

УДК 63.11 : 632. 484

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-53-57

## ФУНГИСТАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИНДУКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ ПШЕНИЦЫ

Э.В. Попова<sup>1</sup>, Н.М. Коваленко<sup>1</sup>, Н.С. Домнина<sup>2</sup>, Е.А. Борисова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург,

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

Биологическая активность хитозана определяется его способностью индуцировать биохимические пути, приводящие к активации реакций защиты растений и формированию у них устойчивости к грибным, бактериальным и вирусным болезням. Благодаря этим качествам препараты на основе хитозана являются активаторами болезнеустойчивости и продуктивности растений. Так, ранее нами показано, что салицилат хитозана является также эффективным индуктором устойчивости пшеницы к возбудителю темно-бурой пятнистости – *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur. Кроме того известно, что хитозан имеет прямое фунгистатическое действие, которое зависит от его физико-химических свойств (молекулярной массы, степени деацетилирования и др.), а также от вида микроорганизмов. Работ по оценке прямого действия производных хитозана, например, салицилат хитозана, на рост различных патогенов до настоящего времени не проводилось. Сравнительная оценка фунгистатической активности известных индукторов болезнеустойчивости на рост мицелия *C. sativus* показала, что ингибиторный эффект хитозана, салициловой кислоты (СК) и салицилат хитозана зависит от концентрации веществ. Образцы хитозана и его производного с СК в концентрации 0.1–0.2% подавляют линейный рост *C. sativus* на 38.6–74.3%. В этой концентрации хитозан и его производные обычно используются как индукторы болезнеустойчивости. Полное подавление роста патогена хитозаном и салицилатом

хитозана происходит при их концентрации 0.5%. Показано, что хотя салицилат хитозана в концентрации 0.1% обладает невысокой фунгистатической активностью, но она может вносить определенный вклад в общую эффективность препарата как индуктора устойчивости в защите пшеницы от *C. sativus*. Установлена зависимость проявления фунгистатической активности СК от ее концентрации. Если невысокие концентрации СК (0.5–2мМ) не ингибируют рост патогена, а могут оказывать даже стимулирующий эффект на этот процесс, то при высоких концентрациях (10мМ) СК является эффективным ингибитором линейного роста данного патогена.

**Ключевые слова:** хитозан, салициловая кислота, фунгистатическая активность, возбудитель темно-бурой пятнистости пшеницы (*Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur).

Поступила в редакцию: 29.08.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Композиции хитозана с биологически активными веществами активно используются в растениеводстве в качестве регуляторов роста и для повышения устойчивости растений к различным болезням. Тем не менее, разработка на этой основе новых форм препаратов с повышенной биологической активностью сохраняет свою актуальность и в настоящее время [Хитин и хитозан, 2002].

Во Всероссийском НИИ защиты растений РАН разработана концепция создания на основе хитозана нового класса высокоэффективных средств защиты растений, обладающих регуляторной активностью сигнального типа, а также повышенной токсикологической и экологической безопасностью [Тютюрев С.Л., 2014]. Усиление биологической активности хитозана может быть достигнуто за счет его химической модификации биологически активными веществами. С этой целью часто используют салициловую кислоту (СК), которая является классическим индуктором устойчивости и играет центральную роль в защите растений от биотрофных патогенов [Васюкова, Озерецковская, 2010]. Ранее нами на основе хитозана (молекуляр-

ная масса 6.5 кДа, степень деацетилирования 85%) был синтезирован салицилат хитозана, в 1 г которого содержалось 2.5 мМ ионно связанной СК. Зафиксирована высокая индуцирующая активность полученного салицилат хитозана в защите пшеницы от темно-бурой пятнистости, составившая 89.2–90.4% в зависимости от инфекционной нагрузки на растениях и способа применения [Борисова и др., 2018]. Высокую эффективность салицилата хитозана обычно связывают с реализацией его действия через усиление в растениях реакций защиты от патогена. Однако, наряду с этим механизмом данное производное хитозана может обладать и прямым действием на патоген, что должно привести к блокировке его роста. Исследований по оценке прямого действия салицилата хитозана на рост мицелия аскомицета *C. sativus* до настоящего времени не проводилось.

