



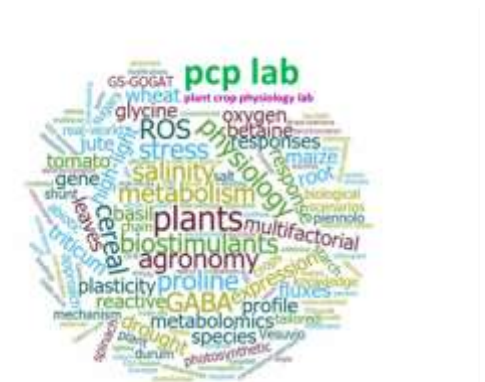
Università  
degli Studi  
della Campania  
*Luigi Vanvitelli*

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie  
Ambientali Biologiche e  
Farmaceutiche*

## Variazioni fisiologiche e metaboliche nelle colture sottoposte a stress da caldo

**Petronia Carillo**

Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", Caserta, Italia

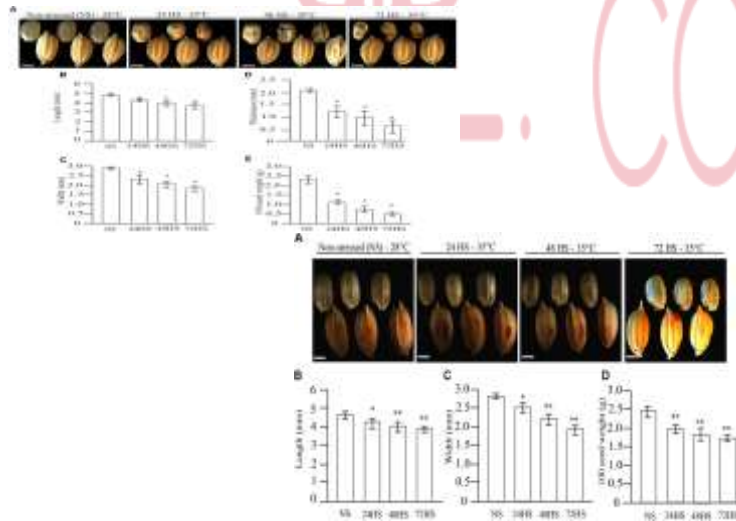


[petronia.carillo@unicampania.it](mailto:petronia.carillo@unicampania.it)

Le risposte alle fluttuazioni ambientali sono eventi fisiologici e non patologici nella vita delle piante



# BIOSTIMOLANTI - CONFERENCE

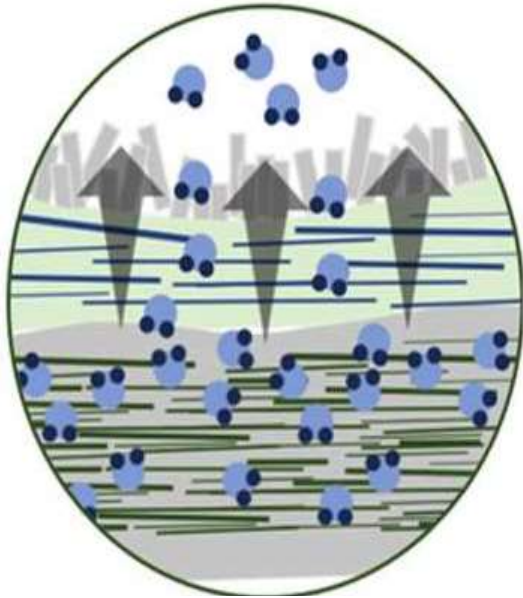




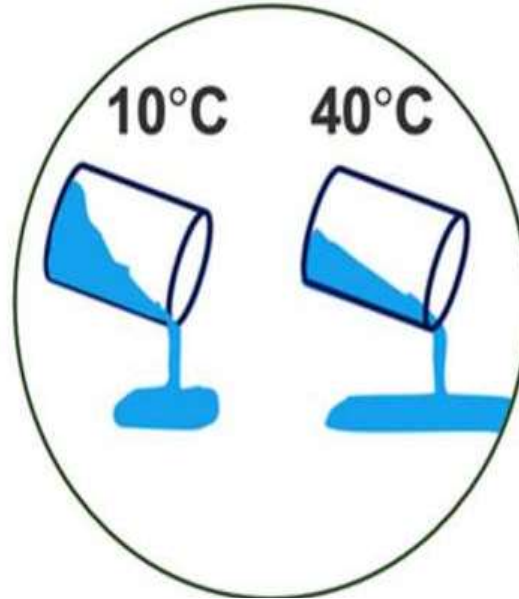
# Il Mediterraneo è stato classificato come hotspot del cambiamento climatico

quaporin  
regulation

## Increase in cell permeability



## Decrease in water viscosity



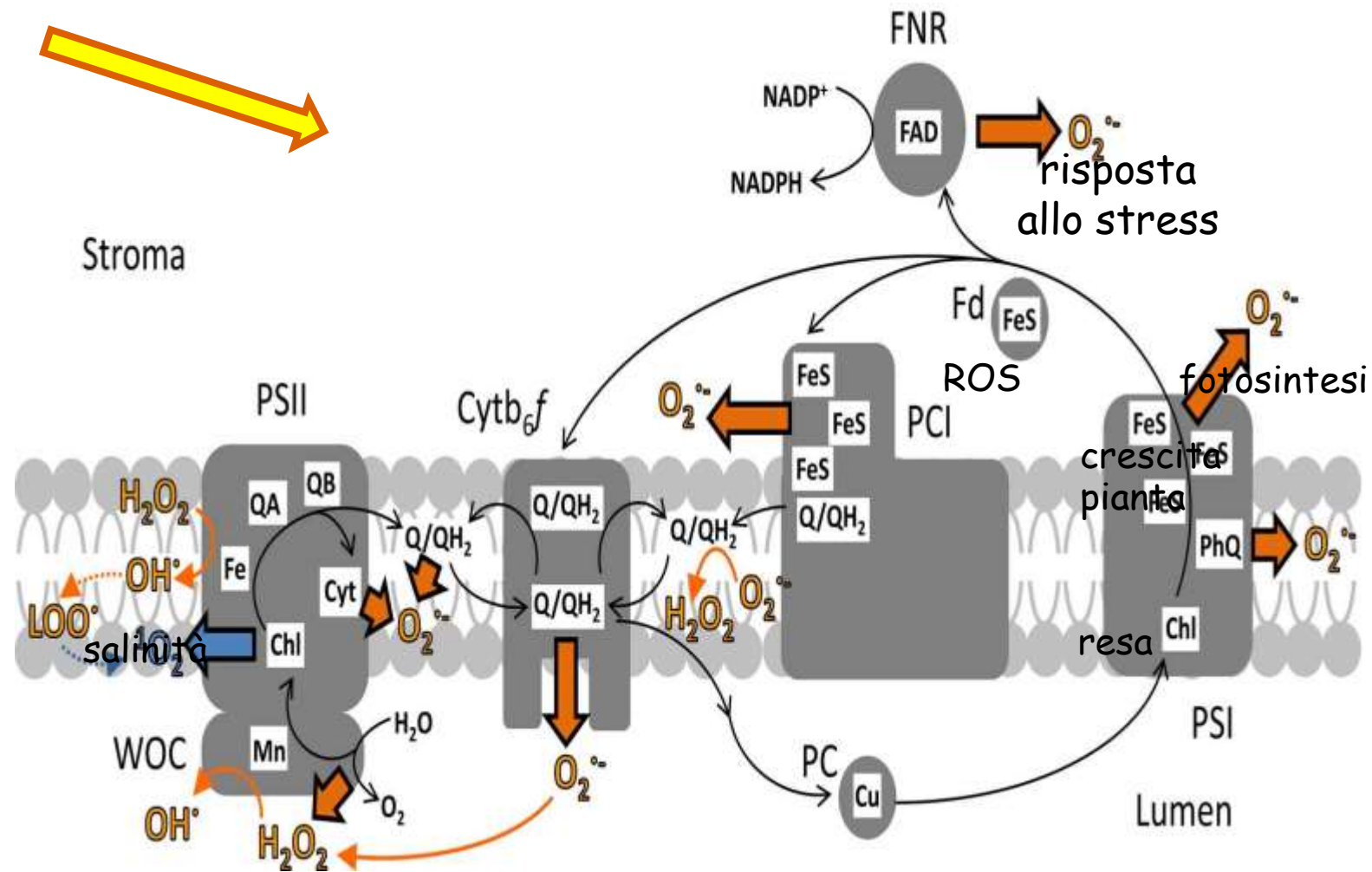
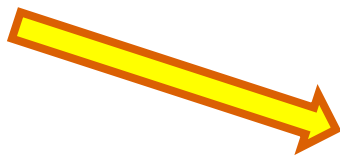
Modello di aumento delle temperature medie nelle terre coltivate previsto per il 2050

Il Mediterraneo è il luogo con il riscaldamento più rapido sulla Terra, destinato a superare i 3 °C entro il 2100.

