



**Авторы:**  
**Виталий ЛОХОВ**, генеральный директор ООО «БИОМИН Украина»  
**Верена ШТАРКЛЬ**, продукт-менеджер, «БИОМИН», Австрия

# Трихотецены:

## как можно нейтрализовать эти неадсорбируемые и опасные микотоксины?

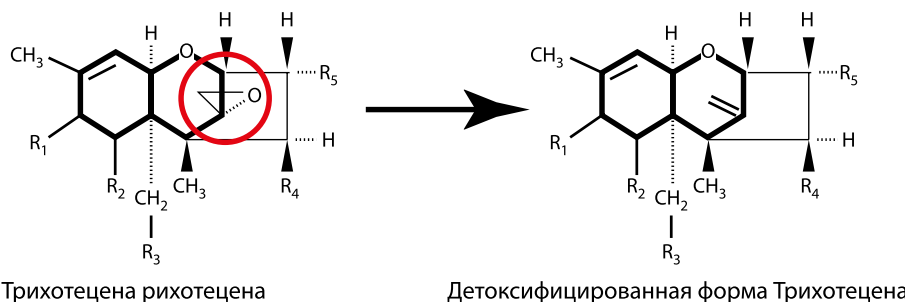
**М**икотоксины опасны тем, что несут риск здоровью животных. Они очень разнообразны по химической структуре, и поэтому невозможно нейтрализовать все формы микотоксинов посредством адсорбции (связывания). Впрочем, некоторые из них, например афлатоксины, могут быть адсорбированы минералами, однако другие, такие как трихотецены, могут быть нейтрализованы только при использовании других методов и стратегий.

Специфическая ферментная деградация является проверенным методом, который уже продемонстрировал свою эффективность в ходе различных опытов. Хотя трихотецены и не обладают такой же токсичностью, как афлатоксины (канцерогенное действие), они все же подвергают здоровье животных большому риску. К сожалению, трихотецены не адсорбируются ни минералами, ни дрожжевыми препаратами.

Эта статья опубликована для того, чтобы дать Вам больше информации о трихотеценах и наглядно продемонстрировать эффективный метод защиты Вашего бизнеса от пагубного воздействия микотоксинов.

Трихотецены относятся к группе, состоящей из 170 микотоксинов, сходных по структуре. Они синтезируются, глав-

ным образом, повсеместно распространенными грибами группы Фузариум. Каждая трихотецена – это микотоксин, обладающий двойной конъюгированной кольцевой системой, в которой находится эпоксидазное кольцо (см. молекулу слева, **Рис. 1**). Различие боковой цепи молекулы используется для разделения этой большой группы



**Рис. 1. Структура трихотеценов**  
 Трихотецены имеют одинаковую структурную основу. Так называемое «эпоксидазное кольцо» (обозначено красным!) представляет собой главную токсичную структуру. Ферменты, ди-эпоксидазы, детоксифицируют трихотецены, преобразуя их простым двойным связыванием.

на А- и В-трихотецены. Тип А в основном включает токсин Т-2, токсин НТ-2 и диациетоксискирпенол (ДАС) – вещества, которые в 10 раз токсичнее, чем такие трихотецены типа В, как деоксиниваленол (ДОН, другое название – vomitоксин), ниваленол и фузаренон Х. Деоксиниваленол часто встречается в североамериканском и европейском зерне, нанося существенный вред здоровью животных. При этом высокую чувствительность к ДОНу проявляют свиньи, в то время как куры, индейки и жвачные животные отличаются достаточной стойкостью к данному токсину.

## Токсичность трихотецен

Многие токсичные эффекты трихотецен обусловлены их способностью подавлять ДНК и синтез протеина. Основные первичные признаки проявления токсичности трихотецен у бройлерных цыплят: широко распространены геморагии, отложение солей мочевой кислоты, нервная токсичность, раздражение верхнего желудочно-кишечного тракта.

## Иммунологический эффект

Способность трихотецен задерживать синтез белка, несомненно, влияет на их потенциал видоизменять иммунную функцию. Острое действие трихотецен ведет к серьезным повреждениям и вызывает активное деление клеток в тканях костного мозга, лимфатических узлов, селезенки, вилочковой железы слизистой оболочки кишечника. Было отмечено общее влияние на функции иммунокомпетентных клеток, резистентность к инородным организмам, а также синтез иммуноглобулина в меньших дозах при оральном и других методах воздействия.

Содержание макрофагов, лимфоцитов и эритроцитов может быть снижено из-за длительного воздействия трихотецен. Более того, трихотецены стимулируют эритроцитный гемолиз свертываемости крови.

