

---

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

---

**Эффективность использования спороулавливателей для мониторинга мучнистой росы пшеницы озимой**

**Ксения Эдиковна Гасиян<sup>✉</sup>, Оксана Юрьевна Кремнева,  
Роман Юрьевич Данилов**

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

<sup>✉</sup>Автор, ответственный за переписку: [gasiyankkk@mail.ru](mailto:gasiyankkk@mail.ru)

**Аннотация**

Мучнистая роса пшеницы, вызываемая *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, является широко распространенной болезнью, приводящей к потере урожая до 100% при сильном развитии. Для предотвращения потерь урожая необходим регулярный мониторинг болезни в посевах, позволяющий своевременно применять средства защиты растений. Выявление болезни на начальной стадии возможно при раннем обнаружении возбудителя. Установлено, что спороулавливающие устройства позволяют выявлять возбудителей инфекций при развитии болезней менее 1%, когда мониторинг классическими методами менее эффективен. Цель данных исследований – изучить динамику лета конидий *B. graminis* в условиях центральной зоны Краснодарского края и выявить корреляцию между заспоренностью воздуха и развитием мучнистой росы в посевах озимой пшеницы, что позволит оценить эффективность использования спороулавливателей для мониторинга и прогнозирования развития этого заболевания. Исследования проводились на базе ФГБНУ ФНЦБЗР в 2022–2024 гг. Для исследований были выбраны следующие сорта озимой пшеницы: Гром, Безостая 100, Юка, Алексеич и Сварог. Отбор конидий осуществлялся флюгерной спороловушкой и устройством для определения заспоренности растений. Параллельно были проведены учеты развития мучнистой росы по классической фитопатологической методике. Изучена динамика лета конидий *B. graminis* в условиях Центральной зоны Краснодарского края: начало лета конидий начинается с момента весеннего возобновления вегетации пшеницы, пик лета приходится на фазу вегетации «Выход в трубку», а с появлением флагового листа количество конидий в воздухе постепенно снижается. Выявлена корреляция между заспоренностью воздуха и развитием мучнистой росы в исследуемых посевах.

**Ключевые слова**

фитосанитарный мониторинг, пшеница озимая, мучнистая роса, конидии, споры, спороулавливатель

**Благодарности**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25–26–00273; <https://rscf.ru/project/25-26-00273/>

**Для цитирования**

Гасиян К.Э., Кремнева О.Ю., Данилов Р.Ю. Эффективность использования спороулавливателей для мониторинга мучнистой росы пшеницы озимой // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 1. С. 63–77.

## Efficiency of spore traps for monitoring powdery mildew in winter wheat

Kseniya E. Gasiyan<sup>✉</sup>, Oksana Yu. Kremneva, Roman Yu. Danilov

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

<sup>✉</sup>Corresponding author: gasiyankkk@mail.ru

### Abstract

Wheat powdery mildew, caused by *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, is a widespread disease capable of causing yield losses of up to 100% under high infection pressure. To prevent such losses, regular monitoring of crops is essential to ensure the timely application of plant protection products. Identifying the disease at its initial stage is possible through the early detection of the pathogen. It has been established that spore-trapping devices can detect pathogens when disease development rate is still below 1%, when classical monitoring methods are less effective. This study aimed to investigate the dynamics of *B. graminis* conidial flight in the Central zone of the Krasnodar Territory and to identify the correlation between airborne spore concentration and powdery mildew development in winter wheat crops. This evaluation assesses the effectiveness of spore traps for monitoring and forecasting the disease. The research was conducted at the Federal Scientific Center for Biological Plant Protection (FRCBPP) in 2022–2024. The following winter wheat varieties were selected for the study: Grom, Bezostaya 100, Yuka, Alekseich, and Svarog. Conidia sampling was performed using a vane-type spore trap and a plant spore load assessment device. Simultaneously, powdery mildew development was recorded using classical phytopathological methods. The study characterized the dynamics of *B. graminis* conidial flight in the Central zone of the Krasnodar Territory: dispersal begins with the spring resumption of wheat vegetation, peaks during the stem elongation stage, and gradually decreases after the emergence of the flag leaf. A significant correlation was found between airborne spore concentration and the development of powdery mildew in the investigated crops.

### Keywords

phytosanitary monitoring, winter wheat, powdery mildew, conidia, spores, spore trap

### Acknowledgments

The research was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 25–26–00273, <https://rscf.ru/en/project/25–26–00273/>

### For citation

Gasiyan K.E., Kremneva O.Yu., Danilov R.Yu. Efficiency of spore traps for monitoring powdery mildew in winter wheat. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(1):63–77.

## Введение

### Introduction

*Blumeria graminis* (DC) Speer. занимает 6-е место среди 10 наиболее значимых грибных возбудителей болезней растений [1] и 8-е место по величине потерь урожая, возникающих из-за вредителей и возбудителей болезней в мире [2]. Мучнистая роса пшеницы, которую вызывает *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, распространена во всех регионах возделывания культуры, особенно в областях с прохладным и сухим климатом – например, в Китае, в странах Европы, Египте, в некоторых штатах

США (особенно в Северной Каролине), также болезнь распространена в южных районах Южной Америки [3, 4]. В России наибольший ущерб заболевание наносит в Северо-Западном, Волго-Вятском, Уральском регионах, на Северном Кавказе, в Поволжье и Центрально-Черноземном районе. В Краснодарском крае болезнь распространена во всех зонах, особенно в центральной и южной [5, 6].

Проявляется мучнистая роса на надземных органах растений в виде белого паутинистого налета, который уплотняется со временем и приобретает вид сероватых ватообразных подушечек (рис. 1).

