصلبة والسائلة تحتوي على عناصر قيمة وتصلح للاستخدام كسماد ونتيجة لذلك فإن الهضم السائل لديه TS حيوي ,ومع ذلك يحتوي جزء الهضم السائل على كمية أقل من القدرة أكبر على الهجرة إلى طبقات التربة العميقة مقارنة بجزء الهضم الصلب.

V-9- الدراسة المرجعية رقم (9):

مقالة علمية بعنوان:

«Energy and Economic Balance between Manure Stored and Used as a Substrate for Biogas Production [9]»

الهدف من الدراسة هو لفت الانتباه إلى حقيقة أن تقليل انبعاثات غاز الميثان وأكسيد النيتروز نتيجة تخزين السماد الطبيعي لعدة أشهر في كومة ليس فقط حلاً غير بيئي ، ولكنه أيضًا غير مربح. الحل الذي يجمع بين الجانبين - البيئي والمالي - هو استخدام السماد الطبيعي كركيزة لمصنع الغاز الحيوي - بولندا 2022 - أهم نتائج هذه الدراسة في الجدول (31).

الجدول (31): إجراء توازن الطاقة والاقتصاد لمزرعة نموذجية مع مزارع الألبان للسيناريو بدون مصنع للغاز الحيوي ومع مصنع للغاز الحيوي يستخدم السماد باعتباره الركيزة الرئيسية.

المادة الأولية	روث البقر						
المعايير المستخدمة لحساب انبعاثات الميثان من إدارة روث الماشية							
EF ($kgCH_4$/animal/year)	MS (%)	MCF (%)	CF	BO (m^3CH_4/kgvs)	D /Y (days)	VS (kg/animal/day)	
5.65	100	2	0.67	0.24	365	4.81	
المعايير المستخدمة لحساب انبعاثات أكسيد النيتروزمن إدارة روث الماشية							
NO_2 (mm)	EF ($kgNO_2$-N/kgN)	MS (%)	CFN	Nex (kgN/animal/year)			
EF. MS . CFN . Nex	0.005	100	44/28	70.26			
C/N	C (%)	N(%)	VS(%)	TS(%)	إنتاج السماد (Kg /animal/day)	عدد الحيوانات	المعايير الأولية لإنتاج الميثان من السماد الصلب
22	37	2.77	85.77	22.89	24.5	600	
الميثان المنتج في مدة عام (m^3)			الميثان المنتج (m^3/mg)		الغازالحيوي المنتج (m^3/mg)		
247460.99			46.12		80.49		
الحسابات النشطة والاقتصادية باستخدام السماد كركيزة							
دخل الحرارة	دخل الكهرباء	Pt (MW)	Pe (MW)	Et (MWh /year)	Ee (MWh /year)		
39690.397	157868.234	0.135	0.120	1110.011	986.676		

التوازن الاقتصادي مع وبدون مصانع الغاز الحيوي		
سيناريو 2	سيناريو 1	المعايير
الدخل والتكاليف (K EUR/Yea)		
-	59.8	السماد كسماد
17.36	-	السماد كهضم
157.87	-	كهرباء
39.96	-	حرارة
-	-11.263	بدلات (استحقاقات) انبعاثات الكربون
215.19	44.54	التوازن الاقتصادي

أ) التحليل والمناقشة:

يعرض البحث كيف سيتغير انبعاث غاز الميثان وأكسيد النيتروز إذا تم استخدام السماد الصلب فورًا لأغراض الطاقة في مصنع الغاز الحيوي، بدلاً من تخزينه التقليدي لعدة أشهر. كجزء من دراسة الحالة, تم أيضًا إجراء توازن الطاقة والاقتصاد لمزرعة نموذجية مع مزارع الألبان للسيناريو بدون مصنع للغاز الحيوي ومع مصنع للغاز الحيوي يستخدم السماد باعتباره الركيزة الرئيسية في عمليات تخمير الميثان. تم الحصول على بيانات بحثية حول متوسط انبعاث الأمونيا وأكسيد النيتروز من 1Mg من السماد المخزن وكذلك نتائج الاختبارات المعملية على محصول الغاز الحيوي من روث أبقار الألبان على أساس العينات المأخوذة من المزرعة كدراسة حالة. سيسمح استخدام منشآت الغاز الحيوي بتخفيض انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 100 Mgفي السنة.

يتضمن السيناريو الأول تخزين روث الأبقار في أكوام على ألواح خرسانية. وفقًا لجدول التسميد، يتم توزيعه في الحقل من 1 مارس إلى 31 أكتوبر. يبلغ متوسط وزن السماد الطازج المنتج سنويًا تقريبًا. 12000 gM في السنة (سائل وصلب بشكل أساسي). خلال هذا الوقت، يمكن تقدير إجمالي الانبعاثات عند الحد الأدنى 183.4 Mg من مكافئ ثاني أكسيد الكربون من الجزء الصلب فقط.

يتضمن السيناريو الثاني استخدام جميع السماد الصلب الذي تم جمعه خلال العام واستخدامه لإنتاج الغاز الحيوي باعتباره الركيزة الوحيدة. تماشيا مع هذا الافتراض، تم حساب أن حجم الميثان المنتج سنويًا سيكون أكثر من $247.461m^3$, عند استخدام منشآت التوليد المشترك للطاقة، يمكن تقدير أن كمية هذا الميثان سنويًا كافية لإنتاج ما يقرب من 987Mw، والتي تتوافق مع قدرة كهربائية تبلغ 0.12Mw.

ستجلب الطاقة المولدة ما يقرب من 158000 يورو. استندت منهجية حساب كمية الحرارة والطاقة الحرارية على نفس الطريقة المتبعة في الكهرباء، مما يعني أن الطاقة الحرارية تم تحديدها عند 4000

جيجا جول تقريبًا. مع متوسط السعر المفترض للتدفئة في المنطقة (حوالي 10 يورو)، من الممكن توقع دخل سنوي يقارب 40.000 يورو.

ب) الإستنتاج:

يتيح استخدام السماد الصلب كمصدر للطاقة الكيميائية (الغاز الحيوي) تقليل انبعاثات مكافئ ثاني أكسيد الكربون بما يصل إلى 100Mg في السنة, لتحديد التوازن الاقتصادي بشكل صحيح، سيكون من الضروري إجراء تحليلات للطاقة والاقتصاد لتدفقات النفايات الإضافية (نفايات الألبان، ونفايات صناعة الأغذية الزراعية، وما إلى ذلك) التي يمكن أن تزيد من طاقة مصنع الغاز الحيوي، وبالتالي كفاءتها.

V-10- الدراسة المرجعية رقم (10):

مقالة علمية بعنوان:

«A critical review of biogas production and usage with legislations framework across the globe [10] »

تركز هذه المراجعة على اقتراح تحليل شامل للتقدم الأخير في تقنيات الغاز الحيوي بهدف تحقيق تقدم نحو تحويل النفايات لإنتاج الطاقة الكهربائية والحرارة وأشكال أخرى من ناقلات الطاقة - 2021 - بحيث يمثل الجدول (32) مراجعة نقدية لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه في جميع أنحاء العالم.

الجدول(32): مراجعة نقدية لإنتاج الغاز الحيوي واستخدامه في إطار التشريعات في جميع أنحاء العالم.

المادة الأولية	الجزء العضوي من النفايات الصلبة			
تقنيات إنتاج الغاز الحيوي	- تقنية الهضم اللاهوائي - تقنية الدفن - تقنية الهضم			
مصادر إنتاج الغاز الحيوي	- محطات معالجة مياه الصرف الصحي- هضم النفايات الحيوية- المنتجات الزراعية - تدفق النفايات من الصناعات المختلفة - غاز النفايات			
مكونات الكتلة الحيوية	- الكربوهيدرات - المواد البروتينية – الدهون - السيليلوز – الهيميسيليلوز			
مراحل إنتاج الغاز الحيوي	1-التحلل المائي 2-التولد الحمضي 3-توليد الأسيتات 4- تكوين الميثان			
مكونات الغاز الحيوي	الميثان (60٪) وثاني أكسيد الكربون (40-35٪) –غازات أخرى			
الدول الأكثر إنتاجا للغاز الحيوي في العالم	في أوروبا	في أمريكا	في آسيا	
	1- ألمانيا 120 TWh 2- بريطانيا25TWh 3-فرنسا9TWh 4-هولندا,الدنمارك 4TWh	1- كاليفورنيا 65740000kwh 2-تكساس 657400000kwh	-الصين - الهند - تايلندا	
الدول الرئيسة في إنتاج الغاز الحيوي في الإتحاد الأوروبي	-فرنسا – إيطاليا – ألمانيا – التشيك – بريطانيا			
أنواع الأنظمة الأكثر مساهمة في إنتاج الغاز الحيوي لبعض البلدان	مواقع الدفن	مياه الصرف الصحي	السماد الطبيعي	نفايات المطاعم	نفايات المزارع
	- بريطانيا - أستراليا - كوريا الجنوبية	- سويسرا - السويد	- الدنمارك	- ألمانيا - بريطانيا - السويد	- الصين- ألمانيا - فرنسا- هولندا - النمسا- إيطاليا

