

УДК 632.4:633.16

ФУЗАРИОЗНАЯ ИНФЕКЦИЯ И КОНТАМИНАЦИЯ МИКОТОКСИНАМИ ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Использование устойчивых к заболеваниям сортов ячменя является оптимальным решением проблемы получения высококачественных продуктов питания. Присутствие грибов рода *Fusarium* оказывает негативное влияние на состояние зерна, снижая его семенные качества. Кроме того, в зараженном зерне накапливаются различные микотоксины, продуцируемые грибами рода *Fusarium*, которые, сохраняясь в зерне и продуктах его переработки, при попадании в организм человека и животных приводят к снижению иммунитета и различным патологическим изменениям. Проведена оценка 38 сортов ячменя, выращенных на госсортоучастке (Ленинградская область, Волосовский район) в 2013 году, включающая установление патогенного комплекса грибов *Fusarium*, выявление степени инфицированности зерна и загрязненности микотоксинами. Зараженность зерна ячменя грибами *Fusarium* варьировала от 7 до 58%. Количество ДНК видов *Fusarium*, продуцирующих трихотеценовые микотоксины, варьировало в образцах ячменя от 0.3 до 109 пкг/мкл. Микотоксин дезоксиниваленол (ДОН) выявлен в зерне 71% образцов в диапазоне от 20 до 816 мкг/кг. Максимальное содержание ДНК грибов *Fusarium* и ДОН в количестве, превышающем установленную предельно допустимую концентрацию, содержал сорт Фабиола. Выявлено, что образцы зерна, выращенные из семян сортов ячменя I репродукции, полученных для посева из других стран содержали значительно больше ДНК грибов *Fusarium* и ДОН (в 3 и 3.5 раза соответственно), по сравнению с образцами зерна из семян той же и более низких репродукций из России.

Ключевые слова: ячмень, сорта, грибы *Fusarium*, зараженность, микотоксины, ДНК.

Ячмень (*Hordeum vulgare*) является одной из основных зерновых культур, широко возделываемой во всем мире. Увеличение производства зерна ячменя за счет повышения урожайности является ключевой проблемой в развитии сельского хозяйства России. Важным фактором современной технологии возделывания ячменя является создание и возделывания сортов разнообразного целевого назначения [Кузнецова и др., 2014].

Микробиологическое состояние зерна ячменя сказывается на его внешнем виде, может влиять на всхожесть и энергию прорастания. Кроме того, присутствие в зерне токсинопродуцирующих грибов и образуемых ими вторичных метаболитов – микотоксинов, снижает его пищевое качество. Микотоксикологический анализ зерна показывает, что во многих регионах России значительное число товарных партий ячменя заражены микроскопическими грибами и загрязнены образуемыми ими микотоксинами [Гагкаева и др., 2011; Гаврилова, Гагкаева, 2010]. Известно, что разные виды грибов *Fusarium* продуцируют различные по химической природе токсичные метаболиты, которые влияют на здоровье теплокровных организмов, вызывая нервные расстройства, подавление иммунной системы, снижение репродуктивной способности [D'Mello et al., 1999; Desjardins, 2006].

Ячмень является основным сырьем для пивоваренной промышленности. До сих пор нет однозначного мнения о влиянии фузариевых грибов и их микотоксинов на процесс солодоращения и о переходе токсичных метаболитов в конечный продукт. Отсутствие подобных знаний зачастую приводит к непредсказуемости протекания технологического процесса изготовления качественного пива.

Зараженность *Fusarium* оказывает негативное влияние на питательные вещества зерновки, такие как крахмал и белок, поскольку в процессе колонизации грибы гидролизуют протеолитические и целлюлолитические ферменты ячменя, что может отрицательно сказываться на получаемом солоде [Oliveira et al., 2012]. Показано отрицательное влияние грибов *F. langsethiae* и *F. poae* на экстрактивность солода трёх сортов ячменя Optic, Quench и Tipple [Nielsen

et al., 2014]. Выявлено, что наличие микотоксинов дезоксиниваленола (ДОН) и Т-2 токсина в солоде влияет на амилолитическую активность ферментов α - и β -амилаз в процессе солодования [Garda-Buffon et al., 2010].

