

НЕПОЛЯРНЫЕ ТОКСИНЫ В КОРМАХ. СТРАТЕГИЯ БОРЬБЫ

А. СОТНИЧЕНКО, канд. биол. наук, директор ООО «Алвихром»

В. ОХАНОВ, канд. хим. наук, директор ООО НПЦ «Фокс и Ко»

Микотоксины, как известно, представляют серьезную угрозу для животноводства. Значительная часть кормов в той или иной степени заражена этими опасными веществами. И если полярные микотоксины удается хотя бы частично удалить с помощью адсорбентов, менее полярные из них с трудом поддаются нейтрализации. В этой связи весьма показательно мнение некоторых специалистов, которое сегодня является преобладающим: «...Надо сказать, что метод адсорбции эффективен для удаления полярных микотоксинов (например, афлатоксинов и части фумонизинов), молекулы которых имеют заряд... Неполярные токсины не имеют заряда и не могут удерживаться внутри адсорбента. А значит, их практически невозможно удалить при применении любых адсорбентов в терапевтических дозах 2–5 кг/т корма. Это показали научные работы независимых исследователей из разных стран...» (А. Брылин, 2015).

По этой причине основное внимание специалистов уделяется обнаружению в кормах микотоксинов, которые потенциально могут быть удалены из него. К ним относятся афлатоксины, дезоксиниваленол, диацетоксисцирпенол, ниваленол, Т-2/НТ-2 токсины, фумонизины, зеараленон и охратоксин А. Для их быстрого определения выпускаются и широко применяются ИФА-наборы. По данным разных авторов, степень загрязненности кормов при использовании таких наборов обычно оценивается в 20–30%. Следует отметить, что из этой выборки большинство микотоксинов, за исключением зеараленона и охратоксина А, представляют собой довольно полярные субстанции.

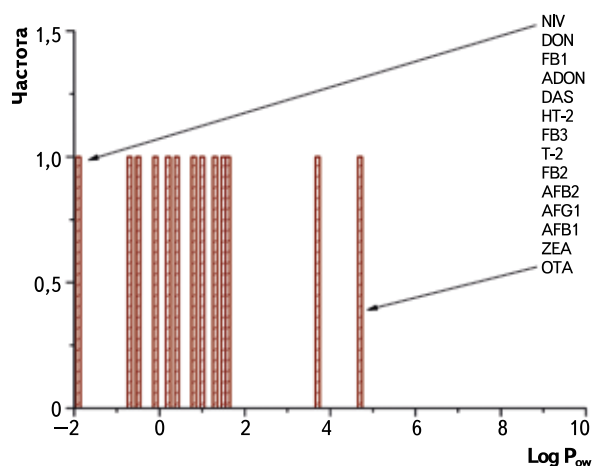


Рис. 1. Распределение наиболее распространенных микотоксинов по степени полярности

Для объяснения смысла изображения на рисунке 1 необходимо сделать небольшое отступление.

Все химические вещества характеризуются рядом параметров: составом, молекулярным весом, плотностью, температурой плавления, кипения и др. Для органических веществ дополнительным важным параметром является полярность. У понятия «полярный» имеются синонимы «гидрофильный», «лиофильный» и «липофобный» («любящий воду» и «боящийся жиров» — греч.), у «неполярный» — «липофильный», «лиофобный» и «гидрофобный» («любящий жиры» и «боящийся воды»). Эти термины отражают сродство веществ с полярными или неполярными средами. До некоторого времени полярность органических веществ оценивали лишь качественно по их способности растворяться в воде. Полярные вещества легко растворяются в воде, неполярные — плохо или вовсе не растворяются в ней. Такой подход не позволяет провести количественную оценку полярности.

