

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра микробиологии и физиологии растений

**ВОЗБУДИТЕЛИ МИКОЗОВ ФЛОКСА МЕТЕЛЬЧАТОГО
(*PHLOX PANICULATA* LINNAEUS, 1753)
В УСЛОВИЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Автореферат бакалаврской работы
студентки 4 курса 422 группы
направления подготовки 06.03.01 Биология
биологического факультета
Маслиной Елизаветы Геннадьевны

Заведующий кафедрой:

д.б.н., доцент

_____ Д. В. Уткин
дата, подпись

Научный руководитель:

к.б.н., доцент

_____ А. М. Петерсон
дата, подпись

Саратов 2026

Введение. Флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.) является одним из наиболее популярных многолетних декоративных растений, широко используемых в ландшафтном дизайне. Его яркие, разнообразные по окраске соцветия, обильное и продолжительное цветение, а также неприхотливость в уходе обусловили широкое распространение этой культуры в садах и парках. Селекционная работа с флоксом метельчатым на протяжении многих десятилетий была направлена прежде всего на улучшение декоративных качеств растений. Зачастую при этом недостаточное внимание уделялось вопросам устойчивости к болезням. В результате современные сорта флокса, отличающиеся высокими декоративными показателями, стали более восприимчивы к различным инфекционным заболеваниям [1, 2].

Наиболее распространенными болезнями флокса метельчатого в настоящее время являются микозы, вызываемые грибными патогенами. Зачастую сходные симптомы на растениях могут вызываться различными возбудителями, что затрудняет точную диагностику заболевания. Для эффективной защиты флокса метельчатого от болезней необходимо проводить комплексное изучение спектра патогенов, характерных для конкретного региона [3].

В Саратовской области флоксы широко культивируются как в частных питомниках, так и на приусадебных участках. Однако видовой состав возбудителей микозов, поражающих флоксы в регионе, оставался практически не изученным.

Целью данного исследования является выявление спектра возбудителей микозов флокса метельчатого, циркулирующих на территории Саратовской области.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Оценить обсеменённость фитопатогенными микромицетами посадочного материала флокса метельчатого разных производителей, используемого в регионе.

2. Выявить возбудителей микозов флоксов, поражающих растения в условиях Саратовской области в течение вегетационного сезона.

3. Установить способность выделенных возбудителей вызывать патологии листовых пластинок флоксов в условиях *in vitro*.

4. Выявить виды бактерий, доминирующих на растениях флокса в Саратовской области, и определить уровень их антагонистической активности по отношению к фитопатогенным микромицетам.

5. Провести сравнительную характеристику эффективности химических и биологических фунгицидов против фитопатогенных микромицетов, изолированных с поражённых растений флокса метельчатого в Саратовской области.

Структура и объем работы. Работа изложена на 72 страницы машинописного текста и включает разделы: введение, обзор литературы, материалы и методы, результаты исследований, заключение, выводы, список использованных источников, содержащий 44 наименования.

Научная новизна и значимость работы. Впервые проведено комплексное микологическое исследование флокса метельчатого на территории Саратовской области. Установлен видовой состав микромицетов (10 видов), поражающих растения, выявлены территориальные особенности распространения патогенов и сезонная динамика их встречаемости. Впервые из состава нормальной микробиоты флоксов выделены штаммы *Brevibacillus parabrevis* 31 и *Bacillus firmus* 26, обладающие высокой антагонистической активностью в отношении фитопатогенных грибов (до 77 %), что позволяет рекомендовать их для разработки биопрепаратов.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили листья флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) различных сортов, отобранные на территории Саратовской области (ботанический сад СГУ, питомники г. Саратова и г. Энгельса, частные приусадебные хозяйства), а также посадочный материал, поступивший из Московской области (агрофирма «Поиск», питомник «Garden Plants»). Всего было исследовано 77 образцов.

Выделение микроорганизмов проводили методом отпечатка фрагмента листовой пластины (для эпифитов) и посевом гомогенизата листьев (для эндофитов). Культивирование осуществляли на среде PDA (картофельно-глюкозный агар) при температуре +28 °С в течение 3–7 суток. Идентификацию бактерий проводили по стандартным биохимическим тестам с использованием определителя Bergey's manual (2006) и базы данных ABIS. Идентификацию грибов выполняли на основании культуральных и морфологических признаков с использованием определителей Д. Саттона и соавт. и Е.Ю. Благовещенской [4, 5, 6].

