

УДК 631.812:636.2

UDC 631.812:636.2

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**ТЕХНОЛОГИЯ УСКОРЕННОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ ПОДСТИЛОЧНОГО
СВИНОГО НАВОЗА В ОРГАНИЧЕСКОЕ
УДОБРЕНИЕ****ACCELERATED REPROCESSING
TECHNOLOGY FOR RECYCLING PIG
MANURE INTO ORGANIC FERTILIZER**

Теучеж Аминет Аслановна

Teuchezh Aminet Aslanovna

к.б.н., ст. преп.

Cand. Biol. Sci., Senior Lecturer

РИНЦ SPIN5680-1469

RSCI SPIN-code 5680-1469

*Кубанский государственный аграрный
университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Россия, 350044, ул. Калинина, 13
aminet.aslanovna@mail.ru*

*Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilin, Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044
aminet.aslanovna@mail.ru*

В статье рассматривается технология ускоренной переработки подстилочного свиного навоза в органическое удобрение. На сегодняшний день очень актуален вопрос утилизации навоза таким способом, чтобы он наносил наименьший вред окружающей природной среде. Вывоз отходов животноводства на поля в «чистом» виде не приемлемо, так как в почву попадает большое количество болезнетворных микроорганизмов и вредных химических соединений. Опыты по ускорению переработки свиного подстилочного навоза в органическое удобрение проводились на базе СТФ № 2 СПК «Марьянский» Красноармейского района. С целью исключения фильтрации загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды, опыт был заложен на бетонированной площадке, расположенной в пределах фермы. Для опыта использовался свиной навоз животных, возраст которых составлял 2–8 месяцев. Общая масса использованного навоза – 40 т. Накопление навоза осуществлялось в емкости, вмещающей 4 тонны; общее время накопления необходимого количества навоза – 2 месяца. Сравнивая показатели качества компоста, полученного в результате предложенной технологии, рекомендуемой для производственного применения, с контролем, были установлены отличия в химических и биологических свойствах. В целом, проведенный эксперимент позволил установить, что наиболее оптимальным вариантом, с учетом скорости протекания химических и биологических процессов, требований охраны окружающей среды, является компостирование навоза с соломой при добавлении биопрепарата «Тамир» в норме 0,5 л/т. Полученные результаты сопоставимы с данными прошлых лет и указывают на возможность снижения количества вносимого биопрепарата с 1 до 0,5 л/т отходов без снижения эффективности процесса ускоренного разложения азотсодержащих органических соединений

The article considers the accelerated reprocessing technology for recycling pig manure into organic fertilizer. Today, closely relevant is the matter of environmentally friendly technologies for cattle manure utilization. Export of wastes in its pure form to agricultural land cannot be applied, because disease causing and chemical compound penetrated the soil, entered the groundwater and contaminated many water sources. Experiments for the accelerated reprocessing of the pig manure into organic fertilizer were conducted on the basis of PCF No. 2 of the APC "Maryanskaya" in the Krasnoarmeisky district. With the aim of eliminating the filtering of pollutants in soil and groundwater, the experiment was performed in a concreted area, located within a farm. For the test, we used pig manure of animals, whose age was 2-8 months. The total weight of used manure was 40 t. The accumulation of manure was carried out in containers, containing 4 tons; the total time for the accumulation of necessary amount of manure for 2 months. Comparing the quality of compost obtained by the proposed technology recommended for industrial applications, control, we found differences in the chemical and biological properties. Overall, the conducted experiment has allowed to establish that the best option, given the speed of the flow of chemical and biological processes, demands environmental protection, is composting manure with straw, adding a biological product "Tamir" at the rate of 0.5 l/t. The Obtained results are comparable with data of previous years and indicate the possibility of reducing the quantity of a biological product from 1 to 0.5 l/t of waste without reducing the efficiency of the process of accelerated decomposition of nitrogenous organic compounds

Ключевые слова: СВИНОЙ НАВОЗ,
ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ,

Keywords: PIG MANURE, ORGANIC

ПОДСТИЛОЧНЫЙ НАВОЗ, УСКОРЕННАЯ
ПЕРЕРАБОТКА, ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИFERTILIZERS, DUNG, ACCELERATED
REPROCESSING, REPROCESSING
TECHNOLOGY**Doi: 10.21515/1990-4665-133-080**

Очень высокая концентрация предприятий животноводства в крае поставила ряд важных экологических проблем, связанных с охраной окружающей среды. К ним, в частности, относится проблема утилизации и переработки различных видов навоза. Краснодарский край занимает одно из ведущих мест по объемам ведения животноводства в России [3, 5, 6].

На сегодняшний день сложилась практика накопления отходов в навозохранилищах, с последующим их внесением на сельскохозяйственные поля. В настоящее время техническое состояние навозохранилищ вызывает сомнения в их надежности. Как правило, хранилища представляют собой открытые наземные или заглубленные конструкции, которые подвержены воздействию атмосферных осадков, эксплуатируются с перегрузкой, при этом стоки и отходы сбрасываются на рельеф, что представляет непосредственную угрозу качеству поверхностных и подземных вод [7, 8, 15].

