

УДК 631.415

DOI 10.21685/2307-9150-2020-4-7

Н. П. Неведров, Г. И. Смицкая

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ УДОБРЕНИЕМ-СОРБЕНТОМ НА АНАТОМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА ГАЗОННЫХ ТРАВ¹

Аннотация.

Актуальность и цели. Загрязнение почв городских экосистем тяжелыми металлами угнетает рост газонных трав, что приводит к ухудшению их привлекательности. Авторами проведено исследование влияния применения технологий детоксикации загрязненных тяжелыми металлами почв на анатомо-морфологические показатели роста газонных трав.

Материалы и методы. В ходе лабораторного опыта исследованы изменения морфологических и анатомических параметров надземных органов газонных трав (райграс пастбищный, овсяница красная, мятлик луговой) при выращивании на загрязненном свинцом (34 ПДК) и кадмием (1,4 ПДК) урбаноземе, а также при обработке почвы удобрением-сорбентом, полученным на основе природного материала – глины келловоя (вскрышные породы Михайловского рудника) в различных дозах: 9; 18; 36 т/га.

Результаты. Влияние антропогенных загрязнителей (Pb и Cd) (21 сут) на вегетацию газонных трав в условиях лабораторного опыта не привело к статистически значимым изменениям таких морфометрических параметров надземных органов газонных злаков, как длина побега и площадь листовой пластинки. Загрязнение почв свинцом и кадмием, а также обработка почвы удобрением-сорбентом оказали значимое влияние на продукцию биомассы газонными травами. Действие удобрения-сорбента приводит к стимулированию газообмена и транспирации в растениях. Количество устьиц на листовых пластинках газонных трав при обработке почвы удобрением-сорбентом увеличивалось на 45,7–68,2 %. Изменение мезоструктуры листа (количество устьиц на единицу площади листовой пластинки) газонных трав является более индикативным параметром для определения степени загрязнения окружающей среды Pb и Cd, чем морфометрические характеристики побега.

Выводы. Удобрение-сорбент не только обеспечивало закрепление тяжелых металлов (ТМ) в почве, но и способствовало формированию в растениях защитных механизмов от избыточной их аккумуляции. Использование мезо-

¹ Работа выполнена при частичной поддержке гранта Фонда содействия инновациям, программа «УМНИК», договор (соглашение) № 15096ГУ/2020.

© Неведров Н. П., Смицкая Г. И., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

структурного подхода позволяет оценить пределы толерантности растений к загрязнению среды обитания, выявить влияние загрязнений ТМ и различных доз удобрения-сорбента на анатомо-морфологическом уровне. Внесение удобрения-сорбента в загрязненный свинцом и кадмием урбанозем позволяет повысить эффективность газообмена и транспирации газонных трав злаковых культур в 2–3,3 раза.

Ключевые слова: газонная трава, глина келловая, удобрение-сорбент, тяжелые металлы, урбаноземы.

N. P. Nevedrov, G. I. Smitskaya

THE IMPACT OF FERTILIZING SORBENT TREATMENT OF SOILS POLLUTED WITH HEAVY METALS ON ANATOMIC AND MORPHOLOGICAL GROWTH PROPERTIES OF TURFGRASS

Abstract.

Background. Heavy metal soil pollution of urban ecosystems inhibits the growth of lawn grasses, which leads to a deterioration in their attractiveness. We have carried out a research that focuses on the influence of heavy metals soil pollution and the use of technologies for their detoxification on the anatomical and morphological indicators of the growth of lawn grasses.

Materials and methods. In the course of the laboratory experiment, the change in the morphological and anatomical parameters of the aboveground organs of lawn grasses (*Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*) were investigated during the treatment of urban soil polluted by Pb (34 MAC) and Cd (1,4 MAC) with a fertilizer-sorbent based on natural material – Callovian clays (overburden of the Mikhailovsky mine) in doses: 9; 18; 36 t/ha.

