

### Оценка эффективности использования отходов грибоводства в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования

Ирина Александровна Сазонова, Ирек Раилевич Азизов, Наталья Александровна Яковлева

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия, e-mail: sazonova-sgau@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность утилизации отходов, образующихся от производства вешенок и шампиньонов, с помощью процесса вермикомпостирования. В качестве вермикультуры был использован калифорнийский дождевой червь *Eisenia fetida*. В процессе вермикультивирования доказана целесообразность использования мульчи шампиньонов в качестве субстрата, в котором наблюдалось устойчивое увеличение биомассы объекта. Полученные результаты через месяц вермикомпостирования свидетельствовали о повышении эффективности процессов минерализации органических отходов и увеличении количества азота в них.

**Ключевые слова:** вермикомпостирование; вермиккультура; утилизация отходов; биогумус; органический субстрат; кормовой белок.

**Для цитирования:** Сазонова И. А., Азизов И. Р., Яковлева Н. А. Оценка эффективности использования отходов грибоводства в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 44–47. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp44-47>.

#### AGRONOMY

Original article

### Estimation of the efficiency of use of waste from mushroom in the processes of vermiculture and vermicomposting

Irina A. Sazonova, Irek R. Azizov, Natalya A. Yakovleva

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia, e-mail: sazonova-sgau@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the possibility of recycling waste generated from the production of oyster mushrooms and champignons using the process of vermicomposting. The Californian earthworm *Eiseniafetida* was used as vermiculture. In the process of vermiculture, the expediency of using champignon mulch as a substrate was proved, in which a steady increase in the biomass of the object was observed. The results obtained after a month of vermicomposting indicated an increase in the efficiency of the processes of mineralization of organic waste and an increase in the amount of nitrogen in them.

**Keywords:** vermicomposting; vermiculture; waste disposal; biohumus; organic substrate; fodder protein.

**For citation:** Sazonova I. A., Azizov I. R., Yakovleva N. A. Estimation of the efficiency of use of waste from mushroom in the processes of vermiculture and vermicomposting. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4):44–47. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i4pp44-47>.

**Введение.** Побочные продукты, получаемые при выращивании растений, грибов, разведении животных, работе предприятий сферы АПК, относят к сельскохозяйственным отходам. Существенная их часть является органической и нетоксичной по своей природе. Однако они обладают потенциалом загрязнения окружающей среды: почвы, воды и воздуха, так как от них в настоящее время избавляются размещением отходов на свалках, сжиганием или захоронением на полигонах. Эти способы утилизации отходов экологически опасны и экономически невыгодны. Если эти органосодержащие отходы превратить в материалы, полезные для сельского хозяйства, то удастся сохранить огромное количество основных питательных веществ для растений [9]. Более того, сама биомасса дождевых червей является уникальным и возобновляемым природным сырьем для получения полноценных животных белков и всевозможных биологически активных веществ.

Актуальность темы обусловлена тем, что вермитехнология – это наиболее экологически безопасная для окружающей среды биотехнология переработки и утилизации органических отходов. Применение вермитехнологии позволяет повышать продуктивность, экологическую устойчивость и саморегулирующую способность агроэкосистем. В мировой литературе ее рассматривают как элемент экологически чистого сельскохозяйственного производства [7]. Вермитехнология имеет два направления:

– вермикультивирование, при котором размножают дождевых компостных червей или получают их биомассу;

– вермикомпостирование, главной целью которого является экологически безопасная переработка различных органических отходов и получение массы экскрементов дождевых компостных червей – копролита (биогумуса, вермикомпоста) – ценного органического удобрения.



Дождевые черви использовались еще со времен Древнего Египта, ими обрабатывали наносный ил Нила для выращивания сельскохозяйственных культур. В XIX в. червей стали использовать и для утилизации отходов растительного происхождения. Наибольшее распространение вермикультивирование и вермикомпостирование получили в США, Канаде, Китае, Индии, Южной Корее, Австралии, Италии, Мексике и на Кубе [2]. На российском рынке также наблюдается рост числа в основном небольших вермикомпостных хозяйств, производящих биогумус. Опыт применения данных технологий в России описан в работах многих ученых [4–6, 10, 11].

Технология вермикомпостирования основана на способности червей поглощать в процессе своей жизнедеятельности органические остатки. В организме червей они измельчаются, химически трансформируются, обогащаются питательными элементами, ферментами и микроорганизмами [1].

