

ОСВЕТИТЕЛНА УРЕДБА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ РАСТЕЖА И РАЗВИТИЕТО НА ЕДНОКЛЕТЪЧНИ ВОДОРАСЛИ

Светлана Велинова, Красимир Велинов

*Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ – София, НИЛ “Осветителна техника”
e-mail: svetliv@mail.bg; candela@mail.bg*

Ключови думи: LED, фотосинтеза, фотосинтетична активна радиация (ФАР), отглеждане на водорасли и растения на изкуствена светлина

Резюме: Отглеждането на едноклетъчни водорасли е ефективен начин за бързо производство на протеини. В същото време те усвояват въглеродния двуокис и генерират кислород. При екстремни условия на живот, липса на подходяща почва, земна атмосфера и естествена светлина, едноклетъчните водорасли са възможност за осигуряване на храна и кислород. Като примери могат да се посочат колонии на Марс, Луната или в Космоса. При такива условия се налага използването на изкуствена светлина. За да се изследва коя част от спектъра на видимата светлина влияе най-силно върху растежа и развитието на едноклетъчните водорасли, през 2019 г. в НИЛ “Осветителна техника” към Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски” беше създадена специализирана осветителна уредба.

Този доклад описва осветителната уредба и представя някои пилотни експерименти с отглеждане на водорасли - Спирулина и Хлорела. За измерванията е използван спектрометрият specbos1201 идентификационен № 3141020 на JETI Technische Instrumente GmbH.

Резултатите от изследванията ще позволят да се отглеждат едноклетъчни водорасли при изкуствена светлина с минимален разход на енергия.

LIGHTING SYSTEM FOR STUDYING THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF UNICELLULAR ALGAE

Svetlana Velinova, Krasimir Velinov

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" – Sofia, Research Laboratory "Lighting Technology"
e-mail: svetliv@mail.bg; candela@mail.bg*

Keywords: LED, photosynthesis, photosynthetic active radiation (PAR), growing algae and plants in artificial light

Abstract: Growing unicellular algae is an effective way to produce protein quickly. At the same time, they absorb carbon dioxide and generate oxygen. In extreme living conditions, lack of suitable soil, terrestrial atmosphere and natural light, unicellular algae are able to provide food and oxygen. Examples are colonies on Mars, the Moon or in space. Under such conditions, the use of artificial light is required. In order to study which part of the spectrum of visible light has the strongest influence on the growth and development of unicellular algae, in 2019 at the NIL "Lighting Technology" at the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" a specialized lighting system was created.

This report describes the lighting system and presents some pilot experiments with algae cultivation - Spirulina and Chlorella. The spectroradiometer specbos1201 identification № 3141020 of JETI Technische Instrumente GmbH was used for the measurements.

The results of the research will allow the cultivation of unicellular algae in artificial light with minimal energy consumption.

Въведение

Растенията вероятно ще бъдат неразделна част от всяка дългосрочна космическа мисия в бъдеще. Като част от програмата за разширено поддържане на живота (ALS) на NASA се проучва възможността за използване на растения за производство на храна, генериране на

кислород, премахване на въглероден диоксид, пречистване на вода и рециклиране на отпадъци за подпомагане на човешки екипажи в Космоса. Основно предизвикателство за дългосрочното отглеждане на растения в Космоса ще бъде контролирането и доставянето на достатъчно количество и качество на светлината.

Предлагат се различни видове конвенционални широкоспектърни източници на светлина, те обаче не са достатъчно фотосинтетично ефективни. Светодиодите са обещаващ електрически източник на светлина за отглеждането на растения в Космоса, поради тяхната малка маса и обем, твърда конструкция, превъзходна безопасност и дълголетие и най-вече заради тяхната възможност лесно да се контролира спектъра на светлината.

