

**Т.Г. Пилат**

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

## ПАТОГЕННОСТЬ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM*, ДОМИНИРУЮЩИХ НА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЕ И КОЛОСЕ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

Дата поступления статьи в редакцию: 14.06.2023

Рецензент: канд. биол. наук Янковская Е.Н.

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований патогенных свойств грибов рода *Fusarium*, выделенных из корневой системы и колоса озимого ячменя. Изучено их влияние на лабораторную всхожесть, биометрические показатели и на поражение ростков культуры. Доминирующие виды грибов рода *Fusarium* по проявлению патогенных свойств в отношении озимого ячменя можно ранжировать в порядке убывания: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*.

**Ключевые слова.** *Fusarium*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*, озимый ячмень, патогенность.

**Введение.** Мониторинг фитопатогенных грибов, поражающих зерновые культуры, свидетельствует о постепенных изменениях численности популяций, смене доминирующих видов в сообществах, повышении патогенности и агрессивности ранее не встречавшихся или малопатогенных видов [8]. Так, произошла смена доминирования фитопатогенов на подземных органах озимых зерновых культур, в результате которой грибы рода *Fusarium* заняли преобладающее положение [13, 14]. Среди факторов, обеспечивших доминирование фузариевых грибов в патогенном комплексе корневых гнилей зерновых культур, следует отметить потепление климата, минимизацию обработки почвы, снижение супрессивности почвы к грибам рода *Fusarium*, засоренность почв семенами сорных растений [8, 14].

Грибы рода *Fusarium* характеризуются большой изменчивостью морфологических и культуральных свойств, широкой экологической пластичностью, они способны синтезировать вторичные метаболиты, в том числе ферменты, участвующие в патогенезе. Экологические ниши фитопатогенных грибов рода *Fusarium* включают не только подземные органы растений, но и генеративные, которые они заражают при благоприятных гидротермических условиях. Интенсивность заражения колоса фитопатогенными фузариями определяется рядом абиотических и биотических факторов, среди которых существенную

роль играют сортовые особенности культуры, фитосанитарное состояние почвы, конкуренция с другими фитопатогенами, погодные условия [6]. Вредоносность болезней фузариозной этиологии оценивается как в виде прямых потерь урожая (щуплость и невыполненность зерен), так и косвенных – снижение урожайности вследствие изреживания посевов, нарушения динамики органогенеза, белоколосости и т. д. [1, 18]. Грибы рода *Fusarium* проникают в ткани зерновки и могут локализоваться как в оболочке, так и в эндосперме и зародыше. Зараженное зерно даже при отсутствии видимых признаков поражения может характеризоваться низкой всхожестью. Кроме того, грибы рода *Fusarium* продуцируют микотоксины, являющиеся опасными для человека и животных [17].

Исследователи отмечают, что на зерновых культурах формируются в основном сходные комплексы видов, паразитирующих на корневой системе и на зерне [2, 5].

В условиях Беларуси 1998–2000 гг. в микопатогенных комплексах зерновых культур доминировали грибы *F. oxysporum* Schldtl, *F. culmorum* (W. G. Sm.), *F. poae* (Peck) Wollenw., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc [2]. Дальнейшие исследования показали, что видовой состав, доминирующие виды и их соотношение постоянно меняются. Многолетнее изучение состава патоконспекса фузариевых грибов, контаминирующих корневую систему озимого ячменя в условиях Беларуси, позволило выделить 4 доминирующих вида: *F. oxysporum*, *F. solani* Koord., *F. avenaceum*, *F. equiseti* (Corda) Sacc. [2]. На колосе также встречается вид *F. culmorum* [12]. По литературным данным эти виды отличаются по патогенности в отношении зерновых культур [3, 7, 11, 13]. В связи этим целью исследований являлось изучение патогенности данных видов в отношении озимого ячменя.

