

## ФИТОТОКСИЧНОСТЬ КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД Г. СУРГУТА В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

© 2022

Мантрова М.В., Наконечный Н.В.

Сургутский государственный университет

(г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация)

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию токсичности компостов на основе осадков сточных вод в отношении семян и проростков редиса, а также дождевых червей. Самыми фитотоксичными являются субстраты варианта «в» – с микробиологическим препаратом «Тамир» и червями; менее токсичными оказались субстраты варианта «б» – с «Тамиром» (без червей); слабый токсичный и даже стимулирующий эффект на рост корней редиса выявлен у субстратов варианта «а» – контрольных, без червей и «Тамира». Ввиду высокой фитотоксичности компосты № 1, № 3, № 5 и № 6 использовать в растениеводстве не рекомендуется, а субстраты № 2(а) и № 4(а), в связи с выявленным стимулирующим эффектом, можно рекомендовать. Фитотоксичность субстратов может быть связана с их составом: в составе «токсичных» компостов присутствуют пищевые отходы, а в «нетоксичных» данного компонента нет. Убыль и прирост биомассы червей в компостах не коррелирует с выявленной фитотоксичностью и составом их микобиоты. Из-за низкого видового разнообразия и обилия космополитных, токсинообразующих и условно-патогенных видов грибов в структуре микоценозов субстратов био конверсии можно сделать предположение о недостаточном времени их созревания. При увеличении времени инкубации компостов аналогичного состава более 30 дней прогнозируем изменение структуры их микоценозов в сторону увеличения видового разнообразия нетоксичных сапротрофов, а также целлюлозолитиков родов *Trichoderma* и *Chaetomium*. Перспективой дальнейших изысканий по данному направлению является составление коллекции микромикетов компостов.

**Ключевые слова:** фитотоксичность; семена и проростки редиса; микроскопические грибы; космополиты; токсинообразующие и условно-патогенные виды грибов; субстраты био конверсии; компостный червь *Eisenia foetida*; осадки сточных вод; пивная дробина; микробиологический препарат «Тамир».

## PHYTOTOXICITY OF COMPOSTS BASED ON SURGUT SEWAGE SLUDGE IN CLOSED GROUND CONDITIONS

© 2022

Mantrova M.V., Nakonechny N.V.

Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)

**Abstract.** The paper is devoted to the study of the toxicity of composts based on sewage sludge in relation to radish seeds and seedlings, as well as earthworms. The most phytotoxic are the substrates of variant «b» – with the microbiological preparation «Tamir» and worms, the substrates of variant «b» – with «Tamir» (without worms) were less toxic, a weak toxic and even stimulating effect on the growth of radish roots was detected in the substrates of variant «a» – control, without worms and «Tamir». Due to the high phytotoxicity, compost № 1, № 3, № 5 and № 6 are not recommended for use in crop production, and substrates № 2(a) and № 4(a) in connection with the identified stimulating effect can be recommended. Phytotoxicity of substrates may be related to their composition: food waste is present in the composition of «toxic» composts, and this component is not present in «non-toxic» composts. The decrease and increase in the biomass of worms in composts does not correlate with the revealed phytotoxicity and the composition of their mycobiota. Due to the low species diversity and abundance of cosmopolitan, toxin-forming and conditionally pathogenic fungal species in the structure of mycocoenoses of bioconversion substrates, it can be assumed that their maturation time is insufficient. With an increase in the incubation time of composts of a similar composition for more than 30 days, we predict a change in the structure of their mycocoenoses towards an increase in the species diversity of non-toxic saprotrophs, as well as cellulolytics of the genera *Trichoderma* and *Chaetomium*. The prospect of further research in this direction is the compilation of a collection of micromycetes of composts.

**Keywords:** phytotoxicity; radish seeds and seedlings; microscopic fungi; cosmopolitans; toxin-forming and conditionally pathogenic fungi species; bioconversion substrates; compost worm *Eisenia foetida*; sewage sludges; spent beer grains; microbiological preparation «Tamir».

### Введение

Проблема переработки органических отходов является одной из актуальных тем в экологии города. Рациональное расходование ресурсов позволяет сокращать экологическую нагрузку на окружающую среду. В числе методов обезвреживания бытовых отходов используется компостирование [1–3], в процессе которого органический субстрат подвергается аэробной биодеградации смешанной популяцией микроорганизмов [4, с. 375]. Разновидностью компости-

рования является вермикомпостирование – переработка твердых органических субстратов с помощью культуры дождевых червей, использующих органические вещества в качестве питания и среды обитания, с целью обезвреживания бытовых отходов и получения удобрительных компостов (биогумуса) [4, с. 451]. Биогумус является ценным органическим удобрением, благоприятно влияет на рост и развитие растений [5]. Из многих видов дождевых червей наиболее продуктивным и широко применяемым в