Отглеждането на растения при изкуствена светлина в последно време придоби особена актуалност. За да се изследва коя част от спектъра на видимата светлина влияе най-силно върху растежа и развитието на растенията, веднъж през 2015 и втори път през 2019 г. в НИЛ "Осветителна техника" към Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" бяха създадени две специализирани осветителни уредби. С тяхна помощ е изследвано влиянието на светлина с различна дължина на вълната върху ефективността на фотосинтезата. Проведени са експерименти със следните растителни видове: домати (*Solanum lycopersicum*), босилек (*Ocimum basilicum*), салата (*Lactuca sativa*), лук (*Allium cepa*), тагетис (*Tagetes patula*), люти чушки (*Capsicum sp.*), карамфил (*Dianthus caryophyllus*), ягоди (*Fragaria sp.*) и сладък картоф (*Ipomoea batatas*). Опитите продължават и до настоящия момент [1-6].

Отглеждането на едноклетъчни водорасли е ефективен начин за бързо производство на протеини. Отнесено към единица биологична маса, водораслите изискват най-малко енергийни разходи за производство. Аналогично времето за отглеждане (производство) на едноклетъчните водорасли е няколко дена. За сравнение отглеждането на земеделски култури изисква минимум един сезон, а в повечето случаи цикълът е веднъж годишно. Най-разпространено е отглеждането на култури от род Хлорела (*Chlorella*) и род Спирулина (*Arthrospira*) Фиг. 1.



Фиг. 1. Снимки на едноклетъчни водорасли от род *Chlorella* и род *Arthrospira*

Хлорелата са род същинскоядрени, зелени и безкамшични водорасли. Съдържат много белтъчини, витамини и минерали, зеленото растително багрило хлорофил. Използват се като лекарство, а в някои части на света и като храна. Има противовъзпалително, антибактериално, противовирусно, стимулиращо имунитета действие и др.

Спирулината е биомаса от цианобактерии (синьо-зелени водорасли), която може да се консумира от хора и животни. Трите най-широко култивирани вида са *Arthrospira platensis*, *A. fusiformis* и *A. maxima*. Спирулината се използва като хранителна добавка, като фуражна добавка в промишлеността за аквакултури, аквариуми и птици.

Водораслите Спирулина осигуряват продукт с високо съдържание на протеини и физиологично активни вещества, с потенциално успешно приложение в медицината, хранителната и микробиологичната промишленост, фармацевцията. В зависимост от използвания щам съдържанието на протеини варира от 30 до 70%. Спирулината стимулира, укрепва и подсилва имунната система на човека и се оказва особено полезна при поддържането на здравословен и балансиран режим на хранене [7, 8].

За момента тези водорасли се произвеждат за консумация като хранителни добавки. В същото време те усвояват въглеродния двуокис и генерират кислород, имат способността да пречистват замърсени води и др. [9-11]. При екстремни условия на живот, липса на подходяща почва, земна атмосфера и естествена светлина (например колонии на Марс, Луната или в Космоса), едноклетъчните водорасли са възможност за осигуряване на храна и кислород. При такива условия се налага използването на изкуствена светлина. Процесът изисква добива да се интензифицира и да се извършва с минимален разход на енергия. Освен поддържането на

подходяща хранителна среда и температура, много силно влияние върху фотосинтезата и съответно за добива на биологична маса играе спектъра на светлината с която се облъчват водораслите.

Описание на експеримента

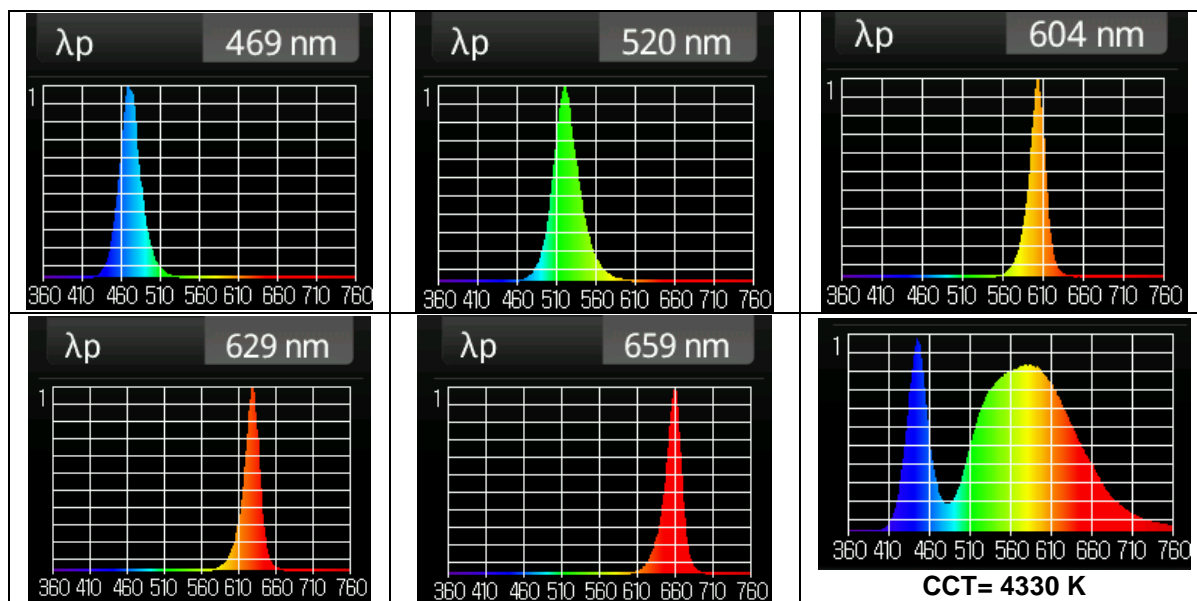
За да се изследва коя част от спектъра на видимата светлина влияе най-силно върху растежа и развитието на едноклетъчните водорасли, през 2019 г. в НИЛ "Осветителна техника" към Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" беше създадена специализирана осветителна уредба. Експериментът беше проведен с Хлорела и със Спирулина.

Водораслите се отглеждаха в 6 броя реактори с обем 1 литър. За хомогенизиране на пулпата и интензифициране на процеса се използваше въздушно аериране. Конструкцията на уредбата е показана на Фиг. 2.



Фиг. 2. Общ вид на уредбата

Като светлинен източник се използваха 6 типа светодиоди с тесен спектър на излъчване. Спектъра на излъчване на светодиодите е показан на Фиг. 3. Светодиодите са монтирани върху алуминиева печатна платка. На една платка са разположени 48 бр. светодиода.



Фиг. 3. Спектъра на светлинните източници

Експериментът протече в следната последователност: Съдовете, показани на Фиг. 1 се запълниха с хранителен разтвор. Като хранителна среда беше използвана рецептата разработена от Zarrouk (1966) [12]. Посява се известно количество водорасли (в случая *Arthrospira Platensis*). В продължение на 10 дена се измерва оптичната плътност, респективно спектралния коефициент на пропускане на светлината на средата за всяка от шесте реактора. На Фиг. 4 са показани състоянието на пробите изложени на различна светлина в края на изследвания период.



Фиг. 4. Проби изложени на различна светлина

За оценка на въздействието на светлината върху развитието на водораслите могат да се използват различни критерии:

- претегляне на сухото вещество;
- преброяване на клетките в единица обем;
- измерване на оптичната плътност.

В настоящото изследване беше избран третия метод, но допълнително се изследваше спектралния коефициент на пропускане на светлината. Това позволи индиректно да се правят изводи за процесите на фотосинтеза при водораслите.

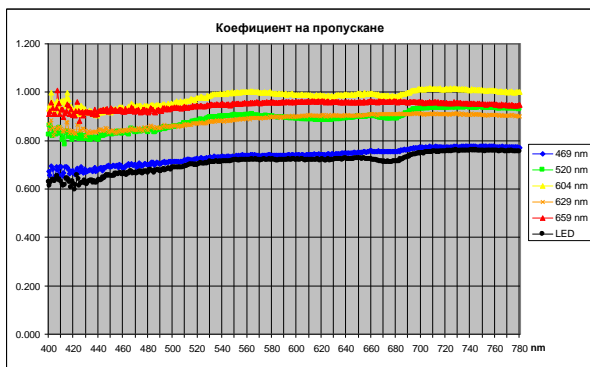
Апаратурата, с която са извършени измерванията е показана на Фиг. 5. По същество тя представлява спектрофотометър, но с възможност за използване на произволен източник на светлина. В случая е използван спектрорадиометър specbos1201 идентификационен № 3141020 на JETI Technische Instrumente GmbH. Същият притежава възможност за включване към компютър и има свидетелство за калибриране. Като източник на светлина е използван стандартен източник тип "А" с цветна температура 2850 K. Изследваната проба се поставя в стандартна кювета с обем 1 cm³ между източника на светлина и спектрорадиометъра.



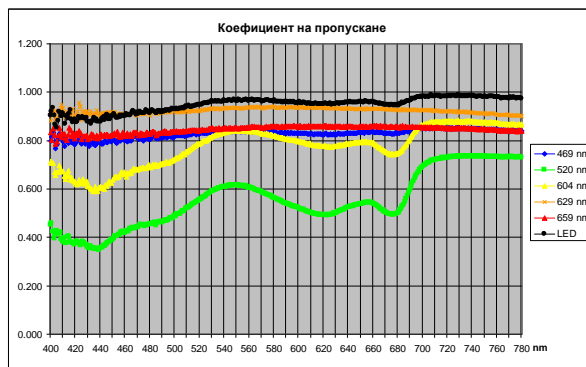
Фиг. 5. Апаратура с която са извършени измерванията

Изследва се спектъра на пропускане само във видимия диапазон на светлината. Тъй като спектърът на излъчената светлина на еталонната лампа не е константен, то се изчислява коефициента на пропускане за всяка дължина на вълната.

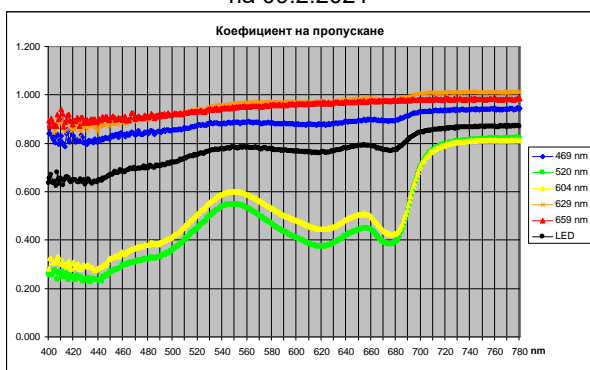
На Фиг. 6 до Фиг. 12 е показана промяната на коефициента на пропускане за всяка от шестте проби със спиролина в интервал около 1 ден. Забелязва се бързото нарастване на количеството водорасли при осветяване с жълта (604 nm) и зелена (520 nm) светлина.



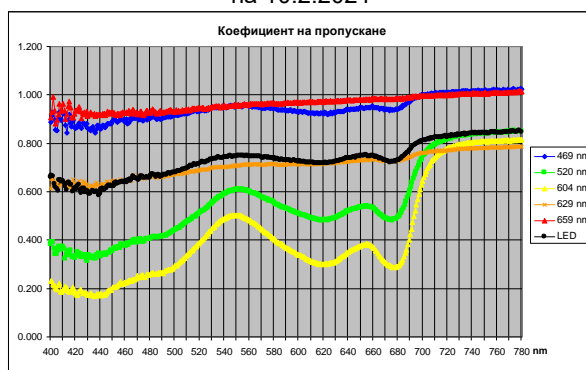
Фиг. 6. Спектрален коефициент на пропускане на 09.2.2021



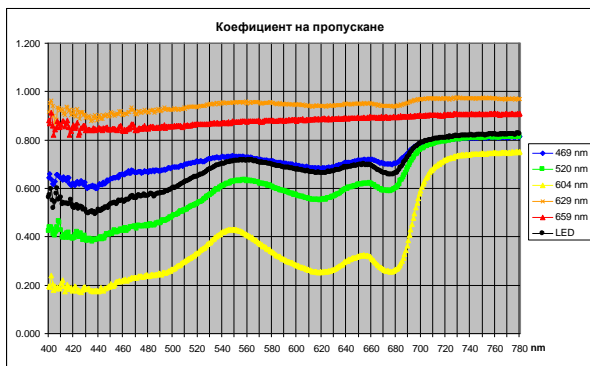
Фиг. 7. Спектрален коефициент на пропускане на 10.2.2021



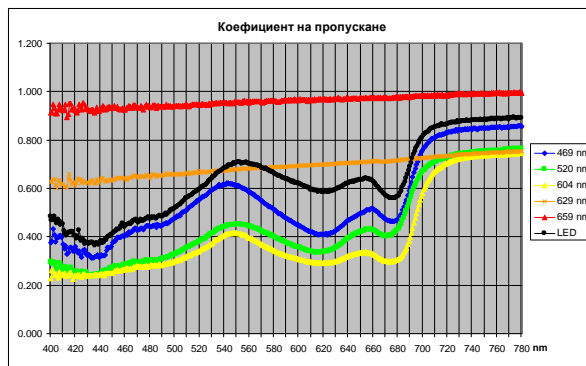
Фиг. 8. Спектрален коефициент на пропускане на 11.2.2021



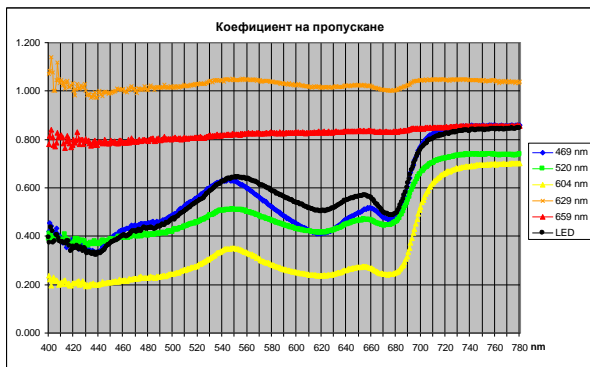
Фиг. 9. Спектрален коефициент на пропускане на 12.2.2021



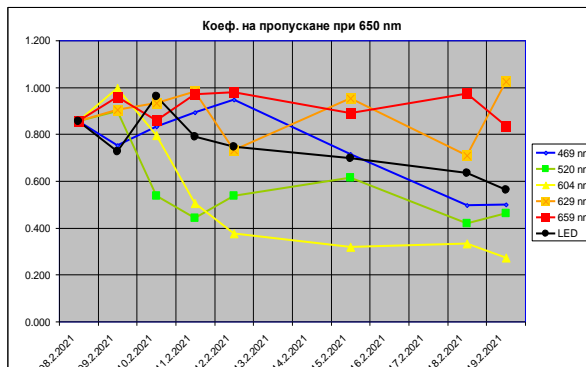
Фиг. 10. Спектрален коефициент на пропускане на 15.2.2021



Фиг. 11. Спектрален коефициент на пропускане на 18.2.2021



Фиг. 12. Спектрален коефициент на пропускане на 19.2.2021



Фиг. 13. Коефициент на пропускане при 650 nm

Вижда се, че на четвъртия ден от посяването, пробата осветявана с жълта светлина (604 nm) получава насищане и голяма концентрация, видимо от голямата оптична плътност. Визуално сравнение може да се направи на фиг.4.

На графиката на фиг.13, аналогично може да се сравни промяната на интегралния коефициент на пропускане за всяка от шесте проби в интервал от 10 дена при дължина на вълната 650 nm (при нея ефективността на фотосинтезата при висшите растения е висока).

Заклучение

В заключение можем да отбележим предимствата на разгледания метод и новосъздадената апаратура:

- Осигурява се бързо и лесно измерване на оптичната плътност и спектралния коефициент на пропускане на светлината.
- При изследването и отглеждането на едноклетъчни водорасли се получават бързи резултати (съответно и бързо натрупване на биомаса).

Представените експерименти по същество са пилотни, но имайки в предвид това, че тяхното осъществяване е бързо и лесно изпълнимо е препоръчително за в бъдеще да се извършат в по-голям мащаб.

Литература:

1. Velinova, S., 2020. Research of growth and development of plants under artificial light, 63th International Scientific Conference, October 23, Sofia, JOURNAL of Mining and geological sciences "St. Ivan Rilski ", vol. 63, ISSN 2683-0027, pp. 186–192.
2. Velinova, S., 2019. Lighting system for studying plant growth, 62th International Scientific Conference, October 17-18, Sofia, JOURNAL of Mining and geological sciences "St. Ivan Rilski ", vol. 62, number 3, ISSN 2682-9525, pp. 132–137.
3. Velinova, S., Growing plants on artificial lighting. 2018. VII Balkan conference on lighting - Balkanlight 2018, 04-06 June, Sofia, ISBN 978-954-353-347-3, pp. 150–156.
4. Velinova, S., 2017. Possibilities for using of mining galleries for growing plants on artificial lighting, Международна Научна Конференция Унитех 2017, 17-18 Ноември, Габрово, ISSN 1313-230X, TOM 1, pp. 148–153.
5. Velinova, S., V. Ilieva, 2017. Influence of the spectrum of light on plant growth, XVI National conference with international participation Bullight / Bulgaria Light 2017 and BalkanlightJunior 2017, 25 - 27 may, Sozopol, ISSN 1314-0787, pp. 55–61.
6. Velinova, S., 2015. LED Lighting system for the study of the photosynthesis, 58th International Scientific Conference, October 20, Sofia, Yearbook of Mining and geological university "St. Ivan Rilski ", vol. 58, scroll III, ISSN 1312-1820, pp. 99–104.
7. Tadros, M., Characterization of Spirulina Biomass for CELSS Diet Potential, (NASA – CR - 185329), Alabama A & M University, October, 1988, pp. 53.
8. Петрова, Д., Д. Герджиков, Култивиране на Spirulina Maxima в лабораторни условия, Институт по рибни ресурси, ISSN 1314-3379, pp. 8–11.
9. Furmaniak, M., A. Misztak, M. Franczuk, A. Wilmotte, M. Waleron and K. Waleron, Edible Cyanobacterial Genus Arthrospira: Actual State of the Art in Cultivation Methods, Genetics, and Application in Medicine. Frontiers in Microbiology, Vol 8, Article 2541, December 2017.
10. <https://bnr.bg/hristobotev/post/101148195?forceFullVersion=1>, Науката алгология, публикувано на 01.08.19 в 17:05 Автор: Росица Панайотова, Интервю с доц. д-р Пламен Пиларски
11. <https://siestafood.ru/raznoe/spirulina-poleznye-svoystva-i-protivopokazaniya-tabletki-poleznye-svoystva-spiruliny-dlya-zhenshhin-i-muzhchin.html>
12. Пиневич, Г. Д., Верзилин Н. Н., Михайлов А. А. Изучение Spirulina platensis – нового объекта высокоинтенсивного культивирования // Физиология растений.. Т.17. Вып. 5, 1970. pp. 1037–1046.