СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОЛОГИЯ, 2016, том 51, № 1, с. 111-118

Микобиота зерновых культур: региональные аспекты

УДК 636.086.13:632.4(470.23/.25) doi: 10.15389/agrobiology.2016.1.111rus

ЗАРАЖЕННОСТЬ ЗЕРНА ОВСА ГРИБАМИ *Fusarium* И *Alternaria* И ЕЕ СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ*

О.П. ГАВРИЛОВА, Ф.Б. ГАННИБАЛ, Т.Ю. ГАГКАЕВА

Овес посевной (*Avena sativa* L.) широко возделывается в зонах умеренного климата, в том числе на севере Европы. Обычно он рассматривался как кормовая культура, однако в последние годы значительно возросла востребованность овса в качестве исходного сырья при производстве пищевой продукции. Высокие пищевые и кормовые качества, а также разнообразные возможности использования обусловили значительный интерес к этой зерновой культуре. Обилие и видовой состав микобиоты — важные факторы, определяющие качество зерна. Грибы рода *Fusarium* образуют токсичные вторичные метаболиты, способные негативно воздействовать на здоровье потребителей зерновой продукции. Грибы рода *Alternaria* имеют несколько меньшее значение как фитопатогены и источники контаминации зерна злаков. Целью нашего исследования стало определение зараженности грибами *Fusarium* и *Alternaria* зерна овса, выращенного в 2014 году на северо-западе России. Мы провели оценку зараженности грибами 56 образцов зерна овса из пяти областей региона: по 7 образцов из Архангельской и Псковской областей, 20 — из Вологодской, 12 — из Ленинградской и 10 — из Новгородской области. Образцы (кроме несортовых или безымянных) относились к 14 сортам: Адамо, Аргамак, Борец, Borrus, Кречет, Лев, ЛОС-3, Скакун, Скорпион, Теремок, Фухс, Черниговский, Черниговский 83 и Яков. После поверхностной стерилизации семена раскладывали на картофельно-сахарозную агаризованную среду. Учитывали число колоний грибов, выросших из зерновок. Идентификацию грибов по морфолого-культуральным признакам проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей. Рассчитывали зараженность образца зерна грибами и долю конкретного вида (%) в комплексе патогенов рода *Fusarium* или *Alternaria* в каждом образце. Микологический анализ выявил присутствие в микобиоте различных видов грибов, относящихся к родам *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium* и др. Наиболее распространенными оказались грибы *Fusarium* и *Alternaria*. Зараженность грибами рода *Fusarium* обнаружена у 88,9 % образцов овса (средняя зараженность зерна варьировала от 6,1 до 18,7 %, максимальное значение составило 64,0 %), грибами *Alternaria* — у 91,0 % образцов (от 1,5 до 48,0 %, максимальное значение — 85,0 %). С наибольшей частотой среди фузариевых грибов встречались виды *F. poae*, *F. sporotrichioides* и *F. langsethiae* — продуценты трихотеценовых микотоксинов. С низкой частотой встречаемости на территории Северо-Западного региона были выявлены *F. anguioides*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. subglutinans*, *F. tricinctum*. Гриб *F. langsethiae* впервые обнаружен на территории Архангельской области — самой северной точки ареала этого вида на территории России. Показана высокая положительная связь между выявлением *F. langsethiae* и Т-2/НТ-2 токсинов в зерне. Грибы рода *Alternaria* в основном были представлены видами *A. tenuissima* и *A. arborescens* (66-86 % от общего числа изолятов *Alternaria*). По зараженности зерна грибами *Fusarium* к группе высоко восприимчивых сортов овса были отнесены Лев, Адамо, Яков, Кречет (средняя зараженность более 20 %). Отмечена также достоверно более высокая зараженность грибами *Alternaria* у сорта Лев по сравнению с другими сортами овса. Полученные данные дополняют недавно опубликованные результаты токсикологического анализа, который выявил микотоксины в зерне из всех областей Северо-Западного региона России: Т-2/НТ-2 токсины были обнаружены в 60,7 % образцов, дезоксиниваленол — в 62,5 %, альтернариол содержали 29,0 % проанализированных образцов овса (А.А. Буркин с соавт., 2015).

Ключевые слова: овес, сорта, зараженность зерна, микотоксины, грибы *Fusarium* и *Alternaria*.