вермиккультуре является компостный червь *Eisenia foetida* [1; 2; 4, с. 455; 6; 7]. Дождевые черви питаются мертвыми растительными тканями, вместе с которыми они заглатывают различных представителей почвенной микрофлоры: бактерии, водоросли, грибы и их споры, простейших и нематод [4, с. 453]. Дождевые черви и микроскопические грибы – важнейшие по своим почвообразующим функциям группы организмов. В исследовании взаимоотношений дождевых червей и микроскопических грибов О.Е. Марфениной с соавторами [8, с. 132] установлена пищевая избирательность червей в отношении микроскопических грибов, которые, являясь продуцентами физиологически активных веществ, могут оказывать отпугивающий эффект на червей. Мицелий *A. niger* – известного продуцента широкого круга метаболитов: органических кислот (лимонная, щавелевая и др.) [9, р. 84], токсинов (охратоксин А, фумонизин В2 и В4) [9, р. 84; 10, р. 130] – отпугивает червей и может обладать по отношению к ним высоко токсичным действием [8]; выделение в субстрат щавелевой кислоты связывают с токсичностью *A. niger* в отношении проростков земляного ореха [9, р. 84]. В некоторых работах отмечали гибель червей при питании мицелием *A. flavus* и *A. fumigatus* [8]. Микромицеты *Trichoderma harzianum* не токсичны в отношении молодых особей червей *Eisenia foetida*, – в ее присутствии они жили, как в контроле [8, с. 133]. Согласно исследованиям Т.Г. Мирчинк [11, с. 147], дождевые черви преимущественно употребляют грибы-пенициллы.

Одна из важнейших экологических проблем городов – накапливающиеся осадки сточных вод. Несмотря на наличие загрязнений, они характеризуются высоким содержанием органического вещества и многих элементов для питания растений. Специфические свойства органической фракции осадков сточных вод позволяют эффективно утилизировать её с помощью вермикомпостирования, которое является наиболее экологически безопасным. При использовании городских осадков сточных вод в качестве органоминеральных удобрений исключается необходимость их хранения, повышается плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур [12–15]. Для экологически обоснованного использования осадков сточных вод в качестве удобрений целесообразно всестороннее изучение их химического, бактериологического, экотоксикологического состава, а также влияния на почву и агрофитоценоз, так как каждый крупный город производит осадки сточных вод определенного состава [16; 17].

Основным отходом пивной промышленности является пивная дробина, объем которой достаточно велик, а разработка способов ее утилизации довольно актуальна. Одним из таких способов является вермикомпостирование, которое решает одновременно две задачи: переработка отходов и получение эффективного органического удобрения. Проведенные предварительные опыты по утилизации пивной дробины с помощью культуры дождевых червей показали, что ее количество в субстрате должно быть меньше 25% из-за токсичности для червей [18].

В исследовании применения вермикомпостов на основе осадков сточных вод и пивной дробины в растениеводстве М.В. Гусельниковой с соавторами [19] выявлено снижение тяжелых металлов под действием дождевых червей и микробиологической добавки «Тамир». М.В. Мантрова с соавторами [20; 21] был исследован состав микобиоты данных суб-

стратов биоконверсии. Микоценозы компостов не отличались большим разнообразием, в их структуре преобладали токсичные и условно-патогенные виды грибов, в связи с чем возникло предположение о возможной токсичности данных субстратов в отношении растений и дождевых червей.

*Цель работы:* на основании результатов ранее проведенного микологического анализа субстратов биоконверсии выявить их возможную токсичность в отношении семян и проростков редиса, а также в отношении дождевых червей; дать комплексную оценку и рекомендации по применению данных компостов в растениеводстве.

#### *Материалы и методика исследований*

Материалом исследования служили образцы 18 субстратов биоконверсии – 6 вариантов состава компонентов в трех вариациях: а) без червей и «Тамира» (контроль); б) с микробиологическим препаратом «Тамир» (добавляли 100 мл раствора в каждый субстрат) без червей; в) с червями *Eisenia foetida* гибрида «Старатель» (добавляли по 50 штук в субстрат) и микробиологическим препаратом «Тамир» (добавляли 100 мл в каждый субстрат). Исследуемые субстраты имели в составе почвенный грунт с общим содержанием гумуса  $1,83 \pm 0,51\%$ , ил осадков сточных вод горводоканала, пивную дробину с пивоваренного завода, опилки хвойных и мелколиственных пород, пищевые отходы (кожура бананов, картофеля, апельсинов; чайные пакетики, кофе), бумагу, птичий помет. Варианты состава компонентов субстратов таковы: вариант субстрата № 1 содержал 6 компонентов: кофе, почву, осадки сточных вод, пивную дробину, опилки и пищевые отходы в соотношении 2:5:2:2:1:2; вариант субстрата № 2 состоял из 5 компонентов: кофе, почвы, осадков сточных вод, пивной дробины и опилок в соотношении 2:5:2:2:1; вариант субстрата № 3 включал 4 компонента: почву, осадки сточных вод, опилки и пищевые отходы в соотношении 5:2:1:2; вариант субстрата № 4 отличался наименьшим количеством компонентов (всего три) и содержал почву, осадки сточных вод и опилки в соотношении 5:2:1; вариант субстрата № 5 включал 4 компонента: почву, осадки сточных вод, пищевые отходы и бумагу в соотношении 5:2:2:2; вариант субстрата № 6 являлся самым многокомпонентным и состоял из 7 составляющих: кофе, почвы, осадков сточных вод, пивной дробины, птичьего помета, пищевых отходов и бумаги в соотношении 2:5:2:2:2:2:2.

