

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ/AGROCHEMISTRY, AGROSOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.6>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОРАЖАЕМОСТИ СОРТОВ ФЛОКСА ВОЗБУДИТЕЛЕМ МУЧНИСТОЙ РОСЫ

Научная статья

Аветисян Г.А.*

¹ ORCID : 0009-0003-4917-5565;

¹ Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (avetisyang[at]yandex.ru)

Аннотация

В работе представлено сравнение пораженности мучнистой росой сортов растений флокса в цветнике ГБС РАН. Для исследования использовали 10 сортов растений флокса отечественной селекции. Для оценки поражения мучнисторосным патогеном были проанализированы зрелые листья из средней части растений. В наших исследованиях наиболее значительное поражение растений флокса мучнистой росой наблюдалось у сортов «Успех», «Врубель» и «Катюша». Развитие возбудителя мучнистой росы в тканях растения сорта «Успех» характеризовалось повышенным спороношением патогена с прохождением половой стадии гриба. У сортов «Небеса», «Синеющий Гаганова», «Щорс» было обнаружено наименьшее поражение мучнистой росой. Полученные данные дают основание проводить дальнейшие сортопротыкания растений флокса на устойчивость к возбудителю мучнистой росы.

Ключевые слова: возбудитель мучнистой росы, флоксы, устойчивые сорта, восприимчивые сорта.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE SUSCEPTIBILITY OF PHLOX VARIETIES TO POWDERY MILDEW

Research article

Аветисян Г.А.*

¹ ORCID : 0009-0003-4917-5565;

¹ Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (avetisyang[at]yandex.ru)

Abstract

The work presents a comparison of powdery mildew infection in phlox varieties in the flower garden of the MBG RAS. Ten varieties of phlox plants of domestic selection were used for the study. Mature leaves from the middle part of the plants were analysed to evaluate powdery mildew infection. In our research, the most significant powdery mildew infection of phlox plants was observed in the varieties "Uspekh", "Vrubel" and "Katyusha". The development of the powdery mildew pathogen in the tissues of the "Uspekh" variety was characterised by increased sporulation of the pathogen with the passage of the sexual stage of the fungus. The varieties "Nebesa", "Sineyushchiy Gaganova", and "Shchors" showed the least damage from powdery mildew. The obtained data provide a basis for further variety testing of phlox plants for resistance to the powdery mildew pathogen.

Keywords: powdery mildew pathogen, phloxes, resistant varieties, susceptible varieties.

Введение

Мучнистая роса флокса, образуя белый, порошкообразный мицелий, поражает главным образом листья растений, но при сильном заражении поражаются также стебли и соцветия растений флокса [1], [2]. Известно, что жизненный цикл облигатного биотрофного гриба тесно связан с жизненным циклом растения-хозяина. Так, первичное заражение возбудителем мучнистой росы флокса начинается с зимующих гиф в покоящихся почках или с попадания аскоспор на растительную ткань. Патогены данного заболевания производят споры либо бесполым (конидии), либо половым (аскоспоры) путем. Аскоспоры находятся внутри меланизированного, толстослойного плодового тела, известного как хазмотеций. Хазмотеции зимуют в почве или на зараженных растительных остатках, аскоспоры высвобождаются из-за повышенного тургора во время дождя. После заражения растительной ткани аскоспора производит гифы на поверхности листьев, стеблей и соцветий. Со временем гифы разрастаются в мицелий, который дает начало конидиеносцам, на которых образуются конидии. Конидии образуются в течение всего вегетационного периода, пока условия благоприятны для споруляции, и распространяются на большие расстояния с помощью ветра и воздушных потоков [3], [4]. В процессе инфекции, когда степень патологического воздействия патогена возрастает, заболевание отчетливо проявляется внешне. При сравнении поверхностей листьев флокса абаксиальная сторона поверхности поддерживает больший рост инфекции, чем адаксиальная, было высказано предположение, что количество устьиц на абаксиальной стороне и толстая кутикула адаксиальной стороны могут быть причинами такой разницы [5].

