

УДК 634.8 : 632.4/.952

## ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ОИДИУМА ВИНОГРАДА (*UNCINULA NECATOR* BURR.) К АЗОКСИСТРОБИНУ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Галкина Е.С., канд. с.-х. наук, Болотянская Е.А., Андреев В.В.,  
Шапоренко В.Н., канд. с.-х. наук

ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт  
винограда и вина «Магарач» РАН» (Ялта, Республика Крым)

**Реферат.** Представлены результаты многолетнего мониторинга особенностей развития резистентности у возбудителя оидиума винограда к азоксистробину – Квадрис СК. Установлено, что основными факторами, способствующими потере биологической эффективности изучаемого фунгицида, являются количество опрыскиваний и норма расхода препарата. Рассчитан Фактор резистентности гетерогенных популяций *Uncinula necator* Burr. к азоксистробину. Предложена антирезистентная тактика применения Квадриса СК в защите винограда от оидиума в условиях Южного берега Крыма.

**Ключевые слова:** виноградник, оидиум, фунгициды, азоксистробин, устойчивость, фактор резистентности, тактика защиты

**Summary.** It is presented the result of a multi-year monitoring of resistance peculiarity of developing by pathogenic agent of oidium to azoxystrobin (Quadris-SK). As has been determined the main factors contributing to the loss of biological efficiency of the fungicide under examination are the number of sprayings and the rate of fungicide application. The resistance factor of the *Uncinula necator* Burr heterogeneous populations has been calculated. The strategy of using Quadris SK in the protection of vine from oidium under the conditions of the Southern coast of Crimea is proposed.

**Key words:** vineyard, oidium, fungicides, azoxystrobin, resistance, resistance factor, protection tactics

**Введение.** В настоящее время сохранение продуктивности виноградных насаждений возможно только при неоднократном применении пестицидов для эффективного контроля развития вредных организмов. В последние годы средства защиты растений в корне изменились: современные пестициды стали более сбалансированными по многим показателям по сравнению с теми, что применялись во второй половине прошлого столетия. Часто в их составе содержится два-три действующих вещества, что значительно расширяет спектр активности, упрощает приготовление рабочих растворов и их применение. Анализ фунгицидов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации для защиты винограда от основных болезней (милдью, оидиум, серая гниль), показывает, что на долю однокомпонентных препаратов приходится около 60%, а фунгициды с двумя-тремя действующими веществами составляют 40,3% от общего количества. Среди фунгицидов с одним действующим веществом на препараты системного действия приходится 31,9 %, контактного – 27,8 %. Двух и трехкомпонентные фунгициды системно-контактного действия составляют 29,16 %, сочетание различных действующих веществ системного действия только у 11,14 % препаратов [1].

Одним из основных факторов, которые способствуют таким изменениям, является развитие у возбудителей болезней резистентности или другими словами – потери чувствительности к применяемым фунгицидам.

Вопрос развития патогенами резистентности к фунгицидам стал особенно остро в конце 60-х начале 70-х годов, когда начали активно использоваться фунгициды системного действия [2]. Что касается возбудителя оидиума винограда – *Uncinula necator* Burr.,

то о развитии у данного патогена устойчивости к ингибиторам синтеза стерола стало известно в 1985 году, в 2003 году появилась информация о случаях устойчивости к фунгицидам из группы стробилуринов [3, 4].

Стробилурины появились на рынке в 1996 году. Первым в 1997 году стал применяться на виноградниках США и был высокоэффективным в защите от оидиума азоксистробин, в 2000 – крезоксим-метил, 2001 – трифлуксистробин, 2003 – пираклостробин. Резистентность оидиума к стробилуринам была впервые обнаружена в Нью-Йорке, США, в 2003 году, в Венгрии и Австрии в 2006 году [4-6]. Установлено, что к развитию у *U. necator* сопротивления к стробилуринам приводит мутация гена G143A в цитохроме b [7].

