

Важно отметить, что применение гидроугля сопряжено с определёнными рисками и ограничениями. Прежде всего - относительно низкая стабильность в почве по сравнению с традиционным биоуглем, а также ускоренный распад углеродных соединений. В ряде исследований отмечается, что этот углеродистый материал способствует развитию изменений в микробиологической активности почвы, что потенциально может привести к увеличению выбросов парниковых газов [2].

В долгосрочной перспективе применение биоугля и гидроугля может поспособствовать формированию устойчивых агросистем, где высокая продуктивность сочетается с сохранением экологического баланса почвы. Эти материалы становятся важным инструментом в решении проблем загрязнения почв, повышения урожайности и обеспечения продовольственной безопасности при соблюдении основных правил для обеспечения устойчивости вносимых удобрений и агросистем. Их использование открывает новые перспективы в развитии экологически чистого сельского хозяйства и в охране окружающей среды. Биоуголь и гидроуголь позволяют создавать эффективные механизмы защиты и восстановления почвенного плодородия при минимальных негативных воздействиях на экосистему.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2025-667) на оборудовании ЦКП «Биоинженерия почв».

Литература

1. Ameloot N., Sleutel S., Case S.D., Alberti G., McNamara N.P., Zavalloni C., Vervisch B., Delle Vedove G., De Neve S. C mineralization and microbial activity in four biochar field experiments several years after incorporation // *Soil Biol. Biochem.* 2014. V. 78. P. 195–203.
2. Bargmann I., Rillig M.C., Kruse A., Greef J.-M., Kücke M. Initial and subsequent effects of hydrochar amendment on germination and nitrogen uptake of spring barley // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2014. V. 177. № 1. P. 68–74.
3. Kravchenko E., Dela Cruz T.L., Chen X.W., Wong M.H. Ecological consequences of biochar and hydrochar amendments in soil: assessing environmental impacts and influences // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2024.
4. Yan X., Liu G., Wang X., Chen J. Effects of hydrochar on soil carbon dynamics by altering soil aggregate and microbial characteristics // *Agronomy.* 2024. V. 14. № 5. P. 1015.

УДК 631.812

DOI: <http://doi.org/10.20914/2304-4691-2025-3-28-30>

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Н.В. Фомичева, Г.Ю. Рабинович

ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

Производство органических удобрений и препаратов для растениеводства тесно связано с использованием ценных ресурсов, представленных побочными продуктами животноводства (ППЖ), – навоза крупного рогатого скота и куриного помета. Актуальным и перспективным способом переработки ППЖ является ускоренная ферментация в реакторах или ферментерах различного конструктивного исполнения [1-4].

Во ВНИИМЗ (филиале ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева») разработан способ ускоренной твердофазной ферментации навоза крупного рогатого скота, включающий все основные этапы классического компостирования, при этом отличительной чертой процесса является искусственное поддержание заданных температур ферментируемой смеси. Продукт ферментации ориентирован, прежде всего, на использование в качестве органического удобрения, но он также может выступать и исходным сырьем в процессах получения жидких препаратов для растениеводства [5]. В связи с этим, правильно проведенный процесс ферментации является залогом получения качественного органического удобрения и далее – препаратов на его основе.

Процесс ускоренной твердофазной ферментации осуществляли по следующей схеме: 48 ч при 37 °С, затем 48 ч при 60 °С, далее 24 ч при 37 °С, после чего он заканчивался естественным остыванием ферментируемой массы до температуры окружающей среды. Выбор температурных условий и сроков

проведения процесса ускоренной ферментации направлен на эффективное использование потенциала микрофлоры исходного сырья. Так, в первые сутки ферментации органической смеси при температуре 37 °С наблюдался максимальный рост численности доминирующих групп микроорганизмов (использующих минеральный и органический азот) – их количество увеличивалось более чем в три раза по сравнению с исходной смесью. Это способствовало образованию легкоусвояемых соединений, биологически активных веществ, участвующих в дальнейших процессах трансформации ферментируемой смеси. Последующее выдерживание смеси при температуре пастеризации направлено на обеззараживание получаемого продукта, вовлечение в трансформацию более устойчивых соединений, деградацию биополимеров [3, 6]. Дальнейший перевод процесса ферментации на мезофильный режим, заканчивающийся естественным остыванием ферментируемой массы, способствовал плавному завершению процессов трансформации и стабилизации продукта.