В настоящее время исследования зараженности зерна овса токсинопродуцирующими видами грибов особенно актуальны, поскольку значительно возросла востребованность этой культуры в качестве исходного сырья для пищевой продукции, в том числе детского и диетического питания (1). В связи с этим все больше внимания уделяется безопасности продуктов на основе овса.

* Исследования профинансированы грантом Российского научного фонда (проект № 14-16-00072).

Обилие и видовой состав микобиоты — один из важных факторов, определяющих качество зерна. Грибы рода *Fusarium* образуют токсичные вторичные метаболиты, способные негативно воздействовать на здоровье потребителей зерновой продукции. В настоящее время в России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в зерне и различных продуктах его переработки для трихотеценовых фузариотоксинов дезоксиниваленола (ДОН) — 700-1000 мкг/кг, Т-2/НТ-2 токсинов (Т-2/НТ-2) — 100 мкг/кг, а также зеараленона (ЗЕН) — 200-1000 мкг/кг (2).

Микотоксикологический анализ овса ежегодно выявляет высокую зараженность грибами *Fusarium* и контаминацию зерна фузариотоксинами. В 2008 году на северо-западе России она в среднем составила 17,0 %. Микотоксины Т-2/НТ-2 и ДОН были обнаружены соответственно в 46 и 47 % образцов, а их максимальное содержание составило 182 и 2505 мкг/кг (3). Результаты исследований, проведенных в Норвегии, показывают, что овес значительно сильнее подвержен заражению грибами *Fusarium* по сравнению с пшеницей. Кроме того, продуценты трихотеценовых микотоксинов — грибы *F. poae* (Peck) Wollenw. и *F. langsethiae* Torp et Nirenberg также чаще встречались на овсе, чем на пшенице и ячмене (4). За 10 лет наблюдений исследователи из Финляндии, Норвегии и Швеции показали превышение допустимого содержания ДОН (1750 мкг/кг) в 3-28 % образцов зерна, употребляемого в пищу, в зависимости от региона (5). Однако им не удалось выявить метеорологические факторы или агротехнические приемы, влияющие на увеличение содержания микотоксина в зерне. Проведенный в 2010-2011 годах анализ образцов овса из трех регионов Швеции показал, что большинство из них (90-100 %) были заражены видами *F. poae*, *F. langsethiae* и *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. Обнаружена положительная корреляция (не менее $r = 0,52$ при уровне значимости 99 %) между присутствием видов *Fusarium* и количеством выявленных в зерне фузариотоксинов (6). Результаты исследований 98 образцов зерна овса из урожая 2009-2011 годов, выращенного в Польше, свидетельствуют о высокой распространенности Т-2/НТ-2, ниваленола (НИВ), ДОН и ЗЕН в зерне и продуктах, полученных на его основе. Наибольшую опасность, по мнению авторов, представлял НИВ, максимальное содержание которого достигало 655 мг/кг (7).

Также сообщается о заражении зерна представителями рода *Alternaria* и контаминации микотоксинами, образуемыми грибами этой группы (8-14). По сравнению с видами *Fusarium* грибы рода *Alternaria* имеют несколько меньшее значение как фитопатогены и источники контаминации зерна злаков (15). Токсичность вторичных метаболитов, образуемых некоторыми видами этого рода, активно изучается (16, 17). Показано, что один из наиболее распространенных и опасных вторичных метаболитов *Alternaria* spp. — альтернариол (АОЛ) (18, 19).

Первое сообщение о содержании фузариотоксинов в зерне овса из нескольких регионов России было опубликовано в 2009 году (20). Высокая частота видов *Fusarium* и *Alternaria* на зерновых культурах, широкое возделывание овса в регионах с умеренным климатом и его активное использование в производстве кормов и продуктов питания предполагают необходимость контроля качества зернового сырья и совершенствования мер профилактики микотоксикозов.

Целью настоящей работы была оценка зараженности грибами *Fusarium* и *Alternaria* зерна у овса с учетом сортовых особенностей и поиск корреляционных связей между интенсивностью инфицирования зерна доминирующими видами грибов и накоплением микотоксинов.

