

# ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ДЕТОКСИКАЦИИ КОРМОВ

М. МАЛКОВ, канд. биол. наук, Т. ДАНЬКОВА, Н. МАЛКОВ, ООО «НПФ «ЭЛЕСТ»

При анализе ситуации с интоксикацией сельскохозяйственных животных и птицы становится все более заметным влияние микотоксинов в кормах и силосе на стабильность производственных показателей (получение яйца, молока, мяса). Значительный рост предложений по так называемым универсальным нейтрализаторам токсинов (при этом речь может идти только о снижении их концентрации до безопасного уровня) свидетельствует о нерешенной до сих пор проблеме. Это подтверждает и постоянная ротация в хозяйствах данных нейтрализаторов. В то же время окончательно решить проблему, казалось бы, должны результаты с 95–98% связывания всех токсинов, о чем свидетельствуют многочисленные публикации на тему их эффективности на свиньях и птице. Но почему-то ничего подобного не происходит на практике. Как это объяснить?

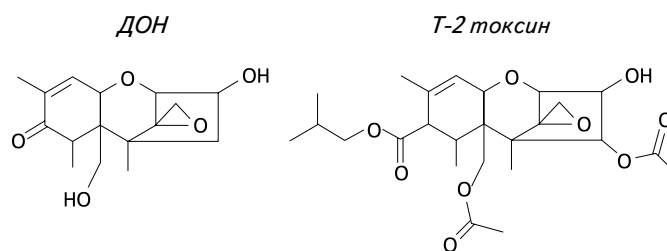
Дело в том, что микотоксины так или иначе находятся в связанном состоянии с компонентами корма, и поэтому не так важно, где произошло их связывание (контаминация) — в поле или в хранилище. Зачастую мы не проверяем, поэтому не знаем, в каком именно соотношении находятся они в корме. Кроме того, на рынке нет универсальных сорбентов, которые могли бы сорбировать все виды микотоксинов. Важно также понимать, что доля вводимого в комбикорм сорбента ничтожно мала по сравнению с объемом корма. Далее: компоненты корма расщепляются в кишечнике микробиотой и собственными ферментами животного. Здесь происходит «пересадка» освободившихся токсинов на сорбент-нейтрализатор, который в идеале должен соответствовать следующим требованиям: обладать потенциально высокой способностью к сорбции и минимальной десорбцией при создавшемся рН кишечника; быть в достаточном количестве; иметь в своем составе субстанции, блокирующие «захват» токсинов гепатоцитами печени.

В наших многолетних исследованиях, которые были опубликованы ранее, показано, что неизбирательная сорбция (связывание) токсинов с компонентами корма достигает 90%, и оценка эффективности сорбции используемых нейтрализаторов в этих условиях некорректна. Происходит очевидная подмена результатов, и приводимые в отчетах эффекты на животных и птице можно уверенно отнести на счет различных компонентов в составе нейтрализаторов (иммуностимуляторы, гепатопротекторы, витамины, антиоксиданты и т.д.). В качестве примера рассмотрим ситуацию с Т-2 токсином, который находится в составе комбикорма, зерновых культур и

шротов в концентрациях, вызывающих серьезные проблемы в организме животных и птицы, в том числе снижение производственных показателей.

Как известно, Т-2 токсин образуется грибами-продуцентами рода *Fusarium* при выращивании зерновых и их последующем хранении при повышенной влажности. Удержание этого токсина (так же, как и ДОН) на субстратах корма осуществляется, по-видимому, путем ван-дер-ваальсовых взаимодействий, но не специфического связывания. Таким образом, при разрушении корма трихотеценовые токсины должны высвободиться и в кишечнике сорбироваться на предлагаемые нейтрализаторы при условиях, благоприятных для сорбции. Ранее мы проверили на модели желудка и кишечника возможность сорбции Т-2 токсина и ДОН разными нейтрализаторами-сорбентами (принятая норма ввода — 0,2%), в том числе наиболее востребованными. Результаты приведены в таблице 1.

Изображенные на рисунке структурные формулы (строение) молекул дезоксиниваленола и Т-2 токсина наглядно показывают, что токсины при вводе 0,2% нейтрализатора и отсутствии компонентов корма не обладают в условиях кишечника способностью к сорбции. И это объяснимо.



