

УДК 504.53.052/.75.05:64+631.164.27

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ БИОУДОБРЕНИЙ В СОХРАНЕНИИ ГУМУСА И ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПРОНИКНОВЕНИЯ ИНВАЗИИ В ПОЧВУ

Л.М. МАКСИШКО

Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий им. С.З. Гжицкого, Украина

Abstract. The effect of methane fermentation in a biogas plant on agrochemical composition of poultry droppings and pig manure was investigated, as well as the degree of their contamination with helminth eggs was estimated. It was found that in conditions of mesophilic temperature regime, the amount of organic and mineral nitrogen and carbon (components of humic acids) increases in the fermented mass, as compared with the mass before fermentation, suggesting about the activity level of microbiological processes at the expense of bacterial biomass augmentation. Consequently, the fermented biomass, when used as fertilizer, will contribute to the formation of humus more than unfermented manure and, thereby, it will increase soil fertility. Under mesophilic temperature regime there is a decrease in the number of helminth eggs, while under thermophilic temperature regime there is a total absence of helminth eggs. Under a more active fermentation (the activity of the release of biogas bubbles, which pass through water cleaning device), fewer helminth eggs were found after termination of fermentation, due to the life activity of bacteria under mesophilic temperature regime as compared with weak fermentation. A complete egg survival post-fermentation was observed when the organic matter subjected to fermentation, for certain reasons, has not fermented.

Key words: Biofertilizer; Poultry droppings; Pig manure; Fermentation; Nitrogen; Carbon; Helminth eggs.

Реферат. Исследовано влияние метанового брожения в биогазовой установке на агрохимический состав и инвазированность яйцами гельминтов птичьего помета и свиного навоза. Установлено, что в условиях мезофильного температурного режима в сброженной массе увеличивается количество органического и минерального азота, углерода (элементов гуминовых кислот) в сравнении с массой до брожения, что свидетельствует об уровне активности микробиологических процессов за счёт нарастания биомассы бактерий. Следовательно, перебродившая биомасса, при использовании в качестве удобрения, будет способствовать образованию гумуса больше чем неперебродивший навоз и, тем самым, увеличит плодородие почвы. Обнаружено, что в условиях мезофильного температурного режима происходит уменьшение количества яиц гельминтов, а при термофильном – яйца гельминтов полностью отсутствуют. Причём, при более активном брожении (степень активности выделения пузырьков биогаза, которые проходят через воду очистительного устройства), благодаря жизнедеятельности бактерий в мезофильном температурном режиме, отмечается меньшее количество яиц гельминтов после прекращения брожения, чем при слабом брожении и полное сохранение яиц после брожения, когда органическая масса заложенная для брожения по определенным причинам не бродила.

Ключевые слова: Биоудобрение; Птичий помет; Свиной навоз; Ферментация; Азот; Углерод; Яйца гельминтов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается значительное истощение естественного потенциала почвы, а именно – уменьшение в ней гумуса. Ежегодно с поверхности почвы исчезает около 2 млн. тонн пахотного слоя; при этом известно, что уменьшение толщины слоя на 10 см снижает урожайность на 20% (Береговой, В.К. 2011). Почва является живым телом, насыщенным множеством живых организмов: полезных микроорганизмов (азотфиксирующих, целлюлозоразрушительных, нитрифицирующих и др.), грибов, дождевых червей (вермиккультура). Неосмысленное внесение больших доз минеральных удобрений, пестицидов ведёт к их гибели (Береговой, В.К. 2011), а следовательно, приводит к нарушению баланса почвенных процессов. Все химические средства возделывания почвы (такие, как пестициды, гербициды, стимуляторы роста) в условиях уменьшения плодородия почв дают прирост урожайности, однако качество и безопасность продуктов питания при этом ухудшаются (Береговой, В.К. 2011; Веденев, А.Г., Веденева, Т.А. 2006; Голубь, Г.А. 2005; Курис, Ю.В. 2012). С другой стороны, для поддержания урожайности растения поглощают из почвы все необходимые им основные элементы питания,

что ведет к истощению почвы. В связи с этим, для сохранения урожайности растений и поддержания плодородия почв нужно обеспечить почвы достаточным количеством экологически безопасных органических удобрений. Такими высококачественными органическими удобрениями являются биоудобрения, полученные путём метанового брожения отходов животноводства и растениеводства в биогазовых установках.