Подстилочный навоз это смесь жидких и твердых экскрементов с подстилкой и, нередко, остатками корма. Лучшие и наиболее распространенные подстилочные материалы – солома злаковых культур и торф. Ежедневное количество отходов от одной свиньи зависит от породы и размеров животного, корма и условий содержания. Режим кормления влияет на свойства свиного навоза. Приблизительно 30 % съеденного корма превращается в ткани организма животного, а остальной испражняется в виде мочи и кала. Количество испражненного кала составляет в день 6–8 % живой массы свиньи. Влажный кал содержит 5–9 % общих сухих веществ, в том числе 83 % органических [11, 13, 14].

По физическому состоянию экскременты животных представляют собой гетерогенную полидисперсную среду, которая включает твердые частицы, составляющие дисперсную и водный раствор солей, кислот и щелочей, образующий жидкую среду.

В свином навозе на долю твердых частиц приходится 70 –75 % от всей массы сухого вещества. Твердые частицы состоят из нерастворимых скелетных структур, пропитанных дисперсионной фазой и связанных с ней механически и капиллярно [15, 17, 19].

Содержание питательных элементов в навозе в значительной мере зависит от количества и качества подстилки. Навоз, приготовленный на торфяной подстилке, значительно богаче азотом, чем навоз, полученный при использовании соломенной подстилки [10, 14, 17]. На состав навоза оказывают большое влияние удельная масса концентрированных кормов в рационе и особенности физиологии пищеварения животных. Содержание питательных элементов в свином навозе достаточно высокое, что обуславливает его возможность использования в качестве органического удобрения (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав подстилочного навоза, % на сырое вещество

| Показатели | Среднее содержание, % |
|---|-----------------------|
| Вода | 72,4 |
| Органическое вещество | 25,0 |
| Азот: общий | 0,45 |
| аммиачный | 0,2 |
| Фосфор (P ₂ O ₅) | 0,19 |
| Калий (K ₂ O) | 0,6 |

Навоз – это нестабильная субстанция, то есть при обычном хранении он подвергается разрушению в результате жизнедеятельности собственного микробиоценоза. При хранении навоза под влиянием микроорганизмов происходит разложение азотистых и безазотистых органических веществ. Мочевина и другие органические азотистые соединения, содержащиеся в жидких выделениях животных,

превращаются в газообразный аммиак, представляющий собой основной источник потерь азота из навоза. Мочевина под действием фермента уреазы, выделяемого уробактериями, превращается в углекислый аммоний, который легко распадается на аммиак, углекислоту и воду [11, 15, 16].

Азотистые соединения твердых выделений и подстилки состоят преимущественно из белковых веществ и очень медленно разлагаются с образованием аммиака. Безазотистые органические вещества навоза представлены в основном клетчаткой и другими легкоразлагающимися органическими соединениями. Чем соломистее навоз, тем больше в нем содержится безазотистых органических веществ. При доступе воздуха разложение их происходит до углекислоты и воды и сопровождается повышением температуры навоза до 50–70 °С. При анаэробных условиях клетчатка разлагается с образованием углекислоты и метана [8, 9, 10].

Состав подстильного навоза зависит от способов и продолжительности его хранения, количества и качества кормов и подстилки, вида животных и способов их содержания [5, 6, 7].

При большем содержании в навозе легкоразлагающихся органических веществ и лучшем доступе воздуха разложение его протекает интенсивнее. В зависимости от условий хранения разложение навоза происходит с различной интенсивностью, и компост получается разного качества [2, 4, 15].

Компостирование представляет собой динамический микробный процесс, протекающий благодаря активности сообщества микроорганизмов различных групп: бактерии, актиномицеты, грибы, дрожжи, водоросли, простейшие и др. [17, 19, 20].

В процессе компостирования принимает участие более 2000 видов бактерий и не менее 50 видов грибов. Эти виды подразделяются на группы по температурным интервалам, в которых каждая из них активна. Для

психрофилов предпочтительна температура ниже 20 °С, для мезофилов – от 20 до 40 °С и термофилов – свыше 40 °С. Микроорганизмы, которые преобладают на последней стадии компостирования, являются, как правило, мезофиллами [16, 18, 19].

Опыты по ускорению переработки свиного подстилочного навоза в органическое удобрение проводились на базе СТФ № 2 СПК «Марьянский» Красноармейского района, Краснодарского края. С целью исключения фильтрации загрязняющих веществ в почву и грунтовые воды опыт был заложен на бетонированной площадке, расположенной в пределах фермы.

Для опыта использовался свиной навоз животных, возраст которых составлял 2–8 месяцев. Общая масса использованного навоза – 40 т. Накопление навоза осуществлялось в емкости, вмещающей 4 тонны; общее время накопления необходимого количества навоза – 2 месяца.

Экспериментальные работы предыдущих лет подтвердили возможность эффективного использования биопрепарата «Тамир» в количестве 1 л/т отходов, для ускоренного разложения органики и формирования безопасного для окружающей среды комплекса микроорганизмов. В работе была поставлена цель – подтвердить полученные ранее результаты и несколько снизить затраты на компостирование за счет внесения меньшего количества биопрепарата.

