

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ МИКОТОКСИНОВ В РАМКАХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ПРОГРАММЫ

Вследствие повышенного внимания, уделяемого микотоксинам учеными в последнее время, значительно расширились наши знания об их природе, распространении и влиянии на современное животноводство.

Вне всякого сомнения, микотоксины являются неизбежным фактором риска вследствие значительной порчи корма и непредсказуемого характера контаминации в процессе их биосинтеза, что обусловлено преимущественно факторами окружающей среды.

В этом контексте, для понимания характера контаминации кормов различными микотоксинами, необходимо использовать комплексные методы исследований, учитывающие многообразие кормовых материалов, применяемых в кормлении животных. Применение таких новых методов может быть использовано для проведения мониторинга общего уровня содержащихся в корме микотоксинов, а эти данные будут служить основой для оценки степени риска, обусловленного наличием микотоксинов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКОТОКСИНОВ

Согласно опубликованным научным данным и в соответствии с разработанными на данный момент методами исследований к группе микотоксинов могут быть отнесены 500 веществ.

Однако на практике, из-за отсутствия приемлемых методов определения широкого спектра микотоксинов, проводится мониторинг содержания от одного до шести микотоксинов с целью оценки степени угрозы, обусловленной наличием в кормах вторичных метаболитов грибов.

В США с целью обеспечения соответствия качества законодательно установленным в различных регионах максимально допустимым уровням или рекомендациям обычно проводят определение афлатоксинов, дезоксиниваленола (ДОНа, или vomitоксина), фумонизинов, Т-2 токсина и зеараленона. Эти исследования обычно проводят методами тонкослойной хроматографии и ИФА, позволяющими быстро оценить степень контаминации сырья в соответствии с установленным планом отбора проб.

Х. В. Л. Н. Свами, Л. Бридинг,  
Л. Джексон, А. Янникоурис\*

**Внедрение программы борьбы с микотоксинами, основанной на оценке риска и определении критических контрольных точек на фермах и комбикормовых заводах, – это пример комплексного подхода к профилактике микотоксикозов.**

Хотя эти методы эффективны для быстрого мониторинга входящего сырья, они не позволяют адекватно оценить общий уровень риска, обусловленного одновременным наличием в кормовых материалах различных групп микотоксинов.

Проводились попытки изучения популяций микроорганизмов на предмет наличия среди них токсигенных видов, продуцирующих микотоксины. Однако корреляция между наличием плесеней и уровнем контаминации микотоксинами была слабой.

Комплексный подход к определению распространенности микотоксинов обладает рядом преимуществ. Поскольку один вид плесневых грибов может продуцировать несколько микотоксинов, и в корме может одновременно присутствовать несколько видов плесеней, вполне вероятно, что в корме присутствует гораздо большее количество различных микотоксинов, чем принято определять в исследованиях.

Например, если проба содержит ДОН, скорее всего, в ней также будут содержаться и его метаболиты, в том числе 3-ацетил-ДОН, 15-ацетил-ДОН и фузаренон-Х, а также скрытые формы ДОН, например ДОН-3-глюкозид. Эти токсины увеличивают токсичность ДОН, поскольку в организме происходят процессы деацетилирования и дегликозилирования, приводящие к увеличению количества молекул ДОН.

Игнорирование наличия этих метаболитов может привести к недооценке токсичности ДОН. А недооценка уровня токсичности корма может явиться причиной необъяснимых и/или незаметных нарушений продуктивности и здоровья.

Возможность точного, быстрого и недорогого анализа на наличие широкого спектра микотоксинов может облегчить борьбу производителей с микотоксинами.

**ТАБЛИЦА 1.  
ПЕРЕЧЕНЬ МИКОТОКСИНОВ, ОПРЕДЕЛЯВШИХСЯ  
В ДАННОМ ИССЛЕДОВАНИИ, И ИХ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ  
К ГРУППАМ МИКОТОКСИНОВ**

Микотоксины	Группа микотоксинов
Афлатоксин В1, В2, G1, G2	Афлатоксины
Охратоксин А, В	Охратоксины
Т-2 токсин, ДАС, НТ-2 токсин, неосоланиол	Трихотецены группы А
ДОН, 3-ацетил-ДОН, 15-ацетил-ДОН, ниваленол, фузаренон-Х, скрытый ДОН	Трихотецены группы В
Фумонизин В1, В2, В3	Фумонизины
Зеараленон	Зеараленон
Патулин, роквефортин С, пеницилловая кислота, микофеноловая кислота, глиотоксин, стеригматоцистин	Микотоксины рода Penicillium (силосные микотоксины)
2-бromo-альфа-эргокриптин, эргокорнин, эргометрин, эрготамин, лизергол, метилэргоновин	Микотоксины спорыньи

## ПРОГРАММА

Компания «Оллтек» разработала программу «37+», позволяющую обнаружить более 37 микотоксинов с использованием комплексного подхода. Ее целью является проведение исследования кормов в США на наличие различных микотоксинов при помощи метода сверхэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией, разработанного в Глобальном научном центре «Оллтек» в Кентукки.

