

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Проведен анализ распространения фузариоза зерна яровой пшеницы репродукции 2007 года южной лесостепной природно-сельскохозяйственной зоны Республики Башкортостан. Выявлены виды *Fusarium sporotrichioides*, *Fusarium poae*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium tricinctum*, *Fusarium sambucinum*, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium equiseti*. Средняя зараженность зерна составила 12,7%. По частоте встречаемости доминировали виды *F. sporotrichioides* и *F. poae*. Степень зараженности зерна различалась по районам зоны. Самой высокой она была на семенах сортов Омская-35, Башкирская-24 и Казахстанская-10. По сравнению с прошлым десятилетием наметилась тенденция возрастания распространенности фузариоза зерна, а также смена видового разнообразия вызывающих его грибов рода *Fusarium*.

В настоящее время отмечают возросшую роль микроскопических грибов в патологии человека, при этом отчетливо обозначилась тенденция увеличения поражений, вызываемых их токсинами. Эти микроорганизмы, отличающиеся между собой по морфологическим признакам, способам размножения и питания, циклам развития и местообитания, а также по степени патологического воздействия на организм человека и животных, образуют обширную и гетерогенную группу. В сельском хозяйстве известно свыше 350 видов токсигенных грибов, поражающих культурные растения, и более 300 образуемых ими токсинов [1]. Заражая сельскохозяйственные культуры, эти грибы загрязняют зерно отравляющими веществами и часто снижают также продуктивность растений на 40-50%.

Наиболее опасными фитопатогенными токсинообразующими грибами являются виды рода *Fusarium*. Поражая генеративные органы злаковых культур, они не только заражают зерно и загрязняют его токсинами в период вегетации, но и продолжают развитие на зерне при хранении, многократно увеличивая содержание в нем фузариотоксинов. Среди них широко распространены дезоксиниваленол (вомитоксин, ДОН) и зеараленон, а также Т-2 токсин с выраженными токсическими свойствами [2, 3]. В большинстве регионов мира дезоксиниваленол и Т-2 токсин выявляют в качестве контаминантов зерна, в первую очередь пшеницы [4-8]. Наряду с образованием ДОН и Т-2 токсина грибы рода *Fusarium* способны продуцировать и другие трихотеценовые микотоксины [9], которых более 190, из них опасными считаются 10.

В последние годы найдены новые фузариотоксины [9]: вортманин (продуценты

F. avenaceum, *F. oxysporum*, *F. sambucinum*) – модифицированный стероид, вызывающий проявление геморрагических симптомов у лабораторных животных; фузарохроманы (продуцент *F. equiseti*), вызывающие у птиц симптомы тибиальной дисхондроплазии; фумонизины (продуцент *F. moniliforme*) – смешанные полиэферы высших поликислот, проявляющие мутагенную активность и, как полагают, ответственные за развитие лейкоэнцефаломии у сельскохозяйственных животных.

К наиболее распространенным алиментарным микотоксикозам людей и животных относятся фузариотоксикозы: споротрихиеллотоксикоз (вызывают *F. sporotrichioides* и *F. poae*), фузариограминеротоксикоз (*F. graminearum* и *F. culmorum*), фузарионивалетоксикоз (*F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. nivale*). Все они характеризуются поражением желудочно-кишечного тракта, кроветворных и иммунокомпетентных органов [19].

Согласно В.Д. Недорезкову (2002), в последние годы в Республике Башкортостан, как и в некоторых других регионах России, ухудшилось фитосанитарное состояние посевов, возрос ущерб от болезней растений, в том числе и от фузариоза. По данным семенных инспекций России, 80% партий семян зерновых культур заражено фузариозом [12]. В результате проведенного многолетнего мониторинга товарных партий семенного, пищевого и фуражного зерна установлено, что 60% из них были поражены фузариозом, а 12% содержали фузариотоксины в регистрируемых количествах. Это выводит товарное зерно не только из категории продовольственного, но и делает его непригодным для кормовых целей.