Патогенность изолированных микромицетов оценивали в опытах *in vitro* на листьях здоровых растений флокса сорта «Всемир». Листовые пластины с неповреждённой поверхностью и с надрезом центральной жилки инокулировали суточной культурой гриба и инкубировали во влажной камере при +25 °С в течение 10 суток. Степень поражения оценивали по 3-балльной шкале.

Антагонистическую активность бактерий определяли методом перпендикулярных штрихов. Индекс ингибирования роста фитопатогенного гриба рассчитывали как процент подавления роста по сравнению с контролем [7].

Эффективность химических фунгицидов (Фалькон, Хорус, Топаз, Максим, Фундазол, Строби, Кабрио-Топ, ХОМ) оценивали диско-диффузионным методом. Биофунгициды (Фитоспорин-М на основе *Bacillus subtilis* 26Д и Глиокладин на основе *Trichoderma harzianum* 18 ВИЗР) тестировали методом перпендикулярных штрихов. Статистическую обработку проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики; различия считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования. В ходе работы с поверхности и внутренних тканей побегов флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) было изолировано и идентифицировано 10 видов микромицетов, относящихся к классам Dothideomycetes, Eurotiomycetes, Sordariomycetes, Leotiomycetes и

Pucciniomycetes: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium dimerum*, *Fusarium chlamydosporum*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium purpurogenum*, *Trichoderma harzianum*, *Puccinia recondita*, *Erysiphe cichoracearum*. Наибольшее таксономическое разнообразие отмечено для класса Eurotiomycetes (4 вида). Из всех выделенных микромицетов только *E. cichoracearum* и *P. recondita* являются классическими возбудителями болезней флоксов, тогда как остальные виды в литературе описываются как фитопатогены других растений, что подчёркивает возможность расширения их хозяйской специфичности.

Анализ посадочного материала разных производителей показал, что наиболее «чистым» был материал из агрофирмы «Поиск» (Московская область): на поверхности побегов встречался только *A. alternata* (33 % проб, медиана 10 КОЕ/см²). В Ботаническом саду СГУ и питомнике «Анемон» (Саратов) также присутствовал лишь *A. alternata*, но с более высокой встречаемостью (80 % и 75 % соответственно) и численностью. Наибольшее видовое разнообразие (7 видов) отмечено для растений из частных приусадебных хозяйств Саратовской области, что может свидетельствовать о менее строгом фитосанитарном контроле. В образцах из питомника «Garden Plants» (Московская область) выделено 6 видов, при этом *P. variotii* встречался в 33 % проб, *P. purpurogenum* — в 27 % (с максимальной численностью до 250 КОЕ/см²), *T. harzianum* — в 47 % проб. Во внутренних тканях побегов грибы встречались значительно реже: *A. alternata* доминировал в питомнике «Анемон» (50 % проб, численность до 10000 КОЕ/г) и у питомника Голубевых (13 % проб); *P. variotii* и *P. purpurogenum* во внутренних тканях обнаружены только в материале из Московской области (7 % и 13 % проб соответственно, численность до 2000 КОЕ/г). Полученные данные подчёркивают необходимость тщательного фитосанитарного контроля посадочного материала, особенно при межрегиональных поставках.

На взрослых растениях в период вегетации доминирующим видом на поверхности побегов оставался *A. alternata* (встречаемость 34 %, численность до 55 КОЕ/см²). Этот же вид был одним из двух (наряду с *F. chlamydosporum*), способных проникать во внутренние ткани (5 % проб, численность до 10000 КОЕ/г). *E. cichoracearum* встречался на поверхности в 29 % проб, *P. recondita* и *F. chlamydosporum* — по 14 %. Остальные виды (*A. flavus*, *A. niger*, *F. dimerum*, *P. purpurogenum*, *P. variotii*) встречались реже (3–7 %) и только на поверхности, что указывает на эффективные барьерные механизмы растения, ограничивающие колонизацию внутренних тканей большинством фитопатогенов.

Выявлена выраженная территориальная специфичность распределения микромицетов. В правобережных районах (Самойловский и Романовский) отмечено узкоспециализированное распространение: *A. flavus* доминировал в Самойловском районе (100 % проб), *F. dimerum* — в Романовском районе (100 % проб). *P. recondita* выявлен исключительно на правобережье (Самойловский район — 100 %, Романовский район — 67 %). В левобережье (Энгельсский район) микокомплекс был значительно более разнообразен: *A. alternata* (51 %), *F. chlamydosporum* (19 %), *A. niger* (11 %), *A. flavus* (7 %), *P. purpurogenum* (7 %), *E. cichoracearum* (5 %), *P. variotii* (5 %). Такое различие может быть связано с особенностями микроклимата, типами почв и сложившейся системой землепользования в разных районах области.

