

# *Fotosintesi esotica nei sistemi stellari binari*

152

*Solitamente non pensiamo agli extraterrestri sotto forma di vegetali, ma potrebbero essere proprio quelli i primi che individueremo su un altro pianeta, dalla tracce da essi lasciate nell'atmosfera attraverso un'esotica fotosintesi. Come apparirebbero se a illuminarli fosse una luce diversa da quella del Sole?*



154

La questione dell'esistenza della vita su altri mondi non è affatto recente, risale infatti almeno ai tempi dei filosofi atomisti, che avanzarono l'idea che vi fossero altri mondi in altre parti dell'universo, popolati di "razze di uomini e animali diversi" (Lucrezio). Queste idee sono perdurate nel corso dei secoli, ma è solo negli anni più recenti, con la nascita dell'astrobiologia, che abbiamo capito come testare scientificamente quelle idee.

L'astrobiologia è lo studio della vita nell'universo, sia sul nostro pianeta sia al di fuori di esso. Sebbene non abbiamo ancora trovato vita altrove, abbiamo la capacità di rilevarla se c'è; la cosa difficile è capire dove cercarla nella vastità del cosmo.

La più elevata probabilità di successo nell'individuazione di vita extraterrestre potrebbe venire dalla ricerca di vita somigliante a quella terrestre (vita come noi la conosciamo). Sulla Terra, la fotosintesi (la conversione di luce solare in energia) è la base per la maggioranza delle forme viventi. È la sorgente di energia per le piante, e quindi per l'intera catena alimentare degli animali.

Tutto avviene grazie al Sole, che è la più abbondante, persistente e facilmente utilizzabile fonte di energia fra quelle disponibili, e se la vita si è sviluppata su altri pianeti, potrebbe aver scelto di usare le stelle di quei pianeti come fonte di energia primaria.

La fotosintesi extraterrestre che produce ossigeno è di particolare interesse, perché se fosse presente su scala abbastanza ampia produrrebbe tracce di ossigeno e ozono atmosferico che potrebbero essere individuate dalla Terra. Queste tracce, unite alla presenza di acqua liquida, produrrebbero un indizio

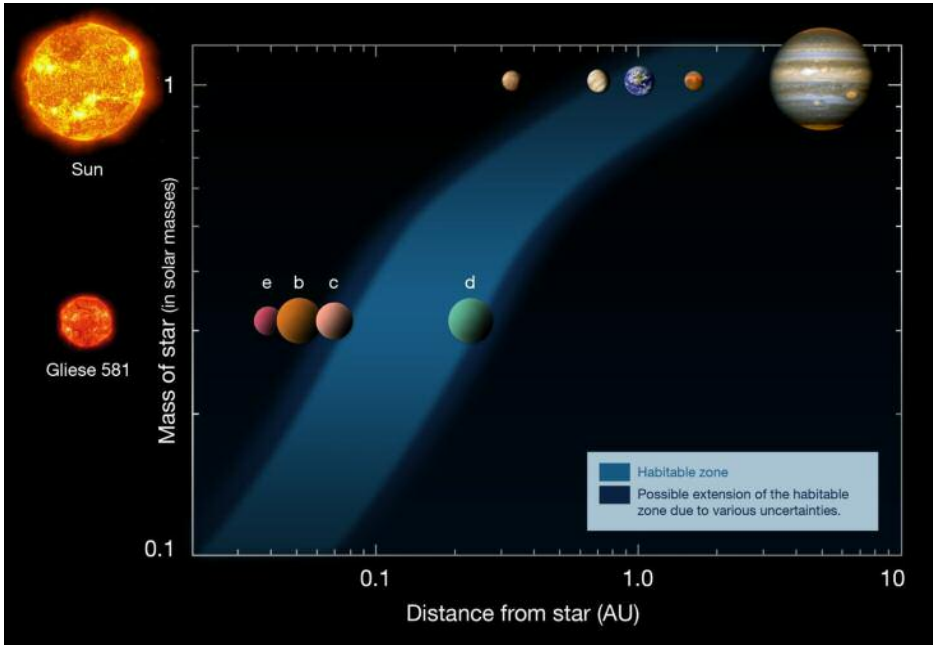
convincente dell'esistenza di vita su un altro pianeta.

