

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Институт мониторинга климатических и экологических
систем СО РАН
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева**

**ОТРАЖЕНИЕ
БИО-, ГЕО-, АНТРОПОСФЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПОЧВАХ
И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ**

**Сборник материалов
VII Международной научной конференции,
посвященной 90-летию кафедры
почвоведения и экологии почв ТГУ**

*14–19 сентября 2020 г.,
г. Томск, Россия*

Томск
Издательский дом Томского государственного университета
2020

Свойства вермикомпоста, полученного на пищевых отходах

Е.В. Каллас, Н.С. Глибина, А.С. Бабенко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, lkallas@sibmail.com*

Изучены свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов. Показаны обогатенность его органическим веществом (46%), валовыми и подвижными формами азота (2,13% и 345 мг/100 г соответственно) и фосфора (0,63% и 500 мг/100 г), высокая щелочность (рН = 9,18). Уровень накопления поглощенных катионов соответствует агропочвам. Состав гумусовых веществ близок к таковому для черноземных почв. Содержание гуминовых кислот более чем в 2 раза превышает долю фульвокислот, тип гумуса гуматный, в составе гуминовых кислот доминируют гуматы кальция.

Ключевые слова: *вермикомпост на пищевых отходах, агрохимические свойства, фракционно-групповой состав гумуса.*

Биоудобрения, полученные путем вермикомпостирования, всё шире применяются в области растениеводства, особенно в странах Европы и Азии, в Америке. Чаще всего вермикультивирование проводят с использованием разных видов навоза, пищевые отходы применяются редко. Однако этот источник для производства биоудобрений является не только экологически выгодным, безопасным для растениеводческой продукции, но и экономически, поскольку позволяет попутно решать еще одну важную проблему – утилизацию органических отходов, в огромных количествах образующихся в процессе жизнедеятельности человека.

Наиболее ценным компонентом органических удобрений, и вермикомпостов в том числе, являются гуминовые кислоты (ГК), оказывающие стимулирующий эффект на рост, развитие и продуктивность растений и обладающие биопротекторными свойствами [1]. Выделяют следующие механизмы и пути влияния гуминовых кислот на живые организмы: активизация синтеза белков в клетках [2], воздействие на скорость электронно-донорно-акцепторных реакций, взаимодействие с мембранами клеток и влияние на биохимические процессы [3], проникновение ГК внутрь клеток и взаимодействие их с внутриклеточными компонентами [4, 5]. В зарубежной литературе имеется обширный ряд работ по оценке влияния гуминовых препаратов, полученных из различного сырья (торфов, вермикомпостов и др.) на рост и продуктивность растений [6–8]. Широко обсуждаются и вопросы по агрохимической характеристике биопрепаратов, полученных путем вермикомпостирования на различных субстратах. Однако материалы по свойствам вермикомпостов на основе пищевых отходов, особенно касающиеся качественного (фракционно-группового) состава их гумусовых веществ, в научной литературе практически не встречаются, указывается лишь общее содержание органического углерода. Отсутствие информации по этому вопросу определяет актуальность данного исследования.

Цель работы – выявить качественный состав системы гумусовых веществ и общие агрохимические свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов.

Материалы и методы. Объектом исследований послужил вермикомпост, полученный методом переработки (в течение 8 месяцев) пищевых отходов калифорнийским червем *Eisenia Andrei Bouche* по технологии «домашних контейнеров». Для приготовления вермикомпоста использовали пищевые отходы растительного происхождения углеродного типа (в отличие от азотного типа разных видов навоза): кожуру бананов, моркови, свеклы, остатки фруктов, кабачков, тыквы, а также чая и кофе. В контейнерах с червями и пищевым субстратом поддерживалась оптимальная температура 20–25°C, влажность среды 85–90%, соблюдались аэробные условия (регулярно проводилось рыхление субстрата для насыщения его кислородом). После 8-месячного компостирования полученный вермикомпост был освобожден от червей, высушен и пропущен через сито с отверстиями диаметром 3 мм.

