

**ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук Бастракова Александра Ивановича  
на тему: «Основы биоконверсии органических субстратов с  
использованием личинок *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)  
по специальности 1.5.6. Биотехнология**

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена актуальной теме – новому направлению биотехнологии – биоконверсии органических субстратов с помощью личинок двукрылых насекомых. В последнее десятилетие значительно возрос интерес к получению альтернативных источников протеина, в качестве которых исключительное лидерство закрепилось за видом *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly). Возможность использования BSF в сложных инженерных системах, позволила реализовать технологию биоконверсии органических субстратов с получением биомассы насекомых, в промышленном масштабе. Побочным продуктом биоконверсии является зоокомпост (Frass), который рассматривается в качестве добавки для повышения плодородия почв и урожайности различных сельскохозяйственных культур.

Научная новизна и значимость работы заключается в биоконверсии широкого спектра пищевых отходов. Оценена роль основных экологических факторов на процесс биоконверсии: температуры, pH, высоты слоя субстрата и плотности посадки личинок. Представлена динамика парниковых газов и аммиака при биоконверсии 2-х тестовых субстратов. Впервые показаны антинематодные свойства зоокомпоста. Выявлено, что массовое развитие дрожжей в субстрате при зоомикробной биоконверсии может служить маркером температурного стресса личинок.

Практическая значимость работы заключается в возможном использовании результатов диссертации в практике предприятий по утилизации различных типов отходов, сотрудниками образовательных и научных учреждений при проведении экспериментов по биоконверсии органических субстратов. Представленные данные по эмиссии парниковых

газов и аммиака могут быть рассмотрены в сравнительном аспекте при оценке влияния различных технологий утилизации отходов на окружающую среду. С практической точки зрения представляют интерес данные, полученные в результате испытания зоокомпоста, как перспективного средства для оздоровления почв. Полученные в работе результаты могут быть использованы для чтения курсов лекций в высших учебных заведениях по специальности «Биотехнология».

Диссертация написана четким, понятным языком, аккуратно оформлена ее структура логична и подчинена выбранному автором направлению исследований.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов и списка использованной литературы. Работа изложена на 164 страницах, содержит 60 рисунков и 11 таблиц. Список литературы включает 183 литературных источников, в том числе 164 иностранных.

Соискателем осуществлён глубокий и всесторонний анализ данных научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Цели и задачи работы сформулированы правильно и методически грамотно.

К основным достигнутым результатам в ходе выполнения диссертационной работе следует отнести следующее:

- показано, что в результате процесса биоконверсии субстратов по технологии с применением личинок в биомассу личинок перешло до 25%, в зоокомпост – около 27%, газовая эмиссия составила до 48% от начальной массы субстрата (по сухому веществу).
- доказано, что показатели эффективности биоконверсии значительно варьируют в зависимости от вида органического субстрата. С повышением показателя убыли массы субстратов снижался срок их переработки, и увеличивался выход биомассы личинок с единицы субстрата. Самым продолжительным периодом биоконверсии, наряду с низкими показателями

убыли массы, отличались субстраты из группы отходов производств с высоким содержанием растительных полимеров.

- показано, что в процессе биоконверсии эмиссия углекислого газа и аммиака значительно возрастает, а метана и закиси азота – снижается. Основным газовым продуктом является углекислый газ (99,9%). Уровень эмиссии исследованных газов зависит от типа органического субстрата. Динамика температурных кривых и максимальная температура зависит от вида органического субстрата. Температурный стресс на стадии личинки отрицательно влияет на выживаемость дальнейших стадий жизненного цикла *H. illucens*, вызывал развитие дрожжей рода *Candida* в кишечнике личинок и обогащение дрожжами массы субстрата. Начальный уровень влажности субстрата влияет на продолжительность биоконверсии, конечную влажность зоокомпоста и динамику температуры. При увеличении плотности посадки личинок наблюдается увеличение конверсии субстрата, общей биомассы личинок и средней температуры внутри субстрата. При этом сокращается срок переработки и снижается индивидуальная масса личинок. С увеличением высоты слоя субстрата показатель биомассы личинок с единицы влажного субстрата и убыль массы субстрата значительно снижаются, а срок переработки – увеличивается.

- установлено, что содержание биофильных элементов в зоокомпостах различается при развитии личинок на разных типах субстратов. Использование зоокомпоста в качестве органического удобрения требует специального изучения в каждом конкретном случае. Численность сапротрофных бактерий и энтеробактерий увеличивается на начальной стадии зоомикробной биоконверсии, а при завершении процесса – снижается. Общая доля энтеробактерий в зоокомпостах ниже, чем в естественных компостах. В процессе биоконверсии субстрата, зараженного паразитическими нематодами, происходила их полная элиминация. Внесение зоокомпоста в почвогрунт для томатов достоверно повысило показатели массы надземных органов и снизило патогенное воздействие галловой нематоды.

Достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, полученных с использованием современных методов исследования, а также статистической обработкой результатов. Достоверность и новизна полученных автором данных не вызывает сомнений.

Выводы и заключение логично формулируются из полученных результатов и отражают основные положения диссертации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работы: 3 статьи в журналах, индексируемых в базах данных WoS, SCOPUS и RSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В.Ломоносова, 4 статьи в РИНЦ, 6 патентов. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

По диссертационной работе возникли следующие вопросы и замечания:

1. В работе обнаружен особый, очень важный и интересный эффект полученного зоокомпоста - подавлять развитие фитопатогенных нематод, что доказано положительным действием компоста после его применения на почвогрунте, зараженного галловой нематодой. Тем не менее, в работе не предпринимается попытка найти объяснение этому эффекту, например, по данным литературы. Хотелось бы пожелать автору продолжить исследования в этой области в ходе дальнейшей работы.
2. При изучении динамики выделения диоксида углерода и аммиака в процессе биоконверсии обнаруживается не полное соответствие между проявлением активности микроорганизмов и их численностью. Так, рост эмиссии диоксида углерода и аммиака приходится на 5-6 сутки (рис. 11,12 автореф.), а общая численность бактерий в субстратах резко возрастает уже на 3 сутки (рис. 18 автореф.). Возникает необходимость объяснить это несовпадение.
3. На рис. 12, 13 автореферата, для удобства восприятия, желательно обозначить варианты опыта, в тексте диссертации встречаются отдельные опечатки.

Указанные замечания не снижают общей, очень высокой оценки проведенного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.6 – Биотехнология (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, оформлена согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Считаю, что автор работы, Бастраков Александр Иванович, безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.6 – Биотехнология (биологические науки).

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии почв Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Степанов Алексей Львович

03.05.2023

тел.: 8(495)939-24-58, e-mail: stepanov

Специальности, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: почвоведение, микробиология

Адрес места работы:

119234, г. Москва, Ленинские Горы 1, стр. 12. МГУ имени М.В. Ломоносова, Факультет почвоведения, Кафедра биологии почв

Тел.: +7 (495) 939-29-47; e-mail: [soil.msu@mail.ru](mailto:soil.msu@mail.ru)