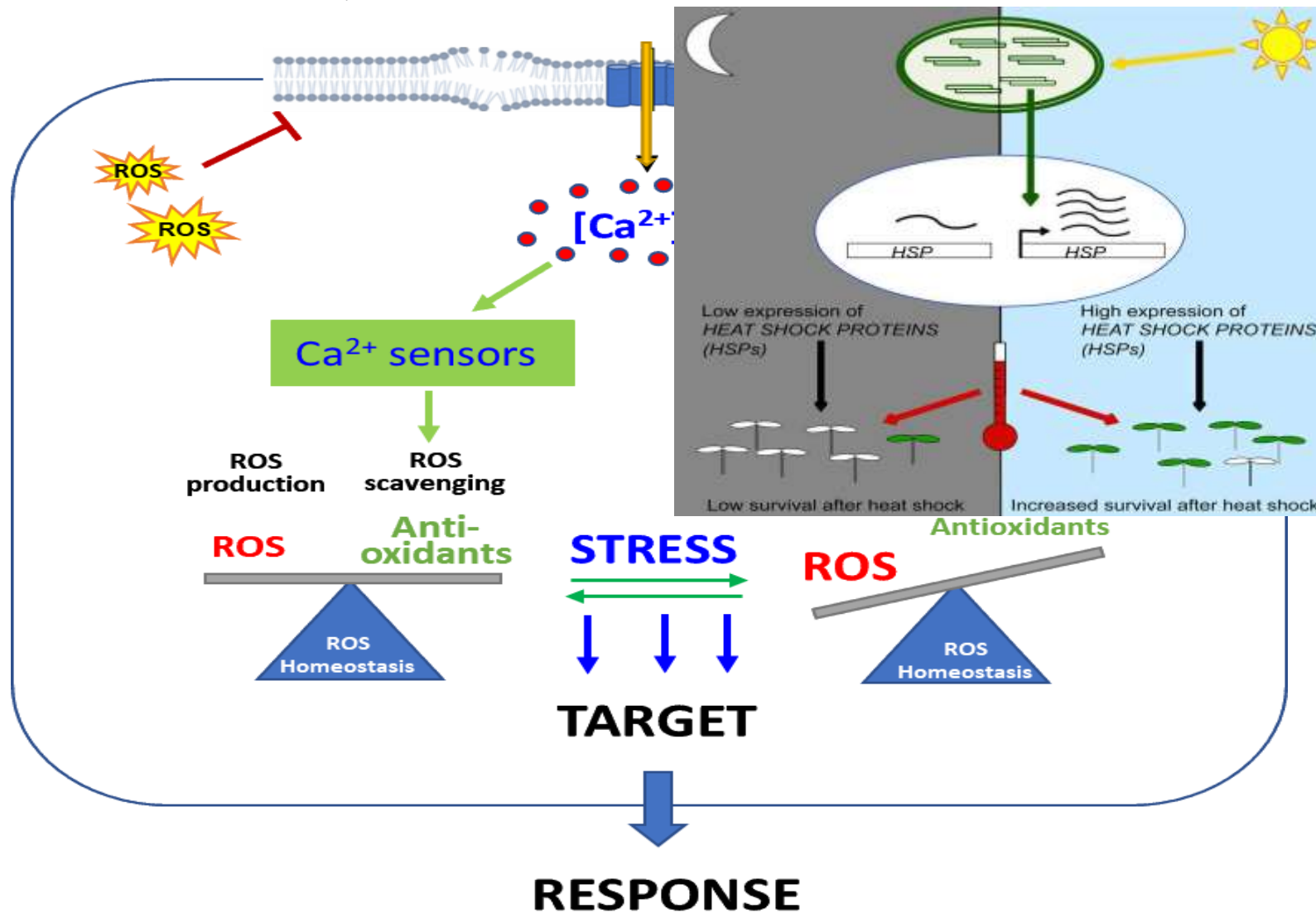




Nelle regioni calde, i raccolti possono diminuire di ~3 - 5% per ogni aumento di 1 °C della temperatura

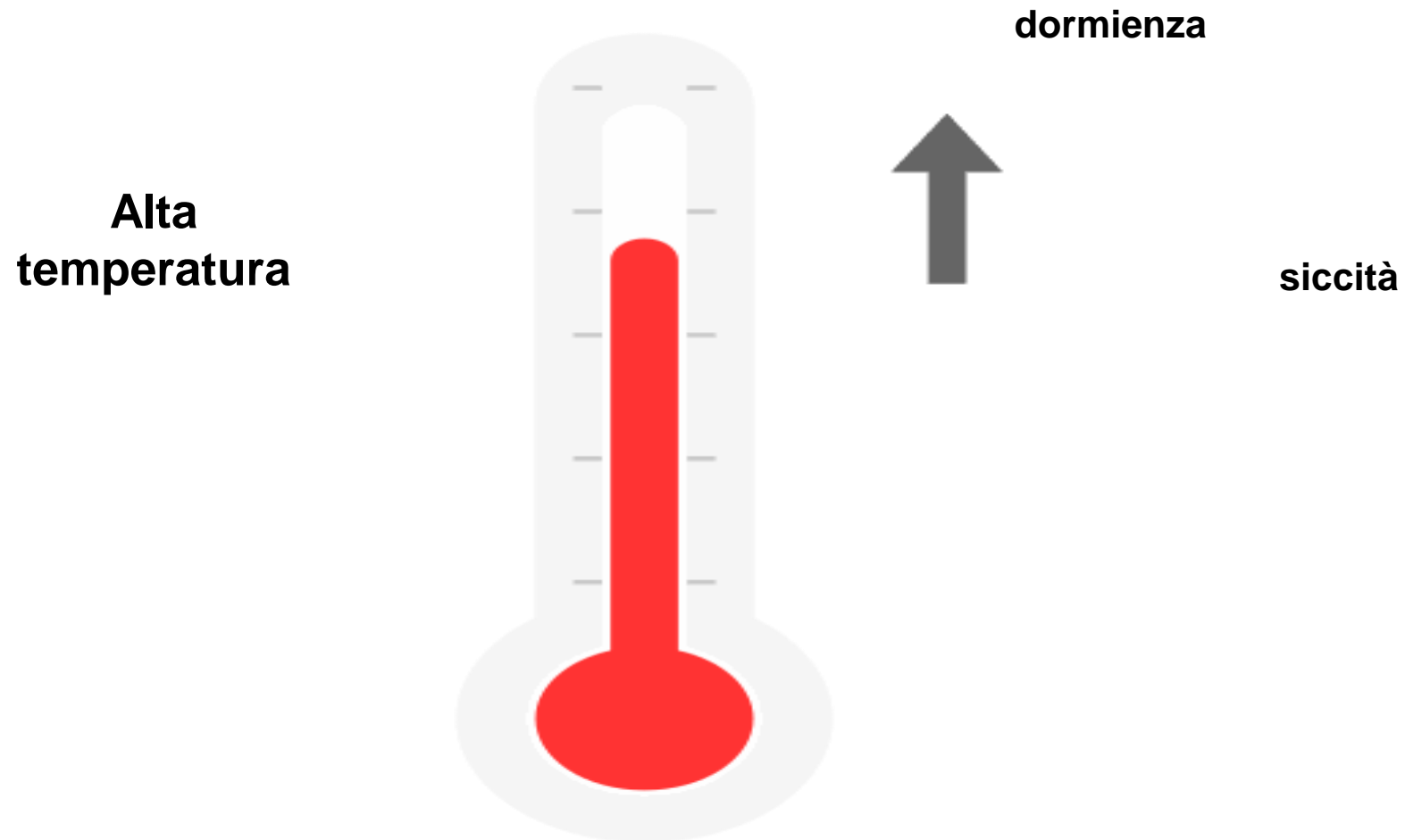


L'alta temperatura inibisce e/o ritarda la germinazione dei semi

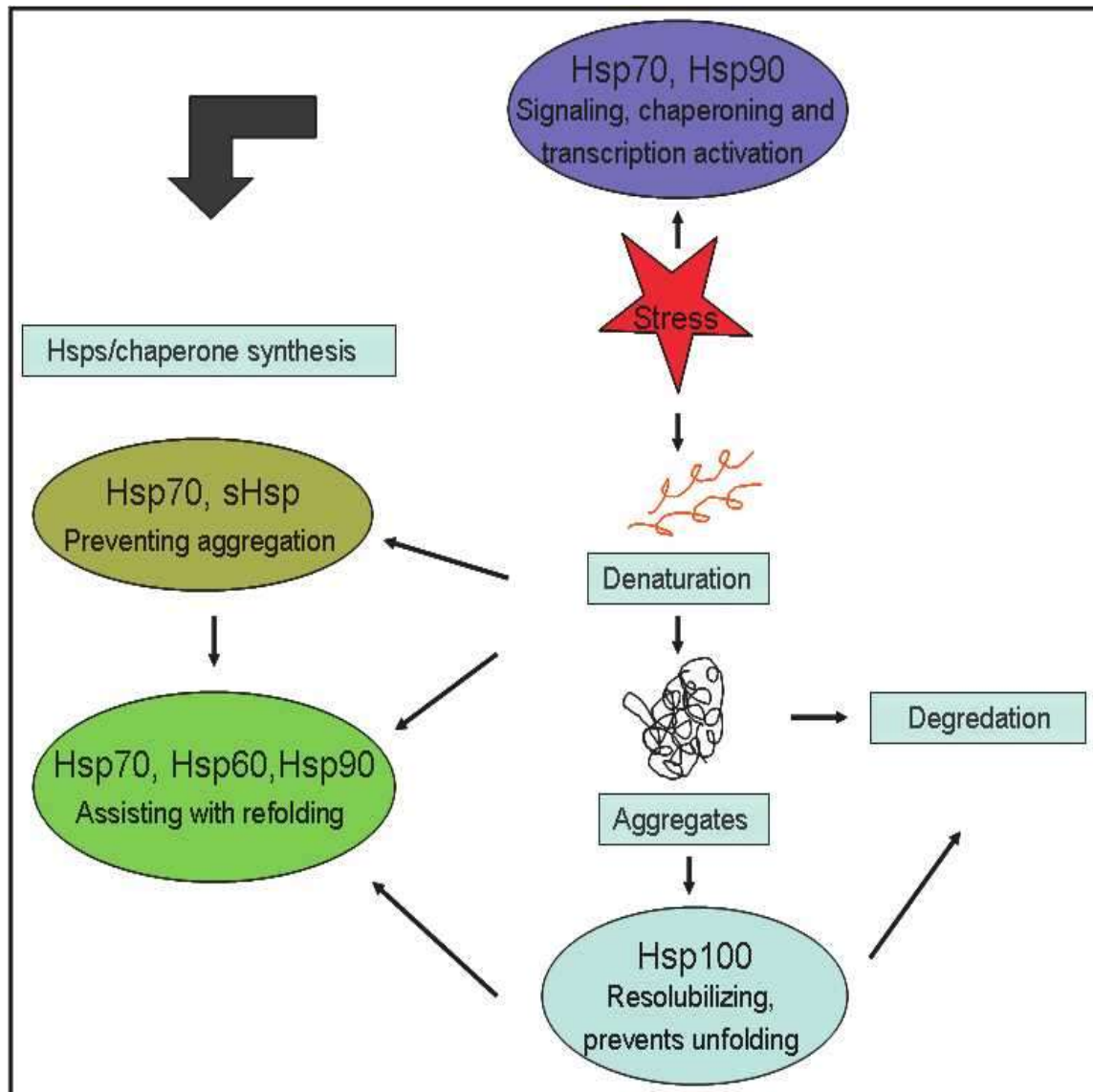


Begcy et al. 2018, *Frontiers in Plant Science* 9

L'alta temperatura inibisce la sintesi di gibberelline ma favorisce la biosintesi e l'accumulo di acido abscissico (ABA) che prolunga la dormienza dei semi



