

УДК 582:288.45:633.1(471.32)

## ЗАРАЖЕННОСТЬ ЗЕРНА И ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* НА ТЕРРИТОРИИ РФ В 2004—2006 ГОДАХ

Т.Ю. Гагкаева, М.М. Левитин, Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, С.С. Санин, Л.Н. Назарова, Всероссийский НИИ фитопатологии

Фузариозы зерновых культур относятся к числу наиболее опасных заболеваний растений. Главная особенность грибов рода *Fusarium* заключается в их способности накапливать продукты жизнедеятельности, большинство из которых токсичны для теплокровных. Микотоксины образуются, когда грибы заражают зерновые культуры в поле, в собранном урожае, при хранении, а также при переработке зерна. Среди них такие опасные для человека и животных трихотеценовые токсины, как дезоксиниваленол (ДОН), ниваленол, Т-2 токсин, НТ-2, диацетоксисцирпинол (ДАС), зеараленон, монилиформин, фумонизины и др. Интоксикация трихотеценовыми микотоксинами сопровождается поражением желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой и нервной систем. Лабораторные исследования на клеточных тканях животных показали, что низкие концентрации этой группы токсинов обладают мутагенным действием, индуцируют хромосомные изменения, влияют на биосинтез белка [19]. Гистологические изменения касаются, прежде всего, тканей с активно делящимися клетками — лимфатического аппарата, селезенки, костного мозга — и аналогичны изменениям, возникающим при воздействии рентгеновского облучения [17, 20].

около 20 различных видов грибов рода *Fusarium*. При благоприятных условиях такие виды, как *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, формируют отчетливо заметное спороношение на колосковых чешуйках. Наличие таких симптомов служит четким маркером существования неблагоприятной ситуации с зараженностью зерна (рис. 1). Ряд видов (*F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. tricinctum*), а также комплекс грибов *Gibberella fujikuroi* образуют слабо заметные или нетипичные симптомы на колосе — потемнение колосковых чешуй, штриховатость, глазковая пятнистость (рис. 2). Эти симптомы при полевых обследованиях посевов легко спутать с симптомами, присущими другим грибам (*Cladosporium*, *Alternaria*, *Cochliobolus* и пр.). Виды *F. equiseti*, *F. semitectum*, *F. heterosporium*, *F. langsethiae*, *F. oxysporum*, *F. solani* в полевых условиях обычно не дают видимых симптомов на колосковых чешуйках.

В зависимости от агрессивности патогена и условий, сопутствующих заражению, могут формироваться зерна с типичными признаками фузариоза или несущие внутреннюю инфекцию без видимых симптомов. Скрытая зараженность зерна отмечается повсеместно во всех регионах выращивания зерновых [5, 11, 13, 15].



Пшеница

Ячмень

Рожь

Тритикале

Овес

Рис. 1. Типичные симптомы фузариоза колоса

Главными факторами, определяющими загрязнение продукции микотоксинами, являются степень заражения и видовой состав развивающихся на зерне грибов. Многочисленные исследования выявили четко выраженный видоспецифичный характер продуцирования того или иного токсина. Поэтому, анализируя видовой состав патогенов в партии зерна, можно прогнозировать, какие именно токсины могут накопиться в этом зерне при благоприятных для грибов условиях. Помимо видового состава патогенов на накопление токсинов влияют сроки заражения зерна, глубина проникновения патогена, генотип растения-хозяина, условия окружающей среды.

В нашей стране мониторинг фузариоза колоса и зерна проводится на протяжении многих лет [5, 8, 9, 10]. Выявлен видовой состав грибов рода *Fusarium* в РФ, определены закономерности в распределении видов в разных эколого-географических зонах России, детально изучена симптоматика заболевания. Установлено, что комплекс патогенов, вызывающих фузариоз колоса, включает