Размножается *B. graminis* как бесполом путем, образуя конидиальное спороношение, так и половым, при котором образуются аскоспоры [7]. Источником первичной инфекции, заражающим пшеницу осенью, являются аскоспоры, образующиеся в хасмотециях на протяжении летнего периода на растительных остатках. После заражения на протяжении зимнего периода происходят медленный рост мицелия и спорообразование, за исключением периодов с отрицательными температурами. С наступлением благоприятных температур весной патоген начинает активно продуцировать большое количество бесполов спор – конидий [8]. Конидии распространяются по полям, приводя к инфицированию новых листьев и растений пшеницы [9], до поздней весны, когда образуются хасмотеции до начала физиологического усыхания листьев пшеницы. Конидии *B. graminis* (рис. 2): одноклеточные, бесцветные, цилиндрические, бочковидные, размером  $25\text{--}30 \times 8\text{--}10$  мкм – располагаются цепочками на одноклеточных, немного вытянутых конидиеносцах.

При слабом или умеренном развитии мучнистая роса вызывает потери урожая пшеницы в 13–34% и 50–100% при сильном развитии [10]. Для минимизации рисков потерь урожая критически важным является регулярный мониторинг состояния посевов на предмет заболеваний. Выявление болезни на начальной стадии возможно при раннем обнаружении возбудителя. Установлено, что спороулавливающие устройства позволяют выявлять возбудителей инфекций при развитии болезней менее 1%, когда мониторинг классическими методами менее эффективен [11].



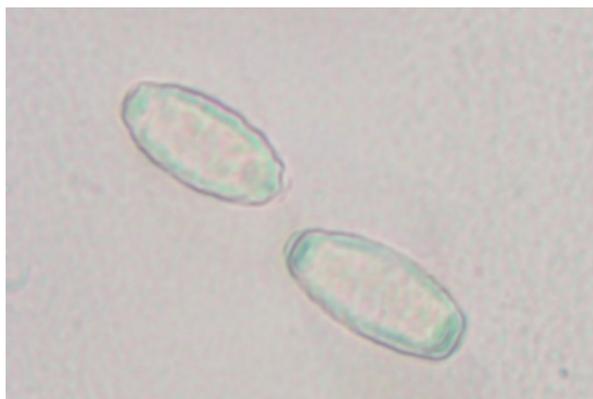
**Рис. 1.** Симптомы мучнистой росы (ориг.):  
а – мицелий *B. graminis*; б – мицелий с хасмотециями

**Figure 1.** Symptoms of powdery mildew (original):  
а – *B. graminis* mycelium; б – mycelium with chasmothecia

Поскольку во время вегетации пшеницы патоген *B. graminis* распространяется от растения к растению при помощи конидий, то улавливая их, можно определять текущее и прогнозировать последующее развитие болезни в посевах. Кроме того, на других культурах было показано, что количество спор может использоваться в качестве порогового значения для применения профилактических обработок фунгицидами [12–14].

Существует большое разнообразие типов устройств для мониторинга аэрогенной инфекции, о которых подробно рассказано в отдельной статье [15]. Изучение динамики лета конидий *B. graminis* и выявление корреляции между заспоренностью воздуха и развитием мучнистой росы в посевах озимой пшеницы позволят оценить эффективность использования спороулавливателей для мониторинга и прогнозирования развития данного заболевания.

**Цель исследований:** изучить динамику лета конидий *B. graminis* в условиях Центральной зоны Краснодарского края и выявить корреляцию между заспоренностью воздуха и развитием мучнистой росы в посевах озимой пшеницы.



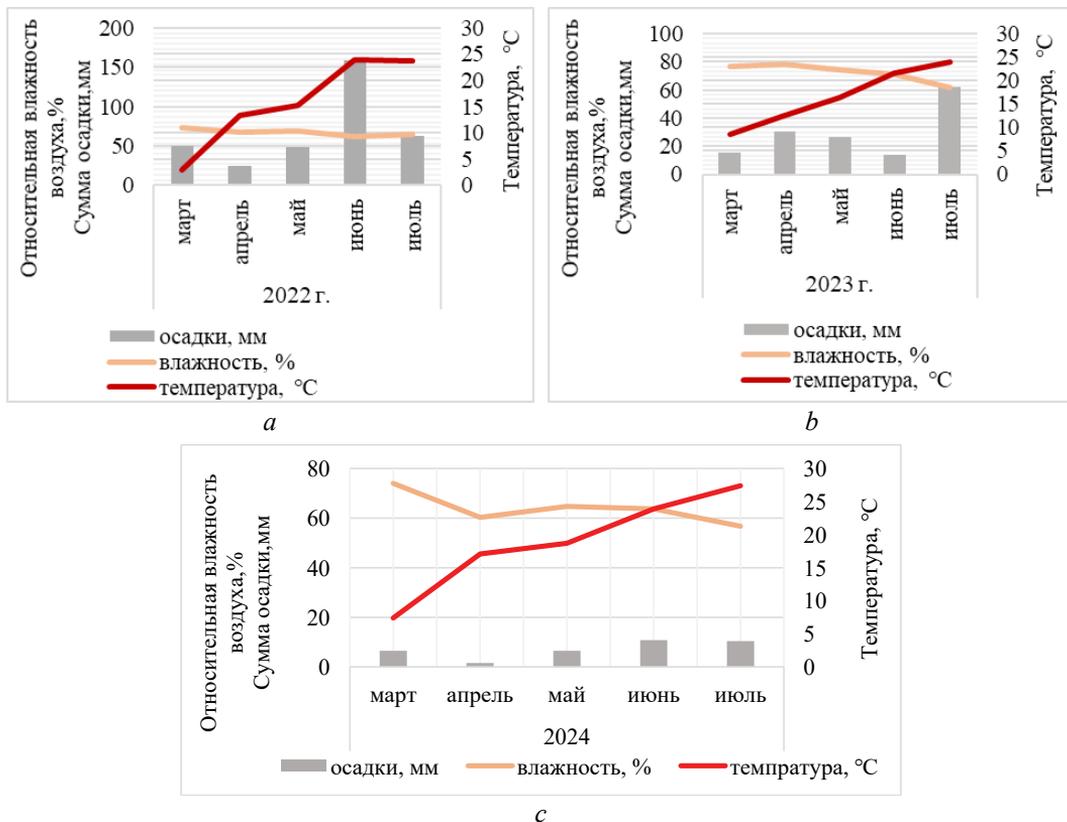
**Рис. 2.** Конидии *B. graminis*, общее увеличение микроскопа 400х (ориг.)  
**Figure 2.** *B. graminis* conidia, total microscope magnification 400x (original)