Results. The influence of anthropogenic pollutants (Pb and Cd) during 21 days of growing lawn grasses under laboratory conditions did not lead to statistically significant changes in such morphometric parameters of aboveground organs of lawn grasses as shoot length and leaf blade area. Soil pollution by Pb and Cd, as well as soil treatment with a fertilizer-sorbent, had a significant impact on biomass production by lawn grasses. The action of the fertilizer-sorbent stimulates gas exchange and transpiration in plants. The number of stomata on the leaf blades of lawn grasses when the soil was treated with a fertilizer-sorbent increased by 45,7–68,2 %. The change in the mesostructure of the leaf (the number of stomata per unit area of the leaf blade) of lawn grasses is a more indicative parameter for determining the degree of environmental pollution by Pb and Cd than the morphometric characteristics of the shoot.

Conclusions. Fertilizer-sorbent not only ensured the fixation of HMs in the soil, but also contributed to the formation of protective mechanisms in plants against their excessive accumulation. The use of the mesostructural approach makes it possible to estimate the limits of plant tolerance to environmental pollution, to reveal the influence of HM pollution and various doses of fertilizer-sorbent at the anatomical and morphological level. Adding a fertilizer-sorbent to urban soil polluted by Pb and Cd makes it possible to increase the efficiency of gas exchange and transpiration of lawn grasses by 2–3,3 times.

Keywords: lawn grass, clay Callovian, fertilizer is a sorbent, heavy metals, urbanozem.

Введение

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) является одной из приоритетных экологических проблем современности. Особенно остро данная проблема касается почв урбанизированных территорий, где хозяйственная деятельность человека интенсивно трансформирует почвенный покров. Загрязнение почв ТМ характерно как для мегаполисов и крупных промышленных центров, так и для малых провинциальных городов России [1–6]. Например, результаты санитарно-гигиенического мониторинга почв города Курска свидетельствовали о повышении содержания валовых форм Pb, Cd, Zn и Cu в почвах г. Курска на 13–34 % [6]. На фоне несбалансированного природопользования в рамках городских территорий можно наблюдать истощенность почвенных геохимических барьеров, что, в свою очередь, способствует резкому увеличению массовых концентраций подвижных форм ТМ в почвах. Так, в Курске среднее содержание подвижных форм свинца в почвах мониторинговых объектов за последние годы возросло на 93 %, кадмия – на 50 %, цинка – на 9,5 %, меди – на 55,5 % [6].

Рост концентраций подвижных форм ТМ создает угрозу наступления экологического риска в сопредельных компонентах окружающей среды (воды, растения), а также весьма затрудняет возможность сохранения биологического разнообразия городских экосистем. При загрязнении почв ТМ угнетается процесс вегетации растений, как дикорастущих видов в различных растительных ассоциациях, так и культур, используемых в ландшафтном дизайне [7–9]. Газоны – неотъемлемая часть урболандшафтов. Они широко используются в общем ландшафтно-декоративном оформлении парков и скверов, где служат фоном для размещения древесно-кустарниковых и декоративных растений, а также самостоятельно оформляют зеленые городские пространства. При вегетации в загрязненных ТМ почвах или грунтах газоны теряют эстетическую привлекательность. Внесение в почву удобрений-сорбентов, способных нивелировать токсичное действие ТМ, позволит повысить экологическую устойчивость почв и снизит риск возникновения стресса у газонных трав. Целью исследования являлось исследование анатомо-морфологических показателей роста и развития газонных трав в условиях обработки городских загрязненных тяжелыми металлами почв удобрением-сорбентом.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись газонные растения – набор семян злаковых культур: райграс пастбищный 40 %, овсяница красная 35 %, мятлик луговой 20 %, а также загрязненная свинцом городская почва (урбанозем на основе чернозема выщелоченного среднесуглинистого).

