

- 
- Агропромиздат, Ленингр. отделение, 1987. – 430 с.
8. Моргун В.В., Яворська В.К., Драговоз І.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – 34, №5. – С.371-375.
  9. Черствий С.М., Локоть О.Ю., Гриник І.В. Ефективність застосування біостимулятора фігостим 025 у льонарстві // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 5. – С. 23-26
  10. Cook Sarah K. Evaluation of FD4121A as a growth regulator for linseed // Ann. Appl. Biol. – 1992. – Vol. 120. – P. 66-67.
  11. Freer J.B. Effects of nitrogen and plant growth regulators on lodging, seed yield and quality in linseed // Ann. Appl. Biol. – 1992. – № 120. – P. 70-71.
- 

### Summary

#### **Regulation of the productivity and quality of production of oil flax by growth regulators with different direction of action / O.O. Khodanitska**

The effects of chlormequat-chloride and treptolem on the productivity of the flax plants, the oil content in seeds and quality of the oil were studied in the field experiments. It has been established that the growth regulators had the positive influence on the yield structure. The oil content in the linseed, the qualitative characteristics of the linseed oil and content of unsaturated fatty acids increased under the influence of inhibitor and stimulator of growth.

**Key words:** flax (*Linum usitatissimum* L.), retardants, growth stimulators, productivity, qualitative characteristics of the oil, higher fatty acid.

**УДК: 619:614:76:631.333.92:636**

**Яремчук О.С.**, кандидат с.-г. наук, професор  
Вінницький національний аграрний університет, Україна

### **САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНОЇ БІОФЕРМЕНТАЦІЇ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА**

*Досліджено процес анаеробної біоферментації відходів скотарських та свинарських підприємств за різного часу збродження біомаси, її розбавлення та температури суміші в лабораторних умовах. Показано, що підвищити ефективність процесу біоферментації відходів тваринництва вдається за рахунок його поділу на дві фази: аеробно-термофільну і анаеробно-мезофільну та управління реакціями, що передують метановому збродженню органічної речовини.*

**Ключові слова:** біоферментація, відходи тваринництва, температура суміші, метаногенез, мікроорганізми.

Виробництво біогазу із органічних відходів тваринницьких об'єктів – один з найперспективніших напрямів біоенергетики сьогодні. Утилізація відходів тваринницьких підприємств дозволяє вирішувати, крім екологічної, ще й енергетичну та господарську проблеми [1, 2].

У зв'язку з цим розробка нових та вдосконалення існуючих технологій переробки відходів тваринництва, у тому числі і шляхом анаеробної біоферментації біомаси є важливим елементом сучасних технологій виробництва продукції тваринництва.

При цьому особливої ваги набуває питання щодо санітарно-гігієнічної оцінки продуктів біоферментації відходів тваринництва, одержаних при роботі біогазових установок.

Досягти високої ефективності роботи біогазових установок та одержати відходи безпечні в санітарно-епідемічному відношенні можливо шляхом оптимізації технологічних параметрів процесу перетворення органічної речовини відходів, впливу на життєдіяльність мікроорганізмів і збудників інвазійних хвороб, що і було предметом досліджень даної роботи.

**Мета роботи** – дослідити процес анаеробної біоферментації і санітарно-гігієнічні показники збродженого продукту за різних термінів збродження та температури біомаси.

**Матеріали і методика досліджень.** В якості об'єкта досліджень був використаний рідкий гній свинарських та скотарських підприємств. Процес аеробної біоферментації рідкого гною досліджували з допомогою спеціальної лабораторної установки, яка включала біореактор (1) оснащений системою завантаження вихідної (2) і вивантаження збродженої біомаси (3) та відведення біогазу (4). Робочий об'єм біореактора становив 7,0 л. Біогаз через патрубок (4) надходив у накопичувач (5), який сполучали з мірною ємкістю (6). Біореактор розміщали в термостаті (7), в якому підтримували різну температуру (8) при біоферментації біомаси, що забезпечувалась (з відхиленням  $\pm 1,5^\circ \text{C}$ ) спеціальною системою (рис. 1).

