نشرة علمية

قسم الإنتاج الحيوانى

التخلص الآمن من المخلفات الحيوانية لإنتاج الغاز الحيوى والأسمدة العضوية بطرق بيولوجية.

إعداد

أ.د.سمير حسن الخشاب

أستاذ رعاية الحيوان المتفرغ

أ.د.إلهام محمد غنيم

أستاذ رعاية الحيوان

ووكيل كلية الزراعة – جامعة المنوفية

لشئون التعليم والطلاب

مقدمة

يعتمد قطاع الطاقة فى مصر بشكل أساسي على مصادر الوقود الأحفورى (البترول والغاز الطبيعي)، وخاصة الغاز الطبيعي نظراً للتوسع في اكتشافات حقول الغاز في الصحراء الغربية والمناطق البحرية بالإضافة إلى الركود النسبي فى إنتاج النفط. وقد انخفضت معدلات إنتاج النفط والغاز الطبيعي في السنوات القليلة الماضية نظراً للظروف التي مرت بها مصر بالإضافة إلى عدم توقيع اتفاقيات االمتياز وتبادل المنفعة خلال الفترة ما بين عام ٢٠١٠ إلى ٢٠١٢. أما بالنسبة للطاقة الكهربائية فتعتمد مصر بشكل رئيسي على المحطات الحرارية مع اعتماد غالبية القدرة التشغيلية على توربينات البخار. ويرجع عمر ثلث القدرة التوليدية للطاقة الحرارية إلى أكثر من ٢٠ سنة و يساهم قطاع الطاقة حالياً بما يقرب من ٢٠ ٪ من الناتج المحلي الإجمالى, خاصة من خلال الاستثمار الأجنبى المباشر إلا أنه يلاحظ انخفاض قيمة هذه الاستثمارات في الفترة الأخيرة من عام ٢٠٠٩ حتى عام ٢٠١٣ بمعدل يقارب ٦ ،٪ خاصة فى مجالات الاستكشاف والتطوير على وجه الخصوص.

وتمثل فاتورة دعم الطاقة في مصر عبئاًعلى الاقتصاد المصري، فقد بلغت قيمة دعم المواد البترولية في الموازنة العامة للدولة في عام ٢٠١٣/٢٠١٢م نحو ١٢٠ مليار جنيه. بينا بلغت في عام ٢٠١٤/٢٠١٣ نحو ١٢٦,٢ مليار جنيه. وجدير بالذكر أن موازنة عام ٢٠١٥/٢٠١٤ شهدت إنخفاضا فى قيمة الدعم البترولى لتصل الى ١٠٠,٣ مليار وذلك نتيجة للإجراءات التي اتخذتها الحكومة المصرية لتخفيض قيمة الدعم.

مع نضوب الموارد الطبيعية للطاقة ومع استشعار خطر التلوث البيئي الناتج عن تلبية متطلبات الإنسان العصري والمتازيدة, بات من الضروري البحث بشكل جدي عن مصادر جديدة للطاقة أكثر صداقه للبيئة كالغاز الحيوي أمل المستقبل, والحقيقة تقال أن موضوع الغاز الحيوي هو موضوع قديم جديد حيث اكتشف الميثان (وعرف بالهواء القابل للاشتعال) منذ أكثر من ٢٠٠ عام وعثر عليه حيثما كان هناك تحلل وتخمر لا هوائي, فقد أثبت العالم ف.أزوميليانسكي تشكل الميثان في طمي المستنقعات والبحيارت والأنهار والبحار تتسبب بها بكتيريا لا هوائية عبر عملية حيوية. وقد أكتشف فى الصين ثم الهند فى عام ١٩٧٣م حيث انتشر وبشكل متسارع الى مناطق كثيرة من دول العالم.

وقد أصبح من الضروري إنتاج الغاز الحيوي فى مصر لينهي معاناة أهالي الريف من حيث تخفيف جهد استبعاد النفايات وتأمين وقود وكهرباء وسماد نظيف خالي من الروائح والحشرات والجراثيم وبذور الأعشاب الغريبة. وبذلك يساهم الغاز الحيوي في التنمية البيئية الريفية وتحقيق دخل إضافي للفلاح. ويمكن إنتاج الغاز الحيوي من مستويات مختلفة تبدأ من محطة صغيره لتوليد الطاقة لتلبية الحاجة المحلية وليس انتهاء بالمنشأة الضخمة العملاقة للطاقة المركزية لإمداد الغاز والكهرباء للشبكة المحلية.

وجدير بالذكر أن هذا الغاز قد عرف منذ القرن الثالث عشر حيث لاحظ الرحالة ماركو بولو استخدام الصينيون لصهاريج المجاري المغطاة لتوليد الطاقة، بينما أشار المؤلف دانييل ديفو فى القرن السابع عشر لتقنيات الغاز الحيوي. وفي عام ١٨٥٩ بُني مصنع للهضم اللاهوائي لمعالجة مياه المجاري في مستعمرة مومباي المصابة بالجذام. كما أُستخدم الغاز الحيوي في المملكة المتحدة منذ ١٨٩٥ حيث كان الغاز المستخرج من مياه المجاري يُستعمل في إنارة الشوارع في مدينة إكسير.

