

6. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.А., Паников Н.С. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве. // Почвоведение. – 1987. – №4. – С.71-81.  
7. Звягинцев Д.Г. Биология почв. Учеб. пособие. – М.: изд-во МГУ, 2005. – 445 с.

8. Шарков И.Н. Абсорбционный метод определения эмиссии CO<sub>2</sub> из почв // Методы исследования органического вещества почв. – Владимир, 2005. – 401 с.

## CONSEQUENCES OF INCREASED DOSES OF SEDIMENTS OF URBAN WASTE WATER ON NITROGEN MODE, BIOLOGICAL INDICES AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SOIL

V. A. Kasatkov<sup>1</sup>, N.P. Shabardina<sup>1</sup>, V. A. Raskatov<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>VNIIOU, [kasv47@yandex.ru](mailto:kasv47@yandex.ru) <sup>2</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, [raskatov@list.ru](mailto:raskatov@list.ru)

*The article presents the results of studies obtained in a long experiment of the Geographic Network of experiments with fertilizers for the study of agrobiological changes occurring in sod-podzolic sandy loam soil under the influence of precipitation of urban wastewater (WWS) and dolomite flour. It is concluded that the aftereffect of increased doses of WWS have a noticeable effect on the nitrogen regime, biological indicators and agrochemical properties of sod-podzolic sandy loam soil.*

*Keywords: nitrogen regime, biology, sewage sludge, soil.*

УДК 631.453

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТЕСТА С ЭНХИТРЕИДАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ

А.П. Баранов, М.И. Лунёв, д.б.н., ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова  
e-mail: [info@vniia-pr.ru](mailto:info@vniia-pr.ru).

Работа выполнена по госзаданию №0572-2019-0011

*Предложена модификация биотеста с энхитреидами (кольчатыми червями) для оценки экотоксикологического состояния почвы. В стандартный биотест с энхитреидами включена тест-реакция подошвенных организмов, оценивающая токсичность почвы по изменению живой массы энхитреид в процессе биотеста. Сравнительный анализ показал более высокий корреляционный коэффициент данной тест-реакции по сравнению с выживаемостью энхитреид.*

*Ключевые слова: биотестирование, энхитреиды, токсичность, тест-реакция.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.13

Одним из основных направлений экотоксикологического мониторинга окружающей среды в настоящее время является развитие приемов экстраполяции результатов лабораторных методов биотестирования на состояние изучаемого объекта в природных условиях [1, 2]. Необходимость дать оценку результатам биотестов, полученных на организменном, популяционном уровнях для окружающей среды, в аспекте их влияния на уровни сообщества, экосистемы, свести данные, полученные на разных культурах с разной чувствительностью в общий фактор направленности загрязнения ставит задачи экстраполяции данных результатов.

Одним из главных условий, необходимых для экстраполяции результатов биотестирования, при котором возможен пересчет токсического эффекта на более высокие уровни биологической организации, является достижение в процессе биотеста величин LD<sub>50</sub> (средняя летальная доза, приводящая к гибели 50% популяции) [3].

В процессе оценки экотоксикологического состояния такого объекта как почва, отличающегося адсорбционными свойствами и способного иметь хроническую токсичность, не всегда удается достичь такого токсикологического показателя как LD<sub>50</sub>, в периоды времени, установленные методикой биотестов.

Одна из таких ситуаций возникает при биотестировании почв с внесенным осадком сточных вод (ОСВ), когда присутствующие в составе осадка загрязнители прочно закреплены в почве. Для определения соответ-

ствия результатов лабораторных биотестов последствием внесения ОСВ в полевых условиях на организмы, принадлежащие к одному таксону энхитреид, проведены исследования с почвой, удобренной ОСВ в высоких дозах.

**Методика.** Почву для биотестирования отбирали с опыта по многолетнему внесению аэростабилизированных ОСВ. Аккумулятивная доза осадков, внесенная за 15 лет в исследуемую почву, составила 1440 т/га.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, сформированная на двучленных ледниковых отложениях. Пахотный и иллювиальный горизонты находятся в толще супесчаного отложения, перекрывающего тяжелый моренный суглинок. Исходная агрохимическая характеристика слоя почвы 0-20 см: рН<sub>сол.</sub> 6,0, Нг. – 1,05 мг-экв/100 г почвы, S – 7,0 мг-экв/100 г почвы, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 95 мг/кг почвы, К<sub>2</sub>O – 43 мг/кг почвы, С<sub>орг.</sub> – 0,8%.