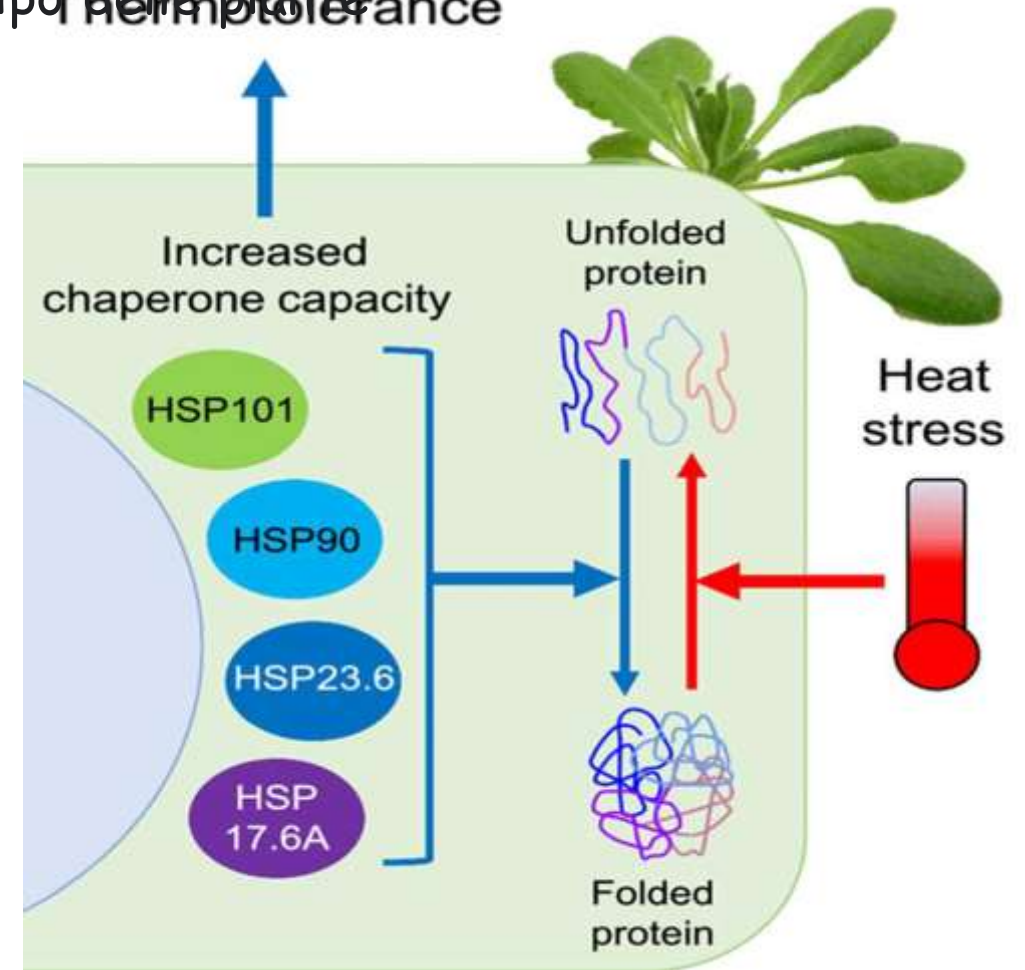
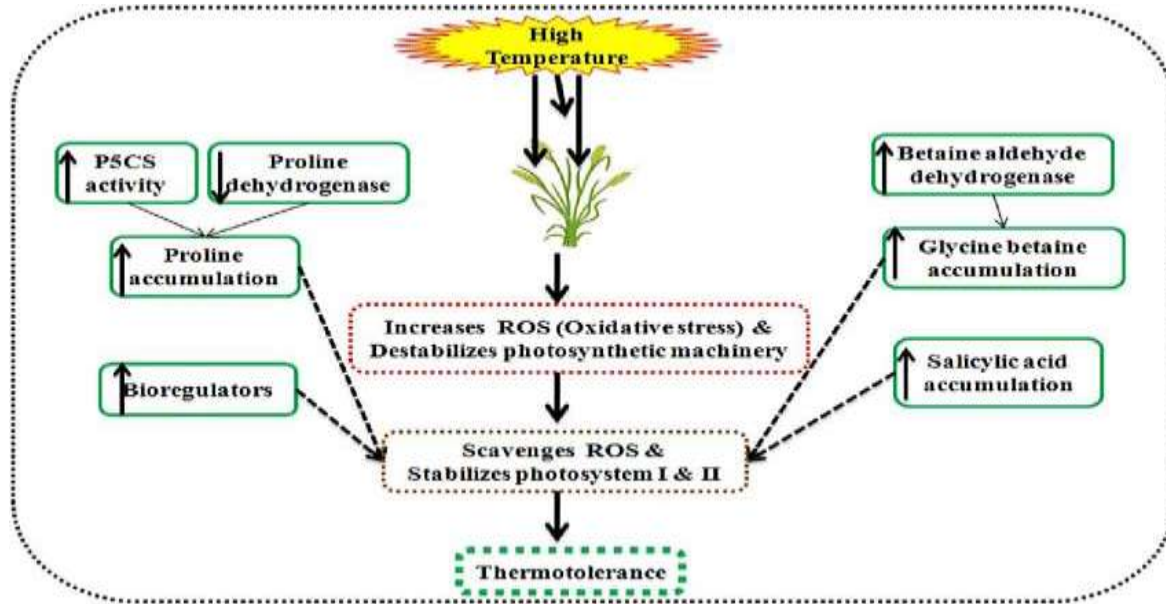
## La termomorfogenesi modifica il fenotipo delle piante



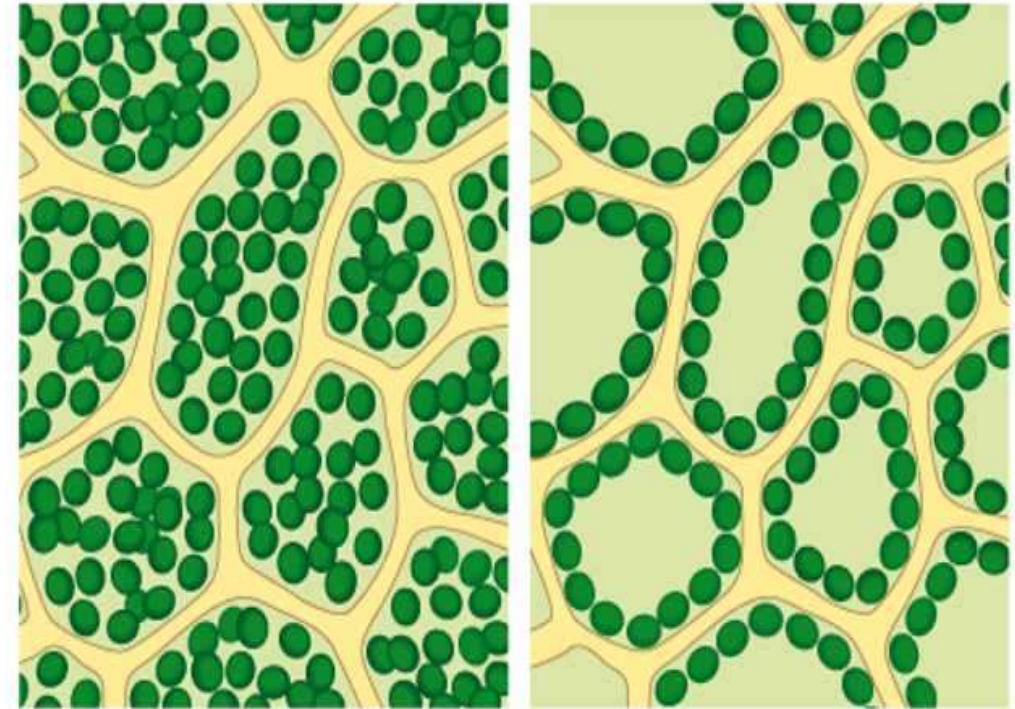
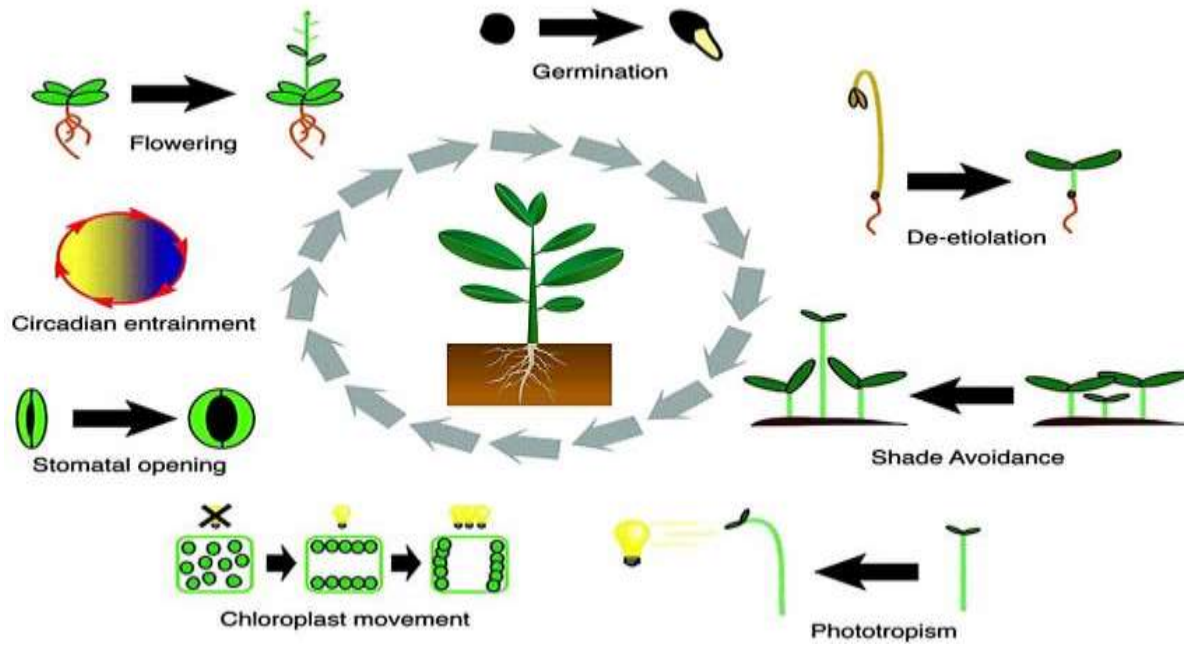
Moderato stress termico durante lo sviluppo iniziale provoca allungamento dell'ipocotile e delle radici, e termonastia.



