

УДК 579.64:635.621

UDC 579.64:635.621

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство
(сельскохозяйственные науки)

06.01.01 - General agriculture, crop production (agricultural sciences)

МИКРОБНЫЕ АССОЦИАЦИИ БИОГУМУСА И ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

MICROBIAL ASSOCIATIONS OF BIOHUMUS AND HUMIC SUBSTANCES DERIVED FROM LIVESTOCK WASTE

Петенко Александр Иванович
д.б.н., профессор
РИНЦ SPIN-код 7870-5435; Scopus
ID=57204565027

Petenko Aleksander Ivanovich
Dr.Sci.Agr., Professor
RSCI SPIN-code 7870-5435; Scopus
ID=57204565027

Жолобова Инна Сергеевна
д.в.н., профессор
РИНЦ SPIN-код 3082-9367; Scopus
ID=57201498947

Zholobova Inna Sergeevna
Dr.Sci.Vet., Professor
RSCI SPIN-code 3082-9367; Scopus
ID=57201498947

Горковенко Наталья Евгеньевна
д.б.н., профессор
РИНЦ SPIN-код 2648-5641

Gorkovenko Natalya Evgenyevna
Dr.Sci.Biol., Professor
RSCI SPIN-code 2648-5641

Гнеуш Анна Николаевна
к.с.-х.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 2342-8682; Scopus
ID=57203484997
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Gneush Anna Nikolaevna
Cand.Agr.Sci., Assistant professor
RSCI SPIN-code 2342-8682; Scopus
ID=57203484997
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Антипова Дарья Валерьевна
аспирант
РИНЦ SPIN-код 1750-6112
Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, Россия

Antipova Darya Valeryevna
postgraduate student
RSCI SPIN-code 1750-6112
Krasnodar Research Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia

В статье представлены результаты изучения микробиологического состава биогумуса и гуминовых соединений, полученных методом ферментации по разработанной авторами технологии. Проблема переработки отходов животноводства обусловлена с одной стороны с тем, что они образуются в больших объемах, а с другой стороны – наличием в их составе таких важных элементов как азот, фосфор, калий и др., которые можно использовать в качестве биоудобрений. Цель исследования состояла в разработке технологии получения гуминовых соединений из биогумуса и изучении микробных сообществ, входящих в их состав. Результаты исследований показали, что для получения биогумуса с высоким содержанием гуминовых веществ, навоз крупного рогатого скота необходимо компостировать с соломенной резкой в соотношении 8:1. Биокомпостирование навоза и измельченной соломы с использованием разработанной технологии позволяет получить биогумус с содержанием гуминовых веществ 20 г/л. Среди физиологических групп микроорганизмов биогумуса наиболее многочисленными группировками являются аминоавтотрофы и аммонификаторы – $231,6 \times 10^6$ и

The article presents the results of the study of microbiological composition of biohumus and humic substances obtained by fermentation method according to the technology developed by the authors. The problem of processing livestock wastes is caused on the one hand by the occurrence of large volumes of them, and on the other hand by the addition of such important elements as nitrogen, phosphorus, potassium, etc., which can be used as bioelements. The goal of research was to develop a technology for the production of humic compounds from biohumus and to study the microbial communities that occur in them. Results of researches showed that for biohumus with high content of humic substances, bovine manure must be composted with chopped straw at the ratio of 8:1. Biocomposting of manure and crushed straw using the developed technology enables to obtain biohumus containing humic substances of 20 g/l. Among the physiological groups of biohumus microorganisms, the most numerous groups are aminoautotrophies and ammonifiers - 231.6×10^6 and 130.33×10^6 CFU/g, respectively. At the same time the grouping of cellulose-decomposer actinomycetes in biohumus was quite numerous and amounted to 0.93×10^3 CFU/g.

130,33 × 10⁶ КОЕ/г соответственно. При этом группировка целлюлозоразрушающих актиномицетов в биогумусе была достаточно многочисленна и составила 0,93×10³ КОЕ/г.

