

индуцировал экссудацию бензойной кислоты только у дикого типа SGE, а ртуть способствовала экссудации бензойной кислоты у обоих генотипов. Полученные результаты указывают на различные механизмы экссудации изучаемых фракций, при этом наиболее выраженные различия наблюдаются между фракциями аминокислот или сахаров с фракциями органических кислот. Вероятно также, что экссудация органических кислот играет важную роль в пониженной устойчивости и аккумуляции ртути мутантом гороха SGECdt.

Работа поддержана грантами РФФИ (16-19-00097, 16-16-00080, 17-14-01363) и темой Госзадания №0664-2015-0009.

Литература

1. Clemens S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis // *Planta*. 2001. Vol. 212. P. 475–486.
2. Dong J., Mao W. H., Zhang G. P., Wu F. B., Cai Y. Root excretion and plant tolerance to cadmium toxicity – a review // *Plant Soil and Environment*. 2007. Vol. 5. P. 193–200.
3. Koo B.-J., Chen W., Chang A. C., Albert L. A. L., Granato T. C., Dowdy R. H. A root exudates based approach to assess the long-term phytoavailability of metals in biosolids-amended soils // *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158. P. 2582–2588.
4. Belimov A. A., Dodd I. C., Safronova V. I., Malkov N. V., Davies W. J., Tikhonovich I. A. The cadmium tolerant pea (*Pisum sativum* L.) mutant SGECdt is more sensitive to mercury: assessing plant water relations // *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66(8). P. 2359–2369.

UDC 631.46:579.64:581.557:577.15

Belimov A. A., Shaposhnikov A. I., Syrova D. S., Azarova T. S., Makarova N. M.,
Yuzikhin O. S., Safronova V. I.

The effect of microorganisms and heavy metals on the exudation of low molecular weight organic compounds by plant roots

Summary. The aim of our research was to study the effect of growth-promoting rhizobacteria (*Pseudomonas oryzihabitans* and *Variovorax paradoxus*) and toxic elements (Al, Cd and Hg) on the root exudation in various pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. For this, methods of periodic cultures, gnotobiotic plant-microbial systems, ICPE and UPLC were used. It was established that rhizobacteria actively utilized organic acids and sugars secreted by the roots and contributed to an increase in pH and Al immobilization in the rhizosphere. Cadmium increased the exudation of many substances of pea line SGE, but this effect was more pronounced in the mutant SGECdt. Stimulation of the exudation of amino acids was detected during Hg treatment to a greater extent in wild-type SGE. The combined action of Cd and Hg did not lead to a further increase in exudation. The results obtained indicate various mechanisms of exudation of the studied fractions, while the most pronounced differences are observed between the fractions of amino acids or sugars with organic acids. Exudation of organic acids plays an important role in the decreased stability and accumulation of Hg by the pea mutant SGECdt.

Keywords: pea, abscisic acid, ACC deaminase, auxins, ethylene, stress, symbiosis.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-106

УДК 579.22:632.51/632.3+632.4

Берестецкий Александр Олегович¹, Дидович Светлана Витальевна², Гасич Елена Леонидовна¹

Фитотоксичность фототрофных и гетеротрофных микроорганизмов на *Ambrosia artemisiifolia* L.

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»;

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

e-mail: sv-alex.68@mail.ru

Одним из наиболее опасных и наиболее распространенных карантинных организмов на территории России является амброзия полыннолистная, площадь

карантинной фитосанитарной зоны которой занимает 12,7 млн га в 56 субъектах РФ [1]. В связи с этим поиск микроорганизмов – агентов биологического контроля амброзии полыннолистной остается актуальным, несмотря на определенные достижения в этой области. Выявлен микогербицидный потенциал у штамма 32.85 *Stagonosporopsis heliopsisidis* (H. C. Greene) Aveskamp, Gruyter & Verkley [2], ингибирующий потенциал у штаммов фототрофных цианобактерий [3] для контроля амброзии полыннолистной.