Возбудитель мучнистой росы флокса может полностью покрывать мучнистым налетом целые растения, препятствуя росту растений, и приводя к экономическим потерям. Заболевание особенно распространено у флокса метельчатого, вероятно, из-за доминирования этого вида в искусственных ландшафтах [6], [7], [8]. Это вызывает интерес к изучению развития возбудителя мучнистой росы на листьях коллекционных растений флокса в цветнике

ГБС РАН, поскольку изучение различий проявления инфекционного заболевания необходимо для дальнейшего поиска методов лечения пораженных патогеном растений.

В задачу данного исследования входило сравнение пораженности мучнистой росой сортов флокса в цветнике ГБС РАН.

Методы и принципы исследования

Работа выполнена в открытом грунте на территории цветника Главного Ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН в период с конца августа по конец сентября 2025 года. Данный период был выбран, поскольку в это время наступает пик развития болезни, ведь к концу августа мицелий мучнисторосяного гриба достигает максимальной концентрации, и заболевание наиболее выражено проявляется на растениях флокса, причем не только на листьях, но и на стеблях растений.

Для исследования использовали сорта растений флокса: «Катюша», «Голубой дым», «Владимир», «Врубель», «Небеса», «Синеющий Гаганова», «Девушка Подмосковья», «Успех», «Щорс», «Праздничный». Для оценки поражения мучнисторосяным патогеном были проанализированы зрелые листья из средней части растений, по 5 образцов от каждого сорта. Микроклиматические условия для выбранных растений были одинаковыми, т.к. растения выращивались в одной локации. Измерения площади листовой поверхности и площади пораженной листовой поверхности растений флокса проводили с помощью программы ImageJ. Программа ImageJ — универсальная программа, разработанная для обработки и анализа изображений. Данная программа работает как загружаемое приложение и позволяет вычислять площади и периметры фигур на снимках, расстояния и углы, статистические показатели различных выделенных областей на изображениях. Устойчивость к мучнистой росе оценивали по 100 балльной шкале, т.к. в данном исследовании использовался цифровой анализ изображений.

В таблице приведены средние значения площади листовой поверхности, площади поражения и рассчитанного процента поражения. Для каждого сорта рассчитаны среднее арифметическое и стандартное отклонение, данные были получены на основе 5 повторностей. Вычисления выполнены с использованием стандартного программного обеспечения для статистического анализа Microsoft Excel.

Микроскопические исследования проводились в лаборатории физиологии и иммунитета растений Главного Ботанического сада РАН, образцы листовой ткани растений флокса просматривали с помощью сканирующего электронного микроскопа LEO-1430 VP (Carl Zeiss, Германия) в условиях высокого вакуума при температуре -30°C с применением замораживающей приставки Deben UK (Великобритания).

Основные результаты

На рисунке 1 представлены образцы листьев исследуемых сортов флокса, пораженных возбудителем мучнистой росы. На рисунке 2 представлены различия развития мучнисторосяного гриба на поверхности листьев флокса сортов «Успех» и «Синеющий Гаганова». Развитие возбудителя мучнистой росы в тканях растения сорта «Успех» характеризовалось повышенным спороношением патогена, когда на разросшемся мицелии гриба непрерывно образуются конидии, а также прохождением половой стадии гриба с образованием плодовых тел (рис. 1а). При исследовании развития возбудителя мучнистой росы на листьях флокса сорта «Синеющий Гаганова» наблюдалось образование колоний в незначительном количестве (рис. 1б), также у растений этого сорта не наблюдалось половой стадии, была обнаружена только конидиальная стадия. Можно предположить, что такое ограничение развития патогена только бесполой стадией может снижать потенциал для дальнейшего распространения.

