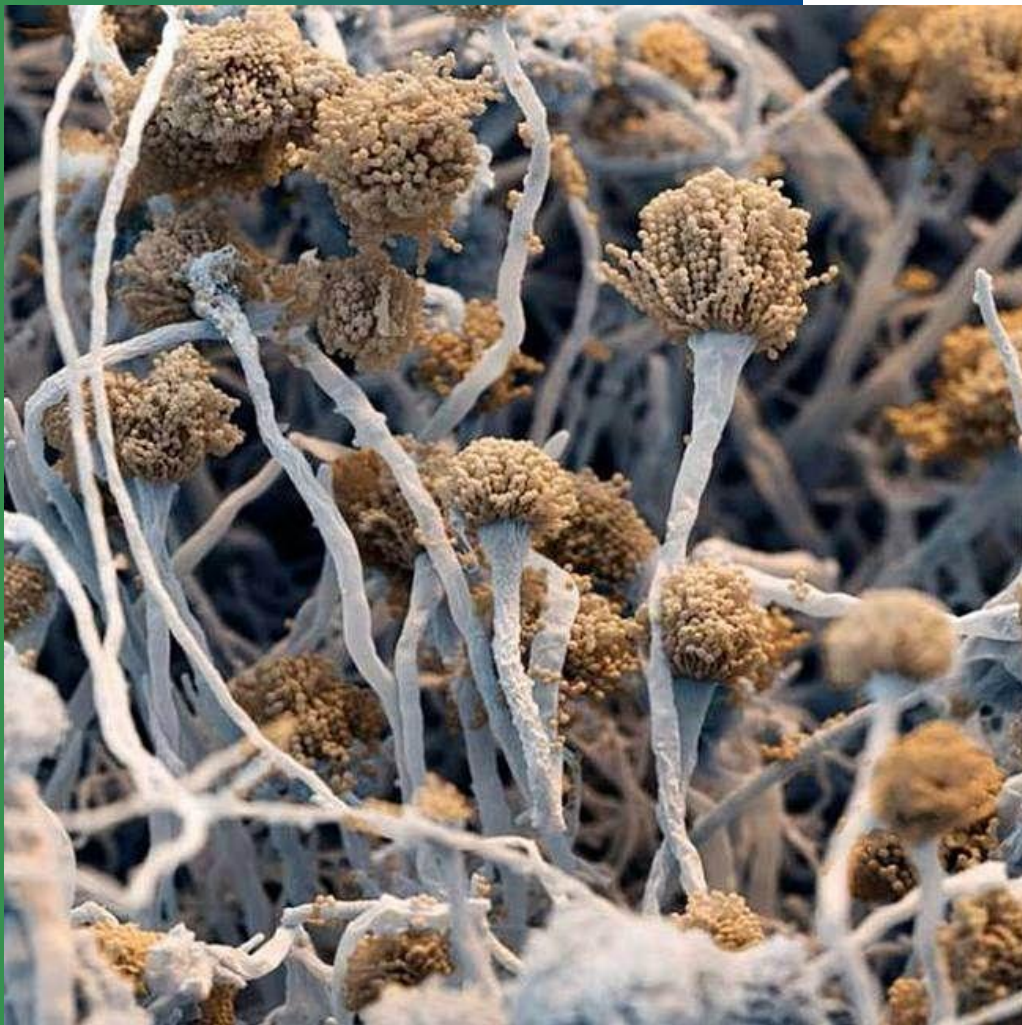


# Современное состояние проблемы микотоксинов в кормах для сельскохозяйственных животных

Тараканов Рашит Ислямович,  
ассистент кафедры защиты растений  
РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

