

## ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ШЛАМОВ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА РАННИЙ РОСТ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Михайлова С. И., Зотикова А. П., Зуева Т. И., Сурнина Е. Н., Астафурова Т. П., Моргалев Ю. Н.

ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия (634050, Томск, пр. Ленина, 36), e-mail: mikhailova.si@yandex.ru

Приведены результаты фитотестирования высокодисперсных шламов с высоким содержанием железа. В лабораторных условиях изучен рост трех зернобобовых культур (*Pisum sativum* L., *Phaseolus vulgaris* (L.) Savi, *Glycine hispida* Max.) под влиянием разных концентраций шламов (1 % и 10 %) с использованием планшетного метода проращивания семян на двух средах (водной и почвенной). Учитывались следующие морфометрические параметры проростков: высота, длина корня, масса надземная, масса корня. Установлено, что исследованный металлургический шлак оказывает различное влияние на рост зернобобовых культур на начальных этапах онтогенеза, причем наиболее отзывчивым объектом явился горох, наименее – соя. В почвенной культуре установлено стимулирующее влияние 1 %-ного шлама на проростки гороха, в то время как 10 %-ный шлак угнетал рост гороха и фасоли. Выявлено различие в биоэффектах при проращивании семян зернобобовых культур на двух культивационных средах (вода и почва), содержащих высокодисперсные шламовые отходы.

Ключевые слова: высокодисперсные шламы черной металлургии, тяжелые металлы, фитотестирование, зернобобовые культуры.

## INFLUENCE OF HIGH DISPERCED METALLURGIC WASTE SLIMES ON INITIAN STAGE OF GROWTH OF CORN-BEAN CROPS

Mikhaylova S. I., Zotikova A. P., Zueva T. I., Surnina E. N., Astafurova T. P., Morgalev Y. N.

Tomsk State University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin's prospectus, 36), e-mail: mikhailova.si@yandex.ru

In the article are presented the results of phytotesting of high dispersed waste slime with increased content of iron. In laboratory conditions have been investigated the growth of three types of corn-bean crops: *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Glycine hispida* under influence of different concentrations of waste slime (1% and 10%) with use of planetable method of couching of seeds on two types of substrates (water and soil). The following morphometric parameters of seedlings have been considered: height, length of root, above ground mass, root mass. It was found that investigated metallurgical slime has different influence on growth of corn-bean crops during initial stages of ontogenesis. The most sensitive object was *Pisum sativum*, the least – *Glycine hispida*. On soil substrates it was revealed a stimulant effect of 1% slime on seedlings of *Pisum sativum*. At the same time 10% slime depressed growth of *Pisum* and *Phaseolus*. It was revealed difference in slime's bio effects on couching of corn-bean crops on two types of substrates (water and soil) contained high dispersed slime waste.

Key words: high dispersed slimes of black metallurgy, heavy metals, phytotesting, corn-bean crops.

### Введение

Проблема загрязнения окружающей среды на территории РФ в результате накопления большого объема разнообразных отходов черной металлургии требует разработки современных технологий их утилизации, в том числе с использованием биоконверсии. Содержащиеся в металлургических отходах тяжелые металлы, в силу их цитотоксического, мутагенного и канцерогенного действия, считаются главными загрязнителями окружающей среды [4]. В условиях роста техногенной нагрузки на окружающую среду все более актуальными становятся вопросы оценки влияния высокодисперсных компонентов металлургических шламов на растения с целью разработки способов биологической

утилизации отходов и получения перспективных экономически доступных и безопасных для человека и окружающей среды продуктов.

Эффективным методом оценки потенциальной опасности техногенных отходов является биотестирование. Так, например, фитотестирование широко используется как способ токсикологической оценки сред и прием оценки токсичности или биоактивности различных материалов, химикатов, промышленных отходов. Особую востребованность биотесты получили в новой сфере – интенсивно развивающейся технологии для оценки биобезопасности наноматериалов [3, 1, 6].

