

**ДЕНДРОЛОГИЯ И ДЕКОРАТИВНОЕ ЦВЕТОВОДСТВО**

УДК 632.4; 635.925

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛИСТОПАДНЫХ РОДОДЕНДРОНОВ К  
*ERYSIPHE AZALEAE* U. BRAUN & S. TAKAM В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ  
ПЕТРА ВЕЛИКОГО****Елизавета Андреевна Варфоломеева**

ФГБУН «Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук»  
197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, литера В  
E-mail: Varfolomeeva.elizaveta@list.ru

Рододендроны занимают особое место в ландшафтном дизайне и все чаще используются в озеленении жилых массивов. При этом в условиях повышенной влажности и умеренных температур поражаются мучнисторосянными грибами. Целью исследования было выявление наиболее уязвимых и устойчивых видов рододендронов к *Erysiphe azaleae* и разработка эффективных методов защиты. Исследования проведены в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН (Санкт-Петербург) в 2021-2024 гг. на коллекции рододендронов. Установлено, что наибольшей восприимчивостью обладают *Rhododendron japonicum*, *Rhododendron occidentale* и *Rhododendron luteum*, тогда как вечнозеленые виды *Rhododendron schlippenbachii*, *Rhododendron Calendulaceum* проявили устойчивость. Применение салициловой кислоты (0,1%) снижало распространенность болезни на 10-23%, а биопрепараты Микозар и Витаплан продемонстрировали эффективность, сопоставимую с эффективностью химического фунгицида Топаз, КЭ. Разработана комплексная система защиты, включающая использование биопрепаратов, регуляторов роста и агротехнических мероприятий в сочетании с оптимальными сроками обработок в ключевые фазы развития растений. Полученные результаты позволяют повысить устойчивость рододендронов к мучнистой росе в условиях меняющегося климата.

**Ключевые слова:** рододендроны; *Erysiphe azaleae*; биопрепараты; салициловая кислота; устойчивость растений

**Введение**

Род Рододендрон (*Rhododendron* L.) входит в семейство Вересковые (*Ericaceae* Juss.). Эти великолепные цветущие кустарники занимают особое место в ландшафтном дизайне благодаря своей яркой и эффектной красоте. С каждым годом их всё чаще используют для украшения садов и парков. В дикой природе рододендроны представлены огромным разнообразием – более 1100 видов, которые встречаются преимущественно в прохладном и умеренном климате, включая высокогорные районы и прибрежные территории [1, 5]. Тем не менее эти декоративные кустарники, ценимые за свои яркие цветы и вечнозеленую листву, часто становятся мишенью для патогенов, особенно в условиях повышенной влажности и умеренных температур

Мучнистая роса (*Erysiphe azaleae* U. Braun & S. Takam, сем. Erysiphaceae, Ascomycota) характерна для листопадных рододендронов. Заболевание проявляется в виде характерного белого или сероватого налета на листьях, побегах и бутонах, что не только ухудшает внешний вид растений, но и ослабляет их, снижая фотосинтетическую активность и устойчивость к другим заболеваниям [7, 10].

Распространению мучнистой росы способствует ряд факторов, среди которых выделяется чрезмерная густота посадок. Наибольшую угрозу заболевание представляет при высокой влажности и температуре, благоприятной для развития грибковых организмов. Кроме того, развитию болезни способствуют интенсивная обрезка кроны и избыточное содержание азота в почве, что приводит к удлинению периода вегетации растений.

Борьба с мучнистой росой требует комплексного подхода, включающего профилактические меры, агротехнические приёмы и применение химических или биологических средств защиты. Понимание биологии возбудителя, его жизненного цикла и факторов, способствующих развитию заболевания, является ключевым для разработки эффективных стратегий контроля [9].

В последние годы проблема мучнистой росы на рододендронах приобрела особую актуальность в связи с изменением климатических условий, благоприятствующих распространению грибковых инфекций. Интенсивное использование химических средств защиты растений приводит к появлению устойчивых штаммов патогенов, что усложняет борьбу с заболеванием. В связи с этим разработка эффективных мер профилактики и контроля становятся важными задачами для садоводов, ландшафтных дизайнеров и специалистов по защите растений.