Ключевые слова: БИОГУМУС, ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА, КОМПОСТИРОВАНИЕ, ФЕРМЕНТЕР, МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА

Keywords: BIOHUMUS, HUMIC SUBSTANCES, COMPOSTING, FERMENTER, MICROBIAL ASSOCIATIONS

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-157-003>

Введение

Количество отходов в животноводства во многих странах превышает объем всех бытовых отходов более чем в пять раз. Отходы животноводства содержат большое количество органических веществ, минеральных соединений азота, фосфора, калия и т.д. Для хранения навоза и помета из оборота выводятся тысячи гектаров сельскохозяйственных площадей. Складирование навоза и помета вблизи крупных животноводческих комплексов и птицефабрик приводит к загрязнению окружающей природной среды.

Для эффективного использования навоза, получения из него качественных органических удобрений необходимы современные энергосберегающие технологии. Главным требованием к технологиям переработки отходов животноводства является сохранение их биологической ценности, максимальное сохранение соединений азота, фосфора и других минеральных соединений, с последующим получением из них органических удобрений.

Органическое удобрение, содержащие биологически активные соединения можно получить в результате биоферментации помета и навоза при 70–85 °С с применением микроорганизмов в биоферментерах различных конструкций. В которых можно регулировать процессы получения аэробных и анаэробных условий ферментации, введение аборигенных и искусственно вводимых штаммов микроорганизмов.

При соблюдении всех правил ведения биотехнологическим процессов ферментации отходов происходит интенсификация процесса минера-

лизации исходного субстрата, повышается биосинтез новых, биологически активных соединений, влияющих на функциональные свойства конечных продуктов. Биотехнологию органической массы можно регулировать различными методами: физическими, химическими и биологическими. Биологический метод активизирует микроорганизмы, в результате чего их ферментные системы ускоряют каталитические процессы гидролиза органических соединений, а в дальнейшем и процессы микробного синтеза новых биологически активных соединений.

Структура микробного сообщества, отвечающая за трофические функции, определяет взаимодействие между функциональными группами микроорганизмов, обладающими специфическими наборами ферментов, дающими им возможность использовать различные органические соединения в качестве источников питания. По мнению В. С. Гузева и П. И. Иванова (1988) процесс гидролиза растительных остатков в виде биополимеров (целлюлозы и др.), начинают микроорганизмы-гидролитики, которые, выделяя гидролитические экзоферменты, разлагают биополимеры до мономеров [1]. Мономеры, накапливаясь в субстрате, вызывают репрессию синтеза экзогидролаз, что обуславливает переход микроорганизмов-гидролитиков в состояние анабиоза.

Моноструктуры, образуемые при этом, используются копиотрофами, в результате этих процессов происходит резкое снижение количества мономеров. Результатом снижения содержания мономеров в почве является то, что копиотрофы переходят в неактивное состояние, активизируется деятельность олиготрофов, которые используют мономеры в небольших количествах. Катаболическая нагрузка синтеза гидролаз уменьшается, цикл разложения биологических полимеров повторяется. Каждый из описанных микроорганизмов выполняет свою роль на разных стадиях процессов биodeградации и биосинтеза.

В природе существует множество микроорганизмов, биодеструкторов целлюлозы. Целлюлолитиками являются бактерии, относящихся к актиномицетам и микромицетам. Из них наиболее изучены представители грибов *Aspergillus* и *Trichoderma*. Эти микроорганизмы широко используются в биотехнологии ферментных препаратов.

Бактерии, рода *Clostridium* относятся к термофильным этанологенным анаэробным бактериям и представлены *C. thermocellum*, *C. thermohydrosulfuricum*. Бактерии рода *C. thermocellum* проявляют высокую целлюлозолитическую активность. Распространение их в природе очень велико. Возможны пути выделения из почвы, термальных источников, сапротеля, навоза и других органических субстратов, прошедших процессы деструкции органических соединений.

