

Видоспецифичность структуры кишечного микробиоценоза любрицид из разных экологических ниш

Е. М. Романова✉, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

В. Н. Любомирова, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

В. В. Романов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатики»

И. В. Добрынина, студентка факультета ветеринарной медицины и биотехнологии

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1;

✉vvr-emr@yandex.ru

Резюме. Изложены результаты сравнительных исследований структуры микробиоценоза трех видов дождевых червей – любрицид, разлагающих органические отходы. *Eisenia andrei* (красный калифорнийский червь), *Eisenia fetida* (навозный червь), *Lumbricus terrestris* (обыкновенный дождевой червь), занимающих разные экологические ниши. В качестве субстрата использовали ферментированный навоз. Для идентификации микроорганизмов использовали селективные среды. Посев выполняли в чашки Петри в пятикратной повторности, инкубировали при 37 °С. Вели подсчет колоний, определяли КОЕ/г. Идентификация включала микроскопию мазков, окрашенных по Грамму. Установлено: общее количество кишечной микробиоты в содержимом кишечника *E. andrei* больше в 3, у *E. fetida* – в 2, у *L. terrestris* – в 1,5 раза, чем в субстрате ($p < 0,05$). Целлюлозолитических бактерий у *L. terrestris* больше в 2,7, у *E. andrei* и *E. fetida* в 1,3 и в 1,2 раза, чем в субстрате ($p < 0,05$). У *E. andrei* сапрофитных грибов больше в 2,2 раза, у *E. fetida* – в 1,7 раза, чем в субстрате. Actinomycetes у *L. terrestris* больше в 2,6, у *E. andrei* – в 2,0, у *E. fetida* – в 1,2 раза, чем в субстрате. В кишечнике *E. andrei* число бактерий, минерализующих органофосфаты в 2,6, у *E. fetida* – в 2,1, у *L. terrestris* – в 1,8 раза выше, чем в субстрате. Аммонифицирующих бактерий у *E. andrei* больше в 2,3, у *E. fetida* – в 2,2, а у *L. terrestris* – в 1,7 раза, по сравнению с субстратом. Содержание микробиоты на выходе из кишечника *E. andrei* выше в 8, *E. fetida* – в 7, *L. terrestris* – в 5 раз по отношению к субстрату.

Ключевые слова: любрициды, экологическая ниша, отходы животноводства, вермиккультура, структура кишечного микробиоценоза, микроорганизмы - деструкторы.

Для цитирования: Видоспецифичность структуры кишечного микробиоценоза любрицид из разных экологических ниш / Е. М. Романова, В. Н. Любомирова, В. В. Романов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 2 (74). С. 151-157. doi:10.18286/1816-4501-2026-2-151-157

Species specificity of the gut microbiocenosis structure of lumbricidae from different ecological niches

E. M. Romanova✉, **V. N. Lyubomirova**, **V. V. Romanov**, **I. V. Dobryнина**

FSBEI HE Ulyanovsk State Agrarian University

432000, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1

✉vvr-emr@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of a comparative study of the microbiocenosis structure of three earthworm species (Lumbricids) that decompose organic waste: *Eisenia andrei* (California red worm), *Eisenia fetida* (dung worm), and *Lumbricus terrestris* (common earthworm), occupying different ecological niches. Fermented manure was used as a substrate. Selective media were used for microorganism identification. The culture was performed in Petri dishes in five replicates and incubated at 37°C. Colonies were counted and CFU/g was determined. Identification included microscopy of Gram-stained smears. It was established that the total amount of intestinal microbiota in the intestinal contents of *E. andrei* is 3 times higher, in *E. fetida* – 2 times higher, and in *L. terrestris* – 1.5 times higher than in the substrate ($p < 0.05$). Cellulolytic bacteria were 2.7 times higher in *L. terrestris*, 1.3 and 1.2 times higher in *E. andrei* and *E. fetida* than in the substrate ($p < 0.05$). Saprophytic fungi were 2.2 times higher in *E. andrei*, and 1.7 times higher in *E. fetida* than in the substrate. Actinomycetes were 2.6 times higher in *L. terrestris*, 2.0 times higher in *E. andrei*, and 1.2 times higher in *E. fetida* than in the substrate. In the intestines of *E. andrei*, the number of organophosphate-mineralizing bacteria was 2.6 times higher than in the substrate, 2.1 times higher in *E. fetida*, and 1.8 times higher in *L. terrestris*. Ammonifying bacteria were 2.3 times higher in *E. andrei*, 2.2 times higher in *E. fetida*, and 1.7 times higher in *L. terrestris* than in the substrate. The microbiota content at the exit of the intestines of *E. andrei* was 8 times higher, 7 times higher in *E. fetida*, and 5 times higher in *L. terrestris* than in the substrate.

