

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ИНФИЦИРОВАНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ФУЗАРИОЗА КОЛОСА (*FUSARIUM GRAMINEARUM*)

И.О. Иванова, М.Л. Пономарева

Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, Российская Федерация, e-mail: 010719992010@mail.ru

Аннотация. Фузариоз колоса является одной из наиболее вредоносных болезней озимой ржи, приобретающих широкое распространение в последние годы. В ходе работы было проведено сравнение различных способов внесения и сохранения инокулята *Fusarium graminearum* в зависимости от уровня устойчивости сорта и стадии заражения для оптимизации инфекционного фона к этому заболеванию.

Ключевые слова: Фузариоз колоса, *Fusarium graminearum*, озимая рожь, устойчивость, инокулят, заражение, изоляция.

COMPARISON OF THE VARIOUS METHODS OF INFECTION OF WINTER RYE WITH THE PATHOGEN OF FUSARIUM HEAD BLIGHT (*FUSARIUM GRAMINEARUM*)

I.O. Ivanova, M.L. Ponomareva

Tatar Scientific Research Institute of Agriculture of the KazanSC of RAS,
Kazan, Russian Federation, e-mail: 010719992010@mail.ru

Abstract. *Fusarium head blight is one of the most harmful diseases of winter rye, which has become widespread in recent years. A comparison of different methods of application and preservation of Fusarium graminearum inoculum was conducted in order to determine the most effective approach in terms of the level of resistance of the variety and stage of infection. This was done with the aim of optimising the infectious background to this disease.*

Keywords: *Fusarium head blight, Fusarium graminearum, winter rye, resistance, inoculum, infestation, isolation.*

Введение. В последнее время грибы рода *Fusarium* приобретают широкое распространение в зонах возделывания озимой ржи. Паразитируя практически на всех органах злаковых культур, грибы, относящиеся к этому роду, могут вызывать такие опасные заболевания, как корневая гниль, фузариоз колоса и фузариозный ожог листьев [1]. Источниками распространения и контаминации фузариозом могут служить зараженные семена, почва и выращенные на ней растения [2]. Характерными признаками поражения фузариозом являются гибель всходов и проростков, щуплость зерна, снижение урожайности, сморщенность и деформация зерновки, пустоколосость, белостебельность, а также выраженная задержка роста растений [3].

Зерна, пораженные фузариозом, имеют небольшой вес, неправильную форму, а так же довольно часто могут содержать микотоксины – вторичные метаболиты, вырабатываемые грибами рода *Fusarium*. Потребление продуктов, содержащих чрезмерное количество фузариотоксинов, может привести к осложнениям в виде целого ряда токсических реакций, от острой токсичности до долгосрочных или хронических нарушений здоровья. Основными источниками контаминации зерна являются дезоксиниваленол, зеараленон, 3-ацетил-дезоксиниваленол, токсин Т-2 и токсин НТ-2.

Важным моментом при создании инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса является подбор наиболее оптимальных условий: фазы развития растений, предшествующей заражению, способов инфицирования и сохранения инфекции, а также шкал оценивания

заболевания. Известны различные методы оценки пораженных фузариозом колосьев озимой ржи. Т.К. Шешегова с соавторами в своей работе использовали 5-ти балльную оценку поражения колосьев, где 0 - отсутствие поражения, 1 - 10% поражение, 2 - 30%, 3 - 50%, 4 - 70%, 5 - более 90% пораженных колосьев [4]. Т. Miedaner применяет 9-ти балльную систему оценки, где 1 - нет симптомов поражения, 9 - колос полностью поражен [5].

Существуют различные суждения относительно наиболее чувствительной фазы для заражения. В большинстве исследований крайне вредоносным считается заражение колосьев в фазу начала цветения, в этом случае на колосьях наблюдается наиболее сильное поражение [6]. Однако в литературе встречаются публикации о том, что позднее заражение фузариозом может также привести к значительному развитию патогена наряду с накоплением в зерне микотоксинов, хотя и с ограниченным развитием симптомов [7].

Цель работы – провести сравнение различных способов внесения и сохранения инокулята *Fusarium graminearum* в зависимости от уровня устойчивости сорта и стадии заражения для оптимизации инфекционного фона к этому заболеванию.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на 3 образцах озимой ржи собственной селекции разной степени устойчивости: Татарская 1 (устойчивый), Тантана (среднеустойчивый) и Подарок (умеренно восприимчивый). Для заражения использовали инокулят – суспензию конидий микотоксинообразующего штамма *Fusarium graminearum* MFg 58651 из коллекции ВИЗР. Фазу растений определяли по наличию и цвету пыльников у колосьев стандарта Тантана. Оценка зараженности колосьев проводилась на 10–12 день после инфицирования.

