

Новинки микотоксикологии

# АЛКАЛОИДЫ СПОРЫНЬИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ОТРАВЛЕНИЙ

**Олег ТРУФАНОВ**, к. б. н., Институт птицеводства УААН

**Виталий ЛОХОВ**, генеральный директор

ООО «Биомин-Украина»

**Инеш РОДРИГЕС**, д. б. н., «Биомин» Гмбх, Австрия

## КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Отравление людей алкалоидами спорыньи – эрготизм – было достаточно распространенным явлением в средневековой Европе, о чем свидетельствуют многочисленные упоминания в хрониках того времени (рис. 1). Вплоть до начала XIX века отравления спорыньей носили массовый характер. Максимальная смертность наблюдалась как в годы с дождливой погодой, благоприятной для роста грибов, так и в периоды засухи и неурожая, когда в пищу употребляли даже очень сильно по-



Рис. 1. **Огонь святого Антония.**  
Репродукция: H von Gersdorf, *Feldbuch der Wundtartzney*, Frankfurt: 1551.  
Источник: Daphne Gloag. Contamination of food: mycotoxins and metals // *British medical journal* - 1981. – Vol. 282

**Закрутки, чертовы рожки, проклятый куколь, петушиные шпоры – все это названия спорыньи. Не менее «поэтичны» названия отравлений алкалоидами гриба: злые корчи, огонь святого Антония, пляска святого Витта, эрготизм, конвульсии, гангрена. Английское слово «ergot» происходит от французского «argot», которое переводится как «петушиная шпора» (Van Dongen a. De Groot, 1995), а английское «spur» (шпора) также является ботаническим термином, обозначающим спорынью.**

**Алкалоиды спорыньи – это микотоксины, продуцируемые грибами рода *Claviceps*, типичным представителем которого является вид *S. purpurea* (спорынья пурпурная), паразитирующий на колосьях злаков в период цветения.**

раженные рожь и пшеницу. История эрготизма в Европе и России достаточно подробно изучена и описана в работах Саркисова и Matossian, поэтому в данном обзоре целесообразно упомянуть лишь о случаях поражения ржи спорыньей и отравлениях людей в Украине, сведения о которых содержатся в архивных документах (К. Диса, 2008).

В средние века в Украине существовало поверье, будто бы ведьмы и колдуны портят урожай, делая «закрутки» на колосьях. Крестьяне также знали, что тот, кто осмелится собрать зерно с «околдованного» поля, обречен на скорую гибель. Понимание опасности употребления в пищу «закруток» (рожков спорыньи) является весьма прогрессивным для того времени.

Одно из первых упоминаний о заражении злаков спорыньей в Украине датируется 1627 г., когда некто Ясько Кошин подал в суд на своего соседа Юхима Любичанина, который, якобы, различными способами пытался околдовать его, в том числе делал «закрутки» на колосьях ржи. В 1765 г. житель с. Го-

дуновки Алексей Литвин обнаружил «закрутки» на ржи на своем поле. Испугавшись проклятия, он хотел было отказаться от уборки урожая, но, во избежание голодной смерти своей семьи, решил обратиться за помощью к жительнице соседнего села Мотре, которую считали специалистом по «раскручиванию» «закруток». Однако умение Мотри оказалось неэффективным. Отведав свежееиспеченного ржаного хлеба, родственники Алексея заболели, а дети погибли.

В 1785 г. большое количество закруток было обнаружено на полях в с. Готуровка. Крестьяне не отважились собрать «заколдованный» урожай, но два жителя села все же попытались вручную очистить колосья от «закруток», после чего рожь собрали. Все, кто ели хлеб из этой ржи, заболели и вскоре умерли.

Что касается отравлений животных в средневековой Украине, то прямые указания о связи употребления пораженного склероциями корма с какими-либо недугами пока не найдены. Причиной этого может быть преимущественное ис-

пользование зерна ржи и других злаков в пищу, а не в корм животным. Однако зарегистрировано большое количество случаев внезапного прекращения лактации у коров, причиной которого, как и в случаях с появлением «закруток» на колосьях, считали колдовство. Сейчас известно, что при отравлениях алкалоидами спорыньи изменяется состав молока и снижается уровень лактации вплоть до полного прекращения.

