

Краткое сообщение

DOI 10.69540/2949-4079.2026.31.98.004

УДК 57.083.7 +
581.524.6 + 579.862

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МАГНИЯ НА РОСТ ЦИАНОБАКТЕРИИ *OSCILLATORIA SP.*

А.В. Золотова, В.А. Трофимук

*Московский государственный университет технологий и управления
им. К.Г. Разумовского, Москва*

Аннотация:

Представлены результаты исследования влияния различных концентраций ионов магния (Mg^{2+}) на рост нитчатой цианобактерии *Oscillatoria sp.* в условиях лабораторного культивирования. Культура выращивалась в минеральной среде Заррука с варьируемым содержанием Mg^{2+} : 150, 200 (контроль), 250 и 300 мг/л. Рост оценивался по оптической плотности (OD_{750}) в течение 14 суток. Эксперимент показал, что оптимальной концентрацией для роста культуры является 250 мг/л. Дефицит (150 мг/л) и избыток (300 мг/л) магния снижали прирост биомассы. Результаты могут быть использованы для оптимизации условий культивирования цианобактерий в биотехнологии.

Ключевые слова: цианобактерии, магний, оптимальная концентрация, культивирование, биомасса

Short message

EFFECT OF MAGNESIUM IONS ON THE GROWTH OF THE CYANOBACTERIUM *OSCILLATORIA SP.*

A.V. Zolotova, V.A. Trofimuk

*K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management,
Moscow*

Abstract:

The study presents the results of investigating the influence of varying concentrations of magnesium ions (Mg^{2+}) on the growth of the filamentous cyanobacterium *Oscillatoria sp.* under laboratory conditions. The culture was cultivated in Zarrouk's mineral medium with Mg^{2+} concentrations of 150, 200 (control), 250, and 300 mg/L. Growth was monitored by measuring optical density (OD_{750}) over a 14-day period. The optimal concentration for biomass

accumulation was found to be 250 mg/L. Both deficiency (150 mg/L) and excess (300 mg/L) of magnesium negatively affected growth. The findings can be applied to optimize cyanobacterial cultivation for biotechnological purposes.

Keywords: cyanobacteria, magnesium, optimal concentration, cultivation, biomass

Цианобактерии, в частности, представители рода *Oscillatoria* на протяжении многих лет остаются объектом пристального внимания исследователей благодаря ряду уникальных физиологических и биохимических свойств. Высокая скорость роста, способность к активному фотосинтезу, устойчивость к различным стрессовым факторам окружающей среды и возможность накапливать значительное количество биомассы делают эти микроорганизмы перспективными для использования в различных областях — от биотехнологии и экологии до производства биотоплива и функциональных пищевых добавок.

Одним из ключевых элементов, влияющих на метаболическую активность и продуктивность цианобактерий, является магний (Mg^{2+}) — жизненно важный макроэлемент, играющий центральную роль в процессах фотосинтеза и энергетического обмена. Магний является структурным компонентом хлорофилла, обеспечивая стабильность его молекулы и участвуя в поглощении световой энергии. Кроме того, он стабилизирует фотосинтетические мембранные комплексы, регулирует активность ферментов, участвующих в синтезе АТФ, и задействован в транспорте электронов в хлоропластах. Таким образом, концентрация магния в питательной среде может оказывать существенное влияние как на интенсивность фотосинтетических процессов, так и на общий уровень роста и развития клеток.

Несмотря на очевидную важность магния для нормального функционирования фототрофных микроорганизмов, влияние различных концентраций ионов Mg^{2+} на ростовые характеристики цианобактерий, в том числе рода *Oscillatoria*, остается недостаточно изученным. В доступной литературе отсутствуют системные исследования с количественной оценкой зависимости скорости роста этих микроорганизмов от содержания магния в питательной среде.

В связи с этим настоящее исследование направлено на изучение влияния различных концентраций ионов магния на рост и физиологическое состояние цианобактерии *Oscillatoria sp.* в контролируемых лабораторных условиях. Цель работы заключается в выявлении оптимального диапазона содержания Mg^{2+} , обеспечивающего максимальную продуктивность культуры, а также в установлении возможных призна-

ков дефицита или токсического действия этого элемента. Полученные результаты могут быть использованы при разработке эффективных питательных сред для массового культивирования цианобактерий в промышленных и научных целях.

Объектом исследования являлась культура нитчатой цианобактерии *Oscillatoria sp.*, предоставленная лабораторией учебно-научного аквакультурного центра. Культивирование проводилось в стеклянных колбах объемом 100 мл на минеральной среде Заррука.

В работе использовались четыре варианта среды с различным содержанием магния (в форме $MgSO_4 \cdot 7H_2O$): 150, 200 (контроль), 250 и 300 мг/л. Подбор диапазона концентраций основывался на физиологических данных по цианобактериям и литературных источниках.

