



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E DELL' AMBIENTE

Corso di Laurea in Scienze Biologiche

I ritmi circadiani di piante e cianobatteri

The circadian clocks of plants and cyanobacteria

Laureando:

Siria Sciamanna



Docente referente:

Dott. Fabio Rindi

Anno accademico: 2018-2019

RITMO CIRCADIANO

Meccanismo biochimico dall'andamento ciclico oscillatorio, sincronizzato con l'andamento di fenomeni dell'ambiente esterno, come l'alternanza luce-buio

Le piante usano questi «orologi» interni che servono ad adattarsi e a rispondere a cambiamenti esterni. Il ritmo circadiano permette di anticipare i cambiamenti stagionali e giornalieri e di aggiustare la propria fisiologia in base ad essi.



«Circa» + «diem»

Nel 1960, presso il simposio svoltosi a Cold Spring Harbor, è stato stabilito che tutte le cellule viventi fossero dotate di un ritmo circadiano, essenziale per adattarsi ai cambiamenti giornalieri

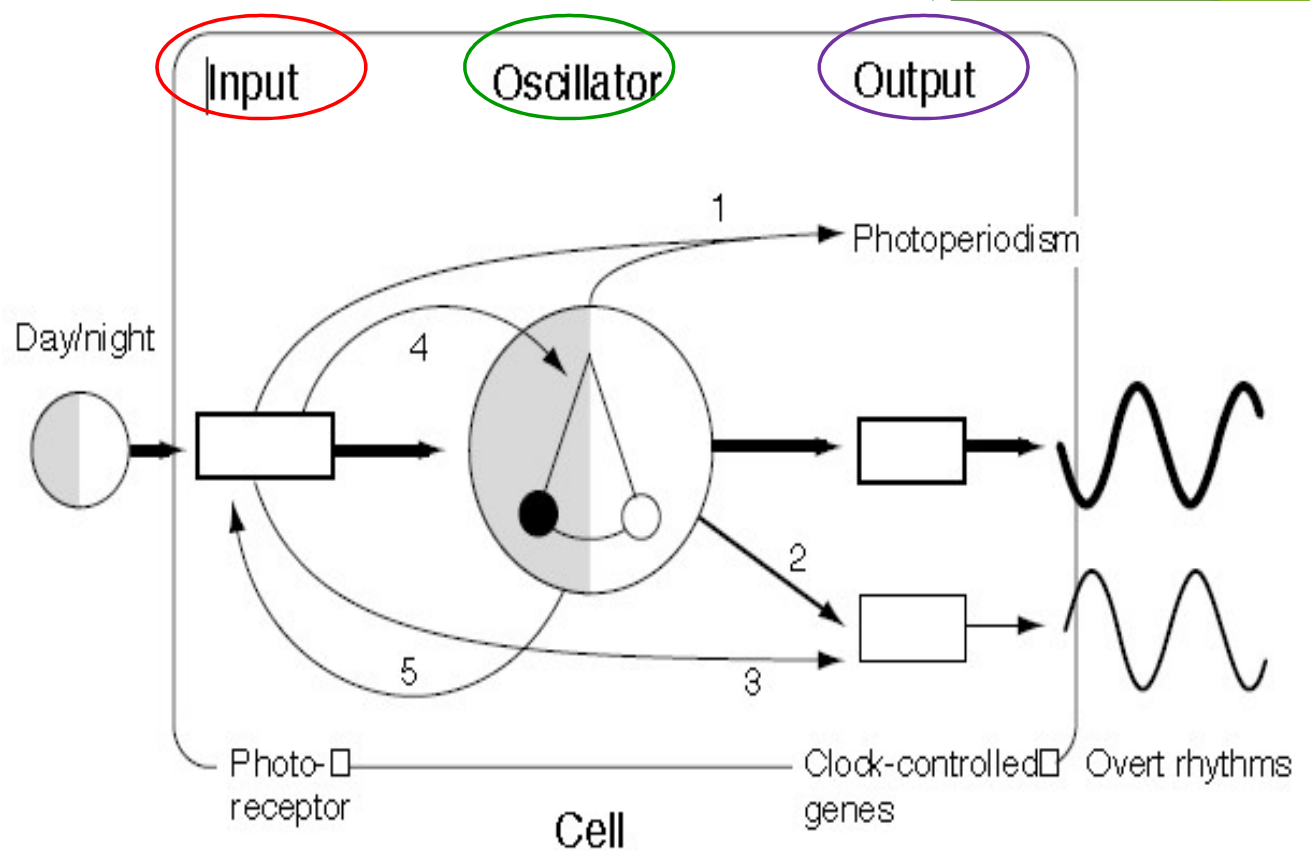
Il movimento delle foglie è stato il primo fenomeno che è stato riconosciuto essere sotto il controllo del ritmo circadiano.

