

# Микотоксины:

## Три линии защиты

**Екатерина КОПЫЛОВА**, доктор сельскохозяйственных наук  
**Сергей ВЕРБИЦКИЙ**, кандидат технических наук  
*Институт продовольственных ресурсов НААН*

DOI: 10.25701/ZZR.2019.84.47.004

**Общеизвестно, что зерно и продукты его переработки могут быть заражены микотоксинами (их вырабатывают плесневые грибы). Скармливание сельскохозяйственным животным контаминированного фуража отрицательно сказывается на их здоровье и продуктивности.**

**П**опадающие в организм с кормом микотоксины вызывают развитие микотоксикозов. Доктор сельскохозяйственных наук А.П. Палий отмечает, что признаки этих заболеваний часто бывают неспецифическими и это затрудняет идентификацию. Из-за того, что животному постоянно приходится затрачивать энергию для нейтрализации токсинов, его иммунитет снижается. В особо тяжелых случаях может наступить смерть. Микотоксины чрезвычайно опасны для молодняка, так как барьерные функции организма еще недостаточно развиты.

Опасность заражения зерновых компонентов корма микотоксинами возрастает с увеличением продолжительности хранения сырья. Визуально определить степень загрязнения зерна микотоксинами невозможно, поэтому необходимо обращать внимание на косвенные признаки: изменение цвета зерен с желтого на серый, появление затхлого или нетипичного запаха, почернение кончиков зерновки со стороны зародыша. Для обнаружения микотоксинов следует взять образцы сырья и провести лабораторные исследования (это не будет лишним да-

же если качество растительных компонентов не вызывает сомнения).

Еще один способ минимизировать вред, который наносят здоровью животных микотоксины, — применение ингибиторов плесневых грибов (веществ, подавляющих их рост). Ученые Канзасского университета (США) в качестве ингибиторов предлагают использовать органические кислоты (например, пропионовую кислоту). При вводе в рацион обладающих фунгицидными свойствами подкислителей снижается рН зерна и других компонентов кормосмеси. К сожалению, подкислители, будучи ингибиторами плесневых грибов, не оказывают влияния на микотоксины, присутствующие в загрязненном зерне и кормах.

Здоровье свиней зависит от качества потребляемого ими корма. Наибольшую опасность представляют афлатоксин, зеараленон, дезоксиниваленол (ДОН), Т-2 токсин, охратоксин и фумонизин, которые вырабатывают плесневые грибы родов *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium* (таблица).

Содержащиеся в кормах микотоксины служат причиной отравления и развития заболеваний смешанной этиологии. Тяжесть болезни зависит от степени зараженности потребляемого корма, возраста, пола, вида животных и их физиологического состояния. Многие из метаболитов плесневых грибов обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Микотоксины выявляют не только в кормах, но и в продукции животноводства.

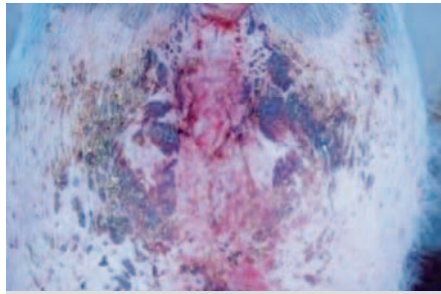
При скармливании пораженного плесневыми грибами кормового сырья случаи острых отравлений регистрируют довольно редко, а случаи снижения продуктивности поголовья и ухудшения других зоотехнических показателей — очень часто (фото 1–3).