# La termomorfogenesi modifica il fenotipo delle piante



# L'alta temperatura influisce sui semi della generazione successiva



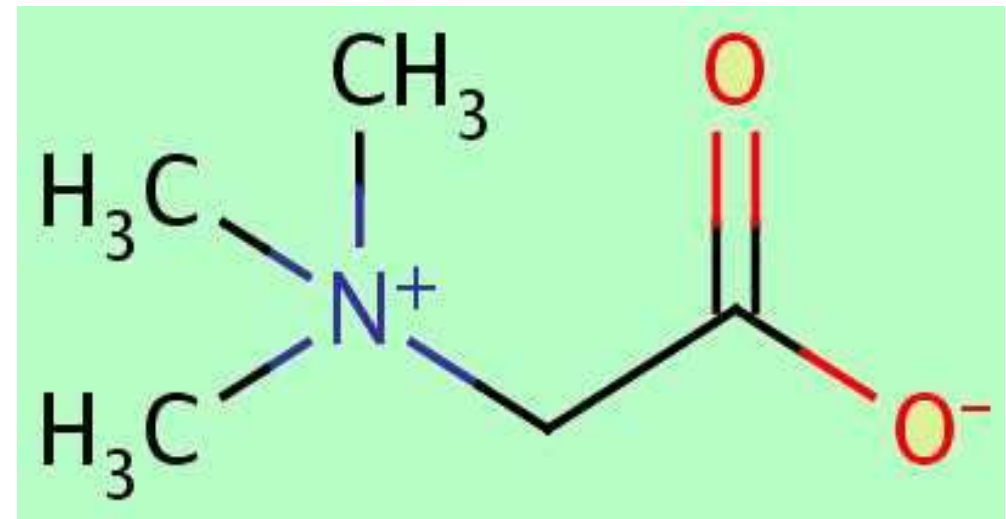
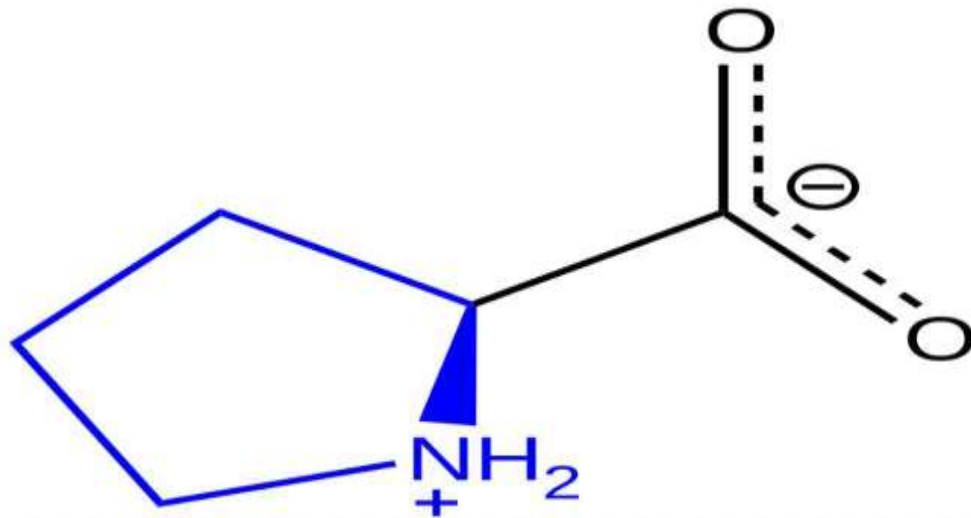
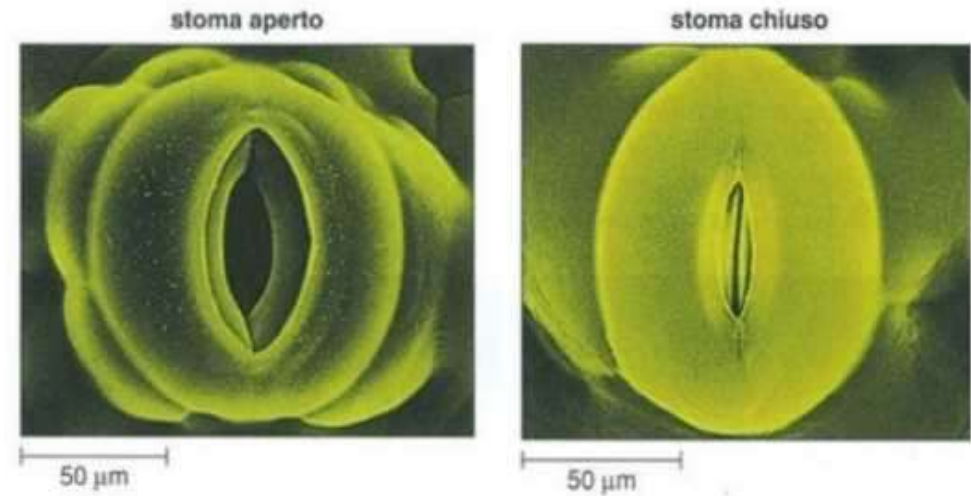
Bassa luce

Alta luce

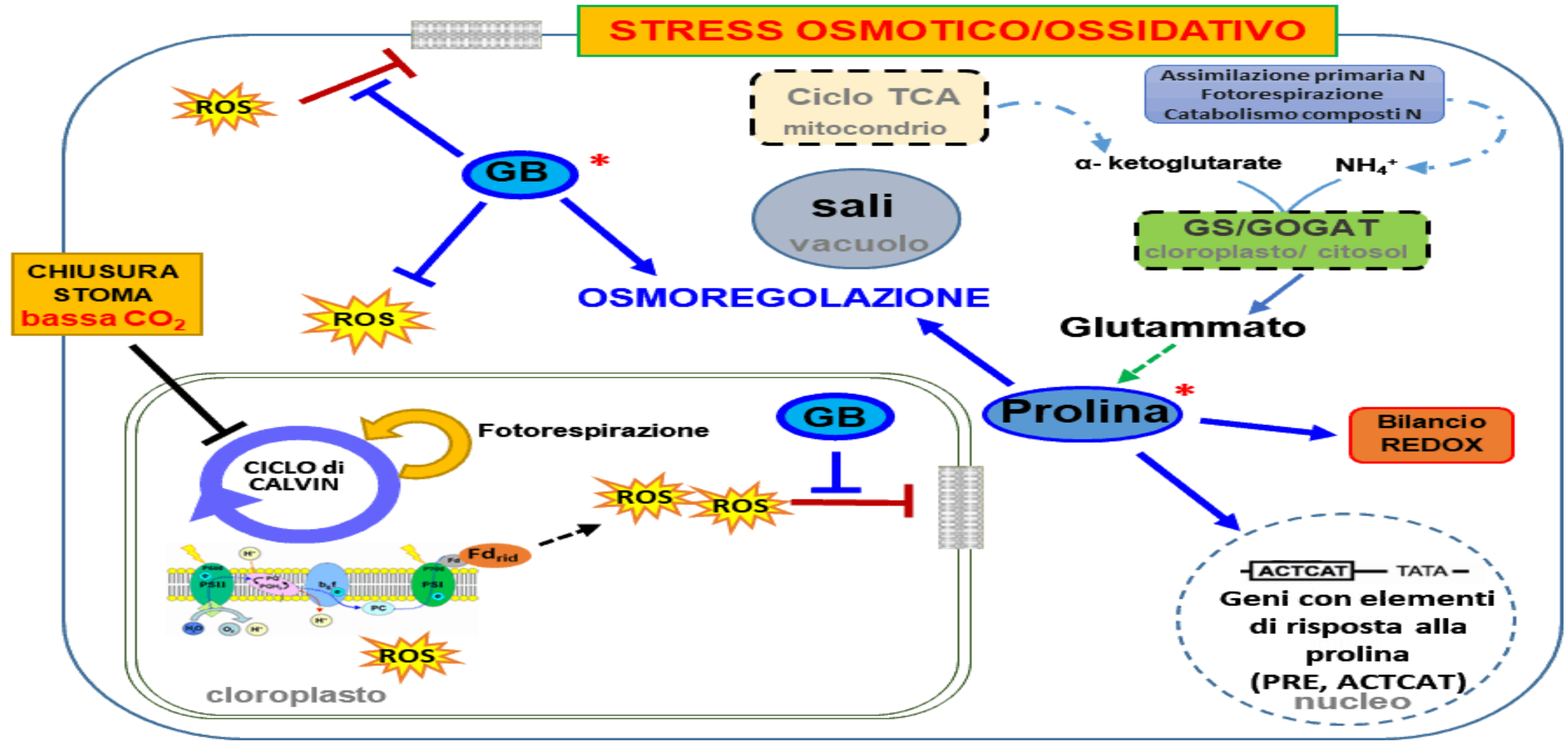
Lo stress da alta temperatura riduce il riempimento e la dimensione dei chicchi diminuendo resa e la qualità del riso

