

Научная статья

УДК 582.281.212:581.6

DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.6

## Влияние эфирных масел на рост гиф возбудителя текущей гнили земляники *Rhizopus stolonifer*

Иван Павлович Мучкин<sup>1</sup>, Сергей Витальевич Хижняк<sup>2</sup>,  
Елена Яковлевна Мучкина<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup> vinni2427@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5526-2019>

<sup>2</sup> skhizhnyak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2583-8857>

<sup>3</sup> emuchkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4572-5585>

**Аннотация.** Изучено влияние летучих компонентов эфирных масел *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis*, *Eucalyptus globulus*, *Citrus limon*, *Citrus × sinensis* и *Thymus vulgaris* на рост проростковых гиф возбудителя текущей гнили земляники *Rhizopus stolonifer*. Установлено, что эфирные масла *A. sibirica*, *Citrus × sinensis*, *T. vulgaris*, *E. globulus*, *Citrus limon*, *P. sibirica* и *P. sylvestris* статистически значимо снижают рост гиф на 81,5, 79,9, 67,7, 50,5, 48,8, 48,6 и 27,5% соответственно. Эфирное масло *J. communis* не оказало влияния на рост гиф. Несмотря на снижение средней длины гиф, в вариантах с эфирными маслами *P. sylvestris* и *C. limon* обнаружены отдельные споры, на которые эти масла оказали не ингибирующее, а стимулирующее влияние. Такие же споры обнаружены в варианте с эфирным маслом *J. communis*. Наряду со снижением роста гиф эфирные масла *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* и *C. limon* повышают коэффициент вариации длины гиф соответственно на 20,4, 47,4, 113,1 и 346,0%. Кроме того, эфирные масла *T. vulgaris*, *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* и *C. limon* повышают коэффициент осцилляции длины гиф соответственно на 21,3, 39,4, 57,6, 217,1 и 568,4%. Эфирные масла *P. sibirica* и *A. sibirica* снизили коэффициенты вариации и осцилляции длины гиф. Для дальнейшего изучения в качестве натурального средства против *R. stolonifer* мы рекомендуем эфирные масла *A. sibirica*, *Citrus × sinensis* и *T. vulgaris*.

**Ключевые слова:** текущая гниль земляники, *Rhizopus stolonifer*, *Fragaria × ananassa*, эфирные масла, фунгистатический эффект.

**Для цитирования:** Мучкин И. П., Хижняк С. В., Мучкина Е. Я. Влияние эфирных масел на рост гиф возбудителя текущей гнили земляники *Rhizopus stolonifer* // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 1 (49). С. 71—81. URL: [http://vestospu.ru/archive/2024/articles/49/6\\_49\\_2024.pdf](http://vestospu.ru/archive/2024/articles/49/6_49_2024.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2024.49.6.

Original article

## The effect of essential oils on the hyphal growth of the causative agent of rhizopus rot of strawberry fruit *Rhizopus stolonifer*

Ivan P. Muchkin<sup>1</sup>, Sergey V. Khizhnyak<sup>2</sup>, Elena Ya. Muchkina<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup> vinni2427@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5526-2019>

<sup>2</sup> skhizhnyak@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2583-8857>

<sup>3</sup> emuchkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4572-5585>

**Abstract.** The article studies the influence of volatile components of essential oils of *Abies sibirica*, *Pinus sibirica*, *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis*, *Eucalyptus globulus*, *Citrus limon*, *Citrus × sinensis* and *Thymus*

© Мучкин И. П., Хижняк С. В., Мучкина Е. Я., 2024

*vulgaris* on the hyphal growth of the causative agent of rhizopus rot of strawberry fruit *Rhizopus stolonifer*. It was found that essential oils of *A. sibirica*, *Citrus × sinensis*, *T. vulgaris*, *E. globulus*, *Citrus limon*, *P. sibirica* and *P. sylvestris* significantly reduce the growth of hyphae statistically by 81.5, 79.9, 67.7, 50.5, 48.8, 48.6 and 27.5%, respectively. *J. communis* essential oil had no effect on hyphal growth. Despite the decrease in the average length of hyphae, certain variants with essential oils of *P. sylvestris* and *C. limon* were found to contain some individual spores, on which these oils had not an inhibitory but a stimulating effect. The same spores were found in the variant with *J. communis* essential oil. Along with a decrease in hyphal growth, essential oils of *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* and *C. limon* increase the coefficient of variation in hyphal length by 20.4, 47.4, 113.1 and 346.0%, respectively. In addition, essential oils of *T. vulgaris*, *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* and *C. limon* increase the hyphal length oscillation coefficient by 21.3, 39.4, 57.6, 217.1 and 568.4%, respectively. Essential oils of *P. sibirica* and *A. sibirica* reduced the coefficients of variation and oscillation of hyphal length. Thus, *A. sibirica*, *Citrus × sinensis* and *T. vulgaris* essential oils as a natural remedy against *R. stolonifer* are recommended for further study.

**Keywords:** rhizopus rot of strawberry fruit, *Rhizopus stolonifer*, *Fragaria × ananassa*, essential oils, fungistatic effect.

**For citation:** Muchkin I. P., Khizhnyak S. V., Muchkina E. Ya. The effect of essential oils on the hyphal growth of the causative agent of rhizopus rot of strawberry fruit *Rhizopus stolonifer*. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*, 2024, no. 1 (49), pp. 71—81. DOI: <https://doi.org/10.32516/2303-9922.2024.49.6>.

## Введение

В настоящее время расширяется многообразие культивируемых растений, в том числе за счет ввоза посадочного материала из других регионов. Опубликован ряд исследований, посвященных анализу воздействия изменения климата на распространение и вредоносность фитопатогенных микроорганизмов [1]. В связи с этим изменяется состав фитопатогенного комплекса. Примером этого являются данные, полученные Н. К. Костиным с соавторами. С корней посадочного материала земляники садовой, полученного из Республики Крым, ими впервые был выделен и идентифицирован вид *Fusarium brachygibbosum* на территории Краснодарского края [3].

