УДК: 634.23: 632.937

UDC: 634.23: 632.937

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-247-255

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-247-255

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
ПРЕПАРАТА ЦИРКОН
НА УСТОЙЧИВОСТЬ
ТКАНЕЙ ВИШНИ
К ТОКСИНАМ БАКТЕРИИ
*PSEUDOMONAS SYRINGAE***

**EVALUATION OF THE EFFECT
OF THE DRUG ZIRCON
ON THE RESISTANCE
OF CHERRY TISSUES
TO TOXINS OF THE BACTERIUM
*PSEUDOMONAS SYRINGAE***

Маслова Марина Витальевна
канд. с.-х. наук
старший научный сотрудник
научно-исследовательской проблемной
лаборатории «Биофотоника»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

Maslova Marina Vitalievna
Cand. Agr. Sci.
Senior Research Associate
of Research Problem Laboratory
«Biophotonics»
e-mail: marinamaslova2009@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
«Мичуринский государственный
аграрный университет»,
Мичуринск, Россия*

*Federal State Budgetary
Educational Institution
«Michurinsky State
Agrarian University»,
Michurinsk, Russia*

В борьбе с фитопатогенными микроорганизмами необходимо в комплексе с мероприятиями по ослаблению паразитов применять меры, направленные на повышение сопротивляемости инфекции хозяина. Реализация максимальной продуктивности растений достигается при высоком уровне их устойчивости к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам. Это возможно осуществить при использовании регуляторов роста. Предпочтение отдается препаратам, отвечающим требованиям экологической безопасности, к которым относится Циркон. Исследования проводились на базе научно-исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» и ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Раствор токсических метаболитов бактерии *Pseudomonas syringae* van Hall получали путем её культивирования на жидкой питательной картофельно-глюкозной среде. Рабочий раствор препарата Циркон готовили согласно рекомендациям производителя.

It is necessary to use measures aimed at increasing the resistance of the host infection in combination with measures to weaken parasites in management of phytopathogenic microorganisms. The realization of the maximum productivity of plants is achieved with a high level of their resistance to adverse abiotic and biotic factors. This can be done with the use of growth regulators. Preference is given to preparation that meet the requirements of environmental safety, which include Zircon. The research was made in the scientific fundamental research laboratory "Biophotonics" of the Michurinsky State Agrarian University and the I. V. Michurin Federal Research Center. A solution of toxic metabolites of the *Pseudomonas syringae* van Hall bacterium was obtained by culturing it on a liquid nutrient potato-glucose medium. The working solution of the drug Zircon was prepared according to the manufacturer's recommendations. Experimental variants:

Варианты опыта: листья, поставленные в воду без обработки препаратом Циркон (контроль); листья в 10 %-ном растворе токсических метаболитов бактерии без обработки препаратом Циркон; листья в 10 %-ном растворе токсических метаболитов бактерии, обработанные Цирконом. Диагностику функционального состояния фотосинтезирующих тканей вишни проводили неразрушающим способом на портативном хлорофиллфлуориметре PAM-Junior. На 10 сутки после закладки опыта активность фотосинтезирующих тканей листа вишни в варианте с использованием токсических метаболитов составила 0,507 у.е., что на 16,9 % ниже контрольного значения (0,610 у.е.). При этом совместная обработка препаратом Циркон и раствором бактериальных метаболитов способствовала повышению данного показателя на 33,7% по сравнению с вариантом, где использовался только токсин и на 11,1 % по сравнению с контролем. Таким образом, данный препарат способствует повышению активности фотосинтезирующих тканей и сопротивляемости растения-хозяина действию токсических метаболитов бактерии.

Ключевые слова: БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ТОКСИНЫ, *PSEUDOMONAS SYRINGAE*, ЦИРКОН, ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

leaves placed in water without treatment with Zircon (control variant); leaves in a 10 % solution of toxic metabolites of bacteria without treatment with Zircon; leaves in a 10 % solution of toxic metabolites of bacteria treated with Zircon. Diagnostics of the functional state of photosynthetic cherry tissues was performed non-destructively on a portable chlorophyll fluorimeter PAM-Junior. On the 10th day after the experiment was initiated, the activity of photosynthetic cherry leaf tissues in the variant using toxic metabolites was 0.507 cu, which is 16.9 % lower than the control value (0.610 cu). At the same time, joint treatment with Zircon and a solution of bacterial metabolites contributed to an increase in this indicator by 33.7% compared to the variant where only toxin was used and by 11.1% compared to the control. Thus, this preparation helps to increase the activity of photosynthetic tissues and the resistance of the host plant to the action of toxic metabolites of the bacterium.