Temperature prolungate di 39 °C possono causare malformazione dei chicchi

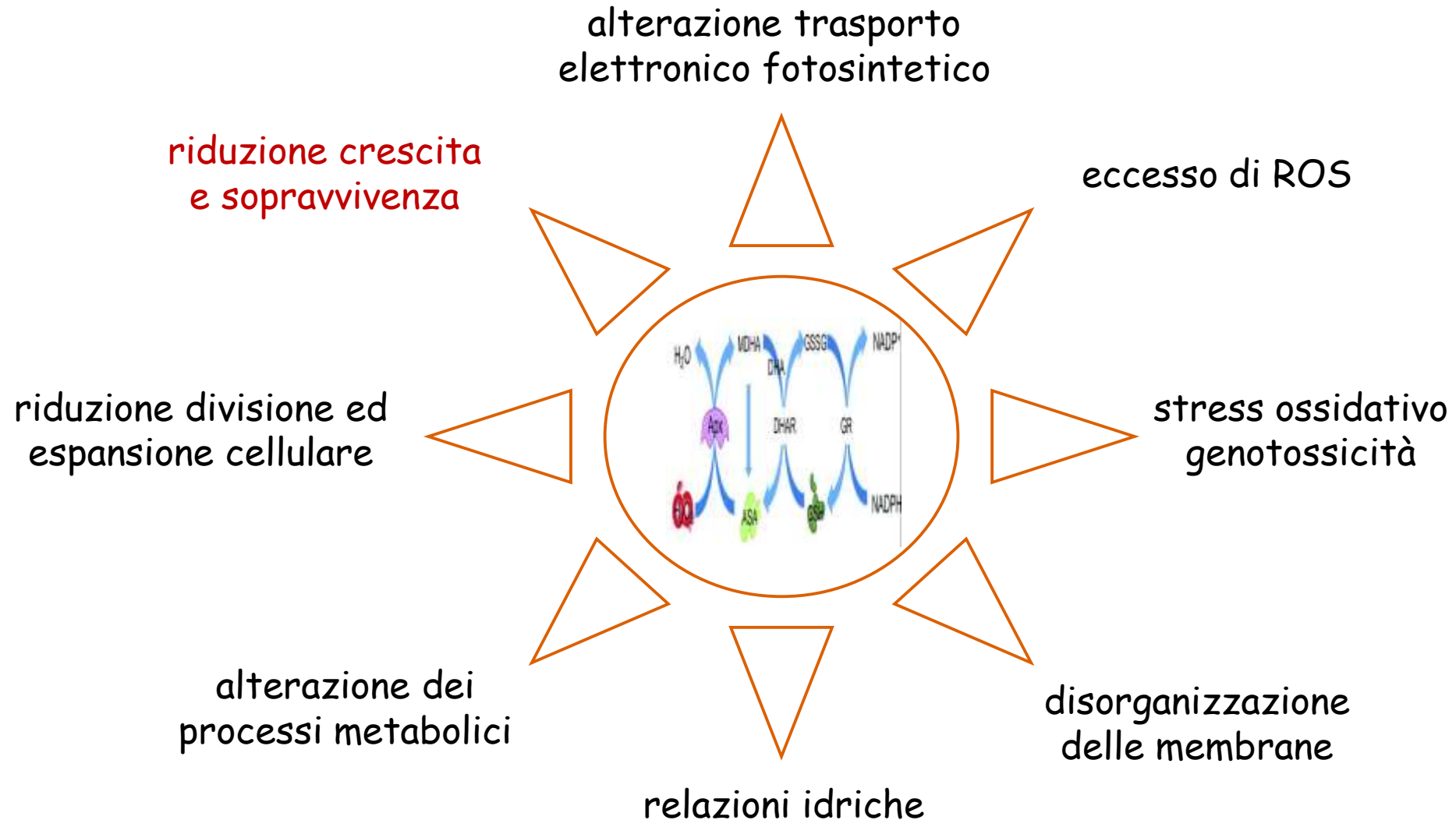
Uno shock termico improvviso ed intenso, anche se di breve durata ( $T > 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) può portare alla morte delle piante.



Lo stress da alta temperatura aumenta la traspirazione anche in zone aride per consentire il raffreddamento evaporativo

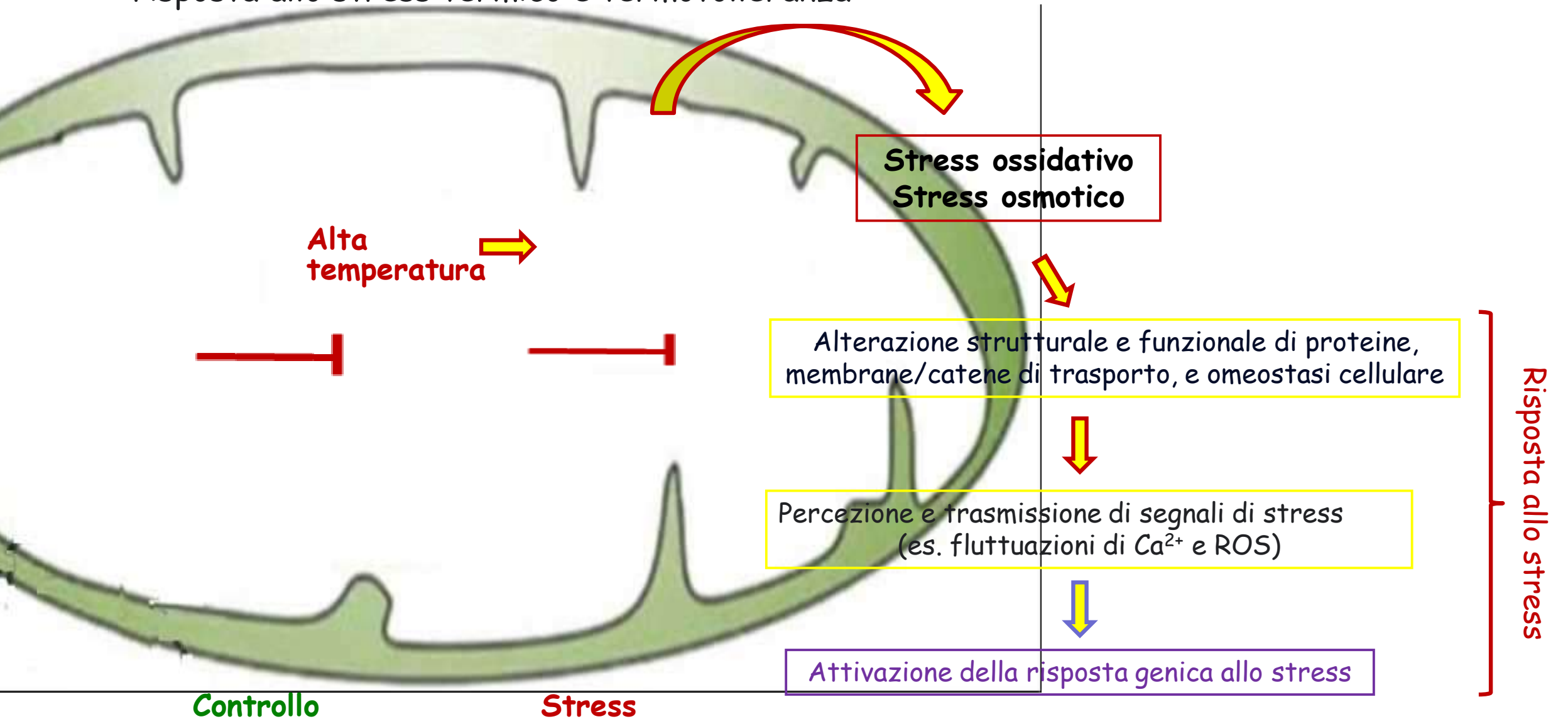


# Sollecitazioni termiche elevate o estreme causano effetti pleiotropici



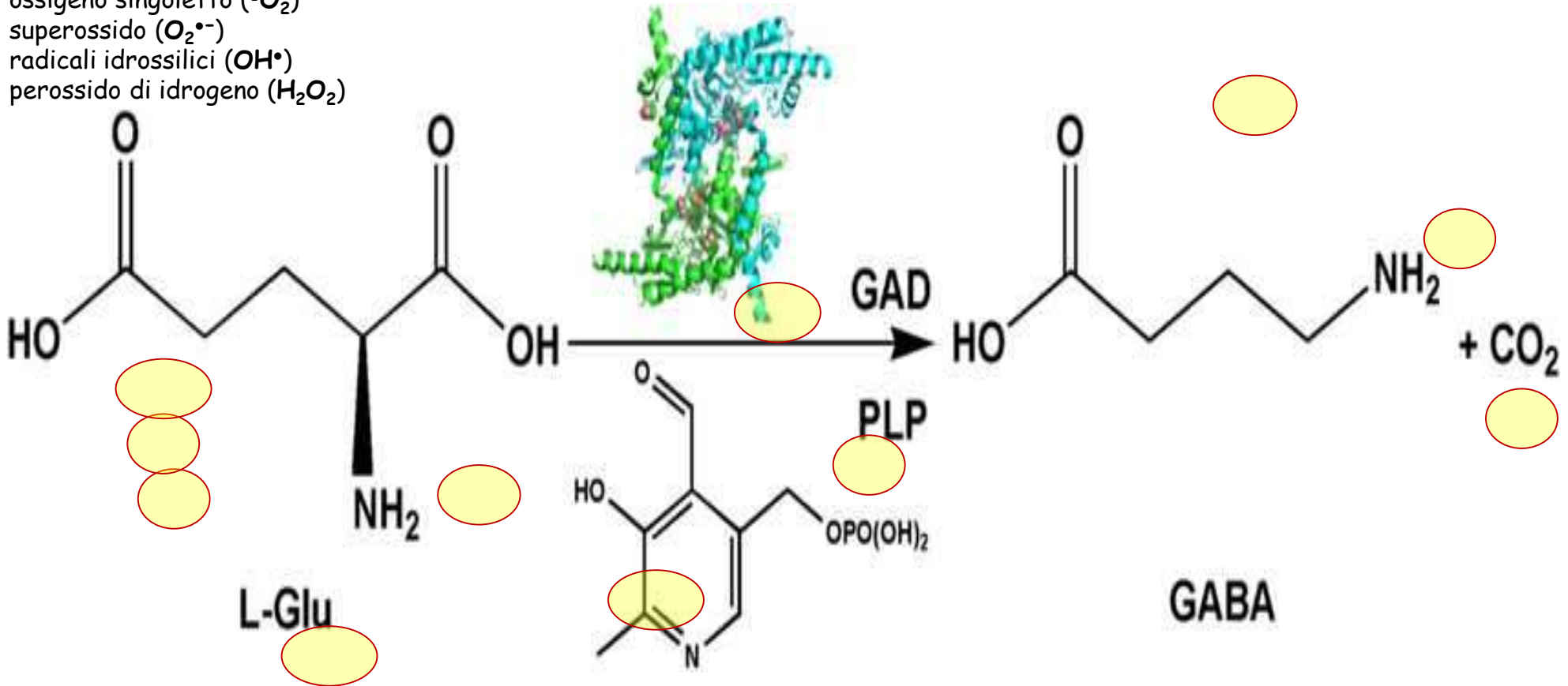


Una esposizione a temperature elevate ma inferiori ai 37 °C può attivare la risposta allo stress termico e termotolleranza



