مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

استخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار

الدكتور محمد عبود غانم*
دعد معين ابراهيم**

(تاريخ الإيداع 26 / 11 / 2013. قبل للنشر في 7 / 5 / 2014)

□ ملخّص □

الهدف من البحث استخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار. أنشئ المخمر وفق النموذج الهندي، ويتكون من حوض تخمير أسطواني ذي حجرتين بحجم /9.42 م^3/ (ارتفاعه 3 م وقطره 2 م)، وخزان للغاز بحجم /6 م^3/ وارتفاع /1 م /، وأنبوب إدخال، وأنبوب خروج، وقد بينت النتائج مايلي:

- بلغ الإنتاج التراكمي من الغاز الحيوي خلال زمن التخمير والبالغ /30/ يوماً /48 م^3/، وكان أعلى معدل لإنتاج الغاز في اليوم /13/، حيث بلغ /4.5 م^3/، كما أصبحت رائحة المخلفات الموجودة في المزرعة ضعيفة، وتميزت المزرعة بعد استثمار المخمر بالنظافة وقلة الحشرات.
- باستخدام /1 م^3/ من الغاز الحيوي الناتج تم تشغيل موقد متوسط الشعلة لمدة /2.5/ ساعة، وبذات الكمية تم تشغيل محرك احتراق داخلي ديزل بإعطائه /90%/ غاز حيوي و/10%/ وقود ديزل لمدة نصف ساعة.
- يعد 3/4 م^3 من حجم المخمر كافياً للبقرة الواحدة، والتي ينتج عنها حوالي 12 كغ من الروث يومياً، وبذلك يمكن إنشاء المخمر المناسب حسب عدد الأبقار الموجودة في المزرعة أو المقرر تواجده في المزرعة.

الكلمات المفتاحية: تخمر– غاز حيوي– طاقة متجددة– طاقة حيوية– روث– تلوث.

* أستاذ– قسم المكننة الزراعية– كلية الهندسة التقنية– جامعة تشرين– سورية.
** مشرفة على الأعمال– قسم المكننة الزراعية– كلية الهندسة التقنية– جامعة تشرين– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (36) العدد (3) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (36) No. (3) 2014

The Use of Technology of the Fermentation to Produce the Biogas from the cow manure

Dr. Mohammad Abboud Ghanem*
Daad Moaen Ibrahim**

(Received 26 / 11 / 2013. Accepted 7 / 5 /2014)

□ ABSTRACT □

The Research aimed to use the technology of the fermentation to produce the biogas from the cow manure. The digester has benn carried according to the Indian model. The digester consit of one cylinerical tank with 9.42m^3 volume (height 3m, diameter 2m) and gastank with 6m^3 (height 1m) and inlet pipe and outlet pipe. The study showed the following:

- The accumulated production of biogas was through the 30 days retention time 48m^3. The heighest production was in the thirteenth day with 4.5m^3. The farm became after the use of digester clean and with little insect and smell.
- With use 1m^3 of biogas could we use one cooker for 2.5 hour and with the same quantity could we use one inner combustion diesel motor (90% biogas and 10% diesel) for half an hour.
- 3/4m^3 from digester volume is enough for one cow with 12 kg manure daily. So we can design the suitable digester for any farm.

Key Words: fermentation, biogas, renewable energy, bioenergy, manure, environment.

*Professor, Department of Agricultural Mechanization, Technical Faculty, Tishreen University, Syria.
**Work Supervisor, Department of Agricultural Mechanization, Technical Faculty, Tishreen University, Syria.

مقدمة:

إن الطاقة لا تقل أهمية عن الغذاء والمسكن والملبس، فبدونها لا نستطيع الحصول على أي منها، والجمهورية العربية السورية دولة نامية، وهي في احتياج متزايد للطاقة لتحقيق التنمية المرغوبة والمستدامة في جميع المجالات، سواء الزراعية أم الصناعية أم غيرها، ومن أجل استدامة برامج التنمية، خصوصاً الزراعية منها، لابد من البحث عن بدائل للطاقة تكون متجددة، ولا تضر بالبيئة، بل تحافظ عليها(www.chamsolar.com).

والطاقة المتجددة، سواء الطاقة الشمسية أم طاقة الرياح أم طاقة الكتل الحيوية أم الطاقة المائية أم طاقة المد والجزر والأمواج أم الطاقة من باطن الأرض، ثبت نجاحها كمصادر بديلة للطاقة في العديد من الأبحاث تحت الظروف السورية (الأمين،2006؛ معرفي،1999)، إلا أن استخدامها على نطاق واسع وتجاري لم يلق نفس النجاح، ولازال في مراحله الأولى، وذلك بسبب العديد من العوائق أهمها، من وجهة نظرنا، غياب الوعي عن الطاقة المتجددة، وكيفية استخدامها كمصدر من مصادر الطاقة. والوعي يأتي من التعليم والتدريب، فالتعليم يكاد يخلو من مناهج ومقررات دراسية لتوعية الخريج وتعريفه بالنظم المختلفة للطاقة المتجددة وكيفية استخدامها.

