Università degli Studi di Padova

DAFNAE
Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente

# TECNICHE COLTURALI PER UNA CORRETTA GESTIONE DEL CLIMA NELLE SERRE: IL CONTRIBUTO DELLA SPERIMENTAZIONE

*Paolo Sambo, Carlo Nicoletto*
*DAFNAE, Università degli Studi di Padova*

# I fattori climatici e le piante

DAFNAE

La radiazione solare è il più importante fattore ecologico, capace di influenzare fortemente il clima e l'attività biologica.

## ASPETTI DELLA LUCE

**a) Intensità** → Agisce direttamente sulla fotosintesi (→ l'energia luminosa viene trasformata in energia chimica):

→ dipende sia dal flusso radiante che dalla durata.

Man mano che ci si allontana dall'equatore la < luminosità istantanea è compensata dalla maggiore durata del giorno nel periodo primaverile - estivo.

DAFNAE

*Funzione assimilativa* → Intensità luminosa

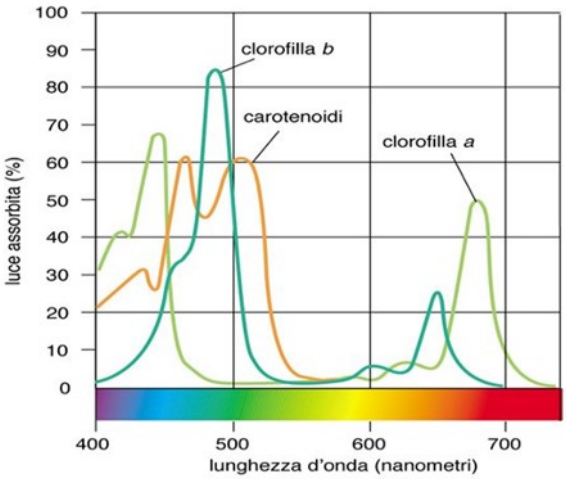
↓

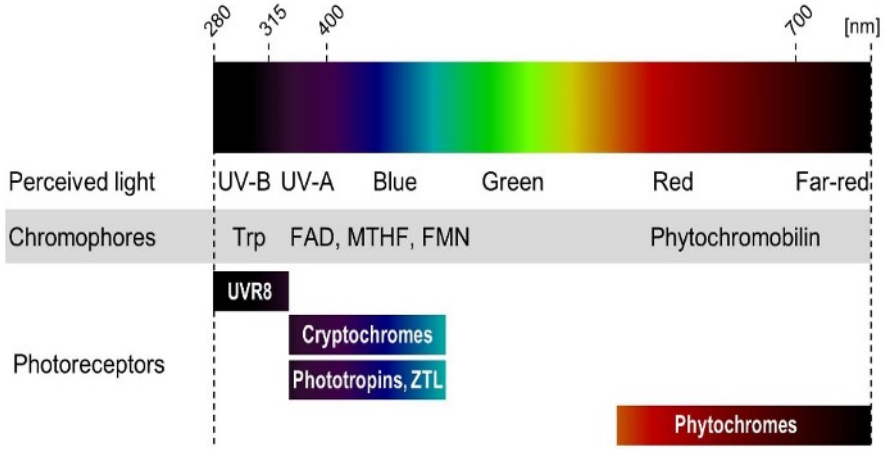
Radiazione Fotosinteticamente Attiva (PAR) 400-700

*Funzione fotomorfogenetica* → Fotoperiodo
→ Qualità della radiazione
→ Direzione della radiazione

↓

Radiazione luminosa attiva per i processi fotomorfogenetici



Si applica per:

***Funzione assimilativa***

a) aumentare il tasso di fotosintesi delle piante

b) velocizzare il ciclo vegetativo

c) migliorare qualitativamente la produzione

d) sopperire alla carenza di radiazione solare

***Funzione fotoperiodica***

Controllo dell'induzione a fiore in piante ornamentali

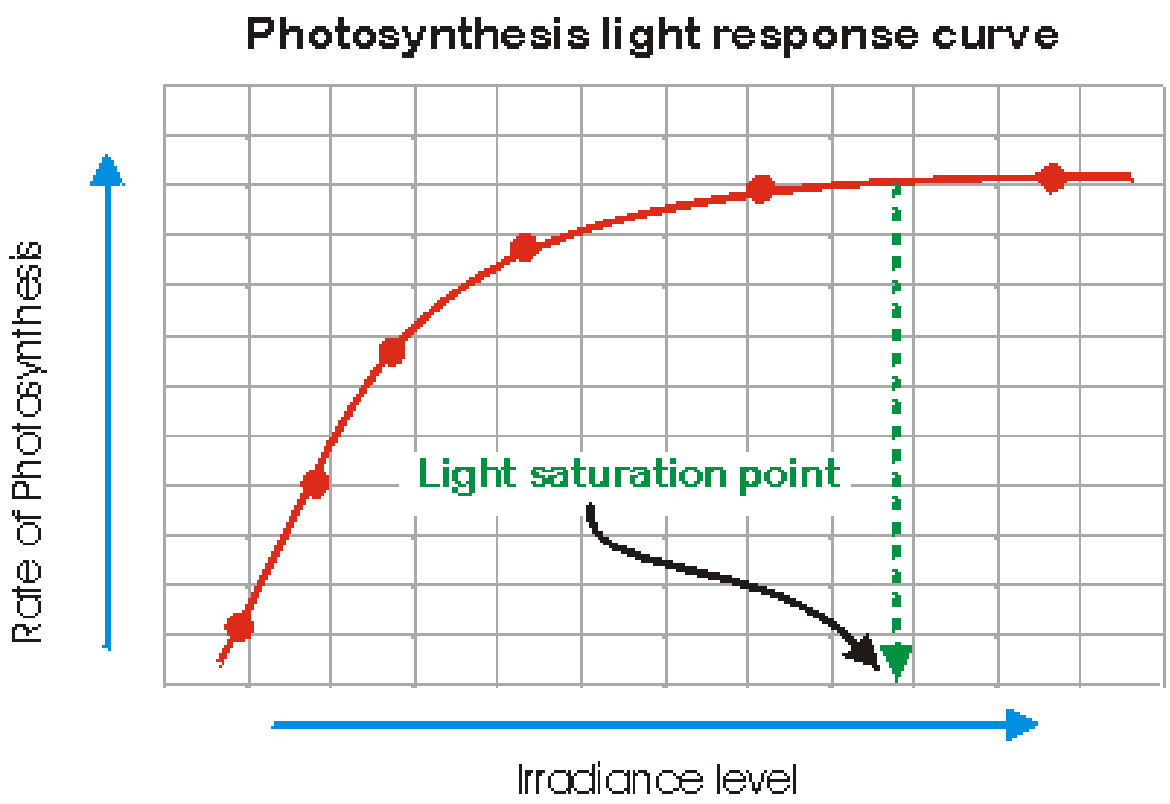
a) allungamento del giorno

b) interruzione della notte

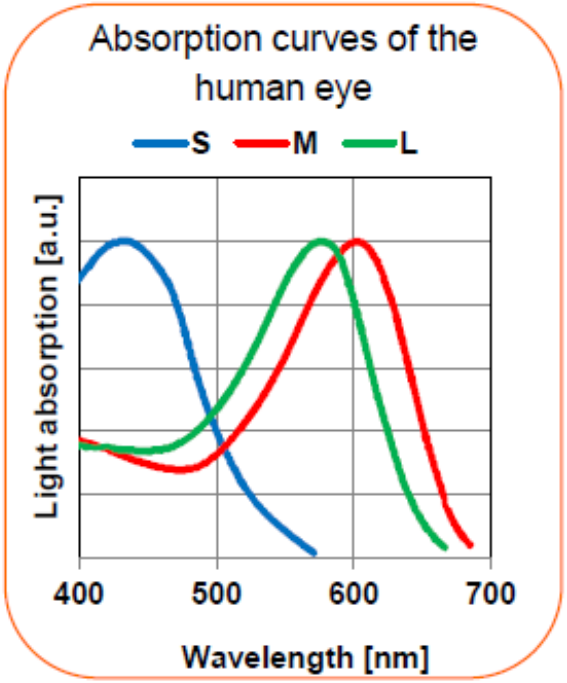
c) illuminazione notturna ciclica

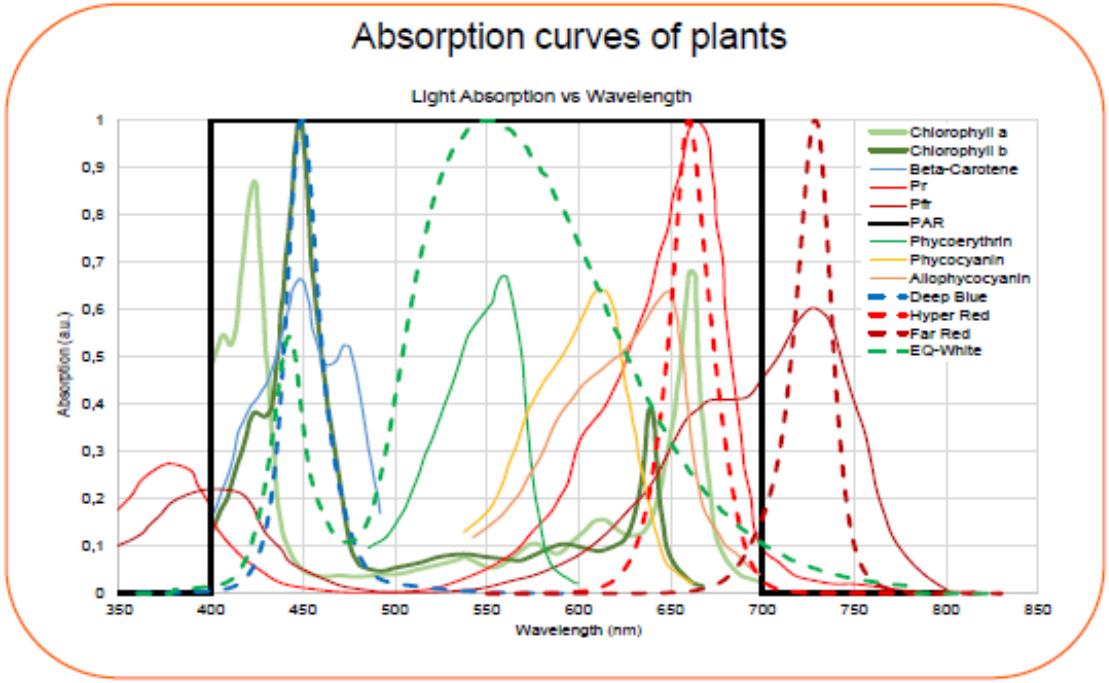
DAFNAE

La pianta aumenta il tasso di fotosintesi all'aumentare dell'irradiazione, ma solo fino ad un certo punto: Punto di saturazione (x ciascuna combinazione di T e conc. di $CO_2$, livello di radiazione al quale un ulteriore aumento non porta alcun aumento del tasso di fotosintesi).

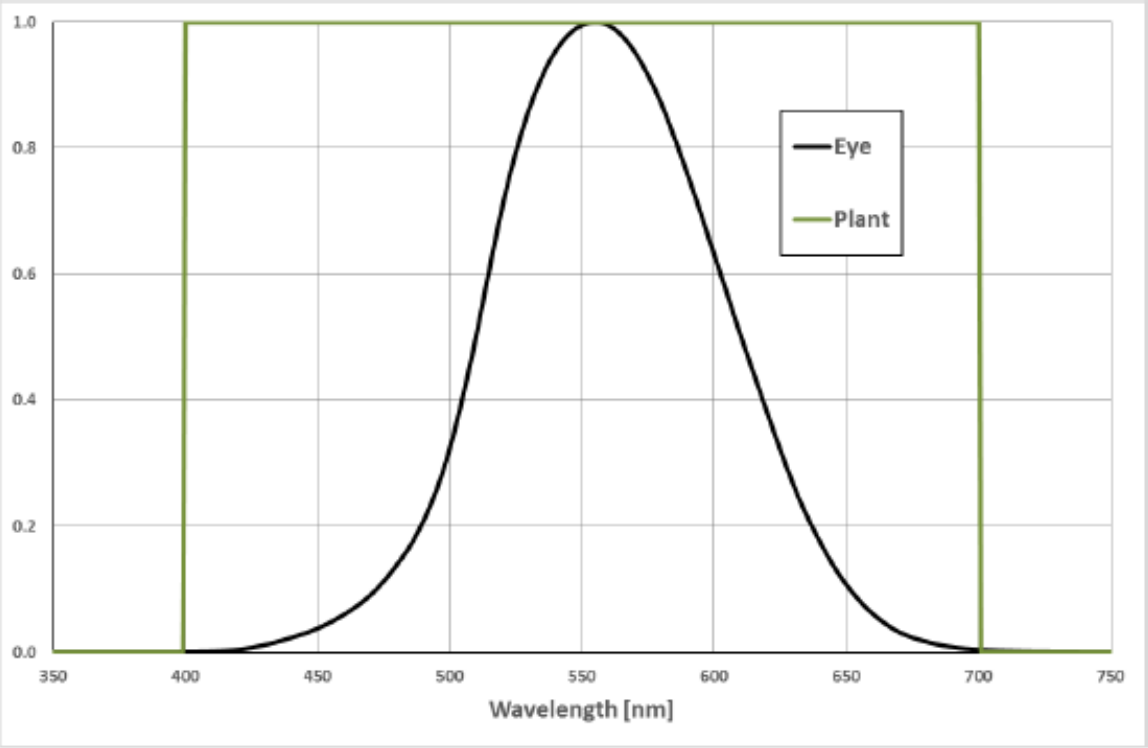


**La luce genera una reazione fotochimica. Nei nostri occhi reagisce il foto-recettore in diverse versioni S, M e L. Nelle piante, la luce reagisce con clorofilla a e b.**



| | Human Eye | Plant |
|---|---|---|
| **Amount of Light** | Lumen **[lm]** | Micromol per second **[µmol/s]** |
| **Efficacy** | Lumen per Watt **[lm/W]** | Micromol per Joule **[µmol/J]** |

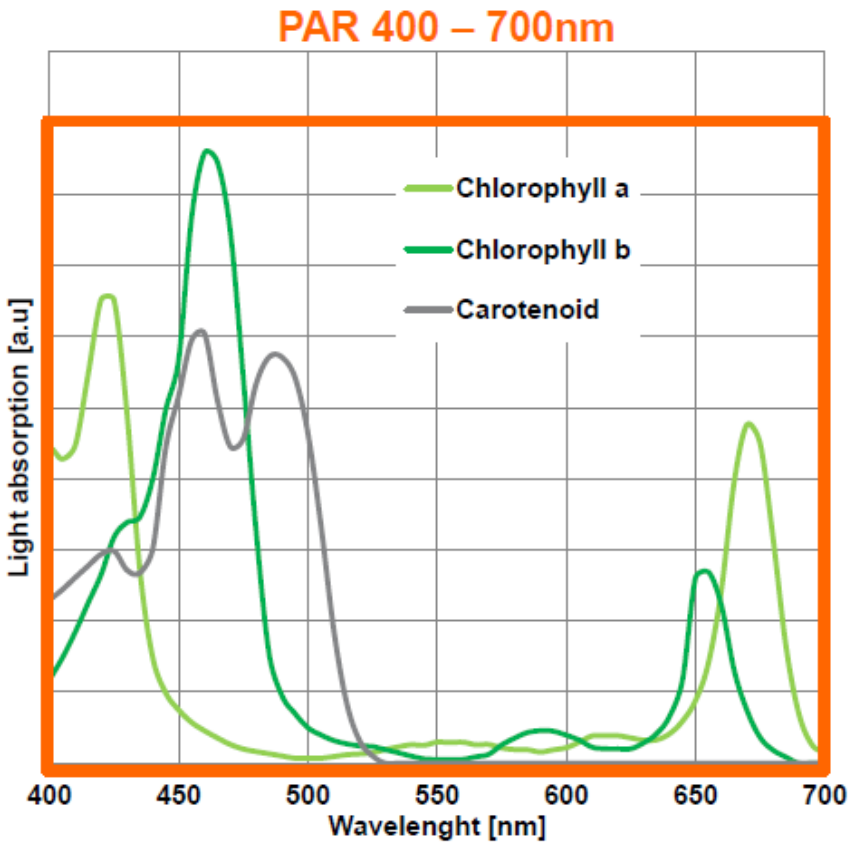


- **Clorofilla a e b**

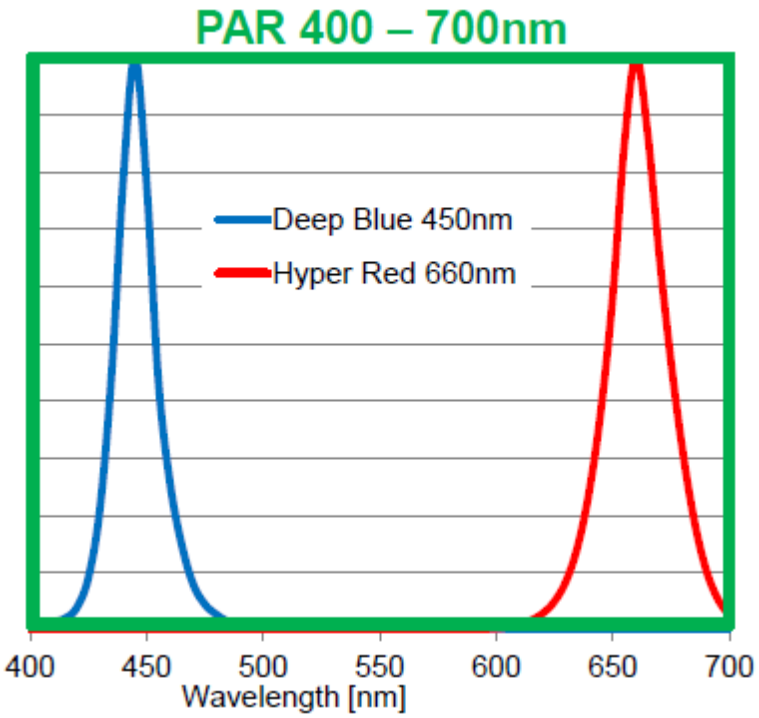
Principalmente responsabile della fotosintesi e responsabile della definizione dell'area per la radiazione fotosinteticamente attiva PAR.

- **Carotenoidi**

Ulteriori pigmenti fotosintetici anche noto come pigmenti di antenne come carotenoidi □-carotene, zeaxantina, licopene e luteina ecc.

