

Liceo classico SOCRATE: Progetto interclasse a cura della prof. Moretti e con gli allievi L. Cerreta, C. Di Salvo, G. Moretti, G. Romano, M. Zito (5 E); M. Farrace, R. Nogara, V. Maestri (5 C)



Nei Laboratori dell'Università di Tor Vergata si sono svolte le esperienze programmate, organizzate e dirette dalla dott.ssa Daniela Billi a cui va il nostro ringraziamento.

In particolare abbiamo utilizzato alcuni protocolli, ottimizzati per lo studio di cianobatteri esposti a condizioni simulate spaziali e marziane al DLR di Colonia, in preparazione di due esperimenti di astrobiologia attualmente in corso sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS), nel contesto della missione EXPOSE-R2. Infatti il team della dott.ssa Billi partecipa agli esperimenti BOSS (Biofilm Organism Surfing Space) e BIOMEX (BIOlogy and Mars Experiment) inviati sulla ISS il 24 luglio 2014 e collocati al suo esterno durante la passeggiata spaziale di due cosmonauti russi avvenuta il 18 agosto. L'esperimento BOSS intende verificare la sopravvivenza di estremofili in forma di biofilm dissecati (aggregazioni batteriche immerse in materiale extracellulare) all'ambiente spaziale e marziano simulato in bassa orbita terrestre. L'esperimento BIOMEX valuterà invece la sopravvivenza di estremofili e la stabilità di macromolecole (pigmenti, componenti delle membrane cellulari, etc.) in presenza di regoliti, simulanti il suolo marziano e lunare, per identificare bioimpronte utili alla ricerca di vita passata o presente su Marte e per future sperimentazioni da condursi in un luogo più estremo della bassa orbita terrestre, come la Luna. Si intende verificare se gli estremofili in forma di biofilm dissecati siano più resistenti della loro controparte dissecata planctonica. Mentre a terra gli estremofili sono stati sottoposti ad alcune condizioni presenti nello spazio, durante la missione spaziale che durerà 12-18 mesi, nello spazio saranno esposti a una combinazione di vuoto, estremi di temperatura, radiazioni cosmiche e solari, impossibile da riprodurre in laboratorio.