Keywords: lumbricides, ecological niche, livestock waste, vermiculture, intestinal microbiocenosis structure, degrader microorganisms.

For citation: Species specificity of the gut microbiocenosis structure of lumbricidae from different ecological niches // E. M. Romanova, V. N. Lyubomirova, V. V. Romanov, I. V. Dobrynina // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.2 (74): 151-157 doi:10.18286/1816-4501-2026-2-151-157

Введение

Ключевой причиной возникновения экологических проблем является дисбаланс между постоянно растущим количеством органических отходов и ограниченной способностью природных систем к их естественному разложению [1].

Органические отходы представляют опасность и для природных экосистем, и для человека. Они загрязняют почву, заселяют ее патогенной микробиотой, обладающей огромным потенциалом размножения. В решении проблемы деструкции органических отходов важную роль может сыграть вермиккультура [2]. Использование технологии вермикомпостирования способно не только решить проблему биотрансформации органических отходов в нетоксичные и не опасные для живых организмов вещества, но и получать ценное органическое удобрение [3, 4].

Вермикомпосты – это гумифицированные продукты жизнедеятельности червей семейства люмбрицид. Люмбрициды играют основополагающую роль в процессах почвообразования. Они участвуют в разложении мёртвых растительных остатков, стимулируют развитие полезной микробиоты, структурируют и аэрируют почву, обогащая ее биогумусом [5, 6].

Семейство люмбрицид объединяет свыше 200 видов дождевых червей. Наиболее распространённые: *Eisenia fetida* (навозный червь), перерабатывающий ферментированный навоз сельскохозяйственных животных, компоста, обитает в богатой органикой почве, имеет буро-коричневое полосатое тело, также *Eisenia andrei* - красный червь, который рассматривают как калифорнийский гибрид. Он обитает в субстратах, богатых органикой, – в компосте, в ферментированном навозе, окраска его тела однотонная, ее интенсивность меняется в зависимости от кислотности субстрата. *Eisenia fetida* и *Eisenia andrei* часто формируют смешанные сообщества в навозе и в компосте [6, 7].

Lumbricus terrestris – обыкновенный дождевой червь крупный, с тёмно-красной срединной полосой и плоским хвостовым концом, обитает в разных типах почв, питается листовым опадом [6, 7, 8]. Представители вида *Lumbricus terrestris* в качестве среды обитания выбирают более глубокие слои почвы и часто встречается в лугах и сельскохозяйственных угодьях.

Копролиты дождевых червей (вермикомпост) насыщают почву полезной микробиотой, улучшают ее гидрофизические характеристики, обогащают биогенными элементами и гуминовыми кислотами [9].

Люмбрициды ускоряют разложение органики за счёт интенсивного механического измельчения ее остатков в своем кишечнике. При этом резко увеличивается площадь контакта содержимого кишечника с ферментами микробов и активизирует жизнедеятельность последних [10]. Черви выступают в роли «менеджеров» микробного сообщества: они отбирают полезные микроорганизмы-симбионты, которые в

дальнейшем формируют структуру копролитов, из которых формируется вермикомпост [11, 12].

В вермикомпосте активно развиваются актиномицеты и микрофлора, трансформирующая азотные и фосфорные соединения. Благодаря деятельности симбиотической микробиоты червей происходит фиксация важных биогенных питательных элементов (N, P, K, Mg), что существенно меняет свойства переработанного субстрата и повышает ценность конечного продукта биотрансформации [12, 13].

Сравниваемые виды дождевых червей *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida* и *Lumbricus terrestris* занимают в экосистеме разные экологические ниши. Это связано с их различиями в среде обитания, поведении и роли в экосистеме.

Eisenia andrei и *Eisenia fetida* занимают нишу поверхностных (эпигейных) компостных червей. Они предпочитают разлагающиеся органические остатки, компост, навоз, богатые органикой субстраты. Эти виды не строят глубоких нор, живут и питаются в верхних слоях почвы или непосредственно в компосте. Их основная функция – быстрая переработка органики, ускоренное формирование гумуса и повышение плодородия почвы в агроценозах и компостных кучах.

Lumbricus terrestris – это подземный (эндогейный) червь, который строит глубокие вертикальные норы и активно перемешивает слои почвы. Его экологическая ниша – глубокое рыхление почвы, улучшение её структуры, аэрация и транспорт органического вещества из поверхности в более глубокие слои. Этот вид играет ключевую роль в формировании структуры почвы и обеспечении её водо- и воздухопроницаемости.

Цель работы – провести сравнительный анализ структуры кишечного микробиоценоза у дождевых червей в соответствии с занимаемой экологической нишей.

