

ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ ВИНОГРАДА С КОНТРАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К МИЛДЬЮ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ИММУНОИНДУЦИРУЮЩИХ ОБРАБОТКАХ

Сундырева М.А., Ушакова Я.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия, *taurim2012@yandex.ru*

Аннотация. Устойчивый сорт характеризуется согласованным преобразованием фенольных соединений в микотоксичные производные и отсутствием перехода в стрессовое состояние, о чем свидетельствует незначительное изменение содержания кальция и понижение уровня МДА при применении индукторов иммунитета. У сорта Мускат белый отсутствует согласованность изменения окислительных процессов, детоксикации за счет окисления фенольных соединений. Ответные реакции на индуцирование иммунных реакций у устойчивого сорта происходят раньше, чем у неустойчивого сорта

Ключевые слова: *виноград, индукторы иммунитета, метаболиты, иммунный ответ*

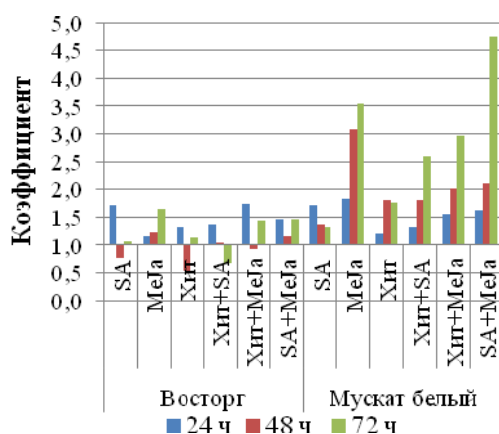
DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-738-741

Одним из путей интенсификации производства является использование агротехнологий, основанных на анализе и применении биологических свойств генотипов растений, таких как их естественная резистентность. Целью исследования являлось изучение особенностей изменения физиолого-биохимических параметров у винограда, контрастных по устойчивости к милдью, при обработках индукторами иммунитета различного направления действия. Защитные реакции растений регулируются гормонами такими, как салициловая кислота, жасмоновая кислота и этилен [Pieterse et al., 2009]. Хитозан как естественный структурный компонент клеточной стенки грибов способен вызывать защитные реакции растений путем накопления каллозных и фенольных соединений [Gozzo, 2003]. Работа выполнялась на двух сортах винограда Восторг (устойчивый) и Мускат белый (неустойчивый), контрастных по устойчивости к милдью. Растения обрабатывали индукторами иммунитета – салициловой кислотой, метилжасмонатом, хитозаном, сочетанием этих веществ.

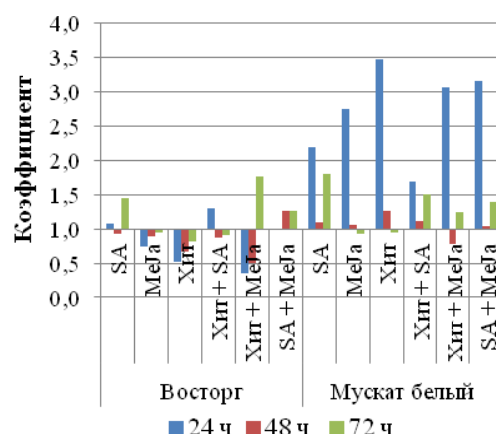
Обработка индукторами иммунитета во всех вариантах опыта приводила к повышению содержания МДА в листьях винограда. Содержание МДА в листьях устойчивого сорта Восторг в эксперименте изменялась относительно контрольного варианта существенно меньше, чем в листьях чувствительного к милдью сорта Мускат белый. Обработка индукторами иммунитета приводила к выраженному устойчивому увеличению содержания свободного кальция в листьях сорта Мускат белый, в то время как в листьях сорта Восторг в большинстве случаев происходило снижение этого показателя (рис. 1). Индукторы иммунитета провоцируют у растений стрессоподобное состояние. Такие биохимические изменения могут служить сигналом для запуска множества защитных реакций, но и способны провоцировать повреждение различных структур растения [Wiesel et al., 2014]. У неустойчивого сорта такие изменения происходят существенно интенсивнее, чем у устойчивого к милдью сорта.

