

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ,  
ЗАГРЯЗНЕННОЙ МЕДЬЮ И ЦИНКОМ**

**С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Г.Г. Карпович, М.Н. Ревко**

РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»  
г. Минск, Республика Беларусь

Защите окружающей среды от воздействия химических токсикантов, в том числе тяжелых металлов, во всем мире уделяется все большее внимание. Тяжелые металлы (ТМ) в настоящее время занимают одно из первых мест по степени опасности, опережая такие опасные загрязнители, как пестициды, двуоксид углерода, соединения серы, радиоактивные отходы. Эта проблема актуальна и для Беларуси. Ореолы загрязнения агроэкосистем ТМ в Беларуси формируются локально вокруг промышленных центров, отдельных предприятий, на пойменных лугах и пастбищах, в зонах влияния крупных городов, вдоль автомобильных дорог, а также на сельскохозяйственных угодьях, где длительное время в качестве удобрений бесконтрольно использовались различные отходы [1].

Среди тяжелых металлов особую значимость приобретают биофильные элементы, к которым относятся медь и цинк. По результатам последнего тура крупномасштабного агрохимического обследования сельскохозяйственных земель выявлены участки с избыточным содержанием цинка и меди. Общая площадь таких земель составляет 15,5 % обследованных угодий.

Актуальность проблемы заключается в необходимости разработки безопасных уровней содержания металлов-загрязнителей в почве, обеспечивающих получение продукции, отвечающей ветеринарно-санитарным и медико-гигиеническим требованиям.

Для оценки степени загрязнения почв тяжелыми металлами используют показатель предельно допустимых концентраций – ПДК – комплексный показатель безвредного для человека содержания элементов в почве. Обоснование ПДК тяжелых металлов базируется на установлении их подпороговых концентраций в почве, т.е. таких концентраций, при которых переход металлов в растения не приводит к превышению максимально допустимых уровней (МДУ) по 5 основным критериям вредности тяжелых металлов (фитотоксическому, транслокационному, общесанитарному, миграционному водному и воздушно-му). Наименьшая величина по этим показателям является лимитирующей и принимается как ПДК в почве [2].

Важными параметрами в комплексной оценке биологического состояния почвы являются такие биологические критерии как целлюлозоразлагающая и нитрифицирующая способности почвенных микроорганизмов и ферментативная активность почвы.

Цель исследований заключалась в установлении изменения параметров биологического состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы при разных уровнях содержания в ней тяжелых металлов меди и цинка.

Исследования выполнены в условиях лабораторных и микрополевых экспериментов. Почвы характеризовались следующими агрохимическими показателями: pH – 5,45-5,72, гумус – 2,5-2,76%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O, соответственно 190-210 и 235-270 мг/кг почвы. Фоновое содержание меди – 4,3-4,7; цинка – 17,8-26,5 мг/кг. Цинк и медь внесены в форме водорастворимых солей ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O и Cu SO<sub>4</sub>\*5H<sub>2</sub>O. Исследования проводили на следующих уровнях тяжелых металлов, мг/кг почвы: цинк – фон; 75; 100; 125; 150; 300, медь – (фон); 25; 50; 75; 100; 150. Возделываемая культура – просо сорта Славянское. Фон минеральных удобрений в опыте N70P60K90. Повторность в опытах четырехкратная.

Целлюлозоразлагающую способность почвы изучали в микрополевым опыте и учитывали по потере массы фильтровальной бумаги в мешочках из стеклоткани, помещенных в почву на глубину пахотного слоя в течение 60 дней.

В лабораторных опытах нитрифицирующую способность почвы определяли по методу Кравкова в модификации Болотиной и Абрамовой (1964), фермент уреазу – по методу А.Ш. Галстяна (1978) [3,4]. Уровни содержания меди и цинка в почве составляли: 30; 60; 120 и 300 мг/кг. Повторность в лабораторных опытах – пятикратная.

Нитрификационные процессы в почве характеризуют интенсивность разложения азотсодержащих органических соединений почвенными микроорганизмами, в результате которых в почве аммонийные соли и поглощенный аммоний окисляются до нитратов. Окисление аммиака до азотистой кислоты осуществляется бактериями *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira*, дальнейшее окисление азотистой кислоты в азотную осуществляется бактериями рода *Nitrobacter*. В реакции окисления аммония до гидроксиламина принимают участие металлсодержащие ферменты, для жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий требуются металлы, в том числе цинк. Их клетки легко проницаемы для токсичных веществ, в том числе и тяжелых металлов, которые ингибируют нитрификацию.