Температура культивирования поддерживалась на уровне 27 ± 1 °C²⁵. Освещение обеспечивалось люминесцентными лампами, суммарная освещенность составила 2000—3000 лк при фотопериоде 12 часов света и 12 часов темноты²⁶. Начальная плотность культуры была приведена к $OD_{750} = 0,05$.

Наблюдение за ростом осуществлялось ежедневно в течение 14 суток. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ при длине волны 750 нм. Для повышения точности все измерения проводились в трех повторностях. Дополнительно рассчитывали удельную скорость роста (μ) на основе изменения OD за интервал времени.

В ходе эксперимента была исследована динамика роста цианобактерии *Oscillatoria sp.* в среде с различным содержанием ионов магния (Mg^{2+}): 150, 200, 250 и 300 мг/л. Оценка роста проводилась по изменению оптической плотности (OD_{750}) в течение 14 суток. Сравнительные данные представлены на Рис. 1.

Максимальное накопление биомассы наблюдалось при концентрации магния 250 мг/л. В этом варианте OD_{750} достигала наивысших значений по сравнению с остальными, а прирост сухой массы составил $3,34 \pm 0,13$ г/л. Контрольный вариант (200 мг/л) обеспечивал средний рост ($3,09 \pm 0,12$ г/л). При пониженной концентрации магния (150 мг/л) наблюдалось замедление роста, а при избытке (300 мг/л) отмечено значительное снижение биомассы ($2,43 \pm 0,10$ г/л), что может быть связано со стрессовой реакцией клеток на избыточное содержание Mg^{2+} .

²⁵ Rossi S., Carecci D., Ficara E. Thermal response analysis and compilation of cardinal temperatures for microalgae and cyanobacteria // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 873. Art. 162275.

²⁶ Contreras-Ropero J.E., Lidueñez-Ballesteros V.S., Rodríguez-Bohórquez A.D. The effect of LEDs on biomass and phycobiliproteins production in thermotolerant *Oscillatoria sp.* // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. Art. 11664.

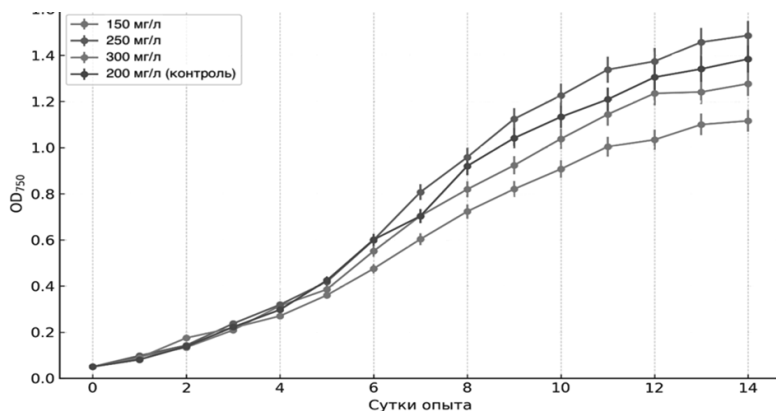


Рис. 1. Сравнительная динамика роста *Oscillatoria sp.*

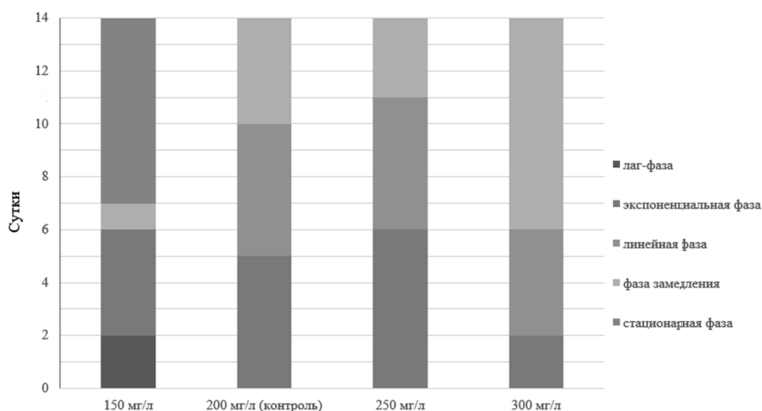


Рис. 2. Продолжительность фаз роста *Oscillatoria sp.* при различных концентрациях Mg²⁺

Анализ продолжительности фаз роста (Рис. 2) показал, что в вариантах с 200 и 250 мг/л культура проходила полный цикл — от лаг-фазы до стационарной — с выраженными экспоненциальной и линейной фазами. При концентрации 150 мг/л наблюдалась укороченная экспоненциальная фаза и преждевременный переход в стационарную. В условиях избытка магния (300 мг/л) линейная фаза была укорочена, а замедление роста началось уже с 8 суток, что также подтверждает угнетение клеточной активности²⁷.