Ячмень

Тритикале

Рис. 2. Нетипичные симптомы заражения колоса фузариозными грибами

**Таблица 1. Зараженность зерна грибами рода *Fusarium* в различных регионах РФ**

| Регион                 | 2004 г.  |                                | 2005 г.  |                                | 2006 г.  |                                |
|------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
|                        | Количество образцов с фузариозной инфекцией, % | В среднем фузариозных зерен, % | Количество образцов с фузариозной инфекцией, % | В среднем фузариозных зерен, % | Количество образцов с фузариозной инфекцией, % | В среднем фузариозных зерен, % |
| Северный               | 16,7   | 0,5                            | —  | —                              | —  | —                              |
| Северо-Западный        | 86,7   | 5,6                            | 100  | 31,1                           | 64,1   | 3,4                            |
| Волго-Вятский          | 66,6   | 4,0                            | —  | —                              | —  | —                              |
| Центральный            | 76,3   | 4,6                            | 78,4   | 4,5                            | 62,5   | 3,5                            |
| Северо-Кавказский      | 7,8  | 4,2                            | 57,1   | 10,8                           | 66,7   | 3,0                            |
| Дальневосточный        | 87,5   | 5,9                            | —  | —                              | 100  | 14,8                           |
| Волжский               | —  | —                              | 33   | 0,3                            | 28,3   | 0,5                            |
| Центрально-Черноземный | —  | —                              | —  | —                              | 66,7   | 5,5                            |

В статье представлены результаты мониторинга зараженности и видового состава грибов рода *Fusarium* на территории РФ, проведенного нами в 2004—2006 гг. в соответствии с Программой исследований РАСХН и грантом МНТЦ № 2472р. Для оценки зараженности зерна и выявления комплекса патогенов из среднего образца (100—150 г) отбирали 100—200 зерен. Их поверхность стерилизовали азотнокислым серебром и раскладывали на агаризованную питательную среду. Выросшие на среде колонии *Fusarium* отсеивали для идентификации возбудителя. Зараженность зерна рассчитывали как количество зерен, из которых выделяются грибы рода *Fusarium*, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах. Частоту встречаемости вида (%) рассматривали как количество изолятов данного вида к общему числу выделенных из данного образца изолятов рода *Fusarium* [16]. При идентификации грибов рода *Fusarium* использовали определитель Gerlach & Nirenberg [18].

Анализ образцов из различных регионов РФ показывает, что зерно повсеместно заражено грибами р. *Fusarium* (табл. 1). Распространенность заболевания достоверно коррелирует со средней зараженностью образцов (0,81). Если в определенной местности в 70% и более образцов встречаются грибы рода *Fusarium*, можно ожидать, что средняя зараженность зерна составит около 5%, также будут встречаться образцы с зараженностью от 20% и более (табл. 2). В Центральном регионе наиболее высока зараженность семян в Рязанской, Брянской, Орловской и Московской обл., в Центральном Черноземье — в Воронежской обл. В Северо-Западном регионе все области характеризуются высокой зараженностью зерна. В Северо-Кавказском регионе высокая зараженность зерна отмечалась в Северной Осетии в 2005 г. В Ростовской и Ставропольской обл. выявлен низкий показатель зараженности зерна. В Краснодарском крае, где в последние годы отмечаются незначительные осадки в период созревания и уборки зерновых, ситуация относительно спокойная. Наименьшая зараженность зерна выявлена в Волгоградской, Белгородской и Саратовской обл.

Зерно может колонизироваться значительным количеством видов *Fusarium*, но в определенном ареале возделывания культур доминируют несколько видов (табл. 3). К экологически пластичным видам, широко распространенным на территории РФ, относятся *F. sporotrichioides*, *F. roae*, *F. avenaceum*. Они являются доминирующими в комплексе патогенов на Северо-Западе, Центральном и Центральном-Черноземном регионах России. Вид *F. avenaceum* встречается как в Северном регионе (Архангельская обл.), так и в Северо-Кавказском, но на юге он уступает свои позиции видам *F. sporotrichioides*, *F. roae* и *F. graminearum*. В Краснодарском крае в годы исследований отмечена невысокая частота встречаемости вида *F. graminearum*. Доминирующими были виды *F. roae* и *F. sporotrichi-*

*oides*. Встречаемость их в комплексе патогенов составляла 65,5%, но зараженность была незначительной. Гриб *F. graminearum* выявлен в Орловской, Курской, Брянской и Воронежской обл.

