








DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-493-500

EDN: KUDCXO

УДК 631.147:632.93:634.8

Научная статья / Research article


Эффективность биоинсектицида на основе энтомопатогенных бактерий *B. thuringiensis* для защиты винограда

В.И. Долженко¹ , О.В. Шаповал² ,
Ю.Н. Плескачев³ , Т.С. Астарханова⁴  

¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, г. Москва, Российская Федерация

³Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская обл., Российская Федерация

⁴Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 astarkhanova-ts@rudn.ru

Аннотация. Рассматривается актуальная проблема загрязнения сельскохозяйственной продукции токсичными веществами в производстве. К самым обрабатываемым химическими препаратами культурам относятся виноградники. В результате многократных обработок за один вегетационный период виноградные насаждения становятся аккумулятором небезопасных химических средств защиты растений. Соответственно, подбор экологически безопасных пестицидов, замена химических препаратов биологическими — задача производителей данной культуры. Актуальность обусловлена еще и тем, что виноград потребляется в пищу в свежем виде. Проведена оценка применения биоинсектицида на основе энтомопатогенных бактерий *B. thuringiensis* в системе защиты винограда от вредителей. По литературным данным 90 % зарегистрированных инсектицидов разработаны на основе *Bacillus thuringiensis*. Выделяемые из природы микроорганизмы в качестве средств защиты растений при обратном внесении в природные условия позволяют сохранять полезные виды в биоценозах, при этом, обладая селективностью и поражая определенные вредные объекты, не причиняют вреда человеку и окружающей среде. Цель исследования — изучение влияния биоинсектицида Биомеч Инсекто, СП на вредителей виноградной лозы: гроздевую листовёртку (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.) и листовую форму филлоксеры (*Viteus vitifolii* Fitch.). В исследовании использован биоинсектицид Биомеч Инсекто, СП на основе штаммов *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208. Влияние энтомопатогенов сравнивалось

© Долженко В.И., Шаповал О.В., Плескачев Ю.Н., Астарханова Т.С., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

с действием инсектицида Биослип, БВ, Ж, действующим веществом которого является *Beauveria bassiana*. Установлена высокая биологическая эффективность биоинсектицида Биомеч Инсекто, СП, достигающая 90...100 % в защите виноградной лозы от вредителей при обработке в период массового отрождения гусениц гроздевой листовертки и выхода личинок из галлов листовой формы филлоксеры всех поколений.






Ключевые слова: гроздевая листовертка, листовая форма филлоксеры, виноградная лоза, Биомеч Инсекто, *Beauveria bassiana*

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Биомеч Инсекто, СП не зарегистрирован и применяется для научных целей.

История статьи: поступила в редакцию 17 сентября 2023 г., принята к публикации 5 октября 2023 г.

Для цитирования: Долженко В.И., Шаповал О.В., Плескачев Ю.Н., Астарханова Т.С. Эффективность биоинсектицида на основе энтомопатогенных бактерий *B. thuringiensis* для защиты винограда // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 493—500. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-493-500

Efficiency of *Bacillus thuringiensis* bioinsecticide in grapevine protection

Viktor I. Dolzhenko¹ , Olga V. Shapoval² ,
Yuri N. Pleskachev³ , Tamara S. Astarkhanova⁴  

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russian Federation

²Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation

³Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow region, Russian Federation

⁴RUDN University, Moscow, Russian Federation

 astarkhanova-ts@rudn.ru

Abstract. The problem of contamination of agricultural products with toxic substances is an urgent problem in production. One of the most chemically treated crop is vineyards. Multiple treatments during one growing season have led to the fact that grape plantings have become an accumulator of unsafe chemical plant protection products. Moreover, grapes are consumed fresh. Accordingly, the selection of environmentally friendly pesticides and the replacement of chemicals with biological ones has become a priority for producers of this crop. Our research was devoted to evaluation of bioinsecticide based on entomopathogenic bacteria *B. thuringiensis* in the system of protecting grapes from pests. Such studies are of great interest and, according to the literature, 90 % of registered insecticides are based on *Bacillus thuringiensis*. Microorganisms isolated from nature as plant protection agents, when reintroduced into natural conditions, preserve beneficial species in biocenoses. At the same time, they are selective and, while affecting certain harmful objects, do not cause harm to humans and the environment. The purpose of this work was to study the effect of the bioinsecticide Biometch Insecto, WP on grapevine pests: European grape worm (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.) and leafy form of phylloxera (*Viteus vitifolii* Fitch.). Biometch Insecto, WP is based on strains of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HG207 and *Beauveria bassiana* HG208. The effect of entomopathogens was compared with the effect of insecticide Bioslip, BW, L, the active ingredient of which is *Beauveria bassiana*. The results of the research revealed high biological effectiveness (90...100 %) of Biometch Insecto, WP in protecting grapevines from pests when applied during the period of mass hatching of European grape worm caterpillars and emergence of phylloxera larvae from galls.

