

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (СВИНЕЦ И КАДМИЙ)
В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР
И ИХ ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА В ЛЕСОСТЕПИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

А.А. Avetisyan, V.A. Kolesnikov,
А.Т. Avetisyan

THE CONTENT OF HEAVY METALS (LEAD AND CADMIUM)
IN SOILS AND PLANTS OF NONCONVENTIONAL FORAGE CROPS AND THEIR ECOLOGICAL
AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT IN FOREST STEPPE OF EASTERN SIBERIA

Аветисян А.А. – асп. каф. внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Колесников В.А. – д-р биол. наук, проф. каф. внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: info@kgau.ru

Аветисян А.Т. – канд. с.-х. наук, доц. каф. растениеводства и плодовоовощеводства Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru

Avetisyan A.A. – Post-Graduate Student, Chair of Internal Noncontagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

Kolesnikov V.A. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Internal Noncontagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: info@kgau.ru

Avetisyan A.T. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Plant Growing and Fruit-and-Vegetable Growing, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: agro@kgau.ru

Проведенные в 2014–2016 гг. исследования по выявлению тяжелых металлов в почвах и растениях малораспространенных кормовых культур в лесостепи региона показали высокую продуктивность зеленой и сухой массы: соответственно 385–870 и 92–176 ц/га (в среднем за три года) с выходом кормовых единиц до 175–86 ц/га. Энергопродуктивность составила при этом до 179–84 ГДж/га. Интродуцируемые растения накапливают большое количество органического вещества, имеют высокую экологическую эффективность. Пахотные земли испытывают значительную антропогенную нагрузку, что связано с выбросами в окружающую среду тяжелых металлов (ТМ) промышленными предприятиями, ТЭЦ и автотранспортом. Цель исследований: эколого-токсикологическая оценка содержания свинца и кадмия в почвах и сухом веществе

однолетних кормовых культур лесостепи Восточной Сибири и мониторинг содержания в основные периоды их вегетации. Выявлено, что количество свинца и кадмия в почве в основные периоды развития малораспространенных кормовых культур низкое в сравнении с ОДК (мг/кг). Отмечена тенденция уменьшения их концентрации в почвах от начала к концу вегетации: 2,0–8,0 % свинца, и 19–21 % кадмия. В начальный период вегетации культур содержание свинца составило в среднем 4,75–2,26 мг/кг сухого вещества (при ОДК 8 мг/кг), что на 40,6–71,7 % ниже оптимального количества. В период выметывания–образования семян культур содержание соединения свинца составило до 3,96–1,44 мг/кг, что ниже ОДК на 50,5–82 %. Концентрация соединений кадмия в растительных образцах кормовых культур составила в среднем до 0,48–0,20 мг/кг (при

ОДК 0,5 мг/кг). Содержание кадмия наибольшее в период начала роста и развития растений (0,49–0,40 мг/кг), наименьшее – в период уборки зеленой массы (0,27–0,20 мг/кг) у пайзы и сорго сахарного (на 46–60 % ниже ОДК). Установлено сравнительно высокое содержание кадмия у донника однолетнего по отношению к ОДК в период вегетации. Наибольшее количество соединений кадмия отмечено в период начала бутонизации (0,45), наименьшее – в период цветения (0,28 мг/кг сухого вещества), что в пределах и ниже ОДК на 10–44 %.

Ключевые слова: свинец, кадмий, период вегетации растений, пайза, сорго сахарное, донник однолетний, урожайность зеленой массы, перспективные кормовые культуры.

The researches on heavy metals identification conducted in 2014–2016 in soils and plants of rare forage crops in the forest-steppe of the region showed high efficiency of green and dry material: respectively 38–870 and 92–176 c/hectare (on average in three years) with an exit of fodder units to 175–86 c/hectare. Power efficiency made thus to 179–84 GJ/hectare. Introduced plants accumulate a large number of organic substances, have high ecological efficiency. Arable lands experience considerable anthropogenous strain connected with emissions in the environment of the heavy metals (HM) by industrial enterprises, combined heat and power plant and motor transport. The Purpose of researches was ecological and -toxicological assessment of the content of lead and cadmium in soils and solid of one-year forage crops of the forest-steppe of Eastern Siberia and monitoring of the contents during the main periods of their vegetation. It was revealed that the amount of lead and cadmium in the soil during the main periods of development of rare forage crops was low in comparison with UEC (mg/kg). The tendency of reduction of their concentration in soils from the beginning by the end of vegetation was noted: 2.–8.0% of lead, and 19–21 % of cadmium. In the initial stage of vegetation of cultures the content of lead averaged 4.75–2.26 mg/kg of solid (at UEC of 8 mg/kg), i.e. 40.6–71.7 % lower than optimum quantity. During shoots formation – seeds appearance in cultures the content of compound of lead made 3.9–1.44 mg/kg that was lower than UEC for 50.5–82 %. The concentration of compounds of cadmium

in vegetable samples of forage crops averaged to 0.48–0.20 mg/kg (at UEC of 0.5 mg/kg). The content of cadmium was the greatest in the period of the beginning of growth and the development of plants (0.49–0.40 mg/kg), the smallest was during cleaning of green material (0.27–0.20 mg/kg) in payza and sugar sorghum (the UEC is 46–60 % lower). Rather high content of cadmium in annual clover in relation to UEC during vegetation was established. The greatest number of compounds of cadmium was noted in the period of the beginning of bud formation (0.45) the smallest was during blossoming (0.28 mg/kg of solid) that in limits and the UEC for 10–44 % was lower.

