



قسم الهندسة الزراعية



محاضرات في

ميكنة المخلفات الزراعية

إعداد

أعضاء هيئة التدريس بقسم الهندسة الزراعية

المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	م
١	إدارة المخلفات	١
١١	السماد العضوي المكثور	٢
٧٥	الغاز الحيوي	٣
١٣٩	السيلاج	٤
١٧٩	استخدام القش في المباني	٥
١٩٩	المراجع	٦

الباب الأول
إدارة المخلفات

WASTE MANAGEMENT

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- التعرف على المخلفات وأنواعها المختلفة وكمياتها الناتجة سنويا
- التعرف على الطرق المختلفة للتخلص من المخلفات وكيفية التعامل معها بالطرق الأمانة والاستفادة منها مرة أخرى.
- التعرف على الفوائد الناتجة من تدويرها والطرق المختلفة المستخدمة في تدوير المخلفات الزراعية.

إدارة المخلفات

Waste Management

تعريف المخلفات

انتشر لفظ المخلفات Wastes في السنوات الأخيرة وكثر الحديث عنها وصارت تعقد الندوات والمؤتمرات لدراستها وتتبع التطورات التقنية في معاملتها واستغلالها.

لفظ المخلفات الزراعية Agricultural Wastes يطلق على كل ما يتخلف أو يتبقى بعد الحصول على المنتج الزراعي الرئيسي – أي أنها عبارة عن بقايا المنتجات الزراعية (نباتية أو حيوانية أو سميكية) والتي تتخلف أثناء المراحل المختلفة التي تمر بها المنتجات الزراعية حتى تصبح في صورتها الصالحة للاستهلاك أو الاستعمال الادمى والمنتجة من أجله ويفضل أن يطلق على هذه المخلفات اسم النواتج الثانوية By-Products إذا ما استعملت في بعض الأغراض الاقتصادية وكانت لها قيمة نقدية تمثل جزءاً من دخل المزارع، كما هو الحال في تبن القمح أو بذرة الكتان، أو تسمى التوالف إذا لم يكن لها استعمال اقتصادي وبالتالي فهي تمثل فاقداً من الإنتاج كما هو الحال في النافق من الدواجن وغيرها.

ويمكن تعريف المخلف بأنه الجزء من النبات الذي لم يستغل اقتصادياً. أي أنه الجزء غير الاقتصادي من أي نبات مثل الأحطاب والعروش والقش وغير ذلك.

ويمكن تعريفه أيضاً بأنه كل ما ينتج بصورة عارضة أو ثانوية خلال عمليات إنتاج المحاصيل الحقلية سواء أثناء الحصاد أو الجمع أو الإعداد للتسويق أو التصنيع لهذه المحاصيل.

ونظراً لما يمكن إن تقوم به هذه المخلفات في سد الفجوة الغذائية للحيوانات فقد توصل البحث العلمي إلى إمكانية إيجاد أعلاف بديلة من المخلفات الزراعية الحقلية من خلال تقطيعها وإثرائها ببعض المركبات الكيماوية وإنتاج أعلاف غير تقليدية لتغطية العجز الحالي في الأعلاف وخاصة أن المتاح من

مخلفات الحقل (تبين القمح - تبين الشعير - تبين الفول - تبين البرسيم - تبين الحمص - قش الأرز - حطب الذرة الشامية - حطب الذرة الرفيعة - حطب القطن - حطب السمسم - تبين العدس - تبين الحلبة - حطب الترمس) بالإضافة إلى قوالح الذرة وسرسة الأرز وعروش الخضر وات والفواكه في مجملها حوالي من ٢٤-٣٣ مليون طن في مصر. ويمثل قش الأرز ما يقرب من ٦,٣ مليون طن، ومن الممكن تخصيص جزء منها في تصنيع أعلاف غير تقليدية تغطي الفجوة الموجودة في الأعلاف الحالية. ولقد أجريت بحوث مكثفة لاختيار أنسب المعاملات لزيادة القيمة الغذائية للمخلفات الزراعية الحقلية غير المستغلة حالياً في تغذية الحيوانات وذلك على مستوى القرية المصرية على أن تكون هذه المعاملات سهلة وميسورة للفلاح المصري مع تحاشي التكنولوجيا التي تحتاج إلى مهارات كبيرة في التطبيق وأن تتم بتكاليف مناسبة وفي متناول مربى الحيوان بالقرية ولا يؤدي تنفيذها إلى مخاطر صحية سواء للحيوان الذي سيتغذى عليها أو الإنسان الذي سيتغذى على ألبان ولحوم هذه الحيوانات.

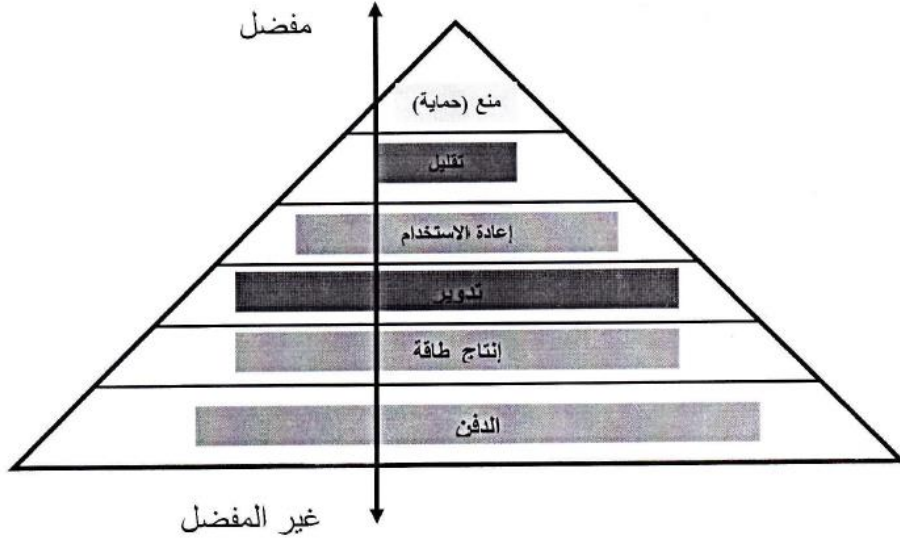
تعرف إدارة المخلفات على أنها عملية تجميع ونقل وتجهيز أو تدوير أو ردم المخلفات الناتجة عن النشاطات الأدمية بهدف تقليل تأثيرها السلبي على الصحة والبيئة وجمال المنطقة الطبيعي. ويوضح جدول (١-١) أنواع ومصادر المخلفات الصلبة.

جدول (١-١): أنواع ومصادر المخلفات الصلبة

المصدر	الأنواع المحتملة
منزلية	بقايا أطعمة - أوراق - كرتون - بلاستيك - أقمشة - جلد - زجاج - بقايا أشجار - حديد - رماد..... الخ
صناعية	مخلفات مصانع سواء أغذية - مواد تعبئة - مناحر - مخلفات مباني - هدم..... أخرى.
تجارية	مخلفات فنادق - مطاعم - مدارس - معاهد - جامعات.
بلدية	نظافة شوارع - تقليم أشجار - قص نجيل - مخلفات المناطق السياحية.
زراعية	مخلفات ناتجة من أصل حيواني (فرشة طيور - ماشية - أبقار - حيوانات نافقة - مخلفات فحاسات). مخلفات خضراء من أصل نباتي (محاصيل زراعية كالحبوب - مخلفات بيوت محمية). مخلفات خطرة (بقايا حيوان - حاويات المواد الكيميائية - البلاستيك).

استراتيجيات التدرج:

للولصول إلى سياسة / إدارة بيئية أفضل. يتم الإلتباع كما في شكل (١-١).



شكل (١-١): إستراتيجية التدرج

نظم التخلص من المخلفات:

منذ أن أدرك الإنسان مدى إساءته لاستخدام عناصر الكون المختلفة حوله، كانت الدعوة إلى يوم الأرض في عام ١٩٧٠. ومنذ ذلك الحين تعالت صيحات المدافعين عن البيئة، وظهرت أحزاب الخضر في كثير من البلاد، وتشكل عند الكثيرين وعى بيئي ورغبة حقيقية في وقف نزيف الموارد، وظهر جيل يعرف مفردات جديدة مثل: النظام البيئي Ecological System والاحتباس الحراري، وتأثير الصوبة Effect Greenhouse وثقب الأوزون، وإعادة تدوير المخلفات Recycling، وتعلق الكثيرون بهذا التعبير الأخير رغبة في التفكير عن الذنب في حق كوكبنا المسكين.

وتعتبر عملية إعادة تدوير المخلفات أحد الأركان الأربعة التي تقوم عليها علم إدارة المخلفات Wastes Management أو ما يعرف بالقاعدة الذهبية 4R والتي يجب زيادة الوعي بها وهي:

١- التقليل Reduction:

والمقصود هنا هو تقليل المواد الخام المستخدمة، وبالتالي تقليل المخلفات، ويتم ذلك عن طريق:

- استخدام مواد خام أقل.

- استخدام مواد تنتج مخلفات أقل.

الحد من المواد المستخدمة في عمليات التعبئة والتغليف، مثل البلاستيك والورق والمعادن، وهذا يستدعى وجود وعيا بيئيا من كل كم المستثمر والمنتج، فمثلا في الولايات المتحدة الأمريكية التزم الكثير من منتجي الصابون السائل بتركيزه، حتى يتم تعبئته في عبوات أصغر، أو إنتاج معجون أسنان بدون عبوته الكرتونية الخارجية، وهذا ما يطلق عليه Waste Minimization.

٢- إعادة استخدام المخلفات Reuse:

وهذا يعنى، مثلا إعادة استخدام الزجاجات البلاستيكية للمياه المعدنية مثلا بعد تعقيمها، إعادة ملئ الزجاجات والبرطمانات بعد استخدامها، هذا الأسلوب يؤدي إلى تقليل حجم المخلفات، ولكنه يستدعى وعيا بيئيا لدى عامة الناس في كيفية التخلص من مخلفاتهم، والقيام بعملية فرز بسيطة لكل من المخلفات البلاستيكية والورقية والزجاجية والمعدنية قبل التخلص منها، فنجد في كل من اليابان والولايات المتحدة الأمريكية صناديق قمامة ملونة في كل منطقة وشارع، بحيث يتم إلقاء المخلفات الورقية في الصناديق الخضراء والمخلفات البلاستيكية والزجاجية والمعدنية في الصناديق الزرقاء، ومخلفات الأطعمة أو ما يطلق عليه المخلفات الحيوية في الصناديق السوداء.

٣- إعادة التدوير Recycle:

والمقصود بإعادة التدوير هو إعادة استخدام المخلفات، لإنتاج منتجات أخرى أقل جودة من المنتج الأصلي.

٤- الطمر الحراري Recovery:

وتستخدم تكنولوجيا الطمر الحراري في الكثير من الدول، خاصة اليابان للتخلص الأمن من المخلفات الصلبة، والمخلفات الخطرة صلبة وسائلة ومخلفات

المستشفيات والحماة الناتجة من الصرف الصحي والصناعي، وذلك عن طريق حرق هذه المخلفات تحت ظروف تشغيل معينة مثل درجة الحرارة ومدة الاحتراق، وذلك للتحكم في الانبعاثات ومدى مطابقتها لقوانين البيئة. وتتميز هذه الطريقة بالتخلص من ٩٠% من المواد الصلبة، وتحويلها إلى طاقة حرارية يمكن استغلالها في العمليات الصناعية أو توليد البخار أو الطاقة الكهربائية.

وفي هذا المقرر سوف نقوم بالتدريس على الركيزة الثالثة لعلم إدارة المخلفات وخاصة الزراعية منها ألا وهي تدوير المخلفات الزراعية وسوف يهتم هذا المقرر بالتركيز على العلوم الهندسية التي يمكن تطبيقها في هذا المجال.

في البداية فإن فكرة إعادة التدوير بدأت أثناء كلا من الحرب العالمية الأولى والثانية، حيث كانت الدول تعاني من النقص الشديد في بعض المواد الأساسية مثل المطاط، مما دفعها إلى تجميع تلك المواد من المخلفات لإعادة استخدامها، وبعد سنوات أصبحت عملية إعادة التدوير من أهم أساليب إدارة التخلص من المخلفات وذلك نظرا للفوائد البيئية العديدة لتلك العملية.

وقد وجد رجال الصناعة أنه إذا تم أخذ برامج إعادة التدوير بمأخذ الجد من الممكن أن تساعد في تخفيض تكلفة المواد الخام وتكلفة التشغيل.

وفيما يلي أهم الفوائد الناتجة عن إعادة تدوير المتبقيات الزراعية:

- زيادة دخل المزارع نتيجة لزيادة إنتاجية الأراضي وخفض معدلات استخدام الأسمدة المعدنية والصناعية وكذلك انخفاض معدلات استخدام المبيدات الكيماوية.
- قطع دورة حياة الكثير من الحشرات التي تبقى مع المتبقيات الزراعية في حال تخزينها فوق سطوح المنازل مثل دودة ورق القطن.
- زيادة إنتاجية وخصوبة الأراضي نتيجة استخدام الأسمدة العضوية الغنية بالمواد العضوية والازوتية والدبالية.
- إقامة بعض الصناعات الصغيرة على البقايا الزراعية وبالتالي زيادة الدخل للمزارع من عائد هذه الصناعات مثل عيش الغراب أو الأعلاف الخضراء وغيرها.

- توفير فرص عمل للشباب من الخريجين لإقامة المشروعات والصناعات الصغيرة على تلك البقايا الزراعية.

- الحفاظ على البيئة من التلوث الناشئ عن تراكم تلك المتبقيات من خلال عمل الكمورات السمادية لدى كل مزارع.

تتنوع المتبقيات الزراعية بتنوع الحاصلات الزراعية وتختلف من بلد إلى آخر تبعاً لإنتاج البلد من كل محصول زراعي. ويمكن القول أن أهم تلك المتبقيات الزراعية في العالم بصفة عامة وفي الوطن العربي بصفة خاصة هي مصدر للوقود مثل القطن والذرة، والأتبان مثل تين القمح والشعر والعروش مثل عرش البنجر والطماطم والبطاطس.

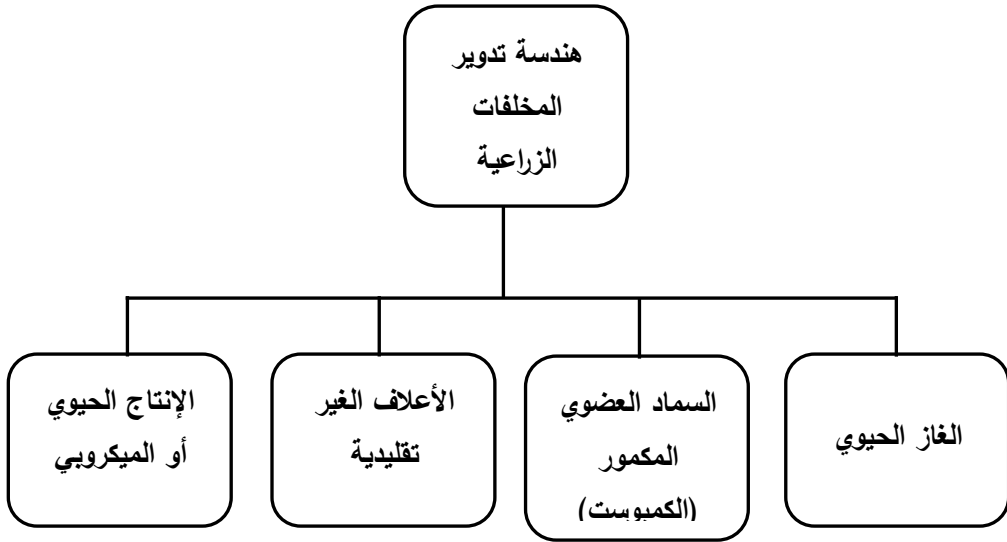
هذا بالإضافة إلى مخلفات جريد النخيل ومخلفات تقليم أشجار الشوارع والميادين العامة والمتنزهات، وهناك مواد أخرى غير خشبية مثل القنب والبوص والحلفا والبامبو وغيرها ونواتج تقليم أشجار الفاكهة.

تقدر المخلفات الزراعية الناتجة من الحاصلات الزراعية بعدة ملايين من الأطنان والتي تختلف بين الأقطار وهي في زيادة مستمرة عاماً بعد عام وتعتبر هذه المخلفات الزراعية من الموارد الطبيعية المتجددة والصديقة للبيئة والتي يمكن استخدامها في مجالات عديدة للحصول على عدة منافع أو تعد مشكلة بيئية كبيرة لكثير من دول العالم المتقدمة والنامية.

تتراوح كمية المخلفات الزراعية التي تنتج سنوياً في جمهورية مصر العربية بين ٣٦ - ٤٠ مليون طن ويمكن تدويرها في المجالات التالية:

- إنتاج الغاز الحيوي (البيوجاز).
- إنتاج الأعلاف الغير تقليدية مثل السيلاج وغيره.
- إنتاج الأسمدة العضوية المكمورة (الكمبوست).
- الإنتاج الحيوي أو الميكروبي.

كما يمكن استخدام بعض هذه المخلفات على صورتها مثل زراعة بعض الخضروات على بالات قش الأرز مثل (الطماطم والخيار والفلفل). ويوضح شكل (٢-١) طرق تدوير المخلفات الزراعية.



شكل (١-٢): طرق تدوير المخلفات الزراعية

الباب الثاني
السماذ العضوي المكفور
COMPOST

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- التعرف على السماد العضوي المكثور وخصائصه والحكم على جودة المنتج الناتج منه والفوائد المتوقعة من إضافته للتربة والنبات.
- التعرف على النظم المختلفة المستخدمة في إنتاجه.
- التعرف على الظروف المثلى المناسبة لإنتاجه.
- حساب كميات المخلفات المستخدمة في تصنيع السماد العضوي مع الحفاظ على الظروف المناسبة لإنتاجه.
- تحديد الفاقد في المادة الصلبة والمحتوى الرطوبي.
- تقدير متطلبات التهوية.
- التعرف على الآلات والمعدات المستخدمة في تصنيع السماد العضوي.

السماد العضوي المكثور

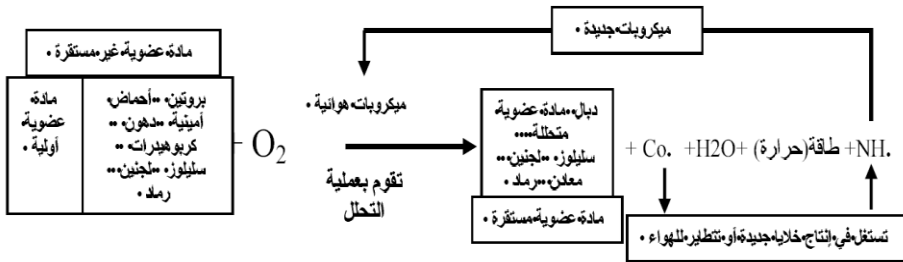
Compost

كلمة Compost (كمبوست) مشتقة من الفعل Decompose بمعنى يتحلل والذي يعنى تكسير أو فصل المكونات عن بعضها البعض، ويتحقق ذلك عن طريق مجموعة معينة من الكائنات الحية ولكن تحلل مكونات المواد وحده ليس كافيا فالكمبوست الجيد هو الذي يعاد فيه بناء هذه المواد المتحللة مرة أخرى إلى دبال Humus وهذا يتطلب وجود مجموعة معينة أخرى من الكائنات الدقيقة التي تساعد في تكوين الدبال وبصفه عامه فإن عملية إنتاج السماد العضوي المكثور (الكمبوست) هي تحويل المخلفات العضوية (نباتية وحيوانية) إلى سماد عضوي طبيعي وذلك بتدويرها في كومات تحت ظروف هوائية حيث يتم تحليلها وإعادة بناءها في صورة دبال غني بالعناصر الغذائية الميسرة للنبات والكائنات الحية النافعة لخصوبة التربة وتغذية النبات.

أنواع التحلل:

١- تحلل المادة العضوية في وجود الأوكسجين (هوائي) Aerobic

يوضح شكل (٢-١) وصف التحلل الهوائي عادة كما يلي:



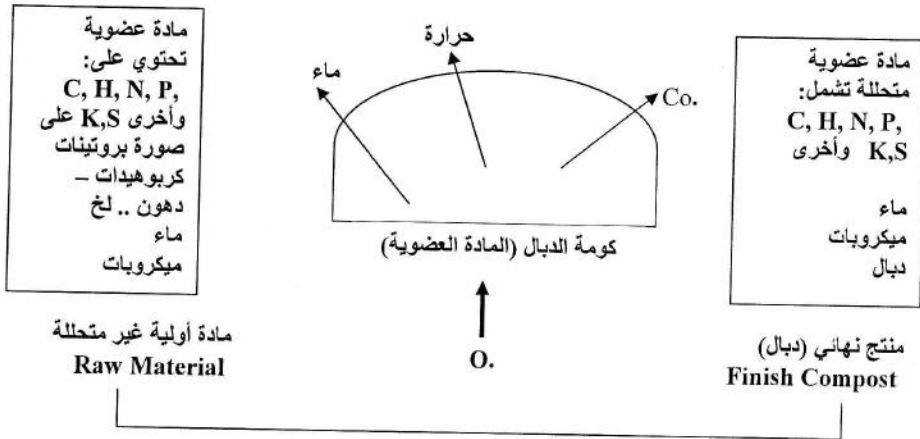
شكل (٢-١): وصف التحلل الهوائي

في هذا النوع من التحلل تنتقل الإلكترونات من المادة العضوية بواسطة الأوكسجين ولذلك يسمى الأوكسجين قليل الإلكترون، ولذلك جميع الميكروبات التي تستخدم الأوكسجين كإلكترون مستقبل تسمى بالهوائية.

- الحرارة الناتجة جراء التحلل كافية لرفع درجة حرارة الوسط لمستوى كفيل بالقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (حيواني/نباتي) وكذلك بذور الحشائش.
- الأمونيا الناتجة من عملية التحلل غالباً تستهلك لإنتاج خلايا ميكروبية جديدة، وبالتالي لا يكون هناك احتمالية عالية لانبعاث الغازات المزعجة.
- ونتيجة لما سبق فإن نوعية المنتج النهائي هوائياً أفضل.

٢- تحلل المادة العضوية بدون الأكسجين (لا هوائي)

- هناك مركبات أخرى أيضاً تستعمل كمستقبل إلكتروني ، ومن أهمها النيتروجين ، الكبريت (No_3, No_2, So_4) وكذلك Co_2 يستعمل كمستقبل إلكتروني لينتج غاز الميثان (CH_4 methane) ولا يفضل هذا النوع من التحلل بسبب:
- أن الحرارة الناتجة من التحلل اللاهوائي غير كافية للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (حيواني/نباتي) وكذلك بذور الحشائش.
 - احتمالية كبيرة لانبعاث غازات مزعجة (كالميثان CH_4) وكذلك بعض المركبات الكبريتية.
 - المنتج النهائي رديء.
- لذلك فالسماد العضوي المكمور المرغوب فيه هو ذلك الناتج من عملية التحلل الحيوي لمادة عضوية صلبة أو شبه صلبة بوجود الهواء O_2 . ويوضح شكل (٢-٢) الشكل العام لنظام إنتاج السماد العضوي المكمور.



شكل (٢-٢): الشكل العام لنظام إنتاج السماد العضوي المكمور

الميكروبات النافعة:

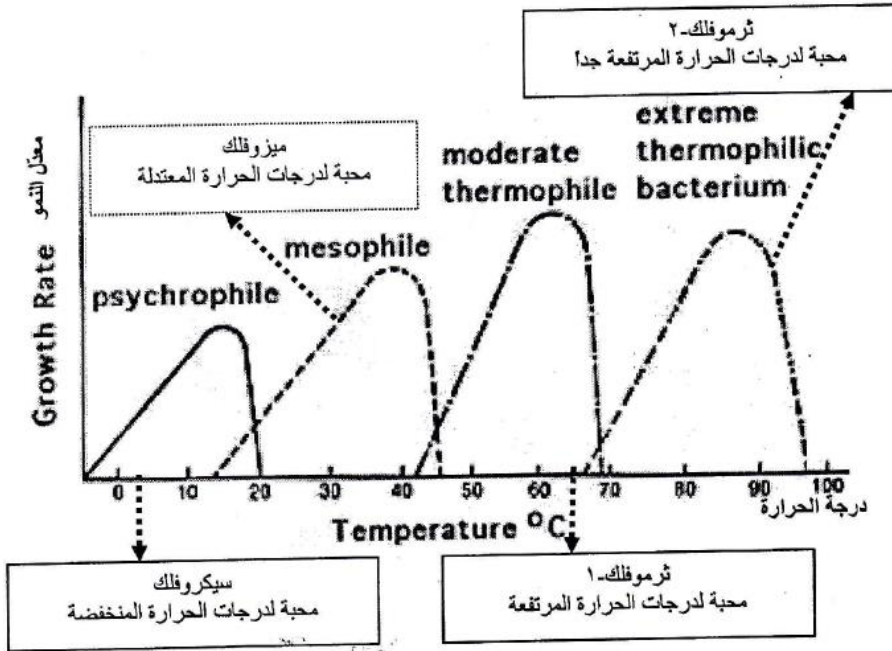
هناك مجموعات كثيرة من الكائنات الحية الدقيقة (بكتريا ، فطريات) وغيرها تقوم بإتمام عملية التحلل الهوائي لإنتاج السماد العضوي المكمور، وما يهمنا هنا هو تصنيفها حسب درجات الحرارة (الحرارة المثلى لنموها) فتصنف هذه الكائنات حسب حرارتها المثلى إلى:

مجموعة السيكروفلك (- ١٠ - ٢٠ م°) (الأمثل ١٥ م°)

مجموعة الميز وفلك (١٥-٤٠ م°) (الأمثل ٣٥ م°)

مجموعة الثرموفلك (٣٥-٦٠ م° فأكثر) (الأمثل ٥٥ م°)

ونرى التداخل بين المجاميع حيث تتعاقب بدون أن يحدث ذلك تغير ملحوظ في درجات حرارة المخلوط كما يوضحها شكل (٢-٣):



شكل (٢-٣): معدل نمو الكائنات الحية الدقيقة على حسب درجة الحرارة

أهداف عملية التحلل الهوائي للمادة العضوية:

- تحويل المادة العضوية غير المستقرة إلى مادة عضوية مستقرة (بطيئة التحلل) أو سماد عضوي مكمور (Compost).
- تحطيم (تنشيط) الكائنات الحية المسببة لأمراض الحيوانات (Animal Pathogens).
- تحطيم (تنشيط) الكائنات الحية المسببة لأمراض النباتات (Plant Pathogens).
- تنشيط نمو الحشائش.
- القضاء على الحشرات وبيضها.
- تكسير المركبات الكيميائية السامة (المبيدات، المنتجات البترولية ... الخ).

خصائص الكمبوست الجيد.

- الكمبوست الجيد لا بد من أن تتوافر به الخصائص الآتية:
- يحتوى على المادة العضوية الدوبال حيث تعتبر مخزن للعناصر.
 - خالي من بذور الحشائش
 - خالي من الكائنات الحية الممرضة مثل E.Coli و Salmonella spp
 - غني بالكائنات الحية الدقيقة النافعة
 - خالي من مسببات أمراض النبات مثل Rhizoctonia و Fusarium
 - خالي من الطفيليات والحشرات الممرضة للنبات والنيماطودا
 - درجة الحموضة متعادلة
 - خالي من العناصر الثقيلة
 - اختفاء المخلفات النباتية وعدم تحديد شكلها
 - اللون البني
 - الرائحة المقبولة القريبة من رائحة الأرض المحروثة

جودة المنتج النهائي:

من أهم الاختبارات أو المحددات للاستفادة من السماد العضوي المكومر هو جودته للتطبيق الآمن فى الأراضى الزراعية ، وهناك بعض المعايير إذا توفرت نستطيع الحكم على جودة السماد العضوي المكومر ومنها:

- نسبة الكربون إلى النيتروجين (C:N ratio) يجب أن تكون أقل من ١ : ٢٥.
- معدل استهلاك الأوكسجين يجب أن يكون أقل من ١٥٠ mg O./Kg .VS.hr)
- نسبة إنبات بذور الاختبار يجب أن تكون أكبر من ٩٠% (عادة تستخدم بذور الرشاد أو الفجل).

- درجة حرارة المخلوط لا ترتفع أكثر من ٢٠ م° عن درجة حرارة البيئة المحيطة.
 - يجب أن يكون السماد العضوي المكور قد ترك لفترة نضوج لا تقل عن ٢١ يوم بعد المرحلة النشطة.
 - يجب أن يكون نسبة انخفاض المادة العضوية (VS) لا تقل عن ٦٠%.
- وإذا لم يتبع (أو يتعذر إيجاد) أي من معايير الجودة السابقة فإن الخليط يجب أن يترك لمدة لا تقل عن ٦ أشهر قبل إضافته للتربة الزراعية.

فوائد إضافة السماد العضوي للتربة:

- مصدر للمادة العضوية.
- يحسن التركيب البنائي للتربة.
- يحسن من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.
- يحسن من نمو المجموع الجذري.
- يزيد من مقاومة النبات لكثير من الأمراض.
- يقلل من الاحتياجات السمادية للمحصول.
- يقلل من الحاجة لاستخدام المبيدات.
- يقلل من الأضرار البيئية عن ترك المادة العضوية تحلل عشوائياً.

أنظمة إنتاج السماد العضوي المكور:

في هذا الجزء سوف نتعرض إلى أهم الأنواع المختلفة المتاحة لإنتاج السماد العضوي المكور، مع إعطاء نبذة قصيرة عنها:

طريقة أندور Indore Method

إن أول نظام حقيقي لإنتاج السماد العضوي المكور على مستوى المزرعة في العصر الحديث ينسب للسيد ألبرت هوارد (Sir Albert Howerd) – عالم محاصيل بريطاني في معهد أندور (١٩٠٥ – ١٩٣٤) في الهند حيث

لاحظ أن التربة يجب أن تكون خصبة لإنتاج نبات صحي مقاوم للأمراض، والخصوبة ترتبط بدرجة كبيرة مع كمية الدوبال (Humus) بها.

بعد ذلك حرص السيد ألبرت على إيجاد طريقة عملية لرفع محتوى التربة الزراعية بالمادة العضوية، ومن هذا المنطلق وضع أول نظام مقنن في العصر الحديث لإنتاج السماد العضوي المكومر عرف فيما بعد بطريقة أندور وهي كما يلي:

- يوضع طبقة من نشارة الخشب أو القش أو القصاصات النباتية على الأرض لكي تكون القاعدة ولا يهيم سمكها فقط لامتصاص الماء الزائد والسماح بمرور الهواء.

- بعد ذلك يتم بناء هيكل الكومة (Pile) على شكل طبقات، الطبقة الأولى بسمك ١٥ سم من المادة الخضراء (كمخلفات الأشجار)، ثم ٥ سم طبقة أخرى من المخلفات الحيوانية، ثم طبقة خفيفة من التربة (Lime Stone) يلاحظ نسبة المادة الخضراء إلى المخلفات الحيوانية تساوى ٣: ١ على الترتيب.

- يعاد ترتيب الطبقات على نفس الترتيب حتى يصل ارتفاع الهيكل (الكومة) إلى ١,٥ متر.

- تقلب الكومة (تخلط) كل ٦ أسابيع لمدة ٣ أشهر.

نجحت طريقة أندور بسبب النوعية الجيدة للكمبوست الناتج، حيث ترتفع درجة الحرارة بدرجة كافية لقتل معظم الأمراض النباتية (الكائنات المسببة) وبذور الحشائش، إضافة إلى ذلك انبعاث الروائح المزجة محدود جداً.

ولذلك انتشرت هذه الطريقة بسرعة في الإمبراطورية البريطانية آنذاك، حيث استطاع المزارعون استغلال المخلفات الزراعية والتي كانت تحرق بالسابق، وتعتبر هذه الطريقة هي الخطوة الأولى إلى تطوير الأنظمة الحديثة لسببين هما:

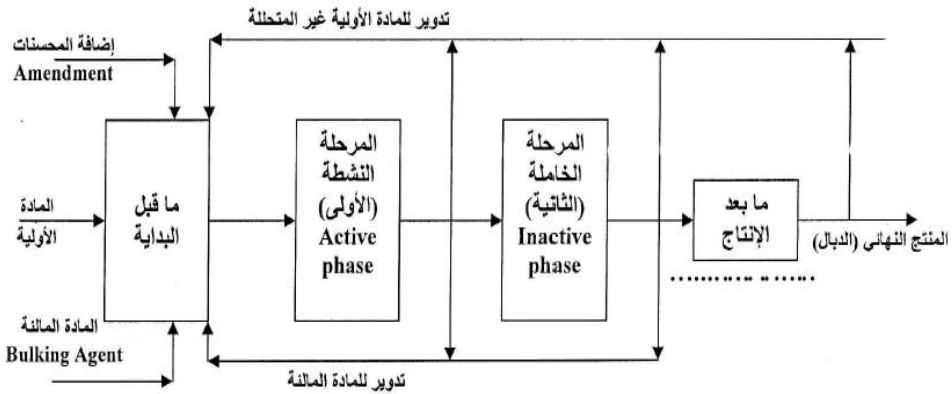
أولاً: أعطت (حددت) وصفاً للمخلوط الأولى والذي لم يكن مدركاً بالسابق، حيث أعطت نتائج هذا النظام مؤشرات أفضل من اقتصار الإنتاج باستخدام مادة أولية

واحدة، لذلك دخل مصطلح تهيئة المخلوط الأولى Feed Conditioning في مفهوم إدارة المخلفات الزراعية.

ثانياً: فى طريقة أندور دخل تسلسل العمليات (Procedure) وأهميتها.

نظام إنتاج السماد العضوي المكمور العام

يوضح شكل (٢-٤) النظام العام لإنتاج السماد العضوي المكمور:



شكل (٢-٤): النظام العام لإنتاج السماد العضوي المكمور

الفرق بين المحسنات Amendments والمادة المالئة Bulking Agents

يقصد بالمحسنات أي مادة تضاف للمادة الأولية بقصد تحسينها، وهناك

نوعان منها:

- مادة محسنة بقصد التجفيف.
- مادة محسنة بقصد رفع المحتوى الحراري (الطاقة) للمخلوط الأولى.

أما بالنسبة للمادة المالئة فهي أي مادة عضوية (كقطع الخشب) أو غير عضوية (الحجر أو قطع الكفرات) تضاف إلى المادة الأولية بقصد تحسين مواصفاتها الفيزيائية، كالتقوام للحصول على مسامية تسمح بتكوين الجيوب الهوائية لتسهيل مرور الهواء خلال كتلة المادة.

مراحل الإنتاج:

بالعودة لشكل (٢-٤) أنظمة الإنتاج غالباً تقسم إلى مرحلتين:

الأولى (النشطة Active) والمرحلة الثانية (غير النشطة Inactive) أو المعالجة ولا يوجد حد فاصل بين المرحلتين.

فالمرحلة الأولى: تتميز باستهلاك معدل أوكسجين عالي، حرارة عالية (أكبر من ٤٥°م)، انخفاض عالي بالمادة الصلبة المتطايرة القابلة للتحلل (Volatile Solid)، واحتمالية عالية لانبعاث الروائح المزعجة، ويستخدم أنظمة الإنتاج بصفوف هوائية (Windrows System) ذات التقليب الميكانيكي، أو نظام الصفوف الهوائية ذات التهوية الميكانيكية أو غير الميكانيكية، أو نظام الحاويات (Bioreactors or Closed systems).

أما المرحلة الثانية: أو مرحلة المعالجة فقد يستخدم فيها صفوف ذات تهوية أو ساكنة (بدون تهوية) أو حتى حاويات. وتتميز هذه المرحلة بدرجات حرارة أقل، معدل استهلاك للأوكسجين منخفض، وكذلك احتمالية منخفضة لانبعاث الروائح المزعجة، فهذه المرحلة (المرحلة الثانية أو مرحلة المعالجة أو مرحلة النضوج) توفر الوقت اللازم:

١- لتحلل المواد العضوية الصعبة.

٢- للتغلب على التحلل البطيء نتيجة لمحدودية بعض العناصر.

٣- إعادة تكوين مستعمرات الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة، والتي تفيد في نضوج السماد العضوي المكثور وكذلك مطلوبة عند تطبيقه على التربة.

تقليدياً، تعتبر المرحلة الأولى (النشطة) من مراحل الإنتاج الأهم في تطبيق العلوم الهندسية والتحكم نتيجة للحاجة لتقليل انبعاث الروائح المزعجة، توفير معدلات التهوية اللازمة لتوفير الأوكسجين وكذلك للتحكم بدرجة الحرارة.

أما مرحلة النضوج فقد حظيت باهتمام أقل من جانب المهندسين، وغالباً لا تأخذ الاهتمام الأكبر أثناء التصميم، وهذا طبعاً غير صحيح فالتصميم الأمثل يجب أن يأخذ بالاعتبار كلا المرحلتين.

تصنيف أنظمة إنتاج السماد العضوي المكثور:

هناك عدة تصنيفات لأنظمة إنتاج السماد العضوي المكثور، فمن ناحية يمكن تصنيفها كما يلي:

- نظم ميكانيكية.
- نظم مغلقة.
- حاويات.
- نظم مفتوحة.

ولكن هذه التصنيفات لا تعطي صورة صحيحة لأن هناك تداخل بين المسميات، فهناك نظم ميكانيكية مفتوحة ومغلقة على سبيل المثال، فلذلك ظهرت تصنيفات أخرى كتلك المستخدمة في أمريكا الشمالية:

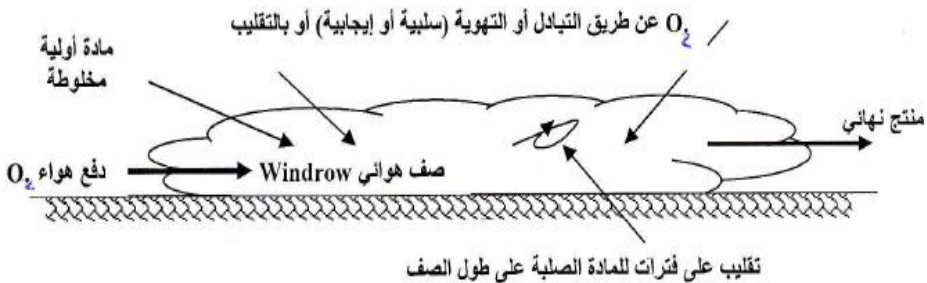
• Reactor مفاعل (حاوية).

• Non- Reactor غير مفاعل (غير حاوية).

وجميعها قد تزود بأنظمة ميكانيكية، وكذلك قد تكون تحت مظلة أو غير ذلك وهذا التصنيف قضى على مسألة التداخل.

أنظمة الإنتاج بغير الحاويات Non- Reactor Process

يوضح شكل (٥-٢) نظام من أنظمة الإنتاج المفتوحة (المكشوفة):



شكل (٥-٢) نظام من أنظمة الإنتاج المفتوحة (المكشوفة)

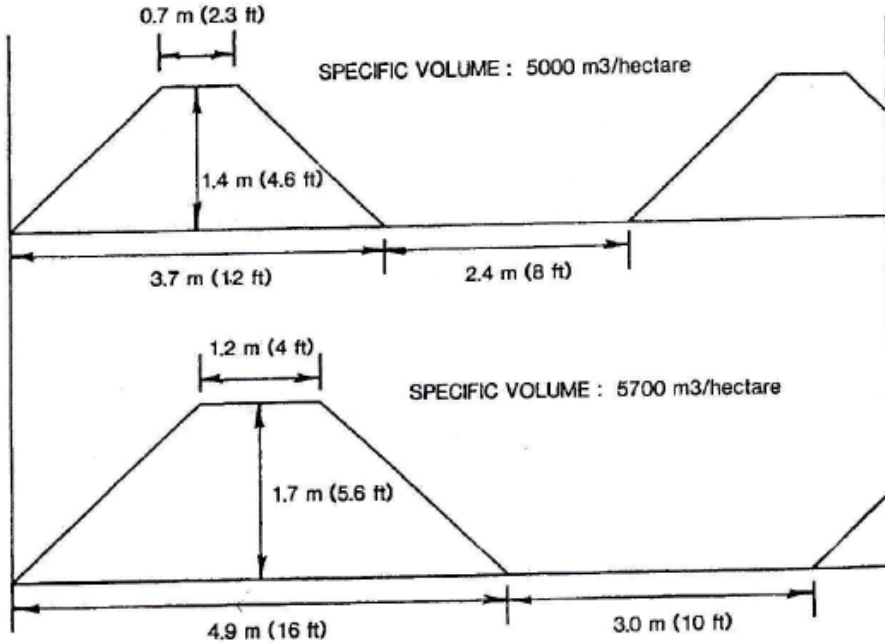
وتنقسم هذه الأنواع (المفتوحة) إلى: أنظمة ذات أرضيات متحركة، وأنظمة ذات أرضيات ساكنة. وتعنى الأولى أن كتلة المادة المستخدمة في إنتاج السماد العضوي المكثور تتحرك خلال عملية الإنتاج إما دورياً أو بأي طريقة من طرق التقليب.

أنظمة إنتاج السماد العضوي المكثور بصفوف هوائية مع التقليب (التحريك):

وتعتبر من أكثر الأنواع شيوعاً من الأنظمة المفتوحة، عادة توضع المادة الأولية المخلوطة في صفوف معرضة للهواء الخارجي وتقلب (أو تحرك) دورياً، ويتم ذلك عادة بواسطة أجهزة ميكانيكية، يختلف طول وعرض وارتفاع الكومة (الصف الهوائي windrow) غالباً على طبيعة المادة الأولية، وكذلك أنواع أجهزة التقليب المتاحة (المستخدمة).

يتم تزويد الميكروبات النافعة (التي تقوم بتحليل المادة العضوية) بالأكسجين أساسياً عن طريق التهوية الطبيعية الناتجة عن حركة الغازات الحارة في داخل المادة العضوية إلى الخارج، وجزئياً عن طريق التقليب.

أما في أنظمة التهوية الميكانيكية، فيتم إما سحب (تهوية سالبة) أو دفع (تهوية موجبة) الهواء قسراً خلال كتلة المادة الأولية بواسطة مراوح (Blowers)، ويتم استخدام مصطلح التهوية القسرية بغض النظر عن كونها سالبة أو موجبة. وعلى أية حال يجب أن يصاحب هذا النوع من أنظمة التهوية نوعاً من التقليب لإعادة بناء هيكل الكومة ويجب التنويه على أن عملية الخلط ستتم في مقطع الصف الهوائي (بعرض وارتفاع الكومة) ولكن لن يتم (أو يكون محدود) خلط (تجانس) على طول الصف، ويوضح شكل (٢-٦) هذا النوع:



شكل (٢-٦): أنظمة إنتاج الكمبوست بصفوف هوائية مع التقليب

وتختلف أبعاد نظام إنتاج السماد العضوي المكمور باختلاف أبعاد معدات التقليب وعادة تنفذ هذه الأنظمة على عدة مستويات، تتدرج من أنظمة ذات تكنولوجيا منخفضة، متوسطة وعالية، وذلك حسب الميزانية المتاحة والقرب من المدن وكذلك نوعية المنتج النهائي (السماد العضوي المكمور) والمدة المتاحة لإنتاجه.

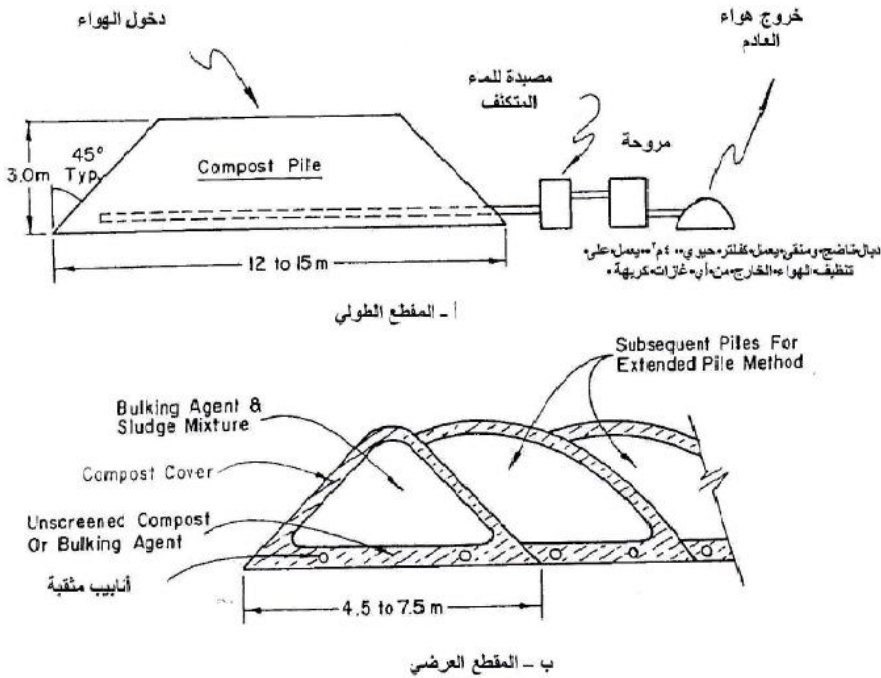
أنظمة إنتاج السماد العضوي المكمور بصفوف هوائية ساكنة

Static Windrow System

تعتبر أنظمة الإنتاج بصفوف ساكنة ذات تهوية أيضاً من الأمثلة الشائعة في شمال أمريكا وخاصة لمعالجة المادة الأولية الرطبة (كالحمأة)، حيث تخط الحمأة (المادة الأولية) بمادة مالئة (Bulking Agent) كقطع الخشب، وتشكل على هيئة فراغات بينية لتزويد الكائنات الحية النافعة بالأكسجين بدون الحاجة إلى تحريك أو تقليب دوري. كذلك يلحق بهذا النوع من الأنظمة عادة نظام توزيع للهواء لكي يسمح بالتوزيع الهوائي الايجابي (الدفع)، أو السلبي (السحب) ولا يلزم

أن يزود هذا النوع من أنظمة الإنتاج بأي نوع من معدات التقليب، حيث تشكل الصفوف الهوائية على أساس تغذية على هيئة دفعات (Butch System).

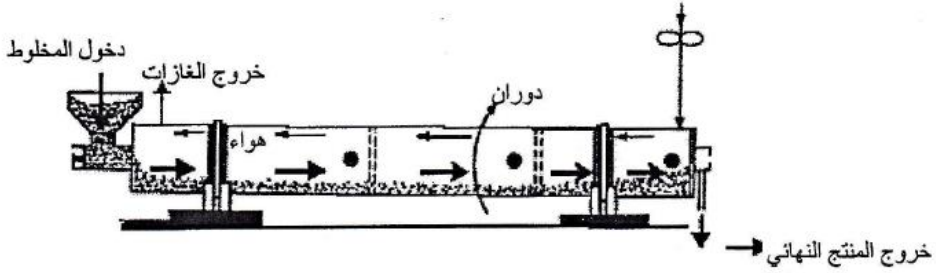
بعض الأنظمة الحديثة من هذا النوع تستخدم نوع محدود من التقليب وهو خلط المادة لتفكيك الكتل الكبيرة ثم إعادة تشكيلها على هيئة صفوف لإتمام عملية التحلل وبهذا يصبح هذا النوع من الأنظمة شبيه بالنوع الأول السابق الذكر إلا أن التحريك هنا سيتم بصورة أقل من التقليب الدوري المستخدم في النظام الأول "نظم الإنتاج في صفوف هوائية مع التقليب الدوري" ويوضح شكل (٧-٢) مقطع طولي وآخر عرضي لنظام إنتاج بصفوف هوائية ساكنة.