Цель работы – изучение влияния высокодисперсных шламовых образований металлургии на морфометрические показатели растений зернобобовых культур на ранних этапах развития.

### **Материал и методика**

Исследование проводили на проростках семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.), сорта Новосибирец; фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* (L.) Savi), сорта Бийчанка и сои (*Glycine hispida* Max.), сорта СибНИИК 315. В работе использован доменный шлак из шламонакопителей Череповецкого металлургического комбината. Исследованный шлак имеет в своем составе следующие элементы: Fe – от 50 до 55 масс. %, Cr – около 8 масс. %, Ca – более 4 масс. %, Zn – более 4 масс. %, Al – более 2 масс. %, S – более 2 масс. %. Содержание остальных элементов в шламе менее 1 масс. %. Данные химические элементы содержатся в виде различных соединений – оксидов, сульфидов и т. д. Так, основной элемент – железо, содержится в виде оксида Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Так же в виде оксидов содержатся кремний (SiO<sub>2</sub>), алюминий (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и цинк (ZnO). При пересчете на оксиды содержание оксида железа составляет около 60 %.

В методике использована современная технология фитотестирования в прозрачных пластиковых двухкамерных планшетах, которая позволяет проанализировать как прямое, так и опосредованное действие анализируемых веществ [5]. Семена тест-растений проращивали двумя способами: на подложке из фильтровальной бумаги и на референтной почве. В каждом опыте испытывали две концентрации исходного шлама (ШИ 1 % и ШИ 10 %), в качестве контроля служила дистиллированная вода. Приготовленные планшеты инкубировали в термостате в условиях, соответствующих ГОСТу 12038–84 [2].

Оценку влияния шлама на проростки зернобобовых культур проводили по четырем морфометрическим параметрам: высота, длина корня, масса надземная (сырая), масса корня (сырая). Критерием вредного воздействия исследуемых проб вещества или сложной смеси веществ считается уменьшение размерных и весовых параметров тест – растений, а стимулирующего воздействия – увеличение исследуемых параметров. Статистическая

обработка данных проведена с помощью пакета Statistica 8. В таблицах представлены средние арифметические значения в форме «среднее ± ошибка среднего». Достоверными считали различия с вероятностью ошибки  $p$ , не превышающей 0,05.

### Результаты и обсуждение

Проращивание семян трех видов зернобобовых культур на планшетах с использованием разных субстратов (воды и почвы) показало, что обе концентрации шлама проявили биоактивность по отношению к испытанным тест-растениям. Наиболее отзывчивым растением оказался горох, менее отзывчивым – соя. Однако полученные результаты в двух видах опытов (водная и почвенная культура) существенно отличаются.

При выращивании на водной культуре у гороха отмечалось максимальное количество биоэффектов, причем во всех случаях достоверных изменений параметров наблюдались превышения показателей по сравнению с контролем (таблица 1, рисунок 1, 2).

Таблица 1. Влияние исходного шлама на морфометрические показатели гороха

Показатели	Водная среда			Почва		
	Контроль	ШИ 1 %	ШИ 10 %	Контроль	ШИ 1 %	ШИ 10 %
Высота проростка, мм	69,2±7,2	106,7±7,3*	101,5±8,9*	98,9±8,8	120,0±7,7*	84,4±11,3
Длина корня, мм	99,9±8,1	130,3±4,6*	106,6±10,7	110,3±9,3	131,8±8,2*	119,6±8,0
Масса надземная, мг	227±22	352±23*	346±27*	335±40	375±21	235±31*
Масса корня, мг	254±11	254±18	261±20	239±22	316±17*	218±19*

Низкая концентрация шлама стимулировала все параметры проростков гороха за исключением массы корня. Например, высота проростка и надземная масса увеличивались более чем на 50 %, а длина корня – на 30 %. Добавление к водной среде 10 %-го шлама также способствовало значительному (на 46–52 %) увеличению параметров надземной части. Однако высокая концентрация шлама не повлияла на рост корня.