Сезонная динамика (на примере агроценоза Энгельсского района) показала, что весной микромицеты на поверхности побегов практически отсутствовали (единичные находки *P. purpurogenum* — 7 %, 1–5 КОЕ/см²). Летом наблюдалось максимальное разнообразие и численность: *A. alternata* и *E. cichoracearum* встречались в 37 % проб, *F. chlamydosporum* — в 15 % проб (численность до 55 КОЕ/см²), *A. niger* — в 11 % (до 25 КОЕ/см²), *A. flavus* — в 7 % (до 50 КОЕ/см²). Осенью разнообразие снижалось до двух видов: *E. cichoracearum* занимал доминирующее положение (встречаемость 52 %), тогда как *A. alternata* встречался реже (22 %, численность 5–20 КОЕ/см²). Во

внутренних тканях грибы выделялись только весной (*F. chlamydosporum* — 5 % проб, 500 КОЕ/г). Таким образом, пик инфекционной нагрузки на растения приходится на летний период, что следует учитывать при планировании защитных мероприятий.

На поражённых растениях выделено четыре основных типа симптомов. Первый тип (пожелтение листовой пластинки с некрозами неправильной формы по краю) отмечен у 32 растений. Второй тип (округлые коричневые пятна, переходящие в некрозы) — у 8 растений. Третий тип (белый мучнистый налёт) — у 2 растений. Четвёртый тип (сочетание мучнистого налёта с пожелтением и некрозами по периферии) — у 17 растений. Каждый тип поражения оказался ассоциирован с определённым комплексом возбудителей. При первом типе на поверхности преобладали *A. alternata* (33 %) и *F. chlamydosporum* (21 %). При втором типе абсолютным доминантом был *P. recondita* (100 %), в сочетании с *A. alternata* (38 %). При третьем типе (классическая мучнистая роса) доминировали *E. cichoracearum* (100 %) и *A. alternata* (100 %), а также встречались *F. chlamydosporum* (50 %) и *A. niger* (30 %). При четвёртом, наиболее сложном типе, помимо *E. cichoracearum* (100 %) и *A. alternata* (76 %), массово присутствовал *P. purpurogenum* (24 %, численность до 250 КОЕ/см²), который также обнаруживался во внутренних тканях (12 % проб, до 2000 КОЕ/г). Во внутренние ткани при этом типе проникал также *P. variotii* (6 % проб). Наибольший индекс общности видового состава (50 %) отмечен между первым и вторым, а также между первым и третьим типами поражения, что связано с присутствием *A. alternata* как общего компонента. Самый низкий индекс (14,3 %) зафиксирован между вторым и третьим типами, что объясняется доминированием разных специфических патогенов (*P. recondita* vs *E. cichoracearum*).

В опытах *in vitro* наиболее агрессивными патогенами признаны *F. chlamydosporum*, вызывавший поражение листовых пластинок в 3 балла к 10-м суткам как на целых, так и на повреждённых листьях, и *A. alternata* (2–3 балла). *F. dimerum* поражал только листья с механическими повреждениями

(3 балла), на неповреждённых листьях патологий не вызывал. *A. flavus* и *P. variotii* вызывали слабые поражения (1–2 балла). *A. niger* и *P. purpurogenum* не оказывали видимого повреждающего действия. Эти результаты подтверждают, что наличие механических повреждений (например, от насекомых или при обрезке) является важным фактором, облегчающим инвазию многих фитопатогенов.

Из ассоциативных бактерий флокса наиболее распространённым видом был *Virgibacillus pantothenicus* (встречаемость 53 % на поверхности, 32 % во внутренних тканях). Скрининг антагонистической активности показал, что штаммы *Brevibacillus parabrevis* 31 и *Bacillus firmus* 26 эффективно подавляли рост всех тестируемых фитопатогенных грибов: ингибирование *A. alternata* — на 50 %, *F. chlamydosporum* — на 40 %, *F. dimerum* — на 55 %, *P. variotii* — на 77 %. Эти штаммы были единственными среди изученных, кто подавлял рост *F. dimerum*, и по действию против *P. variotii* (77 %) превосходили коммерческие биофунгициды. Высокая антагонистическая активность native-штаммов позволяет рассматривать их как перспективную основу для разработки региональных биопрепаратов.