Контейнеры объемом 750 мл с субстратами (влажность 75–80%) располагали в помещении с температурой воздуха +20...+25°C в течение 30 дней. Субстраты варианта опыта «в» – с червями и препаратом «Тамир», – были заложены в 7-ми повторностях (по 7 параллельных контейнеров), субстраты варианта «б» – с «Тамиром» и без червей, – заложены в двух повторностях (по 2 контейнера); субстраты контрольного варианта «а» – без «Тамира» и червей, – в одной повторности (по одному контейнеру). По истечении времени инкубации исследовали состав микобиоты субстратов биоконверсии, а также отдельных компонентов субстратов – осадков сточных вод, пивной дробины и птичьего помета. Для этого образцы компостов отбирали стерильным шпателем в 5 точках контейнера на всю глубину (из всех параллельных контейнеров одного варианта субстрата), помещали в стерильные пакеты из крафт-бумаги [22; 23], анализировали среднюю сухую пробу из всех

контейнеров этого варианта субстрата. Изучение количественного состава микробиоты проводили путем посева разведений почвенной суспензии на питательную среду сусло-агар в трех повторностях [24; 25] с последующим выделением чистых культур микромицетов и их идентификацией по определителям [9; 10; 26; 27]. Результаты микологического анализа компостов, а также их компонентов – осадков сточных вод и пивной дробины – представлены в более ранних публикациях [20; 21].

Исследование фитотоксичности компостов проводилось по общепринятой методике, согласно которой испытуемую почву равномерно распределяли по дну трех чашек Петри, увлажняли, сверху помещали фильтровальную бумагу, на которую раскладывали по 10 семян редиса сорта «Красный с белым кончиком», итого по 30 семян на исследуемую почву [25, с. 86–87; 28, с. 54–55]. Контрольные семена раскладывали на смоченную водой фильтровальную бумагу в чашках Петри. После достижения корнями длины 0,3–0,5 см ее измеряли с интервалом в 24 часа и рассчитывали коэффициент фитотоксичности почвы по формуле:  $A_{\phi} = 100 - ((D_x - D_n) / (D_k - D_n) \times 100)$ ;  $A_{\phi}$  – фитотоксическая активность ингибирования роста корней (%);  $D_x$  – средняя длина корней проростков через 24 ч. в опыте (мм);  $D_k$  – средняя длина корней проростков через 24 ч. в контроле (мм);  $D_n$  – средняя начальная длина корней проростков (мм). Почвы считаются токсичными при значениях фитотоксичности 20–30% и выше [25, с. 86–87; 28, с. 54–55].

В субстратах варианта «в» – с «Тамиром» и червями, – рассчитывали прирост (убыль) биомассы червей. Для этого взвешивали массу червей до и после эксперимента. На основании полученных данных разницы конечной и начальной массы червей рассчитывали прирост (убыль) биомассы червей в %.

