

Семь бед... А причина одна! Фузариоз

Этого микроскопического злодея знают все: виды *Fusarium* представляют собой одни из наиболее экономически значимых патогенов растений в мире, вызывая ежегодные потери более 3 млрд долларов на одних только зерновых культурах. И притом они потрясающе всеядны! Эти универсальные грибки выработали сложные механизмы заражения и колонизации самых разнообразных полевых культур, что особенно осложняет борьбу с ними. Впрочем, радует то, что эта напасть неплохо изучена, и мы вполне можем взять её под контроль.

Откуда берётся эта зараза?

Резервуар инфекции номер один – почва! Виды *Fusarium* необыкновенно устойчивы в пахотном слое, причем хламидоспоры порой способны выживать в ней до 10 лет. *F. graminearum* может поддерживать жизнеспособность на глубине почвы до 25 см, а *F. oxysporum* обычно сохраняется в верхних 10 см почвы с оптимальным доступом к кислороду. Популяции *F. graminearum* в почве зерновых севооборотов с преобладанием пшеницы могут достигать плотности 10 000 единиц на грамм почвы в сильно заражённых полях. При наступлении благоприятных условий этот факт становится критичным.

иллюстрации (вообще её логичнее оттонировать в светлый розоватый оттенок, вроде фуксина):

<https://media.istockphoto.com/id/1944747627/photo/fusarium-oxysporum-is-a-fungus-that-survives-in-the-soil-and-is-transmitted-by-seeds.webp?s=2048x2048&w=is&k=20&c=iazK7kQj09F2WEt9zFmb526W7y4wU4LimRpYjdRP408=>

Важным “мостом” или “передержкой” между вегетационными периодами для многих видов *Fusarium* служат растительные остатки. В оптимальных для себя условиях *F. graminearum* может производить до 16 миллионов аскоспор на квадратный метр пшеничной стерни. Грибок успевает завершить свой половой цикл размножения на растительных остатках в течение 2-3 недель при благоприятных условиях – температуре 20-28°C с относительной влажностью >80%.

иллюстрации (эта хорошая, копирайта тоже нет)

<https://media.istockphoto.com/id/2170318490/photo/fusarium-fungus-conidia-illustration.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=FyrZ4I7nwJEU1E7OAUigBZtIpkY5hzlRJ4AC8qyroM=>

Связь между растительными остатками и проявлениями заболевания хорошо документирована. На полях с минимальной обработкой почвы фузариоз колоса встречается в три раза чаще по сравнению с традиционной системой вспашки, в основном из-за повышенной выживаемости патогена в растительных остатках на поверхности почвы.

Погода шепчет... но не нам

Неприятная новость: *Fusarium* умеет перемещаться при помощи ветра. Аскоспоры *F. graminearum* могут распространяться на расстояние до 200 километров при хорошем попутном ветре, хотя наиболее значительным влияние заболевания будет в пределах 20 километров от источника заражения. Исследования также обнаружили жизнеспособные споры на высоте до 100 метров над уровнем земли.

Температура и влажность значительно влияют на характер высвобождения спор:

Фактор	Оптимальный диапазон высвобождения спор	Влияние на распространение
Температура	15-30°C	Максимальное высвобождение происходит при 23°C
Относительная влажность	75-95%	Пиковое распространение 85% ОВ

Пресловутое потепление климата способствует расширению “владений” патогена и усилению его влияния. Прогнозы указывают на продвижение *F. graminearum* на север примерно на 150-200 км за десятилетие: уже отмечены повышенные показатели [зимней](#) выживаемости этой заразы в традиционно холодных регионах. Наблюдается и более частое возникновение благоприятных для заражения условий во время критических стадий роста культур.

Повышение средней годовой температуры на 2°C коррелирует с увеличением содержания фузариозных микотоксинов в пшенице на 15-25%, что подчеркивает потенциальные риски изменения климата для продовольственной безопасности.

А что же с почвой?

Характеристики почвы значительно влияют на активность *Fusarium*: например, кислотность pH 5,5-6,5 обычно благоприятствуют росту и выживанию *Fusarium*. Содержание органического вещества выше 2% может увеличить выживание патогена в среде до 40%. А влажность почвы 50-75% полевой влагоёмкости оптимальна для прорастания хламидиоспор.

Интересно, что разнообразие почвенной микробиоты играет решающую роль в подавлении или стимулировании фузариозных грибов: на полях с высоким биоразнообразием популяции *Fusarium* обычно на 30-50% меньше.