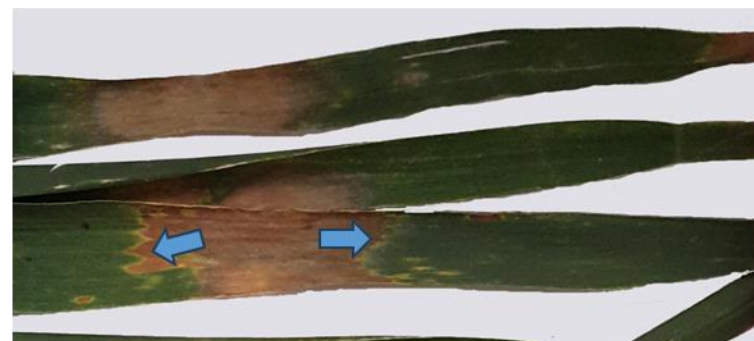
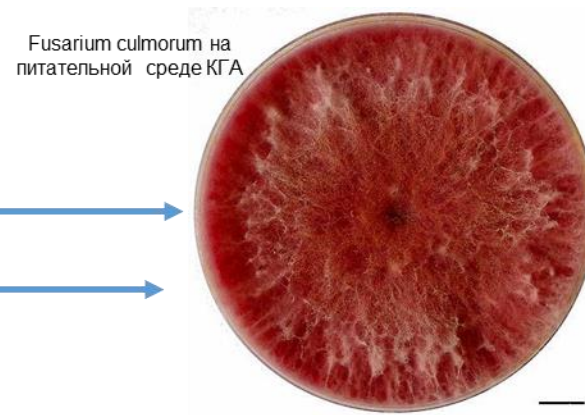
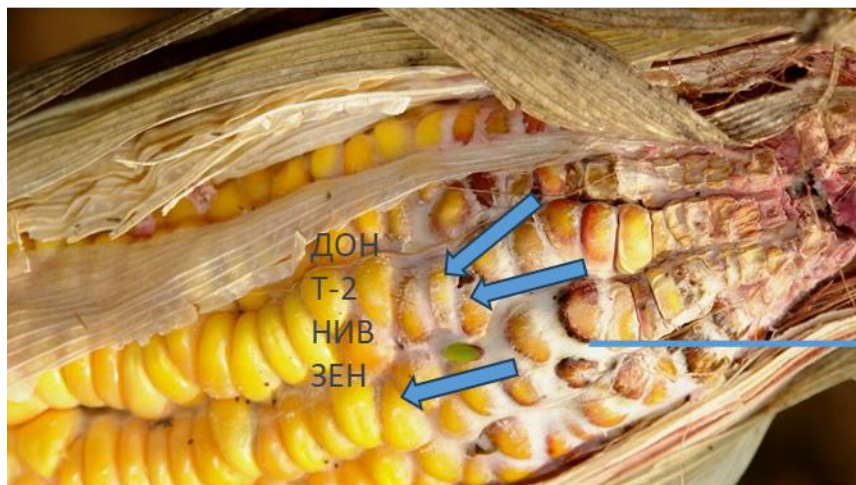




Микотоксины - от греч. μύκης, mykes, mukos — «гриб» и лат. тоξικόν

- Это низкомолекулярные токсичные вторичные метаболиты, продуцируемые микроскопическими грибами, которые, отличие от первичных метаболитов (сахаров, аминокислот и других веществ), не являются незаменимыми для нормального обмена веществ гриба.
- Токсигенность – способность организма образовывать вещества, обладающие токсическим действием на другие организмы.

| Химическая структура соединений | Пример микотоксинов                          |
|---------------------------------|----------------------------------------------|
| поликетиды                      | афлатоксины, охратоксин, патулин, зеараленон |
| терпеноиды                      | трихотецены                                  |
| циклопептиды                    | эргоалкалоиды                                |
| сфинголипиды                    | фумонизины                                   |





Эргоалкалоиды (клавины, эргопептиды) продуценты – *Claviceps purpurea*  
(*C. fusiformis*, *C. paspali*, *C. africana*)



XII-XV вв. – массовые отравления людей в Европе  
1951 г. – отравления людей во Франции  
1977-1978 гг. – эпидемия эрготизма в Эфиопии



М. Грюневальд. Искушение  
святого Антония

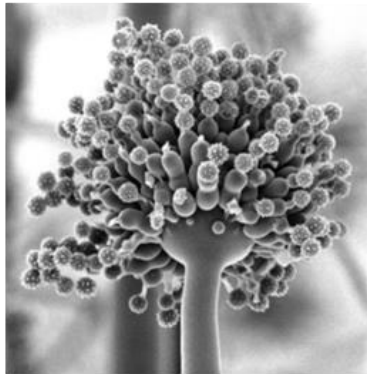


П. Брейгель. Нищие  
(Калеки)

# Наиболее опасные и широко распространенные токсигенные виды грибов

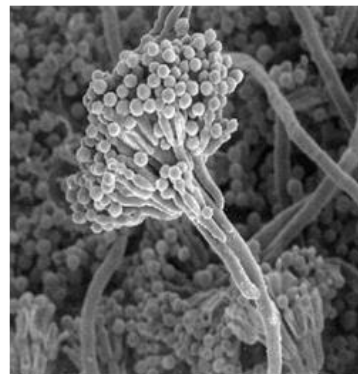


*Aspergillus*

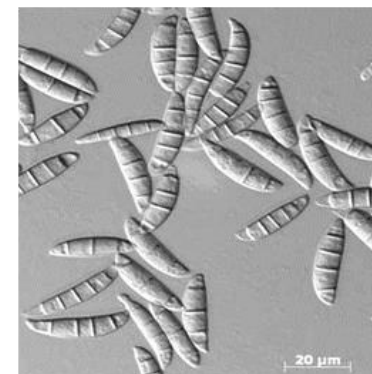


«плесени хранения» = «амбарные грибы»

*Penicillium*



*Fusarium*



«полевые грибы»



