

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА

Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов

ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Н.С. Попов

Ключевые слова и фразы: освещение; питательная среда; температура; условия культивирования; фотобиореактор.

Аннотация: Представлены оптимальные условия культивирования микроводоросли хлорелла: температура, освещение, питательная среда, подача углекислого газа.

По мере истощения традиционных источников энергии человечество обращает внимание на альтернативные источники энергии. Все они нам хорошо известны. Применение биотоплива в последние десятилетия привлекает все больший интерес. В настоящее время внимание привлечено к использованию биотоплива третьего поколения – биотопливу полученному на основе микроводорослей.

Объектом нашего исследования является штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Штамм не требователен к питательной среде, углекислому газу, механическому перемешиванию и обладает высокой продуктивностью. Для этого штамма характерна исключительная приспособленность к условиям аквакультуры. Для его культивирования не требуется соблюдения стерильности. При культивировании он соблюдает монокультуру штамма [1].

Производство биотоплива из микроводорослей мы разделили на три этапа: первый – культивирование микроводоросли; второй – разработка технологии получения биотоплива; третий – технико-экономическое обоснование.

Урожайность микроводорослей зависит от условий окружающей среды: температуры, освещенности, питательной среды, рН, подачи углекислого газа, кислорода.

Для культивирования штаммов сконструирована установка объемом 20 л. В качестве питательной среды использована стандартная среда Тамия. В исходном штамме содержалось около 3 млн кл./мл. Штамм

Мещерякова Юлия Владимировна – аспирант, ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ВНИИТиН) Россельхозакадемии», младший научный сотрудник НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии», ТамбГТУ, e-mail: yulya-belova@yandex.ru; Нагорнов Станислав Александрович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией, ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов (ВНИИТиН) Россельхозакадемии», г. Тамбов.

снабжен постоянной подачей воздуха, который служит источником углекислого газа, кислорода и осуществляется дополнительное перемешивание суспензии при постоянном освещении люминесцентными лампами ЛХБ-20.

Одним из факторов повышения урожайности является температура. Суспензию хлореллы помещали в термостат с температурами: 15, 25, 35, 40 °С на трое суток. На рисунке 1 представлен график зависимости концентрации клеток от температуры.

Общее количество микроорганизмов в суспензии определяли с помощью метода прямого подсчета клеток в камере Горяева [2]. Повышение температуры приводит к увеличению концентрации клеток. При температуре 33...35 °С насчитывается максимальное количество клеток. Свыше 36 °С концентрация клеток снижается. Численность водорослей при температуре культивирования 15 °С составила 5 млн кл./мл, при 25 °С – 25 млн кл./мл, а при 35 °С – 55 млн кл./мл. При культивировании при температуре свыше 36 °С плотность суспензии составила 51 млн кл./мл.

Культивировать хлореллу можно как при солнечном, так и при искусственном освещении. Также освещенность суспензии определяется конструкцией фотобиореактора. Исследовалось влияние освещенности на урожайность хлореллы при солнечном, искусственном освещении в обычном и трубчатом фотобиореакторе. Результаты представлены на рис. 2.

Замечено, что максимальный прирост биомассы наблюдается в августе при солнечном освещении в трубчатом фотобиореакторе, то есть в самый жаркий период времени. Цвет суспензии становился насыщенно зеленым. Хотя и в обычном фотобиореакторе, и в трубчатом при искусственном освещении также высокий прирост биомассы. Но в сентябре месяце картина изменилась. При солнечном освещении прирост биомассы сократился, что связано с уменьшением светового дня. А в фотобиореакторах при искусственном освещении наблюдается повышение урожайности, особенно в трубчатом.

Таким образом, культивировать хлореллу можно при солнечном освещении, в летний период, в остальное время желательно культивировать в помещении с использованием искусственного освещения.

На рисунке 3 представлено влияние интенсивности освещения I на прирост биомассы. Наибольший прирост наблюдается при интенсивности 20...30 тыс. лк. Однако в различных фотобиореакторах наблюдался неодинаковый прирост биомассы. В трубчатом фотобиореакторе рост штамма происходит интенсивнее. Это объясняется равномерным освещением и не