Детоксикацию активных форм кислорода осуществляет антиоксидантная система растений [Sgherri et al., 2013], элементами которой являются различные антиоксидантные ферменты (пероксидазы, супероксиддисмутаза, каталаза), аскорбиновая кислота. Два изучаемых сорта характеризуются контрастной динамикой содержания аскорбиновой кислоты: у неустойчивого сорта Мускат белый во всех

вариантах опыта происходило существенное накопление аскорбиновой кислоты относительно контроля, в противоположность этому у устойчивого сорта Восторг содержание аскорбиновой кислоты снижалось. К повышению пероксидазной активности в листьях сорта восторг приводили обработки салициловой кислотой (SA), метилжасмонатом (MeJa) и сочетанием этих двух индукторов иммунитета. В последнем случае было выявлено устойчивое повышение активности пероксидазы. Активность пероксидазы в листьях неустойчивого сорта Мускат белый снижалась при обработках индукторами иммунитета, кроме салициловой кислоты (увеличение активности пероксидазы прослеживалось только через 72 часа после обработки) (рис. 2).

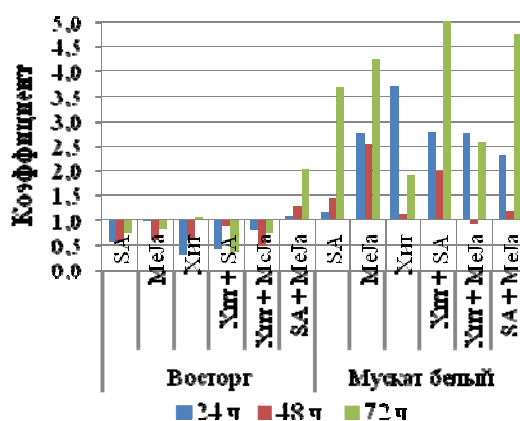


Изменение содержания МДА

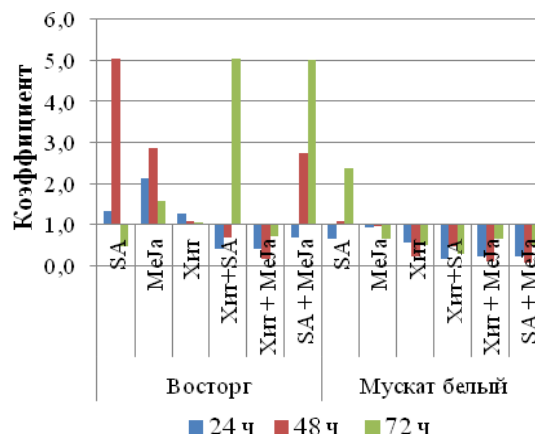


Изменение содержания кальция

Рис. 1. Изменение содержания стрессовых метаболитов в листьях винограда относительно контроля.



Изменение содержания аскорбиновой кислоты



Изменение активности пероксидазы

Рис. 2. Изменение элементов антиоксидантной системы в листьях винограда относительно контроля.

Пероксидазы в качестве субстрата могут использовать различные классы растительных фенольных соединений, преобразуя их в микроботоксиновые производные, что повышает устойчивость растений к биотическому стрессу [Pezet et al., 2004]. Особое значение имеет образование токсичного окисленного производного ресвератрола – виниферина. В случае недостаточной активности пероксидаз прослеживается образование слаботоксичного гликозилированного производного ресвератрола – пицеида. Существует мнение, что пицеид является пулом стильбенов, что позволяет быстро синтезировать защитные соединения [Belhadj et al., 2008]. Для

устойчивого сорта Восторг характерно постепенное накопление относительно контроля виниферина и всплеск накопления пицеида через 48 часов после обработки. Для сорта Мускат белый характерно накопление в течение анализируемого периода пицеида, что согласуется со снижением активности пероксидазы. Обработка листьев этого сорта комплексом индукторов иммунитета и SA приводила к длительному образованию виниферина, однако, менее выраженному, чем у устойчивого сорта.