*Результаты исследований и их обсуждение*

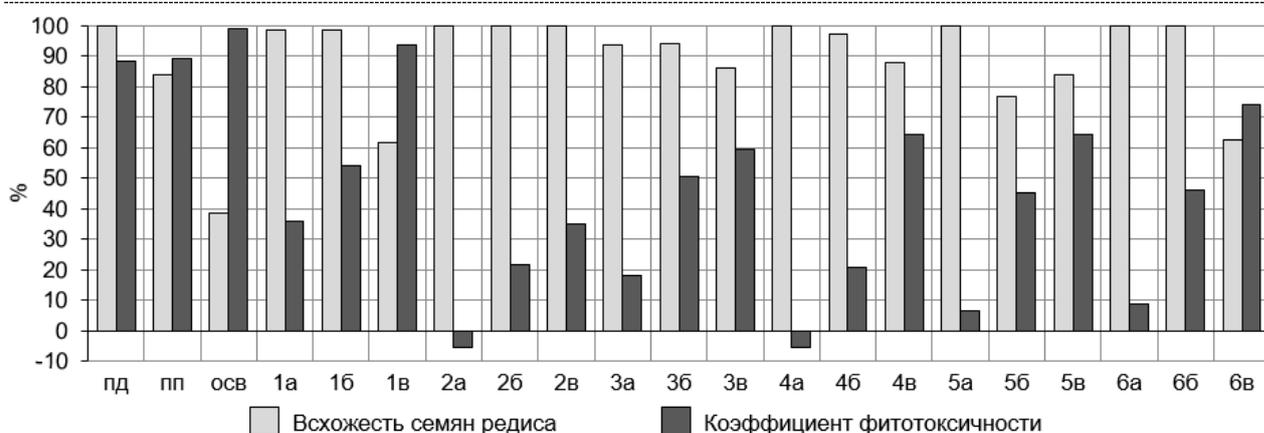
Согласно полученным данным, отдельные компоненты субстратов – пивная дробина, птичий помет и осадки сточных вод – токсичны в отношении проростков редиса, имеют самые высокие значения фитотоксичности: 88, 89 и 99% соответственно; осадки сточных вод также снижают всхожесть семян редиса на 62% (рис. 1).

Компосты контрольного варианта «а» (без «Тамира» и червей) в отношении проростков редиса

имеют переменные значения фитотоксичности: вариант № 1(а) заметно токсичен ( $A_{\phi} = 35,8\%$ ), № 3(а) менее токсичен ( $A_{\phi} = 18,2\%$ ), № 5(а) и № 6(а) слабо токсичны – значения коэффициентов фитотоксичности 6,4% и 8,6% соответственно, а субстраты № 2(а) и № 4(а) стимулируют рост корней редиса на 5,7% и 5,5% соответственно (рис. 1). Компосты варианта «б» – с «Тамиром» – имеют более высокие значения фитотоксичности по сравнению с вариантом «а», – значения находятся в диапазоне от 20,9 до 54% (рис. 1); самые низкие – 20,9% и 21,5%, – у субстратов № 4(б) и № 2(б). Субстраты варианта «в» – с червями и «Тамиром» – оказались самыми токсичными для проростков редиса, – значения фитотоксичности находятся в диапазоне от 34,8% у субстрата № 2(в) до 93,6% у субстрата № 1(в) (рис. 1). Заметного влияния на всхожесть семян редиса субстраты не оказывали, лишь в случае вариантов субстратов № 1(в) и № 6(в) наблюдалось снижение всхожести семян до 61,7% и 62,7% соответственно (рис. 1).

Таким образом, самыми токсичными являются субстраты варианта «в» – с «Тамиром» и червями; менее токсичными – субстраты варианта «б» с «Тамиром»; слаботоксичными и даже стимулирующими рост корней редиса – субстраты варианта «а» – контрольного, без червей и «Тамира». Самым токсичным является компост № 1: имеет высокие значения фитотоксичности во всех вариантах, а также снижает всхожесть семян редиса. Самые низкие значения фитотоксичности имеют варианты субстратов № 2(а–в) и № 4(а–б), стимулирующих развитие корней редиса в варианте «а». «Лидерами» по токсичному действию на семена и проростки редиса являются отдельные компоненты субстратов – пивная дробина, птичий помет и осадки сточных вод, – поэтому их добавляют в компост в небольших количествах совместно с другими компонентами ввиду их токсичного действия на червей и микробиоту «в чистом виде».

Влияние на семена и проростки редиса отдельных компонентов субстратов – птичьего помета, пивной дробины и осадков сточных вод, а также самого «нетоксичного» и стимулирующего рост корней редиса в варианте «а» субстрата № 2(а–в) в сравнении с контролем (вода) представлено на рис. 2.



**Рисунок 1** – Влияние компостов на всхожесть семян и рост корней проростков редиса.

Условные обозначения: *pd* – пивная дробина; *pp* – птичий помет; *osv* – осадки сточных вод;

*а* – варианты компостов (1–6) без Тамира и червей (контроль); *б* – варианты компостов (1–6) с Тамиром;

*в* – варианты компостов (1–6) с Тамиром и червями

Субстраты варианта «в» – с червями и «Тамиром» – по результатам исследований имеют самую высокую фитотоксическую активность (рис. 1). Относительно биомассы червей в субстратах № 1(в) и № 4(в) отмечена убыль массы червей на 45% и 35,5% соответственно (рис. 3), в остальных субстратах отмечен прирост биомассы: в субстрате № 3(в) зафиксирован самый низкий прирост биомассы 15,7%, в субстрате № 2(в) биомасса червей увеличилась на 64,2%, в субстрате № 6(в) на 88%, а в субстрате № 5(в) отмечено самое высокое значение прироста биомассы червей – на 200% (рис. 3). Самый фитотоксичный субстрат № 1(в) токсичен и для червей – зафиксирована самая высокая убыль биомассы червей. Субстраты № 2, № 3, № 5 и № 6 варианта «в» в отношении червей не токсичны (рис. 3).