Поскольку продукт, полученный ускоренной ферментацией, рекомендуется использовать в качестве органического удобрения, он должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 53117-2008. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. В частности, в органическом удобрении должны отсутствовать патогенные и болезнетворные микроорганизмы, а индекс санитарно-показательных микроорганизмов не должен превышать 9 клеток/г. В связи с этим на всех основных этапах получения продукта ферментации была установлена родовая принадлежность микроорганизмов (в ФГБУ «Тверская МВЛ» методом MALDI–TOF масс-спектрометрии).

Использование различных температурных режимов проведения твердофазной ферментации отразилось на сукцессии микроорганизмов. Поскольку в процессе ферментации использовался свежий навоз крупного рогатого скота, то в исходной смеси преобладали обитатели кишечника коровы – бактерии семейства *Enterobacteriaceae*: представители родов *Escherichia*, в частности, *E. coli*, *Citrobacter* и *Proteus*. Продолжительность пастеризационного периода обеспечила уничтожение вышеперечисленных санитарно-показательных микроорганизмов и в ферментируемой смеси стали преобладать бактерии рода *Bacillus*: *B. megaterium* и *B. subtilis*. Известно [7], что бактерии рода *Bacillus* способны образовывать эндоспores, что позволяет им осуществлять колонизацию компоста в термофильной фазе. В конечном продукте разработанного нами процесса ферментации присутствовали различные виды *Bacillus* – *B. licheniformis*, *B. pumilus* и *B. altitudinis*. Поскольку бактерии рода *Bacillus* характеризуются полиферментативными свойствами, то их жизнедеятельность способствовала более эффективному преобразованию ферментируемой массы, что, в свою очередь, направлено на формирование качественного продукта ферментации.

Состав продукта ферментации, полученного по предложенному методу, может варьировать в зависимости от партии навоза, в связи с чем, имеет следующие характеристики: массовая доля сухого вещества – не менее 25 %, pH – 7,0-8,0, общее микробное число (ОМЧ) – не менее 1×10^7 КОЕ/г а.с.в.; С – не менее 35,0 % а.с.в.; N_{общ} – не менее 1,5 % а.с.в.; P₂O₅ – не менее 1,1 % а.с.в.; K₂O – не менее 1,1 % а.с.в.

Процесс получения жидких препаратов из продукта ферментации связан с созданием определенных условий для формирования их активного начала. Так, получение жидкофазного биопрепарата ЖФБ основано на переводе агрономически значимых микроорганизмов из продукта ферментации в жидкую фазу соответствующим экстрагентом. После разделения суспензии полученный осадок подвергается щелочной экстракции под воздействием ультразвука, что обеспечивает оптимальные условия для извлечения гуминовых веществ и формирует гуминовый препарат БоГум с сохранением агрономически значимых микроорганизмов. Следовательно, комплексный состав продукта ферментации позволяет получать жидкие препараты различной природы:

– биопрепарат ЖФБ, в составе которого агрономически значимая микрофлора (аммонифицирующая, амилотическая, фосфатмобилизующая, автохтонная, целлюлозоразрушающая и др.) – не менее 10^{10} КОЕ/мл; макро- и микроэлементы; биологически активные вещества (витамины, ферменты, сахара, гуминовые кислоты);

– гуминовый препарат БоГум, характеризующийся благоприятным уровнем кислотности pH – не более 8,5, содержанием гуминовых кислот – не менее 10 г/л и агрономически значимой микрофлорой – не менее 10^6 КОЕ/мл.

Таким образом, из побочных продуктов животноводства, используя различные биотехнологические приемы, можно получать разного рода продукты для растениеводства – органические удобрения и препараты.