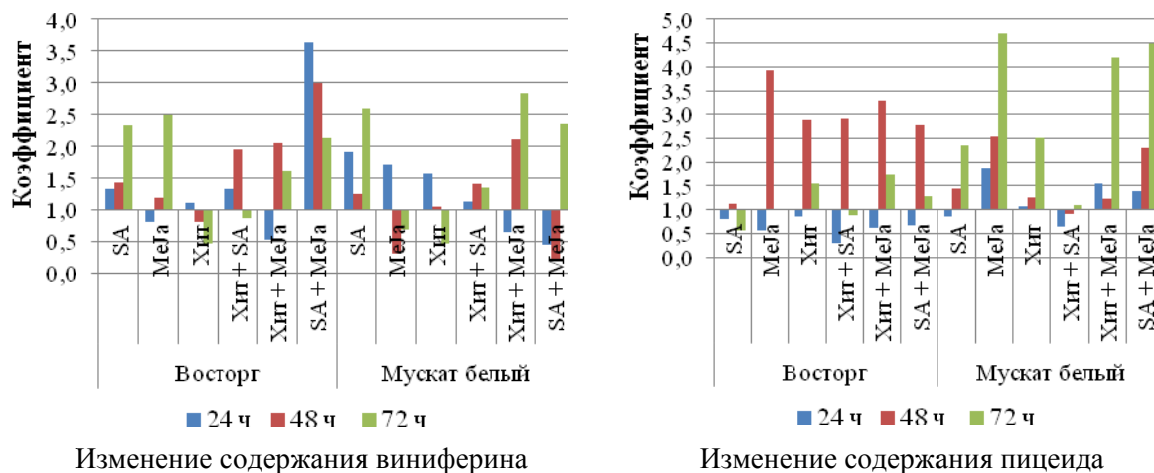


Рис. 3. Изменение содержания стильбенов в листьях винограда относительно контроля.

Аминокислота метионин способна индуцировать выделение перекиси водорода, обладает умеренной фунгитоксичностью, провоцирует экспрессию защитных генов и обладает элиситорной активностью [Boubakri et al., 2013]. Сорт Восторг при всех типах обработки, кроме салициловой кислоты, характеризовался значительным повышением содержания метионина. У Муската белого менее выражено. Таким образом, можно предположить, что экзогенное индуцирование иммунных реакций у сорта Восторг приводит запуску дополнительных собственных систем регуляции ответа (рис. 4).

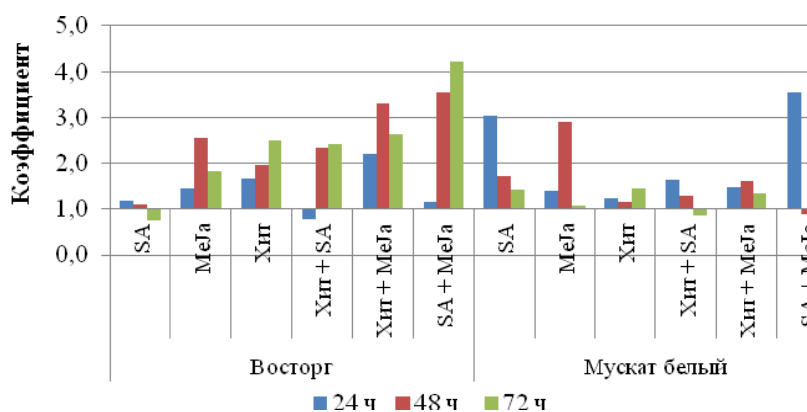


Рис. 4. Изменение содержания метионина в листьях винограда относительно контроля.