В настоящее время, согласно данным комитета по фунгицидной резистентности Европейской и Средиземноморской организации по защите и карантину растений, азоксистробин, как и другие стробилурины, относится к действующим веществам с высоким риском резистентности, а *Uncinula necator* является патогеном со средним риском развития резистентности к фунгицидам [8, 9]. Также высок агрономический риск, обусловленный особенностями возделывания винограда. Таким образом, проведение исследований, направленных на сохранение биологической эффективности данного фунгицида в защите винограда от оидиума и предупреждения негативных последствий, является актуальным.

Цель данной работы заключалась в проведении в течение нескольких лет мониторинга возможности и скорости возникновения устойчивых форм *Uncinula necator* – возбудителя оидиума винограда к фунгициду Квадрис СК, а также разработке антирезистентной тактики его эффективного применения.

**Объекты и методы исследований.** Полевые исследования проводились на виноградных насаждениях сорта Мускат белый в условиях Южного берега Крыма (ГП «Ливадия», 2012-2015 гг.), выращиваемого в соответствии с агротехническими мероприятиями, рекомендуемыми для данной зоны виноградарства, согласно общепринятым в виноградарстве и защите растений методикам [10, 11]. Схемой опыта предусматривались варианты с одно- и двухлетним применением Квадриса СК (азоксистробин, 250 г/л), в нормах расхода 0,8 (7 и 14 опрыскиваний – 2012, 2013, 2015 и 2013-2014 гг.) и 1,0 л/га (7 опрыскиваний – 2014-2015 гг.). Критериями оценки служили показатели степени развития оидиума на гроздях винограда (относительная численность популяций *Uncinula necator*) и биологической эффективности на вариантах с применением фунгицида Квадрис СК в сравнении с контролем (без обработок) и эталоном (чередование фунгицидов). По существенному снижению биологической эффективности применения исследуемого фунгицида в сравнении с эталоном судили о развитии устойчивых к нему форм возбудителя оидиума. Лабораторные исследования по определению фактора резистентности проводились согласно методике, описанной ранее [12].

В опытах использовались конидии гетерогенных популяций *Uncinula necator* с листьев виноградных растений, обрабатываемых и не обрабатываемых изучаемым фунгицидом. Для определения ЭК<sub>50</sub> применяли растворы фунгицида в ранее установленных нами экспериментальным путем диагностических концентрациях по действующему веществу – 0,000003; 0,00003; 0,0003; 0,001; 0,003; 0,32 %. Фактические значения ЭК<sub>50</sub> рассчитывали при помощи пробит-анализа [16] и электронных таблиц Excel. Фактор резистентности определяли по отношению ЭК<sub>50</sub> обрабатываемых и не обрабатываемых популяций [13, 14].

**Обсуждение результатов.** Мониторинговые исследования по изучению возможности и скорости формирования устойчивых форм *Uncinula necator* к азоксистробину (Квадрис СК, 0,8 и 1,0 л/га) проводили в условиях эпифитотийного развития болезни на виноградных растениях сорта Мускат белый как в 2012-2014 гг. [13], так и в 2015 году, когда максимальное значение развития оидиума на гроздях достигало 100 %.

Определение степени развития оидиума на варианте с семикратным применением фунгицида Квадрис СК (азоксистробин 250 г/л) в норме расхода 0,8 л/га показало, что степень развития болезни на гроздях в 2012, 2013 и 2015 году после 4 обработок составляла 9,3, 6,6 и 8,8% и соответствовала данному показателю на эталоне (12,7, 2,4 и 12,3%); после 7 опрыскиваний – 26,2, 35,3, и 56,2% и была выше, чем на эталоне на 7,8, 21,7 и 34,9% соответственно. Таким образом, существенное превышение степени развития болезни на гроздях винограда по сравнению с эталоном было получено после 7 обработок Квадрисом СК (0,8 л/га) в 2013 и 2015 году. Использование азоксистробина (Квадрис СК, 0,8 л/га) в течение двух сезонов привело к повышению развития оидиума на гроздях до 19,6-42,5% после 12 и 27,9-57,2 % после 14 опрыскиваний в 2013 и 2014 г. соответственно.