Материалы и методы

Объекты исследования – дождевые черви: красный калифорнийский червь (*E. andrei*), навозный червь (*E. fetida*) и обыкновенный дождевой червь (*L. terrestris*). Объектами микробиологического анализа являлись: субстрат - ферментированный навоз крупного рогатого скота и содержимое кишечника дождевых червей видов *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida* и *Lumbricus terrestris*. Процедура отбора проб соответствовала требованиям ГОСТ 17.4.4.02.

Для оценки микробиологических показателей в системе «субстрат – люмбрициды – вермикомпост» применялись стандартные методы посева и культивирования микроорганизмов. Посев материала на мясо-пептонный агар (МПА) выполнялся методом последовательных разведений, с пятикратной повторностью, чашечным методом [14, 15].

Для выявления и количественной оценки состава кишечной микробиоты дождевых червей применяли метод посева проб на специализированные питательные среды. Аммонифицирующие бактерии и их

численность выявляли, используя в качестве среды МПА. Нитрифицирующую микробиоту исследовали, используя среду Виноградского. Микроорганизмы, специализирующиеся на разложении целлюлозы в кишечнике дождевых червей, выявляли и определяли численность на среде Гетчисона. Исследования по выявлению и подсчету актиномицетов проводили, используя крахмально-аммиачный агар. Для идентификации и количественного определения грибов использовали среду Чапека, для выявления и определения численности микробиоты, мобилизующей органические фосфаты, переводя фосфор из нерастворимых соединений в доступную для растений форму, использовали среду Менкиной [14].

Инкубация посевов проходила при 37 °С, после чего проводился подсчет колоний для количественного определения микробных клеток (КОЕ/г). Идентификация культур включала оценку культуральных признаков и микроскопию мазков, окрашенных по Грамму.

Обработка данных выполнялась по алгоритму, регламентированному ГОСТ 26712. Для оценки достоверности полученных результатов проводилась их биометрическая обработка. На первом этапе данные были систематизированы в вариационные ряды. Затем для каждой выборки вычисляли ключевые статистические характеристики: среднее значение, стандартное отклонение, ошибку среднего и коэффициент вариации. Сравнение средних величин выполняли по критерию Стьюдента для определения статистической значимости различий. Расчеты осуществляли в среде Microsoft Excel с использованием ПК.

Результаты

Мы в своих исследованиях провели сравнительный анализ эффективности переработки отходов животноводства красным червем *E. andrei*, навозным червем *E. fetida* и обыкновенным дождевым червем *L. terrestris* [16, 17]. Кишечная микробиота люмбрицид формирует сложный многокомпонентный микробиоценоз, трансформирует отмершую органику, в том числе погибшие микроорганизмы в биогумус [17]. В микробиоценозе люмбрицид выявлены актиномицеты, обладающие миколитической активностью. Симбионтная микробиота служит источником питания для дождевых червей, снабжая люмбрицид питательными веществами, которые она вырабатывает, а также синтезирует полиеновые антибиотики для их защиты. Симбиотические микроорганизмы, населяющие кишечник люмбрицид, играют ключевую роль в процессе вермикомпостирования [18, 19].

Микробиоценоз кишечника люмбрицид представлен преимущественно бактериями семейств *Enterobacteriaceae* и *Vibrionaceae*. Важно отметить, что этот состав остается константным вне зависимости от вида перерабатываемого органического материала.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о значительном обогащении микрофлоры при попадании субстрата в кишечник червей. Общее количество микроорганизмов у вида *E. andrei* оказалось

3 раза выше, чем в ферментированном навозе, у *E. fetida* – в 2 раза, а у *L. terrestris* – в 1,5 раза.

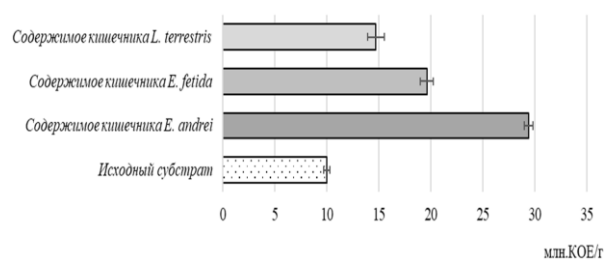


Рис. 1. Содержание кишечной микробиоты в субстрате и в кишечнике люмбрицид ($p < 0,05$)

Количественный анализ микробного сообщества кишечника люмбрицид показал, что у навозных червей *E. fetida* и обычных дождевых червей *L. terrestris* общее число микроорганизмов ниже, чем у красных червей *E. andrei*. При этом видовое разнообразие микробиоты у *E. fetida* оказалось выше по сравнению с *L. terrestris*.