При выращивании гороха на почвенном субстрате с добавлением 1 %-го шлама также наблюдалась стимуляция параметров, только в данном опыте лучше реагировала корневая система проростка: размерные параметры увеличивались на 20 %, а масса корня – на 32 %. Повышение концентрации вносимого в почву шлама вызвало снижение массы проростков гороха, особенно надземной части (на 30 %).

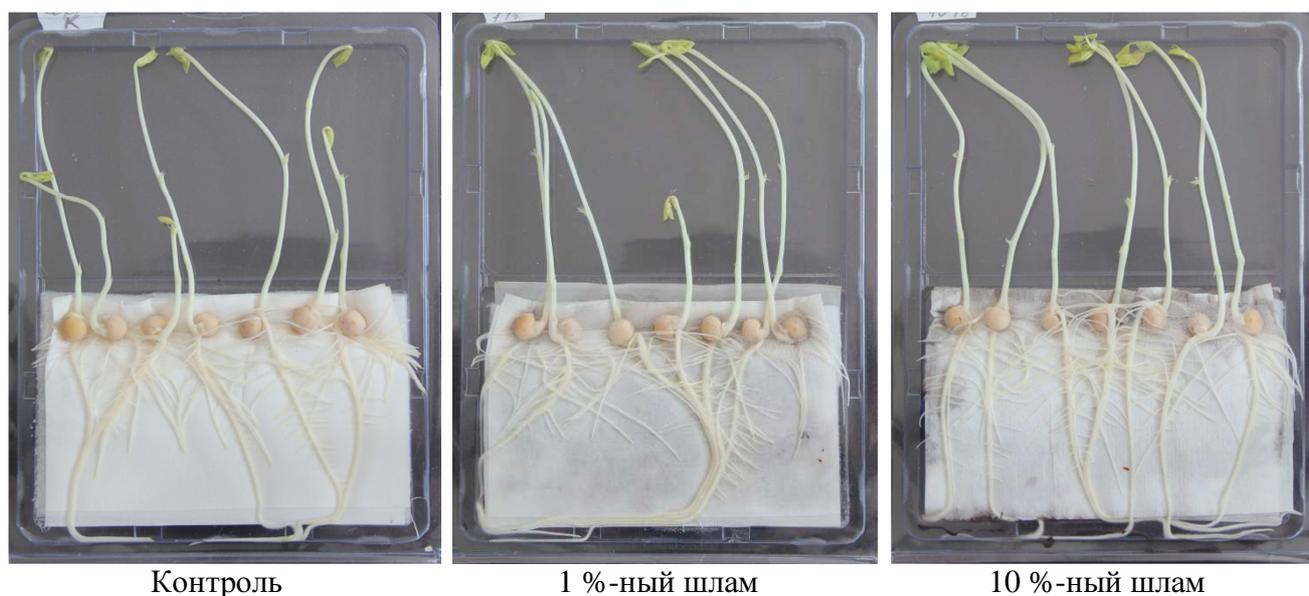


Рисунок 1. Влияние исходного шлама на проращивание гороха в водной среде

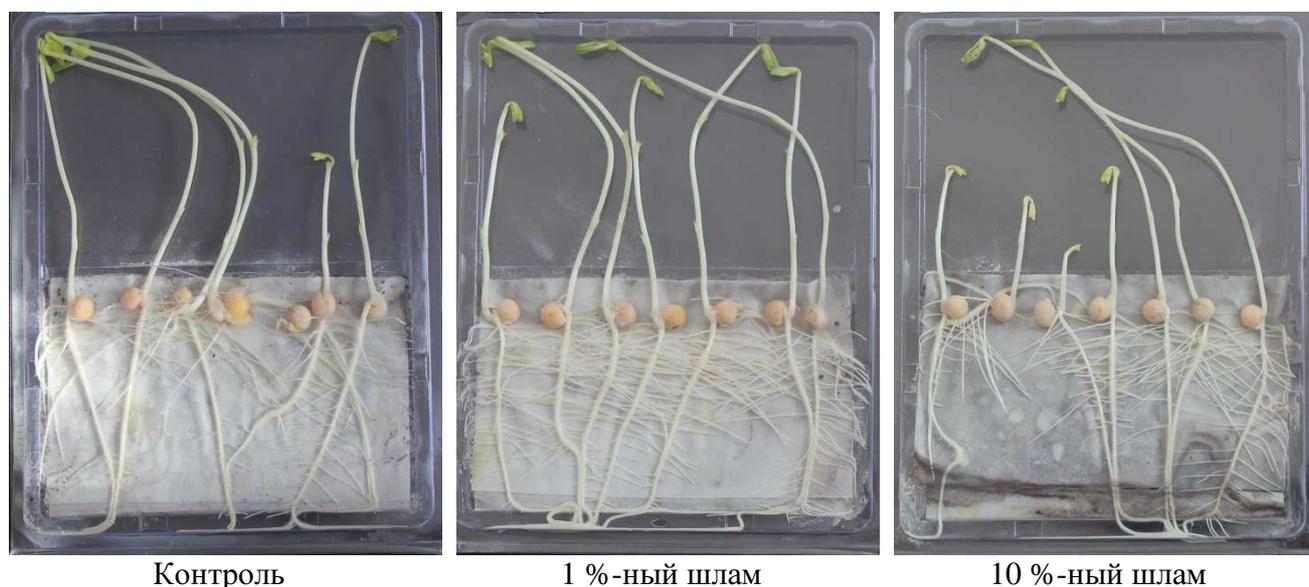


Рисунок 2. Влияние исходного шлама на проращивание гороха в почве

У фасоли, культивируемой на водной среде, при добавлении исходного шлама высокодисперсных металлургических отходов достоверно возрастали некоторые ростовые и весовые параметры проростков (таблица 2). Более отзывчивыми оказались такие параметры, как высота и масса проростка. Причем по сравнению с горохом у фасоли отмечено увеличение показателей с повышением концентрации вносимого шлама. Так, высота проростков увеличивается в варианте на 36,5 % и 68 % (соответственно в вариантах с 1 %-ной и 10 %-ной концентрацией), а сырая надземная масса на 17 % и 35 %.