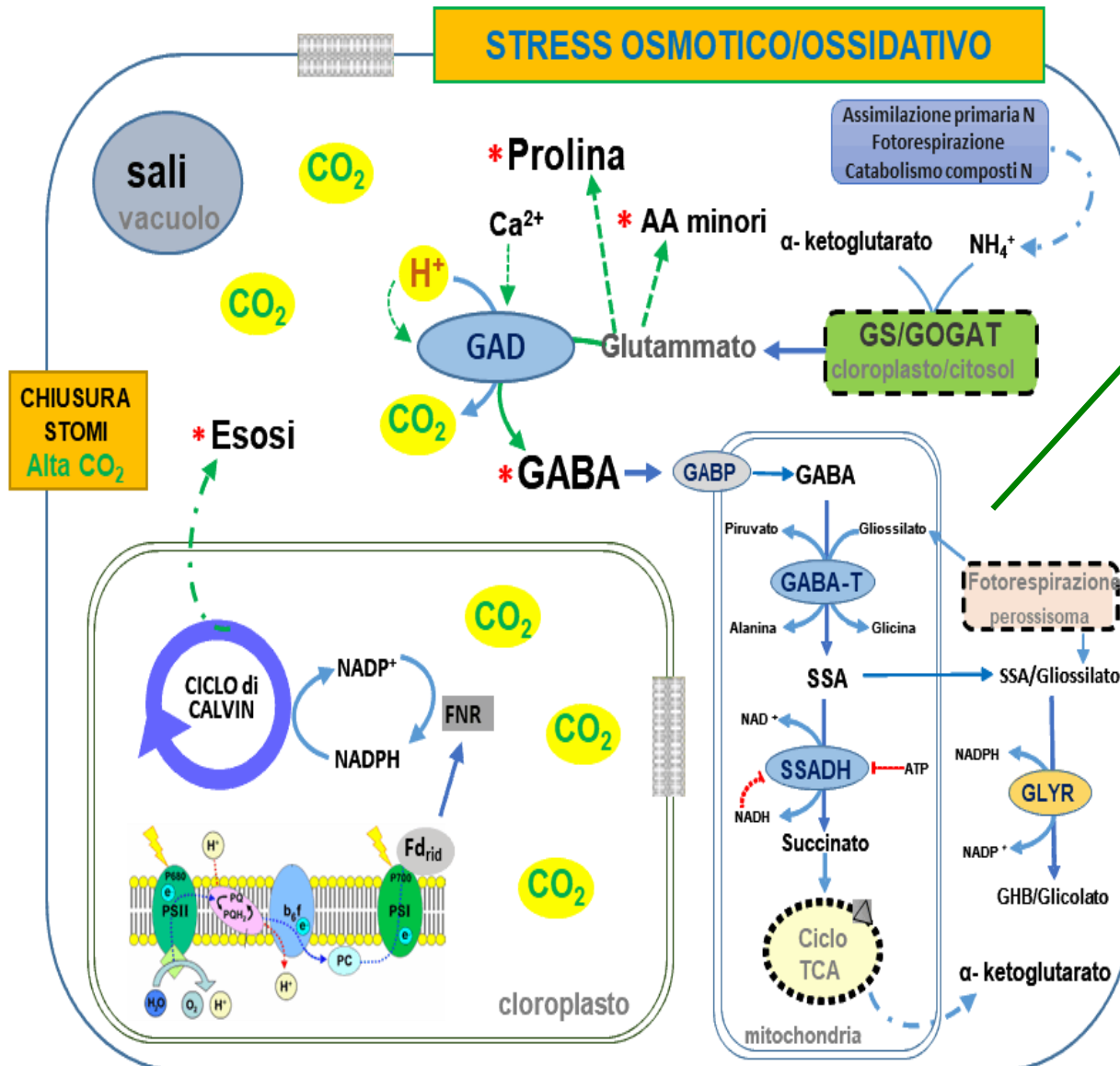
I cloroplasti (e i mitocondri) comunicano lo stress da temperatura al nucleo innescando un segnale retrogrado mediato da ROS

ossigeno singoletto ( $^1\text{O}_2$ )  
superossido ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ )  
radicali idrossilici ( $\text{OH}^\bullet$ )  
perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )



...sensori e trasduttori

# Fluttuazioni di $Ca^{2+}$ e ROS nella percezione e trasmissione dei segnali di stress



- potenziamento sistemi di detossificazione delle ROS
- sintesi ed accumulo di osmoliti
- aumento espressione di proteine da shock termico (HSP)
- riparazione dei danni ossidativi



termostabilità ed integrità della membrana,



# Segnale retrogrado → sovra-espressione di Heat Shock Factors (HSF) che regolano l'espressione di Heat Shock Proteins (HSP)

Crop	Treatment	Molecules	Effects	References
<i>Vitis vinifera</i>	42°C, 12 and 18 h	50 µM JA, 6 h	Upregulation of the activities of antioxidant enzymes	Chen et al., 2006
<i>Phaseolus radiates</i>	45°C, 90 min	150 µM SNP, 60 min	Increased the activities of CAT, SOD and POD	
<i>Triticum aestivum</i>	35 ± 2°C, 4 or 8 h	Arginine or Put (0.0, 1.25, and 2.5 mM), 4 or 8 h	Increased SOD and CAT activities, increased RNA and RNA contents, reduce MDA level	
<i>Oryza sativa</i>	35°C, 48 h	0.5 mM SA, 24 h	Decreased electrolyte osmosis Reduced MDA content and O <sub>2</sub> <sup>-</sup> production rate	Lu et al., 2009
<i>Sorghum bicolor</i>	40/30°C, 45 days	75 mg L <sup>-1</sup> Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> foliar spray	Decreased membrane damage Enhanced antioxidant defense Increased grain yield	Mohammed and Tarpley, 2010
<i>Cicer arietinum</i>	45/40°C, 10 days	10 µM Pro, 10 days	Enhanced activities of antioxidants and carbon metabolism enzymes	Kaushal et al., 2011
<i>Phaseolus aureus</i> Roxb.	35/25, 45/35 as (day/night 12 h/12 h)	50 µM ABA	Increased activities of antioxidants, glutathione and proline	Kumar et al., 2011
<i>Triticum aestivum</i>	45°C in germinated seeds, 2 h	Put, 10 µM	Elevated activities of enzymatic and non-enzymatic antioxidants	Asthir et al., 2012
<i>Phaseolus vulgaris</i>	34.7 to 35.2°C	25, 50 mg L <sup>-1</sup> BRs spray	Increased growth Less oxidative damages	El-Bassiony et al., 2012
<i>Cicer arietinum</i>	35/30, 40/35 and 45/40°C as day/night	10 µM Pro, GB and Tre	Increased growth Less oxidative damages Decreased MDA and H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> contents	Kumar et al., 2012b
<i>Phaseolus aureus</i> Roxb.	As 2.5, 5.0, 10 µM	Se 2.5, 5.0 µM	Elevated levels of antioxidants, metallothioneins, thiols and GST which antagonizes As toxicity	Malik et al., 2012
<i>Triticum aestivum</i> L.	35°C for 7 days	5 µM α-tocopherol	Improved levels of enzymatic and non-enzymatic antioxidants	Kumar et al., 2013c
<i>Oryza sativa</i> L.	42/37°C light/dark 15/9 h	1 mM GABA	Reduced membrane and oxidative damage, elevated levels of antioxidants	Nayyar et al., 2013

High light or high temperature

Le HSP stabilizzano le proteine prevenendone ripiegamenti o aggregazioni errati



Modificato da Wang et al. 2004, Trends in Plant Science 9, 244-252

Modificato da Cha et al. 2020, Scientific Reports 10, 15042

Anche osmoliti e metaboliti secondari sono implicati nella risposta allo stress da alta temperatura e nella termotolleranza



La **prolina** è coinvolta nella risposta allo stress da alta temperatura e nella termotolleranza



Sintomo di stress

Risposta allo stress



Strategia adattativa



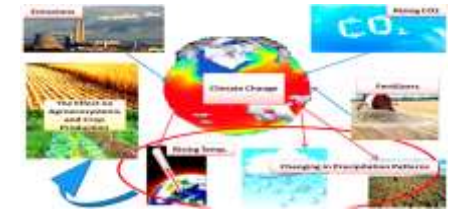
La prolina è rapidamente sintetizzata nei tessuti maturi all'insorgere dello stress, e poi è degradata dopo la fine dello stress per fornire energia, C e N.