Сопоставление численности микроорганизмов в кишечнике люмбрицид и в субстрате выявило, что микробиоценоз кишечника дождевых червей значительно более насыщен микроорганизмами, чем исходный субстрат.

Стоит обратить внимание на бактерии, способные разлагать целлюлозу. Наибольшая плотность этих микроорганизмов была обнаружена в кишечнике обыкновенного дождевого червя (*L. terrestris*), где их количество оказалось почти в три раза выше, чем в субстрате.

Анализ численности целлюлозолитических бактерий показал, что у *L. terrestris* их уровень в кишечнике гораздо более высокий по сравнению с навозным червём *E. fetida* и красным червём *E. andrei*. В то же время в самом субстрате, который перерабатывают черви, таких бактерий было в 2,7 раза меньше, чем в кишечном сообществе *L. terrestris*.

Сравнение содержания целлюлозолитических микроорганизмов в кишечнике *E. andrei* и *E. fetida* не выявило значимых различий между этими видами. Однако при сопоставлении их уровней в кишечнике и субстрате было установлено, что у *E. andrei* бактерий в 1,3 раза, у *E. fetida* – в 1,2 раза больше, чем в субстрате. Итоговые данные отражены на рис. 2.

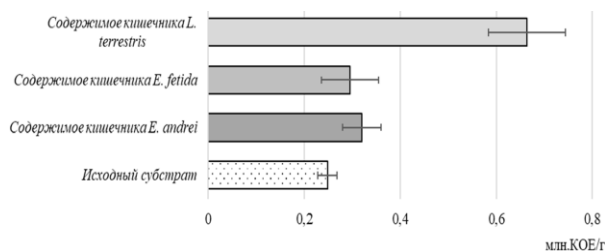


Рис. 2. Содержание целлюлозолитических бактерий в субстрате и в кишечнике люмбрицид ($p < 0,05$)

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

В ходе анализа численности сапрофитных грибов (микобиоты) выяснилось, что их количественно больше в кишечном микробиоценозе *L. terrestris*, чем у других видов. В сравнении с исходным субстратом в кишечнике уровень сапрофитных грибов в 2,6 раза больше. У *E. andrei* уровень сапрофитных грибов был ниже, чем у *L. terrestris*, но выше, чем у *E. fetida*.

По отношению к субстрату в кишечном содержимом *E. andrei* сапрофитных грибов в 2,2 раза, а у *E. fetida* – в 1,7 раза больше ($p < 0,05$). Полученные данные проиллюстрированы на рисунке 3.

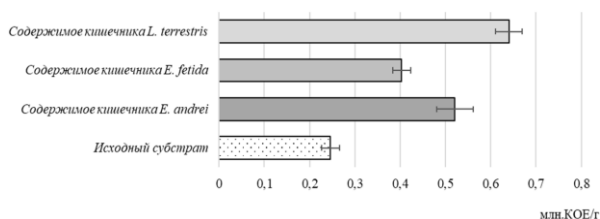


Рис. 3. Плотность популяции сапрофитных грибов в субстрате и кишечном ценозе дождевых червей ($p < 0,05$)

Анализ содержания актиномицетов продемонстрировал, что их максимальная концентрация наблюдается у *L. terrestris*. У *E. andrei* уровень этих микроорганизмов превышает показатели *E. fetida*, но уступает значениям, зафиксированным у *L. terrestris* (рис. 4).

Сравнительный подсчет количества актиномицетов в ферментированном субстрате до заселения его червями выявил следующую закономерность: в кишечнике *L. terrestris* их численность была в 2,6 раза, у *E. andrei* – в 2 раза, у *E. fetida* в 1,2 раза выше, чем в субстрате (рис. 4, $p < 0,05$).

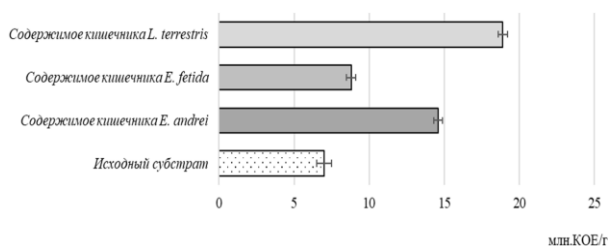


Рис. 4. Плотность популяции актиномицетов в субстрате и в кишечном содержимом люмбрицид ($p < 0,05$)

На последующем этапе работы была проанализирована численность микроорганизмов, способных мобилизовать органические фосфаты. Полученные данные свидетельствуют, что наибольшая концентрация этой группы бактерий отмечена в кишечнике *E. andrei*, тогда как у *E. fetida* их уровень был ниже, а у *L. terrestris* – минимальным среди исследованных видов.