Цель работы состоит в сравнительной оценке прямого фунгистатического действия известных индукторов устойчивости (хитозан, СК, салицилат хитозана) в отношении мицелия аскомицета *C. sativus*.

#### Материал и методы

Прямое фунгистатическое действие исследуемых веществ проводилось *in vitro*, методом агаровых блоков (Билай, 1982). В стерильные чашки Петри разливали охлажденную до 45°C агаризованную среду Чапека с добавлением в нее испытуемых веществ в соответствующей концентрации. После застывания среды на её поверхность помещали диски диаметром 6 мм, вырезанные стерильным сверлом из 10 суточных мицелиальных газонов гриба *C. sativus*. В качестве контроля служили чашки с агаризованной средой Чапека без испытуемых веществ. Чашки

инкубировали в темноте при 25°C. Измерение диаметров грибных колоний проводили на 3-е, 5-е, 7-е сутки сокультивирования и оценивали фунгистатическое действие испытуемых веществ по формуле Эббота [Методические указания, 1990]:

$$\Pi = \frac{Дк - Доп}{Дк} \times 100$$
, где  $\Pi$  – подавление роста гриба по сравнению с контролем, в %;

Дк – диаметр колонии гриба в контроле, мм; Доп. – диаметр колонии гриба в опыте, мм.

Повторность опыта 4-х кратная.

#### Результаты и их обсуждение

Проведенные эксперименты по оценке прямого действия хитозана и салицилат хитозана на рост мицелия гриба *C. sativus* показали определенную зависимость фунгистатической активности от концентрации веществ в питательной среде (табл. 1).

Хитозан в концентрации 0.01–0.05% практически не влияет на рост мицелия патогена в течение 7 суток культивирования *C. sativus*. Увеличение концентрации полимера в питательной среде до 0.1–0.2% ведет к повышению его фунгистатической активности, причем линейный рост мицелия гриба *C. sativus* подавляется на 45.7–74.3% (7-е сутки культивирования). На 7-е сутки подавляющее действие 0.1% хитозана составляет до 45.7%. Следует отметить, что хитозан именно в этой концентрации (0.1%) используется в качестве индуктора болезнестойкости. С увеличением концентрации хитозана в 5 раз (0.5%) рост мицелия гриба практически полностью прекращается в течение всего периода культивирования.

Салицилат хитозана в концентрации 0.1% обладает определенной фунгистатической активностью, что

подтверждается сдерживанием роста мицелия гриба *C. Sativus* на 43.4–40.9% в первые сутки (3-е – 5-е сутки) сокультивирования. На 7-е сутки эффективность действия салицилата хитозана снижается до 38.6%. Повышение количества салицилат хитозана до 0.2% в питательной среде ведет к усилению его ингибирующей активности. Так, на 7-е сутки сокультивирования салицилат хитозана в этой концентрации сдерживает рост мицелия гриба на 55.7%. Полное прекращение развития патогена наблюдается при концентрации салицилат хитозана 0.5%. В низкой концентрации салицилат хитозана в пределах 0.01–0.05% подавление роста гриба практически не происходит.

При изучении влияния СК на рост мицелия гриба *C. sativus* установлено, что в низких концентрациях (0.5–2 мМ) СК не только не подавляет, но и оказывает небольшое стимулирующее действие на линейный рост мицелия гриба (табл. 2).

С повышением концентрации СК в питательной среде до 7.0 мМ проявляется ее ингибирующее действие, рост патогена сдерживается на 42.8–52.1% на 7 сутки культи-