Потепление климата затронуло и Санкт-Петербург. Особенно наглядно это наблюдается с 2021 г. Среднегодовая температура в 2021 г. достигла 6,5С°, в 2022 г. – 6,9С°, в 2023 г. – 7,1С°, в 2024 г. – 7,9С°. Динамика выпадения осадков в Санкт-Петербурге за последние годы также отражает изменчивость климатических условий. В 2021 г. количество осадков достигло 777 мм, в 2022 г. составило 677 мм, в 2023 г. – 730 мм, а в 2024 г. – 715 мм.

Результатом глобального потепления стало заметное увеличение продолжительности вегетационного периода растений и деревьев за счет сокращения длительности морозных сезонов. Однако столь стремительные изменения климата оставляют мало шансов для биологических видов и экосистем адаптироваться к новым условиям, что может привести к серьезным последствиям для устойчивости растительного мира. В ближайшие годы ожидается усиление контрастов между сезонами: лето станет более жарким и засушливым, а зимы — теплыми и мягкими. При этом климатическая система станет более неустойчивой, что повысит вероятность экстремальных явлений, таких как ураганы и наводнения [8]. Изменения климата повлияют на распространение вредных и полезных микроорганизмов, их биологические свойства, а также на взаимодействие с растениями.

Цель исследований: выявить наиболее поражаемые и устойчивые сорта рододендронов к *Erysiphe azaleae* и разработать методы контроля патогена.

### Материалы и методы

Исследования проведены с 2021 по 2024 гг. в коллекции рододендронов Ботанического сада Петра Великого БИН РАН на наиболее поражаемых мучнистой росой сортах, насчитывающей около 60 таксонов.

Пораженность таксонов рододендрона мучнистой росой оценивали по степени поражения каждого экземпляра растения, после чего рассчитывали средний балл поражения вида.

Степень развития мучнистой росы определяли по шкале (в баллах):

- 0 – признаков поражения нет;
- 1 – на поверхности обнаружены мелкие единичные пятна мицелия гриба, занимающие до 10% поверхности листа;
- 2 – налет занимает 11-25% поверхности листа;
- 3 – налет занимает 26-50% поверхности листа;
- 4 – мучнистый налет покрывает более 50% поверхности листа, листья осыпаются.

Распространенность определялась по количеству пораженных растений. Выделение изолятов фитопатогенных возбудителей осуществлялось с листьев и стеблей.

Распространенность болезни определяли по формуле 1:

$$P = (n \times 100) / N,$$

где P – распространенность болезни в % (процент зараженных растений), N – общее число обследованных растений в пробе, n – число больных растений в пробах.

Степень развития заболевания рассчитывали по формуле 2:

$$M = \sum (a \times b) \times 100 / (N \times k),$$

где M – степень развития заболевания в %,  $\sum (a \times b)$  – сумма произведений числа растений на соответствующий балл поражения, k – высший балл шкалы учета, N – общее количество учтенных растений.

Биологическую эффективность препарата рассчитывали по формуле 3:

$$БЭ = (Пк - По) / Пк \times 100,$$

где БЭ – биологическая эффективность в %, Пк- процент распространения заболевания в контроле, По – процент распространения заболевания у обработанных растений.

В систему защиты нами внедрены современные биологические препараты, стимуляторы, иммуномодуляторы и удобрения: Витаплан, Экогель, Силиплант, Экофус, Иммуноцитифит, Микозар, Фармайод.

Во время обработки применялся ручной опрыскиватель Titan, расход жидкости 300 л/га.

### Результаты и обсуждение

*Erysiphe azaleae* Braun & Takamatsu — это вид грибов из рода *Erysiphe* который относится к семейству мучнисторосяных грибов (*Erysiphaceae*). Патоген является возбудителем мучнистой росы на растениях рода *Rhododendron* (азалии и рододендроны). Признаки заболевания различаются в зависимости от вида рододендрона. На листьях могут появляться красно-коричневые пятна с верхней стороны, бурые участки вдоль жилок или множество мелких светлых пятен. У некоторых разновидностей на пораженных участках возникает белый мучнистый налет, тогда как у других его нет. Заболевшие листья буреют, засыхают раньше времени и осыпаются. В конце лета – начале осени на нижней и верхней стороне больных листьев формируются клейстотеции – плодовые тела гриба-возбудителя мучнистой росы.