Опыт включал четыре варианта. Каждый из вариантов представлял собой бурт массой 10 тонн, содержащий различные компоненты согласно схеме опыта:

1. Свиной навоз (контроль) – 10 т.
2. Свиной навоз (10 т) + солома + фосфогипс (1 т) + биопрепарат «Тамир» (0,5 л/т навоза).
3. Свиной навоз (10 т) + солома + фосфогипс (1 т) + биопрепарат «Тамир» (0,25 л/т навоза).

4. Свиной навоз (10 т) + солома + фосфогипс (1 т) + биопрепарат «Тамир» (0,25 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг).

После добавления в навоз соломы и фосфогипса он был сложен в бурты. По достижении в буртах температуры 55–60 °С, их выдерживали в течение 10 дней, затем бурты перебили и внесли биопрепарат согласно схеме опыта.

Компостируемая масса была уложена на соломенную подстилку толщиной 30 см с целью впитывания соломой выделяющейся жижи и сверху накрыта, также, соломой для уменьшения испарения влаги.

На момент заложения опыта подстилочный навоз представлял собой смесь экскрементов свиней с соломой, влажностью 67 % с начальными признаками перепревания. Экспериментальная оценка класса опасности навоза, показала, что он относится к четвертому классу опасности, хотя известно, что свежий свиной навоз относится к третьему. Снижение класса опасности использованного в опыте навоза обусловлено, вероятно, испарением и вымыванием из него некоторых веществ, обуславливающих токсичность, в процессе накопления 2 месяца необходимого для опыта количества навоза 40 т.

Проведенные исследования позволили установить существенные различия между вариантами опыта, как по химическим, так и по биологическим показателям. Полученные результаты позволили судить о процессах, протекающих в субстратах различных вариантов опыта, оценить их направленность и интенсивность.

Все бурты на момент заложения опыта представляли собой массу зеленовато-коричневого цвета с неприятным запахом. В ходе эксперимента наблюдалось постепенное изменение цвета и агрегатного состояния содержимого буртов и снижение неприятного запаха.

К началу второго месяца исследований субстрат второго варианта опыта стал более рассыпчатым, приобрел темно-коричневую, местами черную, окраску, неприятный запах исчез. Субстраты контрольного и

третьего вариантов опыта не претерпели практически никаких изменений, за исключением снижения влажности, что обусловило их большую рассыпчатость (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение влажности (%) компостируемой массы в процессе эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | День опыта | | | | | | |
|-------|--|------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 15 | 21 | 32 | 42 | 53 | 62 |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 67,1 | 64,5 | 55,6 | 62,7 | 56,9 | 60,0 | 53,6 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 56,9 | 58 | 56,4 | 58,2 | 56,2 | 60,4 | 68,7 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 65,7 | 58 | 52,2 | 54,4 | 55,6 | 54,6 | 51,0 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 66,9 | 56 | 60,0 | 58,6 | 55,6 | 52,3 | 46,6 |

В четвертом варианте опыта, содержащим на фоне незначительного количества внесенного биопрепарата, сульфат аммония, процессы разложения органики протекали более интенсивно, чем в контроле, о чем свидетельствует снижение интенсивности неприятного запаха, изменение цвета и консистенции субстрата. Как изменялся водородный показатель pH подстилочного свиного навоза отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение водородного показателя (pH) компостируемой массы в процессе эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | День опыта | | | | | | |
|-------|--|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 15 | 21 | 32 | 42 | 53 | 62 |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 7,0 | 7,2 | 7,3 | 7,1 | 7,3 | 7,2 | 7,2 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 6,8 | 6,7 | 6,7 | 6,5 | 6,6 | 6,6 | 6,8 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 7,0 | 6,9 | 6,6 | 6,8 | 6,9 | 6,8 | 6,4 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 7,0 | 6,4 | 6,4 | 6,6 | 6,5 | 6,6 | 6,7 |

Изменение физических свойств субстратов всегда обусловлено изменением направленности и интенсивности протекания химических процессов (таблицы 4).

В процессе проведения опыта во всех его вариантах наблюдалось снижение содержания общего азота. Потери общего азота обусловлены использованием его микроорганизмами для своей жизнедеятельности.

В процессе аммонификации, нитрификации и денитрификации, протекающих с участием микроорганизмов, потери общего азота неизбежны и связаны с его переходом из одной формы в другую. Известно, что потери азота зависят от сроков хранения навоза. Так, при хранении 2 месяца потери составляют 20–25 %, 4 месяца – 30–35 %, 6–8 месяцев – 45–50 % [16, 19, 20].