Keywords: European grape worm, leaf form of phylloxera, grapevine, Biometch Insecto, *Beauveria bassiana*

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest. Biometch Insecto, WP is not registered and is used for scientific purposes.

Article history: Received: 17 September 2023. Accepted: 5 October 2023.

For citation: Dolzhenko VI, Shapoval OV, Pleskachev YN, Astarkhanova TS. Efficiency of *Bacillus thuringiensis* bioinsecticide in grapevine protection. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(4):493—500. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-493-500

Введение

Деятельность человека вступила «в противоречие с глобальной проблемой защиты окружающей среды, которое вызвало острую необходимость применения вместо сильнодействующих химических средств защиты, препаратов, не оказывающих вредного воздействия на человека и окружающую среду» [1].

Особенно это проблема видна при производстве винограда, где за один вегетационный период применяются 12-кратные обработки, исключены севообороты из-за монокультуры, и поэтому необходимо снижение токсикологической нагрузки на агроценозы виноградных насаждений.

Виноград потребляется в свежем виде и разложение вредных токсикантов, которое могло бы произойти при термической обработке, невозможно [2, 3].

Высокая биологическая эффективность и быстрота действия химических пестицидов способствовали получению высоких урожаев данной культуры, но выявлены и отрицательные последствия применения химических средств защиты — их накопление в объектах экосистемы и возникновение резистентных к ним популяций вредных организмов [4, 5], что привело к резкому «увеличению численности фитофагов и появлению массовых вспышек эпифитотий болезней, требующих все большего применения химических средств для их контроля» [6]. Эти и другие негативные последствия применения пестицидов обусловили осознание необходимости совершенствования защиты растений, перехода от отдельных приемов и способов к их интеграции в системе, разработки более экологичных средств и методов [7]. Таковыми являются биопестициды, представляющие собой «непосредственно природные материалы или разработанные на их основе препараты»¹. Производство биопестицидов экономически более выгодно и экологически безопасно.

В современном производстве средств защиты растений бактериальные препараты, относящиеся к инсектицидам нового поколения, эффективны в отношении порядка 400 видов насекомых, включая вредителей виноградников, и 90 % зарегистрированных инсектицидов разработаны на основе *Bacillus thuringiensis* [8, 9]. Бактерии продуцируют специфические кристаллоподобные токсины, обладающие большой энтомоцидной активностью [10].

Гриб *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki* обладает кишечным действием, его эффективность проявляется только при попадании в кишечник насекомого в процессе активного питания. Токсин, активированный в кишечном тракте гусеницы, повреждает внутреннюю оболочку кишечника, в результате нарушается осмо-

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1984. 336 с.

тическое равновесие и щелочное содержимое кишечника просачивается в тело гусеницы [11, 12].

Гриб *Beauveria bassiana* «размножается только конидиями, которые, попав на тело насекомого, выделяют фермент в местах прикрепления. Он растворяет кутикулу, и конидии прорастают в полость тела. Выделяемые грибом в процессе развития токсины приводят к гибели насекомого» [13]. Дальнейшее развитие гриба происходит уже в мертвом насекомом [14]. Эффективность применения биопрепаратов в защите винограда от вредителей и болезней зависит от знания «реальной фитосанитарной ситуации в насаждениях, от устойчивости сортов, агротехники и природно-климатических условий применяемого периода. После обоснования биологизации защиты при производстве винограда должны определять ассортимент препаратов, их сроки применения» [15].

Цель исследования — оценка эффективности влияния биоинсектицида Биомеч Инсекто, СП на основе штаммов *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* HG207 и *Beauveria bassiana* HG208 на вредителей виноградной лозы: гроздевую листовертку (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.) и листовую филлоксеру (*Viteus vitifolii* Fitch.).

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на виноградной лозе сорта Рислинг во второй почвенно-климатической зоне в условиях Республики Дагестан. Материалом исследований служил инсектоакарицид Биомеч Инсекто, СП, представленный для научных целей.

Опыт мелкоделяночный — 5 кустов. Учеты гроздевой листовертки проводились в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022.