Вид *F. tricinatum* встречается повсеместно с невысокой частотой. Он является типичным представителем микофлоры зерна, выращенного в Северо-Западном регионе. Грибы *F. equiseti*, *F. semitectum*, *F. acuminatum*, *F. heterosporum*

относятся к слабым патогенам и имеют невысокий процент встречаемости. Виды *F. oxysporum* и *F. solani* редко регистрируются в комплексе патогенов, инфицирующего зерно. В основном они находятся на поверхности зерна и выделяются из корней и стеблей растений. Виды, относящиеся к комплексу грибов *Gibberella fujikuroi* (*F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides*), отмечаются в южных реги-

**Таблица 2. Зараженность зерна грибами рода *Fusarium* по областям РФ в 2004-2006 гг.**

| Край, область                 | Количество образцов | Количество образцов с фузариозной инфекцией, % | В среднем фузариозных зерен, % | Пределы зараженности образцов, % |
|-------------------------------|---------------------|--|--------------------------------|----------------------------------|
| Центральный регион            |                     |  |                                |                                  |
| Тульская                      | 17                  | 35,3   | 1,7                            | 0—10                             |
| Рязанская                     | 17                  | 70,6   | 4,1                            | 0—14                             |
| Брянск                        | 15                  | 70,9   | 5,1                            | 0—20                             |
| Орловская                     | 37                  | 89,2   | 5,5                            | 0—23                             |
| Липецкая                      | 3                   | 33,3   | 0,7                            | 0—2                              |
| Тамбовская                    | 6                   | 50,0   | 2,3                            | 0—6                              |
| Курская                       | 6                   | 50,0   | 1,7                            | 0—5                              |
| Московская                    | 31                  | 83,9   | 4,5                            | 0—25                             |
| Центрально-Черноземный регион |                     |  |                                |                                  |
| Воронежская                   | 11                  | 90,9   | 9,7                            | 0—28                             |
| Белгородская                  | 10                  | 40   | 1,1                            | 0—5                              |
| Поволжский регион             |                     |  |                                |                                  |
| Саратовская                   | 19                  | 31,3   | 0,5                            | 0—4                              |
| Волгоградская                 | 2                   | 0  | 0                              | 0                                |
| Северо-Западный регион        |                     |  |                                |                                  |
| Калининградская               | 17                  | 88,1   | 8,5                            | 0—28                             |
| Ленинградская                 | 47                  | 77,5   | 13,3                           | 0—55,7                           |
| Псковская                     | 9                   | 88,9   | 9,1                            | 0—27,5                           |
| Новгородская                  | 2                   | 100  | 6,5                            | 6—7                              |
| Северный регион               |                     |  |                                |                                  |
| Архангельская                 | 6                   | 16,7   | 0,5                            | 0—3                              |
| Дальневосточный регион        |                     |  |                                |                                  |
| Хабаровский                   | 14                  | 100  | 18,3                           | 5—38,3                           |
| Приморский                    | 18                  | 94,4   | 8,3                            | 0—19                             |
| Северо-Кавказский регион      |                     |  |                                |                                  |
| Северная Осетия               | 14                  | 100  | 14,5                           | 3—41                             |
| Краснодар                     | 18                  | 72,2   | 2                              | 0—7                              |
| Ростовская                    | 12                  | 41,7   | 0,5                            | 1—2                              |
| Ставрополь                    | 5                   | 40   | 0,5                            | 0—1,5                            |
| Всего                         | 336                 |  |                                |                                  |

**Таблица 3. Встречаемость\* видов рода *Fusarium* в различных регионах РФ и основные токсины, продуцируемые этими видами**