**Материал и методика исследований.** Определение патогенности грибов рода *Fusarium* проводили в лабораторных условиях с использованием моноспоровых изолятов каждого из доминирующих видов по модифицированной методике Челковского и Манки [15]. Изоляты, включенные в исследования, представлены в таблице 1. Исследуемые изоляты высевали уколом на поверхность картофельно-сахарозного агара в чашках Петри и инкубировали 7 дней при 24 °С. Поверхностно стерилизованные 70 %-ным спиртом семена озимого ячменя замачивали на сутки в стерильной воде. Затем зерновки с набухшим зародышем раскладывали на поверхность культуры гриба по 10 штук на чашку Петри в трехкратной повторности. В контроле зерновки раскладывали на поверхность агаризованной среды. Чашки инкубировали при температуре 23–25 °С в течение 7 суток, после чего учитывали длину корешков, а также появившихся ростков и их поражение с использованием четырехбалльной шкалы:

- 0 – здоровый росток;  
 1 – точечные некрозы ткани;  
 2 – некроз около 50 % окружности ростка;  
 3 – полная гибель ростка.

Развитие болезни рассчитывали по формуле:

$$R = \frac{\sum(a+b)}{N \times K} \times 100,$$

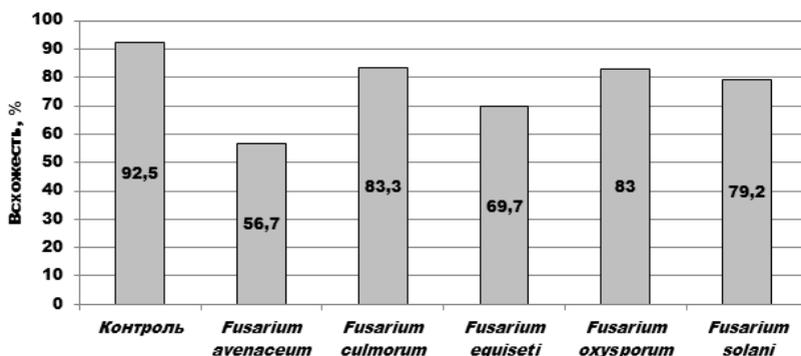
где  $R$  – развитие болезни (%);  $\sum(a+b)$  – сумма произведений числа больных растений ( $a$ ) на соответствующий им балл поражения ( $b$ );  $N$  – общее количество растений в пробе (больных и здоровых);  $K$  – высший балл шкалы учета [4].

Ранжирование оцениваемых изолятов гриба осуществляли по развитию болезни с использованием шкалы, предложенной М.П. Лесовым и соавторами: 0 % – непатогенный изолят; 1–5 % – слабопатогенный; 6–14 % – умереннопатогенный; 15–20 % – среднепатогенный; 21–29 % – патогенный; 30–100 % – высокопатогенный [9].

**Таблица 1 – Виды и изоляты грибов рода *Fusarium*, выделенных из корней и зерна озимого ячменя**

Виды	Номер изолята	Происхождение	Год выделения
<i>F. avenaceum</i>	1, 2, 3	Минская обл., Минский район, зерно	2021
	4	Минская обл., Минский район, корни	2021
<i>F. culmorum</i>	1, 2, 3	Минская обл., Минский район, зерно	2021
<i>F. oxysporum</i>	6, 7, 8, 9	Брестская обл., Кобринский район, корни	2021
	1, 2, 3, 4, 5	Минская обл., Минский район, корни	2021
	10	Брестская обл., Кобринский район, корни	2020
<i>F. solani</i>	1, 10	Брестская обл., Кобринский район, корни	2021
	3, 4	Витебская обл., Лепельский район, корни	2020
	5, 6	Витебская обл., Лепельский район, корни	2021
	7, 8	Минская обл., Минский район, корни	2020
	2	Могилевская обл., Горецкий район, корни	2021
<i>F. equiseti</i>	10	Витебская обл., Лепельский район, корни	2021
	1, 3, 8	Минская обл., Минский район, корни	2021
	2, 5, 6	Минская обл., Минский район, корни	2020
	4	Минская обл., Минский район, зерно	2021
	7, 9	Могилевская обл., Горецкий район, корни	2020

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты изучения патогенных свойств 36 моноспоровых изолятов, относящихся к 5 видам рода *Fusarium*, показали, что наибольшее влияние на всхожесть семян озимого ячменя оказывал грибок *F. avenaceum* (рисунок 1). Отмечалось снижение данного показателя на 35,8 %.