Некоторые исследователи показывают, что присутствие фузариевых грибов и их микотоксинов в зерне приводит к снижению его всхожести, а также изменению цвета суслу и вкуса производимого пива [Oliveira et al., 2012; Schwarz et al., 2006; Wolf-Hall, 2007]. Установлено, что если для пивоварения использовали зерно со значительными количествами ДОН, ниваленола (НИВ), фузаренона-Х и неосоланиола, то эти же микотоксины затем обнаруживали в готовом продукте - пиве. По данным чешских исследователей не выявлено четкой связи между количествами ДОН в исходном зерне и полученном солоде [Malachova et al., 2010]. Также показано, что присутствие Т-2 и НТ-2 токсинов, диацетоксисцирпенола (ДАС) в конечной продукции было существенно ниже, по сравнению с исходным зерном [Baxter, Muller, 2006].

Установлена различная чувствительность к действию микотоксинов штаммов некоторых пивоваренных дрожжей (*Saccharomyces carlsbergensis* I-S.ca./13, *S. cerevisiae* (lager) 23, *S. cerevisiae* I-S. c./46 и *S. cerevisiae* I-S.c./57). Трихотеценовые фузариотоксины ДАС и Т-2 токсин в значительной степени ингибировали рост дрожжей, а микотоксин ЗЕН не оказывал существенного влияния [Dziuba et al., 2007].

Присутствие метаболитов грибов *Fusarium* в зерне ячменя также связывают с первичным гашингом – самопроизвольном внезапном обильном образовании пены [Волкова, 2007; Schwarz et al., 1996; Sarlin et al., 2005]. Проведенные исследования выявили, что варианты солода, полученного из зараженного *F. culmorum* зерна пшеницы сорта Lucija, были значительно подвержены гашингу, по сравнению с незараженным контролем [Habschied et al., 2014]. Установлено, что проявление гашинга не коррелировало с количеством микотоксина ДОН в ячмене, но было связано с присутствием гидрофобов, образуемых грибами *Fusarium* [Sarlin et al., 2005].

Мониторинг зараженности зерна грибами не может проводиться по данным визуальной оценки, поскольку большинство инфицированных зерен внешне не отличаются от здоровых, но могут быть загрязнены микотоксинами. Для выявления зараженности обычно используют традиционные микробиологические методы, которые основаны на стимуляции роста микроорганизмов питательными средами. Для анализа безопасности зерновой продукции широко применяется иммуноферментный метод, с помощью которого определяют содержание микотоксинов в зерне и соотносят его с регламентированными нормами.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) фузариотоксинов в зерне, идущем на пищевые цели, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01, составляют для ДОН – 700-1000 мкг/кг, ЗЕН – 1000 мкг/кг и 100 мкг/кг для Т-2 токсина. Оценка риска негативного влияния продукции на основе зерна при употреблении в пищу человеком или животными, как правило, учитывает токсичность только регламентированных микотоксинов. В то же время негативное воздействие могут оказывать низкие количества различных микотоксинов при их совместном присутствии.

Материалы и методы

В условиях Ленинградской области на Волосовском госсортоучастке (ГСУ) в 2013 году возделывали 38 сортов ярового ячменя, из которых 28 были выращены из семян первой репродукции, 8 – второй и 6 – третьей. На ГСУ возделывают сорта или перспективные генетические линии, переданные на испытание из различных селекционных учреждений России и из-за рубежа (Германия, Финляндия, Дания, Великобритания). Как правило, в первый год высевают семена I репродукция, полученные непосредственно от оригинатора. На второй-третий года испытаний оцениваемые сорта высевают семенами, полученными уже непосредственно на данном ГСУ (II и III репродукции).

