

В.В.Головей, Г.Н.Вяйзенен, А.И.Токарь, А.И.Разумов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОРМОВ И МОЛОКА

Показана возможность применения осадка сточных вод (ОСВ) биологических очистных сооружений в качестве дополнительного органического удобрения при производстве кормов и молока. Включение в рационы сена, заготовленного на участке после внесения в почву ОСВ с добавлением к ним муки ряда лекарственных культур, способствовали снижению содержания тяжелых металлов в молоке коров при спаде лактации.

Ключевые слова: Коровы, лактация, кормление, добавки, тяжелые металлы

Введение

Проблема рационального использования образующегося в больших количествах на очистных сооружениях осадка сточных вод стоит на стыке решения двух важных народнохозяйственных задач: утилизация органических отходов и охрана окружающей среды [1-5].

Основным фактором, сдерживающим широкое применение его в качестве дополнительного органического удобрения для сельскохозяйственных культур, является высокое содержание тяжелых металлов [4, 6-7].

Характеристика почв с различных участков до и после внесения осадка сточных вод биологических очистных сооружений выглядела следующим образом. В почве под травы на сено до его внесения отмечено 1,85% гумуса при pH 4,2, а после внесения — соответственно 2,70% гумуса при pH 5,5. Подвижного фосфора (P_2O_5) и кальция (K_2O) по Кирсанову в почве установлено до внесения осадка сточных вод соответственно 5 и 8 мг/100 г, а после его внесения — соответственно — 8 и 10 мг/100 г. Следует отметить, что в 100 г почвы содержалось гидролизующего азота (по Тюрину и Кононовой) до внесения 7,0 мг, а после внесения — 8 мг.

Почва — дерново-подзолистая. Осадок сточных вод биологических очистных сооружений относится ко второй группе, то есть к средней. В нем установлено содержание тяжелых металлов (мг/кг): кадмия — 1,52; свинца — 8,6; марганца — 27,0; хрома — 102,6; меди — 112,2; цинка — 166,5; никеля — 175,0, а наличия железа общего, ртути и мышьяка обнаружено не было. Срок хранения того осадка в траншее составлял 4 года.

Визуальное обследование почв с участков до и после внесения осадка сточных вод биологических очистных сооружений не выявило каких-либо изменений; механический состав остался таким же, корневая система растений не была угнетена. Он вносился на поверхность почвы под злаковые многолетние травы с последующим рыхлением (культивацией). После внесения его в почву отсутствовали яйца глист и кишечная палочка (*E. coli*).

Осадок сточных вод биологических очистных сооружений муниципального предприятия «Водоканал» г. Боровичи Новгородской области завезен на поля отделения «Старое Ракомо» аграрного техникума «Новгородский».

Целью работы являлось изучение влияния применения растительных кормовых добавок в кормлении коров на содержание тяжелых металлов в молоке.

Материалы и методы исследований

Научно-хозяйственный опыт проведен методом групп аналогов с учетом возраста, живой массы, продуктивности за предыдущую лактацию, сроков осеменения, происхождения и породности. Продуктивность коров во второй половине лактации колебалась от $3865,0 \pm 11,80$ до $3881 \pm 11,90$ кг молока. Опыт проведен на чистопородных лактирующих коровах черно-пестрой породы на ферме аграрного техникума «Новгородский» в 1997—1998 годах. Число коров в каждой из групп опыта составляло 10 голов. Научно-хозяйственный опыт состоял из трех периодов: предварительного (10 сут.), главного (120 сут.) и заключительного (10 сут.).

Определение концентрации тяжелых металлов в них осуществлялось на атомно-эмиссионном спектрометре фирмы Perkin Elmer (США) в химической лаборатории АО «Акрон» Новгородской области, а содержание *E.coli* и яиц гельминтов — в Роспотребнадзоре Новгородской области.

В главный период опыта в течение двух смежных суток определяли массу продуктов выделений. Количество молока и расходования кормов учитывали ежесуточно взвешиванием на весах. Полноценность рационов кормления контролировали по нормам кормления РАСХН.

Живая масса коров колебалась от 528 до 536 кг. Коровы подобраны в группы с учетом происхождения (линии Аннас Адема 30587, Хильтис Адема 37910, Нико 31652; семейства Незабудки 1073, Звездочки 961, Волны 83).

Все кормовые добавки скармливались в смеси с дробинкой пивной в периоды обеденного доения и кормления (в виде кашицы). Кормовые добавки применялись для возможного ускорения выделения тяжелых металлов из организма коров, потреблявших сено, заготовленное с внесением в почву осадка сточных вод биологических очистных сооружений.