لماذا تقدم قسم الإنتاج الحيوانى بكلية الزراعة بهذا المشروع ؟

أولا : وجود كميات كبيرة من المخلفات الحيوانية خاصة بمزرعة الإنتاج الحيوانى التابعة للكلية قد تؤدى لتلوث البيئة نظرا للتخلص منها بطرق بدائية لا تتناسب مع وضع الجامعة كمنارة للعلم والتكنولوجيا وتمشيا مع رسالة الجامعة فى خدمة البيئة والمجتمع المحيط بها.

ثانيا : وجود عجز فى مصادر الطاقة سواء على المستوى القومى او المحلى وتشجيع الإعتماد على مصادر الطاقة المتجددة الرخيصة مثل الغاز الحيوى والتى يجب أن تكون مصدر طاقة رئيسى للفلاح المصرى.

ثالثا : نشر ثقافة الزراعة المستدامة للحفاظ على البيئة.

رابعا : وجود عجز فى الأسمدة الكيماوية والتى تتطلبها عمليات الزراعة علاوة على الآضرار الجسيمة الناتجه عن استخدامها سواء للإنسان او الحيوان او التربة.

خامسا : البدء فى سلسلة أبحاث متقدمة لنشر نماذج مناسبة للمربى المصرى فى محافظة المنوفية والذى يمتلك متوسط ٣-٥ رؤوس من الأبقار فقط تتناسب مع إحتياجاته اليومية من الغاز والأسمده العضوية.

سادسا : دراسة العوامل المختلفة التى تساعد على تعظيم الإستفادة من المخلفات العضوية بما يحافظ على نظافة البيئة.

ولكن لابد لنا أولا أن نعرف ما هو المقصود بالغاز الحيوى أو البيوجاز Biogas ؟

هو الغاز الناتج عن **تحلل** المواد العضوية بطريقة **التخمر اللاهوائي** ضمن هواضم مخصصه لذلك. يشكل غاز الميثان CH_4 معظمه وهو عديم اللون والرائحة وغير ضار يتطاير بالهواء للأعلى كون وزنه أخف من الهواء (نصف كثافة الهواء).

ما هو المبدأ العلمى الذى يتكون على أساسه الغاز الحيوي ؟

تعتمد تقنيه انتاج الغاز الحيوي على تفكك المواد العضويه وتحللها الى مكوناتها العضويه وذلك بواسطه بكتيريا الميثان الخاصه وهو ما يعرف بعمليه التخمير. يجب أن تتم هذه العمليه في بيئة لاهوائيه وفي درجات حراره ملائمه للعمليات الحيويه التي تقوم بها البكتيريا الموجوده في مفاعل الغاز الحيوي (حوض التخمير). إذا تم تحليل مجمل الماده العضويه الداخله في التفاعل فان التفاعل ينتج عنه غاز الميثان بفضل تعايش تكافلي بين عائلتين من الاحياء الدقيقه هما البكتيريا الصانعه للحموض والبكتيريا الصانعه للميثان. يتم في البدايه حل الماده العضويه بواسطه بكتيريا خاصه فتتحول السكريات العديده الى سكريات احاديه وثنائيه وتتحول البروتينات الى احماض امينيه وتتحول الدهون الى احماض دهنيه طويله بعد ذلك تقوم البكتيريا الصانعه للأحماض بتحويل المواد المتحلحله الى أحماض عضويه طياره مثل حمض الخل. بعد ذلك تستخدم الأحماض العضويه الطياره كركيزه للبكتيريا الصانعه للميثان وينتج غاز الميثان.

وتلخص هذه المرحله في المعادله التاليه:

$C_6H_{12}O_6$ stands for Glucose ⟶ 3 CH_3CO_2H ⟶ 3 CH_4+3CO_2

لاحظ أن كل خلل في التوازن بين سرعتي تصنيع الأحماض العضويه الطياره وتفكيكها يضر بالتشغيل الجيد للهاضمه خاصه وان البكتيريا الصانعه للميثان حساسه جدا للشروط الحامضيه ويتم الحفاض على التوازن بين هاتين السرعتيين بتوفير شروط دقيقه ومناسبه للوسط البيولوجي.

ما هو الهدف من نشر تقنية الغاز الحيوى (البيوجاز Biogas)

لقد أدي التقدم الحضارى للإنسان واهتمامه بالمحافظة علي البيئة من التلوث وترشيد إستخدام الأسمدة الكيماوية والبحث عن مصادر بديلة للطاقة البترولية الناضبة إلى العودة للزراعة العضوية واستغلال المصادر الطبيعية لإنتاج الطاقة والغذاء والعلف لإنتاج منتجات زراعية ذات قدرة تنافسية عالمية ، ويتم ذلك باتباع تقنيات متطورة، نظيفة ورخيصة تحقق طموح المزارعين في استغلال المنتجات الزراعية الثانوية بطريقة اقتصادية وآمنة بيئياً لتحقيق دخل إضافي من وحدة المساحة الزراعية المتوفرة.