Для характеристики свойств вермикомпоста определялись следующие показатели:

- рН водной вытяжки – потенциметрически [9];
- содержание органического углерода – по И.В. Тюрину в модификации В.А. Никитина [10];
- содержание валового азота – по Анстетту, легкогидролизуемого азота – по Шконде–Королевой [11];
- содержание валового фосфора – по Гинзбург, Щегловой, Вульфиус [12], подвижного фосфора – по Кирсанову фотоколориметрическим методом [9];
- содержание поглощенных оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+}) по методу Каппена–Гильковица [9];
- качественный состав гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [13].

Результаты исследования. Анализ вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов показал, что он имеет высокое содержание органического углерода – 23% (в пересчете на гумус 46%), в том числе количество наиболее ценного компонента биоудобрения – гуминовых кислот – достигает 8%. По содержанию органических веществ исследованный вермикомпост сопоставим с вермикомпостами на основе навоза КРС (таблица). Вермикомпосты, как правило обогащены элементами питания растений. Содержание валовых форм азота и фосфора в изученном биоудобрении превышает 2 и 0,6% соответственно, что существенно выше, чем в агропочвах, а также вермикомпостах, полученных при переработке конского навоза, чая и кофе (таблица).

О высокой удобрительной ценности вермикомпоста на основе пищевых отходов свидетельствует узкое отношение С:N, равное 10,91. Из практики агрохимии известно, что чем меньше С:N и выше содержание азота в удобрении, тем сильнее его действие, при этом не возникает азотного голодания растений даже на ранних стадиях развития.

Свойства вермикомпостов, полученных на основе различных органических отходов

Вермикомпосты	С, % Гумус, %	Азот		Фосфор		pH _{вод}	Поглощенные основания, мг-экв/100 г		
		Валов. %	Легкогид. мг/100 г	Валов. %	Подв. мг/100 г		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма
На основе пищевых отходов	<u>23,25</u> 46,50	2,13	345,0	0,63	500,0	9,18	26,0	8,0	34,0
На основе конского навоза [14]	Нет данных	0,55	12,2*	0,56	306,0	6,30	Нет данных		
На основе конского навоза [15]	<u>18,50</u> 37,00	1,16	Нет данных	0,45	Не опр.	7,73	Нет данных		
На основе птичьего помёта [14]	Нет данных	0,75	12,5*	0,84	459,0	8,00	Нет данных		
На основе навоза КРС [14]	Нет данных	2,04	263,0*	1,53	837,0	7,60	Нет данных		
На основе навоза КРС [16]	<u>20,70</u> 41,40	3,80	Нет данных		21,3	7,30	14,3	4,3	18,6
На основе навоза КРС [17]	<u>12,20</u> 24,40	0,53	8,7	0,48	72,0	Нет данных			
На основе навоза МРС [17]	<u>17,42</u> 34,84	0,64	10,9	0,76	68,0	Нет данных			
На основе птичьего помета [16]	<u>19,65</u> 39,30	3,50	Нет данных		1,97	7,40	10,6	5,0	15,6
На основе чая и кофе [18]	<u>25,20</u> 50,40	1,21	221,0	0,50	20,0	7,20	35,3	6,17	41,47
На основе смешанных пищевых отходах [18]	<u>11,01</u> 22,02	0,53	Нет данных			7,10	24,9	11,5	36,4

* Содержание N-NO₃.

Велико содержание и подвижных соединений элементов-биофилов: 345 мг/100 г легкогидролизуемого азота и 500 мг/100 г подвижного фосфора. Сопоставление полученных результатов с литературными данными представляет большие трудности, так как используемые разными авторами методы определения неодинаковы и часто не указываются в их работах, а цифровой материал, характеризующий содержание элементов питания в подвижной форме, часто различается в разы даже для вермикомпостов, созданных на основе одного и того же органического субстрата. Так, в биоудобрении на основе навоза КРС содер-

жание подвижного фосфора, по данным Г.А. Соколова, О.Г. Красноберской, Л.Ю. Цивирко [14], составляет 837 мг/100 г, согласно Б.А. Мустафаеву, З.Е. Какежановой, А.Б. Кенжетаевой [17], – 72 мг/100 г, а по А.А. Алтаеву [16] – 21,3 мг/100 г. Анализ большого материала, имеющегося в научной литературе по агрохимической характеристике вермикомпостов на разных субстратах, свидетельствует о высоком содержании подвижных, легкодоступных форм азота и фосфора в полученном на основе пищевых отходов вермикомпосте, которое часто превышает таковое в биоудобрениях, созданных при вермикультивировании на других органических субстратах.