У земляники садовой доминирующими являются корневые гнили. В Краснодарском крае при этом погибает до 80% урожая. С целью сохранения здоровых растений и урожая земляники садовой проводятся исследования эффективности применения химических средств защиты и биопрепаратов [10]. По данным Ю. П. Кащиц, у земляники садовой в условиях открытого и закрытого грунта зафиксирован комплекс фитопатогенных грибов, включающий более 12 видов. В том числе на плодах земляники садовой был выявлен *Rhizopus* spp. [2].

Мицелиальный гриб *Rhizopus stolonifer* Vuillemin (1902), относящейся к семейству Mucoraceae, порядку Mucorales, классу Zygomycetes, отделу Zygomycota, является одним из наиболее вредоносных возбудителей гнилей при хранении овощей и фруктов. Его отличительной особенностью в сравнении с другими возбудителями гнилей хранения является способность к образованию столонов, обеспечивающих быструю колонизацию субстрата [13; 14; 16]. В последние десятилетия *R. stolonifer* приобрел известность в качестве возбудителя текучей гнили земляники садовой *Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier (1785), поражающей плоды земляники непосредственно на растениях еще до созревания и вызывающей потери урожая до 50—90% [8; 17]. В связи с тем что на сегодняшний момент не существует фунгицидов, сочетающих эффективность против *R. stolonifer* с безопасностью для потребителя, исследователи изучают возможность борьбы с данным возбудителем с помощью натуральных антимикробных средств [15; 20]. Было выявлено фунгицидное действие водной вытяжки листьев брусники на развитие возбудителя жидкой гнили [7].

Н. А. Холод исследовала многообразие сортов земляники садовой в южном регионе России с точки зрения поражаемости патогенными комплексами ризосферы. По итогам работы не выявлено устойчивых сортов. Автором установлена эффективность действия биопрепаратов на основе антагонистов бактерий и грибов на фитопатогенный комплекс ризосферы земляники садовой [9].

В ряде работ представлены данные по избирательному противогрибковому действию эфирных масел. Например, И. М. Фицев с соавторами при изучении фунгицидной активности масел кипариса и туи выявили угнетающий эффект на развитие снежной плесени *Microdochium nivale* [6]. В экспериментальных исследованиях выявлено ингибирующее действие чабреца, лаванды на развитие фитопатогенных грибов бобовых культур [4]. В качестве наиболее эффективных природных соединений для борьбы с *R. stolonifer* рассматриваются эфирные масла [18; 19].

Целью настоящей работы являлось изучение влияния эфирных масел разных видов растений на рост фитопатогенного штамма *R. stolonifer*.

#### Материалы и методы

Объектами исследования служили эфирные масла четырех видов голосеменных (Пихта сибирская *Abies sibirica*, Сосна сибирская *Pinus sibirica*, Сосна обыкновенная *Pinus sylvestris*, Можжевельник обыкновенный *Juniperus communis*) и четырех видов цветковых (Эвкалипт шаровидный *Eucalyptus globulus*, Лимон *Citrus limon*, Апельсин *Citrus × sinensis*, Тимьян обыкновенный *Thymus vulgaris*) производства «Добропаровь» (г. Екатеринбург).

В качестве тест-объекта использовали изолят *R. stolonifer*, выделенный из пораженных текучей гнилью плодов земляники, выращиваемой на гидропонной установке в Институте агроэкологических технологий ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет».

Изучение влияния эфирных масел на *R. stolonifer* проводили классическим методом «опарения» [5; 11; 12]. Суспензию спор 7-суточной культуры гриба наносили на поверхность агаризованной среды Чапека — Докса в чашке Петри. На внутреннюю сторону крышки чашки Петри помещали квадрат фильтровальной бумаги плотностью 115 г/м<sup>2</sup> размером 3×3 см, пропитанный 0,15 мл соответствующего эфирного масла. Контролем служили споры гриба на среде Чапека — Докса без эфирных масел. Чашки инкубировали в перевернутом виде при температуре 25±1 °С в течение 8 часов (опарение эфирными маслами продолжалось в течение всего этого времени), после чего делали серии микрофотографий прорастающих спор и измеряли длину проростковых гиф (рис. 1) по микрофотографиям с помощью программы ImageJ (не менее 30 измерений в каждом варианте).

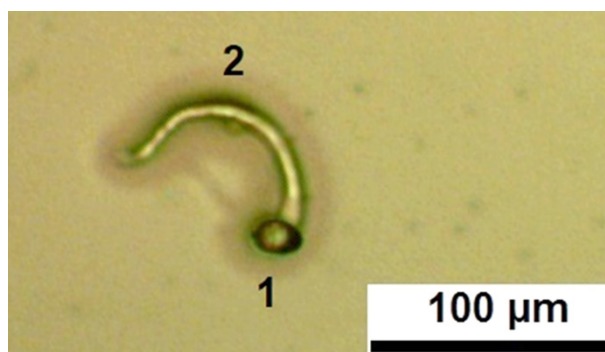


Рис. 1. Пример прорастающей споры *R. stolonifer* после 8 часов инкубирования:  
1 — спора, 2 — проростковая гифа

Микрофотографии выполняли с помощью микроскопа Микмед-6 вар. 3, оснащенного цифровой камерой DCM-130E.

Статистическую значимость различий вариантов с эфирными маслами от контроля по средней длине проростковых гиф проверяли двухвыборочным t-тестом. Статистическую значимость различий между вариантами с разными эфирными маслами проверяли дисперсионным анализом. Связь между средней, максимальной и минимальной длиной проростковых гиф оценивали с помощью корреляционного анализа. В качестве программного обеспечения использовали пакет анализа MS Excel и пакет StatSoft STATISTICA 8.0.