Известно, что при мезофильном сбраживании погибает лишь 50–80% яиц гельминтов, а при термофильном происходит полная дегельминтизация перебродившей массы (Дубровский, В.С., Виестур, В.Э. 1988; Курис, Ю.В. 2012; Семененко, И., Зинченко, М. 2012). Нами установлено, что процент гибели яиц гельминтов при мезофильном температурном режиме зависит от активности протекания процесса метанового брожения. На активность процесса, в свою очередь, влияет жизнедеятельность микрофлоры биогазовой установки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование агрохимического состава органической массы (куриный помёт, свиной навоз) осуществляли с использованием сконструированной нами лабораторной биогазовой установки для получения очищенного биогаза (Патент Украины № 82188; Максишко, Л.М. 2013). Для исследования агрохимического состава брали пробы органической массы не разбавленной водой и не перебродившей и разбавленной водой в соотношении 1:1 и перебродившей. Проводили подготовку органической массы для брожения. Для этого навоз разбавляли водой в соотношении 1:1 и помещали в камеру биогазовой установки, прогретую до температуры 34–36°C. Параллельно в камеру помещались емкости со свиным навозом и куриным помётом. Брожение начиналось через 2–3 часа после закладки биомассы. Длительность брожения – 3–4 недели.

Для исследования влияния процесса брожения на агрохимический состав куриного помёта и свиного навоза при мезофильном температурном режиме были определены следующие показатели:

- 1) рН(kcl) органической массы до и после брожения – согласно ГОСТ 27979– 88;
- 2) влажность – согласно ГОСТ 26718– 85;
- 3) органическое вещество (углерод) – согласно ГОСТ 27980 – 88;
- 4) общий азот – согласно ГОСТ 26715 – 85;
- 5) аммонийный азот – согласно ГОСТ 26716 – 85;
- 6) общий фосфор – согласно ГОСТ 26717 – 85;
- 7) общий калий – согласно ГОСТ 26718 – 85.

Исследовалось также влияние процесса брожения на показатели инвазированности куриного помёта и свиного навоза до и после процесса брожения при мезофильных и термофильных параметрах брожения. Органическую массу разбавляли водой в соотношении 1:1. Отбирали пробу куриного помёта и пробу свиного навоза на выявление яиц и личинок гельминтов и определения их количества. После отбора проб емкости с куриным помётом и свиным навозом устанавливали в биогазовую установку для брожения.

Выявление яиц гельминтов осуществляли методом Фюллеборна (метод флотации) следующим образом: готовили насыщенный раствор поваренной соли на кипящей воде (на 1 л кипящей воды 380–400 г натрия хлорида). Фильтрацию полученного раствора осуществляли через лейку со слоем марли. К образцам фекалий доливали небольшое количество приготовленного раствора поваренной соли и перемешивали стеклянной палочкой. Раствор фильтровали через металлическое сито или марлю в подготовленную емкость с последующим отстаиванием (30 минут). При этом, яйца гельминтов всплывают на поверхность жидкости. Затем с поверхности раствора брали каплю жидкости проволоочной петлей и проводили исследование образца под микроскопом на предмет наличия яиц гельминтов. Для количественного подсчёта яиц гельминтов использовали методику В.Н. Трача (1981). Общее количество яиц делили на количество капель и определяли среднее их количество в одной капле. Потом известную площадь поверхности делили на площадь петли с диаметром 5 мм и таким образом подсчитывали количество капель, которые по площади отвечают всей поверхности смеси. Общее количество яиц определяли, умножив величину среднего количества яиц в одной капле на количество капель, что соответствует всей поверхности смеси.