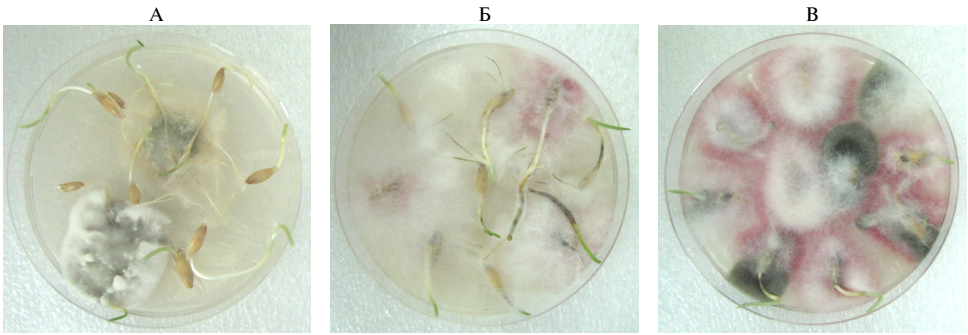
Методика. В 2014 году был проведен анализ зараженности грибами 56 образцов зерна овса, выращенного в пяти областях Северо-Западного региона России: по 7 образцов из Архангельской и Псковской областей, 20 — из Вологодской, 12 — из Ленинградской и 10 — из Новгородской области. Образцы (кроме несортовых или безымянных) относились к 14 сортам: Адамо (n = 1), Аргамак (n = 2), Борец (n = 2), Borrus (n = 15), Кречет (n = 1), Лев (n = 9), ЛОС-3 (n = 2), Скакун (n = 4), Скорпион (n = 1), Теремок (n = 1), Фухс (n = 4), Черниговский (n = 2), Черниговский 83 (n = 1) и Яков (n = 4).

Для изучения зараженности образцов из средней пробы каждого образца не менее 100 зерен после поверхностной стерилизации 70 % этанолом помещали на картофельно-сахарозную агаризованную (КСА) среду и через 10-14 сут учитывали число колоний грибов, выросших из зерновок (21). Видовую принадлежность грибов идентифицировали по определителям (22-24). Зараженность образца зерна грибами (%) рассчитывали как отношение числа зерен, зараженных определенным видом или родом гриба, к общему числу проанализированных зерен. Долю конкретного вида (%) в комплексе патогенов рода *Fusarium* или *Alternaria* в каждом образце определяли как отношение числа зерен, зараженных определенным видом к числу зерен, зараженных любыми видами этого рода.

Статистическую обработку результатов, в том числе расчет коэффициентов корреляции, проводили с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica v. 6.

Результаты. Среди изученных образцов зерна овса, высеваемого в Северо-Западном регионе, самой многочисленной была группа, представленная сортом Borrus (Германия): доля его образцов составила 32 %. Этот сорт районирован в России с 1982 года и до сих пор востребован у производителей сельскохозяйственной продукции благодаря высокой урожайности и толерантности к заболеваниям. Следующим по распространенности оказался сорт Лев (ГНУ Московский НИИСХ «Немчиновка») — 18 %. Сорта Скакун, Фухс и Яков были представлены реже, их доли не превышали 8 %.

Микологический анализ зараженности зерна овса выявил присутствие в микобиоте различных видов грибов, относящихся к родам *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium* и др. Наиболее распространенными среди выявленных микромицетов оказались представители *Fusarium* и *Alternaria* (рис.).



Инфицированность зерна овса различными видами грибов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*, *Epicoccum* (после поверхностной стерилизации, 10 сут на картофельно-сахарозном агаре): А — сорт Borrus (Ленинградская обл.), Б — сорт Скакун (Архангельская обл.), В — сорт Лев (Псковская обл.) (2014 год).

Зараженность грибами *Fusarium* была обнаружена у 88,9 % проанализированных образцов. Средняя зараженность зерна варьировала по областям Северо-Западного региона от 6,1 до 18,7 %. Максимальное значе-

ние этого показателя составило 64,0 %. Грибами рода *Alternaria* были заражены 91,0 % из изученных образцов овса. Средняя зараженность также варьировала по областям — от 1,5 до 48,0 %, максимальное значение достигало 85 % (табл.).