Таблица 1. Влияние хитозана и салицилат хитозана на линейный рост *C. sativus*

Вариант	Концентрация вещества, % по хитозану	Ингибирование линейного роста мицелия гриба <i>C. sativus</i> , в %					
		3-сутки культивирования		5-сутки культивирования		7-сутки культивирования.	
		Д, мм	% ингибирования	Д, мм	% ингибирования	Д, мм	% ингибирования
Контроль		23.0 ± 0.3		55.0 ± 0.5		70.0 ± 1.2	
Хитозан	0.01	20.5 ± 0.5	10.9	50.0 ± 1.0	9.1	64.0 ± 2.4	8.6
	0.02	20.0 ± 0.3	13.0	48.5 ± 2.2	11.8	65.0 ± 2.2	7.1
	0.05	19.5 ± 0.3	15.2	47.0 ± 0.7	14.5	60.0 ± 3.2	14.2
	0.1	12.5 ± 0.2	45.6	25.5 ± 0.8	53.6	38.0 ± 1.2	45.7
	0.2	10.0 ± 0.5	56.5	15.0 ± 0.7	72.7	18.0 ± 0.8	74.3
	0.5	0	100	0	100	0	100
Хит+СК	0.01	23.0 ± 0.3	0	52.0 ± 2.2	5.4	70.0 ± 1.1	3.0
	0.02	22.5 ± 0.3	2.2	50.0 ± 3.2	9.1	63.0 ± 2.2	10.0
	0.05	22.0 ± 0.5	4.3	48.0 ± 2.0	12.7	60.0 ± 1.3	10.0
	0.1	13.0 ± 0.2	43.4	33.5 ± 2.2	40.9	43.0 ± 2.0	38.6
	0.2	12.0 ± 0.6	47.3	23.0 ± 0.4	71.1	32.0 ± 0.5	55.7
	0.5	0	100	0	100	0	100

Таблица 2. Влияние салициловой кислоты (СК) на рост мицелия *C. sativus*

Вариант	Концентрация СК, мМ	Ингибирование линейного роста мицелия гриба <i>C. sativus</i> , в %					
		3-сутки культивирования		5-сутки культивирования		7-сутки культивирования.	
		Д мм	% ингибирования	Д мм	% ингибирования	Д мм	% ингибирования
Контроль		23.0 ± 0.3		55.0 ± 1.3		70.0 ± 2.3	
СК	0.5	24.0 ± 0.4	+5.2	55.0 ± 2.5	0	70.0 ± 2.3	0
СК	1.0	23.5 ± 0.3	+3.2	56.5 ± 3.0	+2.8	70.0 ± 2.5	0
СК	2.0	23.0 ± 0.4	0	52.0 ± 4.0	5.4	70.0 ± 2.8	0
СК	7.0	19.1 ± 0.3	16.9	22.0 ± 0.5	60.0	33.5 ± 2.5	52.1
СК	10	0	100	0	100	0	100

вирования. При концентрации 10 мМ салициловая кислота полностью подавляет линейный рост мицелия *C. sativus* (табл. 2).

Несмотря на то, что изучению биоцидной активности хитозана посвящено множество работ, механизмы антибактериального и антигрибного действия этого биополимера на клеточном и на молекулярном уровне раскрыты не полностью [Куликов и др., 2013]. Большинство исследований фунгистатической активности хитозана по отношению к различным патогенам свидетельствуют о том, что причиной биоцидной активности хитозана является его поликатионная природа и способность связываться с отрицательно заряженными поверхностными структурами клеток. Механизм антигрибного действия хитозана связывают с электростатическим взаимодействием положительно заряженных свободных аминогрупп хитозана с отрицательно заряженными фосфолипидами мембран клеток грибов, с нарушением структуры клеточной стенки, ведущей к изменению морфологии мицелия, размера спор и нарушению целостности грибной цитоплазматической мембраны, приводящее к выходу из клеток цитоплазматического содержимого и их гибели.

В качестве примеров можно привести ряд работ. Так, в исследовании [Malda et Hassni et al., 2004] показано, что хитозан в концентрации 0.1% ингибирует мицелиальный рост *F. oxysporum f. sp.* на 75% в опыте *in vitro*. Биоцидное действие 0, 125% хитозана на мицелиальный рост *Pythium irregulare* было описано и в публикации [Park et al., 2002]. Согласно данным Mona M.M. et al. [2012] хитозан в кон-

центрации 0.15% ингибирует рост мицелия *F. oxysporum* на 45% на 7 день культивирования гриба на твердой среде, а в концентрации 4.5 г/л полностью (на 100%) подавляет рост патогена. Установлено, что на 9 день культивирования гриба *Colletotrichum gloeosporioides* 0.5% хитозан ингибирует рост мицелия на 33%, а 2% – на 62% [Pongphen Jitareerat et al., 2007].