Keywords: lead, cadmium, period of vegetation of plants, payza, sugar sorghum, annual clover, green mass yield, perspective forage crops.

Введение. Индикатором природных процессов является почва, а ее состояние – результат длительного воздействия разнообразных источников загрязнения. Лесостепная зона Красноярского края, на которую приходится 70,2 % пахотных земель региона, испытывает значительную антропогенную нагрузку. Это связано с выбросами в окружающую среду промышленными предприятиями, ТЭЦ и автотранспортом тяжелых металлов (ТМ). Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами остаются еще стабильно высокими [Коротченко и др., 2012].

Тяжелые металлы (свинец, кадмий, медь и др.), включаясь в биогеохимические круговороты, загрязняют почву и через растения попадают в организм животных и человека – аккумулируются в различных органах и тканях, вызывая различные патологии.

Ряд исследователей указывают на тот факт, что в последнее время основными объектами экологических исследований стали территории промышленных городов и прилегающих к ним земель. Однако есть и другие научные данные, утверждающие, что содержание свинца и кадмия в почвах лесостепи Восточной Сибири в период вегетации кормовых культур не превышает ПДК – достоверного превышения не обнаружено [Микроэлементозы человека ..., 1991; Панин, 2000; Пронина, 2000; Хала, Артемьев, Мешков, 2002; Аветисян, 2016].

Из-за того, что тяжелые металлы поступают в организм человека и травоядных животных в

основном с растительной пищей, обогащение происходит главным образом из почвы. Поэтому растительная продукция (пища, корма) даже со слабозагрязненных почв способна вызывать кумулятивный эффект – постепенное увеличение содержания ТМ в организме человека и животных [Кузубова, 1990; Осипов, Алексеев, 1996; Немцев, 2003; Государственный доклад ..., 2010; Демиденко, Фомина, 2013].

Как показывает анализ научной литературы, влияние ТМ на живые организмы разнообразно. Это обусловлено химическими особенностями металлов, отношением к ним организмов и условиями окружающей среды. Поэтому выделяют группу особо токсических металлов, к которой относятся кадмий, свинец.

К свинцу вызван повышенный интерес как приоритетному загрязнителю для окружающей природы. Металл токсичен для микроорганизмов, растений, животных и людей. Однако ряд исследователей приводят данные, подтверждающие, что свинец жизненно необходим для животных. При концентрации его в корме менее 0,05–0,5 мг/кг крысы испытывают недостаток этого элемента. В небольших количествах он необходим и растениям. При его содержании в наземной части от 2 до 6 мг/кг сухого вещества у растений возможен дефицит свинца [Кабата-Пендиас, 1989; Волошин, 2003].

А вот избыток свинца в растениях, связанный с высокой его концентрацией в почве, ингибирует дыхание и подавляет процесс фотосинтеза. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции. Внешние симптомы негативного воздействия свинца: появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва.

В.Б. Ильин, А.И. Сысо (2001) утверждают, что устойчивость растений к избытку свинца неодинакова – менее устойчивы мятликовые, более устойчивы бобовые растения. Поэтому симптомы токсичности у различных культур могут возникнуть при разном валовом содержании свинца в почве – от 100 до 500 мг/кг. Концентрация свинца выше 10 мг/кг сухого вещества является токсичной для большинства культурных растений.

Кадмий является токсичным для животных организмов уже при низких концентрациях. Он

также относится к группе микроэлементов, способных стимулировать рост некоторых животных, а вот влияние на растения – пока не установлено [Микроэлементозы ..., 1991; Ильин, Сысо, 2001; Коротченко и др., 2012].

В научной литературе есть данные о токсичности кадмия для растений, проявляющейся в нарушении активности ферментов, торможении фотосинтеза, нарушении транспирации – у растений наблюдается задержка роста, повреждение корневой системы и хлороз листьев. Из-за того, что растения до 70 % кадмия поглощают из почвы и лишь 30 % из воздуха, можно считать основным источником кадмиевой интоксикации живых организмов растительную пищу (для человека, животных). Однако при очень низких концентрациях соединений кадмия уменьшается активность ферментов, нарушается усвоение и обмен других микроэлементов. Это может вызвать их дефицит [Гигиенические критерии ..., 1980; Свинец, кадмий, мышьяк ..., 1987].

Существуют также данные, утверждающие, что кадмий может привести к нарушениям почечной функции, легочной недостаточности, остеопорозу, анемии и потере обоняния, деформации скелета с заметным уменьшением роста, поясничными болями, утиной походкой и др. [Микроэлементозы человека ..., 1991].