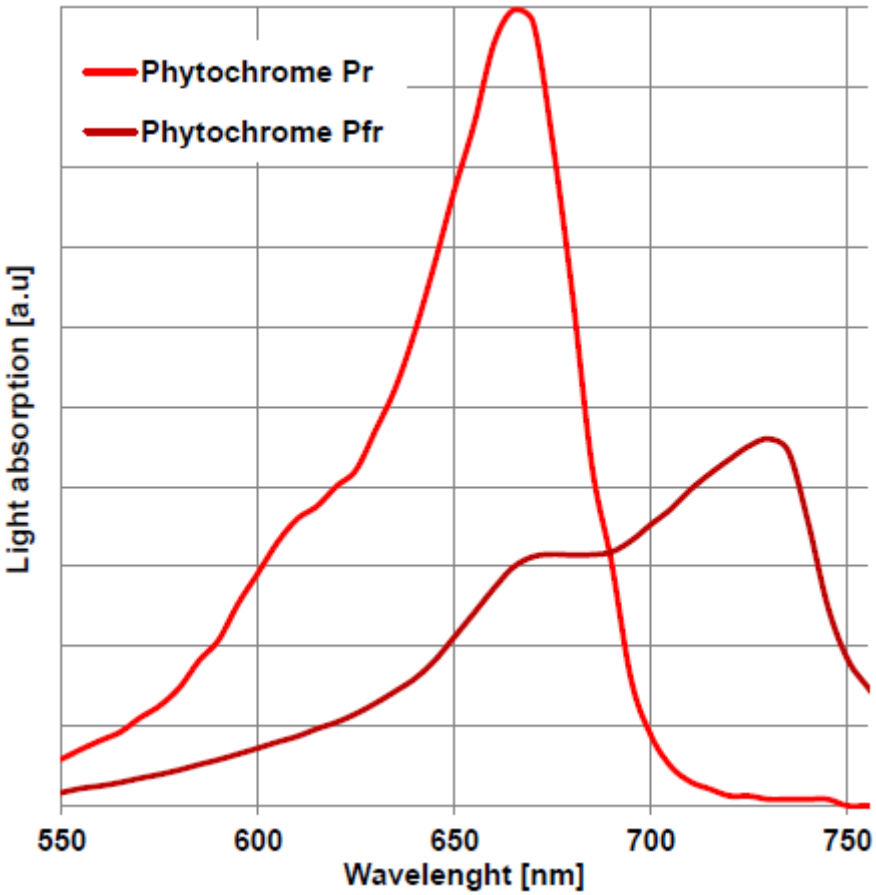


I 450nm e i 660nm forniscono energia alla pianta per crescere. La quantità di luce non è misurata in lumen ma in quantità di fotoni. L'unità comune nell'illuminazione per l'ortofloricoltura è µmol / s nell'intervallo di 400-700 (regione fotosinteticamente attiva)



- **Fitocromi Pr e Pfr**

I Fitocromi pr (rosso) e pfr (rosso lontano ) influiscono principalmente il processo di germinazione, crescita delle piante, produzione della foglia e fioritura.

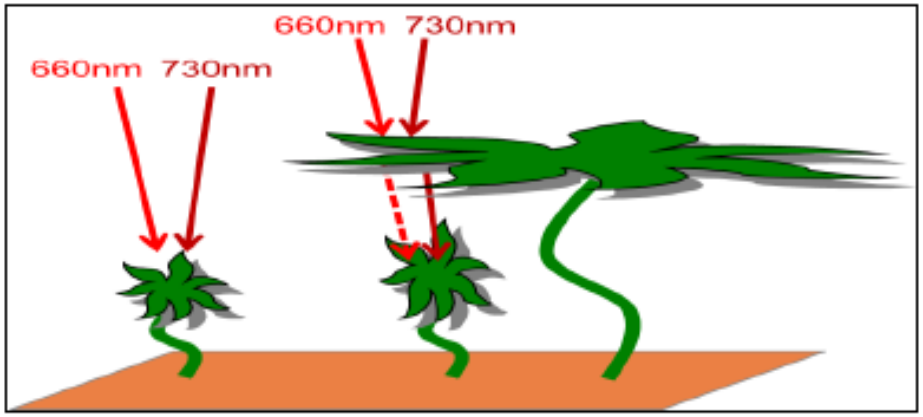


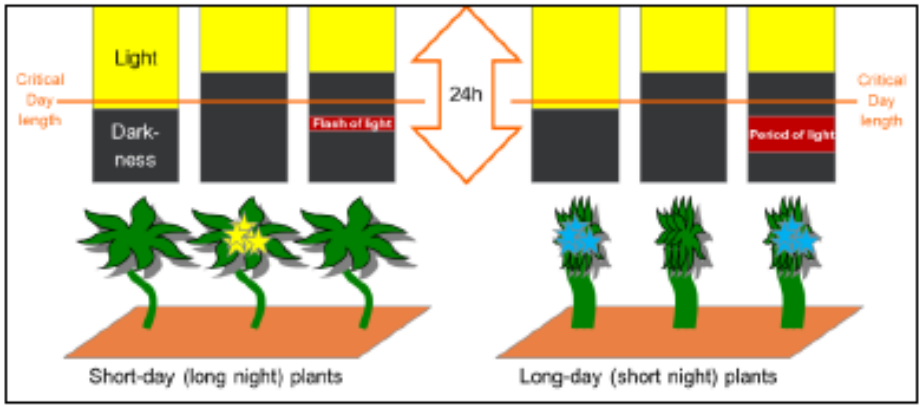

- **Effetti fitomorfogeni**

Gli effetti fitomorfogeni sono controllati applicando uno spettro con a certo mix di 660nm e 730nm al fine di stimolare i fitocromi pr e pfr.

**L'applicazione del 730nm è molto più complicata e necessita conoscenza speciale da parte del coltivatore. Il LED 730nm dovrebbe essere in un dispositivo separato e dimmerabile nell'apparecchio.**

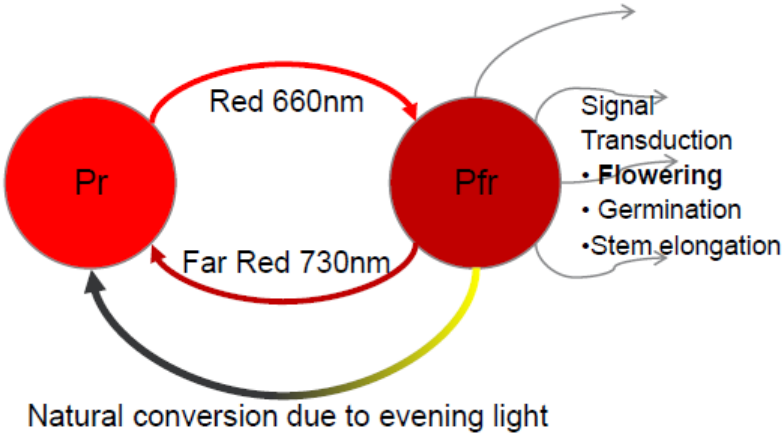
Illuminazione per l'orticoltura - Il 730nm è necessaria per
controllare la crescita della pianta
I LED 730nm possono essere utilizzati per influenzare
la crescita della lunghezza della pianta.
Illuminando la pianta con luce a 730nm determina un effetto «ombra» stimolando l'accrescimento in altezza attivando la "fuga all'ombra" reazione "che significa che cresce molto velocemente.
Un altro effetto che può essere influenzato da i LED 730nm sono i tempi di fioritura. Può stimolare la fioritura in inverno o prevenire la fioritura in estate.



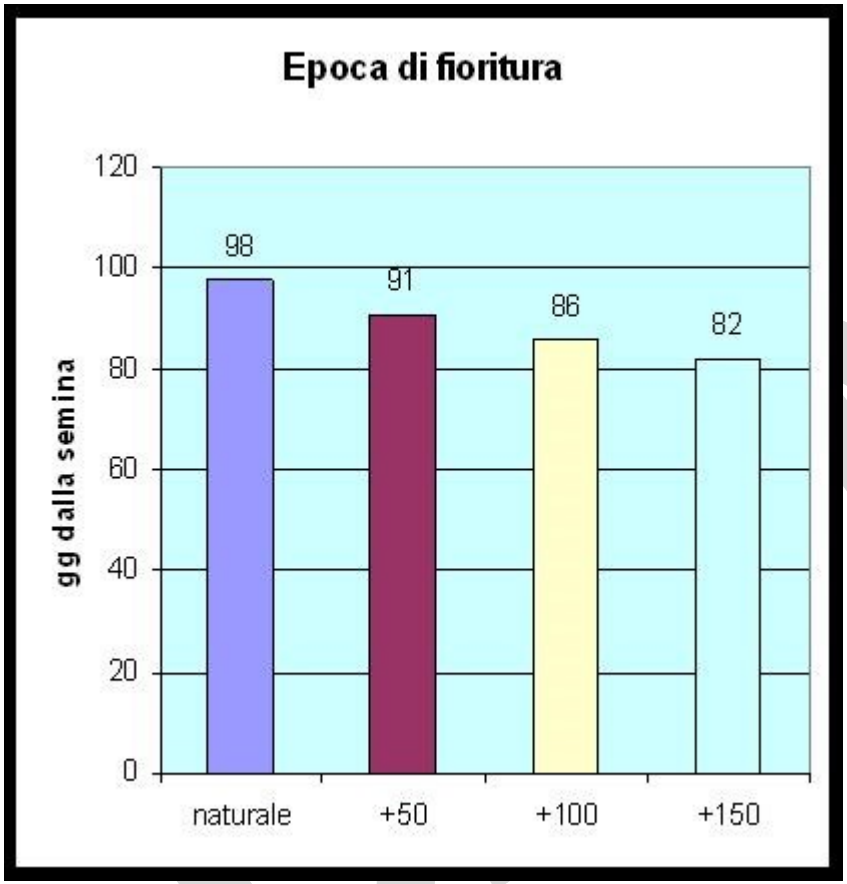



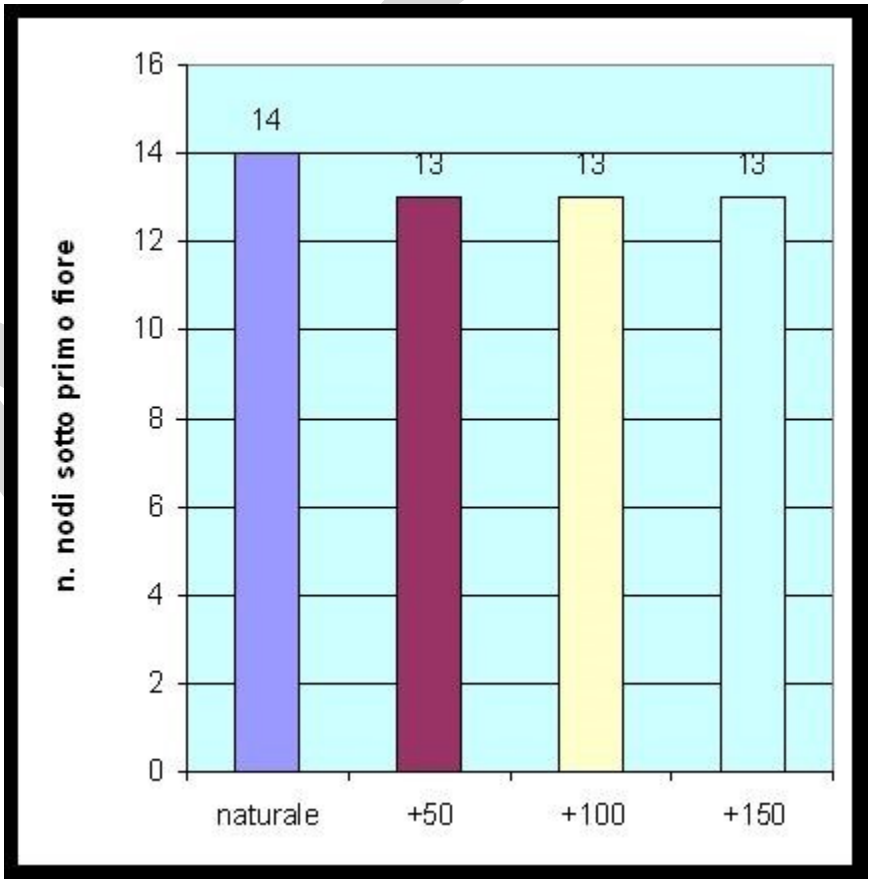
**Le piante tradizionalmente ornamentali sono di grande importanza economica. La luce nel rosso e rosso-lontano media la conversione dei fitocromi che può controllare i trigger per la fioritura.**

Illuminazione con 730 nm:
Viene avviato il ciclo da Pr a Pfr dalla luce rossa di 660nm che rappresenta la luce del giorno. Durante notte, il Pfr viene convertito
torna al Pr. Questa conversione posteriore
può anche essere attivamente influenzato
da 730nm rosso lontano.
Ciò consente un perfetto controllo di i tempi di fioritura indipendentemente delle stagioni.



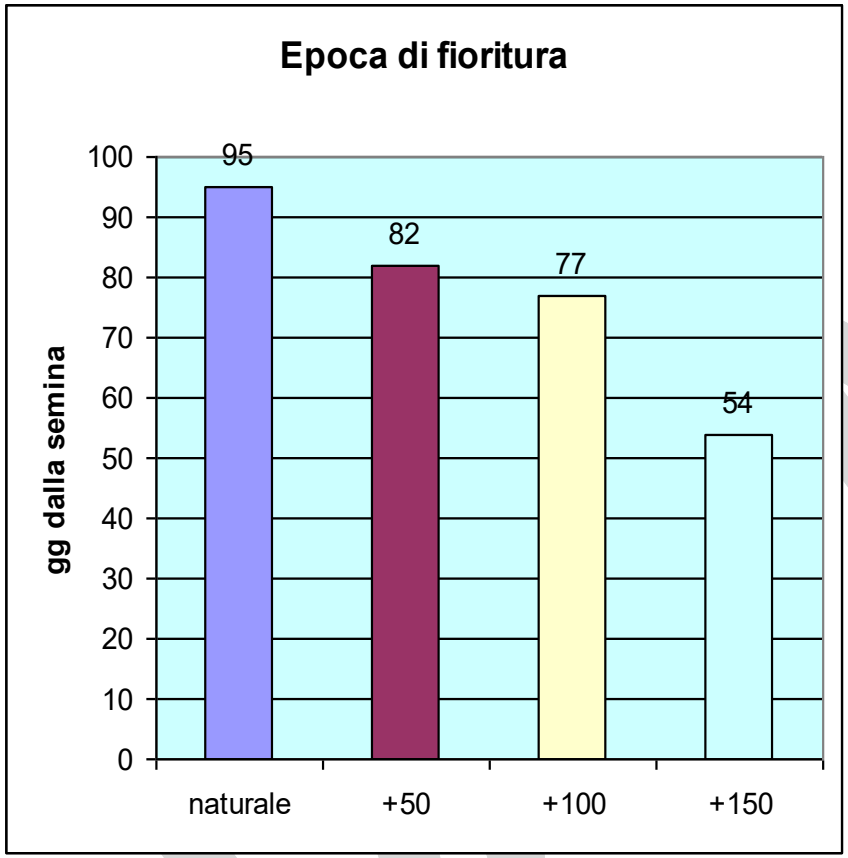

DAFNAE

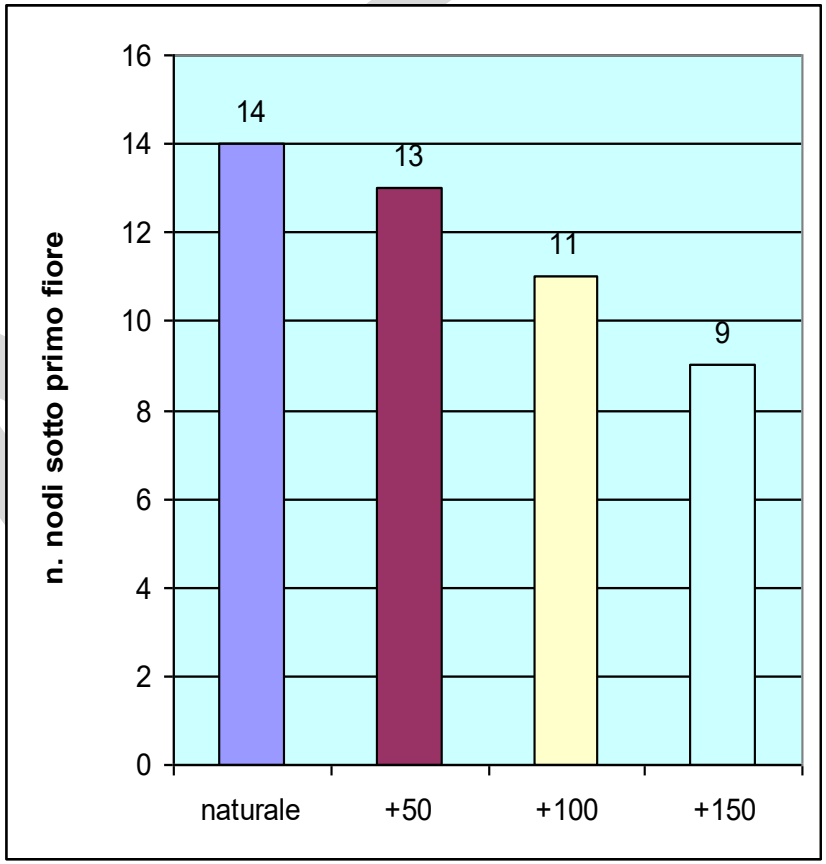



La maggiore irradiazione spesso anticipa la fioritura della pianta.

Nella maggior parte dei casi non si tratta di un effetto diretto sull'induzione fiorale, quanto piuttosto sull'aumento del ritmo di crescita.

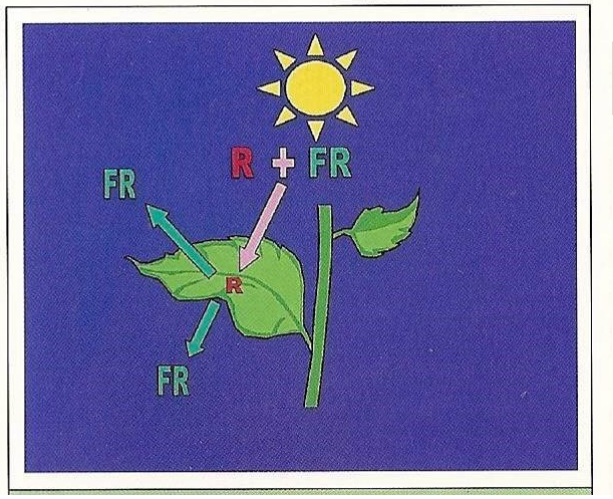



In taluni casi, però, l'azione è diretta anche sulla induzione fiorale.

In assenza di luce→ eziolamento. In questo caso luce è una fonte di informazioni più che di energia utile per la fotosintesi.

Il pigmento coinvolto, in questo caso, è il fitocromo che è in grado di leggere e reagire diversamente al variare del rapporto tra varie lunghezze d'onda e, in particolare, tra luce rossa (red - R) e rossa lontana (far red - FR).




Sotto l'ombra di una pianta < R/FR rispetto alla composizione dello spettro solare:

→> allungamento degli internodi (che sono più esili);
→< sviluppo di germogli laterali;
→> distensione/allungamento fogliare;
→< germinazione semi.

**Lunghezza della giorno** (più propriamente della notte):
FOTOPERIODO (SCOTOPERIODO)

→SPESSO COINVOLTO NELLA INDUZIONE A FIORE (spesso accompagnata da allungamento dello stelo nelle piante a rosetta)
→ Coinvolto anche nella entrata in dormienza nelle piante legnose
→ e nello sviluppo di organi di riserva (fittone, tuberi, fusto in parte).

**Table 13.4** Long nights rather than short days are important for the control of flowering in plants that are sensitive to day length*.

| Light treatment | | Flowering response | |
|---|---|---|---|
| Day length | Night length | Short-day plants | Long-day plants |
| 8 hours | 16 hours | Flowering | Not flowering |
| 16 hours | 16 hours | Flowering | Not flowering |
| 8 hours | 8 hours | Not flowering | Flowering |
| 16 hours | 8 hours | Not flowering | Flowering |

* Short-day plants flower with *long* dark periods, whereas long-day plants flower with *short* dark periods.