شكل (٧-٢) مقطع طولي وآخر عرضي لنظام إنتاج بصفوف هوائية ساكنة

أنظمة إنتاج السامد العضوي المكثور باستخدام المفاعلات Reactors أو الحاويات:

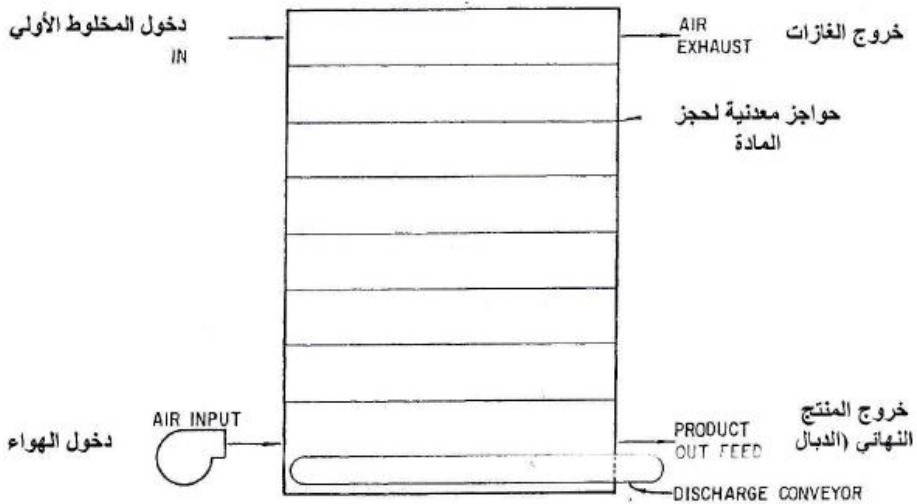
تصنف هذه الأنواع أولاً حسب دخول المخلوط الأولى إليها: أفقية أو عمودية التغذية، فالأفقية تتضمن الكثير من الأجهزة المختلفة حيث يميل الجهاز (المفاعل) قليلاً عن المستوى الأفقي لحث المخلوط على الحركة في الاتجاه المعاكس (لنقطة التفريغ) كما هو موضح بشكل (٨-٢):



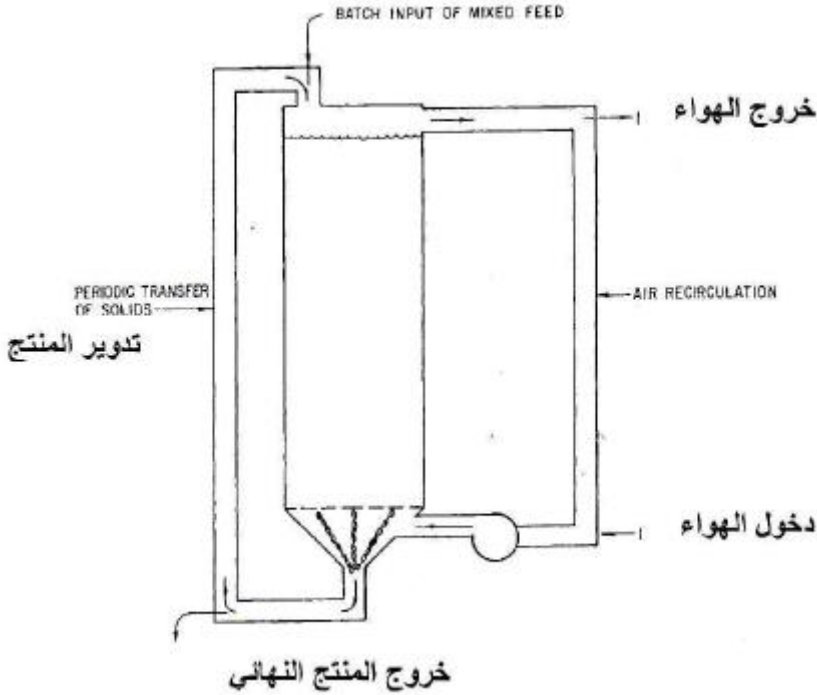
شكل (٢-٨): جهاز مفاعل إنتاج كمبوست باستخدام التغذية الأفقية

وقد تزود هذه الأنظمة بسيور نقل لتفريغ وتعبئة الجهاز، وعملية التقليب للمادة تتم عن طريق إدارة الجهاز كامل. وهناك العديد من هذه الأنظمة تتم تغذيتها بنظام الدفعات (Batch). حيث يتم تحميل الجهاز بالمخلوط الأولى بعد إتمام العمليات الأولية عليه ويترك داخل الجهاز لمدة ٧ - ١٤ يوماً لإتمام مرحلة الإنتاج النشطة. وفي الغالب يتم تزويد هذه الأنظمة بتهوية ميكانيكية متحكم بها عن طريق درجة الحرارة. ونظام التهوية إما أن يكون إيجابي أو سلبي أو بالتعاقب، ويتم تفريغ الجهاز لإتمام مرحلة النضوج في نظم صفوف هوائية لعدة شهور.

أما بالنسبة لنظم الحاويات ذات التغذية العمودية فمنها أنواع مختلفة نذكر منها شكل (٢-١٩، أ، ب):



شكل (٢-١٩): نظام الحاوية ذات التغذية العمودية

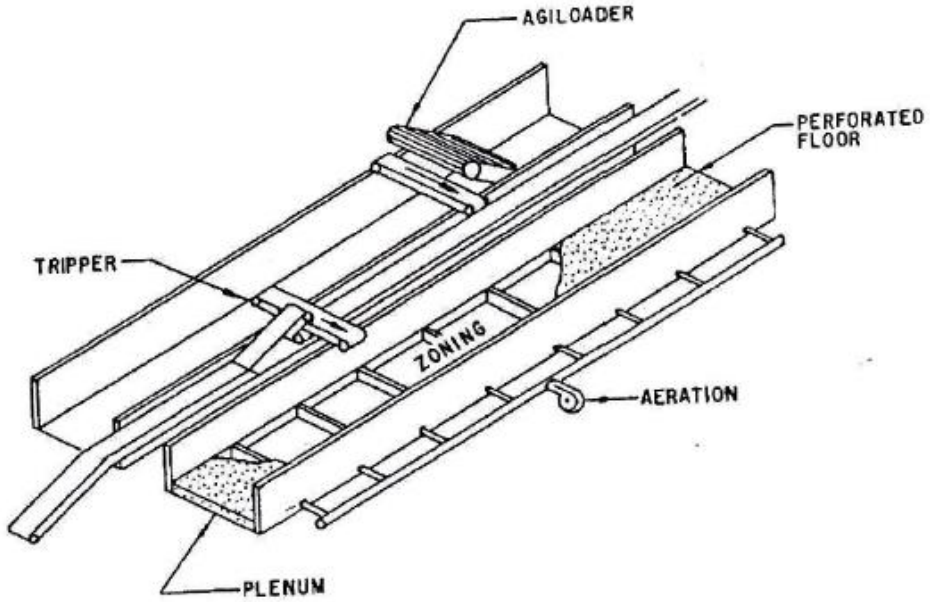


شكل (٢-٩ب): نظام الحاوية ذات التغذية العمودية

وتحديد هناك نوع يسمى (Biocell) أو الخلية الحيوية: وهذا النوع صمم في ألمانيا بواسطة شركة Dambach، يتكون الجهاز من برج رأسي يحتوى على ٨ - ١٠ أرضيات (أجزاء) فوق بعضها البعض. أرضية كل جزء عبارة عن شرائح من الألومونيوم متحركة، يمكن تحريكها للوضع الأفقي (غلق) أو الوضع الرأسي (الفتح) ليتحرك المخلوط الأولى من الأعلى إلى أسفل طبقة واحدة. ويوفر الأوكسجين في هذا النظام عن طريق التهوية القسرية. يوضع المخلوط الأولى بالطبقة التي أسفل منها، ثم تعبأ الأولى بمخلوط جديد من المادة الأولية، وهكذا لكي يمر المخلوط خلال الطبقات كلها فإن ذلك تستغرق حوالي شهر (٣٠ يوم) إذا كان النظام عبارة عن ١٠ أدوار، وبذلك يكون أنهى مرحلة التحلل السريع أو المنشط (active phase) بعدها ينقل المخلوط النهائي لمرحلة المعالجة النهائية.

نظم الإنتاج العالمية International Process Systems

يوضح شكل (٢-١٠) هذا النوع (نظام الإنتاج العالمي IPS) حيث يتكون من مجارى أو أنفاق يتم التحكم بطولها.



شكل (٢-١٠): نظام الإنتاج العالمي IPS

تدخل المادة (المخلوط) الأولى من طرف ويقطب يومياً في الاتجاه المقابل (الخروج) من الطرف الآخر على شكل خطوات كل خطوة عبارة عن ١٠-١٢ قدم من طول النفق (Bay)، ويصمم طول النفق ليعطى وقت كافي لتحلل المادة العضوية.

في المرحلة النشطة (active) غالباً ١٨-٢٤ يوماً والتهوية قسرية موجبة من أسفل النفق عن طريق موزعات، أجهزة التقلب أوتوماتيكية بالكامل. وعادة يصمم ١٢ نفق في النظام الواحد. ويوضح جدول (٢-١) أمثلة لنظم الإنتاج العالمية.

جدول (٢-١): أمثلة لنظم الإنتاج العالمية

المشروع (سنة التنفيذ)	المكان	نوع المادة الأولية	حجم المادة الأولية	عدد الأنفاق	طول النفق
Fair Field, 1989	Connecticut كنكتكت/أمريكا	حماة صرف + أغصان مقطوعة + أوراق شجر	٤٠٠٠ طن رطب/سنة + ١٦٠٠٠ ياردة ^٣ /سنة	٦	٢٢٠ قدم
Anheuser- Buseg, 1989	N,Y نيويورك/أمريكا	حماة + محسن (كمبوست ناتج أو بودرة خشب)	٦٠ طن رطب/يوم	١٢	٢٠٠ قدم

العوامل التشغيلية:

درس كثير من الباحثين إنتاج السماد العضوي المكومر Compost كعملية محكمة بعدة عوامل من أهمها ما ورد في (Haug 1993) على أن أهم هذه العوامل:

- المادة الصلبة المتطايرة (Volatite Solid, V_s).
- درجة الحرارة.
- التهوية.
- التقليب.
- الرطوبة " المحتوى الرطوبي "
- الأس الحامضي pH.
- العناصر الغذائية.
- نسبة الكربون للنيتروجين C:N.
- الزمن.
- اللقاح.

وللحصول على منتج نهائي ذو جودة عالية "كمبوست" يجب أن تؤخذ بالاعتبار العوامل السابقة وتكون عند حدها الأمثل أثناء التشغيل.

١- المادة الصلبة المتطايرة Volatile Solid

يمكن اعتبار المادة الأولية الداخلة في إنتاج السماد العضوي المكثور على أنها أي مادة عضوية المنشأ ويتضمن ذلك المخلفات الحيوانية (فرشة الحيوانات أو الطيور) المخلفات العضوية الصناعية، أو المخلفات الزراعية أو المخلفات البلدية العضوية.

الطاقة المخزنة في هذه البقايا العضوية هي المحرك الرئيسي أو القوة الدافعة لعملية إنتاج السماد العضوي المكثور، تحت ظروف تشغيل قياسية، فإن الطاقة المتوفرة في المادة العضوية ومعدل إنتاجيتها (Availability) للميكروبات تعتمد على نوع البقايا، فمثلاً وجد أن معدل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لبقايا عضوية متحللة يقع بين ٠,١ - ٠,٤ (ملمول CO_2 /يوم جرام مادة صلبة متطايرة)، فيما كان نفس المعدل يقع بين ١- ٥ (ملمول CO_2 /يوم جرام مادة صلبة متطايرة) لبقايا عضوية في بداية التحلل، ويوضح جدول (٢-٢) نسبة المادة المتطايرة الصلبة لبعض البقايا الزراعية.

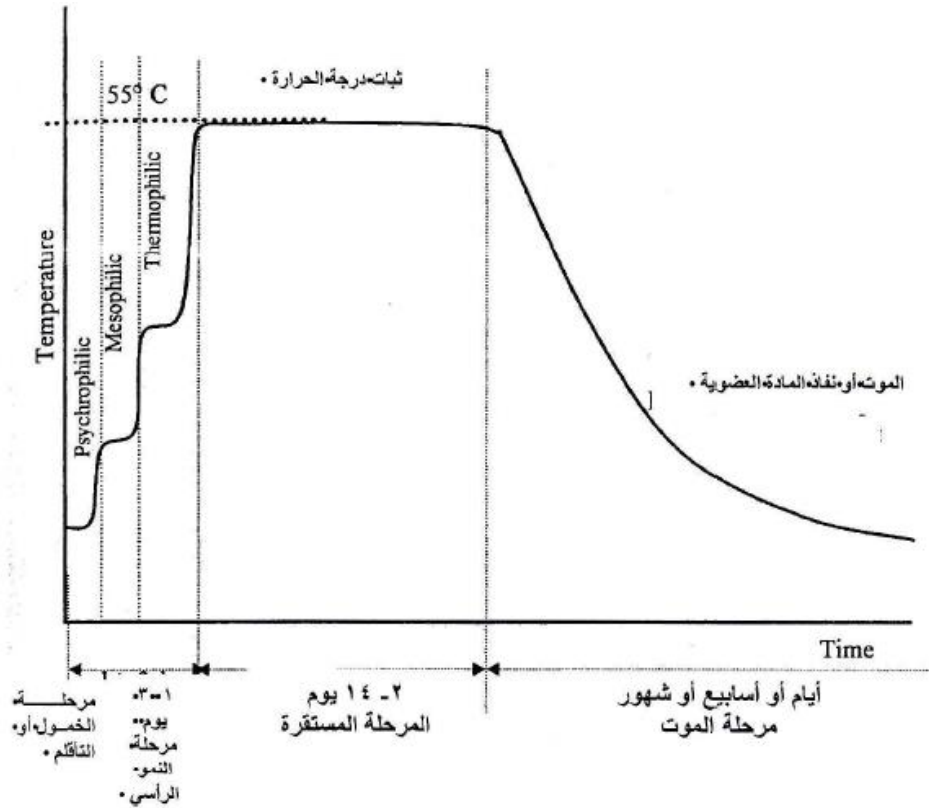
جدول (٢-٢): نسبة المادة المتطايرة الصلبة لبعض البقايا الزراعية

المادة	% VS (DM)	معدل C:N	المرجع
بقايا نباتية			
البرسيم	٧٢,٦	٤٦,٨	ASAE (1999)
قصب الشعير	٦٨,٨	٤٦,٨	ASAE (1999)
قصب القمح	٧١,٣	٧٢	ASAE (1999)
قصاصه نجيل	٨٥	٢٠	Palmisano & Barlaz (1996)
أوراق شجر	٩٠,٢	٨٠ - ٤٠	Palmisano & Barlaz (1996)
أوراق وسيقان نبات البطاطس	٧١,٥	٢٥	Rynk et al. (1992)
الكبكية الناتجة عن تنظيف وتقطيع درنات البطاطس	٩١,١	٢٨,١	Rynk et al. (1992)
بقايا نبات الطماطم	٩٢,٠	١٨ - ١٠	Rynk et al. (1992)
المخلفات الحيوانية			
فرشة طيور مع نشارة خشب	٦٩,٢	٩	Flynn and Wood (1996)
أبقار	٨٣,٣	١٧٣	ASAE (1999)
خيول	٦٦,٧	٢٥	ASAE (1999)
أغنام	٨٣,٦	١٧	ASAE (1999)
أخشاب			
نشارة خشب	٩٦,١	٢٧٨,٧	Rynk et al (1992)

٢- درجة الحرارة Temperature:

تلعب درجة الحرارة دور مهم خلال إنتاج السماد العضوي المكمور، فدرجة الحرارة العالية مهمة للتخلص من الكائنات المسببة للأمراض سواء الحيوانية أو النباتية، بذور الحشائش، وكذلك مهمة في زيادة معدل التحلل البيولوجي، وإزالة الرطوبة وبالتالي استقرار وجوده المنتج النهائي.

تتم عملية إنتاج السماد العضوي المكمور في ثلاث مناطق لدرجات الحرارة يرجع إليها: منطقة السيكرولفك (١٠-٢٠ م°) وتسيطر فيها مجموعة الميكروبات المحبة لدرجات الحرارة الباردة، منطقة الميزوفلك وتسيطر فيها الميكروبات المحبة لدرجات الحرارة المتوسطة (١٥ - ٤٥ م°) وأخيراً منطقة الثرموفلك وتسيطر فيها الميكروبات المحبة لدرجات الحرارة العالية (٣٥ - ٥٥ م°) كما هو موضح في شكل (٢-١١).



شكل (٢-١١): مراحل درجات الحرارة

وإذا سمح لدرجة الحرارة بالارتفاع إلى أعلى من الحد الأقصى لدرجة الحرارة المفضلة لميكروبات الثرموفلك فإن مجموعات بسيطة من البكتريا المحببة لدرجات الحرارة العالية جداً (إكستريموفلك Extremophilic) سوف تسيطر على كتلة المادة العضوية وتتم عملية التحلل ، إلا أن عملية إنتاج السماد العضوي المكثور يجب أن لا تصل إلى هذا الحد وحصر عملية التحلل بمجموعة بسيطة من الميكروبات.

وتعتبر درجة الحرارة في كتلة السماد العضوي المكثور دالة في معدل انبعاث الحرارة ومعدل الفقد الحراري للمحيط، فدرجة الحرارة هي نتيجة للنشاط الميكروبي وكذلك محدد له. فمعدل النشاط الإنزيمي ومعدل النمو عادة تتضاعف مع كل زيادة في درجة الحرارة بمقدار ١٠ °م حتى تصل إلى الحد الأعلى لدرجة الحرارة المثلى للميكروب عندما تبدأ مجاميع الميكروبات بالحساسية لهذه الحرارة فتصبح محدداً لنموها.

فتبدأ عملية إنتاج السماد العضوي المكثور عادة بالسيكروفلك إذا كانت درجة حرارة المخروط أقل من ٢٠ °م. ومع بداية عملية التحلل يبدأ انبعاث الحرارة كنتاج تحلل والذي يرفع بدوره درجة حرارة الوسط حتى تصل إلى الدرجة المناسبة لنمو الميكروبات من النوع ميزوفلك وتستمر عملية التحلل حتى تصل إلى مدى الثرموفلك حتى نفاذ المادة العضوية المتحللة على المدى القصير عندها تقل الحرارة الناتجة (المنبعثة) فتقل درجة حرارة الوسط لتصل إلى الميزوفلك مرة أخرى لتستمر عند ذلك حتى مرحلة النضوج.

وبالرغم من أن درجة الحرارة أكثر من ٥٥ °م مفضلة للقضاء على الكائنات الحية المسببة للأمراض وبذور الحشائش، إلا أن مجاميع الميزوفلك هي الأفضل في عملية التحلل.

٣- التهوية:

في بداية مرحلة إنتاج السماد العضوي المكثور " المرحلة النشطة" تستهلك الميكروبات كمية كبيرة من الأوكسجين فخلال بداية المرحلة النشطة تستهلك المواد المتاحة والسهلة التحلل من المادة الأولية، ولذلك تكون الحاجة للأوكسجين كبيرة لإتمام عملية التحلل الهوائي وتكون الحرارة المنبعثة كبيرة، وبعد ذلك تنخفض درجة الحرارة وينخفض معها معدل استهلاك الأوكسجين مع

تقدم عملية التحلل واستنفاذ العناصر المتاحة في المدى القصير. ومن ذلك نستنتج أنه في حالة محدودية الأكسجين فإن عملية التحلل الهوائي كلها تتم بصورة بطيئة. كثير من الباحثين حددوا تركيز الأكسجين ٥% كنسبة دنيا في الفراغات الهوائية بين الجزيئات لكي تتم عملية التحلل هوائياً.

وتتم عملية التهوية لثلاثة أسباب:

- ١- التخلص من الحرارة الزائدة والتحكم في درجة حرارة الوسط في الحدود المثلى.
- ٢- للتخلص من الرطوبة الزائدة.
- ٣- لتوفير الأوكسجين لإتمام عملية التحلل الهوائي.

معدل التهوية المطلوب للتحكم بدرجة الحرارة يفوق بكثير المعدل المطلوب لتوفير الأوكسجين وكذلك اللازم للتخلص من الرطوبة الزائدة ، ولذلك عادة يؤخذ هذا المعدل بالاعتبار دون المعدلات الأخرى.

في تجربة للحصول على المعدل الأمثل لمعدل التهوية للتحكم بدرجة الحرارة قام (Hwang 1997) باستخدام معدل تهوية ثابت، ارتفعت درجة الحرارة حتى وصلت ٧٠°م بعد يوم واحد، بعدها انخفاض سريع لدرجات الحرارة وذلك نتيجة لوصول الميكروبات للحد الأعلى من درجات الحرارة المثلى، ولكن ولفس المادة الأولية وباستخدام معدلات أخرى حيث تم التحكم بدرجة حرارة المخلوط عند ٥٠ و ٦٠°م تمت المحافظة على درجة الحرارة العليا لمدة ١٠ أيام و ٢٠ يوم على الترتيب.

جاء في (Haug 1993) بأن معدل التهوية بالمتوسط يؤخذ (٥٦،٦ م^٣/ساعة. طن مادة صلبة). والحد الأعلى للتحكم بدرجة الحرارة على أنه (٤١،٦ م^٣/ساعة. طن مادة صلبة).

وهذا تقريباً ما تتبعه معظم التصميمات لنظم التهوية، حيث يزود نظام التهوية بمجسات لدرجة الحرارة ليتم التحكم بها. وكان هناك جدل حول درجة حرارة التصميم إلا أنه من ناحية أمان (صحية) المنتج النهائي فمعظم المنتجين يفضلون ٥٥ - ٦٥°م كنقطة يتم عندها استخدام درجة حرارة التهوية الأعلى.

٤- المحتوى الرطوبى Moisture Content:

تعتبر الرطوبة من أهم العوامل التشغيلية لإتمام عملية إنتاج السماد العضوي المكثور، فالماء يوفر الوسط اللازم لإتمام التفاعلات الكيميائية، انتقال العناصر ويسمح بحركة الميكروبات. ونظرياً النشاط البيولوجي الأمثل يتم عندما يكون الوسط مشبع بالماء ١٠٠% ولكن يجب أن لا يتعدى المحتوى الرطوبى الحد الذي تمتلئ عنده الجيوب الهوائية بالماء على حساب الهواء اللازم أيضاً لإتمام عملية التحلل الهوائي، فالنشاط الميكروبي يصبح محدداً بانخفاض المحتوى الرطوبى عن ٤٠% ويتوقف تماماً عندما يصل المحتوى الرطوبى لـ ٨ - ١٢%. تحديداً يجب أن يحافظ على محتوى رطوبى بين ٥٠ - ٦٥% للمادة الأولية لضمان إتمام عملية إنتاج السماد العضوي المكثور بدون أن تصبح الرطوبة عامل محدد لعملية التحلل البيولوجي خلال الفترة النشطة الأولى.

٥- العناصر الغذائية Nutrients

تحتاج الميكروبات التي تقوم بتحليل المادة العضوية إلى مصدر طاقة، كربون لبناء خلايا جديدة، وعناصر غير عضوية (غذائية) كالنيتروجين N، كبريت S، الفسفور P، بوتاسيوم K، مغنسيوم Mg، كالسيوم Ca، حديد Fe، صوديوم Na، وكلور CL، وكذلك يحتاج عناصر نادرة كالزنك Zn والمنجنيز Mn وملويبدونوم Mo وسليسيوم Se وكوبلت Co ونحاس Cu، ونيكل Ni، وتانجستين W.

بالإضافة إلى بعض العناصر العضوية المغذية المهمة كالفيتامينات والأحماض الأمينية وغيرها. ويعتبر النيتروجين N والفسفور P والبوتاسيوم K العناصر الأساسية للنبات (العناصر السمادية) وتركيز النهائى فى المنتج النهائى يؤثر على جودة ونوعية السماد العضوي المكثور.

وتحتوى المواد العضوية الأولية على قدر كاف من هذه العناصر بما فيها مخلفات الحيوانات والنباتات إلا أن زيادة أو نقص الكربون أو النيتروجين تحديداً يؤثر على استمرار عملية إنتاج السماد العضوي المكثور (التحلل البيولوجي).

٦- حموضة الوسط pH

الميكروبات التي تقوم بإتمام عملية إنتاج السماد العضوي المكمور غير حساسة للـ pH، ويرجع ذلك بنسبة كبيرة إلى النوعية الكبيرة من الميكروبات التي تقوم بعملية التحلل. و pH المفضل يقع في المدى من ٦,٥ – ٨,٥ إلا أن pH يصبح مهم عندما يتم التعامل مع مواد ذات محتوى نيتروجين عالي. حيث وجد أن $pH > ٨,٥$ يشجع تحويل مركبات النيتروجين إلى أمونيا والتي تزيد من قلوية الوسط. ووجد (Sasaki *et al.* (2003) أن $pH < 8.0$ يزيد من انبعاث الأمونيا (NH_3) حيث له رائحة مزعجة للعاملين والمحيطين وكذلك فشل النظام للوصول إلى درجة حرارة الثرموفلك، كذلك $pH < 5.0$ قد يكون عامل محدد للنشاط الميكروبي ويحد من نمو بعض الأنواع، مما قد يزيد من وقت التأقلم، وعلى أية حال فقيمة pH تتغير خلال عملية إنتاج السماد العضوي المكمور لأنه في البداية تقوم الميكروبات بتحليل المادة العضوية وتنتج مؤقتاً بعض الأحماض العضوية والتي تخفض قراءة pH، إلا أن الميكروبات نفسها تقوم باستهلاك الأحماض العضوية مما يزيد من قراءة pH. وبغض النظر عن البداية، السماد العضوي المكمور المستقر (الناضج) سوف يكون له pH متعادل أو يميل للقلوي.

٧- نسبة عنصر الكربون إلى النيتروجين C:N Ratio

على وجه العموم، الكائنات الحية بما فيها الإنسان تحتاج إلى ٢٥ ضعف كربون لكل واحد نيتروجين، ولذلك فإنه من المهم توفير عنصر الكربون والنيتروجين في نسب متوافقة ومناسبة. ونسبة الكربون إلى النيتروجين يتم الرجوع إليها. وهذا التوازن سيسمح بتوازن العناصر الأخرى. فتخلط المواد الأولية لتعطي نسبة كربون إلى نيتروجين في المدى ٢٥ : ١ – ٣٠ : ١ حيث يعتبر ذلك هو المثل بيولوجياً للحصول على نمو ميكروبي نشط. فإذا كانت نسبة الكربون : النيتروجين أقل من ٢٠ : ١ فإن الكربون المتاح سيستهلك بالكامل بواسطة الميكروبات مثل أن يستهلك كامل النيتروجين، والروائح قد تكون مشكلة. كذلك المخلوط الأولى بالكربون إلى النيتروجين كنسبة ٤٠ : ١ سيتطلب وقت أطول لكي تستهلك الميكروبات الكربون الزائد. نسبة الكربون إلى النيتروجين تنخفض خلال عملية إنتاج السماد العضوي المكمور نتيجة لفقد الكربون من المادة الأولية على صورة ثاني أكسيد كربون وكذلك النيتروجين. ولكن كمية الكربون

المفقودة تتجاوز النيتروجين وبالتالي فنسبة الكربون إلى النيتروجين ستتناقص مع الزمن، إلا أنه إذا كانت نسبة الكربون إلى النيتروجين منخفضة في البداية (نيتروجين أكثر) فإن الفقد بالنيتروجين قد يكون أكثر بدرجة لا تسمح بانخفاض الكربون إلى النيتروجين بدرجة ملحوظة خلال زمن الإنتاج (السماد العضوي المكمور).

٨- الوقت Time:

طول الوقت المطلوب لتحويل المادة الأولية (غير المستقرة) إلى سماد عضوي يعتمد على الحدود المناسبة من العوامل التشغيلية كما ذكر سابقاً أهمها درجة الحرارة، رطوبة، تهوية، متطلبات غذائية، حيث يطول ويقصر الوقت اللازم لإتمام عملية إنتاج السماد العضوي المكمور بحسب قربها وبعدها عن المدى الأمثل. من أهم العوامل المحددة (المزيد للوقت) والتي تطيل فترة التحلل هي: المحتوى الرطوبي المنخفض، نسبة الكربون إلى النيتروجين المرتفع، ودرجة الحرارة المنخفضة، التهوية الفيزيائية، جزيئات المادة الأولية كبيرة، نسبة عالية من المادة المقاومة للتحلل البيولوجي (كالمواد الخشبية) ويوضح جدول (٢-٣) الوقت الموصى به حسب نظام الإنتاج ونوع المادة الأولية.

جدول (٢-٣): الوقت الموصى به حسب نظام الإنتاج ونوع المادة الأولية

مرحلة المعالجة	المرحلة النشطة		المادة الأولية	نوع النظام
٦٠ - ٣٠	١٨٠	١٢٠ - ١٨٠	فرشة حيوان	صفوف هوائية مع التقلب
٦٠ - ٣٠	-	٨٠ - ٧٠	فرشة حيوان	صفوف هوائية بالتهوية
٦٠ - ٣٠	٢٨	٣٥ - ٢١	حمأة مع نشارة خشب	صفوف هوائية بالتهوية
٦٠ - ٣٠	٢١	٢٨ - ١٤	حمأة، بقايا نباتات	أنفاق بأرضيات متحركة
٦٠	-	٨ - ٣	مخلفات بلدية عضوية صلبية أو حمأة	حاويات دوارة

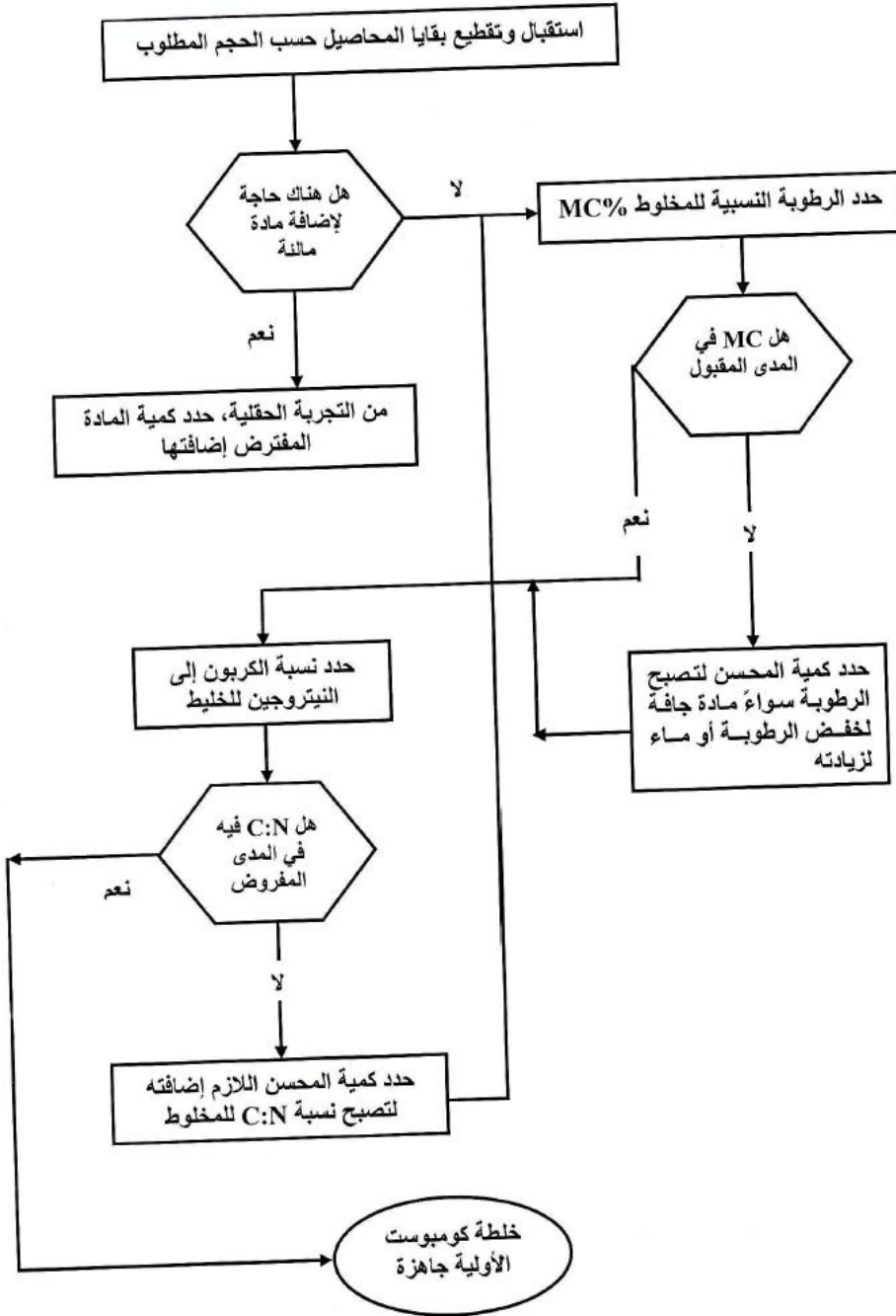
٩- اللقاح:

قد ذكر (Haug 1993) أن تلقيح الخليط الأولي بكمبوست أو تربة يزيد من عدد الميكروبات النافعة، إلا أن المادة الأولية غير المعقمة أو غير ملوثة بمواد سامة تمنع وجود الميكروبات قد لا تحتاج إلى تلقيح، فإعداد الميكروبات مناسبة لبداية عملية إنتاج السماد العضوي المكثور وعلى أية حال يغطي باستخدام من ٥ - ١٥% حجم اللقاح وخاصة مع المادة الأولية المعقمة.

تصميم المخلوط الأولي لإنتاج السماد العضوي المكثور:

Compost Mixture design Process

يوضح شكل (٢-١٢) التصميم الأولي لإنتاج السماد العضوي المكثور.



شكل (٢-١٢): لا التصميم الأولى لإنتاج السماد العضوي المكثور

١- يتم تحديد المحتوى الرطوبي لمل مكون من مكونات المخلوطة الابتدائي (%) كما يلي:

- (أ) يوزن الوعاء فارغ المستخدم لتحديد المحتوى الرطوبي.
- (ب) يؤخذ تقريباً ١٠ جرام من العينة المراد تحديد رطوبتها كما هي وتوضع في الوعاء السابق.
- (ج) تجفف بواسطة وضعها في فرن (هواء قسري) عند درجة حرارة $70 \pm 5^\circ \text{C}$ لمدة ١٨ - ٢٤ ساعة حتى يكون التغير في الوزن ثابت.
- (د) توضع العينة مع الوعاء في ديسيكيتز (لكي تمنع اكتسابها رطوبة من المعمل لكي تبرد حتى درجة حرارة المعمل.
- (هـ) توزن العينة التالية لتحديد نسبة الرطوبة المزالة من العينة مع الوعاء وتسجل وزن العينة الجافة بعد خصم وزن الوعاء، ثم تطبق في المعادلة التالية:
- المحتوى الرطوبي للعينة %

$$M_t = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100$$

حيث أن:

W_t المحتوى الرطوبي للعينة (%)

W_w الوزن الرطب (كجم)

W_d الوزن الجاف (كجم)

مثال:

عينة من بقايا نباتات وزنها الابتدائي (W_w) = ١٠ جرام وضعت في وعاء وزنه (٤ جرام) وضعت بالفرن لمدة ٢٤ ساعة عند درجة حرارة $70 \pm 5^\circ \text{C}$ ، ثم أعيد وزنها حيث وجد أنه يساوي ٦,٣ جرام احسب المحتوى الرطوبي لبقايا النباتات.

$$W_w = 10 \text{ g}$$

$$W_d = 6.3 - 4 = 2.3 \text{ g}$$

$$M_t = \frac{W_w - W_d}{W_w} \times 100$$

$$M_t = \frac{10 - 2.3}{10} \times 100 = 77\%$$

٢- تحديد رطوبة المخلوط الابتدائي الأولية معظم المراجع فى هذا المجال توصى بأن تكون هذه الرطوبة فى حدود ٤٠ - ٦٠% معتمداً على نوعية المادة وإمكانيتها لامتناس الماء، فكلما كانت المادة لها قابلية أثر فى امتناس الماء كلما زاد المحتوى الرطوبى الابتدائى لها، على أى حال نحن نبتعد عن وجود الماء الحر، ونظرياً نطبق قاعدة "الإسفنج المبلول" أى مشبع بالماء بدون وجود ماء حر.

٣- فى هذه الخطوة يتم تحديد مكونات المخلوط الأولية للحصول على المحتوى الرطوبى الهدف من الخطوة ٢، والمعادلة العامة لتحقيق ذلك هى:

$$G = \frac{(Q_1 \times M_1) + (Q_2 \times M_2) + \dots + (Q_n \times M_n)}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}$$

حيث أن:

G المحتوى الرطوبى الهدف (%)

Q_n كتلة المكون n كما هى (كجم)

M_n المحتوى الرطوبى للمكون n (%)

باستخدام طريقة المحاولة والخطأ حتى تصل إلى النسب الصحيحة التى تؤدى إلى تحقيق المحتوى الرطوبى المطلوب للمخلوط، طبقاً لمخلوط مكون من مادتين العملية الحسابية تصبح أبسط حيث يكون مجهول واحد فى المعادلة يمكن حسابه بسرعة مع ملاحظة أن الرطوبة الهدف ستكون فى مدى واقع بين المحتوى الرطوبى للمكونات.

مثال:

يراد خلط ١٠ كجم من مادة ذات رطوبة ٧٧% مع أوراق جافة ذات محتوى رطوبي ٣٥% ليصل المخلوط الأولى لمحتوى رطوبي ٦٠%، فكم كمية الأوراق المفروض إضافتها لخفض رطوبة المخلوط إلى ٦٠%.

$$G = \frac{(Q_1 \times M_1) + (Q_2 \times M_2)}{Q_1 + Q_2 +}$$

$$60 = \frac{(10 \times 77)(Q_2 \times 35)}{10 + Q_2}$$

$$600 + 60Q_2 = 770 + 35Q_2$$

$$Q_2(60 - 35) = 770 - 600 = 170$$

$$Q_2 = 6.8 \text{ kg}$$

وكذلك مخلوط من ٣ مواد يمكن تحديده، ولكن يجب طبعاً تحديد كميات مخلوطين وثلاثة محتويات للرطوبة ومن ثم تحديد كمية المخلوط الثالث بالطريقة السابقة.

٤- بعد تحديد المخلوط الأولى ومحتواه الرطوبي، يتم حساب نسبة الكربون: النيتروجين (C:N ratio) النجيل وبقايا النباتات الخضراء يحتوى على نيتروجين عالى وبالتالي نسبة C/N صغيرة، أما لبقايا النباتات غير الخضراء (بنية) كالأوراق والأغصان الجافة فتحتوى على نيتروجين أقل، وبالتالي نسبة الكربون: النيتروجين C/N منخفضة فلن يسخن وإذا كانت عالية فربما تكون درجة الحرارة عالية جداً، قد تؤدي إلى قتل الميكروبات النافعة وإيقاف عملية الكموبست أو ربما تتحول إلى تحلل لا هوائى مما يؤدي إلى انبعاث روائح مزعجة، المدى الموصى به لبداية عملية الإنتاج هو $C : N = 30 : 1$ فى البداية ولكن قد يختلف حسب إتاحة الكربون والنيتروجين.

محتوى المادة العضوية من الكربون:

عندما يتم الحصول على نسبة النيتروجين من التحليل المعملى الشائع فى معظم المختبرات لمحتويات المخلوط الأولى، لكن محتوى المادة من الكربون

غير موجود لإتمام حسب نسبة C/N فإنه يمكن تقديره كنسبة مئوية من محتوى المادة من نسبة المادة الصلبة المتطايرة (% Vs) والتي هي في الغالب عبارة عن كربون، أكسجين، ونيتروجين والتي تبقى بعد حرق المادة العضوية الجافة في فرن قرميد عند درجة حرارة ٥٥٠°م لمدة ساعتين تاركة الرماد والذي هو عبارة في الغالب عن كالسيوم، ماغنسيوم، فسفور، بوتاسيوم، وعناصر معدنية أخرى لا تتأكسد.

فمعظم المواد العضوية نسبة الكربون تقع في المدى ٤٥ - ٦٠% من المادة الصلبة المتطايرة، بافتراض ٥٥% يمكن تقدير نسبة الكربون في المادة العضوية بمعلومية نسبة Vs أو الرماد Fs.

$$\%C = \frac{\%V_s}{1.8}$$

$$V_s = 100 - \%F_s$$

فالكربون يتحول جزء منه إلى CO₂ (بافتراض فقد نيتروجين محدود) فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين تنخفض حتى تصل في نهاية مرحلة إنتاج السماد العضوي المكثور إلى ١٠ : ١.

ولحساب كمية الكربون في المادة العضوية إما تحليلها معملياً أو تقديرها في حدود ٥ - ١٠% من المعادلة التالية:

وهو أن نسبة الكربون في الخلية الحية في أغلب المواد العضوية ٥,٥٥ من Vs ، لذلك فإن :

$$\%C = V_s \times 0.555$$

$$V_s = \%C / 0.555 = \left(\frac{1}{0.555} \right) \%C$$

$$1.8\%C = V_s$$

$$\%C = \frac{V_s}{1.8}$$

$$\%C = \frac{100 - F_s}{1.8}$$

حيث أن:

Fixed Solid الرماد F_s

V_s % المادة الصلبة القابلة للاحتراق " المتطايرة "

وكذلك النيتروجين أما قياسها معملياً (TN) أو استخراجها من الجداول المتاحة لكثير من المواد العضوية.

وعند تحديد نسبة الكربون إلى النيتروجين لكل المكونات الداخلة في المخلوط الأولى يمكن تحديدها للمخلوط ككل كما يلي:

$$R = \frac{Q_1(C_1x(100 - M_1)) + Q_2(C_2x(100 - M_2)) + Q_3(C_3x(100 - M_3))}{Q_1(N_1x(100 - M_1)) + Q_2(N_2x(100 - M_2)) + Q_3(N_3x(100 - M_3))}$$

حيث أن:

R نسبة الكربون إلى النيتروجين للمخلوط الأولى.

Q_1 كمية المادة ١ كما هي (رطوبة)

C_1 نسبة الكربون في مادة رقم (١).

M_1 المحتوى الرطوبي للمادة رقم (١) .

N_1 نسبة النيتروجين في مادة (١).

ويمكن حل المعادلة السابقة بسهولة لمخلوطين أحدهما معلوم الكمية وجميعهم معلوم الكربون والنيتروجين والرطوبة كما يلي:

$$R = \frac{Q_1(C_1x(100 - M_1)) + Q_2(C_2x(100 - M_2))}{Q_1(N_1x(100 - M_1)) + Q_2(N_2x(100 - M_2))}$$

وبمعلومية نسبة الكربون إلى النيتروجين الهدف والمحتوى الرطوبي للمادتين ونسبة الكربون والنيتروجين للمادتين وكذلك كمية إحدى المادتين ، نستطيع تقدير الكمية الأخرى من المادة الثانية والتي تحقق توازن في نسبة الكربون إلى النيتروجين فلو افترضنا أن Q_1 معلومة فإن Q_2 اللازمة للتصميم تصبح: -

$$R = \frac{Q_2 N_2 \left(R - \left(\frac{C}{N} \right) \right)}{N_1 \left(\left(\frac{C}{N} \right) - R \right)} \times \left(\frac{100 - M_2}{100 - M_1} \right)$$

فلو أخذنا نفس المثال السابق:

قصاصة نجيلية " الكمية ١٠ كجم ، نسبة النيتروجين ٢,٤% ونسبة الكربون ٤٥% والمحتوى الرطوبى ٧٧%، والأوراق نسبة النيتروجين بها ٠,٧٥% والكربون ٥٠% والمحتوى الرطوبى ٣٥%، فكم تكون كمية الأوراق اللازمة للحصول على نسبة الكربون إلى النيتروجين كنسبة ٣٠ - ١.

الحل

$$R = \frac{Q_2 N_2 \left(R - \left(\frac{C}{N} \right) \right)}{N_1 \left(\left(\frac{C}{N} \right) - R \right)} \times \left(\frac{100 - M_2}{100 - M_1} \right)$$

$$R = \frac{10(30 \times 2.4 - 45)}{(50 - 30 \times 0.75)} \times \left(\frac{100 - 77}{100 - 35} \right) = 3.5 \text{ kg of leaves}$$

إذن كمية الأوراق اللازم إضافتها لتصبح نسبة الكربون إلى النيتروجين ٣٠ : ١ تساوى ٣,٥ كجم، ولكن نحن نحتاج إلى ٦,٨ كجم للحصول على المحتوى الرطوبى المطلوب (٦٠%).

فلو تم إضافة الكمية اللازمة من الأوراق لضبط النسبة فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين سوف ترتفع إلى أقل من ٣٧ : ١ وكذلك لو تم إضافة كمية الأوراق اللازمة لضبط نسبة الكربون إلى النيتروجين فإن الرطوبة سوف ترتفع إلى حوالى ٦٦%.

ففى هذا المثال والذى يمثل حال الواقع الممكن يجب التنويه إلى أن المحتوى الرطوبى هو العامل الأكثر أهمية لاحتمالية تحول التحلل إلى لا هوائى بسبب بعد المحتوى الرطوبى عن الحد الأعلى عن المثالى الموصى به (٦٠%) وبغض النظر قليلا عن نسبة الكربون إلى النيتروجين التى تجاوزت قليلاً الموصى

به وإلا التفكير ببديل عن الأوراق أو خفض المحتوى الرطوبي لأوراق قليلاً حتى تصل إلى نتائج أقرب للمثلى.

حل معادلة المحتوى الرطوبي ومعادلة نسبة الكربون إلى النيتروجين فى أن واحد:

من خلفيتنا الجبرية نعلم أننا نحتاج إلى عدد معين من المعادلة لحل نفس العدد من المحاصيل. وفى هذه الحالة لدينا معادلتين (واحدة لتقدير المحتوى الرطوبي والأخرى لتقدير نسبة الكربون إلى النيتروجين) وبالتالي نستطيع حلها لإيجاد مجهولين. عادة تستخدم هذه الطريقة للحصول على خلطة أولية من عدة مواد مختلفة (ومعرفة رطوبة ، كربون ، ونيتروجين لكل منهم) فإذا حددت الكميات كلها وترك مجهولين كذلك حددت نسبة الكربون إلى النيتروجين والمحتوى الرطوبي الهدف والذي نرغب أن نصمم المخلوط الأولى عليه، نستطيع حل المعادلتين لإيجاد المجهولين وهما فى هذه الحالة الكميات المطلوبة من مكونات المخلوط الأولى لكي نحصل على المواصفات التى قد نريدها (نسبة الكربون إلى النيتروجين ٣٠ : ١ و المحتوى الرطوبى ٦٠%).

وعند اختيار أى المكونات محددة الكميات وأيهم مجهول فإنه من الضرورى أن نستخدم شئ مكن المنطق فمثلاً إذا أردنا أن نحصل على محتوى رطوبى ٦٠% للمخلوط الأولى ونحن نريد استخدام مادة أولية عبارة عن أوراق رطبة : نشارة خشب ، نجيل وبقايا أطعمة، فمن المنطق أن نجعل كمية نشارة الخشب هى المجهولة، بسبب أن معظم المواد الأخرى ذات محتوى رطوبى أعلى من ٦٠% فلا يمكن خفض المحتوى الرطوبى للمخلوط بواسطة إضافة مواد رطبة أكثر، لا يمكن رفع نسبة الكربون إلى النيتروجين بواسطة إضافة مواد ذات محتوى نيتروجينى عالى.

كذلك ملحوظة مهمة أخرى، وخاصة للمواد الأولية الجافة وهى تضمين المادة كمحسن رطوبى احد المجاهيل، إضافة إلى الماء سترفع المحتوى الرطوبى للمخلوط والنسبة الكربون إلى النيتروجين من عدة طرق باستخدام الجبر الخطى أو المصفوفات، حيث تحل المعادلة الأولى لأحد المجاهيل ثم يعوض بالمعادلة الأخرى وبذلك نحصل على الحل النهائى بالشكل التالى لمخلوط أولى مكون من ثلاث مواد.

$$G = \frac{(Q_1 \times M_1) + (Q_2 \times M_2) + (Q_3 \times M_3)}{Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

حيث أن:

G المحتوى الرطوبي الهدف (٦٠%)

M₁ المحتوى الرطوبي للمادة (١)

Q₁ كمية المادة الأولية (١).

$$R = \frac{Q_1(C_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(C_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(C_3 \times (100 - M_3))}{Q_1(N_1 \times (100 - M_1)) + Q_2(N_2 \times (100 - M_2)) + Q_3(N_3 \times (100 - M_3))}$$

حيث أن:

R نسبة الكربون إلى النيتروجين الهدف (٣٠ : ١)

C نسبة الكربون.

N نسبة النيتروجين.

ونائج الحل سيكون على الصورة المنظمة التالية:

$$Q_1 = \frac{A}{B} \quad Q_2 = \frac{C}{B}$$

حيث أن:

$$A = Q_1[(M_1 C_3(100 - M_3) - M_1 R N_3(100 - M_3) - M_3 C_1(100 - M_1) + R N_3(100 - M_3)G - R N_1(100 - M_1)G + C_1(100 - M_1)G - C_3(100 - M_3)G + M_3 R N_1(100 - M_1)]$$

$$B = R N_2(100 - M_2)G - R N_2(100 - M_2)M_3 R N_3(100 - M_3)G + R N_3(100 - M_3)M_2 - C_2(100 - M_2)G + C_3(100 - M_3)M_3 + C_3(100 - M_3)G + C_3(100 - M_3)M_2$$

$$A = Q_1 [R N_1(100 - M_1)G - R N_1(100 - M_1)M_2 - R N_3(100 - M_3)G + R N_2(100 - M_2)M_1 - C_1(100 - M_1)G + C_1(100 -$$

$$M_1) M_2 - C_2 (100 - M_2)G + C_2 (100 - M_2)M_2]$$

ولكى نرى كيف تعمل هذه المعادلات نأخذ مثالنا السابق المكون من نجيل، أوراق جافة، وبقايا طعام كما يوضح الجدول التالي:

المادة	الكمية	المحتوى الرطوبى %	نسبة الكربون %	نسبة النيتروجين %
نجيل (١)	١٠	٧٧	٤٥	٢,٤
أوراق جافة (٢)	؟	٣٥	٥٠	٠,٧٥
بقايا طعام (٣)	؟	٨٠	٤٢	٥,٠

الهدف : رطوبة ٦٠%

نسبة الكربون : النيتروجين (٣٠ : ١)

$$A = - 243,000$$

$$B = - 18,250$$

$$C = - 148,426$$

ونعلم أن :

$$Q_1 = \frac{A}{B} \quad Q_2 = \frac{C}{B}$$

فنحصل على :

$$Q_1 = 13.31 \text{ Kg} \quad \& \quad Q_2 = 8.14 \text{ Kg}$$

فإذا خلطنا ١٠ كجم نجيل و ١٣,٣١ كجم من أوراق مجففة مع ٨,١٤ كجم من بقايا طعام سيصل المخلوط الأولى فى صورته النهائية إلى محتوى رطوبى ٦٠%، ونسبة الكربون إلى النيتروجين ٣٠ : ١.

تذكر أن المخلوط المكون من ثلاث مواد يعتمد أساساً على الثلاث مكونات الصحيحة، أما إذا كانت المواد الأولية غير مناسبة سينتج عنها كميات بالقيمة السالبة تدل على أنه لا يوجد حل.

تحديد الفقد في المادة الصلبة المتطايرة V_S والمحتوى الرطوبي Mc :

في الأنظمة الكبيرة يستحيل معرفة وزن المادة بعد بداية عملية التحلل، لذلك فإنه من الصعب تحديد الكمية المتحللة إلى CO_2 وماء H_2O .

فالانظمة المغلقة ذات نظام الخلط الجيد، نسبة الرماد، والمادة المتطايرة الصلبة، والبيانات الأولية قبل بداية التحلل نستطيع تحديد كمية المادة الصلبة المتطايرة المتبقية بالجهاز عند أي زمن من المعادلة التالية:

$$V_{S_{Mt}} = V_{S_{Mo}} \times \left(\frac{\% A_{sh_t} - \% V_{S_t}}{\% A_{sh_0} - \% V_{S_0}} \right)$$

حيث أن:

$V_{S_{Mt}}$ كتلة المادة الصلبة المتطايرة والمتبقية عند زمن t .