Структурные формулы (строение) молекул дезоксиниваленола (ДОН) и Т-2 токсина

Оба токсина в соответствии со структурой обладают неплоским каркасным скелетом и сравнительно невысокой полярностью. Если молекула ДОН имеет сопряженный фрагмент хоть и небольшой, но все-таки способный к П-П взаимодействиям (имеется ввиду С-С связь, сопряженная с С=О группой), а также две протондонорские гидроксигруппы, то в случае Т-2 токсина, где вообще нет элементов сопряжения и содержится всего одна гидроксигруппа, возможности к связыванию с сорбентом совсем мизерны. Однако, как видно из данных таблицы 1, Т-2 токсин в минимальной степени может связываться сорбентами Фунгистат-ГПК — 2,2% при максимально допустимом

Таблица 1. Адсорбция Т-2 токсина (МДУ = 100 мкг/кг) и дезоксиниваленола (МДУ = 1000 мкг/кг) при различном pH

Сорбент	Т-2 токсин				Дезоксиниваленол			
	Кислая среда		Слабощелочная среда		Кислая среда		Слабощелочная среда	
	мкг/кг	%	мкг/кг	%	мкг/кг	%	мкг/кг	%
1. Алумосиликаты + бентониты + органические кислоты + гепатостимуляторы + протеолитический комплекс + фунгистатики + нуклеозиды	6,4	6,4	4,13	4,13	377	37,7	0	0
2. Неорганический сорбент (специальным образом обработанные цеолиты) + биотрансформирующий фермент	0	0	0	0	220	2,2	0	0
3. Смесь из адсорбентов + дрожжи + соли пропионовой кислоты	0	0	0	0	202	20,2	0	0
4. Сорбент органической природы (полисахариды)	0	0	0	0	136	13,6	0	0
5. Бентониты + дрожжи + полисахариды растительного происхождения	0	0	0	0	197	19,7	0	0
6. Глинистые субстанции + продукты переработки дрожжей + органические кислоты + антиоксиданты + растительные экстракты	0	0	0	0	272	27,2	0	0
7. Модифицированные бентониты, минералы, силикаты, хелаты (Фунгистат-ГПК)	2,2	2,2	0	0	474	47,4	0	0
8. Клиноптитонит, природный минерал, специальным образом обработанный	0	0	0	0	237	23,7	0	0

уровне этого микотоксина. Что касается охратоксина, зеараленона и фумонизина, то их молекулы довольно полярны и наделены протонодонорскими функциями, благодаря чему склонны к связыванию с полярными сорбентами. Афлатоксин нейтрален, поэтому в слабощелочной среде высокой сорбцией по отношению к этому токсину обладает ряд сорбентов.

Мы предположили, что в составе цеолитов и бентонитов присутствуют субстанции, которые в синергидном режиме определяют потенциальную способность сорбентов к связыванию Т-2 токсина и ДОН. Были проведены исследования по сравнительной потенциальной возможности сорбции этих токсинов различными сорбентами. Концентрация сорбентов взята в избытке, то есть она в несколько раз превышает обычные нормы ввода. В таблице 2 приведена их сорбционная характеристика, в таблице 3 — результаты по сорбции/десорбции ими различных микотоксинов.

Наибольшую потенциальную способность к сорбции Т-2 токсина проявили минеральные сорбенты (образцы 3 и 4), содержащие в определенных соотношениях повышенные концентрации клиноптилолитов, монтмориллонитов и кристобалита. Эти же сорбенты, взятые в соотношении 1:1, обладают высокой потенциальной способностью к сорбции афлатоксина и зеараленона. В то же время почти все исследованные сорбенты, даже в больших дозах, плохо связывали ДОН. Правда, в некоторой степени лучше этот токсин был адсорбирован сорбентом, состав которого отличался от других содержанием 45% карбоната кальция на фоне монтмориллонита и кристобалита (образец 1). Вероятно, повышение степени связывания неполярных токсинов (Т-2, ДОН) при возрастании ввода сорбентов объясняется увеличением сорбционной способности одного из их компонентов либо сочетанием в смеси. Однако на практике усилить это свойство очень сложно.