Nei riguardi della risposta al fotoperiodo le piante possono essere classificate:

- Brevidiurne: richiedono lunghezza della notte maggiore ad un n. minimo di ore per essere indotte a fiore.

- Longidiurne: richiedono una lunghezza della notte inferiore ad uno specifico n. di ore per essere indotte a fiore.

- Neutrodiurne: le piante non sono influenzate dalla lunghezza del giorno.

Le piante brevi e longidiurne possono ulteriormente essere divise in obbligate (qualitative) o facoltative (quantitative).

a) la fioritura di pianta "facoltative" viene anticipata se sottoposta a quello specifico fotoperiodo, altrimenti avverrebbe lo stesso anche se più tardi.

b) la fioritura di piante "obbligate" avviene solamente se sottoposte a quello specifico fotoperiodo.

DAFNAE

## *Effetto dell' intensità e durata della luce*:

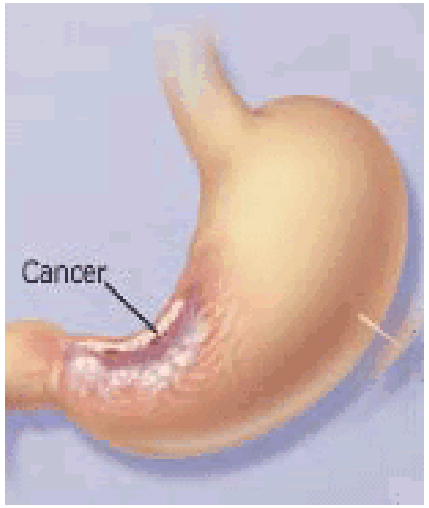
- **foglie di spinacio e verdure a foglia:** concimati con elevate dosi di N presentano concentrazioni di nitrato decrescenti con l'aumentare delle ore di luce e dell'intensità luminosa e crescenti con la riduzione delle ore di luce e dell'intensità luminosa.

# *Tossicità dei nitrati*

Il nitrato non è tossico ma (5% dei nitrati) in ambiente acido:

ione nitrato $NO_3^-$ → ione nitrito $NO_2^{--}$

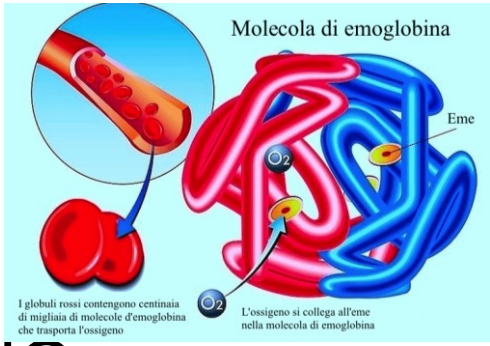
→N-nitroso composti (= cancerogeni)




es:
reazione con ammine secondarie ed ammidi presenti negli alimenti → nitrosammine: si formano nello stomaco → causa/concausa d'insorgenza di cancri a carico del sistema gastrointestinale.

INOLTRE:

Trasformazione dell'emoglobina
in metaemoglobina:




$$emg_Fe^{2+} + R\text{-}NO_2^{2-} \rightarrow emg_Fe^{3+} + R\text{-}NO_2^{-}$$

La forma funzionale della molecola dell'emoglobina che può fissare l'ossigeno dell'aria quando il ferro dell'eme è allo stato ferroso ($Fe^{2+}$).

Nel caso, invece, in forma ferrica ($Fe^{3+}$), l'emoglobina non è in grado di fissare l'ossigeno (ANEMIA).

→**Problema maggiore per individui indifesi**
(sindrome del bambino blu)

# LUCE E NITRATI

*Tabella 1.1. Limiti massimi del contenuto di nitrato ($NO_3^-$) in alcuni alimenti di origine vegetale ai sensi del Regolamento (UE) N. 1258/2011.*

| Prodotto alimentare | Limite massimo (mg/kg peso fresco) | |
|---|---|---|
| Spinaci (*Spinacia oleracea*) freschi | | 3500 |
| Spinaci in conserva, surgelati o congelati | | 2000 |
| Lattuga (*Lactuca sativa*) fresca esclusa la "*Iceberg*" | Raccolta tra 1 ottobre e 31 marzo | |
| | Coltivata in serra | 5000 |
| | Coltivata in pien'aria | 4000 |
| | Raccolta tra 1 aprile e 30 settembre | |
| | Coltivata in serra | 4000 |
| | Coltivata in pien'aria | 3000 |
| Lattuga tipo "*Iceberg*" | Coltura in serra | 2500 |
| | Coltivata in pien'aria | 2000 |
| Rucola (*Eruca sativa, Diplotaxis spp., Brassica tenuifolia, Sisymbrium tenuifolium*) | Raccolta tra il 1 ottobre e 31 marzo | 7000 |
| | Raccolta tra il 1 aprile e 30 settembre | 6000 |
| Alimenti a base di cereali ed altri alimenti destinati a bambini e lattanti | | 200 |

# LUCE E NITRATI

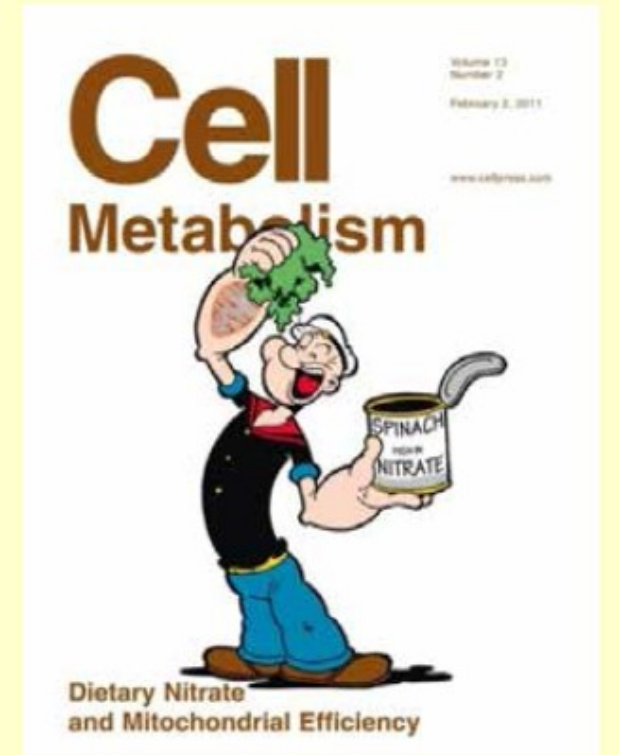
La dose giornaliera accettabile (ADI) di nitrati, stabilita dalla Commissione Europea è di 0-3,7 mg/kg di peso corporeo (massimo 222 mg per una persona adulta di 60 kg).

→ sarebbe sufficiente il consumo di 47 g di rucola, con un contenuto medio di nitrato pari a 4.800 mg/kg p.f., per superare il valore di ADI definito dalle autorità sanitarie internazionali.

Nota Bene →
lo stesso studio dell'EFSA ha escluso che l'assunzione di nitrati con gli ortaggi costituisca un rischio apprezzabile per la salute umana grazie alle proprietà antiossidanti o di altro tipo degli ortaggi, che possono annullare o riequilibrare i rischi dovuti ai nitrati.

→→ prevalgono gli effetti benefici del consumo di ortaggi.

L'EFSA riconosce l'esistenza di circostanze occasionali di effetti negativi sulla salute che devono essere valutate caso per caso (es. gli ortaggi costituiscono una parte preponderante dell'alimentazione o nel caso di diete personalizzate ricche di ortaggi a foglia, come la rucola)



# Evidence that Ingested Nitrate and Nitrite Are Beneficial to Health

**Author**: Archer, Douglas L.

**Source**: Journal of Food Protection®, Number 5, May 2002, pp. 739-875, pp. 872-875(4)

**Publisher**: International Association for Food Protection

Buy Article:
$37.00 plus tax
(Refund Policy)
ADD TO CART
BUY NOW

< previous article | view table of contents

ADD TO FAVOURI

## Abstract:

The literature was reviewed to determine whether ingested nitrate or nitrite may be detrimental or beneficial to human health. Nitrate is ingested when vegetables are consumed. Nitrite, nitrate's metabolite, has a long history of use as a food additive, particularly in cured meat products. Nitrite has been a valuable antibotulinal agent in cured meats and may offer some protection from other pathogens in these products as well. Nitrite's use in foo has been clouded by suspicions that nitrite could react with amines in the gastric acid and form carcinogenic nitrosamines, leading to various cancers. Nitrate's safety has also been questioned, particularly with regard to several cancers. Recently, and for related reasons, nitrite became a suspected developmental toxicant. A substantial body of epidemiological evidence and evidence from chronic feeding studies conducted by the National Toxicology Program refute the suspicions of detrimental effects. Recent studies demonstrate that nitrit upon its ingestion and mixture with gastric acid, is a potent bacteriostatic and/or bactericidal agent and that ingested nitrate is responsible for much of the ingested nitrite. Acidified nitrite has been shown to be bactericida for gastrointestinal, oral, and skin pathogenic bacteria. Although these are in vitro studies, the possibility is raise that nitrite, in synergy with acid in the stomach, mouth, or skin, may be an element of innate immunity.

# LUCE E NITRATI

Appendix 3.1 Summary of Environmental and Practical Factors Affecting Nitrate Content in Spinach and Their Mechanisms

| Factor | | Nitrate content in spinach<br>Low - High | Mechanism and/or condition |
|---|---|---|---|
| Environmental | Light | High - Low | Nitrate reductase in plant requires light energy to be active |
| | Temperature | Low - High | Stimulation of N mineralization and nitrification in soil and respiration of plant at high temperature |
| | Water stress | Low - High | Indirect effect on nitrate reductase activity by water stress |
| | Season | Spring to summer - Fall to winter | Low light intensity and short duration of daytime in fall and winter |
| | Soil characteristics | Low PMN* - High PMN<br>Slow nitrification - Fast nitrification<br>Low $NO_3$ - High $NO_3$ | Higher PMN in soil provides more $NH_4$, hence $NO_3$ to plant<br>Faster nitrification in soil provides $NO_3$ to plant sooner<br>Higher $NO_3$ in soil provides more $NO_3$ to plant |
| | Location | Low latitude - High latitude<br>Outdoor - Greenhouse | Less solar radiation at higher latitude in fall and winter<br>Low light intensity and warm temperature in greenhouse |
| Practical | Planting density | Thin - Dense | Leaf blade / petiole ratio will decrease when plant is seeded densely |

Effect of each factor on nitrate content in spinach when all other factors keep constant.
Modified from Breimer (1982) and Lorenz (1978).
* PMN = Potentially Mineralizable Nitrogen.

Bassa intensità luminosa → aumento di T → aumento di nitrati

Causa: < fotosintesi (carboidrati); > respirazione

Alta intensità luminosa (con aumento di T) →aumento nitrati soprattutto se alta disponibilità di N.

Causa: > fotosintesi, ma anche > assorbimento Azoto e > respirazione

Effetto stagione: inverno > estate → condizioni di T e luce non favorevoli
Luce artificiale (HPS)→ a parità di altre condizioni, aumento della fotosintesi → < nitrati
Densità di semina → a parità di luce che raggiunte la coltura → migliore intercettazione della luce → > fotosintesi e < nitrati

HortScience 44(7):1857–1860. 2009.

# Decrease in Nitrate Concentration in Leafy Vegetables Under a Solid-state Illuminator

**Giedrė Samuolienė[1] and Akvilė Urbonavičiūtė**
*Lithuanian Institute of Horticulture, Laboratory of Plant Physiology, Kaunas str 30, Babtai, Lithuania*

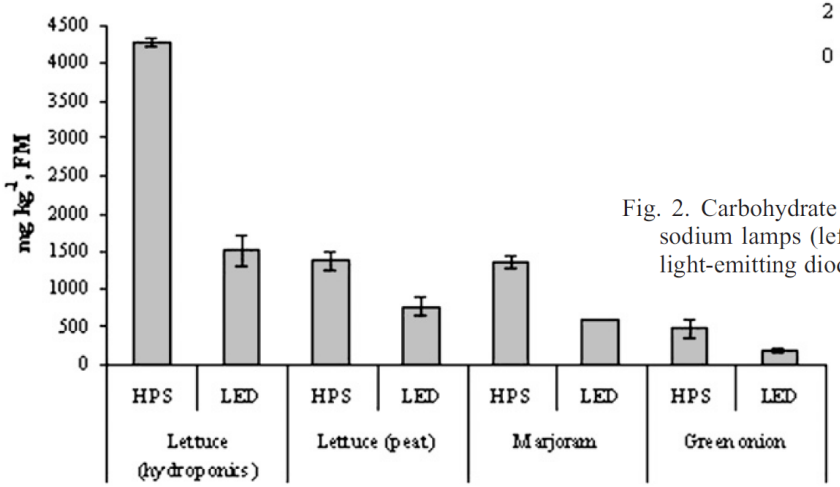



Fig. 1. Nitrate concentration (fresh mass) in leafy vegetables grown only under high-pressure sodium lamps (left columns) compared with those subjected to 3-d preharvest treatment under red light-emitting diodes (right columns). Error bars indicate the SE of means ($P = 0.05$).

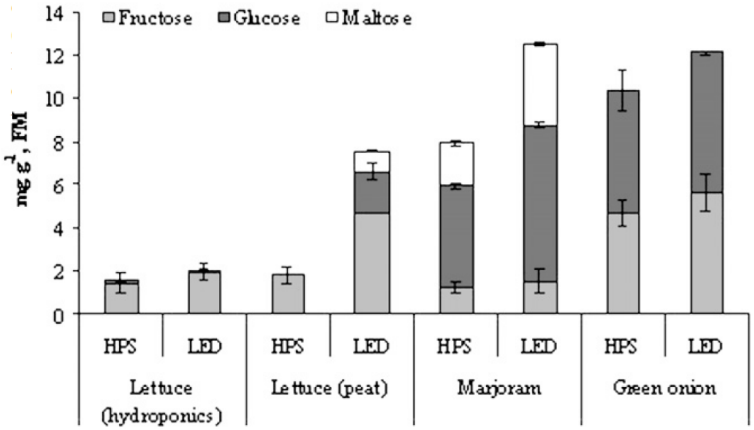



Fig. 2. Carbohydrate concentration (fresh mass) in leafy vegetables grown only under high-pressure sodium lamps (left columns) compared with those subjected to 3-d preharvest treatment under red light-emitting diodes (right columns). Error bars indicate the SE of means ($P = 0.05$).

# Effect of Supplementary Pre-Harvest LED Lighting on the Antioxidant and Nutritional Properties of Green Vegetables

Table 1 Antioxidant properties of green vegetables after 3 days of red-LED treatment before harvesting

| | DPPH, µmol/g, FM | | Total phenols, mg/g, FM | | Vitamin C, mg/g, FM | | α-T, µg/g, FM | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED |
| Mustard | 2.60 | 2.98 | 0.76 | 0.86 | 0.46 | 0.58 | 3.52 | 3.32 |
| Spinach | 1.16 | 1.01 | 0.37 | 0.35 | 0.34 | 0.41 | 3.06 | 3.63 |
| Rocket | 10.37 | 5.45 | 0.72 | 0.62 | 0.35 | 0.39 | 3.41 | 2.96 |
| Dill | 6.60 | 6.33 | 1.43 | 1.32 | 0.52 | 0.87 | 2.18 | 1.81 |
| Parsley | 7.94 | 8.06 | 1.07 | 1.00 | 0.53 | 0.43 | 1.90 | 1.77 |
| Onion leaves | 5.41 | 6.40 | 0.56 | 0.42 | 0.33 | 0.35 | 1.39 | 1.68 |

± standard errors of means (p=0.05); FM – fresh mass

Table 2 Nutritional properties of green vegetables after 3 days of red-LED treatment before harvesting

| | Nitrate mg/kg, FM | | Carbohydrates | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fructose mg/g, FM | | Glucose mg/g, FM | | Sucrose mg/g, FM | |
| | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED | HPS | HPS+LED |
| Mustard | 3011 | 5361 | - | 0.33 | - | 0.22 | 0.03 | 0.58 |
| Spinach | 2989 | 2783 | - | 0.92 | - | 0.98 | 0.06 | - |
| Rocket | 4120 | 4491 | 0.26 | 1.61 | 0.61 | 3.76 | - | 0.95 |
| Dill | 4879 | 4313 | 4.11 | 10.37 | 2.48 | 13.82 | - | 9.16 |
| Parsley | 4486 | 2675 | 3.25 | 3.32 | 3.34 | 7.30 | 4.04 | 16.12 |
| Onion leaves | 2142 | 2650 | 1.65 | 3.06 | 1.59 | 2.86 | 2.51 | 2.36 |

± standard errors of means (p=0.05); FM – fresh mass

# LUCE E NITRATI

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Scientia Horticulturae

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti

The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*)

Kuan-Hung Lin[a,1], Meng-Yuan Huang[b,1], Wen-Dar Huang[c], Ming-Huang Hsu[c,2], Zhi-Wei Yang[d], Chi-Ming Yang[b,*]

[a] Graduate Institute of Biotechnology, Chinese Culture University, Taipei 111, Taiwan, ROC
[b] Biodiversity Research Center, Academia Sinica, Taipei 115, Taiwan, ROC
[c] Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei 112, Taiwan, ROC
[d] Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Taoyuan 327, Taiwan, ROC

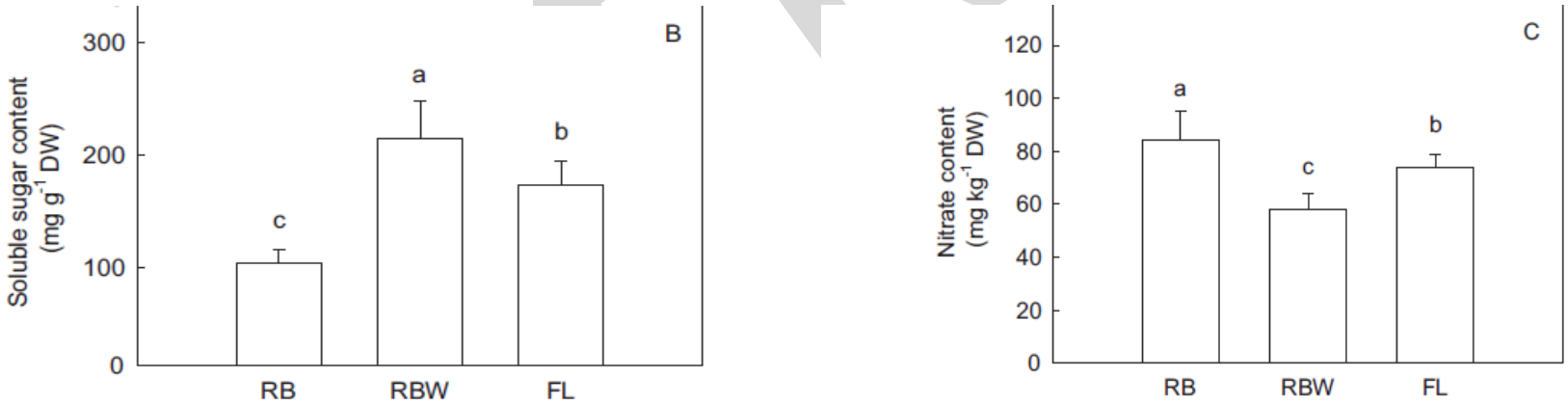



**Fig. 3.** Effects of light quality on the contents of (A) soluble proteins, (B) soluble sugars, and (C) nitrate in lettuce leaves. Vertical bars represent the standard deviation. Values for the same parameter with different letters significantly differed at the 5% level.