### Методика исследований Research method

Исследования проводились на опытном полевом участке ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (г. Краснодар) в 2022–2024 гг. Анализ полученных данных проводился в 2025 г. Для исследований были выбраны наиболее широко районированные в Российской Федерации сорта озимой пшеницы: Гром, Безостая 100, Юка, Алексеич и Сварог – первые четыре из них входят в десятку самых высеваемых сортов озимой пшеницы в РФ.

Работы по изучению динамики лета конидий начинались с момента весеннего возобновления вегетации пшеницы (Z 25–29). Фазы развития культуры приводятся по шкале Zadoks [16]. Погодные условия в период проведения исследований (весенние месяцы 2022 и 2023 гг.), включая температуру, влажность и количество осадков, способствовали развитию мучнистой росы на пшенице. В 2024 г., напротив, условия были неблагоприятными для развития данной болезни (рис. 3).

Площадь опытных участков составляла 10 м<sup>2</sup>. Для изучения динамики лета конидий *B. graminis* использовались два типа спороулавливающих приборов, созданных в ФГБНУ ФНЦБЗР: флюгерная споролушшка [17] и устройство для определения заспоренности растений [18] (рис. 4).



**Рис. 3.** Погодные условия периода проведения исследований (по данным метеостанции «Круглик», г. Краснодар) в 2022 (а), 2023 (б) и 2024 (с) гг.

**Figure 3.** Weather conditions during the study period (according to the Kruglik Meteorological Station, Krasnodar, Russia) in 2022 (a), 2023 (b), 2024 (c)



**Рис. 4.** Спороулавливатели: а – флюгерная спороловушка; б – устройство для определения заспоренности растений

**Figure 4.** Spore traps: а – vane-type spore trap; б – plant spore load assessment device

Флюгерная спороловушка устанавливалась среди посевов стационарно на высоте 1,5 м над землей. Назначение данного типа ловушки – выявлять начало лета спор фитопатогенов и фиксировать динамику их лета на протяжении вегетационного периода. В передней части флюгера закрепляется специальная прозрачная рамка, предварительно смазанная вазелином, в качестве удерживающего состава. Каждые 7 дней рамка заменялась на новую. Рамки, собранные в течение периода исследований, были изучены под световым микроскопом для выявления конидий *B. graminis* и подсчета их количества.

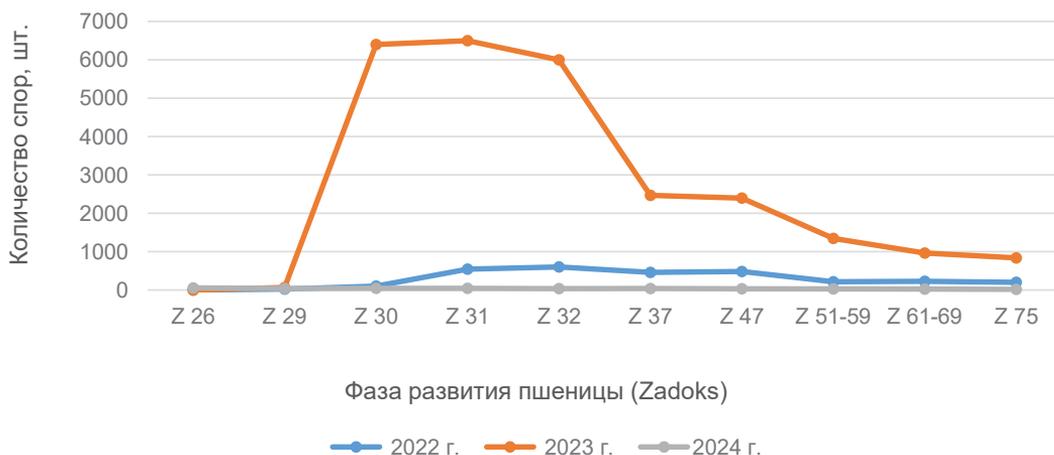
Для отбора проб воздуха непосредственно около растений использовалось устройство для определения заспоренности растений, которое представляет собой переносной импактор, с помещенным внутрь предметным стеклом, покрытым вазелином. Каждая проба отбиралась в течение 1 мин с 1 м<sup>2</sup> опытного участка в 5 повторностях. Полученные пробы также были изучены под световым микроскопом. Отбор проб устройством осуществлялся параллельно с оценкой развития мучнистой росы в исследуемых посевах по общепринятой фитопатологической методике [19], в 5 повторностях.

Для выявления корреляции между количеством обнаруживаемых спор устройством для определения заспоренности растений и развитием мучнистой росы применялась обработка данных на основе методов непараметрической статистики с использованием критерия Спирмена на высоком (95%) уровне значимости [20] с использованием программы StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0 Russian Portable.

## Результаты и их обсуждение Results and discussion

Динамика лета и количество спор *B. Graminis*, выявленных флюгерной спороловушкой в 2022–2024 гг., отражены на рисунке 5.