Результаты исследований и их обсуждение

В рационы лактирующих коров 1 группы включали 6,95 кг сена из злаковых многолетних трав с участка, куда не вносили осадок сточных вод биологических очистных сооружений, 20,3 кг силоса из тех же культур, 2,4 кг дробины пивной, 80 г соли поваренной; им же выпаивали по 34 л воды.

Животным контрольной 2 группы скармливали сено из злаковых многолетних трав, заготовленное в поле после предварительного внесения в почву осадка сточных вод биологических очистных сооружений, в пределах от 6,91 до 6,97 кг, а также 20,1—2,0,3 кг силоса из одноименных трав и травосмесей, адекватное количество дробины пивной.

Всем животным опытных групп выпаивали также одинаковое количество воды (по 34 л в расчете на голову в сутки), скармливали дополнительно по 80 г соли поваренной и 100 г мела кормового.

Лактирующим коровам всех опытных групп скармливали по 30 г/гол/сут растительных кормовых добавок. Так, например, в рационы коров I опытной группы включали муку стеблей татарника, II опытной — муку кипрея узколистного (иван-чая), III опытной — муку стеблей щавеля конского и IV опытной — семена щавеля конского. Условия содержания всех животных были одинаковыми. Лактирующие коровы всех групп (двух контрольных и четырех опытных) потребляли ежедневно 11,4—11,7 кг сухого вещества, 8,4—8,7% переваримого протеина (от сухого вещества рационов), 3,1—3,2% жира, 31,5—32,1% клетчатки. В расчете на одну энергетическую кормовую единицу рационов приходилось 86,2—88,6 г переваримого протеина, а в расчете на килограмм сухого вещества — 0,96—0,98 кормовых единиц (ЭКЕ).

Масса суточных рационов с учетом выпитой воды составляла 63,65—63,67 кг, сочность их равна 1,2. Сочность определили делением всей массы влаги в кормах рационов на количество в них сухого вещества.

Степень загрязненности рационов кормления лактирующих коров тяжелыми металлами в расчете на 1 кг сухого вещества и на 1 энергетическую кормовую единицу отражена в табл. 1.

В 1 кг сухого вещества рационов с использованием сена с участка, куда не вносили осадок сточных вод, отмечено минимальное содержание кадмия (0,64 мг), максимальное — алюминия (172,32 мг). Аналогичная тенденция наблюдалась в накоплении тяжелых металлов в расчете на 1 энергетическую кормовую единицу.

С использованием злакового сена с другого участка с добавлением к рационам кормовых добавок отмечали аналогичный принцип обеспеченности сухого вещества и энергетической кормовой единицы (овсяной) тяжелыми металлами.

Сумма тяжелых металлов (Al, Pb, Ni, Ti, Cr, Cd), контролируемая в рационах кормления коров, потреблявших злаковое сено с участка без внесения в почву осадка сточных вод, составляла 2287 мг, а сено с другого участка (поля) — после предварительного внесения в почву осадка сточных вод — 2459,65 мг, что на 7,5% выше.

Таблица 1

Концентрация тяжелых металлов в рационах лактирующих коров в расчете на 1 кг сухого вещества и 1 энергетическую кормовую единицу

Группа коров	На 1 кг СВ						На 1 энерг. корм. ед. (ЭКЕ)					
	Pb	Cd	Ni	Cr	Ti	Al	Pb	Cd	Ni	Cr	Ti	Al
Контр. 1 (ОР ₁), сено с участков без ОСВ	9,27	0,64	4,70	7,15	3,08	172,32	9,52	0,65	4,82	7,34	3,16	176,90
Контр. 2 (ОР ₂), сено с участка ОСВ	7,89	0,46	4,23	8,26	3,34	187,84	8,18	0,48	4,38	8,55	3,46	194,55
I опытная (ОР ₂ + мука стеблей татарника)	7,85	0,46	4,21	8,23	3,32	186,83	8,06	0,48	4,32	8,45	3,41	191,75
II опытная (ОР ₂ + мука стеблей кипрея)	7,93	0,46	4,26	8,30	3,36	189,22	8,14	0,48	4,37	8,53	3,45	194,28
III опытная (ОР ₂ + мука стеблей щавеля конского)	7,92	0,46	4,25	8,29	3,36	189,04	8,13	0,48	4,37	8,52	3,45	194,11

IV опытная (OP ₂ + семена щавеля конского)	8,02	0,47	4,30	8,39	3,39	190,88	8,16	0,48	4,37	8,53	3,45	194,28
---	------	------	------	------	------	--------	------	------	------	------	------	--------

Самый высокий уровень поступления этих тяжелых металлов в рационы установлен в случае добавления к ним муки стеблей татарника, составлявший 2467,85 мг.