**Микотоксины, влияющие на здоровье свиней**  
(www.impextraco.com)

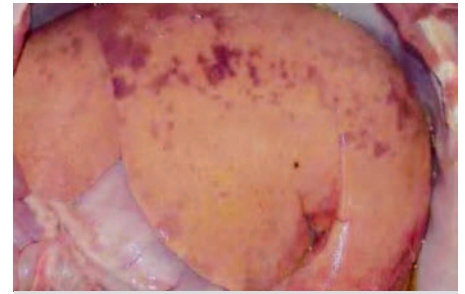
Микотоксин	Отрицательное влияние на продуктивность	Иммунотоксичность	Типичные симптомы	Поражаемые органы и системы организма
Афлатоксин	•••••	•••••	Гепатит, неспецифические инфекции. Неэффективность вакцинации, высокая предрасположенность к заболеваниям	Печень, почки, иммунная система
Зеараленон	•••••	••	Гиперэстрогения, нарушение репродуктивной функции	Репродуктивный тракт свиноматок
ДОН	•••••	•••••	Отказ от корма, рвота	Центральная нервная система, печень, эпителий кишечника, иммунная система
Т-2 токсин	•••••	•••••	Повреждение эпителия ротовой полости, потеря аппетита	Эпителий кишечника, печень, иммунная система
Охратоксин А	•••••	•••••	Нефрит, гепатит	Почки, печень, иммунная система
Фумонизин	•••••	•••	Отек легких	Легкие, сердце, печень, иммунная система



**Фото 1. Выпадение прямой кишки при отравлении зеараленоном (Мальманн К., Дилькин П.)**



**Фото 2. Диарея и раздражение при отравлении Т-2 токсином (Мальманн К., Дилькин П.)**



**Фото 3. Изменения в печени при отравлении афлатоксином (Мальманн К., Дилькин П.)**

Признаки воздействия микотоксинов на организм свиней:

- снижение приростов живой массы;
- повышение уровня заболеваемости;
- увеличение возраста полового созревания поросят;
- пониженное либидо у хряков и плохое качество их спермы;
- снижение плодovitости свиноматок (уменьшение числа поросят в помете);
- сокращение количества продуцируемого свиноматкой молока;
- рассасывание плодов, рождение нежизнеспособных поросят, аборт;
- выпадение прямой кишки или влагилица;
- патологии печени и почек, ослабление иммунитета, внезапная смерть;
- бледность кожи, рвота, кровь в фекалиях, рожистое воспаление.

Описывая конкретные клинические проявления микотоксикозов, доктор ветеринарных наук Л.В. Нагорная и группа украинских ученых отмечают, что зеараленон, обладающий эстрогенными свойствами, отрицательно влияет на репродуктивную функцию свиноматок. У поросят, получивших даже минимальную дозу зеараленона в утробе матери или в подсосный период, диагностируют интоксикацию, поэтому у ремонтных свинок плохо развиваются репродуктивные органы и животные не могут принести потомство.

Трихотеценовый микотоксин Т-2 токсин (его продуцируют плесневые грибы рода *Fusarium*) вызывает диарею и приводит к некрозу тканей кишечника.

Микотоксин фумонизин В<sub>1</sub> производят плесневые грибы рода *Fusarium verticillioides* (чаще всего их выявляют в контаминированном зерне кукурузы). Фумонизин В<sub>1</sub> очень токсичен. При потреблении рационов, в состав которых входят загрязненные этим микотоксином корма, у свиней нарушается работа печени, под-

желудочной железы, сердечно-сосудистой и бронхолегочной систем (развивается отек легких). Тяжесть течения заболевания микробной этиологии усиливается, когда свиньям скармливают корм с высоким содержанием фумонизинов.

Афлатоксины усугубляют состояние животных при дизентерии, вызванной бактериями *Brachyspira hyodysenteriae*. При попадании в организм дезоксиниваленола в концентрации 2,5–3,5 мг/кг повышается степень поражения легких. При этом здоровье животных, инфицированных цирковирусом свиней 2-го типа, существенно ухудшается, а особи, у которых диагностировали репродуктивно-респираторный синдром свиней, погибают. Такую же клиническую картину наблюдают при воздействии на организм охратокси-на А в концентрации 75 мг/кг.

Для снижения отрицательного воздействия микотоксинов на организм животного применяют адсорбенты. Академик НААН И.Я. Коцюмбас, доктор ветеринарных наук О.М. Брезвин и кандидат сельскохозяйственных наук Т.Р. Левицкий сообщают, что механизм действия адсорбента зависит от его вида, структуры токсина и пути его попадания в организм, а также от стадии токсикоза, состояния обменных процессов и от других факторов.