تعد الطاقة الناتجة عن الكتل الحيوية من أهم مصادر الطاقة المتجددة(اسماعيل،1998)، وهي توجد في طبقة رقيقة جداً تسمى البيوسفير (Biosphere)، ومصطلح الكتل الحيوية (Biomass) يشير إلى المواد العضوية التي يمكن أن تتحول إلى طاقة، وطاقة الكتل الحيوية تتكون من الطاقة الشمسية المخزونة في النباتات، وهي تجدد نفسها في الوقت الذي يحتاج فيه النبات للطاقة من أجل النمو (غضبان،2007)، ثم تقوم النباتات بتخزين الطاقة الشمسية فيها من خلال عملية التمثيل الضوئي أثناء النمو، لذا فهذه الطاقة تسمى بالطاقة المتجددة خلال فترة حياة النبات، والمصدر الذي يوفر الطاقة اللازمة لنمو النبات هو الطاقة الشمسية (قاسم،2008)، وعلى الرغم من أن جزءاً بسيطاً من الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض يتحول إلى كتل حيوية (حوالي 0.02%) إلا أن هذا الجزء البسيط يعادل خمسة أضعاف الطاقة التي يستهلكها العالم(قاسم وآخرون،2008)، وعملية التمثيل الضوئي هي عملية كيميائية ضوئية تقوم فيها النباتات بتصنيع المركبات السكرية من اتحاد غاز ثاني أكسيد الكربون Co_2 الموجود في الجو والماء H_2o من التربة في وجود ضوء الشمس فينتج سكر الجلوكوز والأكسجين، ويقوم النبات بتخزين الجلوكوز في شكل مركبات كربوهيدراتية، مثل النشا والسيليلوز والسكر، في أجزاء مختلفة من النبات، وتتكون الكتل الحيوية بشكل أساسي من عنصري الكربون والهيدروجين، وتقنيات إنتاج الطاقة تقوم بإنتاج الطاقة من المركبات الكيميائية التي تتكون من هذين العنصرين (قاسم،2007).

تشمل طاقة الكتل الحيوية، وتسمى أحياناً الطاقة الحيوية (Bioenergy)، أي وقود صلب أو سائل أو غازي أو أية طاقة كهربائية أو أي منتج كيميائي ناتج عن أية مادة عضوية إما بطريقة مباشرة من النبات أو بطريقة غير مباشرة من بقايا النباتات والمصانع والفضلات والقمامة وبقايا المحاصيل الزراعية، ولهذا فإن طاقة الكتل الحيوية تأتي من مدى واسع من المواد الأولية وتنتج بطرق عديدة، وتستخدم الكتل الحيوية في إنتاج الكهرباء والطاقة الحرارية، فهناك تقنيات تقوم بتحويل الكتل الحيوية (صلبة أو سائلة أو مواد عضوية وفضلات) إلى حرارة بالحرق المباشر، كما في حالات استخدامها في الطبخ والتسخين، أوفي توليد الكهرباء، وهناك تقنيات تقوم بتحويل الكتل الحيوية إلى غاز ثم استخدام الغاز بصورة حرارية مباشرة أو في توليد الكهرباء (Sayed-Ahmad,1986).

إن تكنولوجيا الغاز الحيوي هي تكنولوجيا إنتاج واستخدام وقود غازي من تخمر (هضم) الكتلة الحيوية (المخلفات العضوية) في ظروف لا هوائية وفي وجود نسبة عالية من الرطوبة في مخمرات (هواضم) تنشأ لهذا الغرض

