

ПОКАЗАТЕЛИ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕРЗЛОТНОГО ЧЕРНОЗЕМА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© 2010 М.В. Щелчкова, Л.К. Стручкова

Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова

Поступила в редакцию 11.05.2010

Результаты модельного эксперимента показали, что при загрязнении мерзлотного чернозема тяжелыми металлами Cu, Zn, Pb и Cd в дозах от 0,5 до 30 ПДК численность микроорганизмов неуклонно понижается. По токсичности в отношении бактерий тяжелые металлы образуют ряд: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Cd > Pb > Zn > Cu$; по токсичности в отношении грибов ряд имеет вид: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Pb > Cu > Cd > Zn$. Для биологической индикации загрязнения мерзлотного чернозема тяжелыми металлами целесообразно использовать численность гетеротрофных бактерий.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, численность микроорганизмов, мерзлотный чернозем*

В результате антропогенного загрязнения в окружающую среду поступают различные поллютанты, среди которых наиболее опасными являются тяжелые металлы [1]. Почва не только накапливает все загрязнения, в том числе и металлические, но и выступает в роли переносчика химических элементов в атмосферу, гидросферу и растения, через которые они передаются на самые высокие трофические уровни. Важным аспектом охраны, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов является поиск высокочувствительных индикаторов загрязнения почв тяжелыми металлами. Перспективными в этом отношении являются показатели микробиологической активности почв. Установлено, что в определенных концентрациях ионы тяжелых металлов оказывают токсическое действие на почвенную биоту, изменяя численность и состав микрофлоры, понижая ее метаболическую активность [2, 3]. Характер реакции почвенных микроорганизмов на загрязнение определяется множеством факторов: буферными свойствами почвы, степенью загрязнения, составом микробного комплекса, природой металла и спецификой его взаимодействия с микроорганизмами.

Цель исследования: изучение влияния меди, цинка, свинца, и кадмия на численность микрофлоры мерзлотного чернозема и выявление диагностических свойств различных трофических групп микроорганизмов.

Мерзлотные черноземы маломощные распространены в Центральной Якутии, в частности в окрестностях г. Якутска. Эти почвы формируются на II надпойменной террасе, под лугово-степной растительностью, на супесчаных и суглинистых четвертичных отложениях, в условиях резкоконтинентального холодного климата и недостаточного увлажнения. Эти почвы используются в

сельском хозяйстве как пахотные и пастбищные угодья. Согласно исследованиям последних лет содержание тяжелых металлов в целинных и пахотных черноземах, находящихся в зоне влияния г. Якутска, растет [4]. Например, содержание свинца в почвах пашен достигает 100-120 мг/кг, что в 8 раз выше фонового и в 3-4 раза выше ПДК.

Объектом исследования был мерзлотный чернозем маломощный под старой сорокалетней залежью. Он содержит до 5% гумуса в гумусово-аккумулятивном горизонте, имеет нейтральную реакцию среды в верхней части профиля, щелочную – в нижней, легкосуглинистый гранулометрический состав. Почвенный поглощающий комплекс насыщен ионами Ca^{++} и Mg^{++} , содержание свободных карбонатов 0,95%. В соответствии со шкалой В.Б. Ильина [5] эти почвы характеризуются средним уровнем буферности по отношению к тяжелым металлам. По данным спектрального анализа валовое содержание тяжелых металлов в исследуемой нами почве не превышает ПДК и составляет для Cu 18 мг/кг, для Zn – 98 м/кг, для Pb – 23 мг/кг.

Влияние тяжелых металлов Cu, Zn, Pb и Cd и их комплекса на численность микрофлоры изучали в лабораторном модельном эксперименте. В сосуды вносили 70 г почвы, отобранной из верхнего 20-см слоя чернозема, предварительно высушенной и просеянной через сито с диаметром пор 2 мм, затем увлажняли до 70% от полной влагоемкости и поверхностно вносили тяжелые металлы в виде их растворимых солей $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, $Cd(NO_3)_2$ в дозах 0,5 ПДК, 1 ПДК, 10 ПДК и 30 ПДК. Для Cu это составило соответственно 28, 55, 550, 1650 мг/кг, для Zn – 50, 100, 1000, 3000 мг/кг, для Pb – 15, 30, 300, 900 мг/кг, для Cd – 2,5, 5, 50, 150 мг/кг. После 7 дней инкубации в почвах определяли численность микроорганизмов. Бактерии, ассимилирующие органические формы азота учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА); актиномицеты и бактерии, использующие минеральные формы азота – на крахмалоаммиачном агаре (КАА); олигонитрофилы – на

Щелчкова Марина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии. E-mail: mar-shchelchkova@yandex.ru
Стручкова Луиза Константиновна, аспирантка

среде Эшби; грибы – на подкисленной среде Чапека. Численность бактерий выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на грамм сухой почвы.

Повторность опыта и высева – 3-х кратная. Результаты подвергались статистической обработке.

