

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ПАРКОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*Р.Ф. Байбеков, чл.-корр. РАН, ВНИИ химических средств защиты растений, А.В. Писарева, МГТУ им. Н.Э.Баумана, В.И. Савич, д.с.-х.н., Л.П. Мосина, д.б.н., РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева*

*Показаны угнетение микрофлоры при загрязнении почв тяжелыми металлами, изменение соотношения их групп, увеличение доли грибной микрофлоры, существенное уменьшение микробиологической активности почв при их избыточном уплотнении в элювиальных горизонтах по сравнению с гумусовыми.*

*Ключевые слова: загрязнение почв, тяжелые металлы, рекреационные нагрузки, микробиологическая активность.*

Загрязнение почв городов тяжелыми металлами представляет важную экологическую проблему, так как приводит к испарению тяжелых металлов из почв и растений в воздушную среду, к гибели растений, к экономическим затратам на замену грунта и посадку новых деревьев. Как правило, деградация почвенно-растительного покрова под влиянием избыточного содержания в почвах тяжелых металлов сочетается с переуплотнением почв, загрязнением их патогенами, органическими продуктами, антигололедными реагентами.

Несмотря на большое количество публикаций по данной проблеме, особенности влияния тяжелых металлов на почвы разного хозяйственного использования пока еще не выяснены.

Согласно данным Д.Г. Звягинцева [4], при загрязнении почв свинцом выделяют следующие зоны: зона гомеостаза, в которой не изменяются состав и структура сообщества микроорганизмов; зона стресса, в которой состав сообщества остается постоянным, но структура его меняется; зона резистентности, в которой происходит снижение видового разнообразия; зона регрессии, в которой наблюдается почти полное подавление роста и развития микроорганизмов.

В дерново-подзолистой почве концентрации свинца, согласно этим зонам, составляют, соответственно, 200, 200-7000, 7000-70000, >70000 мг/кг.

Однако влияние на микробиологическую активность свинца и других тяжелых металлов различается в зависимости от типа и горизонта почвы, от сочетания действующих на почву факторов ее деградации [1, 3-5, 11, 12]. Это и послужило основанием для проведения наших исследований.

Объектом исследования выбраны почвы парков и скверов г. Москвы и урбаноземы города на разном расстоянии от автотрасс [3, 7-9].

**Методика.** Состояла в изучении микробиологической активности исследуемых почв общепринятыми в микробиологии методами [4, 6].

**Результаты и их обсуждение.** Загрязнение почв тяжелыми металлами, как правило, значительно снижает микробиологическую активность почв. Содержание микроорганизмов в почвах парков существенно зависит от загрязнения их свинцом. При этом происходит изменение как численности отдельных групп, так и их соотношения.

По полученным данным, при загрязнении дерново-подзолистой почвы свинцом количество микроорганизмов на среде МПА снизилось с  $1,1 \cdot 10^7$  до  $1,6 \cdot 10^6$ , на среде КАА с  $3,6 \cdot 10^7$  до  $1,5 \cdot 10^7$ . На торфяно-перегнойной почве, в связи с ее большой буферной емкостью, значительного изменения микробиологической активности почв при загрязнении ее свинцом не происходило [10].

По полученным данным [2], коэффициент минерализации в почвах г. Москвы на разном расстоянии от автотрасс составлял в 5 м от дороги  $1,5 \pm 0,2$ , в 50-300 м от дороги –  $1,3 \pm 0,3$ . В то же время, разные группы микроорганизмов были неодинаково чувствительны к загрязнению почв тяжелыми металлами, что отмечала О.В. Марфенина. При этом у чувствительных видов наблюдалось снижение прорастания спор и спорообразования для устойчивых – активация [6].

По полученным данным, при загрязнении почв свинцом уменьшалось развитие микроорганизмов, но активизировалось развитие грибов [10].

Согласно О.В. Марфениной [6], чувствительны к загрязнению ктеноотопные типы грибов *Mortierella ramaniana*, устойчивы к загрязнению – *Aspergillus niger*, *A. astus*, *Penicillium fusiculosum*.

