



DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-485-492

EDN: KEDPBH

УДК 632.958.31:632.934.4

Научная статья / Research article

## Эффективность двух форм родентицидных приманок против серых крыс и обыкновенных полевок, основанных на бродифакуме

С.В. Рябов<sup>1</sup> , В.В. Введенский<sup>2</sup>  , Т.В. Долженко<sup>3</sup> , Р. Каррижо<sup>2</sup> <sup>1</sup>Научно-исследовательский институт системной биологии и медицины, г. Москва, Российская Федерация<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация [val-ved@yandex.ru](mailto:val-ved@yandex.ru)

**Аннотация.** Химический метод является основным при борьбе с грызунами. Для проведения дератизационных работ применяются родентициды острого (фосфид цинка и крысид) или кумулятивного действия: антикоагулянты (I и II поколений). Цель исследования — оценить результаты родентицидной активности двух форм родентицидных приманок, приготовленных на основе бродифакума, для борьбы с грызунами и снижения их вредоносности в населенных пунктах и прилегающих к ним территориях, на сельскохозяйственных угодьях. Всего было приготовлено две формы приманок против грызунов с родентицидом бродифакум. Испытана родентицидная активность разработанных нами форм приманок в сыпучих и мягких формах. Установлено, что обе формы обладают высокой биологической активностью, достигающей 90,17 и 89,67 %. Нормы расхода отравленных приманок в форме мягких брикетов ниже по сравнению с зерновыми приманками, при этом высока эффективность и экономится пищевая основа для приготовления отравленных родентицидных приманок.

**Ключевые слова:** поедаемость, зерновая приманка, родентицидная активность, концентрация, мягкий брикет, пищевая основа

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 12 сентября 2023 г., принята к публикации 9 октября 2023 г.

**Для цитирования:** Рябов С.В., Введенский В.В., Долженко Т.В., Каррижо Р. Эффективность двух форм родентицидных приманок против серых крыс и обыкновенных полевок, основанных на бродифакуме // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 485—492. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-485-492

© Рябов С.В., Введенский В.В., Долженко Т.В., Каррижо Р., 2023



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

## Testing two forms of rodenticide baits based on brodifacoum *in vitro* on Norway rats *Rattus norvegicus*

Sergey V. Ryabov<sup>1</sup> , Valentin V. Vvedensky<sup>2</sup>  ,  
Tatyana V. Dolzhenko<sup>3</sup> , Ranim Karrijow<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Research Institute for Systems Biology and Medicine, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>RUDN University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

 vaval-ved@yandex.ru

**Abstract.** The chemical method is the most common to control rodents. Fast acting rodenticides (zinc phosphide and krysid) and slow-acting rodenticides divided into first- and second-generation anticoagulants are used for deratization practice. The aim of the study was to evaluate the results of rodenticidal activity of brodifacoum for two forms of rodenticidal baits in order to control rodents in settlements and adjacent territories, on agricultural land and reduce their harm. In case of high numbers, they carry such dangerous diseases as plague, typhoid fever, paratyphs, encephalitis, rabies, tuberculosis, tularemia, etc. Fleas and ticks parasitizing mouse-like rodents transmit pathogens to pets and humans. The economic damage caused by rodents is high. They destroy and spoil food and fodder, destroy the seedlings of agricultural crops. In a year, a gray rat eats 20...24 kg of food and pollutes 10 times more products. In total, two forms of baits based on brodifacoum were prepared against rodents. We proposed and tested the rodenticidal activity of the forms of baits developed in loose and soft forms. The assessment established that both forms had high biological activity, reaching 90.17 and 89.67 %. Consumption rates of poisoned baits in the form of soft briquettes were lower compared to grain baits, showing high efficiency and saving the food base for preparation of poisoned rodenticidal baits.

**Keywords:** eatability, grain bait, rodenticidal activity, concentration, soft briquette, food base

**Conflicts of interest.** The authors declared no conflicts of interest.

**Article history:** Received: 12 September 2023. Accepted: 9 October 2023.

**For citation:** Ryabov SV, Vvedensky VV, Dolzhenko TV, Karrijow R. Testing two forms of rodenticide baits based on brodifacoum *in vitro* on Norway rats *Rattus norvegicus*. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(4):485—492. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-485-492

### Введение

В широком ассортименте родентицидов, применяемых в сельскохозяйственном производстве, значительное место занимают содержащие бродифакум препараты, которые относятся к антикоагулянтам второго поколения. Они намного токсичнее для грызунов, гибель зверьков достигается после однократного поедания приманки через несколько суток, так как необходимо время для развития механизмов нарушения свертываемости крови. Крысы и мыши наносят вред человеку и его собственности с древних времен, поскольку они сопровождают его в тех местах, где он находится, поедают или повреждают продукцию, особенно в сельскохозяйственной сфере. Заражение грызунами приводит к большим потерям некоторых стратегических культур, например, 53 % производства риса в Азии [1–3], а в не-

которых регионах Таиланда — до 100 % [4, 5]. Заражение сельскохозяйственных культур патогенами и распространение их в окружающей среде представляют опасность для людей и домашних животных.

