

СМЕНА МИКРОБНЫХ ФОРМАЦИЙ В МАТЕРИАЛАХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА В ПРОЦЕССАХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ДЕСТРУКЦИИ

Г. В. Ильина¹, Д. Ю. Ильин²

^{1,2} Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

¹ilyina.g.v@pgau.ru, ²ilyin.d.u@pgau.ru

Аннотация. Неотъемлемым атрибутом современной цивилизации является интенсивное производство полноценного пищевого белка. Наиболее динамично во всем мире и в России в частности развивается производство мяса птицы, поскольку эта отрасль отличается коротким циклом воспроизводства и быстрой окупаемостью вложенных средств. Однако растущие темпы и объемы производства влекут за собой и прогрессирующее наращивание масс отходов. Пометные массы и птичья подстилка вывозятся на полигоны хранения или непосредственно на поля, где с течением времени подвергаются естественной деструкции, сопровождаемой эмиссией газов в атмосферу и миграцией биогенов в почву и грунтовые воды. Попадание биогенов и аборигенной микрофлоры помета в почву ведет к изменению состава компонентов биоценозов и характеристик их биотопов. Темпы и эффективность деструкции зависят от ферментативного потенциала присутствующей микрофлоры и интегрального воздействия эндогенных и экзогенных факторов. Цель исследований: изучение динамики видового состава и средообразующей роли микрофлоры органических отходов птицеводства в процессах их естественной деструкции и рассмотрение факторов, определяющих смену формаций. В процессе работы решались следующие задачи: изучение аборигенной микрофлоры помета птиц, исследование состава автохтонной, аллохтонной и зимогенной микрофлоры, исследование роли микрофлоры в формировании вектора трансформации субстрата (реакции и температуры среды), оценка закономерностей смены микробных формаций. Установлена роль аборигенной микрофлоры помета в процессах аммонификации как стартового этапа деструкции азотсодержащей массы отходов. С процесса аммонификации запускается ступенчатая деградация пометно-подстилочной смеси. Смещение диапазона pH в щелочную область, вызванное деятельностью аммонификаторов, является фактором, препятствующим распространению грибной микрофлоры и деструкции труднорастворимых полимеров. Воздействие высоких температур на термальной фазе компостирования субстрата является фактором отбора, резко модифицирующим видовой состав и определяющим его глубокую перестройку. Установлена определяющая роль автохтонной микрофлоры почвы на финальных стадиях деструкции органических отходов. Видовое разнообразие микроорганизмов в массах органических отходов закономерно изменяется на разных этапах деструкции. Темпы смены микробных формаций снижаются по мере разложения материала, а динамическое равновесие состава микрофлоры сопряжено с достижением стабильного баланса биогенных элементов, главным образом, азота и углерода.

Ключевые слова: органические отходы, деструкция органического вещества, микрофлора компостов, микрофлора почвы, микробные сукцессии

Для цитирования: Ильина Г. В., Ильин Д. Ю. Смена микробных формаций в материалах органических отходов птицеводства в процессах естественной деструкции // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025. Vol. 10 (1). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-1-3>

CHANGE OF MICROBIAL FORMATIONS IN ORGANIC POULTRY WASTE MATERIALS DURING NATURAL DEGRADATION PROCESSES

G.V. Ilyina¹, D.Yu. Ilyin²

^{1,2} Penza State Agrarian University, Penza, Russia

¹ilyina.g.v@pgau.ru, ²ilyin.d.u@pgau.ru

Abstract. The intensive production of food protein is an integral attribute of modern civilization. Poultry meat production is developing most dynamically all over the world and in Russia, in particular, because this industry is characterized by a short reproduction cycle and quick payback of invested funds. However, the growing rates and volumes of production also entail a progressive increase in waste masses. Litter and poultry litter are transported to landfills or directly to the fields, where over time they undergo natural degradation, accompanied by the emission of gases into the atmosphere and biogens into the soil and groundwater. The ingress of biogens and indigenous microflora of manure into the soil leads to changes in the composition of biocenosis components and the

characteristics of their biotopes. The rate and efficiency of degradation depend on the enzymatic potential of the microflora present and the integral effect of endogenous and exogenous factors. Purpose of research: study of dynamics of species composition and environment-forming role of microflora of organic wastes of poultry farming in the processes of their natural destruction and consideration of factors determining the change of formations. In the process of work the following tasks were solved: study of indigenous microflora of poultry litter, study of composition of autochthonous, allochthonous and zymogenic microflora, study of microflora role in formation of substrate transformation vector (reaction and medium temperature), evaluation of microbial formation change regularities. The role of indigenous microflora of manure in the processes of ammonification as a starting stage of degradation of nitrogen-containing waste mass was established. From the process of ammonification starts the step-by-step degradation of manure-litter mixture. The shift of the pH range to the alkaline region caused by the activity of ammonifiers is a factor preventing the proliferation of fungal microflora and degradation of hard-to-degrade polymers. Exposure to high temperatures in the thermal phase of substrate composting is a selection factor sharply modifying the species composition and determining its deep reorganization. The determining role of autochthonous soil microflora at the final stages of organic waste degradation has been established. Species diversity of microorganisms in the masses of organic wastes naturally changes at different stages of degradation. The rates of microbial formations change decrease as the material decomposes, and the dynamic equilibrium of microflora composition is associated with the achievement of a stable balance of biogenic elements, mainly nitrogen and carbon.