Возможность количественной оценки степени полярности химических соединений появилась в 1951 г. после публикации фундаментальной статьи финско-шведского ботаника и химика Рунара Колландера о способности органических соединений распределяться в зависимости от их свойств между двумя несмешивающимися жидкостями с различной полярностью, в частности с октанолом и водой. Вода, естественно, представляет в этой системе полярную фазу. Коэффициент распределения рассчитывается по формуле:

$$\text{Log } P_{ow} = \text{Log } \frac{C_o}{C_w},$$

где C_o — концентрация вещества в органической фазе;
 C_w — концентрация вещества в водной фазе.

Коэффициент распределения ($\text{Log } P_{ow}$) органического вещества в системе октанол/вода представляет собой аддитивную количественную характеристику степени его полярности. Микотоксины на рисунке 1 распределены по оси абсцисс в соответствии с их значениями $\text{Log } P_{ow}$. Органические соединения по степени полярности можно для удобства восприятия условно разделить на три категории: полярные ($\text{Log } P_{ow} < 1$), умеренно полярные ($\text{Log } P_{ow} = 1–3$) и неполярные вещества ($\text{Log } P_{ow} > 3$). Показатель $\text{Log } P_{ow} = 3$ означает, что данное вещество в 10^3 , или в 1000 раз, лучше растворяется в октиловом

спирте либо в имитируемом им липидном окружении, чем в воде. Установлено, что все вещества со значениями $\text{Log } P_{ow} > 3$ проявляют способность к биоаккумуляции, то есть к постепенному накоплению в жировой ткани.

Производитель известной серии адсорбентов микотоксинов на основе стенок дрожжевых клеток Микосорб — американская компания Alltech Inc. в рамках выполнения программы «Alltech's 37+» предлагает определение большего числа микотоксинов — 37. Эта выборка (37+) в виде гистограммы выглядит более репрезентативно по сравнению с выборкой, показанной на рисунке 1 (рис. 2).

Простое сравнение показывает, что в выборке, представленной на рисунке 2, неполярных микотоксинов намного больше, чем на рисунке 1. По результатам, полученным в рамках выполнения данной программы, сотрудниками компании Alltech отмечено, что более 95% всех протестированных образцов зерна заражены микотоксинами, а в 75% из них обнаружены минимум три токсина. Очевидно, что по мере увеличения числа определяемых микотоксинов степень загрязнения кормов будет повышаться.

В приложении указания по применению (Application Note) №720004961EN AG-PDF от известного производителя приборов и материалов для ВЭЖХ компании Waters сообщается о разработке эффективного метода определения 33 микотоксинов в образцах кормов для сельскохозяйственных животных (рис. 3). В этой работе авторы оценивали уровень и «новых», или «появляющихся», токсинов (emerging mycotoxins), которые давно известны, но на них ранее не обращали особого внимания. В данной выборке содержится еще больше неполярных микотоксинов, чем в «Alltech's 37+». В этой выборке имеются уже четыре представителя ионофорных антибиотиков энниатинов и боверицинов (группа в диапазоне 6,4–8,5). Примечательно, что если из «старых» микотоксинов ДОН, фумонизины В1 и В2, зеараленон и охратоксин А присутствуют в 5–7 образцах из 12 изученных, то из «новых» — энниатины А, А1, В и В1 и боверицины обнаружены в 10 образцах.

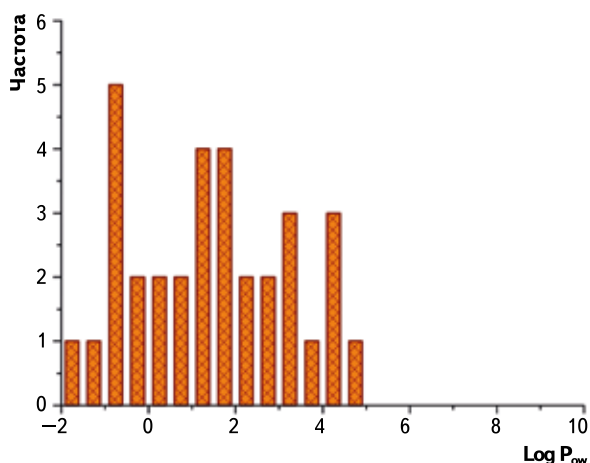


Рис. 2. Распределение полярности 37 микотоксинов из программы «Alltech's 37+»