Ogni ritmo circadiano consta di 3 caratteristiche:

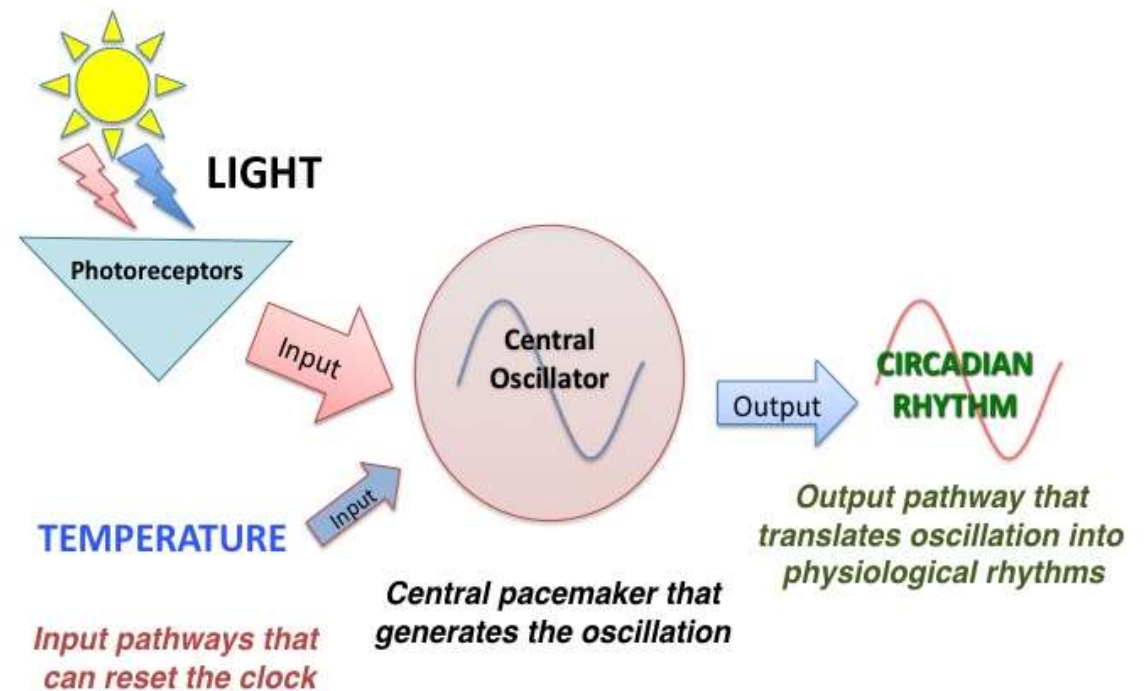
- persistenza del ritmo
- reset delle fasi grazie a stimoli esterni (luce-buio, temperatura..)
- compensazione della temperatura

Struttura base:

- **Input**: via di segnali che reimpostano il ciclo
- **Oscillatore**: serie di risposte cicliche accoppiate che generano il ritmo
- **Output**: cambiamenti ritmici che avvengono a livello trascrizionale e traduzionale, riarrangiando i processi fisiologici