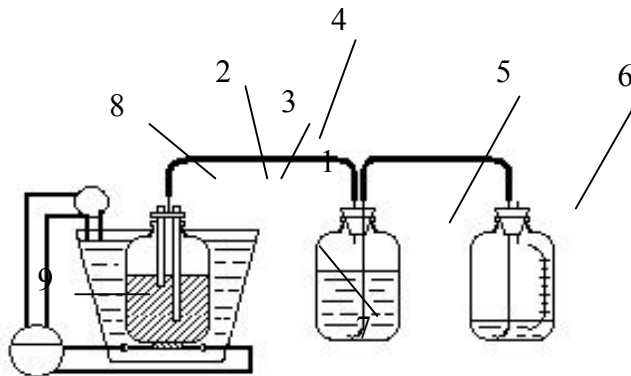


Рис. 1. Схема лабораторної установки анаеробної біоферментації рідкого гною

Рідкий гній молочної ферми перед завантаженням у біореактор пропускали через сито з діаметром отворів 4 мм і розводили водою до необхідної консистенції з урахуванням температури. Біомасу завантажували у біореактор 2 рази на добу. Об'єм вихідної біомаси в реакторі становив 6 л, до якої додавали 1 л збродженого субстрату (закваски).

Проведено три серії дослідів. У першій серії дослідів вивчали вплив часу перебування біомаси в реакторі, що досягалось шляхом регулювання об'ємів її завантаження (0,2; 0,1; 0,07; 0,05; 0,04 та 0,033 діб<sup>-1</sup>, або 5; 10; 15; 20; 25; 30 діб відповідно).

В другій серії досліджень вивчали ефективність процесу біоферментації рідкого гною молочної ферми в біореакторі при  $D = 0,1; 0,05$  діб<sup>-1</sup>, у якому на відміну від першої серії досліджень біомасу 2 рази на добу перемішували. Температуру біомаси в процесі біоферментації підтримували на рівні 32 °С.

Параметри ферментації біомаси досліджували через 15 діб після виходу біореактора на оптимальний режим.

Рідкий гній молочної худоби характеризувався наступним складом: АСР –  $8,2 \pm 1,48\%$ , органічна речовина –  $6,08 \pm 0,94\%$ ; ЛЖК –  $5,31 \pm 0,84$  г/кг, Nзаг. –  $2,8 \pm 0,9$  г/кг,  $\text{NH}_4^+$  –  $1,68 \pm 0,44$  г/кг.

Вологість і зольність утвореної з рідкого гною і закваски суміші, яку піддавали біоферментації, розраховували за формулами 1 і 2:

$$W_p = \frac{V_b \cdot W_b + V_z \cdot W_z}{V_b + V_z}, \quad (1)$$

де:  $W_p$  – вологість біомаси, %;

$V_b$  – об'єм вихідної біомаси, л;

$V_z$  – об'єм «закваски», л;

$W_b$  – вологість вихідної біомаси, %;

$W_z$  – вологість «закваски», %.

$$Z_p = \frac{V_b \cdot Z_b + V_z \cdot Z_z}{V_b + V_z}, \quad (2)$$

де:  $Z_p$  – зольність біомаси, %;

$Z_b$  – зольність вихідної біомаси, %;

$Z_z$  – зольність «закваски», %.

Під час проведення досліджень біореактори щодобово завантажували вихідною біомасою з вологістю –  $92,58 \pm 0,48\%$  та зольністю –  $23,78 \pm 1,12\%$ .