(www.arab-eng.org)، وذلك بفضل النشاط الحيوي لميكروبات وكائنات دقيقة متعددة الأنواع، دون تدخل الإنسان، بعد توفير الظروف الملائمة لزيادة هذا النشاط لأقصى حد ممكن لإنتاج مخلوط غازي يتكون من 60-75% ميتان، و24-39% ثاني أكسيد الكربون، و1% كبريت هيدروجين وهيدروجين ونيتروجين وبخار ماء (راشد،1998)، وهذا المخلوط هو وقود غازي يسمى الغاز الحيوي (Biogas)، وهو أخف من الهواء وغير سام وعديم اللون يشتعل بشعلة نظيفة زرقاء(www.zira3a.net)، وهو يصلح للاستخدام في محركات الاحتراق الداخلي أو مواقد الطهي والأفران والمدافئ التي تعمل بالغاز، بعد إجراء تعديلات طفيفة عليه، والمركب المتبقي من عملية التخمر يمكن استخدامه كسماد عضوي غني بعناصره السمادية، وحسب نوع التغذية يمكن تحويله إلى علف حيواني (قاسم،2008)، وتجدر الإشارة أن السماد الناتج من هذه العملية يفوق في قيمته السمادية نفس الكمية من المخلفات المستخدمة في إنتاجه في حالة تحويل المخلفات إلى سماد بالطرق التقليدية، والتي يترتب عليها تطاير نسبة محسوسة من الأمونيا والآزوت، وهي المركبات الرئيسية في الأسمدة (نوو، 2002؛غضبان،2007)، والمخمرات المستخدمة لهذا الغرض تتكون أساساً من حيز مناسب يسمح بتوفير ظروف الهضم اللاهوائي وتحقيق الظروف المناسبة لنشاط الكائنات الدقيقة وبحجم يكفي كمية المخلفات المتوفرة بعد خلطها بالماء بالنسبة المطلوبة مع إمكانية تجميع الغاز الناتج وسحبه عند الحاجة للاستخدام مع توفير وسيلة مناسبة لإدخال المادة العضوية بالقدر المطلوب وإخراجها بعد التخمير أو الهضم لضمان استمرار العملية بكفاءة (الأمين،2006).

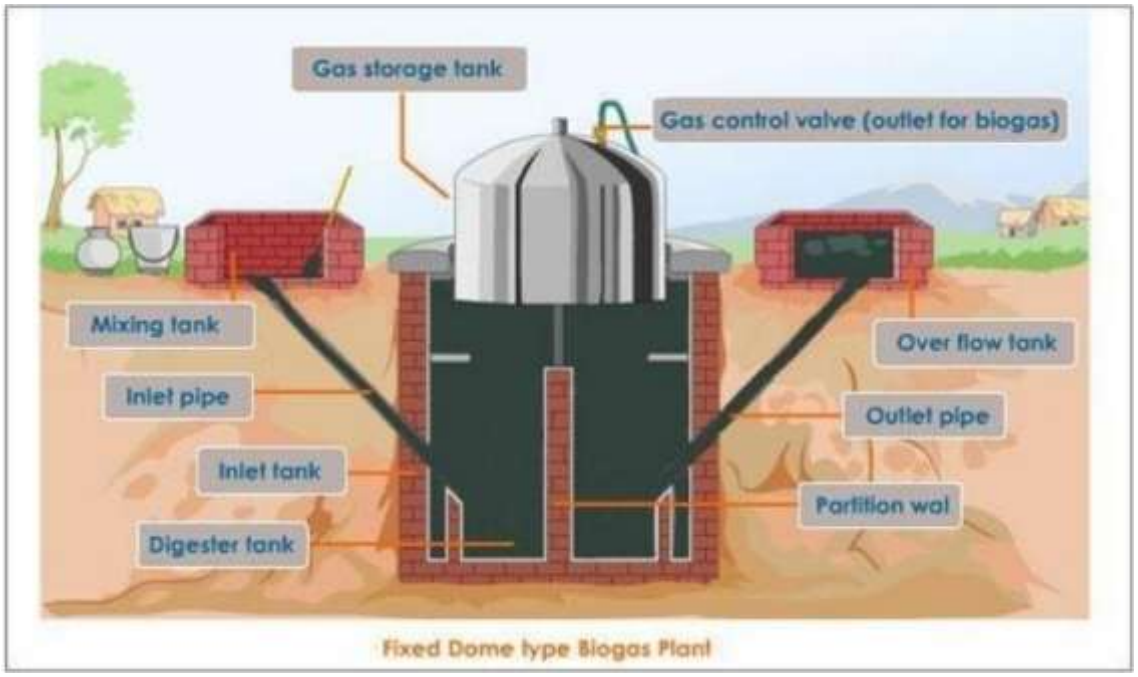
أهمية البحث وأهدافه:

الهدف من البحث استخدام تقنية التخمر لإنتاج الغاز الحيوي من روث الأبقار من أجل الارتقاء بالمزرعة لإنتاج الطاقة اللازمة لتشغيل المزرعة وتحسين الظروف الصحية للمزرعة عن طريق إبعاد الحشرات والروائح الناتجة عن مخلفات الأبقار والحصول على السماد العضوي. تم تنفيذ البحث خلال العامين 2011 و 2012 في مزرعة أبقار خاصة في قرية عرقوب سلمون التابعة لمنطقة الشيخ بدر في محافظة طرطوس، وتبعد المزرعة عن السكن حوالي /1200/ متراً، وعمرها خمس سنوات، وهي مصممة لاستيعاب /12/ بقرة، ويوجد في المزرعة عند إنشاء المخمر /8/ أبقار، وترتفع المزرعة عن سطح البحر حوالي /450/ متراً.