Journal of Plant Nutrition
Volume 36, Issue 3, 2013

Translator disclaimer

REDUCING NITRATE CONTENT IN LETTUCE BY PRE-HARVEST CONTINUOUS LIGHT DELIVERED BY RED AND BLUE LIGHT-EMITTING DIODES

*Lactuca sativa* L.

Luce LED continua 48 h prima della raccolta→ diminuisce concentrazione di nitrati:

→ di 1600–2000 mg $kg^{-1}$ in foglie
→ di 1000–2000 mg $kg^{-1}$ nei piccioli

→ e aumenta drammaticamente gli zuccheri solubili.

Differenze tra in funzione del rapporto R/B. Meglio rapporto 1:4.

L'influenza della luce va valutata anche in relazione ad altri aspetti qualitativi.

Per molti ortaggi da foglia, la **qualità** fa riferimento ad una **elevata acquosità** e **tenerezza dei tessuti** e all'**attenuazione del colore verde**

caratteristiche favorite da condizioni di
**bassa intensità luminosa**

# Agisce su sulla pianta interessando fenomeni fisici e chimici

## A livello cellulare/tissutale:

Tutte le specie hanno un range di T all'interno del quale possono sopravvivere.

Sotto questa T inizia a formarsi ghiaccio entro i tessuti. Diminuendo l'acqua libera le cellule in pratica disidratano, l'attività metabolica si arresta e i tessuti possono rimanere danneggiati. Inoltre i cristalli di ghiaccio possono danneggiare direttamente le cellule e comportarne la lisi.

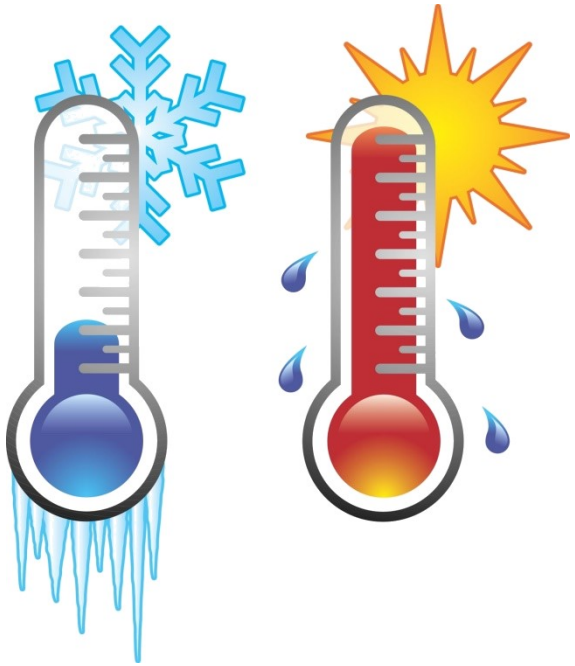
Altro effetto fisico: con l'abbassamento della T la membrana cellulare può perdere di fluidità e quindi modificarne la funzione.

Inoltre tutte le reazioni biochimiche catalizzate da enzimi sono termo sensibili: la velocità di reazione anche doppie/triple con l'aumento di T di 10 ° C. Oltre ad un certo valore → declino e, quindi, lo stop.

Le alte T sono dannose in quanto influenzano la fluidità delle membrane e possono denaturare le proteine → con perdita di vitalità della cellula.

1) **<u>temperatura minima letale:</u>** T° alla quale si producono danni irreversibili alle piante con morte in caso di durata prolungata: per la maggior parte delle ortive questo valore varia tra gli 0 e i –2 ° C;

2) **<u>temperatura minima biologica</u>** (o zero di vegetazione)**:** T° alla quale la pianta interrompe l'attività vegetativa (no accrescimento ➔ produzione = consumo).
I valori variano da 4 a 14° C, presentano valori più bassi specie come la lattuga e la fragola.



3) **<u>temperatura ottimale:</u>** T° della notte e del giorno che consente il massimo accrescimento della pianta (T. ottimale = equilibrio tra > produzione e < consumo).

In termini produttivi assume una connotazione diversa e si intende la T° che, nel periodo invernale, permette di ottenere coltivazioni economicamente valide.

→In serra per favorire al massimo la crescita e la produzione delle piante sono comprese per la notte tra 10 e 12° C per la lattuga, e tra 15 e 18° C per le altre specie; i valori indicati per il giorno variano tra 15-18° C per la lattuga a 24-30° C per melone, tutte le altre specie presentano valori intermedi.

→ la temperatura ottimale del substrato è diversa da quella dell'aria, in genere maggiore; i valori sono compresi tra 10 e 15° C per le specie meno esigenti come la lattuga; variano tra 15 e 20° C per molte altre specie da orto.

4) **temperatura massima biologica:** T° al di sopra della quale la coltura comincia a manifestare squilibri fisiologici e soprattutto diminuzione di accrescimento e produzione; il melone e lo zucchino tollerano temperature di 30-34° C, le ornamentali arrivano a valori compresi tra 35-40° C;

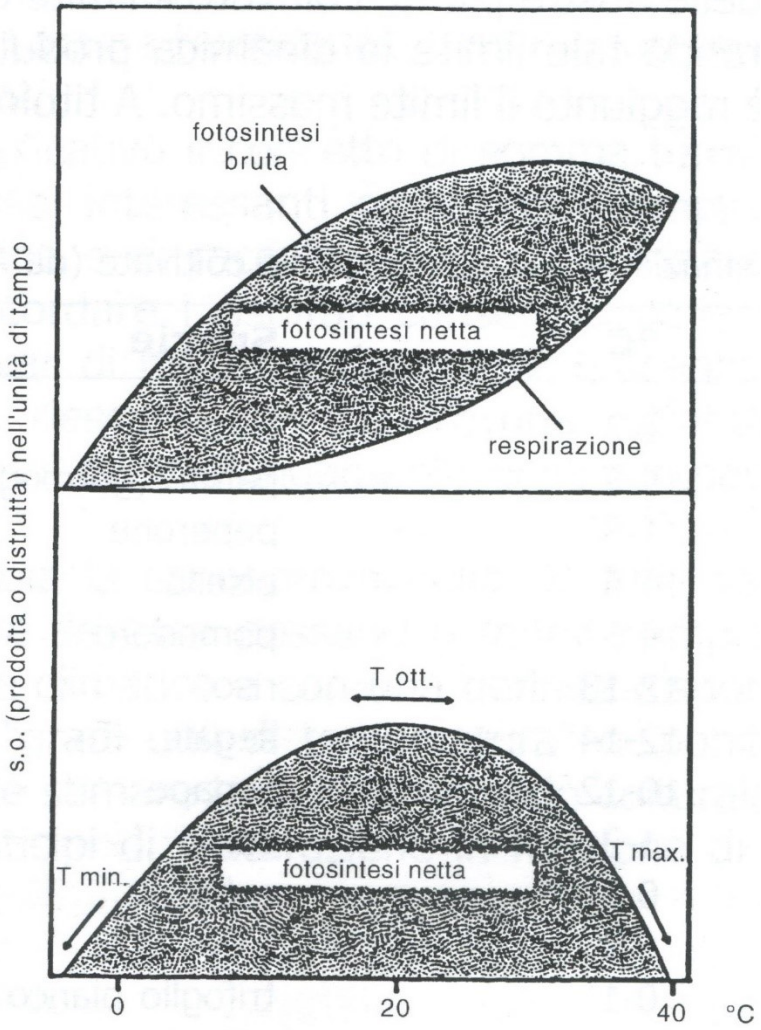
5) la **temperatura di germinazione minima ed ottimale:** più importante per semina in pieno campo e/o con basso controllo delle condizioni climatiche. Per le colture di serra questi valori non assumono una grande importanza in quanto raramente si fa la semina diretta ma si ricorre direttamente al trapianto delle piantine.

L'importanza rimane per colture in serra seminate direttamente e a grande densità.

→ in realtà esiste una T° min, ott. e max per ogni fase fenologica.

L'accrescimento di una pianta è il bilancio tra anabolismo e catabolismo

La temperatura, infatti influenza la fotosintesi, la respirazione e la traspirazione



# Nella realtà….

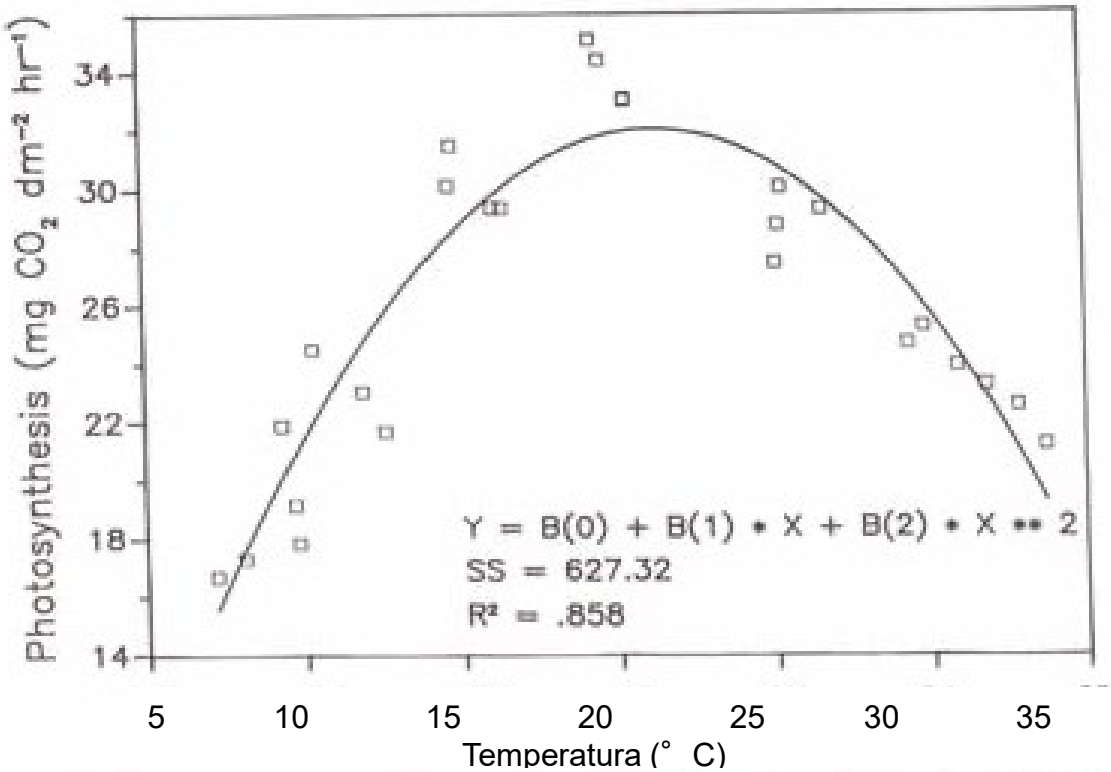



**Figure 8-1.** The effect of temperature on the rate of photosynthesis of chrysanthemum (Dendranthema grandiflora 'Bright Golden Anne,' Erwin and Flore, unpublished data).

La temperatura agisce come: T° MEDIA GIORNALIERA
…sullo sviluppo delle foglie

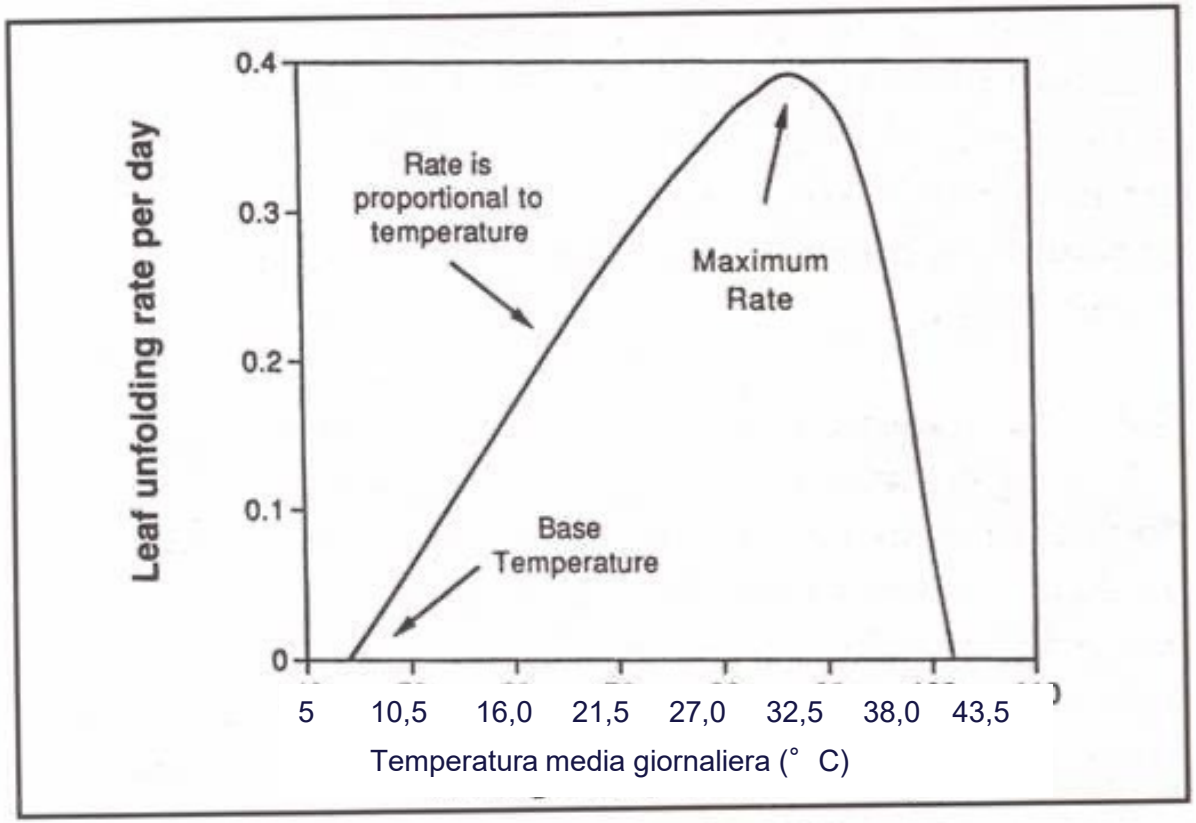
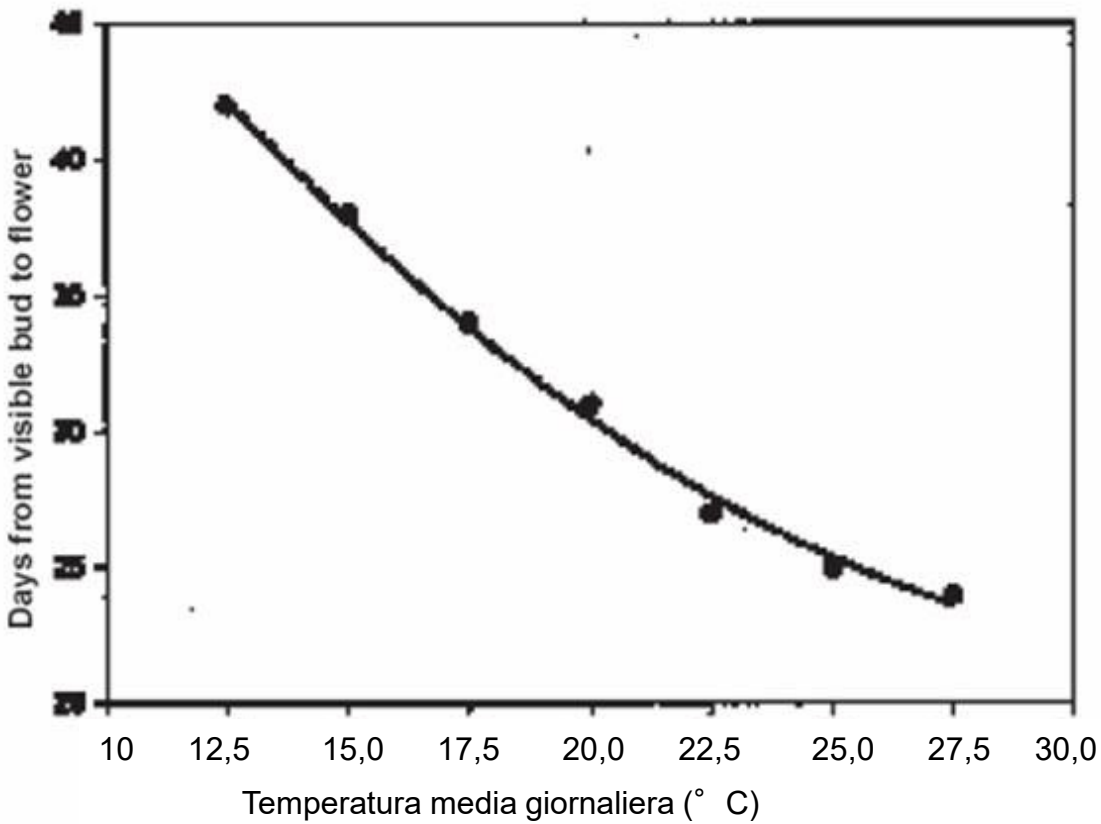


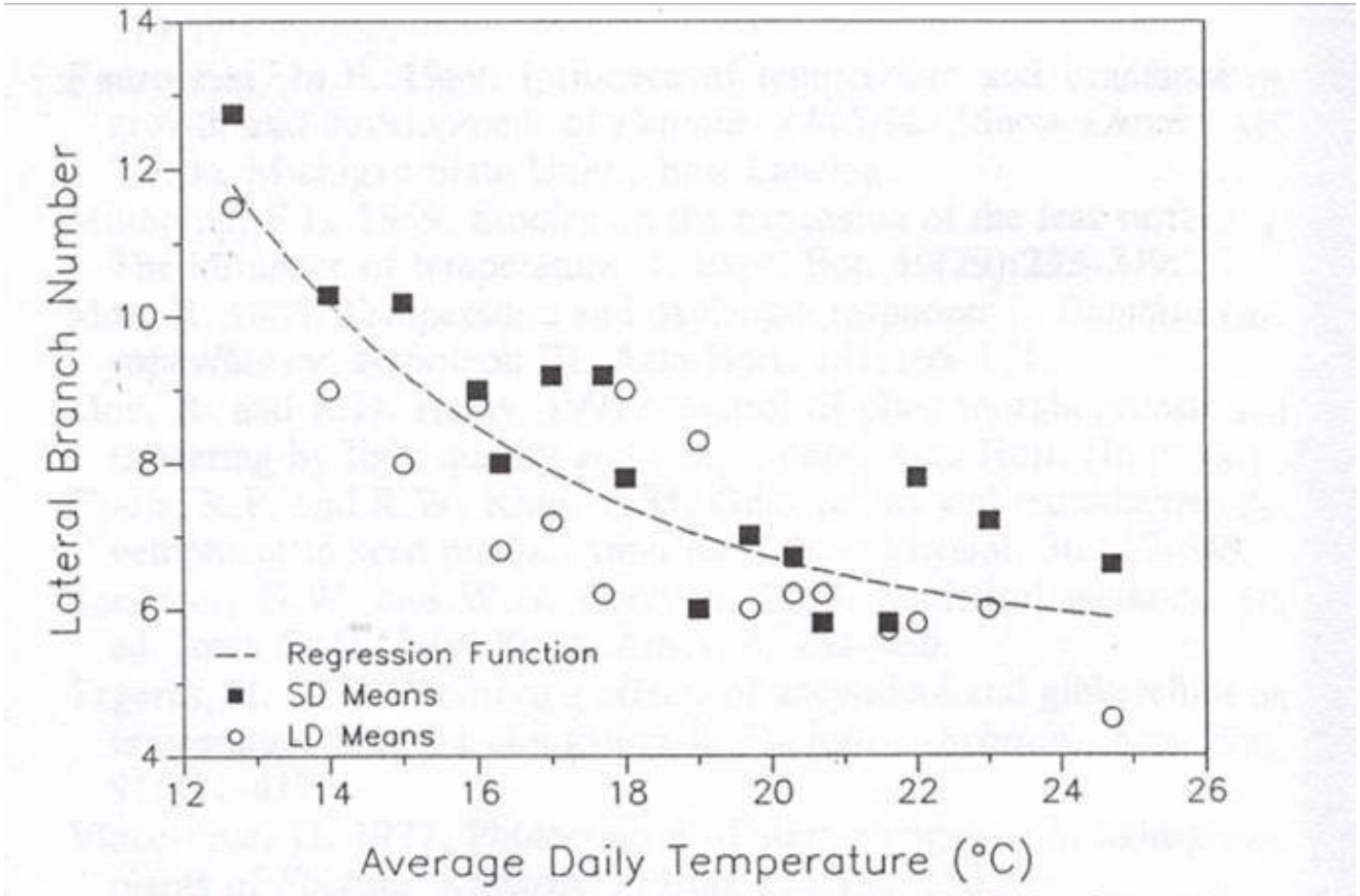

**Figure 8-2.** Generic response of plant leaf unfolding rate to average daily temperature.

# … sull'epoca di fioritura

Figure 3. Easter lily 'Nellie White' reduction in time from visible bud to flower opening under increasing temperature (Erwin and Heins, 1995).