При сопоставлении с уровнем этих микроорганизмов в субстрате установлено, что у всех видов люмбрицид их содержание в кишечном

микробиоценозе существенно выше. В частности, в кишечнике *E. andrei* их численность была в 2,6, у *E. fetida* – в 2,1, у *L. terrestris* – в 1,8 раза больше, чем в субстрате ($p < 0,05$). Итоговые результаты отражены на рис. 5.

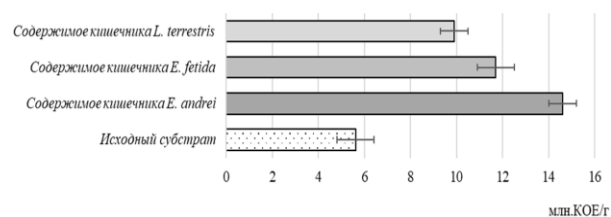


Рис. 5. Численность бактерий, минерализующих органические фосфаты в субстрате и кишечнике люмбрицид ($p < 0,05$).

На следующем этапе был проведен анализ численности аммонифицирующих микроорганизмов. Выяснилось, что наибольшая концентрация этой группы бактерий характерна для микробиоценоза красных червей *E. andrei* и навозных червей *E. fetida*. В то же время у обычных дождевых червей *L. terrestris* уровень аммонифицирующей микробиоты был существенно ниже.

В кишечнике люмбрицид, по сравнению с субстратом, содержится гораздо больше аммонифицирующих бактерий. В частности, у *E. andrei* их численность в 2,3, у *E. fetida* – в 2,2, у *L. terrestris* – в 1,7 раза ($p < 0,05$) выше, чем в субстрате. Полученные данные представлены на рисунке 6.

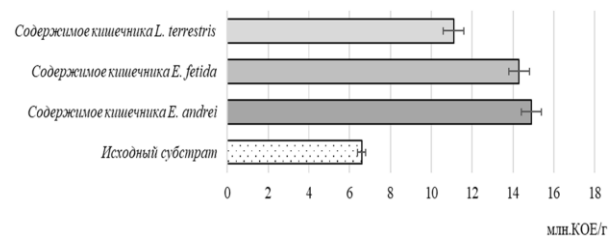
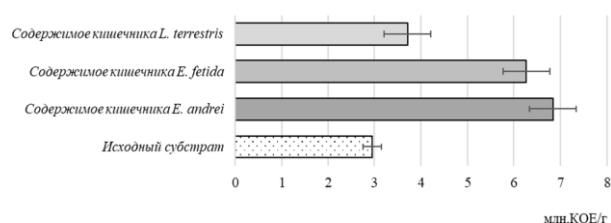


Рис. 6. Численность аммонифицирующей микробиоты у разных видов люмбрицид ($p < 0,05$)

Наиболее высокое содержание нитрифицирующей микробиоты присуще виду *E. andrei*, чуть меньше у вида *E. fetida*. У дождевых червей *L. terrestris* нитрифицирующей микробиоты значительно меньше, чем у первых двух видов.

Если проводить параллель с субстратом, следует отметить, что в субстрате нитрифицирующей микробиоты в 2,4 раза меньше, чем у *E. andrei*, в 2,2 раза меньше, чем у *E. fetida*, в 1,3 раза меньше, чем у *L. terrestris* ($p < 0,05$) (рис. 7).



В дальнейшем проводили сравнительную оценку общей численности микробиоты в субстрате и в кишечном содержимом дождевых червей. Во всех случаях общее содержание микробиоты в ферментированном навозе крупного рогатого скота в процессе прохождения через кишечник люмбрицид возросло многократно.

В субстрате численность микробиоты составляла $9,4 \pm 0,6 \times 10^6$ КОЕ/г. В ходе переработки компостными червями *E. andrei* этот показатель вырос в 8 раз, достигнув уровня $75 \pm 3,9 \times 10^6$ КОЕ/г в переработанном кишечном содержимом. В переработанном кишечном содержимом *E. fetida* общее содержание микроорганизмов выросло почти в 7 раз по сравнению с субстратом и составило $66 \pm 4,2 \times 10^6$ КОЕ/г. В переработанном кишечном содержимом *L. terrestris* численность микробиоты по сравнению с субстратом была выше в 5 раз и составила $47,2 \pm 4,8 \times 10^6$ КОЕ/г (рис.8).