Цель работы – изучить фитотоксичность восьми штаммов фототрофных и гетеротрофных микроорганизмов из Крымской коллекции микроорганизмов ФГБУН «НИИСХ Крыма» (<http://www.ckp-rf.ru/usu/507484/>) [4], коллекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (<http://www.ckp-rf.ru/usu/200616/>) [5], Альгологической коллекции ИФХиБПП РАН (<http://acssi.org>) [6].

Фитотоксичность штаммов/изолятов и их препаративных форм оценивали на отрезках листьев пятидневных растений амброзии полыннолистной в трехкратной повторности в контролируемых условиях при температуре 20 °С при переменном освещении люминесцентными лампами. Отрезки листьев раскладывали в чашки Петри на увлажненную водой фильтровальную бумагу верхней стороной вниз (устьицы вверх) и нижней вверх (устьицы вниз). В центр каждого отрезка при помощи автоматической пипетки помещали 10 мкл мицелиальной/бактериальной суспензии. Диаметр некрозов измеряли на 2–3 и 7-е сутки. Для заражения растений инокулюм наносили при помощи ручного опрыскивателя по 15 мл/сосуд. После инокуляции растения помещали во влажную камеру на 24 часа. Учет симптомов проводили на 2, 7, 14-е сутки. Определяли площадь пораженной поверхности по шестибальной шкале (0 – нет симптомов, 1 – поражено 0–5 % поверхности листа, 2 – 25 %, 3 – 26–75 %, 4 – 76–95 %, 5 > 95%, 6 – гибель листа).

Статистическая оценка при помощи консервативного апостериорного критерия Дункана позволила установить следующие фитотоксичные варианты поверхностной бактериализации отрезков листьев с расположением устьиц сверху: изоляты микромицетов 13Г1 ($p < 0,003$), 16Г4 ($p < 0,007$), гомогенат штамма 144 ($p < 0,001$) в сравнении с контролем – микотоксичным для амброзии штаммом *S. heliopsisidis* 32.85.

Проведена оценка эффективности нескольких препаративных форм на основе мицелия штамма *S. heliopsisidis* 32.85 для амброзии полыннолистной. В их состав были включены в разных комбинациях поверхностно-активные вещества, влагоудерживающие добавки и питательные вещества. Развитие симптомов на отрезках листьев и целых растениях амброзии зарегистрировано во всех вариантах через 24 часа после инокуляции. Эффективность всех испытанных композиций на 2-е сутки превысила 90 %. На 14-е сутки степень поражения снижалась за счет отрастания новых листьев (таблица).

Таблица – Эффективность композиций на основе мицелия штамма 32.85 *Stagonosporopsis heliopsisidis* для отрезков листьев и растений *Ambrosia artemisiifolia* L.

Вариант	Длина некроза для отрезков листьев, мм			Степень поражения растений, % (в опыте/в контроле)		
	на 2 сутки, X ± SE	на 3 сутки, X ± SE	на 7 сутки, X ± SE	на 2 сутки, X ± SE	на 7 сутки, X ± SE	на 14 сутки, X ± SE
1	5,5±1,0	7,0±1,2	10,5±3,5	80,7±11,0/0	76,3±10,3/0	70,6±11,3/4,9±2,5
2	7,2±0,9	9,0±2,1	15,7±4,4	99,5±0,25/0	90,4±5,4/0	76,7±9,01/7,1±3,1
3	4,3±1,4	7,0±1,5	14,7±4,8	96,1±2,8/0	91,5±5,7/0	81,7±6,9/9,4±2,8
4	6,5±0,8	6,7±0,9	7,8±1,6	88,6±6,0/0	94,4±3,9/0	89,6±6,9/16,0±3,0
5	5,2±0,3	6,2±0,6	10,5±2,6	95,3±3,6/0	90,4±3,9/0	75,7±7,0/7,0±2,8

Примечание. 1 – 0,1 % Tween 80+мицелий, 2 – 0,1 % Sylwett +мицелий, 3 – 0,1 % Tween 80+0,5 % глицерин+мицелий, 4 – 0,1 % Tween 80+1,2 % лецитин+6 % подсолнечное масло+мицелий, 5 – 0,1 % Tween 80+1,0 % кукурузный декстрин+ мицелий.

