Общество с ограниченной ответственностью
«Открытый мир кормов»

Токсины и микотоксины в кормах для КРС

г. Вологда, июнь 2020 г

Справка

ООО «Открытый мир кормов» работает в области производства (собственное производство), поставок и разработки кормовых продуктов и технологий.

Многолетний опыт работы позволяет точно диагностировать и осуществить поиск решений задач, стоящих перед хозяйствами в области производства кормов и кормовых добавок.

Собственный опыт, связи с поставщиками сырья, а также производителями оборудования позволяют найти комплексное решение по широкому кругу вопросов.

Собственное производство, работающее с 2018 года способно оперативно реагировать на потребности хозяйств и производить небольшие партии продуктов для конкретных ситуаций.

В настоящий момент серийно производятся премиксы-энергетические добавки для коров транзитного периода, включающие, в том числе, пропиленгликоль, нанесенный на отруби, премиксы для оптимизации микрофлоры рубца/функций рубца.

В разработке регуляторные продукты:
- премиксы для нейтрализации окислительного стресса, в том числе микотоксикозах,
- премиксы (кормовые смеси) – улучшения репродуктивных функций коров,
- премиксы для телят/молочников.

Предприятие поставляет отдельные кормовые компоненты, действие которых проверено в течение длительного времени и показывает высокую экономическую эффективность. В частности осуществляем поставки живых дрожжей Actisaf Sc 47 Hr+, которые используем для собственного производства премиксов.

Осуществляем поставки силосных заквасок производства ООО «ПО «Сиббиофарм» - Биосиб, Биоферм.

Предприятие, совместно с ведущим производителем оборудования ООО «Совокрим» разрабатывает комплексы очистки семян и масличных культур, удаления оболочек из различных культур и шротов. Возможно комплектование комбикормовых участков/производств.

Контактные данные:
Директор – Петров Андрей Борисович,
Тел/факс (8172) 53-10-55
Моб. 8-981-442-41-40
Эл. Почта: mail@owfeeds.ru

Оглавление

1. Результаты анализа наличия микотоксинов в кормах жвачных животных в Вологодской области.
2. Микотоксины – полевые и микотоксины хранения.
3. Эффекты, ПДК и продуценты микотоксинов в кормах жвачных животных.
4. Биотрансформация микотоксинов.
5. Многофакторное действие множественной контаминации кормов микотоксинами.
6. Пути уменьшения количества микотоксинов в кормах и нейтрализация их действия на организм животного.
6.1. Пути инактивирования микотоксинов.
6.1.1. Общие подходы по удалению/нейтрализации микотоксинов.
6.1.2. Адсорбция/адсорбенты.
6.1.2.1. Коэффициент распределения микотоксинов в фазах октанол-вода.
6.1.2.2. Возможности адсорбции микотоксинов адсорбентами.
6.2. Механическое физического удаление токсинов и микотоксинов из корма.
6.3. Пути предупреждения развития микотоксинов в кормах.
7. Связь качества силоса и наличия в нем антиоксидантов – каротина и токоферола. Взаимосвязь с репродуктивными функциями.
8. Токсины (микотоксины) и окислительный стресс. Пути его нейтрализации.
9. Прочие токсины в силосе и корме. Опасности для человека и животных. Токсины микробиологической природы.
10. Заключение/выводы.
11. Литература.

(Мико) токсины в кормах КРС

Вопрос наличия токсинов, в том числе микотоксинов, в кормах КРС и молочных коров является важным компонентом продуктивности, здоровья животных, их репродуктивных функций. У КРС, в отличие от моногастричных животных, вопрос наличия микотоксинов в кормах усложняется двумя факторами – во-первых, использования большого количества консервированного корма (силоса) и микотоксинов силоса, отличных от микотокиснов зерновых и масличных культур, и, во-вторых, наличие рубца у жвачных животных, осуществляющих в определенной степени биотрансформацию микотоксинов. В настоящее время существует большое количество коммерческих предложений по нейтрализаторам микотоксинов прежде всего с минеральными адсорбентами. Поэтому данный вопрос требует изучения.

1. Результаты анализа наличия микотоксинов в кормах жвачных животных в Вологодской области.

В феврале 2019 года в трех хозяйствах Вологодской области были взяты семь образцов силоса, используемого в кормлении молочного стада, и один образец комбикорма (36% - ячмень, 32% кукуруза, 26% - жмых подсолнечника, 6% соя). Ячмень в комбикорме - заготовки Вологодского хозяйства, имел признаки наличия плесневых грибов.

Анализ на микотоксины и микофлору был проведен лабораторией микологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». Результаты анализа представлены в таблицах 1, 2 ниже, микологического анализа в Таблице 3.

Таблица 1. Содержание микотоксинов в исследованных образцах корма.

№	Силос/к-корм	Дата заготовки	Кон-сервант	Содержание микотоксинов, мкг/кг							
				Т-2	ЗЕН	ДОН	ОА	ЦИТ	СТЕ	АВ1	ФВ1
1	Силос 1	14-16.06.18	Нет	-	-	105	-	-	-	-	-
2	Силос 2	16-24.08.18	Да	-	-	195	-	-	-	-	-
3	Силос 3	27-30.07.18	Да	-	-	150	-	-	-	-	-
4	Силос 4	19-21.07.18	Да	8	-	125	-	-	-	-	-
5	Силос 5	31.07-2.08.18	Да	-	48	160	-	-	-	-	-
6	Силос 6	26-30.08.18	Да	10	125	200	-	-	-	-	-
7	Силос 7	21-23.06-18	Да	-	-	135	-	-	-	-	-
8	Комбикорм			**130**	-	-	-	-	-	-	225
ПДК (по нормативными документами РФ)				50	500	500	20	50	10	10	-

Таблица 2. Содержание микотоксинов в исследованных образцах корма (продолжение)

№	Силос/к-корм	Дата заготовки	Кон-Сервант	Содержание микотоксинов, мкг/кг					
				ЭА	ЦПК	МФК	ЭМО	PR	АОЛ
1	Силос 1	14-16.06.18	Нет	-	130	45	425	-	105
2	Силос 2	16-24.08.18	Да	-	130	40	500	-	95
3	Силос 3	27-30.07.18	Да	-	110	**2000**	265	-	**500**
4	Силос 4	19-21.07.18	Да	-	100	-	140	-	48
5	Силос 5	31.07-2.08.18	Да	-	-	47	65	-	150
6	Силос 6	26-30.08.18	Да	-	200	76	420	**600**	250
7	Силос 7	21-23.06-18	Да	-	320		70	-	200
8	Комбикорм			-	-	39	70	-	-
ПДК (по нормативными документами)				-	-	-	-	-	-

Сокращения: Т-2 – Т-2 токсин, ЗЕН – зеараленон, ДОН – дезоксиниваленол (вомитоксин), ОА- охратоксин А, СТЕ – стеригматоцистин, АВ1 – афлотоксин В1, ФВ1 – фумонизин В1, ЭА – эргоалколойды, ЦИК – циклопиазоновая кислота, ЦИТ – цитринин, МФК – микофеноловая кислота, ЭМО – эмодин, АОЛ - алтернариол, PR – PR-токсин, ”-” – не обнаружено.
Примечаиия: Содержание микотоксинов определено методом непрямого конкурентного иммуноферментного анализа (ИФА).