Таким образом, анализ научной литературы по тяжелым металлам показывает, что ТМ способны накапливаться и образовывать высокотоксичные металлосодержащие соединения, которые вмешиваются в метаболический цикл живых организмов, вызывают у человека и животных ряд заболеваний. Поэтому в настоящее время проблема содержания ТМ как в почве, так и в растительном сырье (в кормах) является актуальной.

Цель работы. Эколого-токсикологическая оценка содержания свинца и кадмия в почвах и сухом веществе однолетних кормовых культур лесостепи Восточной Сибири и мониторинг их содержания в основные периоды вегетации.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили на многолетнем полевом стационаре кафедры растениеводства и плодородия Института агроэкологических технологий Красноярского ГАУ, УНПК «Бор-

ский», ООО «Учхоз Миндерлинское» в 2014–2016 гг.

Объекты исследований: малораспространенные в лесостепи Красноярского края однолетние кормовые культуры – пайза (сорт Эврика), сорго сахарное (Кинельское 4) и донник однолетний (Поволжский), а также почвы и растения изучаемых культур.

Площадь участков составила: посевной – 60–80, учетной – 8–30 м², повторность – четырехкратная. Почва участка – чернозем выщелоченный, среднесуглинистый, окультуренный. Агротехника в опыте – общепринятая, зональная для однолетних культур в регионе.

В течение вегетации культур проводили сопутствующие исследования (фенологические наблюдения и биометрические измерения), учет и уборку урожая зеленой массы растений [Методические указания ..., 1983]. Учет и уборку урожая зеленой массы проводили методом сплошной уборки по вариантам, с последующим взвешиванием на механических весах. Агрохимические анализы почвы, концентрацию тяжелых металлов в почве и растениях определяли на основании данных, полученных в лаборатории НИИЦ Красноярского ГАУ, а также использовали данные по тяжелым металлам и обобщали литературные данные разных научных учреждений Сибири [Кальницкий, 1987; Бурлакова, 2001; Ермохин, 2002; Кашин, Иванов, 2002; Конарбаева, 2004; Постников, 2007].

Математическую обработку данных по урожайности опыта проводили в ВЦ Института АЭТ Красноярского ГАУ с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ОДА) по программе ANOVA [Доспехов, 1985].

Основным методом исследования является эколого-токсикологический мониторинг [Кальницкий, 1987]. Содержание тяжелых металлов определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AAS-30 в НИИЦ по контролю качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов ФГБОУ ВО КрасГАУ.

Исследования выполнены в соответствии с требованиями к отбору проб почв при общих и локальных загрязнениях, изложенными в ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.01-84, ГОСТ 28168-89

(Результаты исследований № Н-920 – Н-926 за 2015 г. и Результаты исследований № Н-837 – Н-864 за 2016 г. от 31 января 2017 года). В течение вегетации культур были отобраны почвенные и растительные образцы по основным периодам роста и развития согласно общепринятым методическим указаниям ВНИИ кормов (1983).

Погодные условия вегетационного периода в годы исследования в целом можно характеризовать как типичные для зоны лесостепи региона. ГТК при этом был в пределах 1,15–1,20, что соответствует многолетним нормам.

Результаты исследований. В ходе исследований были заложены опыты с перспективными кормовыми культурами, такие как пайза, сорго сахарное и донник однолетний (срок посева – начало июня).

По периодам их роста и развития были отобраны средние образцы почв и растений (растительных образцов) на агрохимический анализ и наличие тяжелых металлов, в частности свинца и кадмия.

Агрохимический анализ почвы (содержание в почве питательных веществ, тяжелых металлов по основным периодам роста и развития) нетрадиционных кормовых культур в лесостепи Красноярского края и их экологотоксикологическая оценка показаны в таблицах 1 и 2.

Анализ содержания питательных веществ почвы культур по периодам вегетации показал, что содержание нитратного азота почвы опытного участка – среднее, при уборке – низкое; подвижного фосфора – повышенное и высокое; обменного калия – высокое.

Отмечено, что почва по рН_{KCl} – нейтральная и что к концу вегетации имеет тенденцию уменьшения веществ. Требуется проведение мероприятий по балансировке питательных веществ почвы, внесению азотных удобрений в частности. Дозу можно уточнить после проведения расчетов. При анализе содержания тяжелых металлов в почвах культур установлено, что концентрация свинца и кадмия не превышает ОДК (табл. 2).

Агрохимические показатели почвы (слой 0–25 см) по периодам вегетации кормовых культур (среднее за 2014–2016 гг.)