Таблица 4 – Физико-химические свойства свиного навоза в начале проведения эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | Определяемые показатели | | | | | |
|-------|--|-------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| | | массовая доля влаги, % | водородный показатель, рН | азот общий, % | азот нитратный, мг/кг | азот аммонийный, % | Фосфор общий, % |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 67,1 | 6,9 | 5,2 | 110,4 | 1,03 | 3,4 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 56,9 | 6,8 | 5,8 | 292,6 | 0,58 | 3,2 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 65,7 | 7,0 | 5,3 | 304,8 | 0,5 | 3,5 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 66,9 | 7,0 | 5,6 | 231,8 | 1,18 | 2,9 |

Наименьшие потери азота происходят в контрольном варианте, что обусловлено низкой активностью микроорганизмов, содержащихся в субстрате контрольного бурта. Проведенные исследования показали, что уже через шесть недель компост второго варианта опыта, содержащий полезную микрофлору биопрепарата «Тамир», можно было вносить на поля, хотя содержание азота в нем было несколько ниже, чем в остальных вариантах. В то же время, по своим санитарно-гигиеническим качествам

компост второго варианта соответствовал существующим нормам [10, 13, 19]. Внося органическое удобрение через два месяца с начала его компостирования, возможно, увеличить поступление общего азота в почву по сравнению с классическим методом компостирования, срок которого составляет не менее года [15, 16, 17].

Изменение содержания общего азота обусловлено переходом его в процессе нитрификации из органической формы в минеральную, доступную для растений. Процесс минерализации протекает при участии микроорганизмов (аммонификация, нитрификация) и всегда связан с потерями общего азота. Наибольшие потери связаны с нитрификацией и последующей денитрификацией. Процесс нитрификации протекает в две последовательные стадии: первая стадия проходит с образованием нитритов, вторая – с образованием нитратов. Скорость минерализации органического вещества чаще всего зависит от состава и численности микроорганизмов, содержащихся в субстрате, наличия доступных для них источников питания и благоприятных условий для жизнедеятельности [1, 2, 16].

Процесс минерализации органики в субстратах различных вариантов опыта начался в разное время, имел неодинаковую продолжительность и интенсивность, о чем свидетельствуют данные, о содержании в них нитратного азота (таблица 5).

Наиболее поздно процесс минерализации органики начался в контрольном варианте, о чем свидетельствуют практически одинаковые значения содержания нитратного азота в компостируемой массе в течение месяца с начала эксперимента.

Таблица 5 – Физико-химические свойства свиного навоза по завершению эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | Определяемые показатели | | | | | | | |
|-------|--|-------------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------------------|
| | | массовая доля влаги, % | водородный показатель, рН | азот общий, % | нитратный азот, мг/кг | азот аммонийный, % | фосфор общий, % | калий общий, % | органическое вещество, % |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 53,6 | 7,3 | 4,5 | 274,0 | 0,44 | 2,4 | 0,71 | 10,13 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 68,7 | 6,5 | 3,8 | 187,0 | 0,43 | 2,9 | 0,55 | 11,0 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 51,0 | 6,4 | 3,2 | 316,0 | 0,29 | 2,7 | 0,66 | 7,0 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 46,6 | 6,9 | 4,5 | 151,0 | 0,71 | 3,2 | 0,32 | 11,52 |

Колебания значений содержания нитратного азота в контроле после одного месяца с начала опыта указывают на наличие большого количества органического вещества в субстрате и его постепенного использования микроорганизмами для своей жизнедеятельности (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение содержания нитратного азота (мг/кг) в компостируемой массе в процессе эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | Время проведения исследований | | | | | | |
|-------|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 15 | 21 | 32 | 42 | 53 | 62 |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 110,4 | 118,6 | 110,7 | 107,4 | 396,3 | 271,6 | 274,0 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 292,6 | 327,4 | 158,8 | 201,2 | 309,6 | 192,3 | 187,0 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 304,8 | 285,2 | 225,9 | 235,6 | 331,8 | 392,6 | 316,0 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 231,8 | 823,2 | 883,2 | 801,2 | 785,2 | 392,6 | 151,0 |

Наиболее высокое содержание нитратного азота характерно для субстрата четвертого варианта опыта, что обусловлено не высокой активностью минерализации органики, а добавлением в навоз сульфата аммония, содержащего доступный для нитрифицирующих микроорганизмов азот (в аммонийной форме), который они сразу переводят в нитратную форму.

Достаточно активно разложение органического вещества осуществлялось во втором и третьем вариантах опыта, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов минерализации – 1,7 и 1,0 соответственно (отношение амилолитических к аммонифицирующим микроорганизмам). О быстроте протекания минерализационных процессов во втором варианте свидетельствует также наиболее низкое содержание нитратного азота в конце эксперимента по сравнению с другими вариантами. Снижение содержания нитратного азота на 21 и 32 день проведения эксперимента во втором варианте, очевидно, связано с использованием нитратного азота на построение тела микроорганизмами, увеличивающими свою численность.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что наиболее быстро процесс минерализации органического вещества протекает во втором варианте опыта, что обусловлено эффективной работой «полезных» микроорганизмов, источником которых является биопрепарат «Тамир».

В состав биопрепарата «Тамир» входят различные функциональные группы микроорганизмов, среди которых фотосинтезирующие, азотфиксирующие, молочнокислые и другие. Проведенные исследования выявили различия в численности разных функциональных групп микроорганизмов, в зависимости от состава субстратов вариантов опыта [10, 11, 20].