Зараженность зерна овса из различных областей Северо-Западного региона России грибами родов *Fusarium* и *Alternaria*

Область	*Fusarium*			*Alternaria*		
	доля зараженных образцов, %	зараженность зерна, %		доля зараженных образцов, %	зараженность зерна, %	
		средняя ($M \pm m$)	min-max		средняя ($M \pm m$)	min-max
Архангельская	71,4	9,3±10,8	2-27	71,4	1,5±1,4	1-3
Вологодская	100	18,7±14,8	2-64	100	48,0±13,0	24-70
Ленинградская	83,3	6,1±8,5	1-26	91,6	23,7±20,2	1-78
Новгородская	90,0	17,5±17,6	5-40	80,0	24,1±23,3	1-57
Псковская	100	8,7±10,3	1-29	100	42,8±34,6	14-85
Всего по региону	88,9	12,1±14,5	1-64	91,1	32,0±24,0	1-85

Анализ видового состава *Fusarium* выявил, что на зерне овса из всех обследованных областей доминировал гриб *F. poae*. Его доля в комплексе фузариевых грибов составила 73,9 % — в Архангельской, 80,5 % — в Вологодской, 47,8 % — в Ленинградской, 88,0 % — в Новгородской, 59,0 % — в Псковской областях. Относительно слабый патоген *F. poae*, как правило, локализуется в цветковой пленке и не поникает глубоко внутрь зерновки. Однако значительная зараженность этим грибом снижает как кормовые, так и семенные качества зерна. Обычно с высокой частотой *F. poae* встречается именно на овсе (25). Он способен продуцировать трихотеценовый метаболит НИВ, обладающий высокотоксичными свойствами, но ПДК которого в зерне не нормировано. Следующими по встречаемости были виды *F. sporotrichioides* Sherb. и *F. langsethiae*. На территории Архангельской области *F. langsethiae* обнаружен впервые. Все изоляты этого вида были выделены из зерна, выращенного в Вельском районе, пограничном с Вологодской областью, где *F. langsethiae* — типичный представитель фузариевых грибов в зерне (26). В настоящее время его ареал охватывает всю европейскую часть России, что требует проведения тщательного мониторинга Т-2/НТ-2 в получаемом на этой территории урожае.

Кроме этих видов, с низкой частотой на территории Северо-Запада встречались *F. anguioides* Sherb., *F. avenaceum*, *F. graminearum* Schwabe, *F. incarnatum* (Desm.) Sacc., *F. subglutinans* (Wollenw. et Reinking) P.E. Nelson, Toussoun et Marasas, *F. tricinctum* (Corda) Sacc.

По сравнению с грибами *Fusarium*, представители рода *Alternaria* встречались значительно чаще. Доминирующим видом был токсинопродуцирующий *A. tenuissima* (Nees et T. Nees: Fr.) Wiltshire, реже обнаруживался также опасный *A. arborescens* E.G. Simmons. С низкой частотой были обнаружены виды из комплекса *A. infectoria*. Подобный видовой состав и степень зараженности выявлены на зерновых в европейской части России и в предыдущие годы (27-29). Южнее Архангельской области средняя зараженность *Alternaria* колебалась в зависимости от региона, но везде достигала высоких значений (57-85 %). Доля *A. tenuissima* и *A. arborescens* в большинстве случае составляла 66-86 % от общего числа изолятов *Alternaria*.

По зараженности зерна грибами *Fusarium* к группе высоко восприимчивых сортов овса, возделываемых на северо-западе России, были отнесены Лев, Адамо, Яков, Кречет, средняя зараженность зерна которых превышала 20 %. Также отмечена достоверно более высокая зараженность грибами *Alternaria* сорта Лев по сравнению с остальными проанализированными сортами ($p \leq 0,05$).