Микроорганизмы рода *C. thermocellum* относят к облигатным анаэробам, культивируются при высоких температурах, свыше 50 С. В процессе гидролитического распада целлюлозы, гемицеллюлозы и целлобиозы образуются такие биологически активные соединения как этиловый спирт, уксусная, молочная кислоты, газы – углекислый и водород. Эти целлюлолитические микроорганизмы способны произвести деструкцию в кратчайшее время, в течение 6–7 ч. Представители рода *C. thermocellum* способны образовывать синтрофные сообщества с другими видами бактерий, выполняющие аналогичные биологические процессы. Совместное использование этих микроорганизмов, позволяет активно гидролизовать не только целлюлозу и делигнифицированную целлюлозную пульпу, но и обработанную паром древесину.

Штаммов микроорганизмов *C. thermocellum* образуют целлюлазный комплекс при их культивировании на целлюлозе. Целлюлазная система *C. thermocellum* имеет некоторые отличия от грибной (*Trichoderma viride* или *T. reesei*). *Clostridium* выделяет фермент целлюлазу, гидролизующий гликозидные связи в микрокристаллической целлюлозе, этот процесс про-

текает в два раза медленнее, чем работа ферментативной системы, выделяемой грибом *Seesei* [2].

Делигнифицирующая способность позволяет целлюлолитическим бактериям ускорять процессы прямой биоконверсии лигноцеллюлозных субстратов. Этой способностью обладают роды *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, их целлюлозолитическая активность очень высока, за несколько дней они способны гидролизовать до 98 % промышленного лигнина [3].

Биоконверсия промышленных целлюлозосодержащих продуктов подкреплена мощной сырьевой базой. В состав сырья, помимо основного соединения целлюлозы, входят другие побочные компоненты, имеющих различную химическую структуру. Некоторые соединения, входящие в состав сырья, способны задерживать рост микроорганизмов, вплоть до полной остановки их развития. Использование различного по химическому составу целлюлозосодержащего сырья непосредственно может повлиять на качество конечных продуктов.

Продукты, полученные в процессе биодegradации лигнинсодержащего сырья, которые впоследствии будут использованы в качестве органических удобрений, должны содержать полный набор биологически активных соединений, положительно влияющих на рост и развитие растений. Рост и развитие микроорганизмов осуществляется при разных химических и физических условиях, что в конечном счете должно отразиться на качестве получаемого конечного сырья. Правильное ведение биотехнологических процессов ферментации позволяет получить конечный продукт с высоким содержанием биологически активных соединений, в том числе и гуминовых.

Процесс получения органических удобрений, содержащих гуминовые соединения из отходов перерабатывающей промышленности, животноводства гуминовых соединений требует соблюдения важных парамет-

ров, начиная от ценовой политики исходного сырья, заканчивая качеством конечного биопродукта. Анализ существующих технологий показал, что отечественные производители проводят как термохимическую обработку сырья, так и только химическую без предварительного нагревания, с использованием сильных окислителей. Эти технологии позволяют сохранить энергозатраты, удешевить выход конечной продукции и улучшить ее качественные показатели.

Все гуминовые соединения по химической природе представляют органические молекулы, имеющие большую молекулярную массу. Имея огромную молекулярную массу гуминовые вещества должны быть доступными для большинства растений, это и является основной задачей отечественных производителей.

В состав биоудобрений наряду с гуминовыми и фульвокислотами входят аминокислоты, углеводы, витамины, макро- и микроэлементы, гормоноподобные соединения. Все эти соединения обладают хорошей физической активностью, а именно, полидисперсностью, сорбционными ионообменными качествами, а также высокой биологической активностью. Гуминовые соединения имеют одинаковое химическое строение, но на него может повлиять состав начального сырья, биотехнология получения.

В связи с этим актуальной задачей является разработка биотехнологических методов получения органических продуктов на основе гуминовых соединений, обладающих широким спектром биологического действия, которые будут плодотворно влиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур и поддержанию почвенной биоты.

Цель работы состояла в разработке технологии получения гуминовых соединений из биогумуса и изучении микробных сообществ, входящих в их состав.