عدد المصانع في جميع أنحاء العالم	7000000مصنع في آسيا وإفريقيا وأمريكا الجنوبية حوالي 7000نظام غاز حيوي واسع النطاق في الصين تايلندا 1700مصنع	في أوروبا 17783مصنع - ألمانيا 10971مصنع - إيطاليا 1665مصنع - فرنسا 742مصنع - سويسرا 632مصنع - بريطانيا 613مصنع	الولايات المتحدة الأمريكية 2200مصنع واسع النطاق
تطبيقات الغاز الحيوي	- توليد الحرارة والطاقةCHP- توليد الكهرباء – الترقية إلى ميثان حيوي - توليد حراري – إنتاج الهيدروجين – وقود النقل – خلايا الوقود		

مقارنة بين المصادر المختلفة من حيث إنتاج الغاز الحيوي وتوليد الكهرباء

أنواع الموارد	الدهون	مخلفات الطعام	روث الماشية	نفايات الفاكهة	سيلاج الذرة	حمأة مياه الصرف الصحي	سماد الدجاج	النفايات البلدية الصلبة
إنتاج الغاز الحيوي (m^3/ton)	1200-826	110	55-68	74	200-220	47	126	101.5
إنتاج الكهرباء (kwh /ton)	1687.4	224.6	122.5	151.6	409.6	96	257.3	207.2

أ) التحليل والمناقشة:

يتكون الغاز الحيوي بشكل طبيعي من مواد حيوية ومكونه الرئيسي هو الميثان , حيث يتم إنتاج حوالي 3.5 مليون طن من الميثان الحيوي في جميع أنحاء العالم وإمكانية إنتاجه اليوم تزيد عن 700 مليون طن ينتج الغاز الحيوي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي وهضم النفايات الحيوية والمنتجات الزراعية وتدفق النفايات من الصناعات المختلفة ,استخدام تقنيات الغاز الحيوي يسمح للصناعات بالتخلص من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والتلوث الناتج عن التخلص من النفايات كما يساهم بشكل كبير في الحفاظ على المواد الطبيعية وحماية البيئة , بينما يوفر نطاقا واسعا من استخدامات الطاقة مثل أغراض التدفئة والكهرباء والنقل وتوليد الحرارة والطاقة .

في الإتحاد الأوروبي وأمريكا الشمالية تم تطوير مصانع الغاز الحيوي أكثر من القارات الأخرى على مدار 40 عاما الماضية .

أظهرت جمعية الغاز الحيوي (WBA) في 2019 أنه لا يوجد سوى 700000 مصنع غاز حيوي مثبت في آسيا وإفريقيا وأمريكا الجنوبية فيما يتعلق بالمصانع الكبيرة يعمل حوالي 7000 نظام غاز حيوي واسع النطاق في الصين, أوروبا في عام 2017 كان لديها 17783 مصنعا بينما كانت ألمانيا تهيمن على

صناعة الغاز الحيوي الأوروبية بـ 10971 مصنعا تليها إيطاليا بـ 1665 مصنعا وفرنسا 742 وسويسرا632 وبريطانيا بـ 613 مصنعا على التوالي.

ذكرت بيانات الرابطة العالمية للغاز الحيوي في سنة 2019 عن 2200 هضم لا هوائي واسع النطاق في الولايات المتحدة الأمريكية , قادرة على توليد 997MW.

تختلف صناعة الغاز الحيوي بشكل كبير في أجزاء مختلفة من العالم, استخدمت بريطانيا وأستراليا وكوريا الجنوبية مواقع دفن النفايات لتحقيق جزء كبير من إنتاجها من الغاز الحيوي بينما في سويسرا والسويد يسود استخدام مياه الصرف الصحي لتوليد الغاز الحيوي , تستخدم الدنمارك السماد الطبيعي بسبب وفرته وتوافره , في ألمانيا وبريطانيا والسويد ينشأ معظم توليد الغاز الحيوي من نفايات الطعام .

في إنتاج الغاز الحيوي القائم على المزرعة تم الاعتراف بالصين وألمانيا كقادة عالميين حيث يوجد حوالي 24000 مصنع صغير الحجم في الصين وما يقرب 8000 مصنع زراعي بألمانيا.

ب) الإستنتاج:

مع التطبيقات الجديدة للغاز الحيوي, زادت صناعة الغاز الحيوي في مناطق مختلفة من العالم بين عامي (2010-2018) بأكثرمن90%.

لا يزال متوقع حدوث مزيد من النمو,الإمكانيات الإجمالية لصناعة الغاز الحيوي 88 تيراوات ساعة, بلغت الكهرباء المولدة من الغاز الحيوي 18.1جيجاوات مقابل 8.2 جيجا وات في 2009, يتم توليد أكثرمن20% من الكهرباء المنتجة في إجمالي إنتاج الطاقة الحيوية من الغاز الحيوي مع 4%من توليد الحرارة في العالم.

الخلاصة:

يَنشأ الغاز الحيوي من مادة عضوية وهو نوع من الوقود الحيوي ويُنتج عن طريق الهضم اللاهوائي أو التخمر لمواد قابلة للتحلل الحيوي مثل الكتل الحيوية، السماد، مياه المجاري ،النفايات الصلبة، النفايات الخضراء، النباتات ومحاصيل الطاقة. يتألف هذا النوع من الغاز الحيوي في المقام الأول من الميثان وثاني أكسيد الكربون.

تتوفر عدة عوامل أساسية تحكم إنتاج هذا الغاز أهمها درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، ونسبة الكربون إلى النيتروجين، وتركيز المادة الصلبة، وزمن البقاء، ومعدلات التحميل العضوي.

تسمح الطاقة المتحررة للغاز الحيوي أن يستعمل كوقود, حيث من الممكن أن يستخدم الغاز الحيوي كوقود رخيص في أي بلد لأي غرض تسخين كالطبخ. كما يُمكن أن يستعمل أيضاً في منشآت إدارة النفايات الحديثة حيث يتسنى استخدامه لتشغيل أي نوع من المحركات الحرارية لتوليد الطاقة الميكانيكية أو الإلكترونية. بإمكان الغاز الحيوي أن يُضغط، ما يشبه إلى حد كبير الغاز الطبيعي، ويُستخدم في تزويد المركبات الميكانيكية بالطاقة، ويعتبر الغاز الحيوي وقوداً متجدداً مما يؤهل للحصول على دعم متجدد للطاقة في بعض أنحاء العالم.

قائمة المراجع:

[1] Alavi-Borazjani, S., I. Capela, et al. (2020). "Valorization of biomass ash in biogas technology: Opportunities and challenges." Energy Reports **6**: 472-476

[2]Hernandez, S. C., L. D. Jimenez, et al. (2018). "The potential for biogas production from agriculture wastes in Mexico." Biofuels—State of Development: 15-36.

[3] Cahyono, N. D., M. Shamsuddin, et al. (2021). Anaerobic co-digestion of chicken manure with energy crop residues for biogas production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing.

[4] Rani, P., M. Bansal, et al. (2022). "Experimental and kinetic studies on co-digestion of agrifood and sewage sludge for biogas production." Journal of Taibah University for Science **16**(1): 147-154.

[5] Ahlberg-Eliasson, K., M. Westerholm, et al. (2021). "Anaerobic Digestion of Animal Manure and Influence of Organic Loading Rate and Temperature on Process Performance, Microbiology, and Methane Emission From Digestates."

[6] Paone, E., F. Fazzino, et al. (2021). "Towards the anchovy biorefinery: biogas production from anchovy processing waste after fish oil extraction with biobased limonene." Sustainability **13**(5): 2428.

[7] Setyobudi, R. H., E. Yandri, et al. (2021). "Healthy-Smart Concept as Standard Design of Kitchen Waste Biogas Digester for Urban Households." Jordan Journal of Biological Sciences **14**(3).

[8] Slepetiene, A., M. Kochiieru, et al. (2022). "The Effect of Anaerobic Digestate on the Soil Organic Carbon and Humified Carbon Fractions in Different Land-Use Systems in Lithuania." Land **11**(1): 133.

[9] Mazurkiewicz, J. (2022). "Energy and Economic Balance between Manure Stored and Used as a Substrate for Biogas Production." Energies **15**(2): 413.

[10] Abanades, S., H. Abbaspour, et al. (2021). "A critical review of biogas production and usage with legislations framework across the globe." International Journal of Environmental Science and Technology: 1-24.