$V_{S_{Mo}}$ كتلة المادة الصلبة المتطايرة الابتدائية.

$\% Ash_0$ نسبة الرماد الابتدائية.

$\% Ash_t$ نسبة الرماد عن زمن t .

$\% V_{S_t}$ نسبة المادة الصلبة المتطايرة عند زمن t .

$\% V_{S_0}$ نسبة المادة الصلبة المتطايرة الابتدائية.

الانخفاض في تركيز المادة الصلبة (V_{sr}) تراكمي وغالباً صغير، لذلك فأخذ المكررات ضروري لكي نحصل على نتائج إحصائية ممثلة للواقع.

ويمكن جمع هذه النتيجة مع بيانات المحتوى الرطوبي لتحديد الفقد بالرطوبة من السامد العضوي المكثور.

أولاً: يحسب الفقد في المادة الصلبة المتطايرة ثم يخصم من المادة الكلية (T_s) لكي يتم تحديد المادة الصلبة المتبقية في الجهاز عند زمن (t) مع ملاحظة أن

محتوى الرماد من المادة الصلبة الكلية لا يتغير، بالتالى فإن الفقد فى المادة الصلبة الكلية يساوى الفقد فى المادة الصلبة المتطايرة (V_{sr}):

$$T_{s_{mt}} = T_{s_{m0}} - (V_{s_{mt}} - V_{s_{m0}})$$

حيث أن:

$T_{s_{mt}}$ كتلة المادة الصلبة الكلية عند زمن (t).

$T_{s_{m0}}$ كتلة المادة الصلبة الكلية الابتدائية.

$V_{s_{mt}}$ كتلة المادة الصلبة المتطايرة عند زمن (t).

$V_{s_{m0}}$ كتلة المادة الصلبة المتطايرة الابتدائية.

فى أى وقت (t) خلال عملية إنتاج السماد العضوي المكمور، كتلة الماء المتبقية فى السماد العضوي المكمور يمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$H_2O_{mt} = \frac{T_{s_{mt}} \times \%mc}{100 - \%mc}$$

حيث أن:

$\%mc$ نسبة الماء عند زمن t.

H_2O_{mt} كتلة الماء عند زمن (t).

كما يمكن حساب نسبة الفقد فى المحتوى الرطوبى والمادة الصلبة المتطايرة من المعادلات التالية:

$$\Delta V_s \% = \left[\frac{\left(\frac{100 - V_s \%_t}{V_s \%_t} \right)}{\left(\frac{100 - V_s \%_0}{V_s \%_0} \right)} \right] \times 100$$

$$\Delta m \% = \left[1 - \left(\frac{100 - V_s \%_t}{100 - V_s \%_0} \right) \left(\frac{mc_{mt}}{mc_{m0}} \right) \left(\frac{100 - mc_{mt}}{100 - mc_{m0}} \right) \right] \times 100$$

حيث أن:

$\Delta V_s\%$ نسبة الفقد في المادة الصلبة المتطايرة عند زمن t .

$\Delta m_t\%$ نسبة الانخفاض في المحتوى الرطوبي عند زمن t .

تقدير متطلبات التهوية Aeration Requirements

توفير الهواء لإتمام عملية إنتاج السماد العضوي المكومر ضروري لثلاث أسباب رئيسية:

- لتوفير احتياجات الكائنات الحية الدقيقة من الأوكسجين لإتمام عملية تحلل المادة العضوية.
- مهم كذلك للتخلص من الرطوبة الزائدة.
- مهم كذلك للتخلص من الحرارة الزائدة.

ويعتبر تصميم نظام التهوية من الإضافات التي ساعدت في تطوير هذه الصناعة وساهمت في القفزة الحديثة في هذا المجال، وتحويله من علم إلى هندسة. لأن المقدرة على تصميم نظام تهوية محكم وفعال تعتبر من النقاط المهمة في نجاح القضية.

متطلبات التهوية لتلبية احتياجات الهضم (التحلل)

Stoichiometric Demand

نستطيع تحديده عن طريق معرفة محتويات (مكونات) المادة العضوية الأولية (المخلوط)، ويعطى جدول (٢-٤) فكرة عن مكونات بعض البقايا المهمة:

جدول (٢-٤): مكونات بعض البقايا المهمة

المكونات الرئيسية المعتادة	بقايا
$(C_6 H_{10} O_5)X$	كربوهيدرات
$C_{16} H_{24} O_5 N_4$	بروتين
$C_{50} H_{90} O_6$	زيت أو شحم
$C_{22} H_{39} O_{10} N$	حمأة
$C_{64} H_{104} O_{37} N$	مخلفات بلدية
$C_{295} H_{420} O_{186} N$	خشب
$C_{23} H_{38} O_{17} N$	نجيل
$C_{27} H_{38} O_{16} N$	أغصان شجر وأوراق

وتختلف مكونات كل مادة باختلاف مصدرها ونوعيتها ومكوناتها ... الخ، والأفضل هو تحليلها ومعرفة مكوناتها من $(C_x H_x O_x N_x)$.

ولنأخذ مثال لمعرفة كيفية إيجاد (تقدير) متطلبات التهوية لإتمام عملية التحلل (الهضم):

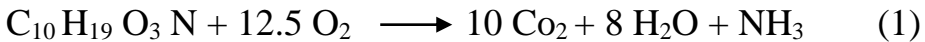
مثال:

بافتراض بقايا عضوية تتكون من الأتى $(C_{10} H_{19} O_3 N)$ تحسب كما

يلى:

أولاً: متطلبات الأوكسجين للتخلص من الكربون

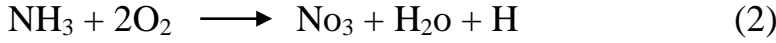
1 Mole



بعد وزن المعادلة ، كمية الأوكسجين المطلوبة هي:

$$X = \frac{12.5(16 \times 2)}{201} = 1.99 \text{ g } O_2 / \text{g Vs}$$

كذلك الأمونيا المنبعثة نتيجة لتحلل المادة العضوية يمكن أن تتأكسد (تحتاج إلى أوكسجين) ولذلك فلكمية الأوكسجين اللازمة لأكسدة الأمونيا هي:



بافتراض أن كل الأمونيا تتأكسد إذن:

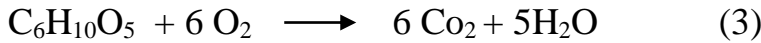
$$Y = \frac{2(15 \times 2)}{201} = 0.32 \text{ g O}_2 / \text{gVs}$$

نلاحظ أن كمية الأوكسجين المطلوبة لأكسدة النيتروجين اقل بكثير من الكربون، أيضاً معظم الأمونيا المنتجة ستبعث (تتطاير) فى الهواء قبل أكسبتها، كذلك بعض الأمونيا سوف يستهلك مباشرة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة لبناء خلايا جديدة.

لذلك عادة لا يتم حساب كمية الأوكسجين المطلوبة لأكسدة النيتروجين عند تقدير متطلبات التهوية فى أجهزة الكمبوست (إنتاج السماد العضوي المكومر)

مثال:

نشارة الخشب تتكون فى معظمها من سليولوز ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) حدد احتياجات الأوكسجين لإتمام عملية التحلل.



$$X = \frac{6(16 \times 2)}{162} = 1.185 \text{ g O}_2 / \text{gVs}$$

متطلبات الأوكسجين اللازم لإتمام عملية التحلل (الهضم) يختلف باختلاف مكونات المادة، حيث تتراوح بين ١ و ٤ جرام أوكسجين/جرام مادة صلبة متطايرة. معتمداً فى ذلك على نوعية المادة.

وغالباً تؤخذ القيمة ٢ جرام أوكسجين/جرام مادة صلبة متطايرة لغالبية المواد القابلة للتحلل كالبقايا العضوية فى المخلفات والمكونة من خليط من الكربوهيدرات، بروتين، وزيوت.

فى حالة دخول أكثر من مادة عضوية فى الجهاز فإن متطلبات التهوية يمكن حسابها لكل نوع على حدة، ومن ثم تجمع مع بعض لتحديد متطلبات التهوية الكلية للخليط وعلى سبيل المثال:

مثال :

بقايا مواد عضوية مخلوطة مع نشارة خشب كمادة أولية مطلوب تحديد متطلبات التهوية اللازمة لإتمام عملية التحلل بافتراض كل المادة الصلبة المتطايرة سيتم تحللها.

بافتراض معادلة (١) السابقة تمثل البقايا العضوية ومعادلة (٣) تمثل نشارة الخشب فإن متطلبات التهوية (O_2) من معادلة (١) تساوى ١,٩٩ جرام أكسجين/جرام مادة صلبة متطايرة، ومتطلبات التهوية (O_2) من معادلة (٣) ١,١٨٥ جرام أكسجين/جرام مادة صلبة متطايرة.

فإذا علمت أن البقايا العضوية لها المواصفات التالية:

المواد الصلبة المتطايرة = ٧٥%.

إتاحة المادة تحت ظروف التحلل = ٥٠%.

الجزء القابل للتحلل من البقايا العضوية = $٠,٧٥ \times ٠,٥ = ٠,٣٧٥$.

المواد الصلبة المتطايرة للخشب = ٩٥%.

إتاحة المادة تحت ظروف التحلل للخشب = ٢٠%.

الجزء القابل للتحلل من نشارة الخشب = $٠,٩٥ \times ٠,٢ = ٠,١٩$.

متطلبات الأكسجين الكلية يمكن تقديرها كما يلى:

$$\frac{(0.375 \times 1.99) + (0.19 \times 1.185)}{(0.375 + 0.19)} = 1.99 \text{ g } O_2 / \text{gVs}$$

وإذا علمنا أن الهواء الجوى يحتوى على ٢١% أكسجين بالوزن فلذلك وزن الهواء المطلوب لتلبية احتياجات الخليط (بقايا عضوية مع نشارة الخشب) من الأوكسجين يتم حسابها كما يلى:

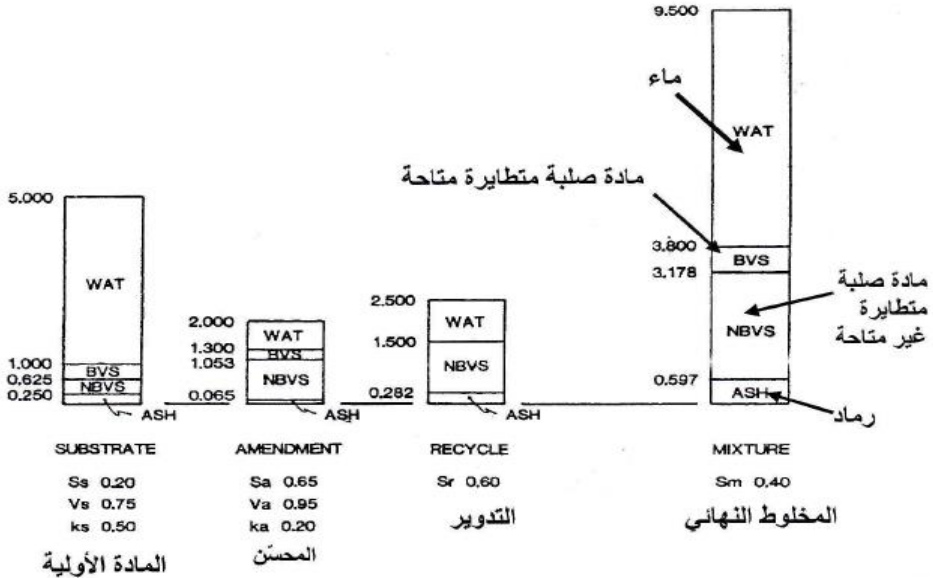
$$\frac{1.6}{0.21} = 7.95 \text{ kg air / kg mixture } V_s$$

هذه هي كمية الهواء المطلوبة ككمية والتي يجب توفيرها خلال المدة الزمنية لإنتاج السماد العضوي المكومر لتلبي احتياجات التحلل البيولوجي. وجيب التفريق بين كمية الهواء بوحدة الحجموم (م^٣) ومعدل التهوية بوحدة مائلاً (م^٣/ثانية).

وعادة يتم تحديد كمية الهواء المطلوبة لكل وحدة وزن من المخلوط الأولى الجاف، أما بالنسبة لمعدل التهوية فيمكن افتراض زمن تحلل معين ثم تقسيم الكمية على الزمن لتحديد المعدل.

مثال:

١٠٠ طن متري من الحماة (عند ٨٠% محتوى رطوبى) يراد إدخالها فى إنتاج كمبوست، هذه الحماة تم خلطها مع نشارة خشب (عند ٣٥% محتوى رطوبى) لتحسين قوامها وتخفيف محتواها الرطوبى كذلك تم أيضاً إضافة محسن آخر من الكمبوست (السماد العضوي المكومر) الناضج المعاد استخدامه بنسب كما هو موضح بشكل (٢-١٣): (حدد كمية الهواء المطلوب لتلبية احتياجات التحلل؟).



شكل (٢-١٣): نسب خلط الكمبوست

ومن المعادلة (١) السابقة فإن البقايا العضوية (أو الحمأة) تحتاج إلى ١,٩٩ جم أكسجين/جم مادة متطايرة، ولكن هنا لدينا ١٠٠ طن متري (إتاحة ٥٠%) فتحتاج إلى أكسجين لتلبية احتياجاتها للتحلل يساوي:

$$100 (0.2 \times 0.75 \times 0.5) \times 1.99 = 14.93 \text{ metric ton O}_2$$

$$= 14.93 \times 1000 = 14930 \text{ kg O}_2$$

فتحتاج إلى أكسجين لتلبية احتياجاتها للتحلل:

$$40 (0.65 \times 0.95 \times 0.2) \times (1.185) = 5.85 \text{ ton metric O}_2$$

$$= 5.85 \times 1000 = 5850 \text{ kg O}_2$$

متطلبات الأكسجين الكلية لخليط (حمأة مع نشارة خشب) =

$$14930 + 5850 = 20780 \text{ kg O}_2$$

أما كمية الهواء المطلوبة (بافتراض ٢١% نسبة الأكسجين في الهواء)

هي:

$$20780/0.21 = 98952 \text{ kg air}$$

$$= 98952/1000 = 98.952 \text{ metric ton air}$$

الهواء عند درجة حرارة ٢٥°م وضغط ١ ضغط جوى له كثافة = ١,٢٢٥ كجم/م^٣ فلذلك حجم الهواء المطلوب لتلبية احتياجات التحلل للمخلوط يساوي

$$98952 \text{ kg air}/1.225 \text{ kg air/m}^3 = 80777 \text{ m}^3$$

ويفضل تحويلها لكل وحدة وزن جافة كما يلي:

$$\frac{98.952}{(100 \times 0.2 + 40 \times 0.65)} = \text{kg air/kg dry}$$

فى المثال السابق جاء توضيح أهمية توفير الهواء خلال عملية إنتاج السماد العضوي المكثور لى يتم التحلل الهوائى المطلوب. نلاحظ أن وزن الهواء المطلوب فقط لتوفير متطلبات التحلل تقريباً ضعف الوزن الجاف من المخلوط الأولى.

وفي التطبيقات العملية فإنه من الضروري أن يضاعف الهواء بزيادة عن احتياجات التحلل لضمان حدوث التحلل الهوائي الكامل، ونسبة الهواء الزيادة EAR تعرف على أنها حاصل قسمة (نسبة) الهواء الفعلى المضاف إلى الكمية الفعلية المطلوبة لتلبية احتياجات التحلل من الهواء، فإن $EAR > 1$ دائماً.

هناك طريقة أخرى لتقدير احتياجات الأوكسجين اللازمة للتحلل الهوائي وتعتمد هذه الطريقة على مكونات المادة الأولية والمنتج النهائي. وتعتبر هذه الطريقة مناسبة للتجارب المعملية الخاصة لدراسة (تقدير) مكونات المنتج النهائي، ويوصى (Rich 1963) ما يلي:



حيث أن:

$$r = 0.5[b - nx - 3(d - nz)]$$

$$s = a - nw$$

ونحتاج إلى تحليل العناصر المختلفة لتحديد المتغيرات المذكورة في المعادلة السابقة والأمثلة التالية ستوضح ذلك.

مثال:

أجريت تجربة معملية لإنتاج السماد العضوي المكثور على مادة لولية تتكون من $(C_{31}H_{50}O_{26}N)$ كما أوضحت الدراسة أن ١٠٠٠ كجم من المادة الأولية الصلبة تم خفضها إلى ٢٠٠ كجم وزن جاف بعد إتمام عملية الإنتاج، فإذا كانت مكونات المنتج النهائي (السماد العضوي المكثور) كانت $(C_{11}H_{14}O_4N)$. حدد كمية الأوكسجين (O_2) المطلوب لإتمام عملية التحلل الهواء اللازم لـ ١٠٠٠ كجم من المادة الأولية (وزن جاف)؟

الحل:

الوزن الجزئي للمادة الأولية $(C_{31}H_{50}O_{26}N)$:

$$\text{Carbon (C)} = 31 \times 12 = 372$$

$$\text{Hydrogen (H)} = 50 \times 1 = 50$$

$$\text{Oxygen (O)} = 26 \times 16 = 416$$

$$\text{Nitrogen (N)} = 1 \times 14 = 14$$

$$852 \text{ g/mole} \quad \text{المجموع}$$

$$\text{Kg - mole} = 1000/852 = 1.173 \quad \text{kg-mole}$$

الوزن الجزئي للمادة النهائية (C₁₁H₁₄O₄ N):

$$\text{Carbon (C)} = 11 \times 12 = 132$$

$$\text{Hydrogen (H)} = 14 \times 1 = 14$$

$$\text{Oxygen (O)} = 4 \times 16 = 64$$

$$\text{Nitrogen (N)} = 1 \times 14 = 14$$

$$224 \text{ g/mole} \quad \text{المجموع}$$

إذن نسبة السماد العضوي المكمور الخارج من الجهاز/ الداخل كمادة

أولية:

$$n = \frac{200/224}{1.1173} = 0.76$$

من مكونات المادة الأولية والمنتج النهائي الثوابت التالية صحيحة.

$$a = 31 \quad w = 11$$

$$b = 50 \quad x = 14$$

$$c = 26 \quad y = 4$$

$$d = 1 \quad z = 1$$

وباستخدام هذه الثوابت نحسب r & S كما يلي:

$$\begin{aligned} r &= 0.5[b - nx - 3(d - nz)] \\ &= 0.5[50 - (0.76 \times 14) - 3(1 - 0.76 \times 1)] = 19.33 \end{aligned}$$

$$s = a - nw = 31 - (0.76 \times 11) = 22.64$$

من المعادلة السابقة رقم ٤ متطلبات الأوكسجين يمكن حسابها كما يلي:

$$\begin{aligned} W_{O_2} &= 0.5[ny + 2S + r - c] \\ &= 0.5[0.75 \times 4 + 2(22.64) + 19.33 - 26][1.173 \times 32] \\ &= 783 \text{ kg } O_2 \end{aligned}$$

الآن نرغب فى التأكد من الحل عن طريق عمل إتران كتلى للداخل والخارج كما يلى:

الداخل:

المادة الأولية: ١٠٠٠ كجم

الأوكسجين: ٧٨٣ كجم

مجموع الداخل: ١٧٨٣ كجم

الخارج:

السماد العضوي المكثور: ٢٠٠

ثانى أكسيد الكربون { 1.173(44)x22.64 } ١١٧٠

ماء { 1.173 (19.33)x(18) } ٤٠٨

أمونيا { 1-0.76 (1) (1.173) (17) } ٥

المجموع الخارج ١٧٨٣ كجم.

كمية الهواء المطلوب لإتمام عملية التحلل الهوائى: تساوى (بافتراض ٢١% نسبة الأوكسجين فى الهواء).

$$(783/0.21) = 3375 \text{ kg air} = 3.375 \text{ kg air/kg dry}$$

كما لاحظنا فى المثال السابق فإن كمية الهواء اللازمة لتلبية احتياجات الميكروبات لتحلل المادة العضوية تعادل عدة أضعاف الوزن الجاف للمادة الأولية.

متطلبات التهوية للتحكم بالمحتوى الرطوبى:

إن تحديد متطلبات التهوية للتحكم بالمحتوى الرطوبى لمادة السماد العضوي المكثور مهم جداً ويحتاج إلى تحليل أعمق وفهم لعملية الإنتاج، فالرجوع

إلى مخطط المراحل المختلفة لإنتاج السماد العضوي المكثور، فإن مخطط اتزان الكتلة يتلخص بما يلي:

$$W_w = (X_s - S_s X_s) - (X_p - S_p X_p) \quad (1)$$

حيث أن:

W_w كمية الماء المتبخرة باليوم (إذا كان نظام التغذية مستمر)

X_s الوزن الرطب للمادة الأولية (المخلوط) باليوم (إذا كان نظام التغذية مستمر)

S_s نسبة المواد الصلبة في المخلوط الأولى

X_p الوزن الرطب للمنتج النهائي (المخلوط) باليوم (إذا كان نظام التغذية مستمر)

S_p نسبة المواد الصلبة في المنتج النهائي

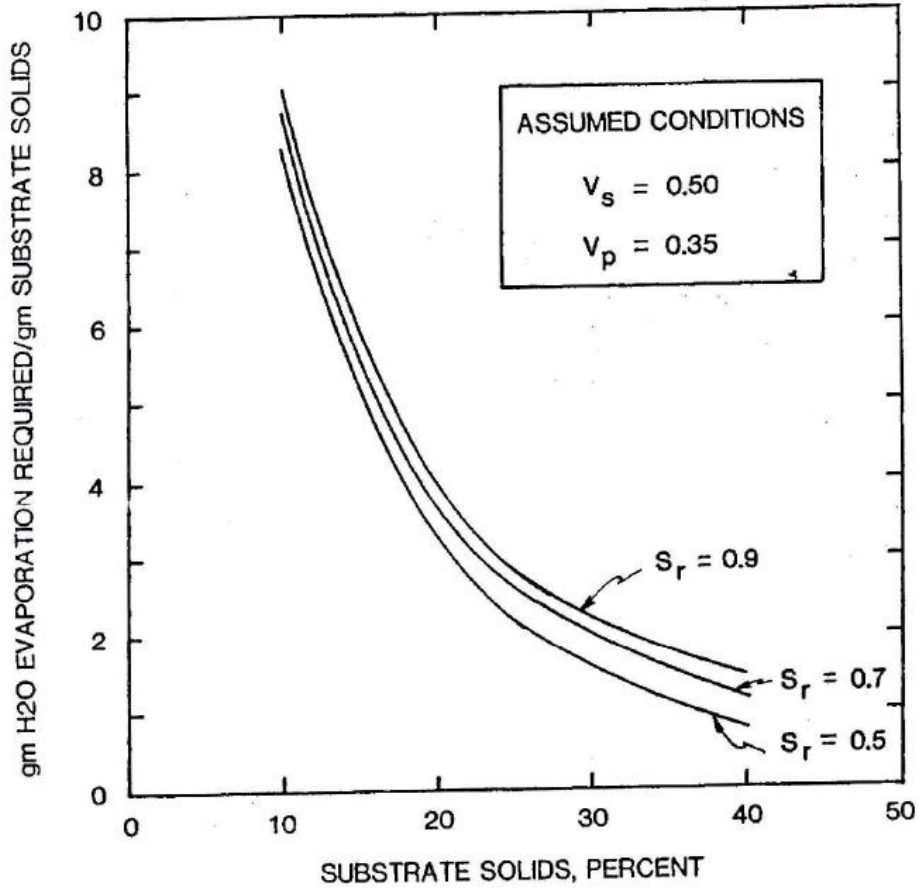
وبمعلومية أن نسبة الرماد Ash يتم المحافظة عليه خلال عملية الانتاج، فإن اتزان الكتلة للمخلوط الأولى كما يلي:

$$-(1 - V_s)S_s X_s = (1 - V_p)S_p X_p \quad (2)$$

V_s , V_p نسبة المواد الصلبة المتطايرة للمادة الأولية (مخلوط) أو المنتج النهائي على التركيب وبحل المعادلة السابقة (٢) لـ X_p والتعويض بها في معادلة (١) وبعد الترتيب تحصل على:

$$W_w = \left(\frac{1 - s_s}{s_s} \right) - \left(\frac{1 - V_s}{1 - V_p} \right) \left(\frac{1 - s_p}{s_p} \right) \quad (3)$$

ثم بحل معادلة (٣) السابقة لعدة مواد أولية ومنتج نهائي ، ونتائج وافتراضات الحلول موضحة بشكل (٢-١٤):

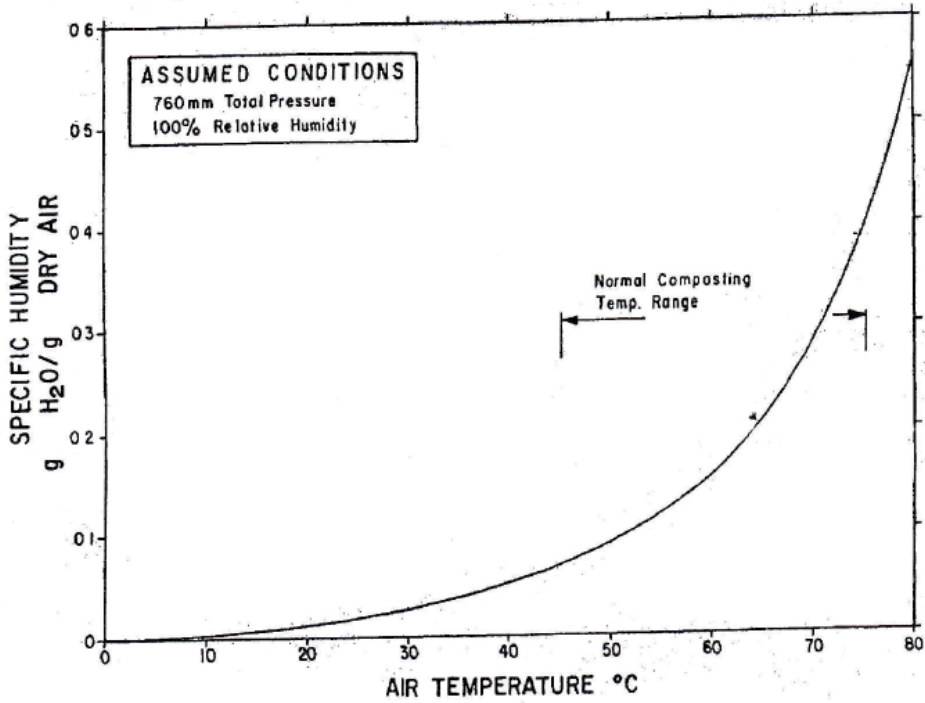


شكل (٢-١٤): النسبة بين المواد الصلبة وكمية الرطوبة المطلوب التخلص منها

إن كمية الرطوبة المراد التخلص منها تعتمد أساسياً على نسبة المواد الصلبة في المادة الداخلة إذا كانت أقل من ٣٠٪، بينما تعتمد على المادة الداخلة والمنتج النهائي إذا كانت المادة الداخلة (الأولية) ذات محتوى صلب أقل من ٣٠٪.

يبدأ معدل النشاط الميكروبي (البيولوجي) بالانخفاض عندما يكون المخزن الرطوبي للمخلوط أقل من ٤٠٪ إلى ٥٠٪. لذلك فيبتجيف السماد العضوي المكثور إلى محتوى رطوبي ٣٠٪ بواسطة الحرارة المنتجة بيولوجياً (نتيجة للتحلل البيولوجي) أمر صعب.

إن كمية بخار الماء الممكن أن تنزع بواسطة الهواء المشبع عند درجات حرارة مختلفة موضح بشكل (٢-١٥):



شكل (٢-١٥): العلاقة بين درجة حرارة الهواء والمحتوى الرطوبي

تم إنشاء المنحنى السابق بواسطة الخرائط السيكرومترية القياسية وجدول البخار عند ضغط جوى ٧٦٠ ملم زئبق فكمية الرطوبة في الهواء المشبع تزيد أسياً مع زيادة درجة حرارته، فمخلوط الهواء الخارج من جهاز إنتاج السماد العضوي المكثور سيكون قريب التشبع وبدرجة حرارة قريبة جداً من درجة حرارة المخلوط. فإذا كانت درجة الحرارة مرتفعة، كمية كبيرة من الرطوبة ستغادر الجهاز مع هواء العادم.

فإذا كان فرق درجات الحرارة بين الداخل ولخارج أكبر من ٢٥° م (٤٥° ف) فإن الرطوبة النسبية للهواء الداخل تصبح ذات أهمية قليلة في حساب فقد الماء من الجهاز، وهذا يعنى أن التجفيف لمادة إنتاج السماد العضوي المكثور سيتم حتى الأجواء ذات الرطوبة النسبية العالية. الرطوبة النوعية (W) تعرف على أنها وزن الماء المحلول بواسطة وحدة الوزن من الهواء الجاف (جرام ماء / جرام هواء جاف)، الشكل السابق عبارة عن علاقة الرطوبة النوعية بدرجة حرارة الهواء، ورياضياً يمكن حساب الرطوبة النوعية بواسطة ما يسمى بمعادلة أنتوانى

(Antoine equation) والتي تربط علاقة ضغط البخار المشبع بدرجة الحرارة المطلقة كما يلي :

$$\text{Log}P_{vs} = \left(\frac{a}{T_a + b} \right) \quad (4)$$

حيث أن:

P_{vs} ضغط بخار الماء المشبع، مم زئبق.

a ثابت ويساوى ٢٢٣٨ للماء.

b ثابت يساوى ٨,٨٩٦ للماء

T_a درجة الحرارة المطلقة K°

أما ضغط بخار الماء الحقيقي P_v فيمكن تحديده كما يلي :

$$P_v = RH\%(P_{vs}) \quad (5)$$

حيث أن:

RH % الرطوبة النسبية .

ويمكن تحديد الرطوبة النوعية (W) من معلومات ضغط بخار الماء والوزن الجزئي للماء (18.015) والهواء الجاف (28.96) كما يلي:

$$W = \left(\frac{18.015}{28.96} \right) \left(\frac{P_v}{P_{air} - P_v} \right) \quad (6)$$

حيث أن:

P_{air} الضغط الجوى (مم زئبق)

مثال :

مادة عضوية رطبة ($C_{10}H_{19}O_3N$) نسبة المواد الصلبة ٢٥% نحتاج في تحويلها إلى كمبوست مع تجفيفها لتصل إلى محتوى صلب ٥٦% نسبة المادة الصلبة المتطايرة فيها ٧٥% والنهائية المتوقعة ٤٥%، درجة الحرارة المحيطة 25°m ورطوبة نسبية ٧٥%، والضغط الابتدائي الكلى ٧٦٠ ملم زئبق، والهواء

الخارج عند درجة حرارة ٥٥° م حدد وزن وحجم الهواء المطلوب وكذلك EAR نسبة زيادة الهواء لإزالة الرطوبة المطلوبة ؟

الحل:

نطبق المعادلة السابقة رقم ٣ لنحسب كمية بخار الماء الممكن إزالتها :

$$W_w = \left(\frac{1-s_s}{s_s} \right) - \left(\frac{1-V_s}{1-V_p} \right) \left(\frac{1-s_p}{s_p} \right)$$

من المعطيات :

$$\% ٦٥ = S_p \quad \% ٢٥ = S_s$$

$$\% ٤٥ = V_p \quad \% ٧٥ = V_s$$

وبالتعويض نحصل علي :

$$W_w = \left(\frac{1-0.25}{0.25} \right) - \left(\frac{1-0.75}{1-0.45} \right) \left(\frac{1-0.65}{0.65} \right) = 2.76 \text{ H}_2\text{O} / \text{g ds}$$

ولتحديد قدرة الهواء الرطب الخارج من الجهاز لحمل الماء نعوض في المعادلة رقم ٦ السابقة ولكن نحتاج P_v & P_{vs} من المعادلتين ٣ و ٤ أولاً؛ لذلك:

$$\text{Log}P_{vs} = \left(\frac{a}{T_a + b} \right) = \left(\frac{2238}{(273 + 55) + 8.896} \right) = 2.073 \text{ mm Hg}$$

وبما أن الهواء الخارج مشبع (الرطوبة النسبية ١٠٠ %) فاضغط البخاري الحقيقي (P_v) يمكن تحديده من معادلة (٥):

$$P_v = RH\%(P_{vs}) = 1.00(118.3) = 118.3 \text{ mm Hg}$$

وبالتالي فالرطوبة النوعية (W) يمكن تحديدها بواسطة معادلة (٦):

$$W = \left(\frac{18.015}{28.96} \right) \left(\frac{P_v}{P_{air} - P_v} \right) = \left(\frac{18.015}{28.96} \right) \left(\frac{118.3}{760 - 118.3} \right) \\ = 0.1147 \text{ g dry air / g water}$$

أما بالنسبة للرطوبة النوعية للهواء الداخل عند ٢٠°م و ٧٥% رطوبة نسبية يمكن تحديدها علي نفس الطريقة السابقة .

$$\text{Log}P_{vs} = \left(\frac{a}{T_a + b} \right) = \left(\frac{2238}{(273 + 20) + 8.896} \right) = 1.258 \text{ mm Hg}$$

$$P_v = RH\%(P_{vs}) = 0.75(18.3) = 13.6 \text{ mm Hg}$$

$$W = \left(\frac{18.015}{28.96} \right) \left(\frac{P_v}{P_{air} - P_v} \right) = \left(\frac{18.015}{28.96} \right) \left(\frac{13.6}{760 - 13.6} \right)$$

$$= 0.0113 \text{ g dry air /g water}$$

ويجب ملاحظة أن القيمة السابقة لا يمكن قراءتها من الشكل رقم ٢ السابق لأن الشكل ٢ يعكس قيم الرطوبة النوعية عند الظروف المشبعة فقط .

صافي الرطوبة المزالة مع هواء العادم (الخارج من الجهاز) يساوى

جرام ماء /جرام هواء جاف داخل:

$$0.1147 - 0.0113 = 0.1034$$

مع ملاحظة أن الرطوبة المضافة مع هواء التهوية الداخل تعتبر صغيرة نسبيا عندما يكون فرق درجات الحرارة أكثر من ٢٠°م .

وزن الهواء المطلوب يمكن حسابه كما يلي :

جرام هواء جاف /جرام مادة صلبة جافة

$$2.76/0.1034 = 26.7$$

مع ملاحظة أن الهواء المطلوب للتجفيف نسبيا اكبر من الهواء المطلوب للأكسدة البيولوجية للمادة العضوية (للتحلل البيولوجي) كما حدد في المثال السابق .

كثافة الهواء عند الظروف القياسية = ٢٠ , ١ جرام هواء جاف /لتر ، وبالتالي :

$$\frac{26.7 \text{ g air/g ds}}{1.2 \text{ g d air/L}} = 22.25 \text{ L d air/g ds}$$

ويجب التنويه هنا علي أن هذه الكمية (وزن أو حجم) من الهواء يجب توفيرها خلال مدة إنتاج السماد العضوي المكثور وليست معدل إزالة الرطوبة الزائدة .

ولحساب EAR نسبة الهواء الزيادة عن طريق : من معادلة ١ السابقة تم حساب متطلبات الأوكسجين لإتمام عملية التحليل = ١,٩٩ جرام أوكسجين / جرام مادة صلبة متطايرة ، جرام واحد مادة أولية صلبة يحتوى على ٠,٧٥ جرام مادة صلبة متطايرة بافتراض أن ٠,٢٥ جرام رماد ثابتة المنتج النهائي (السماد العضوي المكثور) يحتوى على

$$\text{جرام مادة صلبة متطايرة} = 0.25 / (1 - 0.45) - 0.25 = 0.205$$

ولذلك تقريبا تتحلل :

$$\frac{(0.75 - 0.205)}{0.75} \times 100 = 72.7\% V_s$$

متطلبات التهوية لإتمام عملية التحليل يمكن تحويلها إلي وحدة جرام هواء / جرام مادة جافة كما يلي :

$$1.99 \left(\frac{1}{0.232} \right) (0.75)(0.727) = 4.68 \text{ g air/g ds}$$

$$EAR = \frac{26.7}{4.68} = 5.7$$

متطلبات التهوية للتحكم بدرجة الحرارة :

معدل التفاعلات الكيموحيوية عادة يزيد " أسيا " مع ارتفاع درجة حرارة الوسط ، ولكن درجة الحرارة قد تصل إلي التثبيط الحراري لمجتمع الميكروبات (الحد القصي) ، وبالتالي تصبح درجة الحرارة في هذه الحالة عامل محدد لاستمرارية التفاعل (التحلل) وللتحكم بدرجة الحرارة في حدود المدى الأمثل لمجتمع الميكروبات المسؤولة عن عملية ، فإن معدل التهوية أن يزيد لإزالة حرارة أكثر . فبمعلومية أن كمية الطاقة الناتجة مع تحلل المادة العضوية (٢ ، ١٠٤ كيلو كالورى / مول أوكسجين) وتساوى (٣٢٦٠ كالورى / جرام أوكسجين) وتساوى

(٥٨٧٠ و.ح.ب / رطل أوكسجين) فإن كمية الطاقة الكلية الناتجة مع تحلل المادة العضوية يمكن حسابها بمعلومية كمية الأوكسجين المستهلكة .

مثال :

١٠٠ طن متري من الحمأة (عند ٨٠% محتوى رطوبى) يراد إدخالها فى إنتاج كمبوست، هذه الحمأة تم خلطها مع نشارة خشب (عند ٣٥% محتوى رطوبى) لتحسين قوامها وتخفيف محتواها الرطوبى كذلك تم أيضاً إضافة محسن آخر من الكمبوست (السماد العضوي المكومر) الناضج المعاد استخدامه. وإذا علمت ان مواصفات الحمأة ونشارة الخشب كما يلى، احسب كمية الطاقة المنبعثة والمطلوب التخلص منها:

	نشارة الخشب	الحمأة
مادة صلبة متطايرة BVS	0.247g BVS /g ds	0.375g BVS /gds
كمية الأوكسجين المطلوبة	1.185 g O .g BVS	1.99 g O . /g BVS

وبالتالى : نستطيع حساب كتلة الأوكسجين اللازمة لتزويد الميكروبات لإتمام عملية التحليل كما يلى :

للحمأة :

$$0.375(g \text{ BVS} / g \text{ ds}) \times 1.99 (g \text{ O}_2 / g \text{ BVS}) = 0.746 g \text{ O}_2 / ds$$

ثم كمية الطاقة المنبعثة مع تحليل المادة العضوية :

$$0.746 g \text{ O}_2 / g \text{ ds} \times 3260 \text{ Cal} / g \text{ O}_2 = 2430 \text{ Cal} / g \text{ ds}$$

نشارة الخشب :

$$0.247 (g \text{ BVS} / g \text{ ds}) \times 1.185 (g \text{ O}_2 / g \text{ BVS}) = 0.293 g \text{ O}_2 / g \text{ ds}$$

ثم كمية الطاقة المنبعثة نتيجة تحلل نشارة الخشب :

$$0.293 g \text{ O}_2 / g \text{ ds} \times 3260 \text{ Cal} / g \text{ O}_2 = 955 \text{ Cal} / g \text{ ds}$$

إذن كمية الطاقة الكلية المنبعثة نتيجة وتحليل الحمأة ونشارة الخشب :

$$2430 + 955 = 3385 \text{ Cal} / g \text{ ds}$$

ولأن لدينا كمية حرارة يجب التخلص منها، فإننا عن طريق التهوية أو الفقد إلي المحيط الخارجي بأحدث وسائل انتقال الحرارة المعروضة (توصيل - حمل - إشعاع) فلكي يكون الجهاز متزن حراريا فإن :

كمية الحرارة المنتجة = كمية الحرارة المفقودة مع التهوية + كمية الحرارة المفقودة للمحيط الخارجي

$$Q_p = Q_v + Q_c$$

ولكن كتلة المادة الأولية كبيرة، ورطوبة ومحصورة بطبقة من الكمبوست الناضج والذي يعمل كطبقة عازلة احد ما ، فإن كمية الحرارة المفقودة للوسط المحيط ستكون صغيرة جدا مقارنة بتلك المفقودة عن طريق التهوية ، وبالتالي فإن :

$$Q_p = Q_v$$

مع العلم بأن هذا الافتراض غير صحيح في التجارب العلمية نظرا لكبر نسبة المساحة السطحية إلي الحجم في الأجهزة الصغيرة، ولذلك فإن Q_c يتم أخذها بالاعتبار عند التعامل مع الأجهزة الصغيرة .

إذا فكمية الحرارة الزائدة المراد التخلص منها خلا عملية التحليل ستزال بصورة أساسية عن طريق الغاز الحار الرطب الخارج من الجهاز .

فالحرارة المنبعثة مع تحلل المادة العضوية سترفع درجة حرارة الهواء الجاف وبخار الماء الداخل للجهاز إلي درجة الحرارة للغاز الخارج من الجهاز، فالحرارة المنبعثة أولا توفر الحرارة الكامنة لتبخير الماء لترفع درجة حرارة بخار الماء إلي درجة الحرارة الخارجة من الجهاز .

وبافتراض أنها المركبة الرئيسة للتخلص من الحرارة المنبعثة وبتجاهل المركبات الأخرى الصغيرة نستطيع حصر متطلبات التهوية اللازمة للتحكم بدرجة الحرارة .

مثال :

قدر متطلبات التهوية لإزالة الحرارة الناتجة " المنبعثة " في المثال السابق (الحمأة مع نشارة الخشب) ، وذلك بعد افتراض أن درجة الحرارة

الخارجية ٢٥ م° والهواء الخارجي عند ٧٥% رطوبة نسبية (محتوى رطوبي ٠,٠١١٣ جرام ماء / جرام هواء جاف) ودرجة حرارة الغاز الخارج من الجهاز ٥٥ م° هواء مشبع .

(بمحتوى رطوبي ٠,١١٤٧ جرام ماء / جرام هواء جاف) .

الحل :

افتراض أن m = كمية الهواء الجاف المطلوب للمحافظة علي درجة حرارة الكمبوست عند ٥٥ م° وبالتالي :

الحرارة الكامنة لتبخير الماء عند ٢٠ م° = ٨, ٥٨٥ كالورى / جرام بخار ماء .

$$CP_{\text{water}} = 0.44 \text{ Cal /g}^{\circ}\text{C}$$

$$CP_{\text{air}} = 0.24 \text{ Cal /g}^{\circ}\text{C}$$

الطاقة الكلية المستهلكة لتبخير = كتلة الماء المزالة \times الحرارة الكامنة لتبخير

$$= m \times 585.8 \text{ Cal /g}_{\text{water}} (0.1147 - 0.0113) \text{ g}_{\text{water}} / \text{g}_{\text{air}} d_{\text{air}}$$

$$= 60.57 m \text{ Cal /g}_{\text{air}} d_{\text{air}} \quad (1)$$

الطاقة المستهلكة في رفع درجة حرارة البخار إلي ٥٥ م° =

(كتلة الماء الموجود + كتلة الماء المزالة) \times الحرارة النوعية للهواء \times التغير بدرجة الحرارة

$$Q = m(0.1034 + 0.0113)(0.44) (55 - 20) = 1.77 m \text{ Cal /g}_{\text{air}} d_{\text{air}} \quad (2)$$

الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الهواء الجاف إلي ٥٥ م° =

$$= m CP_{\text{air}} \Delta t = m (0.24) (55-20) = 8.4 m \text{ Cal /g}_{\text{air}} d_{\text{air}} \quad (3)$$

كمية الطاقة الناتجة من التحلل البيولوجي الهوائي للمادة العضوية كما

حسب سابقا يساوى ٣٣٨٥ كالورى / جرام مادة صلبة .

وبافتراض انتقال حراري مستقر:

الحرارة المنبعثة يجب أن تساوى متطلبات التهوية $Q_P = Q_V$ اللازمة

للتحكم بالحرارة ، وبالتالي فمن (١ ، ٢ ، ٣) فإن :

$$m(60.57 + 1.77 + 8.4) = 3385$$

$$m = (3385 / 70.74) = 47.9 \text{ g air /g of ds}$$

وسيق أن تم حساب كتلة الهواء اللازمة لتوفير متطلبات الأوكسجين اللازمة للميكروبات

لإتمام عملية التحليل الهوائي ، ووجدنا أنها تساوي تقريبا ضعف كتلة المخلوط الأولي الجافة ، أو ١,٩٥ جرام هواء / جرام مادة صلبة .

وبالتالي :

$$\text{EAR (excess air rate)} = 47.9 / 1.95 = 24.6$$

من هذا المثال نجد أن

كمية الهواء اللازمة للتحكم بدرجة حرارة الكبوست اكبر بكثير من متطلبات التهوية لتوفير الأوكسجين اللازم لعملية التحلل .

معدل التهوية :

كمية الهواء المحسوبة سابقا تعبر عن الكتلة الكلية المطلوبة من الهواء والتي يمكن تحويلها إلي معدل (rate) ولكن معدل التهوية يرتبط بعدة عوامل من الصعب أحيانا تحديدها مثل: نوع نظام الإنتاج وحركية الميكروبات المسئولة عن التحليل ، وإتاحة المادة الأولية للتحليل.... الخ .

لذلك يلزم معرفة نظام الإنتاج :

١- نظام إنتاج ذو تغذية واحدة Batch System .

٢- نظام إنتاج ذو تغذية مستمرة Continuous System .

فالنظام الأول " تغذية مرة واحدة " ، مثال على ذلك الصفوف الهوائية أو نظم الحاويات فكمية الهواء الكلية يمكن تحويلها إلي معدل عن طريق فرض مدة زمنية وتقسيم الكمية علي المدة الزمنية لينتج المعدل .

فباقتراض كمية الهواء المطلوبة من المثال السابق 47.9g air /g ds كذلك بافتراض مدة زمنية ٢٥ يوم للدورة كاملة .

فمعدل التهوية المتوسط يمكن تقديره عن طريق التالي :

$$= 47.9(10^6)/(1.2(25)(24)(10^3)=66.5 \text{ m}^3 / \text{h.d ton}$$

وهناك ظروف كثيرة يمكن أن تحتاج الهواء أكثر من المتوسط مثل معدل أكسدة المادة العضوية غير ثابت ، وبالتالي فالحرارة المنبعثة غير ثابتة فهي تتغير خلال دورة الكمبوست .

كذلك نوع نظام التحكم قد يخلق أوقات ذروة يتعدى فيها متطلبات التهوية الفعلية للتحكم بالحرارة متوسط التهوية المطلوب .

ويستخدم التحكم في نظام التهوية أم نظام (ON /OFF) أو نظام التحكم بدرجة الحرارة أو الأوكسجين أو ثاني أكسيد الكربون الخ .

لذا يلزم تقرير معدل التهوية اللازم الذروة (Reak rate) ويمكن معرفة ذلك عن البيانات الواردة في كثير من المراجع (wiley, 1955, jeris bhegan ,1963)، حيث لاحظ هؤلاء الباحثين أن معدل استهلاك الأوكسجين دالة في درجة الحرارة ، حيث تم الحصول علي (٤-٤٤) مليون جرام أوكسجين /جرام مادة صلبة. ساعة) كمعدل استهلاك للأوكسجين في وقت الذروة عند درجات حرارة في المدى ٤٥ - ٦٥ م° .

وعلي المثال السابق فإن ذلك يساوى (0.0035 to 0.0121g O₂/g ds.h) بمعلومية أن (3260 Cal /g O₂) مستهلك، معدل انبعاث الحرارة يمكن تقديره كما يلي:

$$(0.0035 \text{ to } 0.0120) \times (3260) = 11 \text{ to } 39 \text{ Cal /g ds .h}$$

وباستخدام نفس الافتراضات والحسابات السابقة في المثال السابق:

معدل التهوية المطلوب للمحافظة علي درجة الحرارة عند ٥٥ م° يساوى:

$$m (60.57 + 1.77 + 8.4) = 11 \text{ to } 39$$

$$m = 0.15 \text{ to } 0.55 \text{ g air /g ds .h}$$

كثافة الهواء ١,٢ كجم /متر^٣

إذن معدل التهوية اللازمة في الذروة :

$$(0.15 \text{ to } 0.55) (10^3)/1.2 = 125 \text{ to } 460 \text{ m}^3 / \text{h.ton ds}$$

$$= 40000 \text{ to } 14700 \text{ ft}^3 / \text{h.ton ds}$$

وهذا موافق لما ورد (Haug (1982) حيث توقع أن يصل معدل التهوية في وقت الذروة إلي $3800 \text{ to } 4800 \text{ ft}^3 / \text{h.ton ds}$ لحمأة مع قطع خشبية (Murray & Thompson) أوضح أن معدل تهوية في وقت الذروة $4000 \text{ to } 5000 \text{ ft}^3 / \text{h.ton ds}$ غير كافي لحفظ درجة الحرارة لأقل من 60°C لمخلوط الحمأة والخشب، ولكن وقت الذروة يحدث لوقت قصير نستطيع الموازنة بين اقتصاديات النظام ومدة الذروة .

ونظام التهوية هذا يأخذ عدة أشكال منها: مروحة واحدة مربوطة بمصفوفة واحدة وأنظمة أخرى تستخدم واحدة مضخة الهواء مركزية توزع علي قنوات للمصفوفات المتعددة .

ولا تنس الحد الأدنى من معدل التهوية (MAR) يلزم معرفته لتصميم واحدة التهوية بحيث (VAR) في بداية العملية ونهايتها. ويقدر من القياسات الحقلية بحوالي ٢٠٠ إلي ٥٠٠ قدم^٣/س. طن جاف .

الالات والمعدات المستخدمة في تصنيع الكمبوست:

١- اللودر:

يستخدم في نقل المخلفات الزراعية المستخدمة في إنتاج الكمبوست من أماكن إنتاجها إلى منطقة العمل بواسطة التحميل على مقطورات، ويقوم بضبط وتعديل الكومات. ويوضح شكل (٢-١٦) اللودر الذي يستخدم في مواقع السماد العضوي.