Этот подход в сравнении с другими коммерческими методами, способными определять лишь малый спектр микотоксинов, является революционным, поскольку микотоксины, контаминирующие корма, могут быть весьма разнообразны.

Еще более важно то, что эта методология позволяет обнаруживать микотоксины одновременно с большей избирательностью и чувствительностью и в различных рецептурах кормов.

Конечно, активность каждого микотоксина, содержащегося в корме, варьирует весьма значительно. Концентрации микотоксинов в корме следует оценивать в практическом аспекте – насколько они могут привести к снижению продуктивности или возникновению заболеваний.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Был проведен анализ 128 проб урожая 2011 г. из различ-

**ТАБЛИЦА 2.  
КОЛИЧЕСТВО ПРОБ**

Тип пробы	Количество проб
Кукуруза	39
Кукурузный силос	16
Ячмень	12
Барда	10
Влажный кукурузный глютенный корм	9
Сухая послеспиртовая барда	6
Комбикорм для птицы	6
Пшеница	6
Сенаж	5
Овес	5
Прочие	14

**ТАБЛИЦА 3.  
КОЛИЧЕСТВО ПРОБ, СОДЕРЖАЩИХ РАЗЛИЧНЫЕ  
КОЛИЧЕСТВА МИКОТОКСИНОВ**

Количество микотоксинов	Количество проб	% проб
0	8	6,25
1	10	7,81
2	11	8,59
3-5	42	32,81
5-10	45	35,16
Более 10	12	9,38

ных регионов США на наличие микотоксинов. Основными критериями для изучения именно этих микотоксинов явились данные об их распространенности и установленном токсическом воздействии на животных.

Для облегчения интерпретации общей токсичности для животных токсины были объединены в группы в соответствии с их химическими и токсикологическими свойствами (таблица 1). Количество отобранных проб различного сырья показано в таблице 2.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Только в восьми из 128 исследованных проб не было обнаружено микотоксинов (их содержание было ниже предела определения), то есть 94% проб были контаминированы микотоксинами (таблица 3).

Трихотецены типа В были обнаружены в 81% проб, фумонизины – в 58%, микотоксины типа А – в 45%, зеараленон – в 38% проб (рисунок 1, таблица 4). Афлатоксины, охратоксины, токсины спорыньи и пеницилловых грибов (силосные микотоксины) были обнаружены в 16-23% проб.

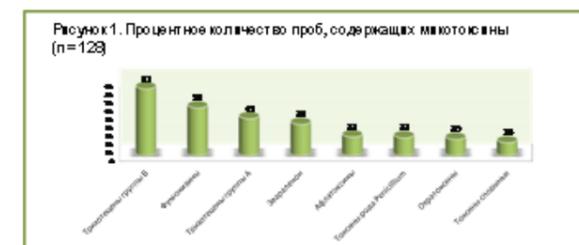
В результате анализа всего массива данных было установлено, что в среднем наибольшей была концентрация фумонизинов – 16,612 мкг/кг, несколько меньшей – концентрация трихотеценов типа В – 2,326 мкг/кг и токсинов спо-

**ТАБЛИЦА 4.**  
**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, СГРУППИРОВАННЫЕ ПО ТИПУ ПРОБЫ**  
**Трихотецены**

Все пробы	Афлатоксин	Охратоксин	Группы В	Группы А	Фумонизины	Зеараленон	Токсины рода Penicillium	Токсины спорыньи
% положительных	23	20	81	45	58	38	22	16
Среднее содержание, мкг/кг	5,2	2,4	2,326	156	16,612	89	22	972
Максимальное содержание, мкг/кг	128	50	41,356	4,320	1,157,644	1,240	1,693	106,284
<b>Кукуруза</b>								
% положительных	5	23	74	28	51	23	8	5
Среднее содержание, мкг/кг	0	2	2,658	235	49,915	90	7	26
Максимальное содержание, мкг/кг	8	29	41,356	4,320	1,157,644	1,240	210	1,021
<b>Кукурузный силос</b>								
% положительных	6	6	75	44	75	13	13	25
Среднее содержание, мкг/кг	0	1	2,088	192	5,014	69	0	6
Максимальное содержание, мкг/кг	1	8	12,840	1,783	32,758	684	5	90
<b>Сенаж</b>								
% положительных	80	20	80	80	0	80	80	80
Среднее содержание, мкг/кг	63	5	446	63	0	79	68	742
Максимальное содержание, мкг/кг	128	25	1,725	156	0	170	187	3,557
<b>Пшеница</b>								
% положительных	17	17	50	0	33	33	0	17
Среднее содержание, мкг/кг	1	2	298	0	3	45	0	679
Максимальное содержание, мкг/кг	8	10	947	0	15	175	0	0
<b>Ячмень</b>								
% положительных	92	8	92	75	8	83	25	42
Среднее содержание, мкг/кг	14	1	7,179	20	24	68	5	9,205
Максимальное содержание, мкг/кг	50	9	18,725	50	288	221	43	106,284
<b>Овес</b>								
% положительных	20	80	40	40	80	100	20	20
Среднее содержание, мкг/кг	6	5	94	29	20	123	3	79
Максимальное содержание, мкг/кг	28	13	404	141	203	13	394	10
<b>Сухая послеспиртовая барда</b>								
% положительных	50	17	100	83	67	0	83	0
Среднее содержание, мкг/кг	12	2	612	87	38	0	53	0
Максимальное содержание, мкг/кг	37	11	940	121	104	0	206	0
<b>Влажный кукурузный глютенный корм</b>								
% положительных	0	22	100	33	89	33	22	0
Среднее содержание, мкг/кг	0	2	511	529	228	50	2	0
Максимальное содержание, мкг/кг	0	16	1,588	2104	913	170	13	0
<b>Барда</b>								
% положительных	0	20	100	50	100	30	20	0
Среднее содержание, мкг/кг	0	1	408	15	80	19	4	0
Максимальное содержание, мкг/кг	0	6	669	62	174	71	20	0
<b>Комбикорм для птицы</b>								
% положительных	33	0	100	67	100	67	50	0
Среднее содержание, мкг/кг	1	0	5,139	55	2,573	407	22	0
Максимальное содержание, мкг/кг	5	0	9,631	135	6,126	758	45	0