Key words: BACTERIAL TOXINS, *PSEUDOMONAS SYRINGAE*, ZIRCON, PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY

Введение. В последнее время широкое распространение получили бактериальные болезни растений, в том числе бактериальный некроз плодовых культур [1-7]. Особенность бактериального поражения состоит в том, что, питаясь за счет живых клеток растения, бактерия долгое время может находиться в латентном состоянии, не проявляя патогенных свойств и даже в некоторых случаях оказывать стимулирующее действие на ткани хозяина. Но ослабление растения может привести к усилению активности патологического процесса и развитию симптомов бактериоза.

В борьбе с фитопатогенными микроорганизмами необходимо в комплексе с мероприятиями по ослаблению паразитов применять меры, направленные на повышение сопротивляемости инфекции растения-хозяина. В связи с недостаточной эффективностью химических препаратов в борьбе с некоторыми патогенами, а также опасностью их применения для окружающей среды и здоровья человека в последнее время все большую популярность приобретает одно из прогрессивных направлений в защите сельскохозяйственных растений от болезней – разработка и внедрение в сельскохозяйственную практику средств биологического контроля. Это направление получило развитие в связи с необходимостью реализации концепции интегрированной защиты растений [8-10].

Реализация максимальной продуктивности растений достигается при высоком уровне их устойчивости к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам. Это возможно осуществить при использовании регуляторов роста. Предпочтение отдается препаратам, отвечающим требованиям экологической безопасности, к которым относится Циркон [11].

Входящий в него комплекс гидроксикоричных кислот из эхинацеи, определяет глубинное воздействие на метаболизм растительной клетки, участие в регуляции ее гормонального статуса и ферментатического профиля. Гидроксикоричные кислоты осуществляют важнейшую для клетки антиоксидантную функцию посредством активирования соответствующих ферментных систем. Через участие в поддержании необходимого окислительно-восстановительного баланса клетки гидроксикоричные кислоты вносят свой вклад в нормальное гармоничное развитие растения. Результатом такого сбалансированного развития становится активизация фитогормонов, прежде всего ауксина, повышение синтеза хлорофилла, усиление энергии прорастания семян, повышение резистентности растения к стрессовым условиям внешней среды и фитопатогенам, а также повышение их урожайности [12].

Комплекс гидроксикоричных кислот оказывает ингибирующее действие на активность гидролитических ферментов патогенных грибов [13], обладают выраженной антиоксидантной активностью, при этом в значительной степени это связано с особенностями структуры молекулы [14, 15].

Препараты на основе гидроксикоричных кислот не оказывают негативного влияния на здоровье человека, кроме того, многие исследования в области медицины указывают на положительный эффект при использовании данных соединений для профилактики и лечения многих заболеваний [16-19].

Целью данной работы являлось изучение возможности применения Циркона для повышения устойчивости хлорофиллсодержащих тканей вишни к токсинам возбудителя бактериального некроза плодовых растений *Pseudomonas syringae* van Hall.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на базе научно-исследовательской проблемной лаборатории «Биофотоника» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» и ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина».

Раствор токсических метаболитов бактерии *P. syringae* получали путем её культивирования на жидкой питательной картофельно-глюкозной среде. После месячной экспозиции культуральный фильтрат отделяли от живых клеток, пропуская через мембранный фильтр (“Millipore” 0,22 μm , France).

Изучение характера воздействия токсинов патогенной бактерии и препарата Циркон на растение проводили с использованием листьев вишни сортов Романтика, Превосходная Веняминова, Фея, которые помещали в химические стаканы с растворами.

Варианты опыта:

1) листья, поставленные в воду без обработки препаратом Циркон (контроль);

2) листья в 10%-ном растворе токсических метаболитов бактерии без обработки препаратом Циркон;

3) листья в 10% растворе токсических метаболитов бактерии, обработанные Цирконом.

Объем раствора регулярно доводили до отметки 75 мл стерильной дистиллированной водой.

Диагностику функционального состояния фотосинтезирующих тканей вишни проводили неразрушающим способом на портативном хлорофиллфлуориметре РАМ – Junior (Германия, Heinz Waiz GmbH), работающем по типу амплитудно-импульсной модуляции флуоресценции хлорофилла – метод РАМ (Pulse – amplitude modulation). В каждом варианте опыта использовали по 6 листьев каждого сорта. Измерение фотосинтетической активности проводили в 4 точках каждого листа на 10 сутки после закладки опыта.

