

4) Повышение температуры переувлажненной почвы способствует снижению сорбционной способности гидроксидов железа по отношению к свинцу и другим ТМ, поведение которых существенно зависит от состояния гидроксидов железа в почве.

Данные, полученные в результате исследования, показывают, что при анализе поведения ТМ в наземных экосистемах следует учитывать влияние условий увлажнения и температуры окружающей среды на формы их нахождения в почве, определяющие подвижность и биологическую доступность металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколик, Г. А., Овсянникова, С. В., Попеня, М. В., Иванова, Т. Г. Поведение радионуклидов урана и радия в почвенно-растительном комплексе агроценозов вне зоны чернобыльского загрязнения Беларуси / Г. А. Соколик, С. В. Овсянникова, М. В. Попеня, Т. Г. Иванова // Весті НАН Беларусі. Сер. хім. навук. – 2013. – № 1. – С. 102–110.
2. Черных, Н. А. Трансформация соединений свинца и кадмия в разных типах почв / Н. А. Черных, Прасанна Джагат // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2000. – № 4. – С. 82-88.
3. Минкина, Т. М. Состав соединений тяжелых металлов в почвах / Т. М. Минкина, Г. М. Мотузова, О. Г. Назаренко. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2009. – 208 с.
4. Химия актиноидов: в 3 т. : пер. с англ. / Под ред. Дж. Каца [и др.]. – М.: Мир, 1991. – Т. 3. – 525 с.
5. Greenwood, N. N. Chemistry of the Elements / N. N. Greenwood, A. Earnshaw. – Oxford: Butterworth, 1997. – 1600 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НА ПРОЦЕСС КОМПСТИРОВАНИЯ RESEARCH OF THE INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL ADDITIVES ON THE COMPOSTING PROCESS

В. И. Солокова, Г. В. Крусир
V. Sokolova, G. Krusir

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина
valeria.by.valeria@gmail.com

Odessa National Academy of Food Technologies, Odeessa, Ukraine

Исследование процесса компостирования является весьма актуальной задачей. Быстрый рост производства пищевых продуктов приводит к образованию отходов, которые целесообразно и безопасно утилизировать естественным способом - компостированием. Компостирование растительной составляющей пищевых отходов позволяет значительно уменьшить количество отходов, накапливаемых на полигонах, и утилизировать пищевые отходы предприятий гостинично-ресторанной отрасли.

Дополнительное обогащение смеси, содержащей пищевые отходы микробиологической добавкой «Байкал ЭМ» ускоряет процесс созревания и усиливает эффективность готового компоста, который не содержит жизнеспособных семян сорняков и патогенной микрофлоры. Исследуемые образцы имеют достаточный уровень индекса прорастания, и не являются фитотоксичными. Готовый компост может применяться, в качестве удобрения в сельском хозяйстве при выращивании агрокультур.

The study of the composting process is a very urgent task. The rapid growth in food production leads to the formation of waste, which one expediently and safely utilized in a natural way - composting. Composting the plant component of food waste can significantly reduce the amount of waste accumulated at landfills and utilize food waste from hotel and restaurant enterprises.

Additional enrichment of the mixture containing food waste with the Baikal EM microbiological additive accelerates the ripening process and enhances the effectiveness of the finished compost, which does not contain viable weed seeds and pathogenic microflora. The studied samples have a sufficient level of germination index, and are not phytotoxic. Ready-made compost can be used as a fertilizer in agriculture for growing crops.

Ключевые слова: компостирование, пищевые отходы, фитотоксичность, Байкал ЭМ.

Key words: composting, food waste, phytotoxicity, Baikal EM.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-298-301>

Ежедневно человечество сталкивается с проблемой переработки отходов, значительную часть которых составляют именно пищевые отходы. Один среднестатистический украинец производит примерно 1 - 1,5 кг отходов в день, где около 40-70% составляют пищевые отходы или их упаковка.

Одним из простых и безопасных методов утилизации пищевых отходов является компостирование, которое в естественных условиях довольно длительно, а его ускорение является энергоемким, что приводит к экономическим затратам и дополнительным воздействиям на окружающую среду. Такие воздействия не являются желательными для окружающей среды, поэтому актуальным является поиск новых способов ускорения процесса компостирования и его улучшение [1].

Одним из таких методов является добавление микробиологических добавок и поддержание температурного режима.