#### Результаты исследования

Визуально заметные различия между вариантами по длине проростковых гиф выявились уже через 6 часов инкубирования и, за исключением варианта с эфирным маслом *J. communis*, проявились в замедлении прорастания спор *R. stolonifer* (рис. 2).

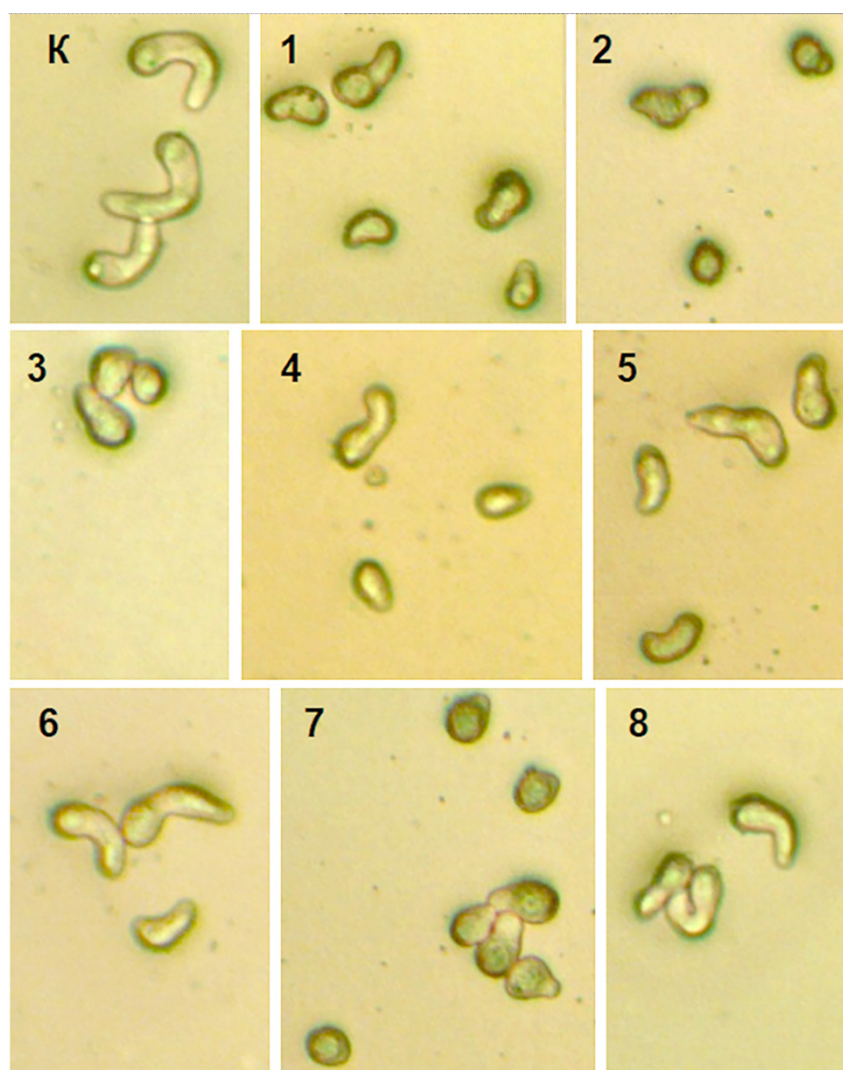


Рис. 2. Характерный вид прорастающих спор *R. stolonifer* в разных вариантах после 6 часов инкубирования: К — контроль, 1 — *T. vulgaris*, 2 — *A. sibirica*, 3 — *Citrus × sinensis*, 4 — *P. sibirica*, 5 — *P. sylvestris*, 6 — *J. communis*, 7 — *E. globulus*, 8 — *C. limon*

После 8 часов инкубирования длина проростковых гиф во всех вариантах с эфирными маслами, за исключением варианта с *J. communis*, была статистически значимо ниже, чем в контроле (табл. 1).

Таблица 1

Влияние эфирных масел на длину проростковых гиф

Вариант	Длина проростковых гиф, мкм			Значимость различий с контролем, p
	Среднее	Минимум	Максимум	
Контроль	175,3	69,2	355,2	—
<i>A. sibirica</i>	32,4	13,8	53,3	< 0,001
<i>P. sibirica</i>	90,1	43,5	142,6	< 0,001
<i>P. sylvestris</i>	127,1	44,7	702,6	< 0,05
<i>J. communis</i>	191,4	64,1	556,3	нет
<i>T. vulgaris</i>	56,6	21,6	133,6	< 0,001
<i>Citrus × sinensis</i>	35,2	9,5	63,6	< 0,001
<i>E. globulus</i>	86,8	22,9	220,4	< 0,001
<i>C. limon</i>	89,8	16,9	996,0	< 0,05

Максимальное снижение средней длины проростковых гиф отмечено при использовании эфирных масел *A. sibirica*, *Citrus × sinensis* и *T. vulgaris* (соответственно на 81,5, 79,9 и 67,7% относительно контроля) (табл. 2).

Таблица 2

Длина проростковых гиф в вариантах с эфирными маслами в % к контролю

Вариант масла	Средняя длина	Минимальная длина	Максимальная длина
<i>A. sibirica</i>	18,5	20,0	15,0
<i>P. sibirica</i>	51,4	62,8	40,1
<i>P. sylvestris</i>	72,5	64,6	197,8
<i>J. communis</i>	109,2	92,6	156,6
<i>T. vulgaris</i>	32,3	31,2	37,6
<i>Citrus × sinensis</i>	20,1	13,8	17,9
<i>E. globulus</i>	49,5	33,2	62,1
<i>C. limon</i>	51,2	24,3	280,4

Остальные эфирные масла снизили среднюю длину проростковых гиф на 27,5—50,5%, а в случае *J. communis* наблюдалось небольшое (на 9,2%) повышение средней длины проростковых гиф, хотя это повышение оказалось статистически незначимым (табл. 1).