Биогумус (вермикомпост) получается при утилизации органического сырья (самых различных отходов) с помощью червей промышленных линий. К основным его свойствам относятся высокое содержание гумуса, улучшенные физические свойства, низкая кислотность, малое содержание тяжелых металлов, которое зависит от вида утилизируемого сырья. Кроме повышения урожайности, его можно применять для «омоложения» почвы в случае ее деградации [3]. Рассматривая возможности использования вермикультуры в животноводстве, целесообразно принимать во внимание, что 1 т органической пищи при переработке ее червями дает 600 кг гумусового удобрения и 100 кг биомассы червей. Из тела червей после соответствующей обработки получают белковую муку, которая по аминокислотному составу приближается к мясной, превосходя ее по содержанию всех незаменимых аминокислот (за исключением глицина) [8].

Цель работы – оценка возможности использования отходов грибоводства в качестве органического субстрата в процессах вермикультивирования и вермикомпостирования.

**Методика исследований.** Практическая часть работы выполнена в УНПК «Агроцентр» Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Объектом исследования послужила компостная технологическая линия дождевого червя западносибирской популяции вида *Eisenia fetida*. Калифорнийский дождевой червь принадлежит к семейству крупных почвенных малощетинковых червей Lumbricidae, которых относят к отряду высших малощетинковых Lumbricomorpha, классу малощетинковых Oligochaeta, типу кольчатых Annelida, подцарству многоклеточных, царству животных Animalia. *Eisenia fetida* имеет средние размеры и характерный признак – полосатость. Окраска полос от розового до багряно-красного цвета, а непигментированные участки имеют желтоватый оттенок.

Данная популяция червей наиболее используема человеком в коммерческих целях. Этот вид легко адаптируется к широкому спектру изменений окружающей среды и различному виду корма.

В качестве органических субстратов использовали отходы грибоводства (мульча от производства вешенок и шампиньонов), получаемые в результате производственного процесса в УНПК «Агроцентр». В ходе эксперимента оценивали химические параметры субстратов до и после вермикультивирования. Массовую долю влаги определяли методом высушивания, процентное содержание золы – методом озоления, массовую долю азота – методом Кьельдаля. Активную кислотность измеряли на рН-метре.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью биометрической таблицы, учитывая трехкратную повторность опытов. Достоверность различий определяли методом вариационной статистики с использованием критерия Стьюдента, различия считали достоверными при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Предварительно были изучены параметры отходов (табл. 1). По результатам исследований было зафиксировано, что по активной кислотности, массовой доле золы и азота два субстрата не отличались друг от друга ( $P > 0,5$ ).

Таблица 1

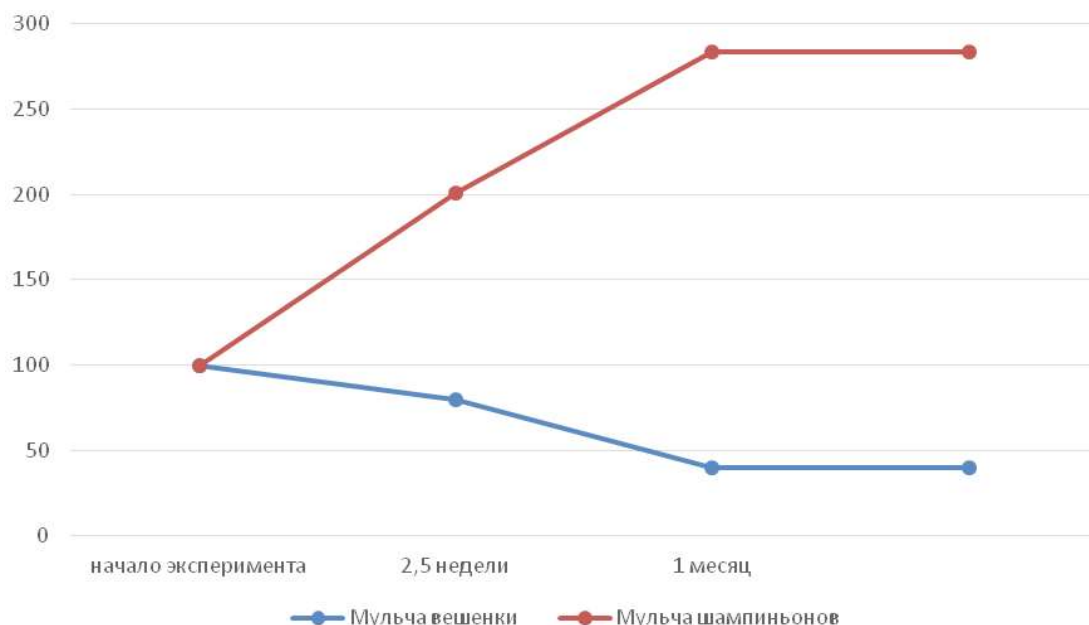
Первоначальные показатели субстрата ( $n = 3$ )