Разложение органики начинается с процесса аммонификации, в результате которого азот из органической формы переходит в аммонийную. Численность аммонифицирующих микроорганизмов в субстратах указывает на интенсивность и стадию протекания процесса аммонификации. При внесении в субстраты биопрепарата процесс аммонификации протекает активнее – к завершению опыта численность

аммонифицирующих микроорганизмов в них значительно ниже по сравнению с контролем [13, 16, 17].

Результаты проведенных исследований позволили установить обратно пропорциональную зависимость между численностью аммонифицирующих и амилаолитических микроорганизмов в различных вариантах опыта (таблица 7). Чем интенсивнее протекают процессы минерализации, тем выше численность амилаолитиков и значительной разницей между ними и аммонифицирующими микроорганизмами [15, 18, 20].

Таблица 7 – Микробиологические свойства свиного навоза в начале проведения эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | Определяемые показатели | | | | |
|-------|---|--|---|--------------------------------------|---|----------------------------|
| | | общее микробное число, КОЕ/г $\times 10^7$ | амилолитические микроорганизмы, КОЕ/г $\times 10^7$ | нитрифицирующие микроорганизмы, титр | микроскопические грибы, КОЕ/г $\times 10^4$ | колиформные бактерии, титр |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 48 | 240 | 10^4 | 3 | 10^3 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф + «Тамир» (0,5 л/т помета) | 74 | 30 | 10^5 | 0 | 10^3 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф + «Тамир» (0,25 л/т помета) | 92 | 40 | 10^5 | 1 | 10^3 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф + «Тамир» (0,5 л/т помета) + сульфат аммония (50 кг) | 98 | 42 | 10^5 | 1 | 10^3 |

Любое органическое удобрение является поставщиком в почву не только органики и других питательных элементов, но и микроорганизмов, выполняющих в почве разнообразные функции. Следовательно, полученное органическое удобрение не должно содержать патогенной микрофлоры, способной вызывать заболевания животных и человека [16, 17, 20].

В начале проведения исследования содержание в субстратах различных вариантов опыта колиформных бактерий было довольно высоким и недопустимым для внесения в почву. По истечении одного месяца с начала проведения исследований колиформные бактерии в

субстрате второго варианта опыта обнаружены не были, что обусловлено добавлением в него биопрепарата, содержащего штаммы «полезных» микроорганизмов. Известно, что микроорганизмы, входящие в состав биопрепарата, обладают функциями r-стратегов, т.е. способны за счет высокой скорости размножения быстро заселять пространство, тем самым, вытесняя другие организмы (таблица 8).

Таблица 8 – Микробиологические свойства свиного навоза по завершению эксперимента

| № п/п | Вариант опыта | Определяемые показатели | | | | |
|-------|--|--|--|--------------------------------------|--|----------------------------|
| | | общее микробное число, КОЕ/гх10 ⁷ | амилолитические микроорганизмы, КОЕ/г х10 ⁷ | нитрифицирующие микроорганизмы, титр | микроскопические грибы, КОЕ/г х10 ⁴ | колиформные бактерии, титр |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 184 | 50 | 10 ⁵ | 32 | 10 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф + «Тамир» (0,5 л/т помета) | 36 | 60 | 10 ⁴ | 4 | 0 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф + «Тамир» (0,25 л/т помета) | 64 | 64 | 10 ⁶ | 38 | 10 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф+ «Тамир» (0,5 л/т помета) + сульфат аммония (50 кг) | 78 | 68 | 10 ⁴ | 7 | 0 |

В контроле численность колиформных бактерий оставалась выше, чем в других вариантах на всем протяжении исследований, что объясняется высокой конкурентной способностью этих микроорганизмов, способных длительное время удерживать занимаемое пространство за счет поддержания численности.

Помимо бактериальной флоры навоз является благоприятным субстратом для развития микроскопических грибов, обладающих способностью использовать легкодоступные углеводы, сахар, крахмал, гемицеллюлозу, но не целлюлозу, так называемых «сахарных грибов». Основная особенность грибов этой группы – активный рост мицелия, быстрое прорастание спор и покоящихся клеток при наличии подходящего субстрата.

Получаемое органическое удобрение всегда необходимо рассматривать не только как источник поступления органики в почву, но и как источник поступления в нее микроэлементов, т. к. органические удобрения содержат все необходимые биогенные элементы для роста и развития растений. Известно, что потребность растений в микроэлементах в значительной мере удовлетворяется при внесении навоза, содержащего почти все микроэлементы в значительных количествах. По данным Панникова В. Д. и Минеева В. Г. (1987), среднее содержание микроэлементов в навозе мг/кг сухого вещества составляет: Mn – 410; Zn – 120; Co – 6; Cu – 62; Ni – 10. Однократное внесение за ротацию севооборота навоза такого состава в количестве 40 т/га полностью компенсирует вынос меди, марганца и почти полностью – вынос цинка.

Результаты исследования содержания микроэлементов в компосте сопоставимы с литературными данными и указывают на возможность компенсации выноса некоторых микроэлементов за счет внесения навоза (таблица 9). Добавляя в компостируемую массу фосфогипс, мы преследовали цель несколько снизить кислотность субстрата и обогатить его микроэлементами.