Лабораторные исследования проводились трехкратно. Статистическая обработка резуль-

татов осуществлялась с помощью компьютерной программы Statist. Результаты серийных значений оценивались как статистически достоверные при $p < 0,05 - *$, $p < 0,1 - **$; $p < 0,001 - ***$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Нами установлено, что процесс метанового брожения влияет на изменение агрохимического состава органической массы помёта кур, а также свиного навоза при мезофильном температурном режиме брожения. Для выявления этого мы исследовали агрохимический состав куриного помёта (свиного навоза), не разбавленного водой и не перебродившего, а также разбавленного водой в соотношении 1:1 и перебродившего. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2. По данным таблицы 1 проводили сравнение химического состава помёта кур до и после ферментации.

Таблица 1. Агрохимический состав органических удобрений, полученных из куриного помёта, до и после ферментации в биогазовой установке

Исследуемые показатели	Куриный помёт до ферментации	Куриный помёт после ферментации
Кислотность, pH (kcl)	8,55 ± 0,02	8,53 ± 0,006
Влажность, %	78 ± 0,58	81 ± 0,57 *
Сухое вещество, % на сухое вещество	21 ± 0,06	19 ± 0,03 ***
Зольность, % на сухое вещество	43 ± 0,57%	40 ± 0,28 **
Общий азот, % на сухое вещество	1,87 ± 0,009	2,05 ± 0,011 ***
Азот органический, % на сухое вещество	1,22 ± 0,0058	1,35 ± 0,0033***
Азот аммония, % на сухое вещество	0,65 ± 0,005	0,7 ± 0,008 **
Общее содержание фосфора, % на сухое вещество	1,4 ± 0,06	1,1 ± 0,06 *
Общий калий, % на сухое вещество	5,4 ± 0,03	4,4 ± 0,09 ***
Органическое вещество (термогравиметрический метод), % от сухого вещества	28,5±0,088	30±0,23**

Приведенные данные свидетельствуют, что после разбавления помета водой в соотношении 1:1 и ферментации влажность органической массы увеличилась в 1,03 раза. Масса сухого вещества уменьшилась в 1,1 раза, количество золы уменьшилось в 1,07 раза, количество общего азота возросло в 1,1 раза, органического – в 1,11 раза. Содержание азота аммонийного увеличилось в 1,1 раза. Количество общего фосфора уменьшилось в 1,3 раза, количество общего калия уменьшилось в 1,2 раза. Количество органического вещества (на углерод) возросло в 1,1 раза.

Результаты исследований агрохимического состава свиного навоза, не разбавленного водой и не перебродившего, и свиного навоза, разбавленного водой в соотношении 1:1 и перебродившего, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Агрохимический состав органических удобрений, полученных из свиного навоза до и после ферментации в биогазовой установке

Исследуемые показатели	Свиной навоз до ферментации	Свиной навоз после ферментации
Кислотность, pH (kcl)	6,5±0,06	6,5±0,3
Влажность %	90±0,17	93±0,23 ***
Сухое вещество, % на сухое вещество	10±0,06	7±0,06 ***
Зольность, % на сухое вещество	26,6±0,06	25±0,03 ***
Общий азот, % на сухое вещество	1,87±0,006	2,17±0,008 ***
Азот органический, % на сухое вещество	1,59±0,003	1,83±0,003 ***
Азот аммония, % на сухое вещество	0,28±0,011	0,34±0,006 **
Общее содержание фосфора, % на сухое вещество	0,93±0,006	0,62±0,015 ***
Общий калий, % на сухое вещество	4,1±0,06	3,65±0,08 *
Органическое вещество (термогравиметрический метод), % на сухое вещество	36,7 ± 0,02	37,5 ± 0,06 ***

При сравнении результатов исследования установлено, что влажность разбавленного свиного навоза после брожения увеличилась в 1,03 раза, уровень сухого вещества снизился в 1,4 раза, количество золы уменьшилось в 1,1 раза, количество органического азота увеличилось в 1,15 раза, содержание аммонийного азота увеличилось в 1,21 раза, количество фосфора уменьшилось в 1,5 раза, а калия – в 1,1 раза, содержание органического вещества (на углерод) увеличилось в 1,02 раза. Соотношение рН (kcl) благодаря созданию адекватных условий для микроорганизмов в обоих случаях находится на оптимальном уровне, рН (kcl) куриного помёта – щелочное, навоза свиней – близкое к нейтральному.

