

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБОЦЕНОЗА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Щур А.В.¹, Виноградов Д.В.²

¹- Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь

²-Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, г. Рязань, Российская Федерация

Object of research are: micro biota of root dwelling a layer of soil. The work purpose – an estimation of influence of biologically active preparations, population soil microorganisms. In the course of work experimental researches of influence of biologically active preparations on microbocenosis were spent, mycocenosis is radioactive contaminations territory of the Cherkov forest. As a result of research ecological groupings soil microorganisms have been executed. The ecological structure of community, its polydominant character is revealed.

Введение. Как показала мировая практика использования биологически активных препаратов, они весьма эффективны для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, снижения уровня их заболеваемости, и, в некоторой степени, для повышения качественных характеристик получаемой продукции [1,2,5,18-20]. Исследования по их использованию в сельском хозяйстве показывают эффективность в снижении накопления радионуклидов в продукции растениеводства за счет эффекта «биологического разбавления» [6,8]. Изучена эффективность использования биологически активных препаратов в природных сообществах с целью снижения перехода радионуклида в их продуцентную составляющую за счет иммобилизации ¹³⁷Cs в почве [9-13]. Указанные научные разработки проводились сотрудниками Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии» совместно с УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Наиболее широкое распространение на территории Республики Беларусь получили ряд современных биологически активных препаратов: микробиологическое удобрение «Байкал ЭМ-1», препарат на основе торфа «Гидрогумат» и регулятор роста растений «Экосил».

Эти препараты безвредны для человека, животных, водной фауны, полезных насекомых и почвенной микрофлоры. Воздействие указанных препаратов на почвенную фауну достаточно хорошо изучено только в агроэкосистемах. Процессы, протекающие в интактных сообществах, находящихся в условиях радиоактивного загрязнения, в целом недостаточно изучены. Нельзя исключать, что использование в подобных экосистемах биологически активных препаратов может привести к индуцированным сукцессиям в различных ценозах (микоценозе, микробценозе) [7,14-17,20,21].

Целью исследований является изучение влияния биологически активных препаратов на почвенную микробиоту лесных экосистем, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях.

Методика эксперимента. Исследования проводились в среде естественных лесных биогеоценозов Чериковского района Могилевской области, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях. Выбранный район Могилевской области – один из наиболее радиоактивно загрязненных районов Беларуси, где остро стоит проблема радиоактивного загрязнения продукции леса. Лесной массив, в котором расположены экспериментальные площадки находится на значительном (более 15 км) удалении от ближайшего населенного пункта, в связи с чем практически не посещается людьми и воздействие антропогенного фактора минимально.

Объектами исследований являлась почвенная микробиота корнеобитаемого слоя растительности нижнего яруса естественных лесных биогеоценозов.

Сделан подбор репрезентативных фитоценозов, расположенных на территориях при плотностях загрязнения земель ^{137}Cs 74–185 кБк/м² (в среднем 85,1 кБк/м²) и 370–555 кБк/м² (в среднем 392,2 кБк/м²), где заложены экспериментальные площадки. Эксперимент проводился в березняке брусничном на свежей (В₂) дерново-подзолистой супесчаной автоморфной почве на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м.

Схема проведения экспериментов включает контрольный вариант – без обработки биопрепаратами, и двукратное за вегетационный период опрыскивание растительности нижнего яруса на экспериментальных площадках биопрепаратами – «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил». Площадь делянки 25 м², повторность трехкратная. Проведены две обработки биопрепаратами «Гидрогумат», «Байкал – ЭМ-1» и «Экосил» выбранных экспериментальных участков лесных экосистем методом равномерного мелкодисперсного опрыскивания растительности ручным помповым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости 20 см³/м² (200 л/га). Дозы внесения препаратов определены в соответствии с рекомендациями разработчиков и результатами научных исследований по применению используемых препаратов для культурных ягодников: «Байкал – ЭМ-1» – 0,5 мл/л, «Гидрогумат» - 0,6 мл/л, «Экосил» - 0,15 мл/л воды. Перед и после второй обработки биопрепаратами на указанных участках проведен отбор проб. Микробиологические исследования проводили в свежих образцах почв и растительных остатков. В естественных минеральных почвах образцы брали по генетическим горизонтам. Изучение численности, структуры и видового состава микробиоты проводили методом посева

на плотные питательные среды и прямыми микроскопическими методами. Использовали широкий набор питательных сред, позволяющий учесть и при необходимости выделить микроорганизмы с различными потребностями в питательных и энергетических веществах. Анализ природного разнообразия почвенных микроорганизмов проводили на основе методов их обнаружения, выделения, культивирования и идентификации [3].

Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методикам, используя стандартное программное обеспечение [4]. Сравнение структуры сообществ в контрольной и обработанной биопрепаратами почве проводилось по экологическим индексам.

Обсуждение результатов. Наиболее серьезными характеристиками сукцессионных процессов в ценозе являются изменения численности (пула), биомассы и видового состава сообществ.

В таблице 1 представлены результаты изучения общей численности и биомассы бактериальных клеток в гумусово-аккумулятивном (A_1) и оподзоленном (A_2B) горизонтах почвы экспериментального участка.

Таблица 1. Общая численность ($\times 10^9$ клеток/г почвы) и биомасса (мг/г) бактериальных клеток в почве опытного участка.

№ варианта	Вариант опыта	Горизонт	Численность, $\times 10^9$ клеток/г почвы	Биомасса, мг/г почвы
1	Контроль	A_1	19,11	0,78
		A_2B	4,43	0,21
2	Обработка препаратом «Гидрогумат»*	A_1	19,41	0,81
		A_2B	4,61	0,23
3	Обработка препаратом «Экосил»*	A_1	24,07	0,97
		A_2B	6,34	0,31
4	Обработка препаратом «Байкал ЭМ-1»*	A_1	41,71	1,55
		A_2B	9,57	0,49

Примечание - * - достоверно при $p=0,05$

Максимальный пул микроорганизмов в гумусово-аккумулятивном горизонте отмечен в варианте, с обработкой вегетирующих растений микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1». Обработка им имеет самый значительный вклад в рост количества бактериальных клеток (на 118,3% по сравнению с контролем) и их биомассы (на 98,7% по сравнению с контролем) в почве опытного участка. При сравнении эффектов влияния исследуемых препаратов на численность и биомассу ризосферной микробиоты, следует отметить, что применение «Гидрогумата» не содействует достоверным ее изменениям. В то же время применение «Экосила» привело к росту численности бактериальных клеток по сравнению с контролем на 26,0%, а биомассы – на 24,4% за счет процессов стимулирования роста и развития организмов. На численность бактерий и их биомассу в элювиальном горизонте (A_2B) почвы «Байкал ЭМ-1» также оказывает некоторое влияние. Обработка им вегетирующих растений приводила к повышению общего пула микроорганизмов 2,16 раза по сравнению с контролем, а биомассу в 2,33 раза по сравнению с контролем.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что обработки микробиологическим препаратом «Байкал ЭМ-1» приводят к значительному (в 2 и более раза) повышению

общего пула и биомассы бактериальных клеток как в гумусово-аккумулятивном, так и в подзолистом горизонтах опытного поля.

Следует отметить, что в контроле наиболее высокая встречаемость отмечена у *Bacillus pumilus Meyer et Gottheil*, *Bac. subtilis Cohn* и *Cyanobacterium sp.* Применение препаратов «Гидрогумат» и «Экосил» привело к увеличению частоты встречаемости вышеуказанных микроорганизмов. Внесение микробиологического удобрения «Байкал ЭМ-1» привело к смене градиента встречаемости (более чем в 4 раза по сравнению с контролем увеличилась частота встречаемости *Clostridium nitrificiens*), значительному увеличению частоты встречаемости и появлению новых видов (*Azotobacter sp.*, *Lactobacterium sp.*) в почвенном сообществе, (т.е. к индуцированию сукцессии микробоценоза).

Данные, представленные в таблице 2 демонстрируют похожую с микробоценозом картину изменение соотношения доминирующих видов в микробоценозе под воздействием применения препарата «Байкал ЭМ - 1», но при этом степень влияния указанных препаратов не столь высока как в случае с микробоценозом.

Таблица 2. Экологические индексы биоразнообразия микробоценоза

Индексы	Контроль	Гидрогумат	Экосил	Байкал ЭМ-1
Индекс Менхиника	1,012	0,984	0,963	0,976
Индекс Маргалефа	2,285	2,265	2,249	2,259
Индекс Бергера-Паркера	0,144	0,110	0,082	0,080
Индекс Симпсона	0,066	0,057	0,053	0,053
Индекс Шеннона	4,106	4,197	4,248	4,258

Резюмируя, следует отметить, что применение изучаемых препаратов приводит к повышению частоты встречаемости, общего пула и биомассы полезных микроорганизмов, принимающих участие в процессах биодинамики и трансформации органических веществ в почве опытного участка. Исследуемые препараты в различной степени способны индуцировать сукцессию микробоценозов корнеобитаемого слоя почвы, влияя в разной степени на численность, биомассу и встречаемость микробиоты.

Наиболее эффективно применение «Байкала ЭМ-1», содействующего появлению в сообществе новых форм микроорганизмов и увеличению автохтонной микрофлоры, активно участвующей в процессах азотфиксации, фосфатмобилизации и биodeградации органического вещества.