Таблица 9 – Содержание микроэлементов в компосте, мг/кг сухого вещества

| № п/п | Вариант опыта | Определяемые микроэлементы | | | | | | |
|-------|---|----------------------------|------|-------|------|-------|-------|------|
| | | Zn | Pb | Cd | Co | Cu | Mn | Ni |
| 1 | Свиной навоз (контроль) | 237,0 | 5,8 | 0,19 | 4,0 | 57,4 | 411,0 | 21,8 |
| 2 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,5 л/т навоза) | 229,0 | 5,2 | 0,198 | 3,42 | 110,0 | 436,0 | 17,4 |
| 3 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) | 329,0 | 4,9 | 0,234 | 2,4 | 81,7 | 473,0 | 18,7 |
| 4 | Свиной навоз + солома + фосф. + «Тамир» (0,25 л/т навоза) + сульфат аммония (50 кг) | 91,7 | 0,35 | 0,146 | 1,16 | 63,4 | 78,7 | 4,2 |

Полученные результаты указывают, что в субстратах, содержащих фосфогипс, несколько выше по сравнению с контролем лишь содержание меди. Таким образом, можно сделать вывод, что внесение на поля компоста, состоящего только из подстилочного свиного навоза, столь же эффективно, как и компоста, содержащего фосфогипс.

Проведенные исследования позволили выявить наименьшую дозу внесения биопрепарата (0,5 л/т), ниже которой процессы разложения азотсодержащей органики значительно замедляются, а микробиологические процессы не приводят к снижению численности микроорганизмов (лактозоположительных кишечных палочек), содержание которых в компосте не должно превышать установленных нормативов.

Проведенные исследования позволили установить, что сроки компостирования навоза при добавлении биопрепарата заметно сокращаются по сравнению с контролем. Так, известно, что процесс компостирования в естественных условиях составляет не менее 6 месяцев, тогда как проведенный эксперимент позволил получить готовое органическое удобрение уже через полтора месяца с его начала. Кроме того, необходимо учитывать, что потеря таких полезных элементов как азот, фосфор и калий находится в прямо пропорциональной зависимости от сроков хранения навоза. Тем самым, сокращая сроки компостирования, мы получаем органическое удобрение более высокого качества.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 1 июля 2005 г. № 410 нормативы платы за размещение отходов производства и потребления в пределах установленных лимитов применяются с использованием различных коэффициентов. При этом, если предприятие использует отходы в собственном производстве в течение 3 лет с момента их размещения, плата за размещение отходов осуществляется в соответствии с коэффициентом 0. Обязательным условием расчета платы

за негативное воздействие с коэффициентом 0, является размещение отходов предприятием в соответствии с технологическим регламентом.

«Технологический регламент подготовки и использования подстилочного свиного навоза в качестве органических удобрений» – документ, разработанный в соответствии с действующими нормативными документами, утвержденный в установленном порядке и отражающий вопросы, связанные с удалением, транспортировкой, хранением и использованием навоза, а также ветеринарно-санитарные и гигиенические требования к навозу, и вопросы, связанные с охраной окружающей среды.

Выводы.

Сравнивая показатели качества компоста, полученного в результате предложенной технологии, рекомендуемой для производственного применения, с контролем, были установлены отличия в химических и биологических свойствах, заключающиеся в следующем:

1. Потери общего азота в контрольном варианте меньше, чем в опытном, что обусловлено низкой активностью микроорганизмов, содержащихся в субстрате контрольного бурта. Тем не менее, сокращая сроки компостирования при добавлении биопрепарата, значительно уменьшаются потери полезных элементов и качество готового органического удобрения значительно выше, чем при компостировании традиционным методом.

2. Разложение органического вещества наиболее активно осуществляется в экспериментальном бурте по сравнению с контролем, о чем свидетельствуют более высокие значения коэффициента минерализации 1,7 и 0,3, соответственно, что обусловлено эффективной работой «полезных» микроорганизмов, источником которых является биопрепарат «Тамир».

3. Численность различных функциональных групп микроорганизмов в исследованных субстратах различается, что

обусловлено неодинаковой интенсивностью протекания микробиологических процессов. На первом этапе минерализации, протекающем с участием аммонифицирующих микроорганизмов, процесс разложения азотсодержащей органики протекает значительно активнее при внесении биопрепарата - к завершению опыта численность аммонифицирующих микроорганизмов в навозе значительно ниже по сравнению с контролем. На втором этапе, связанном с деструкцией труднодоступных органических соединений, на смену аммонификаторам приходят амилолитические микроорганизмы, численность которых выше в субстрате, содержащем биопрепарат, что также указывает на более быстро протекающий процесс минерализации по сравнению с контролем.