شكل (٢-١٦): اللودر

٢- الجرار والمقطورة :

يستخدم في نقل المخلفات الزراعية إلى أماكن الإنتاج وكذلك نقل المنتج بعد تصنيعه إلى أماكن الاستهلاك. ويوضح شكل (٢-١٧) صورة للجرار والمقطورة اللذان يستخدمان في مواقع السماد العضوي.



شكل (١٧-٢): صورة للجرار والمقطورة

٣- آلة تقليب وفرم الكومات.

وهذه الآلة تستخدم لفرم وتقليب الكمبوست أثناء تصنيعه ويوجد منها نوعان أحدهما ذاتية الحركة والأخر مقطورة خلف الجرار. ويوضح شكل (٢-١٨) آلة فرم السماد العضوي الذاتية الحركة ويوضح شكل (٢-٨ ب) آلة فرم السماد العضوي المقطورة خلف الجرار.



شكل (٢-١٨) آلة فرم السماد العضوي الذاتية الحركة



شكل (٢-٨ ب) آلة فرم السماد العضوي المقطورة خلف الجرار

٤- آلة فرم المخلفات الخشنة:

تستخدم لفرم أغصان الأشجار والمخلفات الزراعية المستخدمة في تصنيع السماد العضوي المكوم ويوضح شكل (٢-٩) آلة فرم المخلفات الخشنة.



شكل (٢-٩): آلة فرم المخلفات الخشنة

٥- مقطورة المياه.

وهي تستخدم لترطيب كومات الكمبوست أثناء تصنيعه ويوضح شكل (٢-١٠) مقطورة المياه المستخدمة في ترطيب السماد العضوي.



شكل (١٠-٢) مقطورة المياه المستخدمة في ترطيب السماد العضوي



شكل (١٠-٢) مقطورة المياه المستخدمة في ترطيب السماد العضوي

الباب الثالث
الغاز الحيوي
 BIOGAS

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- التعرف على الغاز الحيوي وأهمية استخدامه والفوائد المتوقعة من إنتاجه ومكوناته وتأثيرها على الإنسان.
- التعرف على استخداماته المختلفة ومراحل إنتاجه المختلفة.
- التعرف على العوامل البيئية والهندسية المؤثرة على إنتاجه.
- التعرف على أنواع المخمرات المختلفة المستخدمة في إنتاجه.
- حساب حجم المخمر المطلوب لإنتاج كميات الغاز المطلوبة، وكيفية إنشاء المخمرات.

الغاز الحيوي

Biogas

مقدمة:

أدى التقدم الحضاري للإنسان واهتمامه بالمحافظة على البيئة من التلوث وترشيد استخدام 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 بإتباع تكنولوجيات متطورة ونظيفة ورخيصة تحقق طموح المزارعين في استغلال المنتجات الزراعية الثانوية بطريقة اقتصادية وآمنة بيئياً لتحقيق دخل إضافي من وحدة المساحة الزراعية.

وتهدف تكنولوجيا البيوجاز إلى إعادة استخدام المخلفات العضوية كمخلفات المحاصيل وروث الماشية بطريقة اقتصادية وآمنة صحياً لإنتاج طاقة جديدة متجددة وكبديل للطاقة التقليدية مع إنتاج سماد عضوي جيد وحماية البيئة من التلوث.

تعريف الغاز الحيوي:

هو ذلك المخلوط الغازي الناتج من تخمر المخلفات العضوية (نباتية - حيوانية - صناعية - منزلية) تحت سطح الماء بمعزل عن الهواء "تخمر لاهوائى" وذلك بفعل مجموعة متخصصة من البكتيريا منتجة غاز الميثان بنسبة تتراوح ما بين ٥٠ - ٧٠% والباقي خليط من غاز ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والهيدروجين.

نبذة تاريخية:-

وجد أن Alessandra Volta هو أول من اكتشف البيوجاز عام ١٧٧٨ بايطاليا كغاز متولد من البحيرات المحتوية على مخلفات نباتية متحللة لذلك سمي في أول الأمر بغاز المستنقعات.

- وفى سنة ١٨٠٤ تعرف John Dalton على التركيب الكيماوي للميثان الذي يعتبر المكون الاساسى للبيوجاز.
- وفى سنة ١٨٠٦ أكد Henry William أن البيوجاز يشابه في تركيبه غاز الفحم في احتوائه على الميثان.
- وفى بداية القرن الثامن عشر حوالي ١٨٠٠ كان Sir Humphrey davey أول من أشار إلى إنتاج البيوجاز من سمد الإسطبل.
- وفى عام ١٨٦٨ اثبت Bechamp احد تلاميذ لويس باستر أن البيوجاز يتكون من تكسير المركبات العضوية البسيطة بفعل الكائنات الحية الدقيقة.
- وفى سنة ١٨٨٤ أمكن TappeinerGauon احد تلاميذ باستر أيضا إثبات هذا الأمر وإنتاج كمية كبيرة من غاز البيوجاز حتى أن باستر فكر في تكنولوجيا البيوجاز لغرض الإضاءة والتدفئة.
- وفى سنة ١٨٨٠ تم إنشاء أول وحده بيوجاز حقلية في العالم ينتج فيها البيوجاز من مخلفات الإنسان في ملجأ للقضاء في ماتونجا في وادالا بالهند.
- وفى سنة ١٨٩٦ تذكر المراجع انه أمكن إنتاج البيوجاز من مخلفات المجارى واستخدامه في إضاءة شارع في Exeter بإنجلترا.
- وفى سنة ١٩١٤ تم إنشاء أول وحدة إنتاج البيوجاز من مخلفات السليلوزيه بواسطة هولندي في اندونيسيا .
- ومن سنة ١٩١٤-١٩١٨ بدأ اهتمام البريطانيين بمسألة إنتاج البيوجاز لا سيما بعد الحرب العالمية الأولى.
- وفى سنة ١٩٢٩ أنشأت وحدة البيوجاز في surry بإنجلترا ويقال إنها مازلت تعمل حتى الآن .
- وفى سنة ١٩٣٠ نشر Bushwell & Boruyy من ولاية بالولايات المتحدة الأمريكية بحثا عن إنتاج الميثان من مخلفات المزرعة مثل حطب الذرة.

• وفي سنة ١٩٣٩ انشأت أول وحده ببوجاز في مصر وفي أفريقيا في مزرعة الجبل الأصفر وكانت ٧٥٠ م^٣ ومتصل بها خزان غاز سعته ٣١٥٠٠ م^٣.

• ومن سنة ١٩٣٩ - ١٩٤٥ انتشر إنتاج الببوجاز في ألمانيا الهتلرية أيان الحرب العالمية الثانية حيث تعرضت لحصار اقتصادي منع عنها مصادر الطاقة مما دفعهم إلى تطوير تكنولوجيا الببوجاز وأصبحت المركز الرئيسي لبحوث الببوجاز في أوروبا والعالم آنذاك وقد ورد من تقارير ان عدد الجرارات والسيارات التي تدور بالببوجاز في مزارع قد بلغ ٢٢ ألف في سنة ١٩٣٩ وقد ازداد هذا العدد إلى أربع أضعاف تقريبا (حوالي ٨٨ ألف جرار وسيارة) أثناء الحرب العالمية الثانية فقد كان يتم تزويد الجرارات باسطوانتين من الحديد تحتوى كل منها على ٥١ م^٣ ببوجاز تحت ضغط ٢٢٠ ض ج اى ما يعادل ٤٥,٥ لتر بنزين.

ويصعب حاليا تقدير عدد وحدات الببوجاز على مستوى العالم ومن ذلك يكون دليل على تزايد الاهتمام بهذه التكنولوجيا يتم بسرعة كبيرة جدا.

أهمية استخدام الغاز الحيوي:

الحاجة للغاز الحيوي والطاقات التي لا تنضب تأتي لشدة استخدام الإنسان للطاقة التي لا تتناسب ومعدلات إنتاجه لها. الولايات المتحدة الأمريكية تشكل 7% من سكان العالم و تستهلك 30% من إجمالي الطاقة. الدول الشمالية المتقدمة تمثل ثلث سكان العالم وتستهلك 70% من إجمالي الطاقة.

يؤدي استخدام مخلفات المزرعة النباتية كالتحالب و أوراق وعروش النباتات و فضلات الحيوانات كالروث و المخلفات الحيوانية كمدد للطاقة بالحرق المباشر في المواقد البدائية إلى فقد كبير في الطاقة حيث تتراوح كفاءتها 10-4% فقط و يؤدي أيضاً إلى فقد ما بها من السماد، وكذلك فهو ذو أثر سيئ على البيئة وأثر صحي سيئ على العامل بها، لذا جاءت تكنولوجيا الغاز الحيوي لتفادي تلك السلبيات.

الفوائد المتوقعة من إنتاج الغاز الحيوي:

- توفر موارد جديدة للطاقة تساعد على ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية (البتروول - الفحم).
- إنتاج سماد عضوي جيد يزيد من خصوبة التربة الزراعية.
- تقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية لخفض التكلفة الإنتاجية.
- القضاء على الفئران و الحشائش و الأمراض المستوطنة.
- حماية البيئة من التلوث والمحافظة على الغطاء النباتي (الغابات).
- الحفاظ على صحة القرويين نتيجة لعدم تداول روث الماشية بالأيدي.
- تقليل الوقت للحصول على الوقود.

مكونات الغاز الحيوي وتأثيراتها على الإنسان:

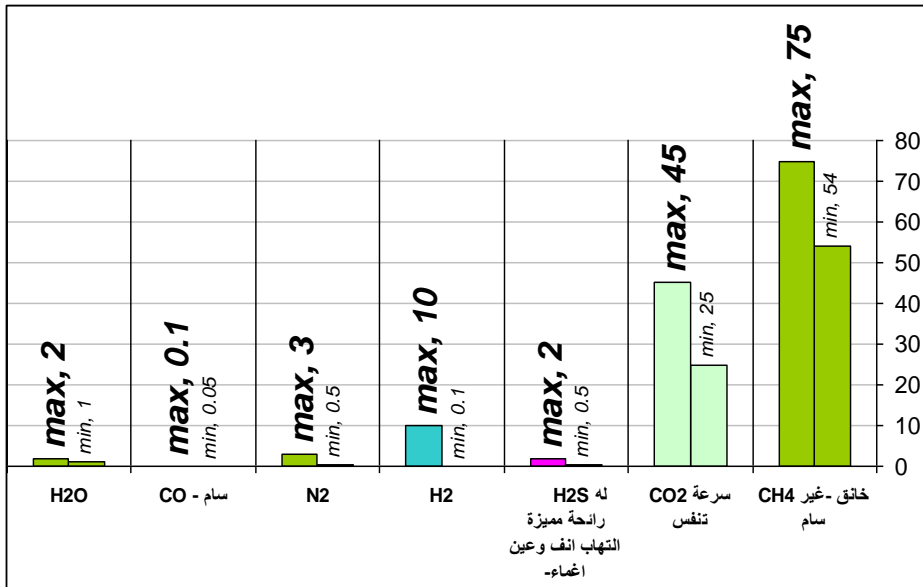
وهو يتألف من حوالي 60% ميثان (CH_4)، و 40% ثاني أكسيد الكربون (CO_2). و يحتوي أيضاً على نسب صغيرة من المواد الأخرى، والتي تضم 1% كبريتيد الهيدروجين (H_2S). لذلك فإن محتوى الميثان والقيمة الحرارية تكون أعلى عند عمليات الهضم الأطول

التركيب الكيميائي للغاز الحيوي :

يوضح جدول (٣-١) التركيب الكيماوي للغاز الحيوي، ويوضح شكل (٣-١) الحدود الدنيا والعليا لمكونات الغاز الحيوي وتأثيراتها على الإنسان.

جدول (٣-١): التركيب الكيماوي للغاز الحيوي

رمزه	نسبته	المركب
CH ₄	50-75	الميثان
CO ₂	25-50	ثنائي أكسيد الكربون
N ₂	0-10	النيتروجين
H ₂	0-1	الهيدروجين
H ₂ S	0-3	كبريتيد الهيدروجين
O ₂	0-0	الأكسجين



شكل (٣-١) الحدود الدنيا والعليا لمكونات الغاز الحيوي وتأثيراتها على الإنسان

استخدامات الغاز الحيوي:

١- استخدام البيوجاز في الأغراض المنزلية (الطهي - الإنارة - تشغيل الثلجات - الكي)

تمثل عملية إعداد الطعام أهم مستهلك للطاقة على مستوى الاستخدام المنزلي في الريف ونظرا لاعتماد المزارعين على مصادر الكتلة الحية (الروث المخفف واحطاب وعرش المحاصيل) وفى إنتاج الطاقة اللازمة لتجهيز طعامهم (طهي وخبيز) ولانخفاض كفاءة التحويل فقد قدر Islam سنة ١٩٨٠ إن الفرد في بنجلاديش يستهلك ٣ كالورى وقود لطهي كل كالورى من طعامه اى أن النسبة ٣ : ١ (٣ كالورى وقود / كالورى غذاء مجهز) وتعتبر هذه النسبة مرتفعة للغاية : إذا ما قورنت بتلك المقدرة في ألمانيا الغربية كنموذج للدول المتقدمة وقد وجد أن الفرد في ألمانيا الغربية يحتاج إلى ٧٥٠ كالورى وقود (على هيئة كهرباء) لطهي ٣٠٠٠ ك كالورى غذاء نهائي يتناوله على ثلاث وجبات اى أن استهلاك الطاقة لطهي الطعام للفرد في ألمانيا تبلغ ٠,٢٥ كالورى لكل كالورى غذاء أو ما يعادل ١/١٢ من تلك التي يحتاجها مواطن بنجلاديش الفقير وذلك يدل على مدى حاجة الدول النامية إلى ترشيد استخدام الطاقة المتاحة لديهم ورفع كفاءة استغلالها وبعد إنتاج البيوجاز واستخدامه في موافد مناسبة من أهم الأعمال المؤدية إلى ذلك.

حيث انه تستهلك موافد البيوجاز كميات متفاوتة من الغاز تبعا لأحجامها وهى تتراوح بين ٠,٢٢٧ إلى ٠,٣٣ م^٣ في الساعة للموافد الصغيرة (قطر حوالي ٥ سم) وبين ٠,٢٧ إلى ٠,٤٧ م^٣ للموافد المتوسطة قطر ١٠ سم وبين ٠,٤٣ إلى ٠,٦٤ م^٣ للموافد الكبيرة (قطر ١٥ سم) أما الموافد الأكبر فيقاس احتياجها حسب أحجامها ويتفاوت استهلاك الفرد من البيوجاز لإعداد الطعام لان ذلك يتوقف على عاداته الغذائية الاستهلاكية ومستوى معيشته ويبلغ متوسط استهلاك الفرد في يوم ٠,٤ م^٣ بيوجاز .

ويستخدم البيوجاز أيضا في الإضاءة مباشرة بحرقه في كlobات مشابه لكlobات البيوجاز ويولد الكlob ضوء ابيض مريح للعين تتغير قوته تبعا لنوع الرقيقة المستخدمة وقد قامت وزارة الزراعة بتعديل كlob البيوجاز ويقتصر التعديل على توسيع الفونيه وتوصيل خرطوم البيوجاز بالكlob مباشر بدلا من

استخدام خزان البيوجاز وقد استخدمت هذه الكلوبات في منازل الفلاحين (المزارعين) للإضاءة.

وبلغ استهلاك كلوب البيوجاز من الغاز حوالي ٠,٠٧ إلى ٠,٠٩ م^٣ / الساعة وقد رأى Islam سنة ١٩٨٠ أن استخدام البيوجاز في الإضاءة عن طريق إنتاج الكهرباء أكثر اقتصادية من استخدامه مباشرة في الكلوبات إذ أن ٠,٧٥ م^٣ بيوجاز ينتج ١ ك. و . س ويكفي ذلك كطاقة كهربائية لتشغيل ٢٥ مصباح قوة ٤٠ وات لمدة ساعة.

أما طاقة البيوجاز لا تكفي إلا لإضاءة حوالي ٧ كلوبات لمدة ساعة ولم يأخذ الباحث في اعتباره أن عملية إنتاج الكهرباء عملية معقدة بالنسبة للفلاح وتحتاج إلى رأس المال اللازم لشراء المولد وقد أمكن أيضا استخدام البيوجاز بكفاءة في تشغيل الثلاجات المعدة للتشغيل بالغاز الطبيعي أو بغاز الفحم أو بالغازات المسالة ويتفاوت استهلاك الثلاجات من البيوجاز حسب حيز التبريد بها. ويوضح جدول (٢-٣) استهلاك الثلاجات من الكهرباء والبيوجاز.

جدول (٢-٣): استهلاك الثلاجات من الكهرباء والبيوجاز

معدل الاستهلاك / يوم		سعه الثلاجة بالقدم
بيوجاز م ^٣	كهرباء ك . و . س	
١,٣٢	١,٠٤	٥
١,٥٨	١,٢٥	٦
١,٧ - ٢,١	-	٨
٢,١٥	٢,٤٥	٩
٢,٠٥	٢,٨٣	١٠
٢,٨١	٣,١١	١١
٢,٠٧	٣,٣٩	١٢
١,٣٣	٣,٦٧	١٣

٢- استخدام البيوجاز في تدفئه عنابر الكتاكيت وإضاءة عنابر الدواجن :

تحتاج مزارع الدواجن إلى الطاقة الحرارية لتدفئة عنابر الكتاكيت في أعمارها الأولى ثم إلى الإضاءة لإطالة النهار ومن ثم رفع معدل التغذية والإسراع بنمو الدجاج وفي مصر تختلف مزارع الدواجن في مصادر حصولها على الطاقة إذ يعتمد بعضها على البيوجاز في التدفئة والبعض الآخر على الكيروسين وقلة من المزارع على الكهرباء وباعتبار إن عملية تدفئة الكتاكيت ذات طبيعة مستمرة ويخشى من عدم استخدامها على مرض الكتاكيت ونفوقها فان عدم انتظام توافر الطاقة يمثل ضغطا نفسيا على إدارة المزرعة أمر محفوقا بالمخاطر بسبب الانقطاع المستمر للتيار الكهربائي والذي قد يمتد لبعض الأيام لتزايد الاحتمال على المحولات وغيرها من الأساليب الفنية الأخرى ويمثل إنتاج البيوجاز من زرق الدواجن بجوار المزرعة واستخدامه لتغطية جزء من احتياجات نفس المزرعة امرا مرتبطا ببعضه البعض.

بمعنى انه طالما أن المزرعة فعالة وتقدم على تربيته الدواجن فان المخلف اللازم لتشغيل وحده البيوجاز يتولد باستمرار ومن ثم فانه توليده يكون مواكب لعملية الإنتاج .

ويحقق البيوجاز بذلك عنصرا هاما من عناصر الإنتاج إلا وهو تأمين الحصول على الطاقة طوال فترة الإنتاج وتشير النتائج المبدئية للتجارب التي قامت بها وزارة الزراعة على بعض مزارع الدواجن في القليوبية إلى انه يمكن تغطيه ٦٠ - ٧٠ % من الطاقة اللازمة للتدفئة والإنارة بهذه المزارع عن طريق إنتاج البيوجاز من رزق دواجنها .

اذ انه تم تقدير التكلفة المحلية للتدفئة والإنارة للدورة الواحدة في مزارع الدواجن التي تستخدم البيوجاز بحوالي ٧٦ جنيه للعنبر الذي يسع ٤٠٠٠ دجاجة اى بمعدل ١,٩ قرش لكل دجاجة تدخل للتربية .

وفي ألمانيا الغربية قدر Moebert سنة ١٩٧٥ أن الطاقة اللازمة لتدفئه عنابر الكتاكيت إلى ٢٦ درجة مئوية عند درجة حرارة جو خارجية تبلغ ١٠ درجات مئوية تحت الصفر تعادل ٧ م^٣ بيوجاز / يوم لكل ١٠٠٠ كتكوت زنه الواحد فيها ١٦٠ جم بينما تحتاج تدفئه عنابر دجاج البياض من ١٠ درجات مئوية

تحت الصفر إلى +١٨ درجة مئوية إلى ٢٩ م^٣ بيوجاز / يوم لكل ١٠٠٠ دجاجة وزن الواحدة منها ١،١٣ كجم.

٣- استخدام البيوجاز في مزارع أبقار الحليب.

تحتاج مزارع أبقار الحليب إلى الطاقة للعمليات مثل تسخين المياه اللازمة لتنظيف ماشيه الحليب وتنظيف آلات الحليب وتبريد الألبان لحين نقلها ويبين جدول (٣-٣) بعض البيانات الأساسية للاحتياجات اليومية من الطاقة الكهربائية أو طاقة البيوجاز لمختلف عمليات سابقة الذكر محسوبة لكل رأس بقر حلب في قطعان متفاوتة الأحجام ومختلفة في نظام رعايتها (مربوطة أو حرة).

جدول (٣-٣): بعض البيانات الأساسية للاحتياجات اليومية من الطاقة الكهربائية أو

طاقة البيوجاز

الاحتياجات اليومية من الطاقة اللازمة لتنظيف ماشيه الحليب قبل الحليب		الاحتياجات اليومية من الطاقة اللازمة لتنظيف ماكينات الحليب		الاحتياجات اليومية من الطاقة اللازمة لتبريد الألبان بمركز التجمع / يوم		عدد الرؤس	
بيوجاز بالـ م ^٣ /يوم		بيوجاز بالـ م ^٣ /يوم		بيوجاز			
قطيع حر	قطيع مربوط	قطيع حر	قطيع مربوط	م ^٣ /قطيع	م ^٣ /رأس	كهرباء ك. و. س/قطيع	
-	٠،٠٨	-	٠،٠٦	١،٤	٠،٠٧	١،٢	٢٠
٠،٠٩	٠،٠٦	٠،٠٢	٠،٠٤	٢،٨	٠،٠٧	١،٤	٤٠
٠،٠٨	-	٠،٠٢	-	٤،٢	٠،٠٧	٣،٦	٦٠
٠،٠٨	-	٠،٠٢	-	٥،٦	٠،٠٧	٤،٨	٨٠

٤- استخدام البيوجاز في التجفيف والتصنيع الزراعي:

يتميز هذا الأسلوب من التعامل مع الطاقة بأنه ينتج الطاقة من مخلفات التصنيع الغذائي (إنتاج البيوجاز) ليستخدمها نفس العملية ففي عمليات تغليب

الأغذية على سبيل المثال تتخلف الكثير من المواد العضوية نتيجة لعملية تجهيز الخضروات والفواكه وعمليات السلق وغيرها.

وتمثل هذه المخلفات مصدر متزايد للتلوث وإزعاج الأهالي المحيطين بمنطقة المصانع. ومن ذلك تنتج تكنولوجيا البيوجاز كفرصه جيدة للتعامل مع هذه المخلفات في إطار نظام فينتج للطاقة والتي بدورها تستخدم في سد جزء من احتياجات المصانع فضلا عن منع الأخطار الناجمة عن التلوث مع تزويد الاراضي الزراعية المحيطة بسماد عضوي جيد وفي الفترة الأخيرة بدأت وزارة الزراعة في التعاون مع مصانع قها للأغذية المحفوظة لحل مشاكل التلوث الناجمة عن تراكم المخلفات العضوية بالمصانع. ويبين جدول (٣-٤) معدلات استهلاك البيوجاز اللازمة لتجفيف المنتجات الزراعية في الصناعات الغذائية.

جدول (٣-٤): معدلات استهلاك البيوجاز اللازمة لتجفيف المنتجات الزراعية في الصناعات الغذائية

المواد المجففة طن / أسبوع	تيار الهواء الساخن م ^٣ /ساعة	الكهرباء اللازمة كطاقة لضخ الهواء ك . و . س	البيوجاز اللازم لتدفئته الهواء (٤درجة مئوية لمدة ١٠ ساعات في اليوم) م ^٣ /يوم	استهلاك موتور ومضخة الهواء من البيوجاز م ^٣ / ساعة
٤	١٤٤٠٠	٢,٥	٢٧,٥	-
٦	٢١٦٠٠	٤,٥	٤١,٠٠	-
٨	٢٨٨٠٠	٥,٥	٥٥,٠٠	٣,٦
١٠	٣٦٠٠٠	٧	٦٨,٥	٤,٦
١٢	٤٢٣٠٠	١٠	٨٢,٠٠	٦,٥

ويبين جدول (٣-٤) معدل استهلاك البيوجاز اللازم لتجفيف المنتجات الزراعية المحتوية على (٣٠-٤٠ % رطوبة) باستخدام الهواء الساخن وهذه البيانات قدرت عن طريق (الباحثين) Boader 1978 and Wolfgang et al 1978

٥- استخدام البيوجاز في تشغيل آلات الاحتراق الداخلي.

يمكن تحويل آلات الاحتراق الداخلي للعمل على البيوجاز وعند ذلك يحتاج الأمر إلى التخلص من H_2S الموجود في البيوجاز خوفاً من إحداث الأضرار بالآلات (تنقية البيوجاز) وقد وجد في الفلبين والصين الشعبية ١٩٨١ وجد أن آلات الاحتراق الداخلي المستخدمة في كافة الأغراض ولا سيما في إنتاج تستخدم البيوجاز دونما تنقية تذكر.

وعند استخدام البيوجاز في إدارة الماكينات التي تعمل أصلاً بالديزل فإن البيوجاز لا يمكنه الإحلال محل الديزل كاملاً.

إذ أنه يلزم تشغيل الآلة أولاً بالديزل ثم التحويل لاستخدام البيوجاز وذلك لأن طاقته الصافية ٣٣٠٨ ك كالورى أما الطاقة الناتجة عن السولار هي ٤٣٦٩ ك كالورى ويتم تحويل آلات الديزل للعمل على نوعين من الوقود بتوصيل موزع البيوجاز بمدخل الهواء للموتور وفى هذه الحالة فإنه يمكن خفض ضخ الديزل إلى ١٥ - ٢٥ % من المعدل الأصلي Maramba et al 1978.

ولا تحتاج الماكينات الكبيرة إلى هذه الكمية الكبيرة من الديزل عن تحويلها إلى العمل على البيوجاز وهناك تقارير عن الماكينات الثابتة (الديزل) ذات قدره أعلى من ٥٠٠ حصان ولا تستخدم عند تشغيلها بالبيوجاز أكثر من ٢٠ % من المعدل الأصلي لاستهلاك الديزل Marden 1975 وعند تحويل آلات الاحتراق الداخلي للعمل بالبيوجاز وجد أن فاعليتها تنخفض بحوالي ٢٠ % وفى مزرعة framhaya بالفلبين نتج عن تحويله ديزل قوتها ٣١ حصان ذات اسطوانتين للعمل على البيوجاز انخفاض قوة الآلة إلى ٨٠ % من قوتها الأصلية وانخفضت دورات المحرك من ١٨٠٠ إلى ١١٥٠ لفة / ق عند استخدام البيوجاز بالإضافة إلى ٢٥ % من استهلاكها الأصلي من الديزل وبلغ استهلاك هذه الآلة من البيوجاز ٠,٣٤ م^٣ / حصان / ساعة هذا قول Maramba et al 1978. أما تقدير

Rodrigues & Watner – 1981 يتراوح استهلاك بين ٠،٤٥ إلى ٠،٥١ م^٣ /حصان / ساعة .

وعند استخدام البيوجاز لإدارة الآلات التي تعمل أصلا بالبنزين فإنه يمكن الاستغناء تماما عن استخدام البنزين . ويمكن تحويل آلات البنزين لتعمل بالبيوجاز بتغيير الكاربراتير ويمكن تصنيع كاربراتير للبيوجاز على هيئة فلانسه على شكل السطح الذي يركب عليه كاربراتير البنزين ومزود بثقوب لربطها مكان كاربراتير البنزين ويخرج من وسط الفلانسه ماسورة قطرها ١،٣ بوصة (حوالي ٣ سم) من النحاس ومزودة بمحبس للتحكم في مسار الغاز ولتغيير نسبة خلط الغاز بالهواء . وفي مزرعة haya fram فاستخدمت آلات البنزين ذات الأربع اسطوانات للعمل على البيوجاز وتستخدم في سحب الماء من الآبار كما يستخدم في توليد الكهرباء والبعض الآخر في تشغيل آلات إعداد العلف ومطحن للدقيق كما حولوه مولد كهرباء يعمل بالبنزين إلى العمل على البيوجاز بطاقة ٦٠ % ك وات فولت أمبير.

ونظرا لان كل هذه الآلات ثابتة فقد تم استبدال رادياتير بأبراج تبريد مائية ومكنهم ذلك من إعادة استخدام الحرارة المنقولة في ماء التبريد ف تدفئه وحدات البيوجاز ويقدر استهلاك البيوجاز في هذه الآلات في المتوسط بحوالي ٠،٣٤ إلى ٠،٤٦ م^٣ / حصان / ساعة ويؤدي تحويل تشغيل آلات البنزين إلى العمل على البيوجاز إلى خفض كفاءتها بمقدار ٤٠ % ولكن عدد الدورات في الدقيقة لا يتأثر بعكس الحال في موتورات الديزل .

ويمكن زيادة كفاءة الآلات التي تعمل بالبيوجاز إذا ما تم تنقيتها من CO₂ وبالتالي زيادة كفاءتها الحرارية والحصول على قوة عمل اكبر وهناك طريقة أخرى لزيادة هذه الكفاءة برفع ضغط البيوجاز داخل الاله هذا مع العلم بان CH₄ لا يشتعل عند درجات ضغط عالية Maramba et al 1978.

ويعد استخدام البيوجاز في الآلات الثابتة خاليا من المشاكل تقريبا حيث يصل الغاز من خزانه بالموقع إلى الآلة مباشرة. وتبدأ مشاكل استغلال البيوجاز في آلات الاحتراق الداخلي عندما تحتاج طبيعة تشغيله إلى تحركها من مواقعها (الجرارات والسيارات) أو عندما تكون بعيدة عن موقع إنتاج الغاز (مثل ظلمبات الري في الحقول) وتكمن المشكلة الرئيسية في انه لا بد أن تتوفر كمية مناسبة من الغاز تسمح بتحريك السيارة أو الجرار إلى المسافات اللازمة لأداء أغراضها وهذا

يستدعى بالضرورة تعبئة الغاز في اسطوانات تحت ضغط مرتفع . وهناك اسطوانات سبائك الألمونيوم (خفيفة الوزن) مقواه بثلاث طبقات من نسيج سلكي قوى لحمايتها من الانفجار. وقد شاع استخدام هذه الاسطوانات لتعبئة الغاز الطبيعي في أحجام مناسبة لتشغيل السيارات ويبلغ قطر الاسطوانة حوالي ٢٠ سم وطولها ١٨٠ سم وتحتوى على غاز طبيعي تحت ضغط ٢١٠ ض ج يعادل ٢٢ لتر بنزين ويمكن تشغيل الجرارات الزراعية بالبيوجاز وفى هذه الحالة سيحتاج الأمر إلى تزويد الجرار باسطوانتين كبيرتين عن تلك المستخدمة في السيارة الصغيرة.

وتعد عمليه ضغط الغاز حتى حوالي ٢١٠ ض ج لتسع الاسطوانات كمية معقولة من الغاز أمرا محددًا لاستخدام البيوجاز في هذه الأغراض حيث أن الأمر يحتاج إلى تصنيع اسطوانات مقاومة لهذه الضغوط العالية لتحاشى الأخطار الرهيبة التي يمكن أن تنجم عن انفجارها . كما يحتاج الأمر إلى أجهزة ضغط قادرة على الوصول إلى هذا الضغط ولكننا نعتقد إن انتشار استخدام الغاز الطبيعي بما يتبعه بتطوير تكنولوجيا سو يساعد عملية استخدام البيوجاز كوقود لآلات المتحركة أو تلك البعيدة عن موقع إنتاجه ويوجد حاليا في إنجلترا موقع واحد على الأقل يمكن فيه تموين السيارات بالبيوجاز الناتج من تخمير حمأة المجارى ببلدة .ESSEX

ويمكن للـ م^٣ من البيوجاز أن يغطى إحدى الاحتياجات الآتية:

- تشغيل موقد متوسط الشعلة لمدة ٣ - ٣,٥ ساعة.

- تشغيل كلوب برتينه ٣٠٠ شمعة لمدة ١٢ إلى ١٣ ساعة.

- تشغيل اله احتراق داخلي واحد حصان لمدة ساعتان.

- تشغيل مركبه (سيارة) زنة ١ طن لمسافة ٨,٤ كم.

- تشغيل ثلاجة ١٠ قدم لمدة ١٠ - ١٢ ساعة.

- توليد ١,٢٥ ك وات كهرباء .

ويبين جدول (٣-٥) القيمة الحرارية الكلية والصالفية (بدون فواقد) مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى .

جدول (٥-٣): القيمة الحرارية الكلية والصافية مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى .

مصدر الطاقة	وحدة الطاقة	الطاقة الكلية بال ك كالورى	الطاقة الصافية بال ك كالورى
البيوجاز	٣م	٥٥١٣	٣٣٠.٨
١- مصادر ناضبة			
غاز البيوجاز	كجم	١٣٧٨٠	٨٢٦٨
البنزين	لتر	٧٧٠٠	٤٦٢٠
الكيروسين	لتر	٩١٢٢	٥٤٧٣
سولار	لتر	٨٧٣٨	٤٣٦٩
مازوت	لتر	٨٧٩٥	٤٣٩٨
٢- مصادر متجددة			
عاز الميثان	٣م	٨٧٣٣	٥٢٤٠
خشب	كجم	٤٢٩٣	٧٤٣
روث ماشية (جله)	كجم	٣٩٩٢	٤٣٩
مخلفات محاصيل			
أحطاب	كجم	٤٤٠٠	٤٨٤
الكهرباء			
ك . وات		٨٦٠	٦٠٢

ومن جدول (٥-٣) يتضح انه سبب عدم تشغيل اله الاحتراق الداخلي بالبيوجاز هو قلة طاقته الصافية عن طاقة السولار من ٣٣٠.٨ إلى ٤٣٦٩ ولكي يتم تشغيل اله الاحتراق الداخلي بالبيوجاز بكفاءة يجب تنقيته من H_2S - CO_2 .

٦- استخدام البيوجاز في زيادة الإنتاج الزراعي (السماذ الحيوي):

هو سماذ عضوي عالي الجودة خالي من العوامل الممرضة، بدون روائح لا يجذب الحشرات. ويمكن ذكر بعض القيم تقريبية لمكوناته "كل واحد متر مكعب من السماذ الحيوي أي طن واحد تقريباً ذو بتركيز (٨% ماده صلبة) تعادل

(١١،٤ كجم) كبريت + (١،١ كجم) سوبر فوسفات + (١١،٥ كجم) كبريتات البوتاسيوم".

مواصفات السماد الحيوي:

- يوفر الهاضم تسميداً مجانياً للأراضي، يجنب حرق أطنان من الحطب في الأرياف، 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 التشرب بالماء والحفاظ على الرطوبة وتبادل الشوارد الموجبة وترسيخ الماء ويخفف من حموضة وتملح التربة ويزيد خصوبتها.
- يكون القوام المهضوم الخارج من الهواضم أقل حجماً من المخلفات الطازجة، الأمر الذي يجعل التعامل معها أسهل وأوفر.
- يقضي الهضم اللاهوائي على كافة الجراثيم مسببات الأمراض.
- يهضم بذور الحشائش الضارة المتواجدة في مخلفات طرية ما يوفر، على المزارع، الوقت والجهد اللازمين للتخلص منهما.
- للسماد الناتج تركيبة متجانسة متوازنة مثالية من عناصر ومغذيات هامة يسهل استهلاكه على النبات، مما يعطي فرصة لزيادة الإنتاج وتحسين نوعيته.
- يكون السماد الناتج نظيف تماماً مما يجنب العامل على مخلفات الحظائر والمخلفات المنزلية من تبعيات مرافقة مثل الروائح ومسببات الأمراض.

المعوقات التي تواجه انتشار المخمرات في بلادنا

- اعتياد سكان الأرياف إلى تأمين احتياجاتهم من الطاقة من خلال الاحتطاب.

- قوة العادة والخوف من الجديد مما يعني الاستمرار في استخدام أنواع الوقود المتوفرة.
- المعرفة المحدودة بتقانات الغاز الحيوي ومزاياها وصعوبة تقدير فوائدها الصحية والبيئية والاجتماعية.
- ضعف القدرات المالية لدى سكان الريف لتنفيذ وحدات إنتاج الغاز الحيوي ولا تقدم المؤسسات تسهيلات ائتمانية في هذا المجال.
- غياب أو عدم كفاية التشريعات المحددة لشروط التعامل مع الفضلات العضوية في الأرياف.
- عدم توفر الحظائر الفنية لدى المزارعين ومربي الحيوانات اللازمة لإقامة وحدات إنتاج الغاز الحيوي، مما يقلل من كفاءة وفوائد إقامة مثل هذه الوحدات ويرفع تكاليفها.
- عدم توفر حلول فنية لمشكلة الصرف الصحي في البلدات وتصريف هذه الشبكات إلى الوديان أو الروافد المائية عن طريق أقنية مكشوفة، وفي جميع الحالات يؤدي ذلك إلى تلوث مصادر المياه سواءً كانت سطحية أو جوفية وكذلك تلوث البيئة المحيطة.

المخلفات العضوية المنتجة للغاز الحيوي

١- مخلفات منزلية:

القمامة، مخلفات المطابخ بقايا الأطعمة، بقايا الخضروات والفاكهة، وغيرها

٢- مخلفات صناعية:

مخلفات صناعة اللابان والأغذية والمشروبات ومخلفات المسالخ بأنواعها

٣- مخلفات نباتية:

قش الأرز والأغصان والثمار التالفة وغيرها

٤- مخلفات الحشائش :-

حشائش زراعية وبرية ومائية

٥- مخلفات حيوانية:

روث الماشية ومخلفات سماد الدواجن والطيور المنزلية

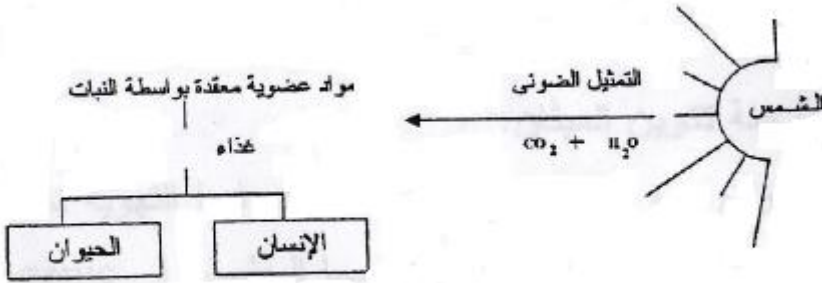
٦- مخلفات آدمية:

الصرف الصحي، خزانات التحليل، حمأة المجاري وغيرها

تكوين الغاز بيولوجيا

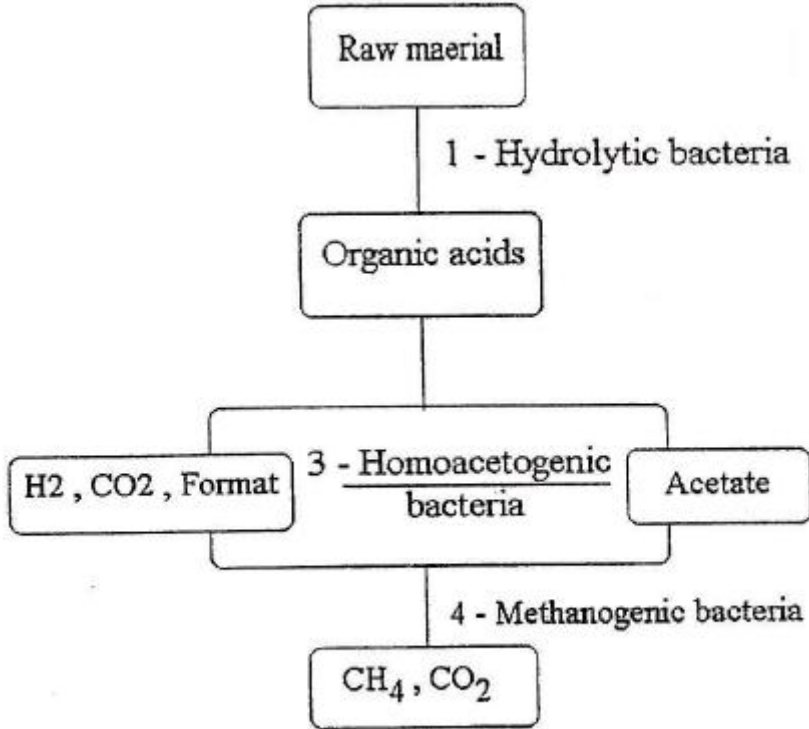
تتم عملية إنتاج غاز الميثان بيولوجيا من المخلفات العضوية بفعل أنواع متخصصة من الميكروبات (بكتريا)، وتبدأ أولى الخطوات من تحلل المخلفات هوائيا ثم باستمرار عملية التحلل يقلل الأكسجين تدريجيا حتى تسود في النهاية الظروف اللاهوائية التي تهئ الظروف لتكوين غاز الميثان CH_4 وكما بشكل (٢-٣) فإن عملية إنتاج غاز الميثان ما هي إلا استكمال لدورة طبيعية أساسها الشمس.

هذه الدورة تبدأ بنمو النباتات حيث يتغذى عليها الإنسان والحيوان ويتغذى الإنسان والحيوان ويتغذى الإنسان كذلك على هذه الحيوانات.



شكل (٢-٣): يوضح تكوين المواد العضوية بفعل الشمس

ويختلف عن الإنسان والحيوان والنبات مواد عضوية معقدة تتحلل تحت ظروف التخمر اللاهوائي منتجة الغاز الحيوي والذي يحتوي على نسبة كبيرة من غاز الميثان ويمر إنتاج الغاز بيولوجيا بثلاث مراحل وذلك بفعل أنواع معينة من البكتيريا كما يوضح شكل (٣-٣)



شكل (٣-٣): يوضح مراحل إنتاج الغاز الحيوي ميكروبيولوجيا

مراحل تكون الغاز:

١- مراحل التحلل المائي :

وتتم في ظروف هوائية وفيها يتم تحليل المركبات المعقدة في التركيب مثل السليلوز واللجنينات والبروتينات والدهون إلى مركبات أبسط مثل السكريات والأحماض الدهنية والجلسريدات والأحماض الأمينية ويتم ذلك بالنشاط الإنزيمي للبكتيريا الهوائية وفي هذه المرحلة يتم استهلاك معظم الأكسجين نتيجة أكسدة المركبات السابقة.

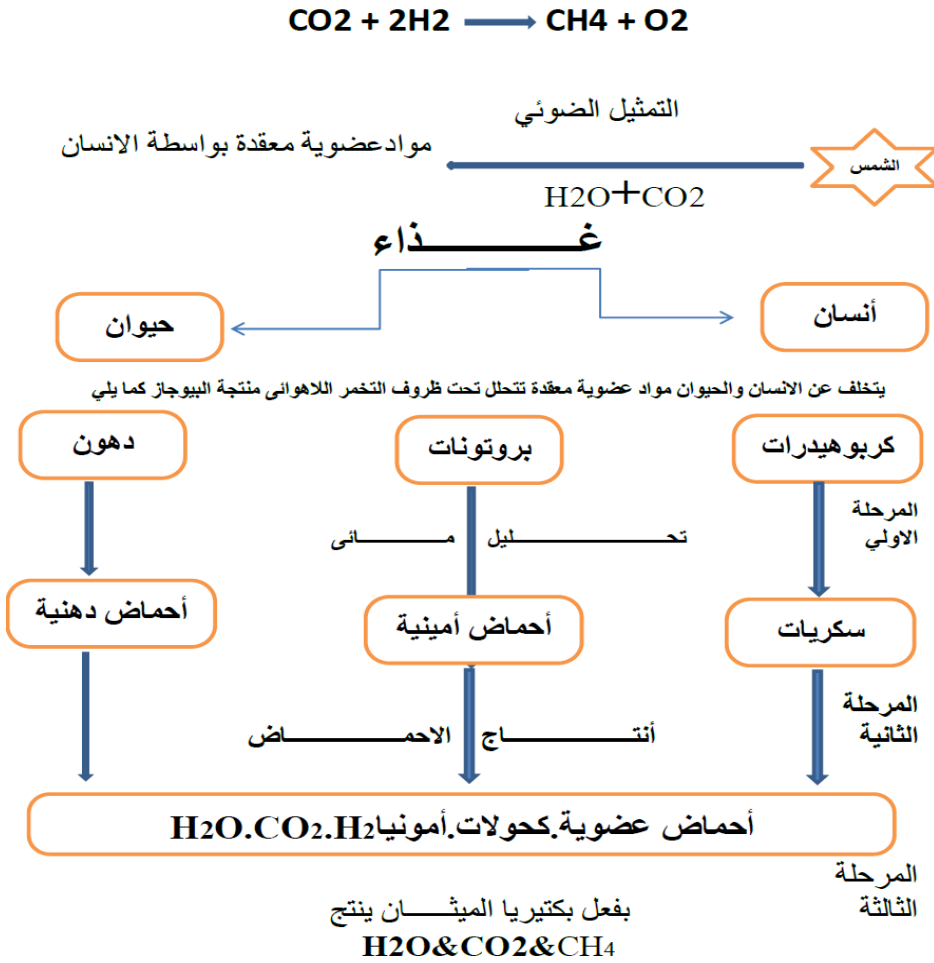
٢- المرحلة الحامضية :

وتتم هذه المرحلة تحت ظروف كمية قليلة من الأكسجين وتكاد تكون تحت ظروف لاهوائية حيث ينشط الكثير من الميكروبات الاختيارية وبعض الميكروبات اللاهوائية غير المتخصصة وتقوم أيضا بتحليل الكربوهيدرات الأبسط

وكذلك الدهون والبروتينات مكونة مجموعة من الأحماض العضوية والكحولات والألدهيدات وبعض الغازات والتي من أهمها غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 .

٣- مرحلة تكوين الميثان :

وتتم هذه المرحلة في ظروف تنعدم فيها التهوية تماما حيث تنشط البكتيريا المتخصصة وهي بكتيريا الميثان (Methanogenic bacteria) وتقوم بتحليل الأحماض والكحولات والألدهيدات إلى الميثان CH_4 وثاني أكسيد الكربون CO_2 والهيدروجين H_2 (الغاز الحيوي). ويوضح شكل (٣-٤) مخطط لمراحل إنتاج الغاز الحيوي.



شكل (٣-٤) مخطط لمراحل إنتاج الغاز الحيوي

البكتيريا المنتجة للغاز الحيوي:

ينتج غاز الميثان بواسطة بكتيريا عديدة يطلق عليها

(Methanogenic bacteria, Methanogens, Methane formers)

وهي ذات أشكال مورفولوجية وتراكيب مختلفة، غير أن لها صفات مزرعية وفسولوجية متشابهة. ورغم أنها تتبع البروكاربونا إلا إنها تختلف في منشئها وتطورها الوراثي Phylogenetically differnt عن البكتيريا الحقيقية Eubacteria Procaryota وعن كائنات حقيقية النواة Eucaryotu كالفطر والنبات والحيوان، مما يعطي لها صفات مميزة لدرجة أنها أصبحت توضع تحت قسم خاص يسمى Archaeobacteria.

وتتميز بكتيريا الميثان عن غيرها من الميكروبات فيما يلي:

١- تحصل على الطاقة اللازمة لها عن طريق إختزال ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، وأكسدة الهيدروجين H_2 مما يؤدي إلى تكوين غاز الميثان وهي بكتيريا لاهوائية حتمية عند معامل توصيل كهربى Eh أقل من ٣٠٠ ملي فولت.

٢- لا تستطيع أن تمثل السكريات البسيطة أو المعقدة كمصدر للكربون ولكنها تستخدم الأحماض الدهنية والكحولات البسيطة ذات السلسلة القصيرة التي تنتج من تخمر المواد العضوية بواسطة أنواع أخرى من البكتيريا.

٣- تقوم بتمثيل الأمونيا والكبريتيد كمصادر رئيسية للنيتروجين والكبريت.

٤- بعض هذه البكتيريا مثل

Methanobacterium omeliansbii, *M. formicicum*, *M. thermoautatrophicum*.

لها القدرة على أوتوتروفيا بمعنى أنها تعتمد على ثاني أكسيد الكربون CO_2 كمصدر أساسي ووحيد للكربون.

٥- يناسبها درجة حرارة من ٢٠-٦٠ درجة مئوية pH (6.8-7.3).

٦- عمر الجيل يومان ومن الصعب تنميتها إذ إنها تحتاج في عزلها ونموها إلى ظروف وبيئات خاصة.

وقد أمكن عزل هذه البكتريا من الأوساط التي تتوفر فيها الشروط اللاهوائية ومواد عضوية متحللة مثل أراضي المحيطات والبحيرات والبرك والمستنقعات ومخمرات مخلفات المجاري ومعدة الحيوانات المجترة وأخذها وتلقيح المخمرات الجديدة بها.

تصنيف برجي للبكتريا:

وضع برجي أكثر من تصنيف لهذه البكتريا بداية من الطبعة السابعة من كتابة عام ١٩٧٤ حتى الطبعة التاسعة عام ١٩٩٤ وقد وضعت في آخر تصنيف ضمن المجموعة الحادية والثلاثين تحت اسم بكتريا الميثان "Methanogens" وتتبع صف البكتريا غير الحقيقية (أركيو بكتريا) التي تضم البكتريا ذات الجدر غير المعتادة والواقعة ضمن القسم الرابع المسمى Mendosiecutes وتضم هذه المجموعة عدد من الأجناس المنتجة للميثان والتي من أهمها جنس Methanococcus.