- osmolita
- stabilizza membrane e proteine
- detossifica ROS
- controlla il potenziale redox cellulare
- induce l'espressione di geni in risposta allo stress

La **glicina betaina** è coinvolta nella risposta allo stress da alta temperatura e nella termotolleranza



- Presente in diverse alofite e poche piante coltivate
- composto anfotero
- elettricamente neutro in un ampio range di pH fisiologici
- estremamente solubile in acqua



La glicina betaina (GB) si accumula durante lo stress prolungato, nei tessuti giovani, indipendentemente dalla nutrizione azotata, e non viene degradata.

Ruoli....

- osmoregolatore
- stabilizza strutture e attività di macromolecole
- preserva l'integrità della membrana in condizioni di stress
- detossifica ROS

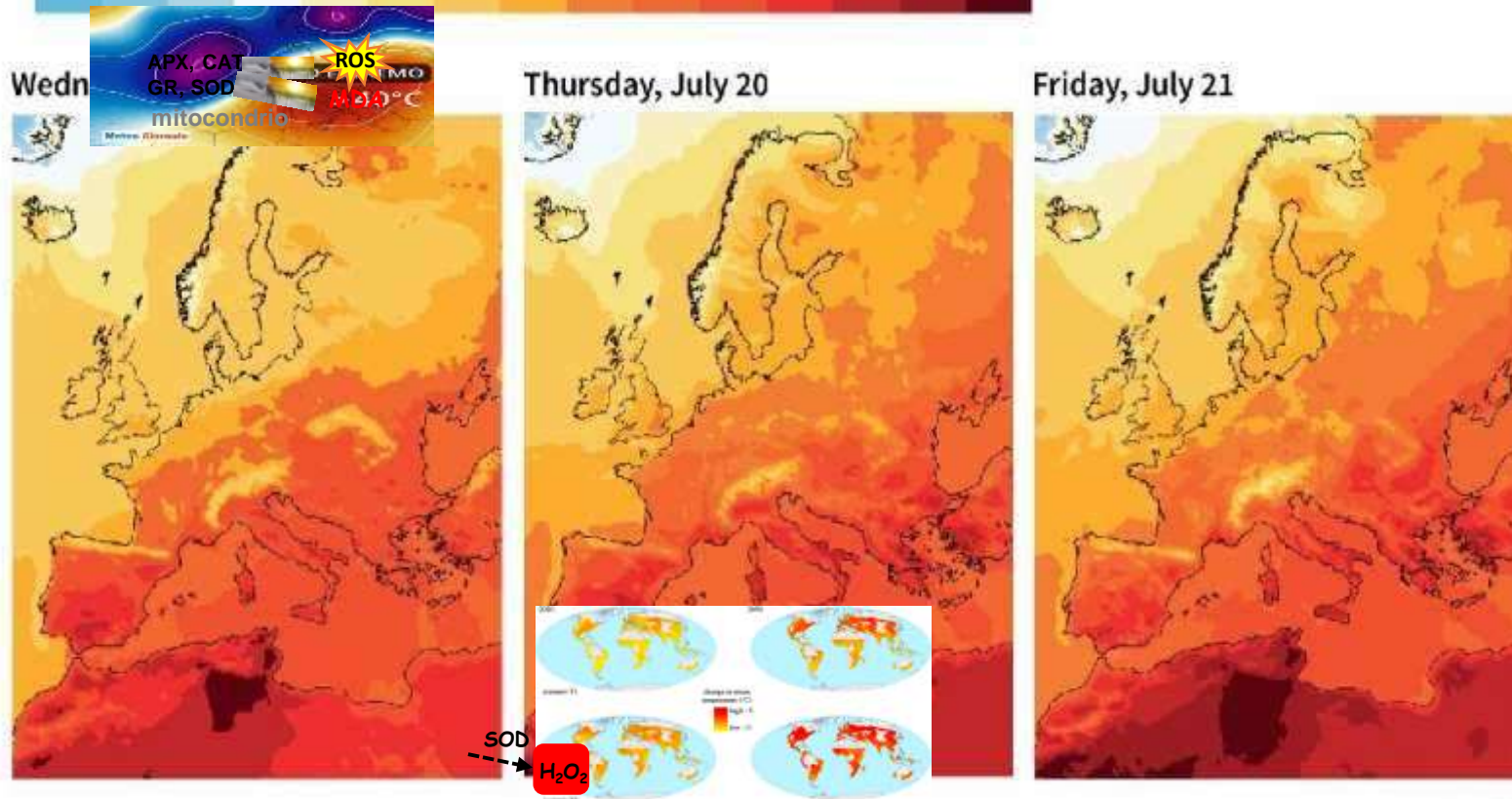
# Meccanismi cellulari di tolleranza agli stress secondari



## Heatwave in Europe and around Mediterranean

Temperature forecasts at 1500 GMT, in °C

-12 -8 -4 0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48



Source: ECMWF temperature at 2 metres above the surface, forecasts as of July 19 at 0000 GMT

AFP

- ↑ ⑩ Prolina, glicina betaina
- ↑ ⑩ Ascorbato, glutathione
- ⑩ APX, CAT, GR, SOD
- ⑩ Osmoregolazione
- ↑ ⑩ Bilancio redox
- ⑩ Clorofille e carotenoidi
- ⑩ Fv/Fm
- ↑ ⑩ Area fogliare e n. foglie
- ⑩ Crescita e produttività
- ↓ ⑩ ROS, MDA