В лабораторных условиях 100–150 зерен из среднего образца каждого сорта дезинфицировали 70%-ным раствором этанола и раскладывали на поверхность агаризованной питательной среды [Гагкаева и др., 2011]. Через 7–10 суток инкубации при 24 °С учитывали количество зерен, на поверхности которых образовались колонии фузариевых грибов. Видовую идентификацию грибов рода *Fusarium* проводили с использованием определителя [Gerlach, Nirenberg, 1982]. Общую зараженность образца зерна грибами *Fusarium* (%) определяли как отношение числа зерен, зараженных грибами, к общему числу проанализированных зерен. Долю конкретного вида (%) в каждом образце рассчи-

В последние годы начали активно использовать современные молекулярно-генетические методы, позволяющие по количеству ДНК грибов в зерне определять его контаминированность токсигенными грибами, что значительно увеличивает точность и ускоряет проведение анализа и получение результатов. К такому методу относится метод количественной ПЦР (кПЦР), который позволяет оценить количественное присутствие одного или группы сходных микроорганизмов в образце растительной ткани и прогнозировать количества образуемых микотоксинов. Этот метод имеет неоспоримые преимущества перед микробиологическими методами, вследствие быстроты анализа, возможности одновременного тестирования большого количества образцов и получения объективных данных о качестве зерна.

Целью нашего исследования являлась сравнительная характеристика различных сортов ярового ячменя по степени инфицированности зерна грибами *Fusarium* и загрязненности микотоксинами.

тывали, как отношение числа зерен, зараженных определенным видом *Fusarium* к числу зерен, зараженных грибами *Fusarium*.

Средний образец зерна каждого сорта размалывали на лабораторной мельнице и полученную муку использовали для выделения ДНК грибов и экстракции микотоксинов. Из 200 мг полученной муки экстрагировали ДНК, используя СТАВ-метод по протоколу, предложенному European Commission [Community Reference Laboratory for GM Food and Feed, 2005]. Далее проводили измерение суммарного содержания в зерне ДНК комплекса видов грибов, имеющих *Tri5* ген в геноме и продуцирующих трихотеценовые микотоксины – метод TaqMan-ПЦР с флуоресцентными пробамми [Halstensen et al., 2006].

Микотоксины экстрагировали из 1 г муки смесью ацетонитрил:вода (84:16). Определение количества ДОН в зерне проводили иммуноферментным методом (ИФА) с использованием тест-систем компании «Фарматех» с пределом определения микотоксина 20 мкг/кг. ИФА выполняли в полистироловых планшетах «Медполимер», оптическую плотность растворов измеряли при длине волны 492 нм на спектрофотометре Multiskan EX (Thermo Fisher Scientific).

Статистическую обработку результатов провели с помощью программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 10.0. Различия считались достоверными при уровне значимости $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение

Зараженность зерна сортов ячменя грибами *Fusarium* варьировала от 7 до 58%. Сорт Криничный был заражен в меньшей степени, по сравнению с другими сортами ячменя, наибольшая зараженность зерна выявлена у сортов Суздалец и Фабиола (51–58%). В течение ряда лет наблюдений нами неоднократно показано, что сорт Суздалец, который на госсортоучастках используют в качестве стандарта, является высоко восприимчивым к заражению зерна [Гаврилова и др., 2014].

Микологический анализ выявил присутствие в зерне ячменя 9 видов грибов *Fusarium*, среди которых доминировали *F. avenaceum* и *F. poae*. Их доли в комплексе патогенов составили 26 и 15.4%. С меньшей частотой встречались *F. culmorum* (17.2%), *F. tricinctum* (18.8%),

F. incarnatum (9.6%), *F. sporotrichioides* (4.8%), *F. equiseti* (4.3%), *F. graminearum* (2.9%), *F. anguioides* (1%).

Поскольку в одном образце зерна одновременно присутствуют несколько видов микроскопических грибов, следовательно, возможно присутствие различных микотоксинов. Около 46% выделенных из зерна ячменя штаммов относятся к видам *F. avenaceum*, *F. anguioides* и *F. tricinctum*, которые не образуют трихотеценовые микотоксины, однако продуцируют монилиформин. Остальные штаммы способны продуцировать группу трихотеценовых микотоксинов (ДОН, Т-2 и НТ-2 токсины, НИВ, ДАС и др.).

С высокой частотой выявленный в зерне *F. poae*, образует микотоксин НИВ, содержание которого в зерне не нормировано. Доля вида *F. sporotrichioides*, образующего

Т-2 и НТ-2 токсины, была низкой. Нормированный в зерне ДОН образуют только виды *F. culmorum* и *F. graminearum*, суммарная доля которых составила 19.7%. Анализ микотоксина ДОН в зерне ячменя выявил его присутствие в 71% образцов в количестве от 20 до 816 мкг/кг (табл.). Только один сорт Фабиола содержал ДОН в количестве, превышающем установленную ПДК для этого микотокси-

на в зерновой продукции.