Для искусственного инфицирования выбирали по 25 колосьев изучаемых сортов, как и для контроля (обработка водой), равноценных по стадии развития. Во избежание заражения сопутствующей инфекцией использовали второй контроль – опрыскивание колосьев фунгицидом Зантара (0,8 л/га) за 1 сутки до инфицирования фузариозом колоса. Для подготовки штамма *F. graminearum* MFg 58651 предварительно выращивали на картофельно-сахарозном агаре (КСА) в течение 7 дней при температуре 25°C. Внесение инокулята (концентрация 10^5 конидий/мл) проводили тремя методами: путем опрыскивания ручным пульверизатором, инъекцией шприцем без иглы и смоченными ватными дисками. Для обеспечения оптимальных условий для патогенеза изоляцию инфицированных колосьев также проводили 3 способами с помощью: пергаментных изоляторов, полиэтиленовых пакетов и бязевых мешков.

Для инфицированных и контрольных колосьев проводилась фенотипическая оценка устойчивости по 9-ти балльной шкале, предложенной Miedaner и его коллегами, где 1 – нет видимого поражения колосьев, 9 – все колоски максимально поражены.

В таблице 1 приведено описание различных вариантов заражения, использованных в ходе работы.

Таблица 1. Способы инфицирования колосьев озимой ржи (в фазу начала цветения) штаммом *Fusarium graminearum* MFg 58651 и создания условий для развития фузариоза колоса

Варианты заражения	Способ инфицирования	Способ изоляции инфицированных колосьев	Контроль
1.1	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.2	Инъекция шприцем без иглы между колосками.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.3	Заражение колосьев с помощью ватных дисков, смоченных в суспензии конидий.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
1.4	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали светлыми полиэтиленовыми пакетами-маечками объемом 20 л для создания влажной камеры.	Опрыскивание водой

1.5	Опрыскивание колосьев из пульверизатора.	После инокуляции зараженные колосья закрывали бязевыми изоляторами-мешками во избежание плесневения колосьев.	Опрыскивание водой
1.6	Опрыскивание колосьев из пульверизатора после предварительной (за 1 сутки) обработки фунгицидом Зантара (0.8 л/га).	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Обработка фунгицидом Зантара
2.1	Опрыскивание колосьев из пульверизатора до наступления цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
2.2	Опрыскивание колосьев из пульверизатора в начале цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой
2.3	Опрыскивание колосьев из пульверизатора через неделю после начала цветения.	После инокуляции зараженные колосья закрывали пергаментными изоляторами.	Опрыскивание водой

Результаты и обсуждение. При создании инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса мы выбирали и модифицировали как известные методы искусственного заражения растений, так и создавали оригинальные способы внесения инокулюма и поддержания интенсивного размножения патогена в растениях, а также предотвращения развития других заболеваний.

Анализируемые сорта озимой ржи Татарская 1, Тантана и Подарок в среднем при заражении различными методами достоверно различались между собой (средний балл поражения 2.67; 2.83 и 2.63, соответственно) (Рисунок 1). Однако при сравнении методов заражения были выявлены существенные различия. Опыт с использованием различных методов показал, что наиболее вредоносным оказался метод 1.4 (средний балл поражения по 3 сортам составил 6.25 балла). Наименьшие показатели пораженности фузариозом колоса имели растения в вариантах 1.5 и 1.6 (1.17 и 1.52 балла, соответственно).

Сравнение способа 1.2 (внесение инфекции непосредственно в колос с помощью инъекции) с методами 1.1 и 1.5, когда инокулюм равномерно распыляется на весь колос, показало, что при использовании первого способа средний уровень заражения выше (3.09 балла), чем двух других (2.17 и 1.17 балла, соответственно). Развитие фузариоза колоса зависело как от скорости проникновения гриба в ткани растения в местах контакта, так и от продолжительности распространения инфекции из таких точек в другие цветки колоса.

Средние показатели пораженности колосьев достоверно отличались друг от друга у экспериментальных групп, различающихся по срокам инфицирования (относительно фазы цветения). Первые признаки заражения фузариозом колоса проявлялись через 8 суток после инфицирования в варианте 1.4, а в остальных вариантах – на 13 сутки. В контрольном варианте признаков поражения фузариозом отмечено не было. Максимальное проявление болезни регистрировали через три недели после инокуляции. В дальнейшем, по мере созревания растений, симптомы инфекции становились менее заметными (слабое обесцвечивание колосков или только колосковых чешуй при изменении цвета созревающего колоса).

