

5. Николаева М.К., Маевская С.Н., Шугаев А.Г., Бухов Н.Г. Влияние засухи на содержание хлорофилла и активность ферментов антиоксидантной системы в листьях трех сортов пшеницы, различающихся по продуктивности // Физиология растений. 2010. Т. 57, № 1. С. 94–103.

УДК 577.13; 577.181.3

В. Р. Дубовик<sup>1,2</sup>, А. А. Далинова<sup>2</sup>,  
А. О. Берестецкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Высшая школа технологии и энергетики, 198095, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4  
xasevak@gmail.com

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 196608, Россия, Санкт-Петербург – Пушкин, ш. Подбельского, 3,  
adalinova@vizr.spb.ru

### ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕТАБОЛИТОВ ГРИБА *STAGONOSPORA CIRSI* S-47 – ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БИОГЕРБИЦИДА ДЛЯ БОРЬБЫ С ОСОТОМ ПОЛЕВЫМ\*

Гриб *Stagonospora cirsi* S-47 изолирован в чистую культуру из пораженных листьев осота полевого и может рассматриваться в качестве потенциального биогербицида для борьбы с этим сорным растением. Ранее из другого штамма этого вида (*S. cirsi* С-163) было выделено десять веществ из группы 10-членных лактонов, названных стагонолидами А–Н, а также модиолид А [1–3]. Стагонолиды А и Н проявляют селективную фитотоксическую активность в отношении листьев и корней сложноцветных. Вторичные метаболиты *S. cirsi* S-47 могут играть роль факторов вирулентности, тогда их образование можно использовать в качестве критерия эффективности биопрепарата. С другой стороны, вторичные метаболиты гриба-продуцента микрогербицида могут быть нежелательным компонентом препарата, если они обладают токсичностью в отношении нецелевых организмов. Токсичность известных метаболитов *S. cirsi* S-47 в предыдущих работах была оценена только в отношении культуры инфузорий. Цель исследования заключалась в выделении и токсикологической оценке вторичных метаболитов жидкофазной и твердофазной культуры *S. cirsi* S-47.

Гриб культивировали на модифицированной среде Чапека и твердом субстрате на основе пшенной крупы. Для извлечения метаболитов гриба из культурального фильтрата использовали метод жидкость-жидкостной экстракции хлористым метиленом. Метаболиты из твердофазной культуры *S. cirsi* S-47 экстрагировали 50% водным ацетоном, затем упаривали ацетон и последовательно экстрагировали водную вытяжку гексаном, хлористым метиленом и этилацетатом. Экстракты фракционировали методами колоночной хроматографии.

\*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-16-00085.

© Дубовик В. Р., Далинова А. А., Берестецкий А. О., 2018

Для финальной очистки индивидуальных соединений использовали метод препаративной высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для идентификации выделенных соединений использовали методы масс-, УФ- и ЯМР-спектроскопии. Оценивали фитотоксическую, антимикробную, инсектицидную и цитотоксическую активности выделенных индивидуальных соединений.

Из экстрактов *S. cirsii* S-47 было выделено пять соединений, четыре из которых по своим спектральным характеристикам были предварительно отнесены к семейству 10-членных лактонов. В табл. 1 представлены некоторые физико-химические характеристики выделенных соединений и их биологическая активность. Соединение 1 было идентифицировано как стагонолид А. Соединение 5 по данным протонного и углеродного ЯМР-спектров не может быть отнесено к 10-членным лактонам, следовательно, не было ранее выделено из *S. cirsii* S-47.

В табл. 1 приведены данные по биологической активности выделенных соединений. Все соединения в разной степени проявили фитотоксическую активность в отношении растения-хозяина *S. cirsii* S-47 – осота полевого. Наибольшую токсичность в отношении злаковой тли проявили стагонолид А и соединение 4. Среди выделенных соединений только стагонолид А показал антимикробную активность в отношении *Bacillus subtilis* и *Candida tropicalis* в концентрации 100 мкг/диск. Наибольшую токсичность в отношении культуры опухолевых клеток печени человека Нер G2 проявил стагонолид А. Это свидетельствует о том, что, несмотря на его высокую фитотоксичность, присутствие стагонолида А в составе инфекционного материала биопрепарата и отработанного субстрата после наработки инокулюма может быть нежелательно.

Таблица 1

Физико-химические характеристики и биологическая активность метаболитов жидкофазной и твердофазной культуры *S. cirsii* S-47

Вещество	Молекулярная масса	Максимум поглощения в УФ-спектре, $\lambda_{\max}$ , нм	Биологическая активность		
			Фитотоксическая*	Инсектицидная**	Цитотоксическая***
1 (Стагонолид А)	226	234	<0,25	15 ± 13,5	7,8
2	228	<200	0,5	54,0 ± 4,5	101,7
3	228	<200	>2,0	70,0 ± 5,7	90,2
4	210	<200	2,0	14,0 ± 8,4	105,1
5	226	291	2,0	54,0 ± 4,5	101,4

Примечание:

\*минимальная действующая концентрация на надколотых листовых дисках осота полевого, мг/мл;

\*\*инсектицидная активность в отношении злаковой тли в концентрации 1 мг/мл,% к контролю;

\*\*\*токсичность в отношении клеточной линии Нер G2 (клетки карциномы печени человека) в концентрации 6 мкг/мл,% к контролю

Таким образом, при разработке способов получения микогербицида на основе *S. cirsi* S-47 необходимо контролировать содержание потенциально токсичных стагонолида А и соединений 2 и 5 в инфекционном материале и обработанном субстрате.

#### Список литературы

1. *Yuzikhin O., Mitina G., Berestetskiy A.* Herbicidal Potential of Stagonolide, a New Phytotoxic Nonenolide from *Stagonospora cirsi* // *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. Vol. 55. P. 7707–7771.
2. Stagonolides B-F, Nonenolides Produced by *Stagonospora cirsi*, a Potential Mycoherbicide of *Cirsium arvense* / A. Evidente, A. Cimmino, A. Berestetskiy, G. Mitina, A. Andofi, A. Motta // *J. of Natural Products*. 2008. Vol. 71. P. 31–34.
3. Stagonolides G-I and Modiolide A, Nonenolides Produced by *Stagonospora cirsi*, a Potential Mycoherbicide for *Cirsium arvense*/ A. Evidente, A. Cimmino, A. Berestetskiy, G. Mitina, A. Andolfi, A. Motta // *J. of Natural Products*. 2008. Vol. 71. P. 1897–1901.

УДК 574:581.5

**П. А. Беляева, Е. П. Артемьева,  
В. В. Валдайских**

*Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, ботанический сад,  
620083, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,  
belyaevapolina1@yandex.ru*

### **ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ РОДА АМАРАНТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ УрФУ\***

**Ключевые слова:** амарант, фенологические фазы, вегетационный период, гидротермический коэффициент.

В ботаническом саду Уральского федерального университета ведется многолетняя работа по интродукции однолетних растений рода *Amaranthus* L. Интерес к выращиванию амаранта обусловлен большой биологической продуктивностью растений, высоким содержанием белка и возможностью применения в разных сферах деятельности человека. Умеренно континентальный климат Среднего Урала существенно отличается от тропических и субтропических районов естественного распространения и возделывания амаранта. Целью нашей работы было определение особенностей развития

\*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 6.7696.2017/8.9.

© Беляева П. А., Артемьева Е. П., Валдайских В. В., 2018