Результаты исследования компостирования пищевых отходов с добавлением микробиологической добавки «Байкал ЭМ» свидетельствуют о том, что с увеличением продолжительности сбраживания компостируемой смеси индекс проращивания семян редиса увеличивается. Колонии микроорганизмов, которые содержались в препарате «Байкал ЭМ» ускоряют естественный процесс компостирования, принимая активное участие в деструкции компонентов растительной смеси. Значение pH среды готового компоста, как в термофильных, так и в мезофильных условиях приближены к нейтральным показателям. Высокие значения эмиссии CO₂ из реакторов зафиксированы на второй неделе в термофильных и на 3 неделе в мезофильных условиях [2].

Готовый компост, который сбраживался в термофильных и мезофильных условиях, может использоваться как удобрение, но, учитывая, что для создания термофильных условий необходимы дополнительные энергетические затраты, целесообразно компостировать смесь пищевых отходов с добавлением микробиологического препарата «Байкал ЭМ» в мезофильных условиях.

Целью работы было исследование процесса компостирования пищевых отходов в мезофильных и термофильных температурных режимах с добавлением микробиологической добавки «Байкал ЭМ».

Задачами исследования было:

- исследование изменений скорости уменьшения содержания общего углерода и азота;
- исследование динамики изменения соотношения C/N;
- сравнительная характеристика мезофильного и термофильного режимов;
- исследование динамики изменения индекса проращивания семян;
- исследования динамики изменения pH среды компостируемой смеси;
- исследования изменения эмиссии CO₂ из реактора.

Экспериментальное исследование проводили при постоянной влажности и перемешивании в мезофильных и термофильных режимах. Смесь пищевых отходов, которая изучалась, состоит из очистков картофеля, моркови, кабачков и листьев капусты в весовом соотношении 1:1:1:1. Исследование проводилось с добавлением к пищевой смеси почвы - чернозема южного малогумусного.

Каждую неделю проводили отбор газовой смеси объемом 50 см³ с помощью одноразовых пластиковых шприцев. Шприц присоединяли к трубке для отвода газов из реакторов. Отбор газовой смеси проводили через 5 минут после встряхивания реактора. Для определения количества углекислого газа в отобранной пробе использовали газовый хроматограф «Хроматэк Кристалл 5000.2».

На начальных стадиях компостирования происходит активное разложение микроорганизмами легкодоступных соединений, сопровождающееся освобождением CO₂. В этот период происходит активная минерализация органических веществ и снижение содержания растворенного органического углерода [3].

Из полученных данных, можно сделать вывод, что при использовании микробиологической добавки как в мезо-, так и в термофильном режимах общие потери и скорость потерь общего углерода более выражены, чем в контрольном образце, увеличивается эффективность процесса компостирования, которую стимулируют мезофилы и термофилы - бактериальные колонии биодобавки - «Байкал ЭМ».

Минерализация азотсодержащих веществ сопровождается изменением содержания общего азота. После второй недели наблюдения зафиксировано максимальные скорости потери общего азота, которое связано с присутствием лабильных веществ и активным разложением азотсодержащих соединений в смеси в начале процесса компостирования.

Зрелость компоста определяли по индексу проращивания и соотношению содержания общего углерода и азота в компостируемой смеси. В литературных источниках оптимальным значением соотношения содержания общего углерода и азота (C/N) принято 25, значение выше означают, что смесь не достигла достаточной степени зрелости и считается фитотоксичной [4].

Анализ результатов экспериментальных исследований свидетельствует о том, что микробиологическая добавка «Байкал ЭМ» влияет на интенсивность деструкции смеси пищевых отходов, увеличивая ее в мезо- (образец 2) и термофильном (образец 3) режимах по сравнению с контролем (образец 1). Показано, что термофильные микроорганизмы являются более активными, но для поддержания температурного режима необходима дополнительный расход энергетических ресурсов, поэтому, следуя ресурсосберегающему подходу при компостировании пищевых отходов, целесообразно добавлять микробиологическую добавку «Байкал ЭМ» и проводить процесс компостирования в мезофильных условиях.

Основные параметры, по которым проводилось исследование, и показатели компостируемой смеси, а также их значения представлены в таблице.

Из результатов исследования следует, что образец 1 и 2 проявляют высокий уровень зрелости компоста. Контрольный образец, в котором вместо микробиологической добавки использовали дистиллированную воду, оказался не зрелым и фитотоксичным. Динамика изменений индекса проращивания приведена на рис. 1.