وتهدف تقنية البيوجاز إلى إعادة إستخدام المخلفات العضوية كمخلفات المحاصيل وروث الماشية بطريقة إقتصادية وآمنة صحياً لإنتاج طاقة جديدة متجددة Sustainable Energy ، كبديل للطاقة التقليدية مع إنتاج سماد عضوي جيد وحماية البيئة من التلوث. وتعتمد هذه التَقَنِيَة علي التخمر اللاهوائي للمخلفات الصلبة والسائلة. ويتميز غاز البيوجاز بأنه غاز غير سام عديم اللون أخف من الهواء وله رائحة كبريتيد الأيدروجين، وليس هناك مخاطر أمنية عند استخدامه. كما تتراوح القيمة الحرارية للبيوجاز بين ٣١٧٠-٦٦٢٥ كيلو كالوري/م٣ تبعاً لمحتواه من غاز الميثان والذي تختلف نسبته بالمخلوط الغازي تبعاً لنوع المواد المتخمرة وكفاءة تشغيل وحدة البيوجاز. والبيوجاز خليط من غازي الميثان (٥٠-٧٠٪) وثاني أكسيد الكربون (٢٠-٢٥٪) مع مجموعة غازات أخرى مثل كبريتيد الأيدروجين والنيتروجين والأيدروجين تتراوح نسبتها بين ٥-١٠٪.

يتخلف بعد إنتاج الغاز سماد عضوي جيد غني في محتواه من المادة العضوية والعناصر السمادية الكبري والصغري وبالكميات الملائمة للنبات فضلاً عن إحتوائه علي الهرمونات النباتية والفيتامينات ومنظمات النمو ويكون خالياً من الميكروبات المرضية واليرقات والبويضات وبذور الحشائش، حيث تهلك تماماً أثناء تخمر المخلفات العضوية مما يجعله سماداً نظيفاً لايلوث البيئة ولا خطورة من إستخدامه في تسميد جميع المحاصيل. ويمكن إستخدام هذه المخلفات العضوية الناتجة من عمليات التخمر، كمصدر لعلف الحيوان والطيور المنزلية لاحتوائه علي نسبة عالية من المواد البروتينية ولايحتوي علي مركبات ضارة بالكائنات الحية.

ما هى أهم المخلفات العضوية التى يمكن إستخدامها لإنتاج البيوجاز ؟

أولا : المخلفات الحيوانية :مثل روث الماشية من أبقار وأغنام وماعز وجمال، بالإضافة الى مخلفات الدواجن وسبلة الخيول ، .... وغيرها من الفضلات الحيوانية الأخرى.

ثانيا :المخلفات النباتية : مثل الأحطاب (الأذرة ، القطن) وقش الأرز ، عروش الخضر، ومخلفات الصوب، والثمار التالفة ..... وغيرها.

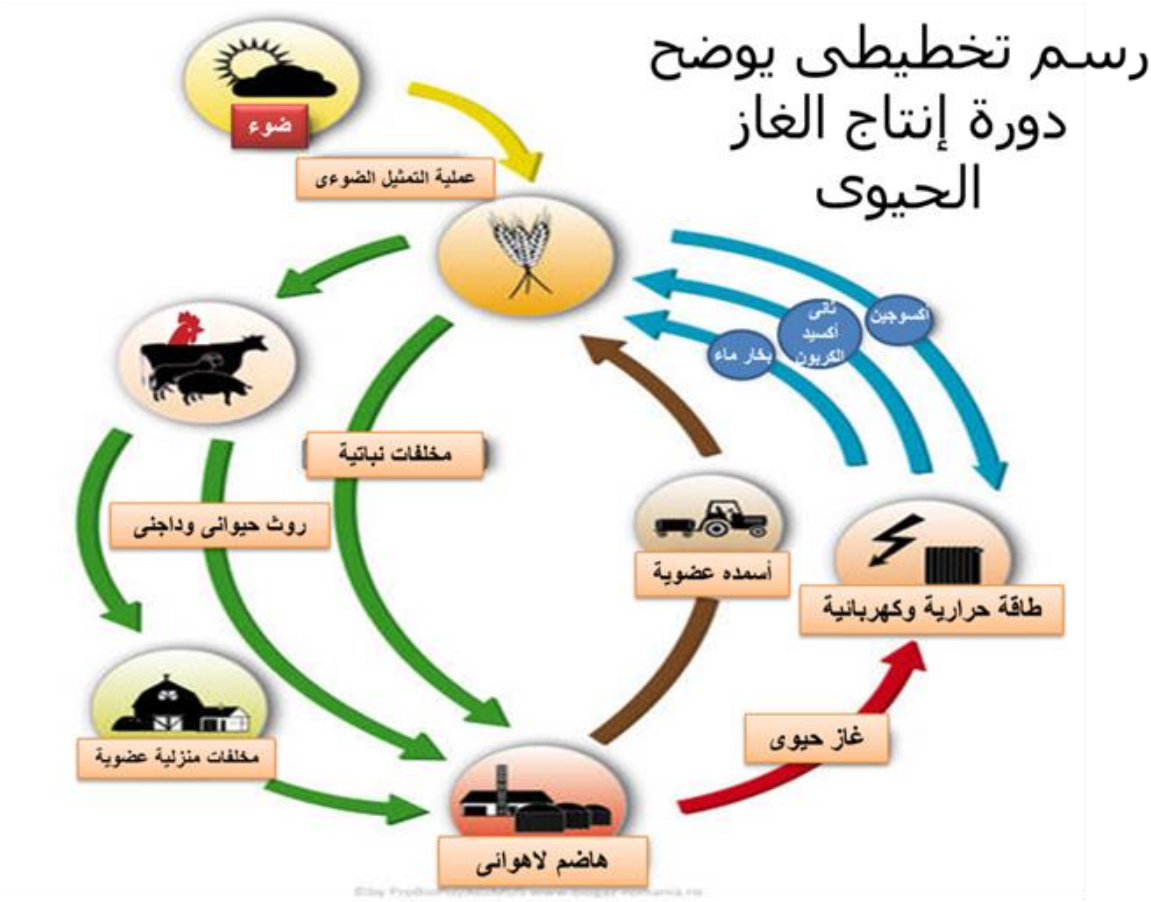
ثالثا : المخلفات الآدمية : مثل الصرف الصحي ، خزانات التحليل، حمأة المجاري ... وغيرها.