# Грибы – основные продуценты микотоксинов

| Род грибов  | Основные продуцируемые микотоксины                                                                                                                                                                                          |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspergillus | Афлатоксины В1, В2, G1, G2, М1<br>Охратоксин А<br>Стеригматоцистин<br>Циклопиазоновая кислота                                                                                                                               |
| Penicillium | Охратоксин А<br>Цитринин Патулин                                                                                                                                                                                            |
| Fusarium    | <u>Трихотецены группы А:</u><br>Т-2 и НТ-2 токсины, диацетоксисцирпенол, неосоланиол<br><u>Трихотецены группы В:</u> ниваленол, дезоксиниваленол, фузаренон Х<br>Зеараленон<br>Фумонизины (В1, В2, В3, В4),<br>Монилиформин |



# Токсический эффект микотоксинов



| Микотоксины                                                                                       | Основной токсический эффект |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| афлатоксины B1, B2, G1, M1; охратоксин А, стеригматоцистин, циклопиазоновая кислота, фумонизин B1 | канцерогены                 |
| афлатоксин B1, лютеоскирин, фумонизин B1                                                          | гепатотоксины               |
| охратоксин А, цитринин                                                                            | нефротоксины, тератогены    |
| афлатоксин B1, охратоксин А, трихотецены, монилиформин                                            | иммуносупрессоры            |
| эргоалкалоиды, циклопиазоновая кислота, фумонизин B1                                              | нейротоксины                |
| зеараленон                                                                                        | эстроген                    |
| монилиформин                                                                                      | кардиотоксин                |
| афлатоксины, патулин, лютеоскирин                                                                 | мутагены                    |



## Подробнее о токсическом эффекте фузариотоксинов

| Микотоксины  | Механизмы действия                                                                                                                             | Токсический эффект                                                                                                        |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Трихотецены  | Ингибирование синтеза рибосомных белков, биосинтеза ДНК и РНК, вызывают клеточный окислительный стресс, апоптоз и дисфункцию клеточных мембран | Иммуносупрессоры. Замедление роста репродуктивные расстройства, отказ от корма (анорексия), рвота, кровоизлияния, диарея. |
| Зеараленон   | Связывание с рецепторами эстрогена                                                                                                             | Эстроген, анаболик. Нарушения функций репродуктивной системы.                                                             |
| Фумонизины   | Вмешательство в биосинтез сфинголипидов – ингибирование церамидсинтазы; нарушения структуры и функций клеточных мембран;                       | Канцерогены. Нейротоксины негативно действуют на эмбрионы, вызывают нарушения в печени и почках.                          |
| Монилиформин | Ингибирование синтеза белков, цитотоксичность и повреждение хромосом. Повреждения митохондрий миокарда.                                        | Кардиотоксин. Острая сердечная недостаточность. Иммуносупрессор. Снижение веса, кровоизлияния.                            |



# Примеры интоксикаций, вызванные действием микотоксинов

## Афлатоксикозы

Причина – *A. flavus*; микотоксины – афлатоксины

1960 г. – массовый падеж 100 000 индюшек в Великобритании (turkey X disease)

1974 г. – рак печени у ~400 человек в Индии

## Патулин-токсикоз

Причина – *Penicillium* spp.; микотоксин - патулин

1954 г. – массовый падеж коров в Японии

## «Пьяный хлеб»

Причина – *F. graminearum*; микотоксин – ДОН

1880-1890 гг. – Приморский край Дальнего Востока России

## Алиментарно-токсическая алейкия (АТА) = септическая ангина

Причина – *F. sporotrichioides*; микотоксин – Т-2 токсин

1932-1946 гг. – Уральский регион, Казахстан, Сибирь, центральные и северо-западные области СССР

1989 г. – Индия

1993 г. – Китай





# Воздействие микотоксинов на здоровье животных

Микотоксикозы – заболевания, возникающие при употреблении некачественной пищи, загрязненной токсичными метаболитами грибов.

Микотоксикозы – заболевания, возникающие при употреблении некачественной пищи, загрязненной токсичными метаболитами грибов.



Проявления микотоксикозов:

- Отказ от корма
- Снижение продуктивности
- Иммуносупрессия
- Повреждение внутренних органов (печень, почки, органы половой системы и др.)
- Язвенный стоматит
- Эпидермальные некрозы

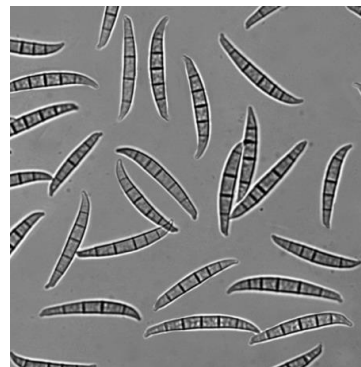
# Термостабильность микотоксинов



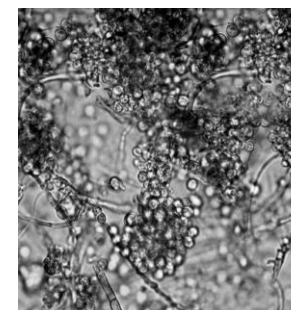
| Микотоксин          | Мол. масса, г/моль | Т плав., °C |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Эргоалкалоиды       | >70 соединений     | 162-249     |
| Афлатоксин В1       | 312                | 268-269     |
| Афлатоксин М1       | 328                | 299         |
| Охратоксин А        | 403                | 169         |
| Патулин             | 153                | 105-108     |
| Дезоксиниваленол    | 296                | 151-153     |
| Ниваленол           | 312                | 222-223     |
| Т-2 токсин          | 466                | 150-151     |
| Диацетоксисцирпенол | 366                | 162-164     |
| Зеараленон          | 318                | 164-165     |
| Монилиформин        | 120                | 345-355     |



