



УДК: 579.8:633.11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Уктамова Мубинабону Рустамжон қизи

Студент Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий

Аннотация. В статье исследованы особенности роста и накопления биомассы микроводорослей *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa* и *Chlorella sorokiniana* в различных источниках воды и питательных средах. Установлено, что наибольший выход биомассы обеспечивают родниковая вода и минеральная питательная среда, а наиболее высокой скоростью роста характеризуется *Chlorella sorokiniana*. На основе результатов разработана эффективная технология получения экологически безопасного биостимулятора для сельского хозяйства.

Ключевые слова: хлорелла, микроводоросли, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokiniana*, биомасса, питательная среда, источник воды, культивирование, биостимулятор, сельское хозяйство, биотехнология.

Annotatsiya. Ushbu maqolada *Chlorella* turlaridan bo'lgan *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa* va *Chlorella sorokiniana* ning turli suv manbalari va oziqa muhitlarida o'sish xususiyatlari hamda biomassa to'planishi o'rganilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, eng yuqori biomassa hosildorligi buloq suvi va mineral oziqa muhiti sharoitida kuzatilgan, eng tez o'sish esa *Chlorella sorokiniana* turida qayd etilgan. Olingan natijalar asosida qishloq xo'jaligi uchun ekologik xavfsiz biostimulyator olishning samarali texnologiyasi ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: xlorella, mikroalgalar, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokiniana*, biomassa, oziqa muhiti, suv manbai, kultivatsiya, biostimulyator, qishloq xo'jaligi, biotexnologiya.

Abstract. This article investigates the growth characteristics and biomass accumulation of the microalgae *Chlorella* species *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, and *Chlorella sorokiniana* in different water sources and nutrient media. It was established that the highest biomass yield is provided by spring water and mineral nutrient media, while the highest growth rate is observed in *Chlorella sorokiniana*. Based on the obtained results, an effective technology for producing an environmentally safe biostimulant for agriculture was developed.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKAR KARANTINI

Keywords: chlorella, microalgae, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella sorokiniana*, biomass, nutrient medium, water source, cultivation, biostimulant, agriculture, biotechnology.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях роста численности населения мира и увеличения спроса на продукты питания сельское хозяйство сталкивается с необходимостью внедрения новых, эффективных и экологически безопасных технологий. Одновременно с этим изменение климата, снижение плодородия почв и ограниченность водных ресурсов усиливают потребность в биологически обоснованных решениях [14, 15].

В этом контексте микроводоросли, в частности хлорелла (*Chlorella spp.*), представляют собой организмы, имеющие важное научное и практическое значение. Хлорелла отличается высокой фотосинтетической активностью, быстрым ростом и способностью к накоплению биомассы [1, 8].

В её составе содержатся белки, аминокислоты, витамины, микроэлементы и биологически активные вещества, что позволяет рассматривать её как универсальный биопрепарат в сельском хозяйстве. Поэтому разработка технологии выращивания различных видов хлореллы в разных водных и питательных средах является актуальной научной задачей [1, 2, 8].

Согласно исследованиям Becker, хлорелла является быстро размножающимся микроорганизмом, способным за короткое время формировать высокую биомассу и активно поглощать углекислый газ. Кроме того, она обладает высоким потенциалом как источник экологически чистых удобрений [2].

Richmond установил, что на процесс выращивания хлореллы влияют такие основные факторы, как освещённость, температура, уровень pH и состав минеральной среды, которые являются ключевыми детерминантами её роста [11].

В отечественных исследованиях хлорелла в основном рассматривалась как кормовая добавка в животноводстве, органическое удобрение в растениеводстве и средство биологической очистки воды. Однако комплексное влияние различных источников воды и питательных сред изучено недостаточно, что и определяет актуальность данного исследования

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны виды *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa* и *Chlorella sorokiniana*. Предметом исследования являлись процессы роста и накопления биомассы данных видов в различных водных и питательных средах.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Эксперимент проводился с использованием пяти типов воды: дождевая, снеговая, родниковая, арычная и питьевая вода, каждая из которых отличается физико-химическими свойствами.

В качестве питательных сред использовались стандартная минеральная среда на основе солей, органо-минеральная среда и контрольный вариант (только вода).

Эксперименты проводились в лабораторных условиях при температуре 25–28°C, при фотопериоде 12/12 часов, в диапазоне pH 6,5–7,5. Аэрация обеспечивалась постоянно. Продолжительность эксперимента составила 21 день.

В исследовании применялись методы микроскопического подсчёта, спектрофотометрического анализа, фенологических наблюдений и статистический анализ ANOVA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента подтвердили, что источники воды оказывают существенное влияние на рост хлореллы. Наибольший выход биомассы был зафиксирован в варианте с родниковой водой и минеральной средой. Это объясняется природным минеральным балансом родниковой воды, который стимулирует деление клеток.