Почти все дикие крысы живут в тесной связи с людьми, что приводит к различным формам неблагоприятных взаимодействий, часто считаются вредителями. Например, известно, что крысы «передают опасные заболевания человеку и домашним животным» [6], уничтожают хранимую пищу и инфраструктуру, в т. ч. повреждают провода или фундаменты [8, 9]. Кроме того, крысы являются хищниками и могут быть угрозой для других видов животных, особенно при распространении на новой территории [10]. Таким образом, со времен средневековья была огромная потребность в контроле численности и расселения крыс [11].

Распространение видов семейства Мышиных (сем. Muridae), к которому относятся крысы и мыши, значительно в населенных пунктах, где множится деятельность, увеличиваются отходы, разнообразны источники питания, в т. ч. разнообразие сельхозкультур, есть убежища. Характер окружающей среды тоже влияет на масштабы причиняемого ущерба [12].

Исследования в Сирии показали, что наиболее часто встречается черная крыса *Rattus rattus*, наносящая ущерб деревьям, полям, лесам и фруктовым садам, в т. ч. цитрусовым, так как она широко распространяется вблизи живых изгородей, виноградников, гранатов, вьющихся растений и деревьев, чьи ветви касаются почвы. За черной крысой по распространенности следует серая крыса *R. Norvegicus*. Оба вида питаются часто на открытом воздухе, поедая части растений, в т. ч. декоративных, фрукты. «Домовая мышь *Mus musculus* распространяется с меньшей скоростью, чаще в домах и овинах, она питается мелкими насекомыми и почками растений. В полях и садах также встречается общественная полевка или степная полевка *Microtus socialis*» [13].

Грызуны обычно нападают на все, с чем сталкиваются, чтобы съесть, укусить, поточить зубы или получить припасы для строительства гнезд в норах. Грызуны наносят значительный ущерб в садах, так как они нападают на цитрусовые и сопутствующие им виды (гранат, инжир), а также питаются мякотью цитрусовых, оставляя полыми и висящими на деревьях, а иногда и питаются только альbedo цитрусовых, оставляя мякоть практически голой (у лимона). Также «повреждают ветви и стебли саженцев, кольцеобразно обгрызая кору» [14].

Химическое воздействие было и остается наиболее широко используемым методом борьбы с грызунами, а родентициды, вероятно, останутся основным средством борьбы с ними в сельскохозяйственной среде, несмотря на то, что пестициды наименее подходящи и наиболее опасны для нецелевых организмов, для теплокровных животных в целом [15]. Также настороженность и неприятие грызунами изменений среды их обитания, в т. ч. внедрения чужеродных веществ, увеличивает трудность борьбы с ними, особенно с помощью быстродействующих (одноразовых) родентицидов, которые считаются наиболее эффективными при массовом распространении грызунов.

**Цель исследования** — определение родентицидной активности двух форм родентицидных приманок (сыпучей и мягкого брикета), приготовленных на основе бродифакума, в снижении численности или полном истреблении мышевидных грызунов на сельскохозяйственных угодьях и природных биотопах.

## Материалы и методы исследования

Опыт проводился в вивариях лаборатории дератизации Научно-исследовательского института системной биологии и медицины на серых крысах. Клинически здоровых животных содержали группами по 6–7 крыс при температуре воздуха 23...25 °С, относительной влажности 60...70 %, 12-часовом освещении.

Для эксперимента использовали родентицидное средство «Бродефор» на основе бродифакума — действующее вещество родентицидов из класса антикоагулянтов крови, производное гидроксикумарина. Бродифакум относится ко второму поколению антикоагулянтов, которые гораздо сильнее действуют на грызунов, чем родентициды первого поколения этой группы.

Были приготовлены две формы приманки:

1) зерновая приманка — путем смешивания концентрата с пищевой основой из расчета 10 мл на 0,5 кг ячменных зерен. Приманка имеет форму сыпучего зерна. Для привлечения грызунов добавлено подсолнечное масло;

2) мягкий брикет — путем смешивания концентрата с пищевой основой из расчета 10 мл на 0,5 кг муки. Приманка образуется в виде мягкого брикета. В приманку добавлено пальмовое масло в качестве аттрактанта грызунов.