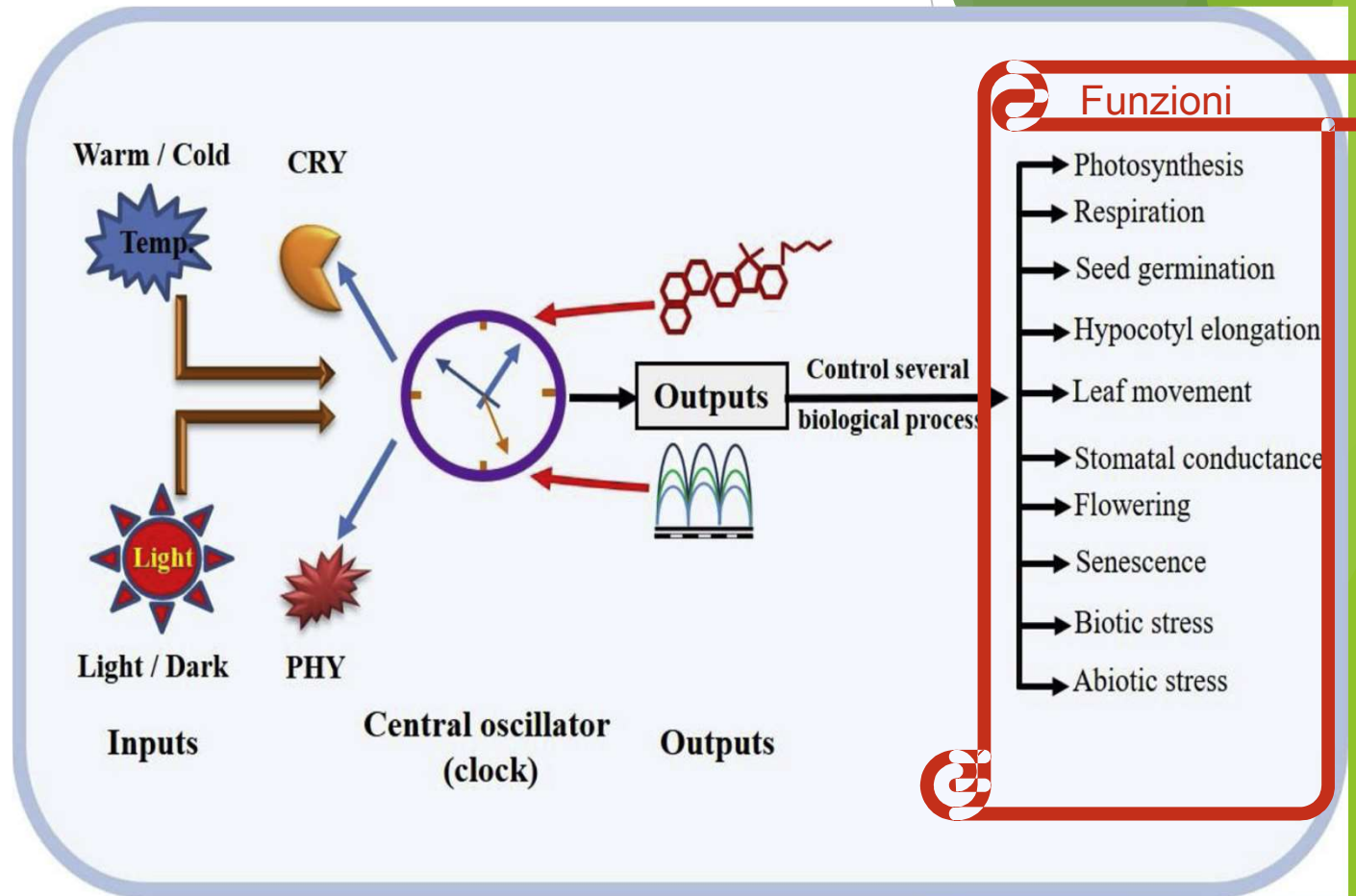


- **Input:** Sequenza di eventi grazie alla quale le informazioni provenienti dall'ambiente, come cambiamenti della luce e della temperatura, sono trasdotti presso l'oscillatore. L'input riceve questi segnali grazie alla presenza di specifici recettori e poi fa sì che l'oscillatore venga settato in modo da rispondere ai cambiamenti esterni.
- **Oscillatore:** rappresenta il segnatempo circadiano, e l'oscillazione è provocata dalla mutua interazione tra due o più variabili che sono chiamate «stati variabili». Queste variabili mantengono un rapporto ciclico stabile e ciò è possibile perché uno stimolo, come l'impulso luminoso, provoca una risposta da parte delle variabili, che si spingono lontane dal proprio equilibrio in un andamento autocatalitico, tornando poi nuovamente in equilibrio.
- **Output:** collega l'oscillatore con i vari processi biologici che sono sotto il suo controllo. Produce i ritmi che poi differiscono nelle varie fasi.