رابعاً : المخلفات المنزلية : مثل القمامة ، مخلفات المطابخ، بقايا الأطعمة، بقايا تجهيز الخضر والفاكهة .... وغيرها.

خامساً : المخلفات الصناعية : مثل مخلفات صناعة الألبان ، والأغذية ، والمشروبات ، وتجهيز الخضر والفاكهة ، مخلفات المجازر بأنواعها.

سادساً : الحشائش : مثل الحشائش البرية ، والمائية ، وورد النيل ..... وغيرها.

وجدير بالذكر أن أفضل أنواع المخلفات المستخدمة في إنتاج الغاز تعتبر مخلفات الأبقار : *مخلفات البقرة الواحدة في اليوم تنتج ما يساوي ١٢٠٠ لتر من الغاز بينما نتائج مخلفات الدجاجة الواحد ٩ لترات فقط، في اليوم الواحد.*



ما هى مكونات وحدة الغاز الحيوى أو البيوجاز ؟

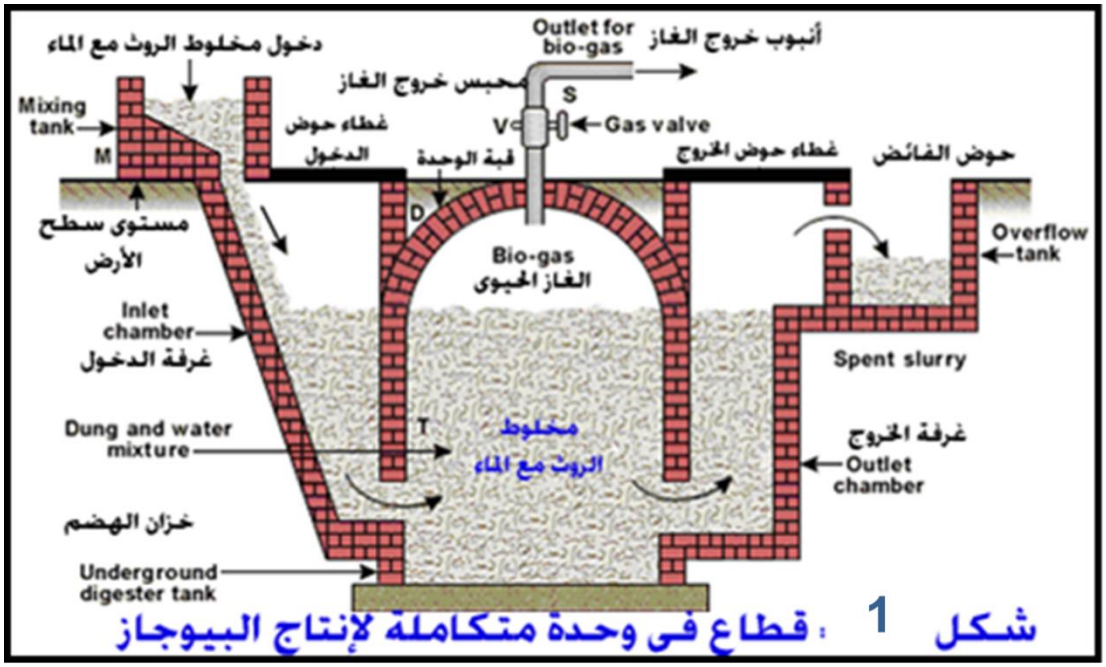
تتكون وحدة البيوجاز من أربعة أجزاء رئيسية هى : (شكل ١)

1. الهاضم.
2. خزان الغاز.
3. حوض التغذية بالروث والمواد الخام (حوض الدخول).
4. حوض خروج السماد العضوي (حوض الخروج).

ولضمان الاستفادة القصوي من منتجات وحدة البيوجاز يجب أن تزود الوحدة بالتجهيزات التالية:

- حوض لفصل الجزء الصلب من السماد وتجفيفه هوائياً وتعبئته وتحزينه لحين الاستخدام.
- شبكة توصيل الغاز من المواسير الحديد المجلفن أو من خراطيم البولي إثيلين.
- معدات استخدام الغاز التي تعمل علي البيوجاز مثل المواقد والكلوبات والدفايات وماكينات الري ومولدات الكهرباء.
- مانوميتر بسيط من خراطيم البولي إثيلين ومملوءة بالماء الملون.
- مصيدة بخار الماء والتي تركب علي خط الغاز قبل توصيله إلي معدات الاستهلاك.

ونجاح تكنولوجيا البيوجاز يتطلب ضبط مكونات النظام لتتكامل مع بعضها محققة



شكل 1 : قطاع فى وحدة متكاملة لإنتاج البيوجاز

الهدف من إنشاء وحدة البيوجاز وهو إنتاج كمية ملائمة من الغاز وإنتاج سماد عضوي جيد ونظيف خال من المُلَوِّثات وبأقل تكلفة ممكنة مع تحقيق حماية البيئة من التلوث.

