



13. Захаров В.Ю. Концепция биомониторинга как составной части комплексного экологического мониторинга // Экологический мониторинг. М.; Ижевск, 2002. С.42–54.

14. География и мониторинг биоразнообразия. М., 2002. 432 с.

15. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Теоретические подходы и практические рекомендации по созданию и внедрению системы биологического мониторинга на объектах по уничтожению химического оружия // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2004. Вып.7. С.119–130.

16. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Экологические и исторические аспекты уничтожения химического оружия в Саратовской области // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2005. Вып.8. С.88–96.

17. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Экологические проблемы уничтожения химического оружия в Саратовской области // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2005. Вып.8. С.97–105.

18. Толстых А.В., Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Разработка, внедрение и эксплуатация системы биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Поволж. экол. журн. Спец. вып. Саратов, 2005. С.47–62.

19. Шляхтин Г.В., Толстых А.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Оценка морфогенетического гомеостаза живых компонентов экосистем в системе биологического

мониторинга (на примере объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области) // Поволж. экол. журн. Спец. вып. Саратов, 2005. С.83–102.

20. Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Перевозникова Т.В. Интегральная оценка состояния живых компонентов экосистем в биологическом мониторинге объектов по уничтожению химического оружия (на примере пос. Горный Саратовской области) // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2006. Вып.9. С.82–90.

21. Перевозникова Т.В., Шляхтин Г.В., Завьялов Е.В., Березуцкий М.А. Теоретические и практические подходы к выделению модельных площадей как основополагающий этап в организации биомониторинговых наблюдений на объектах по уничтожению химического оружия // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения. Саратов, 2006. Вып.9. С.97–102.

22. Перевозникова Т.В. Система биологического мониторинга вокруг объектов по уничтожению химического оружия (на примере терминала в пос. Горный Саратовской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2007. 20 с.

23. Захаров В.М. и др. Биотест: Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М., 1993. 68 с.

24. Захаров В.М. и др. Последствия чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. М., 1996. 170 с.

25. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В. Здоровье среды: методика оценки. М., 2000. 68 с.

УДК 577.35

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРИРОСТ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛИ *SCENEDESMUS*

Д.А. Усанов, А.В. Скрипаль, А.В. Рзянина, А.Д. Усанов

Саратовский государственный университет
E-mail: UsanovDA@info.sgu.ru

Исследована зависимость прироста биомассы одноклеточной водоросли *Scenedesmus* от времени воздействия переменного низкочастотного магнитного поля. Установлено, что длительность культивирования водоросли в переменном магнитном поле можно сократить до 3 суток. Этого достаточно, чтобы существенно повысить скорость роста одноклеточной водоросли *Scenedesmus*.
Ключевые слова: одноклеточные водоросли *Scenedesmus*, переменное магнитное поле, биомасса.

Influence of Action Time of Variable Low-Frequency Magnetic Field on the Growth of Single-Celled Alga *Scenedesmus*

D.A. Usanov, A.V. Skripal, A.V. Rzyanina, A.D. Usanov

The dependence of biomass growth of single-cell alga *Scenedesmus* on action time of variable low-frequency magnetic field has been investigated.

It has been established that the long of cultivation of the alga in variable magnetic field can be to reduce up to 3 days. That is enough for essential increase of growth rate of single-cell alga *Scenedesmus*.

Key words: single-cell alga, *Scenedesmus*, variable magnetic field, biomass.



Введение

Фотосинтезирующие организмы, в частности микроводоросли, привлекают все большее внимание исследователей в области биотехнологии. По своим морфологическим, физиолого-биохимическим характеристикам микроводоросли являются общепризнанным объектом массового культивирования для нужд биотехнологического производства.

Для этой цели, в частности, могут быть использованы одноклеточные водоросли – хлорелла и сценедесмус [1–4]. Это довольно неприхотливые, быстро делящиеся водоросли. При выращивании в благоприятных условиях процесс деления их клеток занимает примерно 12 часов. Фотосинтез в этих организмах некоторое время может продолжаться



и в темноте за счет энергии, запасенной в «светлый» период. Для увеличения выхода биомассы требуется регулярное перемешивание суспензии водорослей. Ясно, что исследования, связанные с повышением скорости роста водорослей и, следовательно, с повышением выхода биомассы, представляют как научный, так и практический интерес.