Сравнительная оценка фунгицидов показала, что среди химических препаратов наиболее широким спектром действия обладал многокомпонентный Фалькон (тебуконазол + триадименол + спироксамин), обеспечивая зоны подавления роста от 14 до 60 мм в зависимости от вида гриба. Максимальная эффективность отмечена против *F. dimerum* и *P. variotii* (60 мм). Хорус (ципродинил) был высокоэффективен против *A. alternata* (до 64 мм) и *P. variotii* (60 мм). Фундазол (беномил) проявил умеренную активность (10–30 мм). Максим (флудиоксонил) и Топаз (пенконазол) показали ограниченную эффективность, подавляя только 1–2 вида. Строби (крезоксим-метил) и Кабрио-Топ (пираклостробин + метирам) продемонстрировали слабую активность. Хом (хлорокись меди) не проявил ингибирующего действия ни против одного из исследованных штаммов, что

может свидетельствовать о наличии природной устойчивости у местных популяций патогенов.

Среди коммерческих биофунгицидов Глиокладин на основе *Trichoderma harzianum* 18 ВИЗР подавлял три из четырёх видов патогенов: ингибирование *A. alternata* составило 66,7 %, *F. chlamydosporum* — 71,4 %, *F. dimerum* — 75,0 %. Однако препарат был полностью неэффективен против *P. variotii* (0 %). Фитоспорин-М на основе *Bacillus subtilis* 26Д действовал на все четыре вида, но с меньшей эффективностью: ингибирование *A. alternata* — 33,4 %, *F. chlamydosporum* — 71,4 %, *F. dimerum* — 50,0 %, *P. variotii* — 33,4 %. Выделенные из микробиоты флокса штаммы *B. parabrevis* 31 и *B. firmus* 26 по антагонистической активности к *P. variotii* (77 %) и способности подавлять *F. dimerum* (55 %) превосходили оба исследованных коммерческих биофунгицида, что делает их перспективными кандидатами для включения в состав комплексных биопрепаратов для защиты флокса метельчатого от микозов в условиях Саратовской области.

Выводы. Анализ, полученный нами в данной работе результатов, позволяет сделать следующие выводы:

1. Посадочный материал флокса метельчатого разных производителей, реализуемый в Саратовской области, изначально обсеменён микромицетами, в том числе фитопатогенными: *A. alternata*, *F. chlamydosporum*, *F. dimerum*, *E. cichoracearum*; степень инфицированности варьировала в зависимости от производителя.

2. На территории Саратовской области с поражённых растений флокса метельчатого выделено 10 видов микромицетов; состав микокомплекса зависел от типа поражения листовых пластинок.

3. В условиях *in vitro* микромицеты *A. alternata* и *F. chlamydosporum* вызывали наиболее значительные повреждения листовых пластинок (3 балла) как при нарушении целостности покровных тканей, так и при её сохранении; *F. dimerum* был способен поражать только листья с повреждениями (3 балла).

4. На растениях флокса метельчатого в Саратовской области доминировали 5 видов бактерий: *B. firmus*, *B. parabrevis*, *P. amylolyticus*, *P. glucanolyticus*, *V. pantothenicus*; наибольшую антагонистическую активность в отношении фитопатогенных микромицетов проявляли *B. parabrevis* 31 (ингибирование 35–77 %) и *B. firmus* 26 (ингибирование 40–77 %).

5. Среди протестированных химических фунгицидов наиболее эффективным оказался Фалькон (диаметры зон подавления роста различных микромицетов 40–60 мм), среди биологических — Глиокладин на основе *T. harzianum* 18 ВИЗР (ингибирование 66–75 %). Выделенные штаммы *B. parabrevis* 31 и *B. firmus* 26 могут быть рекомендованы для разработки биопрепаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Келдыш, М. А. Болезни флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) и экологизация защиты растений / М. А. Келдыш, О. Н. Червякова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. 46. – С. 127-130.
2. Мазаева, А. С. Флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.). Проблематика культуры: особенности размножения, болезни и методики оценки декоративных качеств / А. С. Мазаева // Национальная ассоциация ученых. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 27-29.
3. Артемова, А. А. Флокс — популярная культура в частном озеленении / А. А. Артемова, А. И. Соколкина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2023. – № 36. – С. 3-7.
4. Саттон, Д. Определитель патогенных и условно патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергилл, М. Ринальди. – М.: Мир, 2001. – 486 с.
5. Благовещенская, Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
6. Определитель бактерий Берджи; В 2 томах / Дж. Хоулт [и др.]. — М.: Мир, 1997. – 800 с.
7. Леляк, А. А. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений / А. А. Леляк, М. В. Штерншиц // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – Т. 25, № 1. – С. 42-55.