У третій серії дослідів вивчали вплив температури біомаси в реакторі на конверсію органічної речовини екскрементів свиней. З цією метою використовували ту ж схему, яка була в попередній серії дослідів. Температуру біомаси в реакторі змінювали в межах 15; 22; 27; 32 та 52 °С при  $D = 0,1$  діб<sup>-1</sup>. Після стабілізації показників біоферментації у проточному режимі і виходу процесу на оптимальні параметри знімали показники, після чого процес зупиняли, змінювали температуру біомаси та знову виводили на оптимальний режим роботи. Вихідну і зброджену біомасу, які додавали в біореактор і одержували після його часткового вивантаження, аналізували на вміст вологи, ЛЖК, азоту загального та амонійного та визначали зольність сухої речовини [3]. Кількість утвореного біогазу визначали об'ємним методом, а його склад за допомогою газового хроматографа [4]. Показники хімічного складу біомаси досліджували за загальноприйнятими методами [5]. У стоках та продуктах біоферментації визначали загальну чисельність мікроорганізмів і їх основні групи (кислотоутворюючі, целюлозоруйнуючі, протеолітичні, спороутворюючі, дріжджі, гриби, актиноміцети, метаноутворюючі бактерії, а також контролювали колі-титр та титр ентерококу [6].

Статистичну обробку одержаних результатів проводили за допомогою спеціальної програми в М. Ексел, використовуючи критерій вірогідності Стьюдента ( $p \leq 0,05$ ) [9].

**Результати досліджень.** Проведеними дослідженнями встановлено, що за

значних доз завантаження ( $D=0,2$  і  $0,1$  діб<sup>-1</sup>) і часу ферментації біомаси 5 чи 10 діб питомий вихід біогазу з одиниці об'єму біореактора досягав  $2,2-1,9$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (табл. 1). При цьому ступінь конверсії органічної речовини гною становила  $20,0$  і  $26,6\%$  відповідно, а питомий вихід біогазу з  $1$  кг збродженої біомаси –  $0,55-0,65$  м<sup>3</sup>.

Таблиця 1. Ефективність процесу біоферментації відходів тваринницьких підприємств з виробництва молока залежно від дози завантаження біореактора

Параметри процесу біоферментації				
Швидкість розбавлення, $D$ , діб <sup>-1</sup>	Час біоферментації, діб	Питомий вихід біогазу, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup> біореактора	Ступінь конверсії органічної речовини, %	Питомий вихід біогазу, м <sup>3</sup> /кг ОР
0,2	5	2,2	20,0	0,55
0,1	10	1,9	26,6	0,65
0,07	15	1,4	30,0	0,70
0,05	20	1,2	35,0	0,89
0,04	25	0,9	38,0	0,92
0,033	30	0,8	40,0	0,89

Встановлено, що за великих доз завантаження біореактора і часу біоферментації 5 чи 10 діб спостерігається незначна конверсія органічної речовини біомаси. За цей період зброджуються легкоокислювані органічні сполуки, які знаходяться у розчинній формі у вигляді тонкодисперсної фази. Енергетичний потенціал органічної речовини біомаси в даному випадку в процесі її ферментації використовується не повністю. При зменшенні дози завантаження біореактора до  $0,07$  чи  $0,05$  діб<sup>-1</sup> і відповідно збільшенні часу біоферментації до 15 чи 20 діб питомий вихід біогазу з одиниці об'єму реактора зменшувався в  $1,57$  і  $1,7$  рази порівняно з дозою завантаження  $D=0,07$  діб<sup>-1</sup> і в  $1,35$  і  $1,58$  рази порівняно з  $D=0,05$  діб<sup>-1</sup>.

При цьому питомий вихід біогазу з  $1$  кг збродженої сировини у біореакторі збільшувався у  $1,27$  і  $1,08$  рази та  $1,36$  і  $1,4$  рази відповідно за вище наведених значень дози завантаження і часу біоферментації. Це пояснюється тим, що за даних умов спостерігається підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу органічної речовини, а це в свою чергу веде до збільшення виходу біогазу із збродженої речовини.

Подальше збільшення часу ферментації біомаси до 25-30 діб і завантаження біореактора при  $D=0,04-0,033$  діб<sup>-1</sup> не викликає значного підвищення виходу біогазу при збільшенні глибини конверсії органічної речовини до 38-40%, що наближає її до межі технічного зброджування. Енергетичний потенціал, закладений в хімічних зв'язках органічних речовин відходів тваринницьких підприємств за таких умов використовується практично повністю. Разом з тим, збільшення часу біоферментації в  $1,5$  рази веде до відповідного підвищення об'єму реактора, що в свою чергу призводить до збільшення капітальних і експлуатаційних витрат.

