

2. Вельтищев Ю.Е. Экологически детерминированная патология детского возраста // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. – 1996. – № 2. – С. 45–52.
3. Губернский Ю.Д., Рахманин Ю.А., Калинина Н.В. Роль факторов жилой среды в здоровье человека // Вестн. РАМН. – 2006. – № 5. – С. 26–30.
4. Касохов А.Б. Нарушение иммунобиологической реактивности в условиях загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. – 1999. – № 4. – С. 37–41.
5. Петрова Т.И., Гервазиева В.Б., Даутов Ф.Ф. Влияние экологических факторов на формирование аллергических заболеваний у детей // Рос. педиатр. журн. – 2002. – № 4. – С. 18–21.
6. Пролыгина Д.Д., Хайруллина Р.М., Макарова Г.У. Иммунологические варианты адаптации у детей при воздействии экологических факторов // Мед. иммунология. – 2006. – № 2–3. – С. 381–382.
7. Решетникова И.Д. Острые аллергические реакции среди населения крупного промышленного города (эпидемиология, клиника, организационно-управленческие аспекты): автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Уфа, 2003. – 18 с.
8. Саватеева В.Г., Козлова Л.С. Распространённость иммуно- и аллергопатологии у детей, проживающих в крупном промышленно-энергетическом центре (г. Ангарск) // Современные проблемы аллергологии, иммунологии и иммунофармакологии: тез. 5-го конгр. РААКИ. – М., 2001. – С. 18.
9. Шевелева С.А. Микробиологическая безопасность пищевых продуктов и факторы окружающей среды // Вестн. РАМН. – 2006. – № 5. – С. 43.
10. Wjirtrich B. Epidemiology and natural history of atopic dermatitis // All Clin. Imm. Int. – 1996. – V.8, № 3. – P. 77–82.



УДК 633.21631.53.01

В.А. Колесников, А.А. Аветисян

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (СВИНЕЦ И КАДМИЙ) В СЕМЕНАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

В статье представлен обзор содержания тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях Красноярской лесостепи. Показано содержание соединений свинца и кадмия в семенах кормовых культур, таких как пайза, сорго сахарное и донник однолетний.

Ключевые слова: тяжелые металлы, свинец, кадмий, почва, пайза, сорго сахарное, донник однолетний.

V.A. Kolesnikov, A.A. Avetisyan

THE ASSESSMENT OF THE HEAVY METAL (LEAD AND CADMIUM) CONTENT IN THE SEEDS OF THE PROSPECTIVE FORAGE PLANTS

The overview of the heavy metal content in the agricultural plants of the Krasnoyarsk forest-steppe is presented in the article. The content of the lead and cadmium combinations in the seeds of forage crops such as paisan, sugarsorghum and annualsweet clover is shown.

Key words: heavy metals, lead, cadmium, soil, paisan, sugarsorghum, annualsweet clover.

Введение. Крайне опасными токсикантами являются тяжелые металлы и их соединения [9]. К тяжелым металлам относятся свыше 40 химических элементов таблицы Менделеева с атомными массами, превышающими 50 атомных единиц, или химические элементы с удельным весом выше 5 г/см³ [10].

Прежде всего, представляют интерес те металлы, которые наиболее широко и в значительных объемах используются в производственной деятельности и в результате накопления во внешней среде представляют серьезную опасность с точки зрения их биологической активности и токсических свойств. К ним относят: свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, сурьму и др. [12].

Основные источники загрязнения природной среды тяжелыми металлами можно разделить на естественные (природные) и искусственные (антропогенные). К естественным относят: извержение вулканов, пыльные бури, лесные и степные пожары, морские соли, поднятые ветром, растительность и др. Главными и наиболее опасными источниками загрязнения природы тяжелыми металлами являются антропогенные: предприятия по переработке черных и цветных металлов, тепловые электростанции и теплоцентрали, транспорт, машиностроительная и химическая промышленность, сельскохозяйственное производство, жилищно-коммунальные комплексы [17].

Одной из основных характеристик тяжелых металлов является их длительный период полураспада и способность к кумуляции в тканях и органах животных систем, что создает угрозу техногенной опасности для здоровья продуктивных животных, а по трофической цепи – для человека. Необходимо отметить, что степень загрязненности сельскохозяйственных угодий во многом зависит от степени развития промышленности регионов и от близости к крупным городам с высоким приоритетом металлургического производства, химической промышленности и машиностроения. Кроме того, степень загрязненности отдельных регионов резко отличается по составу выбросов тяжелых металлов и носит ярко выраженный региональный характер.