На основании вышеизложенного целью исследований явилась оценка зараженности зерна яровой пшеницы фузариозом в одной из основных зерносеющих зон Республики Башкортостан – южной лесостепи, а также выявление доминирующих видов этих грибов.

Материалы и методы исследования

Образцы зерна пшеницы были получены из южной лесостепной природно-климатической зоны республики – одной из наиболее благоприятных для получения зерна яровой пшеницы [12]. Семена отбирали в следующих районах (с севера на юг зоны): Илишевский, сорта Омская-35 и Казахстанская-10; Дюртюлинский – Омская-35, Башкирская-24, Воронежская-12, Казахстанская-10, Ирень, Жница; Кушнаренковский – Казахстанская-10; Уфимский – Омская-35; Кармаскалинский – Омская-35, Башкирская-24, Башкирская-26, Казахстанская-10, Симбирка. Отбор колосьев на посевах пшеницы проводился случайным образом по диагонали поля в фазу полной спелости (август – сентябрь).

Фитоэкспертизу проводили в сентябре-ноябре. Для выделения грибов рода *Fusarium* из семян использовали метод Н.А. Наумовой (1970) и J. de Tempe (1961): из средней пробы исследуемого образца (50 г) анализировали 100 семян. Их промывали под струей водопроводной воды в течение 2 часов, затем поверхностно дезинфицировали 1 минуту 0,1%-ным раствором азотнокислого серебра и тщательно промывали в стерильной воде. Затем просушивали между слоями стерильной фильтровальной бумаги и раскладывали по 10 штук в чашки Петри на поверхность картофельно-сахарозного агара (КСА). Чашки инкубировали при температуре 23-25 °С с 12-часовым фотопериодом. На 5-7-е сутки учитывали зараженность семян видами грибов *Fusarium* (количество инфицированных зерновок, приходящихся на 100 семян образца). Затем колонии грибов отсеивали в стерильные чашки на поверхность КСА или агара Чапека. Виды грибов идентифицировали на 15-е или 30-е сутки. Видовое название грибов приведено в соответствии с определителями Х. Ниренберг (1982) и К. Буса (1979).

Зараженность семян образцов тем или иным видами гриба определяли по количеству инфицированных ими зерновок, приходящих-

ся на 100 семян образца. Частоту встречаемости (распространенность) видов учитывали по количеству семян образца, в которых встречался данный вид [17]. Для каждого изученного образца устанавливали процентное соотношение видов.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа зараженности семян яровой пшеницы грибами рода *Fusarium* и их преобладающие виды в южной лесостепи Республики Башкортостан в 2007 г. приведены в таблице 1. В ходе исследования выявлено, что средняя зараженность семян видами *Fusarium* в этой природно-сельскохозяйственной зоне составила 12,7%. Наибольшая зараженность наблюдалась в районах: Кушнаренковский (сорт Казахстанская-10, 36%), Дюртюлинский (сорта Омская-35, 21% и Башкирская-24, 19%), Кармаскалинский (сорт Омская-35, 17%). По данным литературы известно, что в 1990-е годы зараженность семян пшеницы фузариозом в Республике Башкортостан колебалась от 0,4% до 6,0% [10]. Наши же результаты свидетельствуют о существенном увеличении заселенности семян яровой пшеницы грибами этого рода.

Зараженность зерна зависела от сорта пшеницы. Так, семена сортов Омская-35 и Башкирская-24 в хозяйствах Дюртюлинского и Кармаскалинского районов более всего были заселены фузариями, соответственно на 21% и 19%, 17% и 13%, а сортов Казахстанская-10, Ирень, Жница – только до 8%.

В целом среди видового разнообразия преобладали *F. sporotrichioides* и *F. poae*, которые относятся к особо опасным токсинообразующим грибам, так как продуктом их метаболизма является Т-2 токсин. Распространены также виды *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. acuminatum*. Встречались виды *F. tricinctum*, *F. sambucinum*, *F. subglutinans*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*. Согласно данным Е.А. Пирязевой (2001), в 1990-е годы на фуражном зерне Уральского региона в качестве преобладающего кроме *F. poae* был обнаружен вид *F. avenaceum*.