طرائق البحث ومواده:

اختيار نموذج المخمر: توضع الكتلة الحيوية عادة في المخمر لفترة زمنية معينة تسمى زمن البقاء أو زمن المكوث (retention time) فينتج الغاز الحيوي وما تبقى يكون عبارة عن سماد غني، وتتشابه وحدات إنتاج الغاز الحيوي في مكوناتها الأساسية وتختلف في الأساليب المتبعة في كل منها لتهيئة الظروف العملية الحيوية وأسلوب معالجة المخلفات قبل التغذية وبعد الهضم، كما أن الاستخدام النهائي للغاز المنتج يحدد أسلوب تخزينه ومعالجته (www.arab-eng.org). ومن النماذج التجارية للمخمرات يوجد نوعان أساسيان هما: النموذج الهندي والنموذج الصيني، وقد تم استنباط نماذج أخرى في دول أخرى بإجراء تعديلات على هذين النموذجين بما يتلاءم مع طبيعة وظروف المناخ، وتم إنشاء مخمر حيوي وفق النموذج الهندي، حيث تعتبر المخمرات الهندية مناسبة لاستخدام روث الماشية والمخلفات النباتية بعد فرمها.

يتكون المخمر الهندي(قاسم،2008؛ www.arab-eng.org) (الشكل1) من جزأين أساسيين هما المخمر وخزان الغاز، والمخمر عبارة عن خزان اسطواني مقسم من الداخل الى جزأين أو حوضين أحدهما لدخول المخلفات والآخر لخروج المخلفات، وهو مزود بفتحة لدخول المخلفات وفتحة للإخراج، ويراعى أن تكون فتحة الدخول أعلى من فتحة الخروج بحوالي 50 سم، وخزان الغاز وهو من الصاج المدلفن أو من الاستاليس استيل ويوضع مقلوبا فوق المخمر ليتم تجميع الغاز فوق سطح سائل التخمير، ومع زيادة حجم الغاز الناتج يرتفع الضغط فيرتفع الخزان إلى أعلى محافظاً على ضغط ثابت للغاز، ويمكن زيادة ضغط الغاز بوضع أحمال فوق الخزان.



الشكل(1) النموذج الهندي الأسطواني للمخمر الحيوي

حسابات تنفيذ المخمر: إن إنتاج البقرة الواحدة من الروث يعادل حوالي 12 كيلو غرام في اليوم (الأمين،2006)، وفي المزرعة لدينا 8 أبقار، وبذلك يكون مجمل المخلفات الناتجة يومياً المطلوب وضعها في المخمر هي حوالي 100 كغ يومياً، وبإنشاء مخمر يكفي 12 بقرة (استيعاب المزرعة من الأبقار) سيكون 144 كغ يومياً إنتاج المخلفات يومياً، ويجب خلط هذه المخلفات بالماء بنسبة 1/1، وهنا يجب إضافة 144 ليتر من الماء، فيصبح حجم التغذية المطلوبة هي 300 ليتر أي ما يعادل 0.3 م^3 يومياً. فإذا قدرت مدة المكوث في المخمر المطلوبة لعملية التخمير حسب ظروف المنطقة للحصول على الغاز الحيوي 30 يوماً فسيكون حجم المخمر المطلوب ل12 بقرة: 30 × 0.3 = 9 م^3. ومن أجل الحصول على مخمر بحجم حوالي 9 م^3 تمّ اختيار قطره 2 م وارتفاعه 3 م، ويكون بذلك حجم المخمر المقرر إنشائه 9.42 م^3.

مراحل إنشاء المخمر:

1- الحفر وبناء هيكل المخمر: تمّ حفر حفرة كبيرة باستخدام باكر تكفي لبناء مخمر اسطواني الشكل تحت التربة بعمق ثلاثة أمتار وقطر مترين، استغرقت عملية الحفر تقريباً أربع ساعات عمل متواصلة حتى حصلنا على الحفرة المطلوبة، وبعد الانتهاء من الحفر تمّ تنظيف الحفرة بشكل جيد من بقايا الأتربة، وبعد ذلك تمّ تجهيز قاعدة من البيتون المسلح وتخطيط مكان بناء جدران المخمر (الشكل2)، تمّ بناء جدار اسطواني من البلوك بارتفاع ثلاثة أمتار،

وأعلى من سطح الأرض بمقدار 60 سم، كما تمّ بناء جدار في وسط المخمر بارتفاع مترين. يقسّم المخمر إلى حجرتين يركب في إحداها أنبوب الإدخال وفي الأخرى أنبوب الخروج، وتم تثبيت أنابيب الإدخال والخروج المصنوعة من ال **PVC** المقوى بشكل مائل أعلى من قاع المخمر بمقدار 40 سم (الشكل3).