Keywords: organic waste, organic matter destruction, compost microflora, soil microflora, microbial succession

For citation: Ilyina G.V., Ilyin D.Yu. Change of microbial formations in organic poultry waste materials during natural degradation processes. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2025;10(1). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2025-1-3>

Введение

Неотъемлемым атрибутом современной цивилизации является интенсивное производство полноценного пищевого белка. Наиболее динамично во всем мире и в России в частности развивается производство мяса птицы, поскольку эта отрасль отличается коротким циклом воспроизводства и быстрой окупаемостью вложенных средств. Однако растущие темпы и объемы производства влекут за собой и прогрессирующее наращивание масс отходов. Сосредоточение на ограниченных площадях большого поголовья сельскохозяйственной птицы, использование в рационах нетрадиционных кормов может привести к изменению микробиоценоза кишечника птиц. В связи с этим функционирование животноводческих и птицеводческих комплексов сопряжено с угрозой для окружающей среды, поскольку может являться источником патогенных бактерий, вирусов, спор грибов, эндотоксинов. Попадание биогенов и аборигенной микрофлоры помета в почву ведет к изменению состава компонентов биоценозов и характеристик их биотопов [1, 2, 3]. Помет является наиболее распространенным отходом птицеводства и существует необходимость коррекции последствий его неправильной утилизации для окружающей среды [4, 5]. При этом важно понимание роли микроорганизмов в процессах естественной деструкции пометных масс на полигонах хранения [6–9]. В настоящее время пристальное внимание исследователей нацелено на разработку экологически обоснованных технологий биодеструкции подобных отходов [10–12]. Особое значение имеет тот факт, что отходы,

содержащие помет животных, являются источником такого ценного элемента, как азот, поэтому проблема его удержания в почве и перевода в ассимилируемые формы всесторонне изучается [5, 13]. Естественная деструкция органического материала отходов, по своей сути, аналогична природным процессам разложения и почвообразования, осуществляемым разнообразными комплексами микроорганизмов, однако значительные массы таких материалов, не характерные для природных биомов, существенно растягивают во времени процессы компостирования и гумификации [6]. Пометные массы и птичья подстилка вывозятся на полигоны хранения или непосредственно на поля, где с течением времени подвергаются естественной деструкции, сопровождаемой эмиссией газов в атмосферу и миграцией биогенов в почву и грунтовые воды. Такой подход к утилизации требует экологически обоснованного подхода и мониторинга биотопов. Темпы и эффективность деструкции органических отходов зависят от ферментативного потенциала присутствующей микрофлоры и интегрального воздействия эндогенных и экзогенных факторов. Именно почвенные микроорганизмы выполняют системообразующие функции в таких процессах, как почвообразование, разложение почвенного органического вещества, стимуляция роста и обеспечение защиты растений от патогенной микрофлоры [14, 15]. Целесообразно изучение микробного профиля материала отходов по мере протекания процессов разложения, что позволит установить закономерности, важные для определения возможностей управления этим процессом.

Цель исследований: изучение динамики видового состава и средообразующей роли микрофлоры органических отходов птицеводства в процессах их естественной деструкции и рассмотрение факторов, определяющих смену формаций. В процессе работы решались следующие задачи: изучение аборигенной микрофлоры помета птиц, исследование состава автохтонной, аллохтонной и зимогенной микрофлоры, исследование роли микрофлоры в формировании вектора трансформации субстрата (реакции и температуры среды), оценка закономерностей смены микробных формаций.