Материал и методы исследования

Биогумус получали по разработанной нами технологии из навоза крупного рогатого скота и соломы озимой пшеницы в биодинамическом ферментере размером 12×4×2,5 м, снабженном системой желобов в днище, обеспечивающих отток жидкости. Для получения биогумуса готовили смесь из 72 т навоза крупного рогатого скота и 9 т соломенной резки, измельченной до фракции 1–20 см, увлажненной до относительной влажности 65 % (всего 81 т), которую помещали в ферментер. Смесь периодически перемешивали и следили за изменением ее температуры под воздействием аборигенных микроорганизмов. По истечении 125 ч смесь разогревали до 75 °С и начинали сбор гуминовой вытяжки, которую по системе желобов собирали в емкость для сбора. Влажность массы в биодинамическом ферментере поддерживали на уровне 65 %. Процесс выделения гуминовой вытяжки продолжался 72–90 ч и заканчивался при снижении температуры массы биогумуса до 50 °С. В результате одного цикла биоразложения 81 т органического вещества в биоферментере было получено 4000 л гуминовой вытяжки.

С целью извлечения гуминовых соединений из полученной вытяжки проводили ее обработку гидроксидом натрия из расчета 40 г NaOH на 1 л вытяжки. При щелочной рН прекращается рост и развитие микроорганизмов, кроме того, образуются водорастворимые соли всех основных биоактивных элементов (натрия, калия, аммония), содержащихся в биогумусе. Щелочная обработка гуминовой вытяжки позволяет получить более концентрированный продукт, усилить активность гуминовых кислот, повысить качество и сроки хранения биогумата.

Для выяснения химического состава биогумуса и полученной из него гуминовой вытяжки был проведен химический анализ двух образцов биогумуса и двух образцов гуминовой вытяжки в трехкратной повторности. В исследуемых образцах определяли: углерод гуминовых кислот, углерод

фульвокислот (по методу Тюрина И. В.), массовую долю сухого вещества (по ГОСТ 26713-85), массовую долю влаги (по ГОСТ 26713-85), массовую долю органических веществ (по ГОСТ 27980-88), массовую долю зольных веществ (по ГОСТ 26714-85), массовую долю общего азота на сухое вещество (по ГОСТ 26715-85), активность водородных ионов (по ГОСТ 7979-88), массовую долю фосфора общего в пересчете P_2O_5 на сухое вещество (по ГОСТ 26717-85), массовую долю кальция в пересчете на сухое вещество (по ГОСТ 26487-85).

Полученный биогумус и извлеченная из него гуминовая вытяжка были подвергнуты микробиологическому анализу. Для этого образцы биогумата отбирали из биоферментера через 5 суток после начала ферментации смеси навоза и соломенной резки, а образцы гуминовой вытяжки – после ее концентрирования. Микробиологическому анализу были подвергнуты по 2 образца биогумуса и гуминовой вытяжки в трехкратной повторности. В исследуемых пробах биогумуса и гуминовой вытяжки определяли общее число аэробов с использованием системы Petrifilm AC; а также основные группы микроорганизмов автохтонной микрофлоры микробиоценоза биогумуса: аммонификаторы (на среде МПА), аминоавтотрофы (на среде КАА), актиномицеты (на среде КАА), олигонитрофилы и азотфиксаторы (на среде Эшби), микроскопические грибы (на среде Чапека).

Численность микроскопических грибов в почве определяли в соответствии «Методы микробиологического контроля почвы» (утв. 24.12.2004) [6]. Бактерии группы кишечной палочки (БГКП), личинки гельминтов в биогумусе определяли по ГОСТ 17.4.4.02-2017, СанПиН 2.1.7.1287-03, МУ 2.1.7.730-99 [7–9].