В процессе эволюции растения, животные и человек приспособились к природному (фоновому) содержанию тяжелых металлов в почве. Однако интенсивные выбросы промышленности, транспорта и использование различных химических средств привели к накоплению тяжелых металлов на значительных территориях, что отрицательно влияет на почву, растения и другие живые организмы, и как следствие, фоновый уровень тяжелых металлов в биосфере постоянно возрастает [14].

Тяжелые металлы обладают высокой токсичностью, способностью накапливаться в почвах, растениях и в опасных концентрациях по пищевым цепям поступать в организм животных и человека. По некоторым оценкам, живые организмы не нуждаются в свинце, ртути, кадмии и т.д., поэтому эти элементы наиболее токсичны для живых организмов и человека [7].

Одной из главных задач, связанных с предотвращением негативных последствий загрязнения отдельных компонентов окружающей среды, является выяснение путей и условий локализации тяжелых металлов в них [14].

Цель работы. Выявление загрязнения свинцом и кадмием семенного материала кормовых культур (пайза, сорго сахарное, донник однолетний) лесостепи Восточной Сибири.

Объекты и методы исследования. Объектом научных исследований являются малораспространенные в Красноярском крае однолетние кормовые культуры, такие как пайза (сорт Эврика), сорго сахарное (Кинельское 4) и донник однолетний (Поволжский). Данные кормовые культуры нетрадиционные и малораспространенные, являются высокопитательными и энергопродуктивными. Энергопродуктивность у данных кормовых культур в чистых и смешанных посевах выше в 1,5–2,8 раза по сравнению с традиционными кормовыми культурами. В среднем урожайность составляет: пайза на сенаж, зеленую массу и силос – 380 ц/га, сорго сахарное на силос – 500 ц/га и донник однолетний на силос и сено – 120 ц/га [1].

Основным методом исследования является экологический мониторинг [6]. Содержание тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре АAS-30 в НИИЦ по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов ФГБОУ ВПО КрасГАУ. Исследования выполнены в соответствии с ГОСТ 26932-96 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца», ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия» и МУ 01-19/47-11-92 «Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсических элементов в пищевых продуктах». Анализ результатов исследования и математическая обработка проведены в трехкратной повторности по трем объектам опыта.

Результаты исследования. Анализ научной литературы по теме позволяет дать характеристику свинца, кадмия и их роли для компонентов агроэкосистем [3–5, 8, 11, 13, 15].

Свинец (Pb). Среди тяжелых металлов относится к числу опасных загрязнителей окружающей среды. Основными источниками поступления свинца в почвы сельскохозяйственных угодий являются автотранспорт, тепловые электростанции, предприятия цветной и черной металлургии, машиностроения и металлообработки, химической промышленности, места складирования и переработки отработанных аккумуляторных батарей, использование в качестве удобрений твердых бытовых отходов и осадков сточных вод. При низких концентрациях в почвах свинец стимулирует рост растений. В загрязненных почвах наблюдается подавление микробиологической активности, замедляется реакция фотосинтеза, уменьшается поглощение воды растениями.

Максимальная адсорбция элемента уменьшается в ряду почв: чернозем типичный, чернозем вышелоченный, серая лесная, дерново-подзолистая почва. Наиболее высокая опасность накопления подвижных

соединений свинца наблюдается в сильноокислых почвах с восстановительным режимом, наименьшая – в нейтральных и слабощелочных почвах с окислительным режимом.

Для лесостепной зоны Средней Сибири характерно варьирование в пространственном распределении свинца в почвах, обусловленное разной концентрацией элемента в составе почвообразующих пород. Среднее содержание свинца в черноземах Красноярской лесостепи равняется 10,9 мг/кг; Ачинско-Боготольской лесостепи – 13,5; Назаровской лесостепи – 12,4; Чулымо-Енисейской лесостепи – 10,4 и в зоне подтайги – 12,2 мг/кг.

Повышенные концентрации свинца в биосфере представляют опасность для здоровья человека и животных. Наиболее чувствителен к свинцу и его соединениям крупный рогатый скот, поэтому случаи свинцовых отравлений в основном регистрируют у животных этого вида. Отравления животных соединениями свинца возникают при поступлении их внутрь вместе с кормами, реже через легкие. Однако острые отравления свинцом и его соединениями встречаются довольно редко. Чаще бывают хронические интоксикации, связанные с длительным поступлением в организм свинецсодержащих веществ с кормами. При хронической интоксикации клинические признаки отравления не выражены. Наблюдаются снижение мясной и молочной продуктивности, поедаемости кормов, общая слабость, исхудание. Диагностируют отравления соединениями свинца на основании анализа экологической ситуации в регионе; результатов исследования содержания свинца в объектах окружающей среды, кормах и тканях животных; клинической картины интоксикации; патолого-анатомического исследования павших и убитых животных.