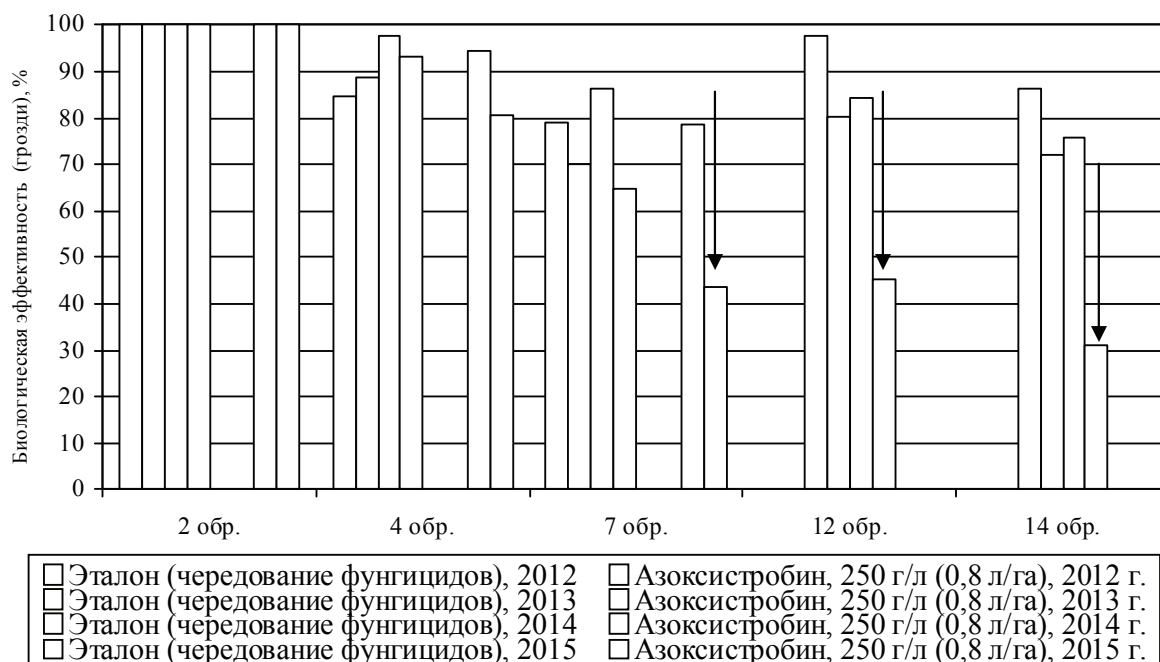


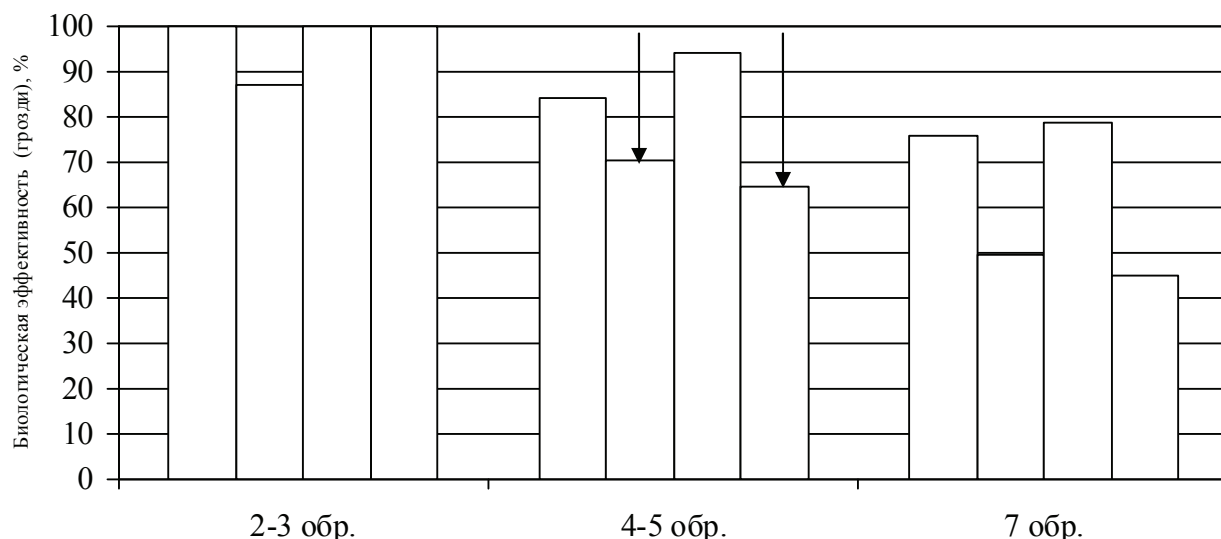
Рис. 1. Биологическая эффективность азоксистробина (Квадриса, СК, 0,8 л/га) в защите гроздей винограда от оидиума, ГП «Ливадия», сорт Мускат белый, 2012-2015 гг.