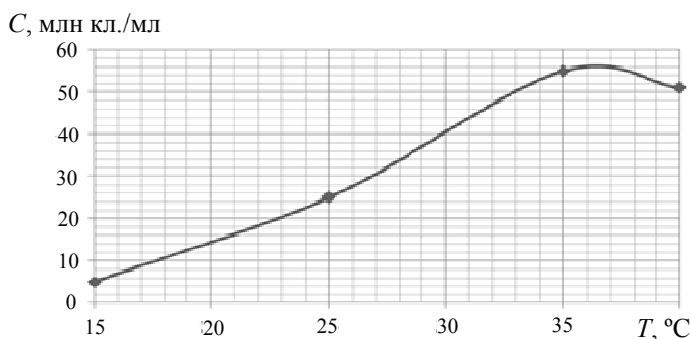


Рис. 1. График зависимости концентрации клеток от температуры

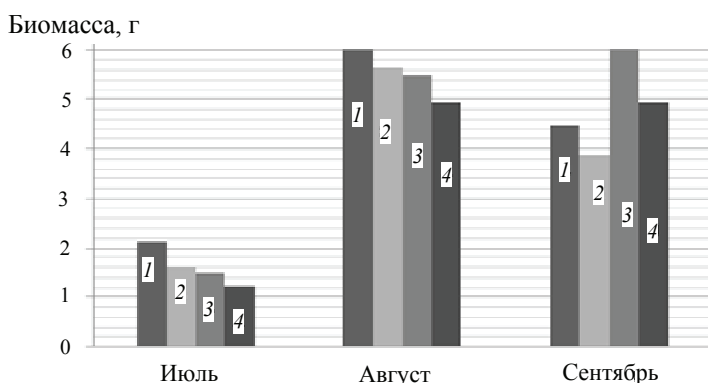


Рис. 2. Диаграмма зависимости биомассы от освещенности и конструкции фотобиореактора: 1 – солнечное освещение; трубчатый фотобиореактор; 2 – солнечное освещение, фотобиореактор; 3 – искусственное освещение, трубчатый фотобиореактор; 4 – искусственное освещение, фотобиореактор

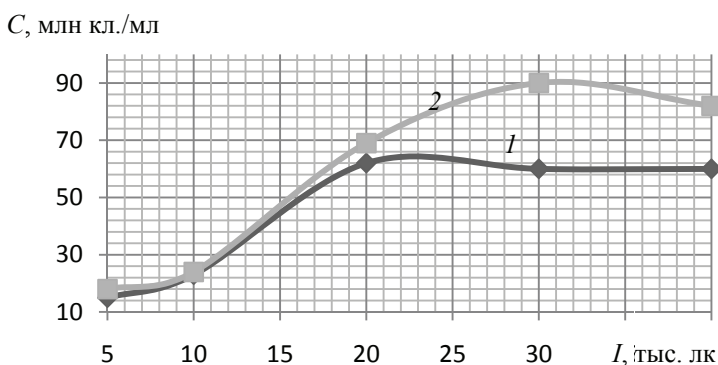


Рис. 3. График зависимости концентрации клеток от интенсивности освещения: 1 – в фотобиореакторе; 2 – в трубчатом фотобиореакторе

большой толщиной суспензии в трубчатом фотобиореакторе по сравнению с обычным фотобиореактором.

При увеличении плотности клеток появляется необходимость в увеличении подачи углекислого газа. Установлено, что увеличение подачи углекислого газа в 2 раза обеспечивает прирост биомассы в среднем на 30 %.

Культивировали хлореллу на стандартной питательной среде Тамия и на среде с увеличенным содержанием азотных компонентов (таблица).

Полученную суспензию фильтровали и высушивали до остаточной влажности.

Различные значения биомассы в опытах после фильтрации объясняются отбором пробы суспензии через разный промежуток времени из фотобиореактора. Интервал отбора проб между первым и вторым опытами составил один день, а между вторым и третьим – четыре дня. При увеличении содержания азотных компонентов в 2 раза в среде наблюдается прирост биомассы в среднем на 45 %, а при сокращении рост хлореллы замедляется.

Таким образом, определены оптимальные условия культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111: температура 31...35 °С, культивировать хлореллу можно при солнечном освещении в летний период, в остальное время желательно культивировать в помещении с ис-

Данные материального баланса сушки биомассы

| Биомасса после фильтрации, г | | Биомасса после сушки до постоянного веса, г | |
|------------------------------|---|---|--|
| на стандартной среде Тамия | на среде с увеличенным содержанием азотных компонентов в 2 раза | на стандартной среде Тамия | на среде с увеличением концентрации азотных компонентов в 2 раза |
| 1,55 | 2,15 | 0,364 | 0,63 |
| 0,15 | 0,45 | 0,061 | 0,088 |
| 1,164 | 2,01 | 0,155 | 1,004 |

Примечание: Объем сырой биомассы – 1 л.

пользованием искусственного освещения в трубчатом фотобиореакторе при интенсивности освещения 20...30 тыс. лк. С увеличением плотности клеток необходимо увеличивать мощность подачи углекислого газа. Также на ускоренный прирост оказывает дополнительное введение азотных удобрений. Дальнейшая оптимизация условий культивирования хлореллы направлена на увеличение содержания липидных компонентов в микроводоросли.

Список литературы

1. Богданов, Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных : монография / Н.И. Богданов ; Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пенза : [б. и.], 2007. – 48 с.
2. Методы физиолого-биологического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л.А. Сиренко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1975. – 247 с.
3. Митусова, Т.Н. Перспективы использования биодизельного топлива / Т.Н. Митусова, М.В. Калинина // Мир нефтепродуктов. Вестн. нефтяных компаний. – 2005. – № 5. – С. 20–23.

Cultivation of Microalgae *Chlorella* for Biofuel Production

Yu.V. Meshcheryakova, S.A. Nagornov

All-Russian Scientific Research Institute of Engineering and Petroleum Products of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Tambov

Key words and phrases: conditions of cultivation; growing medium; lighting; photobioreactor; temperature.

Abstract: The paper presents the optimal conditions for cultivation of microalgae *Chlorella*: temperature, light, growing medium, carbon dioxide supply.

© Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов, 2012