Sono già state fatte delle speculazioni sulla natura della vita vegetale presente su pianeti ospitati da stelle di tipo diverso dal nostro Sole (si vedano ad esempio i lavori di Nancy Kiang o John Raven).

Circa la metà dei sistemi stellari della nostra galassia sono composti di due o più stelle, cosa che porta a chiedersi come la vita possa diversamente evol-



Nelle immagini di queste pagine vediamo delle rappresentazioni di fantasia di quello che potrebbe essere l'aspetto di forme di vita vegetale appartenenti a pianeti illuminati anche o esclusivamente dalla luce di stelle diverse dal Sole. In particolare nane rosse.



terrestri, scoperto in un sistema binario formato da una stella G e una stella M) e GJ 667C b (di 5,7 masse terrestri, scoperto in un sistema triplo formato da una stella M e da due stelle K). La ricerca dell'autore è focalizzata sull'influenza delle stelle di tipo G (come il Sole) e di tipo M (le nane rosse) sulle caratteristiche della vita fotosintetica su un pianeta di tipo terrestre all'interno della zona di abitabilità (la regione attorno a una stella dove un pianeta di tipo roccioso può conservare acqua liquida in superficie, per il tempo necessario alla vita per evolvere) nei sistemi stellari doppi e tripli.

ISS

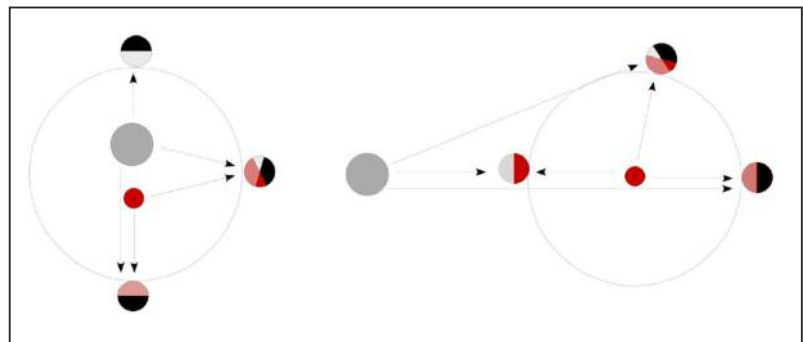
Confronto fra le zone di abitabilità del Sole e di Gliese 581, una nana rossa che possiede pianeti in posizione favorevole (anche se per altri motivi non particolarmente adatti allo sviluppo della vita).

vere quando esposta a due o più sorgenti di energia, specialmente se quelle sorgenti di energia sono stelle di due tipi molto diversi.

Si riteneva un tempo che sarebbe stato difficile per i pianeti esistere all'interno di sistemi stellari binari o multipli, e si credeva che la trazione gravitazionale di più stelle avrebbe impedito a un determinato pianeta di seguire un'orbita stabile. Ora tutto ciò sembra invece possibile. Se ad esempio le stelle sono molto vicine fra loro, il pianeta può orbitare attorno ad esse come se fossero una singola stella. Oppure, se le stelle sono molto distanti fra loro, il pianeta può orbitare attorno a una delle due.

Molti pianeti extrasolari sono stati scoperti in siffatti sistemi, come ad esempio due pianeti con masse inferiori alle 10 masse terrestri, 55 Cnc e (di 8,3 masse

Sono state scelte le stelle di tipo G e M perché sappiamo che le prime ospitano un numero rilevante di pianeti, mentre le seconde sono le stelle più abbondanti nella Galassia. Inoltre, circa il 57% delle stelle G appartengono a sistemi multipli, percentuale che scende al 25-30% per le stelle M, ma ci sono così tante stelle di tipo M che quella percentuale rappresenta comunque un numero elevato.



Orbite planetarie in sistemi binari stretti (i) e sistemi binari larghi (ii). Le regioni colorate del pianeta rappresentano le aree illuminate da ogni stella in punti diversi dell'orbita.

Un'indagine condotta da Duquennoy e Mayor suggerisce che le stelle M e G ricorrono piuttosto frequentemente assieme nei sistemi multipli.

Sono stati pertanto investigati i sistemi binari stretti, quelli larghi, nonché i sistemi composti di tre stelle e le loro possibili combinazioni. Inoltre, è stato modellizzato il picco del flusso di fotoni (la lunghezza d'onda prevalente fra quelle emesse) proveniente da ciascuna delle stelle di ogni scenario.