# Il GABA è coinvolto nella risposta allo stress da alta temperatura e nella termotolleranza



Amminoacido non proteico

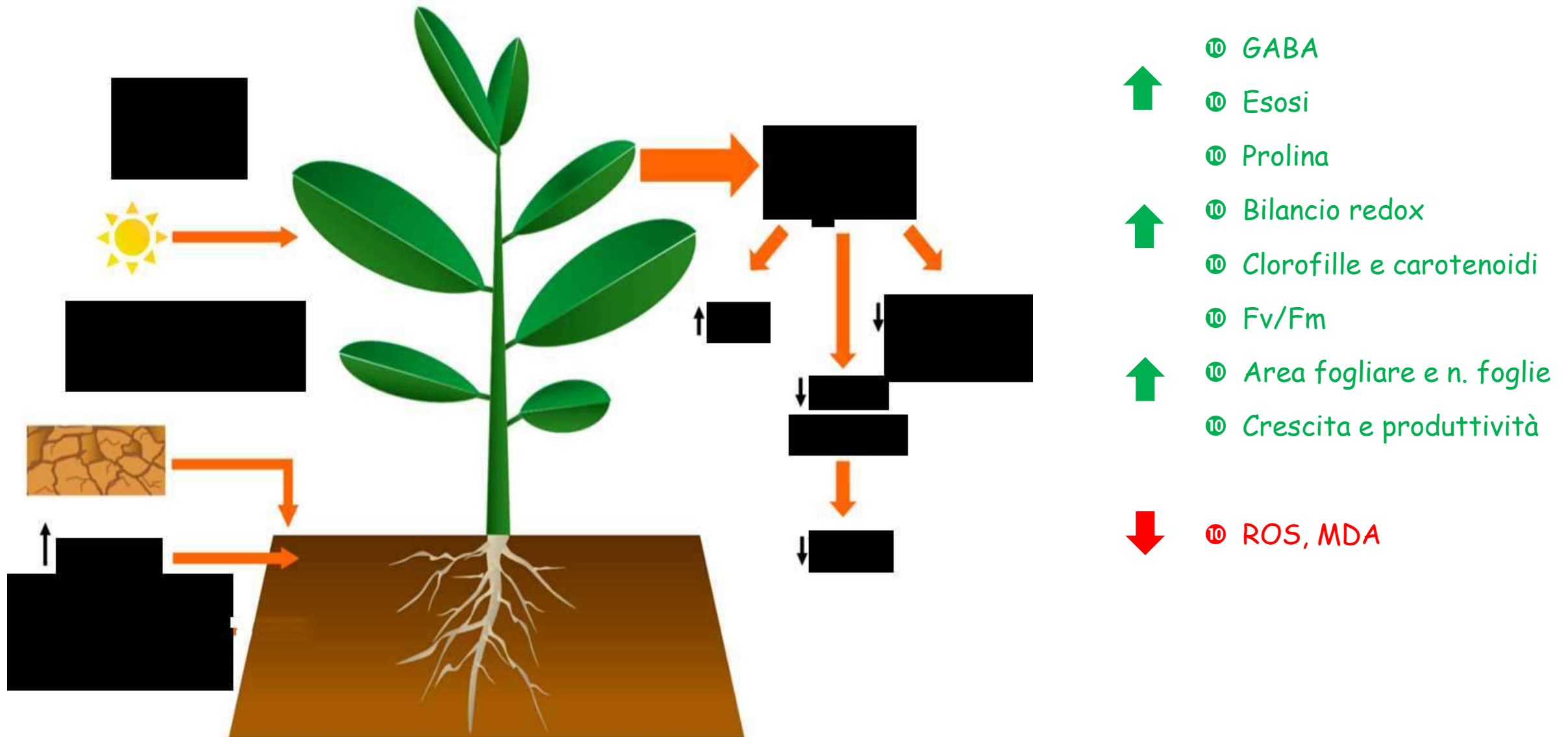
Risposta allo stress

Strategia adattativa



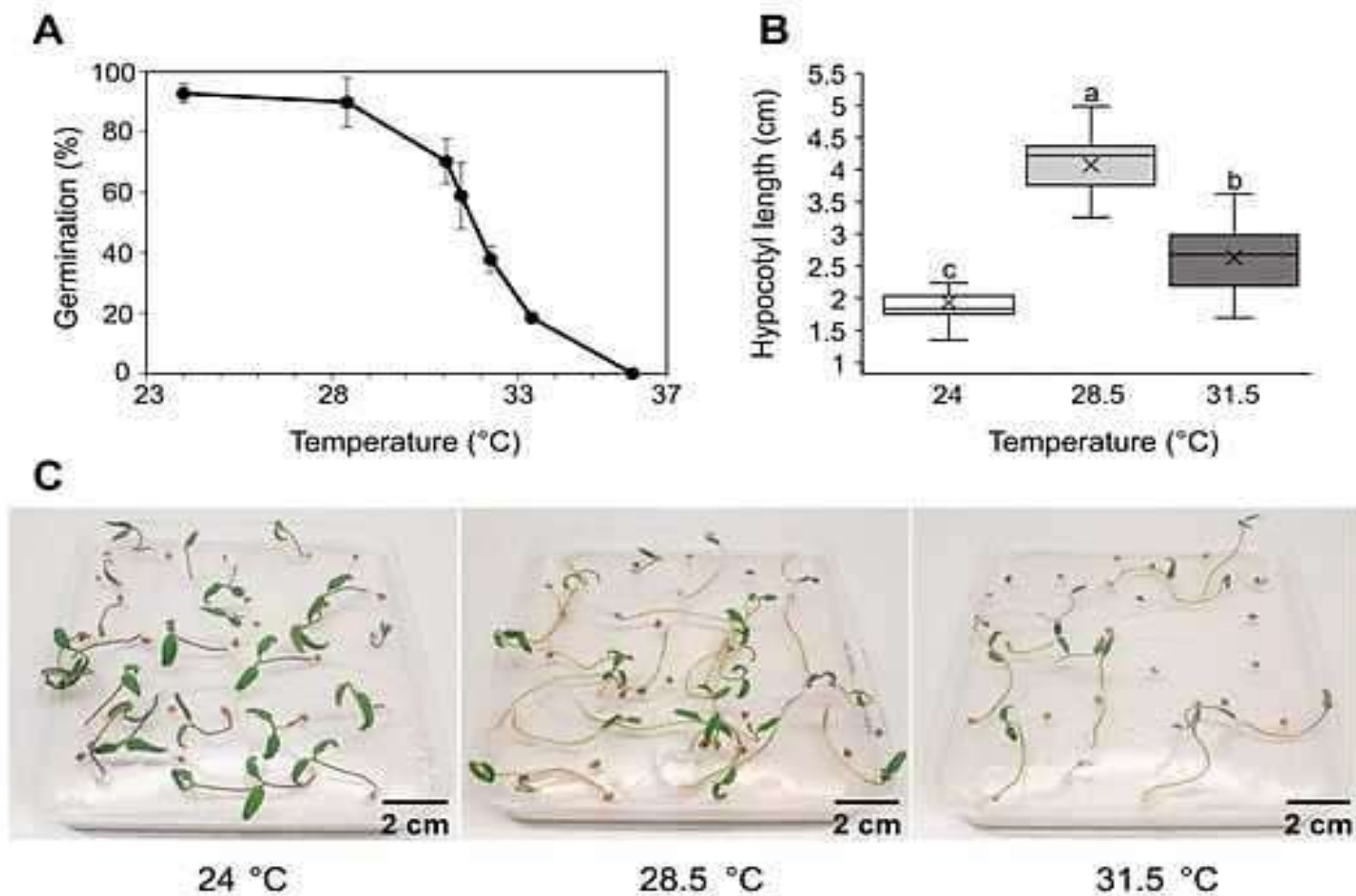
- osmolita
- stabilizza pH
- controlla il potenziale redox cellulare
- stabilizza membrane e proteine
- attività antiossidante > prolina e GB

# Meccanismi cellulari di riduzione dello stress in condizioni di alta luce



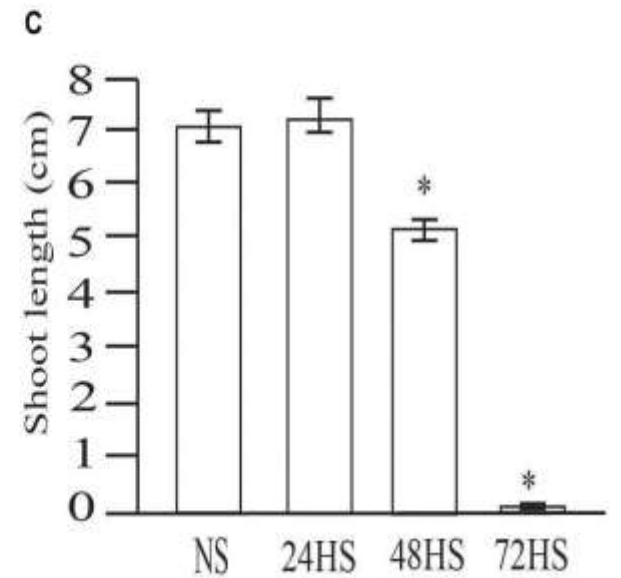
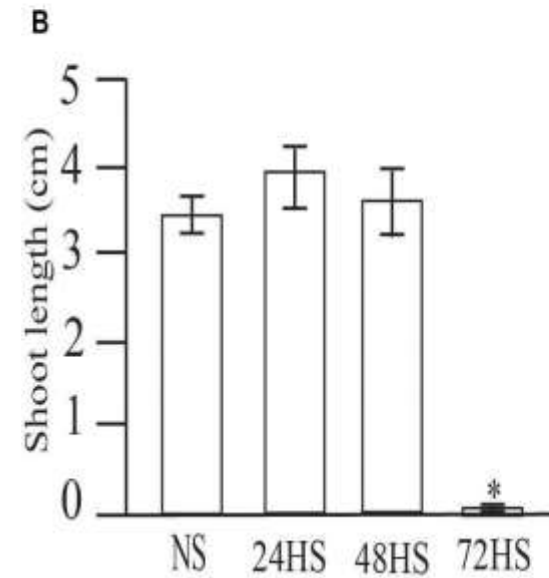


Anche osmoliti e metaboliti secondari esogeni possono indurre termotolleranza



## Conclusioni

Una pre-esposizione a temperature elevate ma inferiori ai 37 °C può indurre termotolleranza acquisita



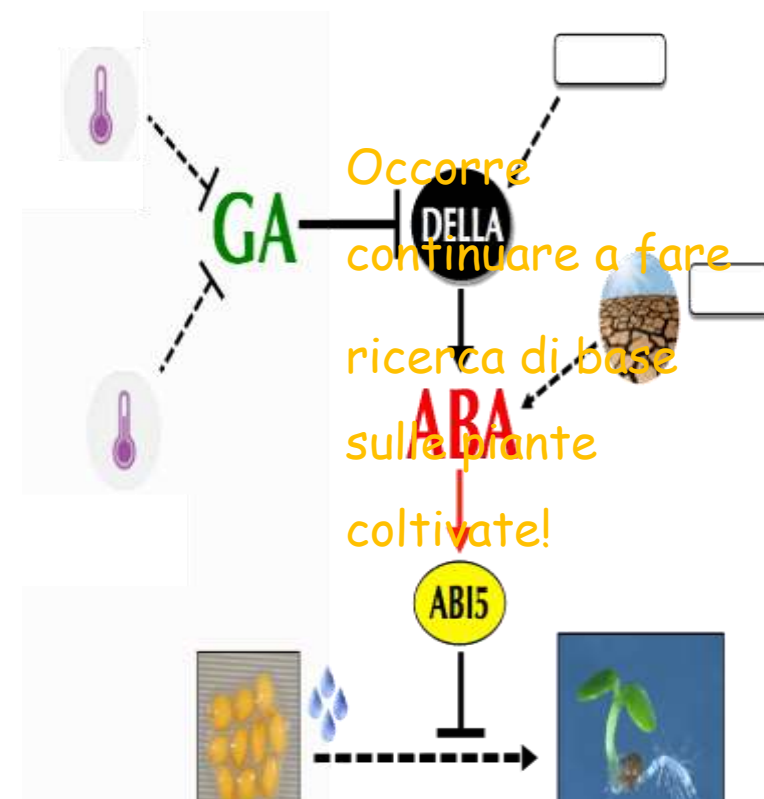


## Conclusioni

Se riuscissimo a comprendere meglio i meccanismi di risposta delle piante all'alta temperatura potremmo creare biostimolanti capaci di indurre, anche in assenza di stress, la sintesi di metaboliti compatibili e HSP



termotolleranza



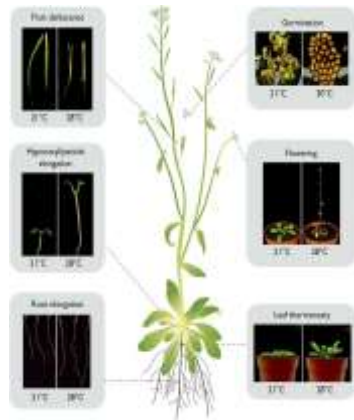


Università  
degli Studi  
della Campania  
Luigi Vanvitelli

Dipartimento di Scienze e Tecnologie  
Ambientali Biologiche e  
Farmaceutiche



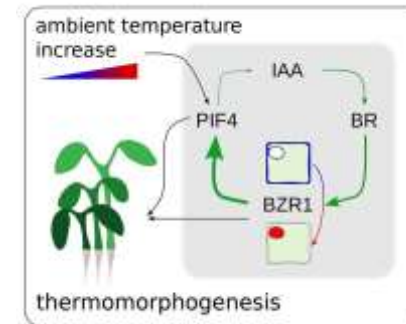
# Grazie dell'attenzione!



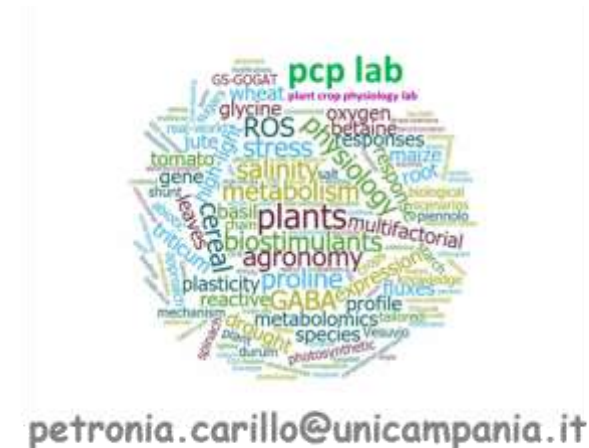
Giovanna Marta Fusco e Rosalinda Nicastro



Letizia Pagliaro



Lina Woodrow



petronia.carillo@unicampania.it