الشكل(2) تجهيز القاعدة البيتونية للمخمر الشكل(3) بناء الجدران وتثبيت أنابيب الإدخال والخروج

بعد الانتهاء من بناء الهيكل تمّ عزل المخمر من خلال تبطين المخمر من الداخل والخارج بخلطة الاسمنت، وتعد هذه العملية من أهم مراحل الإنشاء، ويجب أن تتم بعناية ودقة وبسماكة 1.5سم، ويتم التبطين بإضافة مادة السيكا بنسبة 1٪ مع الخلطة، وبعد الانتهاء من التبطين تمّ دهن المخمر بمواد البيومين البترولية باستخدام فرشاة وفي اتجاهات مختلفة.

2- بناء حوض الإدخال والخروج: حوض الإدخال عبارة عن حوض صغير من البلوك، وفتحة الإدخال عبارة عن أنبوب من البلاستيك بقطر /6/ أنش (الشكل4)، وفتحة الإدخال أعلى من نهاية ارتفاع المخمر بحوالي /35/ سم، والأنبوب مزود بسدادة (صمام) للتحكم في عملية الخلط، فعندما تفتح السدادة يندفع مخلوط التغذية مسبباً إزاحة المواد الموجودة سابقاً في المخمر وتأمين عملية خلط مناسبة، أما حوض الخروج فهو حوض صغير تم بناؤه من البلوك، وارتفاع قاعدته أقل من نهاية ارتفاع المخمر بحوالي /10/سم ويتصل بالمخمر بأنبوب من البلاستيك بقطر /**8**/ أنش/ (الشكل5).

الشكل(4): فتحة الإدخال الشكل(5): حوض الخروج

3- تجهيز خزان الغاز: يرتبط حجم خزان الغاز بحجم المخمر، وكمية الغاز الناتجة يومياً، ومعدلات استهلاك الغاز، وفترات الاستخدام، ويبلغ حجمه بالنسبة للمخمر 2متر مكعب بقطر 196 سم وارتفاع 100 سم، وتمّ تصنيع الخزان من ألواح الصاج بسماكة 0.2 سم، وبعد إجراء عملية درفلة هذه الألواح كل لوح لوحده تم تثبيت الألواح ببعضها بوساطة اللحام، ثم جهز الغطاء العلوي للخزان باستخدام لوحين من الصاج لحمت بشكل طولي بجانب بعضها وقطعت الأجزاء الزائدة ليأخذ الخزان شكله المطلوب، تمّ إجراء عملية اللحام مرتين لحام خارجي وداخلي لضمان المتانة ووضعت أعصاب تقوية على غطاء الخزان لضمان عدم التوائه (الشكل6). وبعد الانتهاء من تشكيل الخزان تمّ طلي االوصلات اللحامية كاملة بالزفت السائل لضمان عدم وجود اي فراغات تسمح بتهريب الغاز، وتمّ اختبار الخزان على عدم وجود تهريب بملئه بالماء. ثم تمت عملية الدهان لإعطاء الشكل الجمالي للخزان، واخترنا اللون الأسود لقدرته على امتصاص حرارة الشمس.

ومن أجل ضمان وضع الخزان العائم في مكانه المناسب وفق قياسات دقيقة لضمان حركته الحرة صعوداً ونزولاً ولضمان الإحكام (الإغلاق التام) بين الجدار والخزان تمّ وضع قميص من الصاج يزيد قطر القميص قليلاً عن قطر الخزان لضمان نزول الخزان وبارتفاع 30 سم، وهذا الإرتفاع يكفي لمنع ميل الخزان أثناء حركته، وثبّت من الخارج بحلقة من البيتون المسلح أعلى البلوك لزيادة تماسك المخمر ومسك القميص (الشكل7)، وبعد الانتهاء من تجهيز خزان الغاز تمّ تركيبه فوق المخمر ببطء لكي تتم العملية بدقة كاملة، والشكل(8) يوضح ذلك، ويبين الشكل (9) المنظر الخارجي للمخمر بعد الاستخدام، ويظهر في الشكل (9) محدد ارتفاع الخزان على ارتفاع 80 سم، وحمولات إضافية على سطح الخزان لزيادة ضغط الغاز.

الشكل(6): تصنيع الخزان

الشكل(7): هيكل المخمر مع القميص

الشكل(8) تركيب الخزان أعلى المخمر

الشكل(9) منظر عام للمخمر بعد الاستخدام

4- ملحقات إضافية: يزود المخمر بأنابيب لنقل الغاز من الخزان إلى أماكن الاستهلاك (مواقد الطبخ، مدافئ، محرك احتراق داخلي لتوليد الطاقة الكهربائية)، بالإضافة إلى برميل لتمديد الفضلات بالماء وخزان لتجميع نواتج التخمير.

