

БИОАКОПЛЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАМА В РАСТЕНИЯХ СВЕКЛЫ

Гусев А.А.¹, Шуклинов А.В.¹, Акимова О.А.¹, Захарова О.В.¹, Васюкова И.А.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина», Тамбов, Россия (392000, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33), e-mail: nanosecurity@mail.ru

Проведено электронно-микроскопическое исследование живой ткани растений свеклы, подверженных воздействию высокодисперсных отходов в виде металлургического шлама. Установлено, что в тканях растения свеклы, выращенной в присутствии металлургического шлама в концентрации 0,01 и 10%, было зафиксировано биологическое накопление металлов никеля (Ni) и алюминия (Al), при этом с ростом концентрации шлама содержание искомых металлов увеличивается. Процесс биоаккумуляции данных металлов наблюдается как в корневых частях растений, так и в листьях. Однако следует отметить, что в листьях содержание как Ni, так и Al выше приблизительно на 50%, чем в корнях тех же растений.

Ключевые слова: высокодисперсные материалы, металлургические отходы, металлургические шламы, биоаккумуляция, свёкла.

BIOACCUMULATION COMPONENTS OF THE METALLURGICAL SLUDGE IN THE BEET PLANTS

Gusev A.A.¹, Shuklinov A.V.¹, Akimova O.A.¹, Zakharova O.V.¹, Vasjukova I.A.¹

¹Tambov State University n.a. GR Derzhavina, Tambov, Russia (392000, Tambov, International, 33) e-mail: nanosecurity@mail.ru

Electron microscopic examination of cells beet plants under the influence of metallurgical sludge was held. In beet plants grown in the presence of metallurgical sludge in a concentration of 0.01% and 10% was recorded bioavailability Ni and Al, wherein with increasing concentrations of the desired metal content of the sludge is increased. Process metal bioaccumulation data observed in roots and leaves, but it should be noted that the content of the leaves as Ni, Al and up about 50% than in the roots of the same plant.

Keywords: superfine materials, metal waste, metal sludge, bioaccumulation, beets.

Введение

Металлургический шлам является высокодисперсным отходом аглодоменного производства, в состав которого входит ряд металлов, таких как никель, алюминий, железо, медь и др. [3], способные накапливаться в клетках и тканях растений [4-5]. Данные элементы в небольших количествах участвуют в процессах жизнедеятельности растений, т.е. являются микроэлементами. Микроэлементы за счет своего каталитического действия позволяют растениям более эффективно использовать основные элементы питания - энергию солнца и воду, что в свою очередь положительно влияет на продуктивность растений и качество урожая. Кроме того, они входят в состав ферментов и ферментных систем, без которых невозможно протекание биохимических процессов в организме растения. Микроэлементы способны усиливать свойство тканей растения к восстановлению, что в значительной степени уменьшает поражение растений заболеваниями [2].

Методы и материалы

В ходе исследования анализировались образцы шлама ОАО «Северсталь», отобранные из золошламонакопителя № ДП ЗШН-2, к-2 в марте 2013 г. По полученным данным был проведен количественный фазовый анализ с использованием встроенного программного обеспечения. Относительные доли компонентов определялись по интенсивности пиков. В ходе исследований в образце были идентифицированы фазы оксидов железа, кремния и кальция. Помимо этого, в диапазоне углов 22-30° обнаруживается диффузное гало, которое указывает на присутствие аморфного углерода (коксовая пыль).

Таким образом, по данным рентгеновского анализа были определены четыре основные фазы, присутствующие в шламе. Надо отметить, что метод рентгеновской дифракции не обнаружил присутствие соединений достаточно тяжелого металла – цинка, что указывает на то, что они находятся в высокодисперсном состоянии.

В связи с этим для анализа шламов целесообразно использовать также и элементный анализ. Наиболее рациональным с точки зрения эффективности и экспрессности является метод рентгенофлуоресцентной спектроскопии, в связи с чем он был использован для создания методики анализа шлама.