Для создания шкалы токсичности в отдельные образцы почвы вносили нитрат кадмия Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4 H<sub>2</sub>O. В пересчете на кадмий дозы составили 60 и 120 мг/кг.

Биотестирование почвы проводили с использованием биотеста с энхитреидами *Enchytraeus albidus* [4] – кольчатыми белыми червями.

Анализ на соотношение «масса энхитреид/смертность» проводили, перенося взвешенную и промытую в воде массу энхитреид, отобранных на сроках 5, 10, 15, 20, 25, 39 сут, в искусственную почву OECD (70% кварцевый песок, 20 коалиновая глина,

10% сфагновый торф, pH 6,5). Подсчет взрослых энхитреид проводился через 2 нед, ювенальные формы считали через 6 нед.

**Результаты и их обсуждение.** На рисунке 1 демонстрируются результаты биотестирования почвы полевого опыта с аккумулятивной дозой (в течение 15 лет) ОСВ. Два варианта: ОСВ+Cd 1 и ОСВ+Cd 2 представляют почву первого образца, загрязненную кадмием в дозах 60 и 120 мг/кг, внесенных в виде нитрата кадмия. Корреляционный коэффициент данных «время/количество организмов» составил 0,90.

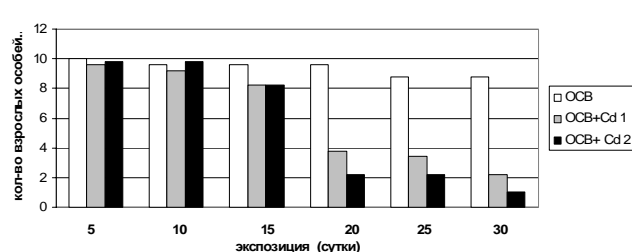


Рис. 1. Динамика выживаемости *Enchytraeus albidus* на разных уровнях загрязнения почвы ОСВ:

ОСВ – почва с аккумулятивной дозой осадка 1440 т/га, Cd 1 – 60 мг/кг, Cd 2 – 120 мг/кг.

Результаты выражают средние значения ± стандартная ошибка, n=5, P<0,05 (здесь и на рис. 2).

Данные выживаемости *Enchytraeus albidus* подчеркивают незначительное токсическое действие в первом варианте с почвой с высокой дозой ОСВ.

Биотестирование вариантов с дополнительным загрязнением кадмием показывает токсичность, превышающую LD<sub>50</sub>. Однако, величина LD<sub>50</sub> достигается только на 20-е сутки, в то время как стандартизирован-

ный тест для энхитреид *Enchytraeus albidus* заканчивается на 14-й день. Медленное развитие токсического эффекта в вариантах с загрязненной кадмием почвой связано, по-видимому, с матрицей ОСВ. В зависимости от почвенных разностей токсический эффект может изменяться в 30 раз [5].

На рисунке 2 показано снижение массы энхитреид в динамике 30-суточного эксперимента. Корреляционный коэффициент «время/масса энхитреид» (вариант с Cd 2) составил 0,96.

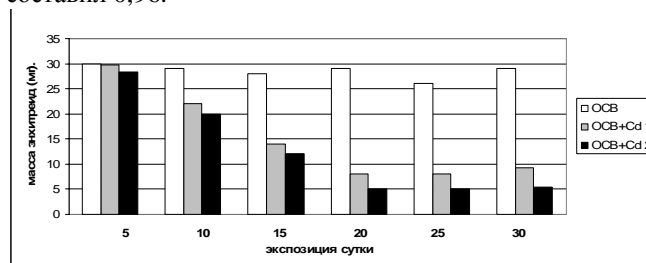


Рис. 2. Динамика изменения массы *Enchytraeus albidus* на разных уровнях загрязнения почвы ОСВ

Сравнение динамики массы и выживаемости выявляет более динамичный показатель потери массы, который достигает уровня LE<sub>50</sub> (средняя эффективная доза) к контрольному времени – 14 дней [4]. Учитывая, что потеря массы не является расчетным показателем для оценки токсикологического риска, в условиях биотестирования почв с высокими дозами ОСВ или непосредственно компостов ОСВ целесообразно вводить коэффициент пересчета с массы энхитреид на выживаемость.