Таблица 2. Сравнительная характеристика различных сорбентов на модели желудок-кишечник по отношению к Т-2 токсину при его концентрации в смеси 0,1 мкг/кг

Образец	Сорбент и его состав, %	Адсорбция в кислой среде, %	Десорбция в слабощелочной среде, %	ПКПД, %
1	Цеолит-бентонит: цеолит — 20, монтмориллонит — 20, коллоид кремния (кристобалит) — 10, карбонат кальция — 45	51	64	18,2
2	Цеолитсодержащий трепел: клиноптилолит — 40, монтмориллонит — 10, кристобалит — 25, кварц — 15, гидрослюда — 8, кальций — 2	64	38	39,5
3	Цеолит: клиноптилолит — 33, кристобалит — 21, кварц — 15, кальций — 6	80	19,3	64
4	Трепел: монтмориллонит — 23, кристобалит — 44, кварц — 20, слюда — 2	82	21	65
5	«Смекта» (кристобалит)	40	42	23
6	Окись кремния	35	37	25
7	Доломитовая мука: карбонат кальция — 50, карбонат магния — 50	45	51	26
8	Клеточные стенки пивных дрожжей	29	13	25
9	Сорбент на основе ракообразных	28	0	28

Таблица 3. Результаты по сорбции / десорбции токсинов сорбентами различного происхождения

Микотоксин	Образец	Содержание сорбента*, кг/т	Адсорбция, %	Десорбция, %	ПКПД, %
Афлатоксин (0,025 мг/кг)	8	10	100	7	93
		1	0	0	0
	3 и 4 (смесь)	10	100	1,2	99
		1	0	0	0
Т-2 токсин (0,100 мг/кг)	8	10	29	13	15
		1	0	0	0
	3 и 4 (смесь)	10	84	11	75
		1	0	0	0
ДОН (2,0 мг/кг)	1	10	18	0	18
	2	10	0	0	0
	3	10	0	0	0
	4	10	0	0	0
Зеараленон (2,0 мг/кг)	3 и 4 (смесь)	10	100	0	100
	8	10	58	62	22

\*Все сорбенты, используемые в опыте, взяты с избытком в отношении принятых норм ввода (0,1–0,5%).

Мы изучили динамику снижения сорбционной способности к Т-2 токсину сорбентов 3 и 4 при сокращении нормы их ввода (табл. 4). Как оказалось, абсорбция Т-2 токсина уменьшается не пропорционально. Более того, наблюдается стабилизация показателя абсорбции для сорбента 4 при снижении его дозы почти в 10 раз. Таким образом, возможно изменять количество вводимого нейтрализатора в зависимости от токсиновой нагрузки в кормах, ставя целью снижение уровня микотоксинов до безопасного. Однако, как упоминалось выше, необходимо принимать во внимание большую разницу в объемах корма и сорбента. Роль сорбентов в этой ситуации не так высока, как это принято представлять.

При разработке и конструировании нейтрализатора нового типа **Неофунгистата** мы обнаружили возможность усиления роли сорбента в деактивации микотоксинов. Но при этом мы не испытывали иллюзий в отношении полноты сорбции токсинов из кишечника.

Дело в том, что у находящихся в свободном виде ток-

синов всегда есть две основные мишени — печень и желудочно-кишечный тракт. От их воздействия также страдает микробиота кишечника. Необходимо помнить, что все известные токсины являются вторичными метаболитами грибов, актиномицетов, бактерий и образуются в условиях замедления роста этих микроорганизмов. При сборе и хранении урожая зерновых мы наблюдаем поверхностный рост биомассы гриба, а затем его споруляцию. В фазе, предшествующей споруляции, образуется целый ряд «вторичных» субстанций, в том числе пигменты, антибиотики, токсины. Концепция «вторичного синтеза» предполагает в виде одного из механизмов накопление этих соединений в клетке в качестве углеродного резерва, который может быть использован в условиях голодания, в том числе при прорастании спор. Ранее нами этот процесс был изучен в отношении биосинтеза гризеофульвина культурой *Penicillium nigricans*.

Известно также, что токсины в кишечнике могут быть трансформированы ферментными системами микроорга-

низмов. Для этого необходимо, как нам представляется, выполнить следующие условия. Микробиота рубца и толстого отдела кишечника коров должна расти с определенной скоростью, то есть проявлять высокую активность в отношении многих источников углерода, в том числе некрахмалистых полисахаридов. В результате многочисленных опытов нами было показано, что

Таблица 4. Данные по эффективности сорбции Т-2 токсина концентрацией 0,1 мг/кг сорбентами 3 и 4 при последовательном снижении нормы ввода

Сорбент	Концентрация сорбента, %	Адсорбция, %	Десорбция, %	ПКПД, %
3 (смесь адсорбентов + дрожжи + соли пропионовой кислоты)	100	80	19,3	64
	50	57	25	43
	25	30	28	22
	12,5	21	33	14
4 (сорбент органической природы (полисахариды))	100	82	21	65
	50	66	25	49,5
	25	37	25	28
	12,5	33	25	25

лучше всего это достигается при использовании пищевых волокон, например фруктоолигосахаридов, обеспечивающих также профилактику отрицательного баланса энергии, в частности, устранение ее дефицита для иммунной системы. В рубце и кишечнике необходимо создать условия для окисления трудноусвояемых источников углеводов, в том числе токсинов. Индукция таких ферментных систем осуществляется по принципу диауксии. Обязательным условием при этом является присутствие в кишечнике небольшого количества легкоусвояемых углеводов.