Встановлено, що перемішування біомаси при її біоферментації не має значного впливу на процес метаногенезу. Так, ступінь конверсії ОР біомаси при  $D=0,1$  діб<sup>-1</sup> виявилась навіть меншою на  $4,65\%$  порівняно з аналогічними даними, одержаними без перемішування субстрату, і залишалась без змін при розбавленні  $D=0,05$  діб<sup>-1</sup> (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічний склад біомаси рідкого гною молочної ферми у процесі біоферментації,  $\bar{X} \pm S\bar{x}$ , n= 4

Характеристика біомаси та режиму	Показник				
	вологість, %	зольність, %	АСР, г/кг	органічна речовина, г/кг	ЛЖК, г/кг
Вихідна біомаса	92,58 ±0,48	23,78 ±1,98	74,20 ±4,80	56,55 ±1,98	5,31 ±0,64
Зброджена біомаса, D=0,1 діб <sup>-1</sup>	93,64 ±0,17	30,58 ±0,51	63,57 ±1,70	44,14 ±1,33	8,35 ±1,14
Зброджена біомаса, D=0,05 діб <sup>-1</sup>	94,56 ±0,68	32,39 ±0,34	54,32 ±6,80	36,67 ±2,42	4,01 ±0,65

Питомий вихід біогазу з одиниці об'єму біореактора за даних умов склав 1,2 і 0,91 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Порівнюючи результати досліджень перших двох серій дослідів (табл. 1-2), слід відмітити, що значних відмінностей за показниками анаеробної ферментації біомаси не встановлено, що свідчить про стабільність умов проведення експериментів.

На процесі анаеробної біоферментації та ефективність конверсії органічної речовини біомаси значною мірою впливає температура суміші в реакторі [1]. Встановлено, що підвищення температури процесу анаеробної біоферментації біомаси з 22 до 52 °С зменшує у 6,5-7 разів період запуску установки і її вихід на оптимальний режим. Ступінь конверсії органічної речовини біомаси у досліджуваних температурних межах збільшувалась від 8,37 до 61,82%, тобто у 7,39 раза, а вміст метану у біогазі зростав на 24,21% і становив 71,4%. Вихід біогазу в реакторі за анаеробних умов залежав від температури біомаси і мав експоненціальний характер. Таку ж залежність виявлено і щодо вмісту метану в біогазі, хоча вона мала певні особливості. За температури біомаси в процесі біоферментації 15 °С спостерігався відносно постійний вихід біогазу і вміст в ньому метану. На стадії запуску процесу і в протоці вихід біогазу практично не перевищував 0,4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> біомаси, а вміст метану був на рівні 17%.

Зменшення температури біомаси веде до істотного збільшення концентрації ЛЖК, що корелює зі зменшенням концентрації метану в біогазі (табл. 3).

Дослідженнями встановлено, що загальне мікробне число в 1 г біомаси в процесі біоферментації знижується з 6,3-7,9·10<sup>7</sup> до 2,1-3,8·10<sup>5</sup> (термофільний режим 52 °С) і 6,5·10<sup>5</sup> (мезофільний режим 32 °С).

При мезофільному режимі біоферментації кількість кислотоутворюючих бактерій в біомасі змінюється в тих же межах, а саме з 7,1·10<sup>4</sup> до 2,45·10<sup>6</sup>, а кількість споруутворюючих бактерій залишається без змін. За даних умов аеробні целюлозоруйнуючі бактерії в біомасі зникають, а кількість анаеробних целюлозоруйнуючих бактерій підвищується, що корелює зі збільшенням вмісту ЛЖК в біореакторі (табл. 3). За термофільного режиму анаеробної біоферментації біомаси видовий склад мікрофлори змінюється більш динамічно. Так, кількість кислотоутворюючих бактерій знижується з 10<sup>6</sup> до 10<sup>3</sup>, споруутворюючих – з 10<sup>5</sup> до 10<sup>3</sup> і протеолітичних – з 10<sup>5</sup> до 10<sup>3</sup>, а гриби, дріжджі і актиноміцети за термофільних умов зникають повністю.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники органічних відходів підприємств з виробництва свинини у процесі біоферментації,  $\bar{X} \pm Sx$ , n=4