**Рисунок 1 – Влияние грибов рода *Fusarium* на всхожесть семян озимого ячменя**

Под влиянием грибов *F. equiseti* всхожесть снижалась на 22,8 %. Меньшее влияние на данный показатель оказывали изоляты грибов *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, всхожесть составила 79,2; 83,0 и 83,3 % соответственно. Однако следует отметить, что, несмотря на незначительное снижение лабораторной всхожести под влиянием гриба *F. culmorum*, у 65,3 % растений отмечались признаки поражения ростков.

Нами также оценивалась пораженность грибами рода *Fusarium* ростков озимого ячменя (таблица 2). Развитие болезни варьировало от отсутствия признаков поражения (*F. solani*) до 60,8 % (*F. avenaceum*). Отмечено, что патогенность изолятов *F. avenaceum* и *F. culmorum* выше, чем у других видов. В меньшей степени проростки поражали *F. oxysporum* и *F. solani* – в среднем 6,4 и 4,3 % соответственно.

**Таблица 2 – Влияние грибов, доминирующих на растениях озимого ячменя на поражение ростков (лабораторный опыт, сорт Дипло, 2022 г.)**

Вид гриба	Проанализировано изолятов, шт	Развитие болезни, %		
		среднее	мин.	макс.
<i>Fusarium avenaceum</i>	4	56,0	53,0	60,8
<i>Fusarium culmorum</i>	3	31,7	18,7	39,0
<i>Fusarium equiseti</i>	10	24,2	5,8	33,3
<i>Fusarium oxysporum</i>	10	6,4	0,0	19,5
<i>Fusarium solani</i>	9	4,3	0,0	21,3

Отмечено, что симптомы поражения ростков имели вид точек, штрихов и некрозов коричневого цвета. Поражение более 50 % поверхности ростка вызывало, как правило, его загнивание и гибель. Такое интенсивное поражение ростков озимого ячменя вызывали изоляты гриба *F. avenaceum*.

При дифференциации видов по патогенности отмечено, что все изучаемые изоляты гриба *F. avenaceum* и большинство изолятов гриба *F. culmorum* (66,7 %) являются высокопатогенными по отношению к росткам озимого ячменя (таблица 3). Однако, несмотря на это, в структуре поражения ростков по баллам между ними выявлена существенная разница. Изоляты гриба *F. avenaceum* были более патогенными, поскольку вызывали поражение ростков в основном по 3 баллу, в результате чего последние погибали. Изученные изоляты *F. culmorum* в большинстве случаев вызывали точечные некрозы ткани. В то же время исследования патогенности грибов рода *Fusarium* на других зерновых говорят о более высокой патогенности *F. culmorum* по сравнению с другими видами [3, 13, 17].

Среди проанализированных изолятов гриба *F. equiseti* преобладали патогенные и высокопатогенные, в то время как у *F. oxysporum* и *F. solani* – слабо-, умеренно- и среднепатогенные. В последние годы гриб *F. solani* ежегодно выделяется из корневой системы озимого ячменя, и является одним из доминирующих видов в восточном и центральном регионах республики. В отдельные годы частота его встречаемости достигала 66,6 % [2]. Однако полученные результаты свидетельствуют о том, что высокопатогенных изолятов в популяции данного гриба не выявлено, 11,2 % изолятов проявили среднюю патогенность, 44,4 % – отнесены к умеренно- и слабопатогенным, а 44,4 % изолятов не проявляли патогенных свойств в отношении проростков озимого ячменя.