على أى أساس يمكن تحديد حجم وحدة البيوجاز ؟

يرتبط حجم وحدة البيوجاز بعوامل مختلفة نوضحها فى الآتى :

1. نوع المخلفات العضوية وحجمها، ويتم تقديره بناءً على نوع الماشية وأعدادها ونظم تجميع المخلفات ونوعية الإسطبلات الموجودة ؟
2. تحديد الهدف من معالجة المخلفات العضوية، هل لإنتاج الطاقة أو لإنتاج السماد العضوي فقط أو لإنتاج الإثنين معاً ؟
3. تحديد حجم الطلب علي الغاز الناتج ونمط الاستهلاك المطلوب ؟
4. طبيعة التربة بالموقع ومستوي الماء الأرضي ؟
5. درجة حرارة الجو بالمنطقة وإتجاه الرياح علي مدار العام ؟
6. درجة تدريب العاملين بالمزرعة والمنزل علي إستخدام وحدة البيوجاز ؟

ويرتبط الحجم الكلى لوحدة البيوجاز **على ما يعرف بحجم "وحدة الهضم أو الهاضم"** وهو حجم مخلوط الروث مع الماء التي تضاف للهاضم يومياً مرة واحدة أو علي عدة مرات. ويكون متوسط تركيز المواد الصلبة الكلية ١٠٪ ، ويتوقف خلط المخلفات العضوية بالماء علي محتواها من الرطوبة. ففي حالة المخلفات الحيوانية الرطبة مثل الروث تكون نسبة الخلط ١:١ .

ما هو الزمن اللازم لعملية التخمر ؟

يقصد بذلك الزمن الذي تَمْكُثُ المخلفات العضوية الداخلة فى عملية التخمر قبل أن تَخْرُج كسماد عضوي. **وتتوقف هذه الفترة الزمنية على عوامل مختلفة أهمها :**

- نوع وطبيعة المخلفات العضوية المستخدمة: حيث تكون المخلفات الحيوانية والأدمية أسرع تحللاً من المخلفات النباتية، والمخلفات الناعمة أسرع تحللا من غيرها، نظراً لأن زمن بقاء الأولي يكون أقل من الثانية.
- درجة حرارة التخمر اللاَّهوائي: تتراوح درجة الحرارة المثلي للتخمير مابين ٢٥-٣٠°م، مع العلم أن إنخفاض درجة الحرارة يعمل عادة على زيادة فترة التخمر.

• الهدف من إنشاء وحدة البيوجاز: قد يؤدى زيادة الطلب علي الغاز الى زيادة فترة عملية التخمر! إلا أن السماد العضوي الناتج سيكون أقل كفاءةً، حيث تنخفض محتوياته من المادة العضوية والعناصر الغذائية اللاَّزمة للنبات.

مثال يوضح كيفية حساب حجم وحدة البيوجاز لمزرعة بها قطيع يتكون من عدد ١٠٠ رأس من الأبقار الحلابة على النحو التالى

(وهو العدد الكلى لمزرعة الجاموس التابعة لكلية الزراعة جامعة المنوفية)

أولا : كمية المخلفات الحيوانية اليومية الناتجة = ١٠٠ رأس × ٣٠ كجم روث = ٣٠٠٠ كجم

ثانيا : يصبح مخلوط التغذية اليومية = ٣٠٠٠ كجم روث + ٣٠٠٠ لتر ماء = ٦ م^{٣} /يوم

ثالثا : طول فترة التخمر = ٤٠ يوم

رابعاً : يحسب حجم المخمر (الهاضم) على أساس = ٦ ×٤٠ = ٢٤٠م^{٣}

والآن ما هى الخطوات التنفيذية لإنشاء وحدة البيوجاز

بدايةً يراعى الإلتزام بجميع الشروط الهندسية الخاصة بعملية الإنشاء وسلامة المبنى وجميع المنشآت المجاورة حتى لا تتأثر أو تتصدع نتيجة عملية بناء خزان تجميع الوحدة.

أولا : عملية الحفر

يحدد عمق الحَفْر طبقاً لطبيعة التربة ويجب مرعاة الميل المناسب لجوانب الحُفْرَة ويكون قاع الحُفْرَة في شكل مقعر على أن تكون نقطة مركز الهاضم أكثر تقعراً (شكل ٢).

ثانيا : بناء قاع الحفرة

يتم تنظيف الحفرة ويضاف الدقشوم وكسر الطوب ويدك قاع الحفرة جيداً بالمندلة مع المحافظة علي تشكيل التقعير ثم تصب الخلطة الخرسانية من الأسمنت والرمل والزلط بنسبة ١ : ٢ : ٤ . ويتراوح سمك القاعدة الخرسانية ١٠-٢٥ سم تبعاً لصلابة التربة ومستوي الماء الأرضي.

ثالثا : بناء جدار وحدة الهضم Digester Unit

يستخدم لبناء الهاضم أو ما يعرف بالمُخَمِّر نوع جيد من الطوب يتحمل ضغط ١٠٠كجم/سم٢ نظراً لتعرض جدران الهاضم لضغط التربة (شكل ٣). ويجب إستخدام مونة جيدة من الأسمنت والرمل بنسبة ١:٤ مع تثبيت مواسير الدخول والخروج علي ارتفاع متر من قاع الهاضم. يُرْدَم حول الجدار اثناء البناء أولاً بأول لتسهيل أعمال البناء، وعند الوصول إلى مستوي غُرَف الدخول والخروج تُدَك الأرض حول الهاضم وتصب قاعدة خرسانية لبناء أرضية الأحواض.