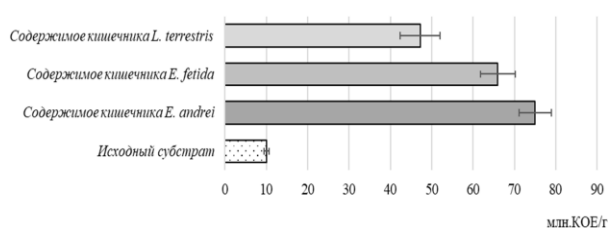


Рис. 8. Плотность микробиоты в субстрате и переработанном кишечном содержимом люмбрицид ($p < 0,05$)

Обсуждение

При исследовании кишечного микробиоценоза трех видов червей, которые использовались нами для получения вермикомпостов: *E. andrei*, *E. fetida*, *L. terrestris* было установлено, что при наличии общих черт в их видовом составе количественные показатели микробиоты разных видов значительно отличаются.

Самое высокое содержание симбиотической микробиоты выявлено в кишечном содержимом у красного червя *E. andrei*, содержание микробиоты в кишечнике *E. fetida* численно меньше. У представителей вида *L. terrestris* содержание микробиоты в кишечном микробиоценозе меньше, чем у двух предыдущих видов (рис.1).

Сравнение содержания микробиоты в кишечном микробиоценозе червей с ее количественным содержанием в субстрате из ферментированного навоза крупного рогатого скота показало, что содержание микробиоты в исходном ферментированном субстрате многократно меньше, чем у люмбрицид (рис.1).

Анализ полученных данных продемонстрировал, что максимальное количество целлюлозолитических микроорганизмов выявлено в кишечнике *L. terrestris*, тогда как у *E. fetida* и *E. andrei* их уровень был ниже.

В субстрате для вермикультивирования, численность этой группы бактерий оказалась почти в три раза меньше, чем в кишечном сообществе *L.*

terrestris, и примерно в 1,5 раза ниже, чем у *E. andrei* и *E. fetida* (см. рис. 2).

Наибольшая численность сапрофитных грибов (микробиоты) выявлена в микробиоценозе вида *L. Terrestris*. У представителей видов *E. andrei* и *E. Fetida* гораздо меньше сапрофитных грибов. В субстрате – ферментированном навозе крупного рогатого скота их многократно меньше по сравнению с содержимым кишечника дождевых червей.

В ходе анализа было установлено, что наибольшее количество актиномицетов характерно для кишечника пашенных червей *L. terrestris*, тогда как у красных червей *E. andrei* и навозных червей *E. fetida* (рис. 4) их концентрация оказалась существенно ниже.

Что касается микроорганизмов, участвующих в мобилизации органических фосфатов, то их максимальная численность была зафиксирована в микробиоценозе *E. andrei*. У *E. fetida* этот показатель был несколько меньше. Наименьшее содержание данных бактерий отмечалось у обыкновенных дождевых червей *L. terrestris*.

Анализ показал, что актиномицетов больше всего у пашенных червей вида *L. terrestris*, а у красных червей *E. andrei* и навозных червей *E. fetida* (рис. 4) их значительно меньше.

В ферментированном субстрате - содержание таковой микробиоты в несколько раз ниже, чем в кишечнике люмбрицид (рис. 5).

Лидерами по содержанию аммонифицирующей микробиоты были красные черви *E. andrei* и компостные черви *E. fetida*. У пашенных червей *L. terrestris* аммонифицирующей микробиоты значительно меньше (рис 6). В субстрате, подлежащем переработке с использованием вермиккультуры, их в два с лишним раза меньше. Представители видов *E. andrei* и *E. fetida* содержат в кишечном микробиоценозе большое количество нитрифицирующей микробиоты.

Суммарное содержание микробиоты на выходе из кишечника *E. andrei* по отношению к субстрату выросло в 8, *E. fetida* – в 7, *L. terrestris* – в 5 раз. Результаты наших исследований согласуются с данными других авторов [17-19].

Заключение

Анализ микробиоценоза *E. andrei*, *E. fetida* и *L. terrestris* показал, что каждый из видов имеет эволюционно выработанный, уникальный по своей специфичности микробиоценоз, обеспечивая специализацию видов люмбрицид в переработке органических отходов.

В переработке отходов животноводства наиболее эффективно использование видов *E. andrei* и *E. fetida*, а вид *L. terrestris* – растительные отходы. Однако, навоз в своем составе содержит в том числе и растительные компоненты, поэтому для получения вермикомпостов целесообразно использовать поликультуру дождевых червей, включающую все три вида люмбрицид.