# Грибы рода *Fusarium*



*F. graminearum*





# Грибы рода *Fusarium* – продуценты микотоксинов

| Вид гриба                  | Трихотеценовые микотоксины     |                     |                      |                                   | Зеара-<br>ленон (ЗЕН) | Фумо-<br>низины<br>(ФУМ) | Монили-<br>формин<br>(МОН) |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
|                            | Дезокси-<br>ниваленол<br>(ДОН) | T-2/HT-2<br>Токсины | Нива-<br>ленол (НИВ) | Диацетокси-<br>сцирпенол<br>(ДАС) |                       |                          |                            |
| <i>F. graminearum</i>      | +++                            |                     | +                    |                                   | +++                   |                          |                            |
| <i>F. culmorum</i>         | ++                             |                     | +                    |                                   | ++                    |                          |                            |
| <i>F. sporotrichioides</i> |                                | +++                 |                      | +                                 | +                     |                          |                            |
| <i>F. langsethiae</i>      |                                | +++                 |                      | ++                                |                       |                          |                            |
| <i>F. poae</i>             |                                |                     | ++                   | ++                                |                       |                          |                            |
| <i>F. cerealis</i>         |                                |                     | ++                   |                                   | +                     |                          |                            |
| <i>F. avenaceum</i>        |                                |                     |                      |                                   |                       |                          | +++                        |
| <i>F. tricinctum</i>       |                                |                     |                      |                                   |                       |                          | +++                        |
| <i>F. equiseti</i>         |                                |                     |                      | ++                                | ++                    |                          |                            |
| <i>F. verticillioides</i>  |                                |                     |                      |                                   |                       | +++                      | +                          |
| <i>F. proliferatum</i>     |                                |                     |                      |                                   |                       | ++                       | ++                         |
| <i>F. subglutinans</i>     |                                |                     |                      |                                   | +                     | +                        | ++                         |
| <i>F. oxysporum</i>        |                                |                     |                      |                                   |                       | +                        | +                          |

Определенный вид гриба способен продуцировать определенный набор микотоксинов

Один вид гриба может продуцировать несколько различных микотоксинов

Один микотоксин может быть образован несколькими видами грибов



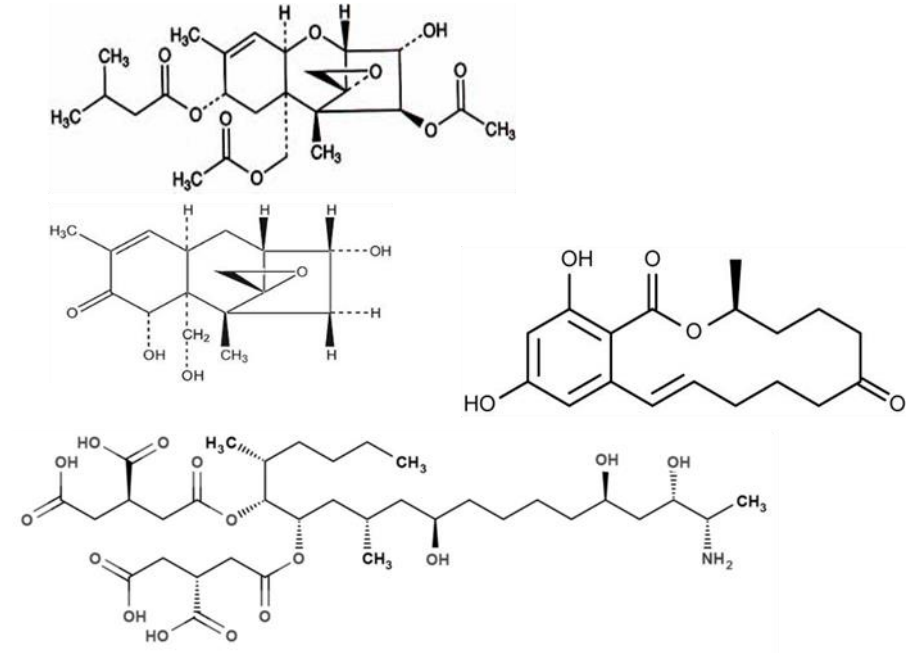
# Нормирование фузариотоксинов в зерне и зерновой продукции