Количество спор *B. graminis* значительно отличалось по годам проведения исследований. В 2022 г. количество уловленных конидий на протяжении всего периода исследований варьировало в пределах от 25 до 602 шт. на улавливающую поверхность. При этом начало лета зафиксировано в фазе развития пшеницы «Возобновление



**Рис. 5.** Динамика лета и количество обнаруженных спор *B. Graminis* флюгерной спороловушкой в 2022–2024 гг.

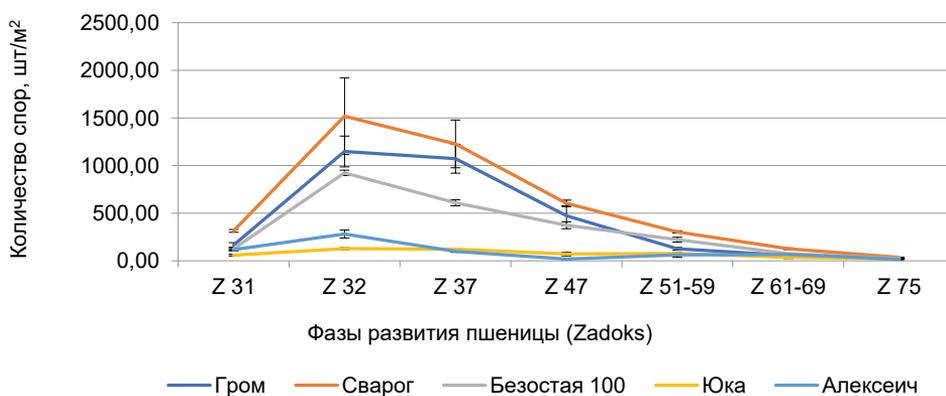
**Figure 5.** Flight dynamics and number of *B. graminis* spores detected by the vane-type spore trap in 2022–2024

вегетации» Z 29, пик лета отмечен в период с Z 31 «Выход в трубку» по Z 47 «Флаговый лист». В последующие фазы количество улавливаемых конидий постепенно уменьшалось. Такая динамика лета является нормальной для условий Центральной зоны Краснодарского края, так как наступление высоких температур в конце весны подавляет развитие и продукцию спор данного фитопатогена. В 2023 г. количество уловленных конидий варьировало в пределах от 68 до 6500 шт. на улавливающую поверхность. Это позволяет утверждать, что для роста *B. graminis* в данном вегетационном сезоне сложились весьма подходящие условия. Начало распространения спор в 2023 г. совпало с фазой развития пшеницы Z 29 и повторило ситуацию предыдущего года. Пик лета спор отмечен несколько ранее по сравнению с предыдущим годом – в фазах Z 30–32, однако несмотря на постепенное снижение количества конидий в последующие фазы периода вегетации, оно оставалось на достаточно высоком уровне – около 1000 шт. на улавливающую поверхность. В 2024 г. количество уловленных конидий на протяжении всего периода исследований варьировало от 19 до 54 шт. При этом начало лета конидий зафиксировано в фазе развития пшеницы «Возобновление вегетации» Z 26, и в этой же фазе уловлено наибольшее их количество – 54 шт. В последующие фазы количество конидий постепенно снижалось. Такое низкое количество конидий по сравнению с результатами исследований в предыдущие годы указывает на то, что в 2024 г. в связи с неблагоприятными для фитопатогена погодными условиями болезнь не развивалась в исследуемых посевах, что впоследствии было подтверждено классической методикой. Небольшое количество спор, выявленных флюгерной споролушкой, могло появиться из единичных проявлений болезни или принесено воздушными потоками из отдаленных мест.

Чтобы выявить корреляцию между количеством обнаруживаемых конидий и развитием мучнистой росы в посевах, использовалось устройство для определения заспоренности растений, так как оно позволяет определить содержание спор непосредственно среди растений на единицу площади.

Динамика лета и количество спор *B. Graminis*, выявленных устройством для определения заспоренности растений в 2022 г., отражены на рисунке 6.

С помощью данного типа спороулавливающего устройства было установлено, что наибольшее количество конидий *B. graminis* в посевах встречалось в первой и второй декадах мая – фаза развития пшеницы «Выход в трубку» Z 32–37 (рис. 6). Конидии обнаруживались в посевах всех сортов, но их наибольшее количество (более



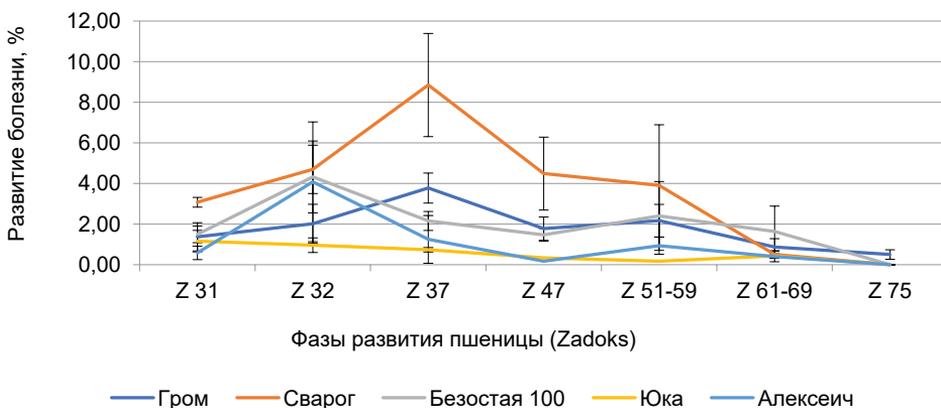
**Рис. 6.** Динамика лета и количество обнаруженных спор *B. graminis* устройством для определения заспоренности растений в 2022 г.