Изменение средней длины проростковых гиф *R. stolonifer* под действием эфирных масел сопровождалось пропорциональным изменением и их минимальной длины (рис. 3), что нашло отражение в статистически значимой ( $p < 0,001$ ) положительной ( $r = 0,935$ ) корреляции между этими показателями.

В то же время статистически значимая связь между средней и максимальной длиной проростковых гиф отсутствовала ( $r = 0,498$ ,  $p = 0,17$ ), то же касается связи между минимальной и максимальной длиной проростковых гиф ( $r = 0,245$ ,  $p = 0,53$ ) (рис. 4, 5).

Это объясняется тем, что, несмотря на снижение средней длины проростковых гиф в вариантах с эфирными маслами *P. sylvestris* и *C. limon*, отдельные споры *R. stolonifer* отреагировали на присутствие этих масел не снижением, а усилением роста гиф в сравнении с контролем (рис. 6). В результате максимальная длина гиф в этих вариантах оказалась соответственно в 2 и 2,8 раза выше аналогичного показателя в контроле.

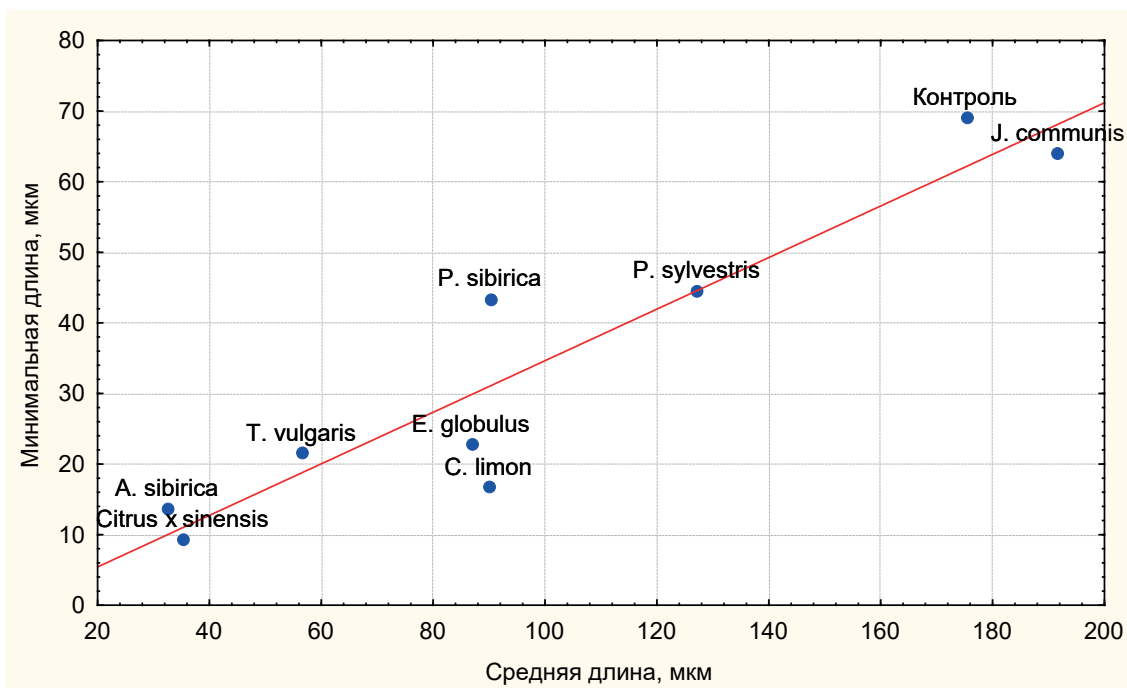


Рис. 3. Связь между средней и минимальной длиной проростковых гиф *R. stolonifer* в разных вариантах эксперимента