Результаты и обсуждение

На начальном этапе компостирования навоз имел ярко-коричневый цвет, резкий запах аммиака, влажность до 75 %. Для приготовления компостной смеси соломенная резка на бетонной площадке смешивалась с

навозом. На дно биодинамического ферментера укладывалась резка соломки в виде подушки высотой 0,2 м а затем ферментер загружался данным продуктом полностью. Объем ферментера составляет 80 м³. После загрузки ферментера компостная смесь проливалась водой в объеме 2–3 м³ в зависимости от исходной влажности. На протяжении всего цикла фиксировались следующие технологически важные показатели: температура, влажность, плотность, кислотность. На вторые сутки ферментации производилась аэрация в автоматическом режиме в течение 1 ч под давлением 10 атмосфер. В результате увеличения численности термофильных микроорганизмов, на шестой день эксперимента температура в органической массе поднималась до 70 °С. Через 10 дней проводилась перезагрузка ферментера.

Компост из ферментера выкладывался на бетонную площадку, перемешивался и снова укладывался в ферментер, предварительно подготовленный по той же схеме, что и в начале ферментации. На данном этапе биогумус приобретает темный цвет, и лишается запаха аммиака. Выгрузку ферментируемой массы из ферментера в виде готового биогумуса производили через 12 дней. За это время биогумус приобрел еще более насыщенный черный цвет, и ощутимый запах почвенного грунта. Готовый продукт выгружался на бетонную площадку, где проводилась его просушка до влажности 55 %.

Использование соломенной резки продиктовано необходимостью использования наполнителя, предотвращающего слипание навоза и обеспечивающего оптимальную аэрацию. Результаты анализа химического состава полученного биогумуса представлены в таблице 1.

В составе полученного биогумуса установлено высокое содержание органического вещества – до 50 %, гуминовых веществ – 20 %, общего азота – 1,8 %, общего фосфора – 2,1%, общего калия – 2,5 %, аминокислот – 32 г/л. Все эти биологически активные соединения при их использовании

в качестве биоудобрений способны плодотворно повлиять на рост и развитие сельскохозяйственных культур, качество получаемой продукции.

ТАБЛИЦА 1 – ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЛУЧЕННОГО БИОГУМУСА

Показатели	Содержание
Массовая доля органического вещества, %	50,0
Гуминовые вещества, %	20,0
Зольные вещества, %	30,0
Общий азот, %	1,8
Общий фосфор, %	2,1
Общий калий, %	2,5
Влажность, %	54,0
pH	6,7–7,8
Аминокислоты, г/л	32,0

В процессе компостирования важную роль играет жизнедеятельность микроорганизмов, способствующих интенсивному разложению органического вещества, к которым относятся разнообразные группировки микробного ценоза. В первую очередь – это микроорганизмы аммонификаторы, вызывающие распад белковых остатков. Следующая группировка включает микроорганизмы, разлагающие растительные остатки и способствующие образованию перегнойных соединений, обогащенных продуктами микробных автолизатов (α -гуматов). Эта группировка, включает бактерии, грибы, актиномицеты [4]. Следующая группировка – так называемые «микробы рассеяния» [5], которая перерабатывает остаточные количества органических веществ. Это группа олиготрофных (олигонитрофильных и олигокарбофильных) микроорганизмов. В процессе биоразложения органики и формирования биогумуса значительная роль принадлежит автотрофам, использующим конечные продукты микробного распада, минерализующая α -гуматы. Из них особое значение имеют нитрификаторы, так как от интенсивности процесса нитрификации в наибольшей степени зависит плодородие почвы. Также в эту группировку входят аэробные целлюлозо-

разрушающие микроорганизмы, денитрификаторы, сульфатредуцирующие бактерии [4]. Соотношение отмечаемых группировок и состав их варьируют, поэтому выяснение количественного соотношения микробных сообществ, участвующих в процессе формирования биогумуса представляло значительный научный интерес. Результаты микробиологического исследования биогумуса представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2 – ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ
МИКРООРГАНИЗМОВ БИОГУМУСА

Физиологические и таксономические группы микроорганизмов	Численность микроорганизмов
Общее число аэробов, $\times 10^6$ КОЕ/г	48,32 \pm 4,85
Аммонификаторы, $\times 10^6$ КОЕ/г	130,33 \pm 18,67
Аминоавтотрофы, $\times 10^6$ КОЕ/г	231,60 \pm 23,68
Олигонитрофилы и азотфиксаторы, $\times 10^6$ КОЕ/г	71,20 \pm 21,51
Актиномицеты, $\times 10^3$ КОЕ/г	0,93 \pm 0,58
Микромицеты, $\times 10^3$ КОЕ/г	8,67 \pm 1,15

В ходе микробиологического анализа в биогумусе выявлено высокое количество микроорганизмов, принимающих участие в разложении органических соединений.