خلاصة عامة

إن تراكم النفايات العضوية يحتم علينا إيجاد طرق للتعامل معها والحد من أخطارها، وبتنوع هذه النفايات تتعدد أساليب القضاء عليها، ولكن في وقتنا الحالي أصبح التخلص من هذه النفايات فقط ليس كافيا بسبب شح الموارد وحاجتنا إلى مواد أولية عديدة ولذلك ظهر مفهوم تثمين النفايات, ينتج عن تثمين النفايات العضوية في الوسط الهوائي سماد عضوي وهو عبارة عن كل مادة عضوية تضاف للأرض لزيادة نسبة المادة العضوية فيها وتشكيل المواد الدبالية في التربة نتيجة تحلل هذه الأسمدة داخل الأرض بفعل بعض الأحياء الدقيقة يساهم السماد العضوي في تعديل التربة وتحسين بنتيها ويزيد من النشاط البيولوجي ويساعد في الحفاظ على دبال التربة في الزراعة، فمن الضروري إضافة النيتروجين إلى المحاصيل وكذلك الفوسفور والبوتاسيوم للحصول على محصول جيد ومع ذلك فإن التسميد المعتمد فقط على السماد العضوي لا يكون دائمًا بيئيًا متوازنًا، لأن كميات الفوسفور التي يتم جلبها إلى التربة غالبًا ما تكون عالية جدًا مقارنة باحتياجات لخضروات، لذلك من المهم فهم هذه العملية والتعرف على هاتين المادتين.

كما عمدت العديد من الدول إلى تشييد محطات لإنتاج الغاز الحيوي من هذه النفايات باستخدام تقنية الهضم اللاهوائي أو الهضم من دون أكسجين، وهو عملية تحلل حيوي بطريقة طبيعية للمواد العضوية في غياب الأكسجين ينتج عنها أسمدة عضوية تستخدم في تخصيب التربة، وغاز مركب يتكون أساسا من الميثان بنسبة تقارب الثلثين ومن غاز ثاني أكسيد الكربون (حوالي الثلث)، إضافة إلى شوائب أخرى. وتختلف تلك النسب بحسب مصدر النفايات إن كانت منزلية أو زراعية أو صناعية. وينتج الغاز الحيوي نصف كمية الطاقة التي ينتجها الغاز الطبيعي الذي تفوق فيه نسبة غاز الميثان (أو البروبين) 96 %. لكن الغاز الحيوي يبقى ذا أهمية بالغة ليس فقط كمصدر لتشغيل مولدات الطاقة الكهربائية ووقود للسيارات ومصدر لإنتاج الهيدروجين، بل كذلك في التخلص من غاز الميثان الناتج عن تحلل المواد العضوية والمعروف كأحد غازات الانحباس الحراري، وقدرته على تسخين الجو أشد 25 مرة من تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون.

غير أن كميات النفايات العضوية المستخدمة في إنتاج الطاقة ما زالت ضئيلة نسبيا. وبحسب وكالة حماية البيئة الأميركية فإن عمليات التحويل لا تشمل حاليا سوى 3% من هذه النفايات. ويمكن أن ينتج تحويل 50% من هذه النفايات من مدافن النفايات إلى آلات الهضم اللاهوائية في المستقبل، غازا حيويا يولد طاقة كافية لخدمة أكثر من 2.5 مليون منزل سنويا.

الآفاق المستقبلية:

بالنسبة للباحثين، تبدو النفايات العضوية منجما مهما ليس فقط لإنتاج الغاز الحيوي والسماد العضوي بل كذلك لاستخراج وتصنيع مواد مختلفة تشكل مواد أولية لمسار صناعي، فيما يطلق عليه اسم الاقتصاد الدائري.

وفي هذا الإطار يعمل باحثون على إنتاج مركبات كيميائية من النفايات العضوية المنتجة من الصناعات الغذائية ومن الزراعة. وقام العلماء بإنتاج مادة الغليسرين من النفايات العضوية لعمليات إنتاج الديزل الحيوي وتحويل الزيوت النباتية. وهي مادة كيميائية مهمة تستخدم في الكثير من الصناعات، كصناعة مستحضرات التجميل وصناعة النسيج والورق والصناعات الغذائية.

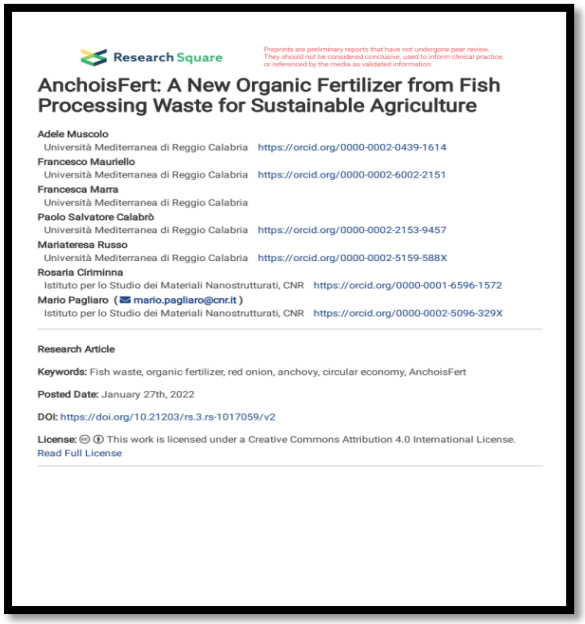
وفي مجال الصناعات الكيميائية كذلك، تعمل بعض الشركات على تصنيع أنواع جديدة من البلاستيك الحيوي القابل للتحلل من نفايات عمليات التحويل الصناعي للطماطم والعنب وغير ذلك من المنتجات الزراعية.

أما في قطاع البناء والإنشاءات وهو أكثر القطاعات استهلاكا للمواد الأولية، فقد وجد باحثون أن بعض النفايات العضوية يمكن أن تكون بديلا نظيفا لمواد البناء المستخدمة حاليا، ولمجابهة نقص الموارد بسبب الاستنزاف السريع الذي تتعرض له مختلف الثروات الطبيعية كان لا بد من التفكير في مواد بديلة.

وطبقا لنتائج بحوث أجراها مكتب إنجليزي للاستشارات الهندسية، فإن قشور الموز والبطاطس والفول السوداني على سبيل المثال يمكن أن تكون مصدرا لمواد البناء المستدامة في المستقبل. وتبدو الفكرة من الوهلة الأولى مجرد فكرة طريفة وغير واقعية، لكن دراسة خصائص هذه المواد تثبت عكس ذلك. وقد تمكن الباحثون فعلا من تصنيع مواد بناء مستخلصة من هذه النفايات.

قائمة الملاحق

الفصل الرابع:



Research Square

Preprints are preliminary reports that have not undergone peer review. They should not be considered conclusive, used to inform clinical practice, or referenced by the media as validated information.

AnchoisFert: A New Organic Fertilizer from Fish Processing Waste for Sustainable Agriculture

Adele Muscolo
Università Mediterranea di Reggio Calabria https://orcid.org/0000-0002-0439-1614
Francesco Mauriello
Università Mediterranea di Reggio Calabria https://orcid.org/0000-0002-6002-2151
Francesca Marra
Università Mediterranea di Reggio Calabria
Paolo Salvatore Calabrò
Università Mediterranea di Reggio Calabria https://orcid.org/0000-0002-2153-9457
Mariateresa Russo
Università Mediterranea di Reggio Calabria https://orcid.org/0000-0002-5159-588X
Rosaria Ciriminna
Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati, CNR https://orcid.org/0000-0001-6596-1572
Mario Pagliaro (mario.pagliaro@cnr.it)
Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati, CNR https://orcid.org/0000-0002-5096-329X

Research Article

Keywords: Fish waste, organic fertilizer, red onion, anchovy, circular economy, AnchoisFert

Posted Date: January 27th, 2022

DOI: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1017059/v2

License: This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Read Full License

المقالة العلمية (1)

Afrique SCIENCE 11(2) (2015) 76 - 84 76
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.info

Valorisation agricole des déchets comme alternative à leur gestion dans les villes d'Afrique subsaharienne : caractérisation des déchets urbains à Lubumbashi et évaluation de leurs effets sur la croissance des cultures vivrières

Louis BABOY LONGANZA[1,2], Laurent KIDINDA KIDINDA[1*], Dominique TSHIPAMA TAMINA[3], Adonis TOMBO JACOB[1] et Marcel TSHILIKA IKATALO[4]

[1] *Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo; BP 1825*
[2] *Collaborateur scientifique à l'Université Libre de Bruxelles, Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs, Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de production végétale, B-1050 Bruxelles, Belgique.*
[3] *Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques, Station de KIPOPO, RD Congo.*
[4] *Institut supérieur des Techniques médicales (ISTM), Kolwezi, RD Congo.*

* Correspondance, courriel : *kidindalaurent@gmail.com*

Résumé

Un essai évaluant la qualité de différents composts issus des déchets urbains de la ville de Lubumbashi a été installé suivant un dispositif complètement randomisé à quatre répétitions. Trois types des composts caractérisés et comparés aux traitements avec NPK et sans fertilisation ont été appliqués dans des pots contenant le maïs et le haricot commun. La caractérisation était basée sur les paramètres physiques, chimiques et microbiologiques. Après analyse, les rapports C/N obtenus ont varié entre 12,772 et 13,612. Les teneurs moyennes des composts en C (5,988%), N (0,448%), P (2,31%) et K (1,138%) répondaient positivement aux normes internationales prises comme référence. Quant à la présence des métaux lourds, les concentrations enregistrées sont normales par rapport aux normes standards. L'analyse microbiologique a révélé la présence de bactéries de genres *Escherichia* et *Staphylococcus*. Les taux de germination et de survie du maïs et d'haricot étaient de 100% et la combinaison ordures de décharge publique + la paille + fumier donne des résultats similaires ou supérieurs au NPK alors. La valorisation des déchets de la ville de Lubumbashi par compostage est une bonne option dans un contexte de cherté des engrais minéraux et de la quasi-inexistence, au niveau de la municipalité, d'une politique de gestion des déchets.