### СПОРЫНЬЯ ПУРПУРНАЯ. БОТАНИЧЕСКАЯ СПРАВКА

#### Систематическое положение спорыньи:

**Класс Аскомицеты (Ascomycetes)**

**Подкласс Эуаскомицеты (Euascomycetidae)**

**Группа порядков пиреномицеты**

**Порядок спорыньевые, или клавицепсовые (Clavicipitaceae)**

**Семейство спорыньевые (Clavicipitales)**

**Род клавицепс, или спорынья**

**Вид спорынья пурпурная (Claviceps purpurea)**

Спорынья распространена повсеместно, а предпочтения к видам-хозяевам обусловлены климатическими условиями (Craig a. Hignight, 1991). Наиболее удобными видами-хозяевами для спорыньи являются виды, у которых цветки колосьев открыты (рожь, тритикале, дикие

злаки), но пшеница и другие злаки, имеющие мелкое зерно, также являются потенциальными хозяевами (Lorenz, 1979; Kobel a. Sanglier, 1986; Rehacek a. Sajdl, 1990; Flieger et al., 1997).

В соцветиях пораженных растений вместо зерен можно заметить образования темно-фиолетового или черного цвета, называемые склероциями или рожками, которые представляют собой зимующую стадию гриба (рис. 2).

Склероции зимуют на земле в поле, куда они осыпаются при созревании зерна, или в зернохранилищах вместе с собранным урожаем. Размеры зрелых склероций варьируют от нескольких мм до 4 см, а масса от 3-5 до 25 г (в пересчете на 100 склероций) в зависимости от вида растения-хозяина (Kamphues a. Drochner, 1991; Meyer, 1999). В состав склероций входят жирные кислоты (до 40%), сахара трегалоза и глюкоза (3-4%) и многоатомные спирты (1%) (Komarova a. Tolkachev, 2001).

Весной, когда температура воздуха достигает 10-20°C, склероции начинают прорастать. Из трещин в корке склероций вырастают стромы, имеющие вид шарообразных головок красноватого цвета на ножках. В головках образуются перитеции с сумками (асками), содержащими аскоспоры. После созревания аскоспор сумки выбрасываются из перитециев и разносятся ветром. По-

падая на неопыленные семязачатки, аскоспоры *Claviceps* прорастают, образуя сфацелии или склероции. Опыленные цветки устойчивы к заражению. Сфацелия – это конидиальная стадия гриба, которая представляет собой плотное сплетение мицелиальных нитей, покрытых слоем конидиеносцев, образующих конидии. Растение выделяет сахаристый сок – «медвяную росу», которая привлекает насекомых, переносящих конидии спорыньи на здоровые растения. После высыхания медвяной росы конидии переносятся ветром. На участках поля, не защищенного от ветра, заражение спорыньей обычно выше в несколько раз.

### АЛКАЛОИДЫ СПОРЫНЬИ И ИХ ТОКСИЧНОСТЬ

Алкалоиды спорыньи являются производными тетрациклического соединения 6-метилэрголоина. Эрголиновый остов придает молекулам алкалоидов спорыньи структурное сходство с биогенными аминами – эпинефрином, норэпинефрином, дофамином и серотонином. Благодаря этому сходству алкалоиды спорыньи могут взаимодействовать с рецепторами к различным первичным мессенджерам (Berdre a. Sturmer, 1978).

Существует несколько классификаций алкалоидов, содержащихся в склероциях спорыньи. В таблице



Рис. 2. Склероции спорыньи на различных видах злаков

сопоставлены три основные системы, в соответствии с которыми различают 3 группы алкалоидов и несколько подгрупп: группа А – клавиновые алкалоиды, группа В – простые и полипептидные амиды лизергиновой кислоты (эргопептины), и третья группа, не получившая буквенного обозначения – лактамы алкалоидов спорыньи. Производные лизергиновой кислоты имеют окончание -ин, а изолизергиновой кислоты – инин (табл. 1).

В целом, механизмы токсического и фармакологического действия алкалоидов спорыньи и их полусинтетических производных очень сложны и разнообразны. Алкалоиды спорыньи могут оказывать агонистическое, частичное агонистическое или антагонистическое действие на  $\alpha$ -андренорецепторы и серотониновые рецепторы, а также агонистическое или частичное агонистическое действие на дофаминовые рецепторы ЦНС (табл. 2).