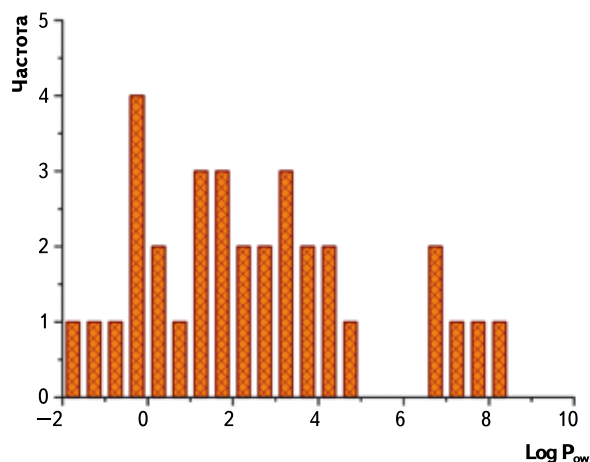


Рис. 3. Распределение полярности 33 микотоксинов из приложения №720004961EN AG-PDF (Waters Corp., США)

Американская фирма Phenomenex Inc., которая выпускает носители и колонки для жидкостной и газовой хроматографии, в техническом приложении №20027 «iMethod™ Food — Multi-Class Screening of 243 Mycotoxins by LC/MS/MS» на своем сайте опубликовала данные о возможности оценки в продуктах питания 243 микотоксинов при использовании жидкостной хроматографии с масс-спектрометрической детекцией. В этой публикации также были приведены значения $\text{Log } P_{ow}$ для большинства определяемых микотоксинов. На рисунке 4 представлен «профиль полярности» этих микотоксинов ($n = 204$) в диапазоне $-2 < \text{Log } P_{ow} < 10$. На долю полярных микотоксинов ($-2 < \text{Log } P_{ow} < 1$) приходится до 22% данной выборки, около 37% умеренно полярных соединений ($1 < \text{Log } P_{ow} < 3$) и около 41% неполярных микотоксинов ($\text{Log } P_{ow} > 3$). Из этого следует, что более 70% микотоксинов не могут быть удалены из корма с помощью современных сорбентов.

Кроме микотоксинов, в кормах определяются еще два повсеместно распространенных загрязнителя: полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и стойкие органические загрязнители (СОЗ). Полициклические аро-

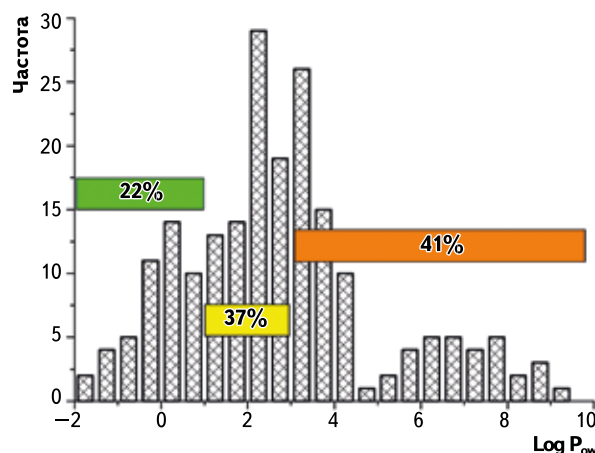


Рис. 4. Распределение 243 микотоксинов по полярности (Phenomenex Inc., США)

матические углеводороды, самый известный из которых бензпирен, имеют как естественное (природные пожары, извержения вулканов, каменный уголь, нефть, битумы), так и искусственное происхождение (бытовые пожары, технологические процессы, сжигание мусора, транспорт, приготовление пищи и т. д.). Стойкие органические загрязнители (ДДТ, диоксин и др.) появились в окружающей среде исключительно в результате деятельности человека. По мнению специалистов, ПАУ и СОЗ, способные к возгонке и трансграничному переносу с пылевыми частицами, загрязняют корма не в меньшей, а иногда и в большей степени, чем микотоксины.