Литература

1. Кириллов Н. А., Яковлева А. И. Использование дождевых червей для переработки отходов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 5-2(25-2). С. 114-117. EDN WXBMUV.
2. Барыктабасова Т. Б., Асанакунув Б. А. Применение вермикомпоста для восстановления деградированных земель в условиях Кеминского района Чуйской долины // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2024. № 3. С. 46-50. doi:10.26104/NNTIK.2024.76.45.009. EDN MCUTCZ.
3. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста / Т. В. Олива, Е. Ю. Колесниченко, С. И. Панин и др. // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 4(26). С. 41-46. EDN GVVBJA.
4. Бутенко М. С. Влияние вермикомпоста на гумусное состояние агрочернозема Красноярской лесостепи // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 2. С. 97-101. EDN DKOWBQ.
5. Коровин А. А., Голембовский В. В. Агрехимические показатели вермикомпоста, полученного из различных видов органических отходов сельскохозяйственного производства // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 8(238). С. 29-35. doi: 10.53083/1996-4277-2024-238-8-29-35. EDN DXGCEK.
6. Рапопорт И. Б., Зенкова И. В., Цепкова Н. Л. Население дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) бассейна реки Карасу (Центральный Кавказ) // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 2. С. 172-183. doi: 10.7868/S0044513416120126. EDN YIVNOT.
7. Ермолов, С. А. Структура комплексов дождевых червей лесного валежника лесостепного Приобья в умеренный и засушливый летние сезоны / С. А. Ермолов // Лесоведение. 2024. № 4. С. 384-397. doi: 10.31857/S0024114824040062. EDN PDHOIN.
8. Якушев А.В. Дождевые черви - регуляторы физиологического состояния микроорганизмов в почве и вермикомпостах / НИР: грант № 12-04-31159. Российский фонд фундаментальных исследований. 2012
9. Гидрофизические свойства и биологическая активность копролитов дождевых червей разных эколого-трофических групп / А. В. Прусак, А. В. Смагин, Н. В. Костина и др. // Фундаментальные исследования. 2008. № 2. С. 50-51. EDN HNSSL.
10. Экскреты дождевых червей – стимулятор минерализации соединений азота в почве / Н. П. Битюцкий, А. Н. Соловьева, Е. И. Лукина и др. // Почвоведение. 2007. № 4. С. 468-473. EDN IAQVYF
11. Эргашева Х. И., Исмаилов З. Ф. Биотехнологические показатели некоторых видов местных дождевых червей в производстве вермикомпоста // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 2. С. 34-39. doi: 10.17513/srbs.1326. EDN NTILTR.
12. Назарюк В. М., Калимуллина Ф. Р., Кленова М. И. Роль генотипа макросимбионта и дождевых червей в обогащении почвы биологическим азотом // Почвоведение. 2010. № 6. С. 712-720. EDN MSQMCT.
13. Коровин А. А., Голембовский В. В., Сергеева Н. В. Агрехимические особенности вермикомпоста, полученного из различных видов побочных продуктов животноводства // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2024. Т. 60, № 3. С. 116-121. doi: 10.52368/2078-0109-2024-60-3-116-121. EDN DZIYRM.
14. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева; под.ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа, 2005. 256с.
15. Способ получения вермикомпоста (Гумус) из органических отходов в лабораторных условиях / Ш. Джапарова, Г. Жолборс Кызы, С. Т. Сапарбаев и др. // Известия Ошского технологического университета. 2024. № 1. С. 89-94. EDN PGQZOF.
16. Трувеллер К. А., Мамеева В. Е., Михайлова И. В. К разработке методик пороодоиспытаний и порядка госрегистрации, генетической паспортизации новых объектов культивирования – дождевых компостных червей (Oligochaeta, Annelida, Lumbricidae) // Материалы 2-й Международной Научно-практической конференции «Дождевые черви и плодородие почв». Владимир, 2004. С. 27.
17. Таксономический состав и физиолого-биохимические свойства бактерий пищеварительного тракта дождевых червей / Б. А. Бызов, В. В. Тихонов, Т. Ю. Нечитайло и др. // Почвоведение. 2015. № 3. С. 308. doi:10.7868/S0032180X1503003X. EDN TJFIAN.
18. Санитарно-бактериологическое состояние вермикомпоста на основе органических отходов животноводства / В. Г. Тюрин, К. Н. Бирюков, Г. А. Мысова и др. // Ветеринария. 2021. № 6. С. 11-14. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.6.11-14. EDN MOPJLG
19. Уткина У. С., Холопов Ю. А. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста // Наука и образование транспорту. 2020. № 2. С. 98-100. EDN SBPCJD.