Funzioni del ritmo circadiano:

Misura cambiamenti periodici esterni e controlla molti meccanismi coinvolti ad esempio nella fotosintesi, respirazione, processi di sviluppo e molti altri processi metabolici dell'organismo. Infatti le piante non possono muoversi e non sono protette da particolari ambienti interni, poiché deve sempre essere garantita una comunicazione con l'esterno per scambi di gas e acqua. Quindi il ritmo circadiano è essenziale per il controllo delle attività fisiologiche



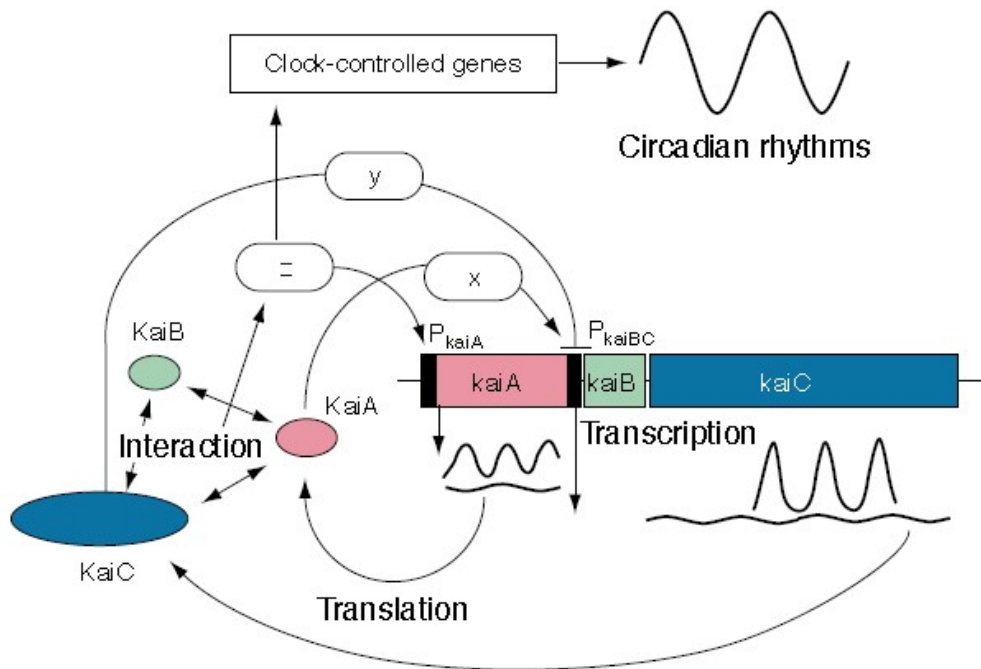
Nei CIANOBATTERI...

La nitrogenasi è stato il primo complesso riconosciuto essere sotto il controllo del ciclo circadiano nei procarioti. E' stato osservato che il ritmo della nitrogenasi soddisfa i tre criteri dei ritmi circadiani, suggerendo quindi che gli oscillatori circadiani possono esistere anche in assenza di strutture cellulari eucariotiche, permettendone l'esistenza a vari livelli di vita. I cianobatteri possono quindi rappresentare un sistema modello per studi molecolari dell'orologio circadiano, poiché rappresentano l'organismo più semplice ad avere un orologio



- Ad esempio, in *Synechococcus* tutti i promoter-trapped clones presentano un pattern di espressione ritmico con varie fasi. Alcuni di questi geni sono sotto il controllo di fattori che rispondono all'orologio circadiano. Ne è un esempio il gene *purF*, che codifica un enzima sensibile all'ossigeno che rientra in una via biosintetica che è finemente regolata affinché venga attivata solamente di notte.
- Nei cianobatteri il ritmo circadiano, in una prospettiva darwiniana, assume particolare importanza per l'adattamento all'ambiente esterno.
In realtà, in diversi esperimenti, esemplari mutanti per il ritmo generalmente sopravvivono lo stesso, ma è stato largamente dimostrata una maggiore fitness negli esemplari wild type. Quindi nonostante il ritmo non incida sulla sopravvivenza, gli esemplari con un ritmo circadiano funzionante sono risultati maggiormente competitivi.