Ранее сообщалось о выявлении разных количеств микотоксинов в зерне исследованных образцов овса из всех областей (10). Так, образуемые грибами *Fusarium* Т-2/НТ-2 токсины были обнаружены в 60,7 % образцов. Превышение ПДК этих микотоксинов зафиксировали в пяти образцах зерна из Вологодской (Вологодский, Грязовецкий, Тотемский р-ны), Ленинградской (Ломоносовский р-н) и Новгородской областей (Шимский р-н). По нашим данным, за контаминацию зерна Т-2/НТ-2 в большей мере был ответствен *F. langsethiae*. Коэффициент корреляции между зараженностью зерна *F. langsethiae* и содержанием этих микотоксинов оказался положительным и составил 0,7 ($p \leq 0,05$). Достоверной связи между присутствием *F. sporotrichioides* — широко распространенного продуцента Т-2/НТ-2 и количеством этих микотоксинов в зерне не выявлено. Микотоксин ДОН был выявлен в 62,5 % проанализированных образцов овса (10), причем превышение ПДК зафиксировано только в двух образцах: у сорта Borrus (Хвойнинский р-н, Новгородская обл.) и сорта Скакун (Устьянский р-н, Архангельская обл.) — соответственно 1159 и 1990 мкг/кг. Основными продуцентами ДОН были *F. graminearum* и *F. culmorum*. Гриб *F. graminearum*, который ранее рассматривался как типичный патоген зерновых, возделываемых в теплом и влажном климате, впервые выявлен нами сравнительно недавно на территории северо-запада России (30). Проблема появления опасных патогенов и их адаптация на новых территориях приобретает особую важность в связи с потеплением климата (31). Тем самым еще раз подтверждается необходимость проведения тщательной фитоэкспертизы семян для предотвращения заноса в новые регионы нехарактерных для них вредоносных видов организмов.

Установлено, что 29 % этих образцов овса содержали АОЛ (10). Значительное количество этого метаболита отмечали в зерне из Новгородской (Хвойнинский р-н) и Псковской (Печорский р-н) областей — соответственно 1159 и 1545 мкг/кг. Достоверной связи между контаминацией АОЛ и зараженностью зерна видами *Alternaria* по отдельности и всеми вместе не выявили.

Рост грибов и образование микотоксинов протекает с разной интенсивностью и в значительной степени зависит от ряда факторов (вид и штамм гриба, генотип растения-хозяина, сроки инфицирования и условия окружающей среды). Кроме того, сосуществование разнообразных, в том числе токсинопродуцирующих, микроорганизмов на одном богатом питательными веществами субстрате предполагает различные типы их взаимоотношений. Помимо непосредственной конкуренции за питательные вещества и жизненное пространство, взаимодействие организмов может приводить к изменению метаболической активности и оказывать влияние на образование микотоксинов (32, 33). Оценка взаимовлияния компонентов микобиоты на качество получаемого зерна — приоритетное направление современных исследований. Тщательный мониторинг видового состава патогенов на зерновых культурах позволяет отследить появление новых опасных видов грибов, продуцирующих токсины, и предотвратить снижение качества кормов и продуктов питания.

Таким образом, мы оценили зараженность 56 образцов зерна овса (*Avena sativa* L.) у 14 сортов (Адамо, Аргамак, Борец, Borrus, Кречет, Лев, ЛОС-3, Скакун, Скорпион, Теремок, Фухс, Черниговский, Черниговский 83 и Яков, а также несортовые или безымянные образцы) из пяти областей (Архангельская, Псковская, Вологодская, Ленинградская и Новгородская) грибами *Fusarium* и *Alternaria*. Рассчитывали зараженность образца зерна грибами и долю конкретного вида (%) в комплексе патогенов рода