Таблица 3. Результаты микологического анализа образцов.

№	Образец	Состояние микобиоты	Пораженность, %
1	Силос 1	Penicillium roqueforti Byssochlamys nivea	20 6
2	Силос 2	Penicillium roqueforti Monascus ruber Aspergillus fumigatus Phoma sp Mucor spp	45 2 6 1 30
3	Силос 3	Penicillium roqueforti Monascus ruber Aspergillus fumigatus Absidia spp Mucor spp	90 3 30 15 10
4	Силос 4	Penicillium roqueforti Monascus ruber Aspergillus fumigatus	100 40 80
5	Силос 5	Penicillium roqueforti Byssochlamys nivea Aspergillus fumigatus	100 40 2
6	Силос 6	Penicillium roqueforti Byssochlamys nivea	90 20
7	Силос 7	Aspergillus glaucus Group	60
		Состав микобиоты	ОЧГ, КОЕ/г
8	Комбикорм	Penicillium	**296 000**

Результаты проведенного исследования показывают наличие различных микотоксинов в кормах, а также продуцентов микотоксинов - разнообразной микофлоры. Поэтому возникает вопрос об изучении и оценке данного явления.

2. Микотоксины – полевые и микотоксины хранения.

В настоящее время существует разделение на микофлору и, соответственно, микотоксины, ей вырабатываемые: полевую и хранения. Общее количество известных токсинов и микотоксинов превышает 1500 единиц. Микофлора, как правило, вырабатывает не единственный микотоксин, а целый ряд близких по составу соединений, которые мы идентифицируем как отдельный микотоксин. Для более точной идентификации требуются соответствующие методы анализа.

Полевая микофлора (микотоксины) – это микофлора (микотоксины), сформированная в поле до момента уборки. При быстрой уборке, сушке зерна, хранения его в надлежащих условиях основное количество микотоксинов – это микотоксины полевые. Микотоксины силоса - это как микотоксины полевые, так и выработанные микофлорой силоса. При этом микофлора силоса значительно отличается от микофлоры зеленой массы.

В работе [1] проведен анализ микофлоры и микотоксинов зеленой массы на северо-западе России, полученной перед вторым укосом. Состав микофлоры зеленой массы дан в Таблице 4, состав микотоксинов в зеленой массе – Таблице 5.

Таблица 4. Содержание микофлоры в зеленой массе.

	Тип I (n=9)		Тип II (n=15)		Тип III (n=5)	
	N*	КОЕ/г	N*	КОЕ/г	N*	КОЕ/г
Acremonium spp.	2	489	5	1413	0	0
Alternaria spp.	6	6800	13	3533	4	7360
Aspergillus spp.	1	44	0	0	0	0
Aureobasidium sp.	4	756	3	240	1	160
Cladosporium spp.	8	25689	13	15067	5	18820
Fusarium spp.	2	444	9	1600	2	720
Gliocladium spp.	0	0	1	160	0	0
Mucoraceae	2	444	0	0	0	0
Mycelia sterilia	4	1200	10	4907	4	960
Penicillium spp.	4	222	1	53	1	80
Phoma spp.	8	7022	13	7147	5	8480
Scopulariopsis sp.	0	0	1	53	1	160
Trichoderma viride	1	44	0	0	0	0
Другие грибы	1	133	6	560	3	880
Всего		43287		34733		37620

Тип I – травы, Тип II – клеверо-травяная смесь, Тип III – люцерна-тимофеевка, N* - количество образцов, где таксон обнаружен

Таблица 5. Содержание микотоксинов в зеленой массе.

Микотоксин	Тип I (n=3)		Тип II (n=9)		Тип III (n=3)	
	N*	мин-средн-макс, мкг/кг	N*	мин-средн-макс, мкг/кг	N*	мин-средн-макс, мкг/кг
АОЛ	3	63-144-310	9	62-235-415	3	63-105-340
ЦПК	3	400-1000-1350	9	630-1050-1550	3	780-1230-1480
ЭМО	3	130-1000-2000	9	67-1270-2550	3	125-200-370
ОА	3	8-10-17	8	10-17-26	1	20
СТЕ	0	-	3	30-32-40	2	36,46
МФК	2	17,25	7	16-24-35	3	18,22,24
ЦИТ	1	46	4	42-65-100	3	66,84,85
АВ1	0		3	2,3,4	2	3,4
PR	1	250	4	250-310-385	1	165
Т-2	0	-	3	4,8,36	0	-
ДОН	0	-	1	100	1	105
ЗЕН	0	-	0	-	0	-
ФВ1	3	75,80,165	8	68-105-160	2	85,130
ЭА	3	6,40,60	9	14-47-130	3	3,30,60

Тип I – травы, Тип II – клеверо-травяная смесь, Тип III – люцерна-тимофеевка, N* - количество образцов, где микотоксин обнаружен

Сокращения: Т-2 – Т-2 токсин, ЗЕН – зеараленон, ДОН – дезоксиниваленол (вомитоксин), ОА- охратоксин А, СТЕ – стеригматоцистин, АВ1 – афлотоксин В1, ФВ1 – фумонизин В1, ЭА – эргоалколойды, ЦИК – циклопиазоновая кислота, ЦИТ – цитринин, МФК – микофеноловая кислота, ЭМО – эмодин, АОЛ - альтернариол, PR – PR-токсин, ”-” – не обнаружено.

Данные проведенных исследований показывают, что уже в поле, в зеленой массе содержится значительное количество микотоксинов и грибов-продуцентов. В тоже время при силосовании происходит значительное изменение микофлоры, а также возрастает концентрация некоторых микотоксинов.

3. Эффекты, ПДК и продуценты микотоксинов в кормах жвачных животных.

В настоящее время происходит накопление данных, проводятся исследования по встречаемости в кормах, влиянию на организм животного и определению ПДК микотоксинов (токсинов). ПДК для жвачных животных в определено только для микотоксинов, присутствующих в зерновой группе. В отношении микотоксинов, продуцируемых на этапе хранения производится изучение. Основываясь на материалах [2,3] по наиболее значимым микотоксинам данные собраны в таблицвх 6,7,8.