Во всех обследованных районах преобладала скрытая форма заражения зерновок (внешне здоровые, всхожие, хорошо выполненные семена, имели нормальный блеск, налет гриба отсутствовал; фузариозная инфекция была локализована преимущественно в плодовой и се-

Таблица 1. Распространенность фузариоза в зерне яровой пшеницы в южной лесостепи Республики Башкортостан

| Район | Сорт | Зараженность образца, % | Доминирующие виды |
|------------------|------------------|-------------------------|--|
| Илишевский | Омская-35 | 17 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> |
| | Казахстанская-10 | 3 | <i>F. sporotrichioides</i> |
| Дюртюлинский | Омская-35 | 21 | <i>F. avenaceum</i> <i>F. graminearum</i> |
| | Башкирская-24 | 19 | <i>F. avenaceum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> |
| | Воронежская-12 | 11 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. graminearum</i> |
| | Казахстанская-10 | 8 | <i>F. poae</i> <i>F. acuminatum</i> |
| | Ирень | 6 | <i>F. acuminatum</i> |
| | Жница | 4 | <i>F. acuminatum</i> |
| Кушнаренковский | Казахстанская-10 | 36 | <i>F. avenaceum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. sporotrichioides</i> |
| Уфимский | Омская-35 | 12 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> |
| Кармаскалинский | Омская-35 | 17 | <i>F. poae</i> |
| | Башкирская-24 | 13 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> <i>F. acuminatum</i> |
| | Башкирская-26 | 11 | <i>F. sporotrichioides</i> |
| | Симбирка | 9 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> |
| | Казахстанская-10 | 4 | <i>F. sporotrichioides</i> <i>F. acuminatum</i> |
| Среднее значение | | 12,7 | |

Таблица 2. Встречаемость основных токсинообразующих грибов в исследованных образцах (в%)

| Район | Сорт | <i>F. poae</i> | <i>F. sporotrichioides</i> | <i>F. culmorum</i> | <i>F. graminearum</i> | <i>F. avenaceum</i> | Другие виды |
|------------------|------------------|----------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------|
| Илишевский | Омская-35 | 37,5 | 62,5 | - | - | - | - |
| | Казахстанская-10 | - | 66,7 | - | - | - | 33,3 |
| Дюртюлинский | Омская-35 | 14,3 | 14,3 | - | 28,6 | 19,0 | 23,8 |
| | Башкирская-24 | - | - | 15,8 | 31,6 | 15,8 | 36,8 |
| | Казахстанская-10 | 12,5 | - | - | 25,0 | 12,5 | 50,0 |
| | Ирень | 16,7 | 16,7 | - | 33,4 | - | 33,2 |
| | Жница | 25,0 | - | - | - | - | 75,0 |
| | Воронежская-12 | - | 18,2 | - | 27,3 | 9,1 | 45,4 |
| Кушнаренковский | Казахстанская-10 | 2,6 | 10,5 | 10,5 | 6,57 | 27,6 | 42,2 |
| Уфимский | Омская-35 | 66,6 | 25,0 | - | - | - | 8,4 |
| Кармаскалинский | Омская-35 | 29,4 | 11,7 | - | 5,9 | 11,7 | 41,3 |
| | Башкирская-26 | - | 91,0 | - | - | 9,0 | - |
| | Казахстанская-10 | - | 25,0 | - | - | - | 75,0 |
| | Симбирка | 33,4 | 44,4 | - | - | - | 22,2 |
| | Башкирская-24 | 7,7 | 23,0 | - | - | 15,4 | 53,9 |
| Среднее значение | | 16,4 | 27,3 | 1,75 | 10,5 | 8,0 | 36,1 |

менной оболочках). На зерне пшеницы сорта Казахстанская-10 из Кушнаренковского района помимо скрытой формы заражения семян наблюдалась и явная пораженность (формирование розового налета со спороношением гриба, побеление колосков и зерновок, разная степень ее деформации).