العوامل المؤثرة على إنتاج الغاز الحيوي:

هناك عدة عوامل تؤثر على إنتاج الغاز الحيوي وهي العوامل التي تؤثر على نشاط البكتريا وهذه العوامل كالآتي :

١- درجة الحرارة :

يبدأ النشاط البكتيري عند درجة حرارة من ٢٠ - ٦٠ درجة مئوية، وأقل من ٢٠ درجة مئوية ينخفض نشاطها بدرجة ملحوظة حتى تقف عن النشاط وتعرض للهلاك عندما تنخفض درجة الحرارة عن ١٠ درجات مئوية وكذلك تبدأ في انخفاض نشاطها عندما تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع عن ٦٠ درجة مئوية وتعتبر فترة درجات الحرارة بين ٣٥ - ٤٥ درجة مئوية هي أفضل فترة للنشاط البكتيري ويتم تقسيم نطاق درجات الحرارة في المخمرات إلى مجموعتين أساسيتين من درجات الحرارة، تعرف الأولى بنطاق درجات الحرارة الوسيطة Misophilic والأخرى تعرف بدرجات الحرارة ذو النطاق الوسيطة Thermophilic.

ففي النطاق ذو الحرارة الوسيطة Misophilic تتراوح درجات الحرارة بين درجات حرارة الوسط المحيط (٢٥-٤٢°م)، أما في حالة النطاق الحراري Thermophilic تكون درجات الحرارة أعلى من ٤٢°م وبناء على ذلك نجد أن المخمر يحتوي على قطاعات مختلفة من البكتيريا والتي تقوم بمرحلة من مراحل تحلل المخلفات وتكوين الغاز.

ففي مرحلة Misophilic إذا زادت درجة حرارة المخمر عن حرارة الوسط (٢٥°م) حوالي ١٠ درجات مئوية إي وصلت إلى ٣٥°م يمكن خلال هذا النطاق إنتاج الغاز حيث يزيد النشاط البكتيري ويزداد إنتاج الغاز مع ارتفاع درجات الحرارة حتى يدخل في النطاق الثاني عندما ترتفع درجة الحرارة عن ٤٢°م فتبدأ بكتيريا النطاق الحراري Thermophilic في النشاط وزيادة إنتاج الغاز.

وعموماً يظهر تأثير درجات الحرارة على إنتاج الغاز عندما ترتفع درجة الحرارة عن ٣٥°م عند ثبوت باقي العوامل المؤثرة مثل التقليب وزمن المكوث H.R.T ونسبة المادة الصلبة TS ونسبة المواد المتطايرة TVS، فقد أظهرت نتائج الغاز بإحدى التجارب على مخمر صيني بحجم المادة ٦م^٣ وحجم المادة المتخمرة ٤،٨٣م^٣ تأثير درجات الحرارة على الإنتاج اليومي لفصلي الشتاء والصيف عند زمن مكوث HRT ٢٨ يوم فنجد أن كمية الغاز المنتجة بالتر/يوم زادت بنسبة ١٤٠% عند درجة حرارة ٣٥°م وزادت بنسبة ٢٣٠% عند درجة حرارة ٤٠°م وبنسبة ٢٦٠% عند درجة حرارة ٤٥°م وبنسبة ٢٦٦% ٥٠°م بالمقارنة بالكنترول جدول (٦-٣) وشكلي (٣-٥ و ٣-٦)، كما يلاحظ عموماً أن الإنتاج اليومي في الصيف أعلى من الإنتاج اليومي في فصل الشتاء ويعزى ذلك إلى التذبذب الناتج في درجة الحرارة داخل المخمر نظراً لانخفاض درجة حرارة الوسط المحيط عن درجة حرارة الخزان في الشتاء عن فصل الصيف.

وبالنظر إلى جدول (٣-٧) وشكلي (٣-٧ و ٣-٨) يظهر تأثير درجة الحرارة على عملية تحلل المخلفات والنشاط البكتيري وذلك من خلال المنحنى التجميعي للغاز المنتج خلال التجربة حيث يظهر الفرق الكبير في الإنتاج الكلي للغاز عند درجة حرارة الوسط (كنترول) ودرجات الحرارة العالية كما يظهر

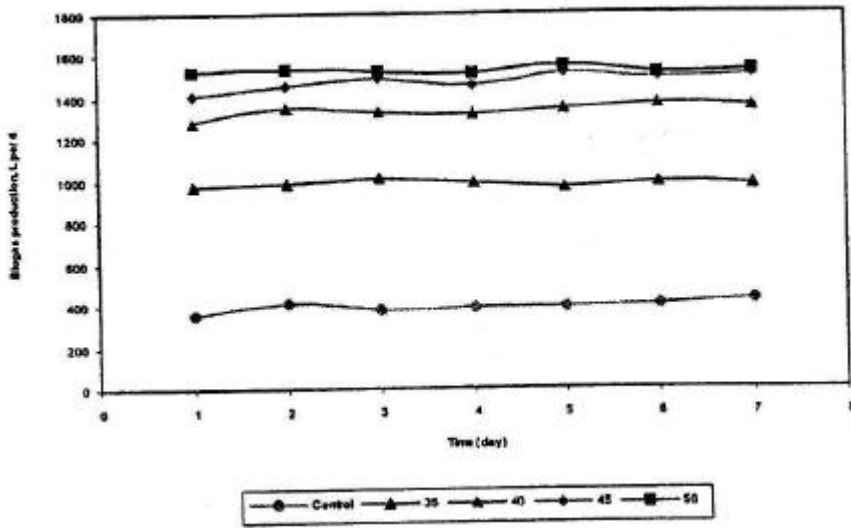
تأثير درجة حرارة الوسط المحيط على عملية إنتاج الغاز بمقارنة فصل الإنتاج في فصل الشتاء عن فصل الصيف

كما أن هناك تأثير لدرجة الحرارة على نسبة زيادة غاز الميثان CH_4 وانخفاض نسبة ثاني أكسيد الكربون CO_2 حيث ازدادت نسبة الميثان CH_4 من 67.3 إلى 74% بزيادة درجة الحرارة وانخفضت نسبة ثاني أكسيد الكربون CO_2 من 32.7 إلى 25.7% جدول (٣-٨) وشكل (٣-٩)

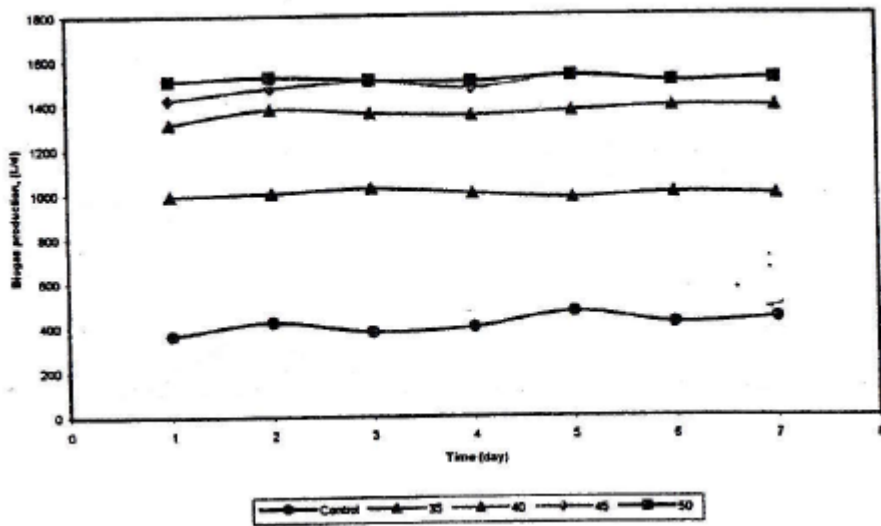
ورغم أن إنتاج الغاز مؤشر على مدى نشاط البكتيريا إلا أن النشاط البكتيري يظهره معدل التغذية على المواد المتخمرة ومن هنا يظهر تأثير ارتفاع درجة حرارة المخمر على معدل التغذية للبكتيريا والذي يظهر من معدل تناقص نسبة المادة الصلبة (٨%) TS ونسبة المادة المتطايرة TVS ومعدل زيادة المادة المستهلكة TFS عند أزمنة مكوث مختلفة شكل (٣-١٠)

جدول (٦-٣): تأثير درجات الحرارة على إنتاج الغاز اليومي (لتر/د) صيفا وشتاء.

Season	No. of days	Temperature °C				
		Control	35	40	45	50
Summer	1	364.4	992.9	1315.7	1424.2	1507.9
	2	424.3	1005.4	1381	1474.8	1526.2
	3	380.1	1023.3	1359.8	1502.6	1509
	4	400.2	1001.2	1350.3	1471.8	1502.3
	5	466.7	981.4	1368.7	1528.7	1526.9
	6	418.2	1001.3	1390.1	1506.9	1501.6
	7	440.9	993.7	1387.3	1516.6	1512.4
Total		2894.4	6999.2	9552.8	10426	10586
Mean		413.3	999.9	1364.7	1489.4	1512.3
Winter	1	354.2	973.4	1287	1410	1523
	2	413.3	985.7	1351	1460	1542
	3	380.9	1003	1331	1488	1524
	4	394.2	981.6	1321	1457	1518
	5	391.7	962.2	1339	1514	1542
	6	401.2	981.7	1360	1492	1517
	7	421.7	974.2	1357	1502	1528
Total		2757.2	6862	9347.2	10322	10693
Mean		393.9	980.3	1335.3	1674.6	1527.6
Total		5651.6	13861	18900	20748	21280
Mean		403.69	990.09	1350	1482	1520
SD		38.637	48.613	24.607	13.029	16.389
CV, %		6.799	3.445	1.307	0.674	0.84



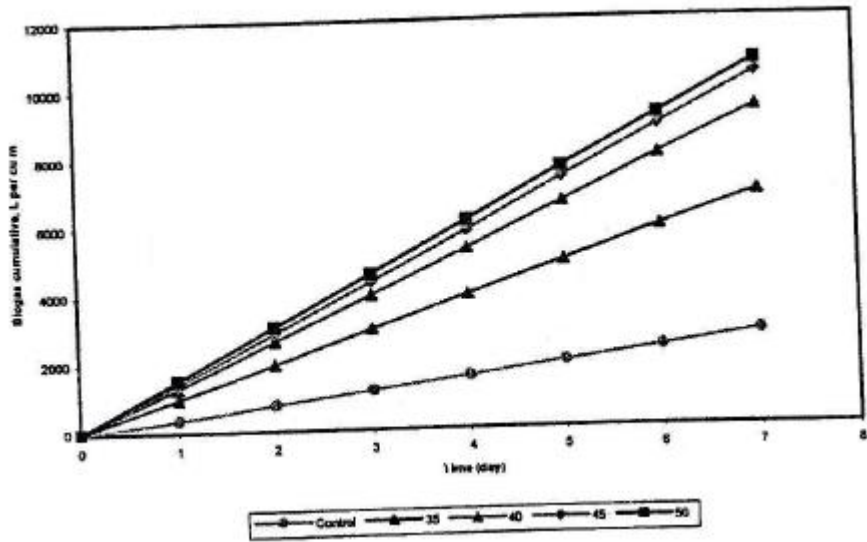
شكل (٥-٣): تأثير درجات الحرارة على إنتاج الغاز اليومي (لتر/د) شتاء



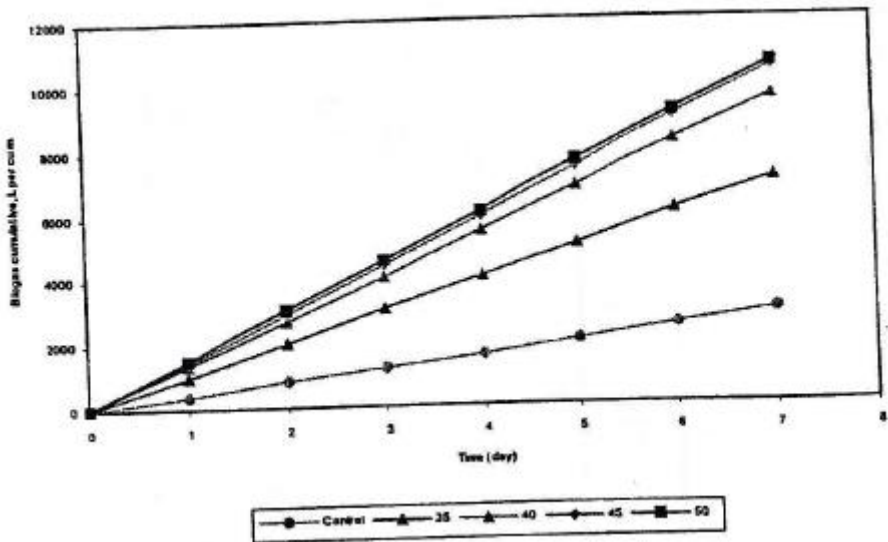
شكل (٦-٣): تأثير درجات الحرارة على إنتاج الغاز اليومي (لتر/د) صيفا

جدول (٣-٧): تأثير درجات الحرارة على إنتاج الغاز الكلي (لتر) صيفا وشتاء

Season	No. of days	Temperature °C				
		Control	35	40	45	50
Summer	1	0	0	0	0	0
	2	364.4	992.9	1315.7	1424.2	1507.9
	3	788.7	1998.3	2696.7	2899	3034.1
	4	1168.8	3021.6	4056.5	4401.6	4543.1
	5	1569	4022.8	5406.8	5873.4	6045.4
	6	2035.7	5004.2	6775.5	7402.1	7572.3
	7	2453.9	6005.5	8165.6	8909	9073.9
	8	2894.8	6999.2	9552.9	10425.6	10586.3
Winter	1	0	0	0	0	0
	2	354.2	973.4	1287.4	1410.1	1523.1
	3	767.5	1959.1	2638.7	2870.3	3064.7
	4	1148.4	2962.3	3969.2	4358	4588.9
	5	1542.6	3943.9	5290.4	5815.2	6106.4
	6	1934.3	4906.1	6629.6	7328.8	7648.7
	7	2335.5	5887.8	7989.8	8820.8	9165.5
	8	2757.2	6862	9347.2	10322.4	10693.2



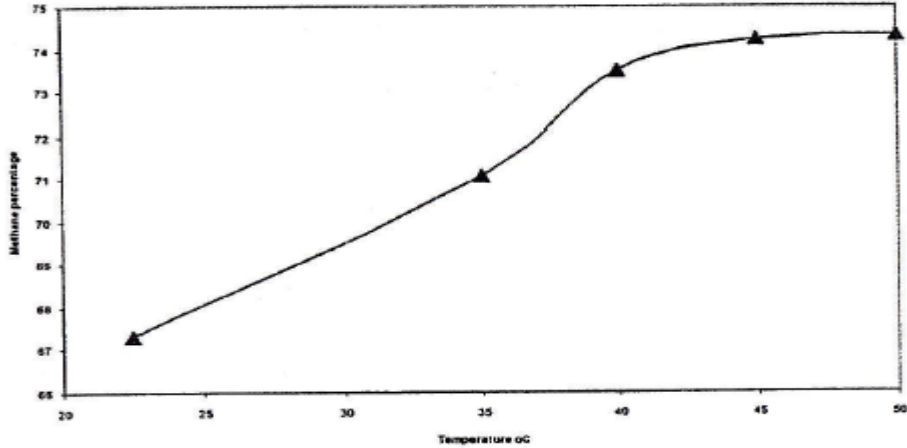
شكل (٧-٣): تأثير درجات الحرارة على الإنتاج الكلي للغاز الناتج خلال فصل الشتاء



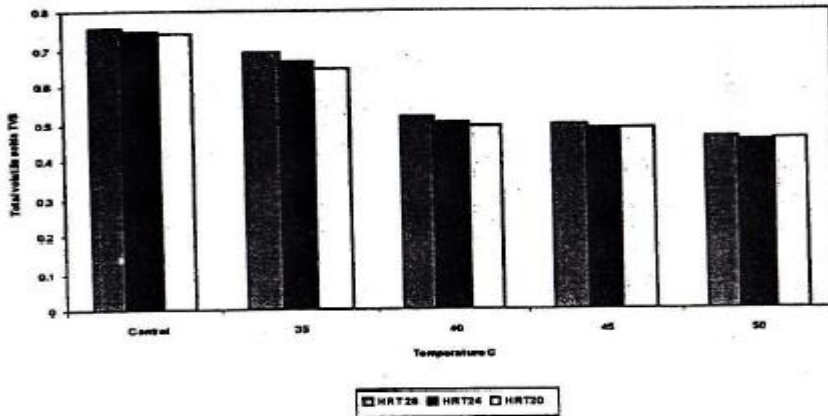
شكل (٨-٣): تأثير درجات الحرارة على الإنتاج الكلي للغاز الناتج خلال فصل الصيف

جدول (٣-٨): تأثير درجات الحرارة على زيادة نسبة الميثان

	Control	35°C	40 °C	45 °C	50 °C
Summer	68.2	72	73.6	74.3	74.3
Winter	66.4	70.1	73.4	73.1	74.3
Mean	67.3	71.05	73.5	74.2	74.3



شكل (٣-٩): تأثير الحرارة على زيادة نسبة الميثان



شكل (٣-١٠): تأثير درجة الحرارة على نسبة المادة الصلبة TS والمادة

المتطايرة TVS والمادة المستهلكة TFS

والمعادلات الآتية يمكن استخدامها عند إنتاج الغاز من روث المواشي فقط ونسبة مادة صلبة ابتدائية ٨% لحساب نسبة المادة الصلبة TS والمادة المتطايرة TVS والمادة المستهلكة TFS بمعرفة درجات الحرارة ومع العلم بأن النتائج تقريبية نظراً لأنها معادلات تجريبية ويمكن أن تختلف بعض ظروف التشغيل (تستخدم في حدود من ٢٠ - ٦٠°م)

معادلة حساب نسبة المادة الصلبة TS

$$TS = 8.1505 - 0.0835 T$$

معادلة حساب نسبة المادة المتطايرة

$$TVS = 1.02108 - 0.01163 T$$

معادلة حساب نسبة المادة المستهلكة

$$TFS = - 0.22108 + 0.01163 T$$

مثال:

احسب نسبة المادة الصلبة ونسبة المادة المتطايرة المادة المتحللة إذا كانت نسبة المادة الصلبة في البداية ٨% عند درجة حرارة ٤٠°م

الحل

نسبة المادة الصلبة TS

$$TS = 8.1505 - 0.0835 \times 40 = 4.81\%$$

نسبة المادة المتطايرة

$$TVS = 1.02108 - 0.01163 \times 40 = 0.555 \%$$

نسبة المادة المستهلكة

$$TFS = - 0.22108 + 0.01163 \times 40 = 0.686 \%$$

٢- درجة الحموضة pH:

يعتبر الوسط المتعادل هو أفضل وسط تعيش فيه البكتيريا ويمكنه أن تعيش في الوسط بين (6.8-7.3) pH وحيث يتم إنتاج غاز الميثان نتيجة لتعاقب تأثير الميكروبات على المخلفات العضوية وفي إحدى المراحل الوسطية تتراكم الأحماض العضوية مما يؤدي في بعض الأحيان إلى توقف وفشل إنتاج الغاز ولهذا يجب إضافة الجير الحي ليتعادل الوسط ويتم إنتاج الغاز.

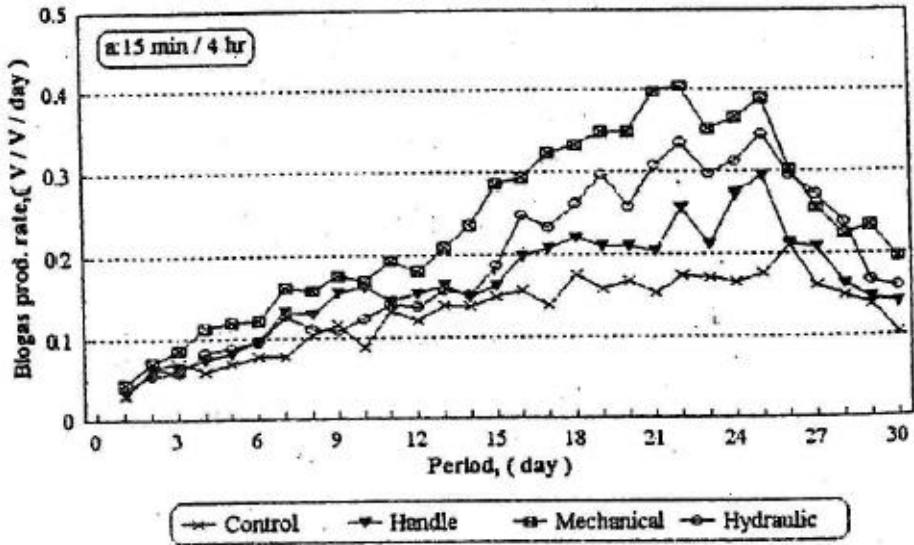
٣- نسبة المادة الصلبة الكلية T.S

تتراوح نسبة المادة الصلبة بين ٢-١٠ % حسب نوع المخلفات ففي استخدام المخلفات الحيوانية تكون النسبة المفضلة بين ٥-٨ % وفي المخلفات الآدمية بين ٢-٥ % وزيادة النسبة عن النسب المفضلة تؤثر على إنتاج الغاز حيث تؤدي إلى تراكم الأحماض والكحولات مما يؤدي إلى تثبيط النشاط البكتيري. وتوجد علاقة طردية بين نسبة المواد الصلبة في مخلوط التخمر وبين إنتاجية المخمر للغاز فزيادة تركيز المواد الصلبة يزداد إنتاج غاز الميثان.

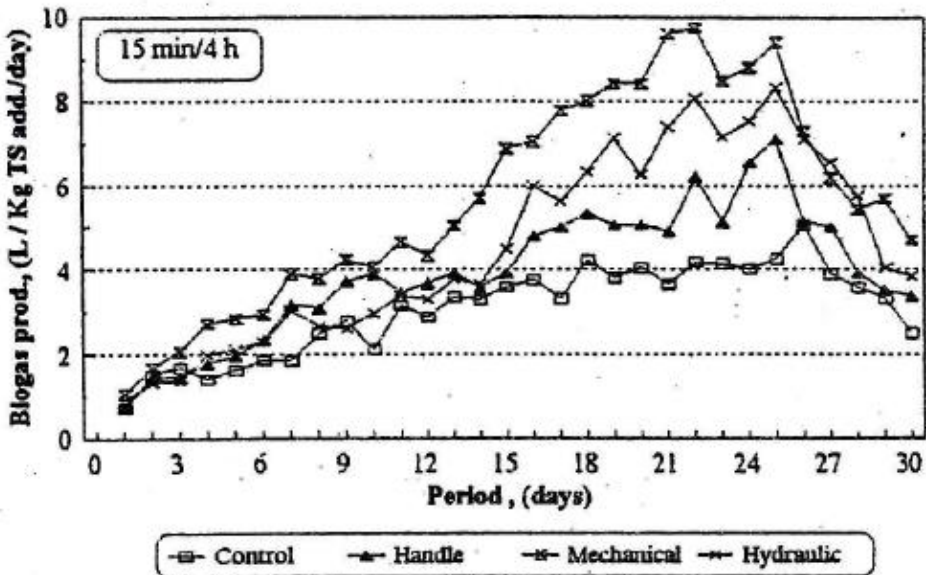
٤- التقليل:

يعتبر التقليل من العوامل الهندسية المهمة حيث يعمل تقليل المواد المتخمرة على تكسير طبقات الخبث الطافية فوق السطح حتى لا تعوق خروج الغاز الناتج وكذلك يساعد التقليل على تجانس المخلوط وتجانس توزيع الحرارة بالمخلوط التوزيع الأمثل للبكتيريا كما يساعد التقليل على زيادة كمية الغاز الناتج نتيجة تجانس المخلوط والمحافظة على رقم الحموضة pH المستوى المرغوب بين ٦,٨ - ٧,٣ وزيادة نسبة النيتروجين في نواتج المخمر والتي تستخدم كسماد عضوي غني بالنيتروجين وخالي من الأمراض النباتية وبذور الحشائش ولإظهار تأثير التقليل على معدل أداء المخمر توضح الأشكال (٣-١١ و ٣-١٢ و ٣-١٣ و ٣-١٤) تأثير التقليل بأنواعه المختلفة على معدل زيادة إنتاج الغاز اليومي والتجمعي وكذلك تأثير التقليل نسبة الميثان CH₄ داخل المخلوط الغازي الناتج حيث ظهر أن التقليل يؤدي إلى مضاعفة إنتاج الغاز عن المخمر بدون تقليل مع الزيادة تختلف من نظام تقليل إلى نظام آخر وكذلك رفع نسبة غاز الميثان CH₄ من ٦٠,٣٤ % بدون تقليل إلى ٦٦,٩٨ % مع التقليل الميكانيكي وهي أعلى

نسبة وكذلك معدل الزيادة في الطاقة الناتجة والصافية بالميجا جول / متر مكعب من حجم المخمر / يوم.

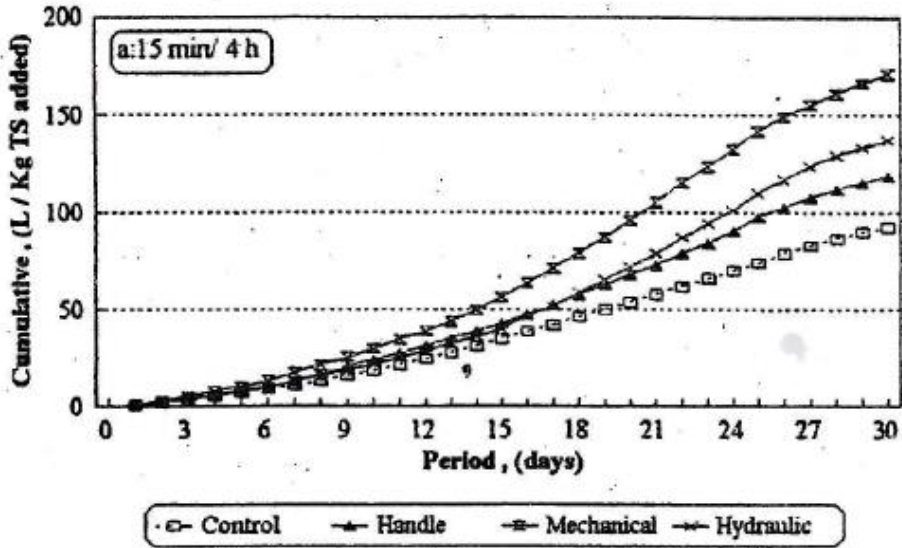


شكل (٣-١١): تأثير التقليب على كمية الغاز الناتج (لتر غاز من المخمر/يوم)

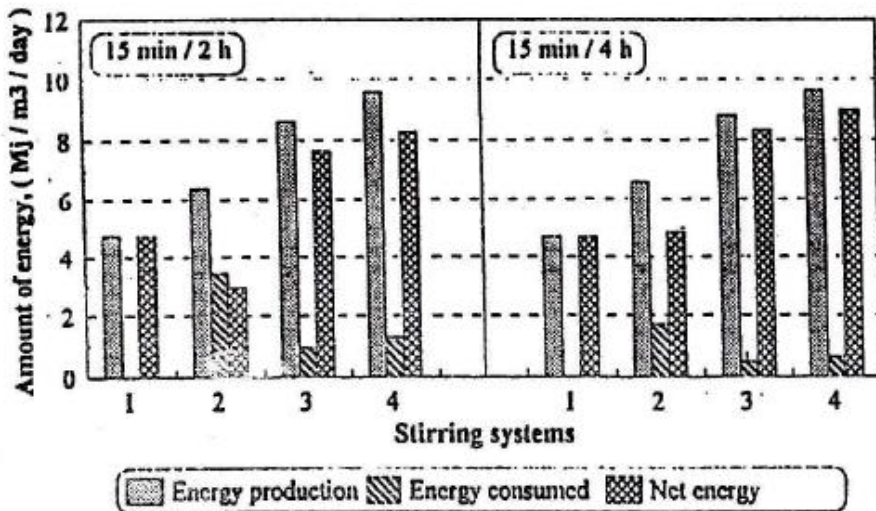


شكل (٣-١٢): تأثير التقليب على كمية الغاز الناتج (لتر غاز/كجم روث

مضاف يوميا)



شكل (٣-١٣): تأثير التقليب على كمية الغاز الناتج الكلية/كجم روث مضاف يوميا



شكل (٣-١٤): تأثير التقليب على كمية الطاقة الناتجة والصافية (ميغا جول/م^٣ من حجم المخمر/يوم)

٥- زمن المكوث الكلي (HRT) Hydraulic Retention time

المقصود بها فترة بقاء المخلفات داخل المخمر لتحللها وإنتاج الغاز أو الزمن الكلي اللازم لتغيير الحجم الكلي للمادة المتخمرة عند التغذية المستمرة وهي تتراوح بين ٢٠-٤٠ يوم في حالة استخدام روث الماشية أو زرق الدواجن والمخلفات الأدمية وتتوقف هذه المدة على درجة حرارة التخمر ونسبة المادة الصلبة ويجب التعرف على زمن المكوث الكلي حسب درجة حرارة المخمر المناسبة ونسبة المواد الصلبة حيث أن زمن المكوث الكبير يؤدي إلى كبر حجم المخمر بالنسبة لمعدل التغذية ويقل إنتاج الغاز اليومي مما يؤدي إلى رفع التكاليف الثابتة والمتغيرة وعدم اقتصادية المشروع أما تقليل زمن المكوث يؤدي إلى تراكم الأحماض داخل المخمر مما يؤدي إلى قتل البكتيريا ووقف إنتاج الغاز.

وقد أوضحت التجارب أن أفضل زمن مكوث لروث المواشي بين ٢٠-٢٨ يوم ويوضح جدول (٣-٩) تأثير زمن المكوث الكلي على إنتاج الغاز في إحدى التجارب على روث المواشي عند نسبة مادة صلبة ٨% فوضح من النتائج بالجدول أن متوسط الإنتاج اليومي زاد بنسبة متوسطة حوالي ٤٠% عندما تم تخفيض زمن المكوث من ٢٨ يوم إلى ٢٠ يوم وشكل (٣-١٥) يوضح متوسط تأثير زمن المكوث على إنتاج الغاز مع اختلاف درجات الحرارة، كما يمكن حساب متوسط إنتاج الغاز اليومي (تقريبي) لكل زمن مكوث من المعادلات التجريبية الآتية:

معادلة لحساب كمية الغاز الناتجة وعلاقتها بدرجة حرارة المخمر عند زمن مكوث ٢٨ يوم (لتر غاز/م^٣ من حجم المخمر / يوم) (٢٠ - ٦٠°م)

$$GP = - 26.47 + 7.13 T$$

معادلة لحساب كمية الغاز الناتجة وعلاقتها بدرجة حرارة المخمر عند زمن مكوث ٢٤ يوم (لتر غاز / م^٣ من حجم المخمر / يوم) (٢٠ - ٦٠°م)

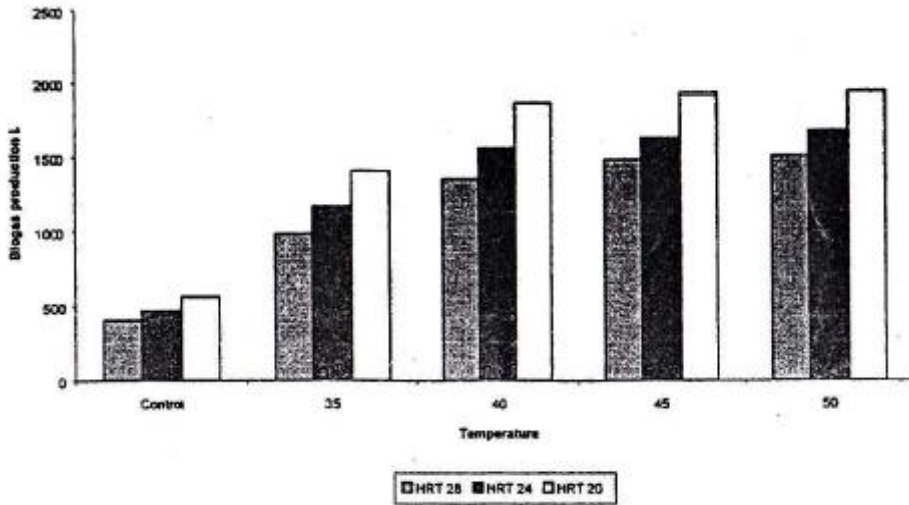
$$GP=30.20 + 6.66 T$$

معادلة لحساب كمية الغاز الناتجة وعلاقتها بدرجة حرارة المخمر عند زمن مكوث ٢٠ يوم (لتر غاز / م^٣ من حجم المخمر / يوم) (٢٠ - ٦٠°م)

$$GP=77.78 + 6.90 T$$

جدول (٩-٣): تأثير زمن المكوث الكلى على إنتاج الغاز فى إحدى التجارب على روث المواشى عند نسبة مادة صلبة ٨%

Season	HRT (day)	Control	35°C	40 °C	45 °C	50 °C
Summer	28	413.5	999.9	1364.7	1489.4	1512.3
	24	475.9	1183.8	1578.7	1640.9	1676.1
	20	576.24	1425.1	1902.9	1942.7	1940.8
Winter	28	393.9	980.3	1335.3	1674.6	1527.6
	24	460	1160.6	1544.72	1624.65	1692.98
	20	560.3	1397.2	1861.9	1923.5	1960.4
Mean	28	403.69	990.09	1350	1482	1519.96
	24	467.97	1172.16	1561.71	1632.78	1684.52
	20	568.28	1411.15	1882.4	1933.08	1950.58



شكل (١٥-٣): تأثير زمن المكوث الكلى على إنتاج الغاز فى إحدى التجارب على روث المواشى عند نسبة مادة صلبة ٨%

مثال:

احسب متوسط كمية الغاز المتنبئ بإنتاجها باللتر /م^٣/يوم عند درجات حرارة مختلفة ٣٥م°، ٤٠م°، ٤٥م° وأزمنة مكوث ٢٨ و ٢٤ و ٢٠ يوم

الحل

كمية الغاز عند ٣٥م° و ٢٨ يوم

$$GP = -26.47 + 7.13 \times 35 = 223.08 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٠م° و ٢٨ يوم

$$GP = -26.47 + 7.13 \times 40 = 258.73 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٥م° و ٢٨ يوم

$$GP = -26.47 + 7.13 \times 45 = 294.34 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٣٥م° و ٢٤ يوم

$$GP = 30.20 + 6.66 \times 35 = 263.3 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٠م° و ٢٤ يوم

$$GP = 30.20 + 6.66 \times 40 = 296.6 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٥م° و ٢٤ يوم

$$GP = 30.20 + 6.66 \times 45 = 3027.2 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٣٥م° و ٢٠ يوم

$$GP = 77.78 + 6.90 \times 35 = 319.28 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٠م° و ٢٠ يوم

$$GP = 77.78 + 6.90 \times 40 = 353.78 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

كمية الغاز عند ٤٥م° و ٢٠ يوم

$$GP = 77.78 + 6.90 \times 45 = 388.28 \text{ L/m}^3/\text{day}$$

٦- تغذية المخمر (L.R) Loading Rate

والمقصود بها كمية المخلفات التي يتم التغذية بها يومياً أو أسبوعياً وهي تتوقف على عدة عوامل مثل الحرارة وزمن المكوث الكلي حيث يتم حساب كمية التغذية اليومية كالاتي :

$$L.R = V/HRT \quad (m^3/day)$$

حيث أن:

V الحجم الكلي للمادة المتخمرة (من ٨٠-٨٥% من الحجم التصميمي للمخمر)

مثال:

احسب معدل التغذية اليومي L.R إذا كان زمن المكوث ٢٤ يوم والحجم التصميمي للمخمر ٣٠ متر مكعب ونسبة الملى ٨٠%

الحل

$$L.R=30 \times 0.8/24=1m^3$$

مثال:

احسب معدل التغذية اليومي L.R إذا كان زمن المكوث ٢٤ يوم والحجم التصميمي للمخمر ٣٠ متر مكعب ونسبة الملى ٨٠% إذا كانت تتم التغذية كل ثلاث أيام

الحل

$$L.R=30 \times 0.8/24 \times 3=3m^3$$

٧- نسبة الكربون / النيتروجين C/N Ratio

تحتاج البكتيريا مثل أي كائن حي إلى عناصر ضرورية للنمو مثل الكربون والنيتروجين والهيدروجين والفوسفور ولا بد من توافر هذه العناصر في

بيئتها وعموماً فإن نسبة الكربون / النيتروجين C/N Ratio الملائمة تتراوح بين (٢٠-٣٠) : ١ ويقف إنتاج الغاز عندما تصل النسبة إلى ١٥ : ١.

٨- تراكم الهيدروجين :

أثناء عملية التخمر يتم تكون الهيدروجين H_2 والذي يدخل في تكون غاز التخمر والنشاط البكتيري وذلك لتكوين كحولات فيقل إنتاج غاز الميثان CH_4 ، لذا يجب إجراء قياسات دورية أثناء التخمر لمعالجة الموقف فور حدوث تراكم الهيدروجين H_2 .

٩- التسمم بالأمونيا Ammonia toxicity

تتراكم الأمونيا بالمخمر نتيجة لعملية التخمر، فإذا زاد التركيز عن ٢٠٠٠ جزء في المليون يؤدي إلى تثبيط عمل بكتريا الميثان، ويتم تلافي هذا التسمم عن طريق التحميل المناسب Loading Rate ونسب المواد الصلبة المرغوب وتقصير زمن التخمر (Hydraulic Retention time HRT).

أولاً: المنافع العامة:

- يستطيع ناتج الهاضم أن يزودنا بالطاقة الحرارية.
- يزودنا الهاضم بالسماد الحيوي المتوازن للتربة الزراعية.
- عملية هضم المواد العضوية تحمي البيئة من التلوث بالمخلفات العضوية.
- عملية الهضم تحسن الوضع الصحي لحيوانات المزرعة والعاملين عليها.
- محطات الغاز الحيوي تناسب القدرات التقنية والاقتصادية للمزارع في العالم النامي

ثانياً: العوائد الفورية:

- توفيراً في استغلال مكامن ناضبة للطاقة من بترول وغاز طبيعي وغير ذلك.
- يمكن استغلال نواتج المخمرات في مصلحة تجارية لبيع الغاز والسماد الحيوي.
- السماد العضوي للزراعة والاستغناء عن الأسمدة الكيماوية.

ثالثاً : العوائد النوعية :

- تحسن الوضع الصحي نظراً لقتل جميع الجراثيم خلال عملية الهضم اللاهوائي.
- توفير إضاءة لمزارع بعيدة عن مصادر الكهرباء.
- الاستقلالية في الحصول على الطاقة.
- تحسين الوضع الصحي العام للتربية الحيوانية.
- تحسين بنية التربة بسبب استخدام سماد حيوي مهضوم.
- تحسين نوعية المنتج الغذائي النباتي بسبب خلوه من تبيعات الكيماويات الصناعية.

رابعاً: العوائد الاجتماعية:

- تشجيع الاعتماد على الذات.
- تأمين فرص للمشاركة بين المواطنين وخلق فرص عمل جديدة.
- انسجام وتوافق تام مع العادات البيئية الصحيحة.

خامساً : الفوائد الإقليمية :

- تطوير نظام غير مركزي لإنتاج طاقة بديلة عن الطاقات الناضبة.
- زيادة أعداد الأشجار والمحميات الزراعية مما يحد من زحف الصحراء.
- تحسين الناتج الزراعي كما ونوعاً بالاعتماد على الزراعة العضوية.
- تطوير ونماء في البنية التحتية للمجتمعات الريفية النامية.
- انتشار معرفة المزارعين بعلوم البيئة يمهد لبيئة سليمة نظيفة معافاة للمستقبل.

وحدات الإنتاج

وحدات إنتاج الغاز (المخمرات Digester) تتكون من أربع أجزاء أساسية مهما اختلف شكلها أو نوعها :

- ١- **الخران الرئيسي:** وهو الجزء الأساسي بالوحدة وفيه توضع المخلفات وتتم فيه عملية التخمر.
- ٢- **خران تجميع الغاز:** وهو الجزء الذي تتجمع فيه الغازات الناتجة من عملية التخمر .
- ٣- **فتحات الدخول والخروج للمخلفات:** ويتم من خلالهما تغذية المخمر وسحب المخلفات التي تم تخمرها.
- ٤- **ملحقات بالمخمر:** وهي حسب الاحتياج مثل المقلب والتسخين ومواسير سحب الغاز

ويجب عند إقامة وحدات الإنتاج مراعاة الآتي :

- ١- أن تقام قرب مصادر توفر المواد العضوية المستخدمة ويتوفر بالقرب منها مصدر للمياه.
- ٢- أن تقام قرب مصدر استخدام الغاز الناتج وألا تزيد بين المخمر وأماكن استهلاك الغاز عن ٣٠ متر حتى لا تطول وصلات الغاز.
- ٣- تقام في أماكن مكشوفة ومعرضة للشمس.
- ٤- في حالة إقامتها بجوار منازل أو مزارع مواشي أن تقام في الجهة القبلية للمنزل أو المزرعة أثناء تعبئة المخمر.
- ٥- ألا تقل المسافة بين المخمر ومياه الشرب عن ٢٠ متر حتى لا يحدث تلوث.

أنواع المخمرات Type of Digesters

يتم تقسيم أنواع المخمرات حسب طريقة التغذية وهي تنقسم إلى ثلاث

أنواع:

أ- التغذية المتقطعة Batch

ب- التغذية على فترات Semi-continues

ت- التغذية المستمرة continues

١- المخمر ذو التغذية المتقطع (الدوري) Batch Digesters

عادة تستخدم هذه الأنواع من المخمرات في المعامل لإجراء التجارب العملية على أنواع البكتريا أو إنتاج البكتريا على نطاق واسع معمليا لتغذية المخمرات الكبيرة بالبكتريا، ويتم غلقها بإحكام حتى الانتهاء من عملية التخمر ، والمواد المساعدة على تربية البكتريا وتكاثرها هي عبارة عن بكتريا Methanogenic يتم الحصول عليها من أمعاء الحيوانات المجترة وهذه المواد المساعد تساعد على إتمام عملية التخمر في زمن قليل يتراوح بين ٣-٤ أيام ويبدأ بعد الأيام إنتاج الغاز ويستمر إنتاج الغاز عدة أيام حسب حجم المخمر وعند توقف خروج الغاز يدل ذلك على إتمام عملية التخمر .

بعد انتهاء عملية التخمر يتم إفراغ المخمر من الفضلات المتبقية والتي تكون محتوية على عدد كبير من البكتريا ناتجة من التكاثر أثناء عملية التخمر ويجب استخدام هذه المخلفات فوراً في تنشيط المخمرات الكبرى الإنتاجية قبل أن تموت البكتريا بسبب تعرضها للأكسجين وأيضاً لأن عمر الجيل يومين فقط.

أما في حالة عدم استخدام المواد المساعدة فإن عميلة التخمر سوف تستغرق عدة شهور، ويتم استخدام فضلات بذور الحشائش والمحاصيل الفاسدة وأوراق الأشجار وكنس المزارع لتغذية هذه الأنواع من المخمرات

وقد ظهرت أول أنواع من هذه المخمرات أثناء الحرب العالمية الثانية في أوروبا لإمداد المزارع والمناطق البعيدة عن المدن باحتياجها من الغاز كمصدر للطاقة مع إضافة بعض التعديلات لخدمة هذه المزارع.

٢- المخمر ذو التغذية على فترات: Semi-Continues Digesters

هذا النوع من المخمرات تتم فيه التغذية على فترات مرة كل أربع أو خمس أيام أو أسبوع ويتم فيه حساب معدل التغذية من المعادلة الآتية:

$$L.R = (V/HRT) \times \text{No. of Day} \quad m^3$$

وهذه المخمرات لا تختلف عن المخمرات ذات التغذية المستمرة إلا إنها تبعد عن مصدر المخلفات العضوية فيصعب تغذيتها يوميا.

٣- المخمر ذو التغذية المستمرة: Continues Digesters

وهذا النوع من المخمرات أكثر انتشاراً عالمياً ويتم تشييده بالقرب من مصادر المخلفات الزراعية أو الحيوانية ويتم تغذيته يومياً ويتم حساب معدل التغذية اليومي من المعادلة الآتية:

$$L.R = V/HRT \quad m^3/day$$

ومن هذا النوع ما هو بسيط في التركيب والأجزاء وتتم فيه التغذية عن طريق السقوط الحر للمخلفات ، وفيه أنواع وطرز أخرى معقدة التركيب وملحق بها أجزاء مساعدة كالمضخات ومقلبات YDVIH.

ومن الجدير بالذكر أن الهند أول من استخدمت هذه المخمرات وعملت على تطويرها فقد بدأت عام ١٩٣٠ في عمل هذه المخمرات وقد طورتها واستخدمتها عام ١٩٣٩ حيث بدأت في استخدام الفضلات الحيوانية في إنتاج الغاز الحيوي Biogas.

وفي عام ١٩٥٠ ظهرت إحدى التصميمات التي لاقت نجاحاً شديداً قام بتصميمه معهد جوبر للغازات وفي نفس العام تم تشييد ٦٠٠٠ وحدة من هذا التصميم ووصل عدد الوحدات التي تم إنشائها من هذا التصميم إلى ١٠٠٠٠٠ وحدة في عام ١٩٧٥.

وقد تم إدخال تعديلات على هذا التصميم في بلاد أخرى ليتناسب مع ظروفها الجوية وطبيعة العمل في هذه البلاد التي استخدمت هذا التصميم لإنتاج الغاز الحيوي وقد أطلق أسم البلد المعدلة على الطراز المعدل.

تصميمات وطرز المخمرات :

تنقسم طرز المخمرات إلى نوعين من حيث الاستخدام كالآتي :

- المخمرات المعملية - المخمرات الإنتاجية

١- المخمرات المعملية :

تستخدم في تكاثر وتحضير البكتريا أو في إجراء التجارب المعملية ومن هذه الأنواع:

أ- المخمر المتقطع المعملّي :

يتراوح حجمه من ١ لتر إلى ٦٠ لتر ويتركب كما بشكل (٣-١٦) من

الآتي:

١- خزان صغير مزود بمحبس عند القاعدة يتم ملئ هذه الاسطوانة بالمخلفات العضوية والمواد المساعدة على التخمر ويكون المحبس مغلق أثناء التعبئة.

٢- يتم قلب الاسطوانة بما تحتويه من مخلفات داخل اسطوانة أخرى قطرها الداخلي يساوي القطر الخارجي للأسطوانة الأولى فيصبح المحبس لأعلى وبذلك يكون قد تهيئة بيئة لاهوائية مناسبة لتكاثر البكتريا وإنتاج الغاز.

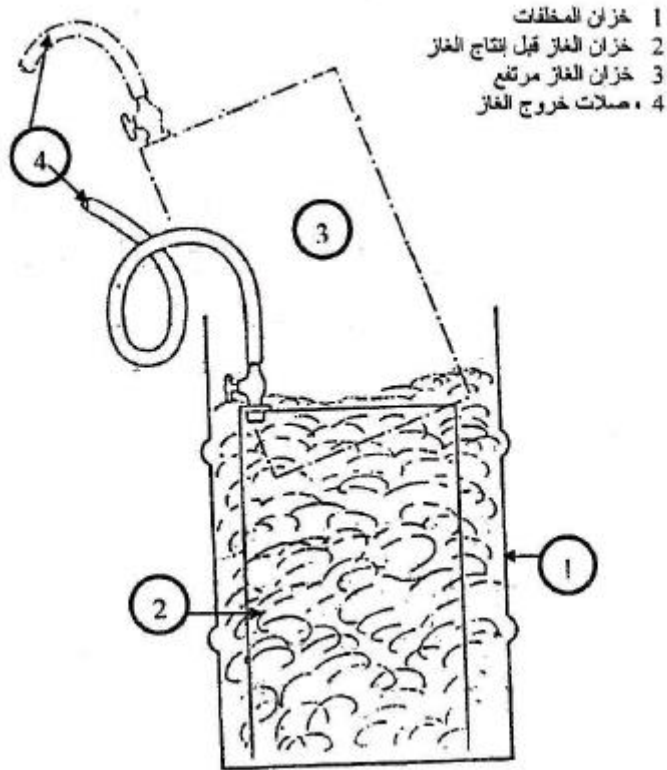
٣- يترك المخمر حتى يتم لإنتاج الغاز ويتم التعرف على إنتاج الغاز حيث إنه عند إنتاج الغاز يزداد الضغط فترتفع الأسطوانة العلوية وعند ارتفاع معين يساوى تقريبا ثلثي ارتفاع الأسطوانة يتم سحب الغاز عن طريق المحبس العلوي لمكان استخدامه.

٤- بعد انتهاء عملية إنتاج الغاز وتوقف المخمر عن إنتاج الغاز يتم تفرغ الفضلات العضوية المتبقية والتي أصبحت غنية بالبكتريا لاستخدامها كبادئ للإنتاجية الكبيرة، ويكرر ما تم عمله في كل دورة وعيوب هذه المخمرات:

- كمية الغاز ضئيلة جداً

- يجب التأكد أن الاسطوانة الأولى مفرغة تماماً م الهواء الجوي حتى لا يحدث فرقة عند إنتاج الغاز تحطم الجهاز حيث إنه تحدث فرقة إذا وصلت نسبة الميثان إلى الهواء الجوي من ١ : ٤ - ١ : ١٤ .

- يحتوي الغاز في معظم الأحيان على نسبة عالية من ثاني أكسيد الكربون CO2 مما تقلل من أداء الغاز الناتج. ولذلك يفضل استخدام هذه المخمرات في تربية وتكاثر البكتريا.