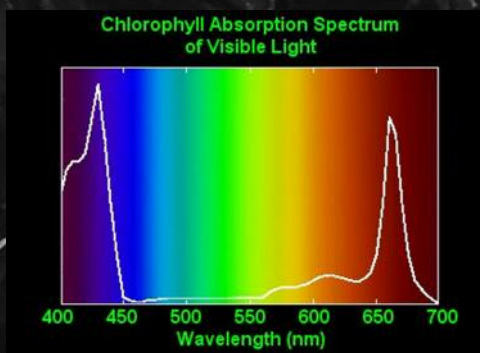
Sulla Terra, l'intervallo di lunghezze d'onda utilizzato nella fotosintesi è cen-


trato sulla lunghezza d'onda appena al disotto di quella del massimo flusso di fotoni proveniente dal Sole (approssivamente a metà strada fra i due picchi del diagramma sottostante); pertanto, conoscere il massimo flusso di fotoni proveniente da altre stelle permette di fare ipotesi sulle conseguenze della fotosintesi su altri pianeti.

Per le stelle G il picco del flusso di fotoni è posizionato attorno a 643 nm, mentre per le stelle M è attorno a 991 nm.

È necessario misurare la densità del flusso di fotoni a queste lunghezze d'onda

156



A photograph of a field of sunflowers. The sun is high in the sky, creating a bright lens flare. The sunflowers are in various stages of bloom, with some showing their characteristic dark centers and bright petals. The background is a clear, deep blue sky.

per ogni stella, poiché al fine di condurre la fotosintesi occorre che alla superficie di un pianeta giunga un sufficiente numero di fotoni per unità di area al secondo.

Le simulazioni suggeriscono che i pianeti nei sistemi multistellari possono ospitare forme esotiche delle più familiari piante che vediamo sulla Terra.

Un pianeta che orbita vicino a una stella M con una più distante compagna di tipo G avrebbe un regime luminoso fotosintetico dominato dalla radiazione infrarossa.

La maggior densità dei fotoni infrarossi, dovuta alla minore distanza dalla nana rossa, compenserebbe la minore energia dei fotoni di quelle lunghezze d'onda e sarebbe sufficiente alla fotosintesi.

In simili ambienti dominati dalla radiazione infrarossa, la vegetazione potrebbe avere più pigmenti fotosintetici al fine di utilizzare un più ampio intervallo di lunghezze d'onda, e ciò le conferirebbe un aspetto più scuro.

Come potrebbe la vita fotosintetica adattarsi alla presenza di due diverse radiazioni ambientali? Utilizzerebbe la ra-



diazione della stella G, quella della stella M o una combinazione di entrambe?

Nell'esempio di una stella M e di una stella G disposte a formare un sistema binario stretto, un pianeta abitabile si troverebbe approssimativamente a 1 unità astronomica dal baricentro.

A questa distanza la densità del flusso di fotoni dalla stella M sarebbe molto meno intenso di quello proveniente dalla stella G, suggerendo che sarebbe preferita la radiazione di quest'ultima, sebbene potrebbero esserci degli ambienti su quel pianeta dove la vita troverebbe preferibile l'impiego dei fotoni infrarossi, forse per le proprietà di attenuazione della luce di certi habitat.

L'esempio di organismi fotosintetici a-

condaria; tuttavia, ci sono periodi in cui una porzione del pianeta potrebbe essere illuminata solo dalla luce proveniente dalla stella fotosinteticamente meno favorevole. Quando è la stella G a ospitare il pianeta, la stella M è troppo distante per fornire un contributo significativo al bilancio energetico di un pianeta abitabile. Ma se è la stella M a ospitare il pianeta, alcuni organismi potrebbero evolvere sfruttando il flusso a bassa densità di fotoni provenienti dalla distante stella G, poiché in alcune regioni della superficie planetaria solo la luce di quest'ultima persisterebbe per una porzione significativa dell'orbita.