Среди них наибольшим проявлением болезни выделялась Фаза 2.2 (начало цветения) – 3.28 балла (Рисунок 2). Сильнее всех был поражен умеренно-восприимчивый сорт Подарок (5.24 балла). В это время открытие цветков увеличивает вероятность возникновения контакта возбудителя с внутренними поверхностями цветковых чешуй и завязью. Слабым уровнем проявления болезни, не отличающимся от контроля, характеризовался последний срок заражения (вариант 2.3 – 1.16 балла).

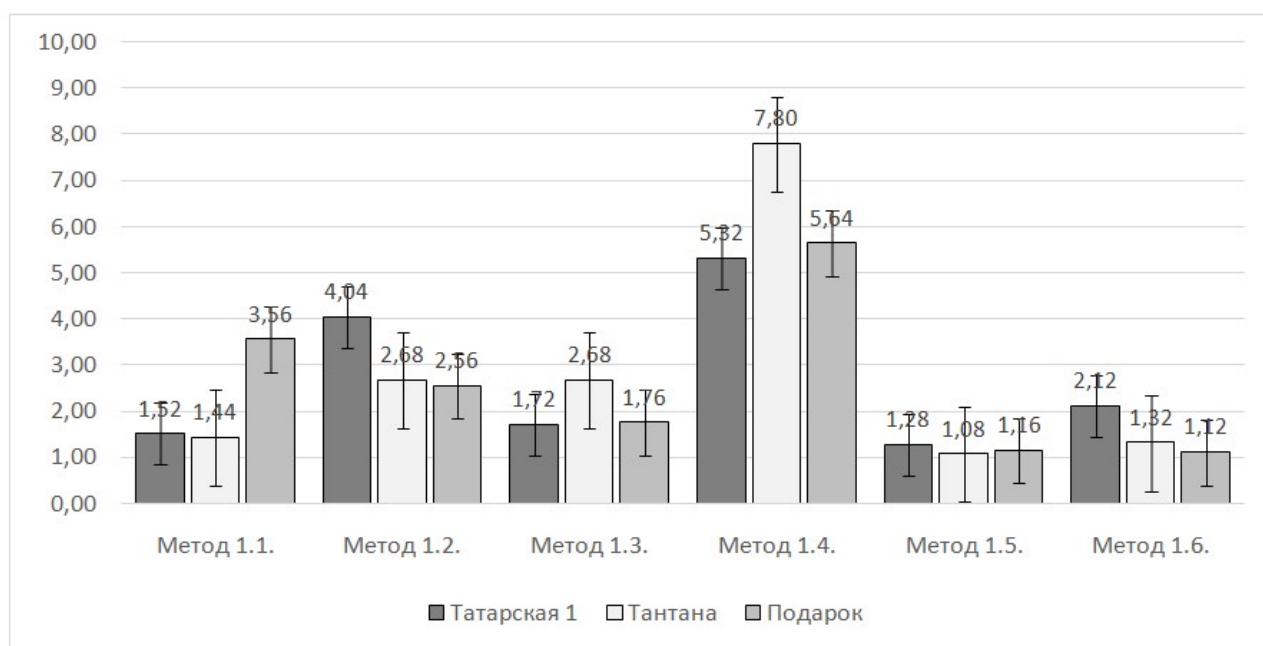


Рисунок 1. Уровень поражения фузариозом колоса сортов озимой ржи (Подарок, Тантана, Татарская 1) при искусственном инфицировании *Fusarium graminearum* MFg 58651 с помощью различных методов заражения и изоляции инокулированных колосьев (1.1-1.6), описанных в таблице 1

Сорт Татарская 1 в среднем по срокам заражения имел наименьший средний балл поражения колосьев (1.81 балл), что существенно отличает его от сорта Подарок, который характеризуется наибольшим поражением (2.79 балла). Сорт Тантана (2.11 баллов) значительно превосходит по устойчивости сорт Подарок, но не существенно отличается от сорта Татарская 1.