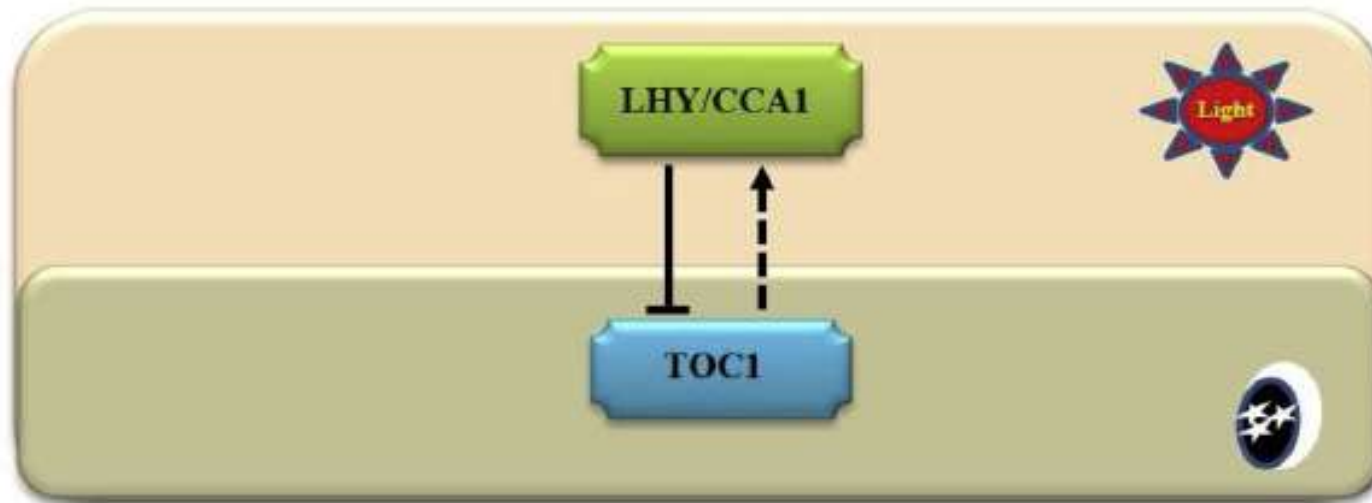


In *Synechococcus* sono state isolate tre Open Reading Frames formati da numerosi geni, l'inattivazione dei quali porta alla scomparsa del ritmo, mentre una loro riattivazione comporta la ristabilizzazione del ritmo. Questi cluster genici sono stati nominati kaiA, kaiB e kaiC, e svolgono un ruolo fondamentale nel ritmo circadiano di *Synechococcus*. Sono presenti anche altri geni che contribuiscono al ritmo, ed intervengono su aspetti diversi del metabolismo.

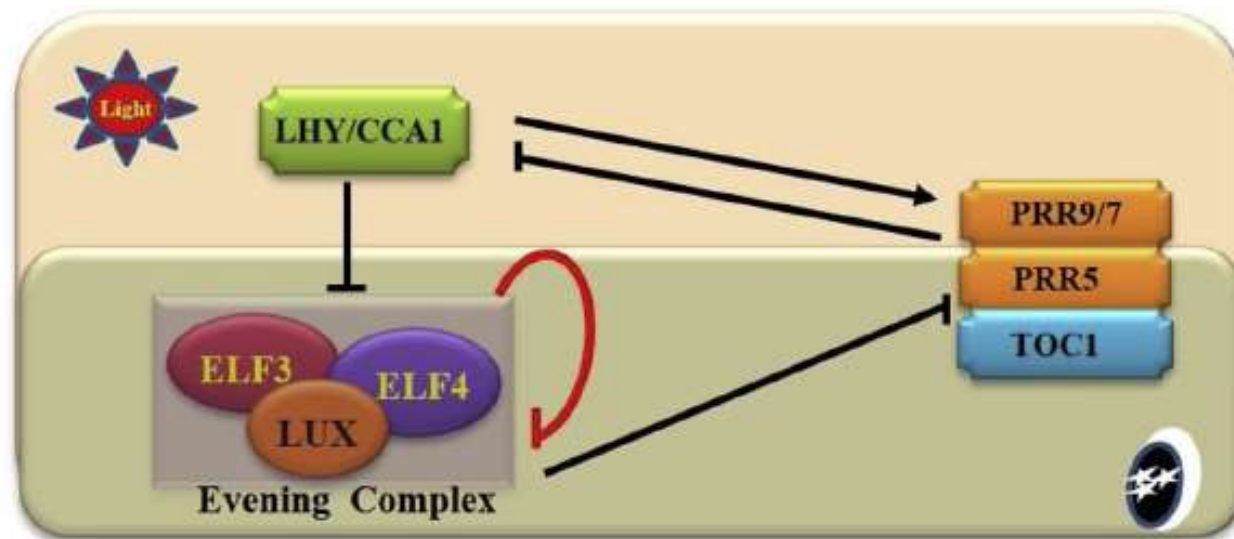
Nelle PIANTE SUPERIORI...

i geni dell'orologio sono stati sequenziati nel genoma di Arabidopsis. I primi ad essere stati scoperti sono stati i geni toc. In particolare il gene toc1 è interessante poiché ha caratteristiche molto simili a geni del ritmo di altri organismi.