…e su altri parametri biometrici importanti per la qualità delle piante (ornamentali, ma non solo)



A livello scientifico, per mettere a confronto prove condotte in annate diverse, si usa spesso la:

**Somma termica** (ST) o unità termiche o growing degree days:

$$ST = \sum(Tmed_g - T_b).$$

Dove:

$Tmed_g$= differenza termica giornaliera

$T_b$ = temperatura basale

$Tmed_g - T_b$ = considerati i gradi utili di temperatura del giorno

DAFNAE

## Somma termica

$ST = \sum(Tmed_g - T_b)$.

ES. considerando una specie X con T $max_b$=30 e $T_b$ = 10

1) T $max_g$ = 28 ° C; T $min_g$ = 16 ° C

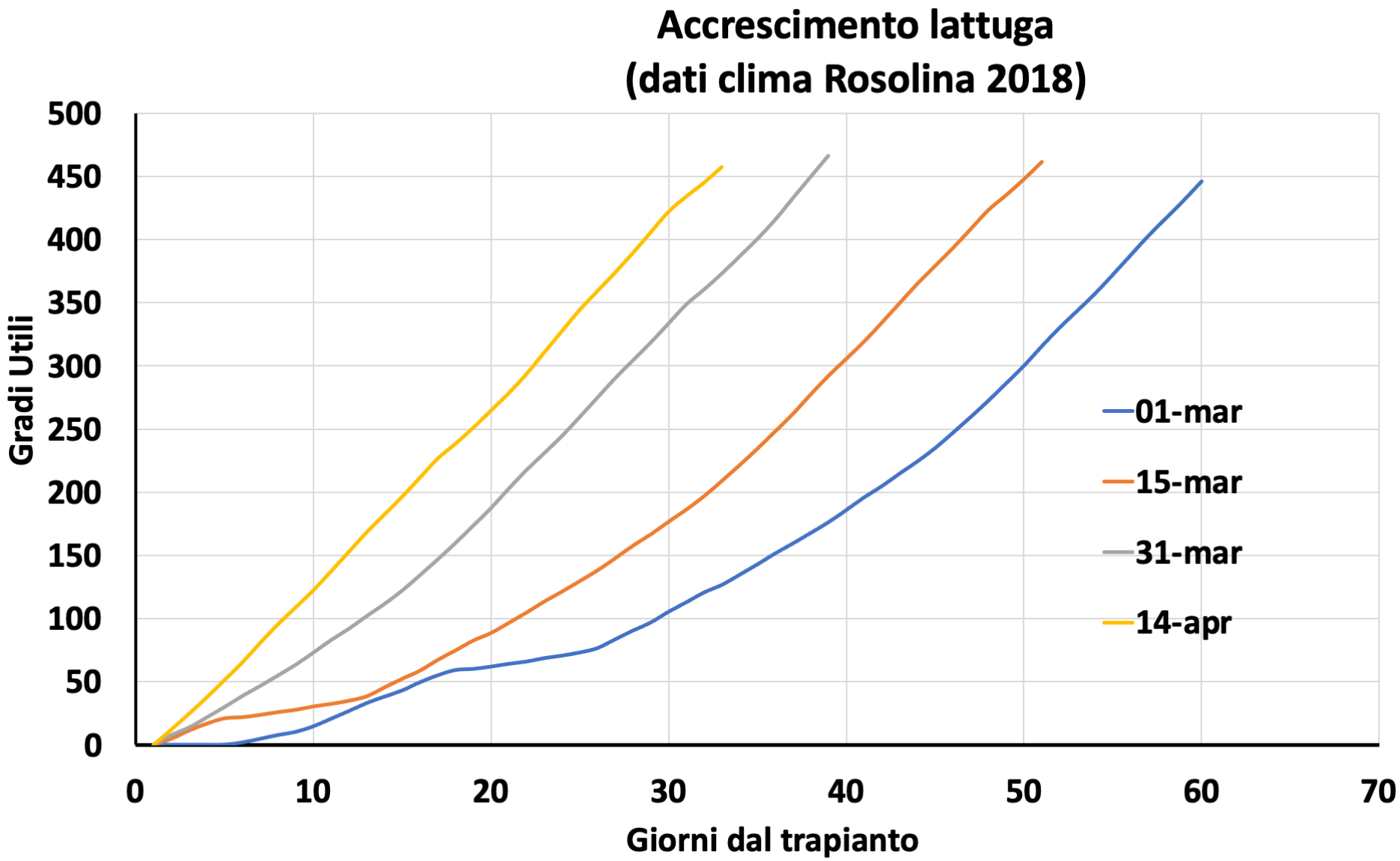
$$ST = [(28 + 16)/2] – 10 = 12$$

2) T $max_g$ = 18 ° C; T $min_g$ = 6 ° C

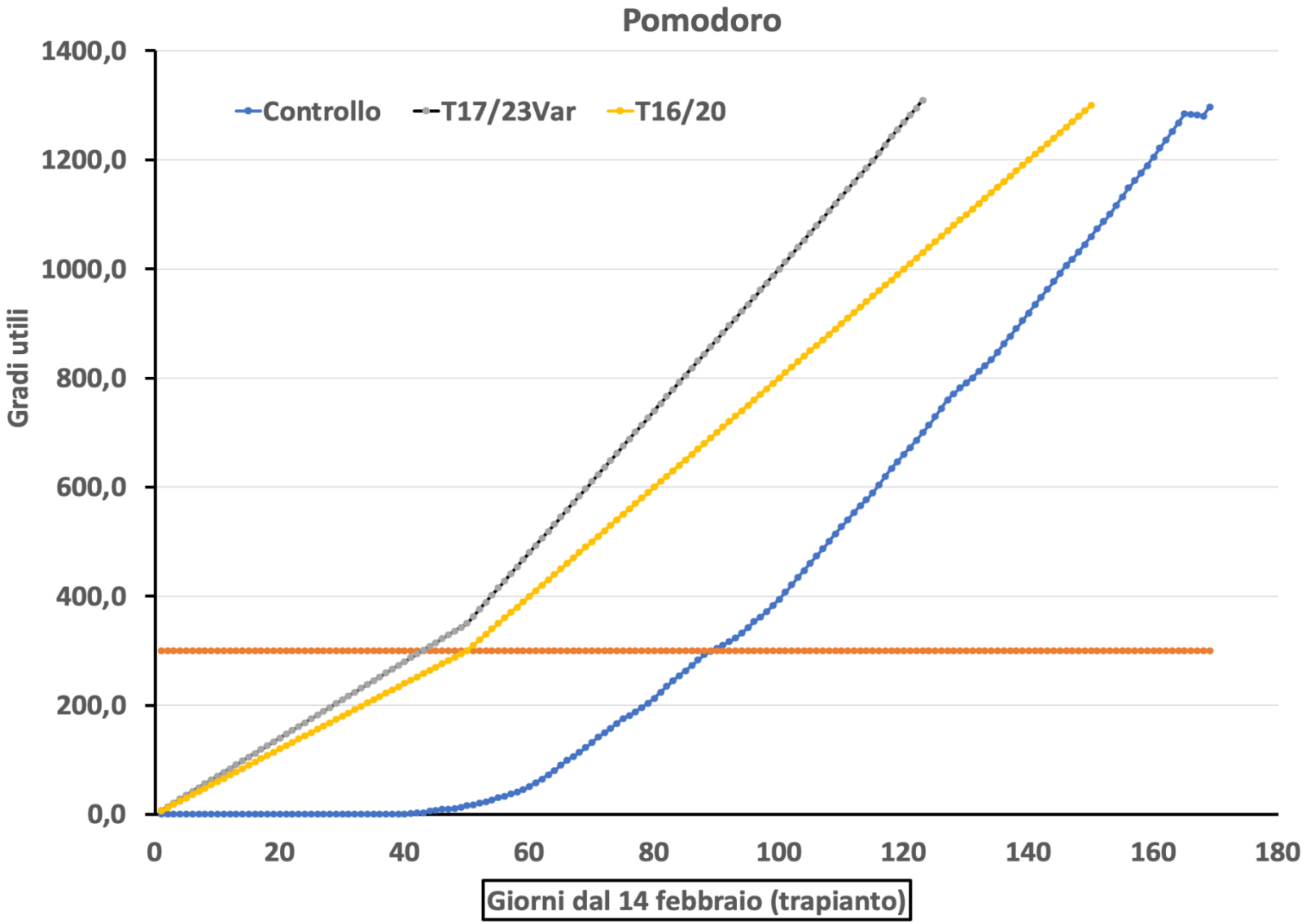
$$ST = [(18 + 10)/2] - 10 = 4$$

3) T $max_g$ = 36 ° C; T $min_g$ = 16 ° C

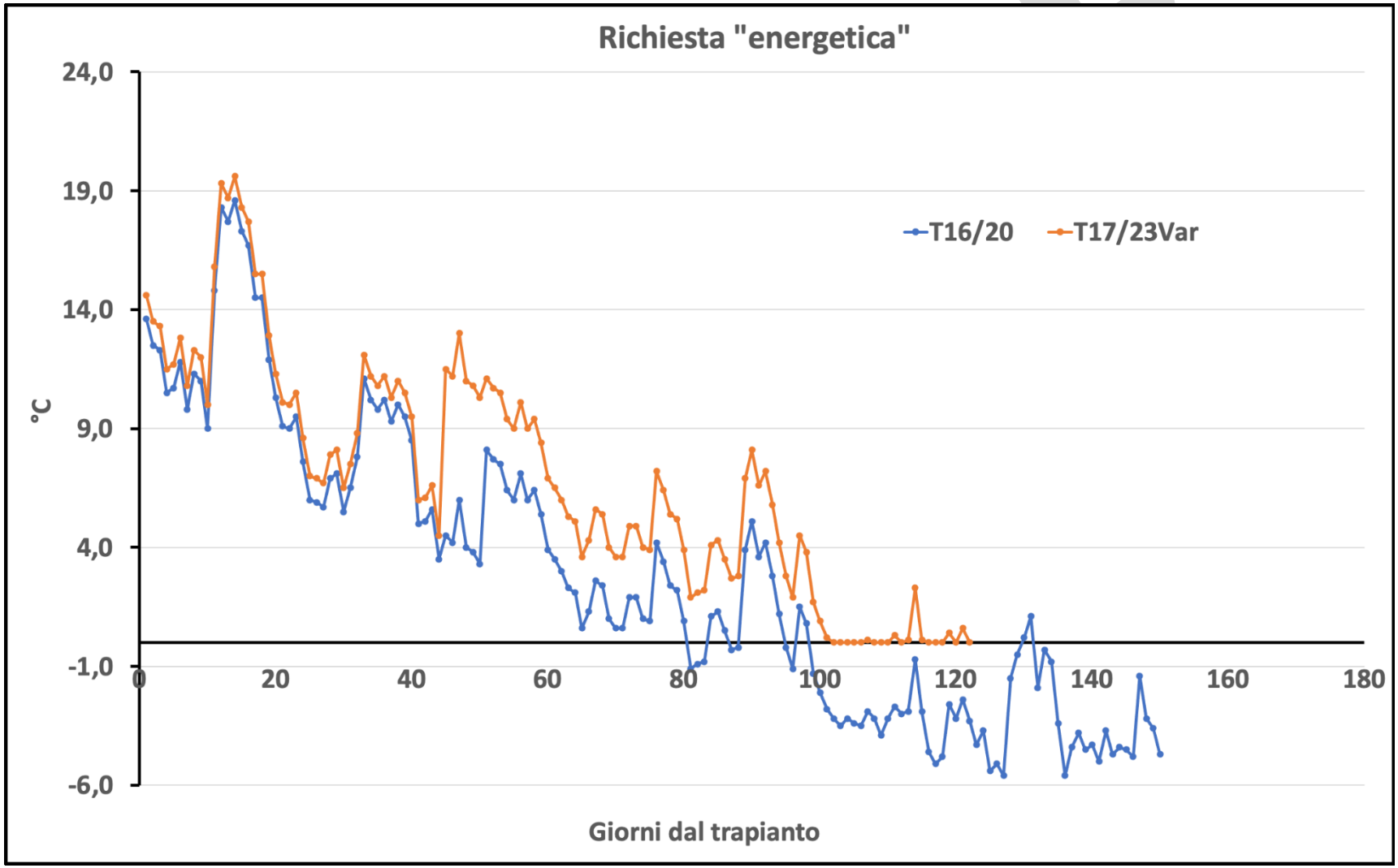
$$ST = [(30 + 16)/2] - 10 = 13$$


Accrescimento lattuga
(dati clima Rosolina 2018)
Gradi Utili
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Giorni dal trapianto
01-mar
15-mar
31-mar
14-apr

# TEMPERATURA E SOMME TERMICHE



# Riscaldare o Raffreddare??



La T° agisce anche come differenza tra T° diurna e notturna (DIF)

Alta T° durante il giorno induce:→ steli più lunghi

Bassa T° durante il giorno induce: → steli più corti e piante più compatte.

Inoltre: abbassamenti repentini di T° durante le prime ore del mattino hanno prodotto (su crisantemo, poinsettia, pomodoro fucsia) effetti più evidenti.

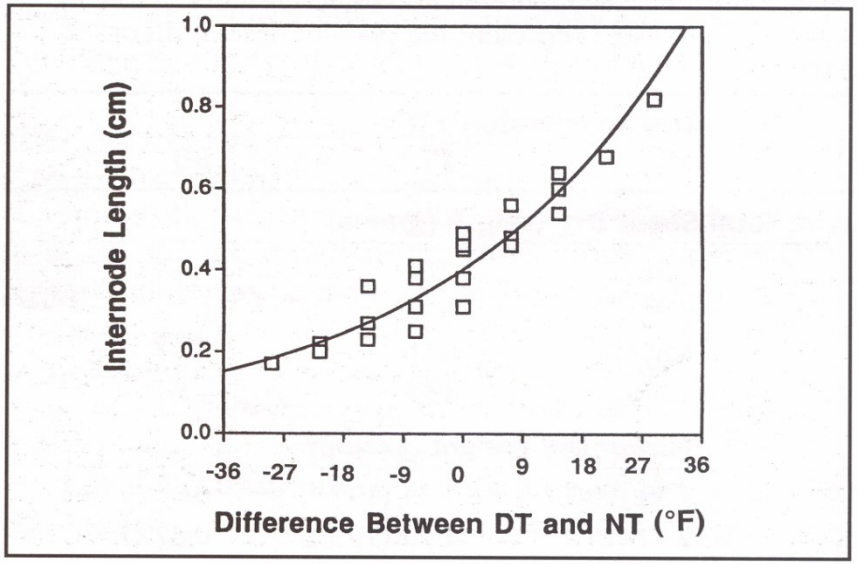



**Figure 8-3.** The effect of the difference between day and night temperature (day temp – night temp = difference) on Easter lily (Lilium longiflorum 'Nellie White') internode length.

→ ANCHE LATTUGA SENSIBILE ALLE DIF

# PARAMETRI CLIMATICI E QUALITA’ DELLE PRODUZIONI

DAFNAE

**Effetti della T° media giornaliera:**

- in lattuga, con meno di 13 ° C per una settimana, riduzione dell'accrescimento dei grumoli a causa del rallentamento nell'assorbimento dell'azoto

- in lattuga, finocchio, cavoli, diverse cicorie e altre piante, si può osservare precoce emissione, e allungamento, degli scapi fiorali

In alcune tipologie di **radicchio e cavoli**, la pianta esposta al gelo subisce danni consistenti soltanto alle foglie esterne, quelle della parte più interna del grumolo, che rappresentano la quota edule, presentano caratteristiche qualitative migliori in quanto, meno fibrose, più croccanti e con sapore amaro poco accentuato e gradito dal consumatore.