Концентрация алкалоидов варьирует от 0,01 до 0,5% по весу (Lorenz, 1979; Schoch a. Schlatter, 1985; Wolff, 1989), а качественный состав зависит от особенностей штамма-производителя и условий географического региона, в котором произрастает растение-хозяин. Хотя грибы являются основным источником алкалоидов, способность к их синтезу присуща некоторым видам растений, в частности ипомеи (Wilkinson et al., 1987). Еще один значимый источник алкалоидов спорыньи – травы, пораженные эндофитами, напри-

мер, овсяница (син. типчак, англ. tall fescue, *Festuca arundinacea*), инфицированная *Acremonium coenophialum* или *Claviceps spp.* (Powell a. Petroski, 1992).

На медвяной росе и на зрелых склероциях спорыньи могут паразитировать другие токсигенные грибы. В результате заражения *Fusarium heterosporum* Nees ex Fr. склероции могут содержать ряд опасных трихотеценовых микотоксинов, в том числе Т-2 токсин и НТ-2 токсин (Cole et al., 1981).

У сельскохозяйственных животных, также как и у человека, возможны две формы эрготизма – гангренозная и конвульсивная (Robbins et al., 1985; Raisbeck et al., 1991). Наиболее чувствителен к действию алкалоидов спорыньи крупный рогатый скот, в меньшей степени – овцы и лошади. Отравления сопровождаются хромотой, гангреной, агалактией (отсутствием молока), снижением привесов, абортными, атаксией, конвульсиями и, у овец, воспалением слизистой кишечника. Описаны три синдрома отравления алкалоидами спорыньи КРС, в рацион которого входит овсяница – типчаковая нога (англ. fescue foot), летняя слабость (англ. summer slump) и жировой некроз (англ. fat necrosis) (Robbins, 1985).

У птиц эрготизм проявляется энтеритами, уменьшением потребления корма и задержкой роста, а также некрозами клюва, гребня и пальцев.

Спонтанные случаи эрготизма у

леггорнов (везикулярный дерматит, англ. sod disease) характеризуются сосудосуживающими процессами и образованиями на гребне и сережках, голове и глазных веках, соединяющихся, наполненных жидкостью, пузырьками, которые в конечном итоге превращаются в струпья. Гребни и сережки атрофируются и становятся бесформенными. Пузырьки развиваются также в области голени и на кончиках и боковых поверхностях пальцев, лопаются и превращаются в язвы. Поражения на конечностях более выражены у леггорнов, тяжелых пород и пород с мелким гребнем. Описан случай, когда эрготизм не затронул цыплят в возрасте до 6 недель, в то время как у старшего поголовья обнаруживалась сильная задержка роста и смертность 25%. У несушек эрготизм отрицательно сказывается на поедаемости корма и яйценоскости (Perek, 1958). Включение сорго, пораженного *Claviceps africana*, в рацион цыплят-бройлеров приводит к снижению прироста живой массы, повышению конверсии корма и, в некоторых случаях, увеличению относительной массы печени (Bailey et al., 1999).

У мускусных уток, которым скармливали отходы пшеницы, содержащей 1,17% спорыньи, проявлялась апатия, понос, отказ от корма и воды. Большинство утят моложе 12-недельного возраста пали, старшая птица оказалась устойчивой. При вскрытии обнаруживали застойную гиперемия печени и почек (Swarbrick, Swarbrick, 1968).

В экспериментальных условиях пшеница, содержащая спорынью, вызвала у цыплят-бройлеров и леггорнов ухудшение поедаемости корма и задержку роста, однако другие неблагоприятные последствия, включая смертность, были непостоянными (Rotter et al., 1985a; 1985b; 1985c). Бройлеры оказались более чувствительными, чем леггорны.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Результаты анализов содержания микотоксинов в зерне в период с 1982 по 1986 год в Германии показали значительное загрязнение склероциями спорыньи (Bauer, 1988). В целом, за последние 10 лет отмечено возрастание пораженности злаков *S. purpurea*. Это

Таблица 1. Классификация алкалоидов, содержащихся в склероциях спорыньи

Группы		Представители
Группа А	Клавиновые алкалоиды	
Группа В	Простые амиды ЛК	Группа эргобазина (или эргометрина)
		Группа эрготамина
	Полипептидные амиды ЛК (эргопептины)	Группа эрготоксина
Лактамы алкалоидов спорыньи		
		Эргокристам