В последнее время накоплено большое количество экспериментальных данных по воздействию слабых магнитных полей на биологические объекты и водные растворы биомолекул [5–9]. В ряде работ, например, в [10], показано опосредованное влияние магнитного поля на живые организмы. То есть воздействие магнитного поля, как на биообъекты, так и на среды их обитания, может оказывать влияние на жизнедеятельность организмов. В частности, можно предположить, что результатом такого воздействия будет изменение скорости их размножения. Поэтому представляет интерес исследование изменения скорости роста водорослей в результате воздействия низкочастотного магнитного поля с целью выявления возможности повышения эффективности технологии получения сырья для биотехнологического производства.

В результате ранее проведенных исследований по воздействию магнитного поля на плодовитость пресноводного рачка – *Daphnia magna* Straus, являющегося тест-объектом при оценке состояния водной среды [11–14], было установлено, что выраженный эффект повышения плодовитости наблюдался при частоте воздействующего магнитного поля 6 Гц с индукцией 25 мТл и времени воздействия не менее 60 мин. В ряде работ при исследовании воздействия магнитного поля на биообъекты и среды их обитания не указывалось время воздействия. Однако авторами работ [15–17] подчеркивалась высокая значимость влияния этого фактора на результат воздействия. Кроме научной значимости при производстве биомассы он может иметь и экономическое значение.

В этой связи целью настоящей работы явилось исследование влияния времени воздействия низкочастотного магнитного поля с

индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц на скорость роста одноклеточной водоросли *Scenedesmus*.

Методика эксперимента

В качестве тест-объекта нами была выбрана лабораторная культура одноклеточной водоросли *Scenedesmus*. Культивирование водоросли осуществлялось при температуре 20–25°C в конических колбах объемом 250 мл, на одну треть заполненных питательной средой. Для приготовления питательной среды использовалась аквариумная стерилизованная вода с добавлением солей. Для приготовления 3-х литров среды в стерильную аквариумную воду добавляли: 0.24 г Mg SO₄, 0.024 г KН₂ PO₄, 0.3 г KNO₃, 0.3 мл FeCl₃ 6H₂O. Культуру водоросли перемешивали 1–2 раза в сутки для предотвращения оседания клеток водоросли на дно и обогащения культуры CO₂. Пересев культуры *Scenedesmus* проводили не реже одного раза в 10 дней. Для этого стерильной пипеткой производили забор части «старой» культуры и вносили ее в свежую питательную среду в соответствии с рекомендациями, данными в [17, 18].

Для проведения эксперимента культуру одноклеточной водоросли *Scenedesmus* помещали в переменное низкочастотное магнитное поле с индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц. Образцы подвергались воздействию магнитного поля в течение различных периодов времени (1, 2, 3, 4, 5, 6 суток). Далее за всеми образцами на протяжении и 6–7 сут проводилось наблюдение. Ежедневно подсчитывалось количество клеток водоросли в 1 мл раствора для определения скорости роста культуры в образцах, подвергнутых омагничиванию в течение различных периодов времени.

Источником магнитного поля служил вращающийся диск диаметром 25 см, на котором были радиально прикреплены чередующиеся по полярности постоянные магниты с осью намагничивания, перпендикулярной плоскости диска. Диск помещался непосредственно под колбу с культурой водоросли и вращался с помощью электродвигателя



в горизонтальной плоскости с фиксированной скоростью, обеспечивающей наличие в любой точке рабочей камеры переменного поля заданной частоты. Амплитуда индукции магнитного поля H внутри камеры вблизи ее дна составляла 25 мТл. Было исследовано влияние магнитного поля с частотой 6 Гц.

Результаты эксперимента

В результате проведенных экспериментов была получена зависимость прироста клеток одноклеточной водоросли *Scenedesmus* от времени предварительного воздействия на культуру переменного низкочастотного магнитного поля с индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц (рис. 1).