Известно, что свежий свиной навоз снижает урожайность. Повышение уровня токсических веществ (мочевины, нитратов, нитритов) приводит к уничтожению растений, а также увеличивает загрязнение почвенных вод, что вызывает необходимость дополнительной очистки питьевой воды. Поэтому, превращение навоза в ценные удобрения существенно важно (Джигирей, В.С. и др. 2004).

По имеющимся данным, при стабильной работе реактора, рН (kcl) среды поддерживается на оптимальном уровне благодаря взаимному балансу процессов формирования летучих жирных кислот и их дальнейшему преобразованию в метан (Семененко, И., Зинченко, М. 2012). Уменьшение количества золы и сухого вещества можно объяснить тем, что в навозе, который перед брожением разбавляют водой, соответственно уменьшается их количество в массе органических веществ. Количество углерода, органического и минерального азота, увеличивается, потому что, благодаря созданию оптимальных условий для микроорганизмов активизируется их размножение, следовательно, увеличивается биомасса. В процессе жизнедеятельности некоторая часть микроорганизмов погибает.

Друино и Лефевр (1966), позднее и другие исследователи, пришли к выводу, что в почве преобразование азота происходит не в одном направлении. При определенных условиях минеральный азот превращается в органический микроорганизмами, отличающимися от нитрификаторов, которые синтезируют белки в своих клетках из нитратов в почве (Гро, А. 1966). Аналогичный процесс увеличения количества органического азота наблюдается в наших исследованиях. Известно, что накопленный азот в стабильных органических формах при неблагоприятной погоде препятствует вымыванию нитратов, которые накопились в течение лета. Из литературы известно, что минерализация в естественном навозе составляет 40%, в перебродившей массе – 60% (Турук, Ю.Г. 2009). Известно также, что благодаря анаэробным преобразованиям в перебродившем навозе – в 4 раза увеличивается количество аммонийного азота (20–30% азота переходит в амонийную форму), а количество усваиваемого фосфора удваивается (Турук, Ю.Г. 2009; Хмилляр, А. 2011).

Наши исследования показывают, что по сравнению с не разбавленным водой навозом, который не проходил анаэробного сбраживания, у навоза, который перед закладкой в биогазовую установку для брожения предварительно был разбавлен водой, количество общего, аммонийного азота и углерода увеличилось, а количество калия и фосфора, наоборот, – уменьшилось.

Таким образом, по результатам исследований видно, что внесением биоудобрений мы способствуем восстановлению гумуса (компонентами гуминовых кислот), который теряется при минерализации и используется растениями (Гро, А. 1966). И это, в свою очередь, облегчит процессы защиты почвы от эрозии (Гро, А. 1966).

По данным литературы, в отличие от торфа, который не имеет микрофлоры, в навозе содержится 109 колоний/г микрофлоры, а в биоудобрениях – 1012-1014 колоний/г. При этом навоз, который прошел анаэробную температурную обработку в биогазовой установке, не имеет патогенных организмов. Во время преобразования комплексных соединений в простые в процессе метаногенеза происходит увеличение биомассы полезных бактерий. Соответственно, внесение такой биомассы в почву сопровождается усилением биологической активности почвы (увеличивается количество аммонификаторов, нитрификаторов, целлюлозоразрушающих микроорганизмов), повышением уровня доступных форм азота, фосфора, калия и других макро- и микроэлементов (Веденев, А.Г., Веденева, Т.А. 2006).

Таким образом, экологическая роль биоудобрений заключается в том, что с их помощью удастся получить высококачественные и экологически чистые продукты при одновременном сохранении плодородия почвы, её воспроизводства. А экологически чистая сельскохозяйственная

продукция является неременным условием улучшения здоровья людей (Веденев, А.Г., Веденева, Т.А. 2006; Голуб, Г.А., 2005; Курii, Ю.В. 2012).

