

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ *LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.**

**Сучкова С. А., Астафурова Т. П., Боровикова Г. В., Верхотурова Г. С.,  
Постовалова В. М., Моргалев Ю. Н.**

*ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия (634050, Томск, пр. Ленина, 36), e-mail: suchkova.s.a@mail.ru*

Изучено влияние высокодисперсных шламовых отходов металлургии в виде водных суспензий шлама исходного на рост и развитие томата культурного (*Lycopersicon esculentum* Mill.). На начальных стадиях онтогенеза при внесении в планшеты с почвой суспензий с концентрацией шлама 1 и 10 % концентрациях тормозится рост как надземной части, так и корневой системы томата. Обработка корневой системы 40-дневной рассады томата шламом исходным (концентрация 1, 10, 20 %) в течение 3-х дней также отрицательно влияет на развитие вегетативных и генеративных органов. При проращивании семян в планшетах с почвой учитывались следующие параметры: высота проростков, длина корня, масса надземная, масса корня. При выращивании рассады учитывались следующие морфометрические параметры: высота проростков, количество листьев, диаметр стебля, цветочные кисти, количество бутонов.

Ключевые слова: томат культурный, высокодисперсные шламовые отходы, проращивание семян, рост и развитие.

## **INFLUENCE OF HIGH DISPERCED METALLURGIC WASTE SLIMES ON GROWH AND DEVELOPMENT OF LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.**

**Suchkova S. A., Astafurova T. P., Borovikova G. V., Verkhoturova G. S., Postovalova V. M.,  
Morgalev Y. N.**

*FGOU VPO "National research Tomsk state university", Tomsk, Russia (634050, Tomsk, av. Lenina, 36), e-mail: suchkova.s.a@mail.ru*

An influence of high dispersed metallurgic waste slimes in form of water suspension of original slime on growth and development of cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) have been investigated. During initial stages of ontogenesis (after treating of experimental planetables by suspensions with concentrations 1 and 10%) the growth of above ground and underground parts (roots) of tomato is impeded. The treating of root system of 40-days seedlings of tomato plants by original slime (concentrations 1, 10 and 20%) during 3 days also had negative influence on development of vegetative and generative organs. Seed germination in the plates with the soil into account the following parameters: the height of seedlings, root length, mass aerial, root mass. When growing seedlings into account the following morphometric parameters: Seedling height, number of leaves, stem diameter, flower brushes, the number of buds.

Key words: cultivated tomato, high dispersed slime waste, couching of seeds, growth and development.

### **Введение**

В настоящее время активно проводятся исследования влияния высокодисперсных шламовых образований металлургии на рост и развитие растений с целью определения возможных методов утилизации отходов или дальнейшего их использования в качестве удобрений или стимуляторов роста. Имеются данные, свидетельствующие о стимулирующих свойствах нанопорошков ряда металлов при использовании их для обработки семян сельскохозяйственных культур перед посевом. Показано положительное влияние нанопорошков железа на зерновые, кормовые, технические культуры и корнеплоды. Рост продуктивности злаковых культур из семян, обработанных суспензиями нанокристаллических металлов железа, кобальта и меди, объясняется активацией

физиологических и биохимических процессов как в прорастающем семени, так и в растении, развившемся из него [4]. Стимулирующий эффект окислов железа был также установлен в полевом опыте при опрыскивании вегетирующих растений сои: прибавка урожая составила 48 % [8]. Другому элементу – цинку принадлежит важная роль в нуклеиновом обмене, процессах транскрипции, стабилизации нуклеиновых кислот, белков и компонентов биологических мембран [3]. Однако при очень высоком содержании этих металлов в почвах наблюдается хлороз молодых листьев, снижается усвоение меди и железа. Накапливаясь в большой концентрации, тяжелые металлы тормозят рост, увеличивают проницаемость мембран, изменяют процессы вакуолизации цитоплазмы, повреждают процесс сборки микротрубочек, тормозят синтез ДНК, ингибируют процессы фотосинтеза и оттока ассимилятов и др. Механизм биологического воздействия наночастиц металлов при обработке семян сельскохозяйственных растений до конца не изучен. Данные относительно влияния соединений различных металлов на скорость прорастания семян, рост корней и надземной части растений, крайне противоречивы либо трудно сопоставимы как по дозам и размерности наночастиц, так и по видам растений [7, 6, 1].