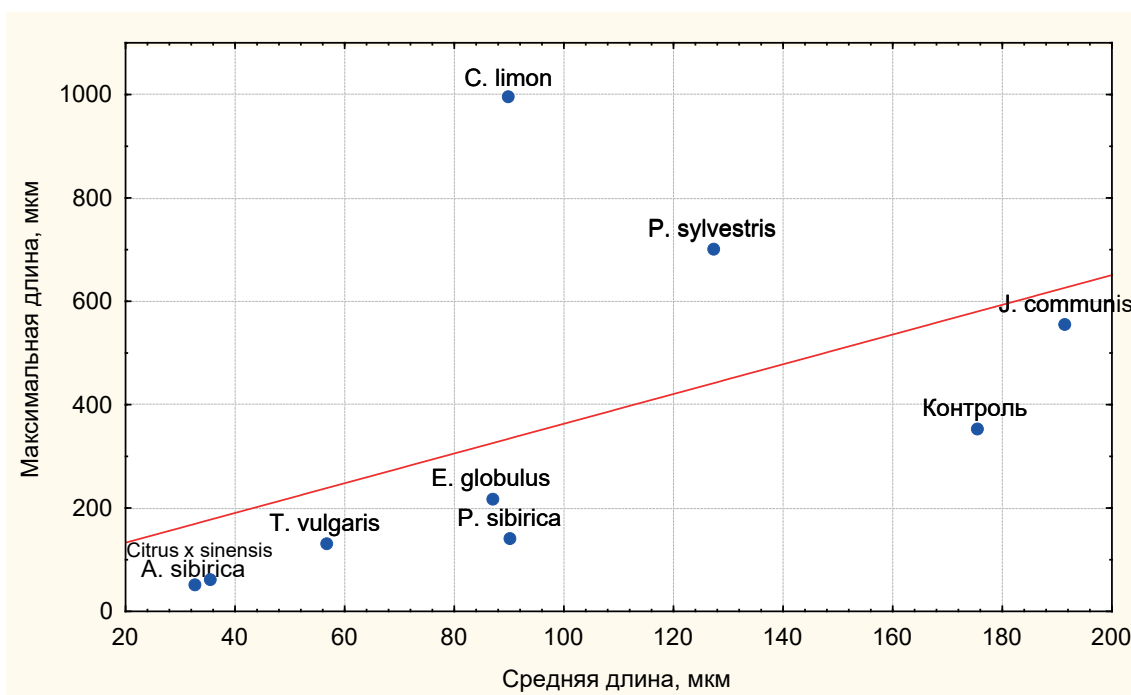


Рис. 4. Связь между средней и максимальной длиной проростковых гиф *R. stolonifer* в разных вариантах эксперимента

Аналогичный эффект отмечен и для эфирного масла *J. communis*, под действием которого при сохранении средней длины проростковых гиф на уровне контроля максимальная длина превысила аналогичный показатель в контроле почти в 1,6 раза. Таким образом, можно констатировать высокую гетерогенность спор *R. stolonifer* по индивидуальной чувствительности к некоторым эфирным маслам. Эта гетерогенность нашла отражение в возрастании коэффициента вариации длины проростковых гиф в присутствии эфирных масел *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* и *C. limon* соответственно на 20,4,

47,4, 113,1 и 346,0%, а также в возрастании коэффициента осцилляции длины проростковых гиф в присутствии эфирных масел *T. vulgaris*, *E. globulus*, *J. communis*, *P. sylvestris* и *C. limon* соответственно на 21,3, 39,4, 57,6, 217,1 и 568,4% относительно аналогичных значений в контроле (рис. 7).

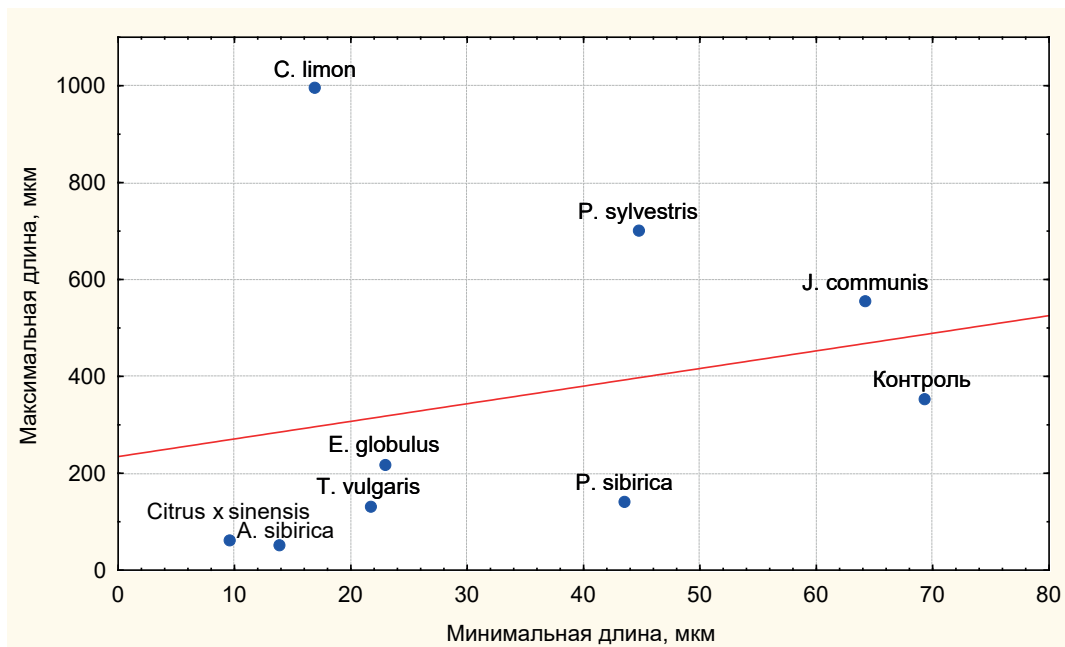


Рис. 5. Связь между минимальной и максимальной длиной проростковых гиф *R. stolonifer* в разных вариантах эксперимента



Рис. 6. Разная реакция спор *R. stolonifer* на присутствие эфирных масел на примере масла *C. limon*: 1 — споры, отреагировавшие снижением роста проростковых гиф, 2 — спора, отреагировавшая увеличением роста проростковой гифы, 3 — характерный размер проростковых гиф в контроле