Fusarium или *Alternaria* в каждом образце. Микологический анализ выявил присутствие в микобиоте различных видов грибов, относящихся к родам *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium* и др. Наиболее распространенными оказались грибы *Fusarium* и *Alternaria*. Зараженность грибами рода *Fusarium* обнаружена у 88,9 % образцов овса (средняя зараженность зерна варьировала от 6,1 до 18,7 %, максимальное значение составило 64,0 %), грибами *Alternaria* — у 91,0 % образцов (от 1,5 до 48,0 %, максимальное значение — 85,0 %). С наибольшей частотой среди фузариевых грибов встречались три вида *F. poae*, *F. sporotrichioides* и *F. langsethiae* — продуценты трихотеценовых микотоксинов. С низкой частотой встречаемости на территории Северо-Западного региона были выявлены *F. anguioides*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. subglutinans*, *F. tricinctum*. Гриб *F. langsethiae* впервые обнаружен на территории Архангельской области — в самой северной точке ареала этого вида на территории России. Показана высокая положительная связь между выявлением *F. langsethiae* и Т-2/НТ-2 токсинов в зерне. Грибы рода *Alternaria* в основном были представлены видами *A. tenuissima* и *A. arborescens* (66-86 % от общего числа изолятов *Alternaria*). По зараженности зерна грибами *Fusarium* к группе высоко восприимчивых сортов овса были отнесены Лев, Адамо, Яков, Кречет (средняя зараженность более 20 %). Отмечена также достоверно более высокая зараженность грибами *Alternaria* у сорта Лев по сравнению с другими сортами овса. Изучение взаимовлияния компонентов микобиоты на качество получаемого зерна следует рассматривать как приоритетное направление современных исследований. Кроме того, чтобы отследить появление новых опасных продуцирующих токсины видов грибов и предотвратить снижение качества кормов и продуктов питания, необходим тщательный мониторинг видового состава патогенов на зерновых культурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Decker E.A., Devin J., Rose D.J., Stewart D. Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits. British Journal of Nutrition, 2014, 112: S58-S64 (doi: 10.1017/S000711451400227X).
2. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». М., 2002.
3. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Буркин А.А., Кононенко Г.П. Зараженность грибами рода *Fusarium* и контаминация микотоксинами зерна овса и ячменя на севере Нечерноземья. Сельскохозяйственная биология, 2009, 6: 89-93.
4. Bernhoft A., Clasen P.E., Kristoffersen A.B., Torp M. Less *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals. Food Additives and Contaminants, 2010, 27: 842-852 (doi: 10.1080/19440041003645761).
5. Lindblad M., Börjesson T., Hietaniemi V., Elen O. Statistical analysis of agronomical factors and weather conditions influencing deoxynivalenol levels in oats in Scandinavia. Food Additives and Contaminants, 2011, 29(10): 1566-1571 (doi: 10.1080/19440049.2011.647335).
6. Fredlund E., Gidlund A., Sulyok M., Börjesson Th., Krska R., Olsen M., Lindblad M. Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in Swedish oats — occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. International Journal of Food Microbiology, 2013, 167: 276-283 (doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.026).
7. Twaruzek M., Blajet-Kosicka A., Wenda-Piesik A., Palubicki J., Grajewski J. Statistical comparison of *Fusarium* mycotoxins content in oat grain and related products from two agricultural systems. Food Control, 2013, 34: 291-295 (doi: 10.1016/j.foodcont.2013.05.010).
8. Jani Hajnal E., Orčić D., Torbica A., Kos J., Mastilovi J., Škrinjar M. *Alternaria* toxins in wheat from the Autonomous Province of Vojvodina, Serbia: a preliminary survey. Food Additives and Contaminants: Part A, 2015, 32(3): 361-370 (doi: 10.1080/19440049.2015.1007533).
9. Буркин А.А., Кононенко Г.П. Иммуноферментный анализ альтернариола. Иммунопатология, аллергология, инфектология, 2010, 1: 187.