# PARAMETRI CLIMATICI E QUALITA'

**Table 4** Effects of crop management parameters in the investigated vegetable crop managements

| Crop management parameters | Phytochemicals | Model crops | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Broccoli | Cauliflower | Radish |
| Genotypic effect | Glucosinolates | ↑ indole glucosinolates: violet broccoli<br>↑ alkyl glucosinolates: green broccoli | ↑ indole glucosinolates: violet and green cauliflower | ↔ |
| | Carotenoids | ↑ lutein, β-carotene: spear broccoli | / | – |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ pelargonidin: red radish<br>↑ cyanidin: purple radish |
| Ecophysiological effects | | | | |
| Daily mean temperature | Glucosinolates | ↑ total glucosinolates: low temperatures (about 14 °C) | ↑ total glucosinolates: low temperatures (about 14°C) | ↔ |
| | Carotenoids | ↑ lutein, β-carotene: low temperatures (about 14 °C) | / | – |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ total anthocyanins: low temperatures (about 11 °C) |
| Daily mean irradiation | Glucosinolates | ↑ total glucosinolates: high irradiation (about 450 μmol $m^{-2}s^{-1}$) | ↑ total glucosinolates: high irradiation (about 450 μmol $m^{-2}s^{-1}$) | ↔ |
| | Carotenoids | ↔ | ↔ | – |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ total anthocyanins: high irradiation (about 450 μmol $m^{-2}s^{-1}$) |
| Sulphur supply | Glucosinolates | ↑ alkyl and indole glucosinolates: 600 mg S per plant | / | ↑ alkenyl glucosinolates: 30 mg S per plant |
| Nitrogen supply | Glucosinolates | ↑ total glucosinolates: reduced N supply | ↑ total glucosinolates: reduced N supply | ↑ total glucosinolates: reduced N supply |
| | Carotenoids | ↑ lutein, β-carotene: increased N supply | / | – |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ total anthocyanins: reduced N supply |
| Water supply | Glucosinolates | ↑ total glucosinolates: reduced water supply | ↑ total glucosinolates: reduced water supply | ↑ total glucosinolates: reduced water supply |
| Cultural practice | | | | |
| Production time | Glucosinolates | ↑ total glucosinolates: spring and autumn | ↑ total glucosinolates: spring and autumn | ↔ |
| | Carotenoids | ↑ lutein, β-carotene: spring and autumn | / | – |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ total anthocyanins: spring, summer and autumn |
| Amino acid application | Glucosinolates | ↑ alkyl glucosinolates: methionine | / | ↑ alkenyl glucosinolates: methionine |
| | Anthocyanins | – | – | ↑ anthocyanins: leucin, valin, phenylalanine |
| Developmental stage | Glucosinolates | ↑ indole glucosinolates: incompletely developed head | / | ↔ |

↑ increased content; ↔ no effect; – phytochemical is not in the vegetable; / not investigated

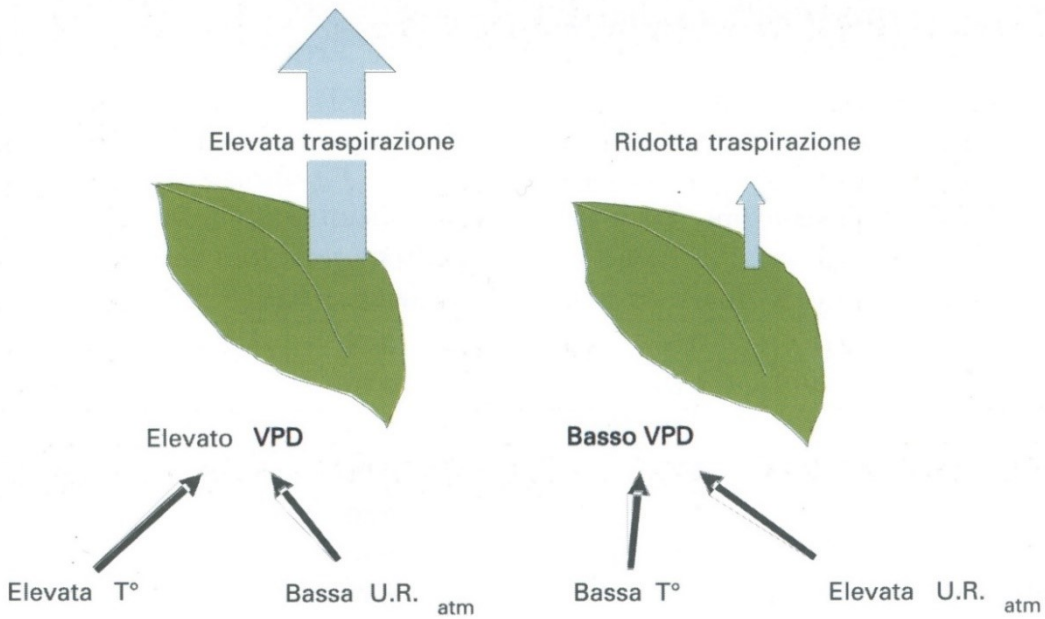
É costituita da acqua allo stato di vapore presente nella miscela gassosa che costituisce l'aria stessa.

**Umidità assoluta (X)**: massa di vapore per unità di volume ($kg/m^3$).

**Umidità relativa (UR)**: ad una data T° , è il rapporto (in %) tra contenuto reale in vapore acqueo dell'aria e quello che ci sarebbe se questa fosse satura.

**Deficit di pressione di vapore (VPD)**: differenza tra umidità a saturazione e quella effettiva ➔ determina il tasso di evaporazione da una superficie bagnata, in pratica l'evapotraspirazione di una coltura.

DAFNAE

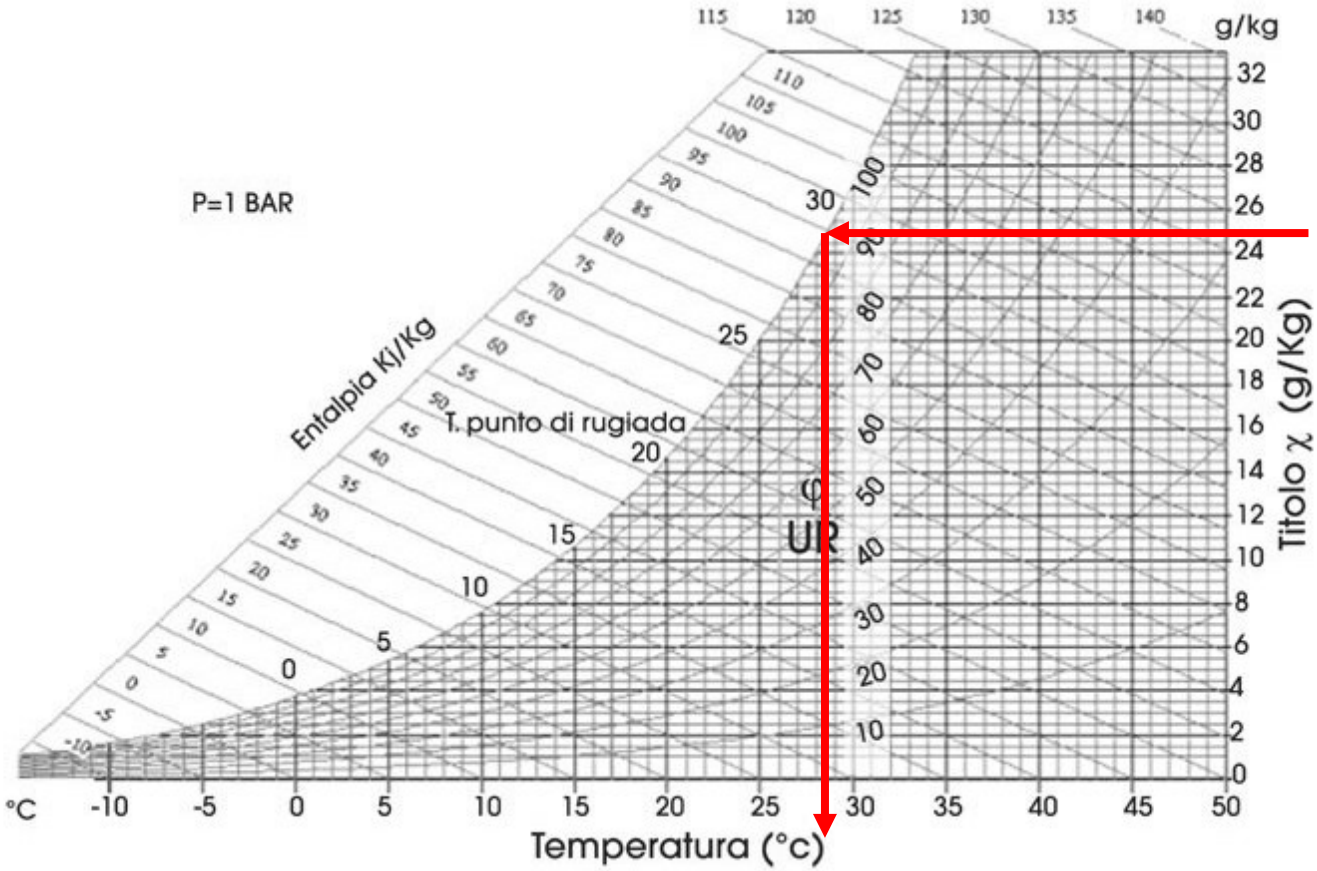



Influenza della T° e dell'UR atmosferica sul deficit di pressione di vapore (VPD) e di quest'ultimo sulla traspirazione.

**Tab. 2 - Influenza dei parametri climatici sull'entità dell'evapotraspirazione**

| | *Evapotraspirazione* | |
|---|---|---|
| *Fattore climatico* | *Alta* | *Bassa* |
| Radiazione solare | Cielo sereno | Cielo nuvoloso |
| Temperatura | Alta | Bassa |
| VPD | Alto (clima secco) | Basso (clima umido) |
| Vento | Sì | No |

T° di rugiada = T° alla quale si deve raffreddare un dato volume di aria perchè il vapore in essa contenuto raggiunga la saturazione.




≈27

# UR e produzione

- La sua influenza si esercita principalmente attraverso la regolazione dei processi traspirativi e del ricambio idrico.

- La traspirazione è un fenomeno necessario in quanto la perdita di acqua dalle foglie permette di richiamare acqua dalle radici e, così la pianta è in gradi di rifornirsi di nutrienti.

*Continuum* acqua suolo-pianta-atmosfera.

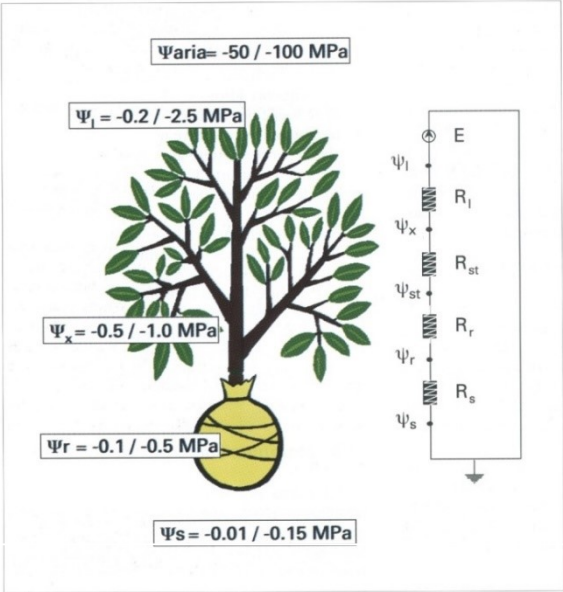



Fig. 2 - Descrizione del *continuum* suolo-pianta-atmosfera attraverso l'analogia con un circuito elettrico.
$\Psi'_s$ = potenziale idrico del suolo;
$\Psi'_r$ = potenziale idrico radicale;
$\Psi'_x$ = potenziale idrico xilematico;
$\Psi'_l$ = potenziale idrico fogliare;
$\Psi'_{aria}$ = potenziale idrico dell'atmosfera;
$R_s$ = resistenza suolo;
$R_r$ = resistenza radicale;
$R_{st}$ = resistenza del fusto;
$R_l$ = resistenza fogliare;
E = ambiente esterno

Funzioni acqua: raffreddamento, trasporto nutrienti, idratazione, substrato per reazioni chimiche.

DAFNAE

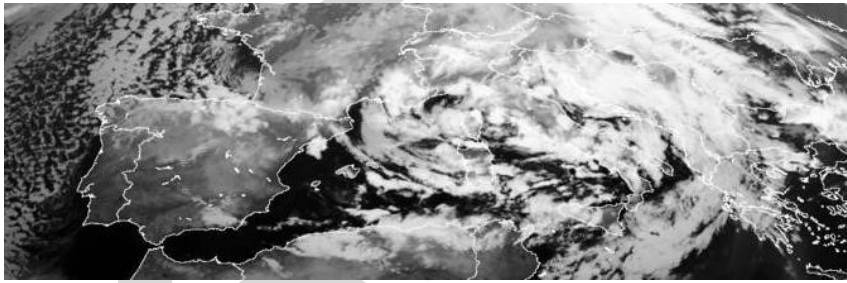
# PARAMETRI CLIMATICI E QUALITA' - umidità

- La traspirazione, oltre che da condizioni varie di stress (come un terreno eccessivamente secco o umido) è regolata appunto dall'umidità relativa.

- In genere, le specie da organi vegetativi richiedono valori di UR più elevati rispetto a quelli da organi riproduttivi. Le prime presentano caratteristiche organografiche poco idonee per tollerare bassi livelli di UR poiché non in grado di sostenere elevata domanda evapotraspirativa (es. elevato rapporto superficie/volume, mancanza di cuticola, epidermide sottile, modesto spessore del mesofillo).

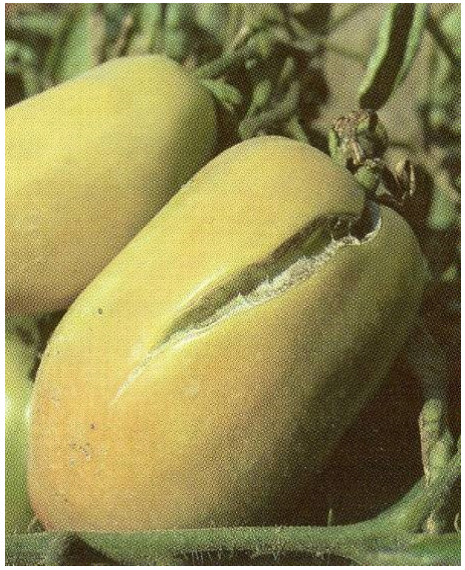
- Condizioni di deficit igrometrici sono meglio tollerati nella fase riproduttiva quando valori relativamente più bassi di UR sono meglio compatibili con processi di impollinazione e di fecondazione.

# PARAMETRI CLIMATICI E QUALITA' - umidità



In generale, elevati livelli di U.R. sono **favorevoli** alla qualità dei prodotti rappresentati da **organi vegetativi**, mentre risultano **sfavorevoli** alla qualità dei prodotti rappresentati da **organi riproduttivi.**

In pomodoro, ad esempio, valori di U.R. superiori a 80-90% causano spaccature delle bacche (+fitopatie), difetti di colorazione, riduzione dell'acidità e del residuo ottico.



DAFNA

# Alcune considerazioni sulla interazione tra i fattori climatici

Esiste forte interazione tra i fattori climatici nel controllo dei processi metabolici.

Ad esempio, si è parlato della risposta fotoperiodica delle piante.

Spesso, la risposta fotoperiodica è mediata dalle temperatura ambientale. In taluni casi l'una è sostituita/compensata l'altra.

DAFNAE

**Luce e temperatura**: controllano i processi biochimici della pianta e quindi la composizione chimica e il valore nutrizionale degli ortaggi.

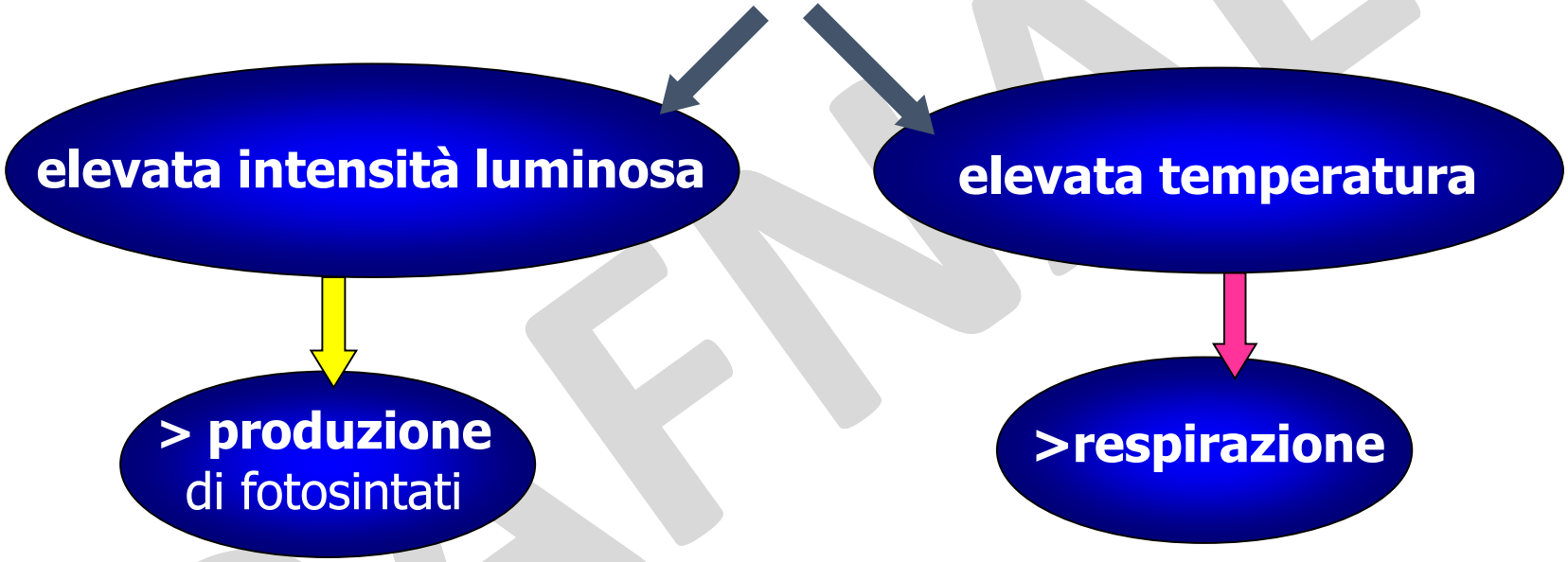
Effetti variabili in relazione a:

- **specie**
- **tipologia dell' organo utilizzato** (foglia, radice, frutto, ecc.).

Molto spesso gli effetti di luce e temperatura non sono nettamente distinguibili poiché si creano condizioni di causa-effetto che non lo permettono (es. bacche di pomodoro e peperone con scottature da sole);

DAFNAE

- Nella gran maggioranza dei casi, **luce** e **temperatura** esplicano la loro azione in **maniera opposta:**




Risposta analoga (in generale del contenuto di **carboidrati**) si osserva, più in generale, nei riguardi della **composizione chimica** della pianta (es. acido ascorbico, carotene, riboflavina, tiamina e flavonoidi), che è <u>favorita</u> dalla **luce** e <u>depressa</u> dalla **temperatura**.

DAFNAE

- Le **migliori condizioni** per esaltare il valore nutritivo degli ortaggi si verificano con **elevata intensità luminosa** **e** **temperatura relativamente bassa** e, di conseguenza, attenzione alle coltivazioni in serra per le produzioni precoci che vivono, per la gran parte del loro ciclo, in condizioni di temperatura elevata e intensità luminosa ridotta rispetto all' esterno.

- Negli ortaggi da foglia le condizioni termiche e luminose che favoriscono il valore nutritivo delle parti eduli causano un peggioramento delle caratteristiche organolettiche.