Еще одним эффективным и исчерпывающим методом наблюдения структуры частиц шлама, во многом определяющей процессы биоконверсии при контакте с почвой или живыми объектами, является метод электронной сканирующей микроскопии. Исследование микроструктуры проводилось на электронном сканирующем микроскопе высокого разрешения Merlin (Carl Zeiss, Германия) со спектрометрами и сканирующем электронно-ионном микроскопе Neon 40 (Carl Zeiss, Германия). Пространственное разрешение прибора 2,5 нм, ускоряющее напряжение от 0,3 до 30 кВ, диапазон увеличений от x5 до x300 000, максимальный размер образца: диаметр до 200 мм, высота до 80 мм, катод LaB₆, безазотный кремний-дрейфовый SDD рентгеновский детектор X-MAX.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования позволили выявить существенные различия в химическом составе крупных и мелких частиц шлама. В частности, при интегральном анализе большого количества частиц шлама концентрация железа достигает 62% масс. Очевидно, что все железо находится в окисленной форме, что указывает на хорошее совпадение с данными рентгеновской дифрактометрии. Содержание цинка находится на уровне 9.7% масс.

Напротив, крупные частицы содержат мало соединений цинка. При этом концентрация железа и кислорода остается на близком уровне.

Таким образом, использование совмещенного электронномикроскопического и элементного анализа позволило определить химический состав шлама (табл. 1).

Таблица 1 - Результаты элементного анализа образца металлургического шлама

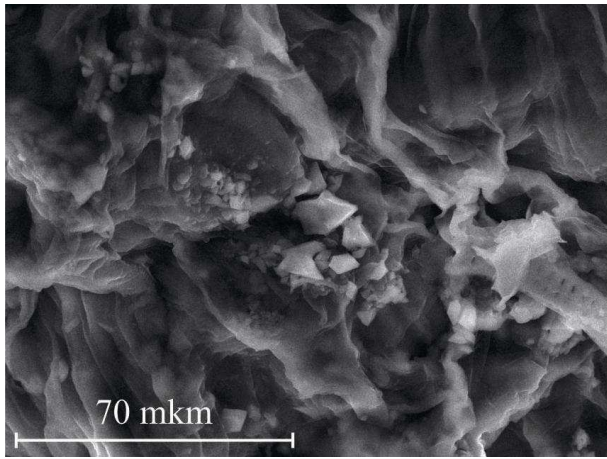
Элемент	Весовой %	Атомный %
Al	4,54	7,79
Si	11,24	18,52
S	4,40	6,35
K	0,67	0,79
Ca	6,49	7,49
Ti	0,22	0,21
Cr	0,08	0,08
Fe	62,17	51,52
Ni	0,48	0,38
Zn	9,17	6,88
Итого	100.00	100.00

Анализировались образцы свеклы кормовой, представителя класса Двудольных семейства Маревых (рис. 1-3). Кормовая свекла относится к наиболее ценным и высокоурожайным кормовым культурам. Она занимает важное место в рационах крупного рогатого скота, свиней и птицы. Хорошие кормовые качества этой культуры обуславливаются большим содержанием безазотистых экстрактивных веществ, витаминов и минеральных солей, т.е. тех веществ, которые положительно влияют на продуктивность животных. Использование корнеплодов в рационах наряду с обогащением их элементами питания стимулирует лучшее усвоение животными концентрированных и грубых кормов [1].

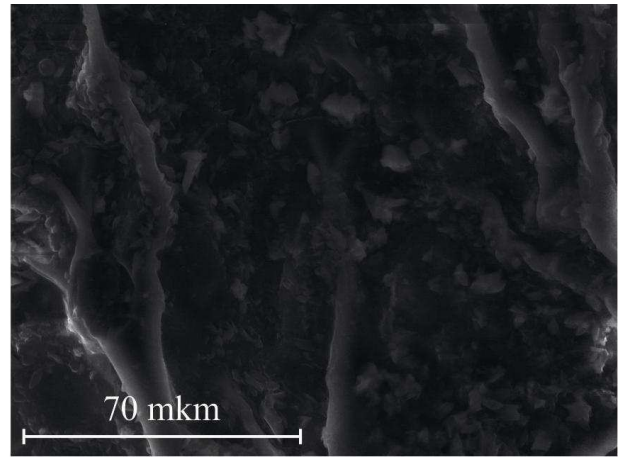
Был проведен элементный анализ и картирование химических элементов образцов гомогената корней и зеленых частей экспериментальных растений с помощью электронного сканирующего микроскопа высокого разрешения Merlin (Carl Zeiss, Германия) со спектрометрами.

Наибольший интерес представляла оценка содержания металлов в растениях.

Согласно проведенным исследованиям в экспериментальных растениях, выращенных при внесении шлама в различных концентрациях, были обнаружены два представителя металлов – Ni и Al.