В диаграмме (рис.) приводятся средние показатели функционального состояния фотосинтезирующих тканей по трем сортам.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программ Microsoft Office Excel.

Обсуждение результатов. Возбудители болезней способны образовывать в жидкой питательной среде комплекс токсических метаболитов, принимающих участие в патогенезе и влияющих на развитие растения-хозяина. В связи с этим весьма актуальна разработка приемов моделирования действия патогенов на ткани растения-хозяина без применения инфекционных фонов. Данный способ широко используется, так как экспериментально установлена корреляция между восприимчивостью к поражению возбудителем болезни и чувствительностью растений к его токсинам [20].

Состояние хлорофиллсодержащих тканей растений, можно оценить по фотосинтетической активности с помощью флуоресцентного анализа,

который носит неразрушающий характер и позволяет регистрировать динамические процессы. Такая диагностика в короткие сроки выявляет биологический эффект от воздействия того или иного внешнего фактора на исследуемый объект или процесс. Флуоресцентный метод мониторинга обеспечивает контроль состояния растений [21].

Сравнительная оценка фотосинтетической активности листьев вишни, поставленных в 10,0% раствор метаболитов бактерии *P. syringae*, с предварительной обработкой раствором Циркона и без его применения показала, что данный препарат способствует повышению активности фотосинтезирующих тканей, в том числе по сравнению с контролем (рис.).

Рис. Влияние препарата Циркон на фотосинтетическую активность листьев, поставленных в токсин.

На 10 сутки после закладки опыта активность фотосинтезирующих тканей листа вишни в варианте с использованием токсических метаболитов составила 0,507 у.е., что на 16,9 % ниже контрольного значения (0,610 у.е.). При этом совместная обработка препаратом Циркон и раствором бактериальных метаболитов способствовала повышению данного показателя на 33,7 % по сравнению с вариантом, где использовался только токсин и на 11,1 % по сравнению с контролем.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о том, что раствор гидроксикоричных кислот оказывает стимулирующее действие на фотосинтезирующие ткани листьев вишни, в том числе подвергшиеся действию токсических метаболитов бактерии. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о перспективности использования препарата Циркон и указывают на необходимость проведения дальнейших исследований его влияния на функциональное состояние растений.

Таким образом, применение препарата Циркон позволяет повысить сопротивляемость растения-хозяина действию токсических метаболитов бактерии *P. syringae*, при этом использование данного регулятора роста не противоречит принципам биологизации сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Sokolova O., Moročko-Bičevska I., Bankina B. Review of the pear scab caused by *Venturia pyrina* // Research for rural development. 2014. Т. 1. Р. 26-33.
2. Konavko D., Moročko-Bičevska I., Bankina B. *Pseudomonas syringae* as important pathogen of fruit trees with emphasis on plum and cherry // Res. Rural Devel. 2014. Р. 19-25.
3. Gvozdiak R. I., Lukach M. I. Epiphytic phase of *Erwinia amylovora* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on orchard weeds // Mikrobiologichnyi zhurnal (Kiev, Ukraine: 1993). 2001. Т. 63. №. 3. С. 43-50.
4. Golzar H., Cother E. J. First report of bacterial necrosis of mango caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Australia // Australasian Plant Disease Notes. 2008. Т. 3. №. 1. С. 107-109.
5. Everett K. R. et al. First report of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* causing kiwifruit bacterial canker in New Zealand // Australasian Plant Disease Notes. 2011. Т. 6. №. 1. С. 67-71.
6. Игнатов А.Н., Егорова М.С., Ходыкина М.В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России // Защита и карантин растений. 2015. №. 5. С. 6-9.
7. Комардина В. С. Фитосанитарное состояние и структура доминирования патогенных микроорганизмов в молодых семечковых садах Беларуси // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. № 144-2. С. 181-185.
8. Новикова И.И. Микробиологическая защита растений – основа фитосанитарной оптимизации агроэкосистем // Защита и карантин растений. 2017. № 4. С. 3-6.
9. Коломиец Э., Сверчкова Н., Мандрик-Литвинкович М. Экологически безопасные биотехнологии для сельского хозяйства // Наука и инновации. 2019. № 3. С. 4-9.
10. Петровский А.С., Каракотов С.Д. Микробиологические препараты в растениеводстве. Альтернатива или партнерство? // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С. 14-18.
11. Мохамед М. С., Абакумова А. С., Байрамбеков Ш. Б. Эффективность экологически безопасных биостимуляторов роста на особенности сельскохозяйственных растений // Естественные науки. Т. 28. № 3. 2009. С. 51.