²⁷ Тренкеншу Р.П., Лелеков А.С. Моделирование роста микроводорослей

Проведенное исследование демонстрирует существенную зависимость ростовых характеристик цианобактерии *Oscillatoria sp.* от концентрации ионов Mg^{2+} в питательной среде. Установлено, что оптимальная концентрация магния составляет 250 мг/л, что на 25 % превышает стандартную дозировку в контрольной группе (200 мг/л). В условиях оптимальной концентрации зафиксировано максимальное накопление биомассы — $3,34 \pm 0,13$ г/л, а также наблюдается пролонгированная линейная фаза роста, что свидетельствует об интенсивном и продолжительном периоде фотосинтетической активности.

Отклонения от оптимума в обе стороны оказывают негативное влияние: дефицит магния (150 мг/л) приводит к сокращению экспоненциальной фазы и преждевременному вступлению культуры в стационарную фазу, что указывает на ограничение биохимических процессов из-за недостатка ключевого макроэлемента. Избыток магния (300 мг/л), по-видимому, вызывает ионный стресс^{28,29}, проявляющийся в укорочении линейной фазы и значительном снижении итоговой биомассы на 26 % по сравнению с оптимальным показателем.

Полученные количественные данные имеют важное фундаментальное и прикладное значение. С одной стороны, это исследование важно для понимания физиологической роли магния в ростовой динамике нитчатых цианобактерий, демонстрируя его критическое влияние не только на скорость, но и на продолжительность ключевых фаз развития культуры. С другой стороны, в прикладном аспекте установленное в опыте оптимальное значение концентрации магния (250 мг/л) может быть предложено к оптимизации состава питательных сред для цианобактерии *Oscillatoria sp.* Эти данные могут быть непосредственно использованы в промышленной биотехнологии с целью получения целевой биомассы. Это повысит рентабельность производства биотоплива, функциональных пищевых добавок, кормового белка и биопластиков.

Таким образом, исследование вносит конкретный вклад в разработку ресурсосберегающих технологий микробного синтеза, позволяя управлять продуктивностью ценных микроорганизмов посредством точной регуляции минерального состава среды.

в культуре. Белгород, 2017. С. 27—35.

^{28 4} Поляк Ю.М., Сухаревич В.И. Бентосные цианобактерии: особенности роста, физиологии и токсинообразования // Региональная экология. 2019. № 2 (56). С. 57—64.

^{29 5} Pohland A.C., Bernát G., Geimer S. Mg^{2+} limitation leads to a decrease in chlorophyll, resulting in an unbalanced photosynthetic apparatus in the cyanobacterium *Synechocystis sp.* PCC6803 // Photosynthesis Research. 2024. Vol. 162. P. 13—27.

Список литературы

1. Поляк Ю.М., Сухаревич В.И. Бентосные цианобактерии: особенности роста, физиологии и токсинообразования // Региональная экология. 2019. № 2 (56). С. 57—64.
2. Тренкеншу Р.П., Лелеков А.С. Моделирование роста микроводорослей в культуре. Белгород: «Константа», 2017. С. 27—35.
3. Contreras-Ropero J.E., Lidueñez-Ballesteros V.S., Rodríguez-Bohórquez A.D. The effect of LEDs on biomass and phycobiliproteins production in thermotolerant *Oscillatoria* sp. // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. Art. 11664. DOI: 10.3390/app122211664
4. Pohland A.C., Bernát G., Geimer S. Mg²⁺ limitation leads to a decrease in chlorophyll, resulting in an unbalanced photosynthetic apparatus in the cyanobacterium *Synechocytis* sp. PCC6803 // Photosynthesis Research. 2024. Vol. 162. P. 13—27. DOI: 10.1007/s11120-024-01112-7
5. Rossi S., Carecci D., Ficara E. Thermal response analysis and compilation of cardinal temperatures for microalgae and cyanobacteria // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 873. Art. 162275. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162275

Сведения об авторах

Золотова Анастасия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинформатики факультета биотехнологий и рыбного хозяйства МГУТУ им. К.Г. Разумовского. E-mail: avzolutova@gmail.com

Трофимук Валерия Анатольевна, студент 4-го курса факультета биотехнологий и рыбного хозяйства МГУТУ им. К.Г. Разумовского. E-mail: trofimuklera@gmail.com

Information about the authors

Zolotova Anastasia Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Bioinformatics in the Faculty of Biotechnology and Fisheries, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: avzolutova@gmail.com

Trofimuk Valeria Anatolyevna, 4th year Student of the Faculty of Biotechnology and Fisheries, K.G. Razumovsky MSUTM. E-mail: trofimuklera@gmail.com

Статья поступила в редакцию 15.10.2025; одобрена после рецензирования 21.10.2025; принята к публикации 28.10.2025.