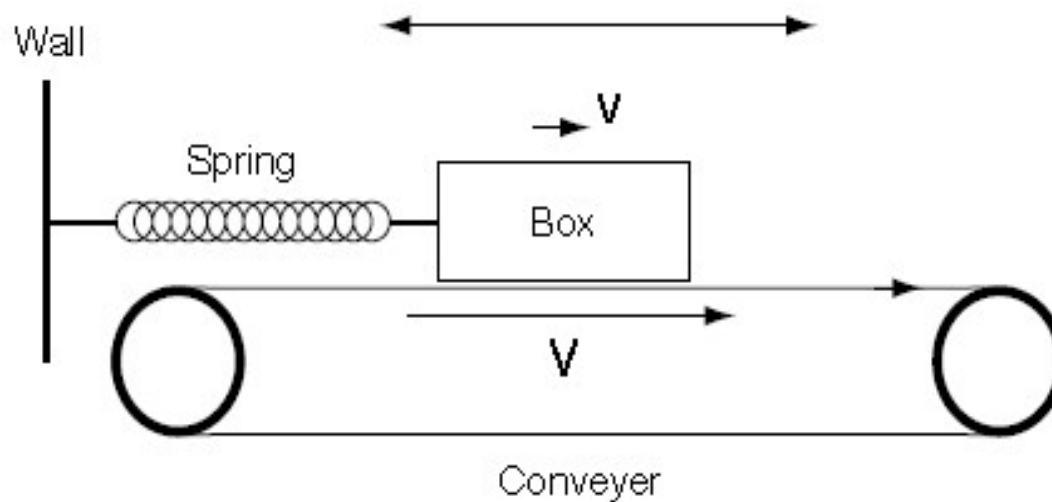
Anche il gene grp7 è stato collegato funzionalmente al ritmo circadiano, ed è dotato di una forte ritmicità. Del suo funzionamento è particolare il fatto che la sovraespressione di questo gene ha un effetto negativo sull'espressione del gene stesso (feedback negativo), mentre altri geni rimangono ritmici. Una possibile interpretazione di questo meccanismo è che grp7 è dotato di un'autoregolazione posta però sotto il controllo dell'oscillatore.



Altri fattori legati al ritmo sono CCA1 e LHY. L'espressione di entrambi i geni mostra una certa ritmicità e la loro sovraespressione reprime la loro espressione e abolisce la ritmicità di altri geni. Questi risultati suggeriscono la possibilità che CCA1 o LHY siano geni chiave variabili in un loop a feedback negativo del ritmo circadiano.



Grazie agli esperimenti condotti su geni mutanti di Arabidopsis è stato scoperto che ciò che tiene il tempo del ritmo circadiano è un'oscillazione autosostenuta, che è tra l'altro molto frequente in natura. Nelle oscillazioni autosostenute, il livello di due o più variabili che interagiscono mutualmente tra loro, chiamate «variabili di stato», generano l'oscillazione. Queste variabili mantengono una relazione ciclica e stabile (CICLO LIMITE).



CONCLUSIONI

Il ritmo circadiano, presente in moltissimi organismi, risulta fondamentale per la vita degli organismi vegetali.

Opera attraverso meccanismi trascrizionali e traduzionali, cambiando il livello di espressione dei geni coinvolti nei vari meccanismi fisiologici della pianta.

Si è probabilmente sviluppato più volte nel corso dell'evoluzione, convogliando poi verso meccanismi funzionali simili nei vari organismi.

Infatti i geni e i fattori coinvolti nelle diverse specie sono tra loro differenti, mentre molto simile è il meccanismo attraverso il quale il ritmo circadiano agisce.

Lo sviluppo di nuove metodiche d'indagine e l'avanzamento della ricerca permetterà la scoperta di sempre nuove informazioni riguardanti le basi molecolari di questo processo, come già successo negli ultimi decenni. Questo articolo infatti, datato 1999 illustra informazioni che sono state nel tempo approfondite e arricchite di nuove scoperte, permettendo una migliore comprensione del fenomeno del ritmo circadiano vegetale.

Fonti

- Kondo T. and Ishiura M. 1999. The circadian clocks of plants and cyanobacteria. *Trends in Plant Science* 4 (5): 171-176.
- Sryvastavaa D., Shamimb Md., et al. 2019. Role of circadian rhythm in plant system: An update from development to stress response. *Environmental and Experimental Botany* 162: 256–271
- Google immagini