Наибольшая по численности физиологическая группа микроорганизмов в исследуемом биогумусе представлена аминоавтотрофными микроорганизмами, численность которых составила $231,6 \times 10^6$ КОЕ/г. Что, по-видимому, связано с преобладанием в перерабатываемой массе органики растительного происхождения. Численность аммонификаторов в 1,8 раз была ниже по сравнению с аминоавтотрофами и составила $130,33 \times 10^6$ КОЕ/г. Преобладание группировки аминоавтотрофов над аммонификаторами свидетельствует о достаточно высокой степени минерализации компоста.

Численность целлюлозоразрушающих актиномицетов в исследуемом биогумусе составила $0,93 \times 10^3$ КОЕ/г, это достаточно многочисленное мик-

робное сообщество для данного класса микроорганизмов, что имеет принципиально важное значение для гумификации и для самоочищения компоста от условно патогенных микроорганизмов. Последнее обстоятельство подтверждается результатами микробиологического анализа биогумуса на наличие санитарно-показательных микроорганизмов и яиц гельминтов (таблица 3).

ТАБЛИЦА 3 – САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОГУМУСА

Показатели	Результат анализа	Допустимые уровни
БГКП, индекс	отсутствуют	1–10
Энтерококки, индекс	отсутствуют	1–10
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	отсутствуют	не допускается
Яйца и личинки геогельминтов (жизнеспособных), экз./ кг	отсутствуют	не допускается

Гуминовая вытяжка, полученная из биогумуса, представляет собой жидкость бурого цвета с содержанием гуминовых кислот 15 г/л, фульвокислот – 5,0 г/л. Содержание валовых форм элементов в гуминовой вытяжке (калий, фосфор, азот) представлено в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4 – СОДЕРЖАНИЕ ВАЛОВЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ В ГУМИНОВОЙ ВЫТЯЖКЕ, %

Показатель	Содержание в пересчете на исходную влажность	Содержание в пересчете на сухое вещество
Сухое вещество	1,0	–
Общий азот	0,1	10,0
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,03	2,9
Калий (K ₂ O)	0,01	1,1

Микробиологический анализ гуминовой вытяжки, полученной из биогумуса, показал, что по сравнению с биогумусом количество изучаемых физиологических групп микроорганизмов в ней в десятки раз меньше.

Вместе с тем гуминовая вытяжка характеризовалась наличием всех микробных группировок, характерных для биогумуса (таблица 5). В гуминовой вытяжке также отмечалось достаточно высокое число микроорганизмов, участвующих в разложении органики (рисунок 1).

ТАБЛИЦА 5 – ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ ГУМИНОВОЙ ВЫТЯЖКИ

Физиологические и таксономические группы микроорганизмов	Численность микроорганизмов
Общее число аэробов, 10^6 КОЕ/г	$3,31 \pm 0,25$
Аммонификаторы, 10^6 КОЕ/г	$11,23 \pm 1,05$
Аминоавтотрофы, 10^6 КОЕ/г	$6,13 \pm 1,50$
Олигонитрофилы и азотфиксаторы, 10^6 КОЕ/г	$1,05 \pm 0,84$
Актиномицеты, 10^3 КОЕ/г	$0,05 \pm 0,03$
Микроскопические грибы, 10^3 КОЕ/г	$0,27 \pm 0,12$