Таблица 6. Эффекты некоторых микотоксинов на КРС

Микотоксин	Эффект
Афлотоксин	Уменьшение выработки молока. Снижение качества молока и его безопасности, в том числе за счет перехода афлотоксина в молоко. Снижение уровня привесов и эффективности корма. Снижение уровня иммунитета и уменьшение эффективности рубцового пищеварения. Поражение печени, снижение ее функций.
Т-2	Снижение иммунитета. Сложности с осеменением и аборты на поздних периодах стельности. Степень перехода Т-2 микотоксина в молоко ничтожна.
ДОН	Желудочно-кишечные проблемы и снижение продуктивности из-за отказа от корма. Нет признаков попадания микотоксина в молоко.
Зеараленон	Бесплодие, снижение выработки молока, гиперэкстрогены у КРС. Степень перехода Зеараленона в молоко ничтожна.
Фумонизин	Снижение продуктивности из-за отказа от корма. Болезни печени. Степень перехода Фумонизина в молоко ничтожна.
Охратоксин	Нет явных признаков токсичности при потреблении в виде единственного токсина. Степень перехода Охратоксина в молоко ничтожна.
Рокуефертин Roquefortine	Отказ от корма, проблемы с воспроизводством, паралитические эффекты. Степень перехода Рокуефортина в молоко ничтожна.
PR-токсин	Отказ от корма, воспаление кишечника, проблемы с воспроизводством, аборты.
Микофеноловая кислота	Сильнодействующее средство подавления иммунитета. Используется в медицине при пересадке органов для подавления иммунитета. Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Циклопиазоновая кислота	Нейротоксичный, мутагенный, влияет на метаболизм кальция Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Стеригматоцистин	Канцерогенный, мутагенный, гепатотоскисный. Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Эмодин	Иммуносупрессор, мутаген, дерматотоксичный и цитотоксичный. Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Альтернариол	Цитотоксичный. Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Эрготалколойды	Проявляет нейторотоксичность, иммуносупрессор Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Цитринин	Проявляет нефротоксичность и непатотоксичность. Исследований по влиянию на КРС недостаточно.
Патулин	Антибиотик против грамм-положительных бактерий. Изменяет микрофлору рубца. Проявляет токсичность в отношении организма в целом, парезы.

Таблица 7. Определенная документами ПДК микотоксинов в кормах.

	Страна	ПДК – группа животных
Афлотоксин	ЕС	5 мкг/кг корма для молочных коров
		20 мкг/кг корма для всех остальных жвачных
	США	20 мкг/кг корма для молочных коров
		100 мкг/кг корма для нетелей
		300 мкг/кг корма для бычков на откорме
Т-2	США	- нет нормативов
	ЕС	- нет нормативов для жвачных, для питания людей 0,05-0,2 мг/кг для детского питания 0,015 мг/кг
ДОН	ЕС	- 5 мг/кг корма
	США	- 10 мг/кг корма для бычков на откорме - 5 мг/кг корма для КРС старше 4 месяцев
Зеараленон	ЕС	- 0,5 мг/кг для жвачных
	США	- нет нормативов
Фумонизины	ЕС	50 мг/кг корма для КРС старше 4 месяцев
	США	15 мг/кг корма для нетелей, 30 мг/кг корма для КРС старше 3 месяцев
Охратоксин	ЕС	- нет нормативов
	США	- нет нормативов
Рокуефертин - Roquefortine		- нет нормативов
PR-токсин		- нет нормативов
Микофеноловая кислота		- нет нормативов
Циклопиазоновая кислота		- нет нормативов
Стеригматоцистин		- нет нормативов
Эмодин		- нет нормативов
Альтернариол		- нет нормативов
Эрготалколойды		- нет нормативов
Цитринин		- нет нормативов
Патулин		-

В РФ наличие микотоксинов в комбикорме регулируется следующими нормативными документами.

Содержание микотоксинов в кормах определяют по следующим методам:
- ГОСТ Р 51116-97 Комбикорма, зерно, продукты его переработки. Метод определения содержания дезоксиниваленола (вомитоксина);
- ГОСТ Р 52471-2005 Корма. Иммуноферментный метод определения микотоксинов;
- ГОСТ 31653-2012 Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов;
- Методические рекомендации «Иммуноферментное определение микотоксинов в кормах», 2014 г.

Кормовая продукция	Допустимый уровень микотоксина, мг/кг, не более							
	Т-2	ДОН	ЗЕН	ФУМ	ОА	ЦИТ	$АВ_1$	СТЕ
Полнорационные комбикорма для с/х птицы (*для кур-несушек, молодняка, племенного поголовья*)	0.1 (*0.05*)	1.0 (*0.5*)	0.5 (*0.25*)	2.0 (*1.0*)	0.05 (*0.01*)	0.1 (*0.05*)	0.02 (*0.01*)	0.02 (*0.01*)
Полнорационные комбикорма для свиней (*для поросят до 4-х мес., супоросных, подсосных свиноматок, хряков-производителей*)	0.1 (*0.05*)	1.0 (*0.5*)	0.5 (*0.02*)	1.0 (*0.5*)	0.05 (*0.01*)	0.1 (*0.05*)	0.02 (*0.01*)	0.02 (*0.01*)
Комбикорма-концентраты для свиней	0.1 (*0.05*)	1.0 (*0.5*)	0.5 (*0.02*)	1.0 (*0.5*)	0.05 (*0.01*)	0.1 (*0.05*)	0.02 (*0.01*)	0.02 (*0.01*)
Комбикорма-концентраты для КРС (*для дойных коров и телят до 4-х мес.*)	0.1 (*0.05*)	1.0 (*0.5*)	1.0 (*0.5*)	–	0.05 (*0.02*)	0.1 (*0.05*)	0.02 (*0.01*)	0.02 (*0.01*)

Источник: Презентация Галины Кононенко

Таблица 8. Продуценты микотоксинов.

Микотоксин	Продуценты
Афлотоксин	Aspergillus
Т-2, НТ-2	Fusarium poae, Fusarium sporotrichioides, Fusarium langsethiae,
ДОН	Fusarium culmorum, Fusarium graminearum
Зеараленон	Fusarium culmorum, Fusarium graminearum
Фумонизин	Fusarium proliferatum, Fusarium verticillioides
Охратоксин	Aspergillus ochraceus, Penicillum verrocosum
Рокуефертин Roquefortine	Penicillium roqueforti
PR-токсин	Penicillium roqueforti
Микофеноловая кислота	Penicillium roqueforti, Byssochlamys nivea
Циклопиазоновая кислота	Penicillum griseofulvum и др. Penicillum. Aspergillus flavus, Aspergillus oryzae
Патулин	Penicillium, Aspergillus, Byssochlamys nivea
Стеригматоцистин	Aspergillus versicolor
Эмодин	Aspergillus, Pyrenochaeta, Pestalotiopsis
Альтернариол	Alternaria
Эрготалколойды	Claviceps
Цитринин	Penicillum, Aspergillus. Monascus rubber

4. Биотрансформация микотоксинов.

Существуют два основных направления биотрансформации микотоксинов кормов КРС. Во-первых, – это биотрансформация микотоксинов микрофлорой рубца, во-вторых, это биотрансформация полевых микотоксинов при ферментации силоса.

Биотрансформация микотоксинов микрофлорой рубца зависит от вида микотоксинов. Афлатоксин в небольшой степени трансформируется микрофлорой рубца. Другие полевые микотоксины в значительной степени подвергаются трансформации с образованием менее токсичных форм. По всей видимости, микотоксины «хранения» в небольшой степени подвержаны биотрансформации.

При хранении силоса большинство микотоксинов достаточно стабильны.