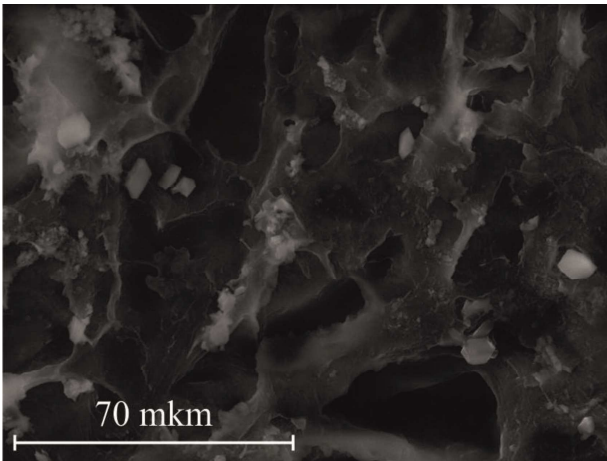


a)

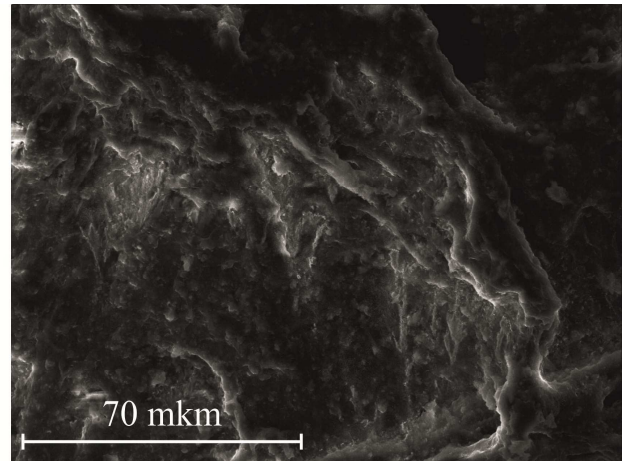


б)

Рисунок 1 - Электронные фотографии растения из контрольной группы: *a)* корень; *б)* листья.



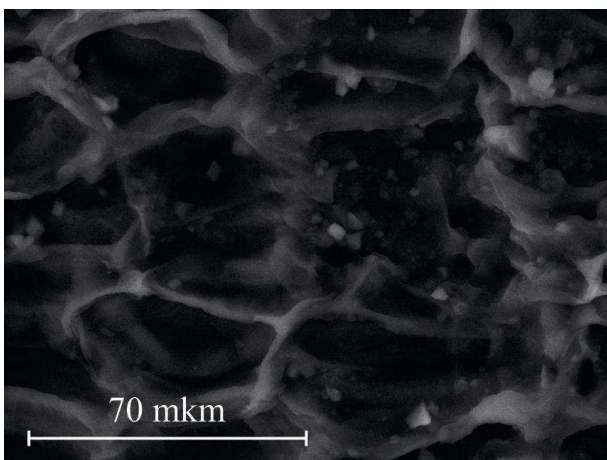
a)



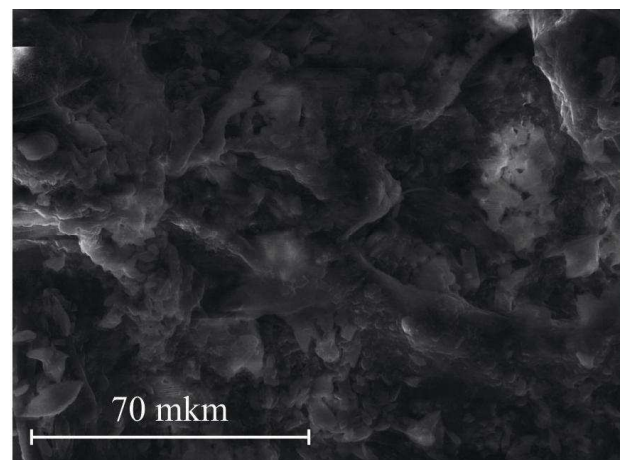
б)

Рисунок 2 - Электронные фотографии растения, получавшего шлам в концентрации 0,01%:

a) корень; *б)* листья.



a)



б)

Рисунок 3 - Электронные фотографии растения, получавшего шлам в концентрации 10%: а) корень; б) листья.