Важной агрохимической характеристикой является содержание поглощенных оснований. Уровень накопления Ca^{2+} и Mg^{2+} в вермикомпосте на пищевых отходах сопоставим с таковым для минеральных почв, в последних эти величины могут быть и выше. В сумме эти катионы в исследованном биоудобрении составляют 34 мг-экв/100 г. Материалы по количеству поглощенных оснований в вермикомпостах в научной литературе встречаются единично. Сопоставление полученных нами результатов с аналогичными данными О.В. Сенкевич с соавторами [18] для вермикомпоста на основе смешанных пищевых отходов показывает близкую картину: и в том, и в другом случае доля поглощенного кальция составляет 25–26 мг-экв/100 г, магния – 8–11 мг-экв/100 г, сумма их 34–36 мг-экв/100 г. Более высокое количество кальция содержится в вермикомпосте, полученном этими же авторами при переработке чая и кофе (таблица). Материалы А.А. Алатаева [16] свидетельствуют о значительно более низких (практически в 2 раза) величинах содержания поглощенных оснований в вермикомпостах на основе навоза КРС и птичьего помёта.

Лимитирующим свойством с точки зрения плодородия является высокая щелочность полученного вермикомпоста, величина рН водной вытяжки составила более 9 единиц, что требует тщательного подбора дозы этого удобрения при выращивании растений, особенно рассады в горшочках.

В полученном на основе пищевых отходов вермикомпосте определялся качественный состав системы гумусовых веществ, важнейшего компонента органических удобрений, определяющих их ценность как стимуляторов роста и развития растений, биопротекторов, регуляторов функционирования почвенной биоты. В научной литературе практически отсутствует информация о фракционно-групповом составе гуминовых и фульвокислот (ФК) вермикомпостов, полученных не только на основе пищевых отходов, но и на других органических субстратах.

Наши исследования показали, что состав гумусовых веществ в вермикомпосте на пищевых отходах во многом близок к составу самых плодородных почв – черноземов. Среди гидролизуемых форм гумуса значительно доминируют ГК, их доля превышает 33% от $S_{\text{общ}}$ и более чем в 2 раза превосходит долю ФК (14,66% от $S_{\text{общ}}$), отношение углерода ГК к углероду ФК равно 2,29 единиц, что позволяет отнести гумус к типу гуматного.

Во фракционном составе ГК устойчиво доминируют наиболее ценные гуматы кальция – 27,7% от $S_{\text{общ}}$, что составляет более 80% всех форм ГК. Доли

свободных бурых ГК (фракция 1) и связанных с минеральными компонентами ГК (фракция 3) невелики – 1,76% и 4,09% от $C_{\text{общ}}$ соответственно.

Среди ФК также доминирует фракция 2 – ФК, связанные с черными гуминовыми кислотами, их доля около 10% от $C_{\text{общ}}$. Относительное содержание остальных фракций низкое – 1,1–2,7% от общего органического углерода.

Заключение. Вермикомпост, полученный на пищевых отходах по технологии «домашних контейнеров», характеризуется высокой обогащенностью органическим веществом, валовыми и подвижными формами элементов питания растений, средним уровнем накопления обменных оснований. Анализ фракционно-группового состава гумусовых веществ свидетельствует о ценных качествах этого удобрения, что связано с высокой долей ГК, а в их составе гуматов кальция, играющих важнейшую роль не только в пищевом режиме, но и в создании благоприятных водно-физических свойств почв, благодаря структурообразующему эффекту. Однако вермикомпост обладает высокой щелочностью, что требует осторожного применения этого удобрения с использованием небольших доз, особенно при выращивании рассады в небольших сосудах и комнатных растений в горшочках, где объем субстрата ограничен. Вероятно, высокий эффект при использовании этого органического удобрения можно ожидать на кислых почвах.