По данным литературы известно [10], что при инокуляции растений пшеницы в период цветения грибами *F. graminearum*, *F. culmorum* и *F. avenaceum* развивается явная форма болезни, тогда как виды секции *Sporotrichiella* – *F. poae*, *F. sporotrichioides* и *F. tricinctum* вызывают преимущественно скрытую форму, с незначительным количеством деформированных и белесых зерен. При микроскопировании выделенных грибов на зерне сорта Казахстанская-10 было установлено доминирование таких видов, как *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* и *F. sporotrichioides* (таблица 2).

Для каждого изученного образца мы установили процентное соотношение основных возбудителей фузариоза зерна, составляющих основу патогенного комплекса на яровой пшенице (*F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. graminearum* и *F. avenaceum*). Среди данных видов доминирующее положение занимали два: *F. sporotrichioides* и *F. poae* (таблица 2); частота встречаемости их в партиях зерна составляла 82% (из 17 анализированных образцов встречался в 14 образцах) и 70% (в 12 образцах) соответственно. В среднем зараженность яровой пшеницы в южной лесостепи грибом *F. sporotrichioides* составила 27,3%, *F. poae* – 16,4%.

Вторая, умеренная по частоте встречаемости группа фузариев – *F. avenaceum* (47%, в 8 образцах) и *F. graminearum* (41,2%, в 7 образцах). Средняя зараженность зерна этими грибами составила 8,0% и 10,5% соответственно. Минимальная частота встречаемости обнаружена у вида *F. culmorum* (11,7%, в 2 образцах).

Самая высокая зараженность яровой пшеницы грибом *F. sporotrichioides* наблюдалась в Кармаскалинском (сорт Башкирская-26, 91% и Симбирка, 44,4%) и Илишевском районах (сорт Омская-35, 62,5% и Казахстанская-10, 66,7%). Менее всего данным грибом было заражено зерно сорта Казахстанская-10 (9,2%) Кушнаренковского района. Высокая распространенность *F. poae* обнаружилась в Уфимском районе на сорте Омская-35 (66,6%), а самая низкая – в

Кушнаренковском районе на сорте Казахстанская-10 (2,6%).

Вид *F. graminearum* доминировал на зерновках пшеницы трех сортов Дюртюлинского района – Ирень (33,4%), Башкирская-24 (31,6%) и Омская-35 (28,57%), а *F. avenaceum* – на сортах Казахстанская-10 (Кушнаренковский район, 27,6%) и Омская-35 (Дюртюлинский район, 19,05%).

В Илишевском и Уфимском районах на всех сортах были выявлены только два основных токсинообразующих вида – *F. sporotrichioides* и *F. poae* без видимых признаков болезни (скрытая зараженность). *F. culmorum* обнаружился всего на двух сортах и в двух районах – Дюртюлинском и Кушнаренковском. В этих же районах было выделено большинство видов фузариев (таблица 2). В данных районах помимо скрытой формы проявления болезни присутствует и в немалой степени явная форма.

Все основные токсинообразующие виды кроме *F. culmorum* были выделены из зерновок сорта Омская-35. Также слабоустойчивым к фузариозной болезни оказался сорт Башкирская-24. Самая высокая зараженность семян пшеницы составила 36% (Кушнаренковский район), а наименьшая – 3% (Илишевский район). Таким образом, средняя зараженность составила 12,7% и по сравнению с данными 1990-х годов возросла в 4 раза. Это может быть связано с расширением масштабов передвижения семенного материала между регионами и снижением эффективности контроля над развитием болезней зерна.