Таблица – Сравнительная таблица основных показателей компостируемой смеси

Показатели	Образец 1 (контроль)	Образец 2 (мезофильный режим)	Образец 3 (термофильный режим)
Температура, °С	19	19	55
Влажность, %	72	72	72
Длительность, суток	40	40	40
С/Н	30,6	24,4	23,4
рН (начальный), од. рН	6,4	6,4	6,4
рН (конечный), од. рН	7,1	6,8	7,6
Масса компоста на выходе (за 1 кг смеси), г	176	150	120

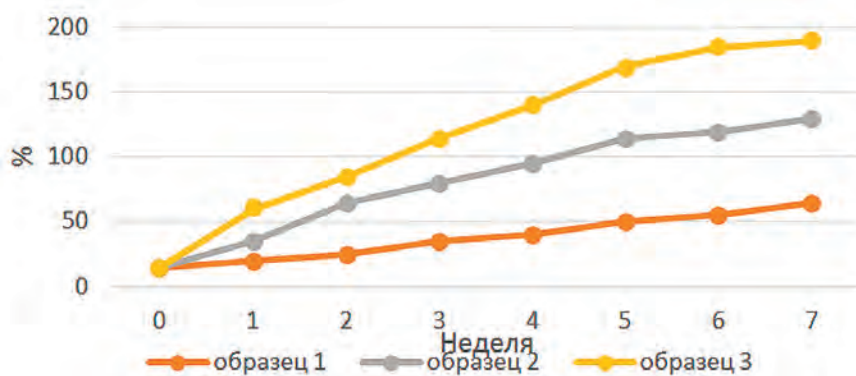


Рисунок 1 – Динамика изменений индекса проращивания семян

Изучение индекса проращивания семян овощных культур на компостах, полученных в образцах 2 и 3 проводилось путем определения количества пророщенных семян редиса посевного (*Raphanussativus*) и длины проростков в водных вытяжках из компоста в сравнении с контролем (образец 1) [5].

Полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что индекс проращивания семян редиса постепенно увеличивается с увеличением продолжительности сбраживания. Результаты проращивания семян редиса свидетельствуют о том, что компост в образце 1 относится к фитотоксичным, так как его индекс проращивания составляет менее 80%. В его составе содержатся жизнеспособные семена сорняков и патогенная микрофлора. Образцы 2 и 3 характеризуются индексом проращивания более 80% и поэтому относятся к зрелым.

Важной характеристикой компостных смесей является спектр колоний микроорганизмов, которые они содержат, и количественные показатели каждого вида микроорганизмов.

Самая высокая активность микроорганизмов наблюдалась в образце 2 в термофильных условиях при добавлении микробиологического препарата «Байкал ЭМ». Но, в образце 3, находившемся в мезофильных условиях, также зафиксирована повышенная, по сравнению с контролем, активность колоний.

В образцах 2 и 3 при добавлении микробиологической добавки наблюдалась повышенная активность микроорганизмов в период с 12-х по 20-е сутки. Это позволяет сделать вывод, что препарат «Байкал ЭМ» стимулирует активность микроорганизмов.

В образце 2 наблюдался ускоренный рост мезофильной микрофлоры, что связано с брожением в мезофильных условиях при температуре 19 °С.

В отличие от образца 2, в образце 3, который сбраживался в термофильном режиме, термофилы получили значительно большую численность благодаря более благоприятным температурным условиям (55 °С).

По сравнению с образцом 2 и 3 контроль, не содержащий микробиологической добавки «Байкал ЭМ», характеризовался вдвое меньшей численностью мезо- и термофильных микроорганизмов.

При компостировании растительного сырья параметром, который претерпевает значительные изменения в процессе биохимических реакций, является рН среды (рис.2). Начальное значение рН среды исследуемого сырья менялось в диапазоне значений, близких к нейтральному и составляло 6,4 ед. рН. В реакторах, которые находились в мезофильном режиме и с добавлением микробиологической добавки, в начале исследования наблюдалось отклонение рН в сторону слабокислых (образец 2) значений рН. В образце 3, который находился в термофильном режиме, рН среды приобретал слабощелочные значения.

В контрольном образце значения рН были приближены к слабокислым, а конечные значения рН в контрольном и исследуемых образцах варьировались в пределах от 6,8 до 7,1 ед. рН.

Компостирование сопровождается деструкцией биополимерных веществ и превращениями соединений в направлении образования низкомолекулярных.

В процессе исследования определялись изменения содержания органических веществ в пищевой смеси при добавлении микробиологической добавки «Байкал ЭМ».