Площадь поражения листовой пластинки патогеном отражает плотность прохождения инфекционного процесса и связана с восприимчивостью растения-хозяина к возбудителю болезни [9], [10]. В Таблице приведены значения общей площади и площади пораженной листовой поверхности флокса мучнистой росой. В наших исследованиях наиболее значительное поражение растений флокса мучнистой росой наблюдалось у сортов «Успех», «Врубель» и «Катюша», площадь поражения листовой пластинки у данных образцов составляла больше 50%, данные сорта можно отнести к группе сильного поражения, когда лист практически уничтожен. У образцов «Голубой дым», «Владимир», «Девушка Подмосковья», «Праздничный» площадь поражения листа составляла менее 50%, данные сорта можно отнести к группе среднего поражения. Измерения общей площади листовой поверхности и площади пораженной листовой поверхности сортов «Небеса», «Синеющий Гаганова», «Щорс» показали наименьшее поражение мучнистой росой, менее 20 %, данные сорта можно отнести к группе слабого поражения.

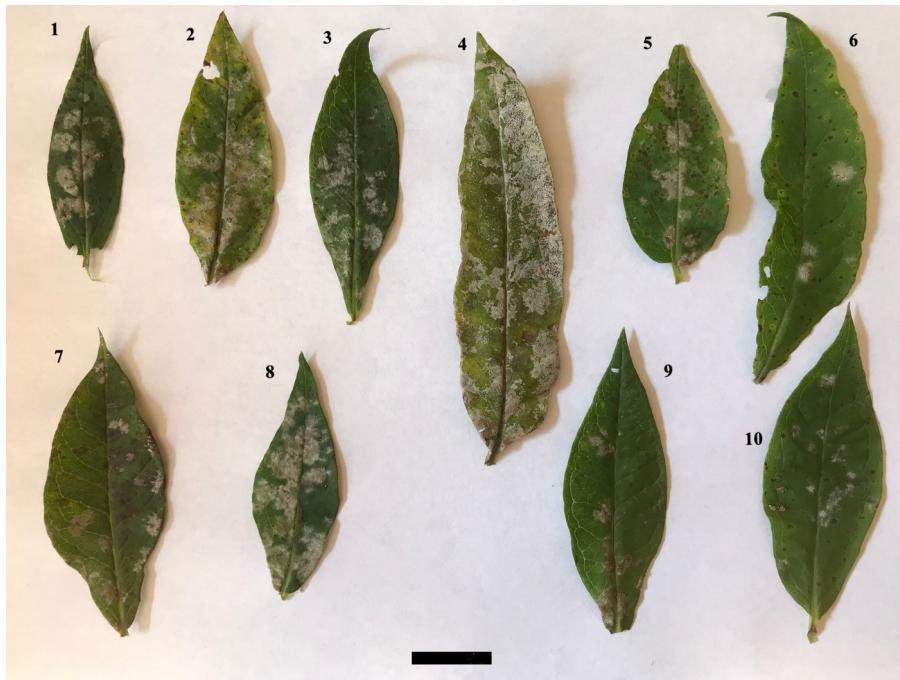


Рисунок 1 - Поражение мучнистой росой листьев растений флокса сортов отечественной селекции:
 1 – Катюша; 2 – Голубой дым; 3 – Владимир; 4 – Врубель; 5 – Небеса; 6 – Синеющий Гаганова; 7 – Девушка
 Подмосковья; 8 – Успех; 9 – Щорс; 10 – Праздничный

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.6.1>

Примечание: масштабный отрезок равен 1 см

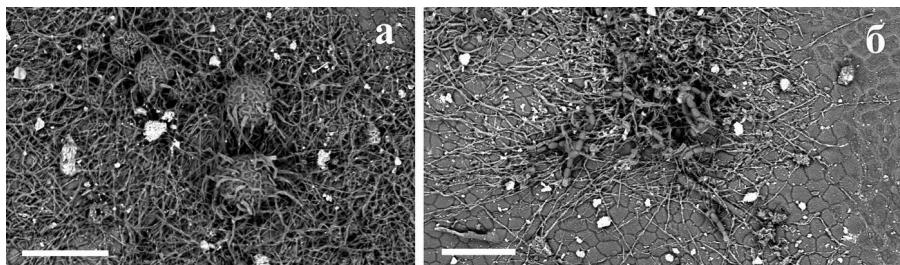


Рисунок 2 - Половая и бесполая стадии развития возбудителя мучнистой росы на листьях растений флокса:
 а – сорт «Успех» (половая стадия); б – сорт «Синеющий Гаганова» (бесполая стадия)