Предложенный способ ускоренной твердофазной ферментации отходов животноводства способствует быстрому выходу процесса на рабочий режим и активной трансформации ферментируемой массы за счет жизнедеятельности мезофильных и термофильных микроорганизмов. Продукт ферментации характеризуется высокой численностью микроорганизмов (не менее 1×10^7 КОЕ/г а.с.в.) и экологической безопасностью (*B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* и *B. altitudinis*). Дальнейшие преобразования продукта ферментации позволяют получать жидкие препараты различной природы: микробной и гуминовой. Получение трех продуктов из одного и того же сырья способствует снижению их себестоимости и обеспечивает перспективу их комплексного применения при возделывании культур.

Литература

1. Shuhang W., Zhenfang J., Qingying Y. Progress in technologies of the composting animal manure // *Acta Agric. Shanghai*. 2003. V. 19. № 1. P. 50–52.
2. Petric I., Selimbasic V. Composting of poultry manure and wheat straw in a closed reactor: optimum mixture ratio and evolution of parameters // *Biodegradation*. 2008. V. 19. № 1. P. 53–63.
3. Uvarov R., Briukhanov A., Shalavina E. Study results of mass and nutrient loss in technologies of different composting rate: case of bedding poultry manure // *Engineering for Rural Development: Proceedings*. 2016. P. 851–857.
4. Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помета / под общ. ред. Иванова А.И., Лапы В.В. Санкт-Петербург: ФГБНУ АФИ, 2018. 317 с.
5. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu. Technological line for processing animal waste // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. V. 677. № 5. 052004.
6. Кутовский В.Н., Сидоренко О.Д. Биоконверсия отходов агропромышленного комплекса. Москва: НИИСХ ЦРНЗ, 2009. 160 с.
7. Vempalli S.V., Suminakshi D., Chivukula V.S., Kalamdhad A.S. Microbial degradation of lignocellulosic fractions during drum composting of mixed organic waste // *Sustain. Environ. Res.* 2017. V. 27. № 6. P. 265–272.

УДК 615.355:636.085.53

DOI: <http://doi.org/10.20914/2304-4691-2025-3-30-31>

ИНГИБИТОРЫ ФЕРМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ КОНСЕРВАНТОВ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

Е.А. Прутенская¹, В.А.Базулева², А.Е. Филатова¹

¹ФГБОУВО «Тверской государственный университет», Тверь, Россия¹

²ФГБОУВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия²

В настоящее время в России применяются различные технологии заготовки зерна из свежубранного урожая с влажностью до 40% [1]. Мероприятия по подготовке зерновых культур к хранению направлены на предотвращение плесневения зерна и сохранению пищевой ценности продукции. Чаще всего в хозяйствах используется комплексная технология, которая включает в себя обработку зерна консервантом, затем его плющение зерна и хранение в анаэробных условиях в зернохранилище.

Консервирование зерна необходимо для предотвращения развития посторонней и сапрофитной микрофлоры зерна. Современные консерванты делятся на химические и биологические [2]. В качестве химических консервантов чаще всего используют органические кислоты, едкий натр, сера, формиат аммония, бензоат натрия и т.п.[3]. Некоторые препараты содержат сразу комплекс химических веществ. При этом хочется отметить, что пары этих химических веществ часто опасны для человека, например мочевины приобретает консервирующий эффект только после закладки зерна и при высвобождении аммиака. Еще одним из недостатков является то, что обработанное зерно щелочью, можно скармливать только жвачным животным. При консервации зерна химическими реагентами большое значение имеет техника безопасности. Таким образом, консервирование химическими веществами является экологически не безопасным и часто дорогостоящим процессом, из-за использования коррозионностойкого оборудования.

Реже используют биологические консерванты: молочнокислые микроорганизмы, ферменты, ингибиторы ферментов. Молочнокислые микроорганизмы выступают в качестве регуляторов кислотности. Синтезированные органические кислоты снижают pH среды и подавляют развитие микрофлоры на зерне [4]. Кормопроизводители пишут, что на практике наибольшим эффектом обладает комплекс молочнокислых микроорганизмов и ферментов [3]. Однако, такие препараты не рекомендуются для консервации посевного материала, так как ферменты осуществляют деструкцию поверхностного слоя зерна, что снижает всхожесть.