Таблица 2. Действие алкалоидов спорыньи на некоторые группы мышц и нервную систему

Мишень	Действие
Центральная нервная система	Галлюциногенное, супрессия секреции пролактина (бромкриптин и перголид)
Гладкие мышцы сосудов	Вазоконстрикция
Гладкие мышцы матки	В низких дозах – ритмичные сокращения, в высоких – сильные продолжительные сокращения
Гладкие мышцы ЖКТ	Тошнота, рвота, диарея

явление связывают с более частым использованием высокоурожайных гибридов ржи, в особенности многолетней ржи (Amelung, 1999; Engelke, 2002). Современные технологии послеуборочной обработки зерна позволяют удалить до 82% склероций (Posner a. Hibbs, 1997). Очистка становится все менее эффективной в связи с разрушением крупных склероций до более мелких фрагментов при транспортировке; в сухое лето размеры склероций не превышают размеров зерен (Lauber et al., 2005). Об аналогичной ситуации сообщают белорусские исследователи: «...Особое беспокойство вызывает наличие спорыньи в партиях зернофуража (прежде всего, ржи). В последние годы биология проявления этого микозного поражения изменилась. Рожки спорыньи уменьшились в размерах, практически сравнялись с зерном и в результате неудовлетворительно отделяются на ситах зерноочистительных машин. Исследования, проведенные на ряде элеваторов комбикормовых предприятий, показали, что эффективность очистки ржи от этой примеси не превышала 23%» (Хоченков и др., 2000).

Алкалоиды спорыньи часто обнаруживают в зерне злаков и зернопродуктах в Швейцарии, Канаде, Дании и Германии; максимальная концентрация была обнаружена в ржаной муке в Германии – 7255 мг/кг (!!!) (Scott a. Lawrence, 1980; Lombaert et al., 2003; European Food Safety Authority (EFSA), 2005; Dusemund et al., 2006).

Проведенные в 2009 году в Германии исследования 39 образцов ржаной муки показали наличие алкалоидов спорыньи, главным образом эргокрестина и эрготамина. В муке мелкого помола эти микотоксины были обнаружены в средних концентрациях 127 и 134 мкг/кг, а в муке грубого помола – 153 и 118 мкг/кг соответственно (Müller et al., 2009).

Зарегистрирован случай контаминации алкалоидами спорыньи сорго вследствие заражения *S. africana* (Bandyopadhyay et al., 1998). Сорго (*Sorghum bicolor*) является важной пищевой и кормовой культурой в странах Африки, Центральной Америки и Южной Азии. *S. africana* продуцирует главным образом дигидроэргозин и в меньшей степени дигидроэлимоклавин и фестуклавин.

## МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ ОТРАВЛЕНИЙ

Одно из первых упоминаний о применении глинистых минералов при отравлениях микотоксинами встречается в хронике бургундского монаха Рауля Лысого (Глабера), датированной 1032 годом, в котором наблюдалось массовое отравление крестьян хлебом, загрязненным спорыньей (Рауль Глабер. «Пять книг историй своего времени»).

Погода в тот год была необычайно дождливая: «...В погоде наступило такое безвременье, что нельзя было найти дней, подходящих для посева или удобных для уборки хлеба, вследствие того, что поля были залиты водой... Непрерывными дождями вся земля была залита до того, что в течение трех лет нельзя было найти борозды, годной для посева...». Это способствовало заражению злаков спорыньей: «...ко времени жатвы сорные травы и проклятый куколь покрыли поверхность всех полей. Мера семян, где они хорошо всходили, давала секстарий, а с секстарию получалась едва горсть...». «Тогда в этих местах стали пробовать то, о чем раньше никто никогда и не слыхивал. Многие вырывали белую землю, вроде глины, и из этой смеси пекли себе хлебы, чтобы хоть так спастись от голодной смерти» («Средневековые в его памятниках», М, 1913, стр. 231-233).

Итак, еще в средние века крестьяне подмешивали в муку белую глину. Белая глина представляет собой смесь слоистых силикатов, называемых также филлосиликатами, от греческого филлос – лист, пластина, слой (Васильев, Гончарук, 1992). Слоистая структура обуславливает высокую площадь поверхности связывания различных молекул. Среди менее полимеризованных форм силикатов различают мономерную (ортосиликаты), цепочечную (пироксены) и с двойной цепочкой (амфиболы).