Следовательно, максимальное снижение биологической эффективности применения Квадриса СК в норме расхода 0,8 л/га для защиты гроздей винограда по сравнению с эталоном было получено – после 7 опрыскиваний в 2015 году (на 34,9 %) и после 12 и 14 обработок в 2014 году – на 39 и 44,9 % соответственно (рис. 1).

В опытах 2014 и 2015 гг. при семикратном использовании Квадриса СК, (азоксистробин 250 г/л) в норме расхода 1,0 л/га оидиум развивался на гроздях винограда с интенсивностью 23 и 16,2 % (после 5 и 4 обработок), 41,7 и 55 % после 7 опрыскиваний, что существенно было выше данного показателя на эталонном варианте, который не превышал 12,3 и 2,5 %, 20 и 21,3 % в первом и во втором случаях, соответственно. Биологическая эффективность в защите гроздей составляла 70,3 и 64,6 % (после 5 и 4 обработок), 49,7 и 45 % (после 7 обработок) и была ниже, чем на варианте с чередованием фунгицидов на 13,8 и 29,9 %, 26,2 и 33,7 % в 2014 и 2015 году, соответственно (рис. 2).

Таким образом, результаты полевых исследований показывают, что максимальная потеря биологической эффективности азоксистробина в защите от оидиума (и соответственно потеря чувствительности) была получена на третий и четвертый год его использования на опытном участке. Применение Квадриса СК (азоксистробин 250 г/л) в максимальной норме расхода 1,0 л/га привело к потере эффективности в защите гроздей уже после четырех опрыскиваний, тогда как при использовании данного препарата в норме расхода

0,8 л/га существенное снижение биологической эффективности наблюдали после семи опрыскиваний. Следовательно, увеличение нормы применения азоксистробина ускоряет формирование устойчивых форм *Uncinula necator* и потерю эффективности применяемого препарата.



□ Эталон (чередование фунгицидов), 2014 г. □ Азоксистробин, 250 г/л (1,0 л/га), 2014 г.  
 □ Эталон (чередование фунгицидов), 2015 г. □ Азоксистробин, 250 г/л (1,0 л/га), 2015 г.

Рис. 2. Биологическая эффективность азоксистробина (Квадриса, СК, 1,0 л/га) в защите гроздей винограда от оидиума, ГП «Ливадия», сорт Мускат белый, 2014-2015 гг.

В 2013-2015 гг. лабораторные эксперименты с азоксистробином позволили определить ЭК<sub>50</sub> изучаемых популяций оидиума и рассчитать их фактор резистентности (табл. 1). Установлено, что у гетерогенных популяций с опытных вариантов – применение Квадриса СК, в нормах 0,8 и 1,0 л/га – фактор резистентности был высоким после пяти и двенадцати опрыскиваний в 2013 году, одиннадцати опрыскиваний в 2014 и четырех опрыскиваний в 2015 году в первом случае и после четырех опрыскиваний в 2014 и 2015 году во втором случае.

Таблица 1 – Определение фактора резистентности опытных популяций *Uncinula necator* Berk. к азоксистробину, 2013-2015 гг.