تكلفة إنشاء المخمر:

يحتاج إنشاء المخمر إلى شراء وتأمين مواد، وإلى تنفيذ عمليات مختلفة أهمها: الحفر وبناء الهيكل وتصنيع خزان الغاز وتجهيز وحدة توليد الكهرباء، ويوضح الجدول (1) التكلفة الإجمالية لإنشاء المخمر.

جدول(1) التكلفة الإجمالية لإنشاء المخمر بالليرة السورية

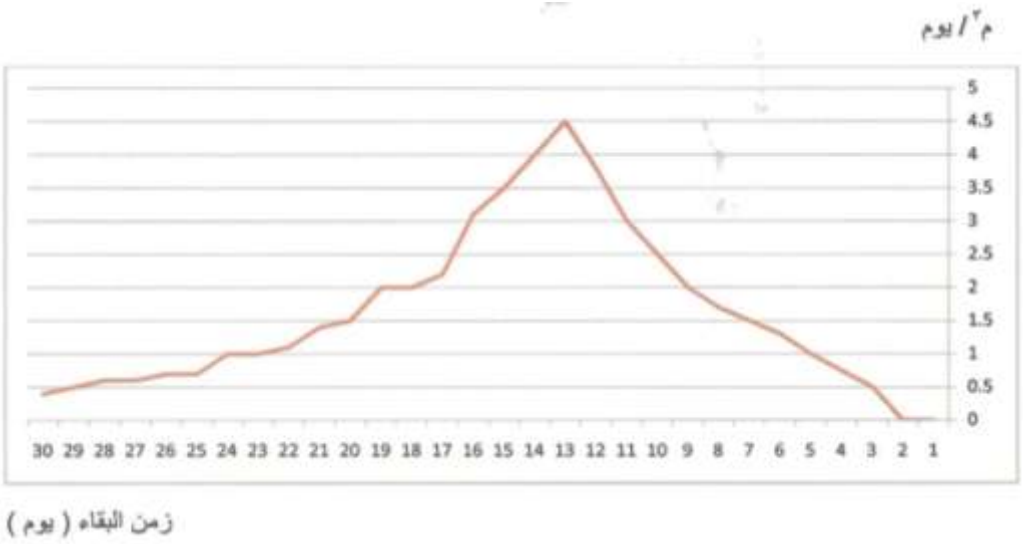
تسلسل	العملية والمواد المطلوبة	التكلفة بالليرة السورية
1	أجور الحفر	5000
2	تجهيز القاعدة الخرسانية	8000
3	البلوك مع أجور البناء	10000
4	التطيين	6000
5	تجهيز خزان الغاز	20000
6	أجهزة التنقية	2000
7	تجهيز وحدة توليد الكهرباء	4000
8	أنابيب وصمامات	2500
9	أجور نقل	7500
	مجموع التكاليف	65000

النتائج والمناقشة:

اختبار جاهزية المخمر: تمّ اختبار المخمر من حيث التسرب والتأكد من ضمان الحركة الحرة للماء وخروجه من فتحة الخروج عند المستوى المطلوب للمخمر، حيث تمّ إملاء الخزان بالماء عن طريق فتحة الإدخال حتى خرج من فتحة الخروج، وترك المخمر لمدة /72/ ساعة، ولم يلاحظ أي نقص في مستوى الماء، وهذا دليل على عدم تسرب الماء من خلال ثقوب أو شقوق غير مرئية، ثم سحب الماء كاملاً من المخمر، وبذلك يكون المخمر جاهزاً للاستخدام.

ملء المخمر بمخلفات الأبقار: يتم قبل وضع المخلفات في المخمر تمديدها بالماء بنسبة 1/1 وخلطها بشكل جيد في برميل من البلاستيك ليصبح المزيج سهل الحركة، ثمّ يوضع المزيج في المخمر عن طريق حوض الإدخال، وهكذا تمّ ملء المخمر بالمخلفات، وفي أثناء إملاء المخمر بالمخلوط تمّ إضافة بادئ التخمير، والذي كان قد حضر سابقاً من خلال وضع مخلوط ممدد في برميل مغلق تماماً، وتركه لمدة ثلاثة أشهر، وهذا الوقت كافٍ لتنشيط البكتريا اللازمة لتخمر أو هضم المخلفات وإنتاج الغاز.

