



Stress da caldo sulle colture: efficacia dei trattamenti biostimolanti preventivi e curativi

Antonio FERRANTE

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia
Università degli Studi di Milano



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

Effetto degli stress ambientali

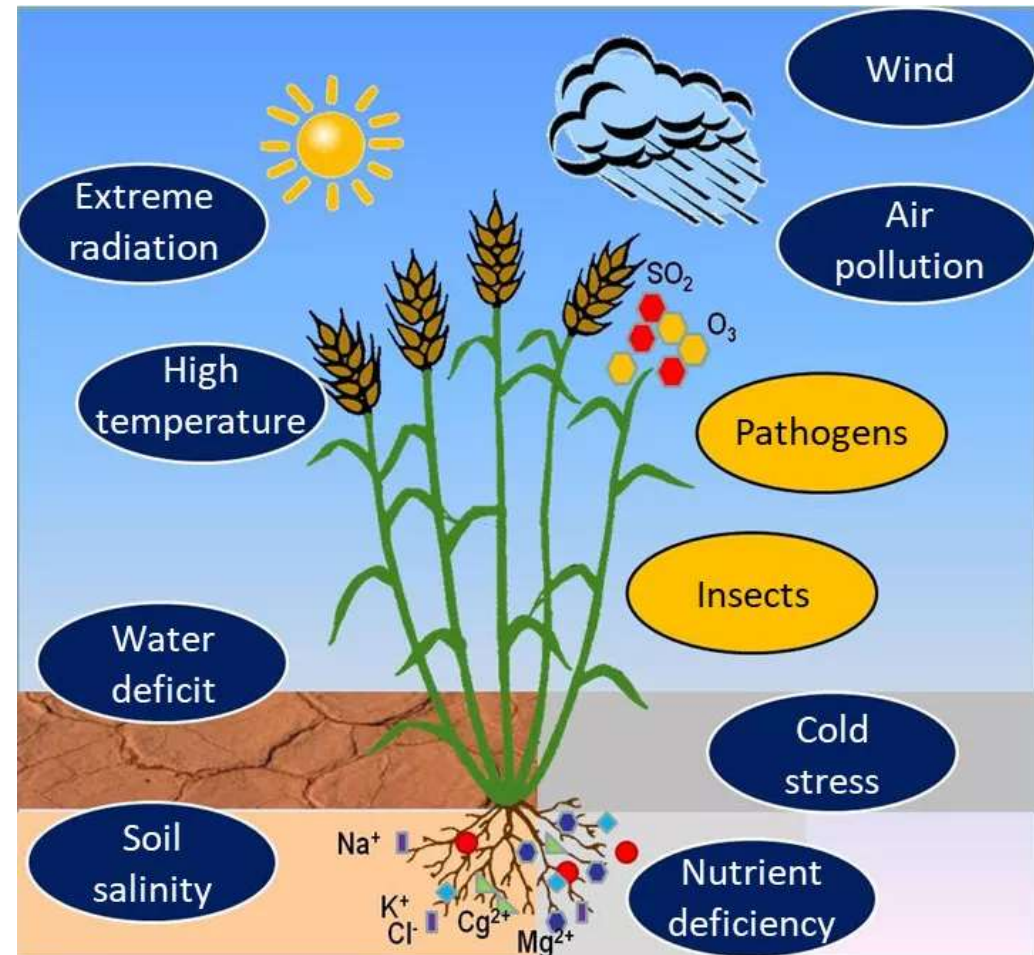
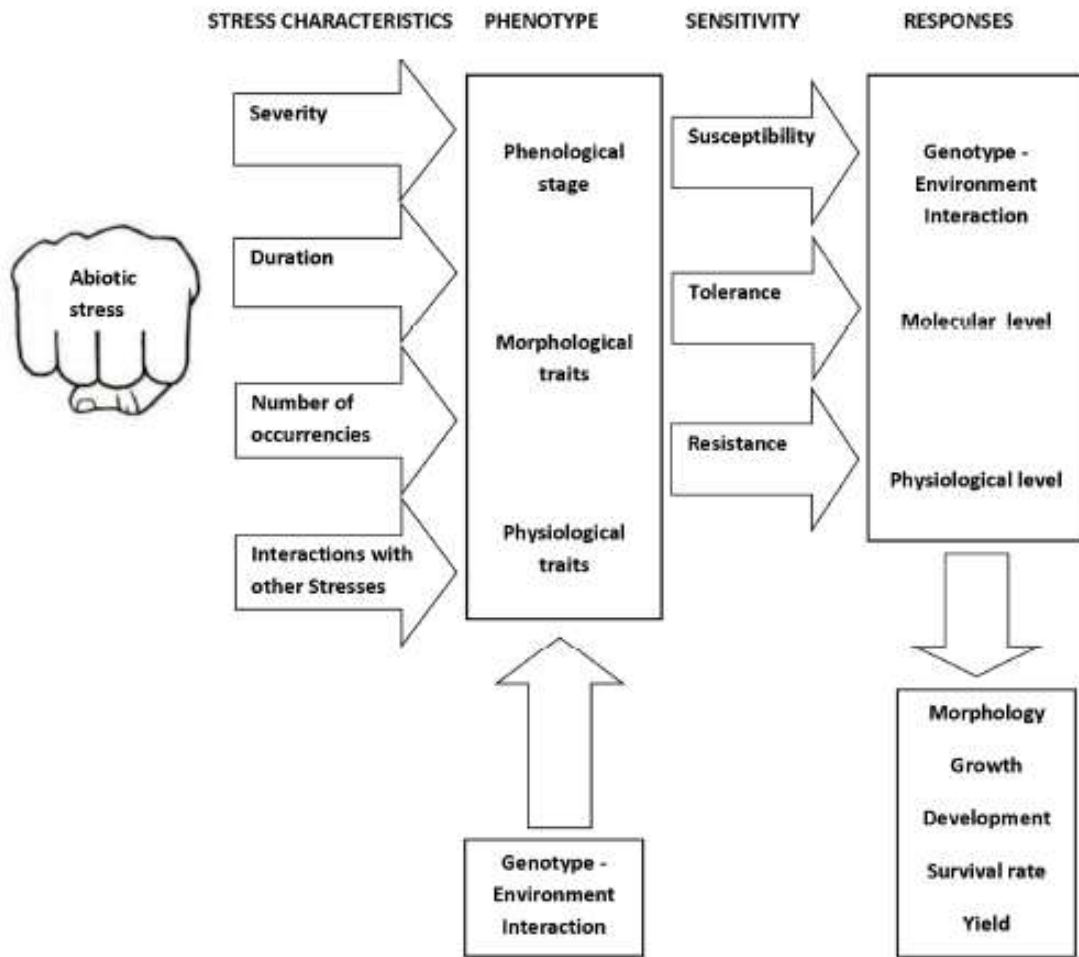


Figure 1. Scheme of factors that determine crop response to abiotic stresses.

<https://plantstress.com/stress-combination/>



Perdite di produzioni indotte da stress biotici o abiotici

Tabella 8.1 | Perdite di produzione (*kg/ha) per alcune colture dovute a stress biotici o abiotici (Boyer, 1982).

| Coltura | Produzione potenziale* | Produzione effettiva | Perdite dovute a fattori biotici ed abiotici | | | |
|--------------------------|------------------------|----------------------|--|---------------------|-------------------|-----------------|
| | | | Malattie (patogeni fungini) | Parassiti (Insetti) | Piante infestanti | Stress abiotici |
| Avena | 10600 | 1720 | 465 | 107 | 352 | 7960 |
| Barbabietola da zucchero | 121000 | 42600 | 6700 | 6,700 | 3700 | 61300 |
| Frumento | 14500 | 1880 | 336 | 134 | 256 | 11900 |
| Mais | 19300 | 4600 | 750 | 691 | 511 | 12700 |
| Orzo | 11400 | 2050 | 377 | 108 | 280 | 8590 |
| Patata | 94100 | 28300 | 8000 | 5900 | 875 | 50900 |
| Soia | 7390 | 1610 | 269 | 67 | 330 | 5120 |
| Sorgo | 20000 | 2830 | 314 | 314 | 423 | 16200 |
| % (valori medi) | | 21,6% | 4,1% | 2,6% | 2,6% | 69,1% |



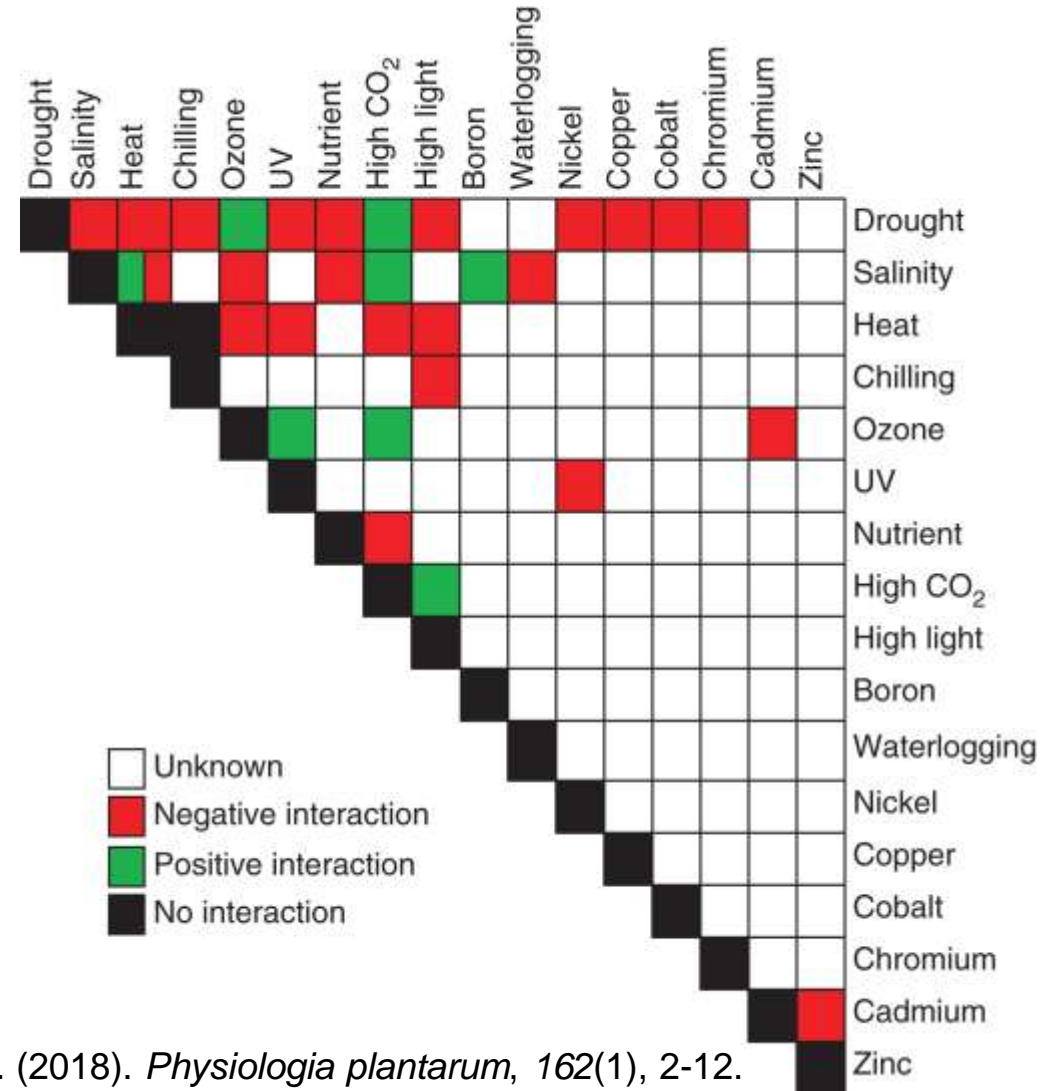
Interazione tra stress

Le variazioni dei parametri ambientali:

- Alte temperature (global warming);
- Aumento della CO₂;
- Siccità
- Salinità
- Alta radiazione solare

The most important climate changes are represented by:

- *High temperature (global warming);*
- *Increase CO₂ concentration;*
- *Drought*
- *Salinity*
- *High solar radiation*



Zandalinas, et al. (2018). *Physiologia plantarum*, 162(1), 2-12.



Le ondate di caldo sono uguali per tutti?

*Denmark defines a national **heat wave** (hedebølge) as a period of **at least 3 consecutive days** in which the average maximum temperature across more than half the country exceeds $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($82.4\text{ }^{\circ}\text{F}$). The Danish Meteorological Institute also has a definition for a "**warmth wave**" (varmebølge). It defines this as the same criteria for a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($77.0\text{ }^{\circ}\text{F}$) temperature.*

*Sweden defines a heat wave as **at least five days in a row with a daily high exceeding $25\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($77.0\text{ }^{\circ}\text{F}$).*

*In Greece, the Hellenic National Meteorological Service defines a heat wave **as three consecutive days at $39\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($102\text{ }^{\circ}\text{F}$) or more. In the same period the minimum temperature is $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($79\text{ }^{\circ}\text{F}$) or more. There are no winds or only weak winds. These conditions occur in a broad area.*

*The Netherlands defines a heat wave as a period of **at least five consecutive days** in which the maximum temperature in De Bilt **exceeds $25\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($77\text{ }^{\circ}\text{F}$). During this period, the maximum temperature in De Bilt **must exceed $30\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($86\text{ }^{\circ}\text{F}$) for **at least three days**. Belgium also uses this definition of a heat wave with Ukkel as a reference point.*



Stress da caldo – onde di calore

Ondate di calore (ondate di caldo) spesso considerato come caldo estremo, è un periodo di clima caldo. Nel settore agricolo le onde di caldo possono essere considerati ore o giorni sequenziali con picchi di 3-4 ore con temperatura superiore alla massima per le colture.