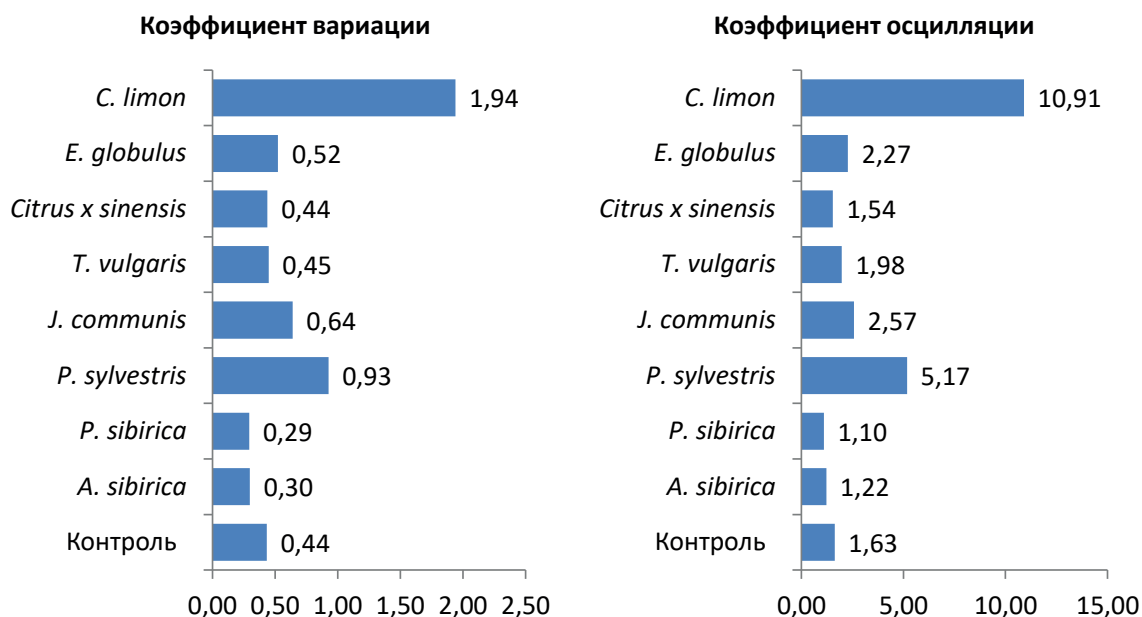


Рис. 7. Влияние эфирных масел на показатели варьирования длины проростковых гиф *R. stolonifer*

В то же время на фоне эфирных масел *P. sibirica* и *A. sibirica* коэффициент вариации длины проростковых гиф снизился соответственно на 32,4 и 31,1%, а коэффициент осцилляции — на 32,6 и 25,2% относительно контрольного варианта.

Дисперсионный анализ без включения в обработку контрольного варианта подтвердил различия между разными видами эфирных масел по воздействию на длину проростковых гиф *R. stolonifer* на уровне значимости  $p < 0,001$ . Показатель силы влияния вида масла составил 23,9%, а 76,1% пришлось на варьирование между спорами по индивидуальной чувствительности к воздействию эфирных масел.

### Заключение

На основе проведенных исследований можно констатировать наличие статистически значимой фунгистатической активности эфирных масел *T. vulgaris*, *A. sibirica*, *Citrus × sinensis*, *P. sibirica*, *P. sylvestris*, *E. globulus* и *C. limon* в отношении *R. stolonifer* и отсутствие такой активности у эфирного масла *J. communis*. Максимальная фунгистатическая активность наблюдается у эфирных масел *A. sibirica*, *Citrus × sinensis* и *T. vulgaris*, минимальная — у эфирного масла *P. sylvestris*. Выявлена высокая гетерогенность спор *R. stolonifer* по индивидуальной чувствительности ко всем эфирным маслам, за исключением масел *P. sibirica* и *A. sibirica*, проявляющаяся в возрастании показателей варьирования длины проростковых гиф в присутствии эфирных масел в сравнении с контролем. При этом в присутствии эфирных масел *P. sylvestris*, *C. limon* и *J. communis* отдельные споры *R. stolonifer* формировали проростковые гифы, существенно превосходящие по длине проростковые гифы в контрольном варианте, т.е. реагировали на эфирные масла не снижением, а увеличением скорости роста.

Для дальнейшего изучения в качестве натурального средства против *R. stolonifer* следует рекомендовать эфирные масла *A. sibirica*, *Citrus × sinensis* и *T. vulgaris*, которые снижают рост проростковых гиф соответственно на 81,5, 79,9 и 67,7% относительно контроля и в отношении которых не наблюдается ярко выраженной гетерогенности спор по чувствительности.