Вид, период вегетации кормовых культур	Показатели питательных веществ			
	pH _{KCl}	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/100 г почвы	K ₂ O (по Кирсанову), мг/100 г почвы
Исходные (посев) – III декада мая – I декада июня	6,80	8,60	33,75	28,04
Начало всходов – всходы (II декада июня)	7,15	8,00	29,67	23,30
Ветвление – цветение (I–III декады июля)	6,82	7,10	36,34	23,02
Уборка зеленой массы растений (III декада августа)	6,94	6,80	31,71	22,96

Эколого-токсикологическая оценка тяжелых металлов почв малораспространенных кормовых культур (среднее значение за 3 года), мг/кг

Вид, период вегетации кормовых культур	Содержание ТМ в почвах		ОДК* с учетом фона	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Исходные (посев) – III декада мая – I декада июня:				
- пайза	9,45	0,52	130	2,0
- сорго сахарное	8,25	0,47	-	-
- донник однолетний	9,47	0,46	-	-
Начало всходов – всходы (II декада июня):				
- пайза	9,60	0,47	130	2,0
- сорго сахарное	8,45	0,42	-	-
- донник однолетний	8,72	0,45	-	-
Ветвление–цветение (I–III декады июля):				
- пайза	9,20	0,45	130	2,0
- сорго сахарное	8,45	0,47	-	-
- донник однолетний	8,61	0,39	-	-
Уборка зеленой массы растений (III декада августа):				
- пайза	9,32	0,42	130	2,0
- сорго сахарное	8,75	0,42	-	-
- донник однолетний	8,89	0,36	-	-

* Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91 [Аристархов, 2000]. Для почв с кислотностью, близкой нейтральной, нейтральной (суглинистых и глинистых) pH > 5,5.

Эколого-токсикологическая оценка тяжелых металлов почв (свинца и кадмия) в основные периоды развития малораспространенных кор-

мовых культур показала низкое их содержание в сравнении с ОДК (мг/кг).

Почва – чернозем выщелоченный, окультуренный; можно отнести к незагрязненным ТМ почвам.

Таким образом, возможно возделывание сельскохозяйственных (продовольственных) культур, однолетних, малораспространенных кормовых растений (в частности, пайза, сорго сахарное, донник однолетний).

Отмечена тенденция уменьшения концентрации содержания тяжелых металлов в почвах от начала к концу вегетации (уборка кормовых культур): 2,0–8,0 % свинца и 19–21 % кадмия.

Содержание тяжелых металлов в растительных образцах исследуемых кормовых культур показано на рисунках 1–3, а также в таблице 3.

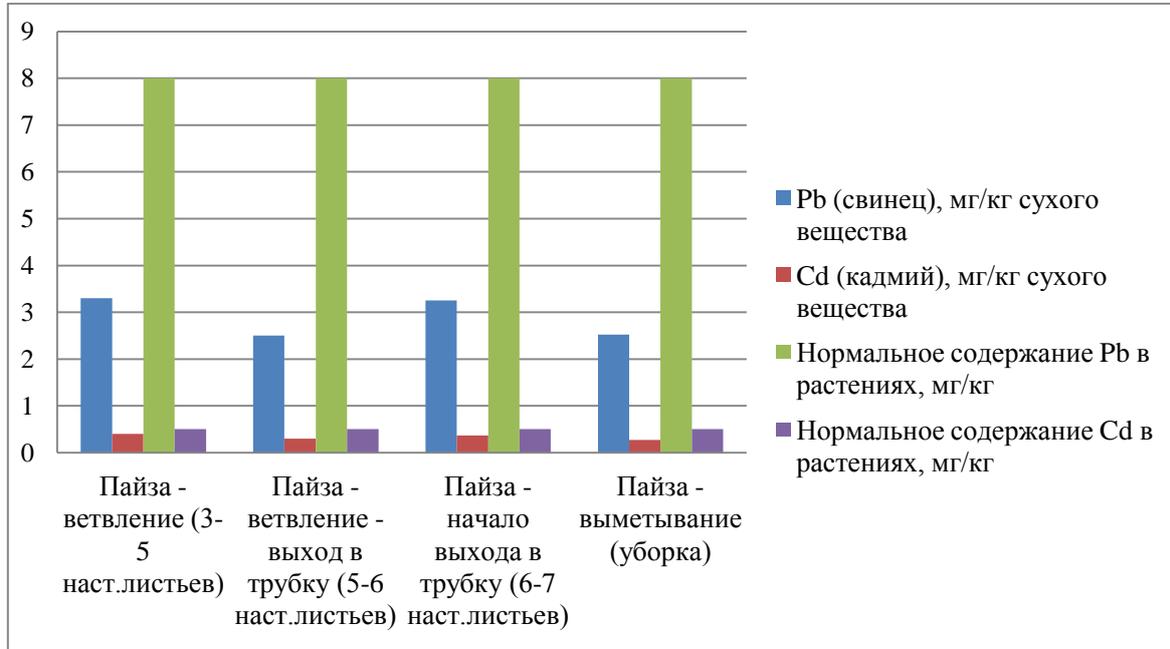


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в растительных образцах пайзы (сорт Эврика) по периодам вегетации