# $CO_2$

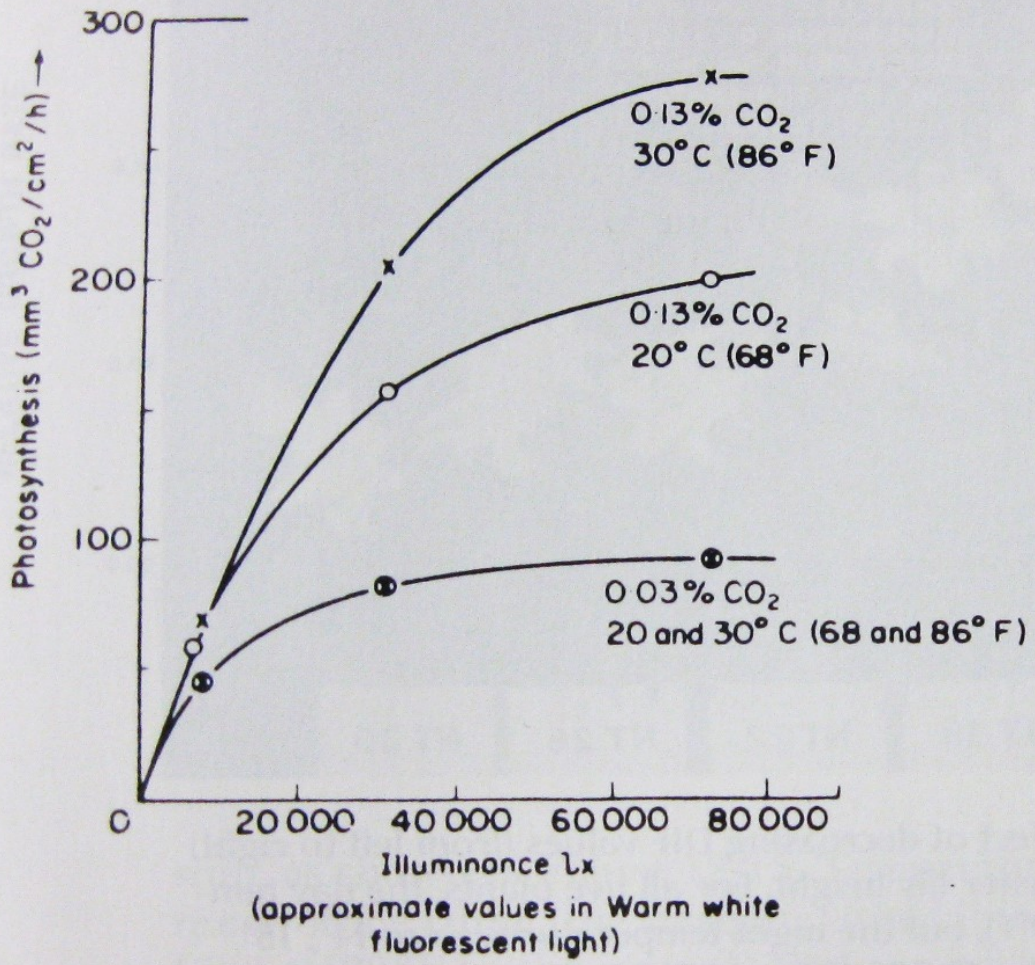



*Figure 12-13* Effects of $CO_2$ concentration, light intensity, and leaf temperature on photosynthesis in cucumber. *(From Gaastra, 1962.)*

# ANIDRIDE CARBONICA

**Tabella 3 -Livelli ottimali di temperatura del substrato,anidride carbonica, U.R. ed illuminazione per le specie da orto e da fiore più diffuse.**

| SPECIE | Temperatura (°C) | CO2 (ppm) | Luce (lux) | Luce (durata) | U.R. (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Orticole** | | | | | |
| Cetriolo | 20 a 21 | 1000-3000 | 15000-40000 | G.L. | 70-90 |
| Fragola | 12 a 15 | n.d. | Pieno sole | G.C. (12-13 h) | 60-70 |
| Lattuga | 10 a 12 | 1000-2000 | 12000-30000 | G.L. | 60-80 |
| Melanzana | 15 a 20 | n.d. | Pieno sole | G.L. | 65-80 |
| Melone | 20 a 22 | n.d. | Pieno sole | G.L. | 60-80 |
| Peperone | 15 a 20 | n.d. | Pieno sole | G.L. | 65-70 |
| Pomodoro | 15 a 20 | 1000-2000 | 10000-40000 | G.I. | 55-60 |
| Zucchino | 15 a 20 | n.d. | Pieno sole | G.L. | n.d. |
| **Floricole** | | | | | |
| Crisantemo | 18 | 400-1200 | pieno sole | G.C.(12-13 h) | 60-70 |
| Garofano | 10 a 15 | 500-1000 | 15000-45000 | G.I. | 70-80 |
| Gerbera | 18 a 20 | n.d. | pieno sole | G.I. | 60-70 |
| Rosa | 15 a 18 | 1000-2000 | pieno sole | G.I. | 70-75 |

**n.d.=**valore non definito G.C.=giorno corto; G.I.=giorno inifferente; G.L.=giorno lungo

100 µmol/m$^2$*s ~ 5400 Lux

L'orticoltura protetta può garantire una produzione di alta qualità e contribuire alla sicurezza alimentare globale. Inoltre offre molte opportunità per una produzione più "circolare" per utilizzare le risorse in modo più efficiente, compreso il riciclo, a diversi livelli, dalle singole aziende agricole al livello regionale. Ciò si ottiene mediante tecniche sia semplici che avanzate per l'agricoltura, la gestione delle colture, l'applicazione precisa delle risorse (acqua, fertilizzanti, energia), in modo da poter controllare l'impatto ambientale e climatico e ottimizzare l'uso delle risorse.

Le serre sono particolarmente legate alla circolarità dovuta a:

- il loro potenziale di elevata produttività con un ridotto utilizzo di acqua e prodotti chimici per l'agricoltura per unità di produzione
- la loro capacità di produzione fino a 15 volte superiore a quella dell'agricoltura in pieno campo per ettaro
- il loro alto potenziale per il riciclo di acqua e sostanze nutritive

DAFNAE

La superficie totale di coltivazione protetta è in costante aumento nell'UE. Nel 2015 la superficie totale stimata nell'UE era di circa 175000 ha.

I Paesi Bassi e la Spagna sono punti caldi della serricoltura, ma altri paesi, tra cui Italia, Francia e Grecia, stanno espandendo le loro superfici protette.

Le proncipali colture coltivae in ambiente protetto sono gli ortaggi (pomodoro e cetriolo > 70% della superficie coltivata) con un tasso di crescita pari al 4.5%.

Nella regione mediterranea le colture protette costituiscono la principale forma produttiva del settore primario con oltre 120.000 ha.

**Distribuzione delle aree coperte da serre nei paesi dell'UE** (Eurostat, 2017)

DAFNAE

# SERRICOLTURA

| TIME ▸ | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---|---|---|---|---|
| GEO ▾ | | | | |
| Belgium | 2,140 | 2,120 | 2,060 | 1,800 |
| Bulgaria | 900 | 1,140 | 1,090 | 1,080 |
| Czech Republic | 180 | 190 | 0 | 0 |
| Denmark | 450 | 470 | 460 | 400 |
| Germany | 3,370 | 3,430 | 3,170 | 3,110 |
| Estonia | 60 | 60 | 40 | 40 |
| Ireland | 60 | 30 | 60 | 180 |
| Greece | 4,670 | 5,340 | 4,290 | 4,730 |
| Spain | 52,170 | 52,720 | 45,700 | 45,200 |
| France | 9,620 | 9,790 | : | 11,190 |
| Croatia | : | 250 | 410 | 500 |
| Italy | 28,640 | 26,500 | 39,100 | 38,910 |
| Cyprus | 420 | 430 | 450 | 420 |
| Latvia | 110 | 80 | 50 | 40 |
| Lithuania | 1,010 | 450 | 310 | 330 |
| Luxembourg | 0 | 10 | 0 | 0 |
| Hungary | 1,910 | 1,760 | 1,960 | 2,260 |
| Malta | 70 | 70 | 80 | 100 |
| Netherlands | 10,540 | 10,370 | 9,820 | 9,330 |
| Austria | 290 | 580 | 620 | 720 |
| Poland | 7,170 | 7,560 | 6,630 | 8,080 |
| Portugal | 2,310 | 2,220 | 2,360 | 2,490 |
| Romania | 2,790 | 3,250 | 3,020 | 3,300 |
| Slovenia | 170 | 180 | 170 | 160 |
| Slovakia | 250 | 190 | 150 | 100 |
| Finland | 450 | 440 | 420 | 400 |
| Sweden | 420 | 180 | 200 | 260 |
| United Kingdom | 1,650 | 1,790 | 1,560 | 2,420 |
| Iceland | : | : | 20 | : |
| Norway | 180 | 180 | 160 | 140 |
| Switzerland | 750 | 780 | 770 | : |
| Montenegro | : | : | 50 | : |

**Areas (in ha) under cover cultivated with vegetables, flowers and permanent crops (source: Eurostat 2017)**

# SERRICOLTURA

| TIME ▸ | 2005 | 2007 | 2010 | 2013 |
|---|---|---|---|---|
| GEO ▾ | | | | |
| Belgium | 3,690 | 3,380 | 2,850 | 1,420 |
| Bulgaria | 7,750 | 7,730 | 6,720 | 6,040 |
| Czech Republic | 840 | 580 | 0 | 0 |
| Denmark | 730 | 720 | 840 | 700 |
| Germany | 9,980 | 8,920 | 6,570 | 5,770 |
| Estonia | 700 | 380 | 240 | 190 |
| Ireland | 380 | 270 | 180 | 170 |
| Greece | 10,240 | 12,150 | 8,890 | 9,180 |
| Spain | 32,510 | 30,460 | 23,610 | 21,680 |
| France | 15,350 | 13,850 | : | 13,860 |
| Croatia | : | 1,550 | 2,560 | 2,990 |
| Italy | 31,080 | 26,650 | 32,720 | 28,270 |
| Cyprus | 670 | 650 | 570 | 530 |
| Latvia | 320 | 420 | 260 | 340 |
| Lithuania | 34,850 | 11,890 | 10,000 | 9,770 |
| Luxembourg | 30 | 30 | 10 | 10 |
| Hungary | 12,050 | 8,760 | 9,430 | 13,950 |
| Malta | 290 | 300 | 280 | 310 |
| Netherlands | 8,600 | 7,410 | 4,980 | 4,120 |
| Austria | 700 | 1,450 | 1,400 | 1,480 |
| Poland | 29,370 | 24,530 | 14,880 | 16,120 |
| Portugal | 4,110 | 3,770 | 3,700 | 5,340 |
| Romania | 18,630 | 16,670 | 17,970 | 19,570 |
| Slovenia | 5,150 | 1,440 | 570 | 630 |
| Slovakia | 830 | 930 | 270 | 200 |
| Finland | 1,780 | 1,580 | 1,370 | 1,270 |
| Sweden | 1,540 | 660 | 770 | 870 |
| United Kingdom | 5,170 | 3,740 | 2,640 | 2,350 |
| Iceland | : | : | 70 | : |
| Norway | 790 | 720 | 640 | 440 |
| Switzerland | 1,320 | 1,370 | 1,290 | : |
| Montenegro | : | : | 470 | : |

**Number of holdings/farms under cover with vegetables, flowers and permanent crops (source: Eurostat 2017)**

# SERRICOLTURA

| CROPS ▶ | Lettuces - under glas | Tomatoes - under gla | Cucumbers - under g | Peppers (capsicum) - | Strawberries - under |
|---|---|---|---|---|---|
| GEO ▼ | | | | | |
| European Union (28 | 12.04 | 41.56 | 14.76 | : | 19.97 |
| Belgium | 1.01 | 0.51 | 0.04 | 0.09 | 0.56 |
| Bulgaria | 0.10 | 0.59 | 0.41 | 0.08 | 0.00 |
| Czech Republic | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Denmark | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Germany | 0.07 | 0.33 | 0.19 | 0.07 | 0.73 |
| Estonia | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ireland | 0.12 | 0.01 | 0.01 | 0.00(n) | 0.17 |
| Greece | 0.65 | 2.64 | 1.19 | 0.94 | 1.13 |
| Spain | 1.04 | 19.41 | 7.44 | 12.42 | 7.06 |
| France | 2.39 | 2.03 | 0.53 | :(z) | 1.77 |
| Croatia | 0.04 | 0.14 | 0.04 | 0.07 | 0.07 |
| Italy | 3.84 | 7.44 | 0.59 | 2.44 | 3.23 |
| Cyprus | 0.00(n) | 0.13 | 0.15 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Latvia | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Lithuania | 0.13 | 0.27 | 0.12 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Luxembourg | 0.00(p) | 0.00(p) | 0.00(p) | 0.00(p) | 0.00(p) |
| Hungary | 0.10 | 0.20 | 0.10 | : | 0.10 |
| Malta | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Netherlands | 0.35 | 1.76 | 0.55 | 1.20 | 0.36 |
| Austria | 0.09 | 0.18 | 0.15 | 0.12 | 0.00(n) |
| Poland | 0.40 | 3.10 | 1.60 | 1.70 | 0.20(e) |
| Portugal | 0.96 | 0.98 | 0.19 | 0.05 | 0.07 |
| Romania | 0.06 | 1.65 | 1.23 | 0.47 | 0.00 |
| Slovenia | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Slovakia | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 |
| Finland | 0.29 | 0.11 | 0.09 | 0.01 | 0.00 |
| Sweden | 0.06 | 0.04 | 0.09 | 0.00 | 0.05 |
| United Kingdom | 0.35 | :(z) | 0.00(n) | 0.09 | 4.46 |
| Iceland | 0.00 | 0.01(e) | 0.01(e) | 0.01 | 0.00 |
| Liechtenstein | : | : | : | : | : |
| Norway | 0.01 | 0.03 | 0.02 | : | 0.00 |
| Switzerland | 0.14 | 0.18 | 0.08 | 0.02 | 0.15 |
| Montenegro | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Former Yugoslav Rep | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) |
| Albania | 0.07 | 1.19 | 0.39 | 0.23 | : |
| Serbia | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Turkey | 3.00 | 25.00 | 8.00 | 7.00 | 3.00 |
| Bosnia and Herzegov | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) |
| Kosovo (under Unite | : | : | : | : | : |

**Greenhouse area (in 1000 ha) covered by some major greenhouse crops in Europe during 2015 (source: Eurostat 2017)**

# SERRICOLTURA

| CROPS ▶ | Lettuces - under glas | Tomatoes - under gla | Cucumbers - under g | Peppers (capsicum) - | Strawberries - under |
|---|---|---|---|---|---|
| GEO ▼ | | | | | |
| European Union (28 | : | : | : | : | : |
| Belgium | 43.39 | 253.05 | 16.85 | 25.48 | :(z) |
| Bulgaria | 1.66 | 50.11 | 41.58 | 2.78 | 0.04 |
| Czech Republic | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Denmark | 0.46 | 10.58 | 19.51 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Germany | 2.82 | 80.92 | 42.76 | 7.50 | 12.13 |
| Estonia | 0.00 | 0.90 | 5.40 | 0.00 | 0.00 |
| Ireland | 4.35 | 4.43 | 1.83 | 0.00(n) | 6.79 |
| Greece | 14.25 | 326.40 | 115.43 | 88.22 | 58.76 |
| Spain | 27.62 | 1,835.31 | 685.19 | 898.29 | 394.43 |
| France | 61.81 | 589.32 | 121.11 | :(z) | 40.06 |
| Croatia | 1.50 | 25.17 | 3.84 | 2.89 | 0.88 |
| Italy | 124.37 | 516.29 | 34.73 | 96.63 | : |
| Cyprus | 0.00(n) | 7.87 | 6.21 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Latvia | 0.20 | 6.10 | 6.40 | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Lithuania | 1.48 | 6.55 | 10.10 | 0.00(n) | 0.02 |
| Luxembourg | 0.00(p) | 0.12(p) | 0.05(p) | 0.00(p) | 0.00(p) |
| Hungary | : | : | : | : | : |
| Malta | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Netherlands | 9.45 | 890.00 | 405.00 | 345.00 | 28.58 |
| Austria | 2.79 | 55.38 | 29.62 | 14.53 | 0.00(n) |
| Poland | 16.00 | 553.20 | 266.70 | 129.50 | 9.80(e) |
| Portugal | 29.63 | 29.63 | 9.61 | 3.00 | 2.74 |
| Romania | 1.42 | 79.41 | 56.97 | 14.36 | 0.02 |
| Slovenia | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Slovakia | 0.01 | 8.70 | 1.64 | 0.13 | 0.00 |
| Finland | 11.44 | 38.89 | 40.49 | 0.49 | 0.07 |
| Sweden | 2.42 | 14.79 | 28.04 | 0.03 | 0.83 |
| United Kingdom | 38.00 | :(z) | 0.00(n) | 23.10 | 115.50 |
| Iceland | 0.00 | 0.14 | 0.18 | 0.01 | 0.00 |
| Liechtenstein | : | : | : | : | : |
| Norway | : | : | : | : | : |
| Switzerland | :(z) | 44.50(e) | 14.00(e) | 0.95(e) | :(z) |
| Montenegro | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.50 | 0.00(n) |
| Former Yugoslav Rep | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) |
| Albania | 0.60 | 103.20 | 36.80 | 16.80 | : |
| Serbia | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) | 0.00(n) |
| Turkey | 68.00 | 3,315.00 | 1,066.00 | 542.00 | 137.00 |
| Bosnia and Herzegov | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) | :(z) |
| Kosovo (under Unite | : | : | : | : | : |

**Total production (1000 t) from some major greenhouse crops in Europe during 2015 (source: Eurostat 2017)**

# SERRICOLTURA IN AUMENTO

Alcuni dei motivi che hanno portato a un aumento della coltivazione protetta sono:

- le serre possono garantire un'elevata efficienza nell'uso delle risorse e fornire prodotti di alta qualità tutto l'anno
- le condizioni climatiche esterne sono estreme e imprevedibili a causa del cambiamento climatico, mentre le serre possono scollegare, in una certa misura, le condizioni climatiche interne ed esterne
- carenza d'acqua, che è critica soprattutto nei paesi del Mediterraneo
- inquinamento ambientale e problemi di sicurezza alimentare

# SERRICOLTURA SOSTENIBILE

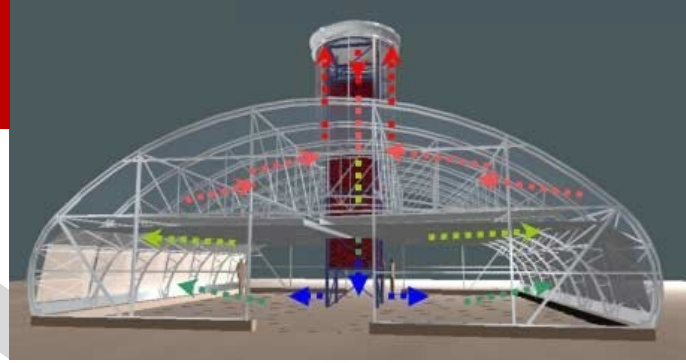
La coltivazione in serra è la forma più intensiva di produzione agricola con una resa per unità di superficie coltivata fino a 15 volte superiore a quella di una coltura in campo. Vegetali, ornamentali e le colture da frutto sono coltivate in tutto il mondo in condizioni di serra. Attrezzature per serre e il materiale di copertura forniscono un microclima controllato che può essere adattato alle esigenze delle colture, con conseguente maggiore resa, qualità e allungamento della disponibilità sul mercato dei prodotti.

- La produzione in serra richiede l'uso di grandi quantità di energia, acqua, agrochimici, e di solito genera notevoli quantità di rifiuti da smaltire.
- I costi di investimento, manodopera ed energia per unità di superficie sono molto maggiori nel settore delle serre rispetto a qualsiasi altro settore agricolo.

Gafsi et al. (2006) hanno definito **l'agricoltura sostenibile** come "*la capacità dei sistemi di coltivazione di continuare nel futuro*"; vale a dire, agricoltura sostenibile significa "*mantenimento adattivo della capacità dei sistemi agricoli* ", che consente di preservare le risorse naturali e la capacità di coltivare e produrre cibo nel futuro senza ridurre le potenzialità per le generazioni future.

DAFNAE

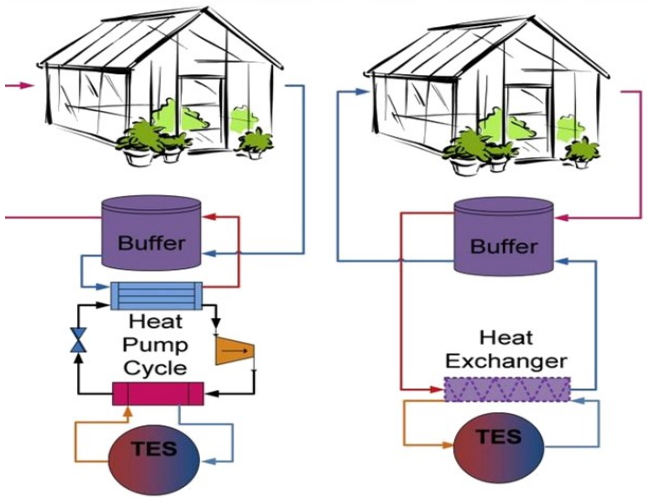
# SERRICOLTURA SOSTENIBILE



I sistemi di serra sostenibili devono preservare le risorse, sostenere socialmente, competere dal punto di vista commerciale e rispettare l'ambiente, si basano su tecniche di coltivazione, gestione delle attrezzature e materiali costruttivi volti a ridurre consumo di acqua e produzione di rifiuti.