**Таблица 3 – Дифференциация изолятов грибов, доминирующих на растениях озимого ячменя, по патогенности (лабораторный опыт, сорт Дипло, 2022 г.)**

Характеристика патогенности изолята	Доля изолятов грибов, %				
	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium equiseti</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Fusarium solani</i>
Непатогенный	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4
Слабопатогенный	0,0	0,0	0,0	60,0	22,2
Умереннопатогенный	0,0	0,0	10,0	20,0	22,2
Среднепатогенный	0,0	33,3	10,0	20,0	11,2
Патогенный	0,0	0,0	40,0	0,0	0,0
Высокопатогенный	100	66,7	40,0	0,0	0,0

Исследования показали, что грибы рода *Fusarium* также оказывают влияние на длину ростков и корней. Наиболее существенное снижение длины ростков и корней по сравнению с другими изучаемыми видами вызывают изоляты гриба *F. avenaceum* (таблица 4). Изоляты грибов *F. culmorum* снижали длину ростков в среднем на 32,9 %, корней – на 67,6 %, в то время как *F. equiseti* стимулировал рост ростков (их длина в среднем на 10,4 % больше, чем в контрольном варианте) и оказывал отрицательное влияние на длину корней. Влияние грибов *F. oxysporum* и *F. solani* на длину ростков и корней находилось на одном уровне и составило 54,0–57,8 % и 63,8–66,5 %, соответственно.

**Таблица 4 – Влияние грибов, доминирующих на растениях озимого ячменя, на длину ростков и корней (лабораторный опыт, сорт Дипло, 2022 г.)**

Вид гриба	Снижение длины ростка, %	Снижение длины корня, %
<i>F. avenaceum</i>	88,5±0,9	91,5±1,2
<i>F. culmorum</i>	32,9±6,9	67,6±2,8
<i>F. equiseti</i>	-10,4±6,5*	53,4±5,5
<i>F. oxysporum</i>	54,0±4,8	57,8±8,7
<i>F. solani</i>	66,5±4,7	63,8±4,7

Примечание – представлены средние значения показателя ± стандартное отклонение; «\*» – отмечено увеличение показателя по сравнению с контрольным вариантом.

**Заключение.** Таким образом, оценка патогенности изолятов грибов рода *Fusarium* показала, что все они способны вызывать заболевание растений, однако по степени поражения проростков озимого ячменя виды *F. avenaceum* и *F. culmorum* являются более патогенными по сравнению с другими видами, включенными в исследования. По проявлению патогенных свойств в отношении озимого ячменя доминирующие виды грибов рода *Fusarium*, контаминирующих корневую систему и зерно культуры можно ранжировать следующим образом: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*.

Исследования выполнены в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» (подпрограмма «Плодородие почв и защита растений»).

#### Список литературы

1. Биоэкологические и фитосанитарные аспекты исследования фузариоза колоса / В. Г. Иващенко [и др.] // Микология и фитопатология. – 1997. – Т. 31, вып. 2. – С. 58–63.
2. Видовое разнообразие возбудителей фузариозной корневой гнили озимых зерновых культур / Н. А. Крупенко [и др.] // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 1(140). – С. 36–40.