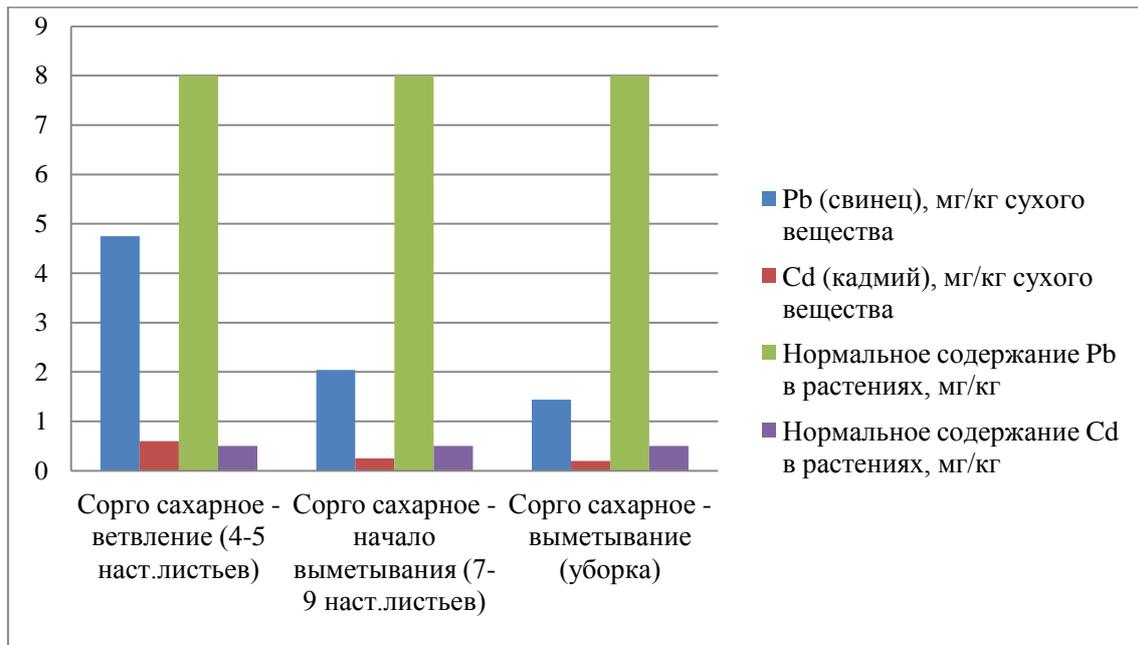


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в растительных образцах сорго сахарного (сорт Кинельское 4) по периодам вегетации

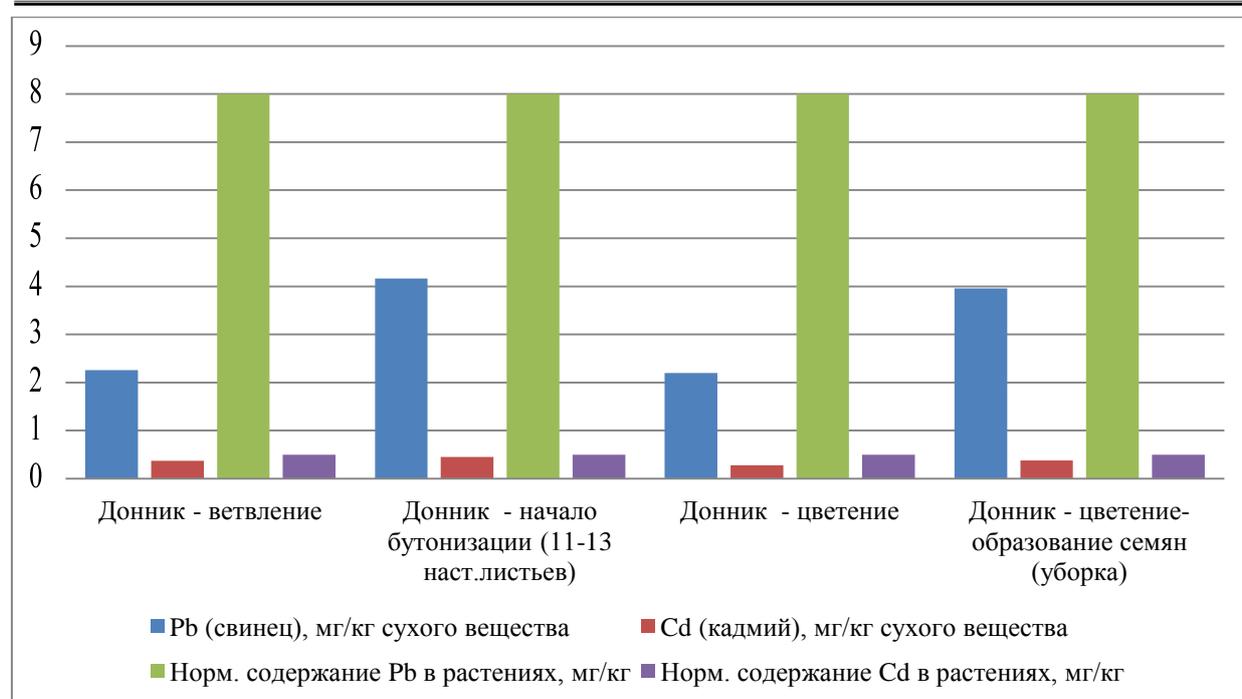


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в растительных образцах донника однолетнего (сорт Поволжский) по периодам вегетации

Отмечено, что соединения свинца и кадмия содержатся практически во всех исследованных образцах изучаемых кормовых культур по периодам вегетации. Установлено, что по мере роста и развития растений концентрация ТМ (свинец и кадмий) в них различна.