Cianobatteri, dagli analoghi terrestri di Marte allo Spazio

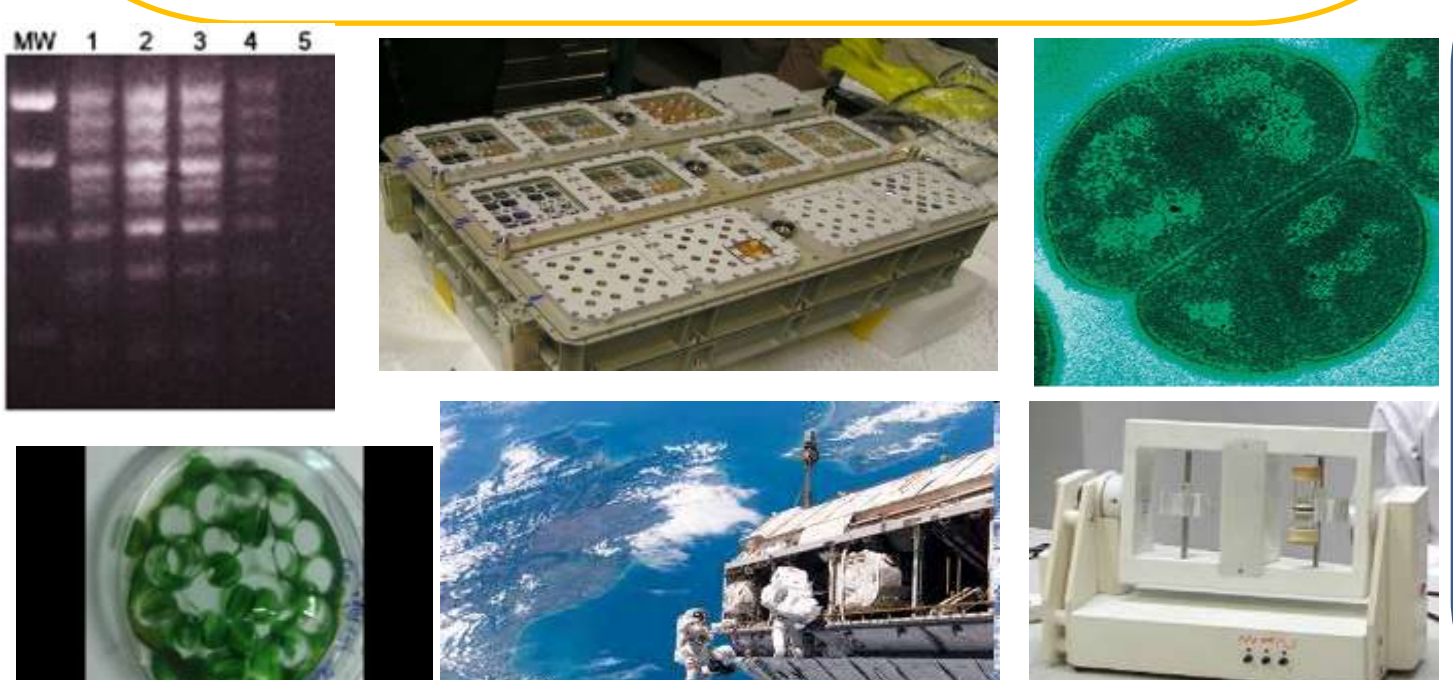
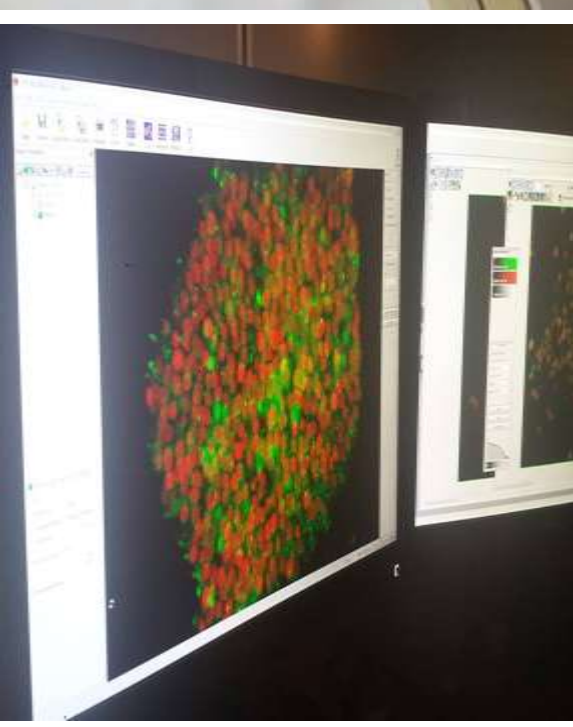
Nei deserti terrestri caldi o freddi (Gobi, Atacama) cianobatteri del genere *Chroococcidiopsis* formano biofilm all'interno (endolitici) oppure al disotto (ipolitici) di rocce. Da queste comunità, che all'osservazione microscopica appaiono come cocchi, con successivi passaggi in terreni agarizzati si ottengono colture clonali la cui purezza viene verificata con test microscopici e genetici, e che sono poi mantenuti nella collezione CCME (Culture Collection of Microorganisms from Extreme Environments). Da questa collezione sono stati selezionati gli isolati per gli esperimenti BOSS e BIOMEX; a questo scopo i cianobatteri sono stati coltivati come biofilm su terreni agarizzati oppure in forma planctonica in coltura liquida e sottoposti a disseccamento prima delle simulazioni.