Методы исследований

Исследования, положенные в основу работы, проводились в течение 2023 и 2024 гг. на территории Пензенской области. Лабораторные эксперименты, связанные с выделением, определением и поддержанием культур микроорганизмов, выполнялись на базе лаборатории биотехнологии и ускоренной селекции ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ. Исследуемые материалы представляли собой пометно-подстилочные отходы, образующиеся при выращивании и откорме индеек на производственных площадках ООО «ПензаМолИнвест» ГК Дамате, расположенного в Нижнеомовском районе Пензенской области. Для микробиологических исследований использовали как материал свежих отходов, отобранный непосредственно при удалении с производственной площадки, так и материал, хранящийся на полигоне в условиях естественного компостирования. Отбор проб производили методом «конверта», отбирая по пять образцов с площадки хранения. Микрофлора пометно-подстилочных материалов изучалась в течение года, причем образцы для исследований отбирали ежеквартально – с момента размещения партии отходов (апрель) от свежей партии; после хранения в течение трех, шести, девяти месяцев и по истечении года. Выделение и изоляцию чистых микробных культур из разных объектов проводили по методу Пастера или Дригальского; идентификацию выделенных микроорганизмов проводили общепринятыми методами микробиологического анализа [16–20]. Для выявления общего представительства бактериальной микрофлоры использовали мясопептонный агар. Для выявления грибной микрофлоры использовали питательную среду Сабуро. О процессах деструкции отходов судили по убыли целлюлозы, содержание которой определяли азотно-спиртовым методом (методом Кюршнера).

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, различия считали достоверными

при $p \leq 0,05$. Статистическую обработку данных производили по методике Доспехова, а также с использованием функций Excel пакета Microsoft Office.

Результаты исследований

На начальном этапе исследований производились отборы проб отработанной пометно-подстилочной массы, сразу же после ее поступления на полигон размещения из цехов по выращиванию и откорму индейки. Количественная оценка микробной обсемененности материала показала, что в изученном материале титр микроорганизмов довольно высокий, что в среднем составляет порядка $5,0 \times 10^8$ КОЕ/г сухого субстрата. При этом очевидна разница в количестве микроорганизмов в пробах отходов, полученных с разных технологических площадок. Так, для отходов с площадок выращивания титр составил $4,8 \times 10^8$ КОЕ/г, а с площадок откорма соответственно $22,5 \times 10^8$ КОЕ/г сухого субстрата (рис. 1–3). При анализе качественного состава микрофлоры свежих отходов установлено присутствие в образцах представителей резидентной микрофлоры желудочно-кишечного тракта птицы (бактерии рода кишечной палочки, анаэробные клостридии, бактероиды, клетки дрожжей в небольшом количестве). При этом за весь период исследований, представителей патогенной микрофлоры (бактерий родов *Klebsiella*, *Salmonella*, *Proteus*, а также патогенных бактерий рода *Enterococcus*) выявлено не было.

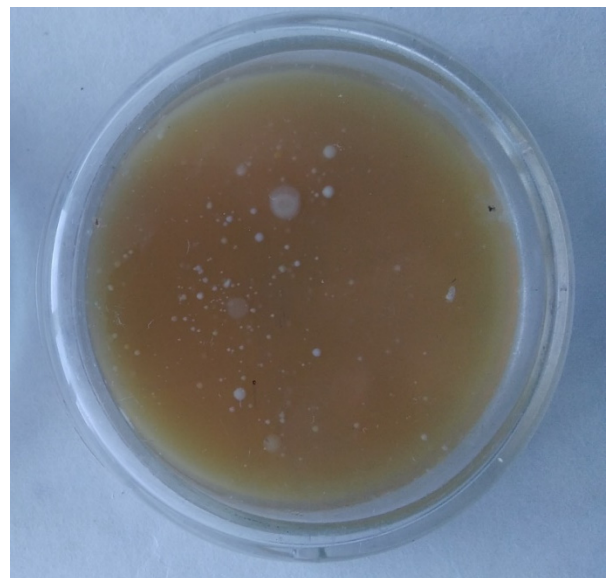


Рис. 1. Колонии микроорганизмов, выделенные из пометно-подстилочных материалов, удаленных с площадок выращивания птицы

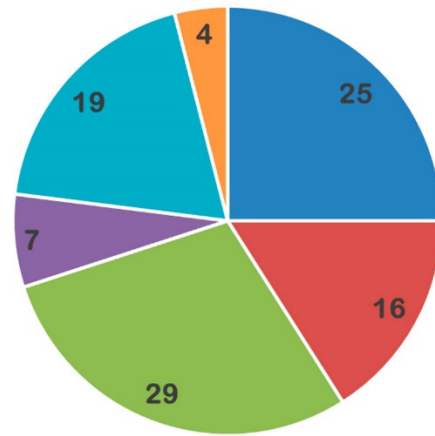
Fig. 1. Colonies of microorganisms isolated from litter materials removed from poultry growing areas



Рис. 2. Колонии микроорганизмов, выделенные из пометно-подстилочных материалов, удаленных с площадок откорма птицы

Fig. 2. Colonies of microorganisms isolated from litter materials removed from poultry fattening areas

В микробном профиле пометно-подстилочных материалов, удаленных с разных производственных площадок, различаются доли бактерий – представителей различных родов (рис. 3, 4). Если в пометных отходах с площадок выращивания доминируют представители рода *Bacteroides*, а род *Escherichia* является субдоминантным, то в материалах с площадок откорма преобладает род *Bacillus*, род *Escherichia* сохраняет свои