Количество ДНК грибов *Fusarium*, продуцирующих трихотеценовые микотоксины, варьировало в образцах ячменя от 0.3 до 109 пкг/мкл. Максимальное количество ДНК грибов содержал сорт Фабиола. Минимальные количество ДНК грибов выявлены у сортов Криничный, Кати, Рамблер и КВС 09 410.

Таблица. Содержание ДНК трихотеценпродуцирующих видов *Fusarium* и микотоксина ДОН в зерне ячменя различных сортов

Сорт	Оригинатор	Репродукция	ДНК, пкг/мкл	ДОН, мкг/кг
Автограф	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	I	3.4	0
Апрель	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	I	37.5	49
АС 07/568/5	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG (Германия)	I	4.5	20
Даниэлле	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG (Германия)	I	9.9	0
ЗУ Гезине	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG (Германия)	I	46.3	31
ЗУ Заза	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	I	23.4	30
ЗУ Сурен	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	I	57.0	187
Инари	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	I	34.0	180
КВС 10-206	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	I	7.5	50
КВС 107545	KWS Lochow GmbH (Германия)	I	13.3	413
КВС 11-243	KWS Lochow GmbH (Германия)	I	4.2	50
Керстин	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	I	2.7	52
Ленинградский	ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка» (Россия)	I	0.9	125
Московский 86	ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» (Россия)	I	1.6	37
Олимпик	BAUWA AG (Франция)	I	2.2	65
СА 715205	Carlsberg Research Laboratory, Carlsberg AS (Дания)	I	15.6	0
Саломе	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	I	41.8	213
Суздалец	НИИСХ ЦР НЗ Рязанский НИПТИ АПК (Россия)	I	1.8	138
Татум	Saaten-Union GmbH (Германия)	I	14.5	69
Фабиола	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	I	109.0	816
Чайна	Carlsberg Research Laboratory, Carlsberg AS (Дания)	I	3.3	18
Шафль	Syngenta seeds Ltd. (Великобритания)	I	5.7	27
Яромир	ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» и ФГБНУ «Рязанский НИИСХ» (Россия)	I	8.7	43
средние показатели (±ДИ*) по репродукции I			19.5±3.8	113.6±22.7
Вендела	Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия)	II	9.2	0
Вибке	Saaten-Union GmbH (Германия)	II	4.3	0
Кати	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG (Германия)	II	0.5	0
КВС 09 321	Ackermann Saatzucht GmbH & Co. KG (Германия)	II	0.8	61
КВС 09 410	KWS Lochow GmbH (Германия)	II	0.5	0
Рамблер	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	II	0.3	0
СИ 409-228	Syngenta seeds Ltd. (Великобритания)	II	12.2	20
Харбингер	Boreal Plant Breeding Ltd. (Финляндия)	II	13.5	200
средние показатели (±ДИ*) по репродукции II			5.2±1.7	35.1±16.5
Владимир	ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» и ФГБНУ «Рязанский НИИСХ» (Россия)	III	27.8	51
Деспина	Saaten-Union GmbH (Германия)	III	8.1	0
Изумруд	ФГБО «Вятская Государственная сельскохозяйственная академия» (Россия)	III	55.3	160
Криничный	Белорусский НИИ земледелия и кормов (Республика Беларусь)	III	0.4	0
Таусень	ФГУП «Котласское» (Россия)	III	2.8	36
Черно	Carlsberg Research Laboratory, Carlsberg AS (Дания)	III	1.2	28
средние показатели (±ДИ*) по репродукции III			15.9±6.4	45.8±18.3

*ДИ – доверительный интервал при уровне значимости $p < 0.05$

Выявлена положительная взаимосвязь между содержанием ДНК грибов в зерне и количеством накапливаемого ДОН (коэффициент корреляции по натуральным показателям составил 0.75, при уровне значимости $p < 0.01$), несмотря на то, что доля штаммов – продуцентов ДОН составляла менее половины (20.1%) от всех штаммов *Fusarium* продуцирующих трихотеценовые микотоксины (54.2%).