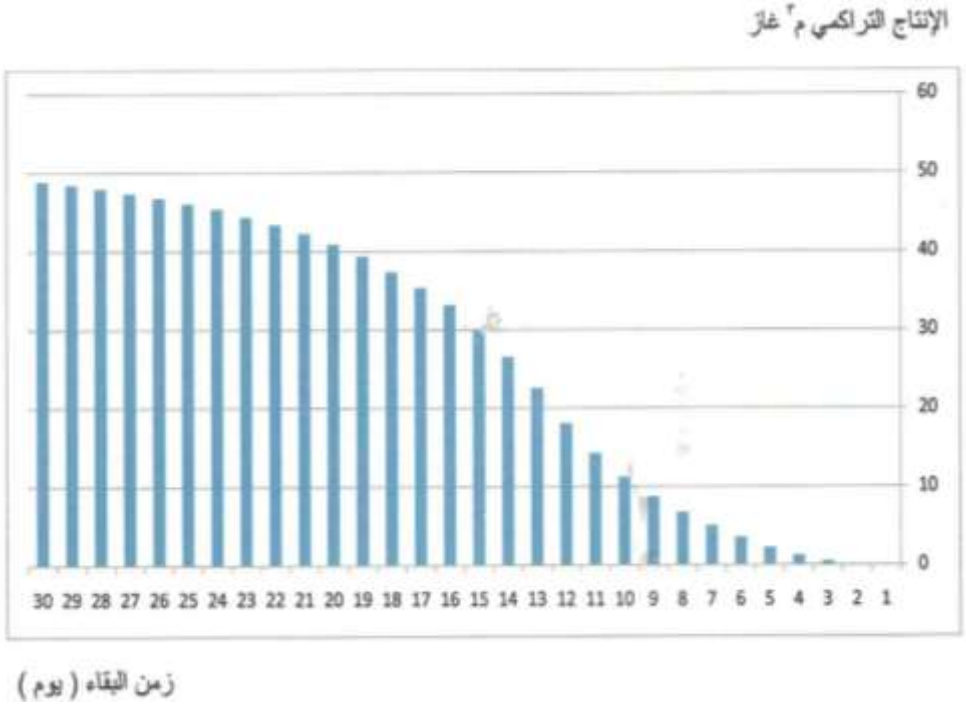
إنتاج الغاز الحيوي: تباين إنتاج الغاز الحيوي من يوم لآخر خلال فترة التخمير، والتي كانت 30 يوماً، والشكل(10) يوضح الإنتاج اليومي للغاز الحيوي خلال فترة التخمير.



الشكل(10) معدل الإنتاج اليومي من الغاز الحيوي خلال فترة التخمير

نلاحظ من الشكل(10) أن إنتاج الغاز أصبح واضحاً مع نهاية اليوم الثاني، وبقي يزداد حتى نهاية اليوم الثالث عشر، والذي بلغ فيه إنتاج الغاز 4.5 م^3، ليبدأ بعد ذلك بالانخفاض ليصبح أقل من 0.5 م^3 في اليوم الثلاثين، وهذا مطابق لما أشار إليه (El-Hadidi,1997).

ويبن الشكل(11) الإنتاج التراكمي من الغاز الحيوي خلال فترة التخمير (30 يوماً)، وقد بلغ الإنتاج /48/ م^3، وبذلك يكون متوسط الإنتاج اليومي من الغاز 1.6 متراً مكعباً.



الشكل(11) الإنتاج التراكمي من الغاز خلال فترة التخمير

استخدامات الغاز الحيوي: استخدم الغاز الحيوي الناتج بعد تمريره في الماء من أجل التنقية في تشغيل موقد منزلي متوسط الشعلة، وباستخدام /1/ م^3 من الغاز تمّ تشغيل الموقد لمدة /2.5/ ساعة، كما تمّ استخدام الغاز في تشغيل وحدة توليد كهرباء في المزرعة، وهي عبارة عن محرك ديزل ذي مكبس واحد ثنائي الأشواط سعته /C.C/800 موصول به مولد كهرباء بطاقة /5/ ك.ف.أ، وباستخدام /1/ م^3 من الغاز تمّ تشغيل المحرك بإعطائه /90%/ غاز حيوي و /10%/ وقود ديزل لمدة نصف ساعة.، ولتشغيل هذا المحرك بالكفاءة المطلوبة يكفي إعطاء المحرك /20%/ وقود ديزل و/80%/ غاز حيوي، وذلك بعد تسخين المحرك، حيث يتم إقلاع المحرك على وقود الديزل فقط وقود ديزل وتسخين المحرك حتى وصول درجة حرارته لدرجة التشغيل المناسبة (حوالي/80/ درجة مئوية)، ثمّ تخفف كمية الوقود وقود ديزل وتزاد كمية الغاز تدريجياً حتى الوصول إلى النسبة المطلوبة، ويذكر هنا أنه تمّ وصل أنبوب الغاز الحيوي بعد فلتر الهواء مباشرة في مجاري السحب، كما لوحظ ارتفاع درجة حرارة المحرك، ووصلت حتى /88/ درجة مئوية، وهي ضمن الحدود المسموح فيها لتشغيل المحرك.