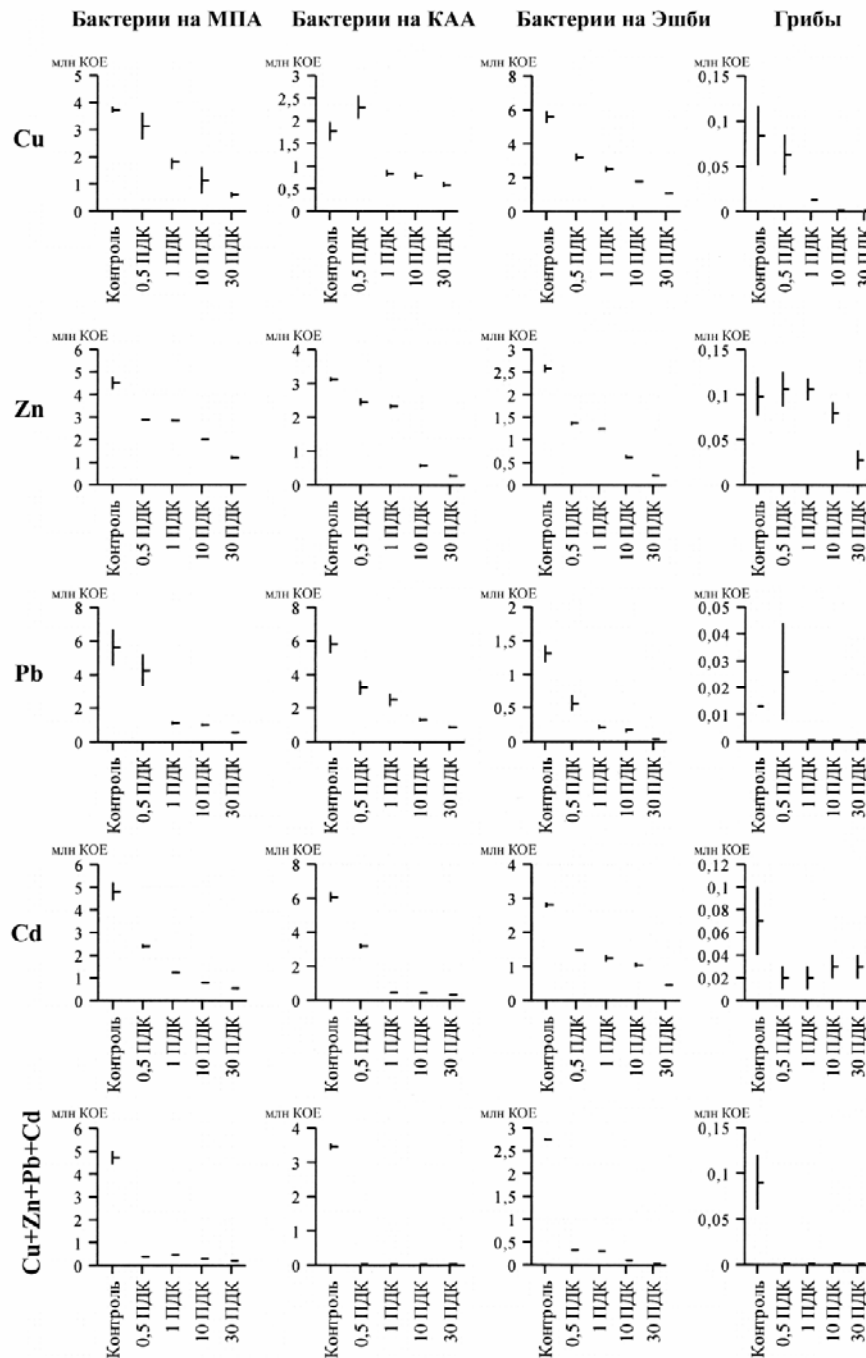


Рис. 1. Влияние разных доз тяжелых металлов на численность микроорганизмов в мерзлотном черноземе: «—» средняя арифметическая, «I» доверительный интервал

Исследования показали, что рассматриваемые нами тяжелые металлы подавляли численность всех изученных групп микроорганизмов в мерзлотном черноземе (рис. 1). Негативный эффект определялся как дозой, так и природой металла. Достоверное снижение численности бактерий примерно на 20-50% по сравнению с контролем отмечалось при самой низкой дозе загрязнения 0,5 ПДК. Исключение составили бактерии и актиномицеты, использующие минеральные источники азота – в варианте с Cu их численность выросла на 30%. Далее по

мере увеличения степени загрязнения численность популяции бактерий неуклонно снижалась. Cu и Zn в дозе 1 ПДК подавляли ее на 26-55%. Токсический эффект Pb и Cd был выражен ярче, в дозе 1 ПДК численность популяции снизилась в целом на 57-93%. В дозе 10 ПДК негативное действие тяжелых металлов достигло в среднем 70%, а в дозе 30 ПДК устойчиво увеличилось до 80-90% и более.