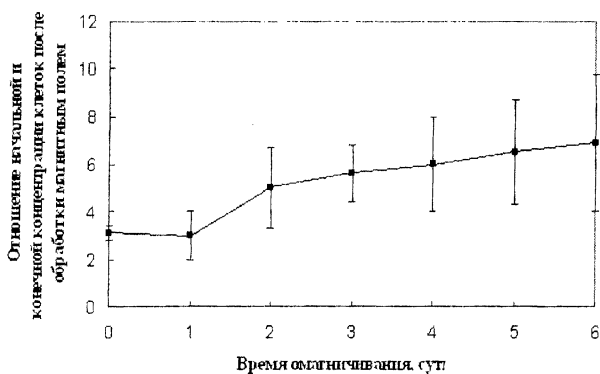


Рис. 1. Зависимости прироста клеточной массы (отношения начальной и конечной концентрации клеток) от времени воздействия магнитного поля

Из результатов, приведенных на рис. 1, видно, что существенный прирост клеточной массы наблюдается, начиная с 2–3-х суток предварительного облучения, т.е. для стимуляции роста клеток под действием переменного магнитного поля необязательно постоянно держать культуру в поле действия магнитов. Можно предположить, что стимуляция произойдет, если дать предварительный «толчок» в виде воздействия на биосреду переменным магнитным полем с индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц в течение определенного времени, что в дальнейшем приведет к существенному приросту биомассы клеток.

На рис. 2 представлены данные о приросте клеточной массы в образцах, обработанных переменным магнитным полем с индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц, по сравнению с контролем. Видно, что более длительная обработка дает большее увеличение выхода клеток.

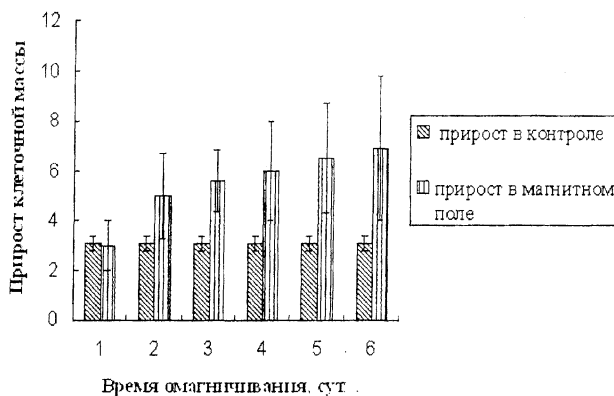


Рис. 2. Прирост клеточной биомассы (отношение начальной и конечной концентрации клеток) в образцах, подвергнутых воздействию магнитного поля, по сравнению с контролем

На рис. 3 приведены результаты определения скорости прироста клеток в зависимости от времени воздействия магнитного поля.

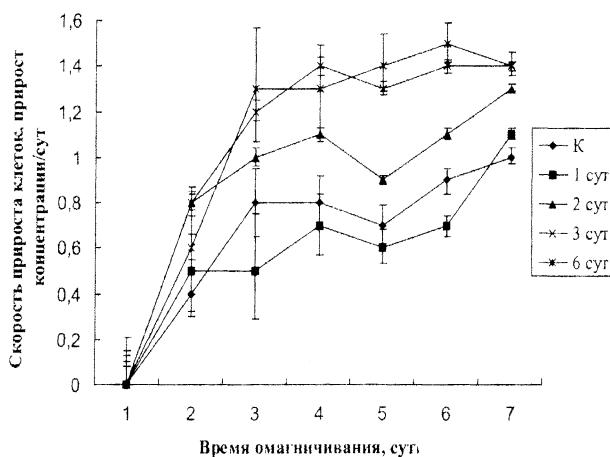


Рис. 3. Скорость прироста клеток одноклеточной водоросли *Scenedesmus*

Видно (рис. 3), что кривая скорости прироста клеток в сутки для культур клеток, обработанных магнитным полем двое и более суток, идет значительно выше, чем для контрольной культуры и культуры, обработанной магнитным полем в течение одних суток. Начиная с 3-суточной обработки культуры клеток магнитным полем, наблюдается сначала рост кривой скорости прироста клеток с последующим выходом на плато. Следует также отметить, что кривые скорости прироста клеток в этом случае идут выше, чем при менее длительной обработке. Начиная с 3-суточной обработки, зависимости скорости прироста клеток от времени омагничивания



отличаются слабо. Следовательно, при использовании описанной технологии культивирования одноклеточной водоросли можно ограничить время воздействия магнитного поля тремя сутками.