**Figure 6.** Flight dynamics and number of *B. graminis* spores detected by the plant spore load assessment device in 2022

1500 шт. на 1 м<sup>2</sup>) пришлось на посеы сорта Сварог, который характеризуется средней устойчивостью к мучнистой росе. С середины мая и до завершения вегетационного периода пшеницы (фазы Z 47-Z 75) наблюдалось постепенное уменьшение количества конидий, что соответствует результатам, полученным флюгерной споролушкой.

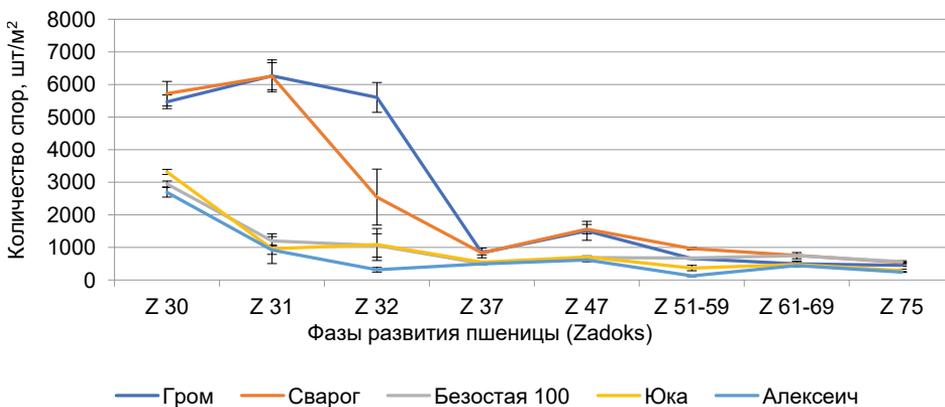
Согласно классической методике в 2022 г. пик поражения мучнистой росой (рис. 7) зафиксирован в посевах сорта Сварог (8,85%) в фазу развития пшеницы Z 37. Поскольку наибольшее количество конидий было выявлено в посевах именно этого сорта, можно заключить, что данные спороулавливающих устройств действительно можно использовать для оценки и прогнозирования развития болезни в посевах. При этом если совместить данные обоих спороулавливателей, пик лета спор был выявлен в периоде между фазами Z 31 и Z 47, а максимальное развитие мучнистой росы – в фазе Z 37, то есть существует прямая зависимость между количеством спор и развитием болезни в посевах. Для других сортов была выявлена сходная зависимость развития мучнистой росы от содержания спор в воздухе.

Динамика лета и количество спор *B. Graminis*, выявленных устройством для определения заспоренности растений в 2023 г., отражены на рисунке 8.



**Рис. 7.** Развитие мучнистой росы (опытные участки ФГБНУ ФНЦБЗР, 2022 г.)

**Figure 7.** Powdery mildew development (experimental plots of FRCBPP, 2022)



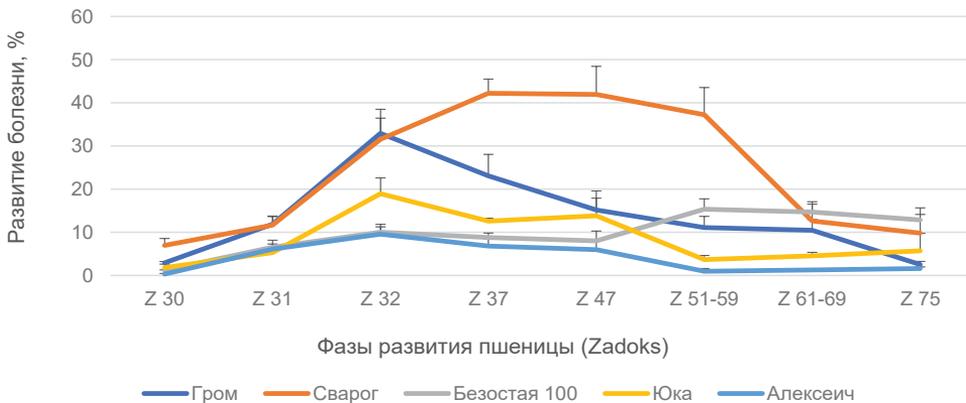
**Рис. 8.** Динамика лета и количество обнаруженных спор *B. graminis* устройством для определения заспоренности растений в 2023 г.

**Figure 8.** Flight dynamics and number of *B. graminis* spores detected by the plant spore load assessment device in 2023

В 2023 г. посредством устройства для определения заспоренности растений было определено, что максимальное количество спор *B. graminis* (рис. 8) наблюдалась в период с начала и до конца апреля – в фазу «Выход в трубку» (Z 30–32). Таким образом, данные обоих типов спороулавливателей подтверждают друг друга. Наибольшее количество конидий было отмечено в посевах сортов Сварог (около 6253 шт/м<sup>2</sup>) и Гром (около 6266 шт/м<sup>2</sup>). Оценка развития мучнистой росы в 2023 г. (рис. 9) выявила наиболее выраженное поражение в посевах Сварога (42,2%) в фазе Z 37 и Грома (32,92%) в фазе Z 32. Таким образом, данные, полученные в 2022 г., подтверждаются.