Слоистые силикаты построены из слоев атомов в тетраэдрической и октаэдрической координации. Разнообразие филлосиликатов является следствием различного расположения ионов в тетраэдрической и октаэдрической сетках.

В зависимости от расположения сеток слои филлосиликатов бывают двух типов – 1:1 и 2:1.

Минералы с типом слоя 1:1 относятся к серпентин-каолиновой

группе. В минералах этой группы структурные сетки расположены таким образом, что верхняя (апикальная) часть одного тетраэдрического слоя контактирует с октаэдрическим, а тот, в свою очередь, с нижней (базальной) частью следующего тетраэдрического слоя. Водородные связи, возникающие между слоями, настолько сильны, что не позволяют проникать в межслоевые позиции даже молекулам воды и катионам металлов, не говоря уже о более крупных молекулах.

Структура 2:1 представляет собой два тетраэдрических слоя, направленных друг к другу апикальными поверхностями, между которыми заключен октаэдрический слой. Эти трехслойные структуры обращены друг к другу базальными поверхностями тетраэдрических слоев, связи между которыми гораздо слабее, чем между тетраэдрическим и октаэдрическим слоями в структуре 1:1. Структуру 2:1 имеют три группы глинистых минералов – иллиты (слюды), хлориты и смектиты – отличающиеся по катионообменной активности межслоевых пространств. Иллиты и хлориты характеризуются относительно низкой катионообменной активностью. Межслоевое пространство иллитов заполнено негидратированными одновалентными катионами, чаще всего  $K^+$ , которые, образуя ионные связи с базальными атомами кислорода, достаточно прочно связывают соседние слои. Межслоевой материал хлоритов представлен слоем гидроксидов, которые участвуют в образовании относительно устойчивых водородных связей.

В тетраэдрических слоях смектитов количество атомов  $Si^{4+}$ , замещенных  $Al^{3+}$ , в три раза меньше, чем в структуре иллитов, что обуславливает неспособность эффективно связывать межpacketные катионы. Поскольку структуры 2:1 смектитов связаны между собой непрочно, вода и растворенные в ней вещества могут беспрепятственно проникать в межслоевое пространство, что приводит к набуханию минералов. Среди всех групп глинистых минералов смектиты имеют наибольшую емкость катионного обмена.

Бентониты – это слоистые глинистые минералы, относящиеся к группе смектитов, образующиеся при разрушении вулканического пепла. Бентониты характеризуются

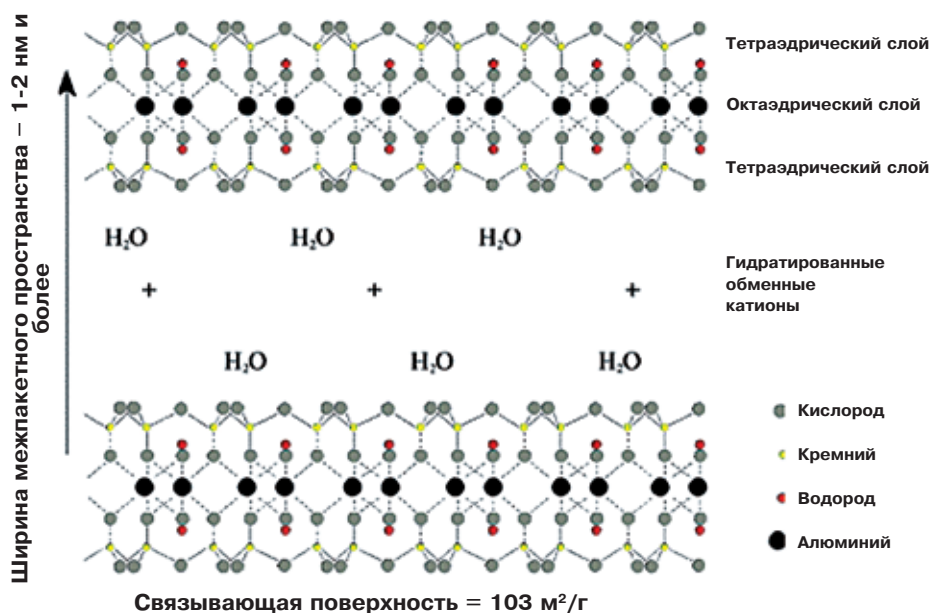


Рис. 3. Строение оргобентонитов на основе монтмориллонита

высоким содержанием монтмориллонитов (70%). Эти минералы способны адсорбировать органические вещества как своей внешней поверхностью, так и поверхностями внутренних межпластинчатых пространств (рис. 3). В основе механизма сорбции кроме непосредственного связывания лежит также катионообменный механизм, при котором микотоксины занимают место ионов металлов в межслоевых позициях, что повышает объем внутренних полостей и, следовательно, сорбционную активность минералов (такие глины называют