Таким образом, в южной лесостепи Республики Башкортостан по распространенности в зерне пшеницы доминирующее положение занимали два вида фузариев: *F. sporotrichioides* и *F. poae*, вызывающие скрытую форму заражения семян. Вторая по частоте встречаемости группа возбудителей фузариоза – *F. avenaceum* и *F. graminearum*, продуценты ДОН и ниваленола, вызывающие явную форму проявления болезни. Это свидетельствует о том, что в основной зерносеющей зоне республики может наблюдаться не только скрытая, но и в достаточном количестве явная форма фузариоза зерна. По сравнению с прошлым десятилетием, когда явная зараженность зерна не превышала 1-2% [18], наметилась тенденция ее возрастания на колосе, так же как и смена видовой разнообразия грибов рода *Fusarium*, поражающих семена яровой пшеницы.

Список использованной литературы:

1. Кудярова Р.Р. Микотоксины. Проблемы и перспективы развития инновационной деятельности в агропромышленном производстве // Материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XVII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2007». – Уфа: Башкирский ГАУ, 2007. – Ч. 2. – С. 79.
2. Тутельян В.А., Кравченко Л.В. Микотоксины (медицинские и биологические аспекты). – М.: Медицина, 1985. – 319 с.
3. IARC. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins / IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human. – V.56. – Lyon, 1993.
4. Ueno Y., Tanaka T. Worldwide occurrence of *Fusarium* micotoxins in cereal and foods / Joint FAO/WHO/UNEP Second International Conference on Mycotoxins – Bangkok, Thailand, 1987. – P.1-8.
5. Scott P.M. The natural occurrence of tricothecenes / Tricothecene mycotoxicosis: Pathophysiologic effects (ed. V.R. Beasley). – CRC Press Inc., Boca Raton, FL, 1989. –V.I. – P.2–26.
6. Scott P.M. Tricothecenes in grains // Cereal Foods World. – 1990. – V.35. – No7. – P.661– 666.
7. Scott P.M. Multi-year monitoring of Canadian grains and grain-based foods for tricothecenes and zearalenone // Food Addit. Contam. – 1997. – V.14. – No4. – P.333–339.
8. Tutelyan V.A., Eller K.I., Sobolev V.S. et. al. A survey of the occurrence of deoxynivalenol in wheat from 1986–1988 harvests in the USSR // Food Addit. Contam. – 1990. – V.7. – No4. – P.521–525.
9. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П., Назаровская Л.А. Фузариоз колоса хлебных злаков. – СПб. – Пушкин: ВИЗР, 2004. – 164 с.
10. Иващенко В.Г., Шипилова Н.П. Грибы рода *Fusarium* на семенах хлебных злаков в основных зерновых регионах России. – СПб. – Пушкин: ВИЗР, 2004. – 20 с.
11. Недорезков В.Д. Биологическая защита пшеницы в условиях Южного Урала. – М.: Изд-во МСХА, 2002. – 173 с.
12. Монастырский О.А., Алябьева Н.Н. Способность сортов пшеницы, тритикале и ячменя накапливать в зерне фузариотоксины // Защита и карантин растений. – 2007. – №10. – С. 19-21.
13. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – Л.: Колос, 1970. – 208 с.
14. de Tempe J.. International Seed-testing Association. Handbook of seed health-testing. – Wagenengen, 1961. – S1.
15. Gerlach W, Nirenberg H. The Genus *Fusarium* – a pictorial atlas-mitteilungen aus der biologischen bundesanstalt für land- und forstwirtschaft. – Berlin: Springer-Verlag, 1982. – Heft 209. – 406 s.
16. Booth C. The Genus *Fusarium* of Commonwealth Mycological. – Inst. Kew, Surrey: England, 1979. – 237 p.
17. Чумаков А.Е. Методы учета болезней растений. – Указатель болезней сельскохозяйственных растений. – Л.: ВИЗР, 1971. – Вып. 1. – С. 5-14.
18. Пирязева Е.А. Санитарно-микотоксикологическая характеристика зернофуража Уральского и Западно-Сибирского регионов / Автореф. дисс. канд. биол. наук. – М., 2001. – 18 с.
19. Билай В.И., Пидопличко Н.М. Токсинообразующие микроскопические грибы. Микотоксикозы. – Киев: Наукова Думка, 1970. – 126 с.