Индукция защитных реакций у устойчивого сорта Восторг происходит при обработках салицилатом и метилжасмонатом, а у неустойчивого сорта Мускат белый реакции связаны главным образом с обработкой хитозаном и салициловой кислотой. Следовательно, у устойчивого к милдью сорта иммунная реакция хорошо координируется внутренними регуляторными процессами, а не внешним воздействием, как у неустойчивого сорта. Устойчивый сорт характеризуется согласованным преобразованием фенольных соединений в микотоксичные производные и отсутствием

перехода в стрессовое состояние, о чем свидетельствует незначительное изменение содержания кальция и понижение уровня МДА при применении индукторов иммунитета. У сорта Мускат белый отсутствует согласованность изменения окислительных процессов, детоксикации за счет окисления фенольных соединений. Ответные реакции на индуцирование иммунных реакций у устойчивого сорта происходят раньше, чем у неустойчивого сорта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 16-34-60154 мол_a_дк.

Литература

Belhadj A., Telef N., Saigne C., Cluzet S., Barrieu F., Hamdi S., Merillon J.M. Effect of methyl jasmonate in combination with carbohydrates on gene expression of PR proteins, stilbene and anthocyanin accumulation in grapevine cell cultures // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2008. – V. 46. – P. 493–499

Boubakri H., Wahab M. A., Chong J., Gertz C., Gandoura S., Mliki A., Bertsch C., Soustre-Gacougnolle I. Methionine elicits H₂O₂ generation and defense gene expression in grapevine and reduces *Plasmopara viticola* infection // *Journal of Plant Physiology*. – 2013. – V. 170. – P. 1561–1568

Gozzo F. Systemic acquired resistance in crop protection: From nature to a chemical approach // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2003. – V. 51. – P. 4487–4503.

Pezet R., Gindro K., Viret O., Spring J.L. Glycosylation and oxidative dimerization of resveratrol are respectively associated to sensitivity and resistance of grapevine cultivars to downy mildew // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2004. – V. 65. – P. 297–303.

Pieterse C.M., Leon-Reyes A., Van der Ent S., Van Wees S.C. Networking by small molecule hormones in plant immunity // *Nat. Chem. Biol.* – 2009. – V. 5 (5). – P. 308–316.

Sgherri C., Ranieri A., Quartacci M.F. Antioxidative responses in *Vitis vinifera* infected by grapevine fanleaf virus // *Journal of Plant Physiology*. – 2013. – V. 170. – P. 121–128.

Wiesel L., Newton A.C., Elliott I., Booty D., Gilroy E.M., Birch P.R., Hein I. Molecular effects of resistance elicitors from biological origin and their potential for crop protection // *Front. Plant Sci.* – 2014. – V. 5. – P. 655.

CHANGES IN THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF GRAPES WITH CONTRASTING RESISTANCE TO DOWNY MILDEW WITH VARIOUS IMMUNOSTIMULATING TREATMENTS

M.A. Sundyeva, Ya.V. Ushakova

"North-Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine-Making", Krasnodar, Russia, *taurim2012@yandex.ru*

Abstract. Sustainable variety Vostorg was characterized by a consistent conversion of phenolic compounds into mycotoxic derivatives and the absence of a transition to a stressful state, as evidenced by a slight change in calcium content and a decrease in MDA level when using immunity inducers. Susceptible to downy mildew variety Muscat belyy was characterized by the absence of coordinated changes in oxidative processes and processes of detoxification of reactive oxygen species due to the oxidation of phenolic compounds. Response to the induction of immune responses in a resistant variety occurs earlier than in an unstable variety.

Keywords: grapes, immunity inducers, metabolites, immune response

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research No. 16-34-60154 мол_a_дк