Вид субстрата	рН, ед.	Влажность, %	Массовая доля азота, %	Массовая доля золы, %
Мульча вешенок	4,89±0,01	78,3±0,02	0,30±0,05	1,5±0,01
Мульча шампиньонов	4,85±0,01	80,1±0,04	0,28±0,05	1,5±0,01

Показатель активной кислотности (рН) был на нижней границе параметров, которые требуются для проведения вермикультивирования, что предполагает постоянный контроль над величиной рН во время процесса. Влажность мульчи шампиньонов была на 2,3 % больше, чем в мульче от производства вешенок ( $P < 0,001$ ). Оба значения соответствовали требованиям, необходимым для вермикультивирования. На основании этих результатов было продолжено исследование по влиянию различных субстратов на рост биомассы дождевого калифорнийского червя и получение конечного продукта – биогумуса.

Вермикультура была подготовлена для субстратов в количестве по 100 червей на 1 кг, определена их общая масса. Исходя из этого, вычисляли среднюю массу одного червя, после чего червей помещали в субстрат. Эффективность процесса вермикультивирования оценивали в течение месяца по количеству червей в субстрате. Также оценивали появление коконов в субстратах. Полученные результаты отображены на рисунке.





Динамика количества вермикультуры в субстратах

В субстрате из мульчи от шампиньонов наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей: через 2,5 недели после начала эксперимента в 2 раза, а через месяц почти в 3 раза. Кроме того, в субстрате были обнаружены коконы вермикультуры.

Иначе вела себя вермикультура в субстрате из отходов от производства вешенок – количество червей постепенно снижалось. По видимому такой вид субстрата должен разбавляться более подходящим, классическим, например, перегнившим навозом КРС или торфом.

Через месяц вермикультивирования были исследованы параметры химического состава исследуемых субстратов. По истечении одного месяца вермикультивирования данные pH, влажности, содержания азота и содержания золы в данных субстратах подвергались изменениям (табл. 2). Исходное pH было ниже по отношению к конечным результатам в субстрате из мульчи вешенок – в 1,6 раза, в субстрате из мульчи шампиньонов – аналогично в 1,6 раза ( $P < 0,001$ ). Следовательно, вермикультивирование стабилизирует активную кислотность в более щелочную среду за счет биотехнологических процессов и образования копролита, имеющего нейтральную среду.

Таблица 2

Показатели субстрата через 1 месяц вермикомпостирования ( $n = 3$ )

Вид субстрата	pH, ед.	Влажность, %	Массовая доля азота, %	Массовая доля золы, %
Мульча вешенок	7,84±0,01	75,5±0,05	0,61±0,07	4,6±0,02
Мульча шампиньонов	7,74±0,01	74,7±0,05	0,60±0,07	9,9±0,03

Так как влажность субстратов во время эксперимента искусственно не повышали, она снизилась на несколько процентов: в субстрате из мульчи от вешенок на 3,7 % ( $P < 0,001$ ), в мульче от шампиньонов на 7,2 % ( $P < 0,001$ ). Однако в целом соответствовала нормам при проведении вермикультивирования (70–80 %).

Массовая доля азота в обоих субстратах увеличилась за время проведения вермикомпостирования практически в 2 раза ( $P < 0,001$ ). Это происходило в результате накопления азотсодержащих веществ после обработки компостов червями. Так как азот – необходимый элемент для роста и развития растений, биологическая ценность субстратов-отходов в разы увеличивалась после процесса вермикомпостирования. Между субстратами после проведения опыта достоверных различий не наблюдалось ( $P > 0,5$ ).

Массовая доля золы стала в разы выше после вермикомпостирования исходных субстратов в течение месяца. В субстрате от производства вешенок это увеличение составило в 3 раза ( $P < 0,001$ ), а в субстрате от производства шампиньонов – в 6,6 раза ( $P < 0,001$ ). Таким образом, накопление минеральных веществ интенсивнее проходило во время процесса вермикомпостирования мульчи шампиньонов. Это также может быть связано с усиленным накоплением вермикультуры в субстрате, которое наблюдалось в данном образце органических отходов.

Сравнивая два вида субстрата, необходимо отметить, что массовая доля азота в них статистически не различалась ( $P > 0,5$ ), а уровень минерализации полученного копролита в субстрате из мульчи шампиньонов был выше в 2 раза ( $P < 0,001$ ).



