

Фомичев Ю.П., Шайдуллина Р.Г., Артемьева О.А.,
Заболотский В.А., Гвоздь В.Ф., Рыжков В.А.

Всероссийский государственный научно-исследовательский институт животноводства
Российской академии сельскохозяйственных наук, Москва

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ В СОЧЕТАНИИ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ КАДМИЕВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ЖИВОТНЫХ

Изучена эффективность применения органоминеральных композиций на основе хитозана и цеолита в сочетании с Zn^{2+} и Cu^{2+} при кадмиевой интоксикации в эксперименте. Показано увеличение элиминации Cd^{2+} из организма и повышение неспецифической резистентности.

Кадмий – один из четырех токсичных элементов, которые контролируются в обязательном порядке в продуктах питания и в кормах в соответствии с гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (1) и санитарно-гигиеническими требованиями безопасности кормов (2).

Целью исследования являлось изучение эффективности применения хитозана и цеолита в качестве энтеросорбентов и иммуномодулятора в сочетании с применением повышенных доз меди и цинка по отношению к нормам содержания этих элементов в рационах сельскохозяйственных животных при кадмиевой нагрузке на уровнях поступления его в организм в кадмиевотехногенных зонах страны (3, 4, 5).

В настоящей работе исследованы:

– эффективность применения хитозана и цеолита отдельно и в сочетании с цинком и медью на кинетику обмена и элиминацию кадмия из организма;

– влияние кадмия и энтеросорбентов (хитозана и цеолита) на неспецифическую резистентность организма.

Материалы и методы

Исследования проведены в условиях физиологического двора ВИЖа на пяти козликах средней живой массой $36,4 \pm 5,93$ кг в возрасте 8-10 месяцев в течение 4-х месяцев методом периодов продолжительностью 30 дней каждый, который включает: контрольный, нагрузка кадмием, энтеросорбции (патогенетической терапии), реабилитационный (табл. 1).

Подопытных животных в течение всего периода исследований содержали в обменных клетках индивидуально. Рацион кормления был рассчитан по нормам кормления с учетом роста козликов. Кровь для изучения клинико-биохимических показателей отбирали пункцией яремной вены в конце каждого периода опы-

та. В это же время проводили сбор суточного выделения кала и мочи, в которых определяли содержание Cd^{2+} , Zn^{2+} и Cu^{2+} методом инверсионной вольтамперометрии.

Результаты и обсуждение

Одним из показателей клинического состояния организма является изменение живой массы животного в период опыта. Результаты взвешивания показали, что их среднесуточный прирост был обусловлен как питательной ценностью рациона, так и стрессовым состоянием организма (табл. 2).

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что в контрольный период в результате стрессового состояния организма, связанного с адаптацией от группового свободно-выгульного к индивидуально-клеточному содержанию, произошло снижение живой массы у всех козликов в среднем на $3,5 \pm 0,73$ кг.

В период нагрузки Cd^{2+} , несмотря на его токсичность, происходило восстановление исходной живой массы. В этот период среднесуточный прирост в среднем по пяти козликам составил $110 \pm 29,1$ г. Это может свидетельствовать о том, что применяемые дозы Cd^{2+} в опыте были «щадящими», поскольку при подостром и хроническом эффекте этого элемента происходит снижение массы тела. В то же время кадмий оказывает стимулирующий эффект на синтез ц-АМФ и активность анаболических ферментов (3).

В период энтеросорбции при одновременном скармливании Cd^{2+} подопытные козлики продолжали прирастать в среднем по $72 \pm 17,5$ г день. В этот период как и в предыдущий индивидуальные различия в темпах прироста сохранялись. У второго и пятого животного среднесуточный прирост был наибольшим, а наименьшим он был у первого.

В реабилитационный период, когда прекратили дачу Cd^{2+} и энтеросорбентов среднесуточ-

ный прирост у всех животных был близким, но низким и составил $27 \pm 2,5$ г (табл. 2).

После привыкания козчиков к условиям опыта их подвергли кадмиевой нагрузке из расчета 25 мг Cd^{2+} на голову в день, которую вносили в форме $CdSO_4$ в комбикорм. Изучение содержания кадмия в кале и моче в период нагрузки показало, что суточная его экскреция из организма составила в среднем $11, 547 \pm 2,094$ мг/сутки по сравнению с $0,0096 \pm 0,018$ в контрольный период. При этом 99,8% кадмия экскрецировалось с калом и только 0,2% с мочой.