Mots-clés : *compost des déchets urbains, maturité du compost, éléments fertilisants, microorganismes.*

Abstract

Agricultural valorization of waste as an alternative to their management in the sub-Saharan Africa cities: characterization of urban waste at Lubumbashi and evaluation of their effects on the growth of the staple crops

A trial evaluating the quality of different composts from urban waste of the city of Lubumbashi was installed following a completely randomized design with four repetitions. Three types of composts characterized and compared to treatment with NPK and without fertilization were applied in pots corn and common bean. The characterization was based on physical, chemical and microbiological parameters.

المقالة العلمية (2)

Journal of Integrative Agriculture 2021, 20(6): 1649–1659

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

ELSEVIER

RESEARCH ARTICLE

Microbial community dynamics during composting of animal manures contaminated with arsenic, copper, and oxytetracycline

Ebrahim SHEHATA[1,2], CHENG Deng-miao[3], MA Qian-qian[1], LI Yan-li[1], LIU Yuan-wang[1], FENG Yao[1], JI Zhen-yu[1], LI Zhao-jun[1]

[1] *Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/China–New Zealand Joint Laboratory for Soil Molecular Ecology, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, P.R.China*
[2] *Department of Natural Resources and Agricultural Engineering, College of Agriculture, Damanhour University, Damanhour 22511, Egypt*
[3] *Research Center for Eco-Environmental Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, P.R.China*

Abstract

Effects of the heavy metal copper (Cu), the metalloid arsenic (As), and the antibiotic oxytetracycline (OTC) on bacterial community structure and diversity during cow and pig manure composting were investigated. Eight treatments were applied, four to each manure type, namely cow manure with: (1) no additives (control), (2) addition of heavy metal and metalloid, (3) addition of OTC and (4) addition of OTC with heavy metal and metalloid; and pig manure with: (5) no additives (control), (6) addition of heavy metal and metalloid, (7) addition of OTC and (8) addition of OTC with heavy metal and metalloid. After 35 days of composting, according to the alpha diversity indices, the combination treatment (OTC with heavy metal and metalloid) in pig manure was less harmful to microbial diversity than the control or heavy metal and metalloid treatments. In cow manure, the treatment with heavy metal and metalloid was the most harmful to the microbial community, followed by the combination and OTC treatments. The OTC and combination treatments had negative effects on the relative abundance of microbes in cow manure composts. The dominant phyla in both manure composts included Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, and Proteobacteria. The microbial diversity relative abundance transformation was dependent on the composting time. Redundancy analysis (RDA) revealed that environmental parameters had the most influence on the bacterial communities. In conclusion, the composting process is the most sustainable technology for reducing heavy metal and metalloid impacts and antibiotic contamination in cow and pig manure. The physicochemical property variations in the manures had a significant effect on the microbial community during the composting process. This study provides an improved understanding of bacterial community composition and its changes during the composting process.

Received 3 March, 2020 Accepted 10 June, 2020
Correspondence LI Zhao-jun, Tel: +86-10-82108657, E-mail: lizhaojun@caas.cn

© 2021 CAAS. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

doi: 10.1016/S2095-3119(20)63290-7

المقالة العلمية (3)

Journal of Integrative Agriculture 2022, 21(2): 542–551

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

ELSEVIER

RESEARCH ARTICLE

Preparation and efficacy evaluation of *Paenibacillus polymyxa* KM2501-1 microbial organic fertilizer against root-knot nematodes

CHENG Wan-li, ZENG Li, YANG Xue, HUANG Dian, YU Hao, CHEN Wen, CAI Min-min, ZHENG Long-yu, YU Zi-niu, ZHANG Ji-bin

State Key Laboratory of Agricultural Microbiology/National Engineering Research Center of Microbial Pesticides/College of Life Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P.R.China

Abstract

Root-knot nematodes (RKNs) cause huge yield losses to agricultural crops worldwide. Meanwhile, livestock manure is often improperly managed by farmers, which leads to serious environmental pollution. To resolve these two problems, this study developed a procedure for the conversion of chicken manure to organic fertilizer by larvae of *Hermetia illucens* L. and *Bacillus subtilis* BSF-CL. Chicken manure organic fertilizer was then mixed thoroughly with *Paenibacillus polymyxa* KM2501-1 to a final concentration of 1.5×10^8 CFU g^{-1}. The efficacy of KM2501-1 microbial organic fertilizer in controlling root-knot nematodes was evaluated in pot and field experiments. In pot experiments, applying KM2501-1 microbial organic fertilizer either as a base fertilizer or as a fumigant at the dose of 40 g/pot suppressed root-knot disease by 61.76 and 89.05% compared to the corresponding control treatments, respectively. When applied as a fumigant at the dose of 1 kg m^{-2} in field experiments, KM2501-1 microbial organic fertilizer enhanced the growth of tomato plants, suppressed root-knot disease by 49.97%, and reduced second stage juveniles of RKN in soil by 88.68%. KM2501-1 microbial organic fertilizer controlled RKNs better than commercial bio-organic fertilizer in both pot and field experiments. These results demonstrate that this co-conversion process efficiently transforms chicken manure into high value-added larvae biomass and KM2501-1 microbial organic fertilizer with potential application as a novel nematode control agent.

Keywords: chicken manure, *Hermetia illucens* L., microbial organic fertilizer, root-knot nematode, field experiment

1. Introduction

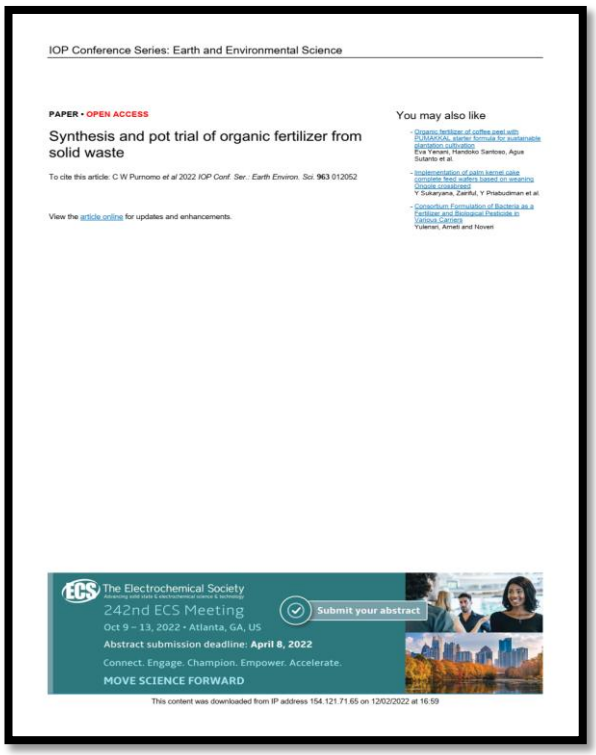
Plant parasitic nematodes (PPNs) have been estimated to cause economic losses of 150 billion US dollars per year (Li *et al.* 2019), more than half of which are due to root-knot nematodes (RKNs; *Meloidogyne* spp.) (Kim *et al.* 2016). The RKN *Meloidogyne incognita* is one of the most damaging agricultural nematode species with a wide host range and distribution area (Liu *et al.* 2017). Second stage juveniles (J2s) penetrate into the roots and induce the formation of giant cells and galls, which leads to disruption

Received 4 August, 2020 Accepted 8 November, 2020
CHENG Wan-li, E-mail: chengwanli@mail.hzau.edu.cn; Correspondence ZHANG Ji-bin, Tel: +86-27-87287701, Fax: +86-27-87287254, E-mail: zhangjib@mail.hzau.edu.cn

© 2022 CAAS. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

doi: 10.1016/S2095-3119(20)63498-0

المقالة العلمية(4)



IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

PAPER • OPEN ACCESS

Synthesis and pot trial of organic fertilizer from solid waste

To cite this article: C W Purnomo *et al* 2022 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **963** 012052

View the article online for updates and enhancements.