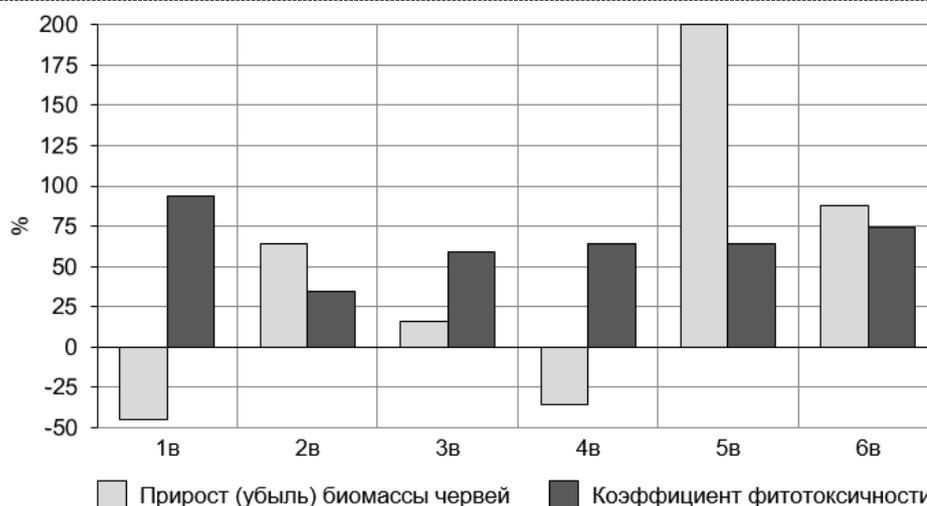
Дождевые черви находятся в тесных пищевых взаимоотношениях с почвенными микроскопическими грибами: они питаются ими, заглатывая вместе с почвенным субстратом [4, с. 453]. Микроскопические грибы как продуценты физиологически активных веществ могут оказывать отпугивающий эффект на червей: отмечалась гибель червей при питании мицелием микроскопических грибов *A. niger*, *A. flavus* и *A. fumigatus* [8, с. 132]. Согласно ранее проведенным исследованиям [20; 21], в составе микобиоты исследу-

емых субстратов присутствуют 11 видов микроскопических грибов: *Aspergillus fumigatus*, *A. ochraceus*, *A. niger*, *A. tamarii*, *Emericella nidulans*, *Fusarium verticillioides*, *Penicillium expansum*, *P. crustosum*, *Pseudallescheria boudii*, *Rhizopus* sp., *Trichoderma atroviride*. Из птичьего помета выделено два вида *Penicillium*: *P. expansum* и *P. aethiopicum*. Пивная дробина и осадки сточных вод оказались стерильны – грибов не обнаружено.

Почти во всех субстратах обнаружен *A. niger* (пространственная частота встречаемости 89%), он же и самый обильный – 49,8% [21, tabl. 2], – космополит [26], продуцент органических кислот и токсинов [9; 10], условно-патогенный вид [27]. Второй по частоте встречаемости (50%) и обилию (29%) вид *T. atroviride* – широко распространенный вид, сапротроф, обитает на мертвой древесине, в почве и на растительных остатках [29]; грибы рода *Trichoderma* – известные целлюлозолитики, подавляющие развитие фитопатогенов в почве, на основе биологически активных веществ этого рода получают препараты для биологического контроля болезней и стимуляции роста растений, для биологической очистки почвы и компостирования [30, с. 4]. *Rhizopus* sp. также часто встречался – в 39% образцов, но гораздо менее обильно – 0,5% [21, tabl. 2], может выступать потенциальным патогеном [27].



**Рисунок 2** – Влияние компонентов субстратов: птичьего помета, пивной дробины и осадков сточных вод, а также субстрата № 2(а–в) на всхожесть семян и проростки редиса в сравнении с контролем (вода)