В ходе лабораторного опыта в пластиковые контейнеры размером $20 \times 15 \times 6$ см³ помещалась техногенно загрязненная свинцом (1087 мг/кг) и кадмием (2,86 мг/кг) почва массой 0,3 кг. Для снижения токсичности свинца в почвах в других вариантах экспериментов применялось удобрение-сорбент на основе природного материала – глина келловая (вскрышные породы КМА) в дозах: 1,5; 3 и 6 г на сосуд. В качестве контроля использовалась незагрязненная почва без внесенного сорбента и техногенно загрязненная почва

(урбанозем) без внесенного сорбента. В каждый контейнер высевалось по 3 г смеси семян газонных трав. Опыт проводился в четырехкратной повторности.

Вегетация растений продолжалась 21 сут, после истечения которых у растений исследовались морфологические признаки (длина проростков, площадь листовой пластинки, сырая и сухая биомасса надземных органов) и анатомическая структура листа (число устьиц на единицу поверхности листовой пластинки). Статистическая обработка данных производилась с применением средств пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Анализ данных, полученных в ходе вегетационного опыта, позволил выявить существенные различия некоторых морфометрических и анатомических показателей исследуемых газонных растений при их выращивании в необработанной и обработанной удобрением-сорбентом почве, загрязненной свинцом и кадмием.

Влияние антропогенных загрязнителей (Pb и Cd) не приводило к статистически значимым изменениям таких морфометрических параметров надземных органов газонных злаков, как длина побега и площадь листовой пластинки. Высокий уровень загрязнения урбанозема свинцом (34 ПДК) не приводил к отчетливому резко угнетающему рост газонных трав эффекту. По-видимому, это связано с тем, что на данной стадии индивидуального развития растений злаковых трав (ювенильная стадия) загрязнение не сказывается на исследуемых параметрах (рис. 1).

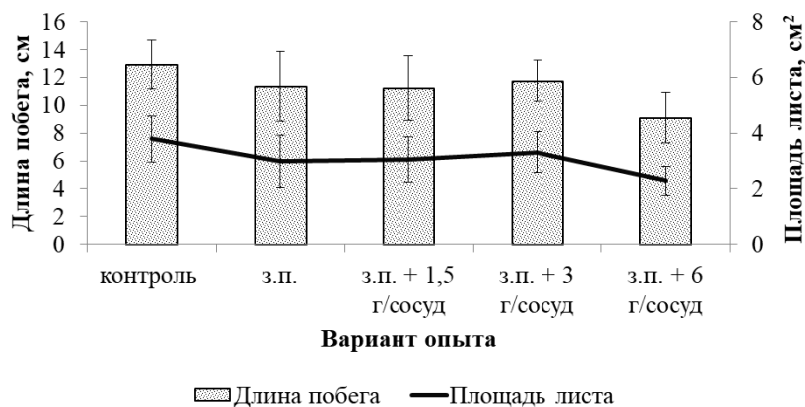


Рис. 1. Влияние загрязнений тяжелыми металлами (ТМ) и различных доз удобрения-сорбента на длину проростков и площадь листьев газонных трав: контроль – незагрязненная почва; загрязненная почва – техногенно загрязненная почва (ТМ); з.п. + 1,5 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 1,5 г/сосуд; з.п. + 3 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд; з.п. + 6 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд

Однако стоит отметить, что небольшое угнетение роста растений – уменьшение длины побега и площади листовой пластинки – все-таки происходит в варианте опыта с техногенно загрязненной почвой + 6 г/сосуд удобрения-сорбента. По-видимому, утяжеление гранулометрического состава,

вызванного внесением глины келловей в дозе 36 т/га, сказалось на водоудерживающей способности и аэрации почвы.

Загрязнение почв исследуемыми элементами и обработка почвы удобрением-сорбентом оказывало значимое влияние на продукцию биомассы газонными травами. Так, показатель сырой биомассы в варианте опыта с загрязненной свинцом и кадмием почвой оставался неизменным по отношению к контролю. В вариантах опыта с обработкой загрязненной почвы удобрением-сорбентом количество сырой биомассы снижалось на 41,5–60,3 % (рис. 2).