You may also like

- Organic fertilizer of coffee peel with PUMAKASAL starter formula for sustainable plantation cultivation
Eva Yenani, Handoko Santoso, Agus Sutanto et al.
- Implementation of palm kernel cake complete feed wafers based on sewing Ongole crossbreed
Y Sukaryana, Zaenful, Y Priasudiman et al.
- Consortium Formulation of Bacteria as a Fertilizer and Biological Pesticide in Various Carriers
Yulensri, Arneti and Noveri

The Electrochemical Society
242nd ECS Meeting
Oct 9 – 13, 2022 • Atlanta, GA, US
Abstract submission deadline: April 8, 2022
Connect. Engage. Champion. Empower. Accelerate.
MOVE SCIENCE FORWARD
Submit your abstract

This content was downloaded from IP address 154.121.71.65 on 12/02/2022 at 16:59

المقالة العلمية (5)

HAL open science

Valorisation des boues de traitement des eaux usées d'une unité laitière par compostage aérobie

To cite this version:

HAL Id: hal-03172943
https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03172943

Submitted on 17 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

المقالة العلمية (6)

Bioresource Technology Reports

Bacterium consortium drives compost stability and degradation of organic contaminants in in-vessel composting process of the mechanically separated organic fraction of municipal solid waste (MS-OFMSW)

المقالة العلمية (7)

RSC Advances

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY

REVIEW

View Article Online
View Journal | View Issue

Check for updates

Cite this: *RSC Adv.*, 2021, **11**, 15977

Reducing odor emissions from feces aerobic composting: additives

Ping Zhu,[a] Yilin Shen,[a] Xusheng Pan,[a] Bin Dong,[*b] John Zhou,[c] Weidong Zhang[d] and Xiaowei Li[*e]

Received 15th January 2021
Accepted 5th March 2021

DOI: 10.1039/d1ra00355k

rsc.li/rsc-advances

Aerobic composting is a reliable technology for treating human and animal feces, and converting them into resources. Odor emissions in compost (mainly NH_3 and VSCs) not only cause serious environmental problems, but also cause element loss and reduce compost quality. This review introduces recent progresses on odor mitigation in feces composting. The mechanism of odor generation, and the path of element transfer and transformation are clarified. Several strategies, mainly additives for reducing odors proven effective in the literature are proposed. The characteristics of these methods are compared, and their respective limitations are analyzed. The mechanism and characteristics of different additives are different, and the composting plant needs to be chosen according to the actual situation. The application of adsorbent and biological additives has a broad prospect in feces composting, but the existing research is not enough. In the end, some future research topics are highlighted, and further research is needed to improve odor mitigation and element retention in feces compost.

1. Introduction

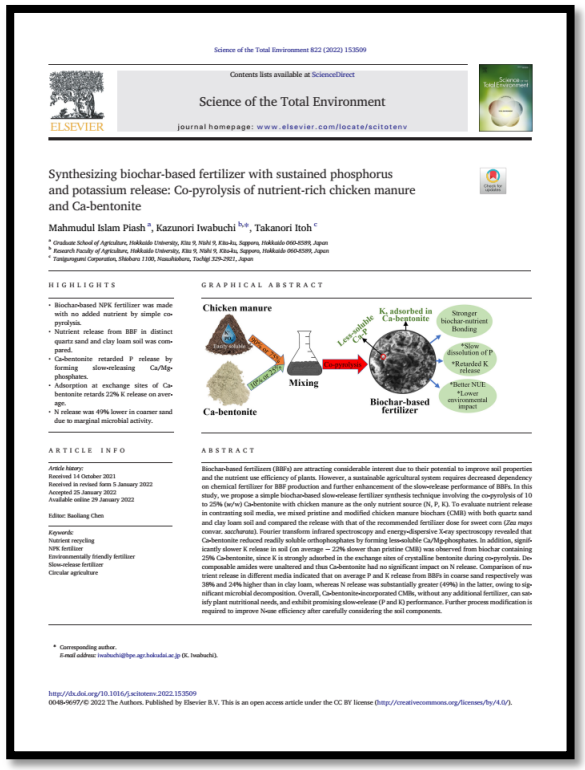
With the upgrading and expansion of the livestock and poultry industry, the production of livestock and poultry manure has increased dramatically. According to the statistical yearbook of China, the annual production of livestock manure in China is about 3.8×10^9 ton.[1] Unfortunately, the drastic world population increase (exceeded 7.6 billion people in 2018) has led to serious environmental problems for human waste management to become more severe.[2] Based on a wet weight of 350 g–400 g per person per day, it is estimated that over one billion wet tons of human feces are produced every year worldwide, and these production levels continue to increase.[3] In terms of the composition, animal and human feces contain considerable nutrients, heavy metals and pathogens.[4] If feces are discharged into the water without treatment, it will pollute water sources. Nutrients will cause water eutrophication, and the organic matter in feces will rot. This results in the breeding of mosquitoes and flies, and the production of odor, bringing troubles to surrounding residents' daily life.[4] If heavy metals in water enter the human body through the food chain, they will accumulate in the human body and cause various diseases, such as kidney damage and bone pain. In 1956, the Japan Minamata disease events, which shocked the world, were caused by mercury pollution, resulting in thousands of Japanese citizens suffering horrific neurological injury.[5] Moreover, pathogens, viruses and the eggs of parasites contained in feces may cause the spread of various diseases, such as typhoid fever (including *Salmonella* infection), dysentery (including *Shigella* infection), polio and hepatitis A.[7] These pathogens are mainly spread through contaminated food and water. If they contaminate drinking water, it will cause more serious and widespread disease problems. In 2015, a fishing village polluted the water source with feces, resulting in an outbreak of cholera. The outbreak caused illness and death of villagers, involving 65 cases and two deaths.[8] As an ignored pollutant resource, antibiotic resistance genes in feces are also very harmful.[9] They could be absorbed by crops and enter the human body through the food chain, causing damage to the liver and kidney function, the destruction of normal human flora, and harming public health.[10,11]

The disposal of feces is a worldwide hygiene and health problem. Especially in developing countries, approximately 31% of people resort to inadequate feces disposals.[12] In general, most feces will be eliminated as waste, not as precious resources.[13] Feces contain not only a large amount of organic matter, but also nitrogen, phosphorus, potassium and other crop nutrients, so they are good raw materials for composting.[14] Composting can reduce the volume of feces, and stabilize and

© 2021 The Author(s). Published by the Royal Society of Chemistry

RSC Adv., 2021, **11**, 15977–15988 | **15977**

المقالة العلمية (8)



Science of the Total Environment 822 (2022) 153509

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv

Synthesizing biochar-based fertilizer with sustained phosphorus and potassium release: Co-pyrolysis of nutrient-rich chicken manure and Ca-bentonite

Mahmudul Islam Piash [a], Kazunori Iwabuchi [b,*], Takanori Itoh [c]

[a] Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan
[b] Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Kita 9, Nishi 9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan
[c] Tsuruyuguru Corporation, Shiuhara 1100, Nasushiobara, Tochigi 329-2827, Japan

HIGHLIGHTS

- Biochar-based NPK fertilizer was made with no added nutrient by simple co-pyrolysis.
- Nutrient release from BBF in distinct quartz sand and clay loam soil was compared.
- Ca-bentonite retarded P release by forming slow-releasing Ca/Mg-phosphates.
- Adsorption at exchange sites of Ca-bentonite retards 22% K release on average.
- N release was 49% lower in coarser sand due to marginal microbial activity.

GRAPHICAL ABSTRACT

ARTICLE INFO

Article history:
Received 14 October 2021
Received in revised form 5 January 2022
Accepted 25 January 2022
Available online 29 January 2022

Editor: Baoliang Chen

Keywords:
Nutrient recycling
NPK fertilizer
Environmentally friendly fertilizer
Slow-release fertilizer
Circular agriculture

ABSTRACT

Biochar-based fertilizers (BBFs) are attracting considerable interest due to their potential to improve soil properties and the nutrient use efficiency of plants. However, a sustainable agricultural system requires decreased dependency on chemical fertilizer for BBF production and further enhancement of the slow-release performance of BBFs. In this study, we propose a simple biochar-based slow-release fertilizer synthesis technique involving the co-pyrolysis of 10 to 25% (w/w) Ca-bentonite with chicken manure as the only nutrient source (N, P, K). To evaluate nutrient release in contrasting soil media, we mixed pristine and modified chicken manure biochars (CMB) with both quartz sand and clay loam soil and compared the release with that of the recommended fertilizer dose for sweet corn (*Zea mays convar. saccharata*). Fourier transform infrared spectroscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy revealed that Ca-bentonite reduced readily soluble orthophosphates by forming less-soluble Ca/Mg-phosphates. In addition, significantly slower K release in soil (on average ~ 22% slower than pristine CMB) was observed from biochar containing 25% Ca-bentonite, since K is strongly adsorbed in the exchange sites of crystalline bentonite during co-pyrolysis. Decomposable amides were unaltered and thus Ca-bentonite had no significant impact on N release. Comparison of nutrient release in different media indicated that on average P and K release from BBFs in coarse sand respectively was 38% and 24% higher than in clay loam, whereas N release was substantially greater (49%) in the latter, owing to significant microbial decomposition. Overall, Ca-bentonite-incorporated CMBs, without any additional fertilizer, can satisfy plant nutritional needs, and exhibit promising slow-release (P and K) performance. Further process modification is required to improve N-use efficiency after carefully considering the soil components.