Esperienze su cianobatteri esposti a condizioni simulate spaziali e marziane (vuoto, radiazioni ultraviolette, atmosfera marziana)

1. Individuazione del danno al DNA mediante estrazione, amplificazione con PCR e corsa elettroforetica. La presenza di danni al DNA risulta in una diminuzione delle bande amplificate e quindi in fingerprinting alterati.
2. Valutazione della capacità di riparo del danno indotto al DNA. La capacità di formare colonie implica il riparo dei danni indotti al DNA. I meccanismi utilizzati probabilmente sono gli stessi che consentono la sopravvivenza al disseccamento negli analoghi terrestri di Marte.
3. Valutazione di danni alle membrane citoplasmatiche mediante sonde molecolari (Sytox-Green, Dibac) che penetrano in cellule con membrane danneggiate rendendole rilevabili in microscopia confocale.
4. Valutazione della persistenza di pigmenti fotosintetici dopo esposizione a UV valutando, in microscopia confocale, gli spettri di emissione.

Esperienze in clinostato

Il clinostato consente l'allestimento di condizioni simulate di microgravità al fine di valutare, per esempio, l'effetto sull'attività fotosintetica, sulla comunicazione cellula-cellula e sull'espressione genica in cianobatteri.



LABORATORIO SCOLASTICO

LABORATORI DI TOR VERGATA

Percorso teorico sviluppato in classe e nel seminario

L'origine della vita sul nostro pianeta è avvolta dalle nebbie del tempo ed è uno dei quesiti a cui non solo la scienza vorrebbe rispondere.

Le certezze al riguardo sono pochissime: documentazioni fossili ci dicono che la vita apparve molto presto sul nostro pianeta, organismi unicellulari semplici, in grado di nutrirsi e riprodursi risalgono a ~ 3.8 miliardi di anni fa; probabilmente gli oceani erano il loro habitat, visto che l'atmosfera era molto diversa da quella attuale, ma non sappiamo se fossero semplici fermentatori eterotrofi oppure autotrofi, sicuramente però alcuni di loro impararono presto ad esserlo e comparve la fotosintesi clorofilliana.

La fotosintesi clorofilliana è un vero prodigio della natura, ancora oggi quasi tutte le forme viventi ne hanno bisogno: ovviamente il mondo vegetale, tutti gli animali, che usano le piante per la propria alimentazione, fino agli organismi decompositori che chiudono il ciclo.

Inoltre la fotosintesi clorofilliana presenta un importantissimo effetto collaterale: dopo l'utilizzazione di acqua ed anidride carbonica per produrre zuccheri, rilascia come sottoprodotto l'ossigeno. Il nostro pianeta andò così incontro alla "grande ossidazione" da cui uscì trasformato.

Fra l'altro l'incremento di ossigeno risultò "velenoso" per gli organismi primitivi anaerobi, la loro estinzione fu accompagnata da una nuova strategia: la comparsa di microorganismi unicellulari abitatori di mari ed oceani, capaci di utilizzare l'ossigeno per ossidare i resti della fermentazione.

La maggiore efficienza energetica accompagnata da ulteriori, nuove strategie avrebbe portato nel corso dei successivi milioni di anni all'esplosione di molteplici forme di vita pluricellulare e complesse.

Intanto l'atmosfera, sempre più ricca di ossigeno, si trasformava accumulando ozono, in grado di assorbire la componente dannosa delle radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole e permettendo agli organismi viventi di colonizzare finalmente la terraferma.

I procarioti fotosintetici dominarono la Terra da circa 3 fino a 1 miliardo di anni fa, poi si ridussero notevolmente di numero anche perché i profondi cambiamenti che avevano innescato causarono l'esplosione della biodiversità che ne limitò inevitabilmente la diffusione. I loro diretti discendenti, ossia i cianobatteri moderni ed in particolare alcuni di essi in grado di colonizzare ambienti, dal nostro punto di vista, estremi, perciò detti estremofili, sono oggetto di studio in astrobiologia per testare la tenacia della vita e le sue peculiarità adattative per la sopravvivenza in ambienti estremi terrestri, simulati marziani ed in bassa orbita terrestre. I depositi stromatolitici dell'Australia occidentale e dell'Africa meridionale sono l'unica testimonianza della remota e fondamentale diffusione degli antichi batteri fotosintetici, ciò che ci hanno lasciato in eredità, l'atmosfera ossigenata e la fotosintesi clorofilliana, è il pianeta Terra così come lo conosciamo.