شكل (٣-١٦): المخمر المتقطع المعملي

ب- المخمر المتقطع المركب اللاحراري

يتراوح حجمه من ٣٠ لتر إلى ٢٠٠ لتر ويتركب كما بشكل (٣-١٧) من

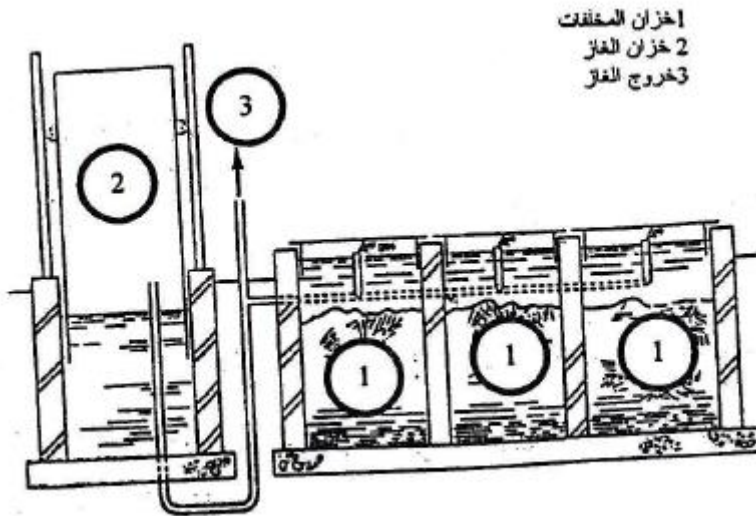
الآتي :

١- عدد من الاسطوانات على قاعدة واحدة متصلة ببعضها بماسورة لتجميع الغاز في خزان مستقل ويتم ملئ الاسطوانات بالمخلفات العضوية مع إضافة المواد المساعدة لعملية التخمر ويتم تغطية المخلفات بالماء لضمان بيئة لاهوائية.

٢- يتم سحب الغاز الناتج من الماسورة الرابطة بين المخمرات ويكون وضع طرف الماسورة في كل خزان فوق مستوى الماء ويتم تجميع الغاز في خزان خاص به يرتفع مع زيادة الضغط الناتج من حجم الغاز ويتم تجميع الغاز فوق سطح الماء لضمان عدم تسربه وعند ملئ ثلثي حجم الاسطوانة بالغاز يتم سحب الغاز للاستعمال.

٣- عند توقف إنتاج الغاز يكون قد تم تحلل المواد العضوية ويتم تفريغ الفضلات المتبقية والغنية بالبكتيريا لاستخدامها كبادئ للمخمرات الإنتاجية الكبيرة، ويكرر ما تم عمله في كل دورة.

٤- من عيوب هذه الأنواع إنها تعتمد على درجة حرارة الجو المحيط فقط في عملية التخمر ولهذا فإنها تحتاج لوقت طويل لتبدأ عملية التخمر وخصوصاً في الشتاء بالمناطق الباردة مما أدى إلى تطويره وظهور الطراز الثالث.



شكل (٣-١٧): المخمر المتقطع المركب اللاحراري

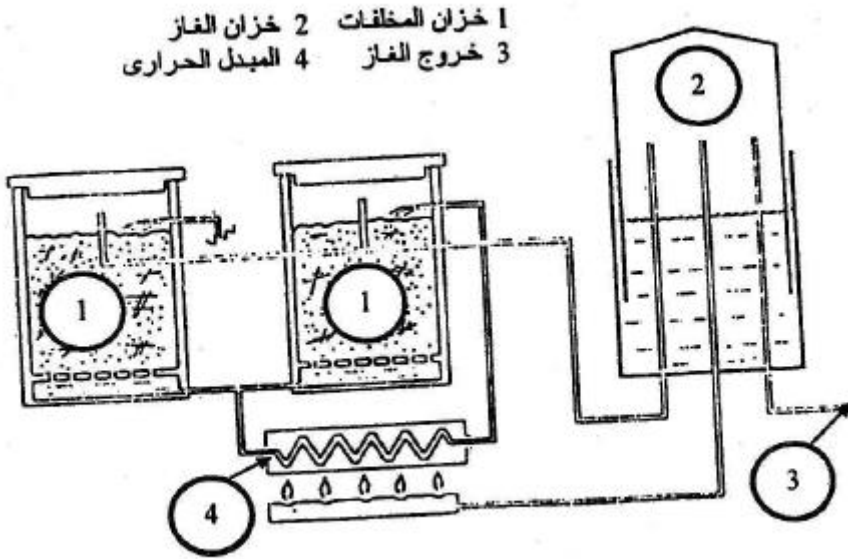
ت- المخمر المتقطع المركب الحراري :

يتراوح حجمه من ٣٠ لتر إلى ٢٠٠ لتر ويتركب كما بشكل (٣-١٨) من

الآتي :

- يشبه المخمر السابق في التركيب وطريقة سحب الغاز وما يزيد عنه هو سخان بحيث يتم سحب الماء الزائد من المخمر وتسخينه ثم إدخاله من أعلى المخمر حتى يتم تدفئة المخمر كما يلاحظ تزويد المخمر بطلمبات سحب وطررد للماء.

- يتم استخدام جزء من الغاز الناتج لتتم به عملية التسخين وقد بدأ استخدام هذا النوع لأول مرة عام ١٩٣٧ في دول شمال أفريقيا لتخمير الفضلات الحيوانية.



شكل (٣-١٨): المخمر المتقطع المركب الحرارى

٢- المخمرات التجارية:

من الطرز التجارية يوجد نوعين أساسيين وقد تم استنباط طرز أخرى بإجراء تعديلات على هذين الطرازان بما يتلاءم مع طبيعة وظروف المناخ في الدول المستخدمة لهذه الطرز والطرازان الأساسيان هما:-

١- الطراز الهندي ٢- الطراز الصيني

أولاً: المخمر الهندي:

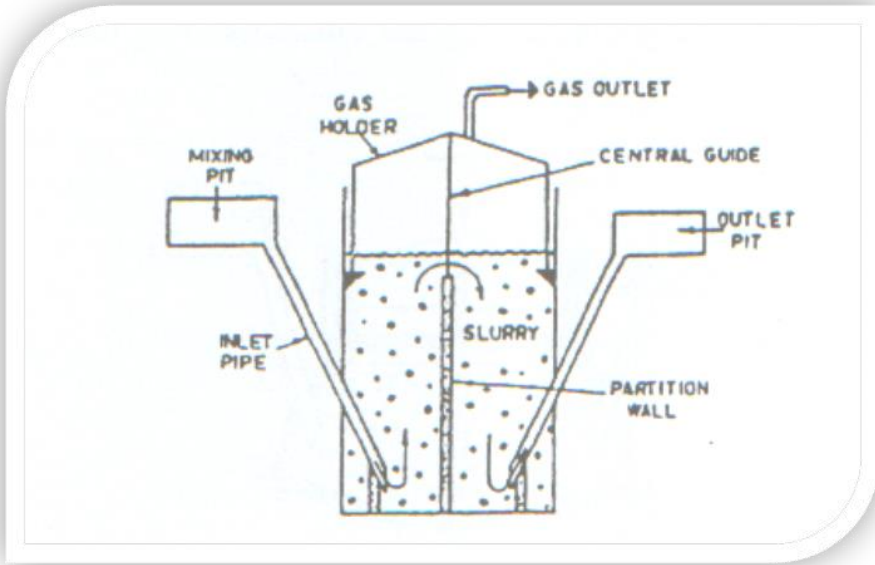
يوضح شكل (٣-١٩) الأجزاء الرئيسية للطرز الهندية وهو يتكون من جزئيين أساسيين وهما:

أ- المخمر ب- خزان الغاز

- المخمر عبارة عن خزان أسطواني مقسم من الداخل إلى جزئيين ويتم بناءه من الطوب أو الخرسانة بحيث يكون جزء منه تحت الأرض وجزء

يعلو الأرض متصل به حوضان أحدهما لدخول المخلفات والآخر لخروج المخلفات بعد انتهاء عملية التخلل ، يراعى أن تكون فتحة الدخول أعلى من فتحة الخروج بحوالي ٥٠سم

- **خزان الغاز** وهو خزان من الصاج المجلفن أو من الإستاليس إستيل يوضع داخل المخمر ليتم تجميع الغاز فوق سطح الماء ومع زيادة حجم الغاز الناتج يرتفع الضغط فيرتفع الخزان إلى أعلى محافظاً للغاز على ضغط ثابت ويمكن زيادة ضغط الغاز بوضع أحمال فوق الخزان وتعتبر الوحدات الهندية مناسبة لاستخدام روث الماشية والمخلفات النباتية بعد تقطيعها أو فومها.



شكل (٣-١٩): الأجزاء الرئيسية للمخمر الهندي

طريقة التشغيل:

- ١- يتم تخفيف المخلفات بأحواض في الخارج حتى تصل نسبة المادة الصلبة إلى النسبة الموصى بها حسب نوع المخلفات المستخدمة ويتم إدخال الشحنة الأولى في الجزء الأول من خزان التخمر وهو نصف الخزان المحاور

لفتححة الدخول ويتم تتابع إضافة الشحنات يومياً ويراعى أن تتساوى الشحنات اليومية.

٢- عندما يصل ارتفاع المخلفات إلى ارتفاع الحاجز الأوسط تبدأ المخلفات في الانتقال إلى النصف الثاني من المخمر وتكون المادة المنتقلة قد نشطت فيها البكتريا الهوائية وأنتجت الأحماض العضوية والكحولات.

٣- يستمر ملئ الخزان إلى أن تصل المخلفات إلى حوض الخروج وتملئ ثلث حوض خروج المخلفات ويترك حتى تتم عملية التخمير اللاهوائي وإنتاج الغاز.

٤- يتجمع الغاز المتولد نتيجة التخمير اللاهوائي في خزان الغاز فيرتفع خزان الغاز محافظاً على ضغط الغاز بينما ينخفض الخزان باستهلاك الغاز ، ويمكن تنظيم ضغط الغاز بوضع أثقال فوق الخزان عند الحاجة لرفع ضغط الغاز.

٥- يتم حساب موعد التغذية اليومية باستخدام المعادلة:

$$L.R = V/HRT \quad m^3/day$$

وذلك عند التغذية اليومية (المستمرة) ويتم حساب زمن المكوث بواسطة حساب المدة التي أنتج فيها المخمر غاز بعد ملئه تماماً أول مرة أول خروج للغاز بكمية اقتصادية وحتى توقف إنتاج الغاز (أن يصبح الغاز الناتج يومياً غير اقتصادي) ويتوقف زمن المكوث على عدة عوامل أهمها درجة التخمير.

مميزاته:

١- ضغط الغاز به ثابت

٢- سهل البناء والتنفيذ

٣- سهولة التنظيف

٤- سهولة التشغيل

عيوبه:-

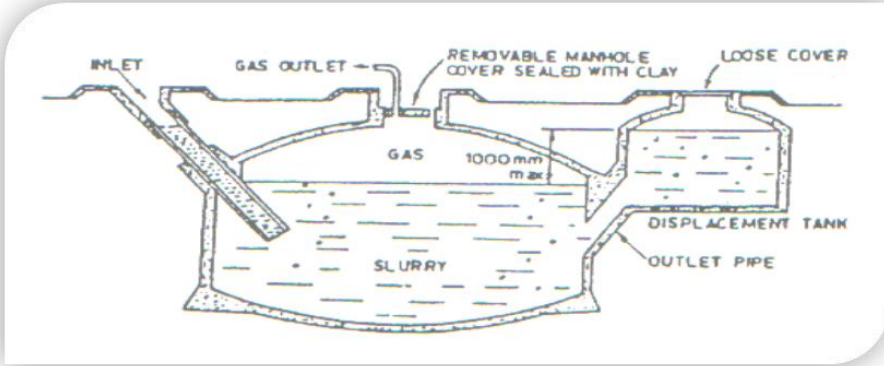
- ١- ارتفاع تكلفة الإنشاء والصيانة نظراً لوجود الخزان المعدني المرتفع التكاليف والذي يتآكل مع الصدأ ويحتاج بالتالي لصيانة مستمرة.
- ٢- العمق الكبير للمخمر والذي لا يقل عن أربعة أمتار مما يجعله غير ملائم للمناطق ذات المياه السطحية المرتفعة (لا يقام في المناطق التي بها المستوي الماء الأرضي عالي).
- ٣- لا يتم التغذية إلا بملخفات الحيوانات فقط.

ثانياً: المخمر الصيني (وحدات البيوجاز ذات القبة)

يوضح شكل (٣-٢٠) الأجزاء الرئيسية للمخمر من الطرز الصينية والتي تتكون من الآتي :-

- ١- **فتحة الدخول** وهي عبارة عن ماسورة من الخرسانة قطرها من ٢٠ إلى ٤٠ سم وتركب بزاوية مقدارها ٤٥ - ٦٠ ° وتمتد أسفل أقل مستوى محتمل للمخلوط.
- ٢- **المخمر** (حجمه يعادل ٥٠ - ٦٠ ضعف حجم الكمية المضافة يومياً في حلة التخمر في درجة حرارة الجو) ويراعى الآتي :-
 - تبني حوائط وأرضية المخمر من الخرسانة المسلحة
 - يطلى المخمر من الداخل بطبقة من الأسمنت المقاوم للماء
 - وجود وسيلة للقلب
- ٣- **قبة الغاز** ويراعى فيها الآتي:
 - تبطين بالبيتومين
 - لها غطاء متحرك مخروطي الشكل ومطلي ويثبت بإحكام
- ٤- **خزان التفريغ** يراعى أن تكون فتحة الخروج على ارتفاع ٥٠ - ٨٠ سم فوق أرضية المخمر.
- ٥- **ماسورة الغاز** مزودة بمصيدة للماء.

يجب عزل المخمر وخزان الغاز ضد التسريب بمادة عازلة.



شكل (٣-٢٠): وحدة بيوجاز صيني

طريقة تشغيل :

يتم ملئ المخمر بالمخلفات العضوية مع إضافة الماء اللازم للتخفيف وبعد أن يتم ملئ المخمر للمستوى المحدد وهو ٨٠% من الحجم الكلي للمخمر يترك حتى يبدأ الغاز في الإنتاج فيتجمع الغاز في الجزء العلوي من المخمر (القبة) ثم يضغط على المخروط الذي ينتقل بدوره إلى خزان التفريغ فإذا زادت كمية الغاز المنتجة عن كمية الغاز المستهلكة يرتفع مستوى المخروط في خزان التفريغ أما إذا حدث العكس فإن مستوى المخروط ينخفض داخل المخمر وحيث أن الضغط بهذه الطريقة غير ثابت فيجب تركيب مانوميتر لقياس الضغط.

مميزاته:

- ١- انخفاض تكلفته والتي تصل إلى حوالي نصف تكلفة المخمر الهندي .
- ٢- يتم التغذية بالمخلفات النباتية والحيوانية.
- ٣- لا يسبب أعاققة فوق سطح التربة (مدفونة تحت التربة ماعدا فتحات التغذية)

عيوبه:

- ١- صعوبة الإنشاء والاحتياج إلى عمالة ماهرة ومدربة.
- ٢- يحتاج إلى عمالة في نضح المحلول المتخمر من حجرة الخروج.

٣- انخفاض إنتاجية الغاز نظراً للفقد الكبير في الغاز من حجرة الخروج (ضغط الغاز غير ثابت)

العوامل المؤثرة على تصميم وحدات إنتاج الغاز الحيوي

عند الشروع في إقامة وحدة لإنتاج الغاز الحيوي للاستفادة من المخلفات العضوية يجب دراسة العوامل الآتية عند تصميم واختيار نوع معين من المخمرات:

١- نوع المخلفات وكميتها

٢- التربة

٣- الموقع

أولاً: نوع المخلفات وكميتها

يجب تحديد نوع المخلفات العضوية المتوفرة في الموقع وتحديد نسبة المادة الصلبة بها وتحديد نسبة النيتروجين إلى الكربون C/N ratio لتحديد مدى صلاحية المخلفات من عدمها وكذلك تحديد مدى التخفيف المناسب والكميات المنتجة يومياً أو موسمياً.

ففي مزارع المواشي يتم تحديد الكمية المنتجة حسب عدد الرؤوس الموجودة ونوعها ومتوسط أعمارها حيث أن متوسط إنتاج الرأس من الروث (١٥-٢٥ كجم روث جاف/اليوم) نسبة المادة الصلبة تتراوح بين (١٤ - ٢١ %) حسب نوع الغذاء ويتم حساب كمية الروث اليومي الناتج من المزرعة بالمعادلة الآتية:

$$X = N \times m_o \quad (\text{kg/day})$$

حيث أن:

X كمية الروث المنتجة يومياً من المزرعة، كجم

N عدد رؤوس الماشية بالمزرعة

m متوسط الإنتاج اليومي للرأس الوحدة، كجم

كما يتم حساب الماء المضاف من المعادلة الآتية:

$$Y = X \left[\frac{TS_{man} - TS_{dig}}{TS_{dig}} \right] \quad \text{kg}$$

حيث أن:

Y كمية المياه المضافة للروث المنتج يوميا من المزرعة

TS_{man} متوسط نسبة المادة الصلبة في الروث

TS_{dig} متوسط نسبة المادة الصلبة المناسبة للتخمير

وبناءا عليه فمعدل التغذية اليومي هو مجموعة الروث المنتج (X) والمياه

المضافة (y)

مثال:

مزرعة للإنتاج اللبن بها عدد ٣٠٠ رأس متوسط إنتاج الروث

٢٠ كجم/رأس ومتوسط المادة الصلبة ١٦% احسب :-

أ- كمية الروث المنتجة يوميا

ب- كمية المياه المضافة للوصول إلى نسبة المادة الصلبة ٨%

الحل

أ- كمية الروث المنتج يوميا

$$X = N \times m_o = 300 \times 20 = 6000 \text{ kg/day}$$

ب- كمية المياه المضافة للروث

$$\begin{aligned} Y &= X \left[\frac{TS_{man} - TS_{dig}}{TS_{dig}} \right] \\ &= 6000 \left[\frac{16 - 8}{8} \right] = 6000 \text{ kg} \end{aligned}$$

أما في مزارع الدواجن فيتم حساب صافي نسبة الرزق المنتجة يوميا على أساس عدد الطيور ووزن كل طائر كالتالي:

$$X = N \times w_a \times 10\%$$

حيث أن:

N عدد الطيور بالمزرعة

w_a متوسط وزن الطائر

وتتروح نسبة المادة الصلبة في زرق الدواجن بين (٤٠-٥٠)%

مثال:

مزرعة دواجن بها ٤٥ عنبر يحتوى كل عنبر على ٥٠٠٠ دجاج بحيث يتدرج وزن الدجاج من عنبر إلى عنبر من ١٠٠ جرام إلى ١٥٠٠ جرام ومتوسط المدة الصلبة في زرق الدجاج ٤٥% احسب:

أ- كمية الزورق الناتجة يوميا

ب- كمية المياه المضافة حتى تصل إلى نسبة ١٠%

الحل

أ- كمية الزرق الناتجة

$$X = N \times w_a \times 10\%$$

$$w_a = (100 + 1500) / 2 = 800 \text{ gm}$$

$$X = (45 \times 5000 \times 800) / 1000 \times 0.1 = 18000 \text{ kg}$$

ب- كمية المياه المضافة

$$Y = X \left[\frac{TS_{man} - TS_{dig}}{TS_{dig}} \right]$$

$$= 18000 \left[\frac{45 - 10}{10} \right] = 63000 \text{ kg}$$

أما في المخلفات الزراعية (مخلفات المحاصيل) يتم حساب المتوسط كميات المخلفات الموسمية أو السنوية ويتم التحديد نسبة المادة الصلبة بها حيث تتراوح نسبة المادة الصلبة في مخلفات المحاصيل بين (٥٠-٦٠%). وفي المخلفات الحدائق العامة والأشجار تتراوح نسبة المادة الصلبة بين (٨٠-٩٠%) ويتم حساب الإنتاج اليومي من المخلفات الزراعية بقسمة متوسط مجموع مخلفات الحقل أو المزرعة على ٣٦٥ يوم

أما بنسبة المخلفات يتم حساب متوسط الإنتاج اليومي على أساس متوسط عدد الأسر ومتوسط كمية إنتاج الفرد (١٥٠-٢٠٠) لتر/يوم فضلات صلبة ومياه غسيل واستحمام المطبخ ويكون متوسط نسبة المادة الصلبة فيها من (١٠-١٢%) ففي حالة الشروع في بناء مخمر لخدمة منزل واحد يكون متوسط الحجم اليومي الناتج كالتالي:

$$Q = N \times m_o + Y$$

حيث أن:

N عدد أفراد الأسرة

m_o متوسط إنتاج الفرد

Y كمية مياه التخفيف المضاف

وفي حالة المخمرات المجمعمة يتم حساب المتوسط اليومي للإنتاج على أساس متوسط عدد أفراد الأسرة مضروباً في عدد الأسر مضروباً في متوسط إنتاج الفرد

مثال:

أسرة كبيرة تعيش في منزل كبير تتكون هذه الأسرة من ٣٥ فرد ومتوسط إنتاج الفرد حوالي ١٧٥ لتر/يوم ونسبة المادة الصلبة ١٢% احسب كمية الفضلات الكلية بها المدة الصلبة ٨%

الحل

كمية الفضلات

$$Q = N \times m_o + Y$$

$$X = 35 \times 175 = 6125 \text{ Liter}$$

$$Y = X \left[\frac{TS_{man} - TS_{dig}}{TS_{dig}} \right]$$

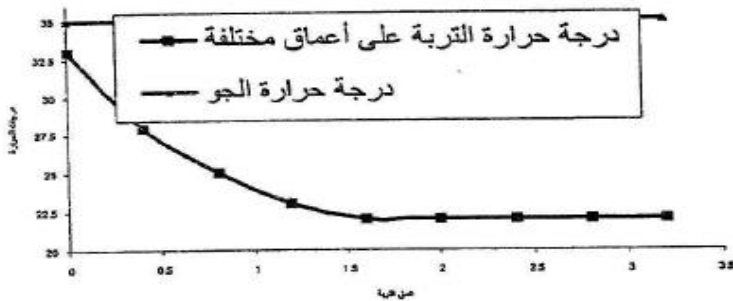
$$= 6125 \left[\frac{12 - 8}{8} \right] = 3062.5 \text{ Liter}$$

$$Q = 6125 + 3062.5 = 9187.5 \text{ Liter}$$

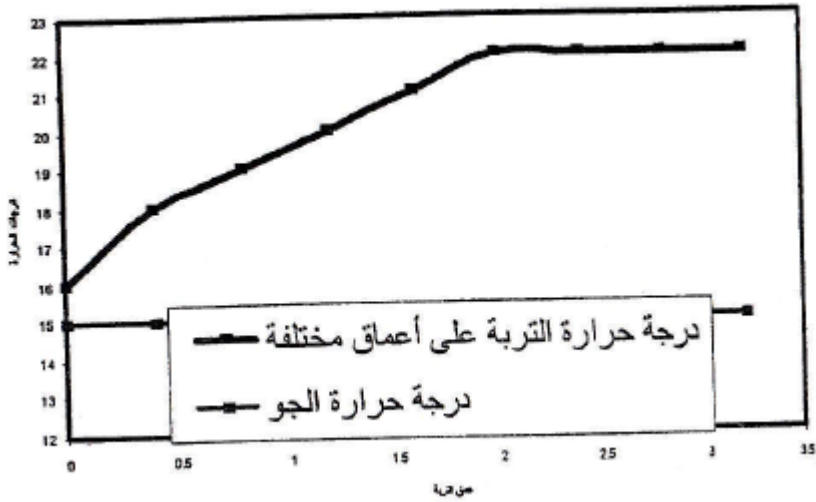
٢- التربة

يجب دراسة التربة ومعرفة نوع التربة ومستوى المياه بها الارضى ودرجة حرارة التربة عند الأعماق المختلفة والتي تتوقف على نوع التربة ودرجة الحرارة للجو ومستوى الماء الارضى وذلك للاستفادة من المخزون الحراري للتربة لتدفئة المخمر وتحديد الغزل اللازم لعزم المخمر وكذلك تحديد انسب تصميم بم يتلاءم مع مستوى الماء الارضى

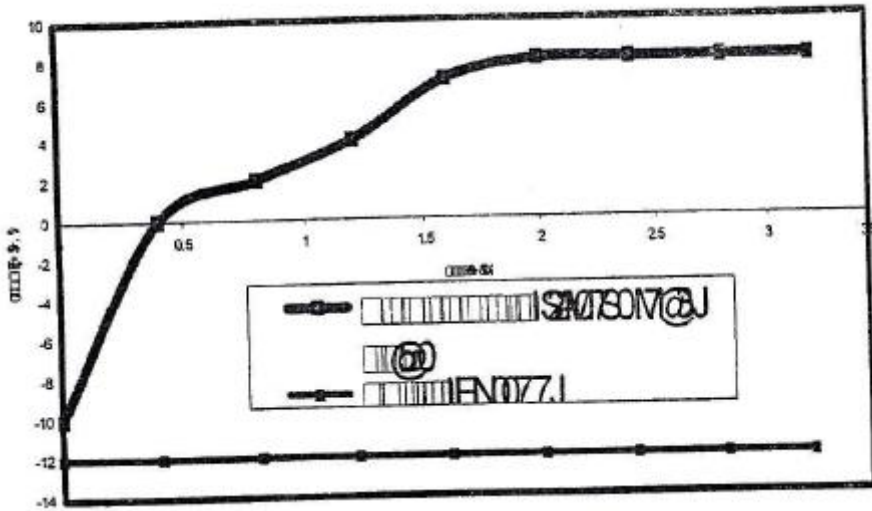
ونجد أن درجة حرارة التربة تختلف باختلاف العمق إلى أن تثبت عند عمق معين وتتوقف درجة الحرارة والعمق على نوع التربة ودرجة حرارة التربة وشكلي (٣-٢١ و ٣-٢٢) يوضحان درجة الحرارة على أعماق مختلفة في منطقة الدلتا وتثبت هذه الدرجة عندا ٢٢م° عندا عمق ٨,١م عندما تكن درجة حرارة الجو ١٢°م شكل (٣-٢٣).



شكل (٣-٢١): درجات الحرارة على أعماق مختلفة عند درجة حرارة جوية ٣٥ م°



شكل (٣-٢٢): درجات الحرارة على أعماق مختلفة عند درجة حرارة جوية ١٥°م



شكل (٣-٢٣): درجات الحرارة على أعماق مختلفة عند درجة حرارة جوية ١٢-°م

٣-الموقع:

يتم دراسة الموقع بحيث يتم تحديد الموقع طبقاً للشروط الآتية:

- ١- أن يقام المشروع في الجانب الجنوبي من المزرعة أو القرية حتى لا تهب الرائحة الكريهة على المزرعة أو القرية عند تعبئة المخمر.
- ٢- أن يبعد عن مصادر مياه الشرب بمسافة لا تقل عن ٢٠م.
- ٣- ألا يبعد عن مصادر استخدام الغاز بمسافة تزيد عن ٣٠م.
- ٤- ألا تبعد عن مصادر المخلفات العضوية بمسافة تزيد عن ١٠٠م.
- ٥- أن يكون مكشوف معرض للشمس للاستفادة من حرارة الشمس في تدفئة المخلفات.

وعلى ضوء دراسة العوامل السابقة تصميم وحدة المخمر وملحقاتها كالتقليب والتسخين.

مستلزمات إنتاج الغاز الحيوي:

المادة الأولية: وهي المخلفات العضوية البشرية و النباتية وبقايا المخلفات النباتية و الصناعية ومخلفات المدن و فضلات الحيوانات و الطحالب المائية.

١- **الخبرة:** وهي خبرات بسيطة ومتوفرة لدى الدول العربية لإنشاء أنظمة إنتاج الغاز الحيوي وصيانتها و استثمارها.

٢- **الحاجة إلى إنتاج أنظمة التخمر:** وهذه الحاجة تعتبر كبيرة في ريفنا العربي و لها أشكال متعددة:

- **من الناحية الاقتصادية:** يعتبر المستوى المعيشي لسكان ريفنا العربي متواضعاً و تقانة الغاز الحيوي تضمن له توفيراً ملحوظاً في ثمن الطاقة اللازمة و تنعكس على مستواه المعيشي كما أن السماد العضوي الجيد الناتج يساعد على تحسين إنتاجه الزراعي مما ينعكس أيضاً على مستواه المعيشي.

- من الناحية الصحية: إن نظام الغاز الحيوي يشكل وسيلة ممتازة في معالجة الصرف الصحي ويساهم في منع التلوث.
- من الناحية البيئية: المحافظة على البيئة والمساهمة في منع تلوث للمياه الجوفية و السطحية و الهواء و التربة وهي مسؤولية الجميع.

خطوات إنشاء وحدة البيوجاز

يجب إتباع المتطلبات الأساسية لإنشاء وحدة البيوجاز بحيث تتيح الاستخدام الأمثل للموقع الذي تم اختياره دون أي تأثير ضار علي المنشآت القائمة.

الحفر :

يحدد عمق الحفر طبقاً لطبيعة التربة ويجب مراعاة الميل المناسب لجوانب الحفر ويكون قاع الحفر في شكل مقعر حيث تكون نقطة مركز المخمر أكثر تقعرا ويجب أتباع الأتي:

- ١- حفر حفرة المخمر، ويجب مراعاة الميل المناسب لجوانب الحفرة والذي يكون عادة ٣٠سم لكل متر للتربة المتماسكة، و ٦٠ سم لكل متر للتربة الخفيفة، و ٩٠ سم لكل متر للتربة الرملية.
- ٢- إعطاء الشكل المقعر لقاع الحفرة بحيث يكون مركز المخمر أكثر تقعرا.
- ٣- تنظيف الحفرة، ويضاف الدقشوم وكسر الطوب، ويدك قاع الحفرة جيدا بالمندلة، مع المحافظة على تشكيل التقعير.



القاعدة الخرسانية:

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، يتراوح سمك القاعدة الخرسانية ١٠ - ٢٥ سم تبعاً لنوع التربة ومستوي الماء الأرضي (ثم تصب الخلطة الخرسانية من الأسمنت والرمل والزلط بنسبة ١ : ٢ : ٤، أي بما يعادل ٣٠٠ كجم أسمنت لكل ٤ م^٢ رمل، و٨. م^٢ زلط، ويراعى أن يتراوح سمك القاعدة الخرسانية بين ١٠ و ٢٥ سم، تبعاً لنوع التربة).

جدار المخمر:

يستخدم لبناء المخمر نوع جيد من الطوب يتحمل ضغط ١٠٠ كجم / سم^٢ نظراً لتعرض جدران المخمر لضغط التربة وتستخدم مونه جيدة من الأسمنت والرمل بنسبة ٤ : ١ وتثبيت مواسير الدخول والخروج علي ارتفاع متر من قاع المخمر، يردم حول الجدار أثناء البناء لتسهيل أعمال البناء وعند الوصول إلى مستوي غرف الدخول والخروج تدك الأرض حول المخمر وتصب قاعدة خرسانية لبناء أرضية الأحواض.

في وحدات البيوجاز الهندية الطراز ذات خزان الغاز الطافي فوق سطح المواد المتخمرة بقسم المخمر إلى حجرتين بحائط نصفي حتي حوالي نصف ارتفاع المخمر تتصل إحدى الحجرتين بحوض الدخول والأخرى بحوض الخروج، يثبت في جسم المخمر وفوق الحائط النصفى محور توجيه خزان الغاز ويكون الأكس في مركز المخمر تمام ثم يكمل البناء حتى نهاية الارتفاع المطلوب.

عزل المخمر:

المقصود بهذه العملية تبطين المخمر بمونة الاسمنت وتعد من أهم مراحل الإنشاء ويجب أن تتم بعناية ودقة ويتم التبطين أو البياض بإضافة مادة السیکا بنسبة ١٪ مع المونة، بعد الانتهاء من التبطين يدهن المخمر بمواد البيتومين البترولية باستخدام فرشاة في اتجاهات مختلفة.



حوض الدخول:

يبنى بالطوب وتكون قاعدته أعلى من نهاية ارتفاع المخمر ويتصل بالمخمر بواسطة ماسورة ذات قطر ملائم ومزود بسدادة للتحكم في عملية الخلط فعندما تفتح السدادة يندفع مخلوط التغذية مسبباً ازاحة المواد السابقة التغذية بالمخمر للخروج من حوض الخروج. ويتحدد حجمه طبقاً لمعدل التغذية اليومية للمخمر.

حوض الخروج:

حوض صغير يبنى بالطوب وتكون قاعدتها قل من نهاية ارتفاع المخمر بحوالي ١٠ سم ويتصل بالمخمر بماسورة ذات قطر ملائم يقوم باستقبال المواد المتخمرة وتوزيعها علي أحواض السماد.

حوض السماد:

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

خزان الغاز:

يرتبط حجم خزان الغاز بحجم المخمر، وكمية الغاز الناتجة يومياً، ومعدلات استهلاك الغاز وفترات الاستخدام حيث يتولد الغاز بصفة مستمرة

وبمعدل بطيء في حين أن الاستهلاك يكون بمعدل عالٍ ولفترات محددة من اليوم وتتراوح السعة التخزينية للغاز ما بين ٣٠-٥٠٪ من حجم المتخمرة.

يصنع خزان الغاز من الصاج سمك ٣ مم ومزوداً بأذرع داخلية لتقطيع المواد التي تطفو فوق سطح المواد المتخمرة والتي تعوق تجميع الغاز بالخزان ويجب أن يقل قطر الخزان عن قطر المخمر بحوالي ٥ سم لتسهيل حركته إلى أعلى وأسفل وكذلك الدوران حول محورة، يركب خزان الغاز بعد الانتهاء من التغذية الأولية للمخمر.



تشغيل وحدة البيوجاز:

تغذي وحدات البيوجاز بمخلوط المخلفات العضوية والماء بحيث يتراوح تركيز المادة الصلبة الكلية ١٠٪ تقريباً وتختل فكمية المياه اللازم إضافتها للمخلفات العضوية طبقاً لمحتواها من الرطوبة.

١- بعد الانتهاء من إنشاء الوحدة واختبارها تملأ بمخلوط المخلفات العضوية والماء ويركب خزان الغاز أو تقفل جميع الفتحات بالمخمر وتترك لفترة ٢-٣ أسابيع دون تغذية يومية مع مراعاة تنظيف المخلوط من القش والمواد كبيرة الحجم.

٢- يتم اختبار المخمر لإنتاج الغاز خلال مرحلة التغذية الأولية وتركب مصاد المياه والماتومتر بخط الغاز.

٣- تتم التغذية اليومية بإغلاق ماسورة حوض الدخول وخط المخلفات بالماء وتركها إلي ما بعد منتصف النهار ليتمكن للمحلول امتصاص أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس.

٤- تفتح ماسورة الدخول فتندفع المخلفات بقوة داخل المخمر ويقابلها في نفس الوقت خروج السماد إلي حوض الخروج.

٥- يخزن السماد في أحواض مكشوفة أو مغطاة أو يمرر علي فلتر زلطي لفصل الجزء الصلب عن السائل، ثم يجفف الجزء الصلب في مكان مظلل ويعبأ لحين استخدامه.

٦- يستخدم الغاز في أي وقت من خلال أجهزة استخدام الغاز.

عوامل الأمان بوحدات البيوجاز:

- ١- عدم التدخين أو إشعال لهب فوق الأجزاء المكشوفة من وحدة البيوجاز.
- ٢- عدم الطرق بأجسام صلبة فوق خزان الغاز أو علي الوصلات المعدنية.
- ٣- عدم الكشف عن تسرب الغاز باستخدام اللهب.
- ٤- التأكد من غلق المحابس عند عدم استخدام الغاز.
- ٥- يكون مستوي السائل بالمانومتر عند الصفر عند غلق محبس الغاز بالوحدة.

حجم وحدة البيوجاز:

يرتبط حجم وحدة البيوجاز بعوامل عديدة هي :

- ١- كمية ونوع المخلفات العضوية بالموقع حيث التعرف علي نوع الماشية وإعدادها ونظام الإسطبلات يعطي فكرة عن كمية ونوع المخلفات المستهدف إدخالها دورة البيوجاز.
- ٢- الهدف من معالجة المخلفات العضوية هو إنتاج الطاقة أو السماد العضوي أو إنتاج الإيثان معاً.
- ٣- حجم الطلب علي الغاز الناتج ونمط الاستهلاك المطلوب.
- ٤- طبيعة التربة بالموقع ومستوي الماء الأرضي.
- ٥- درجة حرارة الجو بالمنطقة وإتجاه الرياح علي مدار العام.

٦- درجة تدريب العاملين بالمزرعة والمنزل علي تشغيل واستخدامات وحدة البيوجاز.

حجم المخمر : هو الحجم الكلي لوحدة البيوجاز

حجم التغذية اليومية:

هو حجم مخلوط الروث مع الماء التي تضاف للمخمر 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 يكون نسبة الخلط ١:١.

زمن البقاء في المخمر:

هو زمن الذي تمكثه المخلفات العضوية المغذاة قبل أن تخرج كسماد عضوي وتختلف هذه الفترة الزمنية علي عوامل عديدة منها:

نوع وطبيعة المخلفات العضوية المغذاة: حيث تكون المخلفات الحيوانية والادمية أسرع تحللاً من المخلفات النباتية، والمخلفات الناعمة أسرع تحللاً من غيرها وبالتالي يكون زمن بقاء الأولي أقل من الثانية.

درجة حرارة التخمر: درجة الحرارة المثلي للتخمير تتراوح بين ٢٥-٣٠ م° وانخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة زمن مكوثها بالمخمر.

الهدف من إنشاء وحدة البيوجاز: في حالة زيادة الطلب علي الغاز يمكن زيادة فترة البقاء إلا أن السماد العضوي الناتج سيكون أقل كفاءة وانخفاض محتواه من المادة العضوية والعناصر السمادية.

نوع التصميم

مخمر صيني مخلفات نباتية + حيوانية

مخمر هندي مخلفات حيوانية

معدل استهلاك الفرد من الغاز يومياً حوالي ٥،٥ م^٣ يومياً.

حجم المخمر = معدل التغذية اليومية × مدة مكوث داخل المخمر.

حجم خزان الغاز = نصف حجم المخمر.

أنتاج الغاز الحيوي = ٠,٣ : ٠,٥ م³ غاز / م³ من حجم المخمر في اليوم.
 كمية المخلفات الحيوانية = كمية الروث (كجم) × عدد رؤوس الحيوانات.
 كمية الزرق للدواجن = متوسط وزن الطائر × عدد الطيور × ١٠% .
 كمية المخلفات الأدمية = عدد أفراد الأسرة × متوسط إنتاج الفرد (١٧٥ : ٢٠٠ لتر).

نسبة الخلط	روث	ماء
روث حيواني	١	١
مخلف نباتي	١	٥
زرق دواجن	١	٣

ولتوضيح ذلك فإن حساب وحدة البيوجاز لمزرعة مزودة بحظيرة تحتوي علي ١٥ رأس ماشية يكون كالاتي:

$$\text{كمية المخلفات الحيوانية} = ١٥ \times ٢٠ \text{ كجم} = ٣٠٠ \text{ كجم رطب} .$$

$$\text{مخلوط التغذية اليومية} = ٣٠٠ \text{ كجم روث} + ٣٠٠ \text{ لتر ماء} = ٠,٦ \text{ م}^3 / \text{يوم} .$$

$$\text{زمن البقاء} = ٤٠ \text{ يوم} .$$

$$\text{حجم التخمر} = ٤٠ \times ٠,٦ = ٢٤ \text{ م}^3 .$$

الباب الرابع

السيلاج

SILAGE

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- التعرف على السيلاج وأهميته وعيوبه والقيمة الغذائية له والمحاصيل العلفية المستخدمة في تصنيعه.
- التعرف على طرق تخزين السيلاج وخطوات تصنيعه.
- التعرف على الآلات والمعدات المستخدمة في تصنيعه.
- حساب الاحتياجات من الآلات اللازمة لتصنيع السيلاج، وكيفية حساب حجم السيلو اللازم للمزرعة لتخزين احتياجاتها.
- التعرف على الاعتبارات الهامة في تصنيع السيلاج والإضافات المستخدمة في عمل السيلاج.
- الحكم على جودة السيلاج.

حفظ الأعلاف الخضراء (السيلاج)

Silage

مقدمة

تزداد أهمية تصنيع المواد العلفية في مزارع تربية الحيوان يوماً بعد يوم بتطور أساليب التربية، وينمو الاهتمام من قبل جميع الدول في تنمية وتحويل المادة النباتية إلى مادة حيوانية (بروتين ودسم وطاقة وغيرها) وبزيادة الاهتمام بتصنيع المادة الخضراء ازداد الاهتمام بطرق تصنيعها وبالتالي طرق حشها وجمعها ونقلها وكبسها وتخزينها وغير ذلك، من أساليب تساعد على حفظ هذه المادة دون فقد كبير في قيمتها الغذائية.

وهكذا كانت السيلجة أحد الطرق المناسبة، لحفظ الأعلاف الخضراء على شكل سيلاج أو دريس من أجل تأمينها في وقت آخر من السنة لا تتوفر فيها هذه المادة وخاصة في فصل الشتاء الذي قد يقصر أو يطول من مكان إلى آخر حسب موقع كل بلد من البلدان.

إن نشر الوعي والاهتمام بتصنيع المادة الخضراء إلى سيلاج أو دريس أو طحن العلف الأخضر ضروري في بلادنا مع اهتمام العالم بتطوير الثروة الحيوانية، خاصة وأن هذه الطرق مازالت قليلة الانتشار لدى مربّي تربية الحيوان والمختصين على حد سواء.

إن الهدف من هذا الموضوع هو إعطاء صورة واضحة عن كل ما يتعلق بتصنيع السيلاج أو المراحل التي يمر بها. وبالتالي تحديد الوسائل المختلفة الواجب إتباعها للحصول على سيلاج جيد النوعية من حيث شكله ورائحته وقيّمته الغذائية خاصة وأنا راعينا إيراد مختلف الطرق والوسائل المطبقة في معظم دول العالم لمختلف المحاصيل العلفية والحقلية كما أننا بينا تجربة مصر في هذا المجال. من حيث أنواع المحاصيل العلفية المزروعة وإنتاجيتها وطرق تصنيعها وبيان قيمتها الغذائية في عدة أماكن ولفترات مختلفة.

تعريف السيلاج

هو علف أخضر محفوظ بمعزل عن الهواء. والحفظ يتم بواسطة عمليات التخمير حيث ينتج عن التنفس والتخميرات اللاهوائية الكحول والأحماض العضوية التي تزيد من حموضة العلف إلي درجة توقف عوامل الفساد. كما أن للحفظ مميزات أخرى منها أنه يؤدي إلي زيادة نسبة البروتين والكاروتين والعناصر الغذائية. بجانب أنه يؤدي إلي قتل تقاوي الحشائش الموجودة في نبات العلف مما يقلل من انتشارها. والحفظ يتم فيما يعرف بالصومعة أو السيلو وهي إما تكون في صورة حفرة أو حوائط أو أبراج أسمنتية. ومدة التخمير ٣٥ يوم (٥ أسبوع).

كما يعرف السيلاج بأنه المنتج الناتج من حفظ محاصيل الأعلاف الخضراء ذات المحتوى الرطوبي العالي وذلك بالتخمير تحت الظروف اللاهوائية للحفاظ على قيمتها الغذائية دون التعرض للفساد، ويتم ذلك عن طريق تخمير السكريات لإنتاج أحماض تزيد من حموضة العلف بدرجة توقف وتنشط عوامل فسادها.

أهمية السيلاج

تكمن أهمية السيلاج في النقاط التالية:

- توفير المادة الخضراء المحفوظة إلى فترات من العام لا تتوفر فيها الأعلاف الخضراء العادية.
- تخزين المادة الخضراء من السنوات الخصبة ذات الإنتاج العالي إلى السنوات الجافة ذات الإنتاج المنخفض.
- يشكل احتياطي علفي في المزارع الكبيرة حيث يجب توفر أعلاف متنوعة كاحتياط في هذه المزارع لسنة أشهر قادمة، تحسباً من حصول أزمات في تأمين الأعلاف الأخرى.
- يؤمن تقديم عليقة متوازنة لحيوانات المزرعة على مدار العام.
- تتم عملية السيلجة في حال عدم القدرة على تصنيع الدريس وتجفيف الأعلاف الخضراء في الحقل، بسبب انخفاض الحرارة وتساقط الأمطار.

- إن هذه الطريقة تحتاج إلى أماكن تخزين صغيرة وقليلة التكلفة قياساً بالأعلاف الأخرى مثل الدريس الذي يحتاج إلى أماكن واسعة ومكلفة على شكل مستودعات فنية، (الدريس كل ٦٦ كجم مادة جافة /م^٣) بينما في السيلاج فإن ١ م^٣ يأخذ وزناً قدره ٥٠٠-٩٠٠ كجم حسب نوع السيلاج ويحوي مادة جافة حوالي ٢٣٠ كجم.
- إن احتمالات تعرضه للتلف قليلة مثل التعرض للحريق في الدريس أو التلف أو غيرها.
- السيلاج قابل للتخزين عدة سنوات دون تغير كبير ومهم في تركيبه إذا كان مغلق تماماً ومضغوط بشكل جيد. ذكر B.N. Chlerjee's Maiti في الهند أنه يستمر ١٢-١٨ شهر دون أي تبدل في تركيبه.
- الهدر في صناعة السيلاج لا يتجاوز ٥-١٠% من إجمالي الأعلاف الخضراء بينما يصل الهدر في تجفيف الأعلاف بالحقل (بصناعة الدريس) أحياناً إلى ٤٠% وعادة ١٥-٢٠% على الأقل.

عيوب السيلاج:

- إذا لم يصنع بطريقة صحيحة تصل نسبة الفقد في العناصر الغذائية الى أكثر من ٤٠%.
- الثقوب في البلاستيك تسمح بدخول الهواء داخل الكومة وبالتالي نمو العفن ودخول الفئران.
- رائحته قد لا يستسغها بعض الأشخاص.
- يحتاج إلى معدات مكلفة للتصنيع والتغذية.
- صعب تداوله ونقله لمسافات طويلة إلا إذا صنع في بالات.
- إذا كانت نسبة الرطوبة بالعلف الأخضر عالية عند التصنيع فإنه ينتج عنه راشح يسبب تلوث للبيئة.

مقارنة بين الدريس والسيلاج:

- السيلاج أكثر احتفاظاً بنسبة البروتين والكاروتين عند الدريس.
- إن سرعة إزالة المحصول من الحقل بعد تغطية لعمل السيلاج يقلل من فقد المواد الغذائية.
- المحاصيل التي تعطي دريساً سيئاً يمكن حفظها كسيلاج جيد.
- احتياج السيلاج إلي مساحة أقل للخرن مقارنة بالدريس.
- عدم حدوث الاشتعال الذاتي في السيلاج الذي قد يحدث بالدريس.
- ارتفاع درجة استساغة الأعلاف المحفوظة في صورة سيلاج.
- سهولة حفظ الحشوات الأولى من الأعلاف العالية الرطوبة في صورة سيلاج حيث أن تجفيفها كدريس يكون صعباً.

القيمة الغذائية للسيلاج:

يعد السيلاج أفضل طريقة لحفظ العلف الأخضر الزائد عن الحاجة وهو اقرب الأعلاف المحفوظة للعلف الطازج حيث أن التغير الرئيسي يتم بتحويل السكريات بالتخمر اللاهوائي إلى حمض اللبن (اللاكتيك) الأسهل هضماً في كرش الحيوان. ويحوي فيتامينات مختلفة خاصة فيتامين (أ) أو كاروتين إضافة إلى عناصر معدنية وبروتين بنسب مختلفة حسب وجودها في المادة الخضراء الطازجة.

أهم العناصر الغذائية في السيلاج هي الكربوهيدرات حيث تبلغ نسبتها فيه ٩٠-١٠٠ جم معادل نشا/ كجم من سيلاج الذرة الخضراء بينما تكون نسبة البروتين منخفضة، حيث يراعى ذلك أثناء تركيب العليقة المقدمة للحيوان.

ومن المؤكد أن المكونات الغذائية الأساسية في السيلاج تختلف اختلافاً بسيطاً عن نسبتها في المادة الخضراء الأولية المحضر منها، إلا أن التغيرات الكيميائية التي تحدث في السيلاج تؤدي إلى اختلاف نوعية هذه المكونات عما كانت عليه في المواد الأولية. فمعظم بروتين المادة الأولية يتحول إلى مواد آزوت غير بروتينية. كما تنخفض نسبة المواد الكربوهيدراتية الذاتية إلى أقل من ٢% حيث ترتفع بالمقابل الأحماض العضوية وخاصة حمض اللبن.

وبصرف النظر عن حجم التغيرات الكيميائية التي تحدث في السيلاج فإنها إذا ما أتقن فإن القيمة الغذائية لا تقل عن القيمة الغذائية للمادة الخضراء الأولية المحضّر منها.

المحاصيل العلفية المستخدمة في عمل السيلاج:

أي محصول يعطي إنتاج وافر من العلف الأخضر مثل البرسيم أو محاصيل الحبوب مثل الذرة أو من مخاليط النجيليات والبقوليات أو عباد الشمس وقمح بنجر السكر وال فول السوداني أو مخلفات الصناعات الغذائية مثل بقايا قصب السكر ولب البنجر ومخلفات تصنيع الخضر والفاكهة. ويعتبر نبات الذرة الكامل الأكثر شيوعاً في صناعة السيلاج وتتباين هذه المواد من ناحيتين الحاجة إلى إضافة مواد حافظة القيمة الغذائية واستساغة العلف يمكن أن نصنع السيلاج من معظم المحاصيل العلفية إلا أنه هناك اختلاف في نوعية السيلاج الناتج حسب المحصول العلفي المصنوع وأهم هذه المحاصيل:-

المحاصيل النجيلية :-

مثل (الذرة الصفراء – الشعير بأصنافه المختلفة)

المحاصيل الدرنية :-

مثل (درنات البطاطا – الجزر)

المحاصيل البقولية :-

مثل (البرسيم – فول الصويا)

الأعشاب النجيلية والبقولية :-

١- النجيلية : النجيل

٢- بقولية : برسيم بري ، جلبان بري

سيلاج مخلفات النخيل والطماطم وتفل الموالح وتفل التفاح

طريقة تخزين السيلاج المصنع وأشكال أبنية السيلوات

أ- السيلوات الأفقية:

وهي أكثر الطرق انتشاراً في معظم دول العالم وفيها يتم بناء السيلو على سطح الأرض بشكل مستطيل وتبطن أرضيته بالاسمنت مع عمل مجرى أو مصرف لتصريف السوائل التي تنتج أثناء عملية السيلجة وهو قليل التكلفة وسهل التعبئة بالآليات وهذا النوع من السيلوات عدة أشكال:

١- **السيلوات الجدارية:** ويتم بناء السيلو ارتفاع حوالي ٢-٣ متر وأحياناً حتى ٤ متر يكون أحياناً جزء منها تحت مستوى الأرض والباقي فوق مستوى سطح الأرض كما يكون عرض السيلو أكثر من ٤ أمتار وطوله يحدد أيضاً حسب الرغبة من ٢٠-٤٠ متر بحيث يتم احتواء كمية السيلاج المراد تصنيعها والكافية لقطيع المزرعة حيث يمكن حساب حجم الحفرة وأبعادها مسبقاً حسب تصميم المزرعة العام. ويوضح شكل (٤-١) سيلو جداري.