Известно, что если навоз или другие органические удобрения не разлагаются в почве на протяжении года после их внесения, это указывает на низкую активность микроорганизмов в свою очередь, навоз активизирует их деятельность (Гро, А. 1966).

Обеспечивая оптимальные условия для жизни почвенных организмов, мы можем иметь преимущество в достижении положительных агрохимических и экологических показателей. В случае неблагоприятных для живых организмов погодных условий мы можем стабилизировать баланс макро- и микроэлементов, внося в почву в научно обоснованных количествах легкоусвояемый минеральный азот, содержащийся в предложенном автором жидком минеральном удобрении (Патент Украины № 77213; Максишко, Л.М. 2013), принимая во внимание дозы, в которых нуждаются некоторые виды растений.

Таким образом, результаты нашего исследования показывают, что перебродившая биомасса будет способствовать образованию гумуса больше, чем неперебродивший навоз, так как количество углерода и азота в перебродившей массе больше, а эти элементы являются основными составляющими гуминовых кислот. Здесь следует отметить экологическую роль перебродившей биомассы, благодаря которой увеличивается количество питательных элементов, необходимых для жизни растений и микроорганизмов. Микробиологические процессы в почве усиливают ее биологическую активность; соответственно, это будет способствовать почвообразованию и таким образом, увеличит плодородие почвы.

Известно, что в 1 литре жидкого навоза в разные времена года содержится от 5 до 28-42 и даже нескольких сотен экземпляров яиц гельминтов. Хранение навоза в навозохранилищах в течение длительного времени (больше половины года) не обеспечивает дегельминтизации навоза (Семененко, И., Зинченко, М. 2012).

Движущим фактором разрушения яиц гельминтов при мезофильных температурах является деятельность микрофлоры, которая способствует расщеплению сложных веществ в простые.

Нами проведены четыре серии опытов. На предмет определения количества личинок и яиц гельминтов исследовался куриный помёт разбавленный водой до брожения: и разбавленный, перебродивший при мезофильном и термофильном режиме брожения (I, II). Результаты исследований приведены в таблице 3. С этой же целью исследовался также свиной навоз (разбавленный водой, до брожения – и разбавленный, перебродивший) при обоих температурных режимах брожения (I, II). Свиной навоз в каждой серии опытов при мезофильном температурном режиме брожения проявлял разную активность брожения (I, II) (принимали во внимание активность выделения пузырьков биогаза, количество выделенного биогаза) (Табл. 4).

Таблица 3. Уменьшение количества яиц гельминтов в помёте кур в процессе метанового брожения

Вид гельминта	Количество яиц гельминтов в 1 г помета			
	Мезофильный режим		Термофильный режим	
	До брожения	После брожения	До брожения	После брожения
<i>Ascaridia galli</i>	6,3±0,9	2,7±0,3**		
<i>Heterakis gallinarum</i>	10,7±0,7	4,3±0,3**		
Личинки гельминтов подряда <i>Strongylata</i> рода <i>Syngamus</i>	11,3±1,3	---	8,3±0,9	4,3±0,9* (погибшие)

По данным таблицы 3 видим, что после брожения куриного помёта в мезофильном температурном режиме количество яиц гельминта *Ascaridia galli* уменьшилось в 2,3 раза, *Heterakis gallinarum* – в 2,5 раза, а личинки гельминтов подотряда *Strongylata* рода *Syngamus* – не выявлены. В термофильном температурном режиме после брожения количество личинок гельминтов подотряда *Strongylata* рода *Syngamus* уменьшилось в 2 раза.