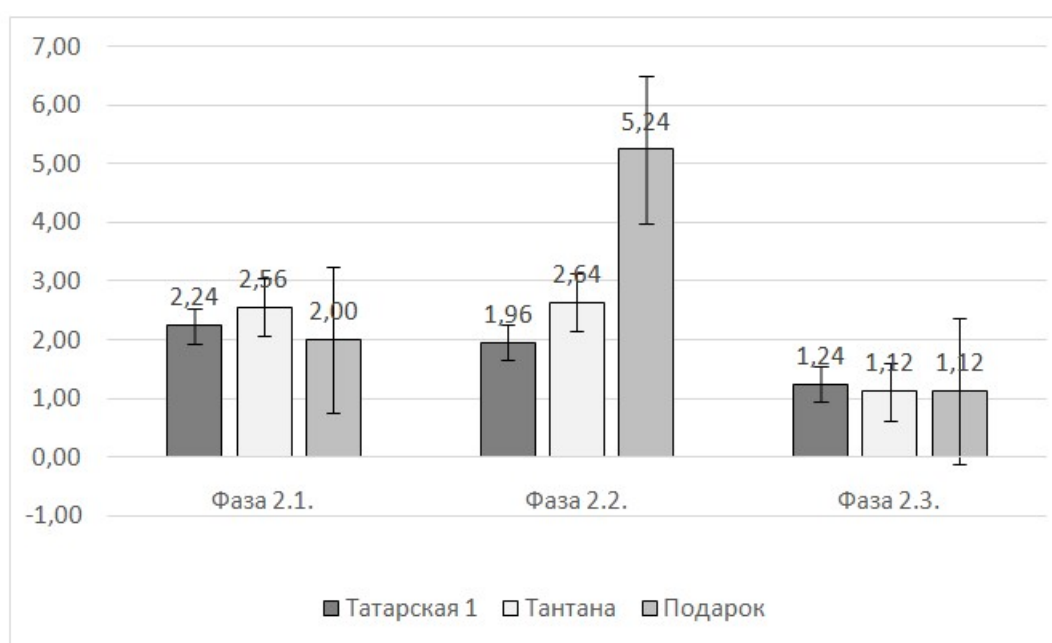


Рисунок 2. Уровень поражения фузариозом колоса сортов озимой ржи (Подарок, Тантана, Татарская 1) при искусственном инфицировании *Fusarium graminearum* MFg 58651 в разные фазы развития колоса (2.1-2.3), описанных в таблице 1

Полученные данные станут экспериментальной основой для проведения многолетнего исследования по анализу селекционного материала на предмет устойчивости к фузариозу колоса.

Заключение. Таким образом, нами оптимизирована система полевых методов оценки и создания искусственного инфекционного фона на устойчивость к фузариозу колоса в полевых условиях с использованием различных приемов. При сравнении различных методов инфицирования трех сортов озимой ржи возбудителем фузариоза *Fusarium graminearum* MFg 58651 установлено, что при создании искусственного инфекционного фона лучшим сроком заражения растений является фаза начала цветения. При тестировании большого количества сортообразцов заражение лучше начинать в более ранние сроки (до цветения), чем откладывать его к концу фазы цветения. Проявление защитных реакций при разных способах инокулирования сортоспецифично, и уровни поражения статистически значимо различаются у разных сортов. Наиболее информативным является способ опрыскивания суспензией конидий (концентрация 10^5 конидий/мл). Развитию инфекции способствует создание влажной камеры большими полиэтиленовыми пакетами.

Библиографический список

1. Радивон В. А. Фузариоз колоса и зерна ярового тритикале в Республике Беларусь // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию: материалы Междунар. науч. конф. – 2021. – С. 95–97.
2. Glinushkin A. P., Ovsyankina A. V., Korniyukov D. A. Integrated Protection of Cereals against Fusarium Species // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. – 2021. – Т. 663. – №. 1. – С. 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012048>
3. Марьина-Чермных О. Г. Динамика поражения болезнью корневая гниль зерновых культур // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2020. – №. 22. – С. 31–35.
4. Шешегова Т. К., Кедрова Л. И., Нурахметова Л. М. Исследование устойчивости озимой ржи к фузариозу колоса в Кировской области // Вестник защиты растений. – 2000. – №. 2. – С. 57–58.
5. Miedaner T., Flamm C., Oberforster M. The importance of Fusarium head blight resistance in the cereal breeding industry: Case studies from Germany and Austria // Plant Breeding. – 2024. – Т. 143. – №. 1. – С. 44–58. <https://doi.org/10.1111/pbr.13098>
6. Шашко Ю. К., Шашко М. Н., Мядель О. В. Изучение вредоносности фузариоза колоса яровой пшеницы при искусственном заражении в зависимости от фазы развития // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №. 56. – С. 83–90.
7. Karlsson I., Persson P., Friberg H. Fusarium head blight from a microbiome perspective // Frontiers in Microbiology. – 2021. – Т. 12. – С. 628373. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628373>