شكل (٤-١): سيلو جداري

٢- **السيلوات الخندقية:** ويتم بناءها بحفر حفرة بالأرض على شكل خندق مختلف الأبعاد ويتم بناء جدرانها مع جدار الخندق من البيتون المسلح (كي يتحمل الضغط الجانبي) نسبة التسليح فيه أقل من السيلوات الجدارية وتصب أرضيته بيتون مسلح أيضاً كي يتحمل الضغط العالي عليه الناتج

من آليات الكبس. يقام مصرف على شكل قناة جانبية مع كل جدار على طول السيلو عرضها من ٣٠-٥٠ سم تغطي بحصيرة من القضبان الحديدية أو قناة واحدة عرضية في وسط السيلو عرضها ٥٠-٦٠ سم وتمتد من الجدار الأول إلى الثاني. على عرض أرضية السيلو، وتمتد هذه القناة إلى مستودع لاستقبال العصارة الناتجة. ويوضح شكل (٤-٢) سيلو خندقي.



شكل (٤-٢): سيلو خندقي

ب- طريقة الكومة:

بهذه الطريقة ينتقى مكان مرتفع بالمزرعة ترص فوقه طبقة من الحطب بارتفاع ١ م على شكل دائرة لا يقل قطرها على ١٠ م أو على شكل مستطيل طوله ١٥-٢٠ متر وعرضه ٦-١٠ متر تكبس المادة الخضراء بالأرجل أو بجرار زراعي إلى أن يصل ارتفاع الكومة حوالي ثلاثة أمتار ثم تغطي بغطاء بلاستيكي أو من النايلون السميك ويثقل الغطاء بالحجارة أو بأربطة منتهية بأثقال (دواليب سيارات قديمة مثلاً) أو أحياناً بطبقة من الطين. تحفر عادة قناة حول الكومة توصل بقناة تصريف لتتسرب إليها السوائل الناتجة أثناء عملية السيلجة.

تقام مثل هذه الطريقة قرب الحقول أو أثناء وجود فائض من العلف لم يعد بالإمكان خزنه بالطرق السابقة كما أن لهذه الطريقة مساوئ أهمها:

إن نسبة تلف السيلاج أكثر من الطرق الأخرى بسبب صعوبة إحكام التغليف ومنع تسرب الهواء الجوي تماماً وبقاء نسبة عالية من الهواء داخل كتلة السيلاج حيث يؤدي لزيادة الحرارة داخله وانخفاض التخمرات اللاهوائية الحاصلة. وبالتالي زيادة الكمية التالفة بالتعفن.

خطوات صناعة السيلاج:

١- الحصاد :

تتم عملية الحصاد عندما يكون المحتوى الرطوبي مناسب ويتم إما يدويا أو بواسطة آلة الحصاد والتقطيع والمحتوى الرطوبي للمحصول مهم جدا حيث أن الرطوبة لا تقوم بتنظيم عملية التخمر في مستودع السيلاج فقط بل تعمل كمؤشر على وصول المحصول إلى مرحلة الحصاد. بالنسبة لسيلاج الذرة والمحاصيل العشبية يكون المحتوى الرطوبي بين ٦٥% - ٧٠%. بالنسبة لسيلاج البرسيم يكون المحتوى الرطوبي بين ٦٠% - ٦٥% وهذا يشجع على التخمر بشكل جيد في مستودع السيلاج ويقلل من عملية الرشح.

٢- التقطيع:

يجب تقطيع النباتات إلى حجم صغير بشكل يكفى لان يسمح بالكبس الجيد في مستودع السيلاج مما يساعد على تقليل الأكسجين. مع مراعاة التفاوت في أحجام الأجزاء النباتية المقطعة

لذلك فان عينة سيلاج البرسيم أو النباتات العشبية تنقسم إلى ثلاثة أجزاء:

- ٥٠% من العينة طولها اقل من ٤/٣ بوصة.

- ٢٥% طولها من ٤/٣ الى ١,٥ بوصة.

- ٢٥% أطول من ١,٥ بوصة.

أما بالنسبة لسيلاج الذرة فان الذرة ٢٥% من العينة يجب الا تمر من الغربال مقاس ٢/١ بوصة.

عند عمل السيلاج يجب تحقيق ثلاثة أهداف:-

١- ملئ مستودع السيلاج بأقصى سرعة ممكنة.

٢- الكبس الجيد لكومة السيلاج.

٣- تغطية السيلاج بسرعة وبشكل محكم.

٣- التعبئة:

التعبئة السريعة تقلل من زمن التعرض للأكسجين. التعبئة الكاملة لمستودع السيلاج يجب أن تتم في عشرة أيام على الأكثر وللحد من الزمن اللازم لعملية التعبئة يجب توفير العمالة والآلات بما يتناسب وحجم المستودع.

طرق تعبئة السيلاج:

- يتم تعبئة السيلاج على شكل كومات رأسية ارتفاعها اكبر من قاعدتها وفي هذه الطريقة يكون الكبس غير جيد.
- يتم تعبئة السيلاج على شكل طبقات مسطحة وفي هذه الطريقة يكون السطح المعرض للأكسجين كبير جدا.
- يتم تعبئة السيلاج على شكل طبقات مائلة وفي هذه الطريقة يتم الحفاظ على اكبر قدر من الطاقة وتقلل من السطح المعرض للأكسجين وتساعد على كبس السيلاج بشكل أفضل وتسمح بتعبئة المستودع في اقصر وقت.
- يتم كبس طن السيلاج في مدة ٤ - ٥ دقائق (٧طن / ٣٠ دقيقة).
- حاول ألا يزيد سمك الطبقة عن ١٥ سم حتى يكون الكبس أفضل ويجب عدم تراكم حمولات المادة الخضراء ثم كبسها مرة واحدة.
- مدى تماسك طبقة السيلاج يدل على جودة الكبس.

٤- تغطية السيلاج:

تستخدم نوعية جيدة من البلاستيك الزراعي سمك ٦م لتتحمل الظروف الجوية ولا تتشقق بسهولة ويجب إحكام الغطاء حتى لا يساعد على دخول الأكسجين فيساعد على نمو الاعفان والخميرة وينتج عن ذلك انبعاث الحرارة وقد في المواد الغذائية.

وللمحافظة على ثبات الغطاء البلاستيكي فيتم وضع إطارات كاوتشوك أو رمل و تراب ويفضل الإطارات وتوضع بمعدل ٢٥ اطار/١٠٠ قدم مربع وتعطى تغطية مثالية لكومة السيلاج وقل عدد من الإطارات يمكن استخدامه ١٥ اطار/١٠٠ قدم مربع.

٥- تفريغ السيلاج:

عند فتح مستودع السيلاج يتم تعرض السيلاج للأكسجين ومع دخول الأكسجين يمكن أن تنمو الكائنات الضارة. والهدف عند تفريغ السيلاج هو تقليل سطح السيلاج المعرض للأكسجين وعند البدء في تفريغ السيلاج يجب المحافظة على السطح المكشوف من السيلاج مستو وأملس قدر الإمكان (توجد بعض الآلات التي صممت من اجل المحافظة على واجهة الكومة مستوية) عند تفريغ السيلاج يتم إزالة جزء من الغطاء البلاستيك عن الجزء الذي سيتم تفريغه واستخدامه في خلال يوم أو يومين ويفضل كحت طبقة عمقها ٦ بوصات من واجهة كومة السيلاج ويبدأ الكحت من بداية السطح المعرض إلى نهايته ومن أعلى إلى أسفل التفريغ السريع مهم جدا خصوصا أثناء الصيف أما في حالة التفريغ بالشكل الصحيح فان الحيوانات يتم تغذيتها على سيلاج طازج.

آلات والمعدات المطلوبة لعمل السيلاج:

١- الحاصدات الأعلاف الخضراء:

يستخدم في حصاد الأعلاف الخضراء المستخدمة في صناعة السيلاج مثل البرسيم والذرة وغيرهما من المحاصيل التي تستخدم في صناعة السيلاج. ويوضح شكل (٤-٣، ب) آلات حصاد الأعلاف الخضراء.



شكل (٤-١٣): آلات حصاد الأعلاف الخضراء



شكل (٤-٣ب): آلات حصاد الأعلاف الخضراء

٢- آلات اللّم:

يستخدم في لم المحصول بعد حشه وتركه على الأرض لرفعه على المعدات المستخدمة في النقل من الحقل إلى مكان تصنيع السيلاج. ويوضح شكل (٤-٤أ، ب) آلات اللّم.



شكل (٤-٤أ): آلات اللّم.



شكل (٤-٤ب): آلات اللّم.

٣- آلة فرم السيلاج:

وتستخدم هذه آلات في فرم وتقطيع النباتات المستخدمة في صناعة السيلاج إلى قطع صغيرة بالمواصفات المطلوبة لعمل السيلاج. ويوضح شكل (٤-٥-هـ، ب) آلات اللم.



شكل (٤-٥-أ) آلات اللم



شكل (٤-٥-ب): آلات اللم

٤- الجرار والمقطورة للنقل:

تستخدم الجرار والمقطورة لنقل المحصول الأخضر الذي يستخدم في صناعة السيلاج من الحقل إلى مكان تصنيع السيلاج. ويوضح شكل (٤-٦أ، ب) الجرار والمقطورة.



شكل (٤-٦أ) الجرار والمقطورة



شكل (٤-٦ب): الجرار والمقطورة

حساب احتياجاتنا من الآلات اللازمة لعمل السيلاج:

عندما يصنع السيلاج بكميات كبيرة في مزارع ضخمة تزيد مساحتها عن ٣٠٠ هكتار فلا بد من تواجد سيلوات ضخمة تزيد طاقتها من عدة آلاف لذا نجري الحساب التالي لاحتياجاتنا من الآلات المختلفة:

نأخذ من معيار تشغيل الآلات طاقة الحصاد المستعملة باليوم، ويقدر عادة ب ١٢ هكتار باليوم، عدد ٤ حصادات عاملة بالحقل بشكل مستمر (مثلاً).

$$٤٨ = ١٢ \times ٤ \text{ هكتار باليوم}$$

$$٦ = ٤٨ \div ٣٠٠ \text{ أيام}$$

يضاف يوم احتياط (مطر ، إصلاحات وغيرها)

$$٧ = ٦ + ١ \text{ أيام حصاد}$$

حاجتنا من اللم والقلب :

إنتاجية اللمامة اليومية : ١٥ هكتار

يتوفر ٢ لمامات $٣ \times ١٥ = ٤٥$ هكتار

$$٦,٥ = ٤٥ \div ٣٠٠ \text{ يوم}$$

$$٦,٥ + ٠,٥ = ٧ \text{ أيام أعمال اللم حسب معيار تشغيل الآلات :}$$

كل آلة لم واحدة تحتاج إلى آليتين نقل علف أخضر إلى السيلو أي تحتاج إلى ٦ آلات نقل وآليتين احتياط.

إذن مجموع الآلات اللازمة :

$$٤ \text{ حصادات} + ١ \text{ احتياط}$$

$$٣ \text{ لمامات}$$

$$٦ \text{ جرارات بقاطرة} + ٢ \text{ احتياط}$$

يرافق الآلات الزراعية السابقة فرقة صيانة وإصلاح متنقلة من محطات الإصلاح الرئيسية وعددها ٢ ميكانيكي.

ما هي حاجة السيلو الذي يتسع إلى ٨٠٠٠ طن علف أخضر من الآلات لإنجاز أعمال الكبس؟

- ١- جرار كبير للنقل واللم والجمع داخل السيلو.
- ٢- ٣ جرار صغير لعمليات الكبس داخل السيلو
- ٣- بعد الامتلاء يقوم الجرار الكبير ليوم كامل بكبس العلف الأخضر بالسيلو.

كيفية حساب حجم السيلو اللازم للمزرعة:

نحسب الاحتياج من السيلوات لكل مزرعة حسب عدد الوحدات الحيوانية للماشية كما يلي:

١- عدد أيام الصيف التي لا يتوفر فيها علف أخضر والتي يعطى فيها عليقة مائة بشكل أساسي من السيلاج، ولنفرض أنها ١٥٥ يوم من العام وكل يوم تستهلك الوحدة الحيوانية للماشية ٣٠ كجم سيلاج. فيكون ١٥٥ يوم × ٣٠ = ٤٦٥٠ كجم سيلاج حاجة الوحدة الحيوانية بالشتاء.

٢- عدد أيام الشتاء التي يتوفر فيها علف أخضر وتستهلك الوحدة الحيوانية عليقة مائة علف أخضر بالإضافة إلى السيلاج ولنفرض أن ٢١٠ يوم في العام كل يوم تستهلك الوحدة الحيوانية من الماشية ٤ كجم سيلاج. ٢١٠ يوم × ٤ = ٨٤٠ كجم لكل وحدة حيوانية.

٣- الكمية التي تحتاجها الوحدة الحيوانية للماشية من السيلاج في العام:

$$٥٤٩٠ = ٨٤٠ + ٤٦٥٠$$

٥٤٩٠ + ٥٤٩ = ٥٤٩٠ فقد ١٠% = ٦٠٣٩ كجم سيلاج في العام للوحدة

الحيوانية.

٤- باعتبار كل ١ م^٣ يتسع إلى ٧٥٠ كجم سيلاج فيكون:

٦٠٣٩ ÷ ٧٥٠ = ٨,٠٥٢ م^٣ احتياج الوحدة الحيوانية من حفرة السيلاج

في حال وجود ٥٠ وحدة حيوانية بالمزرعة فيكون حاجتنا لحفرة سيلاج حجمها بال م^٣ =

$$٨,٠٥٢ × ٥٠ = ٤٠٢,٦ م^٣ حجم الحفرة اللازمة للمزرعة.$$

كيفية حساب كمية السيلاج في السيلو:

إن معرفة سعة حفرة السيلو من السيلاج بالطن أمر بالغ الأهمية لمعرفة ما هي الكميات الموجودة لدى المزارع كي يقوم بتغذية قطيعه على أساس ما لديه من معطيات ويختلف وزن الم^٣ من السيلاج حسب نوع المحصول العلفي المصنع منه السيلاج.

لذا يتم إجراء تجارب على مختلف المحاصيل وتقاس كافة المحاصيل المصنوع منها السيلاج حسب نوع الخلطة ليتم بدقة معرفة وزن المتر المكعب من السيلاج ومن كل نوع. وفيما يلي جدول (٤-١) لبعض المحاصيل:
جدول (٤-١): محاصيل الأعلاف التي تستخدم في صناعة السيلاج.

المحصول العلفي	حالة المحصول أثناء تصنيعه	المحصول مقطع أو غير مقطع	كجم/م ^٣
أعشاب نجيلية	ذابل جيد	غير مقطع	٥٠٠
أعشاب نجيلية	ذابل عادي	غير مقطع	٦٠٠
أعشاب نجيلية	ذابل عادي	مقطع	٧٠٠
أعشاب نجيلية	طازج	مقطع	٧٥٠
ذرة صفراء	طازج	مقطع	٧٥٠
برسيم	طازج	مقطع	٨٠٠
أوراق عشبية	طازج	غير مقطع	٩٠٠
علف أخضر + بطاطا مقطعة	طازج	غير مقطع	٩٥٠
أوراق + كرنب + بطاطا مقطعة	طازج	مقطع	١٠٠٠

يلاحظ اختلاف وزن المتر المكعب من السيلاج من محصول إلى آخر أو من خلطة إلى أخرى.

الفقد الكلي من السيلاج:

تختلف نسبة المادة الجافة في السيلاج ضمن السيلو من مكان لآخر إذ تختلف كثافة السيلاج ونسبة الرطوبة أيضاً من مكان لآخر حسب الضغط الحاصل عليه أثناء عملية كبس السيلاج وطول النبات الأخضر المقطع أثناء عملية الحش إذ يؤدي الكبس غير الكافي والرديء إلى وجود جيوب هوائية في أماكن مختلفة من السيلو مما ينعكس على نوعيته وتعفنه في أماكن متفرقة من السيلاج الناتج وبالتالي خسارة جزء من قيمته الغذائية.

أما بالنسبة للهدر حسب أنواع السيلاج فتختلف أيضاً حسب كمية الرطوبة في المحصول المصنع ويؤدي إلى إنتاج أنواع مختلفة من السيلاج كما هو واضح مما يلي:

- سيلاج رطب نسبة الرطوبة أعلى من ٨٠% ينتج سيلاج غير جيد.

- سيلاج معتدل الرطوبة نسبة الرطوبة فيها ٦٠-٧٩% ينتج سيلاج جيد.

- سيلاج جاف نسبة الرطوبة فيه أقل من ٦٠% ينتج سيلاج وسط.

لذلك فعندما نريد معرفة الفقد الكلي من العلف الأخضر نتبع ما يلي:

١- حساب وزن العلف الأخضر الذي يوضع في السيلو.

٢- حساب وزن السيلاج أثناء تفريره من السيلو.

يشكل مجموع الفقد عادة ٢٠-٢٥% من الوزن الأخضر عند حشه، أما الفقد إلى الحشيش الأخضر المحصود والمذبل والمعرض لأشعة الشمس لمدة يومان فيقدر بـ ٩-١٢%.

ويحصل الفقد نتيجة رشح العصارة (السوائل) الناتجة أثناء عملية الكبس للسيلاج فيتم صرفها لخارج السيلو بواسطة مصرف خاص ويتناسب مقدار السوائل الناتجة طردياً مع كمية الرطوبة التي يحويها الحشيش المسيلج أثناء عملية السيلجة حيث أن المطر في هذه الحالة لا يؤدي إلى عطب السيلاج المصنوع.

بشكل عام يعطي ١٠٠٠ كجم من المادة الخضراء ٨٠٠ كجم سيلاج أي ٨٠% من المادة الخضراء الأصلية، وهذه نسبة عامة لمعظم الأعلاف الخضراء المصنعة إلى سيلاج.

الاعتبارات الهامة عند تصنيع السيلاج:

١- تغيرات هوائية:

وهذه تتم في وجود الأكسجين في الصومعة وتشمل تنفس الخلايا النباتية ونمو الخمائر والفطريات. حيث يؤدي التنفس إلي حرق الكربوهيدرات الذائبة وإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء (كأ^٢+ يد ١٢) وتتطلق الطاقة علي صورة حرارة ترفع من درجة حرارة الكتلة العلفية.. كما أن الخمائر والفطريات تستمر في النمو وأداء التنفس وإنتاج الحرارة حتي ينفذ الأكسجين الموجود في السيلو.

٢- تغيرات لاهوائية :

تبدأ عند نفاذ الأكسجين داخل الصومعة (السيلو) حيث تبدأ البكتيريا اللاهوائية في نشاطها بالإضافة إلي خلايا النبات المتبقية والخمائر والفطريات تستمر في التنفس اللاهوائي يحرق الكربوهيدرات أيضاً وإطلاق حرارة (لكنها أقل كثيراً من الحرارة الناتجة عن التنفس الهوائي) مما يترتب عليه بطئ ارتفاع حرارة الصومعة ولكن أهم النتائج لهذه العملية هي إنتاج الكحول والأحماض العضوية التي منها المتطاير (خليك - بروبونيك- بيوتريك) والغير متطاير (لاكتيك) الذي يعتبر أهم الأحماض العضوية في السيلاج. وهذه الأحماض تلعب الدور الأساسي في حفظ السيلاج وإعطاء الطعم المستساغ.

أهم أنواع البكتريا المنتجة للحموضة:

١- بكتيريا اللاكتيك :

هي بكتيريا اختيارية (تنمو هوائياً ولاهوائياً) ولكن نشاطها يكون أعلي عند نقص الأوكسجين. ويناسبها حرارة ٢٧-٣٧م. ولها القدرة علي تحمل الحموضة العالية.

٢- بكتريا البيوتريك:

هذه تنتج حمض البيوتريك المتطاير الغير مرغوب لأنه يسبب رائحة متزنخة للسيلاج. بجانب أن هذه البكتريا تحلل البروتين إلي أحماض أمينية وأميدات ثم إلي أمونيا مما يتسبب في نقص بروتين المادة المحفوظة. وهي تنشط

في مدي حراري من ٣٠ - ٥٤٠م وكذلك في الحموضة المنخفضة. ويقف نموها عند PH ٤,٢. وعندما تصل حموضة العلف المحفوظ إلي ٣,٧ يقف النشاط البكتيري كلية وبالتالي يحفظ العلف.

٣- تغيرات أخرى:

تتلخص في الآتي:

- ١- حدوث تغير في لون العلف إلي الأصفر الباهت. وهذا عائد إلي إزالة الماغنسيوم من الكلوروفيل بفعل الأحماض العضوية أو نتيجة أكسدة الكاروتين.
- ٢- حدوث روائح كريهة. تنتج عن قلة الهواء بالصومعة وما يتبعه من انخفاض الحرارة المنتجة (٢٠ - ٢٩ م) وحدث تخمرات يسودها حمض البيوتريك.
- ٣- تكون اللون البني الداكن. نتيجة أكسدة المواد العضوية أثناء التنفس الهوائي وارتفاع الحرارة عن ٥٥٠م نتيجة لبقاء كمية كبيرة من الهواء في الصومعة.

الظروف المثلي لعمل السيلاج:

- ١- تتلخص تلك الظروف في التقطيع الجيد للنباتات المستخدمة. مع الكبس الجيد الذي يتبعه وجود كمية هواء تكفي فقط لرفع درجة الحرارة إلي ٢٨ - ٥٣٨م. وهي مناسبة لعمل بكتريا اللاكتيك.
- ٢- والهدف من التقطيع الجيد هو:
- سهولة تعريض محتويات الخلايا لفعل الميكروبات لكي تنمو وتنتج الأحماض التي تخفض الـ PH.
- سهولة الكبس وسهولة اخذ السيلاج من الكومة دون تعريضها لدخول هواء كثير.

الإضافات المستخدمة في عمل السيلاج:

الغرض الأساسي من تلك الإضافات هي حفظ السيلاج مع ارتفاع جودته. وهي تقسم إلى ثلاثة مجموعات أساسية:

١- إضافات تنشيط عملية التخمير في السيلاج:

مثل:

- المولاس والحبوب.

- الأعلاف الجافة.

- مستحضرات بكتريا.

- مستحضرات خمائر.

- الإنزيمات.

٢- إضافات تثبيط عملية التخمير في السيلاج:

مثل:

- الأحماض.

- أملاح الأحماض.

٣- إضافات ترفع القيمة الغذائية للسيلاج:

مثل:

- اليوريا - الأملاح المعدنية.

- حامض البروبيونك. - الحبوب.

- الأمونيا. - ملح الطعام.

- الحجر الجيري

وتعتبر تلك المجموعة من الإضافات أفضل أنواع الإضافات حيث أنها لا ترفع فقط من القيمة الغذائية للسيلاج. بل تساعد أيضاً في عمليات التخمير.

وسنتكلم بصفة عامة علي أثر إضافة بعض المواد المساعدة علي حفظ السيلاج وارتفاع جودته.

١- لكون السكريات (الكربوهيدرات) هي المادة الأساسية في إتمام عملية التخمير. وفي حالة عدم وجود كمية كافية منها فإن النشاط البكتيري يتجه إلي هدم البروتين للحصول علي الطاقة مما يقلل من القيمة الغذائية للسيلاج. علاوة علي التأثير السيئ للمركبات النيتروجينية الناتجة علي طعم ورائحة السيلاج. ونلاحظ أن المحاصيل البقولية والنجيلية الصغيرة فقيرة في المحتوى من الكربوهيدرات مع ارتفاع نسبة الرطوبة عن ٧٠%. وبالتالي تصبح كفاءة التخمير قليلة.. ولضمان جودة التخمير وبالتالي ارتفاع نوعية السيلاج يجب إضافة مواد كربوهيدراتية بنسبة ٥،٠ - ١٠% من مادة العلف المحفوظ مثل:

أ- المولاس:

حيث أنه يحتوي علي ٥٠ - ٦٠% سكر ويضاف بمعدل ١٤ - ١٨ كجم/طن للبقوليات أو ٩ - ١١ كجم/طن للنجيليات.

ب- الحبوب المطحونة:-

مثل الذرة المجروشة - الشعير - القمح - الذرة الرفيعة - السورجم بمعدل ٧٠ - ٩٠ كجم/طن بقلويات و ٣٠ - ٣٥ كجم/طن للنجيليات. وتفضل الحبوب المطحونة عن المولاس في حالة الأعلاف العالية الرطوبة حيث أنها تمتص الرطوبة الزائدة وتقلل الرشح.

٢- طالما أن هدف التخمير هو إنتاج حمض اللاكتيك والخليك لرفع الحموضة لدرجة كافية لوقف النشاط البكتيري. فإنه يمكن الوصول لنتيجة مماثلة لارتفاع الحموضة بإضافة الأحماض المعدنية مثل حمض الكبريتيك أو الهيدروكلوريك بمعدل ١٢ - ١٦ لتر حامض مخفف لكل طن علف. وهذه النسبة سترفع حموضة العلف إلي ٣,٦ - ٤ وتوقف نشاط الخلايا وتحفظ البروتين والكاروتين من التحلل وتعطي سيلاج جيد الطعم ولكنها مكلفة وقد تسبب ضرر للسيلو أو للعاملين. يلاحظ في حالة هذا النوع من

السيلاج إعطاء الحيوان بيكربونات الصوديوم في غذائه لمعادلة أثر الحموضة المضافة.

٣- إن خفض نسبة الرطوبة في المحاصيل العالية الرطوبة قبل كبسها إلى ٦٠ - ٦٨% (وذلك بالسماح لها بالذبول الجزئي بعد قطعها) تعطي سيلاج جيد مستساغ. وتخلق ظروف أفضل لنشاط بكتيريا حامض اللاكتيك ويثبت نشاط - بكتيريا حامض البيوتريك. أو يمكن استخدام المواد المعدلة للرطوبة مثل قوالمح الذرة - الحبوب المجروشة أو الدريس المطحون وذلك لامتصاص السوائل العصيرية والرطوبة الزائدة وتقليل فقد المواد الغذائية بالرشح (طن سيلاج يحتاج إلى ١٨٠ كجم دريس جاف ليعدل محتوى الرطوبة من ٦٥ - ٧٥%).

٤- يمكن الحفاظ علي السيلاج بإضافة مواد معقمة مثل الفورمالدهيد أو ثاني أكسيد الكبريت بمعدل ٢,٧ كجم/طن. أو ميتابيسلفيت الصوديوم بمعدل ٣,٦ كجم/طن.

٥- إن إضافة المزارع الغنية ببكتيريا حامض اللاكتيك إلى العلف لتشجيع تكوين هذا الحامض يساعد علي إعطاء سيلاج جيد. بشرط توفر السكريات بدرجة ملائمة في نفس الوقت.

٦- في حالة الاحتياج إلي رفع نسبة بروتين السيلاج. يمكن إضافة اليوريا إلي السيلاج حيث إنها تؤدي إلي رفع نسبة البروتين نتيجة لفعل الميكروبات في السيلاج في تخليق البروتين به (مثل عمل البكتيريا في الكرش). وكذلك تزداد الأحماض الأمينية الموجودة في السيلاج وتزداد نسبة معامل هضم البروتين وعادة يستخدم نسبة ٠,٥% (٥٠٠ جم يوريا لكل ١٠٠ كجم سيلاج). وقد يستعاض عن اليوريا بكبريتات الأمونيوم أو محلول الأمونيا.

وبالتالي نستطيع أن نلخص القواعد الأساسية لنجاح عمل السيلاج في الآتي:

- أ- استبعاد الهواء وعدم وجود الأوكسجين.
- ب- وجود نسبة رطوبة تتراوح من ٦٥ - ٧٠%.
- ت- تشجيع ارتفاع حرارة الكتلة العلفية إلي حوالي ٢٧°م.

ث- توفر مقدار كبير من الكربوهيدرات القابلة للتحلل بواسطة بكتيريا حمض اللاكتيك.

ج- الكبس الجيد في المكورة واستخدام غطاء جيد محكم لمنع دخول الهواء

الحكم على جودة السيلاج:

يتم الحكم على جودة السيلاج من خلال الأداء الانتاجي للحيوان المغذى على السيلاج هو المقياس العملي لجودة السيلاج ولكن قبل التغذية عليه يجب ان تجرى الاختبارات التالية:

- الاختبارات الحسية (لون - قوام - رائحة)
- التحليل الكيماوي (تقدير محتوى السيلاج من المادة الجافة - البروتين - الدهن - الأملاح المعدنية - الطاقة)
- تقدير الـpH - الأحماض الدهنية - حامض اللاكتيك - حمض الخليك - حمض البيوتريك

ملخص للحكم على درجة جودة السيلاج :

السيلاج الجيد جدا:

- نظيف
- الطعم حامضي
- لا يوجد حمض البيوتريك
- لا يوجد عفن وغير لزج
- لا تحلل للبروتين
- pH من ٣,٥ - ٤,٥
- النيتروجين على صورة الامونيا اقل من ١٠% من النيتروجين الكلى
- متجانس من ناحية الرطوبة
- اللون اخضر أو بني فاتح

- الطعم مقبول وغير مر أو لاذع

ويوضح شكل (٧-٤) شكل السيلاج الجيد.



شكل (٧-٤): شكل السيلاج الجيد

السيلاج الجيد:

- الطعم حامضي
- يوجد آثار من حمض البيوتريك
- pH من ٤,٢ - ٤,٥
- النيتروجين على صورة أمونيا يكون من ١٠ - ١٥% من النيتروجين الكلي
- متجانس من ناحية الرطوبة
- لا يوجد عفن وغير لزج
- لا تحلل للبروتين
- اللون اخضر أو بني فاتح
- الطعم مقبول غير مر وغير لاذع

السيلاج المقبول:

- توجد كميات قليلة من حمض البيوتريك
- ربما يوجد القليل من التحلل البروتيني مع بعض العفن

- pH من ٤,٥ - ٤,٨
 - النيتروجين على صورة الامونيا يكون من ١٥-٢٠% من النيتروجين الكلى
 - لون السيلاج يتراوح من البني إلى البني الغامق
- السيلاج الغير جيد (الردئ):**

- رائحة غير جيدة ترجع إلى حمض البيوتريك والتحلل العالي للبروتين
- يوجد الكثير من العفن
- حمضي اقل
- pH اكبر من ٤,٨
- النيتروجين على صورة أمونيا اكبر من ٢٠% من النيتروجين الكلى
- اللون يميل إلى الأسود نوعاً
- لا يجب التغذية عليه

بعض التطبيقات الحديثة :

١- إنتاج السيلاج من البرسيم في مصر :

هي أحد المحاولات الجادة للاستفادة إما من الحشوات الأولى من البرسيم عالية الرطوبة والبروتين ومنخفضة الألياف والدهن نسبياً ولكنها تسبب حالات انتفاخ وإسهال للحيوانات المغذاة عليها. أو لسرعة إخلاء الأرض في حالة زراعة القطن بعد برسيم التحريش لإعدادها بصورة جيدة لإمكانية زراعة القطن في ميعاد مناسب وظروف بيئية ملائمة مما يزيد من المحصول الناتج .

ويراعي الآتي عند عمل الكمورة :

١- تغليف أرضية الكومة بالمشمع البلاستيك ويتم وضع ٥-٤ طبقات من البرسيم علي أن تسوي وتكبس كل طبقة جيداً وبعد إتمام عمل الكومة يضغط كل محتوى الكومة إما بالجرار أو بأي وسيلة ضغط (برميل مملوء

- ماء أو رمل) لكي نتخلص من أكبر كمية هواء موجودة بالحفرة. ثم يتم تغطية الحفرة بنفس المشمع البلاستيكي الموجود علي حواف الحفرة ثم يتم تغطية المشمع بطبقة من التراب أو الرمل.
- ٢- لتنشيط ميكروبات السيلاج (خاصة في حالة النباتات منخفضة المحتوى من المواد السكرية) يضاف ٢-٣ % مولا.س.
- ٣- يجب تعديل نسبة الرطوبة في المادة المستخدمة المراد حفظها بتقليلها لتصل إلي المدي الجيد وهو ٦٥-٧٠ % رطوبة. فإذا كانت المادة عالية الرطوبة يضاف إليها مادة خشنة لامتصاص الرطوبة ومعادلة نسبتها (حطب ذرة أو أتبان البرسيم بنسبة ١:٦). أي ٥٠٠ كجم حطب لكل ٣٠٠٠ كجم برسيم. أو قد يستخدم أسلوب التذليل.
- ٤- يتم فتح الكومة بعد (٥) أسابيع وهو الحد الذي تكون فيه الميكروبات المفيدة قد وصلت إلي أعلى درجة من النشاط وأنتجت كمية كافية من الأحماض لحفظ المادة النباتية المستخدمة وبذلك يكون قد نضج السيلاج ويمكن التغذية عليه. ويراعي أن تكون الفتحة التي يؤخذ منها السيلاج صغيرة لتسمح بإخراج السيلاج وعدم دخول الهواء بكميات كبيرة علي أن تغلق جيداً بعد أخذ المطلوب وتغطي بالتراب أو الرمل مرة أخرى. ويراعي عند أخذ السيلاج من الحفرة أن يتم بطريقة التقطيع من أعلى إلي أسفل.
- ٥- يلاحظ أنه يجب أن تكون الكمية المأخوذة تكفي لحاجة حيوانات المزرعة طوال اليوم وأن يتم أخذ الكميات بسرعة حتى لا تتعرض الكومة للهواء فترات طويلة.
- ٦- عند بدء التغذية علي السيلاج . يتم ذلك بصورة تدريجية (٢٠٠ جم للغنم والماعز ، ٢ كجم للحيوانات الكبيرة في اليوم ثم تزيد تدريجياً إلي المعدلات المطلوبة في خلال الأسبوع الأول من التغذية) يراعي عند تغذية الحيوانات المجترة علي السيلاج أن لا تزيد كمية السيلاج للحيوان يومياً عن ١ كجم بالنسبة للأغنام والماعز و ٩ كجم للأبقار البلدي و ١٢ كجم للأبقار الأجنبية و ١٥ كجم للجاموس بجانب تقديم العلف المركز حسب الإنتاج (لين - لحم).
- ٧- لاحظ أن القيمة الغذائية الموجودة في (١) طن سيلاج تعادل القيمة الغذائية في ٢٥٠ كجم علف مركز (معامل الاستبدال ٤:١).

٢- إنتاج السيلاج من زعازيع القصب:

في موسم حصاد القصب (يناير حتي مايو) يحصل المزارعون علي كميات كبيرة من زعازيع القصب تزيد عن حاجة حيواناتهم مما يجعل هناك نسبة فقد عالية جداً من هذا العلف (والذي يزيد الفقد هو توفر الأعلاف الخضراء خلال هذه الفترة).

ولكون هناك وفرة من الأعلاف الخضراء شتاءً وعجزاً كبيراً منها صيفاً .. وكمحاوله لسد الثغرة بين كميات العلف المتوفرة واحتياجات المزارع من تلك الأعلاف صيفاً . يجب حفظ هذا الفائض الضخم من الزعازيع خلال الشتاء والربيع واستغلالها صيفاً حتي تتاح الفرصة لإمكانية تغذية الحيوانات في الفترة المنخفض بها إنتاج الأعلاف الخضراء.

ويستخدم نفس الأسلوب السابق في عمل سيلاج البرسيم لإتمام عمل سيلاج زعازيع القصب. ويراعي نفس الاحتياطات ويقدم للحيوان نفس المقررات تقريباً.

٣- سيلاج بنجر العلف:

لإمكانية إخلاء الأرض لزراعته بمحصول آخر ولكون بنجر العلف سريع التعرض للتلف عند التخزين . كان حفظه بالسيلجة هو أسلوب جيد . حيث يستخدم أسلوب الحفظ إما في حفر أو بناء عند مستوي سطح الأرض . حيث يتم اتباع الخطوات التالية:

أ- يتم فصل العروش عن الجذور (عدم الفصل يعيق عمل ماكينات التقطيع فيما بعد).

ب- يترك البنجر لمدة ١-٢ أسبوع علي فرشاة سميكة من المواد الخشنة (تين - حطب - قش) حتي لا يتلوث بالتراب ولامتصاص العصارة الناتجة . علي أن يكون المكان جيد التهوية مظلل ويتم تركها إلي أن تصل نسبة الرطوبة إلي ٨٠ % (٢٠ % مادة جافة).

ت- يقطع البنجر بماكينه خاصة ويخلط البنجر المقطع بتبن قمح أو فول أو حطب ذرة أو قوالح مفرومة بواقع ١٠٠ - ١٥٠ كجم / طن بنجر وذلك بغرض زيادة نسبة المادة الجافة ولكي تنتشر العصارة الناتجة من البنجر.

ث- يمكن لزيادة نسبة البروتين في السيلاج إضافة اليوريا بواقع ٥ كجم / طن بنجر علي أن تذاب في كمية من الماء ويرش المحلول بانتظام علي البنجر المقطع.

ج- نظراً لسرعة تخمر سكريات البنجر لذا يجب الإسراع بإنهاء ملء وتغطية الكومة بالبلاستيك ثم بطبقة جيدة من التراب (حوالي ٣٠سم) ثم تكبس جيداً.

ح- يتم عمل ٢-٣ فتحة في كل جدار من جدران الكومة تفتح عند اللزوم لتصريف العصير الزائد عند زيادة نسبة الرطوبة عن الحد المناسب. علي أن يتم غلق تلك الفتحات بعد تمام الصرف لهذا العصير.

٤- سيلاج عيدان الذرة الخضراء والرفيعة :

إن مساحات الذرة المنزرعة في مصر سنوياً حوالي ٢ مليون فدان وقد استحدثت أنواع جديدة بها نضج الحبوب ومازالت عيدانها خضراء كما في شكل (٤-١٨)، وهذه تعتبر ثروة غذائية يمكن الاستفادة منها لحفظها في صورة سيلاج، حيث يتم تقطيع العيدان الخضراء بعد حصاد الكيزان وتترك قليلاً لتذبل ليصل بها نسبة الرطوبة إلي الدرجة المثالية لعمل السيلاج (٦٥-٧٠ %) أي تحتوي علي مادة جافة من (٣٠-٣٥ %). حيث يتم عمل فرشاة من مادة خشنة (تين - حطب - قش) ثم يضاف فوقها عيدان الذرة الخضراء مقطعة ثم يتم الكبس جيداً وتغطي جيداً ولضمان جودة التخمر وبالتالي ارتفاع القيمة الغذائية للسيلاج يمكن إضافة مواد كربوهيدراتية مثل المولاس بنسبة (١-٢ %) وفي حالة الاحتياج إلي رفع نسبة بروتين السيلاج يمكن إضافة اليوريا بنسبة (٠,٥-١ %).

٥- سيلاج الذرة :

في حالة زيادة مساحات الذرة المنزرعة في مكان ما. ولكون حبوب الذرة تحتوي علي نسبة جيدة من المواد الكربوهيدراتية الصالحة للتخمر فإنه في هذه الحالة يمكن سيلجة نبات الذرة كاملاً كما في شكل (٤-٨ب) حيث أنه يعتبر من أفضل المحاصيل المناسبة للحفظ في صورة سيلاج. خاصة وأنه نبات يعطي كمية كبيرة من العلف الأخضر .

والعامل المؤثر في نجاح السيلجة لنبات الذرة. أن يكون الذرة في المرحلة المناسبة من النضج . حيث يترك النبات حتي تتكون الحبوب اللبنية . ويجب أن يتم

الحصاد سريعاً خلال هذه الفترة حيث أن نسبة المادة الجافة في نبات الذرة تكون من ٣٠-٣٥% (رطوبة ٦٥-٧٠%) وهي النسبة المثالية لعمل السيلاج . حيث يتم عمل السيلاج بنفس الوسائل السابق ذكرها بأن يتم فرش طبقة مادة خشنة لامتصاص أي عصارات ثم تقطع عيدان الذرة بالكيزان . وترص فوق طبقة المادة الخشنة وتكبس جيداً ثم تغطي جيداً .



شكل (٤-١٨): عيدان الذرة الخضراء التي تصلح شكل (٤-٨ب): نبات الذرة كاملاً لعمل السيلاج

لاحظ :

أ- لو تم صنع السيلاج من ذرة غير ناضجة قبل تكوين الحبوب (تحتوي علي ٢٠-٣٥% كربوهيدرات ذائبة كالسكريات). فإن هذه الكربوهيدرات الذائبة تتخمّر بسرعة كبيرة منتجة حمض اللاكتيك ووجد أن ٧٤-٨٠% من هذا الحمض تكون في صورة (D) .. و ٢٠-٢٥% تكون في صورة (L) والمعروف أن الصورة (D) لحمض اللاكتيك تعتبر سامة للمجترات عند إستهلاكها بصورة كبيرة أو إذا إضيفت إلي علائق الحيوانات بصورة سريعة وبدون تدرج .وبالتالي إذا استهلكت الحيوانات كمية كبيرة من سيلاج الذرة الغير ناضجة (عالي الرطوبة) فإنها سوف تعاني من ارتفاع الحموضة بالكرش وإنتاج حامض اللاكتيك أيضاً بسرعة كبيرة في الكرش بفعل الميكروفلورا مما يسبب امتناع الحيوانات عن تناول الغذاء مع اضطرابات بالكرش.

ب- سيلاج الذرة الغير ناضج والعالى الرطوبة يتحلل نسبة كبيرة من محتوى البروتين به إلي نيتوجين غير بروتيني يستهلك بكفاءة ضعيفة من قبل الحيوان.

ت- لكون نسبة رطوبة سيلاج الذرة الغير ناضج عالية مع إنخفاض نسبة المادة الجافة فإن هذا النوع من السيلاج يكون سائلاً بدرجة كبيرة مما يؤدي إلي فقد كميات كبيرة من الطاقة في صورة عناصر غذائية ذائبة في السوائل المتسربة عند ضغط السيلاج.

ث- أما في حالة زيادة نضج الذرة أكثر من اللازم تقل نسبة الرطوبة مما لا يتيح حفظها بصورة جيدة كسيلاج . كما أن التخمر الهوائي الذي يتم بواسطة الخمائر والفطريات (أكسدة الكربوهيدرات إلي ثاني أكسيد الكربون والماء) تزداد بصورة كبيرة مما يؤدي إلي فقد الشديد في الطاقة والبروتين لذا يجب في هذه الحالة استخدام التقطيع الدقيق والتخزين الجيد لمنع الفساد بتقليل كمية الهواء بالسيلو.

ج- إذا ارتفعت المادة الجافة لنبات الذرة عن ٤٠ % فإنه يزداد الفقد في الأوراق ويصبح الحفظ أقل جودة.

ح- إن سيلاج الذرة يحتوي في المتوسط علي ٨,٣ % بروتين خام (المدى من ٦,٥-١٤ %) لذا يمكن لزيادة نسبة البروتين الخام إلي ١٢ % إضافة النيتروجين غير بروتيني مثل . اليوريا والأمونيا التي بجانب أنها تزيد من نسبة البروتين فإنها تقلل نمو العفن وتقلل تحلل بروتينات النبات الأصلية .

وبالتالي ولارتفاع نسبة البروتين الخام يكون هذا النوع من السيلاج مفيد لحيوانات اللبن عالية الإدراة ولحيوان اللحم وعامة يقدم للحيوانات المقررات السابق ذكرها مع وجود الأعلاف المركزة والمواد الخشنة .

ما يجب مراعاته عند زراعة الذرة بغرض عمل السيلاج :

- ١- زراعة الأصناف عالية الإنتاج
- ٢- زراعة النباتات بكثافة ٣٠ ألف نبات للفدان
- ٣- الزراعة على عروات (١٠-١٥) يوم
- ٤- إتباع المعاملات الزراعية السليمة مع التبيكير في الزراعة

٥- الحصاد في الميعاد المناسب (الطور العجيني)

ما يجب مراعاته في حالة شراء الذرة بغرض عمل السيلاج:

- ١- شراء الأصناف القصيرة وخاصة الصفراء
- ٢- توريد الكميات اليومية المناسبة لكفاءة تشغيل الماكينات الموجودة بالمزرعة
- ٣- إمكانية التوقف عن التوريد في حالة تعطل ماكينات تصنيع السيلاج لحين إصلاحها
- ٦- سيلاج عروش بنجر السكر :

إن التوسع في زراعة نبات بنجر السكر . لإنتاج السكر ولكون الجزء المستفاد منه في هذا النبات هو الدرناات . فإنه يتبقي عندنا العروش الخضراء وبكميات كبيرة في فترة زمنية محددة لذا يمكن حفظها بالسليجة حيث يتم تذييل هذه العروش بعد فصلها عن درناتها لتصل نسبة رطوبتها إلي ٦٥ - ٧٠ % حيث يتم وضع فرشاة من مادة خشنة توضع عليها العروش وتكبس جيداً حيث تغطي جيداً . ويمكن كما سبق القول إضافة المولاس بنسبة ١-٢ % لتحسين وإسراع عملية التخمر وإضافة اليوريا بنسبة ٠,٥ - ١ % من المادة الجافة (الطن به ٣٠٠ كجم مادة جافة تحتاج إلي ١,٥ - ٣ كجم يوريا) لزيادة نسبة البروتين الخام في السيلاج الناتج .

٧- السيلاج السائل من بقايا الأسماك :

قامت الباحثة إلهام واصف (١٩٩٠) بدراسة إمكانية الحصول على سيلاج من بعض أنواع الأسماك التي ليست لها قيمة تسويقية أو من الأسماك ذات الأحجام الصغيرة. وقد عرف سيلاج الأسماك تبعاً لهذه الدراسة بأنه ذلك المنتج الذي نحصل عليه في الصورة السائلة وذلك عند إضافة حامض عضوي أو غير عضوي لمفروم الأسماك الطازجة التي ليست لها قيمة تسويقية. وتسمى هذه العملية "إعداد السيلاج Ensilage" وهي تقنية لحفظ البروتين الحيواني (السمكي) في الصورة الرطبة دون أن يصبه التلف. وتتخلص فكرة إعداد السيلاج بأنه عند إضافة الحامض إلى الأسماك تنخفض درجة تركيز أيون الأيدروجين pH حتى الدرجة التي تمنع بكتريا التعفن تماماً عن العمل وفي نفس الوقت يحدث عملية تكسير ذاتي Autolysis

للأنسجة فتتحول إلى سائل بفعل الإنزيمات الموجودة طبيعياً في الأسماك ، وبالتالي تحدث إذابة للمواد البروتينية وتتحول إلى مواد نيتروجينية بسيطة التركيب. وكذلك تتحول المواد الدهنية أيضاً إلى الصور البسيطة نسبياً .

وتهدف فكرة إعداد السيلاج إلى الإستفادة من مخلفات مصائد الأسماك والتي يطلق عليها عفشة الأسماك "Trash fish" حيث يتم تحويلها إلى سيلاج الأسماك وإستخدامه كمصدر للبروتين الحيواني وقد أظهرت الأبحاث الحديثة في مجال الإستفادة من سيلاج الأسماك ليحل محل مسحوق السمك المرتفع الثمن إحصائياً كاملاً أو جزئياً ناجحاً بالنسبة لبعض أنواع أسماك المياه الباردة مثل السالمون في علائق الحيوانات والأسماك المستزرعة. بالرغم من عدم إنتشار هذا النوع من الغذاء الحيواني في مصر إلا أنه يقدم بطريقة بسيطة وغير مكلفة ويعتبر من طرق حفظ البروتين السمكي.

ويهدف هذا البحث إلى :

- ١- إعداد سيلاج أسماك جيد يحتفظ بعناصره الغذائية ثابتة وذلك بإختيار نوعين من عفشة الأسماك : العائمة والقاعية المصيدة من منطقة الإسكندرية كمصدر للمياه الخام وذلك لاستخدامه في إعداد علائق لتغذية أسماك المزارع وخاصة الدنيس.
- ٢- تقدير التغيرات التي حدثت في القيمة الغذائية للمنتج وذلك بقياس محتواه من البروتين ، الدهون ، الأحماض الأمينية الأساسية والرطوبة والرماد.
- ٣- دراسة التغيرات التي حدثت في القيمة الغذائية للسيلاج أثناء التخزين تحت الظروف الطبيعية في مصر.
- ٤- تحديد الوقت الأمثل لاستخدام السيلاج في إعداد العلائق لتغذية الأسماك المستزرع.

وقد أثبتت نتائج البحث ما يلي :-

- ١- صلاحية كل من نوعي الأسماك تحت الدراسة لإنتاج سيلاج جيد وثابت من ناحية القيمة الغذائية، ذات محتوى بروتيني يبلغ ٧٣ %، ٦٤ % بالنسبة للوزن الجاف على التوالي.
- ٢- التحليل الكمي للأحماض الأمينية الأساسية للسيلاج أثبتت أنه يحتوى على كميات من تلك الأحماض تفي بالإحتياجات الغذائية للأسماك المزمع تغذيتها به.

- ٣- يمكن حفظ السيلاج لفترة تصل إلى ٩ شهور في درجة حرارة تراوحت بين ١٠ ، ٣٠ درجة مئوية دون أن يصيبه أي تلف.
- ٤- يوصي البحث باستخدام السيلاج في علائق الأسماك بعد إعداده بفترة لا تقل عن شهر حيث تصل نسبة إذابة النيتروجين إلى أقصى قيمة لها.