Многими исследователями, изучающими действие СК на рост различных грибных культур *in vitro*, получены близкие результаты, свидетельствующие об ингибирующем воздействии СК на линейный рост различных патогенов. Например, сообщается о значительном влиянии СК при концентрациях 2, 4, 6, 8 мМ на мицелиальный рост *F. oxysporum*, *F. solani*, *R. solani* и *M. phaseolina*, выделенных из корней огурца на 7 день культивирования *in vitro* [Elwakil et al., 2015]. Было замечено, что уменьшение линейного роста мицелия грибов коррелировало с увеличением концентрации СК, при этом были выявлены концентрации, угнетающие рост патогенов. Изучая влияние СК на линейный рост *B. oryzae* Y.M. Shabana et al. [2008] обнаружили, что при концентрации 9 мМ СК полностью ингибировало рост патогена. Салициловая кислота является эффективным ингибитором линейного роста *B. fabae in vitro* [Aldesuquy H, Baka Z, Alazab N., 2015]. В концентрации 10 мМ СК полностью подавляет линейный рост *Rhizoctonia solani* и *Macrophomina phaseolina* – возбудителей, вызывающих болезни растений подсолнечника [Abd El-Hai et al., 2009]. По данным Qi [2012] СК в concentra-

ции 3–20 мМ оказывает ингибирующее действие на рост мицелия гриба *F. graminearum*.

Наши данные, представленные в таблице 2, также показывают, что СК может оказывать прямое воздействие на рост мицелия *C. sativus* и это влияние зависит от концентрации кислоты в среде. Так, при концентрации 0.5–2 мМ СК не влияет на рост мицелия гриба *C. sativus*; с повышением концентрации от 5.0 до 7.0 мМ растёт ингибирующее действие СК на линейный рост патогена, вплоть до полного его подавления в концентрации 10 мМ.

С чем может быть связано фунгистатическое действие СК? Большое количество исследований свидетельствует о том, что фенольные соединения растений являются по-

тенсиально токсичными веществами для фитопатогенных грибов, и обладают противогрибной, антибактериальной и противовирусной активностью, и при определенных условиях могут выполнять защитную роль [Hayat S, Ahmad A 2007; Вольнец, 2013]. Одно из возможных объяснений фунгистатического действия СК на микроорганизмы может быть связано с ингибированием функций ферментов патогена окисленными соединениями, вмешательством в функции мембран, включая перенос питательных веществ и интерферирование с белками, синтезом РНК и ДНК [Nesci, et al., 2003]. Эти изменения в структуре клеточных мембран гриба при определенных концентрациях СК могут быть необратимыми.

### Заключение

В работе проведена сравнительная оценка фунгистатической активности хитозана, салициловой кислоты и салицилата хитозана по отношению к возбудителю темно-бурой пятнистости пшеницы *C. sativus*. Выявлена связь между концентрацией хитозанов со степенью ингибирования роста мицелия гриба.

Образцы хитозана и его производного с СК в концентрации 0.01–0.05 % практически не влияют на рост мицелия *C. sativus* в течение 7 суток культивирования *in vitro*. Увеличение концентрации полимеров до 0.1–0.2 % ведет к повышению их фунгистатической активности и подавлению линейного роста мицелия гриба *C. sativus* на 38.6–74.3 %. В этой концентрации хитозан и его производ-

ные обычно используются как индукторы болезнестойчивости. Полное подавление роста патогена хитозаном и салицилатом хитозана наблюдалось при концентрации 0.5 %. Высказано предположение, что аскомицет *C. sativus* обладает способностью метаболизировать СК в низких концентрациях (0.5–2 мМ), а в высоких концентрациях СК (10 мМ) является эффективным ингибитором линейного роста патогена.

Показано, что салицилат хитозана в концентрации 0.1 % обладает невысокой фунгистатической активностью, но она может вносить определенный вклад в общую эффективность препарата как индуктора устойчивости в защите пшеницы от темно-бурой пятнистости.