набухающими или разбухающими). Считают, что бентониты более эффективно связывают микотоксины по сравнению с другими глинистыми минералами (Vekiru et al., 2007). Однако структура бентонитов отличается большим разнообразием. Катионный состав межслоевых позиций сильно варьирует в зависимости от химического состава почвы и геологических пород той местности, в которой добывают бентониты. Поэтому, даже после химической обработки далеко не все бентониты имеют требуемые физические параметры, в том чис-

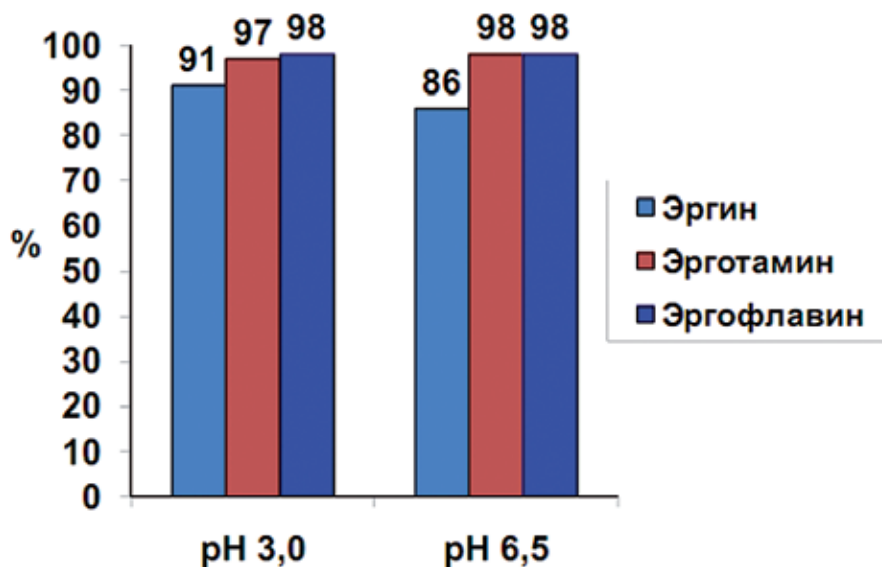


Рис. 4. Эффективность адсорбции алкалоидов спорыньи монтмориллонитом, входящим в состав препарата Микофикс® Плюс (%)

ле и способность связывать микотоксины.

Основываясь на результатах успешных испытаний сорбции микотоксинов in vitro, специалистами австрийской компании Биомин были отобраны наиболее эффективные из известных сегодня бентонитов. На основе этих уникальных минералов была создана линия продуктов Микофикс, которые обеспечивают эффективную защиту животных от микотоксинов, загрязняющих корма и кормовые субстраты.

Новейшая разработка из серии продуктов Микофикс – Микофикс® Плюс – это комплексный препарат на основе монтмориллонита, отличающегося грандиозной адсорбционной активностью в отношении алкалоидов спорыньи, афлатоксинов и фузонизинов. Название монтмориллонит происходит от названия местности Монморийон (фр. Montmorillon) во французском департаменте Вьенна. Этот минерал имеет огромную удельную поверхность (до 600-800 м²/г), в межпластинчатое пространство легко проникают ионы, что обуславливает значительную ёмкость катионного обмена (80-150 мг экв/100 г).

Монтмориллонит обладает огромной связывающей способностью (119 мг афлатоксина В<sub>1</sub> на 1 г сорбента) и феноменально высокой аффинностью к афлатоксину В<sub>1</sub>. Этот минерал способен связать 91, 97 и 98% эргина, эрготамина и эргофлавина при рН 3.0 и 86, 98 и 98% этих же алкалоидов при рН 6.5 (рис. 4). Что касается фузонизинов, то препарат Микофикс® Плюс может связать более 90% этих опасных микотоксинов даже в такой сложной гетерогенной среде, как среда желудочно-кишечного тракта.