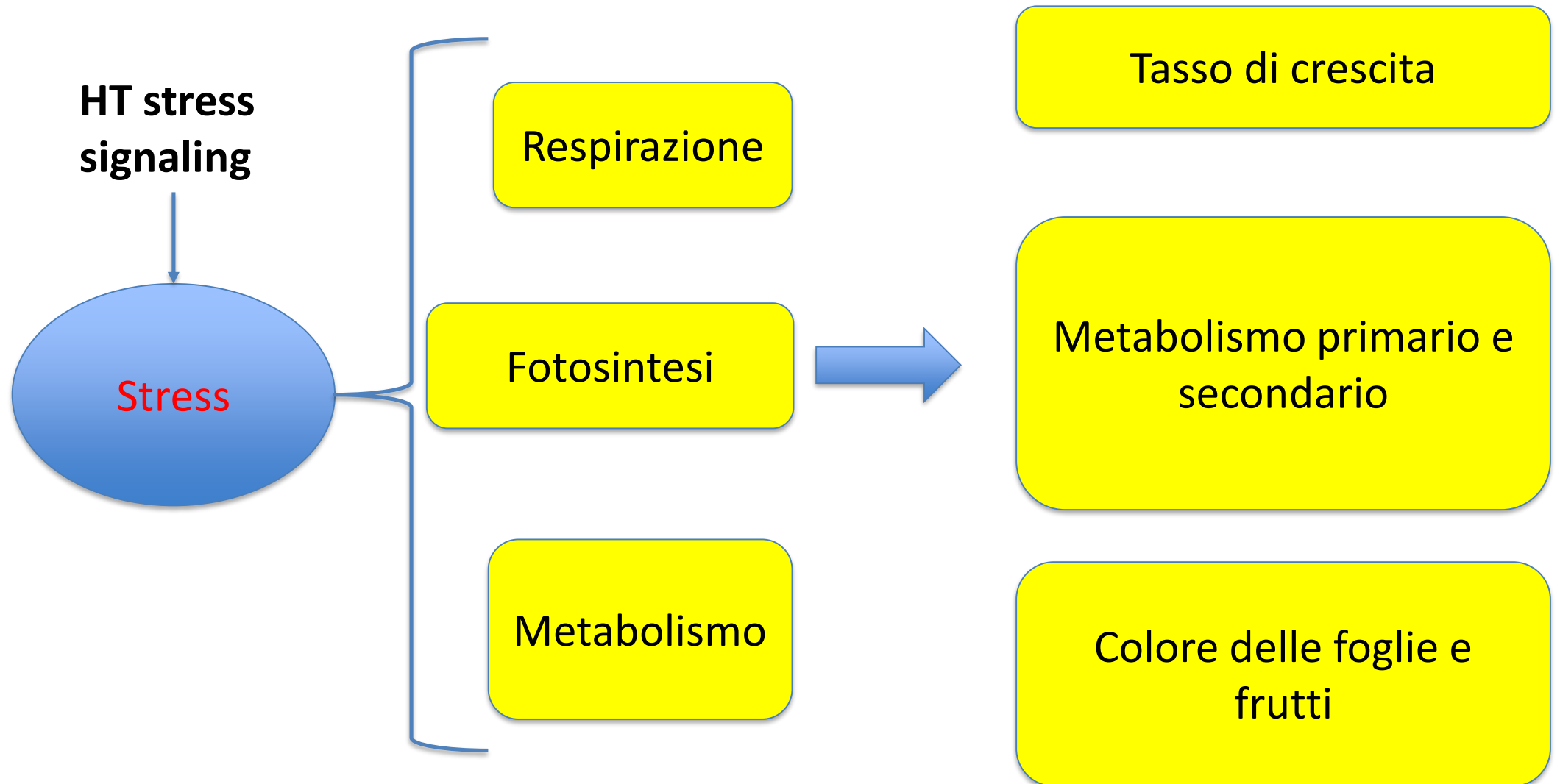
A heat wave (or heatwave), sometimes known as extreme heat, is a period of hot weather. In agriculture sector, the heatwaves can be considered as hours or sequential days with peak of 3-4 h with temperature above the maximum for crops.



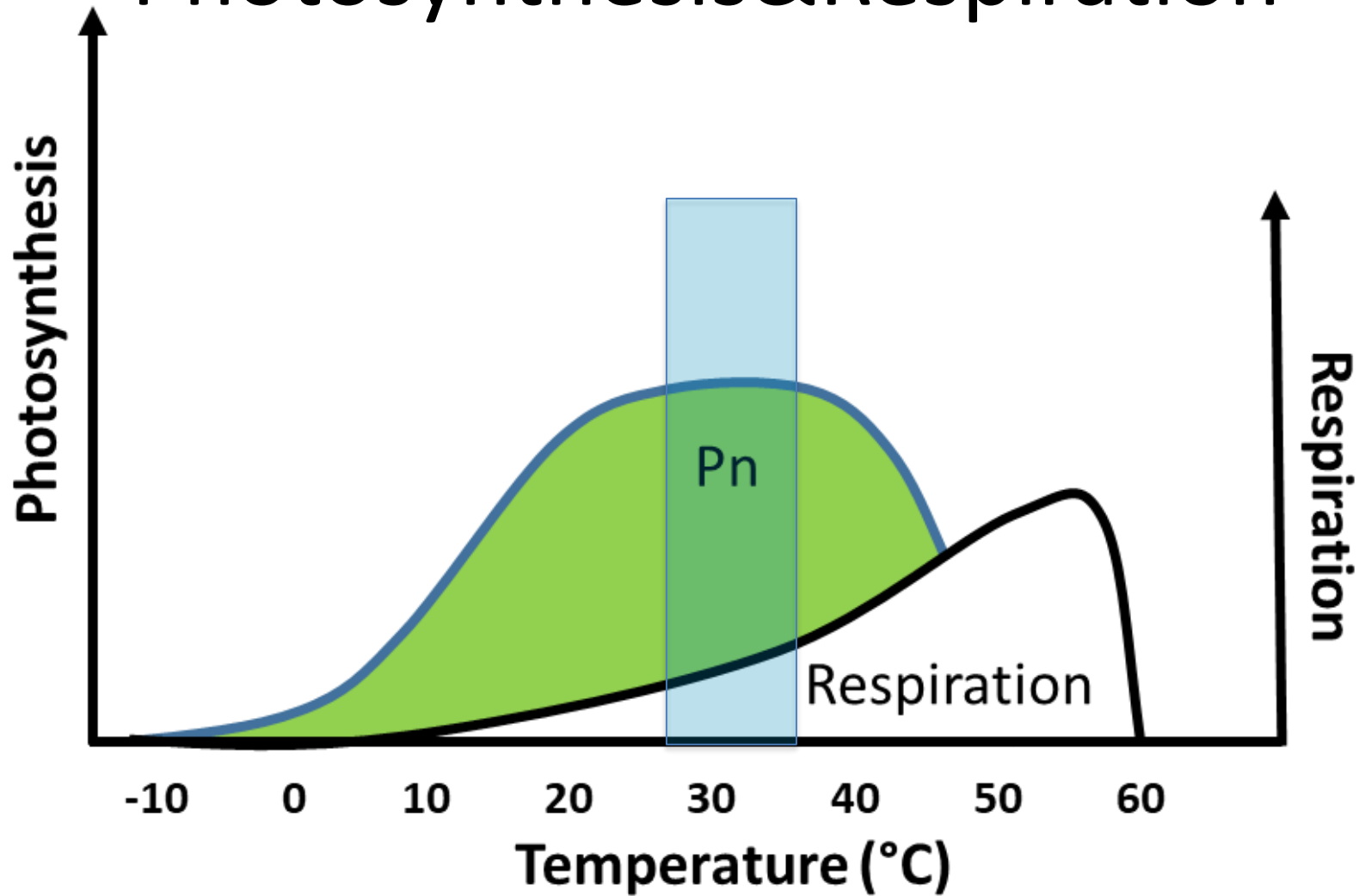
*Credenziali del contenuto
Generato con intelligenza artificiale · 11
febbraio 2024 alle ore 9:25 AM (Microsoft)*



Stress da caldo



Photosynthesis & Respiration



Stress da caldo o da alte temperature

Problemi agronomici

- Alterazione del ciclo della coltura e delle sue risposte;
- Effetti sull'economia e sulla società di alcune aree geografiche;
- Selezione di nuove colture per le nuove condizioni ambientali;

Qualità del prodotto

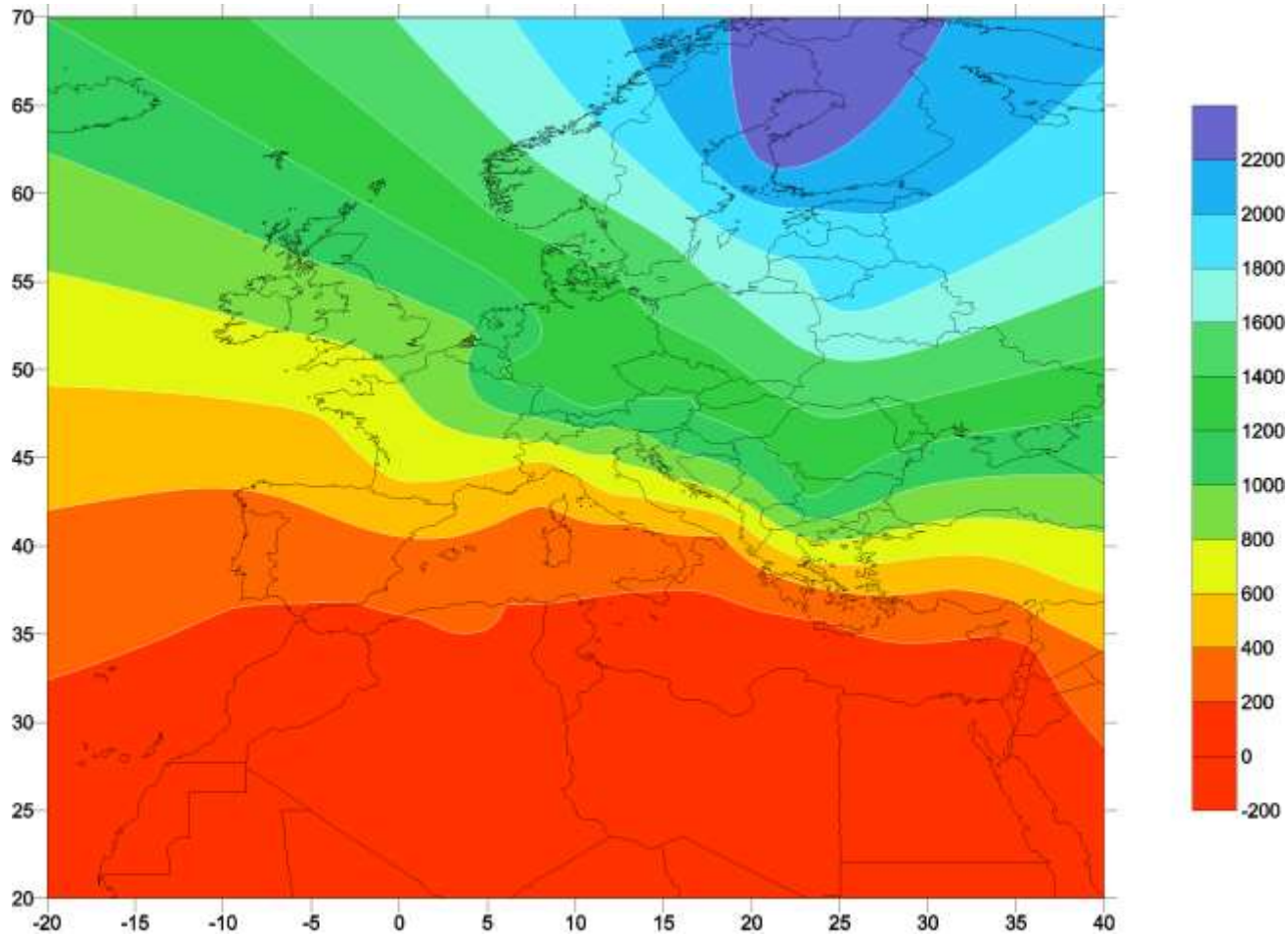
- Accumulo di meno zuccheri;
- Metabolismo più elevato;
- Bassa durata postraccolta.