**Заключение.** Результаты исследования показали, что использование отходов грибоводства, в частности мульчи вешенки и шампиньона в качестве компонента органического субстрата после компостирования, повышает эффективность процессов минерализации органических отходов и приводит к увеличению количества азота как основного источника питания растений. При этом наиболее эффективным в наших исследованиях оказалось использование мульчи шампиньона, где наблюдалась устойчивая динамика количественного роста червей.

Таким образом, отходы грибоводства, а именно мульчи шампиньонов, после вермикомпостирования рекомендуется применять в тепличных комплексах в качестве готового грунта, а также использовать полученный биогумус как органическое удобрение при выращивании различных культур.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабенко А. С., Нин Ван Джа Перспективы использования вермикомпоста в защите растений // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. № 1(9). С. 105–110.
2. Выгузова М. А., Линкевич С. А., Касаткин В. В., Литвинюк Н. Ю. Перспективы развития технологии вермикомпостирования в России и за рубежом // Пищевая промышленность. 2012. № 8. С. 60–86.
3. Джакупова И. Б., Даутбаева Г. А., Шаихова Ж. Е. Биогумус – экологически чистое органическое удобрение // Вестник Алматинского технологического университета. 2018. № 2. С. 55–58.
4. Игонин А. М. Биопереработка навоза и другой органики с помощью дождевых червей // Международный агропромышленный журнал. 2019. № 5. С. 100–104.
5. Кошцаев А. Г., Кошяева О. В., Елисеев М. А. Биотехнология вермикультивирования органических отходов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 95. С. 594–603.
6. Ляшев А. А. Эффективность использования различных субстратов при вермикультивировании // Агропродовольственная политика России. 2020. № 3. С. 48–50.
7. Максимова С. Л. Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения. Минск: Институт зоологии НАН Беларуси, 2007. 164 с.
8. Максимова С. Л., Босак В. Н. Вермикомпостирование и вермикультивирование: состояние, проблемы и перспективы // Белорусское сельское хозяйство. 2007. № 9. С. 65–66.
9. Мельник И. А. Дождевые черви на службе сельского хозяйства // Сельскохозяйственная биология. 1990. № 5. С. 160–163.
10. Титов И. Н., Усоев В. М. Вермикультура как возобновляемый источник животного белка из органических отходов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 2 (18). С. 74–80.
11. Титов И. Н. Вермикультура: переработка органической фракции отходов // Твердые бытовые отходы. 2018. № 8. С. 18–25.

#### REFERENCE

1. Babenko A. S., Ning Wang Ja Prospects for the use of vermicompost in plant protection. *Bulletin of the Tomsk State University. Biology*. 2016;1(9):105–110. (In Russ.).
2. Vyuzova M. A., Linkevich S. A., Kasatkin V. V., Litvinyuk N. Yu. Prospects for the development of vermicomposting technology in Russia and abroad. *Food industry*. 2012;(8):60–86. (In Russ.).
3. Dzhakupova I. B., Dautbaeva G. A., Shaikhova Zh. E. Biohumus is an environmentally friendly organic fertilizer. *Bulletin of the Almaty Technological University*. 2018;(2):55–58. (In Russ.).
4. Igonin A.M. Bioprocessing of manure and other organic matter using earthworms. *International agroindustrial journal*. 2019;(5):100–104. (In Russ.).
5. Koschaev, A.G., Koschaeva O. V., Eliseev M. A. Biotechnology of vermiculture of organic waste. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2019;(95):594–603. (In Russ.).
6. Lyashchev A. A. Efficiency of using various substrates in vermiculture. *Agri-food policy of Russia*. 2020;(3):48–50. (In Russ.).
7. Maksimova S. L. Vermicomposting and vermiculture as the basis of ecological agriculture in the XXI century: problems, prospects, achievements. Minsk: Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Belarus; 2007. 164 p. (In Russ.).
8. Maksimova S. L., Bosak V. N. Vermicomposting and vermiculture: state, problems and prospects. *Belarusian agriculture*. 2007;(9):65–66. (In Russ.).
9. Melnik I. A. Earthworms in the service of agriculture. *Agricultural biology*. 1990;(5):160–163. (In Russ.).
10. Titov I. N., Usoev V. M. Vermiculture as a renewable source of animal protein from organic waste. *Bulletin of the Tomsk State University. Biology*. 2017;2(18):4–80. (In Russ.).
11. Titov I. N. Vermiculture: processing of organic fraction of waste. *Solid household waste*. 2018;(8):18–25. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 25.08.2021; одобрена после рецензирования 03.09.2021; принята к публикации 18.09.2021.  
The article was submitted 25.08.2021; approved after reviewing 03.09.2021; accepted for publication 18.09.2021.