На рис. 4 представлены данные о процентном содержании Ni в корнях и листьях экспериментальных растений свеклы. Можно отметить, что в корнях содержание Ni в группе, получавшей шлам в концентрации 0,01%, немного выше, чем в группе, получавшей 10%-ный раствор. В листьях наблюдается обратная картина – в группе, получавшей шлам в концентрации 0,01%, содержание Ni значительно ниже, чем в группе, получавшей 10%-ный раствор шлама. В контрольных образцах, не экспонируемых шламом, Ni не обнаружен.

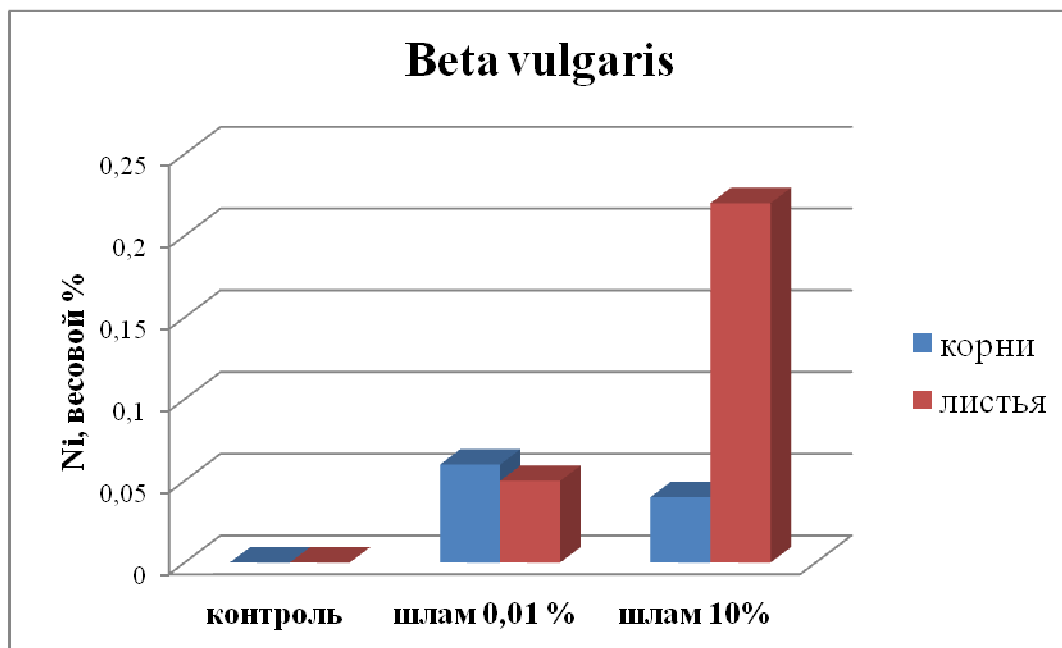
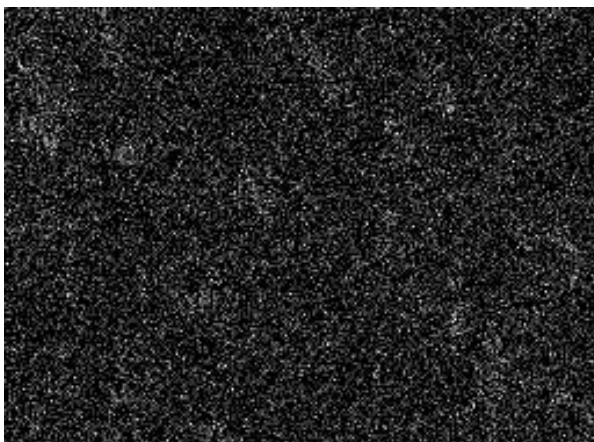
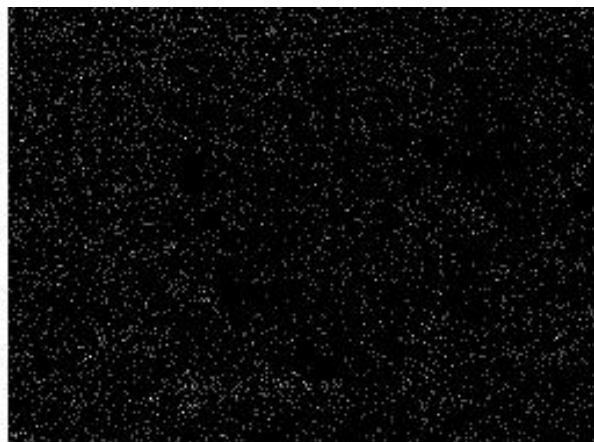


Рисунок 4 - Содержание Ni в свекле обыкновенной (Beta vulgaris).

