

НОВЫЕ МИКОТОКСИНЫ — НОВЫЙ ВЫЗОВ?

А. ВИБЕР, д-р, менеджер глобального отдела технической поддержки по микотоксинам, компания Alltech



Хотя так называемые новые микотоксины менее известны и их труднее обнаружить, чем общеизвестные, производители кормов должны продолжать проявлять бдительность, поскольку эти микотоксины потенциально не менее опасны для здоровья и продуктивности животных.

Микотоксикология — сравнительно новое направление науки, отделившееся от микологии и обособившееся в самостоятельную дисциплину, изучающую токсические метаболиты грибов и последствия их потребления для человека и животных. В настоящее время известно более 400 различных микотоксинов. Практическая значимость микотоксинов неодинакова, ведь некоторые из них встречаются довольно часто, другие намного реже.

Точно так же одни уже опасны в очень малых количествах, в то время как другие вызывают физиологические эффекты только при очень больших концентрациях. Практическая значимость, например, афлатоксина, одного из самых опасных токсинов для животных и птицы, невелика, поскольку он почти не встречается в условиях умеренного климата России. Наряду с афлатоксином, к другим общеизвестным микотоксинам обычно относят такие метаболиты плесеней, как дезоксиниваленол (ДОН), Т-2 токсин, охратоксин, фузариевая кислота и зеараленон. Свойства этих микотоксинов хорошо изучены, а их содержание в сырье и кормах регламентируется во многих странах мира. Однако это не единственные микотоксины, имеющие практическую значимость для промышленного птицеводства и животноводства.

Достижения в области лабораторного обнаружения микотоксинов и растущий к ним интерес привели к открытию новых токсичных метаболитов плесневых грибов, которые в англоязычных источниках часто обобщают под названием «новые микотоксины» (от англ. *emerging mycotoxins* — досл. «Вновь возникшие микотоксины»). Эти микотоксины и их последствия для животных продолжают изучаться научным сообществом. В настоящее время они считаются «микотоксинами, которые не определяются в рамках стандартных исследований и не регулируются законодательно». Данные соединения отличаются от «модифицированных», или «замаскированных», микотоксинов, которые являются производными обычных и контролируемых микотоксинов (например, ДОН), но которые невозможно обнаружить с помощью стандартных аналитических методов из-за их модифицированной структуры. Тем не менее и новые, и модифицированные микотоксины имеют не меньший потенциал для нарушения иммунитета и ухудшения продуктивности, устойчивости агропродовольственного сектора и общей прибыльности животноводства.

КАК НОВЫЕ МИКОТОКСИНЫ ВЛИЯЮТ НА ЖИВОТНЫХ?

Несмотря на то что количество исследований, посвященных группе новых микотоксинов в кормах для животных, растет, *in vivo* исследований, отражающих то, как эти соединения влияют на здоровье и продуктивность животных, еще не много, особенно по сравнению с общеизвестными микотоксинами. Однако считается, что, как и в случае с большинством микотоксинов, новые микотоксины негативно влияют на здоровье кишечника и иммунитет, а некоторые из них в большей степени воздействуют на внутренние органы и репродуктивное здоровье животных, которые их потребляют.

В таблице приведены данные о частоте встречаемости некоторых микотоксинов из группы «новые».

Частота встречаемости некоторых микотоксинов из группы «новые»

Вид микотоксина	Встречаемость, % исследованных образцов
Фузариевая кислота	77
Энниатин А1	63
Энниатин В1	57
Монилиформин	53
Боверицин	30

Примечание. Данные лаборатории Alltech 37+ (2022 г.). Опубликовано All About Feed, создано LocalFocus.

Альтернариол (АОН) и тенуазоновая кислота (ТеА)

Микотоксины грибов рода *Alternaria*, такие как альтернариол и тенуазоновая кислота, могут оказывать цитотоксическое, канцерогенное и генотоксическое воздействия. Результаты исследований показывают, что альтернариол может действовать как эндокринный разрушитель, изменяя синтез и секрецию эстрадиола и прогестерона у животных. Кроме того, с зеараленоном он проявляет синергетическое воздействие, приводящее к нарушению репродуктивной функции. В ранних исследованиях с тенуазоновой кислотой обнаружено, что этот микотоксин может вызывать проблемы с кишечником, сопровождающиеся рвотой, диареей и кровотечением у моногастричных животных. Нормативных пределов для микотоксинов грибов рода *Alternaria* не установлено, но Европейское управление по безопасности пищевых продуктов (EFSA) предположило, что риски для здоровья, связанные с этой группой микотоксинов, нельзя исключать.

Аурофузарин

Аурофузарин продуцируется плесневыми грибами рода *Fusarium*, и, хотя его относят к группе новых микотоксинов, он был первоначально описан в 1937 г. как грибковый пигмент. Совсем недавно исследования показали, что аурофузарин оказывает сильное влияние на иммунитет, фертильность домашней птицы и качество яйца, а также вызывает окислительный стресс. В частности, аурофузарин может влиять на жирнокислотный состав яичного желтка, препятствовать накоплению в нем витамина Е и его доставке развивающимся эмбрионам, а также приводить к изменению цвета яичного желтка.