Table 1. Cardinal temperatures for some crops with the sources of information used.

| Common Name | Scientific Name | Minimum Cardinal | Optimal Range | Maximum Cardinal |
|-------------|----------------------------------|------------------|---------------|------------------|
| Alfalfa | <i>Medicago sativa</i> L. | 8 | 24–26 | 36 |
| Asparagus | <i>Asparagus officinalis</i> L. | 4 | 18–22 | 28 |
| Banana | <i>Musa seppe</i> . L. | 12 | 25–30 | 40 |
| Barley | <i>Hordeum vulgare</i> L. | 2 | 18–28 | 34 |
| Bean | <i>Phaseolus vulgaris</i> L. | 10 | 24–30 | 36 |
| Carrot | <i>Daucus carota</i> L. | 3 | 16–22 | 28 |
| Cotton | <i>Gossypium hirsutum</i> L. | 14 | 25–30 | 38 |
| Durum wheat | <i>Triticum durum</i> L. | 2 | 18–26 | 32 |
| Flax | <i>Linum usitastissimum</i> L. | 2 | 18–24 | 30 |
| Grapevine | <i>Vitis vinifera</i> L. | 7–10 | 22–28 | 36 |
| Lemon | <i>Citrus limon</i> L. | 13 | 23–30 | 35 |
| Maize | <i>Zea mays</i> L. | 8 | 22–30 | 35 |
| Melon | <i>Cucumis melo</i> L. | 15 | 25–35 | 40 |
| Oat | <i>Avena sativa</i> L. | 2 | 18–26 | 32 |
| Okra | <i>Abelmoschus esculentus</i> L. | 16 | 25–35 | 40 |



Heating requirements tomato 1973-1987



Space and time variability of heating requirements for greenhouse tomato production in the Euro-Mediterranean area

Luigi Mariani^{a,b,*}, Gabriele Cola^b, Roberta Bulgari^b, Antonio Ferrante^b, Livia Martinetti^b

^a Lombard Museum of Agricultural History, via Crotti 2, 20133 Milano, Italy

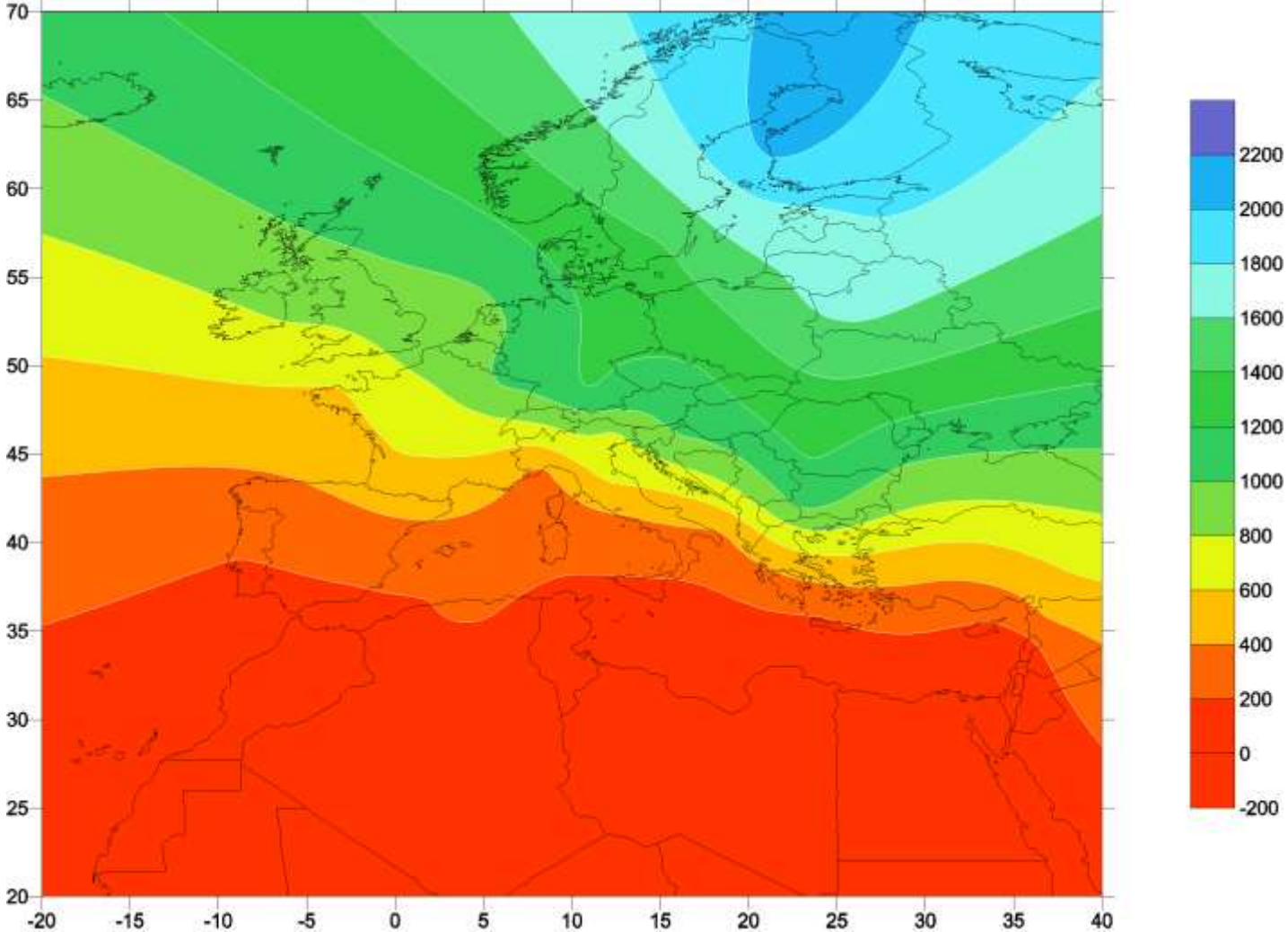
^b Department of Agricultural and Environmental Sciences, Università degli Studi di Milano, via Crotti 2, 20133 Milano, Italy

Tomato temperature

- 14-16 ° C night
- 22-26 ° C day



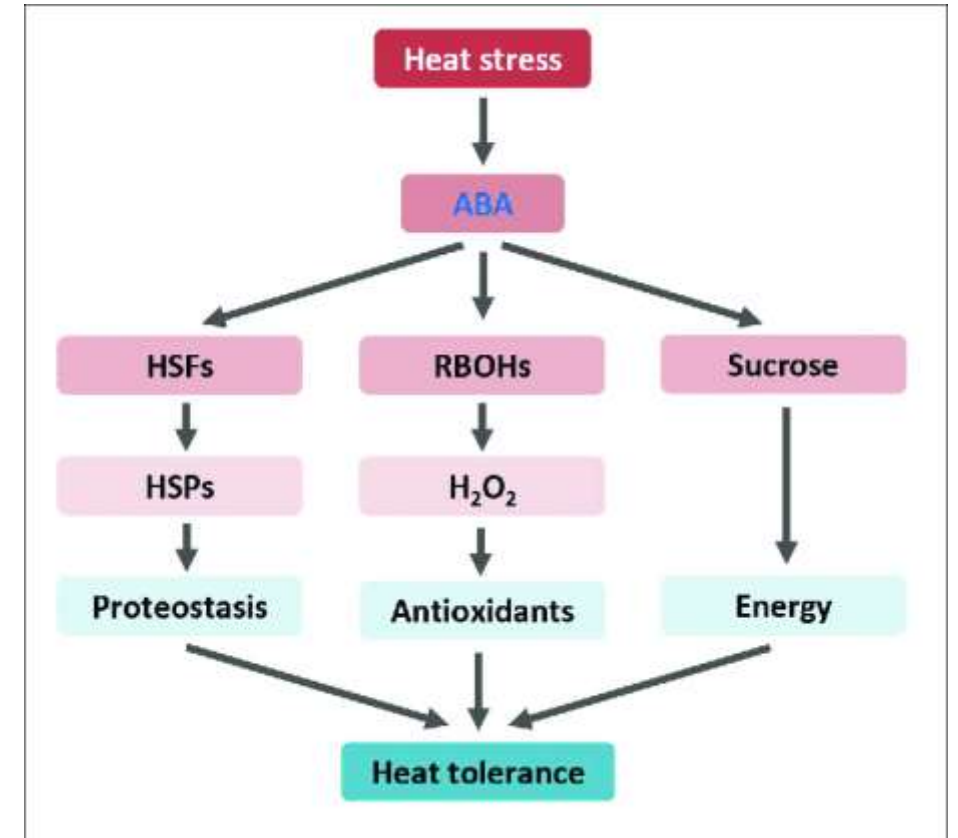
Heating requirements tomato 1988-2014



Stress da caldo e risposte delle colture

Le alte temperature interagiscono su:

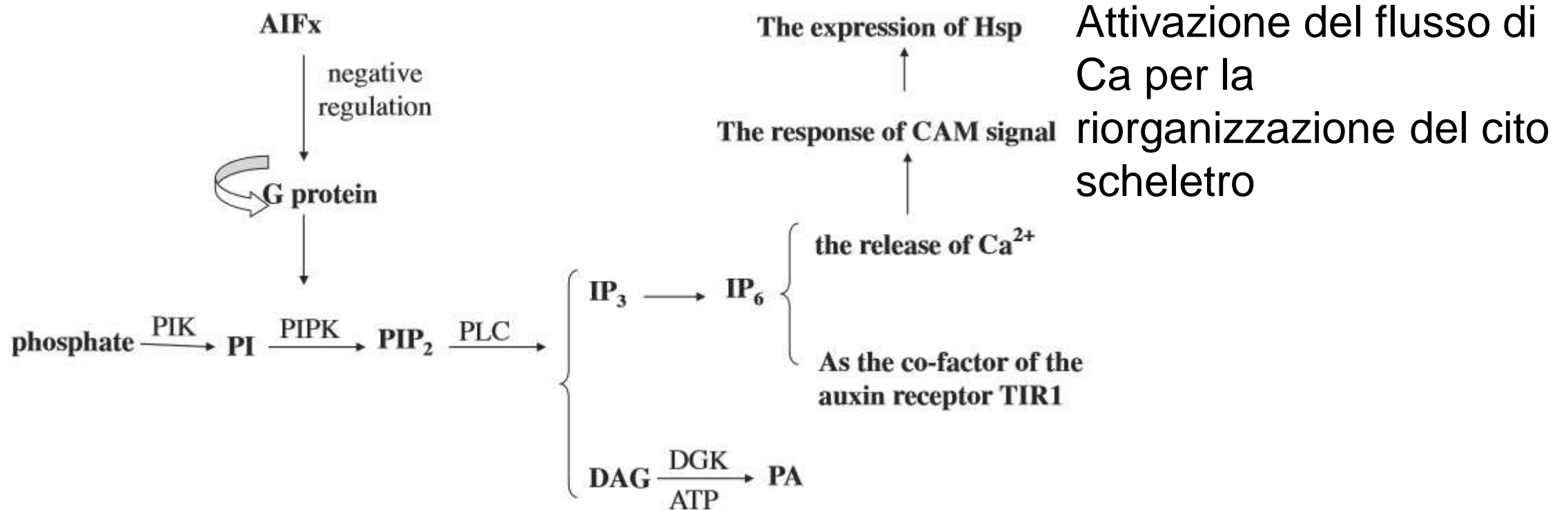
- Traspirazione,
- Relazioni idriche
- Stabilità delle membrane
- Ormoni vegetali (ABA ed etilene)
- Metaboliti (primari e secondari).



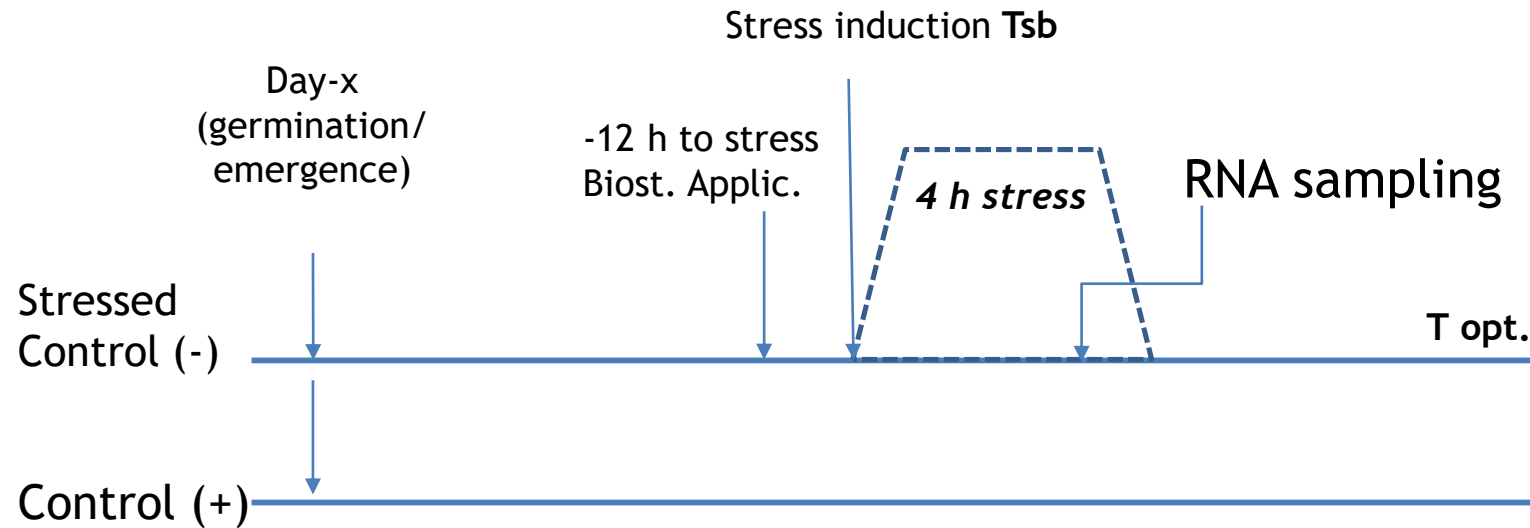
Risposta delle piante alle alte temperature

Lo stress da caldo aumenta l'accumulo di ROS, ormoni, e lipidi

A.-L. Qu et al. / *Biochemical and Biophysical Research Communications* 432 (2013) 203–207