**Рисунок 3** – Влияние компостов варианта «в» на выживаемость червей и рост корней проростков редиса (фитотоксичность)

Большинство выделенных из субстратов биоконверсии видов микроскопических грибов являются токсинообразователями, могут быть токсичны в отношении растений, животных и человека, обладая условной патогенностью. *Fusarium verticillioides* является патогеном для многих растений, продуцирует фузариевую кислоту, монилиформин, фумонизин [10, р. 198]. *P. crustosum* – продуцент микотоксинов: пеникрема А [10, р. 256], террестриновой кислоты, виридикатина и рокфефортина С [9, р. 343], – вызывает гнили яблок, фруктов [10, р. 256]. *P. expansum* – продуцент токсина патулина – вызывает гнили яблок и других фруктов [9, р. 349; 10, р. 266], токсичен для семян злаков, гороха и других культур [9, р. 349]. *A. fumigatus* может вызывать микозы человека и животных, известный аллерген [9, р. 80; 26, с. 52], продуцент токсинов (глиотоксина и др.) [10, р. 126]. *A. tamarii* известен как продуцент циклопиазоновой кислоты [10, р. 142], может ингибировать рост проростков сои, стимулировать развитие проростков кукурузы [9, р. 93]. *A. ochraceus* – космополит, сапротроф, продуцент охратоксина, афлатоксина и пеницилловой кислоты [9, р. 87]. *E. nidulans* – продуцент токсинов стеригматоцистина и нидулотоксина, может вызывать порчу злаков, а также патогенен для человека и животных [10, р. 66; 26, с. 56]. *P. boudii* может вызывать инфекции у человека [9, р. 409; 27, с. 332], выделяется из сточных вод, навоза [27, с. 332]. Выделенный из птичьего помета *P. aethiopicum* является продуцентом виридикатумтоксина [10, р. 234]. Таким образом, преобладающие в составе микобиоты исследуемых компостов токсинообразующие виды микроскопических грибов могут быть токсичны в отношении семян и проростков редиса, а также дождевых червей.

Токсинообразующие и условно-патогенные микроскопические грибы присутствуют во всех субстратах (рис. 4).

В структуре микоценоза самого фитотоксичного компоста № 1(а–в) обилие *A. niger* (рис. 4), он же преобладает в микоценозах менее фитотоксичных субстратов № 5(а–в), № 3(а–б), а также № 4(а), стимулирующего рост корней проростков редиса. В микобиоте довольно фитотоксичных субстратов № 6(б–в) обильна *T. atroviride*, которая не токсична и может стимулировать развитие растений [8; 30]. Полученные данные состава микобиоты компостов не коррелируют с выявленной фитотоксичностью.

Компосты – искусственно созданные субстраты, микобиота которых формируется из привнесенных извне, с отдельными компонентами компостов, микромицетов: целлюлозолитики рода *Trichoderma* привнесены из «естественных» целлюлозосодержащих субстратов, например древесных опилок; *P. boudii* – из осадков сточных вод; космополиты *A. niger* и *Rhizopus* sp. – из воздуха. В результате взаимодействия с другими микроорганизмами и дождевыми червями структура микоценозов компостов меняется. На начальном этапе в структуре микобиоты наблюдается преобладание эврибионтных видов микромицетов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды (щелочная реакция, токсичность отдельных компонентов компостов – пивной дробины, осадков сточных вод, птичьего помета и др.) – это, как правило, фитопатогенные и фитотоксичные виды грибов. Такая тенденция характерна для микобиоты антропогенно нарушенных территорий [8, с. 52]. Мы предполагаем, что микобиота исследуемых компостов при их дальнейшей инкубации может измениться в направлении снижения токсинообразующих и увеличения нетоксичных сапротрофных видов (ожидаемо рода *Aspergillus* [8, с. 52]) и целлюлозолитиков рода *Trichoderma* и других родов этой группы, например *Chaetomium*.