В кормушки помещали зерновую прикормку в количестве 30...40 г и мягкую прикормку в количестве 15...20 г. Контролем служил альтернативный корм без бродифакума, который также помещали в клетки в количестве 87...111 г. Давали воду в неорганиченном количестве.

Поедаемость приманки определяли по количеству пищи, съеденной подопытными крысами в течение дня, путем взвешивания каждой из оставшейся приманки и оставшегося контрольного альтернативного корма.

## Результаты исследования и обсуждение

Характеристика поедаемости мышевидными грызунами зерновой приманки и мягкого брикета на основе антикоагулянта бродифакума и их эффективность приведены в табл. 1. Указано количество съеденной отравленной зерновой приманки в сутки с момента начала опыта до гибели подопытных крыс, и в среднем оно составляет в первые сутки 21,55 г, на вторые сутки 10,01 г, на третьи сутки зверьки перестали есть корм, на четвертый день одна из серых крыс погибла от свертываемости крови, на 5 сутки погибли все подопытные животные.

Таблица 1

**Динамика поедаемости зерновой приманки на основе родентицидного средства, содержащего действующее вещество бродифакум**

№ п/п	Пол	Исходное количество корма, г		Количество съеденной приманки по дням, г									
				1		2		3		4		5	
				О	К	О	К	О	К	О	К	О	К
1	♂	30	89	10,8	13,5	15,18	0,43	0	0	0	0	х	х
2	♂	40	87	32,3	14,1	4,84	2,62	0	0	х	х	х	х
Средняя величина		35	88	21,55	13,8	10,01	1,52	0	0	0	х	х	х

Примечание. О – опыт; К – контроль; х – гибель крыс.

Table 1

**Dynamics of eatability of grain bait based on rodenticide containing brodifacoum active ingredient**

No	Gender	Initial amount of feed, g		Amount of bait eaten by day, g									
				1		2		3		4		5	
				E	C	E	C	E	C	E	C	E	C
1	♂	30	89	10.8	13.5	15.18	0.43	0	0	0	0	х	х
2	♂	40	87	32.3	14.1	4.84	2.62	0	0	х	х	х	х
Average		35	88	21.55	13.8	10.01	1.52	0	0	0	х	х	х

Note. E – experiment; C – control; х – rat death.

В табл. 2 приведено количество мягкой приманки, съеденной серыми крысами в сутки с начала эксперимента до момента гибели крыс: в первый день поедаемость составила 13 г, на второй день — снизилась до 3,59 г, животные перестали есть корм на третьи и четвертые сутки, а все подопытные животные погибли на пятые сутки от начала опыта.

Таблица 2

**Динамика поедаемости мягкой брикета на основе родентицидного средства, содержащего действующее вещество бродифакум**

№ п/п	Пол	Исходное количество корма, г		Количество съеденной приманки по дням, г									
				1		2		3		4		5	
				О	К	О	К	О	К	О	К	О	К
3	♂	21	111	10	8,6	7,18	4,7	0	0	0	0	х	х
4	♂	16	105	16	9,2	–	14,26	0	0	0	0	х	х
Средняя величина		18,5	108	13	8,9	3,59	9,48	0	0	0	0	х	х

Примечание. О – опыт; К – контроль; х – гибель крыс.

### Dynamics of eatability of soft briquette based on rodenticide containing brodifacoum active ingredient

No	Gender	Initial amount of feed, g		Amount of bait eaten by day, g									
				1		2		3		4		5	
		E	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E	C
3	♂	21	111	10	8.6	7.18	4,7	0	0	0	0	x	x
4	♂	16	105	16	9.2	–	14,26	0	0	0	0	x	x
Average		18,5	108	13	8.9	3.59	9.48	0	0	0	0	x	x

Note. E – experiment; C – control; x – rat death.

Результатами исследований установлено, что родентицидная эффективность в борьбе с мышевидными грызунами после поедаемости зерновой приманки и мягкого брикета, приготовленных на основе бродифакума, проявлялась с первых суток применения приманки по четвертые сутки включительно. Но на третьи сутки у животных появлялись кровотечения из носа. При этом поедаемость зерновой приманки достигла 90,17 %, а мягкого брикета — 89,67 %. Поедаемость была высокой как зерновой приманки, так и мягкого брикета, при котором все мышевидные грызуны погибали в течение 5 дней.