Данные картирования характеризуются равномерным распределением Ni в тканях растений как в образцах, получавших исследуемый материал в концентрации 0,01%, так и в концентрации 10% (рис. 5, 6).



а)



б)

Рисунок 5 - Данные картирования содержания Ni в растениях, получавших шлам в концентрации 0,01%: а) корень; б) листья.

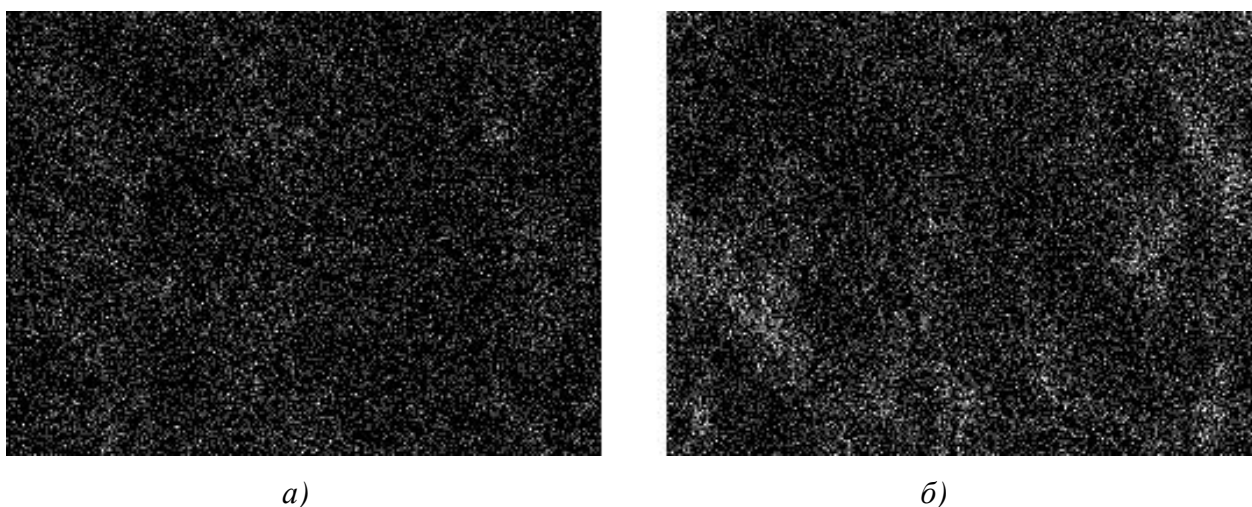


Рисунок 6 - Данные картирования содержания Ni в растениях, получавших шлам в концентрации 10%: а) корень; б) листья.

Что касается содержания Al в тех же образцах, здесь можно отметить тенденцию к увеличению его содержания с ростом концентрации исследуемого вещества. Данная тенденция сохраняется как в корнях, так и в листьях. В контрольных образцах искомый элемент не найден (рис. 7).

Данные картирования, в отличие от случая с Ni, можно охарактеризовать как равномерным распределением искомого вещества по образцу, так и наличием конгломератов, содержащих высокие концентрации элемента (рис. 8-9).

Помимо двух представителей металлов, описанных выше, в тест-объектах, обработанных шламом в концентрации 10%, были обнаружены небольшие примеси Cu и Mn, при этом содержание этих металлов в растениях, выращенных при меньшей концентрации шлама, не зафиксировано.

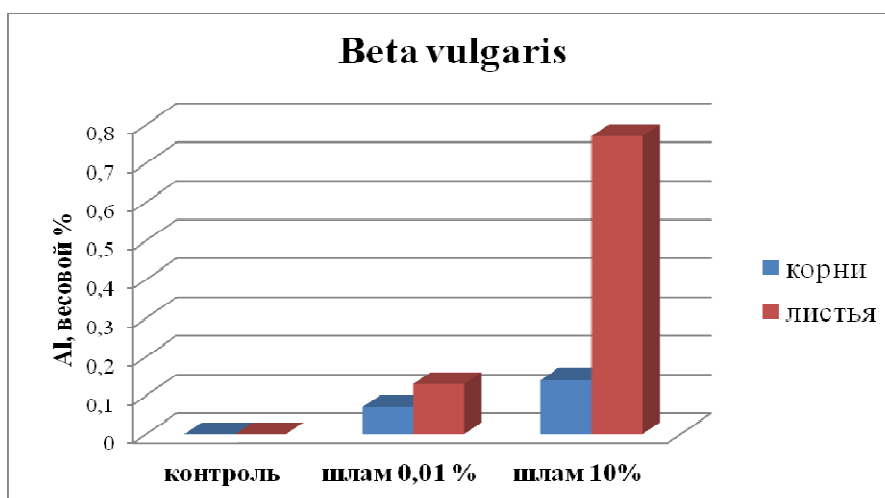


Рисунок 7 - Содержание Al в свекле обыкновенной (Beta vulgaris).