5. Многофакторное действие множественной контаминации кормов микотоксинами.

В таблице 6 даны эффекты микотоксинов на животных. В тоже время, как правило, имеет действие множественная контаминация кормов. Совместное действие нескольких микотоксинов детально не изучалось, так как количество возможных вариантов огромно. В тоже время наблюдения показывают, что существуют варианты аддитивного действия, то есть действие микотоксинов равно сумме действий, но в большом количестве случаев действие нескольких микотоксинов носит синергический эффект, когда происходит значительное усиление совместного действия. В целом действие микотоксинов на организм животного проявляется следующим образом:

- снижение потребление корма,
- снижение адсорбции нутриентов корма и нарушение обмена,
- изменение работы эндокринной и экзокринной систем,
- подавление иммунной системы,
- подавление (в том числе прямого антимикробного действия) микробиоты,

- изменение барьерной функции эпителия рубца и кишечника.

Необходимо отдельно остановиться на изменении барьерной функции эпителия рубца и кишечника, так как это приводит к увеличению потока липополисахаридов. Липополисахариды – клеточные стенки грамм-отрицательных бактерий, в обычном состоянии не попадают в поток крови, но при снижении барьерных функций эпителиальных тканей рубца и кишечника поступают в поток крови и приводят к большим затратам иммунной системы на их нейтрализацию, существенному снижению продуктивности, проявляют свойства токсина. Действие липополисахаридов при микотоксикозах наиболее сильно проявляется при ацидозах рубца, так при ацидозах значительно повышается содержание липополисахаридов в рубцовой жидкости.

Детоксикация микотоксинов (как и многих других токсинов) организмом приводит к формированию свободных радикалов и при превышении уровня антиоксидантной защиты организма – окислительному стрессу. Следствием окислительного стресса является развитие различных патологических процессов, приводящих к заболеваниям животных. Наиболее ярким примером окислительного стресса – маститы, так как развитие мастита – воспалительного процесса, во многих случаях провоцируется действием окисленных жирных кислот, и появление и развитие бактериальной флоры – следствие начала воспалительного процесса.

6. Пути уменьшения количества микотоксинов в кормах и нейтрализация их действия на организм животного.

6.1. Пути инактивирования микотоксинов.

6.1.1. Общие подходы по удалению/нейтрализации микотоксинов.

Существует достаточно большое количество различных способов нейтрализации микотоксинов в кормах. Условно их можно разделить на следующие направления:

- разбавление токсичного корма не токсичным до уровня микотоксинов ниже ПДК,
- физическое удаление
  - вымачиване,
  - физическая очистка поверхности и удаление поврежденных слоев (см. раздел 6.2),
- использование химических реагентов (сильных окислителей)
  - использование озона,
  - использование гипохлорида натрия,
- использование ферментов,
- использование пробиотиков, вырабатывающих собственные ферменты и разрушающих микотоксины,
- адсорбция (см. раздел 6.1.2)

Из перечисленных способов многие имеют ограниченное применение или значительное количество побочных эффектов. Способы, на наш взгляд, имеющие значительное практическое применение, будут рассмотрены более детально ниже.

Останавливаясь на использовании ферментов/пробиотиков необходимо отметить, что при множественной контаминации кормов требуется очень широкий спектр ферментов. Кроме того, микрофлора рубца сама производит широкий спектр ферментов. Биотрансформация микотоксинов рассмотрена в разделе 4.

6.1.2. Адсорбция/адсорбенты.

Для рассмотрения вопроса адсорбции прежде всего необходимо определить, какие адсорбенты могут связать микотоксинв.

6.1.2.1. Коэффициент распределения микотоксинов в фазах октанол-вода.

Различные химические соединения различаются по полярности и как следствие по растворимости в воде или жире. Данные свойства важны для оценки возможности

различных адсорбентов связывать соответствующие соединения. Для оценки полярности соединения принят параметр – логарифмический коэффициент распределения в системе октанол/вода. Он определяется как логарифм концентрации вещества в фазе октанола деленный на концентрацию вещества в фазе воды ($LOG_{o/w}$). Если вещество, растворенное в смеси окстанол-вода в значительной степени сосредоточится в фазе октанола, то коэффициент $LOG_{o/w}$ для данного вещества будет положительным, что говорит о том, что вещество больше жирорастворимо, чем водорастворимо. Если коэффициент будет отрицательным, то это говорит о большой растворимости в воде. Полярные адсорбенты (цеолиты, бентониты) могут связывать соединения с невысоким коэффициентом $LOG_{o/w}$. В таблице 9 приведены коэффициенты $LOG_{o/w}$ для различных микотоксинов.

Таблица 9. Коэффициенты $LOG_{o/w}$ для различных микотоксинов.

Микотоксин	$LOG_{o/w}$	Микотоксин	$LOG_{o/w}$	Микотоксин	$LOG_{o/w}$
Ниваленол	-1,9	Патулин	-1,0	ДОН	-0,7
Фумонизин В1	-0,5	PR-токсин	+0,2	НТ-2	+0,4
Афлотоксин М1	+0,5	Т-2	+1,0	Афлотоксин В1	+1,6
Цитринин	+2,0	Эмодин	+2,7	Алтернариол	+2,9
Рокуефортин С	+3,0	Микофеноловая к-та	+3,2	Зеараленон	+3,6
Циклопиазоновая к-та	+3,8	Охратоксин А	+4,7		

Из данных, представленных в таблице 9 и таблице 1 следует, что микотоксины в силосе и кормах для КРС в условиях Вологодской области имеют широкий спектр полярности.

6.1.2.2. Возможности адсорбции микотоксинов адсорбентами.

В настоящее время на рынке присутствует большое количество «так называемых «нейтрализаторов микотоксинов», поэтому целесообразно рассмотреть вопрос об эффективности данных продуктов, определить направления их использования.

Из представленных в разделе 6.1.2.1 данных следует, что далеко не весь спектр микотоксинов могут адсорбировать минеральные адсорбенты, так как адсорбируют только полярные микотоксины. Микотоксины «хранения», являющиеся основным риском для молочного животноводства в Вологодской области не подлежат адсорбции. Детальный отчет по эффективности адсорбентов дан в работе [4]. В таблице 10 представлены данные по эффективности адсорбции различными адсорбентами у свиней.

Таблица 10. Эффективность адсорбции различными адсорбентами (по материалам [4]).

Адсорбент/агент	Микотоксины					
	АВ1	ДОН-ниваленол	ФВ1	ОТА	Т2	ЗЕН
Гидратированные натрий-кальциевые алимосиликаты	+	-				
Монтмориллонит		-				-
Натриевый бентонит	+	-				
Кальциевый бентонит	+					
Цеолит	+					+
Сепиолит	+					
Древесный уголь			+/-			
Поливинилпиролидон		-				
Дрожжевые глюкоманнаны	+	+/-			-	+

Из представленных данных следует, что основной микотоксин, связываемый минеральными адсорбентами является афлатоксин. В отношении других микотоксинов не показывают значительных адсорбирующих свойств. Какой уровень связывания в отношении афлатоксина показывают минеральные адсорбенты на практике? На основании данных работы [5] в таблице 11 приведены данные по эффективности связывания афлатоксина минеральными и ограническими адсорбентами при дозировке препаратов – 100-130 грамм на голову в сутки (0,5% от сухого вещества корма). Оценка произведена на основании изменения концентрации афлатоксина М1 в молоке.