В период энтеросорбции кадмия его экскреция из организма козчиков возросла в 2 раза по сравнению с предыдущим периодом и составила $23,119 \pm 6,806$ мг/сутки. Это увеличение происходило за счет экскреции кадмия с калом при некотором снижении выделения его с мочой.

В других исследованиях показано, что после однократной дачи *рег ос* козам или после

однократной или повторных доз коровам около 80-90% введенного кадмия выделяется с калом на протяжении 14 дней после окончания воздействия (8).

Анализ эффективности действия цеолита и хитозана в качестве энтеросорбентов в присутствии с повышенными дозами цинка и с учетом содержания меди в рационе показывает, что наиболее эффективным вариантом энтеросорбции кадмия был хитозан в присутствии меди. Известно, что при избытке кадмия происходит обеднение организма животных медью, и они погибают с выраженными признаками недостаточности меди.

В реабилитационный период элиминация кадмия из организма продолжалась и суммарно составила $0,549 \pm 0,153$. При этом в этот период основная его доля имеет эндогенное происхождение, т. е. выделяется с мочой и, по-видимому, с желчью через желудочно-кишечный тракт, что особенно было выражено у козчиков, получавших энтеросорбент с присутствием меди, но без добавления цинка, который, как известно, стимулирует работу печени и предохраняет ее от кадмиевой интоксикации (табл. 3).

Анализ содержания Cd, Zn и Cu в сыворотке крови по периодам опыта показывает, что в среднем по пяти козикам содержание в ней Cd в контрольный, нагрузки и реабилитационный периоды было близким и колебалось в пределах $0,0196 \pm 0,0007 - 0,020 \pm 0,014$ мг/л, а в период энтеросорбции наблюдалось повышение его содержания у всех подопытных козчиков, которое в среднем составило более 400% к предыдущему периоду. Анализ динамики содержания Zn в сыворотке крови показывает, что наибольшее его содержание отмечалось в контрольный период и энтеросорбции, особенно у козчиков, получавших цеолит в присутствии меди. Содержание меди в сыворотке крови также было нестабильным. Наиболее высоким ее уровень был в период нагрузки кадмием и энтеросорбции.

Другими исследователями было установлено, что кадмий оказывает влияние на защитные силы организма и, в частности, снижает фагоцитарную способность макрофагов (3).

Влияние кадмиевых нагрузок на защитные функции организма козчиков было изучено на изменениях бактерицидной и лизоцимной активности сыворотки крови. При нагрузке организм кадмием бактерицидная активность сыворотки крови возросла в среднем на 29,3%. При применении энтеросорбентов она увели-

Таблица 1. Схема опыта

№ животного	Периоды опыта			Реабилитационный
	Контрольный	Нагрузки	Энтеросорбции (патогенетической терапии)	
1	ОР*	ОР + Cd по 25 мг/гол/день	ОР + Cd по 25 мг/гол/день + Zn - норма \times 10 + Cu до нормы	ОР
2	ОР	ОР + Cd по 25 мг/гол/день	ОР + Cd по 25 мг/гол/день + Zn - норма \times 10 + Cu до нормы + цеолит** по 1г/кг живой массы/день	ОР
3	ОР	ОР + Cd по 25 мг/гол/день	ОР + Cd по 25 мг/гол/день + Zn - норма \times 10 + Cu до нормы + хитозан*** по 25 мг/кг живой массы/день	ОР
4	ОР	ОР + Cd по 25 мг/гол/день	ОР + Cd по 25 мг/гол/день + Cu до нормы + хитозан по 25г/кг живой массы/день	ОР
5	ОР	ОР + Cd по 25 мг/гол/день	ОР + Cd по 25 мг/гол/день + Cu до нормы + цеолит по 1г/кг живой массы/день	ОР

*) – ОР – основной рацион: 0,5 кг комбикорма + 3,5 кг силоса разнотравного.

В рационе содержалось:

– Zn^{2+} – 10,62 мг, при норме 40 мг/гол/день;

– Cu^{2+} – 2,1 мг, при норме 10 мг/гол/день;

– Cd^{2+} – в кормах рациона не обнаружено.