10. Буркин А.А., Кононенко Г.П., Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю. Микотоксикологическое обследование зерна овса и продуктов его переработки. Современная микология в России, 2015, 5: 221-223.
11. Ostry V. *Alternaria* mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs. World Mycotoxin, 2008, 1: 175-188 (doi: 10.3920/WMJ2008.x013).
12. Logrieco A., Moretti A., Solfrizzo M. *Alternaria* toxins and plant diseases: an overview of origin and occurrence. World Mycotoxin, 2009, 2: 129-140 (doi: 10.3920/WMJ2009.1145).
13. Scott P.M., Zhao W., Feng S., Lau B.P.-Y. *Alternaria* toxins alternariol and alternariol monomethyl ether in grain foods in Canada. Mycotoxin Research, 2012, 28: 261-266 (doi: 10.1007/s12550-012-0141-z).
14. Vučković J.N., Brkljača J.S., Bodroža-Solarov M.I., Bagi F.F., Stojšin V.B., Ćulafić J.N., Aćimović M.G. *Alternaria* spp. on small grains. Food and Feed Research, 2012, 39(2): 79-88.
15. Ostry V., Skarkova J., Nedelnik J., Ruprich J., Moravcova H. Occurrence of *Alternaria* and *Fusarium* mycotoxins in winter wheat from domestic crop in year 2003. Mycotoxin Research, 2005, 21(1): 23-25 (doi: 10.1007/BF02954809).
16. Lehmann L., Wagner J., Metzler M. Estrogenic and clastogenic potential of the mycotoxin alternariol in cultured mammalian cells. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44: 398-408 (doi: 10.1016/j.fct.2005.08.013).
17. Fleck S.C., Burkhardt B., Pfeiffer E., Metzler M. *Alternaria* toxins: Altertoxin II is a much stronger mutagen and DNA strand breaking mycotoxin than alternariol and its methyl ether in cultured mammalian cells. Toxicology Letters, 2012, 214: 27-32 (doi: 10.1016/j.toxlet.2012.08.003).
18. Andersen B., Frisvad J.C. Natural occurrence of fungi and fungal metabolites in moldy tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(25): 7507-7513 (doi: 10.1021/jf048727k).
19. Andersen B., Thrane U. Differentiation of *Alternaria infectoria* and *Alternaria alternata* based on morphology, metabolite profiles, and cultural characteristics. Canadian Journal of Microbiology, 1996, 42: 685-689 (doi: 10.1139/m96-093).
20. Кононенко Г.П., Буркин А.А. О контаминации фузариотоксинами зерна злаков, используемых на кормовые цели. Сельскохозяйственная биология, 2009, 4: 89-93.
21. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. Фузариоз зерновых культур. Защита и карантин растений, 2011, 5: 69-120.
22. Gerlach W., Nirenberg H. The genus *Fusarium* — a pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Berlin-Dahlem, Land Forstwirtsch, 1982.
23. Simmons E.G. *Alternaria*. An Identification Manual. Utrecht, CBS, 2007.
24. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. Метод. пос. /Под ред. М.М. Левитина. СПб, 2011.
25. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П. Особенности поражения овса фузариозом (обзор). Сельскохозяйственная биология, 2011, 6: 3-10.
26. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium*. Биосфера, 2014, 6(1): 36-45.
27. Ганнибал Ф.Б. Мелкоспоровые виды рода *Alternaria* на злаках. Микология и фитопатология, 2004, 38(3): 19-28.
28. Ганнибал Ф.Б. *Alternaria* spp. в семенах зерновых культур в России. Микология и фитопатология, 2008, 42(4): 359-368.
29. Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б., Гаврилова О.П. Зараженность зерна пшеницы грибами *Fusarium* и *Alternaria* на юге России в 2010 году. Защита и карантин растений, 2012, 1: 37-41.
30. Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Буркин А.А., Кононенко Г.П. Фузариоз зерновых культур на Волосовском государственном сортоучастке Ленинградской области. Вестник защиты растений, 2009, 3: 37-43.
31. Левитин М.М. Изменение климата и прогноз развития болезней растений. Микология и фитопатология, 2012, 46(1): 14-19.
32. Kosiak B., Torp M., Skjerve E., Andersen B. *Alternaria* and *Fusarium* in Norwegian grains of reduced quality — a matched pair sample study. International Journal of Food Microbiology, 2004, 93(1): 51-62 (doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.10.006).
33. Müller M.E.H., Urban K., Köppen R., Siegel D., Korn U., Koch M. Mycotoxins as antagonistic or supporting agents in the interaction between phytopathogenic *Fusarium* and *Alternaria* fungi. World Mycotoxin Journal, 2015, 8(3): 311-321 (doi: 10.3920/WMJ2014.1747).

ФГБНУ Всероссийский НИИ защиты растений,
196608 Россия, г. Санкт-Петербург—Пушкин, ш. Подбельского, 3,
e-mail: olgavrilova1@yandex.ru, phbgannibal@yandex.ru,
t.gagkaeva@yahoo.com

Поступила в редакцию
7 июля 2015 года

Fusarium AND *Alternaria* FUNGI IN GRAIN OF OATS GROWN IN THE NORTH-WESTERN RUSSIA REGARDING CULTIVAR SPECIFICITY

O.P. Gavrilova, Ph.B. Gannibal, T.Yu. Gagkaeva

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Federal Agency of Scientific Organizations, 3, sh. Podbel'skogo, St. Petersburg, 196608 Russia, e-mail olgavrilova1@yandex.ru, phbgannibal@yandex.ru, t.gagkaeva@yahoo.com
Acknowledgements:
Supported by Russian Science Foundation, grant № 14-16-00072
Received July 7, 2015 doi: 10.15389/agrobiology.2016.1.111eng