При сходной зараженности образцов, в зависимости от устойчивости растения, патогены могут быть локализованы в цветочной пленке, в алейроновом слое или же полностью колонизировать эндосперм и зародышевую часть зерна. Содержание ДНК грибов полнее отражает степень инвазии зерновки, чем показатели зараженности зерна,

выявленные микробиологическим методом на питательной среде.

На качество зерна выращенного урожая значительное влияние оказывает исходная зараженность семенного материала. Установлено, что на количество ДНК грибов рода *Fusarium* и содержание ДОН в зерне существенное влияние оказывают как происхождение, так и репродукция семян.

Выявлено, образцы зерна, выращенные из семян I репродукции, полученных из других стран (в основном из Германии) содержали значительно больше ДНК грибов *Fusarium* и микотоксина, по сравнению с образцами из

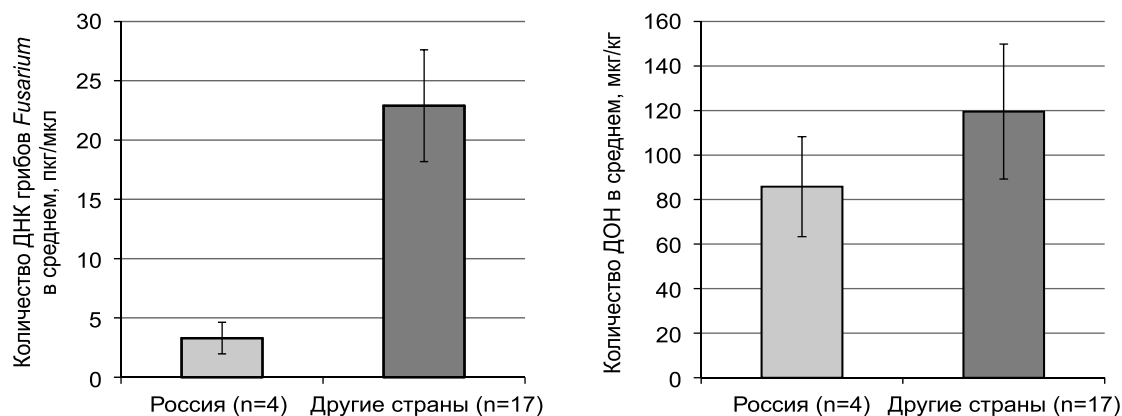


Рисунок. Сравнительная характеристика по содержанию ДНК грибов *Fusarium* и микотоксина ДОН в зерне сортов ячменя, выращенных из семян первой репродукции различного происхождения

Результаты наших исследований ещё раз подтверждают необходимость тщательного контроля ввозимого семенного материала из-за рубежа для предотвращения заноса опасных и вредоносных видов микроорганизмов.

Контаминация грибами и микотоксинами зерновой продукции является общемировой проблемой. Видовой состав патогенов, количество и разнообразие микотоксинов, образуемых этими грибами зависят, прежде всего, от устойчивости выращиваемых сортов, условий окружающей среды и комплекса организационно-хозяйственных приёмов возделывания культуры.

По сумме использованных показателей выявлена группа сортов, которые характеризовались содержанием низких количеств ДНК грибов и ДОН – Рамблер, Криничный, Каги и КВС 09 410. У сорта Фабиола выявлены значительная зараженность зерна и сопутствующие ей максимальные количества ДНК грибов и микотоксина. Этот сорт,

семян той же репродукции из России в 7.1 и 1.4 раза соответственно (рис.). Даже при исключении из расчётов высоко восприимчивого сорта Фабиола, содержащего экстремально высокие уровни ДНК грибов и ДОН, образцы зерна из семян I репродукции в среднем содержали ДНК (18.2 пкг/мкл) больше, чем образцы из семян II репродукции и столько же, сколько образцы, выращенные из семян III репродукции. Количество микотоксина при таком расчёте в образцах из семян I репродукции (80.2 мкг/кг) было достоверно больше, чем в образцах из семян последующих репродукций.

охарактеризованный по результатам наших исследований как высоковосприимчивый к фузариозу, был исключен из сортоиспытаний и не рекомендован для возделывания на территории России.