Т-2 токсин 100 мкг/кг

Дезоксиниваленол 700-1000 мкг/кг

Зеараленон 200-1000 мкг/кг

Фумонизины 4000 мкг/кг  
200 мкг/кг в кукурузной муке  
для детского питания



СанПин 2.3.2.1078-01, 2012 г. с доп.;  
ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»; ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»;

# Рекомендуемые безопасные предельно-допустимые концентрации микотоксинов в зерне и зернопродукции



ПДК микотоксинов варьирует в зависимости от типа зерновой культуры, типа продукции и её потребителя.

| Микотоксины | Содержание в зерне, мкг/кг (ppb) |                 |                  |            |
|-------------|----------------------------------|-----------------|------------------|------------|
|             | на пищевые цели                  |                 | на кормовые цели |            |
|             | Россия <sup>а</sup>              | ЕС <sup>б</sup> | Россия           | ЕС         |
| ДОН         | 700-1000                         | 200-1750        | 1000             | 900-12000  |
| Т-2 токсин  | 100                              | 15-200          | 100              | 250-2000   |
| Зеараленон  | 200-1000                         | 20-350          | 1000             | 100-3000   |
| Фумонизины  | 200-4000                         | 200-4000        | 5000             | 5000-60000 |

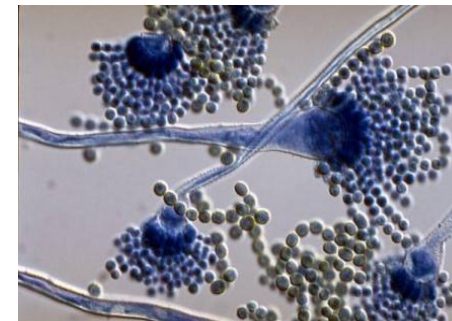
а СанПин 2.3.2.1078-01, 2012 г. с доп.;  
ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»;  
ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»;

б Commission Regulation (EC) No 1881/2006 ; Commission Recommendation 2006/576/EC и 2013/165/EU

# Грибы рода *Aspergillus* – продуценты микотоксинов



| Продуцент                                                                                 | Микотоксин              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>                               | Афлатоксин В1           |
| <i>A. ochraceus</i> , <i>A. westerdijkiae</i> ,<br><i>A. steynii</i> , <i>A. clavatus</i> | Охратоксин А            |
| <i>A. nidulans</i> , <i>A. versicolor</i>                                                 | Стеригматоцистин        |
| <i>A. niveus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. clavatus</i>                                 | Патулин                 |
| <i>A. niveus</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. terreus</i>                                   | Цитринин                |
| <i>A. flavus</i>                                                                          | Циклопиазоновая кислота |



*A. ochraceus*

# Грибы рода *Penicillium* – продуценты микотоксинов



| Продуцент                                                      | Микотоксин              |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <i>P. verrucosum</i>                                           | Охратоксин А            |
| <i>P. citrinum</i> , <i>P. verrucosum</i> , <i>P. expansum</i> | Цитринин                |
| <i>P. expansum</i> , <i>P. carneum</i> , <i>P. paneum</i>      | Патулин                 |
| <i>P. commune</i> , <i>P. camamberti</i> , <i>P. palitans</i>  | Циклопиазоновая кислота |

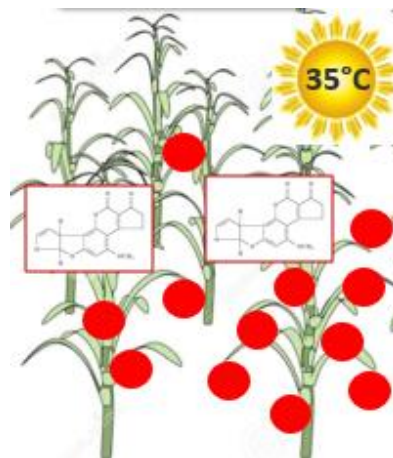


# Вкратце об афлатоксинах

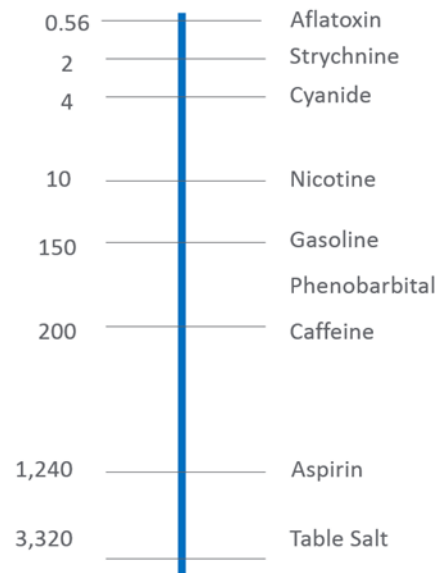


*Aspergillus flavus*    Aflatoxin (AFB1)