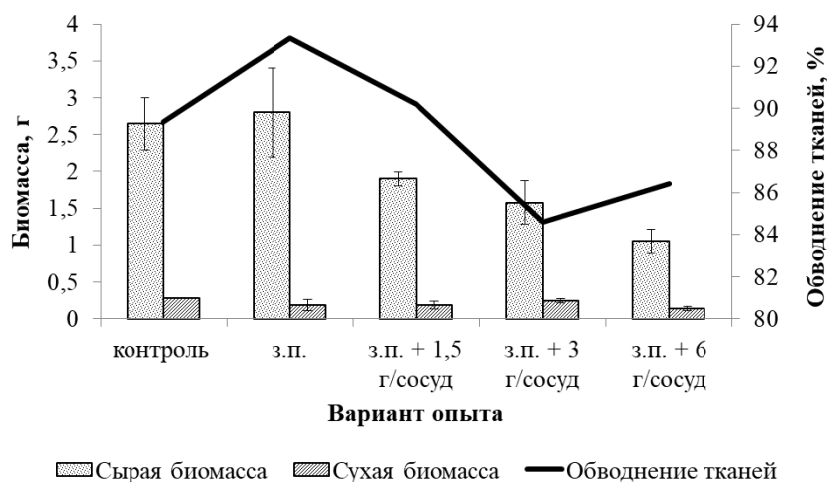


Рис. 2. Влияние загрязнений тяжелыми металлами (ТМ) и различных доз удобрения-сорбента на накопление сырой и сухой массы растениями газонных трав: контроль – незагрязненная почва; загрязненная почва – техногенно загрязненная почва (ТМ); з.п. + 1,5 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 1,5 г/сосуд; з.п. + 3 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд; з.п. + 6 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд

Полученные значения показателя сухой массы газонных трав показали, что наибольшее накопление биомассы отмечалось в контрольном варианте с незагрязненной почвой. Показатель абсолютно сухой массы надземной части газонных трав при загрязнении почв тяжелыми металлами снижался на 14,2–49,8 % относительно незагрязненного контроля. При обработке загрязненного урбанозема удобрением-сорбентом в дозе 3 г/сосуд показатель сухой массы газонных трав значимо ($p < 0,05$) возрастал на 30,6 % относительно загрязненного ТМ урбанозема без обработки удобрением-сорбентом и достигал значений сухой массы растений контрольного варианта с чистой почвой. Показатель обводнения тканей надземной части газонных трав заметно снижался в вариантах опыта с обработкой почвы удобрением-сорбентом, следовательно, доля сухой биомассы растений газонных трав увеличивалась. Это можно объяснить высоким содержанием элементов минерального питания растений во вносимой в почву в качестве удобрения-сорбента глине келловей (K_2O – 3,3 %, P_2O_5 – 0,5 %, $N_{общ}$ – 0,3 %, $Fe_{общ}$ – 3,9 %).

Обобщая результаты, можно отметить, что техногенное загрязнение урбанозема свинцом и кадмием оказывало неоднозначное влияние на изучае-

мые морфометрические параметры растений злаковых (газонных трав). Наиболее отзывчивым к загрязнению свинцом морфометрический показатель являлся показатель сухой массы надземной части растений газонных трав, который в перспективе можно использовать в качестве индикатора угнетения газонных трав первые 20 дней их вегетации.

Количество устьиц на единицу площади листовой пластинки является индикативным параметром для определения степени загрязнения окружающей среды свинцом и кадмием. В большинстве случаев под влиянием промышленных загрязнений в значительной степени изменяются размеры устьиц. Как правило, количество устьиц, формируемых у растений в условиях загрязнения почв ТМ, отличается от растений вегетирующих на незагрязненных почвах. К тому же количественные значения этого показателя могут варьировать как в сторону его увеличения, так и в сторону уменьшения [10]. Имеются данные, подтверждающие тот факт, что число устьиц может определяться концентрацией тяжелых металлов в почве, так как, по-видимому, содержание ТМ в почве может являться лимитирующим фактором [11].

Полученные авторами данные свидетельствуют о том, что загрязнение тяжелыми металлами приводит к снижению количества устьиц на 47,5 % по сравнению с контрольным вариантом (незагрязненная почва) (рис. 3). Это также доказывает показатель обводнения тканей газонных трав (см. рис. 2), который значительно выше в варианте опыта с техногенно загрязненным урбаноземом, чем в контрольном варианте, что, определенно, связано со снижением интенсивности транспирации.

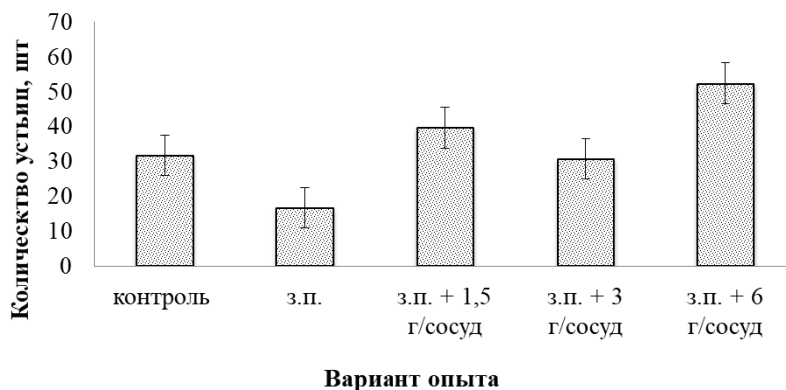


Рис. 3. Влияние загрязнений тяжелыми металлами (ТМ) и различных доз удобрения-сорбента на количество сформированных устьиц: контроль – незагрязненная почва; загрязненная почва – техногенно загрязненная почва (ТМ);

з.п. + 1,5 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 1,5 г/сосуд;

з.п. + 3 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд;

з.п. + 6 г/сосуд – техногенно загрязненная почва и сорбент 3 г/сосуд

Действие удобрения-сорбента может опосредованно приводить к стимулированию изменений интенсивности газообмена и транспирации в растениях. Количество устьиц на листовых пластинках газонных трав при обработке почвы удобрением-сорбентом увеличивалось на 45,7–68,2 %. Следовательно, на данной стадии онтогенеза исследуемых растений удобрение-сор-

бент повышает их толерантность к загрязнению почв свинцом и кадмием, препятствуя поступлению угнетающих доз, что, вероятно, стимулирует работу биологических барьеров, препятствующих поступлению исследуемых тяжелых металлов в корни и побеги растений. Максимальное количество устьиц (52,3 шт./на единицу поверхности листа) отмечалось в варианте с дозой внесения сорбента 6 г/сосуд, что на 65,5 выше, чем при выращивании в незагрязненной почве.

Удобрение-сорбент обеспечивало закрепление доступных для растений форм ТМ в почве [12]. Из полученных в ходе исследования данных можно предположить, что увеличение количества устьиц на листовых пластинках компенсирует уменьшение площади листьев, что подтверждается значением коэффициента корреляции Пирсона ($r = -0,55$). Такой механизм будет обеспечивать протекание процессов газообмена и транспирации в экстремальных условиях «ураганного» загрязнения почвы свинцом (34 ПДК).

Установлена тесная корреляционная связь между количеством устьиц на единицу площади листовой пластинки и дозой внесенного сорбента ($r = 0,87$). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что учитываемый фактор (внесение сорбента в загрязненные ТМ почвы) определял 96 % ($R^2 = 0,89$, $P < 0,01$) изменчивости признака (количество устьиц) и лишь 3,08 % варьирования признака приходилось на долю неучтенных факторов.