Список источников

1. Игнатов А. Н., Кошкин Е. И., Андреева И. В., Гусейнов Г. Г., Гусейнов К. Г., Джалилов Ф. С.-У. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений // *Агрохимия*. 2020. № 12. С. 81—96. DOI: 10.31857/S0002188120120042.
2. Кащиц Ю. П. Видовой состав фитопатогенных микромицетов листьев и ягод земляники садовой в Краснодарском крае и Республике Адыгея // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2020. Вып. 137. С. 23—28. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-137-23-28.
3. Костин Н. К., Кузнецова А. А., Копина М. Б., Белошапкина О. О. Культурально-морфологические особенности видов *Fusarium oxysporum* и *Fusarium brachygibbosum*, ассоциированных с растениями земляники садовой // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2022. № 71. С. 69—81. DOI: 10.31676/2073-4948-2022-71-69-81.
4. Куркина Ю. Н. Фитонцидное действие эфирных масел лекарственных растений на возбудителей альтернариоза и кладоспориоза овощных бобов // *Овощи России*. 2020. № 3. С. 73—76. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-3-73-76.
5. Тараканов В. В., Чиндяева Л. Н., Цыбуля Н. В., Тихонова И. В. Изменчивость антимикробной активности хвои на клоновой плантации *Pinus sylvestris* L. // *Сибирский лесной журнал*. 2017. № 1. С. 95—104.
6. Фицев И. М., Никитин Е. Н., Рахмаева А. М., Теренжев Д. А., Сахно Т. М., Насыбуллина Ж. Р. Химический состав эфирных масел *Cupressus sempervirens* L. и *Thuja occidentalis* L. и их активность в отношении фитопатогенных грибов // *Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки*. 2022. Т. 164, кн. 3. С. 392—407. DOI: 10.26907/2542-064X.2022.3.392-407.
7. Хижняк С. В., Еськова Е. Н. Антигрибная активность вытяжек листьев брусники в отношении возбудителя гнили земляники *Rhizopus stolonifer* // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2021. № 11. С. 53—60. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-53-60.
8. Холод Н. А. Болезни земляники на юге России // *Защита и карантин растений*. 2013. № 10. С. 28—30.
9. Холод Н. А. Нематодно-микозные инфекции ризосферы земляники садовой в Южном регионе России // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2017. № 44 (02). С. 1—13. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/17/02/05.pdf>.
10. Холод Н. А. Оптимизация применения микробиологических препаратов для управления патосистемами в агроценозе земляники // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2014. № 29 (05). С. 1—12.
11. Цыбуля Н. В., Фершалова Т. Д. Сезонная антимикробная активность летучих выделений представителей рода *Begonia* L. (Begoniaceae) // *Самарский научный вестник*. 2021. Т. 10, № 1. С. 167—172. DOI: 10.17816/snv2021101126.
12. Чиндяева Л. Н., Цыбуля Н. В., Якимова Ю. Л. Сезонная динамика антимикробной активности видов семейства кленовые (Aceraceae Juss.) // *Вестник Новосибирского государственного университета. Сер. Биология, клиническая медицина*. 2011. Т. 9, вып. 3. С. 55—59.
13. Baggio J. S., Hau B., Amorim L. Spatiotemporal analyses of rhizopus rot progress in peach fruit inoculated with *Rhizopus stolonifer* // *Plant Pathology*. 2017. Vol. 66. P. 1452—1462. DOI: 10.1111/ppa.12691.
14. Bautista-Baños S., Bosquez-Molina E., Barrera-Necha L. L. *Rhizopus stolonifer* (Soft Rot) // Bautista-Baños S. (ed.). *Postharvest decay: Control strategies*. Elsevier, 2014. P. 1—44. DOI: 10.1016/B978-0-12-411552-1.00001-6.
15. De Corato U., Salimbeni R., De Pretis A. Evaluation of an alternative mean for controlling postharvest *Rhizopus* rot of strawberries // *Advances in Horticultural Science*. 2018. Vol. 32, N 3. P. 325—334. DOI: 10.13128/ahs-21886.
16. Feliziani E., Romanazzi G. Postharvest Decay of Strawberry Fruit: Etiology, Epidemiology, and Disease Management // *Journal of Berry Research*. 2016. Vol. 6, N 1. P. 47—63. DOI: 10.3233/JBR-150113.
17. Lin C. P., Tsai J. N., Ann P. J., Chang J. T., Chen P. R. First report of rhizopus rot of strawberry fruit caused by *Rhizopus stolonifer* in Taiwan // *Plant Disease*. 2017. Vol. 101, N 1. P. 254. DOI: 10.1094/PDIS-07-16-1033-PDN.
18. Oliveira Filho J. G., Silva G. da Cruz, Egea M. B., Azeredo H. M. C., Ferreira M. D. Essential Oils as Natural Fungicides to Control *Rhizopus stolonifer*-Induced Spoiled of Strawberries // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2021. Vol. 11, N 5. P. 13244—13251. DOI: 10.33263/BRIAC115.1324413251.
19. Oliveira J., Parisi M. C. M., Baggio J. S., Silva P. P. M., Paviani B., Spoto M. H. F., Gloria E. M. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose // *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 292. P. 150—158. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.014.
20. Yarahmadi M., Safaei Z., Azizi M. Study the effect of chitosan, vanillin, and acetic acid on fungal disease control of *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits in vitro and in vivo // *European Journal of Experimental Biology*. 2014. Vol. 4, is. 3. P. 219—225.