التغذية

- ١- يتم التغذية بعد تمام عملية السيلجة أي بعد ٥ أسابيع . مع تنفيذ نفس الاحتياطات المذكورة سابقاً عند التغذية علي السيلاج.
- ٢- ينصح في حالة تغذية الحيوانات الحلابة. أن لا يخزن السيلاج في حظيرة الحيوانات وأن تتم التغذية عليه بعد الحليب وليس قبله (٨-٦ ساعة قبل الحليب) حتي لا تظهر رائحة السيلاج في اللبن. مع وجوب تهوية الحظيرة جيداً. ونقل اللبن فور الحليب بعيداً عن الحظيرة.
- ٣- لا يقدم لعجول عمرها أقل من ٤ شهور.
- ٤- يفضل إضافة بيكربونات الصوديوم في العلائق لمعادلة الحموضة الزائدة.
- ٥- الكميات المقترحة تكون ٢٥-٢٠ كجم/رأس/يوم لحيوان اللبن ٥ كجم/رأس/يوم لعجول وعجلات عمر ٦-٥ شهور، ٤ كجم / ١٠٠ كجم وزن حي لعجول وعجلات كبيرة .

مع استكمال الاحتياجات حسب الإنتاج بالأعلاف المركزة.

المشاكل التي تواجه عمل السيلاج المنتج :

يوضح جدول (٤-٢) المشاكل التي تواجه عمل السيلاج وكيفية حلها.

جدول (٤-٢): المشاكل التي تواجه عمل السيلاج وكيفية حلها

المشكلة	السبب	الحلول (الإدارة وتجنب المشكلة)
رقم الـ pH مرتفع	تخمير بطيء يؤدي إلى إنتاج حامض البيوتريك نمو خمائر تكون رائحة كحولية نمو بكتيريا الباسيلاس Bacillus (الرائحة ترابية مع ارتفاع حراري)	- إذا كان حامض البيوتريك فحدد الكمية المقدمة - إذا كان السيلاج بنياً يمكن وضعه في خلطة كاملة الحلول: - أحصد في وقت مناسب - إقطع العشب قطعاً مناسباً - أسرع في تعبئة السيلو - أكبس العشب جيداً - أضف مادة ملقحة
السيلاج بني نتيجة زيادة حرارة التخمر	نمو الخمائر نمو بكتيريا الباسيلاس Bacillus نمو اسيتوباكتر Acetobacter في سيلاج الحبوب	يمكن إطعامه ولكن تجنب إطعام السطح العلوي. الحلول: - أكبس العشب جيداً - أسرع في تعبئة السيلو - اقطع العشب قطعاً مناسباً - اكبس وأغلق السيلو تغطية جيدة وبسرعة
السيلاج المعفن	قد يأتي الفطر من الحقل قد يتواجد في الهواء نتيجة للكبس غير الجيد (تتكون طبقات من السيلاج المتعفن) أو قد تتكون كتل على السطح العلوي	الحذر الشديد: إذا شككت أن السيلاج الذي عبأته ذلك اليوم يتواجد به عفن فلا تطعمه، تخلص من المنطقة التي يتواجد بها العفن

وقد تكون رائحة السيلاج المنتج متفاوتة وفقاً لطريقة التصنيع أيضاً كما هو مبين في جدول (٤-٣)، كما يبين جدول (٤-٤) مصادر الفقد ونسبته والعوامل المؤثرة عليه نتيجة الخلل في صناعة السيلاج. ويبين الجدول (٤-٥) النقاط الأساسية الحرجة في صناعة السيلاج.

جدول (٤-٣): الرائحة المتواجدة في السيلاج

الرائحة	خصائص الرائحة والتفسير لهذه الرائحة
طفيف، حامضية، رائحة اللبن	تخمير لاكتيكي جيد ومرغوب
ذو رائحة خفيفة لكنها حلوة الرائحة	سيلاج كثير الرطوبة مع تخمر خفيف خاصة من محصول سكرياته خفيفة / الرائحة تقوى إذا تم تخفيف الرطوبة
حلو، رائحة الفواكه المخمرة، رائحة كحولية	لعبت الخمائر دوراً في التخمر، مستوى الإيثانول عال، هذا السيلاج غير مستقر في مرحلة الإطعام
رائحة الخل الحامض	تخمير فقير غلب عليه البكتيريا المنتجة لحامض الخليك (الأستيك). إن هذا العشب كثير الرطوبة قليل المادة الجافة وقليل بالسكريات
رائحة زبدة متزنخة، رائحة متعفنة	تخمير فاسد غلب عليه بكتيريا الكوليستريديا والمنتجة لحامض البيوتريك أو السيلاج كثير الرطوبة، يتواجد به لزوجة
الرائحة برائحة الدخان أو السكر المحروق وبرائحة الكراميل	درجة حرارة السيلاج ارتفعت وأصبح اللون بنيّاً مستساغ للحيوانات إلا أن قيمته الغذائية منخفضة
رائحة عتيقة، متعفنة وبرائحة تخمر ضعيفة	السيلاج متعفن، الكبس والإغلاق غير محكمين وظهور سيلاج معرض للهواء واضح ويظهر كتل من السيلاج مثل فضلات الماعز، التناول من هذا السيلاج ضعيف وبعضه يجب رفضه

جدول (٤-٤): مصدر الفقد ونسبته والعوامل المؤثرة

العوامل المؤثرة	نسبة الفاقد %		المصدر
	الفقد العالي	الفقد القليل	
الطقس، التذليل، نوع الحصاد والطول	٥ إلى	٢	تنفس النبات خلال التذليل
إحكام الإغلاق، نوع القطع، نسبة المادة الجافة	٢ إلى	١	التنفس في السيلو
نوع القطع، مقدار المادة الجافة في المحصول، نوع السيلو، الإضافات	٧ إلى	٥	العصارة
مقدار المادة الجافة في المحصول	٤ إلى	٢	نوعية التخمر الحاصل الأولي
نوع المحصول، المادة الجافة، الإضافات.	٥ إلى	صفر	تخمر ثانوي إذا لم يكن التخمر اللاكتيكي
سرعة التخزين، إحكام الغلق، نوع السيلو	١٥ إلى	صفر	التلف السطحي أثناء التخزين
وسيلة القطع، نوع السيلو	١٥ إلى	صفر	التلف السطحي أثناء إخراج السيلاج للتغذية
	٤٠ إلى	٨	

المصدر: Wilkinson, 83, Lallemand 2002

جدول (٤-٥): النقاط الأساسية الحرجة في صناعة السيلاج

الهدف	النقاط
للتقليل من التلوث بالفطريات والخمائر	١. نظف منطقة السيلاج القديم
لتحضير الطاقة في النباتات من اجل بيئة مناسبة للبكتيريا المنتجة لحمض اللاكتيك	٢. قلل من الرطوبة
للتقليل من الأوكسجين المحتجز	٣. قطع العشب التقطيع المناسب
للتقليل من ارتفاع الحرارة والطاقة والخسائر للعناصر الغذائية	٤. لتكن رطوبة العشب مناسبة للسيلجة
للتقليل من الأوكسجين المحتجز	٥. رص جيد
للتقليل من نفاذ ماء للكتلة العشبية أو دخول الأوكسجين	٦. التغطية الجيدة بالبلاستيك
حتى يتم التخمير كاملاً	٧. أبق الإغلاق لمدة أسبوعين لثلاثة أسابيع
لمنع حدوث فساد هوائي	٨. عند فتح السيلاج أقطع ١٠ سم من الوجه يومياً على الأقل
لمنع حدوث فساد هوائي	٩. أبق وجه السيلاج عمودياً ناعماً
لتزيد البكتيريا المنتجة لحمض اللاكتيك ولحفظ الأس الهيدروجيني بسرعة	١٠. استعمل مادة حافظة من نوعية ممتازة

ملخص

- لتحقيق سيلاج ذو نوعية ممتازة يجب القيام بما يلي:
١. يتم تسوية الأرض بحيث يكون السطح مستقيماً ويتم إزالة الحجارة ويتم تحديد موعد إضافة الأسمدة وتحضير الأدوات وتهيئة السيلو وتنظيفه.
 ٢. يتم اختيار نوع الذرة والهجين الذي سيستعمل والمناسب للظروف المحلية وكذلك النوع المطلوب من جهة الكمية المطلوبة والطاقة والبروتين التي سيوفرها هذا النوع.
 ٣. إن أسس عملية التخمير الناجح هو وجود مواد كربوهيدراتية ذائبة في الماء (Water Soluble Carbohydrate) قادرة على إنتاج حامض اللاكتيك متخطية القدرة الدائرة للعشب Buffering Capacity ومنخفضة الأس الهيدروجيني (pH) للكتلة العشبية وذلك لحفظ دائم لهذه الكتلة.
 ٤. يتم الحصاد في أحسن نسبة للرطوبة وفي مرحلة النمو لأكثر قيمة للعناصر الغذائية.
لتكن جميع آلات الحصاد جاهزة قبل موعد استعمالها.
يتم الحصاد على درجة رطوبة معينة ففي السيلوهات المستعملة لدينا وهي السيلو الخندقي تكون الرطوبة ٦٥ - ٧٠% أي نسبة المادة الجافة ٣٠ - ٣٥%.
 ٥. إن تذليل الأعشاب المحصودة يحسن من التخمير وذلك عن طريق زيادة تركيز المواد الكربوهيدراتية الذائبة ويخفف من نشاط البكتيريا غير المرغوب بها ويقلل من خسارة كبيرة للعناصر الغذائية في الراشح (Effluent Loss).
إن التذليل يجب أن يكون سريعاً وذلك للتقليل من تعريض الكتلة العشبية للخسائر عبر تعرضها للأكسجين في الحقل أو في أوائل مرحلة الخزن Respiration.
 ٦. إن من الضروري تقطيع العشب تقطيعاً صغيراً مناسباً وذلك لزيادة سرعة التخمير للعناصر الغذائية وتحسين رص هذه الكتلة العشبية.
تقطيع الذرة للحصول على تقطيع ما بين ١,٥ - ٢ سم.

تأكد بأن الأكواز للذرة تم جرح ٥٥ إلى ٦٤% من حيوب الذرة من أجل التخمير الجيد

أبق السكاكين للقطاعات حادة طوال تملئة السيلو

٧. إستعمل ملقح ثبتت فعاليته من إنتاج شركة معروفة علماً بأن الملقحات نوعين أحدهما لتشجيع إنتاج حامض اللاكتيك والآخر الحد من الكائنات المسببة لإنتاج مواد تفسد السيلاج.

٨. أكبس الكتلة العشبية كبسا جيداً بإحكام وذلك لخلق ظروف لاهوائية مناسبة ولاحقاً التقليل من خسائر الخزن.

إن العملية الأساسية في حفظ السيلاج هو الحرص على تخمير لاهوائي بحيث يكون الحامض السائد في عملية التخمير هو حامض اللاكتيك.

٩. إتمام ملاء السيلو وكبسه بسرعة، وضع طبقة على الأقل ١٥ سم كل مرة وكبسه بواسطة جرار ذا وزن ثقيل بحيث يؤدي الكبس إلى إنتاج ٢٢٣ كغم مادة جافة/ متر مكعب ثم يتم إغلاق السيلو بشكل فعال بحيث لا يتم تسرب أي هواء إليه.

إملاء السيلو بسرعة

إكبس السيلو بشكل جيد

غط السيلو بعد تعبئته

١٠. لا تفتح السيلو قبل (٣-٤) أسابيع.

حين فتح السيلو لتغذية الأبقار ليكون التقطيع من وجه السيلو عمودياً لمنع ارتفاع حرارة الكتلة العشبية نتيجة التعرض للهواء. إعرف نوعية السيلاج الذي تم الحصول عليه لعمل خلطات صحيحة.

حينما يتم فتح السيلو يبدأ السيلاج بالتعرض للهواء وتبدأ الخسارة فيه لذلك فإن الإدارة الصحيحة للإطعام تقلل من الخسائر عند الفتح.

الباب الخامس

استخدام القش في المباني

USE OF STRAW IN BUILDING

في نهاية هذا الباب يكون الطالب قادر على:-

- معرفة الآثار الجانبية الناتجة من حرق المخلفات الزراعية.
- التعرف على مميزات مباني القش.
- التعرف على المشاكل التي تواجه عمليات المباني ببالات القش.
- التعرف على أنواع البالات المستخدمة في المباني والنظم الإنشائية لمباني القش.

استخدام المخلفات الزراعية في المباني

البناء ببالات القش

مقدمة:

لا شك أن المشروعات الرائدة لإستصلاح الأراضي في جنوب الوادي وسيناء وفي كل صحراء مصر أصبحت الآن حقيقة واقعة وتمثل تحدياً للباحثين في المجالات المختلفة نظراً لاختلاف الظروف البيئية عن مناطق الدلتا والوادي وتأتي في مقدمة هذه المجالات نظم الري ونظم المنشآت الزراعية المطلوبة.

ونظراً لأن زراعة مساحات كبيرة من الأرز والقمح سوف تتيح كميات هائلة من القش الذي يمكن الاستفادة منه في عمليات المباني الزراعية بجانب استخداماته الأخرى المعروفة في تغذية الحيوان، وكذلك استخدام قش الأرز في منطقة الدلتا، وبدا تتلاشى عملية حرقه والمحافظة على بيئة نظيفة خالية من التلوث.

على الجانب الآخر تنتج مصر سنوياً ما يزيد عن ٣٠ مليون طن مخلفات زراعية منها حوالي ٥ مليون طن من قش الأرز ، وقد أظهرت السحابة السوداء والتي تحاول الدولة محاربتها أهمية وضرورة المحافظة على البيئة وذلك عن طريق تخفيف منابع التلوث المتعددة المصادر والتي يكون من بينها حرق قش الأرز حيث أن حرق كل طن من قش الأرز ينتج ٥٦ كجم من أول أكسيد الكربون (مجلة كاليفورنيا الزراعية العدد ٧٥ الجزء رقم ٤ يوليو ١٩٩١)، هذا فضلاً عن أن الدخان الناتج عن هذه الحرائق يسبب سرطان الرئة (قسم البيئة بولاية أوريغون الأمريكية)، كما أنه ينتج عن الحرق كميات من الغبار والمواد الصلبة والتي من شأنها تلوث الجو وتدير صحة الإنسان المصري. ومما لا شك فيه أن المخلفات الزراعية وبالتحديد مخلف قش الأرز هو ثروة قومية يجب أن لا تهدر.

والجدير بالذكر أن بالات القش مستخدمة في إنشاء مساكن مكيفة ذاتياً في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وألمانيا والنمسا وغيرها من دول أوروبا حيث تحل محل الطوب.

ولذلك فإن الهدف من إجراء الأبحاث هو دراسة إمكانية استخدام بالات القش في المباني في مصر، وذلك لإيجاد أسلوب مناسب للمباني في مناطق الإستصلاح والمناطق الصحراوية عموماً.

وقد ثبت من نتائج الأبحاث أن بالات القش عازله حرارياً وقد وفرت في الطاقة المستهلكة للمنازل بمقدار ٩٠% وذلك عند مقارنتها بمنشآت الخرسانة والطوب الأحمر، ولذلك يمكن استخدامها بكثافة في المناطق التي تتميز بظروف مناخية صعبة.

يمكن استخدام هذه النوعية من المباني أيضاً بكفاءة عالية في منشآت الإنتاج الحيواني خصوصاً الحيوانات الحساسة للحرارة مثل الدواجن والأرانب وغيرها حيث تخفض من تكاليف إنتاجها كما أنه يمكن إنشاء هذه المزارع في المناطق الصحراوية وكذلك استخدامها في المخازن الزراعية وحوائط الثلجات وغيرها، وبالتالي تساعد في إنشاء حضارة وصناعة وزراعة في المناطق الصحراوية والنائية.

هذه المباني يمكن أن تشكل شكلاً حضارياً وجمالياً وجاذباً للسياح في القرى والمنشآت السياحية لما لها من تأثير بيئي رائع، بالإضافة إلى التوفير الكبير في الطاقة الناتجة عن تبريد المباني صيفاً أو تدفئتها شتاءً من خلال أجهزة التكييف والدفئيات.

الآثار الجانبية الناتجة عن حرق المخلفات الزراعية

تشمل ملوثات الهواء الغازات الملوثة، الغبار، الدخان، إلخ... كما ذكر (شلتوت ٢٠٠٠) أن كمية الملوثات الموجودة في جمهورية مصر العربية تفوق المعدلات العالمية بعشرة أضعاف. طبقاً للمواصفات القياسية الدولية لجودة الهواء.

وتعتبر الحرائق هي المصدر الرئيسي من مصادر تلوث الهواء وتؤدي إلى العديد من المشاكل خصوصاً لو استمرت عملية الحرق أو عملية الكمر لفترة طويلة لأن ذلك يعنى استمرار الدخان لفترة طويلة خصوصاً في المناطق الريفية المجاورة لمصادر التلوث مثل المكامير للحصول على القمح أو حرق المخلفات الزراعية مثل القش والحطب وغيرها.

الأضرار الناتجة عن التلوث الناتج عن عملية حرق قش الأرز

ونتيجة للتلوث الناتج عن هذه العملية فإن ذلك يؤدي إلى الأضرار التالية:

١- تدهور الصحة العامة للإنسان والحيوان.

٢- تلوث التربة.

٣- تدهور إنتاجية المحاصيل والفواكه والخضروات وغيرها.

وفيما يلي شرح موجز لأهم هذه الأضرار: -

أولاً: تدهور الصحة العامة للإنسان والحيوان: -

ينتج عن عملية الحرق العديد من الغازات السامة التي تلوث الهواء نتيجة لانتشار الدخان ومواد الحرق في الهواء الجوى وهذه المركبات السامة كما يلي:-

١- أول أكسيد الكربون: (Co) Carbon monoxide

وهو غاز عديم اللون ويتواجد في الدخان وهو المنتج الرئيسي لعمليات الحرق حيث ينتج من حرق كل من الأخشاب، المخلفات الزراعية، البترول، الديزل. والأثر الضار لهذا الغاز أنه يخفض من كمية الأكسجين في الدم حيث يؤكسد الدم ويسبب اختناق الفرد ويؤدي إلى وفاته.

وذكر Bainbridg (1994) أن كمية أول أكسيد الكربون الناتجة عن حرق ١ طن من الأخشاب ينتج ٥٠ كجم من أول أكسيد الكربون، وحرق ١ طن من قش الأرز ينتج ٥٦ كجم من أول أكسيد الكربون كما أن حرق ١ طن من قش القمح ينتج ٥١,٦ كجم من أول أكسيد الكربون السام.

٢ - ثاني أكسيد الكربون: (Co2) Carbon dioxide

وهو غاز سام ينتج من حرق الأخشاب، الفحم، الزيت، وغيرها. وهو من الغازات السامة حيث له تأثير ضار جدا على صحة الإنسان والحيوان.

٣- أكسيد النيتروجين: Nitrogenoxide

وهو غاز سام ينتج عن حرق الأخشاب، الفحم، البترول، الديزل. وهذا الغاز يسبب أمراض الجهاز التنفسي خصوصا الأطفال.

٤- المواد الناتجة عن الحرق: (PM) Particulate Matter

وهي الجزيئات الدقيقة الناتجة عن عملية الحرق والكمز والتي تنتشر في الجو نتيجة لخرة وزنها، وتتمثل هذه الجزيئات في الغبار والدخان والنيكل وغيرها. وتؤثر هذه الجزيئات على أنسجة الرئتين وتسبب أمراض الجهاز التنفسي مثل الربو وغيرها.

٥- ثاني أكسيد الكبريت: (So2) Sulfur dioxide

وينتج هذا الغاز من حرق الخشب والمخلفات الزراعية، الفحم. يسبب هذا الغاز مشاكل كثيرة ومتنوعة للرئتين، وعلى المدى البعيد تدمير الجهاز التنفسي.

ثانيا: تدهور إنتاجية المحاصيل والفواكه والخضروات:

نتيجة لتلوث الهواء بالدخان والمركبات السابق ذكرها وانتشارها في الجو فإن ذلك يؤدي إلى عدم استطاعة النباتات من القيام بعملية البناء الضوئي كما يجب وبالتالي عدم استطاعة النبات من إتمام عملياته الحيوية مما يؤدي إلى تقزم النباتات وتدهور إنتاجية النباتات أو موتها مما يسبب خسارة كبيرة للمنتج.

كما ذكر خبراء علم البساتين أن إنتاجية الحاصلات البستانية تتأثر بنسبة قد تصل إلى ٤٠-٥٠% بسبب تلوث الغلاف الجوي المحيط بالنبات لأن هذا التلوث يؤثر على قيام النبات بعملياته الحيوية كما أنه يكون مصدرا لانتشار الأمراض، كما أن هذا التلوث يؤثر على العمر الإنتاجي للأشجار.

مميزات مباني القش

مباني جذابة ومريحة: بعد تشطيب حوائط هذه المباني بالمحارة والدهانات المناسبة فإنها عادة تكون جميلة المنظر ومريحة للعين ولا توجد أي إنبعاثات لأي غازات ضارة. حيث أن مباني بالات القش تعطي طابع خاص من الجمال كما تخلق هذه الجدران شعورا فريدا بالراحة، ويمكن أن تحفز المشاعر

الجسدية والنفسية للرفاه و تعمل على خلق بيئة مستقرة جدا، وتوفر ظروف معيشية أفضل بكثير من معظم المساكن الحديثة. ويوضح شكل (١-٥) المنظر الجمالي لمباني القش



شكل (١-٥): المنظر الجمالي لمباني القش

١- سهولة الإنشاء: مثل هذه المنشآت لا تحتاج إلى طرق معقدة في الإنشاء بل يمكن لأي شخص أن يتعلم طرق إنشاء وبناء هذا النوع من المباني حيث أن بناء جدران من القش هو أقل بكثير من العمل المكثف من استخدام مواد أخرى، ويشجع على الإبداع الفردي كما يعتبر البناء باستخدام بالات القش فرصة لعديمي الخبرة وغيرهم للانخراط مباشرة في خلق منازلهم نتيجة سهوله عمليه البناء. ويوضح شكل (٢-٥) طريقة البناء.



شكل (٥-٢): طريقة البناء.

٢- **التوفير في الطاقة:** تتميز هذه المباني بالتوفير في الطاقة وذلك يرجع إلى قيمة العزل الحراري العالي لهذه المنشآت.

٣- **فوائد بيئية:** مثل التخلص من القش والمخلفات في المناطق التي يتم حرقه فيها ويؤدي إلى حدوث تلوث بيئي فيها ، كما أنه يمكن إنشاء مباني صديقة للبيئة حيث أن البناء باستخدام بالات القش له فوائد في المناطق التي يكون فيها قش بكميات كبيره لأنه أصبح من النفايات غير المرغوب فيها كما يمكن أن يكون هناك انخفاض كبير في تدمير الغابات والأخشاب إذا بنيت المنازل من بالات القش بدلا من الأساليب الخشبية المتسهلكه يوميا.

٤- **التنمية المستدامة:** عملية تحويل القش من مصدر ضار للبيئة إلى مصدر مفيد لها فإنه يحدث إلى تنمية مستدامة حيث يمكن تحويل القش إلى موارد قابلة للتجديد لاستخدامها كمواد بناء يكون مفيدا خصوصا في مناطق مثل سهول روسيا وسهول الصين الشمالية، حيث المناخ الشديد والأخشاب نادرة، ولكن القش استخدامها منتشر وبناء بالة القش أيضا تكون مثالية للكثير من المناطق الصحراوية التي تزرع فيها القمح والشعير والأرز على طول الأحزمة الشاطئية ووديان الأنهار. يمكن تحويل القش إلى موارد قابلة للتجديد المستدامة لاستخدامها كمادة بناء و تكون مفيدة بشكل

خاص في مختلف المجالات، حيث المناخ يخدم والأخشاب نادرة، وتعتبر باللات القش مستدامة وذلك راجع إلي متانة المواد المخلوطة.

٥- مقاومة الزلازل: تعتبر هذه المنشآت مقاومه للزلازل نظرا لأن معامل المرونة لمثل هذه المنشآت عالي جدا. أظهرت الأبحاث أن منازل البالة القش تتميز بأداء جيدا في الزلازل وبالتالي يعتبر البناء باستخدام باللات القش ذات قيمة خاصة في المناطق التي تكون فيها الزلازل شائعة، حيث أن باللات القش لديها عرض جيد يتناسب مع الارتفاع . وجدان البالة تستوعب الكثير من صدمات الزلزال، ومع وجود الجبس يضيف قوة إلى هذه المباني.

المشاكل التي تواجه عمليات البناء بباللات القش

١- السلامة من الحرائق

أجريت العديد من الأبحاث على مقاومة منشآت القش للحرائق من خلال تقدير زمن الحرق وشدة الحرق ومخرجات الحرق. تصنف مواد البناء من خلال مقاومتها للحرق إلى عدة أقسام مثل A غير قابلة للحرق ، B1 صعبة الحرق ، B2 عادية الحرق ، B3 سهلة الحرق.

تبين من الاختبارات أنه كلما زادة كثافة البالة وزاد ضغطها كلما قل الأكسجين داخل البالة مما يزيد من مقاومتها للحرق ، وتم تصنيف باللات القش من حيث مقاومتها للحرق على أنها عادية الحرق B2 مثل الخشب.

وبعد محارة منشآت القش بالطين أو بالأسمنت يتم التغطية تماما على باللات القش وبالتالي تزيد مقاومة حوائط القش للحريق ، وقد يضاف بعض المواد المقاومة للحرائق إلى المحارة لتزيد مقاومتها للحريق. ويوضح شكل (٥-٣) حائط بناء بباللات القش.



شكل (٥-٣): حائط بناء ببالات القش

٢- الرطوبة:

تعتبر الرطوبة من المشكلات الرئيسية لمباني بالات القش، ولذلك يجب حماية بالات القش من التعرض المباشر للرطوبة والأضرار الناجمة عن المياه ، ولذلك ينبغي أن تكون المباني معزولة تمام عن مصادر الرطوبة و بالتالي يؤدي إلى توفير الحماية اللازمة؛ حتي لا تسبب مشاكل التعفن للبالة وتفككها وتعتبر الأجزاء الأكثر ضعفا في بالة القش هي أعلى وأسفل البالة، لذلك ينبغي تثبيت هيكل السقف وأن يجب تغطية جدران الحائط بأسرع وقت ممكن.

٣- الآفات وأمراض الحساسية والروائح

التهديد من الآفات مثل القوارض والحشرات يعتبر واحدة من المخاوف حول المباني ببالات القش ، ولكن واجهت هذه المخاوف المنازل المبنية ببالة القش على حد سواء القديمة والجديدة منها قد أظهرت أن هذا مصدر قلق ليس له أساس من الصحة.

كما تعتبر الأخشاب المصدر الرئيسي لغذاء النمل الأبيض حيث يفضل كثيرا من النمل الخشب؛ ولذلك يعتبر البناء بباله القش أقل مخاطرة من الأضرار الناجمة عن منزل مبني من الأخشاب ومع ذلك فإن كثير من الاحتياطات التي تؤخذ في الاعتبار عند البناء ببالات القش لمكافحة غزو النمل الأبيض مثل

لإستخدام بعض المواد الكيميائية مثل مادة البوراكس التي تضاف على المحارة ، كما أنه تكمن الحماية الأساسية في كفاءة المحارة . فعند بناء الجدران من بالة القش المضغوط بإحكام توفر مساحات لعدد أقل من الآفات على العيش داخل بناء بالة القش.

٤- تصاريح البناء

البناء ببالات القش يواجه نفس الصعوبات والمشاكل التي تواجهها طرق البناء بالمواد الأخرى كسرعة اخذ التصاريح والموافقة عليها بالرغم أنها طريقة بناء صحية وبيئية إلا انه يتم تقصير هذه المدة من قبل التخطيط والمرونة وقنوات الاتصال الجيدة مع المسؤولين المعنيين بالإنشاء.

٥- إحصاءات المخلفات

يمثل محصول الأرز أهمية كبيرة في بنيان الاقتصاد المصري كأحد محاصيل الحبوب التي تتمتع فيها مصر بالاكتماء الذاتي وخصائص مناسبة للتصدير وخاصة للدول العربية المجاورة وذلك نظرا" لتوافر ظروف المناخ والتربة الصالحة لزراعته في مصر وقد بلغ إنتاج محصول الأرز في موسم ٩٤\٩٥ طبقا" لبيانات مصلحة الاقتصاد الزراعي والإحصاء بوزارة الزراعة ٤٥٨١٩٠١ طن ناتج من مساحة قدرها ١٣٧٧٧١٠ فدان بمعدل إنتاجية ٣,٣٣ طن للفدان ، وتقدر كميات القش الناتجة من الفدان الواحد بحوالي ٢ طن للفدان مما جعل عملية التخلص من مخلفات حصاده في الفترة الأخيرة قد واجهت العديد من الاتهامات وخاصة أعمال التخلص بالحرق على جوانب الحقول أو استخدامه كوقود للأفران مما أدى إلى التصاق العديد من الاتهامات به لتسببه في بعض المشكلات البيئية المؤثرة على صحة الإنسان ومنها ظاهرة السحابة السوداء التي غطت البلاد لعدة أيام متصلة أحدثت فيها كثير من المشاكل الصحية والنفسية للأفراد .

ويوضح جدول (١) كمية قش الأرز المنتجة والتي تم تدويرها خلال

السنوات من ٢٠٠٥/٢٠٠٦ الي ٢٠٠٧/٢٠٠٨

جدول (١-٥): كمية قش الأرز المنتجة والتي تم تدويرها خلال السنوات من

٢٠٠٥/٢٠٠٦ الي ٢٠٠٧/٢٠٠٨

٢٠٠٨/٢٠٠٧		٢٠٠٧/٢٠٠٦		٢٠٠٦/٢٠٠٥		المحافظة
كمية القش التي تم تدويرها	كمية القش المنتجة	كمية القش التي تم تدويرها	كمية القش المنتجة	كمية القش التي تم تدويرها	كمية القش المنتجة	
-	-	-	-	-	-	القاهرة
١١٢١٧,٩	١١٢١٧,٩	٧٧٠,٧	٧٧٠,٧	٧٨٢١	٧٨٢١	الإسكندرية
٢٠٢٣٥	-	-	-	-	-	بورسعيد
-	-	-	-	-	-	السويس
٥٨٠٨٤,٩	١٣٣٣٢٢	٧٨٨٧٢	١٣٢٢٧٦	٣٦٠,٧٥	١٢٩٥٥٤	دمياط
٣٧١٨٨٤	٤٣٧٥٠,٢	٢٩٦٢٩٩	٤٣٢٣٥٦	٤١٦٢٨٧	٤١٧٩٤٠	البحيرة
٤٢٠,٤٧٥	٥٤٨٩٥٨	٤٦٤٧٥١	٥٤٢٩٣٨	٣٠,٩٩٨٣	٥١٠,١٩٦	كفر الشيخ
٣٤٧٠,٩٢	٤٥٦٦٥١٧	٤١٤١٥٣	٤٥٨٣٥٩	٤٠,٦٨٣٢	٤٣٧٥٣٩	الدقهلية
٤٤٢٠	٧٥٠٠	٤٣١٥	٦٤٩٥	٣٩٠٠	٦٠٠٠	الإسماعيلية
٥٥٢٩	٧٨٦٦	٢٠,٦٢٤	٢٩٠,٤٢	٣١١٥٦	٤٥١١٠	المنوفية
٢٧٧٠,٧٤	٣٤٣٨٣٨	٢٩٨٢١٥	٣٦٢٢٤٤	٢٤٨٧٩٩	٣٢٣٤٦٢	الغربية
٩٧٥٧٥٦	١٠,٨٢٧٠,٦	١٠,٦٦٣١٦	١١١٦٨٤٢	٩٦٦٤٢٦	١٠,٠٧٩٩٤	الشرقية
لم يتم حصرها		٢٠,٨٩٧	٥٦٨٨٠	٢٦٥١٥	٦٤٤١٧	القليوبية
-	-	-	-	-	-	الفيوم
١٥٠٠٠	٢٢٠٠٠	١٥٠٠٠	١٨٠٠٠	١٥٠٠٠	٢٠٠٠٠	الأقصر
٢٥٠,٦٧٦٧,٨	٣,٩٥١٦٢	٢٦٨٧١٤٩	٣١٦٣١٣٩	٢٤٦٨٧٩٤	٣٣٠,٠٧٩٢	الإجمالي

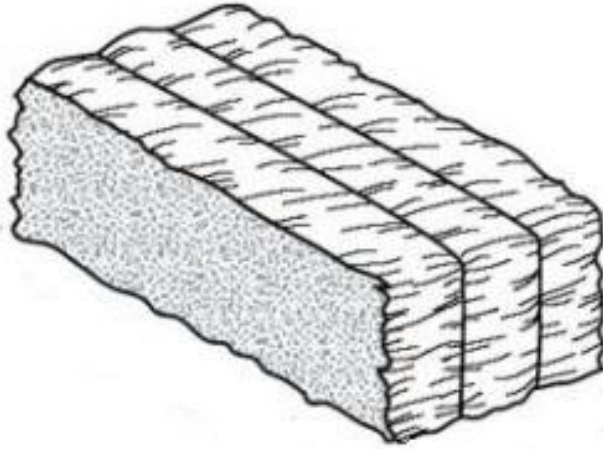
أنواع بالات القش المستخدمة في المباني:

هناك العديد من بالات القش ، حيث يتوقف شكل وحجم البالات على حسب الغرض المستخدمة من أجله مثل البالات الأسطوانية مثلا والتي تستخدم عادة لكبس القش وتخزينه لاستخدامه كعلف للحيوانات أو كفرشة للماشية الكبيرة أو اى غرض تصنيعي آخر.

البالات المكعبة والتي تتميز بأبعاد هندسية مستقيمة كصول وعرض وارتفاع للبالة والتي يمكن أن تستخدم لغرض المباني ولهذه البالات نوعان:

١- بالات صغيرة: وأبعادها ١٠٠X٤٥X٣٥ سم للطول X العرض X الإرتفاع

وزن البالات الصغيرة: ١٥ - ١٩ كجم. ويوضح شكل (٥-٤أ، ب) البالة صغيرة الحجم.

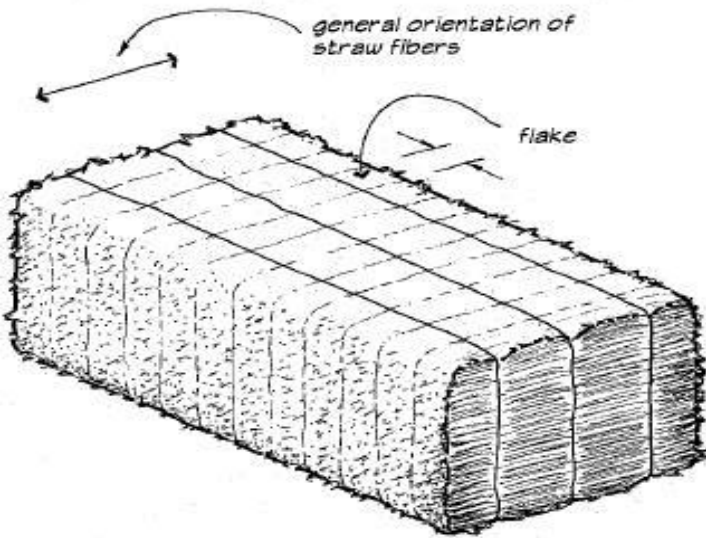


شكل (٥-٤أ): البالة الصغيرة ثنائية الأربطة



شكل (٥-٤ب): البالة الصغيرة ثنائية الأربطة

٢- بالات كبيرة: وأبعادها ٤٠X٥٨X١٠٠ سم للطول X العرض X الإرتفاع
وزن البالات الكبيرة: ٢٩ كجم. ويوضح شكل (٥-٥أ، ب) البالة الكبيرة
الحجم ثلاثية الترتيب.



شكل (٥-٥أ): البالة ذات الكبيرة ذات الثلاثة أربطة



شكل (٥-٥ب): البالة ذات الكبيرة ذات الثلاثة أربطة

ولبناء منزل بسيط لخريج في مناطق الإستصلاح بإبعاد $3 \times 10 \times 12$ متر يلزم كمية من قش الأرز تقدر بحوالي ١٣ طن ، وهى يمكن أن تنتج من ٤,٥ فدان تقريبا.

أنواع المكابس

أ- على حسب شكل البالة:

- المكابس الاسطوانية

عبارة عن مكابس غرفة الكبس لها اسطوانية والمسافة بين زراع المكبس ونهاية غرفة الكبس هي التي تحدد أبعاد البالة. ويوضح شكل (٥-٦) شكل المكبس الاسطوانى.



شكل (٥-٦): المكبس الاسطواني

- المكابس ذات الأشكال الهندسية المنتظمة (المربعة والمكعبة) عبارة عن مكابس غرفة الكبس لها إما مكعبة أو على شكل متوازي مستطيلات.

ب- على حسب نظام التريبط للبالة :

- مكابس آلية التريبط مزدوجة الربط
- للبالات الاسطوانية المربعة الخفيفة
- مكابس آلية الربط ثلاثية الربطة للبالات الكبيرة في الحجم والتي يكون وزنها كبير

ج- على حسب طريقة التلقيح والحركة:

- مكابس تلقم يدويا .
- مكابس ذاتية

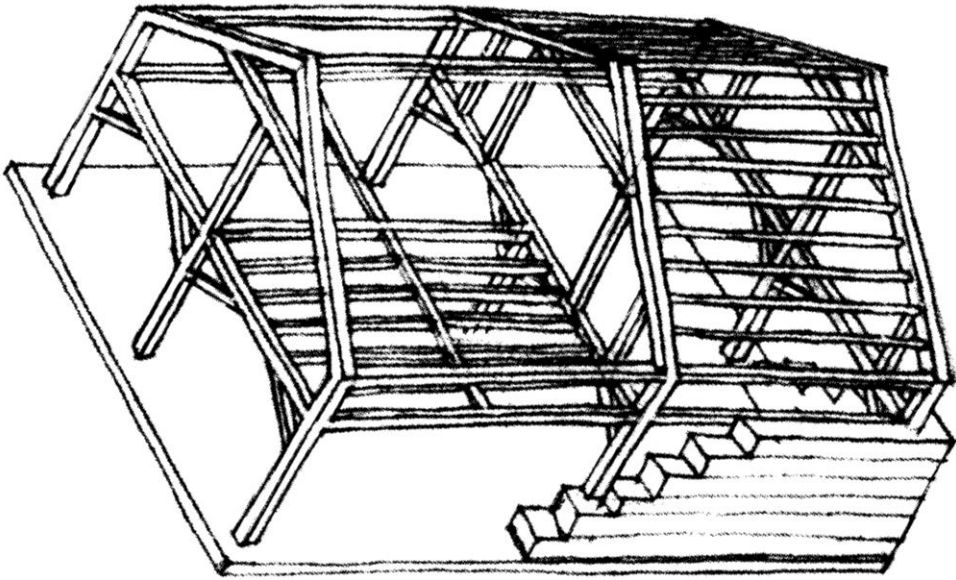
النظم الإنشائية لمباني القش

هناك نظامين لمثل هذه المنشآت نوضحهم فيما يلي:

١- نظام الحوائط المائلة:

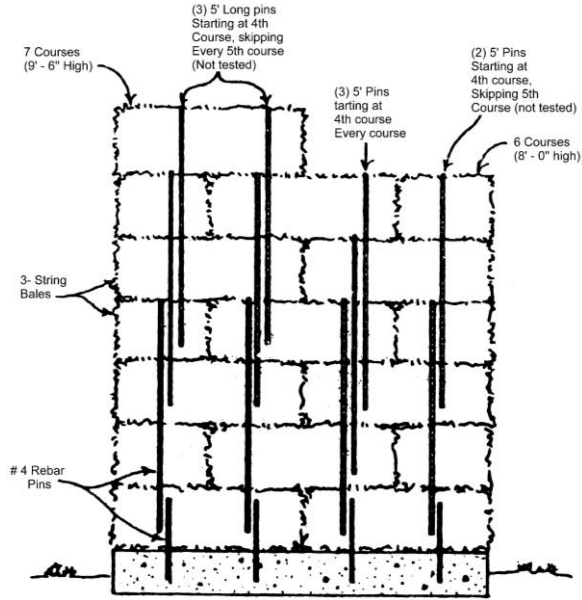
في هذا النظام يتم إستخدام القش كمادة مائلة فقط للحوائط ، حيث يتم بناء المنشأ من دعامات سواء من الخشب أو من الخرسانة المسلحة أو من الطوب ويتم ملئ الحوائط الخارجية للمبنى ببالات القش وذلك لعزل المنشأ حراريا من الخارج.

هذا النظام لا يتطلب بالات ذات كثافات ومواصفات هندسية عالية حيث أن البالات لا تحمل أي شئ من أجزاء المنشأ ولكنها مادة مائلة وعازلة فقط للحائط كما في شكل (٧-٥).

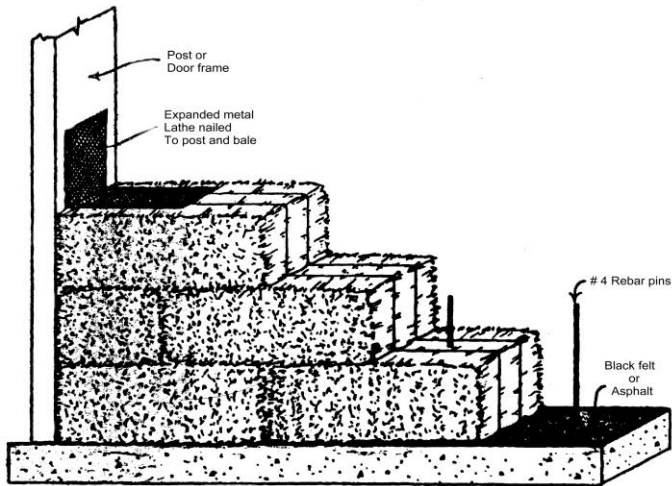


شكل (٧-٥): طريقة رص البالات في نظام الحوائط المائلة

لتنبيت البالات في هذا النظام يتم إستخدام أسياخ معدنية طويلة للربط بين البالات بدلا من الأسمنت أو تثبت البالات في دعامات المبنى كما في شكل (٨-٥) وشكل (٩-٥).



شكل (٨-٥): طريقة رص وتثبيت البالات بالأسياخ

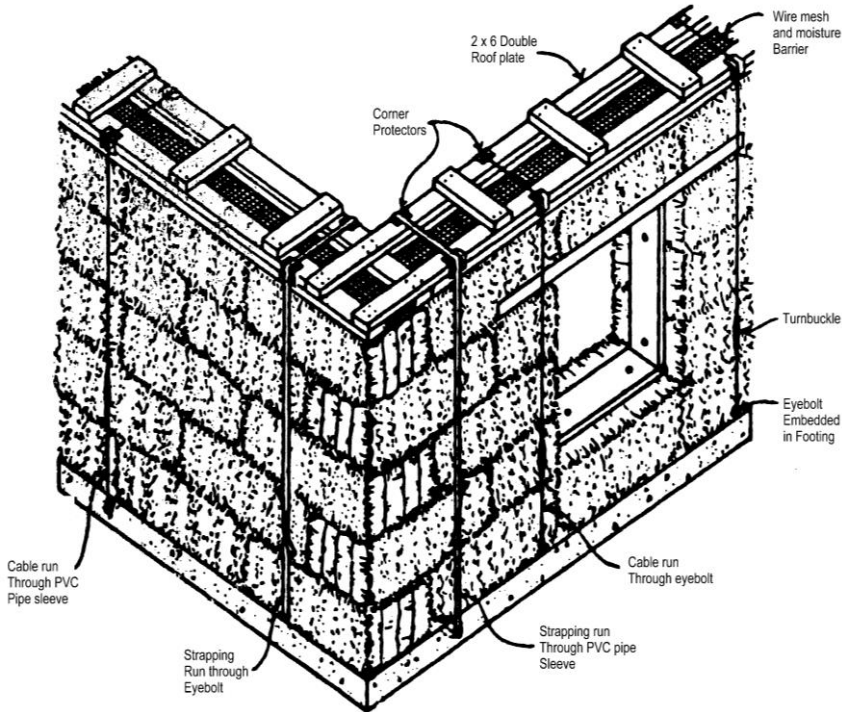


شكل (٩-٥): طريقة تثبيت البالات في الدعامات.

٢- نظام الحوائط الحاملة:

في هذا النظام يتم استخدام بالات القش كحوائط حاملة ، حيث يتم تحميل المنشأ بالكامل على حوائط القش. يتطلب هذا النظام أن تكون المواصفات الهندسية والطبيعية للبالات عالية حتى تتحمل الإجهادات الواقعة عليها، وفي الغالب يتم استخدام البالات الكبيرة الحجم.

في هذه المباني يتم رص البالات وتثبيتها من خلال أسياخ معدنية وروابط لربط الحائط بالكامل وتثبيته في الأرضية الخرسانية المقام عليها المبنى كما هو في شكل (١٠-٥).



شكل (١٠-٥): طريقة تثبيت البالات والحائط في نظام الحوائط الحاملة.

محارة وتشطيب منشآت القش

يتم تريب مواسير الكهرباء والصرف بشكل طبيعي ولكن بإستخدام مواد تتفق مع البيئة.

بالنسبة للمحارة يوجد نظامين لمحارة هذه النوعية من المباني:

١- محارة الأسمنت :

وهذه محارة عادية مثل محارة المنشآت الخرسانية والطوب الأحمر العادية مثل الأسمنت والرمل وغيرها. هذا النوع مفضل في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يتم تركيب نوع من الشباك المعدنية على حائط القش لتثبيت المحارة على القش، ثم يتم إستخدام الدهانات العادية أثناء تشطيب الحوائط مثل الزيت أو البلاستيك وغيرها وبالألوان اللازمة للتشطيب.

٢- المحارة الطبيعية من الطين:

يتم إستخدام محارة الطين المخلوطة بقطع القش مع إستخدام الجير والرمل ثم تكون الطبقة الأخيرة والخارجية للمحارة لتثبيت الدهانات والألوان الخاصة بتشطيب المنشأ. يستخدم هذا النوع من المحارة في جميع الدول الأوروبية حيث يميلون لفكرة أن هذا المنشأ طبيعي وبالتالي يجب تشطيبه طبيعيا ليكون المنشأ كله من الطبيعة ، بعد تشطيب المنشأ لا يمكن تمييز هذه المنشآت عن غيرها من المنشآت العادية إلا أنه يتميز بالجمال والروعة والراحة والتوفير. كما أنه يمكن تزويد هذه المنشآت بمجمعات شمسية لتوليد الطاقة وبالتالي يمكن أن تستخدم هذه المباني في المناطق النائية.

فيما يلي بعض صور لهذه المنشآت شكل (٥-١١ و ٥-١٢ و ٥-١٣ و ١٤).



شكل (١١-٥): يوضح شكل وتشطيب الحمام



شكل (١٢-٥): مبنى من القش مع تزويدة بمجمع شمسي لتوليد الطاقة



شكل (٥-١٣): مستوى تشطيب المبنى من الداخل



شكل (٥-١٤): تابع شكل مبنى القش من الداخل

المراجع

REFERENCES

المراجع

References

المراجع العربية:

- الأمين، ع. ص. (٢٠٠٦). تصميم وتنسيق مخمر محسن لإنتاج الغاز الحيوي.
- الرضيمان، خ. ن. و هجو، م. ع. (١٩٩٨). السماد العضوي الصناعي- نشرة فنية رقم (٣٠). خدمة البيئة والمجتمع – كلية الزراعة والطب البيطري بالقصيم – جامعة الملك سعود .
- الشمي، س. أ. (١٩٩٥ م). البيوجاز وحماية البيئة من التلوث. مجلة أسيوط للدراسات البيئية. جامعة أسيوط.
- الكعبيك، ف. و السبكي، ج. (٢٠١٢). هندسة معالجة المخلفات الزراعية. قسم الهندسة الزراعية، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود.
- إكسادا ، الدورة التدريبية عن دراسة و تصميم وإنشاء وتشغيل وحدات إنتاج الغاز الحيوي في المجتمعات الريفية والعربية.
- حمزة، ع. ص؛ سليمان، ح. س؛ الشناوي، م. م. (٢٠٠٤). إنتاج السيلاج واستخدامه في تغذية المجترات. المعمل المركزي للأغذية والأعلاف، جمهورية مصر العربية.
- قاسم، ع. ش. (٢٠٠٧). الطاقة من الكتل الحيوية. الطبعة الأولى. دار الإيمان للطباعة.

المراجع الأجنبية:

- Ashour T. and Wu W. 2010, An experimental study on shrinkage of earth plaster with natural fibres for straw bale buildings, International Journal of Sustainable Engineering, 3(4):299-304.

- Ashour T. and Wu W. 2010, The influence of natural reinforcement fibers on erosion properties of earth plaster materials for straw bale buildings, *Journal of Building Appraisal*, 5: 329-340.
- Ashour T., Bahanasawy A. and Wu W. 2010, Compressive strength of fibre reinforced earth plasters for straw bale buildings, *Australian Journal of Agricultural Engineering*, 1(3): 86-92.
- Ashour, T. 2003, The use of renewable agricultural by-products as building materials. PhD thesis, Benha University, Egypt.
(<http://www.downloads.fasba.de/TahaAshour-2003-complete.pdf>).
- Ashour, T. and Wu, W. 2010, An experimental study on shrinkage of earth plaster with natural fibres for straw bale buildings, *International Journal of Sustainable Engineering*, 3(4): 299-304.
- Ashour, T., Wieland, H., Georg, H., Bockisch, F.J. and Wu W. 2010, The influence of natural reinforcement fibres on insulation values of earth plaster for straw bale buildings, *Journal of Materials and Design* 3: 4676-4685.
- Garcia, F. O. 2004. Harvesting and ensiling techniques. Estacion Experimental de Pastos Forrajeros. Central Espana Republicana, Matanzas, Cuba.
- Lallemand 2002. Silage Management Handbook. Lallemand Animal Nutrition – North America. Milwaukee.

Biodegradable polyesters : Packaging Goes Green.

Plastic Recycling , UK Recycling News.

Bio plastic of the future.

Bio plastic and Biodegradation.

www.newsinscience.com

www.bioplstic24.com

www.freepatentsonline.com

www.arabvolunteering.org

<mailto:ouroba@thawra-sy.com>

www.biomasse.com

www.biogase.com