Таблица 11. Эффективность связывания афлатоксина коммерческими продуктами.

Продукт	Уменьшения выделения афлатоксина М1 в молоко при использовании адсорбента, %	Эффективность адсорбции, определенная лабораторным методом, %
МТВ-100	-6,71	43,43
UltraSorb	7,85	98,80
Mexsil	8,00	97,48
NovaSil Plus	42,59	99,45
Toxynil +	36,36	99,31
Condition Ade	13,79	99,51
Astra Ben 20A	52,28	96,17
Milbond-Tx	48,46	98,21

Из представленных данных следует, что некоторые адсорбенты даже повышают переход афлатоксина в молоко (МТВ-100), другие незначительно снижают переход в молоко. Максимальное снижение секреции афлатоксина в молоко составило 52,28%. Дозировки адсорбентов в данном эксперименте значительно превышали дозировки реально используемые в хозяйствах Вологодской области. При этом лабораторные оценки адсорбции афлатоксина показывали очень хорошие результаты. На практике результаты значительно скромнее.

В силу климатических особенностей количество афлатоксина в кормах в России находится на невысоком уровне [6], таблица 1 данного материала. Афлатоксин не является серьезной проблемой для России в настоящий момент. В отношении других микотоксинов, минеральные «адсорбенты микотоксинов» проявляют низкую активность. Неполярные токсины (микотоксины) они вообще не могут связывать. Поэтому, по всей видимости, действие данных продуктов к связыванию микотоксинов имеет слабое отношение. В тоже время при использовании минеральных «адсорбентов микотоксинов» наблюдаются положительные эффекты. В чем же механизм действия? По всей видимости происходит частичное связывание полярных микотоксинов, и в основном – связывание альдегидов и кетонов полученных от распада жирных кислот, которые присутствуют в корме. Микофлора обладает высокой липолитической активностью. Поэтому происходит распад триглицеридов в силосе и корме в целом, быстрое окисление жирных кислот с образованием альдегидов и кетонов. Альдегиды и кетоны от распада жирных кислот усиливают окислительный стресс, приводят к повышению проницаемости эпителиальных тканей. Данные продукты эффективно связываются минеральными адсорбентами. Поэтому значительная часть эффектов от минеральных адсорбентов – эффект по снижению токсичности корма, связывания прооксидантных компонентов.

Каким образом возможно связывание неполярных микотоксинов и стойких органических загрязнений в кормах, в частности силосе (микотоксины «хранения»)?

Единственный нам известный продукт – жидкий нейтрализатор неполярных микотокинов [7].

6.2. Механическое физического удаление токсинов и микотоксинов из корма.

Физическое удаление токсинов (микотоксинов) из корма относится к семенам зерновых и масличных культур. Микотоксины в значительной части концентрируются на поверхности и в пылевой фракции зерна. В частности органическая примесь и пылевая фракция семян подсолнечника содержит в десятки раз больше количество микотоксинов, чем очищенная фракция семян подсолнечника [8]. Поэтому, даже относительно небольшая доля органической примеси и пылевой фракции в семенах дает существенное увеличение общего количества микотоксинов в корме. В обзоре [9] показано, что механическая очистка и сортировка являются наиболее простым и эффективным способом снижения количества микотоксинов в корме. Механическое удаление оболочек семян ячменя и овса снижает количество микотоксинов на 16-60% при небольших потерях питательных веществ. При этом в случае овса и ячменя происходит удаление плохо перевариваемой оболочки, которая снижает продуктивность и потребление корма. Очистка кукурузы также снижает количество микотоксинов. Таким образом, очистка семян зерновых перед скармливанием может существенно снизить количество микотоксинов в комбикорме и, на наш взгляд, является наиболее простым, эффективным и перспективным методом.

6.3. Пути предупреждения развития микотоксинов в кормах.

Для снижения полевых микотоксинов Комиссия по Codex Alimentarius рекомендует:

- применять севообороты
- удалять пожнивные остатки, проводить глубокую вспашку
- использовать сорта, устойчивые к продуцентам микотоксинов
- использовать удобрения для предотвращения стресса растений
- использовать ирригацию, контроль влажности, полив
- проводить фитосанитарные мероприятия для предотвращения поражения семян насекомыми и фитопатогенными грибами
- минимализировать механические повреждения растений во избежание стресса и грибных инфекций

При заготовке силоса необходимо обеспечить быструю закладку и хорошую трамбовку силоса, использовать силосные заквaски, обеспечивающие быстрое снижение РН и аэробную стабильность.

При уборке зерновых необходимо обеспечить хорошую очистку семян и сушку в течение минимально возможного времени с момента уборки. Возможно применение противофунгальных методов обработки зерна при закладывании зерна на хранение, например озонирование.

Необходимо обратить внимание на наличие точки росы весной при повышении температуры воздуха выше 10 градусов. В случае, когда температура в зернохранилище ниже наружной температуры, происходит конденсация влаги. При конденсации влаги повышается влажность зерна выше 15% и начинается рост микофлоры, что приводит к порче зерна. Поэтому необходимо избегать появления точки росы, а в случае повышения влажности – просушить зерно до оптимальных условий хранения.

7. Связь качества силоса и наличия в нем антиоксидантов – каротина и токоферола. Взаимосвязь с репродуктивными функциями.

Качество силоса в определенной степени связано с наличием в силосе витаминов. Изменение содержания витаминов в силосе может влиять на изменение требований к добавленным витаминам в премиксе, а также на параметры репродуктивной функции коров, прежде всего через бэта-каротин. Поэтому в данном разделе внимание будет уделено бэта-каротину и витамину Е (токоферолу).

Содержание витаминов в корме, полученном из зеленой массы растений, зависит от:

- исходного содержания витаминов в зеленой массе,
- условий консервирования,
- сроков хранения.

В свою очередь исходное содержание витаминов в зеленой массе зависит от:

- культуры растений,
- сроков вегетации,
- погодных условий выращивания.

Зависимость содержания витаминов в растений от их вида, фазы вегетации, количества укосов и погодных условий в разные годы дано в таблицах 12-14 (по материалам [10]).

Таблица 12. Содержание бэта-каротина в фракциях растений [10].

Культура	Фракция растения	Доля фракции, % в СВ	Содержание бэта-каротина, мг/кг СВ
Тимофеевка	Лист	17	387
	Стебель	83	95
Клевер красный	Лист	34	724
	Стебель	66	66
Люцерна	Лист	39	629
	Стебель	61	75

Таблица 13. Содержание бэта-каротина и токоферола (витамина Е) в зависимости от вида и стадии вегетации растений [10].