ПАУ представляют собой обширную группу ароматических соединений углеводородной природы, построенных из двух и более шестичленных бензольных циклов. Все полициклические ароматические углеводороды по массе высоко липофильные вещества со значениями $\text{Log } P_{ow} > 3$ и обладают способностью к биоаккумуляции, включению в пищевые цепи и биомагнификации.

Представители полициклических ароматических углеводородов ($n = 42$), ограниченные выборкой от нафталина ($\text{Log } P_{ow} = 3,35$) до 7-ядерных ПАУ, отличаются более высокой липофильностью от микотоксинов (рис. 5).

При попадании в организм животных многие ПАУ способны инициировать опухолевые процессы. Но даже если исключить вероятность возникновения злокачественных новообразований у молодняка животных, нельзя не учитывать другие отрицательные последствия загрязнения кормов полициклическими ароматическими углеводородами, которые выражаются в снижении аппетита, ухудшении конверсии корма и приводят к разбалансированию иммунной и эндокринной систем. Кроме того, многие ПАУ обладают мутагенными и тератогенными функциями, что может отрицательно сказываться на выводимости и качестве потомства.

К стойким органическим загрязнителям относятся синтетические органические соединения, имеющие в своей структуре большое количество атомов хлора или брома. Все они были синтезированы в химических лабораториях и

долгое время широко применялись в качестве диэлектрических жидкостей в конденсаторах и трансформаторах, пламегасителей, фунгицидов, инсектицидов, гербицидов и консервантов древесины, др. Некоторые из них были обнаружены намного позже первых представителей этой группы в виде незначительных примесей в целевых продуктах производства. Но оказалось, что вклад этих примесей в биологическую активность СОЗ намного превосходит сами целевые продукты. Это относится к полихлорированным дибензодиоксидам (ПХДД), дибензофуранам (ПХДФ) и некоторым полихлорированным бифенилам (ПХБ).

На рисунке 6 продемонстрирован профиль полярности некоторых распространенных СОЗ. Представители данной выборки ($n = 48$) по значениям коэффициента распределения мало отличаются от выборки представителей ПАУ, и так же значительно превосходят по липофильности микотоксины.

В советское время СОЗ выпускались в огромных количествах, широко применялись в промышленности и сельском хозяйстве. Объемы производства этих соединений поддерживались на уровне десятков тысяч тонн почти 40 лет с начала 30-х годов прошлого века до тех пор, пока не стало ясно, что выгоды от их использования намного меньше, чем вреда, который СОЗ наносят окружающей среде и здоровью человека. В одной из республик с 1939 по 1993 гг. было произведено почти 189 тыс. т ПХБ. Печально известный инсектицид ДДТ также производился и применялся в сельском хозяйстве в количестве многих десятков тысяч тонн.

За это время выяснилось, что стойкие органические загрязнители накапливаются в жировой ткани, угнетают иммунную систему, приводят к патологиям системы кроветворения и эндокринной системы, нарушают работу печени и репродуктивную функцию, повышают риск развития рака. Некоторые из них, например диоксин, обладают тератогенными свойствами и особенно опасны для эмбрионов и молодняка.

Теперь стоит вернуться к оценке качества загрязненности кормов. Как упоминалось, при измерении в кормах