На изменение величин сумм тяжелых металлов в рационах существенное влияние оказывал алюминий, содержание которого варьировало от 1999 до 2186 мг.

С использованием сена с другого участка и добавлением к рационам различных растительных кормовых добавок наблюдали аналогичную тенденцию.

Отражены материалы экспериментальных исследований по выявлению интенсивности выделения тяжелых металлов из организма лактирующих коров, в рационы которых включали сено, заготовленное без внесения и с внесением в почву того самого осадка сточных вод (ОСВ).

Все кормовые добавки использованы для возможного ускорения выделения тяжелых металлов (Al, Cr, Ni, Ti, Pb, Cd) через почки, желудочно-кишечный тракт и молочную железу. Они (добавки) скармливались в сочетании с сеном, заготовленным в полевых условиях после внесения в почву осадка сточных вод биологических очистных сооружений.

За счет только скармливаемого сена с участка после внесения в почву осадка сточных вод, в организм лактирующих коров из рационов поступало: 17,3% хрома, 20,8% алюминия, 27,7% никеля, 32,9% свинца и 39,3% кадмия (от суммы тяжелых металлов).

Для сравнения отметим, что за счет потребленного силоса в организм животных поступало ежесуточно: 47,8% алюминия, 55,5 кадмия, 62,4 свинца, 63,3 никеля и 78,6% хрома, а с выпитой водой поступало в организм 0,25% никеля, 0,51 свинца, 0,57 хрома, 1,1 кадмия и 8,0% алюминия.

Следовательно, основным поставщиком тяжелых металлов в организм лактирующих коров в данном случае является силос, заготовленный из злаковых многолетних трав и травосмесей без внесения в почву осадка сточных вод.

Те же тяжелые металлы в сумме, содержащиеся в сене и воде питьевой суточного рациона, не превысили их концентрацию в силосе, заготовленном из тех же злаковых многолетних трав и травосмесей.

Из числа изучаемых растительных кормовых добавок лишь семена щавеля конского в смеси с другими кормами рационов (в расчете на 1 кг сухого вещества) привели к повышению содержания в них свинца, кадмия, никеля, хрома, титана и алюминия.

Таблица 2

Химический состав молока коров при скармливании сена, заготовленного на участках после внесения в почву осадка сточных вод (ОСВ)

Показатель	Группа коров					
	Контрольная 1 OP ₁ (сено с участка без ОСВ)	Контрольная 2 OP ₂ (сено с участка ОСВ)	I опытная (OP ₂ + мука стеблей татарника)	II опытная (OP ₂ + мука стеблей кипрея)	III опытная (OP ₂ + мука стеблей щавеля конского)	IV опытная (OP ₂ + семена щавеля конского)
Алюминий, мг/кг	2,2±0,13	0,60±0,09	*** 10,6±0,41	0,77±0,09	0,72±0,24	0,72±0,24
Хром, мг/кг	0,12±0,001	0,12±0,07	*** 1,9±0,15	0,12±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01
Никель, мг/кг	0,12±0,02	0,15±0,04	*** 12,0±0,05	0,11±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01
Титан, мг/кг	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.
Свинец, мг/кг	отс.	отс.	0,04±0,005	отс.	отс.	отс.
Кадмий, мг/кг	отс.	отс.	0,0021±0,0001	отс.	отс.	отс.
Стронций, мг/кг	1,0±0,04	0,97±0,09	0,86±0,07	0,85±0,07	0,63±0,04	0,12±0,02
Калий, мг/кг	1,5±0,31	1,3±0,21	0,0011±0,0001	1,2±0,01	1,2±0,04	1,2±0,07
Магний, мг/кг	119±12,64	86±24,01	90±1,88	102±2,14	106±2,17	106±1,99
Кальций, мг/кг	416±21,41	1120±11,05	840±11,71	1050±12,81	1010±12,48	1010±12,30

Кальций:	3,5:1	13,0:1	9,3:1	10,3:1	9,5:1	9,5:1
магний						
Кальций:	416:1	1155:1	976:1	1235:1	1603:1	8417:1
стронций						
Сумма ТМ,			***			
мг/кг	3,44±0,19	1,84±0,15	25,40±0,12	1,85±0,05	1,59±0,04	1,08±0,035

***P<0,001

Влияние внесения ОСВ в почву на химический состав молока лактирующих коров

Содержание алюминия в молоке лактирующих коров (при включении кормовых добавок) колебалось от 0,72 до 10,6 мг/кг (P<0,001) (табл. 2). Исключение этих же кормовых добавок из рационов на фоне использования сена, заготовленного в полевых условиях после внесения в почву осадка сточных вод, привело к снижению содержания в молоке алюминия в пределах до 0,60 мг/кг (P<0,05). А сено с участков без использования этого осадка сточных вод, скармливаемое животным, в сравнении с другим сеном (контрольная 2 группа), приводило к накоплению в молоке алюминия в 3,7 раза больше.