В рацион добавляли в период нагрузки Cd^{2+} :

– Zn^{2+} по 370 мг/гол/день в форме $ZnSO_4$;

– Cu^{2+} по 15 мг/гол/день в форме $CuSO_4$;

– Максимально допустимый уровень Cd^{2+} в кормах 0,3-0,4 мг/кг (2);

– Максимально допустимое содержание в рационах овец и коз: Cu^{2+} – 10-15 мг/кг корма,

Zn^{2+} – 500-1000 мг/кг корма (7)

**) – Цеолит Шивьртуйского месторождения Читинской области. Предприятие-изготовитель – НПВООО «Цеолит».

***) – Хитозан ТУ 9289-092-00472124-99. Предприятие-изготовитель – ЗАО «Биопрогресс» Щелковского района Московской области.

Таблица 2. Изменение живой массы козликов под влиянием нагрузок кадмием и применением энтеросорбентов

№ животного, варианты опыта ¹⁾	Периоды опыта									
	Контрольный				Нагрузки кадмием		Энтеросорбции		Реабилитации	
	живая масса, кг		прирост за период, кг	среднесуточный прирост, г	живая масса, кг	среднесуточный прирост, г	живая масса, кг	среднесуточный прирост, г	живая масса, кг	среднесуточный прирост, г
при постановке	в конце периода									
1. Zn, Cu	42,2	40,0	-2,2	-73	41,2	40	42,0	25	42,6	20
2. Ц, Zn, Cu	56,0	50,0	-6,0	-200	54,8	160	58,4	116	59,2	26
3. X, Zn, Cu	27,2	24,6	-2,6	-86	28,2	120	31,0	90	31,8	26
4. X, Cu	25,2	23,0	-2,2	-73	26,0	100	27,0	32	27,9	30
5. Ц, Cu	31,4	27,0	-4,4	-146	31,0	133	34,0	96	35,0	33
\bar{x}	36,4	32,9	-3,5	-116	36,2	110	38,5	72	39,3	27
$\pm m$	$\pm 5,93$	$\pm 5,20$	$\pm 0,73$	$\pm 24,4$	$\pm 5,55$	$\pm 23,1$	$\pm 6,05$	$\pm 17,5$	$\pm 6,03$	$\pm 2,50$

¹⁾ К основному рациону в период энтеросорбции добавляли: Zn²⁺ норма x 10 мг/гол/день; Cu²⁺ – до нормы; Ц (цеолит) – по 1 г/кг живой массы/день; x (хитозан) – по 25 мг/кг живой массы/день.

чилась, в основном у козликов, получавших цеолит и хитозан совместно с цинком и медью и хитозан с медью. У козликов, получавших цинк с медью и цеолит с медью, произошло понижение бактерицидной активности в среднем на 35%, которая в период реабилитации повысилась и была выше, чем в контрольный период, в то время как у козликов 2, 3 и 4 групп она оставалась практически на уровне предыдущего периода (табл. 5).

Нагрузка организма козликов кадмием полностью подавила лизоцимную активность сыворотки крови, что возможно путем экскреции лизоцима с мочой (табл. 6). Включение в рацион энтеросорбентов, цинка и меди оказало профилактический эффект. В период энтеросорбции лизоцимная активность стала восстанавливаться и достигла $7,08 \pm 0,74$, а в реабилитационный период – $17,28 \pm 1,108$. При этом все виды обработок оказали положительный антидотный эффект, но наибольший он был при применении цеолита совместно с цинком и медью. У козликов, получавших их, лизоцимная активность превысила контрольный уровень. При применении хитозана она была близкой к исходной, а при применении только цинка и меди лизоцимная активность не достигла контрольного уровня (табл. 6).

В ранее выполненных исследованиях (9) применение хитозана и цеолитсодержащих минералов в техногенных зонах по радионуклидам и тяжелым металлам при выращивании телят было показано их положительное влияние на активность иммунной системы: повышалось количество лейкоцитов, лимфоцитов, Т и В-

лимфоцитов, возрастала фагоцитарная активность, повышалась бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови.