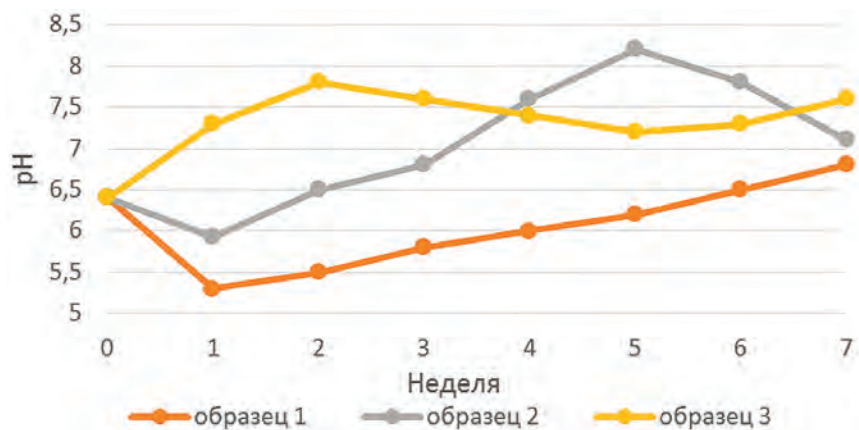


Рисунок 2 – Динамика изменения рН среды компостируемой смеси

Анализ проведенного исследования позволяет констатировать, что рост активности микроорганизмов, начинается со второй и третьей недели исследования в термо- и мезофильных условиях, соответственно. Также следует отметить, что в термофильных условиях микроорганизмы более активны, но по сравнению с мезофильными условиями разница незначительна.

Таким образом, анализируя свойства полученного компоста, можно сделать вывод, что внесение микробиологической добавки - препарат «Байкал ЭМ» - целесообразно при сбраживании в мезофильных и термофильных режимах. Микроорганизмы активно участвуют в деструкции пищевых отходов и ускоряют естественный процесс компостирования.

Потери общего углерода в исследуемых образцах более выражены, чем в контроле, что связано с дополнительной стимуляцией процесса мезофилами и термофилами. Потери общего азота сопровождались активным разложением азотсодержащих соединений и присутствием лабильных веществ в исследуемых образцах.

Соотношение C/N в компостируемых образцах в мезофильных и термофильных условиях, в отличие от контроля, приближены к оптимальным значениям и составляют 24,4 и 23,4 соответственно.

При определении индекса проращивания семян редиса обнаружено, что оба исследуемых образца, по сравнению с контролем относятся к зрелым и не содержат патогенной микрофлоры и семян сорняков.

В процессе компостирования важным показателем компостирования является значение рН, которое в мезофильных условиях отклонялось к слабнокислым, а в термофильных - к слабощелочным значениям рН среды. Но, по окончании процесса компостирования были зафиксированы примерно одинаковые значения рН среды готового компоста во всех трех образцах.

При исследовании динамики эмиссии CO₂ из реакторов зафиксирована повышенная активность колоний микроорганизмов в термофильных условиях по сравнению с контролем, но в сравнении с мезофильными условиями разница незначительна.

Обобщая вышеприведенные выводы, можно констатировать, что смеси, которые исследовались в мезо- и термофильных условиях можно использовать как удобрение, поскольку компост является зрелым и не содержит семян вредных сорняков и патогенных организмов.

Компост, который созрел в термофильных условиях, характеризовался высокой численностью термофилов, что обусловлено более комфортными условиями жизнедеятельности микроорганизмов. Однако, учитывая, что для создания термофильных условий необходимо дополнительное использование энергетических ресурсов и учитывая экономическую составляющую, целесообразнее проводить компостирование в мезофильных условиях с добавлением микробиологической добавки «Байкал ЭМ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагдеева, О.А., Крусір, Г.В., Цикало, А.Л. Дослідження процесів компостування харчової складової твердих побутових відходів. Техногенно-екологічна безпека, 2018.–№ 4(2).–С. 13–23.– DOI: 10.5281/zenodo.1244572.
2. Соколова, В., Крусір, Г., Шпирко, Т., Кузнецова, І., Коваленко, І. Розробка ключових елементів системи ресурсо- та енергоефективності. Scientific Works, 2019, 83(1), 21-26. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1412>.
3. Tognetti, C., Mazzarino, M. J., Laos, F. (2007). Improving the quality of municipal organic waste compost. Bioresource Technology, 98, 1067–1076. doi: 10.1016/j.biortech.2006.04.025.
4. Blair G., Lefroy R., Whitbread A., Blair N., Conteh A. The development of the KMnO₄ oxidation technique to determine labile carbon in soil and its use in a carbon management // Assessment methods for soil carbon. Lewis publishers, Boca Raton. – 2001. – № 1. – P. 323–337.
5. Петрусов А.И. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия, 2005. – 608 с.