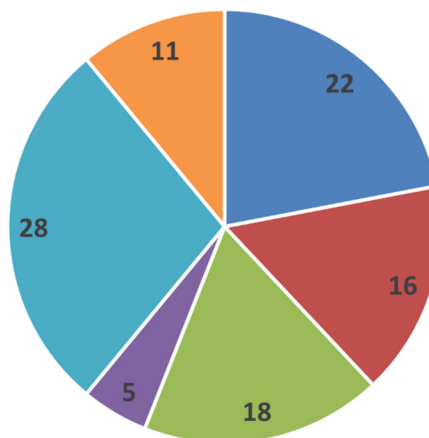


■ *Escherichia* ■ *Clostridium* ■ *Bacteroides*
■ *Candida* ■ *Bacillus* ■ прочие

Рис. 3. Представительство родов бактерий в микробном профиле пометно-подстилочных материалов, удаленных с площадок выращивания птицы, %

Fig. 3. Representation of bacterial genera in the microbial profile of litter materials removed from poultry growing areas, %

позиции, а доля бактероидов становится сопоставимой с родом *Clostridium*. Бактерии рода *Bacillus*, не являясь резидентами желудочно-кишечного тракта птицы, относятся к представителям зимогенной микрофлоры. Особого внимания заслуживает их доля в микробном профиле материалов с площадок откорма (28 %), тогда как в материалах с площадок выращивания их доля заметно меньше (19 %).



■ *Escherichia* ■ *Clostridium* ■ *Bacteroides*
■ *Candida* ■ *Bacillus* ■ прочие

Рис. 4. Представительство родов бактерий в микробном профиле пометно-подстилочных материалов, удаленных с площадок откорма птицы, %

Fig. 4. Representation of bacterial genera in the microbial profile of litter materials removed from poultry fattening areas, %

Это может объясняться привнесением зимогенной микрофлоры на площадки откорма за счет использования большего ассортимента и больших объемов кормов и премиксов, а также за счет большего количества производственных манипуляций на таких площадках. Эти факторы способны обеспечить привнесение таких сапрофитных спорообразующих бактерий, как *Bacillus mycoides*. Обильное присутствие бактерий рода *Bacillus* заслуживает отдельного внимания. Эта группа бактерий играет важную роль в процессах аммонификации как стартового этапа деструкции азотсодержащей массы отходов. Таким образом, деструктивные процессы в материалах с площадок откорма должны начинаться более активно. Представители же рода *Bacteroides*, по всей видимости, вытесняются более конкурентоспособной споровой флорой. В пользу данного предположения свидетельствует и обнаружение в материалах, полученных с площадок откорма, более заметной доли прочих аллохтонных микроорганизмов, участвующих в трансформации свежего органического вещества и являющихся представителями

зимогенной микрофлоры почв и органических компостов.

В материале, доставленном непосредственно с площадок выращивания, было выделено незначительное количество мицелиальных грибов и не были обнаружены представители актиномицетов. Доля мицелиальных грибов в составе микрофлоры пометных отходов с площадок откорма более заметна. Это может быть связано с более грубой структурой подстилочного материала, а также с разнообразным составом кормов, определяющим относительно низкие значения pH субстрата (на уровне 6,2–7,0 на разных участках). В составе мицелиальной микрофлоры присутствуют несовершенные и низшие грибы, для которых необходим органический азот (по убыванию представительства: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Mucor*). Данное явление следует рассматривать как проявление глубокой связи физиологии микроорганизмов со свойствами среды их обитания. Однако рост на среде Сабуро при посевах образцов даже с площадок откорма отмечался не во всех повторениях опыта (рис. 5).



Рис. 5. Единичная грибная колония на питательной среде Сабуро, образец с площадок откорма

Fig. 5. Single fungal colony on Saburo nutrient medium, sample from fattening sites

Слабое представительство мицелиальных грибов и актиномицетов в свежей пометно-подстилочной массе может объясняться преобладанием в ней смеси легкодоступных питательных факторов (непереваренные компоненты пищи и остатки кормов), преимущественно утилизируемых бактериями. Еще одним фактором, сдерживающим развитие мицелиальной флоры, может быть высокое значение pH субстрата (на уровне 8,0–9,5), обусловленное процессами

аммонификации, сопровождающимися выделением свободного аммиака. Смещение диапазона pH в щелочную область обычно рассматривается как один из неблагоприятных факторов, препятствующих распространению грибов в данной экологической нише.