Таблица 1

Пораженность мучнистой росой листопадных рододендронов коллекционного фонда Ботанического сада Петра Великого

Степень поражения, балл	Вид, сорт
0	<i>Rh. calendulaceum</i> , <i>Rh. schlippenbachii</i> , <i>Rh. vaseyi</i> , <i>Rh. viscosum</i>
0,1-1	<i>Rh. albrechtii</i>
1,1-2	<i>Rh. catawbiense</i> , <i>Rh. luteum</i>
2,1-3	<i>Rh. occidentale</i>
3,1-4	<i>Rh japonicum</i>

По результатам проведенного фитосанитарного мониторинга коллекционного фонда рододендронов выявлены наиболее поражаемые *Erysiphe azaleae* листопадные виды: *Rhododendron japonicum* A. Gray, *Rhododendron occidentale* Torr. & A.Gray, *Rhododendron luteum* Sweet. Относительно устойчивые: *Rhododendron schlippenbachii* Maxim, *Rhododendron calendulaceum* (Michx.) Torr, *Rhododendron viscosum* (L.) Torr., *Rhododendron albrechtii* Maxim, *Rhododendron catawbiense* Michx., *Rhododendron vaseyi* A. Gray (табл. 1). Не поражаются все вечнозеленые сорта. Наши исследования по

поражаемости рододендронов совпадают с результатами исследований Головченко Л.А. из Центрального ботанического сада НАН Беларуси [6].

Исследования по усовершенствованию систем защиты рододендронов показали, что салициловая кислота может быть эффективным средством для борьбы с грибными заболеваниями растений [4, 13]. Салициловая кислота индуцирует системную приобретенную устойчивость [11]. При этом возрастает содержание эндогенной салициловой кислоты, которое предшествует проявлению защитной реакции в отношении многих патогенов [12].

В результате обработки рододендронов *Rh. japonicum*, *Rh. occidentale*, *Rh. luteum* салициловой кислотой разных концентрации опытным путем были определены доза и время применения салициловой кислотой для контроля развития *Erysiphe azaleae* (табл. 2).

Таблица 2

Развитие *Erysiphe azaleae* при применении салициловой кислоты

Название вида	Контроль без обработок				Салициловая кислота 0,05%				Салициловая кислота 0,1%			
	P, %		R, %		P, %		R, %		P, %		R, %	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
<i>Rh. japonicum</i>	48,1	38,1	3,8	3,1	32,1	30,1	3,0	2,4	25,1	22,1	2,4	2,1
<i>Rh. occidentale</i>	40,2	35,1	3,0	2,8	28,1	26,1	2,5	1,9	22,1	20,1	1,9	1,7
<i>Rh. luteum</i>	28,1	24,1	2,1	1,9	20,1	19,6	1,9	1,3	18,1	16,1	1,6	1,1

Примечание: R, % - развитие болезни, P, % - распространенность болезни.

В результате установлено, что распространенность болезни при обработке салициловой кислотой после цветения рододендронов (календарно конец июня месяца) в концентрации 0,1% в 2023 г. уменьшилась на 10-20%, а в 2024 г. на 15-23%. Повышение дозировки не вызвало фитотоксичности.

При сравнении эффективности действия двух биопрепаратов Микозар и Витаплан на *Rh. japonicum* действие обоих биопрепаратов оказалось на уровне эталонного фунгицида Топаз, КЭ (100 г/л пенконазол). Разница не существенна – 3-4%. При этом эффективность препарата Микозар оказалась на 2% выше, чем у Витаплана (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность действия препаратов Микозар и Витаплан на поражение *Rh. japonicum* мучнистой росой

Наименование препарата	Норма применения, кг/га	Распространенность, %		Развитие, %		Биологическая эффективность, %	
		2023	2024	2023	2024	2023	2024
Микозар	250,00	16,1	14,1	1,5	1,3	93	93
Витаплан	100/га	17,1	15,1	1,6	1,4	92	91
Топаз (эталон)	0,3 л/га	15,1	12,1	1,3	1,2	95	94
Контроль		48,2	38,1	3,8	3,3	-	-
НСР		3,2	2,8	3,1	2,5	-	-

В рамках эксперимента для усиления иммунитета рододендронов в почву был внесен лабораторный штамм *Clonostachys rosea* f. *catenulate* v. 1349. Ранее данный штамм показал эффективность в борьбе с фитофторозом и фузариозом [2, 3]. Испытания проводились в весенний период, лабораторные образцы вносили в почву через систему полива из расчета 85 г/га. Исследования показали, что растения,

обработанные этим грибом, были менее подвержены поражению мучнистой росой (степень поражения – 1 балл).