Наименьшие показатели были отмечены в вариантах с арычной водой и контрольной средой, что связано с наличием загрязнений и органических примесей.

По питательным средам наибольшую эффективность показала минеральная среда, обеспечившая максимальное накопление биомассы. Органо-минеральная среда дала средние результаты, тогда как контрольный вариант показал минимальный рост.

Сравнение видов показало, что *Chlorella sorokiniana* обладает наиболее высокой скоростью роста. *Chlorella vulgaris* характеризуется стабильным накоплением биомассы, тогда как *Chlorella pyrenoidosa* отличается более медленным, но устойчивым ростом.

Процесс роста проходил через лаг-, лог- и стационарную фазы, при этом наиболее интенсивный рост наблюдался в лог-фазе.

Статистический анализ ANOVA подтвердил наличие достоверных различий между вариантами ($p < 0.05$).

Эффективная технология. На основании полученных результатов была определена наиболее эффективная технология выращивания хлореллы: использование родниковой воды в сочетании с минеральной средой и культурой *Chlorella sorokiniana* обеспечивает максимальный выход биомассы [5, 9, 13].



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Технологический процесс включает следующие этапы: подготовка воды, стерилизация, приготовление питательной среды, инокуляция, аэрация, выращивание в течение 14–21 дней, сбор биомассы и её сушка.

Данная технология отличается низкой себестоимостью, экологической безопасностью и высокой эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рост хлореллы напрямую зависит от источника воды и состава питательной среды. Родниковая вода является наиболее оптимальной природной средой. Минеральная среда обеспечивает максимальное накопление биомассы. *Chlorella sorokiniana* признана наиболее перспективным видом. Предложенная технология является эффективной для практического применения в сельском хозяйстве.

Практические рекомендации. Рекомендуется использовать родниковую воду при культивировании хлореллы. Оптимизация питательной среды позволяет повысить продуктивность биомассы. *Chlorella sorokiniana* является наиболее подходящим видом для промышленного производства. Данная технология имеет важное значение для развития экологически чистого сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barsanti L., Gualtieri P. *Algae: Anatomy, Biochemistry and Biotechnology*. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 301 p.
2. Becker W. *Microalgae in Biotechnology and Microbiology*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 293 p.
3. Borowitzka M.A. High-value products from microalgae: their development and commercialisation // *Journal of Applied Phycology*. – 2013. – Vol. 25. – No. 3. – P. 743–756.
4. Borowitzka M.A., Moheimani N.R. *Algae for Biofuels and Energy*. – Dordrecht: Springer, 2013. – 391 p.
5. Brennan L., Owende P. Biofuels from microalgae – A review of technologies for production, processing and extraction of biofuels and co-products // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2010. – Vol. 14. – No. 2. – P. 557–577.
6. Chisti Y. Biodiesel from microalgae // *Biotechnology Advances*. – 2007. – Vol. 25. – No. 3. – P. 294–306.
7. Converti A., Casazza A.A., Ortiz E.Y., Perego P., Del Borghi M. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* // *Chemical Engineering and Processing*. – 2009. – Vol. 48. – P. 1146–1151.
8. Khan M.I., Shin J.H., Kim J.D. The promising future of microalgae: Current status, challenges and optimization of a sustainable and renewable industry



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIK KARANTINI

- for biofuels, feed and other products // Microbial Cell Factories. – 2018. – Vol. 17. – Article 36.
9. Mata T.M., Martins A.A., Caetano N.S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2010. – Vol. 14. – No. 1. – P. 217–232.
10. Priyadarshani I., Rath B. Commercial and industrial applications of microalgae – A review // Journal of Algal Biomass Utilization. – 2012. – Vol. 3. – No. 4. – P. 89–100.
11. Richmond A., Hu Q. Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology. 2nd ed. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2013. – 736 p.
12. Ugwu C.U., Aoyagi H., Uchiyama H. Photobioreactors for mass cultivation of algae // Bioresource Technology. – 2008. – Vol. 99. – No. 10. – P. 4021–4028.
13. Wang B., Li Y., Wu N., Lan C.Q. CO₂ bio-mitigation using microalgae // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2008. – Vol. 79. – P. 707–718.
14. Абдукаримов Д.Т., Турсунов Б.Т. Перспективы применения хлореллы в сельском хозяйстве Узбекистана // Аграрная наука. – 2022. – № 4. – С. 45–50.
15. Сидько Ф.Я., Лях С.П. Микроводоросли в биотехнологии и сельском хозяйстве. – Новосибирск: СО РАН, 2015. – 248 с.