Тем не менее аборигенная микрофлора помета, представленная как резидентными микроорганизмами желудочно-кишечного тракта птицы, так и представителями зимогенной микрофлоры,

способна обеспечить инициацию процессов аммонификации как стартового этапа деструкции азотсодержащей массы отходов. С процесса аммонификации запускается ступенчатая деградация пометно-подстилочной смеси. С активизацией нитрификационных процессов реакция среды начинает изменяться в кислую сторону, и к моменту сокращения эмиссии летучих аминов (о чем можно косвенно судить по снижению интенсивности характерного запаха) рН достигает значений порядка 6,5–7,5. С разогревом, связанным с экзотермическими процессами деструкции органического вещества и деятельностью аэробной микрофлоры, наступает термическая фаза компостирования органики. Воздействие высоких температур на термальной фазе является фактором отбора, резко модифицирующим видовой состав и определяющим его глубокую перестройку. Поэтому уже через два три месяца хранения пометно-подстилочных масс на полигоне, микробный профиль субстрата заметно изменяется. Сокращаются в количестве или исчезают представители резидентной микрофлоры желудочно-кишечного тракта птицы, а на передние позиции выходят бактерии рода *Bacillus* и анаэробные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*: *C. pasteurianum* и *C. butyricum*. Существенно обогащается комплекс мицелиальных грибов, в субстратах сохраняется доминирование рода *Aspergillus*, при этом из компоста выделяются аскомицеты

родов *Myceliophthora* и *Thielavia*. Присутствие указанных термофильных грибов свидетельствует о состоявшейся термофазе, утилизации легкодоступных источников углерода и активизации деструкции трудно разлагаемых лигноцеллюлозных компонентов подстилочных материалов. В условиях нехватки растворимых источников углерода при высоких температурах эти грибы хорошо приспособлены к использованию нерастворимых источников углерода для получения энергии, таких как целлюлоза и гемицеллюлоза. Затем, к полугоду хранения, микробный профиль компоста вновь изменяется. Доля бактериальной флоры продолжает планомерно снижаться, а видовой состав становится все более однообразным, сформированным в основном представителями автохтонных видов. Из материалов хранящихся компостов выделяются представители родов *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, *Bactoderma*, *Clostridium*. В составе мицелиальной флоры исчезают термофильные виды, но стабильно выделяются представители родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Alternaria*. По истечении года хранения показатель рН среды в компостах находится на уровне 6,5–7,0. На фоне стабильного видового состава бактериальной составляющей микрофлоры в этот период в образцах материалов увеличиваются доля и разнообразие мицелиальных грибов и актиномицетов, а также выделяются представители рода *Trichoderma* (рис. 6).

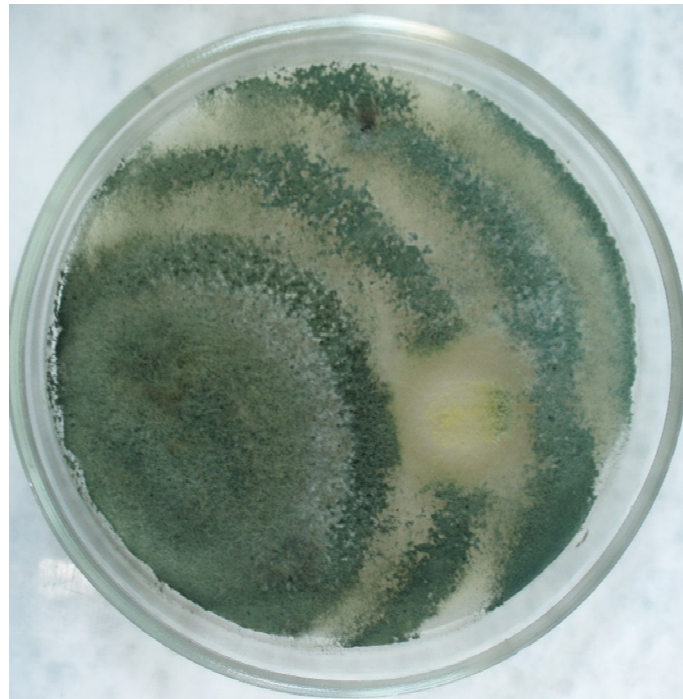


Рис. 6. Колонии *Trichoderma viride* и *Aspergillus flavus*, выделенные из субстрата

Fig. 6. Colonies of *Trichoderma viride* and *Aspergillus flavus* isolated from the substrate

Динамика состава микрофлоры за весь период хранения имеет общую тенденцию: сокращение доли бактерий, вытеснение аборигенных, а затем и зимогенных видов, постепенная смена формаций мицелиальных грибов с формированием равновесного сообщества типичных автохтонных микроорганизмов. Сопоставление протекающих параллельно сукцессионных процессов в компостируемых отходах, привезенных с разных

технологических площадок, имеет общие закономерности, однако материалы отходов с площадок откорма на всем протяжении компостирования характеризуются более выращенным представителем грибов и актиномицетов (рис. 7).