Филлоксера (листовая форма) — *Viteus vitifolii* Fitch проявлялась в период отрождения из зимующих яиц личинок (основательниц листовой филлоксеры) и заселялись в распускающихся почках, что совпадало с появлением 4–5 листьев на побегах. Обработки проводились в период массового выхода из галлов личинок первого и второго поколений, что совпадало с появлением 9...12 или 17...20 листьев на побегах. Учеты проводились трехкратно, перед обработкой, на 30-е сутки после обработки и в конце вегетации.

Расчет биологической эффективности проводили по формуле Хендерсона и Тилтона. Если точно установить количество погибших насекомых не представлялось возможным, определение эффективности производили по формуле Аббота.

Результаты исследования и обсуждение

В период проведения опытов на виноградных насаждениях с появлением 17...20 листьев на побегах отмечалось отрождение гусениц гроздевой листовертки 1 поколения и массовый выход из галлов личинок второго поколения. Обработки

проводили ранцевым опрыскивателем марки Solo из расчета расхода 500 л/га рабочей жидкости трехкратно с интервалом 7 дней.

Испытываемый биоинсектицид Биомеч Инсекто, СП на виноградной лозе показал высокую эффективность в борьбе гроздовой листоверткой. Среднее число гусениц на 1 м² в варианте 1 (норма расхода 0,7 кг/га) на 3-и сутки после последней обработки составляло 7,5 экз / м² и на 21-е сутки снизилось до 3,0 экз / м², биологическая эффективность возрастала от 79,5 до 91,1 %. С повышением нормы расхода препарата Биомеч Инсекто, СП до 2,0 кг/га (вариант 2) среднее число гусениц на 1 м² снизилось до 2,5 экз / м², эффективность Биомеч Инсекто, СП достигала 92,6 %. Эффективность испытываемого препарата была близка к эффективности эталона Биослип, БВ, Ж (действующее вещество — *Beauveria bassiana*), с применением которого среднее число гусениц на 1 м² снижалось до 2,3 экз / м² и эффективность достигала 93,4 % (табл. 1).

Таблица 1

Биологическая эффективность инсектицида Биомеч Инсекто, СП в борьбе с гроздовой листоверткой (*Lobesia botrana*) на виноградной лозе

| Вариант опыта | Норма расхода препарата | Повторность | Среднее число гусениц на 1 м ² | | | | Снижение численности с поправкой на контроль после обработки по суткам учетов, % | | | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------|---|----------------------------------|------|------|--|------|------|------|------|
| | | | До обработки | После обработки по суткам учетов | | | | 3 | 7 | 14 | 21 |
| | | | | 3 | 7 | 14 | 21 | | | | |
| 1. Биомеч Инсекто, СП | 0,7 кг/га | 1 | 25,1 | 9 | 7 | 5 | 3 | 71,4 | 77,9 | 83,4 | 89,6 |
| | | 2 | 31,2 | 7 | 6 | 4 | 2 | 82,1 | 84,7 | 89,3 | 94,4 |
| | | 3 | 29,9 | 8 | 5 | 2 | 4 | 78,6 | 86,7 | 94,4 | 88,4 |
| | | 4 | 30,8 | 6 | 6 | 3 | 3 | 84,4 | 84,5 | 91,9 | 91,5 |
| | | ср. | 29,3 | 7,5 | 6,0 | 3,5 | 3,0 | 79,5 | 83,7 | 90,0 | 91,1 |
| 2. Биомеч Инсекто, СП | 2,0 кг/га | 1 | 27,2 | 7 | 5 | 4 | 3 | 79,4 | 85,4 | 87,7 | 90,4 |
| | | 2 | 32,8 | 8 | 4 | 2 | 2 | 80,5 | 90,3 | 94,9 | 94,7 |
| | | 3 | 30,6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 84,3 | 87,0 | 89,1 | 91,5 |
| | | 4 | 27,4 | 7 | 7 | 2 | 2 | 79,6 | 79,7 | 93,9 | 93,7 |
| | | ср. | 29,5 | 7,0 | 5,3 | 3,0 | 2,5 | 81,0 | 85,9 | 91,5 | 92,6 |
| 3. Биослип, БВ, Ж Эталон | 3,0 л/га, двукратно | 1 | 25,7 | 7 | 5 | 3 | 2 | 78,2 | 84,6 | 90,3 | 93,2 |
| | | 2 | 33,1 | 5 | 3 | 3 | 3 | 87,9 | 92,8 | 92,4 | 92,1 |
| | | 3 | 30,9 | 8 | 5 | 2 | 2 | 79,3 | 87,2 | 94,6 | 94,4 |
| | | 4 | 28,8 | 7 | 6 | 3 | 2 | 80,6 | 83,5 | 91,3 | 94,0 |
| | | ср. | 29,6 | 6,8 | 4,8 | 2,8 | 2,3 | 81,8 | 87,3 | 92,3 | 93,4 |
| В среднем к контролю | — | ср. | 29,4 | 36,8 | 46,4 | 55,7 | 64,2 | — | — | — | — |