Растения и стадии вегетации	Бэта-каротин, мг/кг СВ			Токоферол (витамин Е), мг/кг СВ		
	Среднее	Макс.	Миним.	Среднее	Макс.	Миним.
Травы						
Ранняя стадия	278	606	84	253	400	121
Ранняя до конца цветения	133	258	53	98	154	40
Зрелое растение	59	156	4	22	30	9
Бобовые						
Ранняя стадия	309	552	140	129	202	79
Ранняя до конца цветения	192	488	97	116	127	109
Зрелое растение	130	252	80			

Таблица 14. Содержание бэта-каротина (мг/кг СВ) для трав и бобовых культур в ранней стадии вегетации в три последующих года [10].

Год	Белый клевер		Красный клевер		Тимофеевка		Райграс	
	Первый Укос	Второй укос	Первый Укос	Второй укос	Первый Укос	Второй Укос	Первый укос	Второй Укос
Год 1	538	395	462	362	369	222	214	147
Год 2	408	210	355	256	209	87	97	100
Год 3	387	225	270	298	133	63	95	68

Таким образом, большей частью витамины концентрируются в листовой фракции зеленой массы. В стеблях количество витаминов значительно меньше. По мере роста растения происходит увеличение доли стеблей и тем самым снижается количество витаминов в растении в целом. Кроме того, в зрелых растениях поздней стации вегетации количество витаминов небольшое. Поэтому силоса, заготовленные из растений в поздние стадии вегетации, например кукурузный силос, имеют малое количество витаминов и бэта-каротина, что необходимо учитывать при использовании большого количества кукурузного силоса.

Влияние фактора консервирования на содержание витаминов в зеленой массе имеет очень сильное влияние. В частности в процессе подвяливания, высушивания на солнце происходит значительное снижение содержания витаминов. При высушивании в течение 96 часов зеленой массы потери витаминов составляют 80% и более. Еще более сильное снижение содержания витаминов происходит при попадании массы под дождь. В результате этих процессов сено содержит низкую концентрацию витаминов.

При заготовке силоса сроки подвяливания зеленой массы значительно меньше и количество витаминов остается значительно больше. Важным фактором является сроки укладки, качество трамбовки траншеи, так как кислород и УФ-свет негативно влияют на сохранность витаминов. В зеленой массе разрушающее влияние на витамины оказывают ферменты растений – липоокисгеназа. Ее активность снижается со снижением РН среды. В тоже время при использовании химических консервантов количество витаминов в силосе несколько ниже.

Продолжительность хранения силоса и сена негативно сказывается на сохранность витаминов. Летом, когда силос, заготовленный в предыдущие годы, подвергается длительному воздействию света при достаточно высокой температуре на срезе ямы падает содержание витаминов. Поэтому летом в силосе, заготовленном в предыдущие годы, низкое содержание витаминов.

Данные по оставшемуся количеству витаминов в заготовленных кормах от исходного количества :

- сено, попавшее под дождь – 0-10%,
- сено (без дождя) – 10-20%,
- подвяленный силос – 20-50%,
- травяная мука до 6 месяцев хранения – 35-70%.

В рубце микрофлора разрушает до 20% бэта-каротина в зависимости от рациона. Усвоение бэта-каротина у коровы составляет 5-13% от поступившего количества. Причина низкого уровня усвоения бэта-каротина – кристаллическая структура и линейная форма бэта-каротина в растениях.

Проведенные исследования показывают, что потребление бэта-каротина в период отела и в дальнейшем приводят к к значительному влиянию на репродуктивные функции коровы. Снижение уровня бэта-каротина в плазме крови ниже 0,3 мг/дл приводит к увеличению сервис-периода в более чем 1,5 раза, чем в случае концентрации 0,45 мг/дл [11].

8. Токсины (микотоксины) и окислительный стресс. Пути его нейтрализации.

Микотоксины, как и большинство других токсинов, имеют несколько путей детоксификации, но в конечном итоге они приводят к формированию свободных радикалов. Превышение уровня свободных радикалов ведет к окислительному стрессу, воспалению, повреждению ДНК, нарушению работы на клеточном уровне. Одним из основных факторов токсичности микотоксинов является окислительный стресс [12]. При окислительном стрессе образуются токсичные альдегиды – акролеин, малондиальдегид (МДА), 4-гидрокси-2-ноненал. Альдегиды связываются с белками (инсулин, иммуноглобулины и т.д) и получившиеся продукты являются неактивными, тем самым нарушается работа организма. По количеству малондиальдегида (МДА) в моче, крови можно судить о величине окислительного стресса. К сожалению, лаборатории в Вологодской области не осуществляют анализа по данному параметру.

Окислительный стресс вызывается формированием свободных радикалов. Процесс формирования свободных радикалов – составная часть жизни. Свободные радикалы нейтрализуются антиоксидантной системой организма. В обычном состоянии обе системы находятся в состоянии равновесия. Но при превышении количества сформированных при работе организма или поступивших с кормом свободных радикалов (например, в виде окисленных жиров, в том числе жиров жмыха) возможностей антиоксидантной системы организма начинается оксилительный стресс, приводящий к развитию целого ряда патогенных процессов и прежде всего развития различных форм воспаления.

Для нейтрализации окислительного стресса имеются собственные ферменты организма. При этом ферменты являются металлопротеинами, содержащими селен, цинк, марганец. Поэтому для усиления активности собственной ферментативной антиоксидантной системы организма необходимо обеспечить поступление с кормом требуемого количества данных микроэлементов, селена желательно в виде селеноцистеина.

Другой частью антиоксидантной системы организма являются неферментативные антиоксиданты – витамин С (основной водорастворимый антиоксидант), токоферолы (витамин Е), каротинойды и витамин А, другие антиоксиданты. К активным антиоксидантам можно отнести и белки (аминокислоты – метионин/цистин, триптофан и т.д.). Антиоксиданты, взаимодействуя со свободными радикалами, переходят в неактивные формы. Уровень антиоксидантов в организме определяется их поступлением с кормом, расхода организмом в стационарном состоянии и величиной окислительного стресса. Поэтому при развитии окислительного стресса происходит снижение уровня антиоксидантов. Снижение уровня бэта-каротина при окислительном стрессе (наличии микотоксинов) приводит к невозможности осеменить корову, а наличие воспалительного процесса и снижение уровня других антиоксидантов – прежде всего к развитию маститов и высокому содержанию соматических клеток в молоке, развитию патологий печени.

Для нейтрализации окислительного стресса, в том числе вызванного микотоксинами, необходим ввод дополнительного количества антиоксидантов. Необходимо обратить внимание, что в силосах с высоким содержанием микотоксинов, как правило, понижен уровень антиоксидантов (токоферолы, бэта-каротин). Поэтому возникает дополнительная потребность в антиоксидантах.

9. Прочие токсины в силосе и корме. Опасности для человека и животных. Токсины микробиологической природы.
- Клостридии.

Клостри́дии (лат. *Clostridium*) —род грамположительных, облигатно анаэробных бактерий, способных продуцировать эндоспоры.