В начальный период вегетации культур (ветвление–начало бутонизации) содержание свинца составило в среднем 4,75–2,26 мг/кг сухого вещества (это ниже среднего количества ОДК 8 мг/кг), что на 40,6–71,7 % ниже оптимального количества. В период выметывания–образования семян культур (уборка зеленой массы) содержание соединений свинца составило 3,96–1,44 мг/кг, что ниже ОДК на 50,5–82 %.

Концентрация соединений кадмия в растительных образцах кормовых культур составила в среднем 0,48–0,20 мг/кг (при ОДК 0,5 мг/кг).

Отмечено, что содержание кадмия – наибольшее в период начала роста и развития растений (до 0,49–0,40 мг/кг), наименьшее – в период уборки зеленой массы у пайзы и сорго сахарного (до 0,27–0,20 мг/кг). Это на 46–60 % ниже ОДК.

Установлено сравнительно высокое содержание кадмия у донника однолетнего по отношению к ОДК в период вегетации. Наибольшее количество соединений кадмия отмечено в период начала бутонизации (0,45), наименьшее – в период цветения (0,28 мг/кг сухого вещества). Однако концентрация соединений кадмия в пределах и ниже ОДК на 10–44 % (табл. 3, см. рис. 1–3).

Наши исследования по изучению однолетних малораспространенных кормовых культур в условиях лесостепи Восточной Сибири, проведенные в 2014–2016 гг., показали высокую урожайность зеленой массы. На фоне низкого содержания нитратного азота, повышенного и высокого содержания фосфора и калия в почве они обеспечивали достоверные прибавки урожая. Наибольшую урожайность зеленой массы формировали сорго сахарное (сорт Кинельское 4) и пайза (сорт Эврика) – до 874,2–571,6 ц/га, наименьшее – донник однолетний (сорт Поволжский). В зеленой массе, а также в почве данных кормовых культур не обнаружено достоверного превышения соединений свинца и кадмия (табл. 3, 4).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в растительных образцах малораспространенных кормовых культур по периодам вегетации (среднее значение повторений) 2014–2016 гг., мг/кг

Культура, период вегетации	Содержание ТМ в почве		ОДК	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Пайза – ветвление (3-5 наст. листьев)	3,30	0,40	2-14	0,5
Пайза – ветвление – выход в трубку (5-6 наст. листьев)	2,50	0,30	2-14	0,5
Пайза – начало выхода в трубку (6-7 наст. листьев)	3,25	0,37	2-14	0,5
Пайза – выметывание (уборка)	2,52	0,27	2-14	0,5
Сорго сахарное – ветвление (4-5 наст. листьев)	4,75	0,49	2-14	0,5
Сорго сахарное – начало выметывания (7-9 наст. листьев)	2,04	0,25	2-14	0,5
Сорго сахарное – выметывание (уборка)	1,44	0,20	2-14	0,5
Донник однолетний – ветвление	2,26	0,37	2-14	0,5
Донник однолетний – начало бутонизации (11-13 наст. листьев)	4,16	0,45	2-14	0,5
Донник однолетний – цветение	2,20	0,28	2-14	0,5
Донник однолетний – цветение-образование семян (уборка)	3,96	0,38	2-14	0,5

Таблица 4

Урожайность зеленой массы перспективных кормовых культур в лесостепи за 2015–2016 гг., ц/га

Вид кормовых культур	2014	2015	2016	Среднее за 3 года
Овес – контроль	292,0	311,4	443,8	349,1
Сорго сахарное	824,6	791,1	1006,8	874,2
Пайза	587,2	564,6	562,9	571,6
Донник однолетний	497,2	501,9	486,4	495,2
НСР ₀₅	68,1	80,2	81,2	-

Фенологические наблюдения и биометрические исследования во время вегетации культур показали, что не обнаружено внешних симптомов у растений: появления темно-зеленых листьев, скручивания старых листьев, чахлах листьев (при токсичной концентрации свинца в растениях); а также задержки роста, повреждения корневой системы, хлороза листьев (при токсичной концентрации кадмия в растениях).

Выводы

1. Перспективные малораспространенные кормовые культуры пайза, сорго сахарное и донник однолетний обеспечивают высокие урожаи зеленой массы до 874,2–571,6 ц/га. Малораспространенные кормовые культуры позволяют не только сохранить биоразнообразие, расширить видовой состав растений, но и придать агрофитоценозам большую устойчивость, высокую биологическую продуктивность, сохранность экологической среды.

2. Данное исследование по выявлению тяжелых металлов в почвах и растениях исследуемых культур является актуальным, позволит в дальнейшем качественно улучшить кормовую базу Восточной Сибири и недопустить отравления животных, а также повысить качество животноводческой продукции. Требуется сбалансировать питательные вещества в почве (внесение минеральных удобрений, прежде всего азотных).

3. Новые и малораспространенные кормовые культуры способны обеспечивать высокие, стабильные урожаи кормовой массы, являются надежными компонентами в создании силосных, сырьевых, сенокосно-пастбищных конвейеров. Они способны успешно решить проблему производства растительного белка, стабилизировать сахаро-протеиновое соотношение в рационах кормления сельскохозяйственных животных в условиях лесостепи Красноярского края.