Использование мезоструктурного подхода позволяет оценить пределы толерантности растений к загрязнению среды обитания, выявить влияние загрязнений ТМ и различных доз удобрения-сорбента на анатомо-морфологическом уровне. Стоит отметить, что дозу удобрения-сорбента необходимо подбирать исходя из свойств почв и особенностей загрязнения. Удобрение-сорбент на основе вскрышной породы морского происхождения Михайловского железорудного бассейна КМА (глины келловей) способствует закреплению ионов ТМ на твердой и магнитной фазах почв, что будет ограничивать миграцию ТМ в сопредельные среды и препятствовать их накоплению в трофических цепях.

Заключение

1. Техногенное загрязнение урбанозема свинцом и кадмием не оказывало значимого влияния на длину и площадь листьев газонных трав (злаковых) и угнетало накопление биомассы растениями. При обработке почв различными дозами сорбента удастся увеличить сухую массу и накопление растениями органических и минеральных элементов на 30,6 %.

2. Загрязнение урбанозема свинцом и кадмием приводит к уменьшению количества устьиц у газонных трав (злаковых).

3. Количество устьиц является более индикативным параметром для определения экологического состояния растений и условий их произрастания, степени загрязнения окружающей среды, чем классические морфометрические параметры (длина побега и биомасса).

4. Внесение удобрения-сорбента в загрязненный свинцом и кадмием урбанозем позволяет повысить эффективность газообмена и транспирации газонных трав злаковых культур в 2–3,3 раза.

Библиографический список

1. **Безуглова, О. С.** Урбопочвоведение : учебник / О. С. Безуглова, С. Н. Горбов, И. В. Морозов, Д. Г. Неvidомская ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, 2012. – 264 с.
2. **Водяницкий, Ю. Н.** Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю. Н. Водяницкий. – Москва : Почвенный ин-т имени В. В. Докучаева РАСХН, 2008. – 164 с.
3. **Водяницкий, Ю. Н.** Загрязнение почв тяжелыми металлами : монография / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев. – Москва : Тип. Россельхозакадемии, 2012. – 306 с.
4. **Дубовик, В. Д.** Содержание тяжелых металлов в почве промышленно-активной зоны г. Курска / В. Д. Дубовик, С. Ю. Сердюков // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 1 (52). – С. 34–40.
5. **Корчагина, И. В.** Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций : дис. ... канд. биол. наук / Корчагина И. В. – Москва, 2014. – 145 с.
6. **Nevedrov, N. P.** The Relationship between Bulk and Mobile Forms of Heavy Metals in Soils of Kursk / N. P. Nevedrov, E. P. Protsenko, I. V. Glebova // Eurasian Soil Science. – 2018. – Vol. 1. – P. 125–132.
7. Platinum and heavy metal concentration levels in urban soils of Naples (Italy) / M. Angelone, G. Armiento, D. Cinti, R. Somma, A. Trocciola // Fresenius Environmental Bulletin. – 2002. – Vol. 11. – P. 432–436.
8. **Baker, A. J. M.** The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soil using crops of metal-accumulating plants / A. J. M. Baker, S. P. Mcrath, G. M. D. Sidoli, R. D. Reeves // Resour. Conser. Recycl. – 1994. – Vol. 11. – P. 41–49.
9. Cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation / N. Iqbal, A. Masood, R. Iqbal, M. Khan, S. Syeed, N. A. Khan // Amer. J. Plant Sci. – 2012. – Vol. 3. – P. 1476–1489.
10. **Аминева, К. З.** Эколого-биологическая характеристика дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Аминева К. З. – Уфа, 2016. – 164 с.
11. **Крохалева, В. К.** Эпидермальный комплекс Березы бородавчатой (*BETULA VERRUCOSA*) в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами / В. К. Крохалева // Международный школьный научный вестник. – 2017. – № 5. – С. 5.
12. **Неведров, Н. П.** Иммуобилизующая способность глины келловей по отношению к свинцу в загрязненном урбаноземе собственно / Н. П. Неведров, Г. И. Смицкая // AUDITORIUM. – 2019. – № 4 (24). – URL: https://api-mag.kursksu.ru/media/pdf/Smitskaya_Nevedrov_STAT_Ya_glina_kelloveya_1.pdf