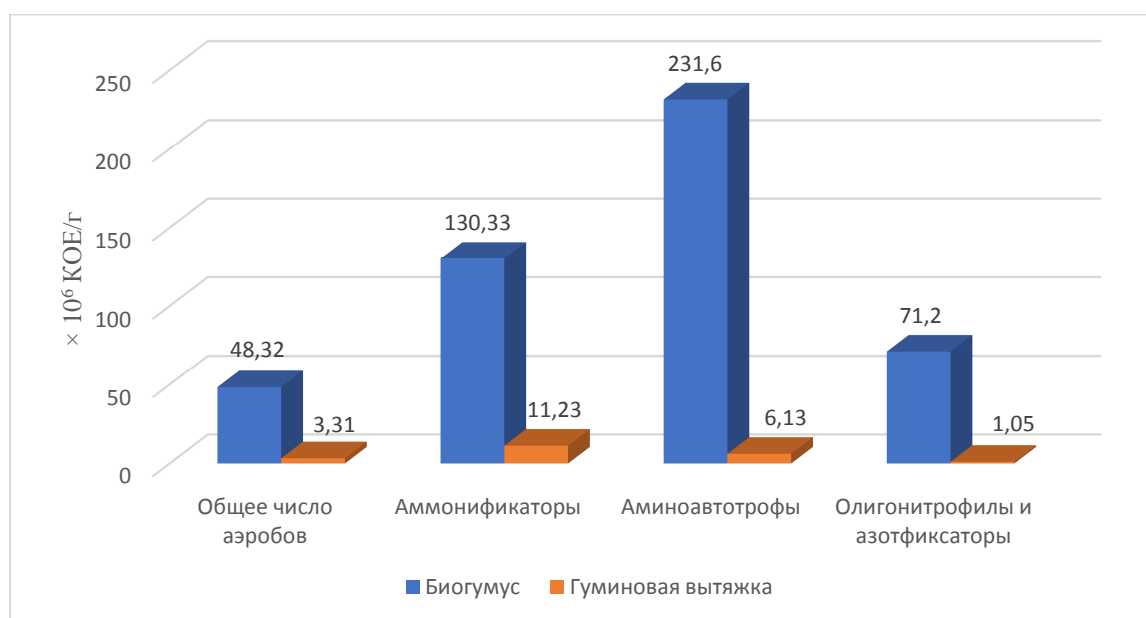


Рисунок 1 – Соотношение основных физиологических групп микроорганизмов в биогумусе и гуминовой вытяжке

В то же время численность группировки аминоавтотрофов в 1,8 раз была ниже, чем численность группировки аммонификаторов – $6,13 \times 10^6$ против $11,23 \times 10^6$ КОЕ/г. Это, возможно, связано с тем, что аммонификаторы оказались более устойчивы к изменению рН среды в щелочную сторону.

Отмечено присутствие в гуминовой вытяжке актиномицетов и микромицетов, однако численность грибных форм микроорганизмов оказалась достаточно низкой. Это связано с тем, что данные микроорганизмы более прочно связаны с субстратом и не так активно переходят в гуминовую вытяжку (биогумат).

Заключение

Биокомпостирование навоза крупного рогатого скота в комплексе соломенной резкой в соотношении 8:1 позволяет получить биогумус с высоким содержанием гуминовых веществ (20,0 г/л) и аминокислот (32,0 г/л).

При микробиологическом исследовании биогумуса и гуминовой вытяжки из него, установлено, что наибольшая по численности физиологическая группа микроорганизмов в исследуемом биогумусе представлена аминоавтотрофными микроорганизмами, численность которых составила $231,6 \times 10^6$ КОЕ/г. Численность аммонификаторов в 1,8 раз была ниже по сравнению с аминоавтотрофами и составила $130,33 \times 10^6$ КОЕ/г. Преобладание группировки аминоавтотрофов над аммонификаторами свидетельствует о достаточно высокой степени минерализации компоста. Численность целлюлозоразрушающих актиномицетов в исследуемом биогумусе составила $0,93 \times 10^3$ КОЕ/г, это достаточно многочисленное микробное сообщество для данного класса микроорганизмов, что имеет принципиально важное значение для гумификации и для самоочищения компоста от условно патогенных микроорганизмов.