Цель настоящей работы заключалась в выявлении влияния высокодисперсных шламовых отходов металлургии на рост и развитие растений томата в зависимости от стадии онтогенеза.

### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследования являлся томат культурный (*Lycopersicon esculentum* Mill.), сорт Карамелька. Эксперименты проводили в лабораторных условиях на планшетах и в вегетационных сосудах в защищенном грунте.

Проращивание семян томата осуществлялось в специальных планшетах [5] при строго регулируемых факторах выращивания на почвенных субстратах, содержащих различные концентрации шламовых отходов. В почвенной культуре томата нижнюю часть пластины планшетов заполняли почвой (70 % песка, 10 % торфа, 20 % каолина) и закрывали двумя слоями фильтровальной бумаги. Суспензии шламовых отходов медленно рассеивали по всей поверхности планшета из шприца (35 мл) до полного увлажнения почвы. На верхнюю часть фильтровальной бумаги, на расстоянии около 1 см от середины выступа тестовой пластины помещали 10 семян томата в один ряд на равном расстоянии друг от друга. В почвенной культуре рН среды – 7. Планшеты помещали в термостат при температуре 25 °С на 10 суток [2].

Для определения эффективных концентраций шламов при выращивании томатов в вегетационных сосудах использовали 40 дневную рассаду. Перед пикировкой растения выдерживали в растворах шламов 3 дня, в контроле – в дистиллированной воде. Пикировку

рассады осуществляли в сосуды для выращивания объемом 500 мл, объем почвы 400 г. В качестве почвы использовали почвенную смесь из торфа (70 %) и перегноя (30 %), pH среды – 6,5. Растения выращивали в теплице при температуре воздуха днем 23...28 С, ночью 14...15 °С, минимальная освещенность в пасмурную погоду составляла 110 элк, в солнечную была значительно выше. Температура почвы в сосудах 18...19 °С. Влажность почвы 85 % ПВ, влажность воздуха 90 %. Необходимый микроклимат устанавливали с помощью опрыскиваний, поливов и проветриваний. Уход за растениями в сосудах заключался в рыхлении, поливах и прополках.

В данной работе использовались доменные шламы из шламонакопителей Череповецкого металлургического комбината. Проведенный нами рентгенофлуоресцентный анализ показал, что исследованный шлак имеет в своем составе следующие элементы (в масс.%): железо – от 50 до 55, кремний – около 8, кальций – более 4, цинк – более 4, алюминий – более 2, сера – более 2. 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  $Fe_2O_3$ . В опыте на планшетах использовали водные растворы шлама исходного (ШИ) в концентрации 1 и 10 %, в вегетационных сосудах – шлак исходный в концентрации 1, 10 и 20 %, имеющие в своем составе ультрадисперсную (нано) составляющую.

Для морфометрических измерений выборка составляла 40–50 растений. 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 исследования и их обсуждение**

При проращивании семян томата в планшетах на почве исследовали влияния высокодисперсных шламовых отходов по изменению ростовых параметров: высота проростка, длина корня и весовых показателей сырой массы (надземная часть и масса корня) (рис.1, табл.1).

При культивировании растений томата с использованием почвы в планшетах обнаружен отрицательный эффект. Внесение шлама исходного 1 и 10 % в почву приводит к снижению высоты проростков на 26,0–29,0 %, длины корня – на 15,1 – 6,6 %. Сырая надземная масса проростков уменьшилась на 38,0,0–40,0 %, а массы корня на 20,0–40,0 %.