رابعاً :عملية عزل الهاضم

المقصود بهذه العملية تَبْطِين الهاضم بمونة الأسمنت وتُعَد من أهم مراحل الإنشاء ويجب أن تتم بعناية ودقة ويتم التبطين أو البياض بإضافة مادة تساعد على التماسك مع المونة (مثل المادة المعروفة تجاريا بإسم السيكا بنسبة ١٪). بعد الإنتهاء من التبطين يدهن الهاضم بمادة البيتومين البترولية العازلة.

خامساً : بناء حوض الدخول

يبني بالطوب وتكون قاعدته أعلي من نهاية ارتفاع الهاضم ويتصل بالهاضم بواسطة ماسورة ذات قطر مناسب لكميات الدخول، ومزود بسدادة للتحكم في عملية الخلط. عندما تفتح السدادة يندفع مخلوط التغذية مسبباً إزاحة المواد السابقة بالهاضم للخروج من حوض الخروج (شكل١). يتحدد حجم حوض الدخول طبقاً لمعدل التغذية اليومية للهاضم.

سادساً : بناء حوض الخروج

يبني حوض صغير بالطوب وتكون قاعدته أقل من نهاية ارتفاع الهاضم بحوالي ١٠سم ويتصل بالهاضم بماسورة ذات قطر مناسب لإستقبال المواد المتخمرة وتوزيعها علي أحواض السماد (شكل١).

سابعاً : بناء حوض السماد

مساحة سطحية غير عميقة يزود في نهايته بطبقة من الزلط الخشن التي تعمل كفلتر عندما يمرر عليها محلول التخمر، حيث يترسب الجزء الصلب ويمر الجزء السائل إلى قناة الري. بحوض السماد منشر لتجفيف السماد هوائياً تحت مظلة مسقوفة لحماية السماد من التعرض المباشر لأشعة الشمس.

ثامناً : خزان الغاز

يرتبط حجم خزان الغاز بحجم الهاضم، وكمية الغاز الناتجة يومياً، ومعدلات إستهلاك الغاز وفترات الاستخدام حيث يتولد الغاز بصفة مستمرة وبمعدل بطئ في حين أن الإستهلاك يكون بمعدل عال ولفترات محددة من اليوم وتتراوح السعة التخزينية للغاز ما بين ٣٠-٥٠٪ من حجم المواد المتخمرة (شكل١). يصنع خزان الغاز من الصاج سمك ٣مم ومزوداً بأزرع داخلية لتقطيع المواد التي تطفو فوق سطح المواد المتخمرة والتي تعوق تجميع الغاز بالخزان ويجب أن يقل قطر الخزان عن قطر الهاضم بحوالي ٥سم لتسهيل حركته إلى أعلي وأسفل وكذلك الدوران حول محورة، يركب خزان الغاز بعد الانتهاء من التغذية الأولي للمخمر.

تاسعاً : عملية تشطيب بناء الوحدة

تتم عملية التشطيب فى خطوات تكاملية على النحو التالى :

1. يتم رش كل مجموعة من صفوف الطوب تم بنائها بالماء والأسمنت بالإضافة الى أى مادة تساعد على تماسك البناء (تسمى عملية التَرْتَشَة).
2. تلييس جدار الوحدة من الخارج بعد مرور أربعة وعشرون ساعة من المعاملة السابقة (تسمى عملية التغفيق أو المحارة).
3. يتم ردم محيط البناء من الخارج بالتربة الناعمة على أن تدك دكاً جيداً مع رشها بالماء بإستمرار لضمان تماسكها.
4. بعد الانتهاء من عملية التلييس الخارجية يبدأ فى عملية التلييس الداخلى بإستخدام خلطات مختلفة من الماء والاسمنت ومادة والرمل الناعم بالإضافة الى أى مادة تساعد على تماسك البناء.
5. يجب أن نؤكد على إستخدام مواد العزل الحديثة فى عزل البناء من الداخل عزلاً جيدا منعاً من أى تسريب ينتقل الى المياه الجوفية.

6. يتم رش سائل الشمع أو أى مادة أخرى تؤدى الى نفس الهدف (مادة السيليكون السائل مثلا)، لعمل طبقة عازلة من الشمع تضمن منع أى تسرب للغاز من الوحدة بالكامل إلا من خلال فتحات سحب الغاز.

عاشراً : أعمال التركيب النهائية

١. يتم تعبئة الوحدة بالماء لإختبار قوة الضغط الناتج بعد تركيب الأغطية.

٢. تركيب الأغطية بعد فرش عجينة من الطين المتحول والماء والزيت الحارق على حواف الفوهة السفلية ثم وضع ثقل من الأحجار يتم بعدها صب الماء بين الفطاءين ثم تركيب الغطاء الثاني.

٣. تركيب أنبوب بلاستيكي في ماسورة خروج الغاز بحيث يتفرع منه أنبوب بلاستيكي شفاف مانومتر مرقم حتى ١٠٠ سم يملأ بالماء لقياس مستوى حجم الغاز.