Установлено преобладание и определяющая роль автохтонной микрофлоры почвы на финальных стадиях деструкции органических отходов, в том числе в процессах гумификации.



Рис. 7. Качественный и количественный состав групп микроорганизмов в пометно-подстилочных материалах с площадок выращивания при хранении на полигоне в течение года

Fig. 7. Qualitative and quantitative composition of microorganism groups in litter materials from growing sites during storage at the landfill during the year

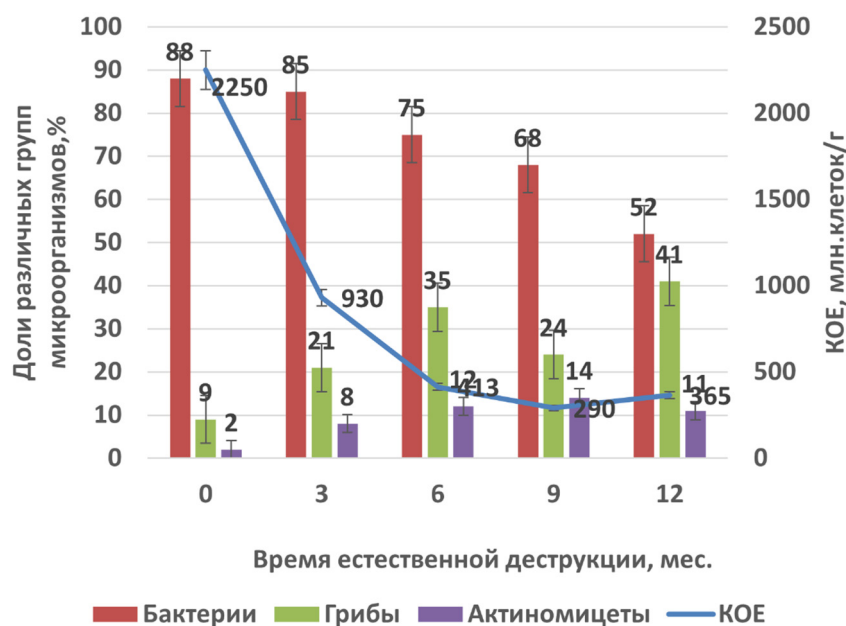


Рис. 8. Качественный и количественный состав групп микроорганизмов в пометно-подстилочных материалах с площадок откорма при хранении на полигоне в течение года

Fig. 8. Qualitative and quantitative composition of microorganism groups in litter materials from fattening areas during storage at the landfill for a year

В течение года хранения пометно-подстилочного материала на полигоне хранения в условиях естественной биодеструкции сохраняется общая тенденция по изменению качественного состава микроорганизмов, при этом количество выделенных колоний закономерно снижается в зимний период, а с установлением положительных среднесуточных температур несколько увеличивается и достигает $3,20\text{--}3,65 \times 10^9$ КОЕ/г сухого субстрата). Помимо изменения режимов влажности и сезонных перепадов температуры влияние на микробные формации оказывают такие важные изменения параметров субстрата, как последовательное снижение значений pH,

которое обусловлено деструкцией целлюлозы и возрастанием в микробном ценозе доли мицелиальных грибов и актиномицетов – почвообразователей. Отличия между комплексами микроорганизмов в материалах оходов с разных производственных площадок могут определяться локальными спонтанными факторами, причину возникновения которых учесть достаточно сложно, хотя на общем фоне наблюдается более выраженная тенденция к интенсификации деструкции целлюлозы подстилки в образцах отходов, образованных на площадках откорма (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность деструкции целлюлозы пометно-подстилочных материалов в процессе естественной деструкции в течение года хранения

Table 1

Efficiency of cellulose destruction of litter materials in the process of natural destruction during a storage year

Время отбора образцов	Содержание целлюлозы, процент от исходного количества	
	Пометно-подстилочные материалы с площадок выращивания	Пометно-подстилочные материалы с площадок откорма
Размещение отходов на полигоне	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0
Хранение отходов на полигоне в течение полугода	79,3 ± 18,6	74,6 ± 7,7
Хранение отходов на полигоне в течение года	64,8 ± 14,3	52,3 ± 16,3

Указанную особенность можно связать с более значительным представительством мицелиальных грибов и актиномицетов в таких материалах по истечении года хранения. На основании вышесказанного, целесообразно применение культур биодеструкторов или специально подобранных функциональных комплексов микроорганизмов, использование которых будет обеспечивать синхронизацию и воспроизводимость процессов биодеструкции, а также повысить их эффективность.