References

1. Kirillov N. A., Yakovleva A. I. Using earthworms for waste recycling // Current research trends in the 21st century: theory and practice. 2016. Vol. 4. No. 5-2(25-2). P. 114-117. EDN WXBMUV.
2. Baryktabasova T. B., Asanakunov B. A. Using vermicompost to restore degraded lands in the Kemin district of the Chui valley // Science, new technologies and innovations of Kyrgyzstan. 2024. No. 3. P. 46-50. doi:10.26104/NNTIK.2024.76.45.009. EDN MCUTCZ.
3. Ecological aspects of production and application of vermicompost / T.V. Oliva, E.Yu. Kolesnichenko, S.I. Panin, et al. // Current issues in agricultural biology. 2022. No. 4(26). P. 41-46. EDN GVVBJA.
4. Butenko M.S. Influence of vermicompost on the humus state of agrobblack soil of Krasnoyarsk forest-

steppe // Vestnik of Michurinsk State Agrarian University. 2019. No. 2. P. 97-101. EDN DKOWBQ.

5. Korovina A.A., Golembovsky V.V. Agrochemical parameters of vermicompost obtained from various types of organic waste of agricultural production // Vestnik of Altai State Agrarian University. 2024. No. 8 (238). P. 29-35. doi: 10.53083/1996-4277-2024-238-8-29-35. EDN DXGCEK.

6. Rapoport I. B., Zenkova I. V., Tsepikova N. L. Population of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) of the Karasu River basin (Central Caucasus) // Zoological journal. 2017. Vol. 96. No. 2. P. 172-183. doi: 10.7868/S0044513416120126. EDN YIVNOT.

7. Ermolov S. A. Structure of earthworm complexes in forest deadwood of the forest-steppe Ob region in moderate and dry summer seasons // Forest breeding. 2024. No. 4. P. 384-397. doi: 10.31857/S0024114824040062. EDN PDHOIN.

8. Yakushev A. V. Earthworms - regulators of the physiological state of microorganisms in soil and vermicomposts / R&D: grant No. 12-04-31159. Russian Foundation for Basic Research. 2012

9. Hydrophysical properties and biological activity of coprolites of earthworms of different ecological-trophic groups / A. V. Prusak, A. V. Smagin, N. V. Kostina, et al. // Fundamental research. 2008. No. 2. P. 50-51. EDN HNSSL.

10. Earthworm excreta – a stimulator of mineralization of nitrogen compounds in soil / N. P. Bityutsky, A. N. Solovieva, E. I. Lukina, et al. // Soil science. 2007. No. 4. P. 468-473. EDN IAQVYF

11. Ergasheva H. I., Ismailov Z. F. Biotechnological parameters of some species of local earthworms in vermicompost production // Scientific review. Biological sciences. 2023. No. 2. P. 34-39. doi: 10.17513/srbs.1326. EDN NTILTR.

12. Nazaryuk V. M., Kalimullina F. R., Klenova M. I. The role of the genotype of macrosymbiont and earthworms in enriching the soil with biological nitrogen // Soil Science. 2010. No. 6. P. 712-720. EDN MSQMCT.

13. Korovina A. A., Golembovsky V. V., Sergeeva N. V. Agrochemical features of vermicompost obtained from various types of livestock by-products // Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2024. Vol. 60. No. 3. P. 116-121. doi: 10.52368/2078-0109-2024-60-3-116-121. EDN DZIYRM.

14. Tepper E.Z. Microbiology Workshop / E.Z. Tepper, V.K. Shilnikova, G.I. Pereverzeva; ed. by V.K. Shilnikova. Moscow: Drofa, 2005. 256 p.

15. Method for obtaining vermicompost (humus) from organic waste in laboratory conditions / Sh. Dzhabarova, G. Zholbors Kyzy, S.T. Saparbayev, et al. // Vestnik of Osh Technological University. 2024. No. 1. P. 89-94. EDN PGQZOF.

16. Truveller K. A., Mameeva V. E., Mikhailova I. V. On the development of breed testing methods and the procedure for state registration, genetic certification of new cultivation objects - earthworms (Oligochaeta, Annelida, Lumbricidae) // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Earthworms and Soil Fertility". Vladimir, 2004. P. 27.

17. Taxonomic composition and physiological and biochemical properties of bacteria in the digestive tract of earthworms / B. A. Byzov, V. V. Tikhonov, T. Yu. Nechitailo, et al. // Soil Science. 2015. No. 3. P. 308. doi:10.7868/S0032180X1503003X. EDN TJFIAN.

18. Sanitary and bacteriological condition of vermicompost based on organic livestock waste / V. G. Tyurin, K. N. Biryukov, G. A. Mysova, et al. // Veterinary Science. 2021. No. 6. P. 11-14. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.6.11-14. EDN MOPJLG

19. Utkina U. S., Kholopov Yu. A. Environmental aspects of production and usage of vermicompost // Science and Education in Transport. 2020. No. 2. P. 98-100. EDN SBPCJD.