4. При внесении полученного компоста в почву можно полностью компенсировать вынос с урожаем меди, марганца, цинка. При добавлении в навоз фосфогипса в начале компостирования, снижается его щелочность, увеличивается содержание некоторых микроэлементов (в частности меди); содержание токсичных элементов (свинца, кадмия) не вызывает потенциальной опасности загрязнения агроландшафта. Хозяйствам, расположенным в непосредственной близости от источника образования фосфогипса – ООО «ЕвроХим-БМУ» (г. Белореченск), рекомендуется использование фосфогипса для получения органического удобрения лучшего качества.

В целом, проведенный эксперимент позволил установить, что наиболее оптимальным вариантом, с учетом скорости протекания химических и биологических процессов, требований охраны окружающей среды, является компостирование навоза с соломой при добавлении биопрепарата «Тамир» в норме 0,5 л/т. Полученные результаты сопоставимы с данными прошлых лет и указывают на возможность снижения количества вносимого биопрепарата с 1 до 0,5 л/т отходов без

снижения эффективности процесса ускоренного разложения азотсодержащих органических соединений.

Литература

1. Алифиров М. Д. Влияние посевов и органических удобрений на трансформацию азота в черноземе выщелоченном / М. Д. Алифиров, И. С. Белюченко, Г. В. Волошина и др. // Тр. КубГАУ. – № 5 (9).–2007. – С.79–85.
2. Белюченко И. С. Влияние сложного компоста на агрегатный состав и водно-воздушные свойства чернозема обыкновенного / И. С. Белюченко, Д. А. Антоненко // Почвоведение. – 2015.– № 7. – С. 858–864.
3. Белюченко И. С. К вопросу о функциональной устойчивости почвенного покрова агроландшафтов / И. С. Белюченко // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2014. – Т. 10. – № 4. – С. 79–89.
4. Белюченко И. С. Вопросы защиты почв в системе агроландшафта [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.– Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 95. – С. 232–241.
5. Белюченко И. С. Влияние рекреационных нагрузок на содержание почвенного гумуса / И. С. Белюченко, В. Г. Щербина // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2008. – № 10. – С. 93–96.
6. Белюченко И. С. Сложный компост и круговорот азота и углерода в агроландшафтных системах [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 97. – С. 160–180.
7. Белюченко И. С. Практические основы использования отходов промышленности и сельского хозяйства в качестве мелиоранта чернозема обыкновенного / И. С. Белюченко, В. Н. Гукалов // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2011. – № 31. – С. 41–47.
8. Белюченко И. С. Органические и минеральные отходы производства как сырьевая основа сложных компостов. Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах / И. С. Белюченко // Матер. междунар. науч.-практ. конф. Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. – 2014. – С. 41–47.
9. Белюченко И. С. Сложный компост как важный источник обогащения почвенного покрова питательными веществами [Электронный ресурс] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 97. – С. 203–223.
10. Белюченко И. С. Экологические основы функционирования смешанных посевов в агроландшафтах Кубани [Электронные ресурсы] И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 101. – С. 522–551.
11. Белюченко И. С. Экологические аспекты совершенствования функционирования агроландшафтных систем Краснодарского края / И. С. Белюченко, А. В. Смагин, В. Н. Гукалов и др. // Тр. КубГАУ. – 2010. – Т.1. – № 26. – С. 33–37.

12. Белюченко И. С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта: монография / И.С. Белюченко. – Краснодар, 2016. – 262с.

13. Белюченко И. С. Деградация почв и роль лесополос в мелиорации земель [Электронные ресурсы] / И. С. Белюченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 110 (06). – С. 814 – 835.

14. Белюченко И. С. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / И. С. Белюченко. – Краснодар, 2015. – 181с.

15. Пономарева Ю. В. Применение биопрепарата «Тамир» для ускоренной переработки подстилочного и бесподстилочного свиного навоза в органическое удобрение / Ю. В. Пономарева, С. Б. Баранова, А. А. Теучеж и др., // журнал «Технология Животноводства». – 2010. – № 5–6 май – июнь. – № 8.

16. Теучеж А. А. Влияние рельефа на физические и химические свойства верхнего слоя чернозема обыкновенного / А. А. Теучеж // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 88–93.

17. Теучеж А. А. Влияние почвенного профиля на распределение подвижного фосфора в черноземе обыкновенном / А. А. Теучеж // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 72–79.

18. Теучеж А. А. Концентрации макроэлементов и органического вещества в черноземах обыкновенных / А.А. Теучеж // Матер. V междунар. науч.-эколог. конф. / КубГАУ. – 2017. – С.777 – 781.

19. Теучеж А. А. Разработка технологического регламента при подготовке к использованию навоза крупного рогатого скота в качестве органического удобрения / А. А. Теучеж // Матер. V междунар. науч.-эколог. конф. / КубГАУ. – 2017. – С.782 – 788.

20. Теучеж А. А. Динамика фосфора в системе агроландшафта: на примере изучения агроландшафта ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района Краснодарского края / А. А. Теучеж. // дис. канд. биол. наук. – Краснодар, 2007. – 121 с.

References

1. Alifirov M. D. Vlijanie posevov i organicheskikh udobrenij na transformaciju azota v chernozeme vyshhelochennom / M. D. Alifirov, I. S. Beljuchenko, G. V. Voloshina i dr. // Tr. KubGAU. – № 5 (9). – 2007. – S.79–85.