* Corresponding author.
E-mail address: iwabuchi@fsc.agr.hokudai.ac.jp (K. Iwabuchi).

http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153509
0048-9697/© 2022 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقالة العلمية (10)

Resources, Environment and Sustainability 5 (2021) 100034

Contents lists available at ScienceDirect

Resources, Environment and Sustainability

journal homepage: www.elsevier.com/locate/reserv

Effect of co-applied corncob biochar with farmyard manure and NPK fertilizer on tropical soil

Samuel Obeng Apori [a,*], John Byalebeka [b], Marius Murongo [b], Joseph Ssekandi [b], Gordon Loguran Noel [b]

[a] African Center of Excellence in Agroecology and Livelihood System, Faculty of Agriculture, Uganda Martyrs University, Uganda
[b] Faculty of Agriculture Uganda Martyrs University, Uganda

ARTICLE INFO

Keywords:
Biochar
Farmyard manure
NPK fertilizer
Chemical properties
Net income

ABSTRACT

Biochar has shown a positive impact on degraded soils. However, the effect of co-applied biochar with farmyard manure and inorganic fertilizer on soil chemical characteristics, yield, nutrient constituent and economic analysis of cucumber did not receive adequate research attention in sub-Saharan Africa. A field experiment was conducted on sandy clay loam soil with biochar at 10 t/ha individually or combined with farmyard manure and NPK using cucumber as a test crop. The co-applied biochar with the 5t/ha farmyard manure and NPK significantly increased soil pH, total nitrogen, available phosphorus, total organic carbon and effective cation exchangeable capacity than the sole application of the NPK fertilizer and the farmyard manure. Cucumber yield, net income, nutrient content such as nitrogen, phosphorus and potassium were significantly higher in the co-applied biochar with farmyard manure and NPK than the sole application of the NPK and the manure. Co-applied biochar with inorganic NPK showed higher soil available phosphorus, nitrogen, cucumber yield and net income than the co-applied biochar with farmyard manure. Similarly, co-applied biochar with NPK plots observed higher macronutrient constituents than the co-applied biochar with farmyard manure. These findings revealed that combined biochar with NPK proved to be an effective reclamation strategy to improve low fertile soils in the tropics than the co-applied biochar with farmyard manure.

1. Introduction

The degradation of the soils has been considered the major constraint for feeding the world's ever-growing population (Gupta, 2019). Soil degradation results from the high use of intensive agriculture activities, land use changed and mismanagement of soil (Lucas-Borja et al., 2019). Intensive agriculture activities in tropical soils have led to severe soil degradation through soil organic carbon (SOC) loss, deteriorate soil structure, increase risk of erosion and decline in soil ecosystem services (Adelman and Barton, 2002; Tsiafouli et al., 2015; Rockström et al., 2017).

Inorganic fertilizers and farmyard manures are being used to restore the degraded soils in the tropics. However, the continuous use of the inorganic fertilizers to restore degraded soil may increase soil acidification, decline microbial abundance and population, affect both the soil biota and biogeochemical processes thus posing an environmental risk and decreasing crop yield (Seufert et al., 2012). Also, soil amendments such as manure or compost have proven to enhance the physical environment and supply the soil with macro and micronutrients. Still, the high rapid decomposition and mineralization of organic resources make it ineffective for the reclamation of highly weathered soils on a long-term basis (Mensah and Frimpong, 2018).

Given that healthy soils will help feed the ever-growing world population, innovative agriculture technologies and practices are needed to prevent healthy soil from degradation (Nikitin and Kuricheva, 2019). Sustainable agricultural intensification (SAI) has been proposed as a climate-smart approach for remediation of degraded soil (Maertens et al., 2006; Tilman et al., 2011; Drechsel et al., 2015). One of the major aims of SAI practices is to enhance soil storage of black carbon on degraded soils, which can be derived by incorporating biochar into the degraded soil (Obiahu et al., 2020).

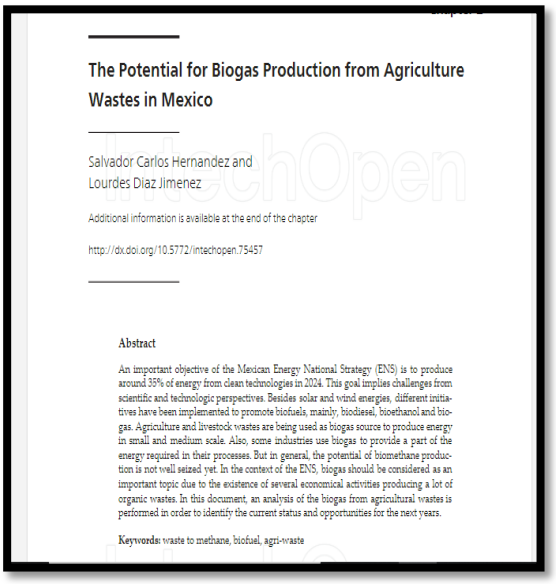
Biochar is a carbona organic by-product;resulting from the pyrolysis of biomass composed of recalcitrant organic carbon, which is not easily mineralized by soil microbes (Lehmann and Joseph, 2009). Biochar can also be defined as a solid by-product of biomass pyrolysis at 300 to 900 °C, in characterized by stable aromatic organic matter, high surface area, variable charges and functional groups (DeLuca et al., 2015; He et al., 2016). However, the availability of nutrients and their content in biochar are affected by the biomass type and processing conditions (Dieguez-Alonso et al., 2018).

* Corresponding author.
E-mail address: apori.samuel@umu.ac.ug (S.O. Apori).

https://doi.org/10.1016/j.reserv.2021.100034
Received 26 December 2020; Received in revised form 13 July 2021; Accepted 31 July 2021
Available online 14 August 2021
2666-9161/© 2021 The Author(s). Published by Elsevier B.V. on behalf of Lishui Institute of Ecology and Environment, Nanjing University. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المقالة العلمية (9)

الفصل الخامس:



The Potential for Biogas Production from Agriculture Wastes in Mexico

Salvador Carlos Hernandez and Lourdes Diaz Jimenez

Additional information is available at the end of the chapter

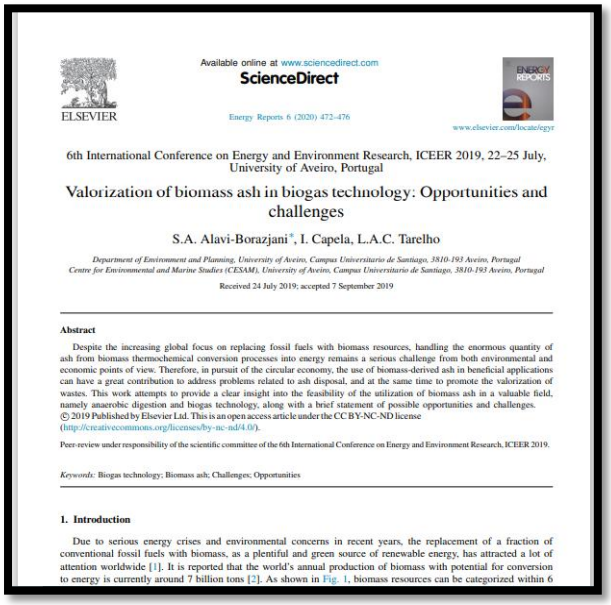
http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75457

Abstract

An important objective of the Mexican Energy National Strategy (ENS) is to produce around 35% of energy from clean technologies in 2024. This goal implies challenges from scientific and technologic perspectives. Besides solar and wind energies, different initiatives have been implemented to promote biofuels, mainly, biodiesel, bioethanol and biogas. Agriculture and livestock wastes are being used as biogas source to produce energy in small and medium scale. Also, some industries use biogas to provide a part of the energy required in their processes. But in general, the potential of biomethane production is not well seized yet. In the context of the ENS, biogas should be considered as an important topic due to the existence of several economical activities producing a lot of organic wastes. In this document, an analysis of the biogas from agricultural wastes is performed in order to identify the current status and opportunities for the next years.

Keywords: waste to methane, biofuel, agri-waste

المقالة العلمية (2)



Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Energy Reports 6 (2020) 472–476
www.elsevier.com/locate/egyr

6th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2019, 22–25 July, University of Aveiro, Portugal

Valorization of biomass ash in biogas technology: Opportunities and challenges

S.A. Alavi-Borazjani *, I. Capela, L.A.C. Tarelho

Department of Environment and Planning, University of Aveiro, Campus Universitario de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM), University of Aveiro, Campus Universitario de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

Received 24 July 2019; accepted 7 September 2019

Abstract

Despite the increasing global focus on replacing fossil fuels with biomass resources, handling the enormous quantity of ash from biomass thermochemical conversion processes into energy remains a serious challenge from both environmental and economic points of view. Therefore, in pursuit of the circular economy, the use of biomass-derived ash in beneficial applications can have a great contribution to address problems related to ash disposal, and at the same time to promote the valorization of wastes. This work attempts to provide a clear insight into the feasibility of the utilization of biomass ash in a valuable field, namely anaerobic digestion and biogas technology, along with a brief statement of possible opportunities and challenges.
© 2019 Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 6th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2019.