| Вид                        | Регион          |             |                        |       |                | Основные токсины**      |
|----------------------------|-----------------|-------------|------------------------|-------|----------------|-------------------------|
|                            | Северо-Западный | Центральный | Центрально-Черноземный | Южный | Дальний Восток |                         |
| <i>F. acuminatum</i>       | —               | +           | +                      | +     | +              | T-2, НЕО, ЕНН, МОН      |
| <i>F. avenaceum</i>        | +++             | ++          | ++                     | +     | +              | МОН, БОВ, ЕНН           |
| <i>F. cerealis</i>         | —               | —           | —                      | +     | +              | НИВ, ФУЗ, ЗЕА           |
| <i>F. culmorum</i>         | +               | +           | +                      | —     | —              | ДОН, ЗЕА, ФУЗ           |
| <i>F. equiseti</i>         | +               | +           | +                      | +     | ++             | ЭНН, ДАС, ЗЕА, БОВ, Т-2 |
| <i>F. graminearum</i>      | +               | ++          | +                      | ++    | +++            | ДОН, НИВ, ФУЗ           |
| <i>F. langsethiae</i>      | +               | +           | —                      | —     | —              | T-2, НТ-2, Т-2ол, НЕО   |
| <i>F. oxysporum</i>        | +               | +           | —                      | —     | +              | ФУЗ, ФК, МОН            |
| <i>F. poae</i>             | +++             | ++          | ++                     | ++    | ++             | НИВ, БОВ, ДАС, ФУЗ      |
| <i>F. proliferatum</i>     | —               | —           | +                      | +     | +              | ФУМ, МОН, БОВ           |
| <i>F. sambucinum</i>       | —               | +           | +                      | +     | +              | ДАС, Т-2, ЭНН           |
| <i>F. semitectum</i>       | +               | +           | +                      | +     | +              | БЕА, ЭНН, МОН, ЗЕА      |
| <i>F. solani</i>           | —               | +           | +                      | —     | ++             | ФК, МОН                 |
| <i>F. sporotrichioides</i> | +               | +++         | +++                    | +++   | +++            | T-2, НТ-2, Т-2ол, НЕО   |
| <i>F. subglutinans</i>     | —               | —           | —                      | +     | +              | МОН, БОВ                |
| <i>F. tricinctum</i>       | ++              | +           | +                      | +     | +              | МОН                     |
| <i>F. verticillioides</i>  | —               | —           | +                      | +     | +              | ФУМ                     |

\* + — низкая, ++ — средняя, +++ — высокая, — — не выявлен;

\*\* ДОН — дезоксиниваленол, НИВ — ниваленол, ДАС — диацетоксисцирпенол, Т-2ол — Т-2 тетраол, ФУМ — фумонизины, МОН — монилиформин, БОВ — боверидин, ФУЗПР — фузапролиферин, ЗЕА — зеараленон, ФУЗ — фузарин С, ФК — фузариевая кислота, ЭНН — эниатины, НЕО — неосоланиол

онах и на Дальнем Востоке, но в 2006 г. вид *F. proliferatum* встречался в Курской и Воронежской обл.

Наши наблюдения показывают, что в последние годы происходит изменение видового состава патогенов на зерне (по сравнению с информацией, полученной в более ранних исследованиях). Снизилась встречаемость гриба *F. culmorum*, который ранее с высокой частотой отмечался в Северо-Западном и Центральном регионах России [3, 10,

ферментный анализ [1, 6, 7], молекулярно-генетические методы (ПЦР и ПЦР в реальном времени, FLASH-PCR) [2, 21, 22, 23], позволяющие идентифицировать токсигенные грибы и их метаболиты непосредственно в растительном материале. Обеспечение нормального санитарно-гигиенического состояния зерна, основы питания населения, диктует необходимость расширения исследований в этом направлении. 

### ЗАРАЖЕННОСТЬ ЗЕРНА И ВИДОВОЙ СОСТАВ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM* НА ТЕРРИТОРИИ РФ В 2004-2006 ГОДАХ FUSARIUM HEAD BLIGHT OF SMALL CEREALS AND CAUSAL ORGANISMS ASSOCIATED WITH THIS DISEASE ON THE TERRITORY OF RUSSIA DURING 2004-2006

#### Авторы

Т.Ю. Гагкаева, М.М. Левитин, С.С. Санин, Л.Н. Назарова  
Gagkaeva T.Yu., Levitin M.M., Sanin S.S., Nazarova L.N.

#### Резюме

To establish the identity of *Fusarium* species associated with head blight (FHB) of small cereals, samples were collected in different regions of Russia during 2004-2006. *Fusarium* head blight of small cereals occurs in the most cereal-growing areas of Russia. In addition to loss in yield and seed quality, infection of grain by *Fusarium* species can cause contamination with mycotoxins. FHB was more widespread in Ryazan, Bryansk, Orel, Moscow, Voronezh oblasts, North Ossetia, North-western and Far Eastern regions of Russia. FHB are caused by several *Fusarium* species in small grain cereals. The analysis of geographical distribution of these species shows that *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. avenaceum* are the most common pathogens throughout the main cereal-growing areas and are not limited by climate. In recent years, the changes in geographical distribution of *Fusarium* species are detected.

#### Ключевые слова

виды грибов, зерно, опасность, распространение, симптомы, фузариоз.