ومع التغذية اليومية للمخمر بالكمية المحددة من المخلوط، وهي /0.3/ م^3، يتم إنتاج كمية من الغاز حوالي /4.5/ م^3، وهذه الكمية تكفي لتشغيل موقد متوسط الشعلة لمدة /11.25/ ساعة، أو تشغيل المحرك الموجود في المزرعة لمدة /2.25/ ساعة، وبتشغيل المحرك هذه المدة الزمنية نكون قد وفرنا /80%/ من استهلاك الوقود، وخففنا من انبعاث الغازات السامة في الهواء بذات النسبة، مع إمكانية الاستغناء كلياً عن شراء الغاز المنزلي.

إنتاج السماد: يطلق على الكتلة المتبقية بعد عملية تخمر المخلفات العضوية الخارجة من المخمر اسم سماد الغاز الحيوي.

الاستنتاجات والتوصيات:

1-توفر هذه التقنيات وقوداً نظيفاً للاستهلاك المنزلي في مزارع تربية الأبقار، وفي الأرياف التي يقوم سكانها بتربية الأبقار.

2-توفير كميات من الوقود لإنتاج نفس كمية الطاقة من الغاز الناتج.

3-تعمل هذه التقنيات على نظافة البيئة والحد من الأمراض الناتجة عن التلوث، وكذلك الحد من تواجد الحشرات، خاصة الذباب و البعوض، وهذا يؤدي إلى تقليل الإصابة بالأمراض، ولا سيما عند الأطفال.

4-بما أن متوسط إنتاج البقرة من الروث 12 كغ يومياً، فإن 3/4 م3 من حجم المخمر كافية للبقرة الواحدة، وبذلك يمكن إنشاء المخمر المناسب لكل مزرعة حسب عدد الأبقار الموجودة فيها.

5-اقتراح إنشاء عدد من وحدات إنتاج الغاز الحيوي الإرشادية بغرض تبيان الفائدة العلمية والعملية لها، وتوضيح التعامل معها، وتبيان مدخلاتها ومخرجاتها.

6-متابعة الأبحاث العلمية في مجال طاقة الكتل الحيوية من حيث تأثير درجة الحرارة والتقليب وزمن المكوث ونسبة الخلط والبادئ وبعض المعاملات الأخرى على إنتاج الغاز.

المراجع:

1. اسماعيل، ابراهيم اسماعيل. الطاقة البيولوجية عنصر أساسي من عناصر الطاقة المتجددة، ورشة عمل عن المعالجة اللاهوائية للمخلفات الصلبة، جامعة المنصورة، 1998.
2. الأمين، عادل علي صالح محمد. تصميم وتنسيق مخمر محسن لإنتاج الغاز الحيوي. رسالة دكتوراه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، 2006.
3. راشد، ابراهيم جار العلم. البيو غاز وسيلة لاستثمار المخلفات الصلبة، ورشة عمل عن المعالجة اللاهوائية للمخلفات الصلبة، جامعة المنصورة، 1998.
4. غضبان، صقر. الطاقة المتجددة. منشورات كلية الزراعة، جامعة دمشق، 2007.
5. قاسم، عبد الوهاب شلبي. مقدمة في الطاقة المتجددة، منشورات كلية الزراعة. جامعة الاسكندرية، دار الإيمان للطباعة، 2007.
6. قاسم، عبد الوهاب شلبي. الطاقة من الكتل الحيوية. منشورات كلية الزراعة، جامعة الاسكندرية، دار الإيمان للطباعة، 2008.
7. قاسم، عبد الوهاب شلبي؛ عبد اللطيف، صلاح؛ الشاذلي، محمود عبد الرحمن؛ قشطة، عبد الله؛ بسيوني، عبد الواحد. النظم الحرارية للطاقة الشمسية. منشورات كلية الزراعة، جامعة الاسكندرية، دار الإيمان للطباعة، 2008.
8. معرفي، مصطفى عباس. مبادئ الطاقة. مطبوعات جامعة دولة الكويت، 1999.
9. نوو، سيف الدين. رؤية جديدة للاستفادة من المخلفات الزراعية. ندوة الهندسة الزراعية في الاستفادة من المخلفات الزراعية والمحافظة على البيئة. مجلة الهندسة الزراعية المصرية، عدد خاص،2002.
10. EL-Hadidi,Y.M.; Seufert,H. Possibilities of increasing biogas production by using different mixtures of animal wastes. MisrJ. Ag. Eng.1997.
11. Sayed-Ahmad,M.M.; Huzayyin,A.S. Simple evaluation of biomass conversion process. Misr J. Ag. Eng. 1986.
12. Websities:

- *chamsolar*.25Feb.2013. http:www.chamsolar.com/ar/ed/biomass.htm.
- *Sara*.J.M. biogas is clean energy. 10April 2013.http:www.zira3a.net/articles/natural-gas.htm.
- *http://www.arab-eng.org*.