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.6.2>

Примечание: масштабный отрезок равен 200 мкм. Сканирующая электронная микроскопия, нативный материал при -30°C

Обсуждение

Градация по степени поражения разделяет сорта на восприимчивые, среднеустойчивые и устойчивые. Высокий процент поражения может указывать на отсутствие эффективных механизмов сопротивления заболеванию. А минимальное поражение сортов позволяет предположить наличие эффективных барьеров или генетически обусловленной устойчивости. Таким образом, таблица 1 наглядно демонстрирует неоднородность последствий воздействия поражающего фактора и указывает на необходимость изучения причин такой вариабельности.

Таблица 1 - Площадь листовой поверхности и пораженной листовой поверхности растений флокса

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.66.6.3>

Название сорта	Площадь листовой поверхности, мм^2	Площадь пораженной листовой поверхности, мм^2	Процент поражения, %
Успех	$165,4 \pm 6,8$	$113,8 \pm 4,9$	$68,8 \pm 1,9$
Врубель	$190,4 \pm 9,1$	$103,7 \pm 3,8$	$54,5 \pm 1,6$

Название сорта	Площадь листовой поверхности, мм^2	Площадь пораженной листовой поверхности, мм^2	Процент поражения, %
Катюша	132,5 ± 7,5	103,5 ± 5,2	78,1 ± 2,8
Голубой дым	312,3 ± 18,7	103,3 ± 6,1	33,1 ± 1,9
Праздничный	174,3 ± 8,9	60,8 ± 3,5	34,9 ± 1,8
Владимир	201,2 ± 11,2	55,4 ± 3,1	27,5 ± 1,4
Девушка Подмосковья	172,7 ± 7,8	44,9 ± 2,7	26 ± 1,3
Небеса	248,6 ± 13,5	41,5 ± 2,4	16,7 ± 1
Щорс	168,4 ± 8,2	23,5 ± 1,8	14 ± 0,9
Синеющий Гаганова	297,7 ± 16,4	5,8 ± 0,5	1,9 ± 0,1

Заключение

Таким образом, различия пораженности разных сортов флокса могут свидетельствовать о факторах, благоприятствующих или ограничивающих развитие гриба. Выявленные сорта с наименьшей пораженностью мучнистой росой, а именно сорта «Небеса» и «Синеющий Гаганова», представляют ценность для селекционных работ, поскольку изучение данных сортов может помочь выявить конкретные гены или физиологические механизмы, отвечающие за устойчивость. Полученные данные дают основание проводить дальнейшие сортоиспытания растений флокса на устойчивость к возбудителю мучнистой росы. Ведь внедрение устойчивых сортов в практику цветоводства позволит значительно снизить пестицидную нагрузку и получить здоровый посадочный материал.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания № 124030100058-4.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out as part of state assignment No. 124030100058-4.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Варфоломеева Е.А. Современное состояние коллекции флоксов в ботаническом саду Петра Великого / Е.А. Варфоломеева, В.М. Рейнвальд // Биология растений и садоводство: теория, инновации. — 2017. — Т. 145. — С. 49–53.
2. Glawe D.A. The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens / D.A. Glawe // Annual Review of Phytopathology. — 2008. — Vol. 46. — № 1. — P. 27–51.
3. Narayanasamy P. Detection of fungal pathogens in plants / P. Narayanasamy // Microbial Plant Pathogens-Detection and Disease Diagnosis: Fungal Pathogens. — 2010. — Vol. 1. — P. 5–199.
4. Mathews D. Plant diseases / D. Mathews, J.O. Becker, S.A. Tjosvold // Contain. Nurs. Bus. Manag. Manual Univ. Calif. Agric. Nat. Resour. Publ. — 2014. — Vol. 3540. — P. 179–200.
5. Takamatsu S. Studies on the evolution and systematics of powdery mildew fungi / S. Takamatsu // Journal of General Plant Pathology. — 2018. — Vol. 84. — № 6. — P. 422–426.
6. Faust J.E. The floriculture vegetative cutting industry / J.E. Faust, J.M. Dole, R.G. Lopez // Horticultural Reviews. — 2016. — Vol. 44. — P. 121–172.
7. Farinas C. Flaming Phlox and the ubiquitous powdery mildew disease / C. Farinas, P.S. Jourdan, F. Peduto // Plant Health Progress. — 2020. — Vol. 22. — P. 11–20.
8. Тимофеева В.А. Формирование микробиоты интродуцированных растений / В.А. Тимофеева // Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира. — Беларусь : ООО «Эдит ВВ», 2005. — С. 73–78.
9. García-Guzmán G. Patterns of leaf-pathogen infection in the understory of a Mexican rain forest: incidence, spatiotemporal variation, and mechanisms of infection / G. García-Guzmán, R. Dirzo // American Journal of Botany. — 2001. — Vol. 88. — № 4. — P. 634–645.
10. Crosse J.E. Leaf damage as a predisposing factor in the infection / J.E. Crosse, R.N. Goodman, W.H. Shaffer // Phytopathology. — 1972. — Vol. 62. — P. 176–182.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Varfolomeeva E.A. Sovremennoe sostoyanie kollektii floksov v botanicheskem sadu Petra Velikogo [The present state of the collection of phloxes in the Botanical Garden of Peter the Great] / E.A. Varfolomeeva, V.M. Reinvald // Biologiya