Боверицин (ВЕА)

Боверицин обладает инсектицидной, противомикробной и антибиотической активностью. Он также является разрушителем ферментов и может вызывать окислительный стресс. Интересно, что есть некоторые предположения, что боверицин может иметь положительный эффект, ингибируя некоторые патогены, такие как *C. perfringens*. Вопрос о том, перевешивает ли данное преимущество негативное воздействие этого микотоксина на общее состояние здоровья и продуктивность животных, является предметом обсуждения, и существует очевидная необходимость в дальнейших исследованиях *in vivo*. До сих пор EFSA не сделало выводов о последствиях хронического воздействия ВЕА на организм из-за отсутствия достаточного количества данных о токсичности *in vivo*.



Энниатины А/А1 и В/В1 (ENN_s)

Известно, что энниатины обладают антибактериальными, цитотоксическими и окислительными свойствами. Клеточные модели, на которых изучаются влияние энниатинов на эпителий кишечника, показали особенностью нарушать микробный баланс. Это может привести к негативным последствиям для здоровья. Кроме того, было показано, что токсичность энниатинов для эпителиальных клеток кишечника аналогична или немного выше, чем у дезоксиниваленола. В исследованиях на модели рубца *in vitro* установлено, что в зависимости от условий некоторые энниатины могут преодолевать рубец и попадать в неизменном виде в кишечник. Значительное влияние они оказывают на микробиоту кишечника свиней, на здоровье печени. Кроме того, энниатины могут усугублять негативные последствия потребления дезоксиниваленола свиньями.

Фузариевая кислота (FA)

Фузариевая кислота может быть выделена многими плесневыми грибами рода *Fusarium* в широком диапазоне температур и влажности. Она конкурирует с аминокислотой триптофаном за связывание с транспортными белками в крови, что приводит к увеличению в ней свободного триптофана. Этот повышенный уровень свободного триптофана может проникать в мозг, увеличивая выработку серотонина (образуется из триптофана). Избыточный синтез серотонина в мозге сопровождается сокращением потребления корма, рвотой, вялостью. Кроме того, фузариевая кислота способствует снижению артериального давления (путем ингибирования превращения дофамина в норэпинефрин), а это может провоцировать отек конечностей или молочных желез. Перечисленные симптомы часто не проявляются до тех пор, пока в кормах не произойдет повышения уровня фузариевой кислоты.

Также было показано, что этот микотоксин нарушает баланс микробных популяций в рубце. Наконец, хорошо известно, что в комбинации с другими микотоксинами, такими как ДОН и фумонизины, фузариевая кислота обладает синергетическими свойствами. В результате токсические эффекты от их совместного воздействия становятся более выраженными. К фузариевой кислоте наиболее восприимчивы свиньи.

Монилиформин (MON)

Большее воздействие монилиформин оказывает на домашнюю птицу. Вместе с тем у всех животных этот токсин в той или иной мере негативно влияет на сердце, что проявляется поражением миокарда. Кроме того, у них часто отмечается мышечная слабость, снижение потребления корма и прироста, а также нарушение иммунной функции.

НАСКОЛЬКО РАСПРОСТРАНЕНЫ НОВЫЕ МИКОТОКСИНЫ?

Несмотря на меньшую известность и внимание со стороны регуляторных органов, новые микотоксины являются одними из наиболее распространенных контаминантов в компонентах и полнорационных кормах во всем мире. По данным лаборатории Alltech 37+, новые микотоксины были обнаружены в 96,5% образцов, проанализированных во всем мире в 2022 г. (всего 5992 пробы).

Несмотря на то что частота встречаемости новых микотоксинов высока, их концентрация во многих случаях небольшая. Например, для фузариевой кислоты она составила в среднем 202 мкг/кг, максимальная — 8717 мкг/кг. Точно так же энниатины А/А1 присутствовали в количестве в среднем 13 мкг/кг при максимальном значении 1300 мкг/кг. В результате острое отравление животных при потреблении этих микотоксинов маловероятно, но их постоянное хроническое поступление в организм практически неизбежно.

УСТРАНЕНИЕ ПРОБЕЛОВ В ЗНАНИЯХ

В то время как новые микотоксины еще не поддаются обнаружению с помощью быстрых методов, таких как экспресс-тесты или ИФА, существуют более совершенные лабораторные методы, такие как УВЭЖХ-МС/МС, которые позволяют определить вид и концентрацию многих представителей группы новых микотоксинов. Несмотря на заметные пробелы в понимании кормовой индустрией рисков, создаваемых новыми микотоксинами, достижения в методах определения и дальнейшие исследования на животных должны привести к большему пониманию того, как эти токсины проявляют себя, как влияют на животных. Это позволит своевременно и эффективно реагировать на риски. ■

Оригинал статьи опубликован в журнале *All About Feed* в феврале 2023 г.

Список литературы предоставляется по запросу.