## References

1. Ignatov A. N., Koshkin E. I., Andreeva I. V., Guseinov G. G., Guseinov K. G., Dzhililov F. S.-U. Vliyanie global'nykh izmenenii klimata na fitopatogeny i razvitie boleznei rastenii [Impact of Global Climate Change on Plant Pathogens Occurrence]. *Agrokhimiya*, 2020, no. 12, pp. 81—96. DOI: 10.31857/S0002188120120042. (In Russian)
2. Kashchits Yu. P. Vidovoi sostav fitopatogennykh mikromitsetov list'ev i yagod zemlyaniki sadovoi v Krasnodarskom krae i Respublike Adygeya [Species composition of phytopathogenic micromycetes of leaves and berries of garden strawberry in Krasnodar region and the Republic of Adygeya]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada — Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 2020, is. 137, pp. 23—28. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-137-23-28. (In Russian)
3. Kostin N. K., Kuznetsova A. A., Kopina M. B., Beloshapkina O. O. Kul'tural'no-morfologicheskie osobennosti vidov *Fusarium oxysporum* i *Fusarium brachygibbosum*, assotsiirovannykh s rasteniyami zemlyaniki sadovoi [Cultural and morphological features of *Fusarium oxysporum* and *Fusarium brachygibbosum* species associated with garden strawberry plants]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii — Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 2022, no. 71, pp. 69—81. DOI: 10.31676/2073-4948-2022-71-69-81. (In Russian)
4. Kurkina Yu. N. Fitontsidnoe deistvie efirnykh masel lekarstvennykh rastenii na vozбудiteli al'ternarioza i kladosporioza ovoshchnykh bobov [Phytoncide action of essential oils of medicinal plants on the causative agents of broad beans alternariosis and cladosporiosis]. *Ovoshchi Rossii — Vegetable Crops of Russia*, 2020, no. 3, pp. 73—76. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-3-73-76. (In Russian)
5. Tarakanov V. V., Chindyaeva L. N., Tsybulya N. V., Tikhonov I. V. Izmenchivost' antimikrobnai aktivnosti khvoi na klonovoi plantatsii *Pinus sylvestris* L. [Variability of Needle Antimicrobial Activity in Clone Plantation of Scots Pine *Pinus sylvestris* L.]. *Sibirskii lesnoi zhurnal — Siberian Journal of Forest Science*, 2017, no. 1, pp. 95—104. (In Russian)
6. Fitsev I. M., Nikitin E. N., Rakhmaeva A. M., Terenzhev D. A., Sakhno T. M., Nasybullina Zh. R. Khimicheskii sostav efirnykh masel *Cupressus sempervirens* L. i *Thuja occidentalis* L. i ikh aktivnost' v otnoshenii fitopatogennykh gribov [Chemical Composition of *Cupressus sempervirens* L. and *Thuja occidentalis* L. Essential Oils and Their Activity against Phytopathogenic Fungi]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser. Estestvennye nauki — Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series*, 2022, vol. 164, book 3, pp. 392—407. DOI: 10.26907/2542-064X.2022.3.392-407. (In Russian)
7. Khizhnyak S. V., Es'kova E. N. Antigribnaya aktivnost' vytyazhek list'ev brusniki v otnoshenii vozбудitelya gnili zemlyaniki *Rhizopus stolonifer* [Lingonberry extracting leaves antifungal activity against the strawberry Rot agent *Rhizopus stolonifer*]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 11, pp. 53—60. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-53-60. (In Russian)
8. Kholod N. A. Bolezni zemlyaniki na yuge Rossii [Diseases of strawberry in the South of Russia]. *Zashchita i karantin rastenii*, 2013, no. 10, pp. 28—30. (In Russian)
9. Kholod N. A. Nematodno-mikoznye infektsii rizosfery zemlyaniki sadovoi v Yuzhnom regione Rossii [Nematode-mikosis infections of strawberry rhizosphere in the Southern region of Russia]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii — Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 2017, no. 44 (02), pp. 1—13. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/17/02/05.pdf>. (In Russian)
10. Kholod N. A. Optimizatsiya primeneniya mikrobiologicheskikh preparatov dlya upravleniya patosistemami v agrotsenoze zemlyaniki [Optimization of application of microbiological preparations for pathos systems management at the strawberry's agric. cenosis]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii — Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 2014, no. 29 (05), pp. 1—12. (In Russian)
11. Tsybulya N. V., Fershalova T. D. Sezonnaya antimikrobnaya aktivnost' letuchikh vydelenii predstavitelei roda *Begonia* L. (Begoniaceae) [Seasonal antimicrobial activity of volatile substances emitted by the representatives of *Begonia* L. genus (Begoniaceae)]. *Samarskii nauchnyi vestnik — Samara Journal of Science*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 167—172. DOI: 10.17816/snv2021101126. (In Russian)
12. Chindyaeva L. N., Tsybulya N. V., Yakimova Yu. L. Sezonnaya dinamika antimikrobnai aktivnosti vidov semeistva klenovye (Aceraceae Juss.) [Seasonal dynamics of antimicrobial activity of Aceraceae Juss. species]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biologiya, klinicheskaya meditsina — Vestnik Novosibirsk State University. Ser. Biology, Clinical Medicine*, 2011, vol. 9, is. 3, pp. 55—59. (In Russian)
13. Baggio J. S., Hau B., Amorim L. Spatiotemporal analyses of rhizopus rot progress in peach fruit inoculated with *Rhizopus stolonifer*. *Plant Pathology*, 2017, vol. 66, pp. 1452—1462. DOI: 10.1111/ppa.12691.
14. Bautista-Baños S., Bosquez-Molina E., Barrera-Necha L. L. *Rhizopus stolonifer* (Soft Rot). Bautista-Baños S. (ed.). *Postharvest decay: Control strategies*. Elsevier, 2014, pp. 1—44. DOI: 10.1016/B978-0-12-411552-1.00001-6.

15. De Corato U., Salimbeni R., De Pretis A. Evaluation of an alternative mean for controlling postharvest Rhizopus rot of strawberries. *Advances in Horticultural Science*, 2018, vol. 32, no. 3, pp. 325—334. DOI: 10.13128/ahs-21886.
16. Feliziani E., Romanazzi G. Postharvest Decay of Strawberry Fruit: Etiology, Epidemiology, and Disease Management. *Journal of Berry Research*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 47—63. DOI: 10.3233/JBR-150113.
17. Lin C. P., Tsai J. N., Ann P. J., Chang J. T., Chen P. R. First report of rhizopus rot of strawberry fruit caused by *Rhizopus stolonifer* in Taiwan. *Plant Disease*, 2017, vol. 101, no. 1, pp. 254. DOI: 10.1094/PDIS-07-16-1033-PDN.
18. Oliveira Filho J. G., Silva G. da Cruz, Egea M. B., Azeredo H. M. C., Ferreira M. D. Essential Oils as Natural Fungicides to Control *Rhizopus stolonifer*-Induced Spoiled of Strawberries. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2021, vol. 11, no. 5, pp. 13244—13251. DOI: 10.33263/BRIAC115.1324413251.
19. Oliveira J., Parisi M. C. M., Baggio J. S., Silva P. P. M., Paviani B., Spoto M. H. F., Gloria E. M. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. *International Journal of Food Microbiology*, 2019, vol. 292, pp. 150—158. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.014.
20. Yarahmadi M., Safaei Z., Azizi M. Study the effect of chitosan, vanillin, and acetic acid on fungal disease control of *Rhizopus stolonifer* in strawberry fruits in vitro and in vivo. *European Journal of Experimental Biology*, 2014, vol. 4, is. 3, pp. 219—225.

#### Информация об авторах

**И. П. Мучкин** — аспирант

**С. В. Хижняк** — доктор биологических наук, доцент

**Е. Я. Мучкина** — доктор биологических наук, профессор

#### Information about the authors

**I. P. Muchkin** — Postgraduate Student

**S. V. Khizhnyak** — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

**E. Ya. Muchkina** — Doctor of Biological Sciences, Professor

Статья поступила в редакцию 09.11.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023;  
принята к публикации 20.02.2024

The article was submitted 09.11.2023; approved after reviewing 04.12.2023;  
accepted for publication 20.02.2024