Кадмиевая интоксикация в значительной степени зависит от его взаимодействия с цинком. В связи с близостью строения атомов обоих элементов и сходством образуемых ими тетраэдрических комплексов кадмий способен замещать цинк в хелатах этого металла, что ха-

Таблица 3. Динамика экскреции Cd²⁺ с калом и мочой у козликов в опыте, мг/сутки

№ животного, вариант опыта ¹⁾	Периоды опыта			
	Контрольный	Нагрузки кадмием	Энтеросорбции	Реабилитационный
Экскреция Cd ²⁺ с калом				
1. Zn, Cu	не обнаруж.	5,037	35,91	0,014
2. Ц, Zn, Cu	не обнаруж.	13,05	6,93	0,048
3. X, Zn, Cu	не обнаруж.	15,89	10,19	0,045
4. X, Cu	не обнаруж.	11,41	42,24	0,269
5. Ц, Cu	0,048	12,25	20,25	0,562
\bar{x}	0,0096	11,527	23,10	0,187
$\pm m$	$\pm 0,018$	$\pm 2,092$	$\pm 6,808$	$\pm 0,105$
Экскреция Cd ²⁺ с мочой				
1. Zn, Cu	не обнаруж.	0,0078	0,0087	0,0177
2. Ц, Zn, Cu	0,061	0,0362	0,0152	не обнаруж.
3. X, Zn, Cu	0,0015	0,016	0,0146	0,769
4. X, Cu	0,034	0,038	0,0051	0,3106
5. Ц, Cu	0,109	не обнаруж.	0,033	0,264
\bar{x}	0,0417	0,0196	0,01532	0,2722
$\pm m$	$\pm 0,021$	$\pm 0,0073$	$\pm 0,00056$	$\pm 0,0148$
Суммарная экскреция Cd ²⁺				
1. Zn, Cu	не обнаруж.	5,045	35,9187	0,0317
2. Ц, Zn, Cu	0,061	13,086	6,9452	0,048
3. X, Zn, Cu	0,0015	15,906	10,2046	0,814
4. X, Cu	0,034	11,448	42,245	0,5796
5. Ц, Cu	0,157	12,25	20,283	0,826
\bar{x}	0,0507	11,547	23,1193	0,459
$\pm m$	$\pm 0,030$	$\pm 2,094$	$\pm 6,806$	$\pm 0,153$

¹⁾ К основному рациону в период энтеросорбции добавляли: Zn²⁺ – норма x 10 мг/гол/день; Cu²⁺ – до нормы; Ц (цеолит) по 1 г/кг живой массы/день; X (хитозан) по 25 мг/кг живой массы/день

Таблица 4. Динамика содержания Cd, Zn и Cu в сыворотке крови в период опыта, мг/л

№ животного, варианты опыта ⁺⁾	Периоды опыта											
	Контрольный			Нагрузки кадмием			Энтеросорбции			Реабилитационный		
	Cd	Zn	Cu	Cd	Zn	Cu	Cd	Zn	Cu	Cd	Zn	Cu
1. Zn, Cu	0,028	0,46	0,65	не обн.	0,24	0,192	0,019	0,319	1,07	не обн.	не обн.	0,08
2. Ц, Zn, Cu	0,013	0,67	0,26	0,007	0,58	не обн.	0,016	0,81	0,843	0,025	0,55	0,74
3. X, Zn, Cu	0,082	0,91	не обн.	0,02	0,41	не обн.	0,039	0,29	1,06	0,077	0,254	0,74
4. X, Cu	не обн.	1,71	0,36	0,038	0,58	0,011	0,05	0,321	0,041	не обн.	0,412	0,016
5. Ц, Cu	не обн.	1,44	0,183	0,033	1,47	0,1	0,31	1,58	0,07	не обн.	0,038	0,0224
\bar{x}	0,024	1,038	0,290	0,0196	0,65	0,060	0,086	1,012	0,61	0,020	0,250	0,319
$\pm m$	$\pm 0,015$	$\pm 0,241$	$\pm 0,125$	$\pm 0,007$	$\pm 0,237$	$\pm 0,037$	$\pm 0,056$	$\pm 0,248$	$\pm 0,192$	$\pm 0,014$	$\pm 0,098$	$\pm 0,139$

+) К основному рациону в период энтеросорбции добавляли: Zn²⁺ - норма x 10 мг/гол/день; Cu²⁺ - до нормы; Ц (цеолит) по 1 г/кг живой массы/день; X (хитозан) по 25 мг/кг живой массы/день