Печально знаменитые: фузариозы основных полевых культур

Влияние *Fusarium* на зерновые культуры особенно серьезно, причем **фузариоз колоса (ФК)** является основной проблемой. ФК ежегодно поражает примерно 30% мировых площадей пшеницы, при этом тяжесть заболевания значительно варьируется по регионам и годам. На пшенице потери урожая обычно составляют 10-40%, но могут достигать 70% при тяжёлых эпифитотиях (аналог эпидемии у людей). Однако экономическое влияние патогена выходит за рамки простой потери урожая, поскольку загрязнение собранного зерна микотоксинами может сделать целые партии непригодными для продажи.

иллюстрация с копирайтом!:

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcScrgnB5u_wqnl2BRkIsObkKaintShkKWELxg&s

Возбудители фузариоза колоса – *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*. Они проявляют себя обесцвечиванием колосковых чешуек, приобретающих бледно-соломенную окраску, формированием розового или оранжево-красного налёта на колосках и щуплостью зерна. наличие "фузариозных" зёрен. Фузариозные зерна могут быть полными, не щуплыми, но выглядят беловатыми или светло-розовыми, с лёгким пушистым налётом, видимым невооружённым взглядом. При раннем заражении наступает полная стерильность колоса. Оптимальные условия развития этого заболевания складываются стремительно: при температуре 25°C и влажности воздуха 95-100% достаточно всего лишь 24-36 часов.

Не менее неприятным проявлением тех же **видов** фузариоза может быть **корневая и прикорневая гниль**: её вызывают *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. avenaceum*. Симптоматика соответствующая: побурение и загнивание корней, побурение основания стебля, изреженность посевов, белоколосость и щуплость зерна в сохранившихся колосьях. Потери урожая от 15 достигают 40% в годы эпифитотий.

иллюстрации:

https://media.istockphoto.com/id/1358429685/photo/fusarium-ear-blight-fusarium-head-blight-fhb-or-scab-is-a-fungal-disease-of-cereals-wheat.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=USVoIG3Vdpo7E-f4odWe5yaWG9ZO_L20UoMFZJw1dAA=

Технические культуры тоже страдают: **фузариоз льна** в результате атаки *F. oxysporum f. sp. lini* ведёт к существенным потерям. Искривление верхушки растения, побурение и отмирание корней, пожелтение и увядание листьев, отставание в росте – всё это приводит к потерям урожая волокна до 45%, а семян – до 80%.

Не остаются в стороне и бобовые культуры, *F. oxysporum f. sp. pisi* вызывает **фузариозное увядание гороха**. Развитие болезни идёт наиболее интенсивно при температуре почвы 20-25°C, наблюдаются хлороз (пожелтение), засыхание нижних листьев, отставание поражённой части посевов в росте и характерное побурение сосудистых тканей.

Не менее неприятен в своих проявлениях **фузариоз сои** (возбудитель *F. oxysporum f. sp. glycines*): хлороз междужилковых участков листьев, некроз корневой системы, побурение

сосудистой системы, преждевременное созревание. Потери урожая при этом достигают 60% в годы сильного развития болезни.

Кукуруза значительно поражается несколькими видами *Fusarium*, причём *F. verticillioides* и *F. graminearum* являются преобладающими. Впрочем, недавние исследования показали, что на некоторых полях до 90% растений **кукурузы** могут содержать эндофитные (внутренние) инфекции, хотя не все из них приводят к видимым симптомам болезни. Больше всего неприятностей аграриям доставляет загрязнение зерна опасными микотоксинами, преимущественно фумонизинами и деоксиниваленолом, известным под аббревиатурой ДОН.

Фузариоз початков провоцируют *F. verticillioides* и *F. graminearum*. Его признаки – розовато-красный налёт на початках, загнивание зерна и опять-таки образование микотоксинов. Потери урожая обычно достигают 15-30%, и вновь основной проблемой остаётся загрязнение фумонизинами.

иллюстрация без копирайта:

<https://media.istockphoto.com/id/2182157646/photo/corn-cobs-are-affected-by-fusarium-the-causative-agent-of-fusarium-moniliforme.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=P9aySdvkSGNqHGNaAkrnHagbTMEUkH6XNr82ehpOGZg=>

Те же возбудители могут спровоцировать **стеблевую гниль** кукурузы. Она выражается в побурении и размягчении тканей узлов на стеблях, полегании растений, преждевременном усыхании. Столь драматично порой могут выглядеть до 40% посевов в регионах достаточного и избыточного увлажнения!