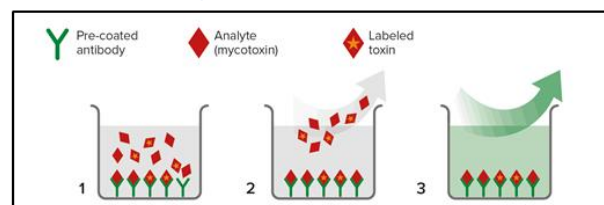
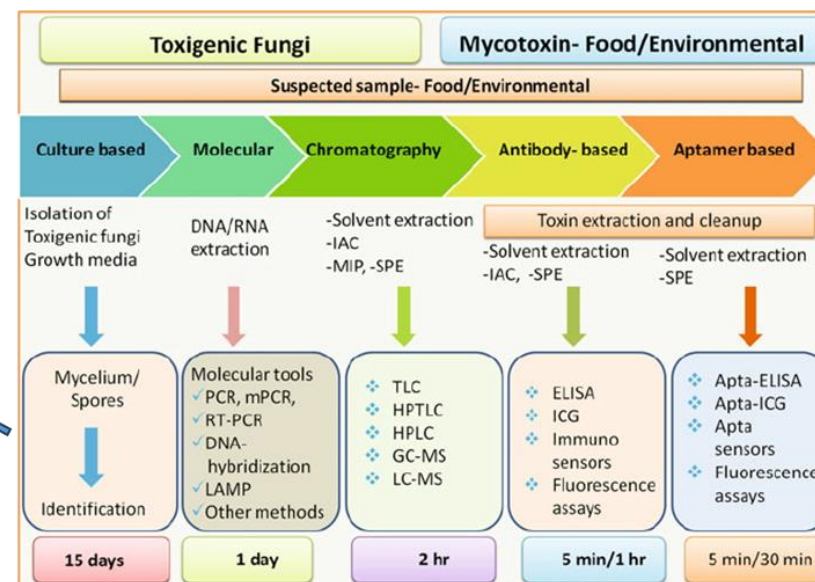
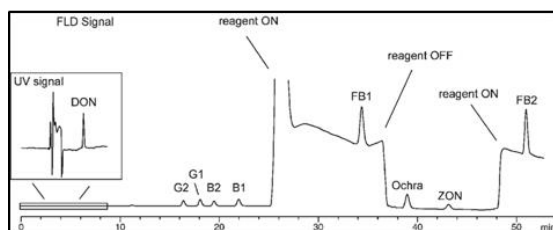
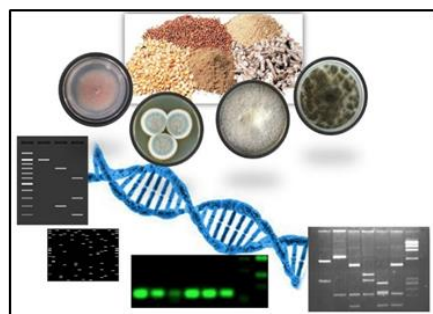
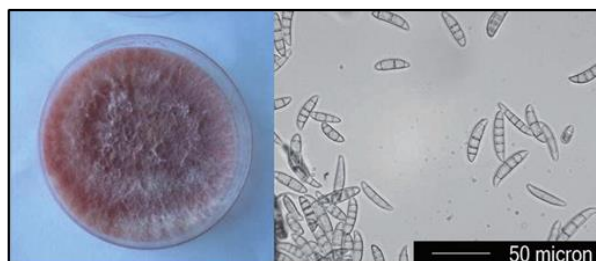
- Повсеместный почвенный патоген
- Споры прорастают в жару (34-36°C) и при засушливых условиях
- ПДК > 5 мкг/кг, делает зерно непригодным для потребления человеком или животными
- На рынке не существует традиционных продуктов СЗР, способных непосредственно контролировать уровень афлатоксинов



Острая оральная  
токсичность ЛД<sub>50</sub> мг/кг



# Диагностика микотоксинов. Инструментальные методы





## Хроматографический анализ



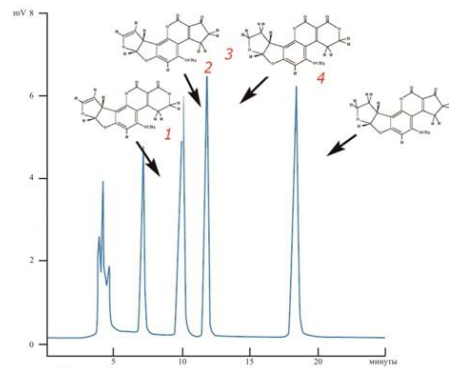
AGRASTRIP PRO  
Охратоксин WATEX  
Тест набор



## Тест полоски методом ИФА



## ЭКСПРЕСС-ТЕСТ «AFLASENSOR QUANTI» KIT062 – для афлатоксина



1 – дериватизированный  
афлатоксин G1, 2 –  
дериватизированный афлатоксин  
B1, 3 – афлатоксин G2, 4 –  
афлатоксин B2  
Рисунок 1. Типовая  
хроматограмма образца,  
содержащего микотоксины.