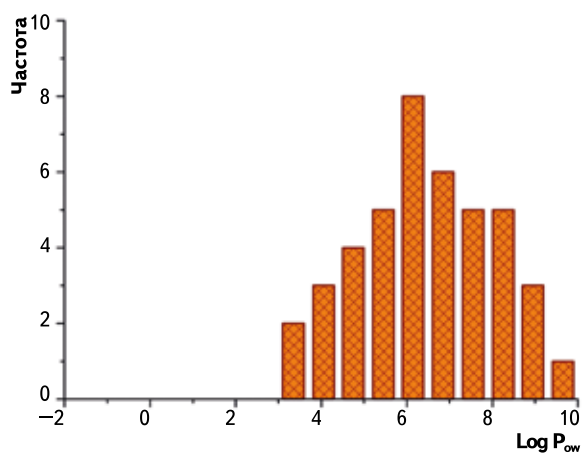


Рис. 5. Распределение ПАУ по полярности

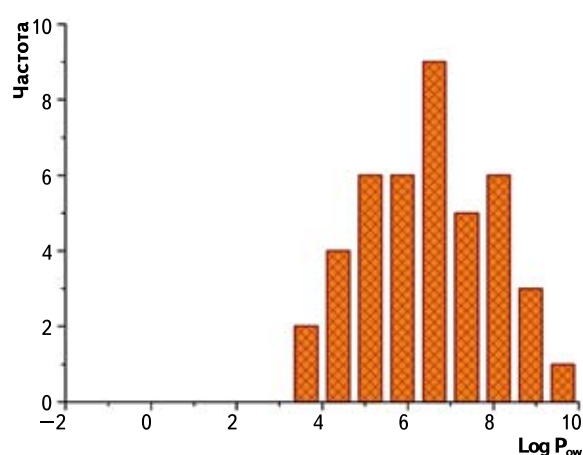


Рис. 6. Распределение СОЗ по полярности

от 6 до 14 различных микотоксинов делается вывод о загрязнении 20–30% всех образцов корма; при оценке содержания 33 микотоксинов (метод компании Waters Corp.) — от 30 до 85% образцов; при анализе 37 микотоксинов («Alltech's 37+») уровень загрязнения достигает 95%. Можно представить, какой процент кормов окажется загрязненным при оценке содержания в них хотя бы 200 различных микотоксинов, по 20–30 разных ПАУ и СОЗ, — суммарное превышение МДУ во много раз гарантированно.

Известно, что концентрация СОЗ в жировой ткани из-за биоаккумуляции увеличивается с возрастом человека. По данным Агентства по защите окружающей среды США, большинство стойких органических загрязнителей в количестве до 90% поступают в организм человека с продуктами животноводства. Причем на инсектицид ДДТ и его метаболиты приходится более 30% всех поступающих СОЗ. Это означает, что защита сельскохозяйственных животных от микотоксинов, ПАУ и СОЗ, загрязняющих корма, представляется весьма настоятельной и актуальной задачей: «Ты есть то, что ты ешь». Но современные адсорбенты не способны эффективно удалять даже неполярные микотоксины, что уж говорить о еще более неполярных ПАУ и СОЗ.

Специально для удаления неполярных микотоксинов, а также ПАУ и СОЗ из кормов и желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных был разработан новый отечественный сорбент. Он выпускается под торговой маркой «Алвисорб®» и представляет собой неполяр-

Более подробную информацию о токсинах и кормовой добавке Алвисорб можно найти на сайте производителя:

www.fox-rpc.com

ООО НПЦ «Фокс и Ко»

117149, Москва, Симферопольский бульвар, 8

Тел./факс: +499 317 20 37

e-mail: company@fox-rpc.com

ный синтетический обращенно-фазовый полисиликатный сорбент с ковалентно присоединенной к силикатной матрице октильной (С8) фазой щеточного типа (полиоктированный полисиликат). Данный сорбент прошел апробацию в животноводческих комплексах и подтвердил свою высокую эффективность. В терапевтических дозировках он способен эффективно и с высокой емкостью адсорбировать все микотоксины в диапазоне полярности $2 < \text{Log } P_{ow} < 10$ (более 80%), а также все ПАУ и все СОЗ. При этом, благодаря неполярной природе сорбента, прочность связывания сорбата на нем прямо пропорциональна степени липофильности сорбата ($\text{Log } P_{ow}$), что известно из теории и практики обращенно-фазовой жидкостной хроматографии. Для более полного удаления всех микотоксинов, присутствующих в кормах, целесообразно совместное применение кормовой добавки Алвисорб с хорошо зарекомендовавшими себя на практике полярными сорбентами полярных микотоксинов. ■