### Библиографический список (References)

- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии // Наукова думка. 1982. 275 с.
- Борисова Е.А., Коваленко Н.М., Попова Э.В., Колесников Л.Е. Биологическая эффективность хитозана, модифицированного салициловой кислотой, в защите пшеницы от темной бурой пятнистости. // Сборник материалов международной научно-практической конференции // Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК. Санкт-Петербург, 2018. С. 8–10.
- Васюкова Н.И. Иммунизирующая активность производных хитозана с салициловой кислотой и ее фрагментами. / Васюкова Н.И., Озерецковская О.Л., Чаленко Г.И., Герасимова Н.Г. и др. Иммунизирующая активность производных хитозана с салициловой кислотой и ее фрагментами. // Прикладная биохимия и микробиология, 2010, том 46, №3. С. 379–384.
- Вольнец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений // Минск, 2013. 283 с.
- Куликов С.Н. Антибактериальная и антимикотическая активность хитозана: механизм действия и роль структуры. / Куликов С.Н., Хайруллин Р.З. // Хитозан. М.: «Центр Биоинженерия» РАН. 2013. С. 363–407.
- Методические рекомендации по испытанию химических веществ на фунгицидную активность. / Под ред. Е.И. Андреевой, В.С. Картомышева. НИИТЭХИМ. 1990.
- Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. // СПб. 2014. 212 с.
- Хитин и хитозан: получение, свойства и применение. / Под ред. Скрыбина К.Г., Вихоревой Г.А., Варламова В.П. // М.: Наука. 2002. 368 с.
- AbdEl-Hai KM, El-Metwally MA, El-Baz SM, Zeid AM (2009) The use of antioxidants and microelements for controlling damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on sun flower. *Plant Pathol.* J. 8: 7989.
- Aldesuquy H, Baka Z, Alazab N (2015) Shikimic and Salicylic Acids Induced Resistance in Faba Bean Plants against Chocolate Spot Disease. *J. Plant Pathol. Microb.* 6: 257.
- Elwakil M.A., El-Metwally M.A., Elsherbiny A., Elsherbiny and Eisa K.N.M / Enhancing Systemic Acquired Resistance in Cucumber to Control Root Rot and Wilt Diseases with Reference to Yield and Quality // *Plant Pathology Journal* 14 (4): 223–233, 2015.
- Hayat S, Ahmad A (2007) *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Malda et Hassni, Abdelbasset et Handrami, Fouad Daaye, Essaid ait Barka and Ismail et Hadrami / Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots // *Phytopathol. Mediterr.* 2004. 43. С. 195–204.
- Mona M.M. Ragab et al.: *In Vitro* Evaluation of Some Fungicides Alternatives Against *Fusarium Oxysporum* the Causal of Wilt Disease of Pepper (*Capsicum annum* L.)
- Mona M. M., Ragab A. M. A. Ashour, M. M. Abdel-Kader, R., El-Mohamady, A. Abdel-Aziz
- International Journal of Agriculture and Forestry.* 2012, 2(2): 70–77.
- Narong Singburadom\*, Onuma Piasai and Tida Dethaub / Antimicrobial Activity of Different Molecular Weight Chitosans to Inhibit Some Important Plant Pathogenic Fungi // *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 45(4).
- Nesci A, Rodriguez M., Etcheverry M. (2003). Control of *Aspergillus* growth and aflatoxin production using antioxidants at different conditions of water activity and pH. / *J Appl Microbiol* 95: 279–287.
- Park, A., A. Ro-Dong, K.J. Jo, Y.Y. Jo, Y.L. Jin, K.Y. Kim, J.H. Shim and Y.W. Kim. 2002.
- Variation of antifungal activities of chitosans on plant pathogens. *J. Microbiol. Biotechnol.* 12: 84–88.
- Pongphen Jitareerat, Sudkanueng Paumchai, Sirichai Kanlayanarat, Somsiri Sangchote /
- Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruit // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2007, Vol. 35: 2112–18.
- Qi PF. 2012. Effect of salicylic acid on *Fusarium graminearum*, the major causal agent of fusarium head blight in wheat *Fungal biology*, 116:413–426.
- Shabana YM, Abdel-Fattah GM, Ismail AE, Rashad YM (2008). Control of brown spot pathogen of rice (*Bipolaris oryzae*) using some phenolic antioxidants. *Braz. J. Microbiol.* 39: 438–444.