Cianobatteri di ambiente desertico terrestre, con resistenza a diversi tipi di stress, unitamente ad altri estremofili, forniscono il presupposto scientifico per la ricerca di vita oltre la Terra, ma anche per validare la litopanspermia, una teoria che considera la possibilità che la vita possa aver viaggiato nello spazio e raggiunto la Terra all'interno di meteoriti. Gli enormi sbalzi di temperature, l'assenza di gravità, le radiazioni solari e cosmiche, l'assenza di atmosfera e la conseguente disidratazione rappresentano infatti un ostacolo che soltanto organismi estremamente semplici e tenaci potrebbero aver superato. Una applicazione futura della fotosintesi clorofilliana risiede nel supporto dell'esplorazione umana dello spazio. Il Progetto Melissa di ESA, per esempio, è volto ad realizzare un sistema Life Support System capace di convertire gli scarti degli astronauti in ossigeno e cibo grazie ad un circuito auto sostenibile di batteri, alghe e piante. Lo scopo è ridurre la dipendenza dai rifornimenti terrestri di future missioni su Luna e Marte.

ESPERIENZA N. 1

Scopo: Verificare che il colore verde delle foglie è dovuto alla presenza di differenti pigmenti tutti coinvolti e necessari al processo di cattura dell'energia solare. La procedura prevede una semplice estrazione a caldo o a freddo dei pigmenti fotosintetici e la loro separazione per cromatografia su carta:

Risultati attesi: La cromatografia su carta dei pigmenti fotosintetici permette di evidenziare tre distinte bande, quella di colore verde, corrispondente alla clorofilla b, quella intermedia, la clorofilla a, quella di colore giallo-arancio, più in alto, corrispondente a xantofille e carotenoidi.

ESPERIENZA N. 2

Scopo: Verificare la produzione di amido primario nella foglia, ovvero nelle sue parti verdi, in seguito al processo di fotosintesi. L'amido infatti se trattato con una soluzione iodio-iodurata assume una colorazione viola-bluastro.

Risultati attesi: La sintesi dell'amido nella pianta avviene grazie al processo fotosintetico nelle parti verdi della pianta, quindi esige la presenza della luce; infatti si verifica che non vi è produzione di amido in assenza di luce (quando la foglia è tenuta coperta) e in parti prive di clorofilla (foglie variegate).

ESPERIENZA N. 3

Scopo: Verificare che la pianta in presenza di luce, consuma CO₂ e produce O₂. Si utilizza il blu di bromotimolo, un indicatore di pH che a pH neutro-basico acquista colore blu-violetto ed a pH acido un colore verde-giallo. L'aggiunta di CO₂ acidifica l'acqua. Si predispongono 4 provettoni con acqua e 10 gocce di blu di bromotimolo (colore blu-violetto), quindi si allestiscono quattro condizioni distinte:

PROVETTA 1: soffiare dentro la provetta con una cannucchia fino a che il colore non viri al giallo per la CO₂ introdotta. Inserire un rametto di elodea.

PROVETTA 2: introdurre un rametto di elodea.

PROVETTA 3: soffiare dentro con una cannucchia fino a che il colore non viri al giallo.

PROVETTA 4: soffiare dentro con una cannucchia fino a che il colore non viri al giallo. Introdurre un rametto di elodea. Coprire la provetta con la carta stagnola e mantenerla al buio.

Le provette vengono esposte ad una lampada per circa un'ora, oppure 24 h in un ambiente luminoso.

Risultati attesi: PROVETTA 1: il blu di bromotimolo ritorna al suo colore naturale: il blu. Questo perché la fotosintesi sottrae al liquido l'anidride carbonica insufflata che lo aveva reso giallo.

PROVETTA 2: In assenza di CO₂ l'elodea non è in grado di compiere fotosintesi e la soluzione rimane blu.

PROVETTA 3: La soluzione rimane giallo, perché non è presente la pianta di elodea non c'è perciò fotosintesi.