Abstract

Oat (*Avena sativa* L.) is widely cultivated in a moist, cool climate and it is important crop particularly in Northern Europe. The most general usage of oat is for livestock feed. However, oat consumption as human food has recently increased, perhaps due to its reported health benefits. The abundance and species composition of the microbiota are the important factors in determining the quality of the grain. *Fusarium* fungi produce toxic metabolic products called mycotoxins. Mycotoxin contamination of food commodities can affect both human and animal health. Species of the genus *Alternaria* have rather less significance as the pathogens of cereals and sources of grain contamination. The aim of this study was to evaluate the natural infestation by *Fusarium* and *Alternaria* fungi of oat grain harvested in 2014 in the northwestern Russia. Asymptomatic seeds of 56 oat samples harvested in five provinces of the northwestern Russia (7 samples from Arkhangelsk and Pskov provinces, 20 samples from Vologda Province, 12 samples from Leningrad province and 10 samples from Novgorod Province) were assayed for the presence of filamentous fungi. Grain samples (except for a few unnamed) belonged to 14 varieties (Adamo, Argamak, Borets, Borrus, Krechet, Lev, LOS 3, Skakun, Scorpion, Teremok, Fukhs, Chernigovskiy, Chernigovskiy 83 and Yakov). Seeds were surface sterilized and placed on Petri dishes with Potato-dextrose agar (PDA). The resulting fungal colonies from each kernel were isolated and identified based on cultural and morphological features. Fungal contamination and the percentage of species belong to *Fusarium* or *Alternaria* fungi (%) were calculated in each sample. Mycological analysis revealed presence of different species of fungi belonging to the genera *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Penicillium*, and others. The main representatives of mycobiota were *Fusarium* and *Alternaria* fungi. Infection of *Fusarium* fungi was detected in 88.9 % analyzed oat samples (average grain infestation in different regions ranged from 6.1 to 18.7 %, the maximum value was 64.0 %). *Alternaria* fungi were found in 91.0 % grain samples (average infestation ranged 1.5 to 48.0 %, the maximum value was 85.0 %). Among *Fusarium* fungi the *F. poae*, *F. sporotrichioides* and *F. langsethiae* which belong to trichothecene-producing species were detected with the highest frequency. A number of species, such as *F. anguioides*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. incarnatum*, *F. subglutinans*, and *F. tricinctum*, were low-frequent. For the first time *F. langsethiae* was found on the territory of Arkhangelsk Province which is the most northern border of this fungus areal in Russia. The high positive correlation between portion of grains damaged by *F. langsethiae* and accumulation of T-2/HT-2 toxins was found. Fungi of *Alternaria* genus were mainly presented by toxin-producing species *A. tenuissima* and *A. arborescens* (66-86 % of the total number of *Alternaria* isolates). Cultivars Lev, Adamo, Yakov, Krechet were the most infected by *Fusarium* (an average infestation rate was more than 20 %). The significantly higher grain infection by *Alternaria* fungi was detected in cultivar Lev in comparison with another analyzed oat cultivars. The obtained data are in line with earlier reported results of toxicological analysis (A.A. Burkin et al., 2015) in which the presence of mycotoxins in the grain from all provinces of the northwestern Russia was revealed, particularly T-2/HT-2 toxins were found in 60.7 % of samples, deoxynivalenol was detected in 62.5 % and alternariol was presented in 29.0 % of the tested oat samples.

Keywords: oats, cultivars, infection, mycotoxins, *Fusarium* and *Alternaria* fungi.

Книги издательства «Беларуская навука»:

Чирик Д.П., Степанова Н.В. Биолого-агрономические аспекты возделывания овсяно-люпиновых смесей на зеленую массу и силос. Минск: изд-во «Беларус. навука», 2011, 136 с. (ISBN 978-985-08-1350-3).

В монографии обобщены результаты научных исследований по возделыванию овсяно-люпиновых смесей на зеленый корм и силос: подбор наименее конкурирующих за факторы роста компонентов смешанного агроценоза; изучение динамики накопления биомассы компонентами в смеси; оценка конкурентных отношений компонентов за факторы роста; установление оптимальных конструкций агроценоза и соотношения компонентов в смеси; определение оптимальной дозы азота под смесь; установление эффективности инокуляции семян люпина, используемых для посева в смеси с овсом, препаратом Сапронит.