References

1. Bezuglova O. S., Gorbov S. N., Morozov I. V., Nevidomskaya D. G. *Urbopochvovedenie: uchebnik* [Urban soil science: a textbook]; Yuzhnyy federal'nyy universitet. Rostov-on-Don, 2012, 264 p. [In Russian]
2. Vodyanitskiy Yu. N. *Tyazhelye metally i metalloidy v pochvakh* [Heavy metals and metalloids in soils]. Moscow: Pochvennyy in-t imeni V. V. Dokuchaeva RASKhN, 2008, 164 p. [In Russian]
3. Vodyanitskiy Yu. N., Ladonin D. V., Savichev A. T. *Zagryaznenie pochv tyazhelymi metallami: monografiya* [Soil contamination with heavy metals: a monograph]. Moscow: Tip. Rossel'khozakademii, 2012, 306 p. [In Russian]
4. Dubovik V. D., Serdyukov S. Yu. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Southwest State University]. 2014, no. 1 (52), pp. 34–40. [In Russian]

5. Korchagina I. V. *Otsenka zagryazneniya gorodskikh pochv tyazhelymi metallami s uchetom profil'nogo raspredeleniya ikh ob'emnykh kontsentratsiy: dis. kand. biol. nauk* [Assessment of pollution of urban soils with heavy metals, taking into account the profile distribution of their volume concentrations: dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Moscow, 2014, 145 p. [In Russian]
6. Nevedrov N. P., Protsenko E. P., Glebova I. V. *Eurasian Soil Science*. 2018, vol. 1, pp. 125–132.
7. Angelone M., Armiento G., Cinti D., Somma R., Trocciola A. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2002, vol. 11, pp. 432–436.
8. Baker A. J. M., Mearns R. S., Sidoli G. M. D., Reeves R. D. *Resour. Conser. Recycl.* 1994, vol. 11, pp. 41–49.
9. Iqbal N., Masood A., Iqbal R., Khan M., Syeed S., Khan N. A. *Amer. J. Plant Sci.* 2012, vol. 3, pp. 1476–1489.
10. Amineva K. Z. *Ekologo-biologicheskaya kharakteristika duba chereshchatogo (Quercus robur L.) v usloviyakh tekhnogennoy zagryazneniya (na primere Ufimskogo promyshlennogo tsentra): dis. kand. biol. nauk: 03.02.08* [Ecological and biological characteristics of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in conditions of technogenic pollution (on the example of the Ufa industrial center): dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences: 03.02.08]. Ufa, 2016, 164 p. [In Russian]
11. Krokhalova V. K. *Mezhdunarodnyy shkol'nyy nauchnyy vestnik* [International School Scientific Bulletin]. 2017, no. 5, p. 5. [In Russian]
12. Nevedrov N. P., Smitskaya G. I. *AUDITORIUM*. 2019, no. 4 (24). Available at: https://api-mag.kursku.ru/media/pdf/Smitskaya_Nevedrov_STAT_Ya_glina_kelloveya_1.pdf

Неведров Николай Петрович

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра биологии и экологии, Курский
государственный университет (Россия,
г. Курск, ул. Радищева, 33)

E-mail: 9202635354@mail.ru

Nevedrov Nikolay Petrovich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of biology and
ecology, Kursk State University
(33 Radishcheva street, Kursk, Russia)

Смицкая Галина Игоревна

студентка, Курский государственный
университет (Россия, г. Курск,
ул. Радищева, 33)

E-mail: budakovag@mail.ru

Smitskaya Galina Igorevna

Student, Kursk State University
(33 Radishcheva street, Kursk, Russia)

Образец цитирования:

Неведров, Н. П. Влияние обработки загрязненных тяжелыми металлами почв удобрением-сорбентом на анатомические и морфологические показатели роста газонных трав / Н. П. Неведров, Г. И. Смицкая // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 4 (32). – С. 67–75. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-4-7.