В желудке свиней адсорбент равномерно распределяется в жидкой фазе секрета и компонентов корма. Специалисты считают, что этап сорбции в кислой среде желудка имеет большое значение, поскольку адсорбент не насыщен и характеризуется максимальной способностью к связыванию токсичных продуктов.

Далее процесс сорбции протекает в тонком кишечнике, где на 1 г адсорбента приходится около 100 мл химуса (площадь его контакта с препаратом обратно пропорциональна размеру частиц адсорбента). Исходя из этого, ученые предполо-

жили, что в подобных условиях скорость сорбции и насыщения адсорбента увеличится при использовании его мелкодисперсных форм. Более крупная фракция адсорбента осваивается в течение длительного времени, поскольку соотношение между количеством препарата и объемом химуса будет постоянно увеличиваться в процессе их прохождения по кишечнику.

В свиноводстве в качестве адсорбентов микотоксинов наиболее часто применяют алюмосиликаты, в частности глину, бентонит, цеолиты, а также гидратированные алюмосиликат натрия и алюмосиликат кальция. Эти вещества имеют пористую структуру, характеризуются способностью адсорбировать и удерживать микотоксины.

Алюмосиликатные адсорбенты отлично поглощают афлатоксины, однако в отношении других микотоксинов они малоэффективны. К тому же алюмосиликатные соединения связывают витамины, микроэлементы и иные ценные компоненты корма. Кандидат ветеринарных наук Ю.Е. Дворская отмечает, что минералы адсорбируют афлатоксины за счет дипольного взаимодействия, то есть взаимодействия между положительно и отрицательно заряженными молекулами.

Для лучшего связывания микотоксинов минеральные адсорбенты нужно вводить в корм в высокой дозировке (0,1; 0,2 и 0,4%), что обусловлено относительно небольшой их адсорбционной поверхностью. Однако это может привести к разбавлению кормосмеси и снижению ее питательной ценности.

Для увеличения эффективности неорганических адсорбентов к ним добавляют ферменты либо бактерии, продуцирующие ферменты непосредственно в организме животного. Главное препятствие для широкого применения неорганиче-

ских адсорбентов с указанной целью — недостаточная термостабильность ферментов. Они разрушаются при гранулировании или экструдировании корма, а значит, эффективность адсорбента снижается.

Как пишет Ю.Е. Дворская, ферменты действуют строго специфично на определенную химическую структуру микотоксинов (например, на структуру зеараленона). Если в организме запущен процесс взаимодействия микотоксина с эндогенными ферментами и процесс биотрансформации микотоксинов, ферменты не способны воздействовать на измененную структуру микотоксина.

К органическим веществам, связывающим микотоксины в комбикормах для свиней, относят добавки на основе клеточных стенок дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, главным образом  $\alpha$ -маннаны и  $\beta$ -глюканы. Применение таких продуктов обеспечивает эффективную адсорбцию широкого спектра микотоксинов. Преимущество использования органических дрожжевых компонентов заключается в том, что они, в отличие от неорганических силикатных адсорбентов, не накапливаются в окружающей среде после выделения из навоза.

По данным ученых Канзасского университета, эффективность адсорбентов в отношении дезоксиниваленола невелика. Между тем именно этот микотоксин очень часто выявляют в зерне и кормах. Исследования показали, что наиболее перспективным ингибитором ДОН является метабисульфит натрия. Это неорганическое соединение реагирует с ДОН, образуя нетоксичные компоненты. Чтобы процесс протекал более эффективно, температура и влажность среды должны быть высокими.

При включении метабисульфита натрия в рационы, в которые входит загрязненное ДОН растительное сырье, улучшается потребление корма и увеличиваются приросты живой массы свиней. Однако следует учитывать то, что метабисульфит натрия разрушает витамин В<sub>1</sub> (тиамин), а значит, при вводе этого адсорбента рационы нужно корректировать, чтобы восполнить дефицит тиамин.

По результатам исследований, проводившихся в Канзасском университете, установлено, что при использовании контаминированного афлатоксинами растительного сырья в комбикорма для свиней необходимо добавлять алюмосиликаты и бентониты. В научной лите-

ратуре есть информация о том, что против зеараленона достаточно эффективны алюмосиликаты и глины. К сожалению, сегодня нет достоверных данных об адсорбентах, инактивирующих фумонизины и охратоксин А.