Keywords: Biogas technology; Biomass ash; Challenges; Opportunities

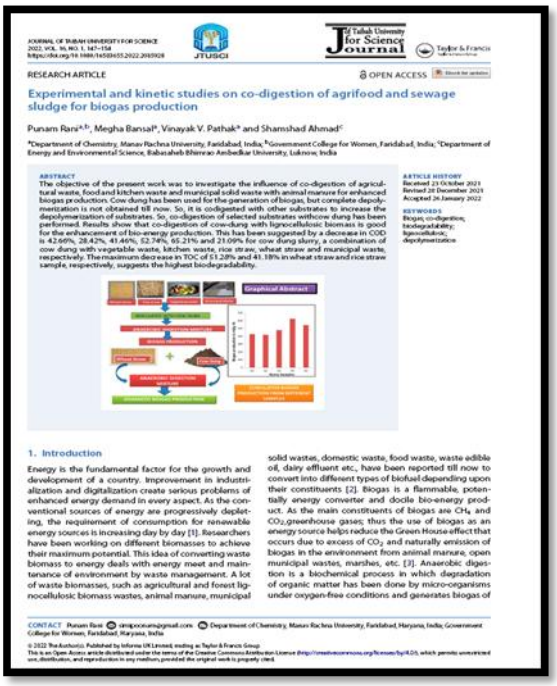
1. Introduction

Due to serious energy crises and environmental concerns in recent years, the replacement of a fraction of conventional fossil fuels with biomass, as a plentiful and green source of renewable energy, has attracted a lot of attention worldwide [1]. It is reported that the world's annual production of biomass with potential for conversion to energy is currently around 7 billion tons [2]. As shown in Fig. 1, biomass resources can be categorized within 6

المقالة العلمية (1)

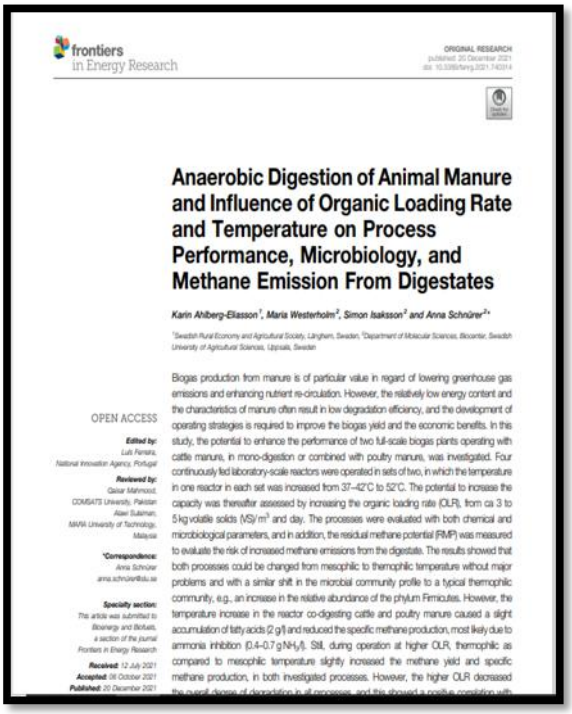
Anaerobic co-digestion of chicken manure with energy crop residues for biogas production

المقالة العلمية (3)



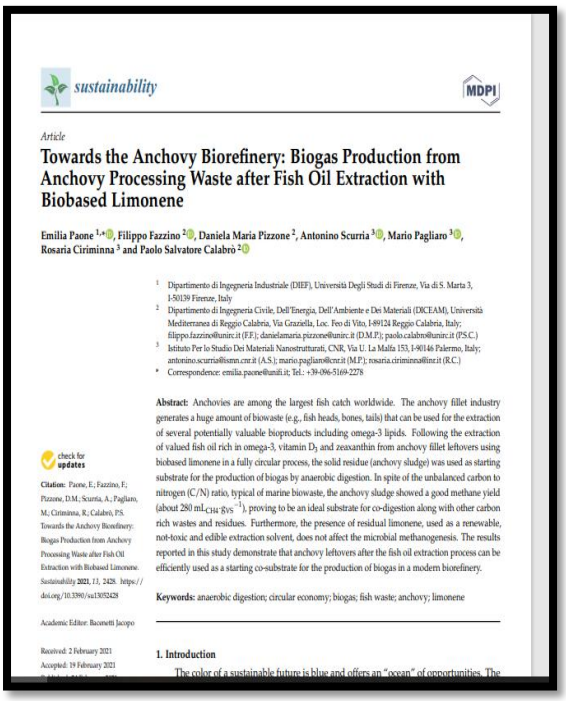
Experimental and kinetic studies on co-digestion of agrifood and sewage sludge for biogas production

المقالة العلمية (4)



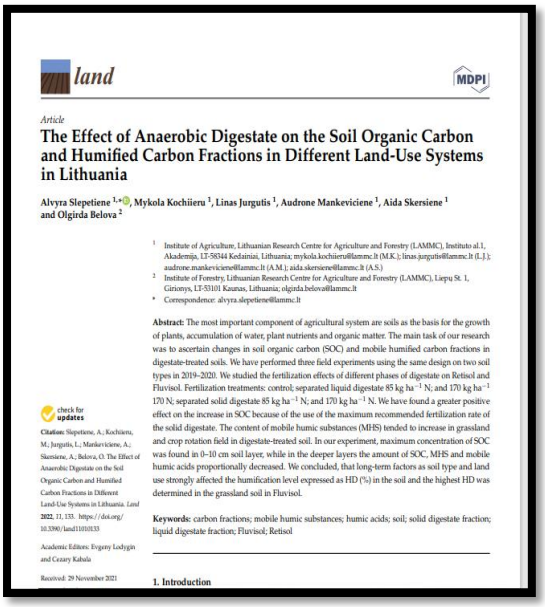
Anaerobic Digestion of Animal Manure and Influence of Organic Loading Rate and Temperature on Process Performance, Microbiology, and Methane Emission From Digestates

المقالة العلمية(5)



Towards the Anchovy Biorefinery: Biogas Production from Anchovy Processing Waste after Fish Oil Extraction with Biobased Limonene

المقالة العلمية(6)



land

MDPI

Article

The Effect of Anaerobic Digestate on the Soil Organic Carbon and Humified Carbon Fractions in Different Land-Use Systems in Lithuania

Alvyra Slepetiene [1,*], Mykola Kochiieru [1], Linas Jurgutis [1], Audrone Mankeviciene [1], Aida Skersiene [1] and Olgirda Belova [2]

[1] Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (LAMMC), Instituto al.1, Akademija, LT-58344 Kedainiai, Lithuania; mykola.kochiieru@lammc.lt (M.K.); linas.jurgutis@lammc.lt (L.J.); audrone.mankeviciene@lammc.lt (A.M.); aida.skersiene@lammc.lt (A.S.)
[2] Institute of Forestry, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (LAMMC), Liepu St. 1, Girionys, LT-53101 Kaunas, Lithuania; olgirda.belova@lammc.lt
* Correspondence: alvyra.slepetiene@lammc.lt

Abstract: The most important component of agricultural system are soils as the basis for the growth of plants, accumulation of water, plant nutrients and organic matter. The main task of our research was to ascertain changes in soil organic carbon (SOC) and mobile humified carbon fractions in digestate-treated soils. We have performed three field experiments using the same design on two soil types in 2019–2020. We studied the fertilization effects of different phases of digestate on Retisol and Fluvisol. Fertilization treatments: control; separated liquid digestate 85 kg ha^{-1} N; and 170 kg ha^{-1} 170 N; separated solid digestate 85 kg ha^{-1} N; and 170 kg ha^{-1} N. We have found a greater positive effect on the increase in SOC because of the use of the maximum recommended fertilization rate of the solid digestate. The content of mobile humic substances (MHS) tended to increase in grassland and crop rotation field in digestate-treated soil. In our experiment, maximum concentration of SOC was found in 0–10 cm soil layer, while in the deeper layers the amount of SOC, MHS and mobile humic acids proportionally decreased. We concluded, that long-term factors as soil type and land use strongly affected the humification level expressed as HD (%) in the soil and the highest HD was determined in the grassland soil in Fluvisol.