Следовательно, исходя из приведенных данных, можно сделать вывод о том, что препараты положительно влияют на численность почвенных сапротрофных грибов, в тоже время приводит к сокращению численности ряда патогенных организмов.

Литература

1. Бышов, Н.В. Агроэкологическая оценка возделывания масличных культур в зоне техногенного загрязнения агроландшафта [Текст] / Н.В. Бышов, Д.В. Виноградов, В.В. Стародубцев, И.А. Вертелецкий // Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология: матер. междунауч. конф. – Баку-Габала: НАН Азербайджана, 2012. – С. 855-859.

2. Валько В.П. Особенности биотехнологического земледелия [Текст] / В.П. Валько, А.В. Щур // Минск: БГАТУ, 2011. – 192 с.

3. Евдокимова, Г.А. Биодинамика процессов трансформации органического вещества в почвах северной фенноскандии [Текст] / Г.А. Евдокимова, И.В. Зенкова, В.Н. Переверзев. – Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2002. – 154 с.

4. Сорокина, Г.А. Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды: учеб. пособие/под общ. ред. Г.А. Сорокиной. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – С. 70-71.

5. Хабарова, Т.В. Практикум по экологии [Текст] / Т.В. Хабарова, Д.В. Виноградов, В.И. Левин, Г.Н. Фадькин // Рязань: ИПД «Первопечатникъ», 2016. – 184с.

6. Щур, А.В. Влияние различных уровней агроэкологических нагрузок на биохимические характеристики почвы [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // Юг России: экология, развитие, 2016. Т.11, №4. – С.139-148.

7. Щур, А.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. - № 3. С. 41-44.

8. Щур А.В. Динамические процессы в микробиоценозах лесной экосистемы при применении биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, О.В. Валько, И.И. Куницкий, А.А. Шумигой // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий: наука, образование, культура: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Мозырь, 25-26 окт. 2012 г. / УО МГПУ им. И.П. Шамякина; редкол.: О.Г. Акушко [и др.]. – Мозырь, 2012. С. 99-102.

9. Щур, А.В. Радиоэкологические риски и направления их снижения в агропромышленном комплексе Могилевской области Республики Беларусь [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Т.Н. Агеева, Т.П. Шапшеева, Г.Н. Фадькин // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5. [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/ STATYI/ 2015/ 5/ st_19.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_19.doc).

10. Щур, А.В. Экологическая структура сообщества почвенных беспозвоночных животных леса в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // АгроЭкоИнфо. – 2016, №3. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_323.doc.

11. Щур, А.В. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько, О.В. Валько, Г.Н. Фадькин, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/ STATYI/2015/5/st_20.doc.

12. Щур, А.В. Радиоэкологические особенности миграции Cs-137 в растительность лесных экосистем Могилевской области Беларуси, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько, Г.Н. Фадькин, Г.Д. Гогмачадзе // АгроЭкоИнфо. – 2015, №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/4/st_17.doc.

13. Щур, А.В. Некоторые направления фиторемедиации техногенно поврежденных территорий в Республике Беларусь [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Вестник РГАТУ. – 2015, №2 (26). – С. 14-20.

14. Щур, А.В. Нитрификационная активность дерново-подзолистых супесчаных почв при различных уровнях агротехнического воздействия в Беларуси [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // Вестник РГАТУ, 2015. - №2. – С.21-27.

15. Щур, А.В. Отраслевая экология [Текст]/ А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казаченок, В.П. Валько, О.В. Валько // Рязань: ИПД «Первопечатникъ», 2016. – 154с.

16. Щур, А.В. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, В.П. Валько // Вестник КрасГАУ, 2015. - №7. – С.38-45.

17. Щур, А.В. Ферментативная активность почвы на различных уровнях агротехнических вмешательств при возделывании картофеля [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Международный технико-экономический журнал, 2014. - №6.-С.72-80.

18. Щур А.В. Экологические последствия развития интенсивного земледелия в Республике Беларусь [Текст] / А.В. Щур, В.П. Валько, Д.В. Виноградов // Проблемы региональной экологии, 2016. - №3. - С.36-40.

19. Щур, А.В. Экология [Текст] / А.В. Щур, Д.В. Виноградов, Н.Н. Казаченок, А.Ю. Скриган, П.Н. Балабко, Т.Н. Агеева // Рязань: ИПД «Первопечатникъ», 2016. – 187с.

20. Shchur, A. Influence of biologically active preparations on Cs-137 transition to plants from soil in the territories contaminated as the result of Chernobyl accident / V. Valkho, D. Vinogradov, O. Valko // Impact of Cesium on Plants and the Environment // Springer International Publishing Switzerland, vol. 51-70, 2016.