Обработки, проведенные в период массового выхода из галлов личинок второго поколения и через 7 и 14 дней после первой обработки, показали высокую эффективность препарата в борьбе с листовой формой филлоксеры — *Viteus vitifolii* Fitch.

На 30-е сутки после обработки число заселенных кустов снижалось в среднем до 1,0 в варианте 1 и до 0,75 — в варианте 2, или на 74,2 и 79,2 % соответственно. Интенсивность галлообразования к концу вегетации в варианте 1 соответствовала 0,5 балла, до обработки — 4,0 балла, при снижении интенсивности галлообразования до 86,7 %. С повышением нормы расхода до 2,0 кг (вариант 2) эффективность препарата достигла 0,25 балла при снижении интенсивности галлообразования до 90,0 %. В варианте эталона Биослип, БВ, Ж показатели не имели существенной разницы с показателями варианта с Биомеч Инсекто, СП, снижение интенсивности галлообразования составляло 88,8 % (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность инсектицида Биомеч Инсекто, СП в борьбе с листовой филлоксерой на виноградной лозе (*Dactylophaera vitifoliae*)

| Вариант опыта | Норма расхода препарата | Повторность | Число заселенных кустов | | Интенсивность галлообразования, балл | | Снижение относительно исходной с поправкой на контроль, % | | Биологический урожай ягод, ц/га |
|--------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| | | | До обработки | Через 30 суток после обработки | До обработки | В конце вегетации | Заселенности кустов | Интенсивности галлообразования | |
| 1. Биомеч Инсекто, СП | 0,7 кг/га | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 80,0 | 80,0 | 70,2 |
| | | 2 | 4 | 1 | 4 | 0 | 75,0 | 100,0 | 70,5 |
| | | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 66,7 | 66,7 | 70,3 |
| | | 4 | 4 | 1 | 5 | 0 | 75,0 | 100,0 | 71,2 |
| | | ср. | 4 | 1,0 | 4,3 | 0,5 | 74,2 | 86,7 | 70,6 |
| 2. Биомеч Инсекто, СП | 2,0 кг/га | 1 | 5 | 1 | 4 | 0 | 75,0 | 80,0 | 78,5 |
| | | 2 | 5 | 0 | 5 | 1 | 100,0 | 80,0 | 78,9 |
| | | 3 | 3 | 1 | 5 | 0 | 66,7 | 100,0 | 82,1 |
| | | 4 | 4 | 1 | 3,5 | 0 | 75,0 | 100,0 | 80,8 |
| | | ср. | 3,8 | 0,75 | 4,4 | 0,25 | 79,2 | 90,0 | 80,1 |
| 3. Биослип, БВ, Ж Эталон | 3,0 л/га | 1 | 4 | 1 | 3 | 0 | 75,0 | 100,0 | 79,6 |
| | | 2 | 5 | 1 | 4 | 1 | 80,0 | 75,0 | 78,5 |
| | | 3 | 5 | 1 | 5 | 1 | 80,0 | 80,0 | 74,8 |
| | | 4 | 4 | 1 | 3 | 0 | 75,0 | 100,0 | 77,5 |
| | | ср. | 4,5 | 1,0 | 3,8 | 0,25 | 77,5 | 88,8 | 77,6 |

Заключение

Из данных, полученных в опытах по применению биоинсектицида Биомеч Инсекто, СП для обработки от вредителей виноградной лозы, следует:

1. Биомеч Инсекто, СП в норме расхода 0,75...2,0 кг/га обеспечивает защиту виноградной лозы от гроздевой листовертки (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.) и листовой формы филлокеры (*Viteus vitifolii* Fitch.).

2. В зависимости от года исследований и почвенно-климатической зоны срок ожидания препарата может варьировать от 14 до 21 дня.

3. Обработку биоинсектицидом Биомеч Инсекто, СП можно проводить в период отрождения гусениц первого поколения гроздевой листовертки с интервалом в 7 дней трехкратно.