Trattamenti priming con biostimolanti



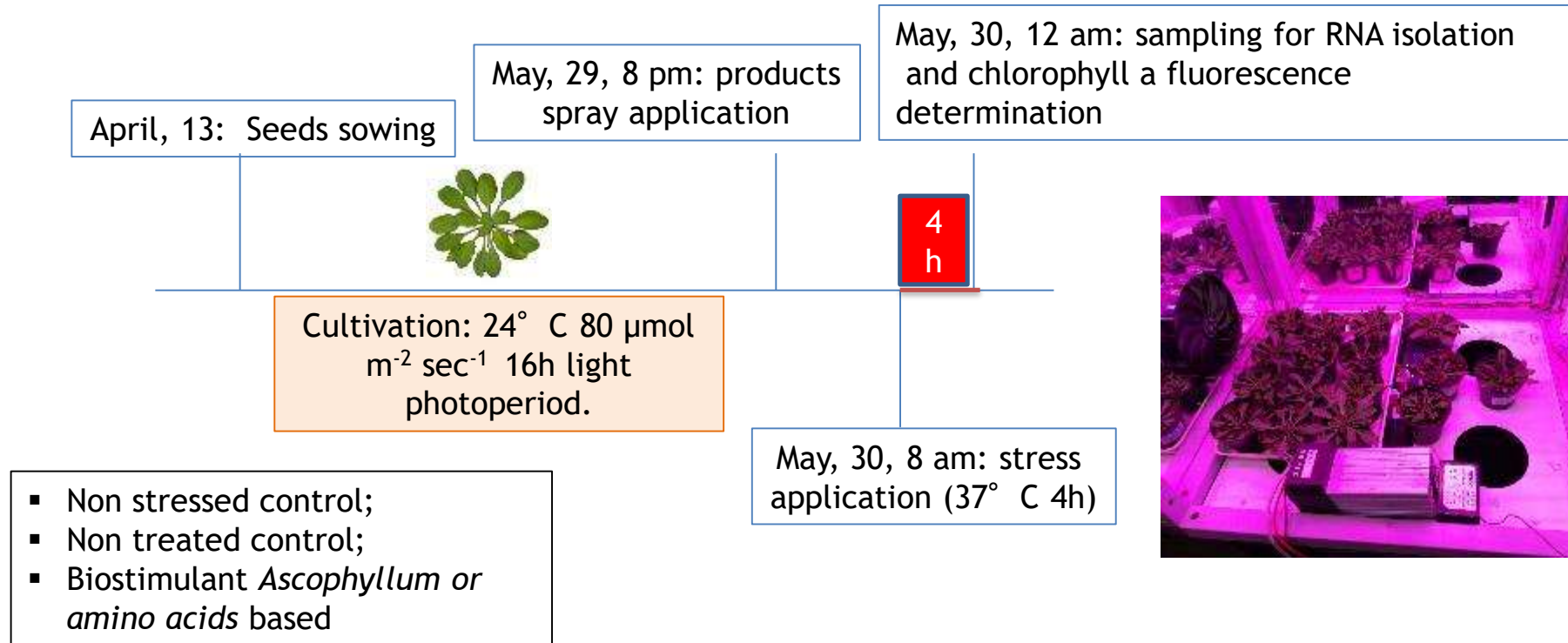
Foglie campionate e utilizzate per l'estrazione dell'RNA:

- subito dopo la fine dello stress 4 h;
- Significa 16 ore dal trattamento biostimolante,



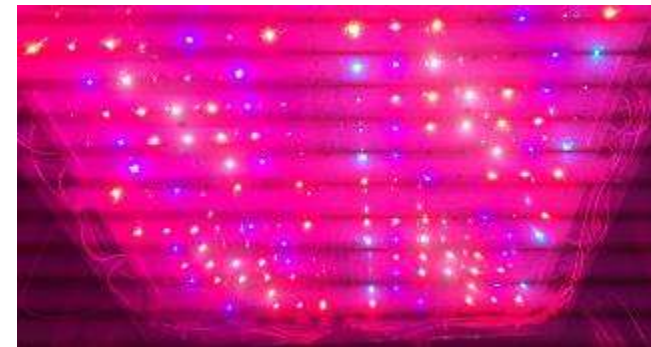


Trattamento preventivo o curativo

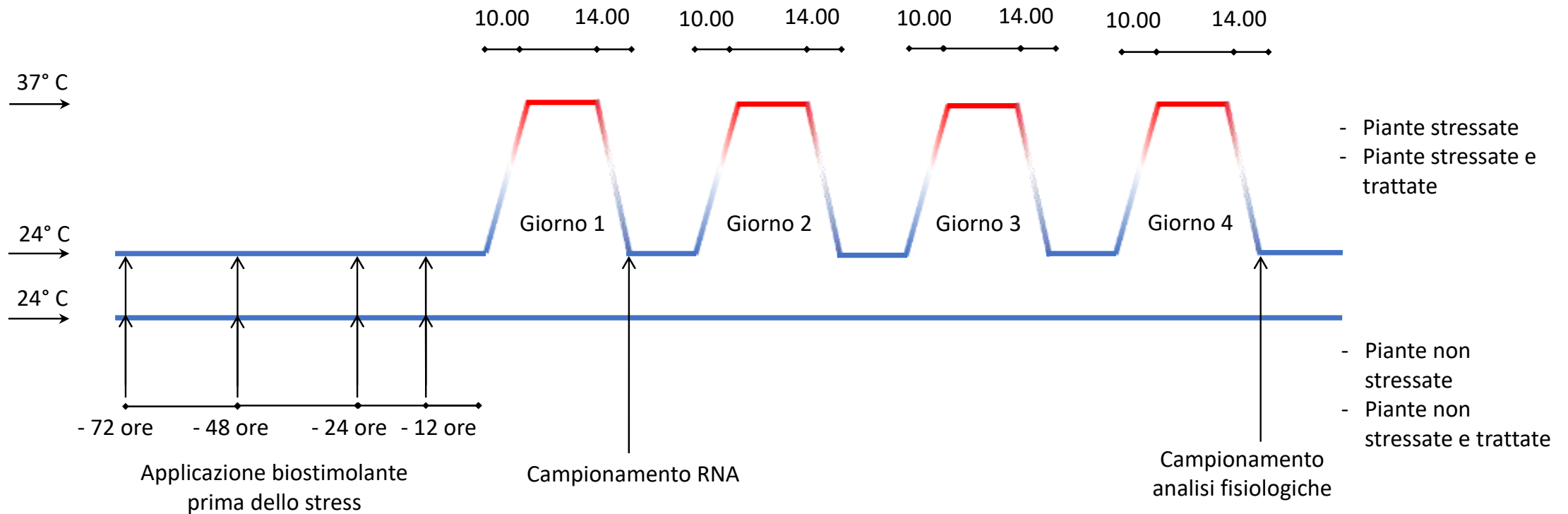




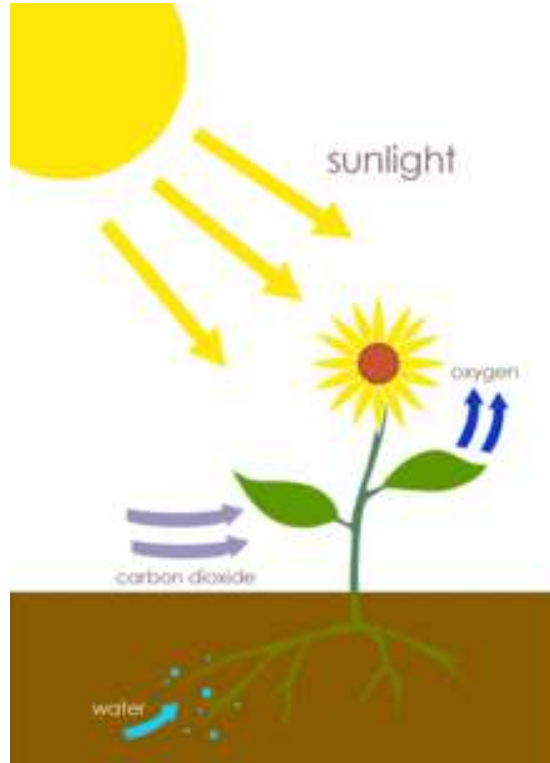
Cultivation: 24° C 80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
Red, blue and white LED light
16h light photoperiod.



Trattamenti curativi



Fluorescenza della clorofilla *a*



Available online at www.sciencedirect.com



Postharvest Biology and Technology 45 (2007) 73–80

Postharvest
Biology and
Technology

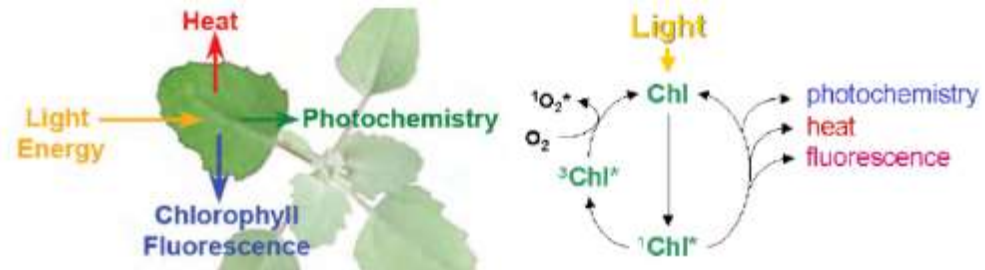
www.elsevier.com/locate/postharvbio

Chlorophyll *a* fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of *Valeriana* leafy vegetables

Antonio Ferrante*, Tommaso Maggiore

Dip. Produzione Vegetale, University of Milan, via Cremona 2, 20122 Milan, Italy

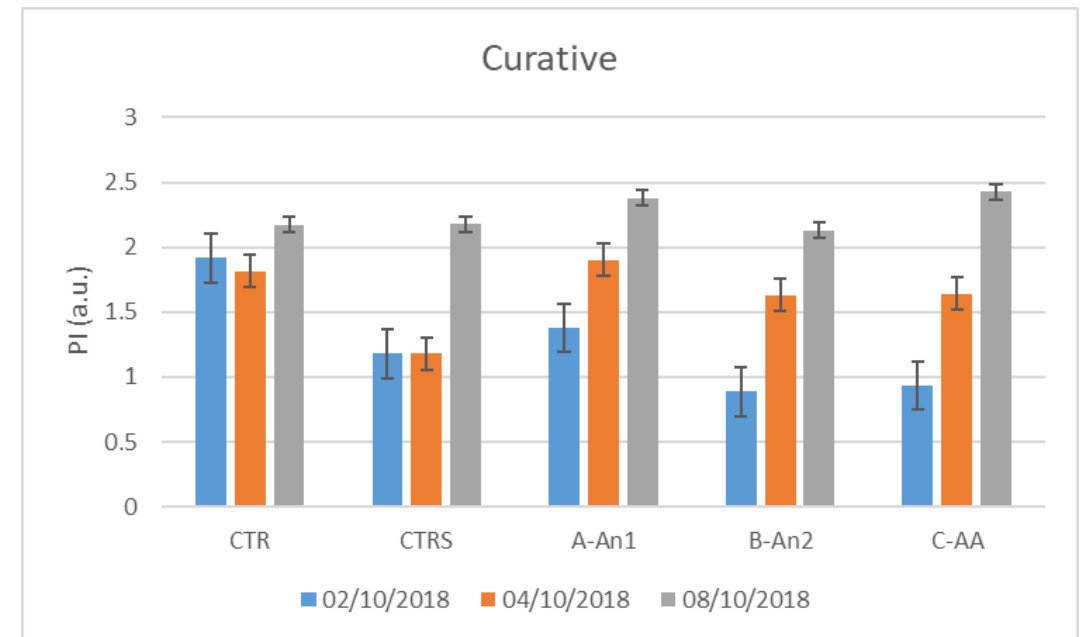
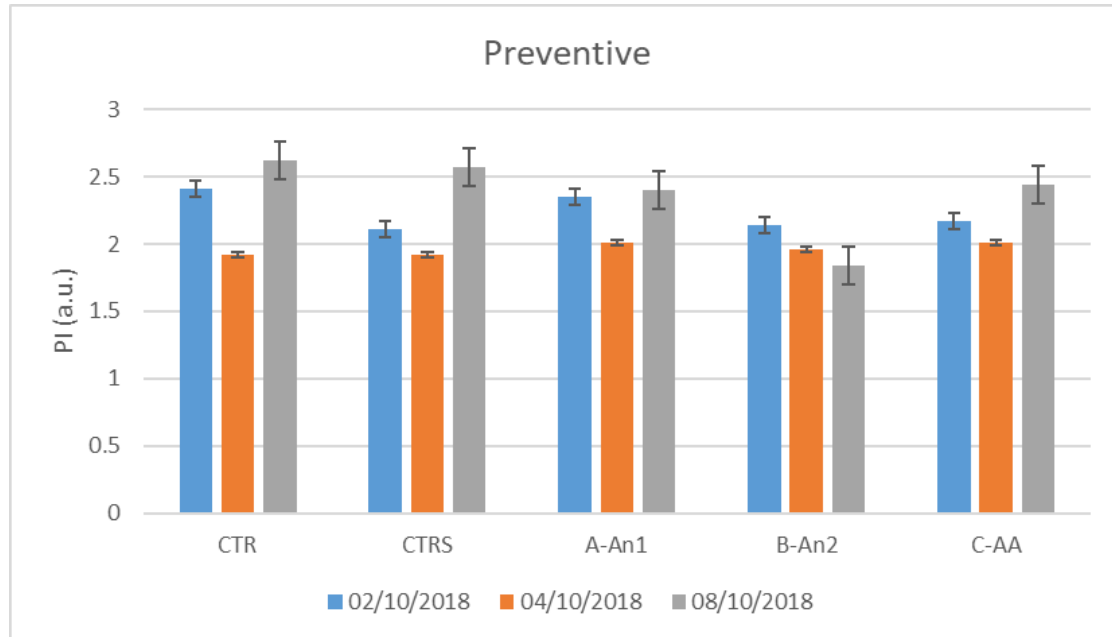
Received 25 August 2006; accepted 12 February 2007