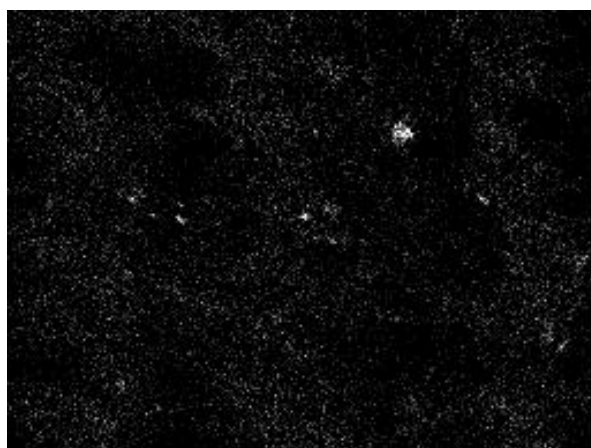


a)

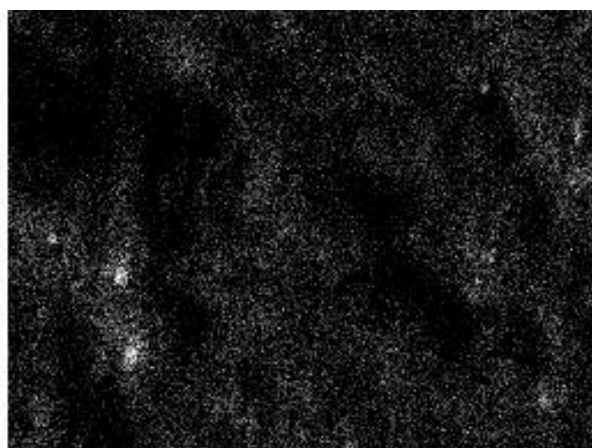


б)

Рисунок 8 - Данные картирования содержания Al в растениях, получавших шлак в концентрации 0,01%: *a)* корень; *б)* листья.



a)



б)

Рисунок 9 - Данные картирования содержания Al в растениях, получавших шлак в концентрации 10%: *a)* корень; *б)* листья.

Выводы

Таким образом, в растениях свеклы обыкновенной, выращенной в присутствии металлургического шлама в концентрации 0,01 и 10% было зафиксировано биоаккумуляция Ni и Al, при этом с ростом концентрации шлама содержание искомым металлов увеличивается. Процесс биоаккумуляции данных металлов наблюдается и в корнях, и в листьях, однако следует отметить, что в листьях содержание как Ni, так и Al выше на ~ 50%, чем в корнях тех же растений.

Данные картирования показывают, что алюминий, в отличие от никеля, который относительно равномерно распределяется по клеткам растения, проявляет склонность концентрироваться в агрегаты.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта 14.512.12.0002 от 22.02.2013 г.

Список литературы

1. Васько В.Т. Кормовые культуры России : справочник. - СПб. : ПРОФИКС, 2006. - 328 с.
2. Полевой В.В. Физиология растений. - М. : Высшая школа, 1989. - 464 с.
3. Das B. et. al. An overview of utilization of slag and sludge from steel industries / Resources, Conservation and Recycling. - 2007. - 50. - P. 40–57.
4. Min-Kyeong Yeoa, Dong-Ha Namb, Influence of different types of nanomaterials on their bioaccumulation in a paddy microcosm: A comparison of TiO₂ nanoparticles and nanotubes // Environmental Pollution. - 2013. - 178. - P. 166-172.
5. Labrecque M., Teodorescu T.I., Daigle S. Effect of wastewater sludge on growth and heavy metal bioaccumulation of two Salix species / Plant and Soil. - 1995. - 171. - P. 303-316.

Рецензенты:

Кондаков С.Э., д.фарм.н., профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов, НИТУ «МИСиС», г.Москва.

Лёвина В.В., д.т.н., профессор, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов, НИТУ «МИСиС», г.Москва.