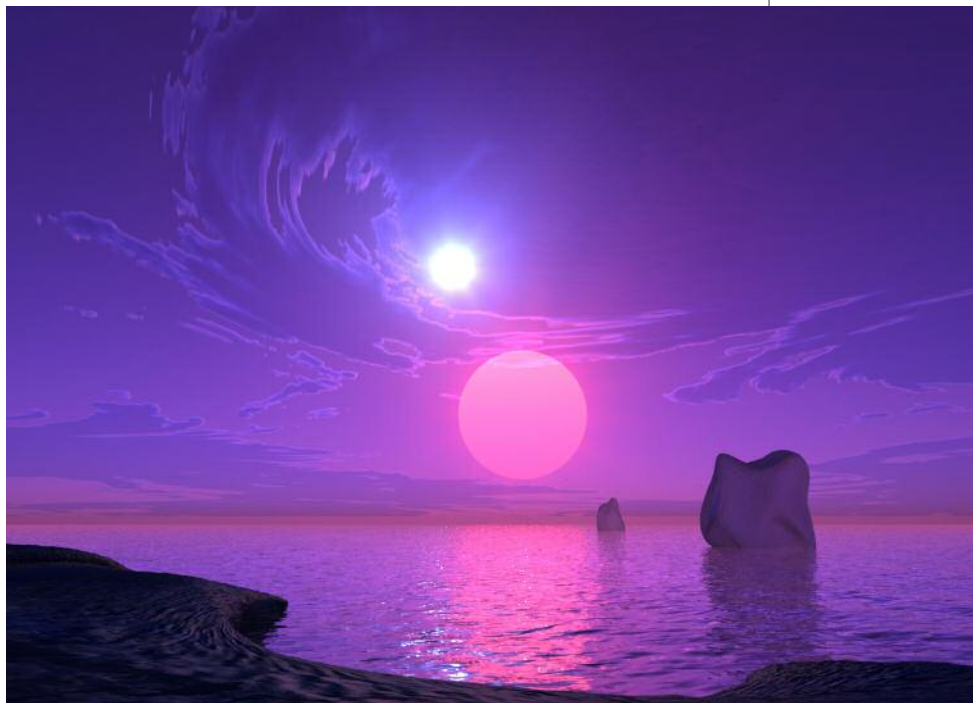
Sulla Terra gli organismi specializzati tendono ad avere più successo di quelli

Altri esempi dell'aspetto di ipotetiche piante aliene (basati su piante terrestri).

Una nana rossa e una più distante stella di tipo solare tramontano vicine nel cielo di un lontano pianeta di tipo terrestre.

dattati all'uso di entrambe le radiazioni è invece più difficile da fare. In termini di investimento energetico sarebbe complicato e dispendioso ospitare entrambi i sistemi in un singolo organismo.

Le possibilità divengono più interessanti per gli scenari di binarie M-G molto ampie. La radiazione della stella primaria ha sempre una magnitudine maggiore di quella della distante se-



Un sistema stellare triplo visto dalla superficie di una luna di un ipotetico pianeta extrasolare.



generici quando c'è un'ampia gamma di risorse disponibili in un habitat. Il mutevole regime di radiazione nei sistemi binari M-G aumenta la possibilità di nicchie di variazione spettrale, con organismi diversi nello stesso habitat adattati all'uso di radiazioni provenienti da stelle differenti in tempi differenti dell'orbita planetaria. Evolvere un meccanismo per sfruttare entrambi i tipi di radiazione disponibili in un habitat e commutare fra i due tipi in risposta al cambiamento ambientale può essere una strategia troppo costosa per essere vantaggiosa. È più probabile che in queste condizioni evolvano due distinte categorie di organismi, ciascuna adattata a far uso di una forma di radiazione o dell'altra, forse entrando in uno stato dormiente quando le necessarie condizioni di radiazione sono assenti. Argomentazioni simili potrebbero essere applicate ai sistemi stellari tripli. Ci sono una quantità di disposizioni di sistemi stellari multipli in cui pianeti di

tipo terrestre possono essere classificati come abitabili, con ciascuno che fornisce ambienti unici e diverse possibilità per la vita fotosintetica che produce ossigeno. Questi risultati suggeriscono che i sistemi stellari binari e multipli sono obiettivi convincenti nella ricerca di tracce di fotosintesi extraterrestre.

**Jack O'Malley-James** ha iniziato la sua vita accademica con fisica e si è poi trasferito a biologia, prima di stabilirsi al dipartimento di astronomia di St. Andrews, facendo convergere le proprie esperienze verso l'astrobiologia. È ora giunto al termine del suo primo anno di dottorato, studiando come possono evolvere le tracce biologiche su pianeti di tipo terrestre in orbita attorno a stelle di sequenza principale.