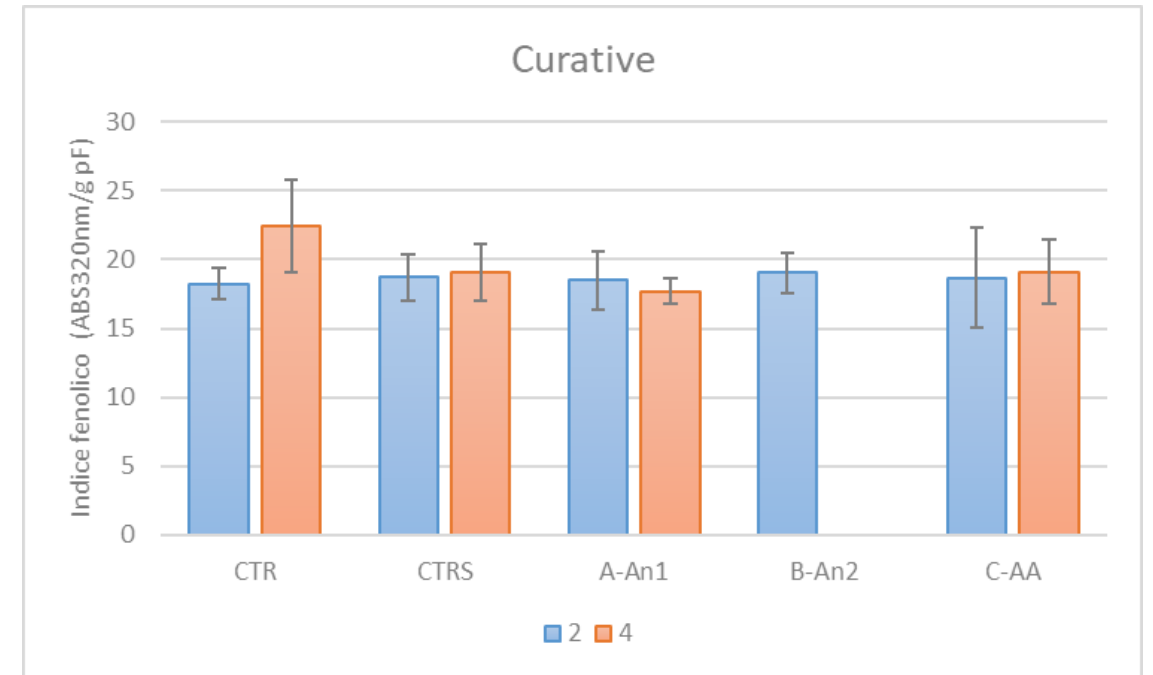
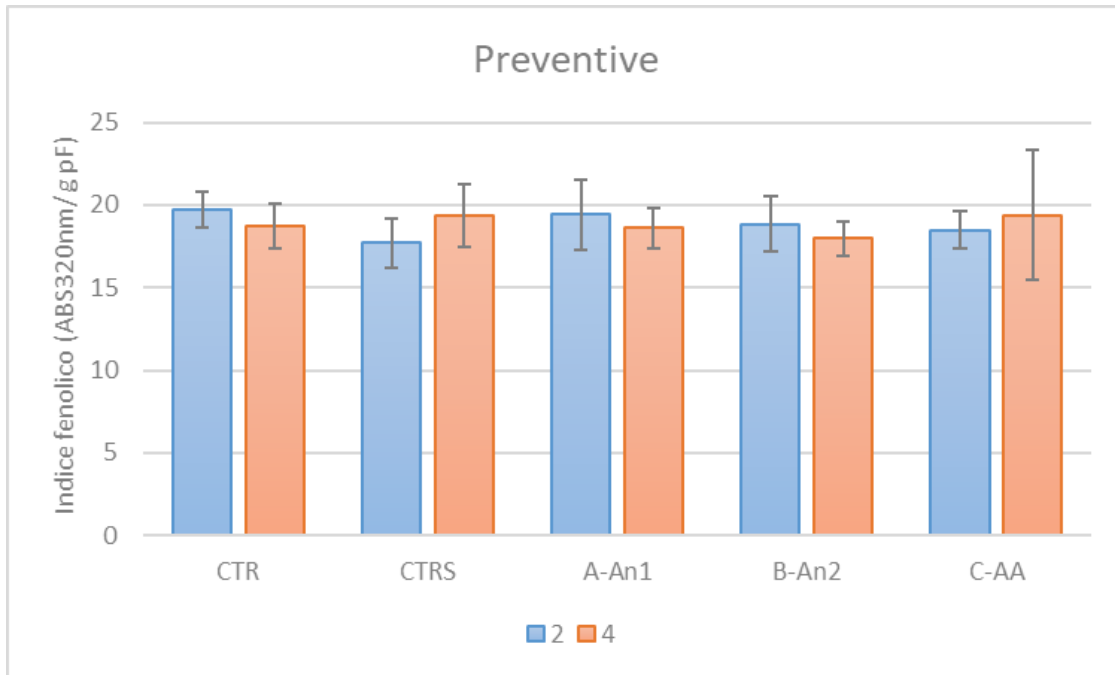
Chl *a* fluorescenza come strumento per la valutazione della funzionalità fogliare e dello stato di salute delle foglie.



Fluorescenza della clorofilla *a*



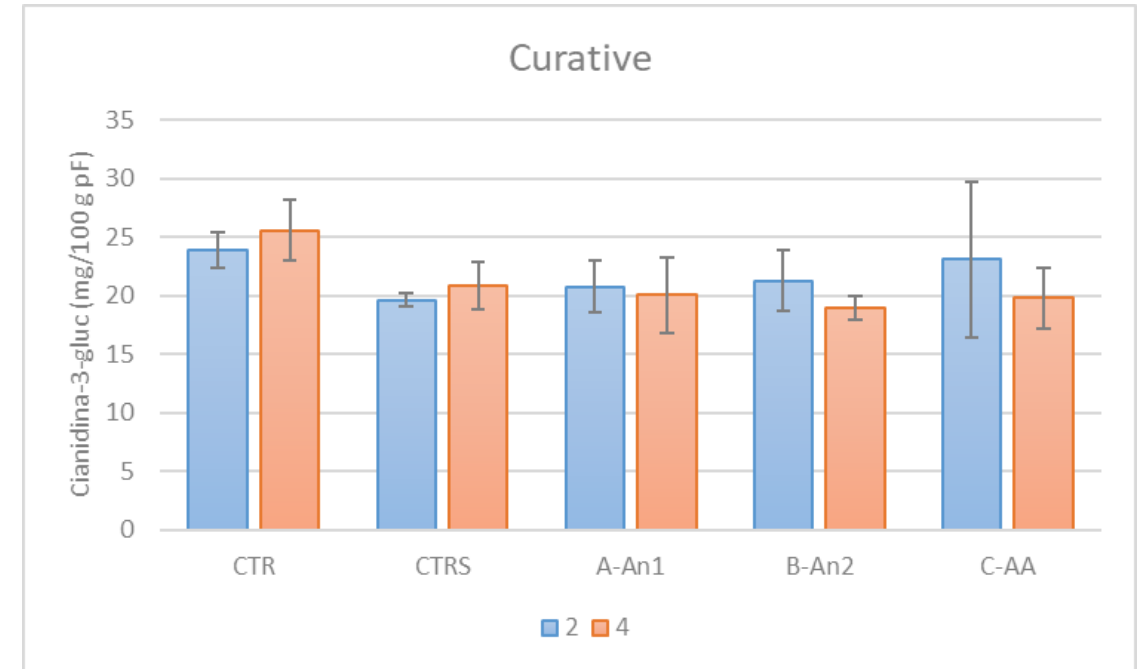
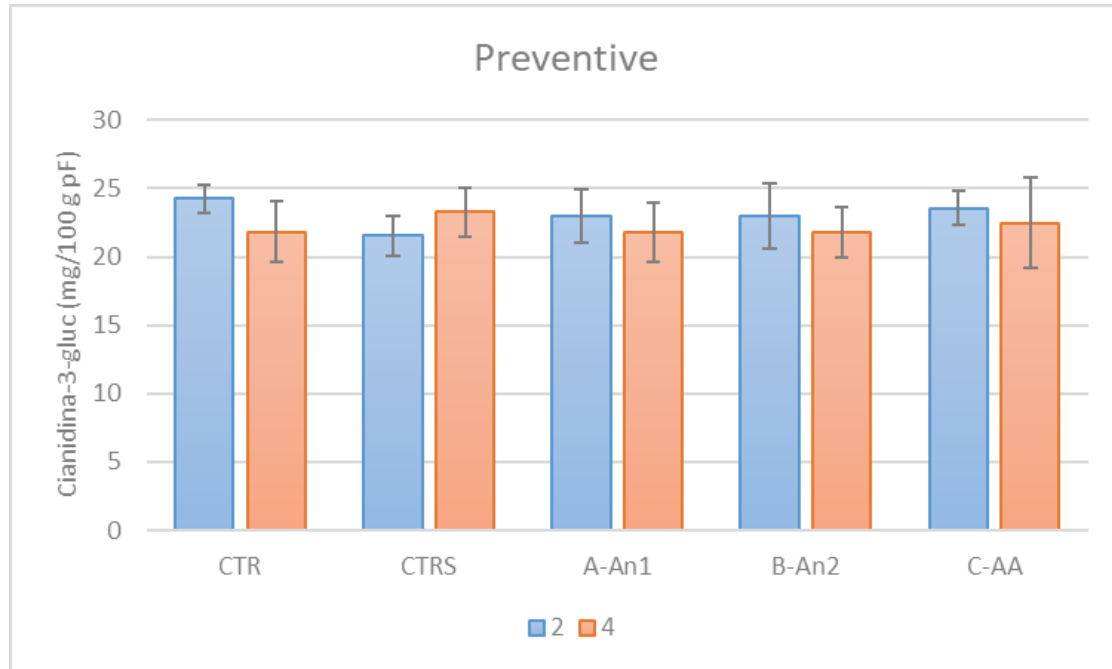
Indice fenolico



Fenoli sono composti accumulati in risposta a stress, con funzione antiossidante



Antociani



Analisi istochimica: DAB

DAB (3,3'-diaminobenzidine) è ossidato in presenza di perossidasi e perossido di idrogeno con conseguente deposizione di un precipitato bruno, insolubile in alcool, nel sito di attività enzimaticay. DAB (3,3'-diaminobenzidine) produce un prodotto di reazione marrone scuro.

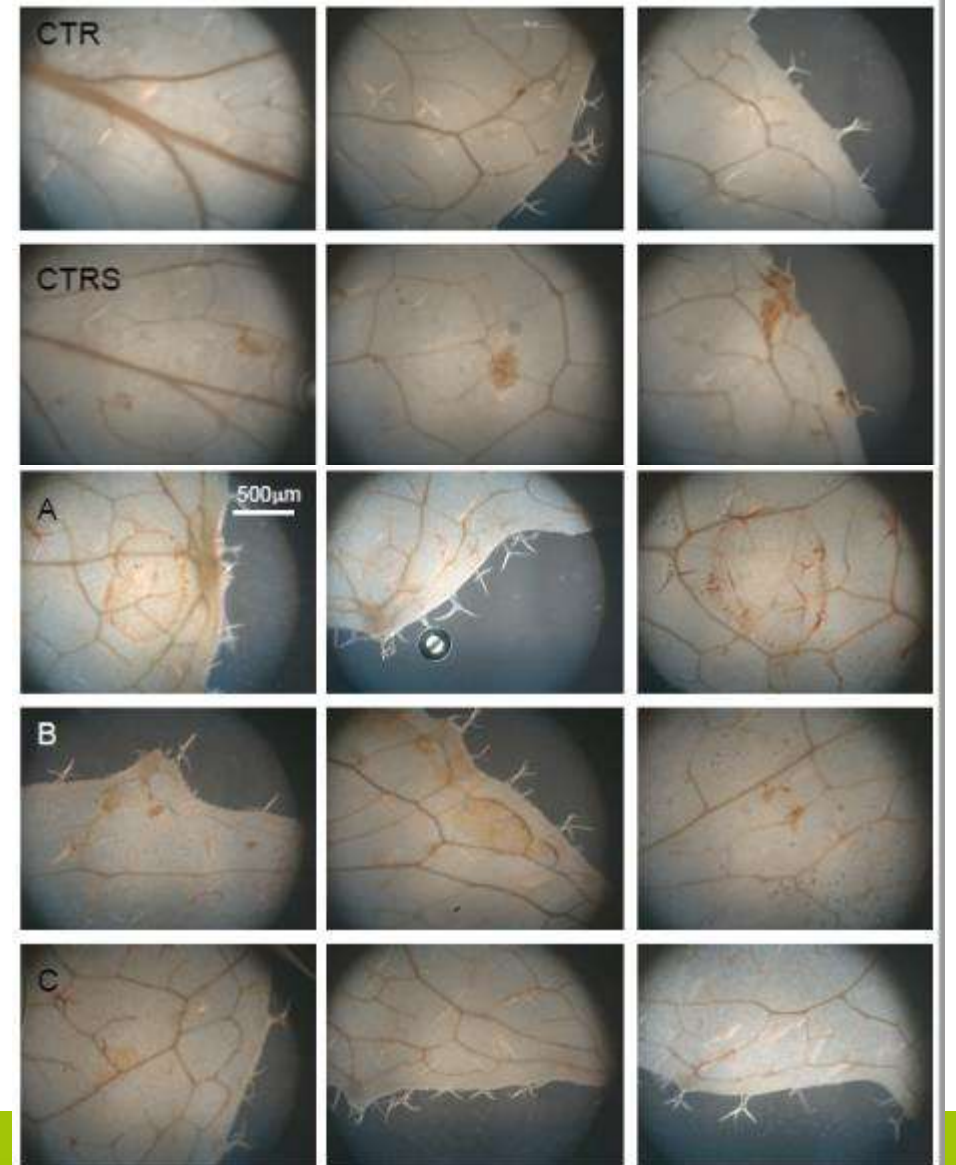
CTR: controllo

CTRS: stress

A: An-1

B: An-2

C: AA



Histochemical analysis: Autofluorescence

L'autofluorescenza delle pareti cellulari o delle parti della parete cellulare può essere quantificata mediante microspettroscopia. Nelle pareti cellulari lignificate sono principalmente gli anelli fenolici che danno luogo all'autofluorescenza. L'intensità dell'autofluorescenza dipende dalla composizione e dalla costruzione della parete cellulare. I cambiamenti nell'autofluorescenza possono essere utilizzati solo come indicatore grossolano dei prodotti della parete cellulare