Бактерии рода клостридий вырабатывают наиболее сильные из известных ядов — ботулотоксин (*C. botulinum*), тетаноспазмин (*C. tetani*), ε-токсин *C. perfringens* и другие. С силосом связана только выработка ботулотоксина, явление достаточно редкое, но при его возникновении приводит к существенным экономическим потерям.

Рост клостридий происходит при PH > 4,5, влажности более 70% и активности воды от 0,952 до 0,971. Критический уровень PH, который ингибирует рост клостридий показан на рисунке 1, по материалам [13].

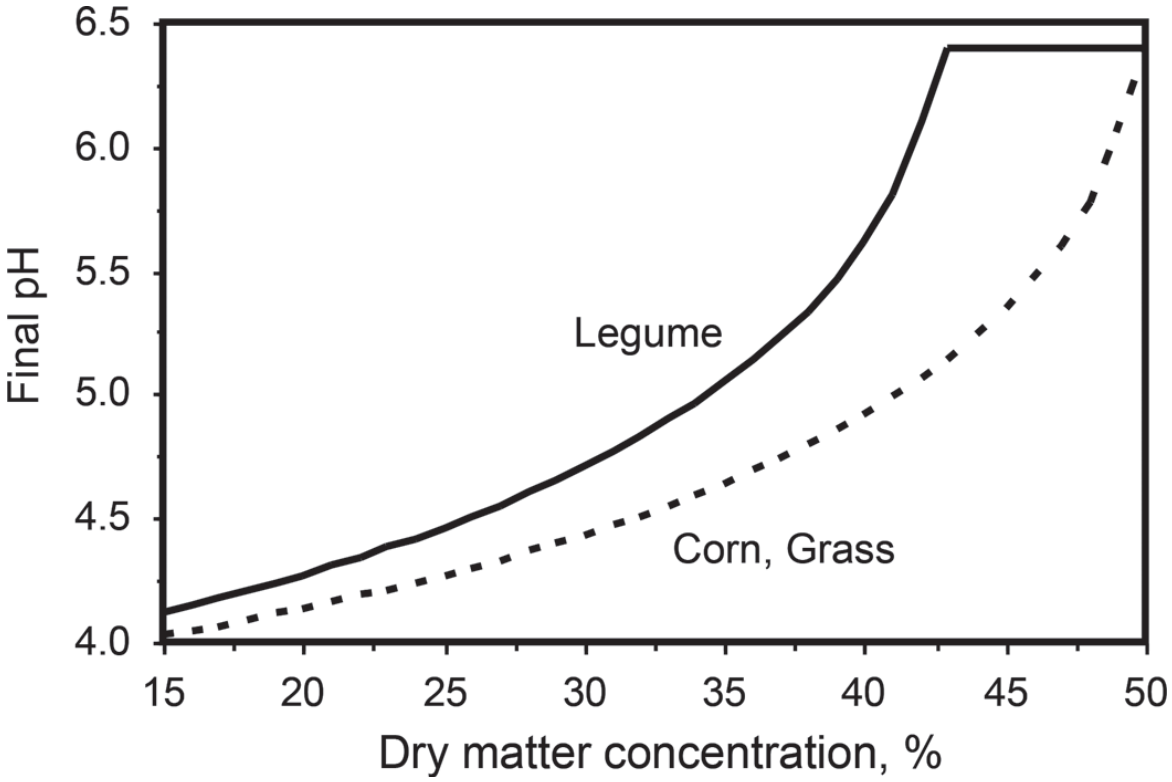


Рисунок 1. PH в зависимости от содержания сухого вещества силоса, при котором прекращается рост клостридий.
Legume – бобовые,
Grass – травы,
Corn - кукуруза.

При росте клостридий в условиях достаточности кислорода (плохая трамбовка) происходит ферментация сахаров и молочной кислоты с выработкой большого количества масляной кислоты. Потребление большого количества масляной кислоты провоцирует развитие кетозов у коров [13].

Споры клостридий проходят транзитом рубец и желудочно-кишечный тракт коров. При доении в случае плохой обработки вымени могут попасть в молоко, представляя опасность для человека.

- Bacillus

Бациллы (лат. *Bacillus*) — обширный (около 217 видов) род грамположительных палочковидных бактерий, образующих внутриклеточные споры. Большинство бацилл — почвенные редуценты. Некоторые бациллы вызывают болезни животных и человека, например сибирскую язву, токсикоинфекции (*Bacillus cereus*). В силос попадают в значительных количествах с землей. Факультативные аэробы, рост прекращается при РН ниже 4,5. Споры проходят транзитом через пищеварительную систему и попадают в навоз. Обсеменение вымени происходит в большей степени через подстилку. При плохой обработке вымени может попасть в молоко, где могут размножаться, представляя (в случае *Bacillus cereus)* опасность для человека.

- Листерии

Листерии] (лат. *Listeria*) — род грамположительных палочковидных бактерий. Некоторые виды являются возбудителями заболеваний животных и человека.

Листерии широко распространены во внешней среде. Встречаются в почве, воде, растениях. Чаще всего листерии выделяли из почвы тех полей, где травы не скашивались несколько лет, поскольку увядшая и разложившаяся трава способствует их размножению.

Способность листерий размножаться происходит при температуре 0-45 градусов, величине РН – 4,3-9,6. Для роста требуется кислород, поэтому развиваются в плохо утрамбованных силосах.

Листерия – является внутриклеточным паразитом. При попадании у животного вызывает нарушения в работе кишечного такта. Представляют угрозу человеку при попании в пищевые продукты.

Вырабатывающие тохин (ВТ) E.coli

E.Coli – факультативная анаэробная грамм отрицательная бактерия. В большинстве случаев E.Coli – часть нормальной, не токсичной микробиоты кишечника человека и животных. В тоже время, некоторые штаммы (ВТ-E.Coli) вырабатываю токсин, являются патогенами. ВТ-E.Coli могут размножаться при доступе кислорода и РН больше 5,0. Поэтому на начальном этапе ферментации силоса при плохой трамбовке происходит рост ВТ-E.Coli. Попадание на ферму через пораженный силос может приводить к циркуляции ВТ-E.Coli на ферме.

Фитоэстрогены.

Фитоэкстрогены – компоненты растений, имеющие состав и функции сходные с эстрогенами животных. Формируются прежде всего в бобовых – красный клевер, люцерна периода цветения. При кормлении коров силосом с большим количеством фитоэстрогенов – нарушаются воспроизводительные функции. При хранении силоса фитоэстрогены не разрушаются или разрушаются незначительно (в особенности это касается красного клевера).

Нитраты, нитриты и оксиды азота (газы) в силосе и корме.

Нитраты (NO3-) являются важной частью растений, так как являются исходным источником азота для синтеза белков и других азотсодержащих соединений, являются сигнальными молекулами для растений. Большое количество поступает в ранние стадии роста. Нитраты могут накапливаться в растениях при дефиците молибдена, так как молибден является кофактором перехода нитратов в белковый азот.