Антитоксическое действие монтмориллонита усиливается входящими в состав препарата уникальными компонентами – микроорганизмами, ферментами, комплексом фикофитиновых веществ и экстрактом чертополоха молочного. Микроорганизмы, а также вырабатываемые ими ферменты, эффективно разрушают микотоксины, не адсорбированные монтмориллонитом. Компоненты фикофитинового комплекса, выделенные из морских водорослей, оказывают иммуностимулирующее действие, повышая резистентность

организма к инфекционным заболеваниям, которые сопровождаются микотоксикозы. Вещество силимарин, входящее в состав экстракта чертополоха молочного, является одним из наиболее эффективных гепатопротекторов.

## ЛИТЕРАТУРА.

- Van Dongen PWJ, De Groot ANJA. 1995. History of ergot alkaloids from ergotism to ergometrine. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 60:109–116.
- Саркисов А. Х. Микотоксикозы: [[грибковые отравления]] / А. Х. Саркисов. – Москва : Гос. изд. с.-х. литературы, 1954. – 216 с.
- Matossian M.K. Poisons of the Past: Molds, Epidemics and History. New Heaven: Yale University Press, 1989. Pp. xiv, 190.
- Диса К. Історія з відьмами. Суди про чари в українських воеводствах Речі Посполитої XVII–XVIII століття / К. Диса // Часопис «Критика», Київ, 2008. – 304 с.
- Craig J, Hignight KW. 1991. Control of ergot in buffelgrass with triadimefon. *Plant Dis.* 75:627–629.
- Lorenz K. 1979. Ergot on cereal grains. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr.* 11:311–354.
- Kobel H, Sanglier J–J. 1986. Biotechnology. Weinheim (Germany): VCH Verlagsgesellschaft. Volume 4, Ergot alkaloids; p. 569–609.
- Rehacek Z, Sajdl P. 1990. Ergot alkaloids – chemistry, biological effects, biotechnology. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier.
- Flieger M, Wurst M, Shelby R. 1997. Ergot alkaloids – sources, structures and analytical methods. *Folia Microbiol.* 42:3–30.
- Kamphues J, Drochner W. 1991. Mutterkorn in futtermitteln – ein beitrag zur kla. rung mo. glicher mutterkornbedingter schadensfa. lle. *Tiera. rztliche Praxis.* 19:1–7.
- Meyer A. 1999. Mutterkorn in der ration. *Hannoversche Land- und forstwirtschaft. Zeitung.* 28:32–33.
- Komarova EL, Tolkachev ON. 2001. The chemistry of peptide alkaloids. Part 1. Classification and chemistry of ergot peptides. *Pharmaceut Chem J.* 35:504–513.
- Berdre, Sturmer, 1978.
- Schoch U, Schlatter C. 1985. Gesundheitsrisiken durch mutterkorn in getreide. *Mitt Gebiete Lebensm Hyg.* 76:631–644.
- Wolff J. 1989. Chemische Untersuchungen an Mutterkorn. *Getreide Mehl Brot.* 43:103–108.
- Wilkinson RE, Hardcastle WS, McCormick CS. 1987. Psychotomimetic ergot alkaloid contents of seed from *Calonyction muricatum*, *Jacquemontia tamnifolia*, *Quamoclit lobata*, and *Q. sloteri*. *Botanic Gaz.* 149:107–109.
- Powell RG, Petroski RJ. 1992. Alkaloid toxins in endophyteinfected grasses. *Natural Tox.* 1:163–170.
- The isolation and identification of several trichothecene mycotoxins from *Fusarium heterosporum* / RJ Cole, JW Dorner, RH Cox et al. // *J Nat Prod.* 1981;44(3):324–30.
- Robbins J.E., Porter J.K., Bacon C.W. 1985. Occurrence and clinical manifestation of ergot and fescue toxicose. In: *Diagnosis of Mycotoxicoses* (J.L. Richard and J.R. Thurston, eds). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 61–74.
- Raisbeck M.F., Rottinghaus G.E., Kendall J.D. 1991. Effect of naturally occurring mycotoxins on ruminants. In: *Mycotoxins and Animal Foods* (J.E. Smith and R.S. Henderson, eds). CRC Press, Boca Raton, pp. 647–677.