Тест-системы для  
лабораторной  
диагностики  
микотоксинов  
методом ИФА

# Борьба с микотоксинами

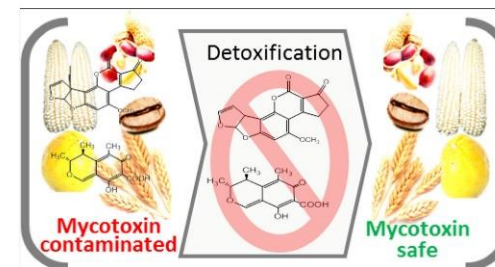


Борьба с микотоксинами имеет важное значение для общественного здравоохранения и улучшения экономической ситуации в стране.

Поэтому в различных регионах мира был рассмотрен ряд стратегий по снижению уровня микотоксинов и борьбе с ними.

Борьба с микотоксинами включает в себя:

- Предотвращение роста плесени или грибов на сельскохозяйственных культурах и других кормах;
- Обеззараживание кормов/пищевых продуктов, загрязненных микотоксинами, в качестве дополнительной стратегии;
- Постоянный надзор за содержанием микотоксинов в сельскохозяйственных культурах, кормах для животных и продуктах питания человека.



# Предотвращение роста плесени или грибов на сельскохозяйственных культурах и других кормах



## На поле

- мониторинг первичных проявлений возбудителей болезней – продуцентов микотоксинов (чернь колоса, початков, фузариозы зерна, альтернариозы)
- оптимальная система удобрений
- оптимизация севооборота
- соблюдение правил заготовки и хранения кормового сырья
- обработка семян фунгицидами и протравителями в начальные фазы развития болезней
- оптимальное время уборки

Пример – Микацид (пропионовая кислота, сорбиновая кислота, Аммоний, полиглицерол полирицинолеат, краситель бриллиантовый синий, вода) - ингибитор плесени и патогенной микрофлоры в кормах и кормовом

## На кормах в хранилище

- контроль качества зерна при приеме в хранилище.
- снижение температуры хранения ниже 15–18°C
- влажность кормов менее 11–12%
- наличие системы вентиляции в хранилище
- влажность в хранилищах ниже 60%
- отсутствие нарушения целостности зерна
- борьба с вредителями запасов

## На зерне в хранилище

- применение препаратов — ингибиторов плесени
- механическое отделение испорченного зерна



# Адсорбенты и нейтрализаторы микотоксинов

- связывание и выведение микотоксинов происходит в пищеварительном тракте животных и птиц.
- можно вывести из организма свиней, скота и птицы до 30–40% и даже 70% различных токсинов.
- рекомендуется скармливать животным постоянно в качестве профилактического средства в количестве от 0,2–0,5 до 2% от рациона.

В России зарегистрировано более 100 импортных и отечественных препаратов. Около 30 продуктов рекомендованы для нейтрализации афлатоксина, остальные зарегистрированы как эффективные против других микотоксинов, например ДОН, зеараленон, Т-2 токсин, фумонизин и т.д.

В зависимости от механизма действия их можно разделить на две группы — прямого действия на микотоксины (адсорбирующие и биотрансформирующие агенты) и вторичного действия (снижающие негативный эффект микотоксина на организм животного).

Кормомикс®СОРБ  
КЛИНФИД  
СИМБИТОКС и др





Адсорбирующий эффект минеральных компонентов препаратов - захват и выведение ряда микотоксинов из пищеварительного тракта.

К неорганическим адсорбентам относятся природные (цеолиты или клиноптилолит, бентониты, диатомиты, сепиолит, иллит, каолинит) и синтетические (калий, натрий, алюмосиликаты).

#### Неорганические адсорбенты

- низкая цена, но способны связывать в организме животных витамины, аминокислоты и ферменты.
- большинство неорганических адсорбентов используют только против афлатоксинов.

Адсорбирующим эффектом обладают  $\beta$ -глюканы клеточных стенок инактивированных дрожжей и водорослей, а также лигнин и уголь.

- на основе клеток водорослей и глюканов дрожжевых клеток Микосорб А+.
- препарат Новазил Плюс от BASF – афлатоксины.



Биотрансформация воздействие на микотоксины специфическими ферментами или агентами. Разрушение токсина происходит непосредственно в желудочно-кишечном тракте.

Микофикс Плюс 5.0 и Микофикс Селект 5.0- дезактивация охратоксина А происходит за счет ферментативного расщепления амидной связи в токсине, молекул фумонизина В — за счет расщепления диэфирных связей, трихотеценов — вследствие расщепления связей эпоксидных групп, зеараленона — путем расщепления лактонового кольца.

Компания «Новус» Novus использует специфический агент — модифицированный лецитин.