Температура біомаси, °C	Час виходу на оптимальний режим, діб	Хімічний склад біомаси						
		вологість, %	зольність, %	АСР, г/кг	органічна речовина, г/кг	ЛЖК, г/кг	питомий вихід біогазу, м <sup>3</sup> /кг ОР	склад біогазу, % CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub>
15		89,30± 0,15	22,10± 0,54	107,0± 1,5	83,35± 1,84	3,77± 0,91		83,30± 0,60
		90,65± 0,18	23,05± 1,08	93,5± 1,8	71,94± 2,04	11,20± 1,63	0,4	16,70± 0,60
22	21-26	89,70± 0,48	21,58± 0,96	103,0± 4,80	80,77± 3,44	3,76± 0,54		52,81± 4,32
		90,50± 0,21	22,09± 0,49	95,0± 2,10	74,01± 2,40	7,20± 0,87	5,6	47,19± 4,32**
27	15-18	89,30± 1,02	21,45± 1,06	107,0± 10,20	84,05± 3,58	3,77± 0,68		51,88± 8,88
		92,70± 0,63*	25,35± 0,39	73,0± 6,30*	54,49± 1,25***	6,98± 0,48*	9,9	48,12± 8,88**
32	8-9	88,73± 1,19	22,63± 0,45	112,7± 11,9	87,19± 3,50	3,44± 0,50		43,46± 3,43
		93,50± 0,24***	25,26± 0,68	65,0± 2,4***	48,58± 1,20***	5,68± 0,17**	14,2	56,54± 3,43**
52	3-4	89,40± 0,71	21,54± 1,09	106,0± 7,1	83,16± 2,48	3,48± 0,40		28,60± 2,51
		95,60± 1,24**	27,84± 1,20	44,0± 12,4**	31,75± 3,40***	3,11± 0,14***	21,4	71,40± 2,51***

Важливим у санітарному відношенні є те, що сальмонели і стафілококи у досліджуваних зразках рідини не виявлені. Бактерії групи кишкової палички в біомасі після термофільної біоферментації практично відсутні, а при мезофільному режимі зберігаються у незначній кількості. При збільшенні часу перебування біомаси в реакторі за термофільних умов кількість життєздатних бактерій значно знижується. Максимальне знезараження біомаси досягається за 52 °C і часі утримання 10 діб, що відповідає швидкості потоку  $D=0,1 \text{ діб}^{-1}$ . Аналогічні результати отримані і при біоферментації відходів птахівництва [7].

Зброджена в анаеробних умовах біомаса може бути застосована без обмежень в

якості органічного добрива. При оцінці її агрохімічних властивостей, а саме вмісту такого біогенного елементу як азот, встановлено, що його вміст у збродженій біомасі за мезофільного режиму практично не відрізняється від вихідної, а втрати не перевищують 6,0%. При термофільному режимі культивування вони досягають 30% [7].

Проведеними дослідженнями показано, що із збільшенням швидкості потоку біомаси за анаеробної біоферментації відходів тваринництва збільшується об'ємний вихід біогазу, досягаючи величини  $2,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$  біореактора при  $D=0,2 \text{ діб}^{-1}$ , а значення питомого газоутворення знижується, що можна пояснити погіршенням умов процесу метаногенезу.

**Висновки:** 1. Анаеробна біоферментація відходів тваринництва є ефективним способом їх переробки. Її переваги над іншими полягають в досягненні необхідного ступеня стабілізації і знезараження біомаси, покращення її седиментаційних властивостей та виробництва біогазу.

2. Санітарно-гігієнічні показники зброджені за анаеробних умов біомаси свідчать про перевагу термофільної біоферментації з точки зору властивостей одержаного продукту (органічних добрив).

3. В основі інтенсифікації процесу біоферментації біомаси відходів за мезофільного режиму лежить його фазовий поділ і управління стадією, що передуює метановому збродженню. Таким вимогам відповідає технологія переробки органічних відходів, що поєднує аеробно-термофільну ферментацію на першій ступені (кислото генна фаза) і анаеробно-мезофільну ферментацію на другій ступені (фаза метаногенезу).