### Translation of Russian References

- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии // Киев: Наукова Думка. 1982. 275 с. (In Russian).
- Borisova E.A., Kovalenko N.M., Popova E.V., Kolesnikov L.E. Biological effectiveness of chitosan modified with salicylic acid in the protection of

wheat from dark brown patchiness. / Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoi konferentsii // Rol' molodykh uchyonykh v reshenii aktual'nykh zadach APK. St. Petersburg, 2018. P. 8–10. (In Russian)

Chitin and chitosan: production, properties and application. / Ed. by Skryabin K.G., Vikhoreva G.A., Varlamov V.P. // Moscow: Nauka. 2002. 368 p. (In Russian).

Kulikov S.N. Antibacterial and antimycotic activity of chitosan: mechanism of action and the role structure / Kulikov S.N., Khairulin R.Z. // Chitosan. Moscow: Tsentr Bioinzheneriya RAN. 2013. P. 363–407. (In Russian).

Methodical recommendations for testing chemicals for fungicidal activity. Ed. E.I. Andreeva, V.S. Kartomyшева, NIITEKHIM, 1990. (In Russian).

Tyuterev S.L. Natural and synthetic inducers of plant resistance to diseases. // St. Petersburg. 2014. 212 p. (In Russian).

Vasyukova N.I. Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments // Vasyukova N.I., Ozeretkovskaya O.L., Chalenko G.I., Gerasimova N.G. et al. Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments. // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya, 2010, Vol. 46, No. 3, p. 379–384. (In Russian).

Volynets A.P. Phenolic compounds in the life of plants // Minsk, 2013. 283 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 53–57

## FUNGISTATIC ACTIVITY OF CHITOSAN SALICYLATE AS AN INDUCER OF WHEAT RESISTANCE TO DARK BROWN SPOT

E.V. Popova<sup>1</sup>, N.M. Kovalenko<sup>1</sup>, N.S. Domnina<sup>2</sup>, E.A. Borisova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

<sup>3</sup>St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

A comparative evaluation of fungistatic activity of Chitosan salicylic acid and Chitosan salicylate is studied in respect to dark brown spot of wheat *C. sativus*. The connection between the concentration of chitosans and the degree of inhibition of mycelial growth in the fungus has been revealed. Samples of Chitosan and its derivative with SA in concentration of 0.01–0.05 % do not practically affect the growth of the pathogen mycelium *C. sativus* during the 10th day of cultivation in vitro. Increase in the concentration of polymers to 0.1–0.2 % leads to an increase in their fungistatic activity, and the linear growth of the mycelial fungus of *C. sativus* is suppressed by 47.7–74.3 %. At concentration of 0.1–0.2 %, Chitosan and its derivatives are usually used as inducers of disease resistance. Chitosan and Chitosan salicylate at a concentration of 0.5 % have completely suppressed the growth of *C. sativus*. It has been established that ascomycete *S. sativus* has the ability to metabolize SA at low concentrations (0.25–1 mM), and high concentrations of SC (10 mM) are effective inhibitors of linear growth pathogen. In general, our studies showed that chitosan salicylate at a concentration of 0.1 % has a slight fungistatic activity, but it can contribute to the overall effectiveness of Chitosan salicylate as an inducer of resistance in protecting wheat from dark brown spot.

**Keywords:** chitosan, salicylic acid, fungistatic activity, causative agent, spot blotch of wheat, *Cochliobolus sativus*.

Received: 29.08.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Попова Эльза Викторовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: elzavpopova@mail.ru

Коваленко Надежда Михайловна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nadyakov@mail.ru

Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета, Университетский пр. 26, 198504, Санкт-Петербург, Петродворец, Российская Федерация

Домнина Нина Семеновна. Доцент, кандидат химических наук, e-mail: n.domnina@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

Борисова Елена Алексеевна. Магистрант, e-mail: dead-people@mail.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Popova Elza Victorovna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: elzavpopova@mail.ru

Kovalenko Nadezhda Mikhailovna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: nadyakov@mail.ru

Institute of chemistry, St. Petersburg state University, University prospect 26, 198504, Saint-Petersburg, Petrodvorets, Russian Federation

Domnina Nina Semenovna. Dozent, PhD in Chemistry, e-mail: n.domnina@spbu.ru

Saint-Petersburg State Agrarian University Peterburgskoe shosse, 2, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Borisova Elena Alekseevna. Student of Magistrate, e-mail: dead-people@mail.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author