4. Эколого-токсикологическая оценка тяжелых металлов (ТМ) почв, а именно свинца и кадмия, в основные периоды развития малораспространенных кормовых культур показала низкое их содержание в сравнении с ОДК (мг/кг).

Литература

1. Аветисян А.А. Эколого-токсикологическая оценка содержания тяжелых металлов (свинец и кадмий) в почвах перспективных кормовых культур // Инновационные тенденции развития российской науки: мат-лы IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (22–23 марта 2016 г.). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2016. – Ч. 1. – С. 112–115.
2. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – 524 с.
3. Бурлакова Л.М. Экотоксиканты в системе «почвы–растения–животные». – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – 236 с.
4. Волошин Е.И. Свинец в почвах и растениях незагрязненных территорий // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2003. – № 4. – С. 17–21.
5. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Свинец. – М.: Медицина, 1980. – 193 с.
6. ГОСТ 17.4.4.01-84. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена. – Введ. 1985-01-04. – М.: Изд-во станд., 1985. – 6 с.
7. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2009 год». – Красноярск, 2010. – 237 с.
8. Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Мониторинг окружающей среды. – Красноярск, 2013. – 154 с.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Ермохин Ю.И., Синдирева А.В., Трубина Н.К. Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе «почва–растение–животное». – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 117 с.
11. Ильин В.Б., Сысо А.И. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах – важный компонент экологического мониторинга // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. II Междунар. науч.-практ. конф. – Семипалатинск, 2001. – Т. 1. – С. 141–147.
12. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
13. Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных. – Л.: Наука, 1987. – 260 с.
14. Кашин В.К., Иванов Г.М. Хром в почвах Западного Забайкалья // Почвоведение. – 2002. – № 3. – С. 311–318.
15. Конарбаева Г.А. Галогены в почвах юга Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 200 с.
16. Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва–растение» в лесостепной зоне Красноярского края. – Красноярск, 2012. – 250 с.
17. Кузубова Л.И. Токсиканты в пищевых продуктах: аналит. обзор. – Новосибирск: Изд-во ГПНТБ, 1990. – 125 с.
18. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: Изд-во ВНИИ кормов им. Вильямса, 1983. – 196 с.
19. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / П.А. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
20. Немцев Н.С. Технологические приемы, направленные на восстановление загряз-

- ненных тяжелыми металлами почв // Вестник РАСХН. – 2003. – № 1. – С. 13–15.
21. *Осипов А.И., Алексеев Ю.В.* Биологические приемы снижения загрязнения растений тяжелыми металлами // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 4. – С. 4–5.
 22. *Панин М.С.* Эколого-биохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. – Алматы: Эверо, 2000. – 338 с.
 23. *Постников Б.А.* Новые и нетрадиционные кормовые и фитозэкстрогенные культуры и их значение в кормопроизводстве и зоотехнии // Тр. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2007. – С. 422–429.
 24. *Пронина Н.Б.* Экологические стрессы (причины, классификация, тестирование, физиолого-биохимические механизмы). – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 312 с.
 25. Свинец, кадмий, мышьяк и ртуть в окружающей среде: моделирование глобального круговорота / *А.Х. Остромогильский, В.А. Петрухин, А.О. Кокорин* [и др.] // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – Вып. 4. – С. 122–147.
 26. *Хала В.Г., Артемьев В.М., Мешков В.И.* Оценка системы «почва–растение» по содержанию и транслокации тяжелых металлов // Агрехимический вестник. – 2002. – № 4. – С. 7–8.
 6. GOST 17.4.4.01-84. Ochrana prirody. Pochvy. Metody opredelenija emkosti kationnogo obmena. – Vved. 1985-01-04. – M.: Izd-vo stand., 1985. – 6 s.
 7. Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ohrane okruzhajushhej sredy v Krasnojarskom krae v 2009 god». – Krasnojarsk, 2010. – 237 s.
 8. *Demidenko G.A., Fomina N.V.* Monitoring okruzhajushhej sredy. – Krasnojarsk, 2013. – 154 s.
 9. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
 10. *Ermohin Ju.I., Sindireva A.V., Trubina N.K.* Agrojekologicheskaja ocenka dejstviya kadmiya, nikelja, cinka v sisteme «pochva–rastenie–zhivotnoe». – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2002. – 117 s.
 11. *Il'in V.B., Syso A.I.* Fonovoe sodержание tjazhelyh metallov v pochvah – vazhnyj komponent jekologicheskogo monitoringa // Tjazhelye metally, radionuklidy i jelementy-biofilij v okruzhajushhej srede: dokl. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Semipalatsinsk, 2001. – T. 1. – S. 141–147.
 12. *Kabata-Pendias A.* Mikrojelementy v pochvah i rastenijah: per. s angl. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
 13. *Kal'nickij B.D.* Mineral'nye veshhestva v kormlenii zhivotnyh. – L.: Nauka, 1987. – 260 s.
 14. *Kashin V.K., Ivanov G.M.* Hrom v pochvah Zapadnogo Zabajkal'ja // Pochvovedenie. – 2002. – № 3. – S. 311–318.
 15. *Konarbaeva G.A.* Galogeny v pochvah juga Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. – 200 s.
 16. *Korotchenko I.S., Kirienko N.N.* Detoksikacija tjazhelyh metallov (Pb, Cd, Cu) v sisteme «pochva–rastenie» v lesostepnoj zone Krasnojarskogo kraja. – Krasnojarsk, 2012. – 250 s.
 17. *Kuzubova L.I.* Toksikanty v pishhevych produktah: analit. obzor. – Novosibirsk: Izd-vo GPNTB, 1990. – 125 s.
 18. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju polevyh opytov s kormovymi kul'turami. – M.: Izd-vo VNII kormov im. Vil'jamsa, 1983. – 196 s.
 19. Mikrojelementozy cheloveka: jetiologija, klassifikacija, organopatologija / *P.A. Avcyn*,