Таблица 4. Уменьшение количества яиц гельминтов в зависимости от микробной активности в процессе метанового брожения навоза свиней

Вид гельминта	Количество яиц гельминтов в 1 г навоза							
	Контроль (Мезофильный режим)		Мезофильный режим				Термофильный режим	
	До брожения	После брожения	До брожения		После брожения		До брожения	После брожения
	Органическая масса не перебродила		Активное брожение (опыт 1)	Слабое брожение (опыт 2)	Активное брожение (опыт 1)	Слабое брожение (опыт 2)		
<i>Ascaris suum</i>	96,7±3,3	96,7±3,3						
<i>Ascaris suum</i>			15,3±1,45	15,3±0,9	—	3,3±0,9**	1,3±0,3	—
<i>Oesophagostomum spp.</i>			8±1,53	7±1,15	2,7±0,3*	4,3±0,3*	1,5±0,8	—

Из таблицы 4 видно, что, когда органическая масса, заложенная для брожения, по каким-то причинам не перебродила, количество яиц гельминтов сохраняется без изменений. При более активном брожении (активное выделение пузырьков биогаза, которые проходят через воду очистного устройства) благодаря жизнедеятельности бактерий в мезофильном температурном режиме яйца гельминтов *Ascaris sum* не были обнаружены, а количество яиц гельминта *Oesophagostomum spp.* уменьшилось в 3 раза, в то время как при слабом брожении – количество яиц гельминта *Ascaris sum* уменьшилось в 4,6 раза, а яиц гельминта *Oesophagostomum spp.* уменьшилось в 1,6 раза.

ВЫВОДЫ

Из наших исследований следует, что создание оптимальных условий для брожения биомассы активизирует процессы микробной жизнедеятельности, которые сопровождаются ростом количества полезных и важных для процессов гумусообразования элементов: в курином помёте после брожения (мезофильный режим брожения) увеличилось количество азота органического в 1,11 раза, легкоусваиваемого аммонийного азота – в 1,1 раза, а также важного для гумусообразования углерода – в 1,1 раза. В свином навозе после брожения (мезофильный температурный режим) количество азота органического увеличилось в 1,15 раза, азота аммонийного в 1,21 раза, количество углерода увеличилось в 1,02 раза. Мы отметили также, что при более активном брожении навоза свиней (мезофильный температурный режим) наблюдается меньшее количество яиц гельминтов, чем при слабом брожении или их отсутствие при термофильном режиме брожения. В случае, когда масса, помещенная на брожение, по определенным причинам не перебродила, количество представителей инвазии остается без изменений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БЕРЕГОВИЙ, В.К. (2011). Екологічні проблеми використання земель у сільському господарстві України. У: АгроСвіт, № 13/14, с. 13-15.
2. ВЕДЕНЕВ, А.Г., ВЕДЕНЕВА, Т.А. (2006). Биогазовые технологии в Киргизской Республике. Бишкек: Евро. 90 с.
3. ГОЛУБ, Г.А. (2005). Проблемы биоконверсии органического сырья в агроценозе. В: Вестник аграрной науки, № 1, с. 43-48.
4. ГРО, А. (1966). Практическое руководство по применению удобрений. Москва: Колос. 352 с.
5. ДЖИГИРЕЙ, В.С., СТОРОЖУК, В.М., ЯЦЮК, Р.А. (2004). Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи) : навч. посібник. 2-ге вид., доп. Львів: Афіша. 272 с.
6. ДУБРОВСКИЙ, В.С., ВЕСТУР, В.Э. (1988). Метановое сбраживание с.-х. отходов. Рига: Знание. 204 с.
7. КУРИС, Ю.В. (2012). Биоэнергетические установки. Оборудование и технологии переработки органических отходов. Запорожье: ЗГИА. 348 с.
8. СЕМЕНЕНКО, И., ЗИНЧЕНКО, М. (2012). Оборудование и процессы метанового сбраживания органических отходов: учебник. Харьков. 272 с.
9. ТУРУК, Ю.Г. (2009). Преимущества и недостатки переработки навоза в биогаз. В: Научный вестник Нац. Ун-та биоресурсов и природопользования Украины, вып. 141, с. 357-361.
10. ХМИЛЛЯР, А. (2011). Экологические проблемы Украины. В: Экология-Право-Людина, № 11-12 (51-52), с. 116-117.

Data prezentării articolului: 26.09.2014

Data acceptării articolului: 18.03.2015