**ТАБЛИЦА 5.**  
**СОДЕРЖАНИЕ МИКОТОКСИНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ИНГРЕДИЕНТАХ**

Ингредиент	Содержащиеся микотоксины
Кукуруза, кукурузный силос,	Трихотецены группы В, фумонизины,
побочные продукты производства спирта, корм для птицы	трихотецены группы А
Сенаж	Все группы
Овес, пшеница	Зеараленон, трихотецены группы В, фумонизины
Ячмень	Трихотецены группы В, зеараленон, трихотецены группы А



Эти данные в очередной раз подчеркивают необходимость не только проведения анализа на наличие большого количества микотоксинов, но и внедрения соответствующих стратегий борьбы с несколькими микотоксинами.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ОБНАРУЖЕННЫХ МИКОТОКСИНОВ**

Только 6,25% проверенных проб не содержали микотоксинов в определяемых концентрациях (таблица 3), один микотоксин был обнаружен в 7,81% исследованных проб.

В таблице 4 представлены подробные результаты анализа различных образцов на микотоксины. Например, в кукурузе наиболее распространенными микотоксинами оказались трихотецены группы В, обнаруженные в 74% проб, фумонизины были обнаружены в 51% проб. Средняя концентрация фумонизинов составила 49,915 мкг/кг, трихотеценов группы В – 2,658 мкг/кг, трихотеценов группы А – 235 мкг/кг.

В таблице 5 представлена информация о содержании различных микотоксинов в различных кормовых ингредиентах.

**Выводы**

Использование программы «37+» компании «Оллтек» позволило провести оценку наличия различных микотоксинов в кормах в США. В дальнейшем получаемые в рамках программы данные позволят лучше изучить распространенность микотоксинов.

Одновременное наличие нескольких микотоксинов часто встречается в практике и часто сопровождается взаимодействиями между ними, в результате возрастает риск нарушения здоровья животных и снижения продуктивности.

Внедрение программы борьбы с микотоксинами, основанной на принципах анализа риска и контрольных критических точек на фермах и комбикормовых предприятиях представляет собой комплексный подход к борьбе с микотоксинами.

рыньи – 972 мкг/кг (таблица 4). Максимальная концентрация микотоксинов в одной пробе составила 1,157,644 мкг/кг для фумонизинов, 106,284 мкг/кг для токсинов спорыньи и 41,356 мкг/кг для трихотеценов типа В.

Хотя концентрации микотоксинов других групп были меньше, следует иметь в виду, что токсические концентрации для микотоксинов различных групп значительно отличаются. Например, в соответствии с установленными американским Управлением по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств (FDA) максимально допустимыми уровнями содержание афлатоксина В1 в кормах для дойных коров допускается на уровне до 20 мкг/кг, а ДОН – 5,000 мкг/кг.

Наличие трихотеценов группы В было ожидаемо вследствие сложившихся температурных погодных условий на Северо-Востоке и Среднем Западе, которые способствовали росту плесеней рода *Fusarium*. Известно, что мелкие зерновые, например ячмень, часто поражаются микотоксинами спорыньи.

Хотя фумонизины часто обнаруживаются в кукурузе из юго-западных штатов, стало неожиданностью их обнаружение в таких высоких концентрациях в кукурузе из штатов Среднего Запада. Плесени рода *Fusarium*, продуцирующие фумонизины, растут в поле, особенно после теплого лета, в умеренных зонах. Наличие предрасполагающих факторов, таких как повреждение насекомыми или паразитами, град или дождь при уборке урожая, еще более увеличивает степень поражения микотоксинами.

Поскольку большие количества зерна экспортируются со Среднего Запада как внутри США, так и за пределы страны, вероятность контаминации корма несколькими микотоксинами в импортирующих регионах значительно возрастает.