Таблица 5. Влияние нагрузки кадмием и применения энтеросорбентов на бактерицидную активность сыворотки крови козликов, %

№ животного, вариант опыта ⁺⁾	Периоды опыта			
	Контрольный	Нагрузки кадмием	Энтеросорбции	Реабилитационный
1. Zn, Cu	67,3	82,0	53,1	77,4
2. Ц, Zn, Cu	87,9	57,0	87,0	90,7
3. X, Zn, Cu	46,0	74,3	89,1	86,8
4. X, Cu	36,6	81,4	96,2	97,6
5. Ц, Cu	50,2	78,0	51,1	69,1
\bar{x}	57,6	74,5	75,3	84,32
$\pm m$	$\pm 9,89$	$\pm 4,82$	$\pm 8,69$	$\pm 4,16$

+) К основному рациону в период энтеросорбции добавляли: Zn²⁺ - норма x 10 мг/гол/день; Cu²⁺ - до нормы; Ц (цеолит) по 1 г/кг живой массы/день; X (хитозан) по 25 мг/кг живой массы/день

рактирует его как специфический антиметаболит цинка.

Вследствие этого целый ряд токсических явлений, вызываемых действием кадмия, удается в эксперименте предупредить одновременной дачей цинка (3).

Список использованной литературы:

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. - М.: Минздрав России, 2002.
2. Инструктивное письмо МСХ РФ, Департамент ветеринарии № 1234-4/281 от 07.08.87 г.
3. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. - М.: Медицина, 1991. - С. 361-385.
4. Горовой Л.Ф., Косяков В.Н. Сорбционные свойства хитина и его производных / Хитин и хитозан, получение, свойства, применение. Под ред. Скрябина К.Г., Вихорева Г.А., Варламова В.А. - М.: Наука, 2002. - С. 217-246.
5. Комаров Б.А. Почему хитозан полезен человеку? Новые достижения в исследовании хитина и хитозана // Материалы VI международной конференции. - М.: ВНИРО, 2003. - С. 187-195.
6. Цеолит: эффективность и применение в сельском хозяйстве. Под ред. Г.А. Романова. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. - Ч.1. - С. 22-27, 161-168.
7. Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных. - Л.: Агропромиздат, 1985. - 207 с.
8. Van Bruwaene R., Kirchmann K., Impens R. Cadmium contamination in agricultural and zootechnology // Experientia. -1984. - Vol. 40. - P. 43-52.
9. Фомичев Ю.П., Донник И.М., Федоров Ю.Н., Стрекозов Н.И., Шайдуллина Р.Г., Стрекозова Е.Н., Северов В.И., Хайбуллин Р.Р. Эффективность применения энтеросорбентов при выращивании молодняка крупного рогатого скота в техногенных зонах России // Аграрная Россия. - 2004. - №5. - С. 12-17.

Таблица 6. Влияние нагрузки кадмием и применения энтеросорбентов на лизоцимную активность сыворотки крови козликов, Ед.

№ животного, вариант опыта ⁺⁾	Периоды опыта			
	Контрольный	Нагрузки кадмием	Энтеросорбции	Реабилитационный
ДЗЗР (мм)				
1. Zn, Cu	21,21	отсутствует	9	15,9
2. Ц, Zn, Cu	18,2	отсутствует	7,5	20
3. X, Zn, Cu	14,25	отсутствует	6,7	16,49
4. X, Cu	14,8	отсутствует	5,16	14,25
5. Ц, Cu	15,36	отсутствует	7,04	20,0
\bar{x}	16,76	отсутствует	7,08	17,28
$\pm m$	$\pm 1,342$	отсутствует	$\pm 0,749$	$\pm 1,1087$

+) К основному рациону в период энтеросорбции добавляли: Zn²⁺ - норма x 10 мг/гол/день; Cu²⁺ - до нормы; Ц (цеолит) по 1 г/кг живой массы/день; X (хитозан) по 25 мг/кг живой массы/день.

Вывод

Применение органоминеральных композиций на основе хитозана и цеолита в сочетании с цинком и медью является эффективным средством патогенетической терапии животных в техногенных по кадмию зонах.