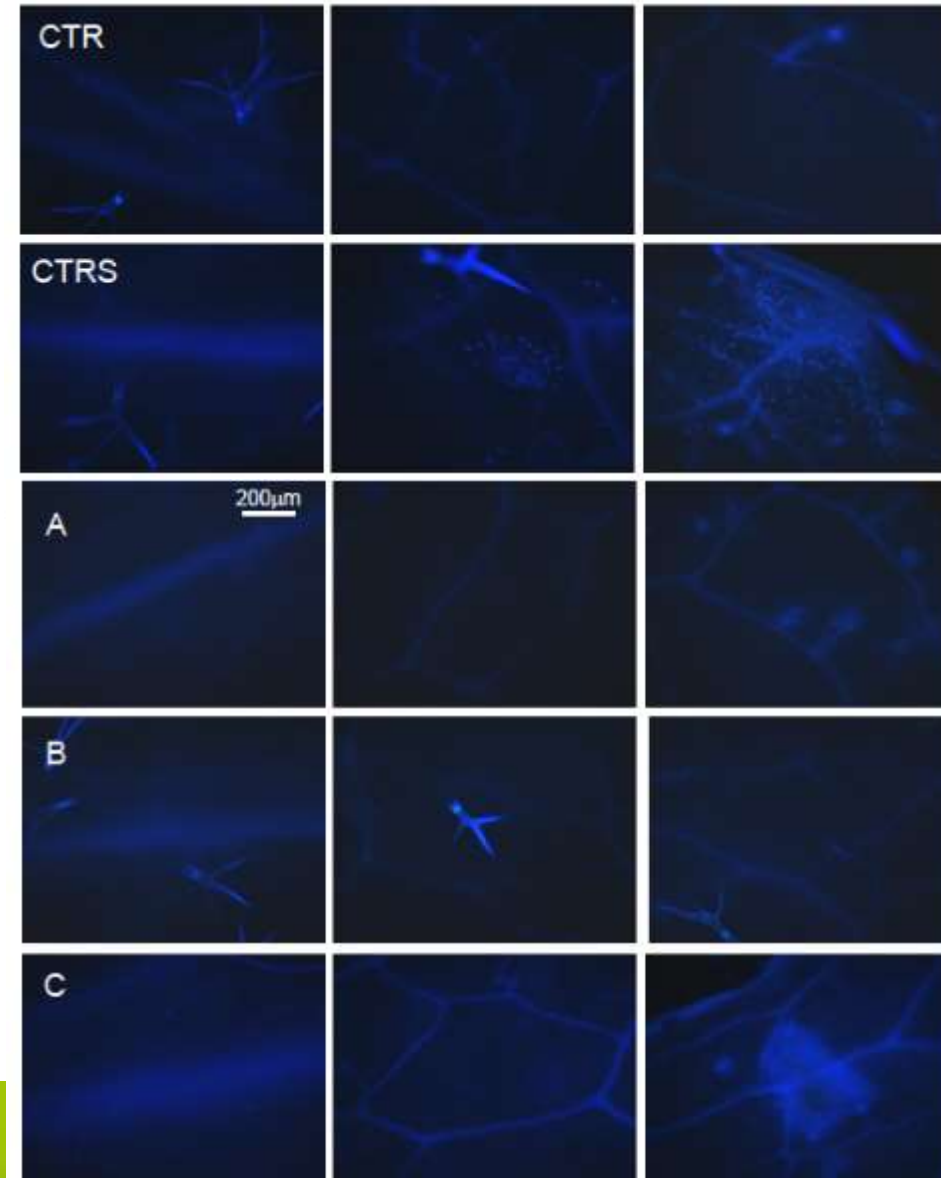
CTR: controllo

CTRS: controllo stressato

A: An-1

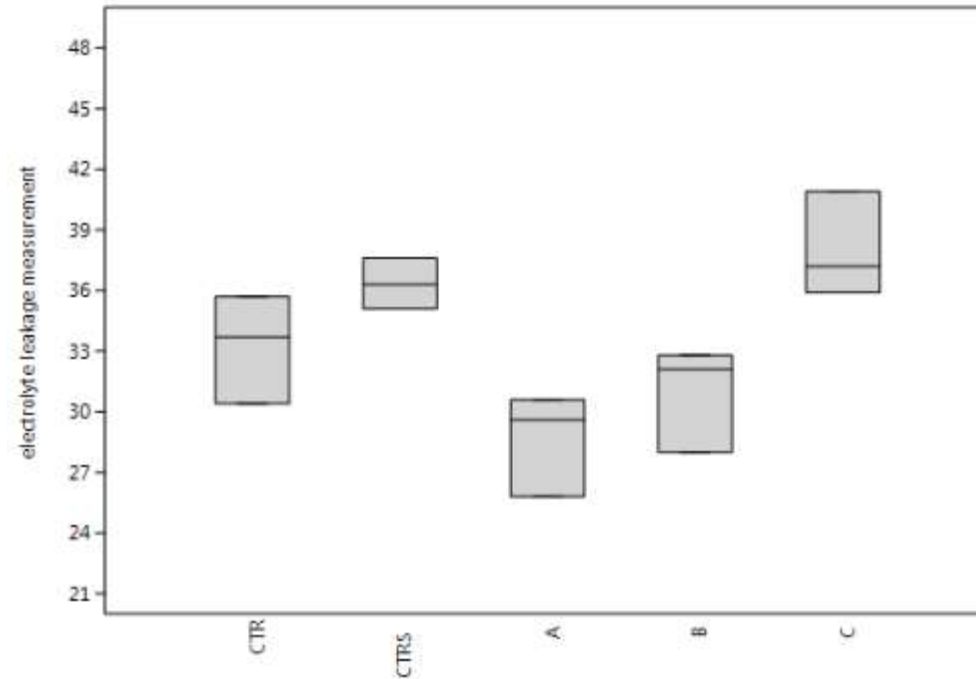
B: An-2

C: AA



Quantificazione della morte cellulare

Cell death was quantified by electrolyte leakage measurement ($\mu\text{S}/\text{cm}$)



Test for equal means

| | Sum of sqrs | df | Mean square | F | p (same) |
|-----------------|-------------|----|-------------|-------|----------|
| Between groups: | 174,291 | 4 | 43,5727 | 7,619 | 0,004385 |
| Within groups: | 57,1867 | 10 | 5,71867 | | |
| Total: | 231,477 | 14 | | | |

ω^2 : 0,6384

Levene's test for homogeneity of variance, from means p (same): 0,609
 Levene's test, from medians p (same): 0,9651

Welch F test in the case of unequal variances: $F=6,006, df=4, 809, p=0,04049$

Tukey's Q below the diagonal, p(same) above the diagonal.
 Significant comparisons are pink.

| | CTR | CTRS | A | B | C |
|------|-------|--------|--------|--------|----------|
| CTR | | 0,5452 | 0,2049 | 0,7634 | 0,1859 |
| CTRS | 2,221 | | 0,0188 | 0,1151 | 0,9073 |
| A | 3,332 | 5,553 | | 0,7634 | 0,005324 |
| B | 1,666 | 3,887 | 1,666 | | 0,03096 |
| C | 3,428 | 1,207 | 6,76 | 5,094 | |



NGS - Illumina platform



- Total RNA samples with RIN > 7 and 260/280 ratio > 1.9
- Two pair end sequencing 60 M reads

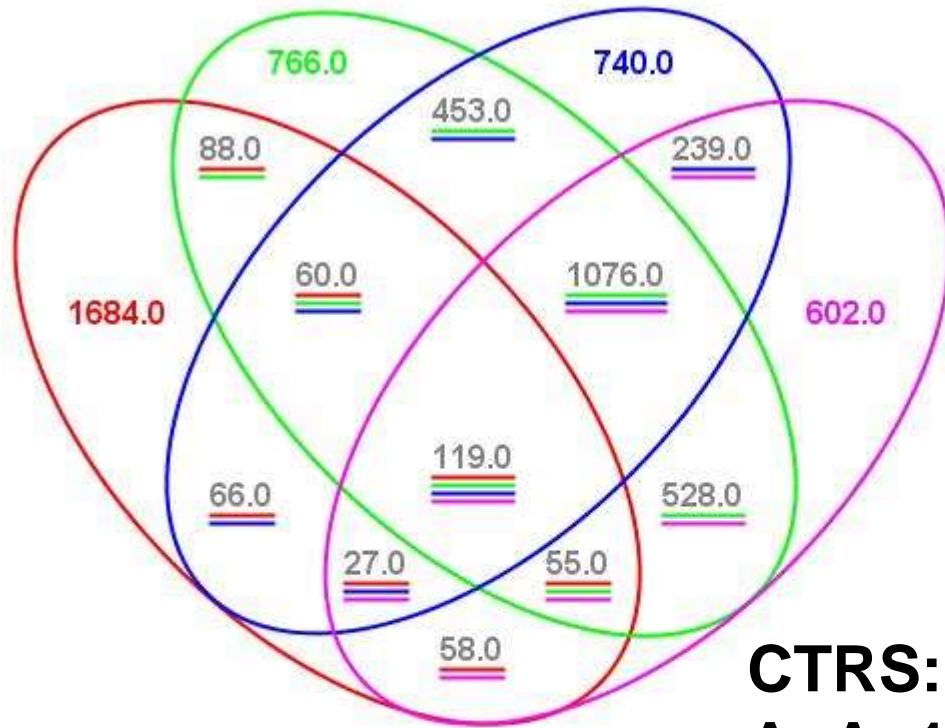
Bioinformatics of data

- Gene annotation Blast2go and Panther Tair
- Specific and common gene expression using ven diagram;
- Differential expression genes (DEGs >2 logFC);
- Mapman: metabolic pathways;
- Enrichment: DAVID