Несмотря на применение различных растительных кормовых добавок, в молоке отмечено по 0,12 мг/кг хрома, и абсолютные величины данного элемента от общей суммы тяжелых металлов варьировали от 15,3 до 28,7 раза. Аналогичная тенденция наблюдалась также с использованием сена в обоих случаях без включения кормовых добавок в рационы.

Содержание никеля в молоке колебалось от 0,11 до 0,12 мг/кг, однако при использовании сена с участка ОСВ этот показатель возрос до 0,15 мг/кг.

Вывод. Мука стеблей щавеля конского привела к снижению концентрации в молоке алюминия, стронция стабильного, калия, магния, повышению — кальция. При этом сумма тяжелых металлов в молоке ниже контрольного уровня (1,59±0,04 мг/кг против 3,44±0,19 мг/кг).

1. Бердников С.В., Домбровский Ю.А. Миграция консервативных загрязняющих веществ по пищевым цепям // Экология. 1987. № 6. С. 10-19.
2. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Ф.Т.Бингам, М.Коста, Э.Эйхенбергер и др. М.: Мир, 1993. 366 с.
3. Вайзнен Г.Н., Головей В.В., Вайзнен А.Г. Избавление от металлов // Агробизнес. 2017. № 3(43). С. 104-109.
4. Вайзнен Г.Н. и др. Кормоприготовление. Великий Новгород, 2017. 174 с.
5. Горбатов В.С. Устойчивость и трансформация тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd) в почвах // Почвоведение. 1988. № 1. С. 35-43.
6. Грушко Я.М. Ядовитые металлы и их неорганические соединения в промышленных сточных водах. М., 1972. 175 с.
7. Гурьянов А.М. и др. Влияние микроминерального питания на морфофункциональное состояние организма животных // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии получения сельскохозяйственной продукции. Лапшинские чтения. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2010. С. 55-64.

References

1. Berdnikov S.V., Dombrovskiy Yu.A. Migratsiya konservativnykh zagryaznyayushchikh veshchestv po pishchevym tsepyam [J]. *Ehkologiya*, 1987, no. 6, pp. 10-19.
2. Bingham F.T. et al. Nekotorye voprosy toksichnosti ionov metallov [J]. Moscow, 1993. 366 p.
3. Vyayzenen G.N., Golovey V.V., Vyayzenen A.G. Izbavlenie ot metallov [J]. *Agrobiznes*, 2017, no. 3(43), pp. 104-109.
4. Vyayzenen G.N. et al. Kormoprigotovlenie [J]. *Velikiy Novgorod*, 2017. 174 p.
5. Gorbatov V.S. Ustoychivost' i transformatsiya tyazhelykh metallov (Zn, Pb, Cd) v pochvakh [J]. *Pochvovedenie*, 1988, no. 1, pp. 35-43.
6. Grushko Ya.M. Yadovitye metally i ikh neorganicheskie soedineniya v promyshlennyykh stochnykh vodakh [J]. Moscow, 1972. 175 p.
7. Gur'yanov A.M. et al. Vliyanie mikromineral'nogo pitaniya na morfofunktsional'noe sostoyanie organizma zhivotnykh [J]. *Proc. Of "Resursosberegayushchie ehkologicheski bezopasnye tekhnologii polucheniya sel'skokhozyaystvennoy produktsii. Lapshinskie chteniya"*. Saransk, 2010, pp. 55-64.

Golovey V.V., Vaisenen G.N., Tokar A.I., Razumov A.I. Using of byproducts of water cleaning in animal science. The possibilities to use of byproducts of water cleaning (sediments) as additional organic fertilizer for hay preparation were investigated. This hay and feed additives of plant origin perhaps decrease the level of heavy metals in milk in the third part of lactation.

Keywords: Cows, Lactation, Feeding, Feed additives, Heavy metals.

Сведения об авторах. В.В.Головей — кандидат сельскохозяйственных наук, отделение технологии сельскохозяйственного производства, кафедра животноводства, НовГУ им Ярослава Мудрого, valentin-golovej@yandex.ru; Г.Н.Вайзнен — доктор сельскохозяйственных наук, отделение технологии сельскохозяйственного производства, кафедра животноводства, НовГУ им Ярослава Мудрого; А.И.Токар — доктор сельскохозяйственных наук, отделение технологии сельскохозяйственного производства, кафедра животноводства, НовГУ им Ярослава Мудрого; А.И.Разумов — кандидат сельскохозяйственных наук, АО «Акрон».

Статья публикуется впервые. Поступила в редакцию 30.08.2018.