Способность видов *Fusarium* заражать множество хозяев значительно способствует их сохранению и распространению. Вот лишь немногие примеры:

Вид <i>Fusarium</i>	Основные хозяева	Вторичные хозяева
<i>F. graminearum</i>	пшеница, ячмень, кукуруза	рис, соя
<i>F. oxysporum</i>	хлопок, томаты	бобовые, бананы
<i>F. verticillioides</i>	кукуруза	сорго, просо

Диагностика, обнаружение и мониторинг фузариозов

Комплексность симптомов – вот, что характерно для фузариозов. Часто наблюдается сочетание различных признаков, при этом симптомы могут варьировать в зависимости от условий среды. Схожесть симптомов с другими заболеваниями делает необходимым лабораторное подтверждение диагноза. Необходимо учитывать и фенофазы развития растения, условия развития болезни и особенно – историю поля.

Динамика развития заболевания во времени заслуживает особого внимания, поскольку различные симптомы проявляются на разных этапах заболевания. Скорость развития зависит от [условий окружающей среды](#), поэтому нельзя недооценивать важность регулярного мониторинга посевов.

Недавние технологические достижения значительно улучшили нашу способность обнаруживать и отслеживать популяции *Fusarium*. Методы ПЦР в реальном времени теперь настолько чувствительны, что могут обнаруживать всего 10 грибковых спор на грамм почвы, в то время как подходы секвенирования нового поколения выявили ранее неизвестное разнообразие внутри популяций патогенов.

При помощи молекулярных маркеров учёные идентифицировали различные генетические популяции *F. graminearum* с различной агрессивностью и разным составом микотоксинов. Эта информация оказалась ценной для прогнозирования риска заболевания и разработки стратегий управления производством.

Боремся с *Fusarium* комплексно!

Агротехнические мероприятия – наш первый шаг в выстраивании [обороны](#) от любых патогенов и вредителей. В **севообороте** важно исключить [повторные посевы](#) восприимчивых культур. Полезно введение в севооборот [сидератов](#): той же [горчицы](#) или [рапса](#). Возврат зерновых на [прежнее](#) поле при угрозе поражения *Fusarium* возможен не ранее чем через 3-4 года. Хорошо снижает инфекционный фон использование промежуточных культур: чаще всего это что-либо кормовое или медоносное. Отлично работают фитосанитарами бобовые и фацелия.

Обработка почвы тоже способствует снижению инфекционного фона: помните про споры на растительных остатках? – Их удаление и уничтожение станет нашей главной задачей. Полезна в борьбе с фузариозом глубокая зяблевая вспашка (25-27 см) и поддержание оптимальной плотности почвы. Обязательно своевременное лущение стерни и качественная предпосевная подготовка.

Оптимизация минерального питания, как ни странно может показаться, тоже существенно [помогает](#) противостоять заразе. Следовательно, в нашем арсенале – сбалансированное внесение НРК, повышенные дозы калийных удобрений, применение [микроудобрений](#) (особенно марганец и цинк). Известкование [кислых почв](#) тоже поможет растениям встретить микробиологическую опасность более [крепкими и готовыми к обороне](#). И снова рекомендуем использование сидератов, на этот раз – с точки зрения обогащения почвы [органическим веществом](#).

Химические методы защиты

Первый химический барьер на пути опасного патогена – предпосевная обработка семян. Классика жанра – применение системных протравителей на основе тебуконазола, флудиоксонила, тритиконазола, ипконазола. Рекомендуемые нормы расхода составляют 0,4-2,0 л/т (в зависимости от препарата).

Фунгицидные обработки в период вегетации базируются на препаратах метконазола, протиоконазола, тебуконазола и карбендазима.

ВРЕЗКА:

На заметку: оптимальные сроки обработки

* Для зерновых: фаза колошения – начало цветения

* Для технических культур: профилактически или при первых признаках

Также необходимо учитывать прогнозы развития заболевания. Например, предупреждения о вспышках публикуют региональные отделения Россельхозцентра

А если без “химии”?

Хорошая новость для энтузиастов “зелёного” подхода: **биологические методы** значительно продвинулись! Применяют микробиологические биопрепараты на основе *Trichoderma spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyces spp.*. Нормы внесения таких препаратов обычно составляют 2-4 л/га или 1-2 л/т при обработке семян. А новые разработки в области биологического контроля просто шокируют: специализированные миковирусы могут снижать патогенность *Fusarium*!