٤. ربط انبوب توصيل الغاز إلى الموقد باستخدام منظم خاص ذي ضغط منخفض.

٥. بعد التأكد من سلامة وحدة البيوجاز يتم ملؤها بالمخلفات الحيوانية عبر صب المخلفات الحيوانية في غرفة التغذية وخلطها بالماء.

٦. يتم تنفيس وحدة الغاز في بداية الاستخدام كل يوم لمدة ثلاثة أيام حتى يتم استقرار انتاج الغاز يومياً من خلال وضع المخلفات في حوض التغذية وخلطها بالماء وصبها في غرفة الهضم.

كيف نغذى وحدة البيوجاز ؟

تختلف نظم تغذية وحدة البيوجاز تبعاً لنوع الوحدة وطبيعة المخلفات ومعدل إنتاجها. ولتحقيق أفضل النتائج فإنه يتطلب ضبط مكونات النظام لتتكامل مع بعضها البعض محققة الهدف من انشائها وهو انتاج كمية ملائمة من الغاز وانتاج سماد عضوي جيد نظيف وخالٍ من التلوث وبأقل تكلفة ممكنة مع تحقيق حماية البيئة من التلوث.

تأكد من تطبيق الإرشادات التالية عند البدء فى تشغيل وحدة البيوجاز

١ . ضرورة إبقاء عنق الغطاء مملوءة بالماء لمنع جفاف العجينة ومراقبة حدوث أي تسرب.

٢. في حالة ملاحظة تسرب غاز يجب القيام بنزع الأغطية وتحضير العجينة وإعادة التركيب من جديد بنفس الطريقة السابقة.

٣ . ضرورة الملاحظة اليومية لأنبوب المانومتر قبل إضافة مخلفات جديدة وذلك لمعرفة مستوى ضغط الغاز حتى يمكن إستخدامه. وفى جميع الحالات فإنه يجب إشعال الغاز عندما يصل الضغط إلى ١٠٠سم لتلافي الضغط على أغطية الوحدة.

٤. يتم رفع المخلفات المتجمعة في حوض الخروج بعد عملية التخمير ووضعها في مكان بعيد لتجفيفها استعداداً لإستخدامها كسماد عضوي.

والآن نبدأ فى تشغيل وحدة البيوجاز

1. تغذي وحدة البيوجاز بمخلوط المخلفات العضوية المتوفرة مع إضافة المياه للمحافظة على تركيز المادة الصلبة الكلية فى حدود ١٠٪ تقريبا.
2. تقفل جميع الفتحات بالهاضم وتترك لفترة ٢-٣ أسابيع دون تغذية يومية مع مراعاة تنظيف المخلوط من القش والمواد كبيرة الحجم نسبياً.
3. يتم اختبار الهاضم لإنتاج الغاز خلال مرحلة التغذية الأولي وتركب مصايد المياه والمانومتر بخط الغاز.
4. تتم التغذية اليومية بإغلاق ماسورة حوض الدخول وخلط المخلفات بالماء وتركها إلي مابعد منتصف النهار ليمكن للمحلول امتصاص أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس.
5. تفتح ماسورة الدخول فتندفع المخلفات بقوة داخل الهاضم ويقابلها في نفس الوقت خروج السماد إلي حوض الخروج.
6. يخزن السماد في أحواض مكشوفة أو مغطاة وقد يمرر علي فلتر زلطي لفصل الجزء الصلب عن السائل.
7. يجفف الجزء الصلب في مكان مظلل ويعبأ فى أوعية مناسبة لحفظه لحين إستخدامه.

البيارة الرئيسية لتجميع مخلفات حظيرة الجاموس قبل تحويلها الى وحدة الغاز الحيوى الجديدة

8.يستخدم الغاز في أي وقت من خلال أجهزة استخدام الغاز.

ما هى الكفاءة التشغيلية لإستخدام البيوجاز؟

يستخدم الغاز الناتج إستخداما مباشراً في أعمال الطهي والإضاءة والتسخين والتبريد وتشغيل آلات الإحتراق الداخلي مثل ماكينات الري والطواحين والآلات الزراعية كما يمكن إنتاج الطاقة الكهربائية بمولدات تعمل بالبيوجاز (شكل ٤).

على سبيل المثال يمكن للمتر المكعب من البيوجاز أن يغطي إحدى الاحتياجات الآتية:

- تشغيل موقد متوسط الشعلة لمدة ٢-٣ ساعات.
- تشغيل كلوب برتينة قوة ١٠٠ شمعة لمدة ٨-١٠ ساعات.
- تشغيل آلة احتراق داخلي قدرتها واحد حصان لمدة ٢ ساعة.
- تشغيل جرار زراعي وزنه ٣ طن لمسافة ٢,٨ كيلومتر.
- تشغيل ثلاجة ١٠ قدم لمدة ١-٢ ساعة.
- تشغيل دفاية مزرعة دواجن طول ٦٠سم لمدة ساعتين.
- توليد طاقة كهربائية مقدارها حوالى ١,٣ - ١,٥ كيلوات /الساعة.
- تشغيل فرن متوسط الحجم لمدة ٢ ساعة.
- تشغيل مكواة ملابس متوسطة الحجم لمدة ٣ ساعات.