Trattamenti

Preventivo



● A: Prev_CTRS
 ● B: Prev_A
 ● C: Prev_B
 ● D: Prev_C
 threshold: 1.0

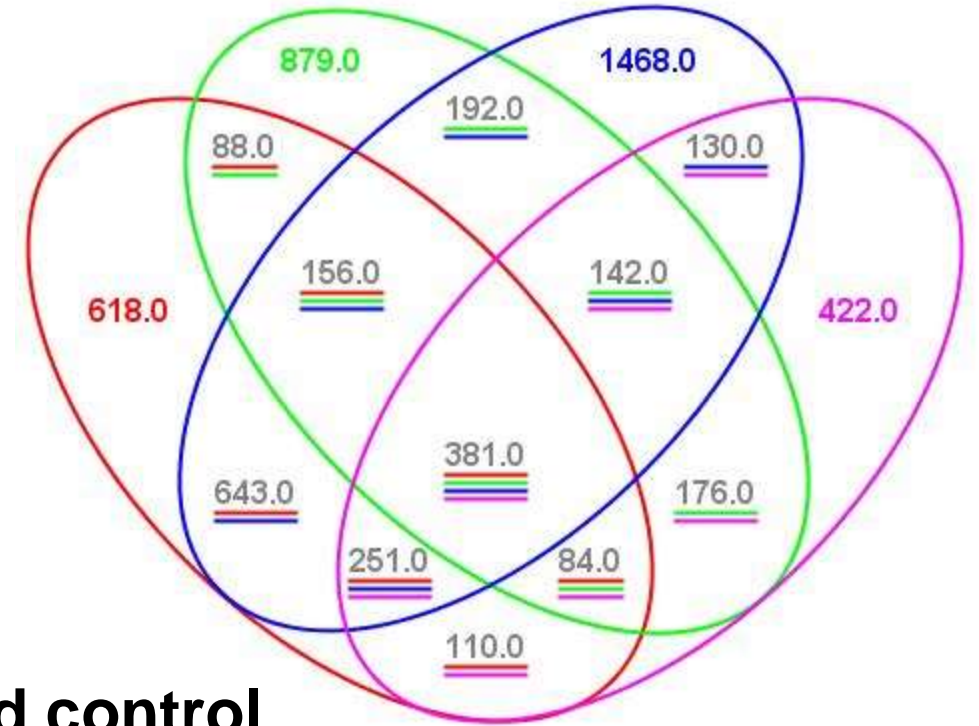
CTRS: Stressed control

A: An1

B: An2

C: AA

Curativo

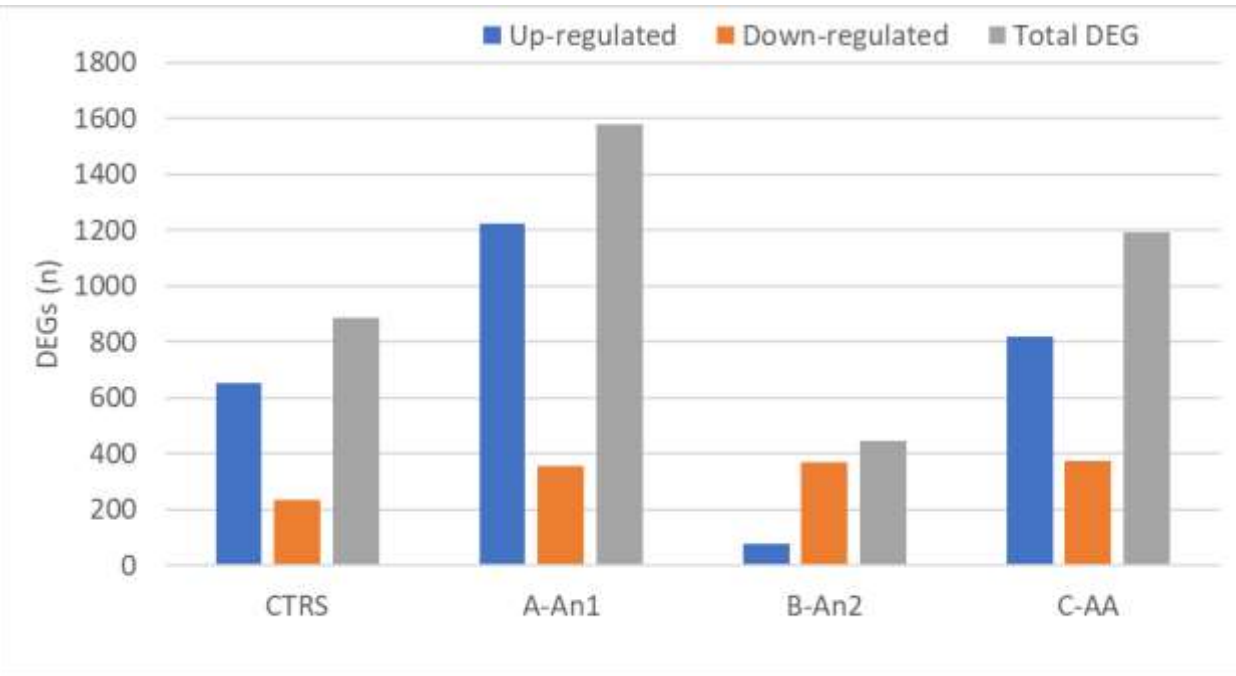


● A: Cur_CTRS
 ● B: Cur_A
 ● C: Cur_B
 ● D: Cur_C
 threshold: 1.0

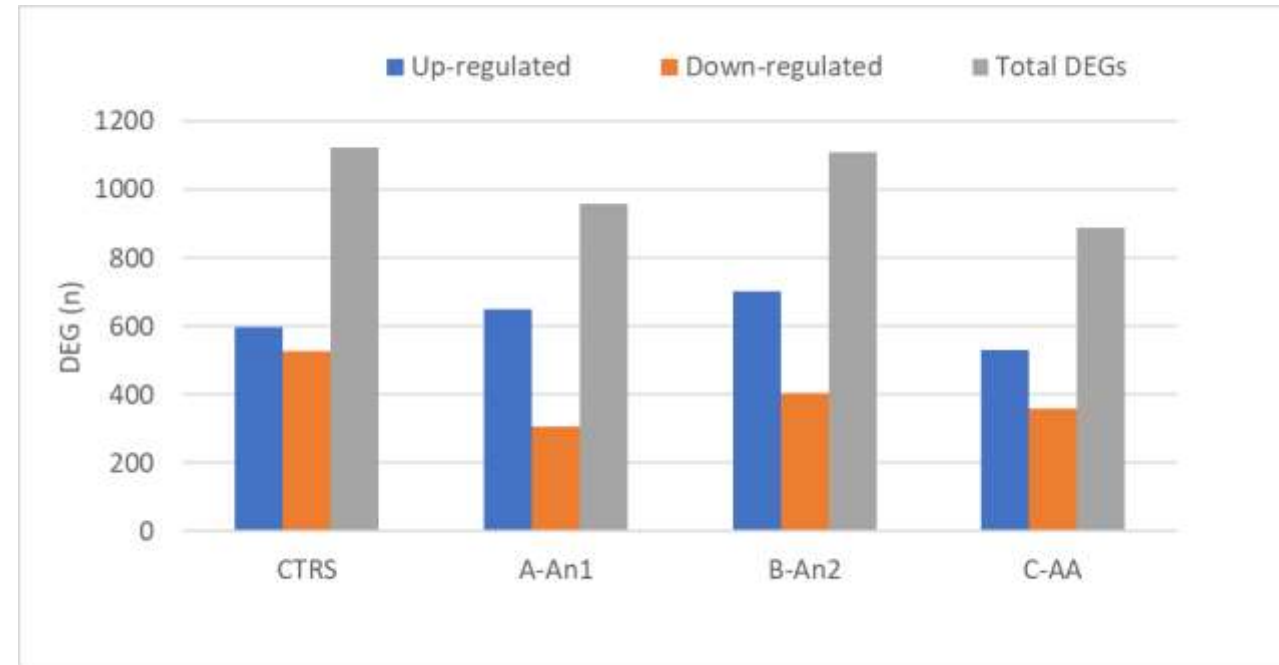


Geni differenzialmente espresso - DEGs

Preventivo



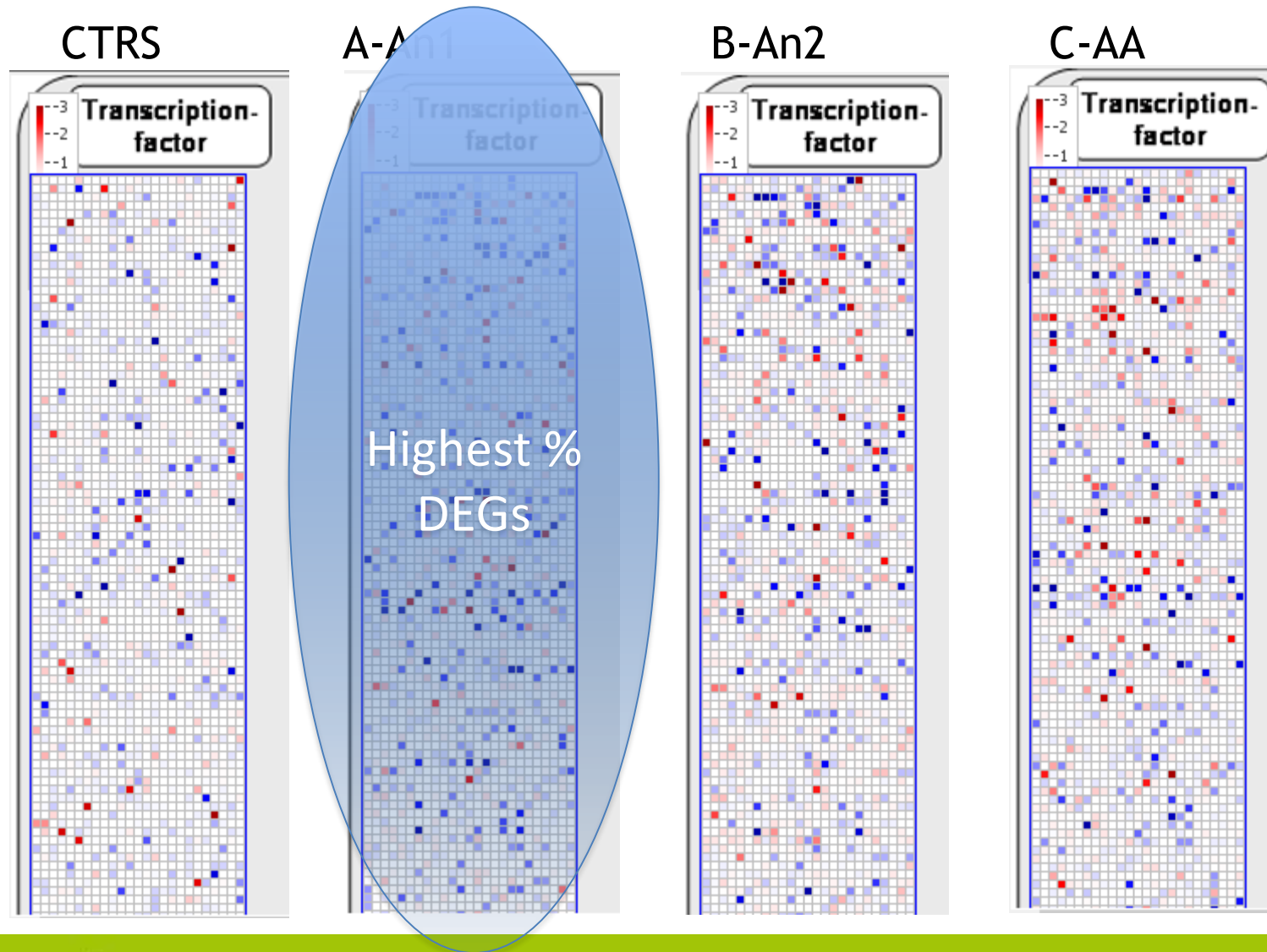
Curativo



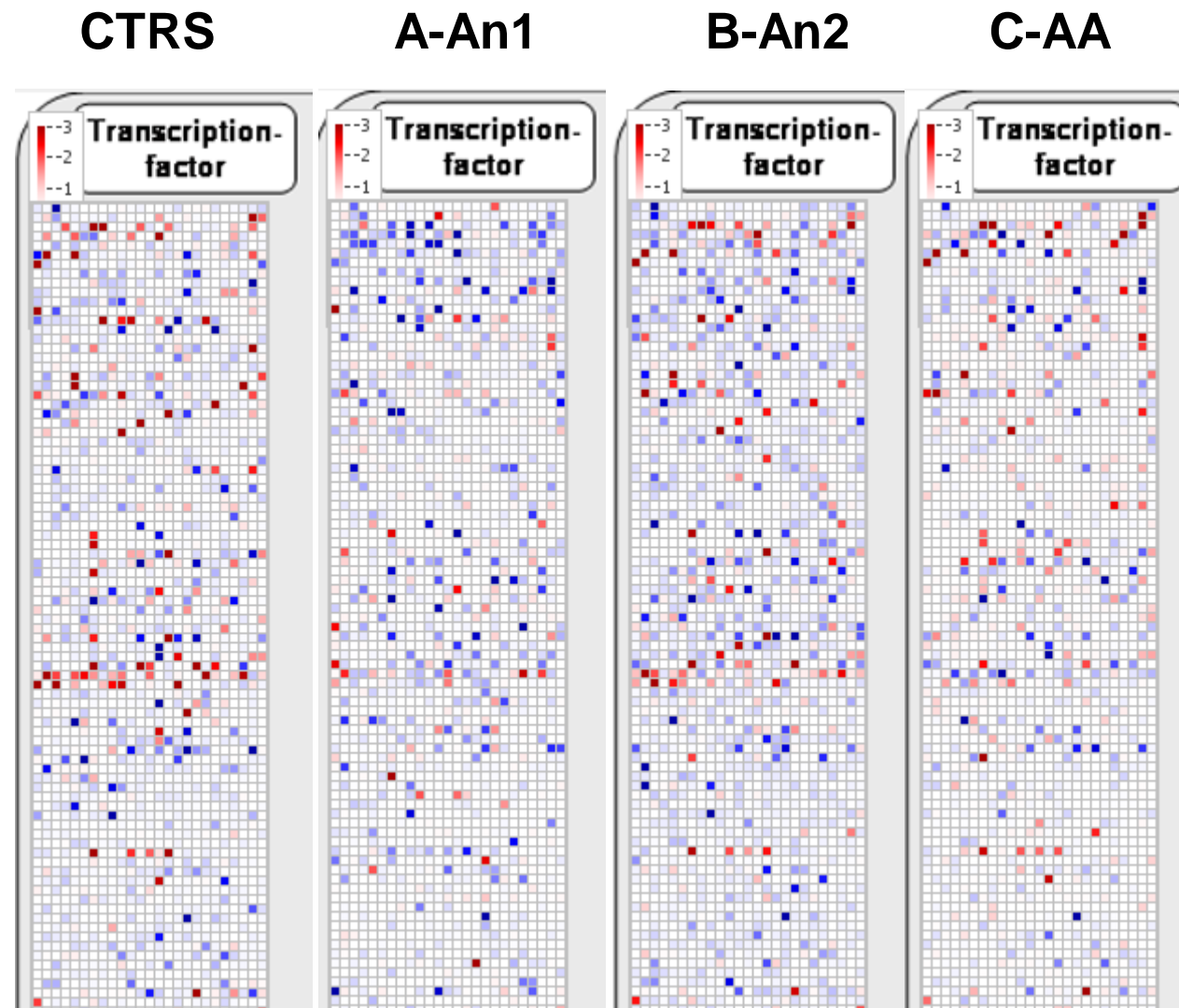
DEGs sovra- e sottoespressi con 2-fold change