Заключение

Таким образом, в результате исследования воздействия низкочастотного магнитного поля с индукцией 25 мТл и частотой 6 Гц на скорость роста одноклеточной водоросли *Scenedesmus* в зависимости от времени воздействия магнитного поля установлено, что длительность культивирования водоросли в переменном магнитном поле можно сократить до 2–3 суток. Этого достаточно, чтобы существенно повысить скорость роста тестируемой культуры и увеличить выход биомассы клеток.

Библиографический список

1. Дебабов В.Г. Биотопливо // Биотехнология. 2008. №1. С.3–14.
2. Калужный С.В. Энергетический потенциал анаэробного сбраживания отходов с получением биогаза и использованием микробных топливных элементов в условиях России // Биотехнология. 2008. №3. С.3–12.
3. Рокосов Ю.В. Геохимия процессов образования и гидротермального разложения сапропелитового керогена: Дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.09. Кемерово, 2004. 334 с.
4. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы / Под ред. Ю.В. Гуляева, А.Х. Тамбиева. М., 2003. 175 с.
5. Казначеев В.П., Михайлова А.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск, 1985. 184 с.
6. Fesenko E.E., Gluvstein A.Ya. Changes in the state of water induced by radiofrequency electromagnetic fields // FEBS Letters. 1995. Vol.367. P.53–55.
7. Фесенко Е.Е., Новиков В.В., Кувичкин В.В., Яблокова Е.В. Действие обработанных слабыми магнитными полями водно-солевых растворов на собственную флуоресценцию БСА // Биофизика. 2000. Т.45. С.232–239.
8. Лехтлаан-Тыниссон Н.П., Шапошникова Е.Б., Холмогоров В.Е. Действие магнитного поля низкой частоты на культуру бактерий *E. coli* // Вестн. ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. 2003. №2. С.145–147.
9. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов. В.С., Усанов Д.А. Влияние низкочастотного магнитного поля на митотическую активность клеток сорго // Биомедицинская радиоэлектроника. 2007. №11. С.57–60.
10. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Скрипаль А.В., Усанов А.Д. Влияние внешнего переменного магнитного поля на частоту сердцебиений пресноводного рачка – дафнии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2001. №8. С.57–61.
11. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Скрипаль А.В., Усанов А.Д., Панасенко В.И. Дафния как биоиндикатор электромагнитных воздействий на водную среду // Петербургский журнал электроники. 2001. №4. С.38–42.
12. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Скрипаль А.В., Усанов А.Д. Воздействие переменных магнитных полей низкой интенсивности на частоту сердцебиений дафнии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2003. №3. С.59–62.
13. Усанов Д.А., Скрипаль Ал.В., Скрипаль Ан.В., Абрамов А.В. Видеотехнологии автоматизированного контроля. Саратов, 2001. 96 с.
14. Усанов Д.А., Скрипаль Ан.В., Рзынина А.В., Усанов А.Д. Влияние низкочастотного переменного поля на выживаемость и плодовитость пресноводного рачка – *Daphnia magna* Straus // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине: Учебное пособие / Под ред. Д.А. Усанова. Саратов, 2007. С.112–113.
15. Усанов Д.А., Шишкин Г.Г., Горбатов С.С., Усанов А.Д. Определение влияния переменного магнитного поля на физические характеристики воды СВЧ-методом // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. №5–6. С.65–69.
16. Усанов Д.А., Сучков С.Г., Усанов А.Д. Корреляция между характером влияния переменного магнитного поля на акустические свойства воды и сердцебиение дафнии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2006. №1–2. С.67–69.
17. Успенская В.И. Экология и физиология питания пресноводных водорослей. М., 1966. 124 с.
18. Методическое руководство по биотестированию воды. РД 118-02-90, М. 1991. 48 с.