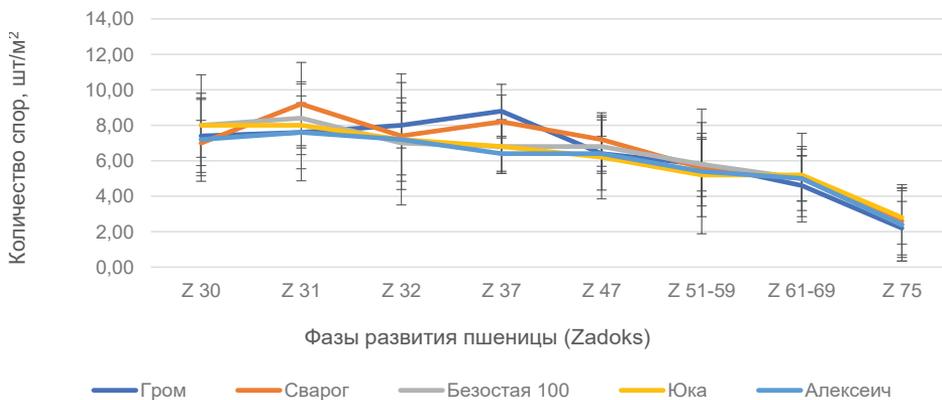
Количество обнаруживаемых спор и развитие болезни в 2022 и 2023 гг. также варьирует по сортам. В целом прослеживается четкая зависимость между количеством спор и развитием болезни на разных сортах. Однако даже при высоком количестве конидий в воздухе развитие болезни является не всегда высоким. Данная зависимость прослеживается на сортах Безостая 100, Юка и Алексеич. Таким образом, при проведении мониторинга особенно важно учитывать сортовые особенности пшеницы, а именно восприимчивость сорта к болезни.

Динамика лета и количество спор *B. Graminis*, выявленных устройством для определения заспоренности растений в 2024 г., отражены на рисунке 10.



**Рис. 9.** Развитие мучнистой росы (опытные участки ФГБНУ ФНЦБЗР, 2023 г.)

**Figure 9.** Powdery mildew development (experimental plots of FRCBPP, 2023)



**Рис. 10.** Динамика лета и количество обнаруженных спор *B. graminis* устройством для определения заспоренности растений в 2024 г.

**Figure 10.** Flight dynamics and number of *B. graminis* spores detected by the plant spore load assessment device in 2024

В 2024 г., на протяжении всего периода исследований, в посевах всех сортов устройством для определения заспоренности растений количество конидий *B. graminis* не превышало 10 шт/м<sup>2</sup> (рис. 10). Пик лета отмечен в фазе «Выход в трубку» Z 30–37, после чего количество конидий постепенно снижалось. Классическим методом развитие болезни в посевах в 2024 г. выявлено не было. Таким образом, данные, полученные обоими спороулавливающими устройствами и классическим методом мониторинга, соотносятся между собой, что подтверждает тезис о возможности использования спороулавливателей в мониторинге и прогнозирования развития мучнистой росы пшеницы.

Поскольку развитие мучнистой росы в посевах выявлено только в 2022–2023 гг., корреляционный анализ взаимосвязи количества обнаруженных конидий устройством для определения заспоренности растений и развитием мучнистой росы в посевах исследуемых сортов был выполнен по данным этих годов. Были выбраны три ключевых периода: появление первых признаков болезни, интенсивное проявление и конец вегетации, а также совместно для трех периодов. При этом данные группировались как для отдельных сортов, так и по общему по группам, то есть по средним значениям для всех сортов.

Результаты расчета коэффициента корреляции представлены в таблице.

Таблица

**Результаты расчета коэффициента корреляции между количеством обнаруженных спор с помощью устройства для определения заспоренности растений и развитием мучнистой росы на посевах озимой пшеницы в 2022–2023 гг.**

Table

**Correlation coefficients between the number of spores detected by the Flight dynamics and number of *B. graminis* spores detected by the plant spore load assessment device and the powdery mildew development in winter wheat crops in 2022–2023**

Сорт	Год			
	2022		2023	
	г	р	г	р
Первые признаки развития болезни – Z 30–32				
Гром	0,6	0,209	0,5	0,351
Сварог	0,9	0,023	0,1	0,827
Безостая100	–0,4	0,254	0,1	0,960
Юка	0,7	0,173	0,9	0,028
Алексеич	0,8	0,194	0,1	0,927
Общее по группам	<b>0,8</b>	<b>0,001</b>	<b>0,8</b>	<b>0,000</b>

Сорт	Год			
	2022		2023	
	г	р	г	р
Интенсивное проявление болезней – Z 37				
Гром	0,8	0,046	0,5	0,117
Сварог	0,1	0,112	0,2	0,223
Безостая100	0,9	0,030	0,3	0,620
Юка	–	–	0,8	0,102
Алексеич	–	–	0,4	0,452
Общее по группам	<b>0,8</b>	<b>0,000</b>	0,5	0,017
Конец вегетации пшеницы – Z 75				
Гром	0,9	0,011	0,2	0,686
Сварог	0,9	0,025	0,7	0,154
Безостая100	0,5	0,418	0,8	0,051
Юка	–	–	0,6	0,221
Алексеич	0,1	0,892	0,6	0,228
Общее по группам	<b>0,7</b>	<b>0,000</b>	<b>0,7</b>	<b>0,000</b>
Обобщенные данные по трем периодам				
Гром	0,6	0,003	0,8	0,000
Сварог	0,6	0,001	0,1	0,459
Безостая100	0,6	0,000	0,1	0,937
Юка	0,8	0,000	0,7	0,000
Алексеич	0,4	0,035	0,3	0,119
Общее по группам	0,5	0,000	0,5	0,000

**Примечание.** г – показатель коэффициента корреляции; р – уровень статистической значимости ( $p < 0,05$ ); – отсутствие болезни в данную фазу вегетационного периода.

Для интерпретации коэффициента корреляции использовали шкалу Чеддока, согласно которой сила связи между параметрами оценивается как: слабая – от 0,1 до 0,3; умеренная – от 0,3 до 0,5; заметная – от 0,5 до 0,7; высокая – от 0,7 до 0,9; весьма высокая – от 0,9 до 1,0.