Кадмий(Cd). Относится к первому классу опасности и является среди тяжелых металлов одним из самых токсичных загрязнителей окружающей среды. Источниками поступления кадмия в почву являются предприятия цветной и черной металлургии, электронная, полупроводниковая и электротехническая промышленность, производство красок, выбросы тепловых электростанций, автотранспорт, использование в сельском хозяйстве фосфорных удобрений, твердых бытовых отходов и осадков сточных вод.

Кадмий характеризуется высокой подвижностью, легко передвигается в растениях, накапливаясь не только в вегетативных органах, но и в органах запасания ассимилятов. При повышенных концентрациях в почвах кадмий является токсичным для растений, в них повреждается корневая система, наблюдается задержка роста и хлороз листьев.

Кадмий обладает высоким кумулятивным эффектом. При загрязнении почв кадмием этот элемент по пищевым цепям может поступать в организм животных и человека. Накапливаясь в печени, почках, костях, кадмий вызывает различные виды заболеваний у животных и человека.

По токсичности для животных соединения кадмия относятся ко второму классу опасности – высокотоксичные вещества. Острые отравления человека и животных соединениями кадмия встречаются крайне редко. Только 15 мг кадмия, оказавшиеся в 1 кг корма, вызывают отравление животных, а 30–90 мг/кг пищевого рациона являются причиной смертельного отравления человека.

Основную опасность для животных представляют хронические интоксикации, связанные с длительным поступлением кадмия в организм с водой и кормами. Соединения кадмия снижают усвоение в желудочно-кишечном тракте жизненно необходимых элементов – цинка, меди и железа, а также фосфора и кальция. Кадмий отрицательно влияет на воспроизводительную функцию животных, особенно мужских особей, в семенниках которых в местах введения токсикоэлемента рассасывается ткань, в результате уменьшается размер органа.

Кадмий в почвах содержится в небольшом количестве. На содержание кадмия в почвах оказывают влияние многие факторы почвообразования, среди которых химический состав материнских пород играет основную роль. Как и в других регионах страны, в черноземах Средней Сибири наблюдается значительное варьирование валового содержания кадмия. Среднее содержание кадмия в черноземах Красноярской и Ачинско-Боготольской лесостепи составляет 0,07 мг/кг, Назаровской лесостепи – 0,15; Чулымо-Енисейской лесостепи – 0,16 и в зоне подтайги – 0,07 мг/кг.

Как показывают Е.В. Гаевая и др. (2013), зерно в рационе животных, выращиваемых на юге Тюменской области, используется как в чистом виде, так и в виде его переработки в качестве комбикормов. Зерновые культуры, такие как ячмень, пшеница, овес, рожь, способны накапливать тяжелые металлы в различных соотношениях.

По результатам данных исследованных образцов зерна следует, что содержание свинца по югу области колеблется в пределах от 0,21 до 0,44 мг/кг и соответствует установленным нормам. Наименьшее его значение в 2,4 раза меньше ПДК и зарегистрировано в Викуловском районе, а наибольшее отмечено в Тюменском районе.

Максимальное значение накопленного мышьяка в зерне, близкое к ПДК (0,17 мг/кг), было характерно для Тобольского района, а остальные его показатели были в несколько раз ниже ПДК. Содержание кадмия составляло 0,002–0,059 мг/кг при ПДК 0,1 мг/кг. Наименьшее значение зарегистрировано в Викуловском районе, наибольшее в Тобольском районе – 0,059 мг/кг. Наличие ртути в зерне не вызывает опасений, максимальные и минимальные ее значения соответственно в 2–10 раз меньше ПДК.

По данным Г. Фелленберг (1997), было отмечено, что растения более устойчивы по отношению к свинцу, чем животные и человек, поэтому необходимо тщательно следить за содержанием свинца в фураже.

Исследования А.А. Ваймера (2006) в хозяйствах Тюменской области с разным уровнем химизации показали, что содержание тяжелых металлов в зерне составили: свинец – 0,24–0,48 мг/кг; мышьяк – 0,002–0,003; кадмий – 0,05; ртуть – 0,001–0,005 мг/кг.

Для поддержания нормального роста и развития растений, животных и человека необходимо сбалансированное питание, обеспеченное комплексом макро- и микроэлементов. Отклонение от нормы в ту или иную сторону отрицательно сказывается на здоровье всех живых организмов и может привести к их гибели.

Литературный анализ данных показал, что зеленая масса кормовых культур аккумулирует свинец и кадмий в большей степени, чем остальные представленные компоненты кормов. Например, рассчитанный средний коэффициент химического загрязнения кормов юга Тюменской области указывает, что наиболее загрязнена тяжелыми металлами зеленая масса трав, так как коэффициент загрязнения составил 0,85, а сенаж и силос загрязнены в равной степени: коэффициент загрязнения равен 0,66 и 0,65 соответственно. В наименьшей степени загрязнены сено (0,52), солома (0,43) и зерно (0,32).