В исследованиях установлено, что наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов отмечены в фоновой

почве (Рис. 1). С повышением уровня содержания в почве, как цинка, так и меди активность микроорганизмов снижалась. В почве, загрязненной цинком уже на уровне 60 мг/кг и медью на уровне 120 мг/кг отмечено снижение нитрифицирующей активности бактерий.

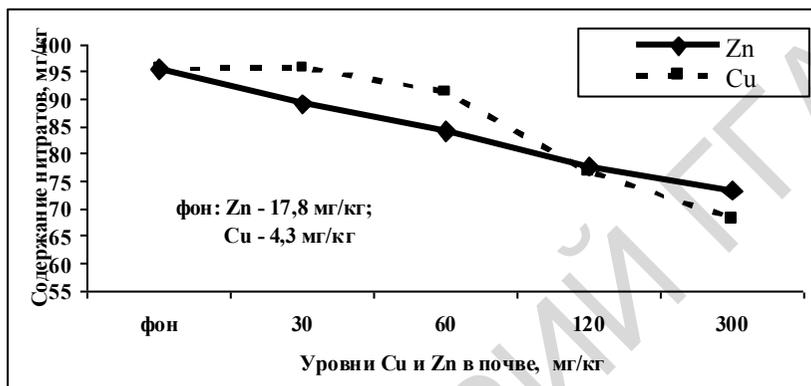


Рис. 1. Нитрифицирующая способность почвы при разных уровнях загрязнения ее медью и цинком

Увеличение степени загрязнения почвы металлами вызывало снижение содержания в ней нитратов после компостирования. При высоких уровнях загрязнения почвы цинком и медью, превышающих фоновое содержание в 17 и 70 раз, нитрификационные процессы снижались, соответственно, на 23,2 и 28,8%.

Таким образом, при загрязнении почвы цинком на уровне 60, медью – на уровне 120 мг/кг почвы установлено ингибирование нитрификационных процессов, что снижает продуцирование доступного растениям нитратного азота.

Клетчатка является основным источником энергии для всей почвенной биоты и интенсивность разложения клетчатки характеризует общую биологическую активность почвы. Целлюлоза не расщепляется ферментами, которые катализируют гидролиз крахмала. Однако некоторые почвенные микроорганизмы (например, целлюлозоразрушающие бактерии) могут расщеплять целлюлозу, так как эти микроорганизмы содержат специфические ферменты, гидролизующие целлюлозу. Аэробное разложение клетчатки в почве осуществляется бактериями (*Cytophaga Hutchinsonii*, *Sorangium cellulosum*), грибами (*Aspergillus*, *Trichoderma*, *Fusarium*) и другими актиномицетами. Эти микроорганизмы своими ферментами могут осуществлять как гидро-

лиз, так и окисление целлюлозы. При окислении целлюлозы образуются уроновые кислоты и ряд промежуточных оксикислот. Уроновые кислоты, образуя комплексы с белками, могут участвовать в образовании гуминовых кислот [17].

Степень разложения клетчатки в дерново-подзолистой супесчаной почве после 60-дневного компостирования в пахотном слое на фоновом варианте составила 83,9 %. Загрязнение почв цинком и медью снижало активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Существенное снижение степени разложения клетчатки установлено при содержании меди в почве на уровне 75 мг/кг – на 31,0 % и при содержании цинка на уровне 150 мг/кг – на 21,3% по сравнению с фоновым (Рис. 2). При уровнях загрязнения почвы медью (150мг/кг) и цинком (300мг/кг) ингибирование процессов разложения усиливалось. Степень разложения клетчатки снизилась, соответственно на 45,2 и 35,7 % по сравнению с этим показателем на контроле.

Таким образом, тяжелые металлы медь и цинк ингибируют процессы разложения клетчатки в почве. Снижение этого процесса установлено при загрязнении почвы медью на уровне 75, цинка – на уровне 150 мг/кг. Снижение целлюлозоразлагающей активности почвенных микроорганизмов на загрязненных тяжелыми металлами почвах ведет к снижению процессов гумификации в почве органических остатков, представленных в большинстве своем клетчаткой.

Ферментативная активность в почве характеризует важные биохимические процессы, такие как синтез и распад гумуса, гидролиз органических соединений, остатков высших растений и микроорганизмов и перевод их в доступное для растений и микроорганизмов состояние, окислительно-восстановительные процессы и др. В реакциях гидролитического распада высокомолекулярных органических соединений участвуют ферменты группы гидролаз, к которым относится *уреаза*. Уреаза катализирует распад мочевины [7].