Микробиологический анализ гуминовой вытяжки, полученной из биогумуса, показал, что по сравнению с биогумусом количество изучае-

мых физиологических групп микроорганизмов в ней в десятки раз меньше, однако в ней отмечено присутствие всех микробных группировок, характерных для биогумуса.

Поскольку биогумус имеет высокое содержание биологически активных соединений – органического вещества, гуминовых веществ, общего азота, фосфора, калия, аминокислот, это позволяет рекомендовать его использование в качестве органического удобрения.

Литература

1. Гузев В. С. Функциональная структура зимогенной части микробной системы почвы / В. С. Гузев, П. И. Иванов // Изв. АН СССР. Сер. биол., 1986. – № 5. – С. 739–746.
2. Zeikus J. G. Molecular basis for the biodegradative recalcitrance of lignin in anaerobic environments / J. G. Zeikus, A. L. Wellstein, T. K. Kirk // FEMS Microbiology Letters, 1982. – Volume15, Issue3. – P. 193–197.
3. Лобанок А. Г. Микробный синтез на основе целлюлозы: белок и другие ценные продукты / А. Г. Лобанок, В. Г. Бабицкая, Ж. Н. Богдановская. – Минск : Наука и техника, 1988. – 261 с.
4. Лазарев Н. М. Труды ВНИИСХМ за 1941–1945 гг. [In: Transactions of VNIISKhM of 1941–1945]. –Moscow, 1949. – С. 5–22.
5. Заварзин Г. А. Литотрофные микроорганизмы / Г. А. Заварзин. – М. : Наука, 1972. – 330 с.
6. Методы микробиологического контроля почвы: Методические рекомендации (утв. главным государственным санитарным врачом РФ 24.12.2004. № ФЦ /4022).
7. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
8. МУ 2.1.7.730-99. 2.1.7 Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест (Дата введения 04.05.1999).
9. СанПиН 2.1.7.1287-03. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы (Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16 апреля 2003 г.).

References

1. Guzev V. S. Funkcional'naya struktura zimogennoj chasti mikrobnnoj sistemy pochvy / V. S. Guzev, P. I. Ivanov // Izv. AN SSSR. Ser. biol., 1986. – № 5. – S. 739–746.

2. Zeikus J. G. Molecular basis for the biodegradative recalcitrance of lignin in anaerobic environments / J. G. Zeikus, A. L. Wellstein, T. K. Kirk // FEMS Microbiology Letters, 1982. – Volume15, Issue3. – P. 193–197.

3. Lobanok A. G. Mikrobnyj sintez na osnove cellyulozy: belok i drugie cennye produkty / A. G. Lobanok, V. G. Babickaya, Zh. N. Bogdanovskaya. – Minsk : Nauka i tekhnika, 1988. – 261 s.

4. Lazarev N. M. Trudy VNIISKHM za 1941–1945 gg. [In: Transactions of VNIISKHM of 1941–1945]. –Moscow, 1949. – S. 5–22.

5. Zavarzin G. A. Litotrofnye mikroorganizmy / G. A. Zavarzin. – M. : Nauka, 1972. – 330 s.

6. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pochvy: Metodicheskie rekomendacii (utv. glavnyim gosudarstvennyim sanitarnym vrachom RF 24.12.2004. № FC /4022).

7. GOST 17.4.4.02-2017 Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza.

8. МУ 2.1.7.730-99. 2.1.7 Pochva, ochestka naselennyh mest, bytovye i promyshlennye othody, sanitarnaya ohrana pochvy. Gigienicheskaya ocenka kachestva pochvy naselennyh mest (Data vvedeniya 04.05.1999).

9. SanPiN 2.1.7.1287-03. Pochva, ochestka naselennyh mest, bytovye i promyshlennye othody, sanitarnaya ohrana pochvy. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normy (Utv. Glavnym gosudarstvennyim sanitarnym vrachom RF 16 aprelya 2003 g.).