---

#### Література

1. Гюнтер Л.И. Тенденции в развитии метанового сбраживания органических отходов / Л.И. Гюнтер, З.М. Кольцова // Водоснабжение и санитарная техника. – 1993. – № 9. – С. 13-15.
  2. Тюрин В.Г. Решение экологических проблем при подготовке и утилизации органических отходов животноводческих ферм и комплексов / Тюрин В.Г. // Аграрная Россия. – 2000. – № 5. – С. 48-50.
  3. Практикум по агрохимии / Ягодин Б.А., Дерюгин И.П. Жупов Ю.П. и др./ под редакцией Б.А. Ягодина – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
  4. Другов Ю.С. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха / Ю.С. Другов, В.Б. Березин. – М., Химия. – 1981. – 256 с.
  5. Лурье Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод. / Лурье Ю.Ю., Рябинникова А.И. Изд. 4, перераб. и доп., М., Химия, 1974. – 33 с.
  6. Родина А.Г. Методы водной микробиологии / А.Г. Родина. – М., Л. Наука. – 1965. – 363 с.
  7. Аникеев В.В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / В.В. Аникеев, К.А. Мукомская. М.: Просвещение. – 1977. – 128 с.
  8. Хабибулин Р.Э. Технологические аспекты переработки отходов птицеводства / Р.Э.Хабибулин, Н.И. Крылова, Р.П. Наумова // Биотехнология. – 1995. – №1-2. – С. 43-46.
  9. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос. – 1969. – 255 с.
-

### Summary

#### **Sanitary-hygienic aspects of anaerobic biofermentation of animal waste / Yaremchuk A.**

The process of anaerobic biofermentation of waste cattle and pig breeding enterprises in the different duration of probiofermentation, during it with water and the temperature of the mixture. Found that increase the efficiency of animal husbandry waste biofermentation process is done by dividing it into two phases: aerobic-thermophilic and anaerobic-mesophilic and management of organic matter transformation reactions that occur before the methane fermentation.

**Key words:** biofermentation, animal waste, temperature of the mixture, methanogenesis, microbes.

**УДК 633.16"324":631.53.048:632.11(477.63)**

**Ярчук І.І., доктор с.-г. наук**

**Божко В.Ю.**

Дніпропетровський державний аграрний університет

#### **ЗИМОСТІЙКІСТЬ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИСІВУ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ**

*В результаті проведених досліджень було встановлено оптимальні норми висіву сортів ячменю озимого Основа, Луран, Сіндерелла в умовах північного Степу.*

*Ключові слова:* ячмінь озимий, норми висіву, сорти, зимостійкість, урожайність.

Ячмінь озимий має дуже великий потенціал врожайності. Він визріває раніше озимої пшениці і ярого ячменю відповідно на 8 і 12 днів. Це дає змогу швидко звільнити поле, належно підготувати ґрунт і використовувати площу під наступні культури [1].

Впродовж десятиріч рекомендувалось сіяти ячмінь з нормою висіву орієнтовно 4,5 млн. шт. схожих насінин на гектар. В останні роки, у зв'язку із створенням сортів інтенсивного типу та впровадження інтенсивних технологій, спостерігається тенденція до зменшення норм висіву. Загущення призводить до вилягання, поширення хвороб, зниження виповненості та озерненості колоса, погіршення якості зерна. При встановленні норми висіву необхідно дотримуватись диференційованого підходу. Вона залежить від багатьох чинників: попередників, строків сівби, погодних умов, сорту, добрив, фізіологічно активних речовин та ін.

У зв'язку з певними кліматичними змінами і введенням в Реєстр нових сортів, шляхом постановки польових дослідів, ми спробували для конкретних умов північного Степу встановити оптимальні норми висіву насіння ячменю озимого [2].

**Мета роботи.** В зв'язку зі змінами кліматичних умов та введенням у виробництво нових сортів ячменю озимого, за мету наших досліджень було обрано вивчення