При сильном загрязнении дерново-подзолистых почв Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ-МСХА свинцом содержание стерильных актиномицетов возрастало в 4-9 раз, актиномицетов группы *Niger* – в несколько сотен раз. При этом видовое разнообразие бактерий снижалось в 6-7 раз, доля грибного населения (в том числе *Fusarium*) увеличивалась до 40-70%. При загрязнении этих почв свинцом выше 80 мг/кг возрастала и относительная численность грибов *P. alternaria* [8].

Возрастание численности и доли грибов при загрязнении почв свинцом приводило к увеличению фульватности гумуса, подкислению почв, более интенсивному развитию элювиального процесса.

Загрязнение почв тяжелыми металлами приводит не только к изменению содержания в них микроорганизмов, но и к изменению их морфологии и энергетики. Так, по полученным данным, на торфяно-перегнойной почве парка при загрязнении ее свинцом на среде Эшби отмечались расплывчатое очертание колоний, скопление слизи, интенсивный лизис. На среде Гетченсона, помимо серых, появились на дерново-подзолистой почве оранжевые колонии, а на торфяно-перегнойной почве матовые фиолетовые, оранжевые, зеленоватые колонии.

Отмечали и генетические изменения. На дерново-подзолистой почве при загрязнении ее свинцом актиномицеты перешли в форму спор, появились микобактерии без плодовых тел. На торфяно-перегнойной почве при загрязнении свинцом исчезли силвитрии и появились плодовые тела неспороносной формы [9].

Микробиологическая активность почв различается

по отдельным горизонтам почвенного профиля. Это определяется свойствами почв, составом мигрирующих растворов, влажностью и температурой. В то же время, микробиологическая активность почв определяет геохимические барьеры почвенного профиля. Газы, образовавшиеся в нижних горизонтах, могут перехватываться микробиологическими барьерами и не доходить до поверхности [4]. Так, для дерново-подзолистой почвы Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА получены следующие данные (табл.).

Состав аэробных гетеротрофных микроорганизмов в профиле дерново-подзолистой почвы парка ЛОД РГАУ-МСХА				
Состояние насаждений	Горизонт почв	Численность микроорганизмов, млн/г		Актиномицеты, % от общего количества на КАА
		на МПА	на КАА	
Хорошее	A <sub>1</sub>	61,2±10,9	40,2±4,9	13,8±3,8
	A <sub>2</sub>	2,5±1,7	3,2±3,1	8,6±3,9
Угнетенное при загрязнении и уплотнении почв	A <sub>1</sub>	23,3±8,7	11,2±1,9	9,2±3,1
	A <sub>2</sub>	1,6±0,5	1,5±1,1	3,8±2,6

Как видно из представленных в таблице данных, загрязнение почв и их уплотнение привели к значительному снижению численности микроорганизмов. В элювиальных горизонтах почв, по сравнению с горизонтами A<sub>1</sub>, содержание микроорганизмов, развивающихся на КАА, МПА, и доля актиномицетов от числа микроорганизмов на КАА значительно ниже.

Микробиологическая активность почв парков и скверов существенно зависит от их растительного покрова и степени рекреационной нагрузки. Так, для дерново-подзолистой почвы ЛОД РГАУ-МСХА содержание микроорганизмов на МПА под газонами составляет 19 млн/г почвы, спорообразующих – 8,5, микроорганизмов на КАА – 70 млн/г, среди них актиномицетов – 9 млн/г. В то же время, под тропинкой эти показатели равны, соответственно, 3,0; 0,5; 18,0; 1,5 млн/г. На загрязненной территории под березой, соответственно, 19,0; 5,0; 9,0; 2,0 млн/г, а под березой на почве, загрязненной тяжелыми металлами, на МПА всего 5,0 млн/г, спорообразующих – 1,5, на КАА всего 6,0, актиномицетов – 1 млн/г почвы [9].

Изменение микробиологической активности почв происходит не только при избыточном уплотнении почв парков, загрязнении их тяжелыми металлами, но и при развитии оглеения. При этом при оглеении почв увеличивалось содержание в них аммонификаторов с 2 млн/г до 8 млн клеток/г.