Transcriptional regulation - Preventivo



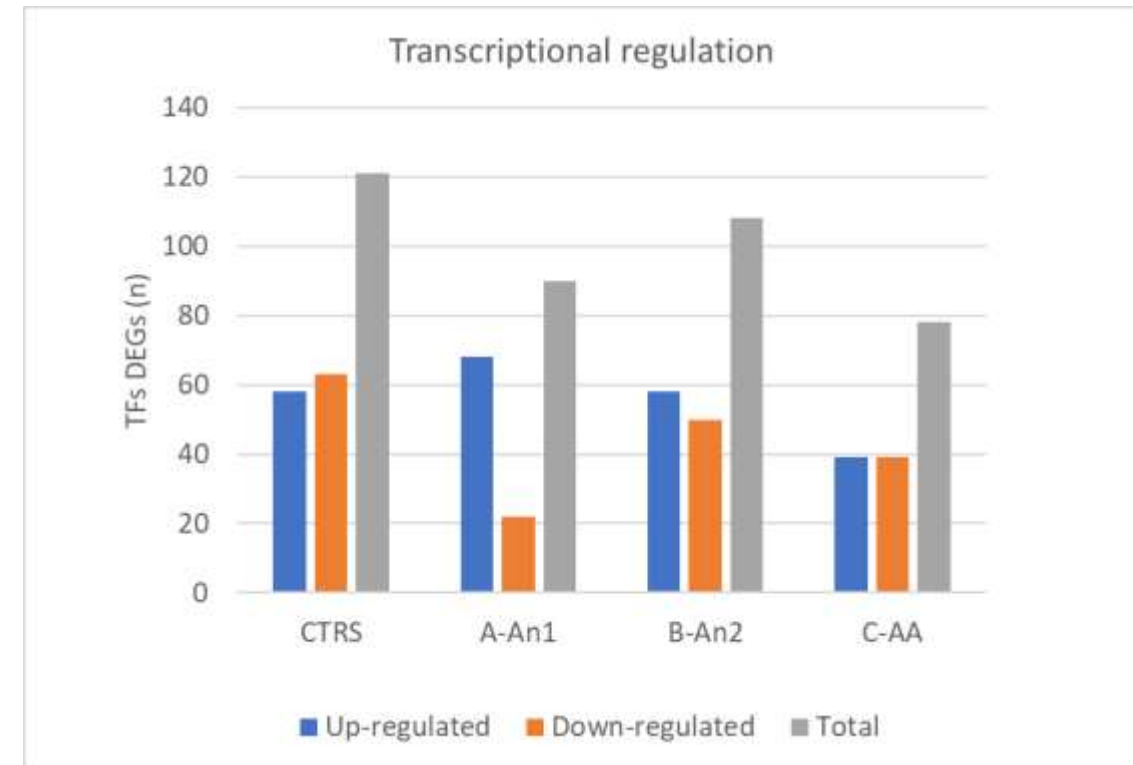
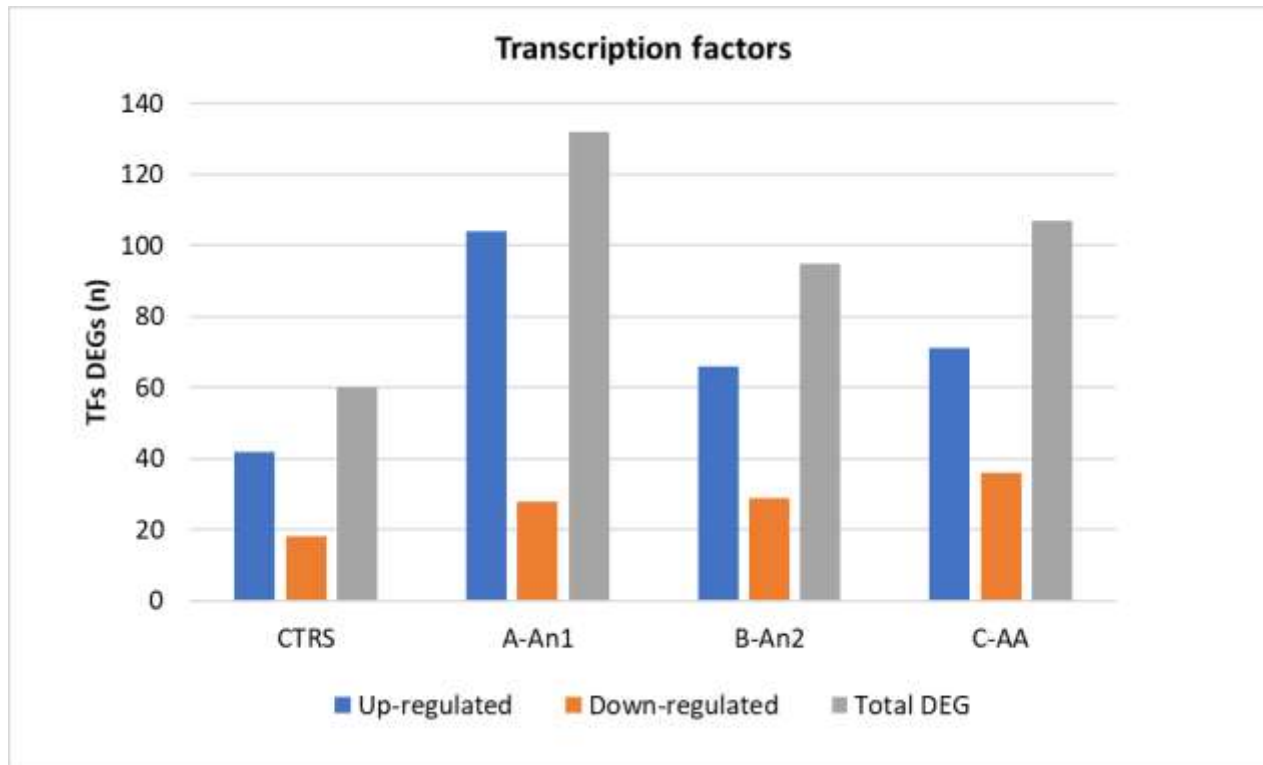
Transcriptional regulation - Curativo



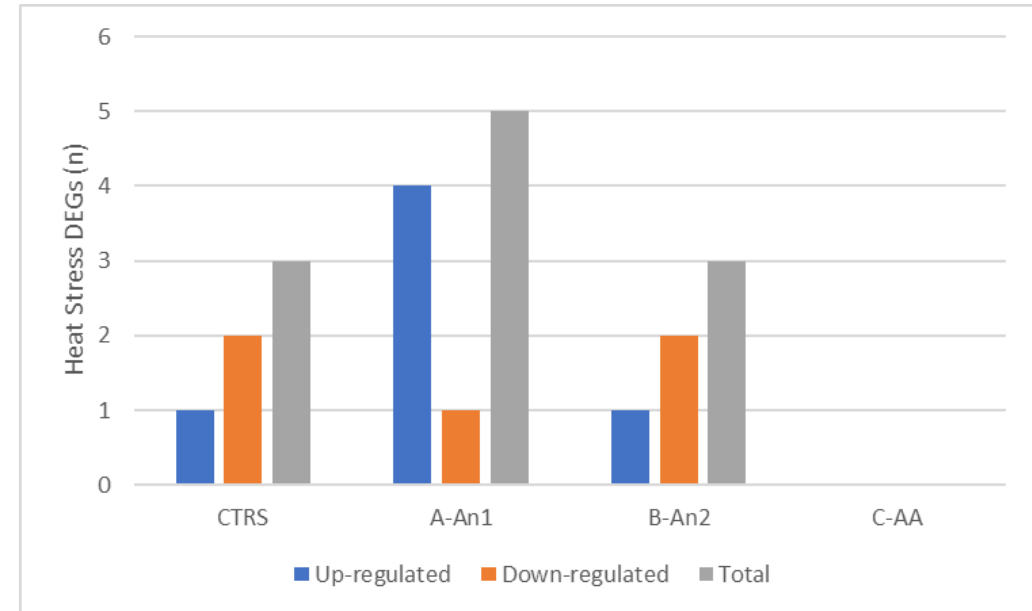
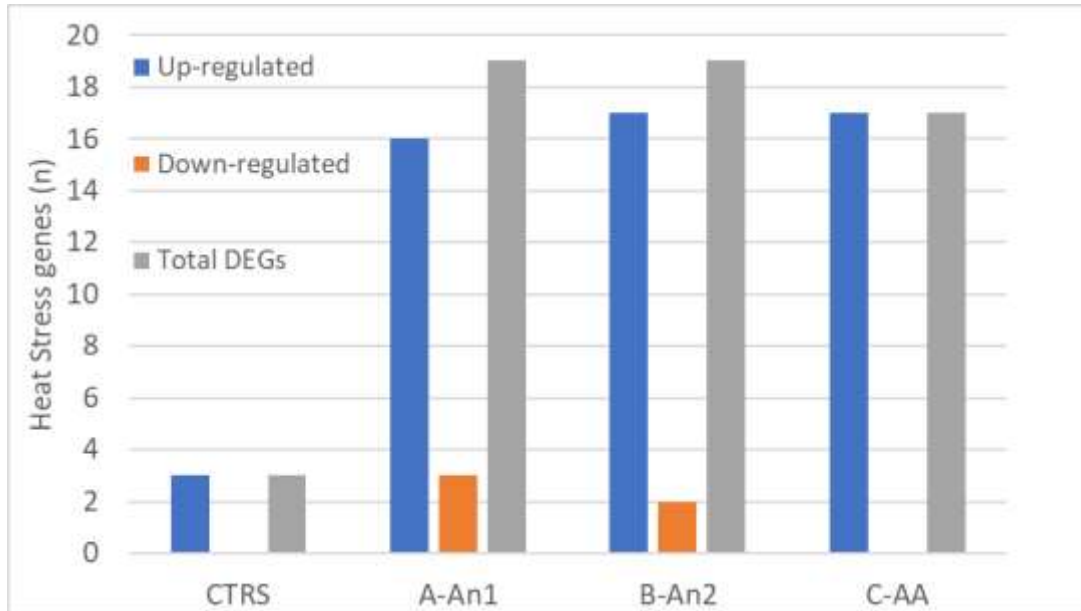
Regolazione dell'espressione genica mediante TF

Preventivo

Curativo



DEGs – Heat stress



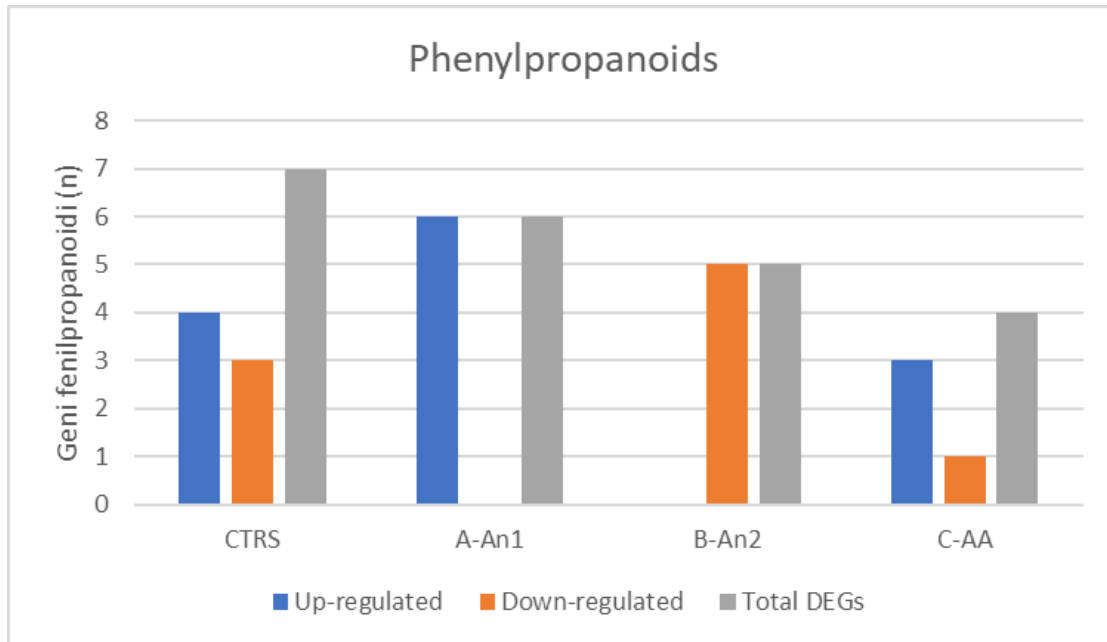
DEGs sopra o sotto espressi con 2-fold change

An1 - Heat Shock Protein 17.6A

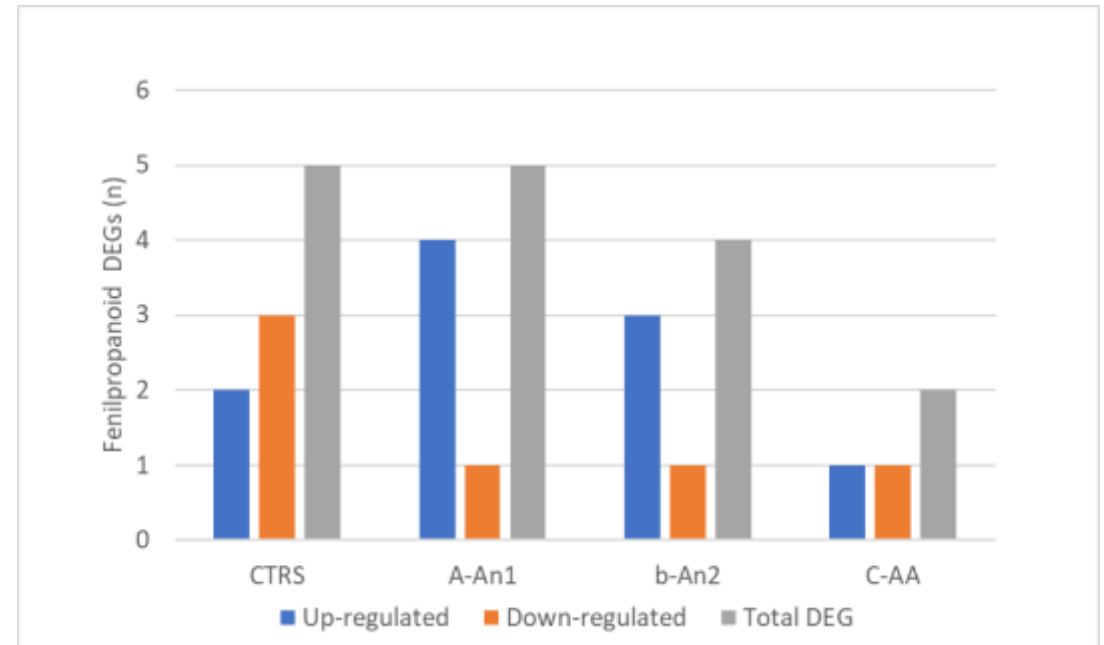


DEGs - Fenilpropanoidi

Preventivo



Curativo



DEGs sopra o sotto espressi con 2-fold change



Conclusioni

I biostimolanti sono dei mezzi tecnici che se opportunamente integrati nella gestione dei sistemi colturali possono mitigare l'effetto negativo dello stress da caldo nelle colture agrarie.

- corretta tempistica di applicazione;
- monitoraggio dell'andamento meteorologico;
- dose appropriata.

Gli studi disponibili hanno mostrato un'azione attraverso una regolazione ormonale e dello stato ossido-riduttivo a livello cellulare.



Master

#AdvancedEducation
#SSSAMaster



Gestione della nutrizione
delle colture attraverso
l'uso razionale di
fertilizzanti e biostimolanti

Master Universitario di I livello

Professionisti, tecnici ed imprenditori
agricoli con competenze nella gestione
razionale della nutrizione delle colture
attraverso l'uso dei fertilizzanti minerali,
organici e biostimolanti

Scansiona il QR Code
per ricevere informa-
zioni sulle modalità
di iscrizione



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



Grazie per l'attenzione!

Thank you for your attention!