Использование пектинов в качестве органических сорбентов, наличие комплекса микроорганизмов, обладающих свойством подавления бактерий рода Clostridium и плесневых грибов, ферментного комплекса, осуществляющего биотрансформацию токсинов, и ввод расторопши в качестве гепатопротектора обеспечивают эффективность и высокий спрос на БАЦИТОКС-2.0 (ООО «НТЦ БИО»).

Компонент лютеин, известный своими гепатопротекторными свойствами, входящий в комплексный препарат Токсибан Макс (Novus Int.) в дополнение к адсорбирующим (бентонит) и биотрансформирующим компонентам (модифицированный лецитин), помогает животному и птице максимально противостоять микотоксинам и их негативному воздействию на организм.

В комплексные препараты некоторые производители добавляют эфирные масла (Заслон от «Биотроф») или комплекс цельных растительных компонентов (Юнике Плюс от Nutriad, Эсцент от Innovad).

Среди перспективных направлений экологически чистого животноводства — применение пробиотиков, обладающих антигрибковым действием. Например, нейтрализатор микотоксинов Фунгистат (НПФ «Элест») содержит споры бактерий рода Bacillus subtilis, который подавляет развитие плесеней, при этом продуцирует в ЖКТ аминокислоты и витамины.

В состав нейтрализаторов микотоксинов могут входить органические кислоты и их соли, которые нарушают энергетический баланс, синтез белков и ферментов плесневой клетки, что приводит к ее гибели (АтоксБио Плюс от «ТекноФид», Эксеншиал Токсин Плюс от ORFFA). Гуминовые кислоты и фумаровую кислоту содержит препарат Микософт (НПЦ «АгроСистема»).

Мощным сорбентом органического происхождения является хитозан. На его основе производится препарат Хитолоза (НПФ «Элест»).

Высоким эффектом деактивации микотоксинов обладают комплексные препараты группы Токси-Нил (Бельгия Nutriad) содержащие глинистые материалы (алюмосиликаты, бентониты, сепиолиты и др.), стенки дрожжевой клетки, также органические кислоты, антиоксиданты и фитобиотики.

В состав кормовой добавки Апсабонд (Andres Pintaluba) входят 3 вида очищенных природных глин и инактивированные дрожжевые клетки. Препарат Эксеншиал Токсин Плюс (ORFFA) обладает пятью активностями, в нем сочетаются сразу несколько минеральных адсорбентов (филлосиликаты и тектосиликаты) для сорбции полярных микотоксинов, МОС для сорбции неполярных микотоксинов, пропионат аммония, обладающий фунгистатическим свойством, и бетаин. Специалисты компании «Агробалт трейд» разработали препарат Амиго, содержащий сразу два адсорбента с взаимодополняющей специфичностью по связыванию отдельных групп микотоксинов.

Зарубежные производители нейтрализаторов микотоксинов: Alltech, BIOMIN, BASF, Nutriad, OLMIX, Daavision, GRASP, Kemin, CEVA, Impextraco, Daavision, Biochem, Liptosa, Andres Pintaluba, ORFFA и др.

Отечественные производители нейтрализаторов микотоксинов: «Агроакадемия», НПЦ «Агросистема», «Мустанг Технологии Кормления», «Агробалт трейд», «Биотроф», «БИОРОСТ», «ВитОМЭК», «НТЦ БИО», «Сиббиофарм», «ТекноФид», НПФ «Элест», «Экокремний» и др.



# Выводы

---

Микотоксины – это токсичные вещества природного происхождения, вырабатываемые некоторыми видами плесневых грибов.

- Появление плесени может иметь место как до, так и после уборки урожая, на этапе хранения и/или на готовых продуктах питания в условиях благоприятной температуры и высокой влажности.
- Большинство микотоксинов отличается химической стабильностью и не разрушается в процессе термической обработки.

Среди нескольких сотен известных микотоксинов наиболее распространенными и представляющими наибольшую угрозу для здоровья человека и скота являются: афлатоксины, охратоксин А, патулин, фумонизины, зеараленон и ниваленол/дезоксиниваленол.

Для снижения риска для здоровья животного , связанного с микотоксинами, рекомендуется:

- анализировать поступающее зерно и корма на наличие микотоксинов;
- проводить мониторинг первичных проявлений возбудителей болезней – продуцентов микотоксинов;
- избегать повреждения зерна до и в процессе сушки и на этапе хранения, поскольку поврежденное зерно более подвержено заражению плесенью, а значит и контаминации микотоксинами;
- избегать длительного хранения кормов до их употребления;
- закладывать на хранение зерно с низкой влажностью;
- создавать оптимальные условия для хранения кормов;
- при наличии в кормах грибов-продуцентов и микотоксинов – проводить обработку зерна ингибиторами плесени, а в рацион животных добавлять адсорбенты и нейтрализаторы.



---

**Спасибо за внимание!**