Важное значение имеет антипатогенная функция почв, выражающаяся в единицах антибиотиков [10]. В почве антибиотики образуются микробами-антагонистами: актиномицетом *Venezuelae*, *Penicillium patulum*, *Trichothecium roseum*, *Aspergillus clavatus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*, *Ps. fluorescens*, *Ps. nitificans*. Антипатогенная функция почв особенно важна для парков и скверов при значительном поступлении в почвы патогенов от собак, компостов на основе осадков сточных вод, органических удобрений. Она существенно различается для кислых и нейтральных почв, для почв разной степени гумусированности. Так, например, антибактериальные свойства подзолистой почвы выражают в единицах стрептомицина на 1 г – 80, в черноземе – 850, в единицах пенициллина на 1 га, соответственно, 60 и 300 [11].

Почвы парков и скверов загрязняются не только тяжелыми металлами, но и органическими компонентами, в том числе осадками сточных вод, компостами, приготовленными на основе торфа, помета, навоза. Это приводит к появлению в почвах парков патогенных микроорганизмов. Так, по полученным данным [6, 7], в существенно измененных, насыщенных темно-серых лесных почвах парка им. Гастелло в г. Уфе в верхнем горизонте определены бактерии группы кишечной палочки, нитрифицирующие бактерии, *Clostridium pasteurianum*, термофильные и мезофильные бактерии. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии свежего фекального загрязнения (высокие титры БГПК – 0,1, *E. coli* титр кишечной палочки > 1,0. Низкие титры *Clostridium pasteurianum* (0,001-0,0001) и достаточно высокая активность термофильных бактерий (титр  $1,3 \cdot 10^4$  –  $7,2 \cdot 10^3$  клеток на 1 г) свидетельствуют об имевшемся органическом загрязнении этих почв и идущем процессе самоочищения.

Патогенные микроорганизмы, находящиеся в почве, переносятся по воздуху и вызывают заболевания людей. В значительной степени это усиливается при деградации почв, в том числе при загрязнении их тяжелыми металлами. В свою очередь, степень загрязнения почв тяжелыми металлами (содержание их подвижных форм) усиливалась при внесении в них больших доз помета, в связи с образованием комплексов и некоторым подкислением [10].

**Выводы.** Таким образом, проведенными исследованиями установлено угнетение микробиологической активности почв парков и урбаноземов при загрязнении тяжелыми металлами, переуплотнении. При этом увеличивается доля грибной микрофлоры. Изменение численности и соотношения микроорганизмов сопровождалось образованием их новых морфологических форм. Степень угнетения бактериальной микрофлоры при загрязнении почв тяжелыми металлами различалась для почв разных гумусированности, емкости поглощения, для отдельных горизонтов дерново-подзолистых почв, при разной степени рекреационной нагрузки.

#### Литература

1. Байбеков Р.Ф., Ганжара Н.Ф. Экология городских почв// Коммунальное хозяйство России. - 2006. - № 4 (22).
2. Байбеков Р.Ф., Андреева И.В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами// Природообустройство. - 2009. - № 5. - С. 5-10.
3. Ганжара Н.Ф., Байбеков Р.Ф. Экологическое требование к почвам и грунтам г. Москвы. - М.: Агроконсалт, 2005. - 36 с.
4. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. - М., 1987. - 256 с.
5. Красильников Н.А. Микроорганизмы и высшие растения. - М.: АН СССР, 1958.
6. Марфенина О.В. Микробиологические аспекты охраны почв. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 118 с.
7. Мосина Л.В. Антропогенное изменение лесных экосистем в условиях мегаполиса (г. Москва)// Автореф. докт. дисс. - М.: МСХА, 2003.
8. Мосина Л.В., Довлетярова Э.А., Андриенко Т.Н. Лесная опытная дача РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, как объект экологического мониторинга лесных и лесопарковых ландшафтов мегаполиса Москва. - М.: РУДН, 2014. - 221 с.
9. Савич В.И., Федорин Ю.В. и др. Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание (на примере г. Москвы). - М.: Агробизнесцентр, 2007. - 660 с.
10. Савич В.И., Седых В.А., Никиточкин Д.Н. и др. Агроэкологическая оценка состояния свинца в системе почва-растение. - М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2012. - 360 с.
11. Clemens S. Toxic metal accumulation response to exposure and mechanisms of tolerant in plants, *Biochem.*, 2006, #88, p. 1707-1719
12. Goad G.M., Griffiths A.J. Microorganisms and heavy metal toxicity, *Vicror. Ecol.*, 1978, 4, p. 303.