12. Малеванная Н.Н. Циркон – иммуномодулятор нового типа // Циркон – природный регулятор роста, применение в сельском хозяйстве. М., 2010. С. 3-9.
13. El Hassni, M., Laadouzaa, H., El Hadrami, A., Dihazi, A., Rakibi, Y., Lemjiber, N., Naamani, K. An *in vitro* evaluation of the effect of hydroxycinnamic acids on the growth and hydrolytic enzyme production in *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2021. P. 1-15.
14. Razzaghi-Asl N., Garrido J., Khazraei H., Borges F., & Firuzi O. Antioxidant properties of hydroxycinnamic acids: a review of structure-activity relationships // Current medicinal chemistry. 2013. V. 20. N. 36. P. 4436-4450.
15. Garrido J., Gaspar A., Garrido E. M., Miri R., Tavakkoli M., Pourali, S. & Firuzi, O. Alkyl esters of hydroxycinnamic acids with improved antioxidant activity and lipophilicity protect PC12 cells against oxidative stress // Biochimie. 2012. V. 94. N. 4. P. 961-967.
16. Fuentes E., Palomo I. Mechanisms of endothelial cell protection by hydroxycinnamic acids // Vascular pharmacology. 2014. V. 63. N. 3. P. 155-161.
17. Ahn H. R., Lee H. J., Kim K. A., Kim C. Y., Nho C. W., Jang H. & Jung S. H. Hydroxycinnamic acids in *Crepidiastrum denticulatum* protect oxidative stress-induced retinal damage // Journal of agricultural and food chemistry. – 2014. V. 62. N. 6. P. 1310-1323.
18. Rocha L. D., Monteiro M. C., Teodoro A. J. Anticancer properties of hydroxycinnamic acids-A Review // Cancer Clin Oncol. 2012. V. 1. N. 2. P. 109-121.
19. Baeza, G., Amigo-Benavent, M., Sarriá, B., Goya, L., Mateos, R., & Bravo, L. Green coffee hydroxycinnamic acids but not caffeine protect human HepG2 cells against oxidative stress // Food Research International. 2014. V. 62. P. 1038-1046.
20. Маслова М.В., Грошева Е.В., Будаговский А.В., Будаговская О.Н. Лазерная диагностика функционального состояния растений томата при оценке их устойчивости к токсинам бактерии *Clavibacter michiganensis* // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: сборник материалов годичного собрания общества физиологов растений России, Всероссийской научн. конф. с межд. участием и школы молодых ученых (Иркутск, 10-15 июля 2018 года). Ч. 1. Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН, 2018. С. 512-516.
21. Будаговская О.Н., Будаговский А.В. Автоматизированная установка для диагностики функционального состояния растений // Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Под ред. С.А. Коньшаковой (Брянск, 25 января 2019). Брянск: ФГБОВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», 2019. С. 166-170.

References

1. Sokolova O., Moročko-Bičevska I., Bankina B. Review of the pear scab caused by *Venturia pyrina* // Research for rural development. 2014. T. 1. P. 26-33.
2. Konavko D., Moročko-Bičevska I., Bankina B. *Pseudomonas syringae* as important pathogen of fruit trees with emphasis on plum and cherry // Res. Rural Devel. 2014. P. 19-25.
3. Gvozdiak R. I., Lukach M. I. Epiphytic phase of *Erwinia amylovora* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on orchard weeds // Mikrobiolohichnyi zhurnal (Kiev, Ukraine: 1993). 2001. T. 63. № 3. S. 43-50.
4. Golzar H., Cother E. J. First report of bacterial necrosis of mango caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Australia // Australasian Plant Disease Notes. 2008. T. 3. № 1. S. 107-109.
5. Everett K. R. et al. First report of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* causing kiwifruit bacterial canker in New Zealand // Australasian Plant Disease Notes. 2011. T. 6. № 1. S. 67-71.

