

DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-5

ОЦЕНКА АДДИТИВНОГО ЭФФЕКТА КОМБИНАЦИИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТНОШЕНИИ *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

Т.А. Семьинин, А.Н. Здоров, М.М. МаринчевФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
Российская Федерация, 460018, Оренбург, пр. Победы, д. 13

РЕЗЮМЕ. Интенсивно развивающееся животноводство требует постоянного поиска и разработки биологически активных соединений, направленных на профилактику и лечение патологических состояний, вызванных полирезистентными патогенными и условно-патогенными штаммами. Наряду с выраженным физиологически значимым биологическим действием отдельных эссенциальных элементов они могут проявлять и выраженный бактерицидный эффект в отношении инфекционных агентов. Цель работы – оценить потенциал комбинированного действия цинка и йода на *Pseudomonas aeruginosa*, в качестве компонентов разрабатываемой рецептуры мази для лечения раневых и послеоперационных ран у животных. Полученные данные свидетельствуют о наличии выраженного синергизма элементов, совместное действие которых способствует усилению бактерицидных эффектов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цинк, йод, бактерицидный эффект, *Pseudomonas aeruginosa*.

Для цитирования: Семьинин Т.А., Здоров А.Н., Маринчев М.М. Оценка аддитивного эффекта комбинации эссенциальных элементов в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Микроэлементы в медицине. 2024;25(3):11–13. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-3-5.

ВВЕДЕНИЕ

Цинк является важным микроэлементом для всех живых организмов. Показано, что у условно-патогенного бактериального патогена *Pseudomonas aeruginosa* цинк играет важную роль в вирулентности, колонизации организма-хозяина, а также участвует в устойчивости к антибиотикам (Gonzalez et al., 2019). Контроль концентрации цинка в клетках с помощью специальных систем импорта и экспорта имеет важное значение для выживания и вирулентности *Pseudomonas aeruginosa*. Таким образом, транскрипция многих переносчиков этого элемента жестко регулируется известным набором транскрипционных факторов, участвующих либо в импорте, либо в экспорте цинка (Ducret et al., 2023a, Ducret et al., 2023b). Устойчивость к металлам у микроорганизмов определяется металлофорами, которые представляют собой молекулы, хелатирующие ионы металлов, выделяемые бактериями, что позволяет им выживать в организме хозяина в условиях дефицита и избытка металлов. *P. aeruginosa* секретирует три металлофора: пиовердин, пиохелин (являются первичными сидерофорами, приобретающими железо из окружающей среды) и псевдопалин (хелатор ионов опина с узким спектром действия, позволяет поглощать цинк, но также может транспортировать никель и кобальт) (Ghssein et al., 2022).

Ц е л ь р а б о т ы – провести оценку аддитивного эффекта комплексного воздействия цинка и йода на полирезистентный штамм *P. aeruginosa*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведена оценка уровня толерантности исследуемого штамма *P. aeruginosa* в отношении сульфата и нитрата цинка с использованием диффузионного метода агаровых лунок, совмещенного с методом серийных разведений. Соли металлов разводили в дистиллированной воде из расчета 1 М/л в первой пробирке с последующим переносом половинного объема, кратность разведения 1:2. Всего сделано 7 разведений. Кристаллический йод растворяли в полиэтилен гликоле 400 0,1 г/10 мл. Оценку биологической активности проводили аналогичным образом посредством внесения 30 мкл в лунки с предварительным высевом тестируемого микроорганизма.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о выраженном бактерицидном действии исследуемых солей цинка в отношении бактериального штамма с выраженной зоной ингибирования, вплоть до разведения, соответствующего 0,063 М/л для обоих исследуемых солей, при этом

диаметрально удаленное ингибирование роста *P. aeruginosa* для $ZnSO_4$ было более выраженным чем для $Zn(NO_3)_2$ и составило 9,28 мм и 8,34 мм, соответственно. Йод также оказывал слабо выраженное бактерицидное действие.

Для проведения чистоты эксперимента, а также для предотвращения кристаллизации йода было принято решение произвести разведение навески $ZnSO_4$ в глицерине, а йода – в полиэтилен гликоле. После разведения в обе пробирки вносили равные объемы растворителя, к йоду добавили глицерин, а к цинку полиэтилен гликоль. Анализ аддитивного бактерицидного действия выполняли в 10 повторностях; в лунки вносили по 15 мкл растворенного йода и сульфата цинка, оценку осуществляли визуально после инкубирования микроорганизмов в течение 24 ч при 37 °С, путем замера зон ингибирования роста.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о наличии выраженного синергетического эффекта тестируемых веществ с превышением средних значений подавления роста на 53,48 и 39,54% по отношению к $ZnSO_4$ и йоду соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о перспективности использования комбинации йода и цинка в составе лекарственных средств для наружного применения, направленных на профилактику послеоперационных и раневых инфекций у животных, вызванных полирезистентными к антибактериальным препаратам штаммами.

Работа выполняется в рамках стартап проекта по заказу предприятия «КРС-протектор» «Разработка барьерного средства для обработки сосков вымени крупного рогатого скота».

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Gonzalez M.R., Ducret V., Leoni S., Perron K. *Pseudomonas aeruginosa* zinc homeostasis: Key issues for an opportunistic pathogen. *Biochim Biophys Acta Gene Regul Mech.* 2019; 1862(7): 722–733. DOI: 10.1016/j.bbagr.2018.01.018.

Ducret V., Gonzalez D., Leoni S., et al. A Zur-mediated transcriptional regulation of the zinc export system in *Pseudomonas aeruginosa*. *BMC Microbiol.* 2023a; 23(1): 6. DOI: 10.1186/s12866-022-02750-4.

Ducret V., Gonzalez D., Perron K. Zinc homeostasis in *Pseudomonas*. *Biometals.* 2023b; 36(4): 729–744. DOI: 10.1007/s10534-022-00475-5.

Ghssein G., Ezzeddine Z. A Review of *Pseudomonas aeruginosa* Metallophores: Pyoverdine, Pyochelin and Pseudopaline. *Biology (Basel).* 2022; 11(12): 1711. DOI: 10.3390/biology11121711.

ASSESSMENT OF THE ADDITIVE EFFECT OF A COMBINATION OF ESSENTIAL ELEMENTS IN RELATION TO PSEUDOMONAS AERUGINOSA

T.A. Semynin, A.N. Zdorov, M.M. Marinchev

Orenburg State University,
Pobedy Ave. 13, Orenburg, 460018, Russian Federation

ABSTRACT. Intensively developing animal husbandry requires constant search and development of biologically active compounds aimed at the prevention and treatment of pathological conditions caused by polyresistant pathogenic and opportunistic strains. Along with the pronounced physiologically significant biological effect of individual essential elements, they can also exhibit a pronounced bactericidal effect against infectious agents. In our work, the potential of the combined action of zinc and iodine on *Pseudomonas aeruginosa* was evaluated as components for the formulation of ointment being developed for the treatment of wound and postoperative wounds in animals. The data obtained indicate the presence of pronounced synergism of elements, the combined action of which contributes to the enhancement of bactericidal effects.

KEYWORDS: zinc, iodine, bactericidal effect, *Pseudomonas aeruginosa*.