2. Beljuchenko I. S. Vlijanie slozhnogo komposta na agregatnyj sostav i vodno-vozdushnye svojstva chernozema obyknovenного / I. S. Beljuchenko, D. A. Antonenko // Pochvovedenie. – 2015. – № 7. – S. 858–864.

3. Beljuchenko I. S. K voprosu o funkcional'noj ustojchivosti pochvenного pokrova agrolandshaftov / I. S. Beljuchenko // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2014. – Т. 10. – № 4. – S. 79–89.

4. Beljuchenko I. S. Voprosy zashhity pochv v sisteme agrolandshafta [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvenного agrarnого universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 95. – S. 232–241.

5. Beljuchenko I. S. Vlijanie rekreacionnyh nagruzok na sodержanie pochvenного gumusa / I. S. Beljuchenko, V. G. Shherbina // Tr. KubGAU. – Krasnodar, 2008. – № 10. – S. 93–96.

6. Beljuchenko I. S. Slozhnyj kompost i krugovorot azota i ugleroda v agrolandshaftnyh sistemah [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvenного agrarnого universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 97. – S. 160–180.

7. Beljuchenko I. S. Prakticheskie osnovy ispol'zovanija othodov promyshlennosti i sel'skogo hozjajstva v kachestve melioranta chernozema obyknovennogo / I. S. Beljuchenko, V. N. Gukalov // Tr. KubGAU. – Krasnodar, 2011. – № 31. – S. 41–47.

8. Beljuchenko I. S. Organicheskie i mineral'nye othody proizvodstva kak syr'evaja osnova slozhnyh kompostov. Perspektivy i problemy razmeshhenija othodov proizvodstva i potreblenija v agrojekosistemah / I. S. Beljuchenko // Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Nizhegorodskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija. – 2014. – S. 41–47.

9. Beljuchenko I. S. Slozhnyj kompost kak vazhnyj istochnik obogashhenija pochvennogo pokrova pitatel'nymi veshhestvami [Jelektronnyj resurs] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 97. – S. 203–223.

10. Beljuchenko I. S. Jekologicheskie osnovy funkcionirovanija smeshannyh posevov v agrolandshaftah Kubani [Jelektronnye resursy] I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 101. – S. 522–551.

11. Beljuchenko I. S. Jekologicheskie aspekty sovershenstvovanija funkcionirovanija agrolandshaftnyh sistem Krasnodarskogo kraja / I. S. Beljuchenko, A. V. Smagin, V. N. Gukalov i dr. // Tr. KubGAU. – 2010. – T.1. – № 26. – S. 33–37.

12. Beljuchenko I. S. Sovmeshhennye posevy v sevooborote agrolandshafta: monografija / I.S. Beljuchenko. – Krasnodar, 2016. – 262s.

13. Beljuchenko I. S. Degradacija pochv i rol' lesopolos v melioracii zemel' [Jelektronnye resursy] / I. S. Beljuchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – № 110 (06). – S. 814 – 835.

14. Beljuchenko I. S. Slozhnyj kompost i ego vlijanie na svojstva pochvy i produktivnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur: monografija / I. S. Beljuchenko. – Krasnodar, 2015. – 181s.

15. Ponomareva Ju. V. Primenenie biopreparata «Tamir» dljauskorennoj pererabotke podstilochnogo i bespodstilochnogo svinogo navoza v organicheskoe udobrenie» / Ju. V. Ponomareva, S. B. Baranova, A. A. Teuchezh i dr., // zhurnal «Tehnologija Zhivotnovodstva». – 2010. – № 5–6 maj – ijun'. – № 8.

16. Teuchezh A. A. Vlijanie rel'efa na fizicheskie i himicheskie svojstva verhnego sloja chernozema obyknovennogo / A. A. Teuchezh // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2017. – T. 13. – № 1. – S. 88–93.

17. Teuchezh A. A. Vlijanie pochvennogo profilja na raspredelenie podvizhnogo fosfora v chernozeme obyknovennom / A. A. Teuchezh // Jekol. Vestnik Sev. Kavkaza. – 2017. – T. 13. – № 1. – S. 72–79.

18. Teuchezh A. A. Koncentracii makrojelementov i organicheskogo veshhestva v chernozemah obyknovennyh / A.A. Teuchezh // Mater. Vmezhdunar. nauch.-jekolog. konf. / KubGAU. – 2017. – S.777 – 781.

19. Teuchezh A. A. Razrabotka tehnologicheskogo reglamenta pri podgotovke k ispol'zovaniju navoza krupnogo rogatogo skota v kachestve organicheskogo udobrenija / A. A. Teuchezh // Mater. V mezhdunar. nauch.-jekolog.konf. / KubGAU. – 2017.– S.782 – 788.

20. Teuchezh A. A. Dinamika fosfora v sisteme agrolandshafta: na primere izuchenija agrolandshafta OAO «Zavety Il'icha» Leningradskogo rajona Krasnodarskogo kraja / A. A. Teuchezh. // dis. kand. biol. nauk. – Krasnodar, 2007. – 121 s.