Таблица 2. Влияние исходного шлама на морфометрические показатели фасоли

Показатели	Водная среда	Почва
------------	--------------	-------

	Контроль	ШИ 1 %	ШИ 10 %	Контроль	ШИ 1 %	ШИ 10 %
Высота проростка, мм	53,7±2,9	73,3±6,8*	88,7±7,3*	68,4±13,8	49,9±8,1	50,0±8,3
Длина корня, мм	116,9±4,9	128,1±3,2	110,1±5,4	101,9±5,1	110,9±10,6	106,4±5,3
Масса надземная, мг	1282±39	1503±62*	1733±65*	1261±99	1272±68	1033±81*
Масса корня, мг	432±22	467±20*	508±34*	374±30	329±25	287±56*

При проращивании фасоли на почвенном субстрате в варианте с низкой концентрацией шлама не обнаружено достоверных отличий от контрольных показателей, хотя есть тенденция снижения ряда параметров (высоты проростка и массы корня). При добавлении в почву 10 % шлама, как и у гороха, наблюдается угнетение весовых параметров проростков фасоли.

Менее отзывчивым растением оказалась соя, причем это было отмечено при проращивании и на водной, и на почвенной среде. При тестировании на водной среде наблюдается некоторое уменьшение всех параметров роста по мере увеличения концентрации вносимого шлама, но достоверные отличия установлены лишь для высоты проростка, которая снижается на 30 % (таблица 3).