Литература

1. Якименко О.С. Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) // Живые и биокосные системы. 2016. № 18. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-4>
2. Trevisan. S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors // Plant Signal. Behav. 2010. V. 5. № 6. P. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.1121.
3. Vaccaro S., Ertani A., Nebbioso A., Muscolo A., Quaggiotti S., Piccolo A., Nardi S. Humic substances stimulate maize nitrogen assimilation and amino acid metabolism at physiological and molecular level // Abstr. Chem. Biol. Technol. Agricult. 2015. V. 2, № 5. P. 1–12. DOI: 10.1186/s40538-015-0033-5.
4. Schiavon M., Pizzeghello D., Muscolo A., Vaccaro S., Francioso O., Nardi S. High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.) // J. Chem. Ecol. 2010. V. 36. P. 662–669. DOI: 10.1007/s10886-010-9790-6.
5. Воронина Л.П., Якименко О.С., Терехова В.А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агрехимия. 2012. № 6. С. 50–57.
6. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil. 2014. V. 383 (1). P. 3–41.
7. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., Brown A.L., Jackson W.R., Cavagnaro T.R. Meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture // Advances in Agronomy. 2014. V. 124. P. 37–89.
8. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., Piccolo A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture // Scientia Horticulturae. 2015. V. 196. P. 15–27.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
10. Никитин В.А. Методика определения содержания гумуса в почве // Агрехимия. 1972. № 3. С. 130–132.

11. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
12. Середина В.П., Спирина В.З. Химический анализ почв: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 2005. 82 с.
13. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.
14. Соколов Г.А., Красноберская О.Г., Цивирко Л.Ю. Влияние переработки на изменение группового состава вторичного органического сырья // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы перспективы: сб. науч. тр. / ред. кол.: С.Л. Максимова [и др.]. Минск, 2013. С. 158–164.
15. Степанова Д.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Влияние вермикомпоста и подкормок йодом на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта арктической зоны Якутии // Вестник аграрной науки. 2019. № 2 (77). С. 47–53.
16. Алтаев А.А. Некоторые аспекты применения вермикомпостов на каштановых почвах республики Бурятия // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 10. С. 10–15.
17. Мустафаев Б.А., Какежанова З.Е., Кенжетаева А.Б. Переработка органических отходов, производство биогумуса – основа воспроизводства плодородия почв // Вестник ОмГАУ. 2012. № 4 (8). С. 30–34.
18. Сенкевич О.В., Антонов Г.И., Ульянова О.А., Хижняк С.В. Сравнительная оценка биологической активности вермикомпостов на основе отходов производств // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 4. С. 75–80.

Properties of vermicompost based on food waste

E.V. Kallas, N.S. Glibina, A.S. Babenko

The properties of vermicompost obtained from food waste have been studied. Its richness with organic matter (46%), gross and mobile forms of nitrogen (2.13% and 345 mg/100 g, respectively) and phosphorus (0.63% and 500 mg/100 g), high alkalinity (pH=9.18) are shown. The level of accumulation of absorbed cations corresponds to agro-soils. The composition of humus substances is close to that of chernozem. The content of humic acids is more than 2 times higher than the proportion of fulvic acids, the type of humus is humate, calcium humates dominate in the composition of humic acids.

УДК 631.412: 631.438

Удельная активность естественных радионуклидов и валовое содержание тяжелых металлов в городских почвах

Д.А. Козырев, С.Н. Горбов, О.С. Безуглова,
Е.А. Буряева, С.С. Тагивердиев

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, dinis.kozyrev@bk.ru

В работе исследованы почвы городских территорий как естественного сложения, так и испытывающих антропогенное воздействие. Изучали удельную активность естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K), а также ее зависимость от валового содержания тяжелых металлов, с использованием ранговой корреляции Спирмена. Анализ результатов проводили по группам горизонтов: поверхностные и погребенные гумусово-аккумулятивные горизонты, подстилающие карбонатные горизонты.