Keywords: carbon fractions; mobile humic substances; humic acids; soil; solid digestate fraction; liquid digestate fraction; Fluvisol; Retisol

check for updates

Citation: Slepetiene, A.; Kochiieru, M.; Jurgutis, L.; Mankeviciene, A.; Skersiene, A.; Belova, O. The Effect of Anaerobic Digestate on the Soil Organic Carbon and Humified Carbon Fractions in Different Land-Use Systems in Lithuania. *Land* **2022**, *11*, 133. https://doi.org/10.3390/land11010133

Academic Editors: Evgeny Ladygin and Cezary Kabala

Received: 29 November 2021

1. Introduction

المقالة العلمية (7)

JJBS

Jordan Journal of Biological Sciences

Healthy-Smart Concept as Standard Design of Kitchen Waste Biogas Digester for Urban Households

Roy Hendroko Setyobudi[1,2,3,*], Erkata Yandri[1,2], Manar Fayiz Mousa Atoum[4], Syukri Muhammad Nur[1,2], Ivar Zekker[5], Rinaldi Idroes[6], Trina Ekawati Tallei[7], Praptiningsih Gamawati Adnyrani[8], Zane Vincēviča-Gaile[9], Wahyu Widodo[3], Lili Zalizar[1], Nguyen Van Minh[10], Herry Susanto[1,2], Rangga Kala Mahaswa[11], Yogo Adhi Nugroho[12], Satriyo Krido Wahono[13], and Zahriah Zahriah[14]

Received: June 22, 2021/ Revised: August 13, 2021/ Accepted: August 28, 2021

Abstract

This paper aims to analyse the healthy-smart concept as a standard design of kitchen waste biogas for urban people. The anaerobic digester (AD) is designed for family size. The planned vertical digester is a one-stage semi-continuous type because this AD type is easy to operate in urban areas. Kitchen waste or food waste can be generalized as all bio-materials produced from kitchen activities (including vegetables, fruits, bread, rice, coffee ground, tea leaves, etc). The biggest problem with household waste is the non-uniformity of feedstock entering the digester biogas. Five steps will be carried out: to establish technical standards in designing kitchen waste; to calculate the biogas potential from kitchen waste, to simulate the methane demand and generation profile; to calculate the geometry of the biogas digester; and to analyse the operation parameter for gas production into the healthy-smart concept. With a simple simulation of two people in the household for 1 d, the results show that biogas produced from kitchen waste is sufficient for cooking purposes. For the healthy-smart concept of biogas production, some operation parameters must be considered, such as; pH, alkalinity, temperature, volatile fatty acid concentration, volatile solids, and C/N ratio. The results can be used in overcoming the urban household waste and also as a reference in sustainable urban planning.

Keywords: Biodegradation, Circulate economy, Eco-friendly technology, Green energy, Methane capture, Municipal solid waste, Waste management, Welfare improvement

1. Introduction

المقالة العلمية (8)

Open Access Article

Energy and Economic Balance between Manure Stored and Used as a Substrate for Biogas Production

by Jakub Mazurkiewicz

Ecotechnologies Laboratory, Department of Biosystems Engineering, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 50, 60-627 Poznań, Poland

Academic Editors: Agnieszka Pilarska, Krzysztof Pilarski and Attilio Converti

Energies 2022, 15(2), 413; https://doi.org/10.3390/en15020413

Received: 29 October 2021 / Revised: 26 November 2021 / Accepted: 13 December 2021 / Published: 6 January 2022

(This article belongs to the Special Issue Bioenergy Generation from Different Types of Waste by Anaerobic Digestion)

View Full-Text | Download PDF | Browse Figures | Citation Export

Abstract

The aim of the study is to draw attention to the fact that reducing methane and nitrous oxide emissions as a result of traditional manure storage for several months in a pile is not only a non-ecological solution, but also unprofitable. A solution that combines both aspects—environmental and financial—is the use of manure as a substrate for a biogas plant, but immediately—directly after its removal from the dairy barn. As part of the case study, the energy and economic balance of a model farm with dairy farming for the scenario without biogas plant and with a biogas plant using manure as the main substrate in methane fermentation processes was also performed. Research data on the average emission of ammonia and nitrous oxide from 1 Mg of stored manure as well as the results of laboratory tests on the yield of biogas from dairy cows manure were obtained on the basis of samples taken from the farm being a case study. The use of a biogas installation would allow the emission of carbon dioxide equivalent to be reduced by up to 100 Mg per year. In addition, it has been shown that the estimated payback period for biogas installations is less than 5 years, and with the current trend of increasing energy prices, it may be even shorter—up to 4 years. View Full-Text

Keywords: manure; biogas plant; GHG emission; energetic calculation; substrates; cow; cattle

▼ Show Figures

المقالة العلمية (9)

International Journal of Environmental Science and Technology
https://doi.org/10.1007/s13762-021-03301-6

REVIEW

A critical review of biogas production and usage with legislations framework across the globe

S. Abanades[1] · H. Abbaspour[2] · A. Ahmadi[3] · B. Das[4] · M. A. Ehyaei[5] · F. Esmaeilion[6] · M. El Haj Assad[7] · T. Hajilounezhad[8] · D. H. Jamali[9] · A. Hmida[10] · H. A. Ozgoli[11] · S. Safari[12] · M. AlShabi[13] · E. H. Bani-Hani[14]

Received: 10 September 2020 / Revised: 25 March 2021 / Accepted: 30 March 2021
© Islamic Azad University (IAU) 2021

Abstract

This review showcases a comprehensive analysis of studies that highlight the different conversion procedures attempted across the globe. The resources of biogas production along with treatment methods are presented. The effect of different governing parameters like feedstock types, pretreatment approaches, process development, and yield to enhance the biogas productivity is highlighted. Biogas applications, for example, in heating, electricity production, and transportation with their global share based on national and international statistics are emphasized. Reviewing the world research progress in the past 10 years shows an increase of ~ 90% in biogas industry (120 GW in 2019 compared to 65 GW in 2010). Europe (e.g., in 2017) contributed to over 70% of the world biogas generation representing 64 TWh. Finally, different regulations that manage the biogas market are presented. Management of biogas market includes the processes of exploration, production, treatment, and environmental impact assessment, till the marketing and safe disposal of wastes associated with biogas handling. A brief overview of some safety rules and proposed policy based on the world regulations is provided. The effect of these regulations and policies on marketing and promoting biogas is highlighted for different countries. The results from such studies show that Europe has the highest promotion rate, while nowadays in China and India the consumption rate is maximum as a result of applying up-to-date policies and procedures.

Keywords Application · Biogas · Electricity · Heating

Editorial responsibility: Jing Chen.

المقالة العلمية(10)

الملخص

لقد أصبح التخلص من النفايات من أكبر التحديات التي تواجه الصناعة البيئية. ومن أهم طرق معالجة النفايات والتخلص منها، تقنية إنتاج السماد العضوي والغاز الحيوي.

ونهدف من خلال هذه الدراسة إلى إبراز أهمية وفوائد تثمين النفايات العضوية في حماية البيئة وكيفية الاستفادة منها, وكان ذلك بإتباع طريقتين في وسطين مختلفين, الأولى في الوسط الهوائي وتسمى بالتحلل الهوائي وينتج من خلالها سماد عضوي غني بالمغذيات يساهم في تعديل التربة وتحسين بنيتها ويزيد من النشاط البيولوجي ويساعد في الحفاظ على دبال التربة في الزراعة. أما الثانية فكانت في الوسط اللاهوائي وتسمى بالتخمر أو التحلل اللاهوائي ينتج عنها غاز يسمى الغاز الحيوي (البيوغاز) أهم مكوناته غازي الميثان وثاني أكسيد الكربون وتتراوح نسبة وجودهما في الخليط بين 50- 75بالمئة بالتوالي , بالإضافة إلى مخلفات مستقرة نسبيا تعرف بسماد البيوغاز وهي تحتوي على جميع العناصر الغذائية للمادة العضوية المخمرة.

ولتوضيح ذلك أكثر قمنا بتحليل ومناقشة دراسات سابقة أبرزنا من خلالها أنواع النفايات العضوية القابلة للتحلل في الوسطين , وكذلك أهم العوامل المؤثرة و الفوائد المكتسبة من العمليتين.

الكلمات المفتاحية: السماد العضوي, التحلل الهوائي, كومبوست, الغاز الحيوي, التخمر اللاهوائي, البيوغاز.

Abstract

Waste disposal has become one of the biggest challenges facing the environmental industry. One of the most important methods of waste treatment and disposal is the production of organic fertilizer and biogas.

We aim through this study to highlight the importance and benefits of valuing organic waste in protecting the environment and how to benefit from it, and that was by following two methods in two different mediums, the first in the aerobic medium and called aerobic decomposition, through which an organic fertilizer rich in nutrients is produced that contributes to amending the soil and improving its structures and increases activity Biological and helps maintain soil humus in agriculture. The second was in the anaerobic medium and is called fermentation or anaerobic decomposition, which results in a gas called biogas (biogas), the most important components of which are methane and carbon dioxide, and the percentage of their presence in the mixture ranges between 50-75 percent, respectively, in addition to a relatively stable residue known as biogas fertilizer, which contains all Nutrients of fermented organic matter.

To clarify this further, we have analyzed and discussed previous studies in which we highlighted the types of biodegradable waste in the two media, as well as the most important influencing factors and benefits gained from the two processes.

Key words: organic fertilizer, aerobic decomposition, compost, biogas, anaerobic fermentation, biogas.