Анализ позволил установить высокую корреляцию на высоком уровне статистической значимости между двумя исследуемыми параметрами для сортов Гром, Сварог, Безостая 100 в разные периоды вегетации в 2022 г. При этом анализ данных без учета сортов (общее по группам) показал наличие высокой корреляции по каждому из периодов вегетации. Обобщенные данные по трем периодам в 2022 г. позволили выявить корреляцию по разным сортам на уровнях от «Умеренная» до «Высокая». При этом коэффициент корреляции без учета сортов относится к уровню «Заметная».

В 2023 г. высокая корреляция на высоком уровне статистической значимости выявлена в посевах сортов Юка и Безостая 100 в отдельные периоды вегетации. При этом анализ данных без учета сортов (общее по группам) показал наличие высокой корреляции в фазах вегетационного периода Z 30–32 и Z 75. Обобщенные данные по трем периодам в 2023 г. позволили выявить корреляцию по разным сортам на уровнях от «Слабая» до «Высокая». При этом коэффициент корреляции без учета сортов относится к уровню «Заметная».

Таким образом, установлено, что количество конидий *B. graminis* коррелирует с развитием болезни в посевах, однако для выявления влияния сортовых особенностей озимой пшеницы на данную корреляцию необходимо проведение исследований еще на протяжении нескольких лет.

## Выводы

## Conclusions

Проведенные исследования позволили изучить динамику лета спор *B. graminis* в условиях Центральной зоны Краснодарского края. Начало лета конидий начинается с момента весеннего возобновления вегетации пшеницы (Z 29), пик лета приходится на фазы развития пшеницы Z 30–32 «Выход в трубку», а с появлением флагового листа (Z 47) количество конидий в воздухе постепенно снижается. Установлено, что количество конидий *B. graminis* коррелирует с развитием болезни в посевах, однако для выявления влияния сортовых особенностей озимой пшеницы на данную корреляцию необходимо проведение исследований еще на протяжении нескольких лет.

Таким образом, спороулавливающие устройства могут использоваться для мониторинга развития мучнистой росы. Полученные данные станут основой методики, с помощью которой, с учетом сортовых особенностей пшеницы и погодных условий, можно будет оценивать текущее и прогнозировать последующее развитие мучнистой росы пшеницы, а на основе результатов прогноза – применять своевременные профилактические или лечебные меры по защите культуры.

## Список источников

1. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E. et al. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;13:4:414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
2. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., McRoberts N. et al. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. 2019;3:3:430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
3. Li J., Liu X., Yang X., Li Y. et al. Proteomic analysis of the impacts of powdery mildew on wheat grain. *Food Chemistry*. 2018;261:30-35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.024>
4. Abdelrhim A., Abd-Alla H.M., Abdou El-S., Ismail M.E. et al. Virulence of Egyptian *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population and response of Egyptian wheat cultivars. *Plant Disease*. 2018;102:2:391-397. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-0975-RE>

5. Димитриенко О.В. Мучнистая роса зерновых и меры борьбы с ней в Краснодарском крае // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 90-4. С. 11–14. <https://doi.org/10.18411/trnio-10-2022-144>
6. Лебедева Т.В., Зуев Е.В., Брыкова А.Н. Перспективность использования современных европейских сортов яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к мучнистой росе в Северо-Западном регионе РФ // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 180, № 4. С. 170–176. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-170-176>
7. Vapela T., Shimelis H., Terefe T., Bourras S. et al. Breeding wheat for powdery mildew resistance: genetic resources and methodologies – a review. *Agronomy*. 2023;13:4:1173. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041173>
8. Cowger C., Parks R., Kosman E. Structure and migration in US *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* populations. *Phytopathology*. 2016;106:3:295-304. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-15-0066-R>
9. Биловус Г. Мучнистая роса пшеницы озимой в условиях Западной Лесостепи Украины // *Stiinta Agricola*. 2019. № 2. С. 73–78. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3596662>
10. Basandrai A.K., Basandrai D. Powdery mildew of wheat and its management. In: *Management of Wheat and Barley Diseases*. Basandrai A.K., Basandrai D. (Eds.). New York, USA: Apple Academic Press, 2017:133-181. <https://doi.org/10.1201/9781315207537>
11. Kremneva O., Danilov R., Gasiyan K., Ponomarev A. et al. Spore-trapping device: an efficient tool to manage fungal diseases in winter wheat crops. *Plants*. 2023;12(2):391. <https://doi.org/10.3390/plants12020391>
12. Granke L.L., Morrice J.J., Hausbeck M.K. Relationships between airborne *Pseudoperonospora cubensis* sporangia, environmental conditions, and cucumber downy mildew severity. *Plant Disease*. 2014;98(5):674-681. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0567-RE>
13. Liebe S., Imbusch F., Erven T., Varrelmann M. Timing of fungicide application against *Cercospora* leaf spot disease based on aerial spore dispersal of *Cercospora beticola* in sugar beet. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2023;130(2):315-324. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00708-w>
14. Dhar N., Mamo B.E., Subbarao K.V., Koike S.T. et al. Measurements of aerial spore load by qPCR facilitates lettuce downy mildew risk advisement. *Plant Disease*. 2020;104(1):82-93. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0441-RE>
15. Гасиян К.Э., Кремнева О.Ю. Спороулавливающие устройства для мониторинга грибных болезней сельскохозяйственных культур (обзор) // *Земледелие*. 2025. № 2. С. 42–48. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-2-42-48>
16. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 1974;14:415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
17. Патент на полезную модель 226522 U1 (Российская Федерация), МПК С12М 1/26, G01N1/28, G01N1/22. Флюгерная спороловушка / О.Ю. Кремнева, А.В. Пономарев, К.Э. Гасиян и др., 2024
18. Патент на полезную модель 202119 U1 (Российская Федерация), МПК G01N1/22. Устройство для определения заспоренности растений / О.Ю. Кремнева, А.В. Пономарев, А.А. Пачкин, С.А. Ермоленко, 2021
19. Койшыбаев М., Муминджанов Х. *Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур*. Анкара, 2016. 28 с.
20. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*: Учебник. Москва: Альянс, 2011. 350 с.