## Как можно противостоять трихотеценам?

Трихотецены продуцируются так называемыми «полевыми грибами» во

### Влияние трихотецен на клеточный иммунитет

- Снижение хемотаксической миграции нейтрофилов
- Снижение фагоцитоза альвеолярных макрофагов
- Снижение митоген-индуцированного blastogenesis лимфоцитов
- Эффект цитотоксичности к лимфоцитам
- Заторможенность тромбоцитарной функции

### Влияние трихотецен на подверженность инфекционным заболеваниям

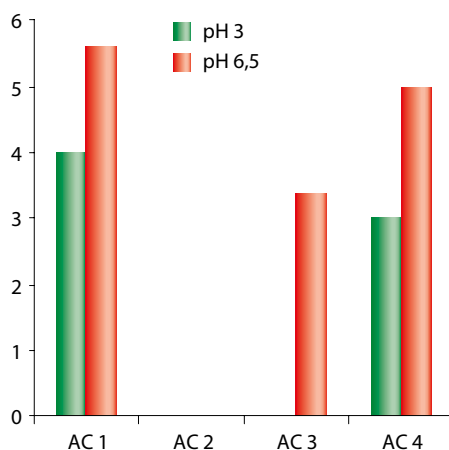
Повышенная чувствительность к:

- кандидам
- криптококу
- листерии
- сальмонелле
- микобактерии
- герпесу симплекс 1 типа

время созревания растений. Ингибиторы плесени способны остановить рост только «амбарной плесени», таких грибов, как *Aspergillus* и *Penicillium*, которые в основном продуцируют афлатоксин и охратоксин. Ингибиторы плесени в общем не могут снизить уровень заражения микотоксинами. Поскольку трихотецены принадлежат к преобладающему классу микотоксинов во всем мире, возникла серьезная потребность в их деактивации. Обычно для деактивации микотоксинов во время пищеварения используются препараты, основанные на трех нижеописанных механизмах.

#### 1. Алюминосиликаты

Несколько лет назад уже было доказано, что минералы и адсорбция не могут нейтрализовать трихотецены. Компания БИОМИН также проводила



**Рис. 2. Адсорбция деоксиниваленола**

Адсорбция 1 мкг деоксиниваленола четырьмя различными минералами в искусственных условиях (%) при уровне pH 3 и pH 6,5. Институт геологии, Венский университет, Австрия.

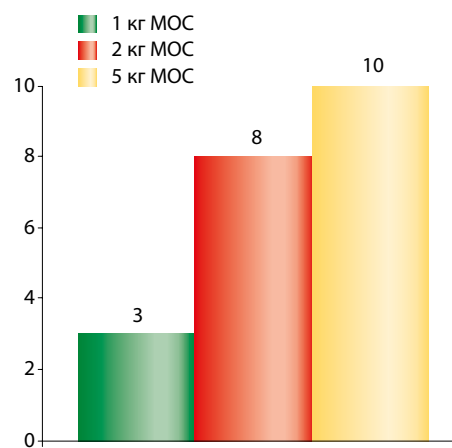
исследования в данной сфере, и эти исследования подтвердили, что специфическая адсорбция в данном случае неэффективна (см. Рис. 2).

Вероятнее всего, минералы адсорбируют микотоксины, связывая полярные группы, находящиеся в соответствующем положении.

Определено, что у трихотецен не бывает полярных групп в таком положении, которое делает невозможным их избирательную адсорбцию минералами.

#### 2. Маннанные олигосахариды (МОС)

Маннанные олигосахариды – это частички клеточных стенок дрожжей, которые имеют высокую впитывающую поверхность. На это делают ставку производители различных препаратов.



**Рис. 3. Адсорбция деоксиниваленола**

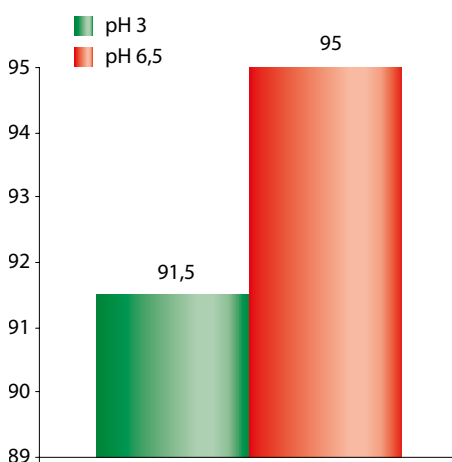
Адсорбция 1 мкг деоксиниваленола в искусственных условиях в сравнении с включением маннанных олигосахаридов на уровне 1, 2 и 5 кг. Институт Агробиотехнологии, IFA-Tulln, Австрия.