**Таблица 4**

**Система применения биопрепаратов и регуляторов роста для повышения устойчивости рододендронов к *Erysiphe azaleae***

Наименование препарата	Действующее вещество	Норма применения, кг, л/га	Время проведения обработки	Метод внесения	Цель
<b>Витаплан</b>	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ В-2604D+, <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ В-2605 D	100 л/га	конец апреля	пролив почвы	профилактика заболеваний
<b>Иммуноцитофит</b>	арахидоновая кислота	2 табл./5 л	начало мая	опрыскивание	повышение иммунитета
<b>Витаплан + Экогель</b>	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ В-2604D+, <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ В-2605 D Лактат хитозана	100 +10 л/га	конец мая/ после цветения	опрыскивание	профилактика
<b>Силиплант</b>	кремний содержащее минеральное удобрение	1 л/га	июнь/ через 20 дней после цветения	опрыскивание	повышение иммунитета
<b>Микозар</b>	<i>Bacillus subtilis</i> штамм В-10 ВИЗР титр не менее 5x10 <sup>10</sup> КОЕ/г, <i>trichoderma harzianum</i> визр-18		середина июля/ окончание прироста листьев		
<b>Экофус</b>	бурые водоросли Фукуса пузырчатого	1,5 л/га	август/ начало пожелтения листьев 5%	опрыскивание	повышение иммунитета
<b>Экогель</b>	лактат хитозана	3 л/га	сентябрь	пролив	повышение иммунитета
<b>Фармайод</b>	активный йод	3 л/га	конец сентября, листопад	опрыскивание	дезинфекция

Использование регуляторов роста помогло составить комплекс мер по защите рододендронов в открытом грунте Ботанического сада Петра Великого. Оптимальные сроки проведения защитных мероприятий должны совпадать с фазами развития патогена, когда он наиболее уязвим, а применяемые средства – наиболее эффективны. К таким фазам относятся: после цветения, окончание роста листьев и начало пожелтения листьев.

Предлагаемая схема применения препаратов представлена в таблице 4.

После применения данного комплекса была проанализирована динамика развития заболевания в течение нескольких лет у различных видов рододендронов (табл. 5).

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 5, наибольшая эффективность выявлена на сорте у *Rh. luteum*, где развитие заболевания снизилось в среднем на 30%, а распространенность уменьшилась на 33%.

Таблица 5

Динамика развития *Erysiphe azaleae* у различных видов рододендронов

Опыт	Название вида	Распространенность, %				Развитие, %			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	<i>Rh. japonicum</i>	52,5	50,9	49,5	48,1	6,8	5,6	4,8	4,7
	<i>Rh. occidentale</i>	50,1	48,6	45,2	45,1	5,6	4,8	3,8	4,2
	<i>Rh. luteum</i>	49,5	45,1	39,1	36,1	5,2	4,6	3,6	3,9
Обработка по системе	<i>Rh. japonicum</i>	48,2	42,3	28,1	25,1	5,1	4,1	3,1	3,0
	<i>Rh. occidentale</i>	45,2	39,1	25,1	21,3	4,9	3,8	2,4	2,3
	<i>Rh. luteum</i>	40,1	33,1	21,5	19,6	4,3	3,2	2,5	2,1

У *Rh. japonicum* показатели снизились на 30% и 28% соответственно, тогда как у *Rh. occidentale* заболеваемость сократилась на 29%, а распространенность – на 27%. Результаты обработки по предложенной системе проявили накопительный эффект на 3 год.

### Заключение

Исследование, проведенное в Ботаническом саду Петра Великого, позволило выявить ключевые аспекты устойчивости листопадных рододендронов к мучнистой росе, вызываемой грибом *Erysiphe azaleae*. Результаты показали, что восприимчивость к заболеванию варьирует в зависимости от вида: наиболее уязвимыми оказались *Rh. japonicum*, *Rh. occidentale* и *Rh. luteum*, тогда как *Rh. schlippenbachii*, *Rh. calendulaceum* продемонстрировали высокую устойчивость. Это согласуется с данными других исследований, подтверждая видовую специфичность реакции на патоген.

Важным достижением работы стала разработка эффективных методов защиты растений. Установлено, что обработка салициловой кислотой (0,1%) снижает распространенность болезни на 10-23%, что связано с индукцией системной приобретенной устойчивости. Биопрепараты Микозар и Витаплан показали эффективность, сопоставимую с химическим фунгицидом Топаз, КЭ, что делает их перспективной альтернативой для экологически безопасной защиты растений.