- Perek M. Ergot and ergot-like fungi as the cause of vesicular dermatitis (sod disease) in chickens // *J. Am. Vet. Med. Assoc.*–1958.– V. 132.– P.529–533.
- Evaluation of Sorghum Ergot Toxicity in Broilers / C. A. BAILEY, J. J. FAZZINO, JR. M. S. ZIEHR, M. SATTAR, A. U. HAQ, G. ODVODY, J. K. PORTER // *1999 Poultry Science* 78:1391–1397.
- Swarbrick O., Swarbrick J.T. Suspected ergotism in ducks // *Vet. Rec.*– 1968.– V. 82.– P. 76–77
- Rotter R.G., Marquardt R.R., Young J.C. Effect of ergot from different sources and of fractionated ergot on the performance of growing chicks // *Can. J. Anim. Sci.*– 1985a.– V. 65.– P.953–961.
- Rotter R.G., Marquardt R.R., Crow G.H. A comparison of the effect of increasing dietary concentrations of wheat ergot on the performance of leghorn and broiler chicks // *Can. J. Anim. Sci.*1985b.– V. 65.– P. 963–974.
- Rotter R.G., Marquardt R.R., Young J.C. The ability of growing chicks to recover from short-term exposure to dietary wheat ergot and the effect of chemical and physical treatment on ergot toxicity // *Can. J. Anim. Sci.*– 1985c.– V. 65.– 975–983.
- Bauer J. Disease and depression of productivity in raising swine caused by mycotoxins / J. Bauer // *Tierarztl Prax Suppl.* 1988; 3:40–7.
- Amelung D. 1999. Mutterkorn in rogen. *Getreide Magazin.* 5:138–145.
- Engelke T. 2002. Ansa. tze fu. r eine integrierte beka. mpfung des mutterkorns im rogen. Dissertation Universita. t Go. ttingen, 1. Aufl., Cuvillier Verlag Go. ttingen.
- Posner ES, Hibbs AN. 1997. Wheat flour milling. St Paul (MN): American Association of Cereal Chemists. p. 91–123.
- Lauber U, Schaufner R, Gredziak M, Kiesswetter Y. 2005. Analysis of rye grains and rye meals for ergot alkaloids. *Mycotoxin Res.* 21:258–262.
- Хоченков А.А., Ходосовский Д.Н., Соляник В.В., Безмен В.А. Проблемы качества зернофуража // *Ветеринария* (Москва).–2000.–№ 1.– С. 55–56.
- Scott PM, Lombaert GA, Pellaers P, Bacler S, Lappi J. 1992. Ergot alkaloids in grain foods sold in Canada. *J AOAC Int.* 75:773–779.
- Lombaert GA, Pellaers P, Roscoe V, Mankotia M, Neil R, Scott PM. 2003. Mycotoxins in infant cereal foods from the Canadian retail market. *Food Addit Contam.* 20:494–504.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2005. Opinion of the scientific panel on contaminants in food chain on a request from the Commission related to ergot as undesirable substance in animal feed (2005). *EFSA J.* 225:1–27.
- Dusemund B, Altmann H–J, Lampen A. 2006. Mutterkornalkaloide in lebensmitteln: II. Toxikologische Bewertung: Mutterkornalkaloid-kontaminierter rogenmehle. *J Verbraucherschutz Lebensmittelsicherheit.* 1:150–152.
- A basic tool for risk assessment: a new method for the analysis of ergot alkaloids in rye and selected rye products / C. Myller, S. Kemmlin, H. Klaffke et al. // *Mol Nutr Food Res.* 2009 Apr; 53(4):500–7.
- Bandyopadhyay R, Frederickson DE, McLaren NW, Odvody GN, Ryley MJ. 1998. Ergot: a new disease threat to sorghum in the Americas and Australia. *Plant Dis.* 82:356–367.
- «Средневековье в его памятниках», М, 1913, стр. 231–233.
- Природные силикаты: строение, свойства и реакционная способность / Васильев Н.Г., Гончарук В.В.– Киев: Наук. думка, 1992. – 176 с.
- Vekiru E., Frufaus S., Sahin M., Ottner F., Schatzmayr G., Krska R. 2007. Investigation of various adsorbents for their ability to bind Aflatoxin B1. *Mycotoxin Res.*, 23: 27–33.