И всё-таки, устойчивость хозяина остается центральным компонентом защиты от агрессивных заболеваний: современные сорта пшеницы до 60% более устойчивы к ФК по сравнению с восприимчивыми сортами. Поэтому ни в коем случае не забываем о такой полезной практике как сортообновление! Создание новых сортов, устойчивых к фузариозам, основано на применении методов маркер-ассоциированной селекции, использовании генетических источников устойчивости (порой довольно неожиданных, и чаще всего – из дикой природы). А критической точкой отбора становится оценка селекционного материала на инфекционных фонах.

Однако полной устойчивости всё ещё нет, что требует интегрированного подхода к решению проблемы.

Напоминаем: болезнь проще предупредить, чем лечить, и к растениям это тоже относится. Не забывайте о фитосанитарной экспертизе посевного материала, очистке сельхозтехники при переезде с поля на поле и пространственной изоляции. Мониторинг посевов, регулярное обследование полей, учёт развития болезней, почвенная диагностика – всё это в наших с вами руках. Специалисты ExactFarming постоянно повышают свою квалификацию и готовы предложить вам оптимальные решения против эволюционирующих патогенных угроз.

СОЦСЕТИ

Слайд 1: Шокирующая статистика



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ?

Только на зерновых культурах *Fusarium* наносит ущерб более 3 миллиардов долларов ежегодно! Под угрозой все регионы-”житницы”, но особенно – климатическая зона достаточного и избыточного увлажнения.

Узнайте, как защитить свои посевы от этого опасного патогена в нашей новой статье.

#АгроЗащита #Фузариоз #СельскоеХозяйство

Слайд 2: Невидимая угроза



ВНИМАНИЕ, АГРОНОМЫ!

Растительные остатки остались не заделанными? Отличный шанс на размножение микроорганизмов! И они не собираются сидеть на месте: споры *Fusarium* могут преодолевать расстояния до 200 км по воздуху, а в почве сохраняться до 10 лет.

Как предотвратить распространение патогена? Ответы в нашей статье.

#ЗащитаРастений #Агрономия #СельхозНаука

Слайд 3: Климатические изменения



ТРЕВОЖНЫЙ ТРЕНД

От фузариоза страдает не только количественный сбор урожая, но и безопасность зерна. Повышение средней годовой температуры всего на 2°C увеличивает содержание микотоксинов в пшенице на 15-25%!

Узнайте, как адаптировать защиту посевов к изменению климата.

#КлиматическиеИзменения #АгроТехнологии

Слайд 4: Важно для экспорта



КРИТИЧНО ДЛЯ БИЗНЕСА

Превышение уровня микотоксина деоксиниваленола (ДОН) в пробах всего на 1 ppm ведёт к отказу от всей партии зерна на международном рынке.

Как контролировать качество? Читайте в статье.

#АгроЭкспорт #КачествоЗерна

Слайд 5: Комплексная защита



СИСТЕМА ЗАЩИТЫ

От правильного севооборота до новейших биопрепаратов – все методы борьбы с фузариозом важны!

Интеграция моделей прогнозирования на основе погоды с системами обнаружения спор оптимизирует сроки применения фунгицидов, сокращая количество обработок на 30% и повышая их эффективность. Эти системы обычно достигают 75-85% точности в прогнозировании периодов высокого риска заражения.

#ЗащитаУрожая #АгроТехнологии

Слайд 6: Инновации в диагностике



ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО

Современные методы ПЦР-диагностики способны обнаружить всего 10 спор патогена в грамме почвы!

А ещё учёные скоро смогут заражать возбудителей фузариоза специальными миковирусами: бороться с опасным заболеванием нам поможет сама природа.

Читайте о противоборстве аграрной науки и коварного патогена в нашей статье.

#АгроИнновации #СовременноеЗемледелие

ВОПРОСЫ

1.  Как вы оцениваете эффективность минимальной обработки почвы в контексте контроля фузариоза? Действительно ли риск увеличения инфекционного фона перевешивает преимущества влагосбережения?
2.  Какой опыт применения биопрепаратов против фузариоза в производственных масштабах вы считаете наиболее успешным? Возможно ли полностью отказаться от химических фунгицидов в пользу биологических средств защиты?
3.  Насколько оправдано увеличение затрат на защиту от фузариоза при текущих ценах на зерно?
4.  Считаете ли вы текущие методы селекции на устойчивость к фузариозу достаточно эффективными? Какие направления селекции кажутся вам наиболее перспективными?
5.  Как изменилась динамика развития фузариоза в вашем регионе за последние 5-10 лет? Наблюдаете ли вы связь с изменением климата?
6.  При составлении севооборота: что важнее — экономическая эффективность в краткосрочной перспективе или долгосрочное снижение инфекционного фона? Как найти оптимальный баланс?