Комплексная система защиты, предложенная авторами, включает не только биопрепараты, но и регуляторы роста, а также агротехнические мероприятия. Оптимизация сроков обработок в ключевые фазы развития растений позволила значительно снизить распространенность и развитие заболевания у наиболее уязвимых видов. Например, у *Rh. luteum* заболеваемость сократилась на 30%, что демонстрирует эффективность разработанного подхода.

### Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановой теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН», номер 124020100075-2

### Список литературы

1. Александрова М.С. Рододендроны природной флоры СССР. – М.: Наука. – 1975. – 112 с.
2. Варфоломеева Е.А., Бочкова В.Б. Выделение и изучение почвенного гриба *Clonostachys rosea* f *catenylata* V1349 с дальнейшим практическим применением в

качестве штамма-продуцента биопрепарата для защиты растений // Современная микология в России. – 2022. – Т.9. – Вып. 6. – С. 410-413.

3. Варфоломеева Е.А., Альдекеева В.Б. Практическая оценка эффективности почвенного гриба *Clonostachys rosea f catenulata* v1349 в качестве штамма-продуцента биопрепарата для защиты растений, а также его сравнение с другими биопрепаратами на основе *trichoderma spp.* // Современная микология в России. – 2024. – Т. 10. – С. 314.

4. Васюкова Н.И., Озерецковская О.Л. Индуцированная устойчивость растений и салициловая кислота // Прикладная биохимия и микробиология. – 2007. – Т. 43. – № 4. – С. 405-411.

5. Воронина С.И. Рододендроны для Северо-Запада. – СПб.: Дом садовой литературы. – 2019. – 297 с.

6. Головченко Л.А., Володько И.К., Дишук Н.Г., Тимофеева В.А., Стахович С.О., Ковалев Я.В. Фитосанитарное состояние растений рода *Rhododendron* L. коллекционного фонда Центрального ботанического сада НАН Беларуси // Известия национальной академии наук Беларуси. – 2022. – Т. 67. – № 1. – С. 43-53.

7. Семенкова И.Г., Горленко М.В. Болезни декоративных растений. – М.: Колос. – 2002. – 320 с.

8. Фирсов Г.А., Волчанская А.В. Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге. – Рос. Акад. Наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – М.: «МАСКА». – 2021. – 128 с.

9. Шкаликов В.А., Белошапкина О.О. Защита растений от болезней. – М.: Мир. – 2005. – 400 с.

10. Braun U., Cook R.T.A. Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews) // CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. – 2012. – 707 p.

11. Gaffney T., Friedrich L., Vernooij B., Negrotto D., Nye G., Uknes S., Ward E., Kessmann H., Ryals J. Requirement of salicylic acid for the induction of systematic acquired resistance // Science. – 1993. – Vol. 261. – P. 754-756.

12. Malamy J., Carr J.P., Klessig D.F., Raskin I. Salicylic acid: a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection // Science. – 1990. – Vol. 250. – P. 1002-1004.

13. Raskin, I. Role of salicylic acid in plants // Annual Review Plant Physiology. – 1992. – № 43. – P. 439-463.

Статья поступила в редакцию 05.05.2025 г.

**Varfolomeeva E.A. Increasing the resistance of deciduous rhododendrons to *Erysiphe azaleae* U. Brown & S. Takam in the Peter the Great Botanical Garden // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2025. – №. 157 – P. 57-63.**

The objective of the study was to identify the most vulnerable and resistant to *Erysiphe azaleae* rhododendron species and to develop effective protection methods. The studies were conducted in the Peter the Great Botanical Garden of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg) in 2021–2024 on a collection of rhododendrons. It was found that *Rhododendron japonicum*, *Rhododendron occidentale*, and *Rhododendron luteum* are the most susceptible, while *Rhododendron schlippenbachii*, *Rhododendron Calendulaceum*, and evergreen species showed resistance. The use of salicylic acid (0.1%) reduced the prevalence of the disease by 10–23%, and biopreparations (Mikozar, Vitaplan) showed effectiveness, progressing with the chemical fungicide Topaz. A comprehensive protection system has been developed, including biopreparations, growth regulators and agrotechnical measures, with observance of the timing of work in the key phase of plant development. The obtained results allow to increase the resistance of rhododendrons to powdery mildew in conditions of changing climate.

**Key words:** *Rhododendrons*, *powdery mildew*; *Erysiphe azaleae*; *biopreparations*; *salicylic acid*; *plant resistance*