В исследовании выявлено, что активность уреазы снижалась по мере загрязнения почвы медью и цинком (табл.1). Существенное снижение установлено при содержании меди в почве на уровне 120, цинка – на уровне 60 мг/кг. При максимальном уровне загрязнения почвы медью и цинком на уровне 300мг/кг уреазная активность в почве снижалась, соответственно, на 15,2 и 39,1%, что свидетельствует о снижении процесса распада мочевины и уменьшении образования в почве строительного материала для растений – аммиака и углекислоты.

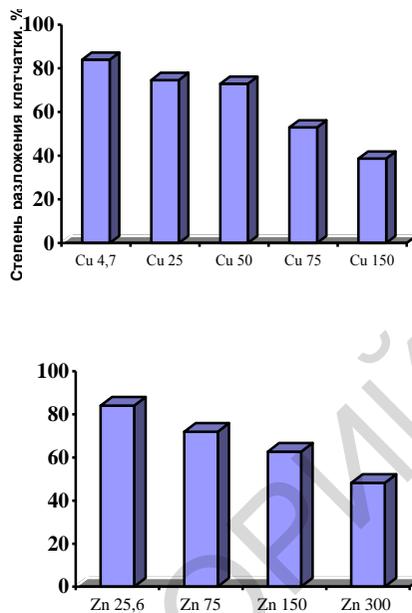


Рис. 2. Изменение целлюлозоразлагающей способности микроорганизмов при разных уровнях загрязнения почвы медью и цинком

Таблица 1. Изменение ферментативной активности в дерново-подзолистой супесчаной почве при разных уровнях загрязнения медью и цинком

Показатели	Содержание меди и цинка в почве, мг/кг					
	Cu <sub>4,7</sub>	Cu <sub>30</sub>	Cu <sub>60</sub>	Cu <sub>120</sub>	Cu <sub>300</sub>	HCP <sub>05</sub>
Активность уреазы, мг N-NO <sub>3</sub> /100 г почвы за 4 часа	9,2	8,7	8,8	7,8	7,8	
± к фону, мг /100		- 0,5	- 0,4	- 1,4	- 1,4	1,2
± к фону, %		5,4	4,3	15,2	15,2	
	Zn <sub>17,8</sub>	Zn <sub>30</sub>	Zn <sub>60</sub>	Zn <sub>120</sub>	Zn <sub>300</sub>	HCP <sub>05</sub>
Активность уреазы, мг N-NO <sub>3</sub> /100 г почвы за 4 часа	9,2	8,8	7,8	7,7	5,6	
± к фону, мг /100		- 0,4	- 1,4	- 1,5	- 3,6	0,48
± к фону, %		4,3	15,2	16,4	39,1	

В дерново-подзолистой супесчаной почве ингибирование целлюлозоразлагающей и нитрифицирующей способности почвенных микроорганизмов и существенное снижение ферментативной активности

урезы установлено при содержании меди в почве на уровне 75, цинка – на уровне 60 мг/кг.

#### Литература

1. Головатый С.Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах. Минск. – 2002. – 240с.
2. Сборник нормативных документов по гигиенической оценке почвы населенных мест. Минск.-2004.-96с.
3. Агробиохимические методы исследования почв. – М. –Наука, 1975. – 565с
4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М. –Наука, 1990. – 189с.

#### Резюме

На дерново-подзолистой супесчаной почве установлены уровни загрязнения почвы медью и цинком, при которых отмечается ингибирование активности целлюлозоразлагающих и нитрифицирующих микроорганизмов и фермента урезасы.

#### Summary

#### BIOLOGICAL CONDITION OF LUVISOL SANDY LOAM SOIL CONTAMINATED Cu AND Zn

S.E. Golovaty, Z.S. Kovalevich, G.G. Karpovich, M.N. Revko

On the Luvisol sandy loam soil with parameters of fertility close to optimum are established concentration of copper and zinc which inhibition of biological parameters soil.

УДК 631. 86: 631. 874: 631. 582: 631. 445. 24

#### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

**А.А. Головач**

РУП научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии  
НАН Беларуси, г.Минск

В сложившихся в последнее время социально-экономических условиях внесение органических удобрений в Республике Беларусь составляет 6,2 т/га пашни – 43 % к уровню применения органических удобрений до 1992 г (14,4 т/га), что ведет к снижению плодородия пахотных почв. Необходимы резервы восполнения запасов гумуса в почве. В этой связи актуальное значение приобретает прямое использование соломы зерновых культур в качестве удобрения, а также насыщение севооборотов зелеными удобрениями, особенно на отдаленных от ферм и животноводческих комплексов участках.

Исследования с зелеными удобрениями нами были начаты в 1997 году на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, подстилаемой