Соотношение массы и количества энхитреид *Enchytraeus albidus* в динамике биотестирования загрязненной почвы ОСВ, мг/шт

Вариант опыта	Время биотестирования, сут				
	5	10	15	20	25
Почва с ОСВ	27,9/ (9,8+68,7)	28,6/ (9,5+59,4)	29,4/ (9,4+45,2)	28,5/ (9,5+35,8)	26,5/ (9,0+37,6)
Почва с ОСВ+Cd	27,1/ (9,6+77,5)	25,5/ (6,1+51,7)	13,5/ (8,1+0)	15,9/ (3,9+0)	16,7/ (3,8+0)
Почва с ОСВ+2Cd	28,1/ (10,0+30,8)	20,0/ (5,5+37,8)	12,1/ (8,1+0)	5,0/ (2,1+0)	5,1/ (2,1+0)

Примечание. Числитель – масса энхитреид, знаменатель – количество особей (взрослые+ювенальные формы).

Данные таблицы показывают, что показатель массы энхитреид по сравнению с их численностью является более динамичным. На 15-е сутки наиболее значимо токсический эффект проявился в изменении массы энхитреид – 13,5 мг при стабильной численности. В условиях хронической токсичности ОСВ с прочно закрепленными загрязнителями в матрице почвы очевидно медленное проявление токсического давления. С учетом соблюдения временных критериев в стандартизированных методиках биотестирования (двухнедельная экспозиция в почве для оценки выживаемости энхитреид) [4] целесообразно использовать более динамичный показатель токсического действия. Кроме того, данные показывают, что скорость потери массы, превышающая 50% за 2 нед, может быть связана с полной утратой репродуктивности в условиях почвенной матрицы с ОСВ. Таким образом, оценка результатов биотестирования с применением тест-культуры энхитреид и использованием показателя скорости потери массы подопытных организмов может стать перспективным приемом сокращения временных издержек, с одной стороны, и эффективным способом достижения уровней токсических эффектов, необходимых для экстраполяции орга-

низменных и популяционных токсических эффектов на более высокие уровни биологической организации, с другой.

**Выводы.** 1. С учетом характера матрицы почвы с высокой дозой ОСВ за 2 нед стандартизированного биотеста на выживаемость необходимый показатель токсичности LD<sub>50</sub> не достигается даже при высоких дозах загрязнения кадмием (60 и 120 мг/кг почвы).

2. Проведенные исследования по биотестированию на энхитреидах *Enchytraeus albidus* почвы с аккумулятивной высокой дозой ОСВ (1440 т/га) и загрязненной кадмием показали большую динамичность массы энхитреид по сравнению с их численностью.

#### Литература

1. *Extrapolation Practice for Ecotoxicological Effect Characterization of Chemicals*. Keith R. Solomon, Theo C.M. Brock, Dick de Zwart, Scott D. Dyer, Leo Posthuma, Sean M. Richards, Hans Sanderson, Paul K. Sibley-Paul, J. van den Brink. 2008, 286 p.
2. *Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology*. Leo Posthuma, Glenn W. Suter II, Theo P. Traas, Lewis publishers, 2002 by CRC Press LLC, 579 p.
3. *Baas Jan, Tjalling Jager, Bas Kooijman*, Understanding toxicity as processes in time. *Science of the Total Environment* 408 (2010) 3735–3739.

## BIOASSAY WITH ENCHYTRAEIDAE IN THE CONTEXT OF THE ASSESSMENT OF ECOTOXICOLOGICAL STATUS OF THE SOIL

A. P. Baranov ORCID: 0000-0001-8857-6693;

M. I. Lunev ORCID: 0000-0001-5751-5281

ARSRI for Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikova

A modification of the bioassay with enchytraeidae to assess the ecotoxicological status of the soil. A new test reaction of experimental organisms is included in the standard Biotest with enchytraeids, which assesses soil toxicity by changing the activity of enchytraeids in the process of processing soil organic matter. The activity of enchytraeids in turn, is determined by the increase of microbial mass of the studied soil sample. Comparative analysis showed a higher correlation coefficient of this test reaction in comparison with the survival rate of enchytraeids.