Создание необходимых условий в кишечнике для дезактивации микотоксинов достигается путем ввода фруктоолигосахаридов и легкоусвояемых углеводов в состав нового нейтрализатора токсинов Неофунгистата.

Известно, что клетки печени — гепатоциты — повреждаются в результате воздействий триглицеридов (жировой гепатоз), лекарственных препаратов и ряда субстанций, содержащихся в корме, в том числе токсинов. Последние ингибируют активность РНК-полимеразы, синтез белков, дестабилизируют мембрану клеток, что в целом приводит к гибели гепатоцитов. Гистология и анализ ферментов печени подтверждают факт глубоких нарушений ее функции у сельскохозяйственных животных и птицы. Имеется прямая корреляция между состоянием печени и производственными показателями. Например, снижение активности глюконеогенеза в печени коров немедленно приводит к потерям молока. По-видимому, главная задача заключается не столько в нейтрализации токсинов путем их связывания с сорбентами, что может быть проблематичным по изложенным причинам, а сколько в их разрушении (блокировке) в толстом отделе кишечника и недопущении к гепатоцитам печени.

Сконструированный новый нейтрализатор токсинов предусматривает активное функционирование нескольких направлений:

- нейтрализация части токсинов в кишечнике путем связывания их с неорганическими сорбентами двух типов. Норма ввода сорбентов определяется в зависимости от вида микотоксинов и их нагрузки на комбикорм, зерновые, шрот, силос;
- дезактивация токсинов в толстом отделе кишечника и в рубце при условии стимуляции роста микробиоты «незаменимыми» факторами роста;
- блокирование системы «захвата» токсинов печенью с помощью используемых в составе Неофунгистата антиоксидантов-флавоноидов. Регенерация гепатоцитов путем ввода в него компонентов нуклеиновых кислот — нуклеозидов и нуклеотидов;
- торможение роста грибов-продуцентов микотоксинов и вторичного синтеза их токсичных метаболитов путем ввода различных субстанций, в том числе пребиотиков, обладающих фунгистатической активностью, при одновременном поддержании безопасной влажности корма;
- нейтрализация микотоксинов при включении Неофунгистата в состав регуляторного комплекса **Байпас** для свиней и птицы.

Последнее направление нейтрализации оказалось крайне эффективным в рационах кур-несушек и бройлеров.

Использование Неофунгистата в рационах коров при норме 200–300 г/гол. в день и при содержании токсинов на максимально допустимом уровне и выше в кормах, зерне, силосе, сене, в особенности в весенне-летний период, резко снижает выбраковку коров и нормализует ситуацию, что также подтверждает высокую эффективность продукта. ■

*Список литературы, использованной при подготовке статьи, можно запросить в редакции или у авторов.*



## ИНФОРМАЦИЯ

**Американская ассоциация** производителей сои (ASA) обратилась к высшим дипломатическим органам страны с просьбой поспособствовать продвижению трех сортов биотехнологической кормовой сои на рынок Европейского союза. Данные сорта сои представляют интерес для животноводов в Европе, однако до сих пор регуляторы в ЕС не приняли по ним окончательного решения, несмотря на то, что изначально рассмотрение данного вопроса планировалось провести в январе этого года. Сорта сои, которые предлагаются американскими

фермерами, устойчивы к гербицидам, а также не подвержены негативному влиянию токсинов и промышленных химикатов.

**Европейское агентство** оценки качества продуктов питания (EFSA) отвергло научные данные, представленные правительством Австрии, которое стремится запретить на своей территории культивирование генетически модифицированного рапса сорта GT73. По мнению общеевропейского регулятора, новые данные о потенциальных рисках применения данного сорта рапса не могут быть

приняты без дебатов на уровне всех стран ЕС. В отчете предполагается, что выращивание ГМ-рапса данной разновидности может достаточно негативно влиять на экологию. Безопасность для сельскохозяйственных животных также ставится под сомнение. Вместе с тем EFSA заявило, что отчет австрийских ученых не содержит принципиально новой информации, и сегодня решение о запрете или разрешении отдельных ГМ-сортов без очевидных оснований находится в ведении всех стран ЕС.

*Feed Navigator*