Literatura

1. *Avetisjan A.A.* Jekologo-toksikologicheskaja ocenka sodержaniya tjazhelyh metallov (svinec i kadmij) v pochvah perspektivnyh kormovyh kul'tur // Innovacionnye tendencii razvitija rossijskoj nauki: mat-ly IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenyh (22–23 marta 2016 g.). – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2016. – Ch. 1. – S. 112–115.
2. *Aristarhov A.N.* Optimizacija pitanija rastenij i primenenija udobrenij v agrojekosistemah. – M.: CINAO, 2000. – 524 s.
3. *Burlakova L.M.* Jekotoksikanty v sisteme «pochvy–rastenija–zhivotnye». – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – 236 s.
4. *Voloshin E.I.* Svinec v pochvah i rastenijah nezagrjaznennyh territorij // Sib. vestn. s.-h. nauki. – 2003. – № 4. – S. 17–21.
5. Gigienicheskie kriterii sostojanija okruzhajushhej sredy. Svinec. – M.: Medicina, 1980. – 193 s.

- A.A. Zhavoronkov, M.A. Rish [i dr.]. – M.: Medicina, 1991. – 496 s.
20. Nemcev N.S. Tehnologicheskie priemy, napravlennye na vosstanovlenie zagryaznennykh tzhzhelymi metallami pochv // Vestnik RASHN. – 2003. – № 1. – S. 13–15.
21. Osipov A.I., Alekseev Ju.V. Biologicheskie priemy snizhenija zagryaznenija rastenij tzhzhelymi metallami // Himija v sel'skom hozjajstve. – 1996. – № 4. – S. 4–5.
22. Panin M.S. Jekologo-biohimicheskaja ocenka tehnogennykh landshaftov Vostochnogo Kazahstana. – Almaty: Jevero, 2000. – 338 s.
23. Postnikov B.A. Novye i netradicijnyye kormovye i fitojekstrogennye kul'tury i ih znachenie v kormoproizvodstve i zootehnii // Tr. SibNII kormov. – Novosibirsk, 2007. – S. 422–429.
24. Pronina N.B. Jekologicheskie stressy (prichiny, klassifikacija, testirovanie, fiziologo-biohimicheskie mehanizmy). – M.: Izd-vo MSHA, 2000. – 312 s.
25. Svinec, kadmij, mysh'jak i rtut' v okruzhajushhej srede: modelirovanie global'nogo krugovorota / A.H. Ostromogil'skij, V.A. Petruhin, A.O. Kokorin [i dr.] // Monitoring fonovogo zagryaznenija prirodnykh sred. – L.: Gidrometeoizdat, 1987. – Vyp. 4. – S. 122–147.
26. Hala V.G., Artem'ev V.M., Meshkov V.I. Ocenka sistemy «pochva-rastenie» po sodержaniju i translokacii tzhzhelyh metallov // Agrohimicheskij vestnik. – 2002. – № 4. – S. 7–8.



УДК 633.853.494 "321": 631. 5 (571.1)

**С.В. Гольцман, Н.А. Рендов,
Т.В. Горбачева**

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО РАПСА НА МАСЛОСЕМЕНА В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**S.V. Goltsman, N.A. Rendov,
T.V. Gorbacheva**

ECONOMIC EFFICIENCY OF INTENSIFICATION OF TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF SPRING RAPE ON OIL SEEDS IN SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

Гольцман С.В. – асп. каф. агрономии, селекции и семеноводства Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: sv.goltsman@omgau.org

Рендов Н.А. – д-р с.-х. наук, проф. каф. агрономии, селекции и семеноводства Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: na.rendov@omgau.org

Горбачева Т.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. агрономии, селекции и семеноводства Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: tv.gorbacheva@omgau.org

Goltsman S.V. – Post-Graduate Student, Chair of Agronomy, Selection and Seed Farming, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk. E-mail: sv.goltsman@omgau.org

Rendov N.A. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Agronomy, Selection and Seed farming, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk. E-mail: na.rendov@omgau.org

Gorbacheva T.V. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, Selection and Seed Farming, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk. E-mail: tv.gorbacheva@omgau.org

Опыты проводились в 2013–2016 гг. на полях южной лесостепи Омской области. Яровой

рапс сорта Хайлайт высевали во второй декаде мая по 2 млн всхожих семян на гектар. Из