УДК 633.11 [631.631:631.445.4 (571.1)]

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ПОД ЯРОВУЮ ПШЕНИЦУ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Г. Шмидт<sup>1,2</sup>, И.А. Бобренко<sup>1</sup>, д.с.-х.н., Н.К. Трубина<sup>1</sup>, к.с.-х.н., Н.В. Гоман<sup>1</sup>, к.с.-х.н.,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, [agsch@mail.ru](mailto:agsch@mail.ru)  
89503380900, E-mail: [bobrenko67@mail.ru](mailto:bobrenko67@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБУ ЦАС «Омский», 644012, г. Омск-12, проспект Королева, 34, факс 77-56-84,  
E-mail: [krasnitsky@omsknet.ru](mailto:krasnitsky@omsknet.ru)

Исследования проводили на опытном поле и кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ в 2015-2018 гг. с пшеницей яровой сорта Дуэт на лугово-черноземной почве. Содержание в слое почвы 0-20 см перед посевом  $N-NO_3$  – 2,32-7,10 мг/кг,  $P_2O_5$  – 90-125,  $K_2O$  – 250-360 мг/кг. В исследованиях все варианты применения помета позволили получить достоверное увеличение урожайности зерна пшеницы яровой как в действии, так и в последствии первого года. Наиболее эффективная доза помета в первый год действия – 16 т/га – прибавка зерна составила 0,74 т/га, или 29,9 % к контролю. В первый год последствия от доз 12-20 т/га увеличение урожайности составило 0,63-0,66 т/га (27,15-28,44 %) к варианту без применения помета. Максимальное количество сырого протеина содержалось в зерне при действии дозы 20 т/га – 18,5% (на контроле 17,5%). В экспериментах установлены: окупаемость помета дополнительным урожаем, коэффициенты действия помета на химический состав почвы, азот нитрификации, затраты элементов питания на создание 1 т зерна, количество элементов питания, вносимых с 1 т помета, коэффициенты использования элементов из почвы и помета.

Ключевые слова: пшеница яровая, удобрение, помет, качество, урожайность.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.111.14

Перевод птицеводства на промышленную основу позволил создать мощные механизированные предприятия с равномерным производством птицеводческой продукции. Одновременно высокая концентрация птиц на крупных птицефабриках приводит к ежегодному накоплению помета. На птицефабриках и в специализированных хозяйствах Западной Сибири ежегодно накапливается свыше 10 млн т птичьего помета. Только в Омской области, с учетом поголовья птицы, накапливается до 1,5 млн т помета, преимущественно в вязко-сыпучей форме [1, 2].

Решение проблемы сельскохозяйственной утилизации помета обеспечивает улучшение экологической обстановки окружающей среды, повышение плодородия почв и урожайности возделываемых культур [3-5]. При этом птичий помет отличается высоким содержанием питательных веществ (макро- и микроэлементов), что определяет ценность его как органического удобрения [6-9].

Цель исследований – изучить действие и последствие куриного помета на продуктивность пшеницы яровой в условиях лесостепи Западной Сибири.

**Методика.** Исследования проводили в 2015-2018 гг. на лугово-черноземной маломощной среднегумусовой тяжелосуглинистой почве с пшеницей яровой сорта Дуэт на опытном поле Омского ГАУ. Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение вариантов систематическое. Агротехника общепринятая в зоне. Содержание в почве перед посевом  $N-NO_3$  в слое 0-20 см – 2-7 мг/кг,  $P_2O_5$  – 90-125,  $K_2O$  – 250-360 мг/кг. Применяли куриный подстилочный помет, с каждой тонной помета вносили 35,2-40,7 кг азота, 21,4-25,3 фосфора и 11,2-12,3 кг калия.

**Результаты и их обсуждение.** В проведенных полевых исследованиях установлено, что, применение птичьего помета положительно повлияло на продуктивность изучаемой культуры (табл. 1). За годы эксперимента пшеница яровая в контрольном варианте в среднем сформировала урожайность 1,86 т/га, а при внесении подстилочного помета – 2,04-2,68 т/га. Все изучаемые дозы этого удобрения позволили получить достоверные прибавки урожайности зерна.

Следует отметить, что с увеличением вносимых доз возрастала и урожайность зерна пшеницы яровой. Бо-