К сожалению, наметившаяся в последние годы тенденция преобладания западных сортов ячменя в Госсортоиспытании, демонстрирует ослабление в РФ эффективной селекции такой важной сельскохозяйственной культуры, как ячмень. Завоз семенного материала зарубежной селекции приводит не только к зависимости рынка от импорта семян различных агрокультур, но он также опасен с точки зрения заноса в регионы нашей страны новых опасных видов патогенов. Необходимо усиление отечественной селекции, направленной на создание высокопродуктивных сортов, адаптированных к условиям регионов и устойчивых к опасным заболеваниям.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Вологовского госсортоучастка (Ленинградская область) Вагину А.В. и Камориной И.Н. за предоставленные образцы зерна ячменя.

Исследование финансировано Российским научным фондом (проект № 14-26-00067).

Библиографический список (References)

- Волкова Т.Н. Причины гашинга пива и меры его предотвращения: обзор // Индустрия напитков. 2007. N 3. С. 10–18.
- Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю. Фузариоз зерна на севере Нечерноземья и в Калининградской области в 2007–2008 годах // Защита и карантин растений. 2010. N 2. С. 23–25.
- Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Вагин А.В., Каморина И.Н. Оценка зараженности зерна фузариевыми грибами сортов ячменя и овса, выращенных в условиях Ленинградской области // Зерновое хозяйство России. 2014. N 3. С. 66–70.
- Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур // Приложение к журналу “Защита и карантин растений”. 2011. N 5. С. 69–120.
- Кузнецова Т.Е., Серкин Н.В., Левштанов С.А. Итоги селекционной работы с ячменем // Земледелие. 2014. N 3. С. 6–8.
- Baxter E.D., Muller R.E. Investigations into selected mycotoxins in barley, malt and wheat. Brewing Research International. Project Report. No. 406. 2006. 73 p.
- Community Reference Laboratory for GM Food and Feed, European Commission, 2005. Event-specific for the quantitation of maize line NK603 using real-time PCR, http://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/summaries/NK603report_mm.pdf
- Desjardins A.E. *Fusarium* Mycotoxins: chemistry, genetics and biology. American Phytopathological Society Press. 2006. 260 p.
- D’Mello J.P.F., Placinta C.M., Macdonald A.M.C. *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity // Animal Feed Sci. and Technol. 1999. V. 80. N 3–4. P. 183–205.

- Dziuba E., Foszczyńska B., Stempniewicz R. Effect of mycotoxins DAS, ZEA and OTA on the growth of brewing yeast // Pol. J. Food Nutr. Sci. 2007. V. 57. N. 4(A). P. 123–129.
- Garda-Bufferon J., Baraj E., Badiale-Furlong E. Effect of deoxynivalenol and T-2 toxin in malt amylase activity // Braz. Arch. Biol. Technol. 2010. V. 3.N 3. P. 505–511.
- Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* – a Pictorial Atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Ld. Berlin. 1982. 406 p.
- Habschied K., Krstanović V., Velić N., Šantek B., Novak M., Slačanac V. Gushing potential of wheat malt infected with *Fusarium culmorum* // J. of Hygienic Engineering and Design. 2014. N 6. P. 166–170.
- Halstensen A.S., Nordby K.C., Eduard W., Klemsdal S.S. Real-time PCR detection of toxigenic *Fusarium* in airborne and settled grain dust and associations with trichothecene mycotoxins // J. Environm Monitoring. 2006. V. 8. P. 1235–1241.
- Malachova A., Cerkal R., Ehrenbergerova J., Dzuman Z., Vaculova K., Hajslova J. *Fusarium* mycotoxins in various barley cultivars and their transfer into malt // J. of the Science of Food and Agriculture. 2010. V. 90. P. 2495–2505.
- Nielsen L.K., Cook D.J., Edwards S.G., Ray R.V. The prevalence and impact of *Fusarium* head blight pathogens and mycotoxins on malting barley quality in UK // Int. J. of Food Microbiology. 2014. V. 179. P. 38–49.
- Oliveira P.M., Mauch A., Jacob F., Waters D.M., Arendt E.K. Fundamental study on the influence of *Fusarium* infection on quality and ultrastructure of barley malt // Int. J. of Food Microbiology. 2012. 156. P. 32–43.
- Sarlin T., Nakari-Setälä T., Linder M., Penttilä M., Haikara A. Fungal hydrophobins as predictors of the gushing activity of malt // J. Inst. Brew. 2005. V. 111(2). P. 105–111.
- Schwarz P.B., Beattie S., Casper H.H. Relationship between *Fusarium* infestation of barley and the gushing potential of malt // J. Inst. Brew. 1996. V. 102. P. 93–96.
- Schwarz P.B., Horsley R.D., Steffenson B.J., Salas B., Barr J.M. Quality risks associated with the utilization of *Fusarium* head blight infected malting barley // J. Am. Soc. Brew. Chem. 2006. V. 64(1). P. 1–7.
- Wolf-Hall C.E. Mold and mycotoxin problems encountered during malting and brewing // Int. J. of Food Microbiology. 2007. V. 119. P. 89–94.