Комплексное воздействие четырех металлов было наиболее губительным для бактерий. В самой низкой из испытанных концентраций, соответствующих

дозе загрязнения 0,5 ПДК, численность олигонитрофилов падала на 88%, гетеротрофов – на 92%, а бактерий, ассимилирующих минеральный азот – на 100%. При дальнейшем увеличении концентрации металлов в почве происходило практически полное вымирание популяции. Если в незагрязненной почве количество бактерий составляло в среднем 2-5 млн. КОЕ/г., то в сильно загрязненной почве (варианты опыта 10 и 30 ПДК) выживало лишь несколько тысяч клеток, а представители олигонитрофилов вообще не обнаруживались. Таким образом, можно заключить, что по токсичности в отношении бактерий исследуемые тяжелые металлы образуют следующий ряд: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Cd > Pb > Zn > Cu$. Эти данные вполне согласуются с результатами, полученными другими исследователями [6].

Воздействие тяжелых металлов на микроскопические грибы было несколько отличным от их воздействия на бактерии. Cu, Zn и Pb в низкой концентрации (0,5 ПДК) существенно не влияли на численность грибов. Об этом наглядно свидетельствует рис. 1, на котором видно, что доверительные интервалы численности в контрольном варианте и варианте 0,5 ПДК значительно перекрываются. Cd в дозе 0,5 ПДК снижал численность грибов на 70%, а комплекс всех четырех металлов полностью подавлял рост популяции. При дальнейшем увеличении концентрации металлов в почве численность грибов резко снижалась, причем Pb и Cu были более токсичны, чем Cd и Zn (рис. 1). По токсичности в отношении микроскопических грибов исследуемые тяжелые металлы образуют следующий ряд: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Pb > Cu > Cd > Zn$. В литературных источниках указывается, что почвенные грибы, как правило, более устойчивы к тяжелым металлам, чем бактерии [6]. В нашем эксперименте устойчивость грибов была наименьшей. Это, вероятно, объясняется тем, что в мерзлотных черноземах численность микромицетов в целом невысокая – от нескольких десятков до ста тысяч КОЕ/г., что на один, два порядка меньше, чем численность бактерий. Поэтому в условиях токсического шока грибы как наиболее малочисленный компонент микробсообщества исчезают наиболее быстро.

Выводы: проведенное нами исследование позволило определить не только степень токсичности Cu, Zn, Pb и Cd по отношению к микроорганизмам мерзлотного чернозема, но и оценить

индикаторные свойства отдельных трофических групп. Показано, что численность бактерий, использующих органические источники азота, бактерий и актиномицетов, утилизирующих минеральный азот, олигонитрофилов и грибов определяется концентрацией тяжелых металлов в мерзлотном черноземе, что подтверждается наличием отрицательной корреляционной связи высокой и средней силы между этими параметрами (r изменяется от $-0,401$ до $-0,871$ при вероятности 0,95). Учитывая, однако, что гетеротрофные бактерии численно доминируют в микробном комплексе мерзлотного чернозема [7], считаем целесообразным использование данной трофической группы для биологической индикации загрязнения мерзлотного чернозема Zn, Pb, Cd и Cu.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Добровольский, В.В. Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 3-12.
2. Левин, С.В. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту // Микроорганизмы и охрана почв.– М.: МГУ, 1989. – С. 5-46.
3. Минкина, Т.М. Изменение микробиологической активности чернозема обыкновенного при внесении цинка и свинца // Почвоведение. – 2005. – №4. – С. 105-113.
4. Макаров, В.Н. Свинец в биосфере Якутии. – Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО РАН, 2002. – 113 с.
5. Ильин, В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжёлым металлам // Агрохимия. – 1995. – №10. – С. 109-113.
6. Кобзев, В.А. Взаимодействие загрязняющих почву тяжелых металлов и почвенных микроорганизмов // Загрязнение атмосферы, почвы и растительного покрова. Труды ИЭМ. – 1980. – Вып. 10(86). – С. 51-66.
7. Щелчкова, М.В. Структурно-функциональная организация микробсообществ в мерзлотных луговых почвах Центральной Якутии / М.В. Щелчкова, Л.К. Стручкова // Материалы V Всеросс. Съезд общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону, 18-23 авг. 2008 г. – Ростов-на-Дону: КМЦ «Копицентр», 2008. – С. 139.

PARAMETERS OF MICROORGANISMS NUMEROSITY IN DIAGNOSTICS OF CRYOSOLIC BLACK EARTH POLLUTION BY HEAVY METALS

© 2010 M.V. Shchelchkova, L.K. Struchkova
Yakut State University named after M.K.Ammosov

Results of modeling experiment have shown, that at pollution of cryosolic black earth by heavy metals of Cu, Zn, Pb and Cd in dozes from 0,5 up to 30 maximum concentration limits numerosity of microorganisms steadily goes down. On toxicity concerning bacteria heavy metals form a line: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Cd > Pb > Zn > Cu$; on toxicity concerning mushrooms line looks like: $(Cu+Zn+Pb+Cd) > Pb > Cu > Cd > Zn$. For biological indication of cryosolic black earth pollution by heavy metals it is expedient to use numerosity of heterotropheous bacteria.

Key words: heavy metals, numerosity of microorganisms, cryosolic black earth

Marina Shchelchkova, Candidate of Biology, Associate Professor
at the Biology Department. E-mail: mar-shchelchkova@yandex.ru
Luiza Struchkova, Post-graduate Student