ماذا عن السماد الناتج فى النهاية بعد إنتاج البيوجاز ؟

يطلق علي المخلوط المتبقي من عملية تخمر المخلفات العضوية والخارج من الهاضم اسم سماد البيوجاز ويتميز هذا المحلول بأن رائحته مقبولة ولا تجذب اليه الحشرات والذباب والبعوض ويخلو

من الميكروبات والطفيليات المرضية مما يجعل تداولها أكثر أمنا من الناحية الصحية عن التعامل مع المخلفات العضوية الأصلية قبل عملية التخمر.

كذلك تشير تحاليل سماد البيوجاز إلي احتوائه علي بعض الفيتامينات ولا سيما فيتامين ب ١٢ حيث إن نمو البكتيريا بالهاضم يتطلب تواجد هذا الفيتامين، كما يحتوي السماد علي منظمات النمو والهرمونات النباتية الطبيعية.

ويتكون سماد البيوجاز الناتج بعد إنتاج الغاز من طبقتين، تتميز الطبقة لأولى بالسيولة وتحتوي علي المركبات والأملاح الذائبة، أما الطبقة الثانية فهي صلبة وتتكون من مركبات غير ذائبة بعضها مركبات عضوية والبعض الآخر أملاح غير عضوية مترسبة كما أن مقدار العناصر الغذائية يكون أعلى بكثير من تلك الموجودة فى الجزء السائل. **من الممكن إستخدام السماد في صورته الأولى بطبقتيه السائلة والصلبة على النحو التالى :**

- استخدام مخلوط السماد برشه مباشرة فى الحقول بإستخدام الوسائل الحديثة.
- تجفيفه تحت الظروف الجوية العادية وتخزينه لحين إستخدامه.
- إضافته الى كمية من التربة (بنسبة ١:١ تقريباً) قبل توزيعه على الأرض الزراعية.
- خلطة مع كمية من التربة وكمية من بعض المخلفات النباتية بنسبة (٢:١:١) وتركه لعملية الكمر الهوائى لفترة لحين إستخدامه.

أهم النتائج التى توصلت اليها التجارب العلمية والعملية فى مجال إستخدامات سماد البيوجاز وفوائده والتى تشجع على نشر استخدامه على مستوى واسع

1. زيادة في إنتاجية المحاصيل المسمدة بسماد البيوجاز عن تلك المسمدة بالأسمدة البلدية والكيماوية على النحو التالى : بلغت الزيادة في محصول الذرة الشامية حوالى ٣٦ ٪،وفى محصول القمح حوالى ١٣٪ للحبوب و ٢٠٪ للتبن، وفى محصول الأرز بلغت الزيادة حوالى ٦٪ ، وفى محصول الفول البلدي بلغت الزيادة حوالى ٧٪ ،وفى محصول القطن بلغت الزيادة

حوالى ٢٨٪ ، أما فى محاصيل الخضر فقد تراوحت الزيادة مابين ١٤ – ٢١٪ حسب نوع المحصول.

2. زيادة فى إنتاجية المحاصيل التالية كأثر متبقى من التسميد السابق. حيث بلغت الزيادة في محصول القمح غير المسمد بعد الأرز الذي تم تسميده بسماد البيوجاز حوالى١١ ٪ وكانت الزيادة للفول البلدي بعد القطن حوالى ٢٣ ٪.
3. يحتوي سماد البيوجاز علي مادة عضوية تماثل ٥–٧ أضعاف مايحتويه السماد البلدي العادي لذلك يجب الأخذ في الاعتبار هذا التفوق عند استخدام سماد البيوجاز للمحاصيل المختلفة.
4. يجب تعويض المحاصيل ذات المعدلات العالية من التسميد الآزوتى بكميات إضافية من الأسمدة المعدنية لإستكمال إحتياجاتها الفعلية.

وفى النهاية يجب أن نتَذَكَّر دائما أننا نتعامل مع غاز قابل للإشتعال بوحدات البيوجاز تحتاج الى عوامل أمان يجب أن نلتزم بها مثل :

1. عدم التدخين أو إشعال لهب فوق الأجزاء المكشوفة من وحدة البيوجاز.
2. عدم الطرق بأجسام صلبة فوق خزان الغاز أو علي الوصلات المعدنية.
3. عدم الكشف عن تسرب الغاز باستخدام اللهب.
4. التأكد من غلق المحابس عند عدم استخدام الغاز.
5. يكون مستوي السائل بالمانومتر عند الصفر عند غلق محبس الغاز بالوحدة.

المراجع

1. **سمير الخشاب – تقنية مزارع الإنتاج الحيوانى : 2013**

Technology of Animal production Farms : I.S.B.N. 978-977-90-0333-7 – (الدار العربية للنشر والتوزيع–القاهرة) –مكتبة الأنجلو المصرية–دار المعارف بالإسكندرية.

2. **سمير الخشاب – إنتاج اللبن Milk Production: 1999**

– (الدار العربية للنشر والتوزيع–القاهرة) I.S.B.N. 977-258-130-2 مكتبة الأنجلو المصرية – دار المعارف بالإسكندرية.

1. http://zorg-biogas.com/upload/References_en.pdf
2. The anaerobic digestion of solid organic waste AzeemKhalid[a]MuhammadArshad[b]MuzammilAnjum[a]Tariq Mahmood[a]LornaDawson[c]https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.021
3. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste YeboLiStephen Y.ParkJiyingZhu https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.042
4. Methane production from solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass Lo NieeLiewJianShiYeboLi https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.014