Ведущие бразильские специалисты К. Малльманн и П. Дилькин отмечают, что применяемые для детоксикации кормов адсорбенты в идеале должны подавлять плесневые грибы, не снижая пищевую ценность рациона и не нанося вреда здоровью животных. Добавление нейтральных в смысле питательности инертных адсорбентов в кормосмеси для свиней способствует решению проблемы загрязненности сырья микотоксинами.

Некоторые адсорбенты используют как инертные носители активных субстанций в фармацевтике и как катализаторы в нефтехимической промышленности. В кормопроизводстве обработанные глины и другие аналогичные материалы широко применяют в качестве адсорбентов, которые связывают микотоксины в желудочно-кишечном тракте животных и выводят из их организма токсичные вещества.

Предназначенные для ввода в рацион для свиней адсорбенты должны отвечать требованиям, предъявляемым к таким продуктам, а именно: эффективно инактивировать микотоксины, сохранять стабильность в течение длительного периода и защищать слизистую оболочку ЖКТ. Используемые адсорбенты не должны влиять на вкус и питательность корма, а его потребление не должно вызывать у животных диарею и служить причиной появления различных патологий. Очень важно, чтобы применяемые препараты были пригодны для периодической оценки их эффективности *in vitro* и *in vivo*.

В монографии К. Малльманна и П. Дилькина «Микотоксины и микотоксикозы у свиней» подробно описаны цели и методы оценки эффективности адсорбентов *in vitro*. Исследования по инактивации и (или) адсорбции микотоксинов под действием адсорбентов проводят с использованием желудочного и кишечного сока.

Многие виды адсорбентов, в частности глины, теряют свою поглощающую способность, когда вступают в контакт со средами, характеризующимися низкими значениями pH. Адсорбционная способность глины ухудшается также в присутствии других веществ, например ферментов. Снижение уровня инак-

тивации и (или) адсорбции в таких условиях может быть обусловлено физико-химическими свойствами самих глины (они часто не полностью растворяются в желудочно-кишечном тракте).

Тесты, при проведении которых используют желудочный и кишечный сок, наиболее точно имитируют среду, в которой будет действовать адсорбент. Для этого в соответствии с рекомендациями, описанными в официальной фармакопее, готовят два стандартных образца — искусственный желудочный сок (pH 3) и искусственный кишечный сок (pH 6).

Уровень адсорбции и (или) инактивации *in vitro* определяют методом жидкостной хроматографии либо жидкостной хроматографии в сочетании с методом масс-спектрометрии. При этом пробу с адсорбентом сравнивают с контрольной пробой, не содержащей указанную добавку. К. Малльманн и П. Дилькин отмечают, что данные, полученные при проверке эффективности адсорбентов *in vitro* и *in vivo*, часто существенно различаются между собой.

К первичным мерам, позволяющим предотвратить загрязнение кормов плесневыми грибами, относят грамотный подбор устойчивых к микроорганизмам сортов зерновых, правильную организацию севооборота, надлежащую обработку почвы, борьбу с насекомыми, применение фунгицидов и т.д.

Собранное зерно проверяют и очищают, что в значительной степени способствует удалению из кормового сырья зерен, пораженных плесневыми грибами и их метаболитами. Ученые отмечают, что первая линия защиты — это надлежащий контроль качества фуража как собственного производства, так и покупного, вторая линия защиты — создание оптимальных условий в помещениях для хранения зерна, при которых исключается или сводится к минимуму рост плесневых грибов, третья линия защиты — применение ингибиторов микотоксинов, в частности адсорбентов.

Современные методы оценки качества растительного сырья дают возможность обнаружить в нем микотоксины и идентифицировать их, а также подобрать эффективный адсорбент для инактивации токсинов с учетом результатов анализа. Все это позволяет предотвратить развитие микотоксикозов у свиней и тем самым сохранить здоровье животных и повысить рентабельность предприятия. **ЖП**

Украина