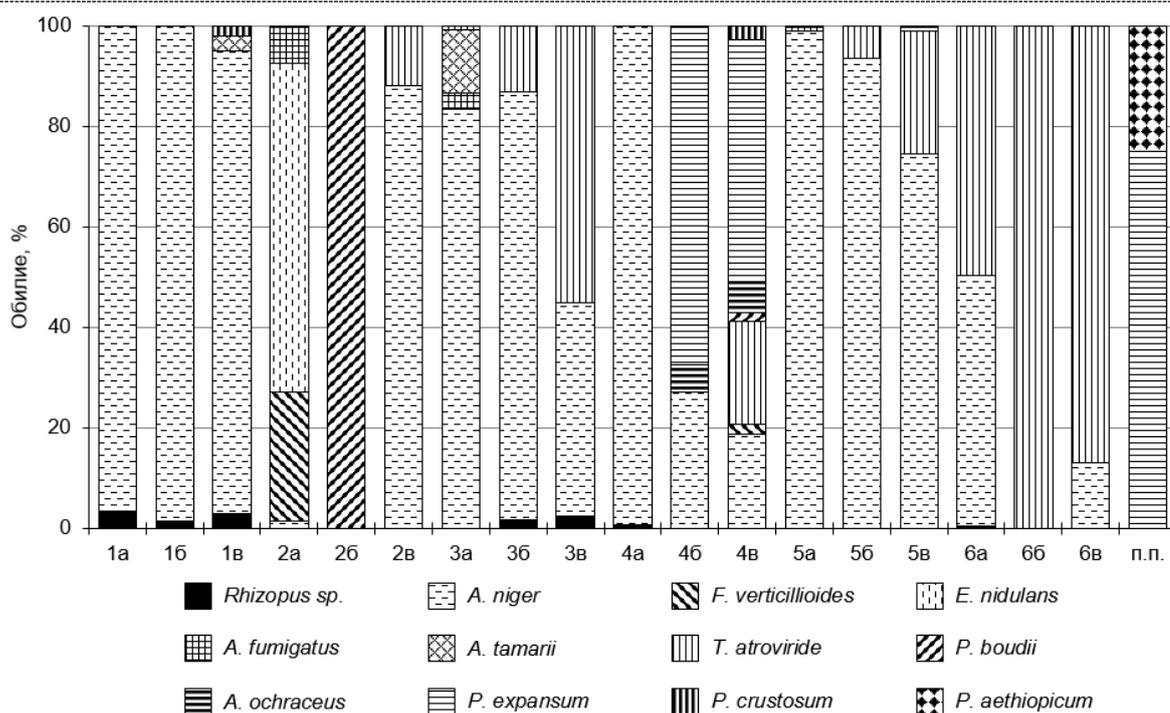


Рисунок 4 – Обилие видов микроскопических грибов в компостах и птичьем помете (п.п.)

### Выводы и перспективы дальнейших изысканий по данному направлению

1. В результате исследования фитотоксичности компостов самыми токсичными являются субстраты варианта «в» – с «Тамиром» и червями, менее токсичными – субстраты варианта «б» – с «Тамиром», слаботоксичными и даже стимулирующими рост корней редиса – субстраты варианта «а», – контрольного, без червей и «Тамира». Самым токсичным является компост № 1 – имеет высокие значения фитотоксичности во всех вариантах, а также снижает всхожесть семян редиса. Самые низкие значения фитотоксичности имеют компосты № 2(а–в) и № 4(а–б). «Лидерами» по токсичному действию на семена и проростки редиса являются отдельные компоненты субстратов – пивная дробина, птичий помет и осадки сточных вод. Ввиду высокой токсичности компостов № 1, № 3, № 5 и № 6 в отношении семян и проростков редиса использовать их в растениеводстве не рекомендуется, субстраты № 2(а) и № 4(а), напротив, в связи с выявленным стимулирующим эффектом можно рекомендовать.

2. Фитотоксичность компостов связана с наличием в их составе пищевых отходов – в «токсичный» субстратах № 1, № 3, № 5 и № 6 данный компонент присутствует, в «нетоксичных» № 2 и № 4 его нет.

3. Убыль и прирост биомассы червей в компостах не коррелирует с выявленной фитотоксичностью и преобладанием в составе их микобиоты токсичных и условно-патогенных видов грибов. Убыль биомассы червей отмечена и в самом токсичном субстрате № 1 и нетоксичном № 4, а прирост биомассы червей – в фитотоксичных компостах № 3, № 5, № 6.

4. Низкое видовое разнообразие и обилие космополитных, токсинообразующих и условно-патогенных видов грибов в структуре микоценозов компостов говорит о недостаточном времени их созревания. При увеличении времени инкубации компостов аналогичного состава более 30 дней прогнозируем изменение структуры их микоценозов в сторону увеличения видового разнообразия нетоксичных сапротрофов, а также целлюлозолитиков родов *Trichoderma* и *Chaetomium*.

Перспективой дальнейших изысканий по данному направлению является составление коллекции микробиот компостов.

### Список литературы:

- Иларионов С.А., Калашникова И.Г. Биоконверсия органических отходов с помощью вермикюльтивирования // Дождевые черви и плодородие почв: мат-лы I междунар. конф. Владимир, 21–23 ноября 2002 г. Владимир: Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2002. С. 34–36.
- Игонин А.М. Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью дождевых червей. М.: Маркетинг, 2002. 30 с.
- Титов И.Н. Дождевые черви. Руководство по вермикюльтуре в двух частях. Ч. I: Компостные черви. М.: ООО «МФК Точка Опоры», 2012. 284 с.
- Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В. и др. Прикладная экобиотехнология. Т. 1. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. 485 с.
- Турбина И.Н., Горбань М.В., Наконечный Н.В. Рост и развитие бальзамина при использовании биогазуса в условиях закрытого грунта // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 1. С. 271–273.

- Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. Роль почвенных беспозвоночных в разложении растительных остатков и круговороте веществ // Почвенная зоология (Итоги науки и техники, зоология беспозвоночных). Вып. 5. М.: ВИНТИ, 1978. С. 8–69.

- Мутиков В.М., Филиппова С.М., Фадеева М.Ф., Васильев Н.И. Рекомендации: по применению биогазуса (вермикомпоста) в полеводстве, садоводстве, овощеводстве и цветоводстве: метод. пособие. Чебоксары: Наука, 2009. 46 с.

- Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.-H. Compendium of soil Fungi. München: IHV-VerlagEching, 2007. 672 p.

- Food and indoor fungi / R.A. Samson, J. Houbraken, U. Thrane, J.C. Frisvad, B. Andersen. Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2010. 390 p.

- Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.

- Касатиков В.А. К вопросу о влиянии вермикомпостирования осадков сточных вод на их агроэкологические свойства // Плодородие. 2006. № 6. С. 40–42.

- Малахова С.Д. Агроэкологическое обоснование почвенного пути утилизации осадков городских сточных вод на примере г. Калуги: дис. ... канд. биол. наук. Калуга, 2007. 279 с.

- Титов И.Н. Вермикюльтура: переработка органической фракции отходов // Твердые бытовые отходы. 2008. № 8. С. 18–25.

- Янин Е.Н. Осадки городских сточных вод как источник биологического загрязнения окружающей среды // Экологическая экспертиза. 2009. № 2. С. 48–77.

- Еськов А.И. Органические удобрения в земледелии России // Дождевые черви и плодородие почв: мат-лы II междунар. науч. конф. Владимир: Владимирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2004. С. 129–131.

- Варламова Л.Д. Эколого-агрохимическая оценка и оптимизация применения в качестве удобрений органосодержащих отходов производства: автореф. дис. ... д-ра с/х. наук: 20.09.07. Саранск, 2007. 42 с.

- Князева В.А., Кравец А.В., Терещенко Н.Н. Оценка эффективности вермикюльтивирования для утилизации пивной дробины // Аграрная наука – сельскому хозяйству: XIV междунар. науч.-практ. конф. 7–8 февраля 2019 г. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. С. 348–350.

- Гусельникова М.В., Наконечный Н.В., Ибрагимова Д.В. Влияние вермикюльтивирования на содержание тяжелых металлов в сложных субстратах // Актуальные вопросы органической химии и биотехнологии: мат-лы заочных докладов междунар. науч. конф. (18–21 ноября 2020 г., Екатеринбург, Россия). Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2020. С. 332–334.

- Мантрова М.В., Наконечный Н.В. Микобиота субстратов биоконверсии // Актуальные вопросы органической химии и биотехнологии: мат-лы очных докл. междунар. науч. конф. (18–21 ноября 2020 г., Екатеринбург, Россия). Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2020. С. 613–614.

- Mantrova M.V., Nakonechny N.V. Mycobiota of bioconversion substrates // AIP Conference Proceedings 2390. 2022. DOI: 10.1063/5.0069102.

- Великанов Л.Л., Сидорова И.И., Успенская Г.Д. Полевая практика по экологии грибов и лишайников. М.: Изд-во Московского ун-та, 1980. 112 с.

- Литвинов М.А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Наука, 1969. 124 с.

- Руководство к практическим занятиям по микробиологии: учеб. пособие / под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.

25. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Мануچارова Н.А. Практикум по биологии почв: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2002. 120 с.

26. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. Киев: Наукова Думка, 1988. 204 с.

27. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / пер. с англ. К.Л. Тарасова, Ю.Н. Ковалева. М.: Мир, 2001. 468 с.

28. Бакаева М.Д. Комплексы микромицетов нефтезагрязнённых и рекультивируемых почв: дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2004. 172 с.

29. Александрова А.В., Великанов Л.Л., Сидорова И.И. Ключ для определения видов рода *Trichoderma* // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40, вып. 6. С. 457–468.

30. Алимова Ф.К. Промышленное применение грибов рода *Trichoderma*. Казань: Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2006. 209 с.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту «Экосистемы севера Западной Сибири: оценка состояния биоты в условиях техногенной трансформации среды».*

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p><b>Мантрова Мария Викторовна</b>, младший научный сотрудник научно-образовательного центра института естественных и технических наук; Сургутский государственный университет (г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация). E-mail: mantrova-mariya@yandex.ru.</p> <p><b>Наконечный Николай Владимирович</b>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-образовательного центра института естественных и технических наук; Сургутский государственный университет (г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация). E-mail: yyd@list.ru.</p>	<p><b>Mantrova Maria Viktorovna</b>, junior researcher of Scientific and Educational Center of Institute of Natural and Technical Sciences; Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation). E-mail: mantrova-mariya@yandex.ru.</p> <p><b>Nakonechny Nikolay Vladimirovich</b>, candidate of biological sciences, senior researcher of Scientific and Educational Center of Institute of Natural and Technical Sciences; Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation). E-mail: yyd@list.ru.</p>

**Для цитирования:**

Мантрова М.В., Наконечный Н.В. Фитотоксичность компостов на основе осадков сточных вод г. Сургута в условиях закрытого грунта // Самарский научный вестник. 2022. Т. 11, № 1. С. 79–85. DOI: 10.55355/snv2022111110.