Норма расхода фунгицида, л/га	Год	Фактор резистентности				
		после 4 опрыскиваний	после 5 опрыскиваний	после 6 опрыскиваний	после 11 опрыскиваний	после 12 опрыскиваний
0,8	2013		высокий			высокий
1,0 и 0,8*	2014	высокий			высокий*	
0,8	2015	высокий		высокий		
1,0	2015	высокий				

Результаты лабораторных экспериментов в целом согласуются с данными полевых наблюдений по мониторингу возникновения устойчивых форм возбудителя оидиума к азоксистробину.

Установлено, что существенное снижение биологической эффективности при использовании фунгицида в полевых условиях происходит после образования и накопления в популяциях возбудителя оидиума форм с высоким фактором резистентности.

**Выводы.** Таким образом, полученные в 2012-2015 гг. данные полевых и лабораторных исследований свидетельствуют о том, что на опытном участке после трех-четырех лет использования Квадриса СК (азоксистробин 250 г/л) происходит накопление устойчивых форм возбудителя оидиума. Увеличение нормы применения фунгицида ускоряет потерю его эффективности. Для условий Южного берега Крыма с целью эффективной защиты винограда от оидиума можно рекомендовать следующую антирезистентную тактику применения фунгицида Квадрис СК: использовать до 3 раз за сезон (не увеличивать нормы расхода), учитывая особенности развития заболевания и фенологические фазы виноградного растения; профилактически – в строгом чередовании с фунгицидами, не обладающими перекрестной резистентностью с азоксистробинном.

### Литература

1. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации (справочное издание). – М., 2015. – 720 с.
2. Голышин, Н. М. Фунгициды в сельском хозяйстве / Голышин Н. М. – М.: Колос, 1982. – С. 233-242.
3. Erickson Eugene, O. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon / O. Eugene Erickson, F. Wayne Wilcox // *Phytopathology*. – 1997. – 87. – № 8. – P. 784-791.
4. Wilcox, W.F. Practical resistance to QoI fungicides in New York populations of *Uncinula necator* associated with quantitative shifts in pathogen sensitivities / W.F. Wilcox [et al.] // *Abstr. Phytopathology*, 2003, 93, p. 90.
5. International FRAC QoI working group minutes 2006, non-cereal part: November 28th, 2006 // [Электронный ресурс]: [http://www.frac.info/frac/meeting/qoi/FRAC\\_QoI\\_Minutes\\_Dec\\_2006\\_print\\_ vers\\_ ion\\_ web.pdf](http://www.frac.info/frac/meeting/qoi/FRAC_QoI_Minutes_Dec_2006_print_version_web.pdf).
6. Gisi, U. Mechanisms influencing the evolution of resistance to Qo inhibitor fungicides / U. Gisi, H. Sierotski, A. Cook, A. McCaffery // *Pest Manag. Sci.* – 2002. – 58. – P. 859-867.
7. Grasso, V. Cytochrome b gene structure and consequences for resistance to Qo inhibitor fungicides in plant pathogens / V. Grasso [et al.] // *Pest Manag. Sci.* – 2006. – 62. – P. 465-472.
8. FRAC Code List 2015: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering) [Электронный ресурс]: <http://www.frac.info>.
9. FRAC List of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents (Revised January 2013) // [Электронный ресурс]: <http://www.frac.info>.
10. Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины / В.И Иванченко, М.Р.Бейбулатов, В.П Антипов. и др.; Под ред. Авидзба А.М. – Ялта: ИВиВ «Магарач», 2004. – 264 с.
11. Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян сельскохозяйственных культур / Под. ред. Новожилова К.В. – М.: Колос, 1985. – 89 с.
12. Галкина, Е. С. Мониторинг развития резистентности возбудителя оидиума винограда к фунгицидам из класса триазолы, ингибиторы синтеза стерола в условиях Южного берега Крыма / Е.С. Галкина, В.В. Андреев // *Виноградарство и виноделие: сб. науч. тр. ГБУ РК «ННИИВиВ «Магарач»*. – Т. XLV. – Ялта, 2015. – С. 61-64.
13. Доспехов, Б. А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б. А. Доспехов – М.: Колос, 1979. – 206 с.
14. Зинченко, В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. – М.: Колос, 2007. – 232 с.