Таким образом, выявлены перспективные для биотехнологии микробных препаратов два штамма микромицетов и один штамм фототрофной цианобактерии, фитотоксичные для *Ambrosia artemisiifolia* L. на уровне значимости $p < 0,001-0,007$ согласно тесту Дункана. В контролируемых условиях при 24 ч продолжительности росяного периода эффективность препаративных форм с Tween 80, Sylwett, глицерином, растительным маслом, лецитином, кукурузным декстрином на основе мицелия штамма *Stagonosporopsis heliopsisidis* 32.85 была высокой (степень поражения растений на 2-е сутки после инокуляции превышала 90 %).

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-016-00184 «А».

Литература

1. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год. Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gyazagro.ru/upload/medialibrary/435/prz_mcx.pdf (дата обращения 27.03.2020).
2. Гасич Е. Л., Гомжина М. М., Хлопунова Л. Б., Ганнибал Ф. Б. Первая находка *Stagonosporopsis heliopsisidis* (Pleosporales) на территории России и перспективы его применения против амброзии полыннолистной // Микология и фитопатология. 2018. № 52 (4). С. 277–290.
3. Didovich S. V., Alekseenko O. P., Pas' A. N., Didovich A. N. Phototrophic microorganisms for agricultural technology and food security // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 422 (2020) 012042. 6th International Conference on Agriproducts processing and Farming. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012042.
4. Научно-техническая структура Российской Федерации. Крымская коллекция микроорганизмов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru/usu/507484/> (дата обращения 30.04.2020).
5. Научно-техническая структура Российской Федерации. Каталог уникальных научных установок. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru/usu/200616> (дата обращения 30.04.2020).
6. Сайт Альгологической коллекции ИФХиБПП РАН. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://acssi.org> (дата обращения 30.04.2020).

UDC 579.22:632.51/632.3+632.4

Berestetskiy A. O., Didovich S. V., Gasich E. L.

Phytotoxicity of phototrophic and heterotrophic microorganisms on *Ambrosia artemisiifolia* L.

Summary. The paper presents data on the evaluation of eight phototrophic cyanobacteria and heterotrophic microorganisms for biocontrol of the quarantine weed *Ambrosia artemisiifolia* L. We discovered three strains phytotoxic for common ragweed at significance level; $p < 0.001-0.007$ according to Duncan's test. Effectiveness of preparative forms with Tween 80, Sylwett, glycerol, vegetable oil, lecithin and corn dextrin based on the mycelium of the *Stagonosporopsis heliopsisidis* 32.85 was high (the degree of plant damage on the 2nd day after inoculation exceeded 90 %).

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., phototrophic and heterotrophic microorganisms, phytotoxicity, bioherbicide.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-107

УДК 579.64:633.11

Веселова Лариса Сергеевна¹, Мирская Галина Владимировна², Останкова Юлия Владимировна³, Кузнецова Татьяна Алексеевна¹, Пищик Вероника Николаевна^{2,4}

Поиск перспективных штаммов бактерий для создания новых биопрепаратов для повышения урожайности пшеницы

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого»;

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

³ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера»;

⁴ФГБНУ «ВНИИ Сельскохозяйственной микробиологии»

e-mail: larisa220051@gmail.com

Пшеница является одной из основных продовольственных культур в мире, обеспечивающая 20% энергии в рационе человечества. Урожай зерновых в Российской Федерации по данным Росстата в 2019 г. составил 120,668 млн тонн, из которых пшеницы – 74,335 миллиона тонн [1, 2].