Оценка качественного и количественного состава микробной флоры пометно-подстилочных материалов, полученных от индейки на выращивании и на откорме, позволила установить закономерности, связанные со сменой формаций микроорганизмов в процессе естественного компостирования, немаловажные для выявления деструктивного потенциала аборигенных и зимогенных микроорганизмов. Резидентная микрофлора желудочно-кишечного тракта птицы, а также аборигенная микрофлора подстилочных

материалов способны обеспечить начальные этапы деструкции материалов, а именно, инициировать трансформацию свежего органического вещества. Представители зимогенной микрофлоры: мицелиальные грибы, сапрофитные спорообразующие бактерии – способствуют протеканию этого процесса.

Заключение

Видовое разнообразие микроорганизмов в массах органических отходов закономерно изменяется на разных этапах деструкции. Смена микробных формаций определяется изменениями температуры и реакции среды субстрата, а также стадией разложения материала, а динамическое равновесие состава микрофлоры сопряжено с достижением стабильного баланса биогенных элементов, господством автохтонных почвенных организмов и протеканием почвообразовательных процессов.

Список литературы

1. Артемьева Т. Н. Патогенная и условно-патогенная микрофлора кишечника кур и эффективность нетрадиционных средств антибактериального действия : дис. ... канд. ветер. наук. СПб., 2004. 189 с.

2. Родионова Н. В. Ветеринарно-санитарное и экологическое обоснование современных способов обеззараживания органических отходов животноводства : дис. ... канд. биол. наук. М., 2021. 99 с.
3. Фисинин В. И., Трухачев В. И., Салеева И. П. [и др.]. Микробиологические риски в промышленном птицеводстве и животноводстве // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 6. С. 1120–1130.
4. Зиганшина Э. Э. Биоконверсия отходов птицеводства анаэробными сообществами бактерий и архей : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2016. 28 с.
5. Ильин Д. Ю., Ильина Г. В., Ошкина Л. Л., Остапчук А. В. Микробиота кишечника индейки и пометно-подстилочных материалов: особенности и значение в деструкции отходов птицеводства // *Нива Поволжья*. 2023. № 3 (67). doi: 10.36461/NP.2023.67.3.015
6. Ямалиев Т. Ш., Бочарова А. А. Экологические проблемы птицеводства // *Мир Инноваций*. 2021. № 4. С. 40–43.
7. Crippen T. L., Sheffield C. L., Singh B. [et al.]. Poultry litter and the environment: Microbial profile of litter during successive flock rotations and after spreading on pastureland // *Science of The Total Environmen*. 2021. Vol. 780. P. 146413.
8. Harindintwali J. D., Zhou J., Muhoza B. [et al.]. Integrated eco-strategies towards sustainable carbon and nitrogen cycling in agriculture // *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 293. P. 112856.
9. He Y., Zhang Y., Huang X. [et al.]. Deciphering the internal driving mechanism of microbial community for carbon conversion and nitrogen fixation during food waste composting with multifunctional microbial inoculation // *Biore-source Technology*. 2022. Vol. 360. P. 127623.
10. Пжина Г. В., Илжин Д. Ю., Зимняков В. М., Сашенкова С. А. Influence of organomineral fertilizer based on fermented poultry waste on the physico-chemical parameters of agricultural soils // *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. Vol. 65, № 2. P. 91–96.
11. Li F., Ghanizadeh H., Cui G. [et al.]. Microbiome – based agents can optimize composting of agricultural wastes by modifying microbial communities // *Bioresource Technology*. 2023. Vol. 374. P. 128765.
12. Ravindran B., Karmegam N., Awasthi M. K. [et al.]. Valorization of food waste and poultry manure through co-composting amending saw dust, biochar and mineral salts for value-added compost production // *Bioresour Technol*. 2022. Vol. 346. P. 126442.
13. Круглов Ю. В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. № 1. С. 46–59.
14. Андронов Е. Е., Иванова Е. А., Першина Е. В. [и др.]. Анализ показателей почвенного микробиома в процессах, связанных с почвообразованием, трансформацией органического вещества и тонкой регуляции вегетационных процессов // *Бюл. Почв. ин-та*. 2015. № 80. С. 83–94.
15. Ножевникова А. Н., Миронов В. В., Бочкова Е. А. [и др.]. Состав микробного сообщества на разных стадиях компостирования, перспектива получения компоста из муниципальных органических отходов (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2019. Т. 55, № 3. С. 211–221.
16. Белов А. А., Чепцов В. С., Лысак Л. В. Методы идентификации почвенных микроорганизмов. М., 2020, 196 с.
17. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии : учеб.-метод. пособие. М. : МГУ, 1991. 304 с.
18. Маннапова Р. Т. Микробиология. М., 2019. 440 с.
19. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1988. 220 с.
20. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria. New York : John Wiley & Sons Inc., 2019. doi: 10.1002/9781118960608 EDN AZDCXJ