## References

1. Dean R., Van Kan J.A.L., Pretorius Z.A., Hammond-Kosack K.E. et al. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2012;13:4:414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
2. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., McRoberts N. et al. The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*. 2019;3:3:430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
3. Li J., Liu X., Yang X., Li Y. et al. Proteomic analysis of the impacts of powdery mildew on wheat grain. *Food Chemistry*. 2018;261:30-35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.024>
4. Abdelrhim A., Abd-Alla H.M., Abdou El-S., Ismail M.E. et al. Virulence of Egyptian *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population and response of Egyptian wheat cultivars. *Plant Disease*. 2018;102:2:391-397. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-0975-RE>
5. Dimitrienko O.V. Powdery mildew of grain and its control measures in the Krasnodar Territory. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022;(90-4):11-14. (In Russ.) <https://doi.org/10.18411/trnio-10-2022-144>
6. Lebedeva T.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Prospects of Employing Modern European Cultivars of Spring Bread Wheat in The Breeding for Powdery Mildew Resistance in The Northwestern Region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;180(4):170-176. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-170-176>
7. Bapela T., Shimelis H., Terefe T., Bourras S. et al. Breeding wheat for powdery mildew resistance: genetic resources and methodologies – a review. *Agronomy*. 2023;13:4:1173. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041173>
8. Cowger C., Parks R., Kosman E. Structure and migration in US *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* populations. *Phytopathology*. 2016;106:3:295-304. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-15-0066-R>
9. Bilovus G. Powdery mildew of winter wheat in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Stiinta Agricola*. 2019;(2):73-78. (In Russ.) <https://doi.org/10.5281/zenodo.3596662>
10. Basandrai A.K., Basandrai D. Powdery mildew of wheat and its management. In: *Management of Wheat and Barley Diseases*. Basandrai A.K., Basandrai D. (Eds.). New York, USA: Apple Academic Press, 2017:133-181. <https://doi.org/10.1201/9781315207537>
11. Kremneva O., Danilov R., Gasiyan K., Ponomarev A. et al. Spore-trapping device: an efficient tool to manage fungal diseases in winter wheat crops. *Plants*. 2023;12(2):391. <https://doi.org/10.3390/plants12020391>
12. Granke L.L., Morrice J., Hausbeck M.K. Relationships between airborne *Pseudoperonospora cubensis* sporangia, environmental conditions, and cucumber downy mildew severity. *Plant Disease*. 2014;98(5):674-681. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0567-RE>
13. Liebe S., Imbusch F., Erven T., Varrelmann M. Timing of fungicide application against *Cercospora* leaf spot disease based on aerial spore dispersal of *Cercospora beticola* in sugar beet. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2023;130(3):315-324. <https://doi.org/10.1007/s41348-023-00708-w>
14. Dhar N., Mamo B.E., Subbarao K.V., Koike S.T. et al. Measurements of aerial spore load by qPCR facilitates lettuce downy mildew risk advisement. *Plant Disease*. 2020;104(1):82-93. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-19-0441-RE>

15. Gasiyan K.E., Kremneva O.Yu. Spore trapping devices for monitoring fungal diseases of agricultural crops (review). *Zemledelie*. 2025;(2):42-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2025-2-42-48>
16. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 1974;14:415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
17. Patent 226522 U1 (Russian Federation): IPC C12M 1/26, G01N1/28, G01N1/22. Vane-type spore trap. Kremneva O.Yu., Ponomarev A.V., Gasiyan K.E. et al., 2024. (In Russ.)
18. Patent 202119 U1 (Russian Federation): IPC G01N1/22. Plant spore load assessment device. Kremneva O.Yu., Ponomarev A.V., Pachkin A.A., Ermolenko S.A., 2021. (In Russ.)
19. Koyshybaev M., Mumindzhanov H. *Guidelines for monitoring diseases, pests, and weeds in grain crops*. Ankara, Turkey: 2016:28. (In Russ.)
20. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of research results)*: a textbook. Moscow, Russia: Al'yans, 2012:352. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Ксения Эдиковна Гасиян**, аспирант, научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. имени Калинина, 62; e-mail: [gasiyankkk@mail.ru](mailto:gasiyankkk@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2192-3261>

**Оксана Юрьевна Кремнева**, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. имени Калинина, 62; e-mail: [kremenoks@mail.ru](mailto:kremenoks@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0982-6821>

**Роман Юрьевич Данилов**, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. имени Калинина, 62; e-mail: [daniloff.roman2011@yandex.ru](mailto:daniloff.roman2011@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8454-0765>

### Information about the authors

**Kseniya E. Gasiyan**, postgraduate student, Research Associate at the Laboratory of Phytosanitary Monitoring of Agroecosystems, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, 350039, Russian Federation; e-mail: [gasiyankkk@mail.ru](mailto:gasiyankkk@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-2192-3261>

**Oksana Yu. Kremneva**, CSc (Bio), Leading Research Associate, Head of the Laboratory of Phytosanitary Monitoring of Agroecosystems, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, 350039, Russian Federation; e-mail: [kremenoks@mail.ru](mailto:kremenoks@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0982-6821>

**Roman Yu. Danilov**, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Phytosanitary Monitoring of Agroecosystems, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, 350039, Russian Federation; e-mail: [daniloff.roman2011@yandex.ru](mailto:daniloff.roman2011@yandex.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8454-0765>