### Заключение

Анализ результатов исследований показал, что поедаемость зерновой приманки, содержащей бродифакум, выше, чем мягкой приманки всего на 0,5 %, и обе приманки независимо от формы вызывают 100 % гибель подопытных грызунов в течение 5 суток в лабораторных условиях, что подтверждает эффективность родентицидных приманок. В зависимости от численности мышевидных грызунов лучше использовать отравленные мягкие брикеты с малыми нормами расхода по сравнению с зерновыми приманками, экономя пищевую основу для приготовления отравленных приманок.

Разработанные приманки могут быть использованы как часть дератизационных мероприятий для борьбы с грызунами и уменьшения наносимого ими ущерба в населенных пунктах и на сельскохозяйственных культурах, в которых они обитают.

### Список литературы

1. Кучерук В.В. Спонтанные эпизоотии и их значение в регуляции численности грызунов // Тез. докл. II экол. конфер. по проблеме Массовые размножения животных и их прогнозы. Киев, 1950. № 2. С. 38.
2. Клементьева С.А. Новое родентицидное средство «Изорат-4» для борьбы с грызунами // Конкурентоспособность и качество животноводческой продукции: сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. Жодио, 2014. С. 343–346.
3. Aplin K.P., Chesser T., Havel J. Evolutionary biology of the genus *Rattus*: profile of an archetypal rodent pest // *Acia* monograph series. 2003. Т. 96. С. 487–498.

4. Booy O., Cornwell L., Parrott D., Sutton-Croft M., Williams F. Impact of biological invasions on infrastructure // *Impact of Biological Invasions on Ecosystem Services* / M. Vila', P.E. Hulme (Eds). Cham: Springer, 2017. P. 235–247. doi: 10.1007/978-3-319-45121-3
5. Мамедова С.Р., Халилов Э.А., Исмаилов М.М., Магеррамов Д.Г. Особенности размножения полевок в Азербайджане // *Защита и карантин растений*. 2006. № 11. С. 35–36.
6. Brown P.R., Khamphoukeo K. Changes in farmers' knowledge, attitudes and practices after implementation of ecologically-based rodent management in the uplands of Lao PDR // *Crop Protection*. 2010. Т. 29. № 6. С. 577–582. doi: 10.1016/j.cropro.2009.12.025
7. Himsforth C.G., Parsons K.L., Jardine C., Patrick D.M. Rats, cities, people, and pathogens: a systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers // *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2013. № 13. P. 349–359. doi: 10.1089/vbz.2012.1195
8. Бернштейн А.Д., Мясников Ю.А. Влияние расчистки леса на численность мелких млекопитающих // *Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных*. М., 1987. С. 67–68.
9. Дембич Н.Д., Бudyлова А.С. Вред и борьба с крысами // *Трансформация вузовского образования: от локальных кейсов к тенденциям развития*: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. М., 2020. С. 80–88.
10. Кадиров А.Ф., Клементьева С.А. Родентицидный состав «Изорат-2». Патент (RU)22R2277330C1. ГНУ ВНИИВСГЭ Россельхозакадемии. 2006.
11. Khlyap L., Glass G., Kosoy M. Rodents in urban ecosystems of Russia and the USA // *Rodents: Habitat, pathology and environmental impact*. Nova Science Publishers, Inc., 2012. С. 1–21.
12. Meerburg B.G., Singleton G.R., Leirs H. The year of the rat ends — time to fight hunger! // *Pest Management Science*. 2009. № 65. P. 351–352. doi: 10.1002/ps.1718
13. Moors P.J., Atkinson I.A.E., Sherley G.H. Reducing the rat threat to island birds // *Bird Conservation International*. 1992. № 2. P. 93–114. doi: 10.1017/S0959270900002331
14. Рябов С.В., Астарханова Т.С., Каррижо Р. К вопросу о совершенствовании дератизационных мероприятий с помощью капсулированных приманок // *Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова*: сб. статей. 2022. Т. 1. С. 186–190.
15. Wood B.J., Fee C.G. A critical review of the development of rat control in Malaysian agriculture since the 1960s // *Crop Protection*. 2003. Т. 22. № 3. С. 445–461.