Таблица 3. Влияние исходного шлама на морфометрические показатели сои

Показатели	Водная среда			Почва		
	Контроль	1 %-ный шлам	10 %-ный шлам	Контроль	1 %-ный шлам	10 %-ный шлам
Высота проростка, мм	89,6±9,0	75,1±8,8	62,6±8,2*	63,8±13,6	86,5±10,2	68,4±11,1
Длина корня, мм	126,6±6,3	122,3±7,5	101,6±11,3	98,3±13,4	110,5±1,29	92,1±10,7
Масса надземная, мг	678±52	593±32	579±33	535±65	611±44	539±45
Масса корня, мг	183±10	172±8	162±14	120±15	166±18*	127±13

При проращивании сои на почвенном субстрате, наоборот, отмечена тенденция увеличения высоты проростков, особенно при добавлении 1 %-го шлама, но различия достоверны лишь для массы корня.

### **Заключение**

Установлено, что исследованный металлургический шлам оказывает различное влияние на рост и развитие зернобобовых культур на начальных этапах онтогенеза. Форма исходного субстрата при тестировании отходов черной металлургии путем проращивания зернобобовых культур играет большую роль при оценке влияния шлама на ранний рост растений. Выявлено различие в биоэффектах при выращивании проростков зернобобовых культур на водной и почвенной культивационных средах, содержащих высокодисперсные

шламовые отходы. При культивировании растений на водной среде обнаружено больше положительных эффектов по сравнению с почвенными культурами.

Установлена видоспецифичность в ответах исследованных тестовых растений. Среди изученных видов наиболее отзывчивым явился горох, наименее отзывчивой – соя.

В водной культуре добавление шлама в концентрациях 1 % и 10 % оказывает стимулирующее влияние на проростки гороха и фасоли. В почвенной культуре установлено стимулирующее влияние низкой концентрации шлама на проростки гороха, в то время как 10 %-ный шлам угнетал рост проростков гороха и фасоли. При проращивании семян сои в водной культуре отмечено угнетение высоты проростков при добавлении 10 %-го шлама, а в почвенной культуре – стимуляция массы корня под влиянием 1 %-го шлама.

Таким образом, одним из способов биоконверсии и рециклинга высокодисперсных металлургических шламов может явиться использование их в качестве стимуляторов проращивания зернобобовых культур, причем наиболее целесообразным является замачивание семян в водных суспензиях шламов.

*Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (ГК № 14.512.12.0003).*

### Список литературы

1. Астафурова Т. А., Моргалёв Ю. Н., Боровикова Г. В., Зотикова А. П., Верхотурова Г. С., Зайцева Т. А., Постовалова В. М., Цыцарева Л. К. Изучение фитотоксичности наночастиц бинарных соединений алюминия и кремния // Нанотехника. – 2011. – № 3 (27). – С. 81-88.
2. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 28 с.
3. Лисовицкая О. В., Терехова В. А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. – № 1. – Вып. 13. – С. 1-18.
4. Лянгузова И. В. Промышленное загрязнение окружающей среды (краткий обзор проблемы) // Проблемы экологии растительных сообществ. – СПб.: ООО «ВВМ», 2005. – С. 23-27.
5. Методика измерений биологической активности гуминовых веществ методом фитотестирования «Фитоскан». Биологические методы контроля ФР. 1.31.2012.11560. – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012. – 19 с.
6. Моргалёв Ю. Н., Астафурова Т. П., Боровикова Г. В., Зотикова А. П., Зайцева Т. А., Постовалова В. М., Верхотурова Г. С., Моргалёва Т. Г. Аккумуляция наночастиц платины в

растениях пшеницы и гороха и особенности их морфологических изменений // Нанотехника. – 2012. – № 3 (31). – С.81-86.

**Рецензенты:**

Кулижский Сергей Павлович, доктор биологических наук, директор Биологического института, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.

Терещенко Наталия Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологической и сельскохозяйственной биотехнологии Биологического института, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.