3. Жук, Е. И. Патогенность грибов рода *Fusarium*, контаминирующих корневую систему яровой пшеницы в Беларуси / Е. И. Жук // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 13–15 сент. 2022 г. / М-во науки и высш. образования РФ, Рос. акад. наук ; редкол.: А. М. Асатулова (гл. ред.) [др.]. – Краснодар, 2022. – Вып. 11. – С. 301–304.
4. Здрожевская, С. Д. Болезни зерновых культур / С. Д. Здрожевская // Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – С. 61–101.
5. Иващенко, В. Г. Экологический мониторинг возбудителей фузариоза семян зерновых культур на северо-западе России / В. Г. Иващенко, Н. П. Шипилова, И. Ю. Кирцидели // Микология и фитопатология. – 1997. – Т. 31, вып. 2. – С. 64–70.
6. Казакова, О. А. Взаимоотношения фитопатогенов семян ячменя в Западной Сибири / О. А. Казакова, Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 5. – С. 931–934.
7. Крупенько, Н. А. Патогенность грибов рода *Fusarium* на озимой пшенице в условиях Беларуси / Н. А. Крупенько, Н. А. Бурнос, А. А. Апресян // Биологические основы защиты растений : сб. науч. тр. по материалам Жученковских чтений VII, 15 сент. 2022 г. / М-во науки и высш. образования РФ, Рос. акад. наук, Федер. Науч. центр биол. защиты растений ; редкол.: А. М. Асатулова [и др.]. – Краснодар, 2022. – С. 135–137.
8. Левитин, М. М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата / М. М. Левитин // С.-х. биология. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 641–647.
9. Методические рекомендации по ускоренному определению устойчивости сортов и способам создания инфекционных фонов при селекции пшеницы на иммунитет к корневым гнилям / Южное отд-ние ВАСХНИЛ, Укр. науч.-исслед. ин-т защиты растений ; сост.: М. П. Лесовой, Н. И. Кольнобрицкий, О. И. Сингаевская. – Киев: [б. и.], 1985. – 14 с.
10. Мониторинг грибов рода *Fusarium* Link. и их микотоксинов на зерне пшеницы в Западной Сибири / Е. Ю. Торопова [и др.] // Агрехимия. – 2019. – № 5. – С. 76–82.
11. Овсянкина, А. В. Грибы рода *Fusarium* на зерновых культурах: видовой состав и внутривидовое разнообразие / А. В. Овсянкина // Современная микология в России. – 2015. – Т. 5, вып. 4. – С. 101–104.
12. Пилат, Т. Г. Видовое разнообразие возбудителей фузариоза колоса озимого ячменя / Т. Г. Пилат // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы Междунар. науч.-практ. конф., 13–15 сент. 2022 г. / М-во науки и высш. образования РФ, Рос. акад. наук, Федер. науч. центр биол. защиты растений ; редкол.: А. М. Асатулова (гл. ред.) [и др.]. – Краснодар, 2022. – Вып. 11. – С. 301–304.
13. Склименок, Н. А. Видовой состав и патогенность грибов, доминирующих на корневой системе озимой пшеницы в условиях Республики Беларусь / Н. А. Склименок // Защита растений : сб. науч. тр. / Научн.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трешашко (гл. ред.) [и др.]. – Несвиж, 2013. – Вып. 37. – С. 147–160.
14. Торопова, Е. Ю. Факторы доминирования грибов рода *Fusarium* в патоккомплексе корневых гнилей зерновых культур / Е. Ю. Торопова, М. П. Селюк, О. А. Казакова // Агрехимия. – 2018. – № 5. – С. 69–82.
15. Chelkowski, J. The ability of Fusaria pathogenic to wheat, barley and corn to produce zearalenone / J. Chelkowski, M. Manka // Phytopatholog. Z. – 1983. – Vol. 106. – P. 354–359.
16. Fernandez, M. R. Pathogenicity of *Fusarium* species on different plant parts of spring wheat under controlled conditions / M. R. Fernandez, Y. Chen // Plant Disease. – 2005. – Vol. 89, № 2. – P. 164–169.
17. Ferrigo, D. *Fusarium* toxins in cereals: occurrence, legislation, factor promotion the appearance and their management [Electronic resource] / D. Ferrigo, A. Raiola, R. Causine // Molecules. – 2016. – Vol. 21. – P. 1–35. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/molecules21050627>. - Date of access: 2023.05.31.

18. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway / A. Bernhoft [et al.] // Food Additives & Contaminants. – 2012. – Part A, vol. 29, iss. 7. – P. 1–12.

**T.G. Pilat**

*RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region*

## **PATHOGENICITY *FUSARIUM* SPECIES, DOMINANT ON THE ROOT SYSTEM AND EAR OF WINTER BARLEY**

**Annotation.** The article presents the results of studies the pathogenic properties of fungi of the genus *Fusarium* isolated from the root system and ear of winter barley. Their influence on laboratory germination, biometric indicators and on the defeat of winter barley seedlings was studied. The dominant fungal species of the genus *Fusarium*, contaminating the root system and grain of winter barley, can be ranked in descending order according to the manifestation of pathogenic properties in relation to the crop: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*.

**Key words:** *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. solani*, winter barley, pathogenicity.