## References

1. Kucheruk VV. Spontaneous epizootics and their significance in the regulation of the number of rodents. In: *Ecological conference on the problem of mass reproduction of animals and their forecasts*. Kiev; 1950. p.38. (In Russ.).
2. Klementyeva SA. A new rodenticidal agent «Izorat-4» for rodent control. In: *Competitiveness and quality of livestock products: conference proceedings*. Zhodzina; 2014. p.343–346. (In Russ.).
3. Aplin KP, Chesser T, Have J. Evolutionary biology of the genus *Rattus*: profile of an archetypal rodent pest. *Aciar monograph series*. 2003;96:487–498.
4. Booy O, Cornwell L, Parrott D, Sutton-Croft M, Williams F. The impact of biological invasions on infrastructure. In: Vila M, Hulme P. (eds.) *The impact of biological invasions on ecosystem services*. Cham: Springer; 2017. pp.235–247. doi: 10.1007/978-3-319-45121-3\_15
5. Mamedova SR, Khalilov EA, Ismailov MM, Magerramov DG. Peculiarities of vole reproduction in Azerbaijan. *Plant protection and quarantine*. 2006;(11):35–36. (In Russ.).
6. Brown PR, Khamphoukeo K. Changes in farmers' knowledge, attitudes and practices after implementation of ecologically-based rodent management in the uplands of Lao PDR. *Crop protection*. 2010;29(6):577–582. doi: 10.1016/j.cropro.2009.12.025
7. Himsforth CG, Parsons KL, Jardine C, Patrick DM. Rats, cities, people, and pathogens: a systematic review and narrative synthesis of literature regarding the ecology of rat-associated zoonoses in urban centers. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*. 2013;13(6):349–359. doi: 10.1089/vbz.2012.1195
8. Bernstein AD, Myasnikov YA. The effect of forest clearing on the number of small mammals. In: *Vliyanie antropogennoi transformatsii landshafta na naselenie nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh* [The impact of anthropogenic transformation of the landscape on the population of terrestrial vertebrates]. Moscow; 1987. pp.67–68. (In Russ.).

9. Dembich ND, Budylova AS. Harm and control of rats. In: *Transformation of university education: from local cases to development trends: conference proceedings*. Moscow; 2020. pp.80–88. (In Russ.).
10. Kadirov AF, Klementyeva SA. *Rodentitsidnyi sostav «Izorat-2»* [Rodenticidal composition of «Izorat-2»]. Patent RUS, no. 22R2277330C1, 2006. (In Russ.).
11. Khlyap L, Glass G, Kosoy M. Rodents in urban ecosystems of Russia and the USA. In: *Rodents: habitat, pathology and environmental impact*. Nova Science Publishers; 2012. pp.1–21.
12. Meerburg BG, Singleton GR, Leirs H. The year of the rat ends — time to fight hunger! *Pest Management Science*. 2009;65(4):351–352. doi: 10.1002/ps.1718
13. Moores PJ, Atkinson IAE, Sherley GH. Reducing the rat threat to island birds. *Bird Conservation International*. 1992;2(2):93–114. doi: 10.1017/S0959270900002331
14. 1Karrijow R, Astarkhanova TS, Ryabov SV. On the issue of improving deratization measures with the help of encapsulated baits. In: *International Scientific Conference of young scientists and specialists dedicated to the 135th anniversary of the birth of A.N. Kostyakov. Volume 1*. Moscow; 2022. p.186–190. (In Russ.).
15. Wood BJ, Fee CG. A critical review of the development of rat control in Malaysian agriculture since the 1960s. *Crop protection*. 2003;22(3):445–461. doi: 10.1016/S0261-2194(02)00207-7

#### Об авторах:

*Рябов Сергей Васильевич* — ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией экспериментальных моделей, Научно-исследовательский институт системной биологии и медицины, 117246, Российская Федерация, г. Москва, Научный пр., д. 18; e-mail: ryabovsv@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-7863-7576

*Введенский Валентин Валентинович* — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, агробиологический департамент, аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, 17198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: vaval-ved@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-2977-2616

*Долженко Татьяна Васильевна* — доктор биологических наук, профессор кафедры защиты и карантина растений, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2; e-mail: dolzhenkotv@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-4139-2664

*Каррижо Раним* — аспирант, агробиологический департамент аграрно-технологический институт, Российский университет дружбы народов, 17198, Российская Федерация, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: 1042205065@rudn.ru  
ORCID: 0009-0009-9405-5136

#### About authors:

*Ryabov Sergey Vasilievich* — Leading Researcher, Head of the Laboratory of Experimental Models, Research Institute for Systems Biology and Medicine, 18 Nauchny driveway, Moscow, 117246, Russian Federation; e-mail: ryabovsv@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-7863-7576

*Vvedensky Valentin Valentinovich* — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Agrobiotechnology Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 17198, Russian Federation; e-mail: vaval-ved@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-2977-2616

*Dolzhenko Tatyana Vasilievna* — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Plant Protection and Quarantine, St. Petersburg State Agrarian University, 2 Peterburgskoye Highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russian Federation; e-mail: dolzhenkotv@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-4139-2664

*Karrijow Ranim* — Graduate Student, Agrobiotechnology Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 8 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 17198, Russian Federation; e-mail: 1042205065@rudn.ru  
ORCID: 0009-0009-9405-5136