Результаты исследования семенного материала кормовых культур (пайза, сорго сахарное, донник однолетний) на содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий) представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1
Содержание свинца в семенном материале кормовых культур, мг/кг

Культура	Повторность			Среднее значение
	I	II	III	
Контроль*	0,510	0,500	0,500	0,503
Пайза	0,118	0,112	0,114	0,115
Сорго сахарное	0,201	0,105	0,153	0,153
Донник однолетний	0,115	0,199	0,168	0,161
HCP ₀₅ , мг/кг				0,061

* Контролем для математической обработки служил ПДК.

Как видно из таблицы 1, содержание свинца семян кормовых культур составило 0,112–0,201 мг/кг, что на 60–78 % меньше ПДК (0,5 мг/кг). Коэффициент загрязнения составил 0,11–0,20. Достоверного повышения загрязнения свинца в семенах исследуемых культур не обнаружено.

Данные таблицы 2 показывают содержание кадмия в семенах культур. Здесь (при ПДК кадмия – 0,1 мг/кг) не обнаружено превышения в повторностях исследований. Содержание кадмия в них составило 0,001–0,044 мг/кг, что на 56–90 % меньше, чем на контроле. Коэффициент загрязнения для кадмия составил 0,10–0,44, т.е. также не обнаружено достоверного превышения в семенах культур.

Таблица 2
Содержание кадмия в семенном материале кормовых культур, мг/кг

Культура	Повторность			Среднее значение
	I	II	III	
Контроль*	0,100	0,110	0,100	0,103
Пайза	0,021	0,010	0,016	0,016
Сорго сахарное	0,001	0,002	0,011	0,005
Донник однолетний	0,032	0,032	0,044	0,036
HCP ₀₅ , мг/кг				0,011

* Контролем для математической обработки служил ПДК.

Таким образом, наличие свинца и кадмия в семенах пайзы, сорго сахарного и донника однолетнего не вызывает опасений, максимальные и минимальные их значения соответственно в 2,3–4 раза меньше ПДК. В связи с этим данное исследование является актуальным и позволит в дальнейшем качественно улучшить кормовую базу Красноярского края.

Заключение. Как показали проведенные химико-токсикологические исследования, соединения свинца и кадмия содержатся практически во всех исследованных образцах семян исследуемых кормовых культур. Установлено, что содержание свинца и кадмия в исследованных образцах не превышает предельно допустимых концентраций (ГОСТ 26932-96 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца», ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия»), т.е. являются безопасными.

Литература

1. Технология возделывания кормовых культур в Красноярском крае: рекомендации / А.Т. Аветисян, В.В. Данилова, Н.В. Данилов [и др.]. – Красноярск, 2012. – 150 с.
2. Ваймер А.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах и сельскохозяйственной продукции Северного Зауралья: дис. ... д-ра биол. наук: 06.01.03. – Тюмень, 2006. – 355 с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 259 с.
4. Волошин Е.И. Микроэлементы в агроценозах Красноярского края. – Красноярск, 2006. – 288 с.
5. Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н. Тяжелые металлы в продуктах питания юга Тюменской области. – Тюмень, 2013. – 146 с.
6. Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Мониторинг окружающей среды. – Красноярск, 2013. – 154 с.
7. Дончева А.В., Калуцков В.Н. Прогнозирование изменения природы горно-металлургическим производством в зоне тайги (на примере медно-никелевых комплексов в Мончегорске и Садбери) // Вестник МГУ. – 1976. – № 5. – С. 65–72.
8. Жуленко В.Н., Рабинович М.И., Таланов Г.А. Ветеринарная токсикология / под ред. В.Н. Жуленко. – М.: Колос, 2001. – 384 с.
9. Зигель Х., Зигель А. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
10. Ларина Н.С., Катанаева В.Г., Шеллакова Н.А. Техногенное загрязнение природных вод: учеб. пособие. – Тюмень: Мандр-Ика, 2004. – 224 с.
11. Минеев В.Г., Макарова А.И., Тришина Т.А. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации. Сообщение 1. Кадмий // Агрохимия. – 1981. – № 5. – С. 145–155.
12. Эпидемиологическая генотоксикология тяжелых металлов и здоровье человека / Е.Н. Ильинских, Л.М. Огородова, П.А. Безруких [и др.]. – Томск: Изд-во Сиб. госмединиверситета, 2003. – 301 с.
13. Свинец в окружающей среде / под ред. В.В. Добровольского. – М.: Наука, 1987. – 181 с.
14. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – М.; Пущино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
15. Таланов М.Т., Хмелевский Б.Н. Санитария кормов: справ. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.
16. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
17. Черных Н.А., Сидоренко С.Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.