PROVETTA 4: La fotosintesi non avviene, la CO₂ insufflata non viene consumata dall'elodea, la soluzione rimane gialla.

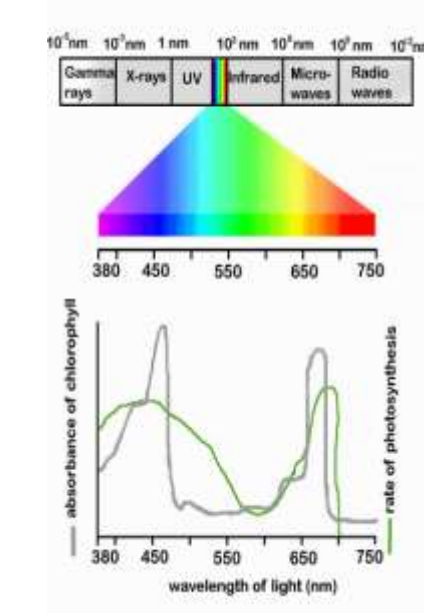
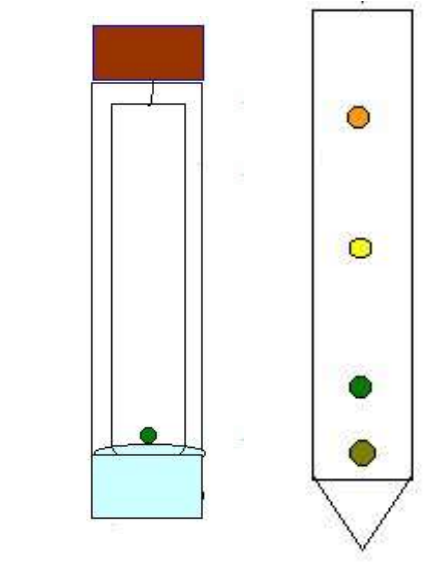
Si dimostra perciò che la fotosintesi avviene solo in presenza di luce, ha bisogno di anidride carbonica e libera ossigeno (osservabile come bollicine di gas).

ESPERIENZA N. 4

Scopo: Verificare l'influenza delle diverse lunghezze d'onda della luce visibile sulla quantità di O₂ prodotta, quindi sull'efficienza della fotosintesi. Si utilizzano quattro beaker riempiti con acqua arricchita in CO₂, in ognuno dei quali si dispongono alcuni rametti di Elodea ricoperti con un imbuto capovolto; sopra il gambo di ogni imbuto si inserisce una provetta capovolta, piena d'acqua, nella quale si raccoglierà l'ossigeno prodotto dalla fotosintesi. I beaker verranno poi irradiati con opportuni accorgimenti con luce verde, blu, rossa e bianca. Si può predisporre anche un beaker che si tiene al buio.

Risultati attesi: Nelle provette 1-2-3-, irradiate rispettivamente con luce verde, blu, rossa e nella provetta 4. (controllo) si osserva: provetta 1. assenza di ossigeno, provette 2. 3. 4. produzione di ossigeno via via crescente.

Se ne può dedurre che i pigmenti fotosintetici assorbono maggiormente la radiazione rossa, meno la blu e non assorbono la radiazione verde che viene riflessa, infatti i pigmenti fotosintetici appaiono verdi.



BIBLIOGRAFIA: Billi D, Baqué M, Smith HD, McKay CP (2013) Cyanobacteria from extreme deserts to space. Adv. Microbiol. 3:80-8
http://www.ansa.it/scienza/notizie/rubriche/spazioastro/2014/08/21/sulla-stazione-spaziale-prove-di-sopravvivenza-su-marte_02cacfa4-db6d-4724-9c8a-75657db0f033.html
<http://archive.oapd.inaf.it/othersites/altrimondi/>; http://planet.racine.ra.it/testi/or_vita.htm;
http://www.musei.unina.it/p_stromatoliti.php; <http://www.torinoscienza.it/dossier/melissa>; <http://www5.indire.it>;
<http://coltivazioneindoor.info/articoli/spettro-lampada.php>; www.fondazione scuola.it/.../