Нитраты сами по себе не токсичны для жвачных животных. Нитраты в рубце редуцируются микробиотой до аммиака (NH3) с формированием промежуточного продукта – нитритов (NO2-). В ситуации с высоким содержанием нитратов в рубце нитриты (как промежуточный продукт) накапливаются и всасываются в кровь. Взаимодействуя в крови с гемоглобином нитриты образуют метгемоглобин, не способный

переносить кислород, что приводит к множественным нарушениям работы организма. Для ситуаций с высоким содержанием нитратов целесообразно вводить в корм витамин С, способствующего быстрому редуцированию нитратов до аммиака и снижающего концентрации нитритов.

Концентрация нитратов и нитритов в силосе снижается относительно их содержания в зеленой массе так как при ферментации микробиотой силоса происходит преобразование нитратов и нитритов до аммиака и оксидов азота NO2, NO. Данные реакции тормозят снижение РН силоса. Оксиды азота представляют опасность для человека и животных.

Масляная кислота.

Масляная кислота в силосе, возникающая по причине ферментации клостридиями. При потреблении коровой более 50 грамм масляной кислоты в день, в особенности первые 50 дней лактации, может приводить к развитию кетозов.

Биогенные амины, аммиак.

В условиях начальной фазы ферментации силоса бактерии с высокой протеолитической активностью, в том числе клостридии, осуществляют ферментацию протеина с выделением биогенных аминов. Некоторые из полученных аминов проявляют токсичные свойства. Вместе с аминами формируется аммиак. Основная причина формирования биогенных аминов – низкая скорость снижения РН силоса при ферментации. Использование силосных заквасок позволяет быстро снижать РН силоса и тем самым снимает актуальность проблемы.

10. Заключение/выводы.

Корма для жвачных животных имеют значительный спектр потенциальных токсинов. Токсины в кормах приводят к экономическим потерям. Для предотвращения потерь при ипользовании силоса при силосовании необходимо осуществлять качественную трамбовку, использовать закваски, быстро снижающие РН силоса и обеспечивающие аэробную стабильность, избегать попадания земли. В зерновой группе необходимо обеспечивать требуемую влажность зерна при хранении, а также качественную очистку, снижающую количество микотоксинов и земли, попадающих в корм с мелкой (пылевой) фракцией. Удаление плохо перевариваемых оболочек из овса/ячменя и пылевой фракции перед производством комбикорма позволяет снизить обсемененность и повысить перевариваемость корма. Использование минеральных адсорбентов связывает окисленные формы липидов (гидроперекиси) и тем самым снижает токсичность корма. В тоже время представляется маловероятным прямое действие минеральных адсорбентов в связывании микотоксинов. В случаях с высокой токсичностью корма необходимо использование антиоксидантов. Наиболее остро проблема токсичности кормов возникает летом, так как происходит быстрое окисление жиров и активно развивается мико- и микрофлора. Для предотвращения развития «полевых» токсинов необходимо соблюдение агротехнических мероприятий, позволяющих снизить наличие патогенной микофлоры.

Отдельно необходимо отметить, что лаборатории Вологодской области не производят анализов по широкому кругу микотоксинов, а также не делают анализов, позволяющих оценить уровень окислительного стресса у животных. Это создает определенные трудности с диагностированием проблемы и определении наиболее оптимальных действий для их преодоления.

11. Литература.

1. Kononenko G.P., Burkin A.A., Gavrilova O.P., Gagkaeva T.Y.,
"Fungal species and multiply mycotoxin contamination of cultivated grasses and legume crops", Agricultural and Food Science, 2015, v. 24, 324-330.

2. I. M. Ogunade, C. Martinez-Tuppia, O. C. M. Queiroz, Y. Jiang, P. Drouin, F. Wu, D. Vyas, and A. T. Adesogan
«Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation»
J. Dairy Sci. 101:4034–4059

3. Antonio Gallo, Gianluca Giuberti, Jens C. Frisvad, Terenzio Bertuzzi and Kristian F. Nielsen
«Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects», Toxins 2015, 7, 3057-3111; doi:10.3390/toxins7083057

4. « Review of mycotoxin-detoxifying agents used as feed additives: mode of action, efficacy and feed/food safety», SCIENTIFIC REPORT submitted to EFSA

Prepared by
AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments): Caroline BOUDERGUE, Christine BUREL, Sylviane DRAGACCI, Marie-Christine FAVROT, Jean-Marc FREMY, Claire MASSIMI, Philippe PRIGENT - FRANCE
CODA-CERVA (Centre d"étude et de recherches vétérinaires et agrochimiques): Philippe DEBONGNIE, Luc PUSSEMIER - BELGIUM
INRA Clermont-Ferrand (Institut National de la Recherche Agronomique): Hamid BOUDRA, Diego MORGAVI - FRANCE INRA Toulouse (Institut National de la Recherche Agronomique): Isabelle OSWALD - FRANCE
IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries): Anna PEREZ - SPAIN
ISPA (Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari): Giuseppina AVANTAGGIATO - ITALY

5. J. S. Stroud, «The effect of feed additives on aflatoxin in milk of dairy cows fed aflatoxin contaminated diets», thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University, Raleigh, 2006

6. Г.П. Кононенко, А.А. Буркин. «О контаминации микотоксинами сенажа и силоса в животноводческих хозяйствах», Сельскохозяйственная биология, 2014, № 6, стр. 116-122

7. Alexander Sotnichenko, Evgeny Pantsov, Dmitry Shinkarev and Victor Okhanov
«Hydrophobized Reversed-Phase Adsorbent for Protection of Dairy Cattle against Lipophilic Toxins from Diet. Eficiensy In Vitro and In Vivo», Toxins 2019, 11, 256.

8. А.А. БУРКИН, М.И. УСТЮЖАНИНА, Е.В. ЗОТОВА, Г.П. КОНОНЕНКО
«ПРИЧИНЫ КОНТАМИНАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПАРТИЙ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА (Helianthus annuus L.) МИКОТОКСИНАМИ»
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2018, том 53, № 5, с. 969-976

9. W.-X. Peng, J.L.M. Marchal, A.F.B. van der Poel
«Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed Manufacturing»
Animal Feed Science and Technology, 237 (2018), 129-153

10. N. BALLET, J.C. ROBERT AND P.E.V. WILLIAMS
«Vitamins in Forages» in «Forage Evaluation in Ruminant Nutrition»
(eds D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford and H.M. Omed)
CAB International 2000

11. F. R. TEKPETEY', W. M. PALMER, and J. R. INGALLS
«SEASONAL VARIATION IN SERUM P-CAROTENE AND VITAMIN A AND THEIR ASSOCIATION WITH POSTPARTUM REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF HOLSTEIN COWS», Can. J. Anim. Sci. 67: 491-500.

12. E.O. da Silva1, A.P.F.L. Bracarense1, and I.P. Oswald
«Mycotoxins and oxidative stress: where are we?»,
World Mycotoxin Journal, 2018; 11 (1): 113-133

13. F. Driehuis, J. M. Wilkinson, Y. Jiang, I. Ogunade, and A. T. Adesogan
«Silage review: Animal and human health risks from silage», J. Dairy Sci. 101:4093–4110