6. Ignatov A.N., Egorova M.S., Hodykina M.V. Rasprostranenie bakterial'nyh i fitoplazmennyyh boleznej rastenij v Rossii // Zashchita i karantin rastenij. 2015. № 5. S. 6-9.
7. Komardina V. S. Fitosanitarное состояние i struktura dominirovaniya patogennyh mikroorganizmov v molodyh semechkovyh sadah Belarusi // Sbornik nauchnyh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2017. № 144-2. S. 181-185.
8. Novikova I.I. Mikrobiologicheskaya zashchita rastenij – osnova fitosanitarной optimizacii agroekosistem // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 4. S. 3-6.
9. Kolomiec E., Sverchkova N., Mandrik-Litvinkovich M. Ekologicheskii bezopasnyye biotekhnologii dlya sel'skogo hozyajstva // Nauka i innovacii. 2019. № 3. S. 4-9.
10. Petrovskij A.S., Karakotov S.D. Mikrobiologicheskie preparaty v rastenievodstve. Al'ternativa ili partnerstvo? // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 2. S. 14-18.
11. Mohamed M. S., Abakumova A. S., Bajrambekov Sh. B. Effektivnost' ekologicheskii bezopasnyh biostimulyatorov rosta na osobennosti sel'skohozyajstvennyh rastenij // Estestvennyye nauki. T. 28. № 3. 2009. S. 51.
12. Malevannaya N.N. Cirkon – immunomodulyator novogo tipa // Cirkon – prirodnyj regulyator rosta, primenenie v sel'skom hozyajstve. M., 2010. S. 3-9.
13. El Hassni, M., Laadouzaa, H., El Hadrami, A., Dihazi, A., Rakibi, Y., Lemjiber, N., Naamani, K. An *in vitro* evaluation of the effect of hydroxycinnamic acids on the growth and hydrolytic enzyme production in *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2021. R. 1-15.
14. Razzaghi-Asl N., Garrido J., Khazraei H., Borges F., & Firuzi O. Antioxidant properties of hydroxycinnamic acids: a review of structure-activity relationships // Current medicinal chemistry. 2013. V. 20. N. 36. P. 4436-4450.
15. Garrido J., Gaspar A., Garrido E. M., Miri R., Tavakkoli M., Pourali, S. & Firuzi, O. Alkyl esters of hydroxycinnamic acids with improved antioxidant activity and lipophilicity protect PC12 cells against oxidative stress // Biochimie. 2012. V. 94. N. 4. P. 961-967.
16. Fuentes E., Palomo I. Mechanisms of endothelial cell protection by hydroxycinnamic acids // Vascular pharmacology. 2014. V. 63. N. 3. P. 155-161.
17. Ahn H. R., Lee H. J., Kim K. A., Kim C. Y., Nho C. W., Jang H. & Jung S. H. Hydroxycinnamic acids in *Crepidiastrum denticulatum* protect oxidative stress-induced retinal damage // Journal of agricultural and food chemistry. – 2014. V. 62. N. 6. P. 1310-1323.
18. Rocha L. D., Monteiro M. C., Teodoro A. J. Anticancer properties of hydroxycinnamic acids-A Review // Cancer Clin Oncol. 2012. V. 1. N. 2. P. 109-121.
19. Baeza, G., Amigo-Benavent, M., Sarriá, B., Goya, L., Mateos, R., & Bravo, L. Green coffee hydroxycinnamic acids but not caffeine protect human HepG2 cells against oxidative stress // Food Research International. 2014. V. 62. P. 1038-1046.
20. Maslova M.V., Grosheva E.V., Budagovskij A.V., Budagovskaya O.N. Lazernaya diagnostika funkcional'nogo sostoyaniya rastenij tomatov pri ocenke ih ustojchivosti k toksinam bakterii *Slavibacter michiganensis* // Mekhanizmy ustojchivosti rastenij i mikroorganizmov k neblagopriyatnym usloviyam sredy: sbornik materialov godichnogo sobraniya obshchestva fiziologov rastenij Rossii, Vserossijskoj nauchnoj konf. s mezhdunarodnym uchastiem i shkoly molodyh uchenykh (Irkutsk, 10–15 iyulya 2018 goda). Ch. 1. Irkutsk: Institut geografii im. V.B. Sochavy Sibirskogo otdeleniya RAN, 2018. S. 512-516.
21. Budagovskaya O.N., Budagovskij A.V. Avtomatizirovannaya ustanovka dlya diagnostiki funkcional'nogo sostoyaniya rastenij // Sovremennyye tendencii razvitiya fundamental'nyh i prikladnyh nauk: materialy vserossijskoj nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem / Pod redakciej S.A. Kon'shakovoj (Bryansk, 25 yanvarya 2019). Bryansk: FGBOVO «Bryanskij gosudarstvennyj inzhenerno-tehnologicheskij universitet», 2019. S. 166-170.