*Inhibition of microflora under soil contamination with heavy metals, changes in the proportions of their groups, increase in the share of fungal microflora, and significant reduction in the microbiological activity of soils under excessive compaction are revealed in eluvial horizons compared to humus horizons.*

*Keywords: soil contamination, heavy metals, recreation load, microbiological activity*

УДК 631.861:633/635

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТРАНСФОРМИРОВАННОГО ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН ОВСА

*Е.А. Фауст, к.б.н., А.А. Амелькина, О.С. Ларионова, д.б.н., С.В. Шнуль,  
Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова*

*Россия, 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1. Тел.: (8452) 69-24-41; e-mail: [faustea@sgau.ru](mailto:faustea@sgau.ru).*

*Изучено влияние водной вытяжки из птичьего помета, биотрансформированного личинками комнатной мухи, на посевные качества семян овса. Установлено, что водная вытяжка из биотрансформированного птичьего помета на первоначальном этапе вызывает задержку прорастания семян, однако впоследствии способствует увеличению массы и длины ростков и корней.*

*Ключевые слова: биотрансформированный птичий помет, овес, посевные качества семян, урожайность сельскохозяйственных культур.*

Применение биологических технологий в сельском хозяйстве ориентировано на стабильное развитие сельскохозяйственного производства, решение проблемы продовольственной безопасности, получение высококачественных и экологически безопасных продуктов питания, переработку отходов сельскохозяйственного производства, восстановление плодородия почв [5].

Современное ведение сельского хозяйства в России связано с развитием биологического земледелия. Для переработки органических отходов используют бактерии, что существенно ускоряет и удешевляет производство органических удобрений. Применение этих удобрений позволяет устранить дисбаланс питательных веществ в почве, утилизировать отходы животноводства и птицеводства, получить экологически безопасную и качественную продукцию растениеводства [8].

В настоящее время в Российской Федерации обострилась проблема поиска источников удобрения, которые будут удовлетворять потребности производителей [2].

Известно, что нативный птичий помет в настоящее время используют как быстродействующее органическое удобрение. По удобрительным качествам он превосходит навоз, а по скорости действия соответствует минеральным удобрениям. Он содержит широкий спектр макро- и микроэлементов, стимуляторы роста растений, которые способствуют восстановлению естественного плодородия истощенных почв, улучшению их структуры, обогащен ценными микроорганизмами. Все эти факторы улучшают посевные качества семян сельскохозяйственных растений и повышают урожай-

ность культур при выращивании в условиях защищенного и открытого грунта [7].

Отмечают, что наиболее эффективно комплексное использование химических и биологических способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур [9]. Однако, в связи с экологической обстановкой для безопасного использования наиболее перспективен биологический способ, например, применение биотрансформированного птичьего помета. Он является отходом при выращивании личинок комнатной мухи в качестве источника альтернативного кормового белка [4, 6].

Цель исследований – изучить влияние 0,5-, 1-, 1,5%-ных водных вытяжек из биотрансформированного птичьего помета на посевные качества семян овса.

**Методика.** Материалом для эксперимента служили семена овса ярового сорта Аллюр и водная вытяжка из биотрансформированного птичьего помета. В приготовленных водных вытяжках предварительно замачивали 50 семян в течение 24 ч при комнатной температуре (на лабораторном шейкере). Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде и водной вытяжке из нативного птичьего помета. Опыт проводили в двух повторностях. Затем семена выкладывали на фильтровальную бумагу и высушивали в течение 30 мин. Далее их равномерно раскладывали на полоски фильтровальной бумаги (высотой 20 см), предварительно смоченные дистиллированной водой, и заворачивали в рулоны. Рулоны в чашках Петри с дистиллированной водой помещали в термостат для проращивания, где поддерживали температурный режим 20 °С, без проникновения солнечного света. По мере необходимости в чашки Петри подливали воду, чтобы не допустить пересыхания ростков и корней. Продолжительность эксперимента 10 дней [1].

Во время исследования ежедневно проводили учет проросших семян, измеряли длину корней и ростков, определяли энергию прорастания (на 3-й день), всхожесть и дружность прорастания (на 7-й день), скорость прорастания и массу корней и ростков 10 семян (на 10-й день) [1, 3].