Translation of Russian References

- Gagkaeva T.Yu., Gavriloва O.P., Levitin M.M., Novozhilov K.V. *Fusarium* head blight // Prilozhenie k «Zaschita i karantin rasteniy». 2011. N 5. P. 69–120. (In Russian).
- Gavriloва O.P., Gagkaeva T.Yu. *Fusarium* head blight of small grain cereals in the north of Nechernozemye zone and in Kaliningrad region in 2007–2008 // Zashchita i karantin rasteniy. 2010. N 2. P. 23–25. (In Russian).
- Gavriloва O.P., Gagkaeva T.Yu., Vagin A.V., Kamorina I.N. The evaluation of grain infection of barley and oats cultivars grown in Leningrad region // Zernovoe hozyaistvo Rossii. 2014. N 3. P. 66–70. (In Russian).
- Kuznetzova T.E., Serkin N.V., Levshantov S.A. The results of barley breeding // Zemledelie. 2014. N 3. P. 6–8. (In Russian).
- Volkova T.N. The causes of beer gushing and its prevention: review // Industriya napitkov. 2007. N 3. P. 10–18. (In Russian).

Plant Protection News, 2017, 3(93), p. 39–43

FUSARIUM INFECTION AND MYCOTOXINS CONTAMINATION IN GRAIN OF SPRING BARLEY CULTIVARS

T.Yu. Gagkaeva, O.P. Gavriloва

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Fusarium head blight is one of the most important diseases of cultivated barley. *Fusarium* damaged grains contribute to loss of yield and quality due to colonization by fungi and contamination with mycotoxins. The objective of this study was to examine 38 barley cultivars harvested in Leningrad region, including causal *Fusarium* species, resistance of cultivars to penetration of pathogens and mycotoxin accumulation. *Fusarium* infection of grain samples is varied from 7 to 58%, the least infected was cultivar Krinichnyi. At the same time the cultivars Suzdalets and Fabiola were highly infected in comparison with other cultivars. It was detected that the species composition of naturally infected grains includes 9 *Fusarium* species. The most common *Fusarium* species in barley were *F. avenaceum* (26%) and *F. poae* (15.4%), they were followed by *F. anguoides*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*. By real-time PCR it was found that the grain of all genotypes contained DNA of *Fusarium* fungi, but considerably varied in its amount – from 0.3 to 109 µg/µL. Using ELISA it was found that 71% of grain cultivars accumulated deoxynivalenol (DON) within 20–816 µg/kg. The maximum content of *Fusarium* DNA and DON in quantity exceeding the maximum level of mycotoxin, permitted in food was detected in cultivar Fabiola. It was shown that barley grain samples from the seeds of reproduction I harvested from other countries have contained significantly more *Fusarium* DNA and DON (3 and 3.5 times, respectively), in compare with the grain samples from seeds of the same and lower reproductions obtained from regions of Russia.

Keywords: barley; cultivar; *Fusarium*; fungus; infection; mycotoxin; DNA.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

*Гэгкаева Татьяна Юрьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент по специальности «микология», e-mail: t.gagkaeva@mail.ru

Гаврилова Ольга Павловна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: olgavriloval@yandex.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

*Gagkaeva Tatiana Yurievna. Senior scientist, PhD in Biology, docent in mycology, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru
Gavriloва Olga Pavlovna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: olgavriloval@yandex.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence