

СЪЗДАВАНЕ НА ЖИВОТОПОДДЪРЖАЩА СИСТЕМА ЗА АСТРОНАВТИ НА МИСИЯ ДО МАРС

Христина Костадинова

Езикова гимназия „Иван Вазов“ – Пловдив

Резюме. Статията разглежда създаването и прилагането на STEM проекта MELiSSA (Micro Ecological Life Sustaining System Alternative) в училищна среда. Изграждането на система за поддържане на живота на астронавтите при мисия до Марс е нашата основна цел. За разработването на ефективно средство за поддържане на живота, което да се използва при дълги космически полети, избрахме репички (*Raphanus sativus*) и спиролина (*Arthrospira platensis*). За успешния растеж на репички и спиролина доставката на активна фотосинтетична енергия трябва да бъде най-малко $2 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. При третирането с $2 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Най-ефективно влияние както върху масата, така и върху дължината на котиледоните на репичките оказват зелената и жълтата светлина. От друга страна, натрупването на фотосинтетичните пигменти (хлорофил А и хлорофил В) е повлияно от синия и зеления спектър на светлината. Най-благоприятното влияние върху натрупването на каротиноиди оказаха зелената и жълтата светлина.

Претеглихме масата на спиролината при фотосинтетично активно излъчване $2 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Според събраните данни зелената и червената светлина са най-благоприятни за натрупване на биомаса на спиролината. Анализирахме концентрацията на хлорофил А и хлорофил В в биомасата. Под въздействието на жълтия и червения спектър хлорофилът А и В се натрупват в огромно количество. Най-благоприятното влияние върху натрупването на каротиноиди оказаха зелената и жълтата светлина.

Ключови думи: STEM; спиролина; репички; космическа мисия

„В науката има нещо вълшебно. Инвестираш минимално количество факти, а възвръщаемостта в догадки и предположения е като разпродажба на едро.“
Марк Твен

Въведение

Колкото повече се развива космическата наука, толкова по-ясно става, че бъдещите поколения на нашата цивилизация ще овладеят околоземното пространство, ще го **населят** и ще пътуват из него. При това положение трудно можем да си представим, че бъдещите продължителни полети на групи от космонавти ще протичат в чисто техническо обкръжение. Човекът е бил и ще остане основното звено на биологичната верига, състояща се от многобройни микроорганизми, растителни и животински видове, без които той не би могъл да просъществува продължително време в Космоса. Затова именно на орбиталните научни станции се провеждат толкова сериозни генетични, ембриологични, физиологични и морфологични изследвания върху микроорганизми, тъканни култури, висши растения и животни. Резултатите от тези изследвания ще помогнат за установяване на практически важните за човека биологични видове, които при бъдещите космически полети ще се използват с пълна сигурност за създаването на бордова „екологична“ система, необходима за нормалния живот на космонавти, на които предстои продължителен полет в Космоса.

Цели

Основна цел: проектиране на животоподдържаща система за астронавти на мисия до Марс.

Съпътстващи цели:

- ормиране на правилно отношение към заобикалящата ни среда и условията, необходими за продължителен престой на космическа станция – възприемчивост, любознателност, овладяване на нови нетрадиционни методи за изследване и изучаване на природата на нашата и други планети;
- придобиване на нови знания и развитие на познавателни, комуникативни и практически умения в училищна възраст;
- пренос на теоретични знания и умения в практиката;
- повишаване на обществената информираност по проблемите за проучването и изследване на условията, необходими за продължителен престой в Космоса.

Задачи

- Пълен анализ на хранителните потребности на 8-членен екипаж за 800-дневен космически полет.
- Предлагане и изпробване на методи за рециклиране на вода.
- Установяване на влиянието на физическата активност върху количеството кислород, необходимо за процеса дишане.
- Да се проследи влиянието на различни видове LED светлина върху растежните показатели и натрупването на фотосинтетични пигменти при репички и спиролина.

Дейности

Материали и методи, необходими за задача 1.

Анализ на дневните енергийни нужди на участниците в космическата мисия – в ккал. За да намерим количеството храна, което един астронавт трябва да консумира на борда на космически кораб, трябва да знаем *теглото* на астронавта, неговия *ръст* и *години*. За **жени** дневните енергийни нужди се изчисляват по формулата: $[655.1 + (9.6 \times W) + (1.9 \times H) - (4.7 \times A)] \times 1.6$, а за мъже: $[66.5 + (13.8 \times W) + (5 \times H) - (6.8 \times A)] \times 1.6$, където:

W е теглото в килограми

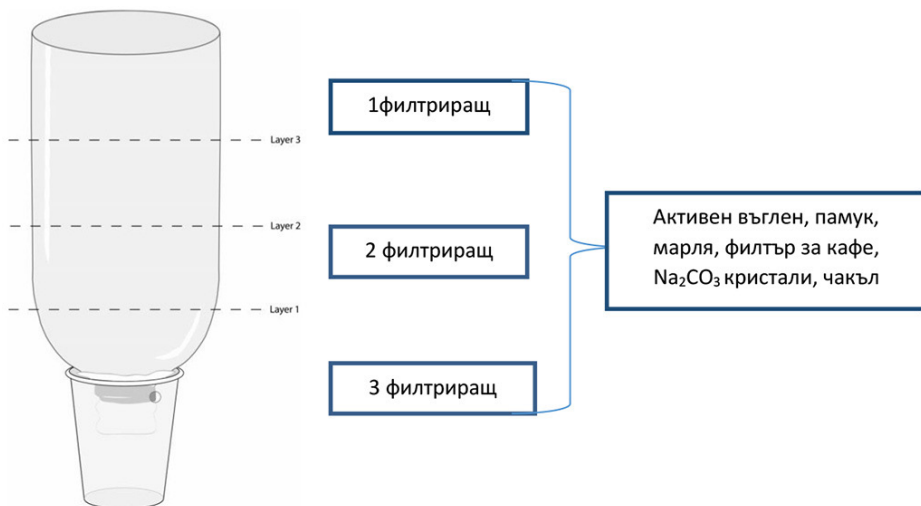
H е ръстът в сантиметри

A е възрастта в години

Съставяне на 7-дневно меню за астронавти, съобразено с ежедневните нужди от мазнини, въглехидрати и белтъци. За здравословно хранене ежедневните калории трябва да бъдат разпределени, както следва: 50 – 60% от енергийните нужди трябва да са от въглехидрати, 30% – от мазнини, и 10 – 15% – от белтъчини.

Материали и методи, необходими за задача 2.

Конструиране на филтрираща система – пречистващата система има следния дизайн и компоненти:



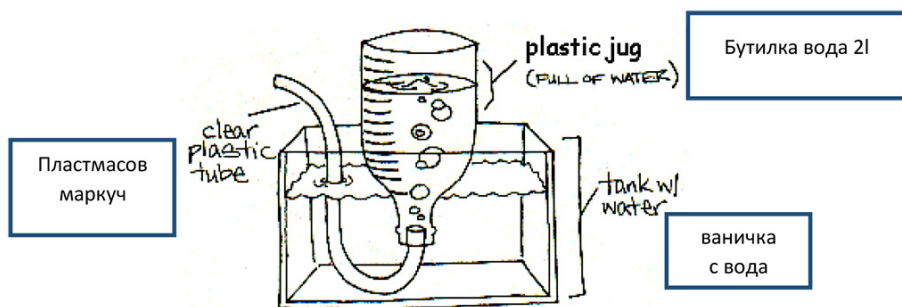
Приготвяне на замърсена вода – около 500 мл чешмяна вода, олио и оцет за готвене, парчета зеленчуци, хляб, подправки.

Осигуряване на лакмусова хартия – за проследяване на pH на създадената замърсена вода.

Методи – филтрация: чакъл – за отстраняване на мътността на водата; пясък – за отстраняване на микроорганизми с развиващата се на повърхността активна биологична утайка; марля и памук – за ефективно отстраняване на различни по размер твърди частици; *pH корекция* – преминаване на водата през леко алкална среда NaHCO_3 ; *филтър с активен въглен* – с порестата си структура абсорбира разтворените органични вещества, които предизвикват появата на вкус и миризма.

Материали и методи, необходими за задача 3.

Конструиране на калибрираща система за измерване на минутния дихателния обем – съд за вода, 2-литрова бутилка за вода, която е калибрирана, и маркуч за вдишване.



Проследяване на промяната на нуждата от кислород – в състояние на покой и при извършване на физическа активност.

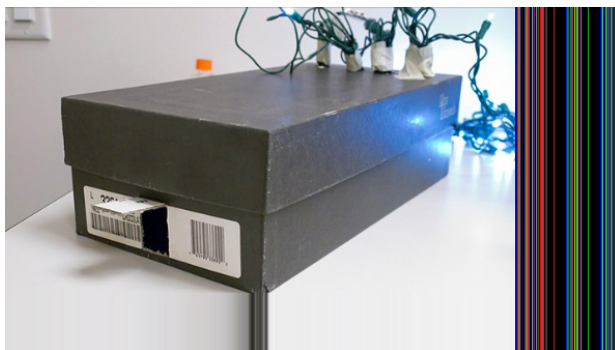
Измерване на количеството въздух

Материали и методи, необходими за задача 4.

Избор на растителен материал – семена от репички *Raphanus sativus*.

Избор на хранителна среда MS: фирма Duchefa, Холандия. Хранителната среда, която използвахме, се казва MS или Murashige and Skoog medium. Понеже използвахме половин концентрация на солите и няма захароза за въглероден източник, обикновено се нарича 1/2 MS 0 (MS нула). Съставът на средата е дадена в приложения файл. Хранителната среда съдържа следните макроелементи: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S за задоволителен растеж и морфогенеза. От микроелементите са включени Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo. За нашите опити използвахме 2.45г MS разтворена с 1 л дест. вода, pH беше коригирана с 0.1N KOH до 5,8.

Светлинни източници: LED лампички, мигащи светодиоди – сини, зелени, червени и жълти, с фотосинтетична енергия $2\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$. Конструирани на камери с LED осветление



Обработка на семена от репички – във всеки буркан наляхме по 60 мл от хранителната среда и добавихме Plant Agar до крайна концентрация 0.6%. Бурканчетата бяха опаковани в алуминиево фолио и автоклавирали в автоклав при температура 121°C за 20 мин и налягане 1,2 атмосфери. За правилното автоклавиране съдим по предварително поставено автоклавно тиксо, което променя цвета си при висока температура и налягане.

Стерилизацията на семената и поставянето им върху хранителната среда беше извършено в ламинар. За да предпазим растенията от заразяване и за да осигурим нормален газообмен, облепихме бурканчетата с Leucopore tape.

Проследяване на влиянието на LED светлина (мигащи светодиоди) върху растежните показатели и натрупването на фотосинтетични пигменти. Във всяко бурканче в така приготвената хранителна среда се поставят по 7 семена от репички. Приготвят се по 2 варианта за всеки вид LED светлина, но с различна интензивност на фотосинтетичната енергия на светлината. В качеството на контроли се използват варианти, оставени на тъмно и на дневна светлина. Кълняемостта на семената се отчита след за 10 дни при 25°C, светопериод 16/8 (ден/нощ), влажност на въздуха и фотосинтетична енергия на LED светлината $2\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$ и $0,5\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$.

Спектрофотометричен анализ на фотосинтетични пигменти. За анализ на концентрацията на фотосинтетичните пигменти се използва листен материал от покълнали семена на репички. За нуждите на количественото определяне на фотосинтетичните пигменти е необходимо да се претегли началният растителен материал. За целта се използва електронна везна с точност до 1 mg.

Претегленият фрагмент от котиледони се стрива в хаванче с 1 ml 96% разтвор на етанол и полученият извлек се прехвърля обемно в микроцентрифужна

епруветка тип Eppendorff. Клетъчните стени и нестритите частици се утаяват чрез центрофугиране при 14 000 об./мин. за 2 мин. Супернатантата се прехвърля обемно в нова епруветка и крайният обем се довежда до 1 ml. Данните за екстинцията на различните пигменти се снемат спектрофотометрично във видимата част на спектъра, както следва, при дължина на вълната 665 nm за хлорофил *a*, при 649 nm за хлорофил *b* и при 654 nm за хлорофил *a+b*. Концентрацията на хлорофилите се преизчислява за милиграм растителен материал, както е указано в „Ръководство по физиология на растенията“ (Душкова 1996).

Статистически анализ. Към настоящия момент статистическите анализи бяха ограничени до изчисляване на средноаритметични стойности и графично интерпретиране на резултатите. За тази цел бяха използвани алгоритмите, заложили в MS Excel от Office пакет 2010 на Microsoft.

Материали и методи, необходими за задача 5.

*Избор на синьо-зелени водорасли – спиролина *Arthrospira platensis*.*

Избор на хранителна среда Zarrouk: хранителната среда, която използвахме, се казва Zarrouk agar media. Съставът на средата е даден в приложения файл. Хранителната среда съдържа следните химични съединения: NaHCO_3 , NaNO_3 , NaCl , K_2HPO_4 , K_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, EDTA и дестилирана вода. За задоволителен растеж и морфогенеза рН на средата е в границите 8,8 – 9,0, а температурата на средата 25°C.

Светлинни източници: LED лампички, мигащи светодиоди – сини, зелени, червени и жълти, с фотосинтетична енергия $2\mu\text{m}^2/\text{s}$. Конструирание на камери с LED осветление, които осигуряват 16/8 часа светопериод.



Приготвяне на хранителна среда: в предварително подготвени 3 l дестилирана вода разтваряме 64g от хранителната среда Zarrouk. Проверяваме рН на хранителната среда и установяваме, че е в рамките на оптималното за растеж на спиролина – 9pH.

*Проследяване влиянието на LED светлина (мигащи светодиоди) върху растежните показатели и натрупването на фотосинтетични пигменти на *Arthrospira platensis*.*

Във всяко едно предварително подготвено бурканче слагаме 100 ml дестилирана вода, 100 ml от подготвената хранителна среда и 100 ml от разтвор на спиролина, предоставена от ALPHYCA, Стара Загора. Във всяка кутия поставяме по 2 бурканчета. Във всяко бурканче поставяме тръбичка, свързана с помпичка за аериране, която постоянно движи течността в бурканчето и предотвратява утаяването на водораслите. Резултатите се отчитат след 10 дни при 25°C, светопериод 16/8 (ден/нощ), влажност на въздуха и фотосинтетична енергия на LED светлината 2µm/m²/s и 0,5µm/m²/s.

*Спектрофотометричен анализ на фотосинтетични пигменти на *Arthrospira platensis**

За анализ на концентрацията на фотосинтетичните пигменти се използва материал от бурканчетата, оставени под влиянието на LED светлината в продължение на 7 дни. За нуждите на количественото определяне на фотосинтетичните пигменти е необходимо да се претегли биомасата на спиролината, натрупана за 7 дни. За целта се използва електронна везна с точност до 1 mg.

В епруветка слагаме 10 ml от сместа със спиролина от всеки буркан. Центрофугира се на 3390 оборота за 15 min при температура 10°C с апарат CENTRIFUGE 5804R. След изваждането на епруветките се наблюдава малко количество биомаса, която се е утаила на дъното на епруветките. Премахваме внимателно горния слой, в епруветката трябва да остане само биомасата. Със специална пипета слагаме 1 ml дестилирана вода в епруветката. Тъй като нямат капаче, епруветките се запечатват с парафилм и се слагат за няколко секунди в апарат Vortex. Готовата смес се прехвърля в по-малка епруветка Eppendorff. Всички 5 епруветки се поставят в центрофугата отново на 14 000 оборота за 30 – 40 s. След центрофугиране двата слоя биомаса и вода са разграничени. Премахваме водата и и ги поставяме на везна, която тарираме и претегляме.

За дезинтегриране на водораслите и отчитане на спектрофотометричния анализ във всяка епруветка слагаме стъклени перлички и 1ml дестилирана вода и ги поставяме във Vortex за дезинтегриране. Отново центрофугираме и получаваме 3 слоя течност, биомаса и перли. С пипета взимаме супернатантата и по 3 микролитра се поставят на плака. Прави спектрофотометричен анализ.

Статистически анализ. Към настоящия момент статистическите анализи бяха ограничени до изчисляване на средноаритметични стойности и графично интерпретиране на резултатите. За тази цел бяха използвани алгоритмите, заложили в MS Excel от Office пакет 2010 на Microsoft.

Резултати и обсъждане

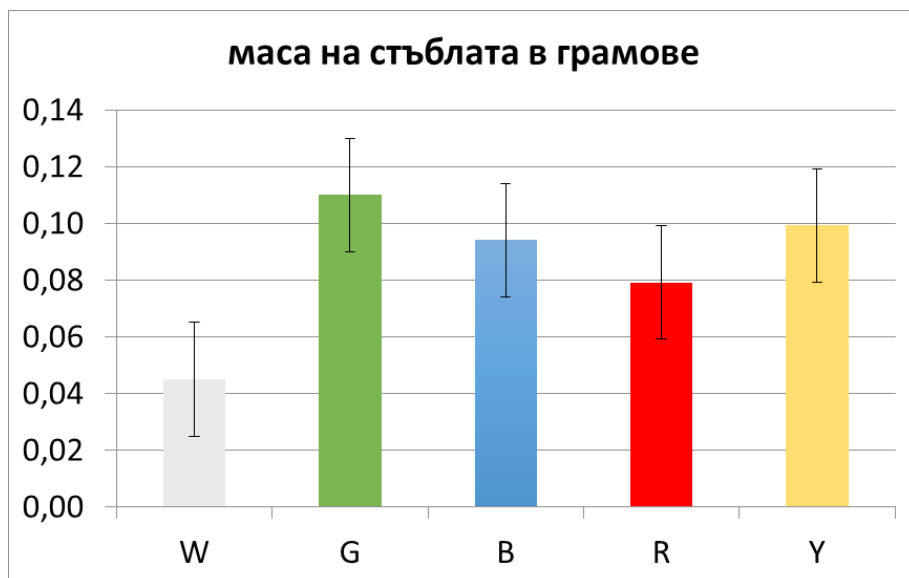
Задача 1. За запазване здравословното състояние на астронавтите разнообразието на приеманата храна е от първостепенно значение. Ключов момент

е и въвеждането на свежа храна, произвеждана от самите астронавти на борда на космическия кораб. Като компонент на отглежданата храна предлагаме репички и спиролина поради няколко факта: 1. кратък вегетационен период – около 30 – 40 дни; 2. не само кореноплодите, но и листата им са ядливи; 3. съдържат витамини от група В, РР, калий, калций, натрий, фосфор и желязо; 4. повишават имунитета и нивото на хемоглобина в кръвта; 5. не се нуждае от опрашване на борда на космическата станция; 6. спиролината съдържа 18 от 22-те аминокиселини, от които тялото се нуждае.

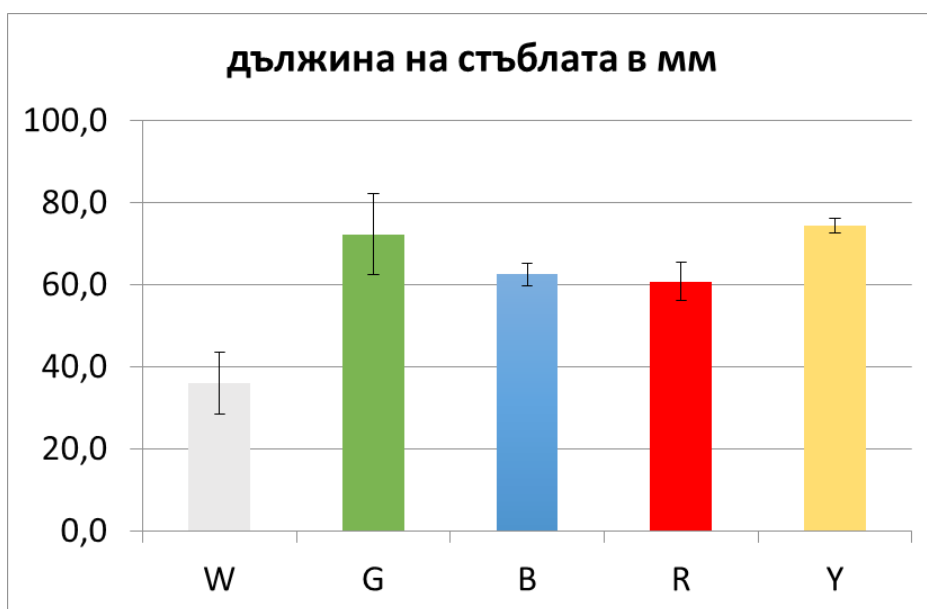
Задача 2. При преминаването на замърсената вода с бледокафяв цвят, рН 4,5, която има миризма на оцет и с видими частици, плуващи на повърхността, през така конструираната система получаваме филтрат без миризма, цвят, груби частици и рН в границите 6,8 – 7,5. Възможно е и пясъчният филтър да е осигурил и премахване на част от микроорганизмите. Така получената вода е годна за пиене.

Задача 3. Така конструираната система за измерване на количеството въздух, необходимо при покой и физическа активност, показва, че физическата активност влияе значително върху количеството на приетия въздух. Нараства и честотата на дихателните движения. В състояние на покой честотата на дихателните движения е 18 за минута. Издишаният въздух е 150 ml, или 2700 l за 1 минута. При 50 клякания честотата нараства на 28. Променя се и минутният дихателен обем – 8400 l. Следователно физическата активност на астронавтите трябва да се вземе под внимание при изграждането на животоподдържащата система.

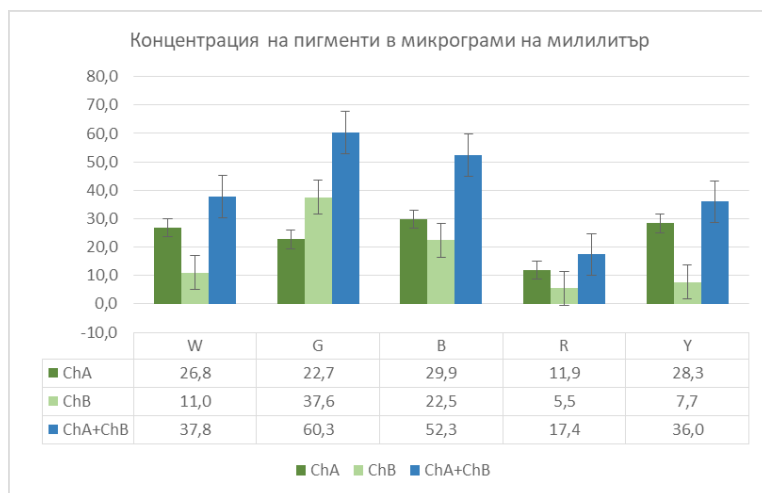
Задача 4. След избора на подходяща хранителна среда и стерилизацията на семената от репички те бяха поставени в специално създадени от нас камери с LED осветление – мигащи светодиоди. Бурканчетата бяха поставени в камери с LED светлина – червена, синя, зелена, жълта и бяла. Резултатите бяха отчетени след 10 дни. Първоначално отчетохме масата на котиледоните при фотосинтетична енергия на светлината $2\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$. Получените резултати показват, че зелената и жълтата са най-благоприятни за масата на котиледоните. Ето и графичното изображение:



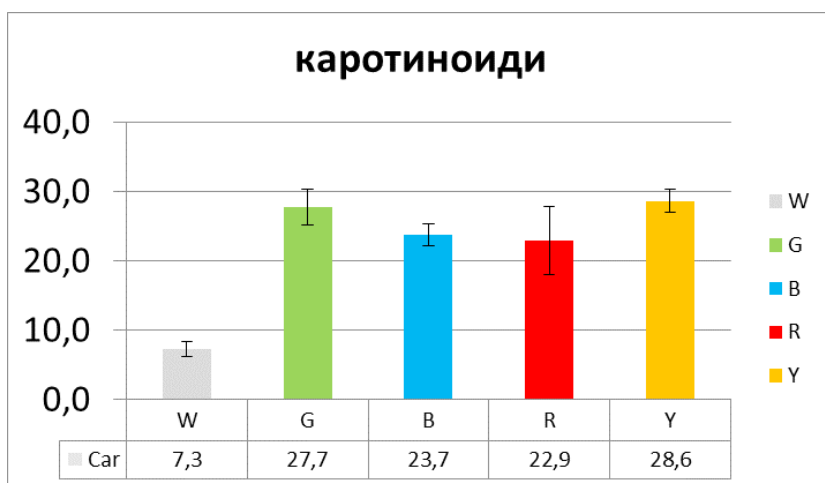
След това отчетохме дължината на котиледоните, откъдето следва, че най-благоприятни за тяхната дължина са зелената и жълтата светлина при $2 \mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$ фотосинтетична светлина.



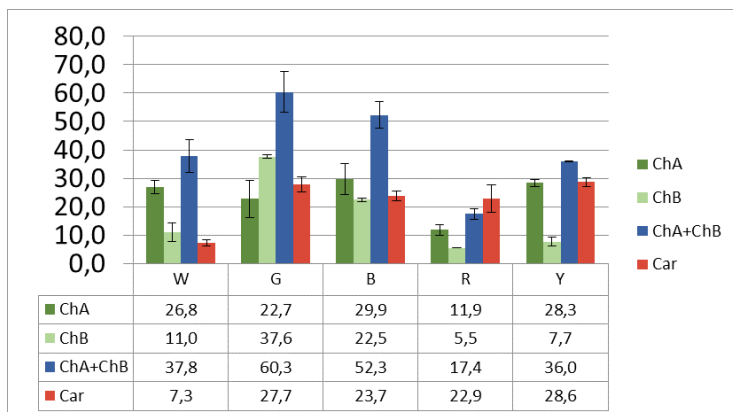
Концентрацията на фотосинтетичните пигменти относително точно отразява състоянието на тествания обект. За целта на настоящото изследване се спряхме на анализ на концентрацията на хлорофили А и В в котиледоните от тестваното растение. При отчитането на резултатите става видно, че зелената и синята светлина благоприятстват натрупването на хлорофил А и В. Ето и графичните резултати:



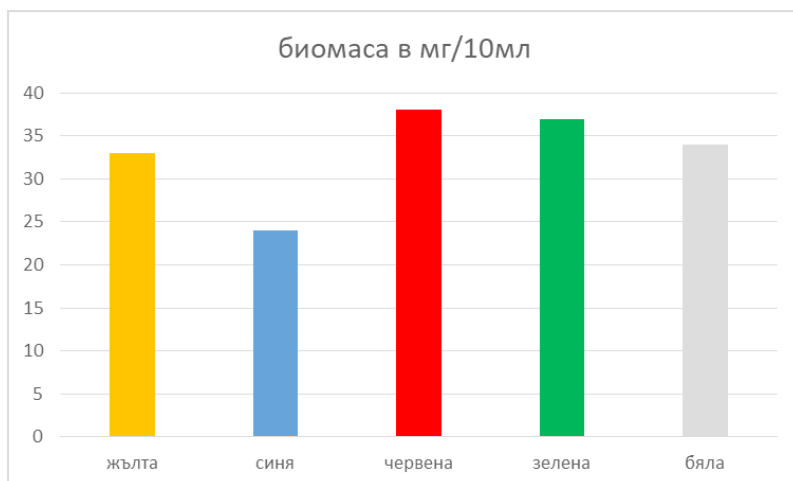
Върху натрупването на каротиноиди най-благоприятни се оказват зелената и жълтата светлина. Ето и графичното изображение:



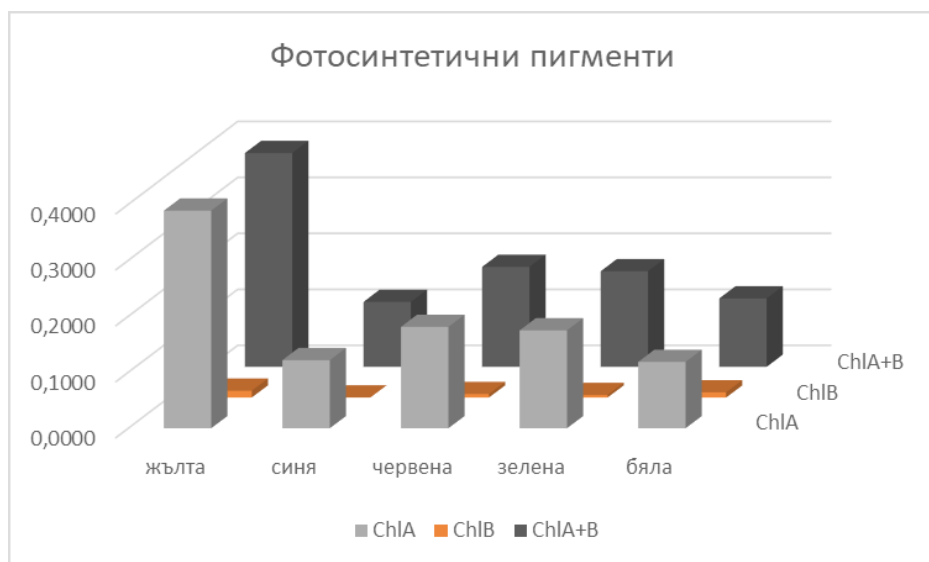
А ето и общата графика на изследваните пигменти:



Задача 5. След избора на подходяща хранителна среда и приготвянето на стъклени бурканчета те бяха поставени в специално създадени от нас камери с LED осветление – мигащи светодиоди. Бурканчетата бяха поставени в камери с LED светлина – червена, синя, зелена, жълта и бяла. Резултатите бяха отчетени след 7 дни. Отчитането на биомасата на спиролината е при фотосинтетична енергия на светлината $2\mu\text{m}/\text{m}^2/\text{s}$. Получените резултати показват, че червената и зелената са най-благоприятни за натрупването на биомасата на спиролината. Нашите резултати съвпадат с данните на Alphуса, Стара Загора. Ето и графичното изображение:



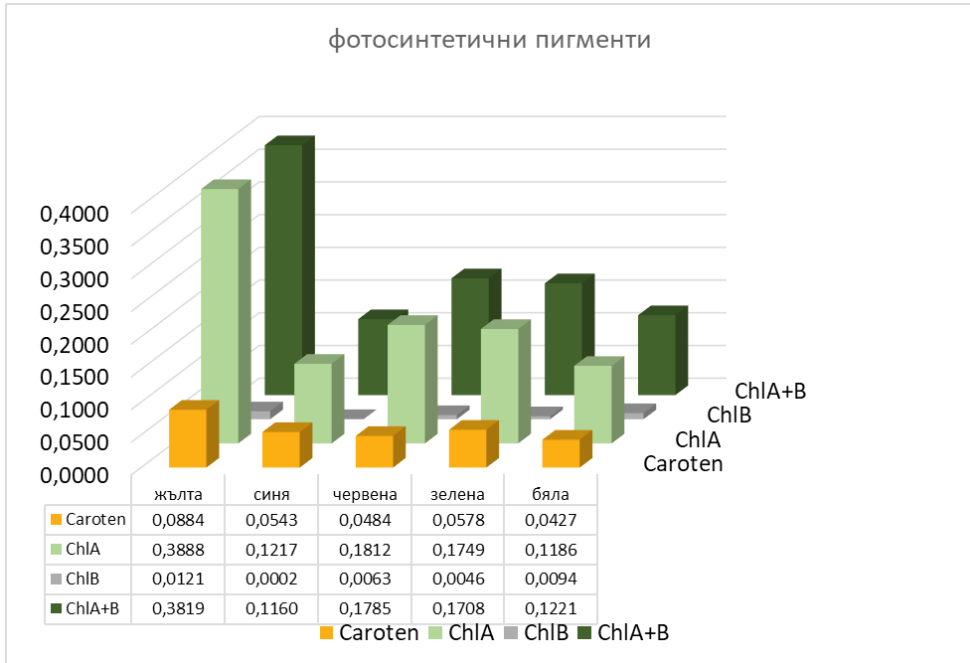
За да изследваме състоянието на тествания обект, проследихме натрупването на фотосинтетични пигменти. Спряхме се на анализ на хлорофил А и В. При отчитането на резултатите става видно, че жълтата и червената светлина благоприятстват натрупването на хлорофил А и В. Ето и графичните резултати:



Върху натрупването на каротиноиди най-благоприятни се оказват жълтата и зелената светлина. Ето и графичното изображение:



А ето и общата графика на изследваните пигменти:



Изводи

- За създаването на животоподдържаща система за астронавти при продължителни мисии е необходимо да се отглежда свежа храна на борда на космическия кораб. Едни от предложените от нас растения са репички и спироулина.
- Правилното изчисляване на дневните енергийни нужди на астронавтите и правилното разпределение на хранителните вещества ще запази здравословното състояние на астронавтите.
- Необходимо е рециклиране на водата, така ще се постига нейното многократно използване и намаляване на общия товар на космическия кораб.
- Необходимо е да се отчете и влиянието на физическата активност върху нуждата от кислород на борда на космическия кораб.
- За успешно култивиране на репички е необходимо да се осигури светлина с фотосинтетична енергия поне 2 микромола на квадратен метър за една секунда.
- При тези стойности най-добър ефект върху масата и дължината на котиледоните оказват зелената и жълтата светлина. Върху количеството на фотосинтетичните пигменти най-благоприятно е влиянието на синята и зелената светлина.

– При фотосинтетична енергия поне 2 микромола на квадратен метър за една секунда най-добър ефект върху натрупването на биомасата на спирulina оказват червената и зелената светлина. Върху количеството на фотосинтетичните пигменти най-благоприятно е влиянието на зелената и жълтата светлина.

БЕЛЕЖКИ

1. Душкова, П., Тодорова-Трифенова, А., Жеков, Ж. & Минков И., Университетско издателство „Паисий Хилендарски“, стр. 74 – 77
2. Murashige T. and Skoog F., *Physiol. Plant*, 15, pp.473 (1962).
3. <http://www.ift.org/cms/?pid=1000543>.
4. An Activity Guide for Technology Education, Mathematics, and Science, EG-1998-03-112-HQ
5. http://www.bb-team.org/articles/914_kalorien-balans-i-kalorien-optimum#ixzz2va6oLi00
6. http://www.nasa.gov/pdf/582599main_TLA_ED_ENERGYASTRONAUT_508.pdf
7. http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/511989main_vol4iss2.pdf
8. <http://spaceflight.nasa.gov/spacenews/factsheets/pdfs/food.pdf>

REFERENCES

- Ilieva, I., Ivanova, T., Naydenov, Y., Dandolov, I. & Stefanov, D., 2010. Plant Experiments with Light-Emitting Diode Module in SVET Space Greenhouse, *Advances in Space Research*, 840-845.
- R. Dineshkumar, R., Sampathkumar, P. & Rajendran, N., 2016. Cultivation of *Spirulina platensis* in different selective media. Available at: https://www.researchgate.net/publication/329782935_Cultivation_of_Spirulina_platensis_in_different_selective_media

CREATING A LIFE-SUPPORT SYSTEM FOR ASTRONAUTS ON A MISSION TO MARS

Abstract. The more space science develops, the clearer it is that future generations of our civilization will control, inhabit and travel in space around the Earth. It is hard to imagine that astronauts' long missions in future will be realized in an only technological environment. Building a life-sustaining system for astronauts on a

mission to Mars is our main goal. For the development of an effective life-sustaining unit for use on long space and crewed flights, we need fresh food. The plants, we selected, are radishes (*Raphanus sativus*) and spirulina (*Arthrospira platensis*) but it is also necessary to work on the supply of proteins and fats. By calculating the specific nutritional needs of astronauts, we can keep them healthy on long duration space explorations. Water recycling is absolutely necessary. It reduces the load on board the spacecraft. The effect of the physical activity on the oxygen consumption has to be taken into account on spacecraft. For the successful growth of radishes and spirulina, the photosynthetic active radiation supply has to be at least $2\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. In the $2\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ treatment. The most effective influence on both mass and length of cotyledons of radishes, exerted the green and the yellow light. On the other hand, the accumulation of the photosynthetic pigments (chlorophyll A and chlorophyll B) was influenced by the blue and green spectrum of light. The most favourable influence on the accumulation of carotenoids exerted the green and the yellow light.

We weighed the mass of spirulina in photosynthetic active radiation $2\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. According to collected data, the green and the red light were the most favourable for the accumulation of biomass of spirulina. We analysed the concentration of chlorophyll A and chlorophyll B in the biomass. Under the influence of yellow and red lights, chlorophyll A and B were accumulated in a huge amount. The most favourable influence on the accumulation of carotenoids exerted the green and the yellow light.

Keywords: STEM; spirulina; radish; space mission

✉ **Hristina Kostadinova**

Senior Teacher in Biology

Ivan Vazov High School in Foreign Languages

Plovdiv, Bulgaria

E-mail: h.lisichkova@egiv-plovdiv.bg