4. Борьбу с листовой формой филлоксеры (*Viteus vitifolii Fitch.*) можно проводить в период массового выхода из галлов личинок первого поколения в норме расхода 0,7...2,0 кг/га.

Список литературы

1. Жемчужин С.Г. Биопестициды: открытие, изучение и перспективы применения // *Агрохимия*. 2014. № 3. С. 90–96.
2. Штернис М.В. Факторы оптимизации энтомопатогенных препаратов для защиты растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л.: ВИЗР; 1989. 32 с.
3. Joshi R.K. Leucas aspera link essential oil from India: β -caryophyllene and 1-octen-3-ol chemotypes // *J. Chromatogr. Sci.* 2016. Vol. 54. № 3. P. 295–298. doi: 10.1093/chromsci/bmv173
4. Liang J.Y., Guo S.S., You C.X., Zhang W.J., Wang C.F., Geng Z.F., Deng Z.W., Du S.S., Zhang J. Chemical Constituents and Insecticidal Activities of *Ajania fruticulosa* Essential Oil // *Chem. Biodivers.* 2016. Vol. 13. № 8. P. 1053–1057. doi: 10.1002/cbdv.201500377
5. Кубрик К.Ю., Новокрепцов А.С., Корчемнова Л.Г. Применение инсектицидных растений против паутинного клеща (*Tetranychus urticae*) в условиях теплицы // Омская биологическая школа: ежегодник: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 9. Омск: Омск. Гос. пед. Ун-т, 2012. С. 92–94.
6. Жемчужин С.Г., Спиридонов Ю.Я., Босак Г.С. Биопестициды: Современное состояние проблемы // *Агрохимия*. 2019. № 11. С. 77–85. doi: 10.1134/S0002188119110140
7. Мисриева Б.У. Биология гроздевой листовертки и меры борьбы с ней в условиях Южного Дагестана // *Защита и карантин растений*. 2022. № 5. С. 21–24.
8. Бульгинская М.А. Биологизация защиты растений: состояние и перспективы. Краснодар, 2000. С. 30–32.
9. Талаш А.И., Пойманов В.Е., Агапова С.И. Защита винограда от болезней, вредителей, сорняков. Ростов-н/Д, 2001. 178 с.
10. Мисриева Б.У. Вредоносность листовой формы филлоксеры на виноградниках в Южной зоне Дагестана // *Вестник Социально-педагогического института*. 2014. № 1 (9). С. 52–58.
11. Исмаилов В.Я., Коваленков В.Г., Надькта В.Д. Состояние, проблемы и перспективы биологической защиты растений от вредителей // *Актуальные вопросы биологизации защиты растений*. Пушкино, 2000. С. 100–120.
12. Щербиков Н.А., Талаш А.И., Исмаилов В.Я., Каклюгин В.Я. Перспективы применения биостата в защите винограда от вредных организмов // *Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / ВНИИБЗР*. Краснодар, 2004. Вып. № 2. С. 329–335.
13. Margalit J. Discovery of *Bacillus thuringiensis israelensis* // *Bacterial control of mosquitoes & black flies. Biochemistry, genetics & applications of Bacillus thuringiensis israelensis and Bacillus sphaericus* / H. de Barjac, D.J. Sutherland (eds.). London, UK: Unwin Hyman, 1990. P. 3–9.
14. Щербиков Н.А., Исмаилов В.Я., Талаш А.И. Биостат — препарат полифункционального действия // *Защита и карантин растений*. 2007. № 5. С. 26–27.
15. Каменек Л.К. Дельта-эндотоксин *Bacillus thuringiensis*: строение, свойства и использование для защиты растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МСХА им. К.А. Тимирязева, 1998. 40 с.

Об авторах:

Долженко Виктор Иванович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, руководитель Центра биологической регламентации, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Российская Федерация, 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3; e-mail: dolzhenko@icrz.ru

ORCID 0000-0003-4700-0377

Шаповал Ольга Владимировна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, лаборатория испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и пестицидов, Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а; e-mail: elgen@mail.ru
ORCID 0000-0002-3375-527X

Плескачев Юрий Николаевич — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, центр по земледелию, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Российская Федерация, 143026, Московская область, г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6; e-mail: pleskachiov@yandex.ru
ORCID 0000-0001-5771-5021

Астарханова Тамара Саржановна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: astarkhanova-ts@rudn.ru
ORCID 0000-0002-1431-9309