References

1. Artem'eva T.N. *Patogennaya i uslovno-patogennaya mikroflora kishechnika kur i effektivnost' netraditsionnykh sredstv antibakterial'nogo deystviya: PhD dissertation = Pathogenic and opportunistic microflora of the intestines of chickens and the effectiveness of non-traditional antibacterial agents: PhD thesis*. Saint Petersburg, 2004:189. (In Russ.)
2. Rodionova N.V. *Veterinarno-sanitarnoe i ekologicheskoe obosnovanie sovremennykh sposobov obezzarazhivaniya organicheskikh otkhodov zhitovnovodstva: PhD dissertation = Veterinary-sanitary and ecological substantiation of modern methods of disinfection of organic waste of livestock farming: PhD thesis*. Moscow, 2021:99. (In Russ.)
3. Fisinin V.I., Trukhachev V.I., Saleeva I.P. et al. Microbiological risks in industrial poultry and livestock farming. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural biology*. 2018;53(6):1120–1130. (In Russ.)
4. Ziganshina E.E. *Biokonversiya otkhodov ptitsevodstva anaerobnymi soobshchestvami bakteriy i arkhey: PhD abstract = Bioconversion of poultry waste by anaerobic communities of bacteria and archaea: PhD abstract*. Kazan, 2016:28. (In Russ.)
5. Il'in D.Yu., Il'ina G.V., Oshkina L.L., Ostapchuk A.V. Microbiota of the intestines of turkeys and litter materials: features and importance in the poultry waste destruction. *Niva Povolzh'ya = Niva Povolzhya*. 2023;(3). (In Russ.). doi: 10.36461/NP.2023.67.3.015
6. Yamaliev T.Sh., Bocharova A.A. Environmental problems of poultry farming. *Mir Innovatsiy = The world of innovations*. 2021;(4):40–43. (In Russ.)
7. Crippen T.L., Sheffield C.L., Singh B. et al. Poultry litter and the environment: Microbial profile of litter during successive flock rotations and after spreading on pastureland. *Science of The Total Environment*. 2021;780:146413.

8. Harindintwali J. D., Zhou J., Muhoza B. et al. Integrated eco-strategies towards sustainable carbon and nitrogen cycling in agriculture. *Journal of Environmental Management*. 2021;293:112856.
9. He Y., Zhang Y., Huang X. et al. Deciphering the internal driving mechanism of microbial community for carbon conversion and nitrogen fixation during food waste composting with multifunctional microbial inoculation. *Biore-source Technology*. 2022;360:127623.
10. Iljina G.V., Iljin D.Yu., Zimnyakov V.M., Sashenkova S.A. Influence of organomineral fertilizer based on fermented poultry waste on the physico-chemical parameters of agricultural soils. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022;65(2):91–96.
11. Li F., Ghanizadeh H., Cui G. et al. Microbiome – based agents can optimize composting of agricultural wastes by modifying microbial communities. *Biore-source Technology*. 2023;374:128765.
12. Ravindran B., Karmegam N., Awasthi M.K. et al. Valorization of food waste and poultry manure through co-composting amending saw dust, biochar and mineral salts for value-added compost production. *Biore-source Technology*. 2022;346:126442.
13. Kruglov Yu.V. Soil microbial community: physiological diversity and research methods. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural biology*. 2016;(1):46–59. (In Russ.)
14. Andronov E.E., Ivanova E.A., Pershina E.V. et al. Analysis of soil microbiome indicators in plants associated with soil formation, transformation of organic matter and fine regulation of plant plants. *Byul. Pochv. in-ta = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2015;(80):83–94. (In Russ.)
15. Nozhevnikova A.N., Mironov V.V., Bochkova E.A. et al. Composition of the microbial community at different stages of composting, prospects for obtaining compost from municipal organic waste (review). *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied biochemistry and microbiology*. 2019;55(3):211–221. (In Russ.)
16. Belov A.A., Cheptsov V.S., Lysak L.V. *Metody identifikatsii pochvennykh mikroorganizmov = Methods of soil microorganisms identification*. Moscow, 2020:196. (In Russ.)
17. Zvyagintsev D.G. *Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii: ucheb.-metod. posobie = Methods of soil microbiology and biochemistry: study guide*. Moscow: MGU, 1991:304. (In Russ.)
18. Mannapova R.T. *Mikrobiologiya = Microbiology*. Moscow, 2019:440. (In Russ.)
19. Mirchink T.G. *Pochvennaya mikologiya: uchebnik = Soil mycology: textbook*. Moscow: Izd-vo MGU, 1988:220. (In Russ.)
20. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. New York: John Wiley & Sons Inc., 2019. doi: 10.1002/9781118960608 EDN AZDCXJ