- rastenii i sadovodstvo: teoriya, innovatsii [Plant biology and horticulture: theory and innovations]. — 2017. — Vol. 145. — P. 49–53. [in Russian]
2. Glawe D.A. The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens / D.A. Glawe // Annual Review of Phytopathology. — 2008. — Vol. 46. — № 1. — P. 27–51.
 3. Narayanasamy P. Detection of fungal pathogens in plants / P. Narayanasamy // Microbial Plant Pathogens-Detection and Disease Diagnosis: Fungal Pathogens. — 2010. — Vol. 1. — P. 5–199.
 4. Mathews D. Plant diseases / D. Mathews, J.O. Becker, S.A. Tjosvold // Contain. Nurs. Bus. Manag. Manual Univ. Calif. Agric. Nat. Resour. Publ. — 2014. — Vol. 3540. — P. 179–200.
 5. Takamatsu S. Studies on the evolution and systematics of powdery mildew fungi / S. Takamatsu // Journal of General Plant Pathology. — 2018. — Vol. 84. — № 6. — P. 422–426.
 6. Faust J.E. The floriculture vegetative cutting industry / J.E. Faust, J.M. Dole, R.G. Lopez // Horticultural Reviews. — 2016. — Vol. 44. — P. 121–172.
 7. Farinas C. Flaming Phlox and the ubiquitous powdery mildew disease / C. Farinas, P.S. Jourdan, F. Peduto // Plant Health Progress. — 2020. — Vol. 22. — P. 11–20.
 8. Timofeeva V.A. Formirovanie mikobioti introdutsirovannikh rastenii [Formation of mycobiota of introduced plants] / V.A. Timofeeva // Sovremennye napravleniya deyatel'nosti botanicheskikh sadov i derzhatelej botanicheskikh kollekcij po sohraneniyu bioraznoobraziya rastitel'nogo mira [Current activities of botanical gardens and botanical collection holders to preserve plant biodiversity]. — Belarus : Edit VV LLC, 2005. — P. 73–78. [in Russian]
 9. García-Guzmán G. Patterns of leaf-pathogen infection in the understory of a Mexican rain forest: incidence, spatiotemporal variation, and mechanisms of infection / G. García-Guzmán, R. Dirzo // American Journal of Botany. — 2001. — Vol. 88. — № 4. — P. 634–645.
 10. Crosse J.E. Leaf damage as a predisposing factor in the infection / J.E. Crosse, R.N. Goodman, W.H. Shaffer // Phytopathology. — 1972. — Vol. 62. — P. 176–182.