Контроль

ШИ 1%

ШИ 10%

Рисунок 1. Прорастание семян томата в опыте со шлагом исходным (4-е сутки от начала эксперимента)

Таблица 1. Влияние разных концентраций шлага исходного на морфометрические показатели томатов, культивируемых на почве в планшетах

Показатели	Контроль (вода)	Концентрации шлага исходного, %	
		1	10
Высота проростка, мм	101,9±5,9	75,4±7,7*	72,3±5,6*
Длина корня, мм	61,7±2,0	52,4±5,8*	57,6±3,3
Масса надземная, мг	5,0±0,1	3,1±0,3*	3,0±0,2*
Масса корня, мг	5±0	4±0,2*	3±0*

Примечание: в данной таблице знаком \* отмечены достоверные отличия в опытных вариантах по сравнению с контролем

Подобный результат обнаружен и при воздействии шлага исходного на рассаду томатов. Обработка корневой системы томата перед пикировкой отрицательно повлияла на рост и развития растений во всех вариантах опыта. С начала эксперимента и до его завершения отчетливо проявлялось угнетение растений по сравнению с контролем (рис. 2, табл. 2).



Рисунок 2. Угнетение растений томатов при обработке корневой системы шламом исходным (10 и 20 %-ой концентрации)

Высота контрольных растений составила в среднем 30,25 см, что свойственно сорту. В вариантах со шламом исходным (1, 10 и 20 %) высота варьировала от 12,50 до 14,50 см, т.е. уменьшилась почти в 2 раза. Количество листьев уменьшилось на 42,9–52,4 %, диаметр стебля на 10–20 % . У 60 дневной рассады, несмотря на то, что сорт раннеспелый, цветочные кисти образовались только в контроле.

Таблица 2. Влияние обработки исходным шламом на морфометрические параметры развития рассады томата

Показатели	Контроль (вода)	Концентрация шлама исходного,%		
		1 %	10 %	20 %
Высота растения, см	30,25±1,25	12,50±0,50	14,50±0,50	14,00±1,00
Количество листьев, шт.	10,50±0,50	5,00	5,00	6,00
Диаметр стебля, мм	5,0	4,5±0,05	4,5±0,05	4,0
Цветочные кисти, шт.	1,0	-	-	-
Количество бутонов, шт.	6,00	-	-	-

В период эксперимента при воздействии водных растворов шлама исходного в концентрации 1 и 10 % на проростки и вегетирующие растений томата (концентрации от 1 до 20 %) обнаружено негативное влияние на морфометрические параметры развития.

## **Заключение**

Таким образом, проведенные исследования выявили, что влияние высокодисперсных шламовых отходов на растения томата зависит от возраста растений и концентрации отходов. Так, в начальные стадии онтогенеза при внесении отходов в почву в концентрациях 1 % и 10 % тормозится рост, как надземной части, так и корневой системы. Обработка корневой системы томата на стадии 40-дневной рассады высокодисперсными шламовыми отходами в течение 3-х дней также отрицательно повлияла на развитие вегетативных и генеративных органов.

Не рекомендуется использовать культивационные среды и почвы с добавлением высокодисперсных металлургических шламов при проращивании семян и выращивании рассады томатов. Дополнительного исследования требует предположение о возможном распространении этого вывода на другие пасленовые, в том числе – на картофель.

*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. Квесидзе Г. И., Хатисашвилт Г. А., Садунишвили Т. А., Евстигнеева З. Г. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. – М.: Наука, 2005. – 200 с.
4. Коваленко Л. В., Фолманис Г. Э. Биологически активные нанопорошки железа. – М.: Наука, 2006. – 124 с.
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. Халитов Н. Г., Ряховский А. В. Экологическая оценка качества растениеводческой продукции в степной зоне Южного Урала // Поволжский экологический журнал. – 2003. – № 3. – С. 278–284.
7. Ma P. X. Biomimetic materials for tissue engineering // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2008. – V. 60. – P. 184–198.

8. Sheykhbaglou Roghayyeh, Sedghi Mohaammad, Tajbakhsh Shishevan Mehdi, Seyedsharifi Rauf. Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean // Notulae sci. boil. – 2010. – № 2. – P. 112–113.

**Рецензенты:**

Адам Александр Мартынович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экологического менеджмента Биологического института, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск.

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