Предполагается, что 500 г дрожжевой клеточной стенки имеет поверхность в 1 га, что эквивалентно 20 м<sup>2</sup>/г. Однако здесь следует обратить внимание на то, что минеральная часть препарата Микофикс®Плюс подтвердила наличие специфической поверхности в 103 м<sup>2</sup>/г.

Компания БИОМИН проводила исследования по адсорбции маннановыми олигосахаридами деоксиниваленола и токсина Т-2 при двух уровнях рН. При этом было обнаружено практически полное отсутствие адсорбции (см. Рис. 3).

### 3. Биотрансформация

Структура всех трихотецен состоит из эпоксидазного кольца, это кольцо и является главной целью для успешной дезактивации этого вредоносного токсина. Специальные ферменты, так называемые ди-эпоксидазы, продуцируются уникальными микроорганизмами и нейтрализуют эпоксидазное кольцо простым двойным связыванием (рис. 1). Опыты в искусственных условиях показали, что приблизительно 95% трихотецен могут быть деактивированы таким путем (см. Рис. 4).



**Рис. 4. Деактивация деоксиниваленола**

Деактивация 1 мкг деоксиниваленола в искусственных условиях ферментами, содержащимися Микофикс®Плюс при уровне рН 3 и 6,5. Институт Агробиотехнологии, IFA-Tulln, Австрия.

### Опыт

Алюминосиликаты, маннано-олигосахариды и биотрансформация сравнивались в опыте, проведенном в естественных условиях (*in vivo*) в Колумбийском Университете (г. Богота) под



### Вывод

руководством профессора Др. Гонсало Диаса. 180 однодневных мужских особей цыплят были искусственно заражены с целью исследовать действие 2 кг токсина Т-2 и способность различных препаратов деактивировать действие токсина. Подробное описание опыта приведено в Таблице 1.

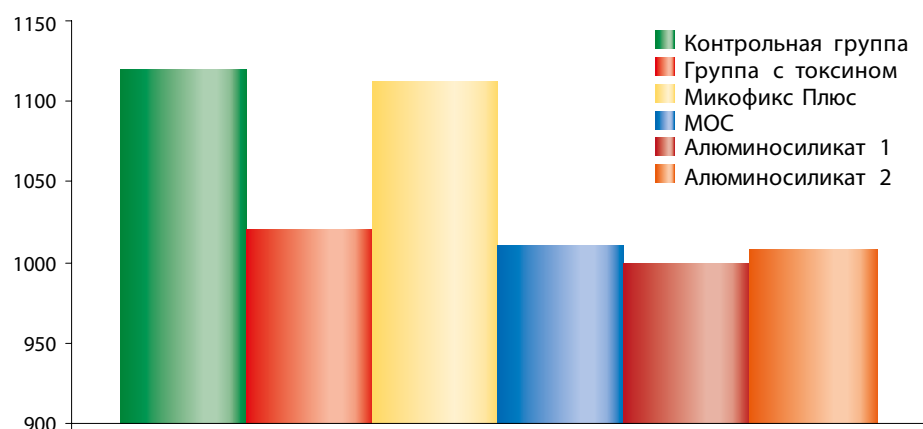
Рис. 5 подтверждает способность Микофикс®Плюс деактивировать трихотецены благодаря биотрансформации.

Результаты опытов показывают, что адсорбция трихотецен как минералами, так и маннано-олигосахаридами невозможна. Поэтому только с применением специфических ферментов (серия продуктов Микофикс®Плюс) можно гарантировать нейтрализацию токсичного действия повсеместно распространенных трихотецен, таких как ДОН и Т-2.

**Таблица 1. Описание опыта Микофикс®Плюс**

Группа	Кормовая добавка	Уровень включения, кг/т	Токсин Т-2, мг
1	0	0	0
2	0	2	2
3	Микофикс®Плюс	2	2
4	МОС	2	2
5	Алюминосиликат 1	2,5	2
6	Алюминосиликат 2	3	2

МОС и два вида алюминосиликата добавлялись в рацион бройлеров для сравнения их способности деактивировать действие 2 мкг токсина Т-2



**Рис. 5. Результаты опытов на бройлерах**

Способность различных продуктов деактивировать токсин Т-2. МОС (адсорбция с помощью дрожжевой клеточной стенки), Микофикс®Плюс (биотрансформация), два различных алюминосиликата (адсорбция минералами). Национальный Колумбийский Университет (г. Богота, Колумбия).