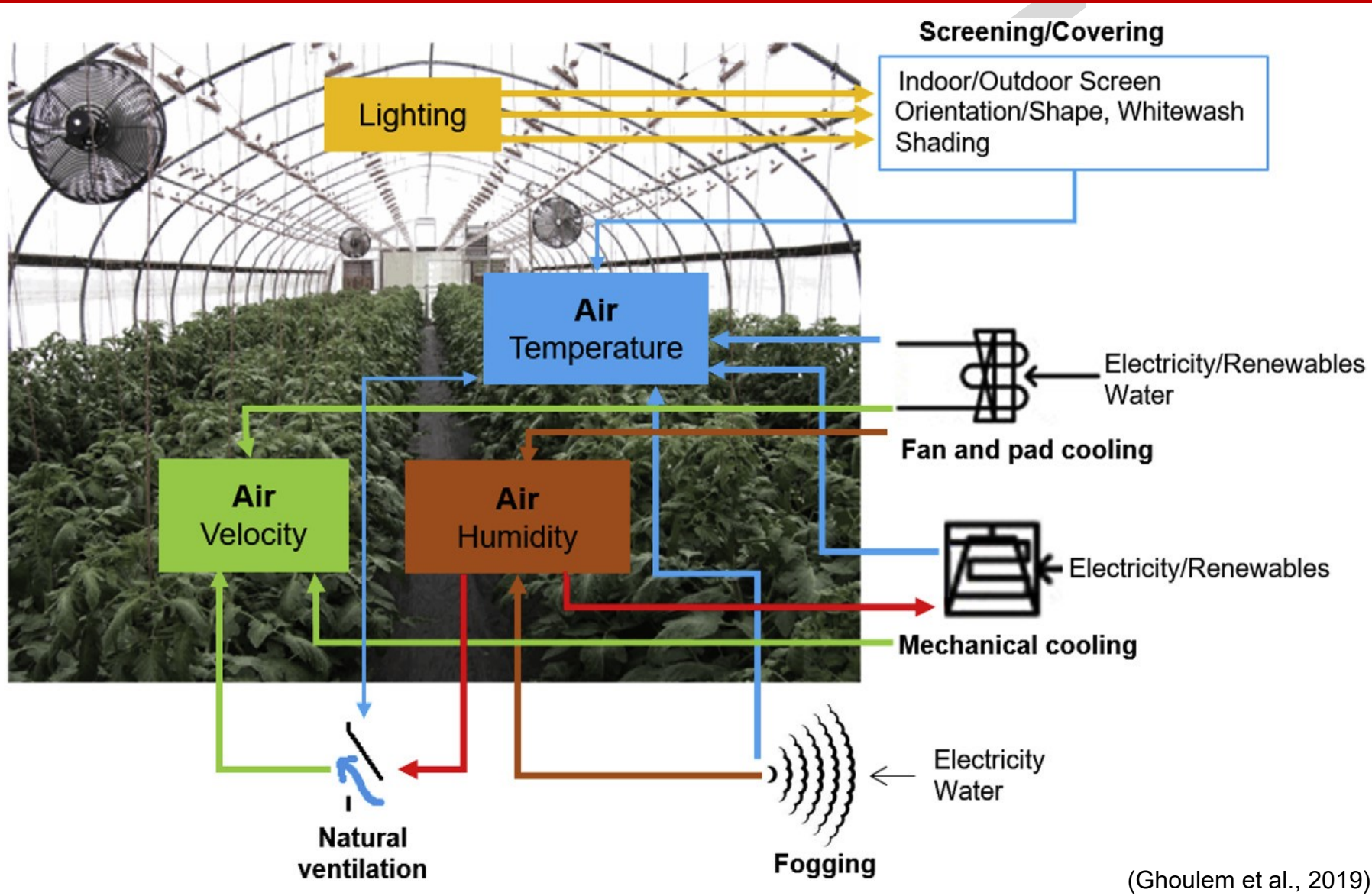
Gli obiettivi possono essere raggiunti mediante:

1. la **gestione efficiente dei parametri climatici**, ovvero radiazione solare, temperatura dell'aria, umidità relativa e concentrazione di anidride carbonica (CO2) per garantire condizioni di crescita adeguate per la coltura e risparmio energetico;
2. l'utilizzo di **fonti energetiche rinnovabili** al posto dei combustibili fossili;
3. l'uso di **materiali innovativi per la copertura** con adeguate proprietà fisiche e bassa generazione di rifiuti post-utilizzo;
4. l'ottimizzazione della **fornitura di acqua e nutrienti** alle piante al fine di ridurre l'acqua e consumo di nutrienti e drenaggio con acque sotterranee e conservazione del suolo;
5. la **gestione integrata di parassiti e malattie** con una significativa riduzione dell'agrochimica uso.

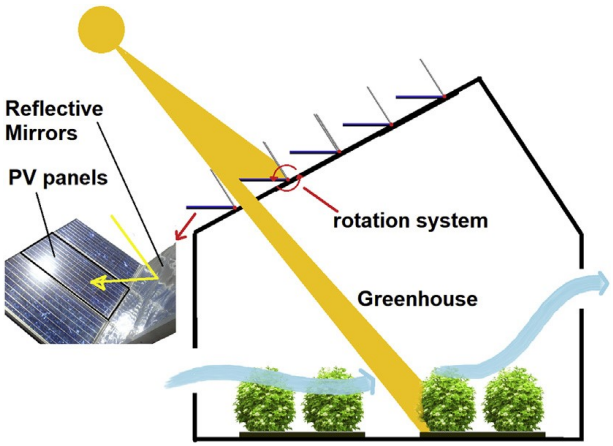



DAFNA

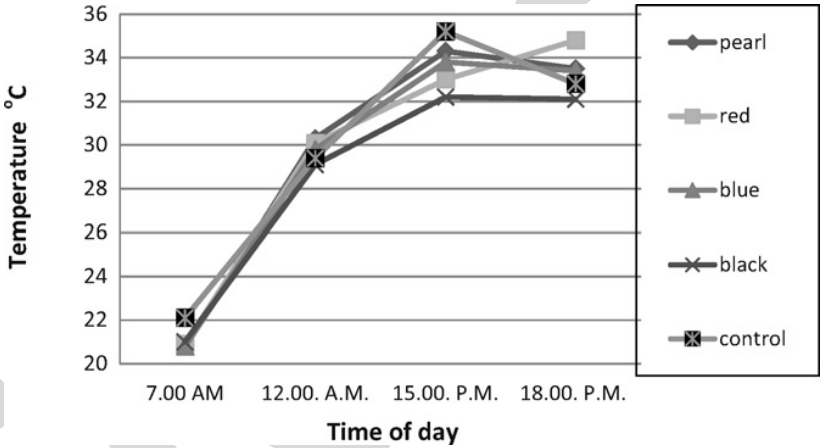
# FUNZIONI E PARAMETRI PER LA GESTIONE DEL MICROCLIMA DELLE SERRE IN CLIMI CALDI

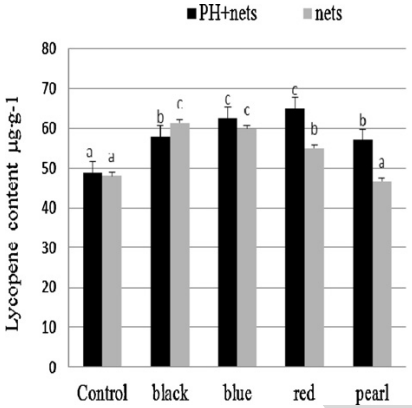


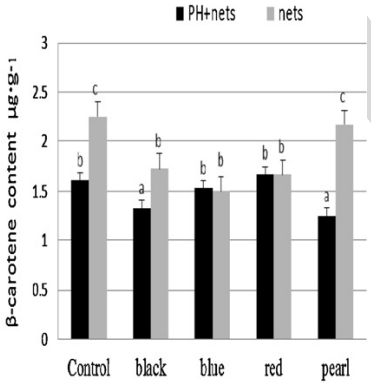

(Ghoulem et al., 2019)



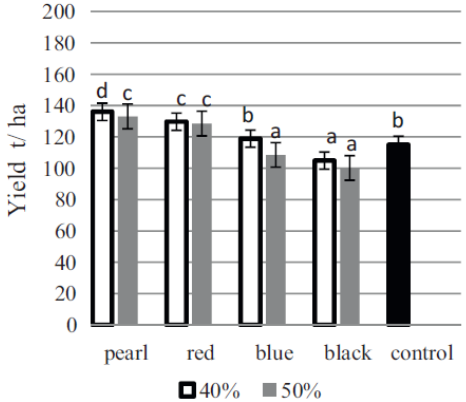

Schema di un impianto fotovoltaico dinamico e di ombreggiamento per serra in climi caldi.



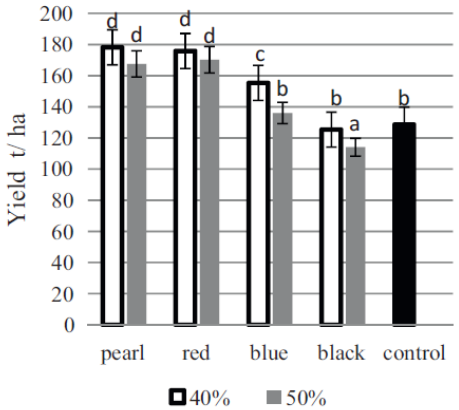




Effetto dell'applicazione di reti colorate sul contenuto di licopene e carotene nel frutto del pomodoro.

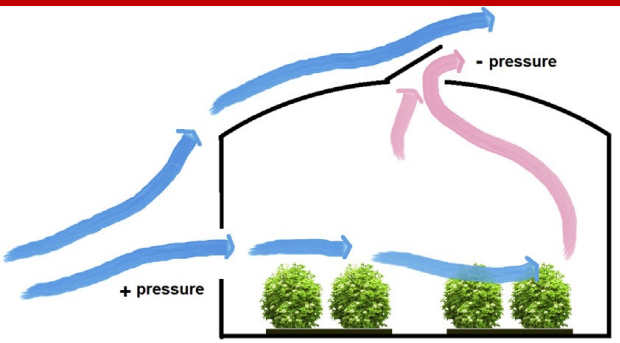



Control - plastic house



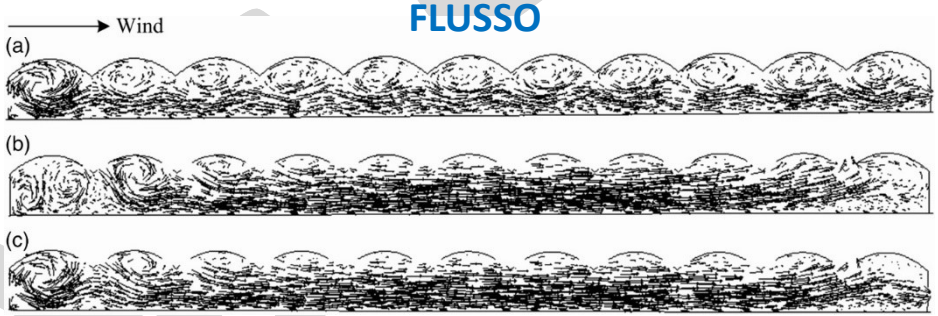

Effetto dell'applicazione di reti colorate integrate con un tunnel in materiale plastico (a sinistra) o applicate in pieno campo (a destra) sulla resa del pomodoro.

(Ilic et al., 2012)

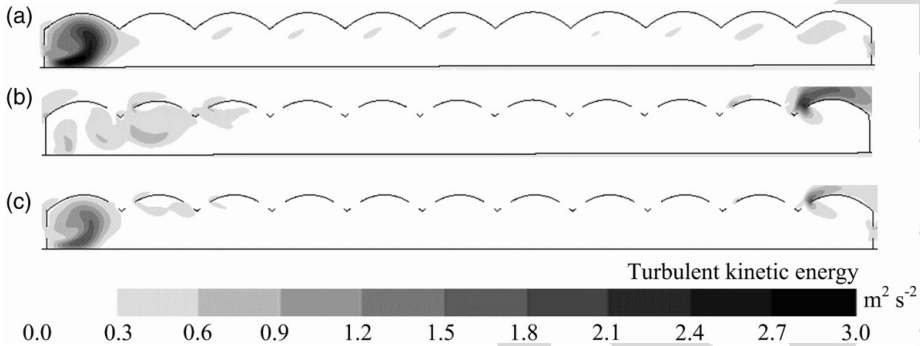



Schema del flusso d'aria all'interno della serra con tre diverse configurazioni di aperture: (a) apertura laterale; b) apertura del tetto; e (c) tetto più apertura laterale.

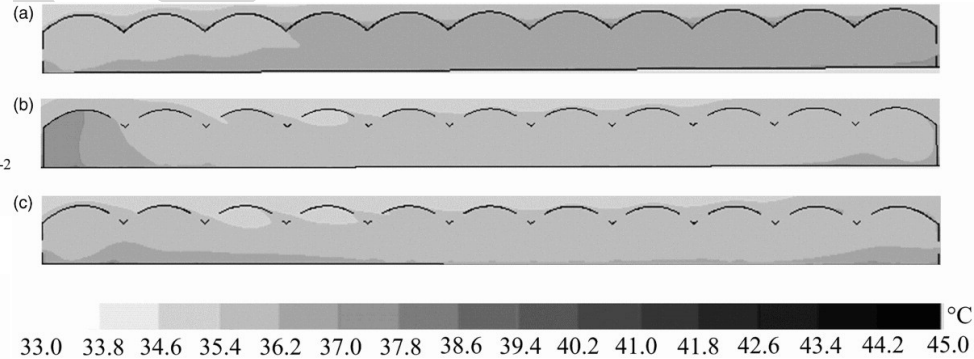
## FLUSSO



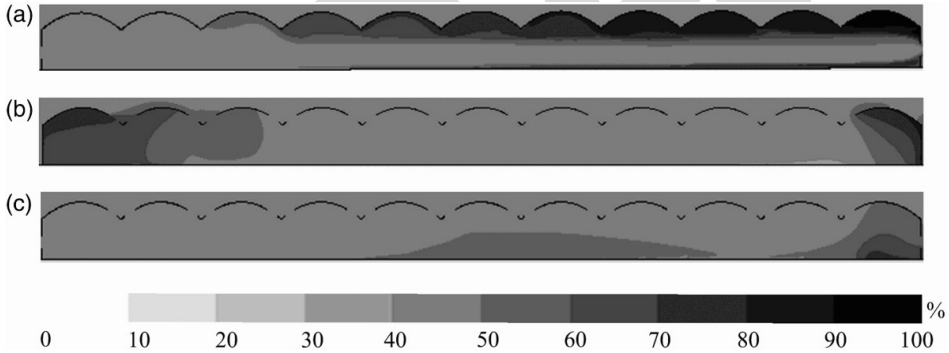

## ENERGIA



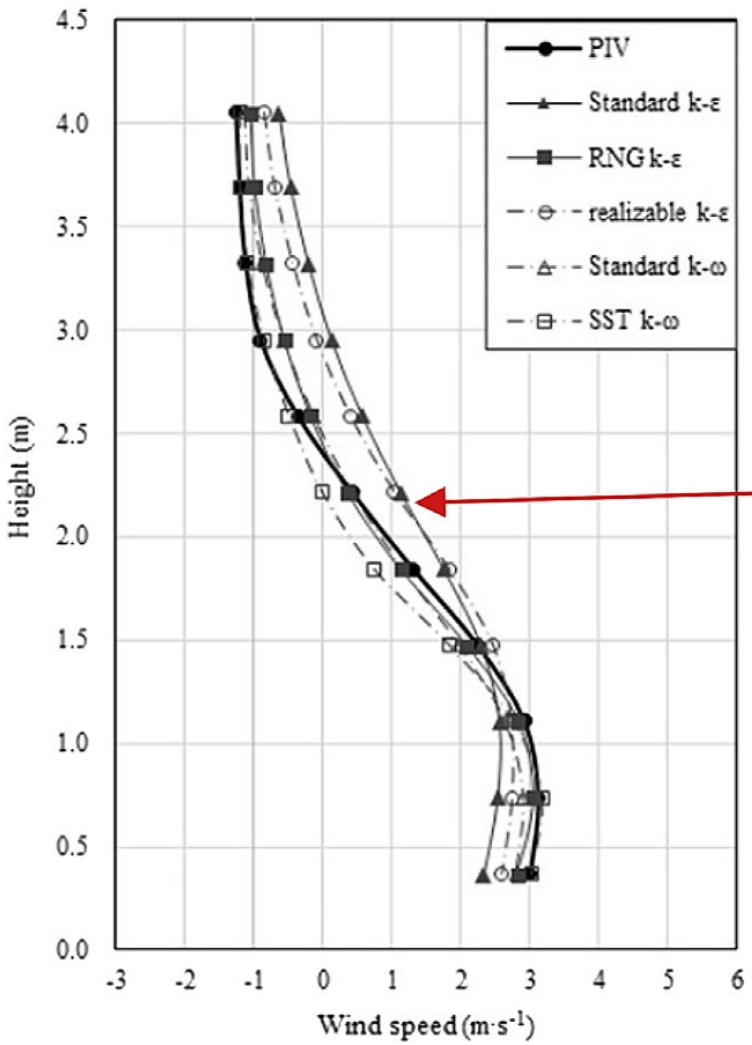

## TEMPERATURA



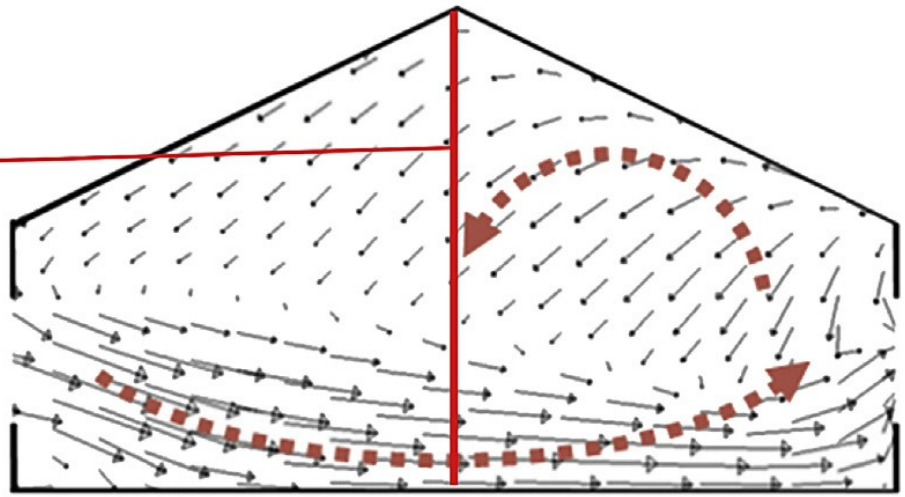

## UMIDITA'

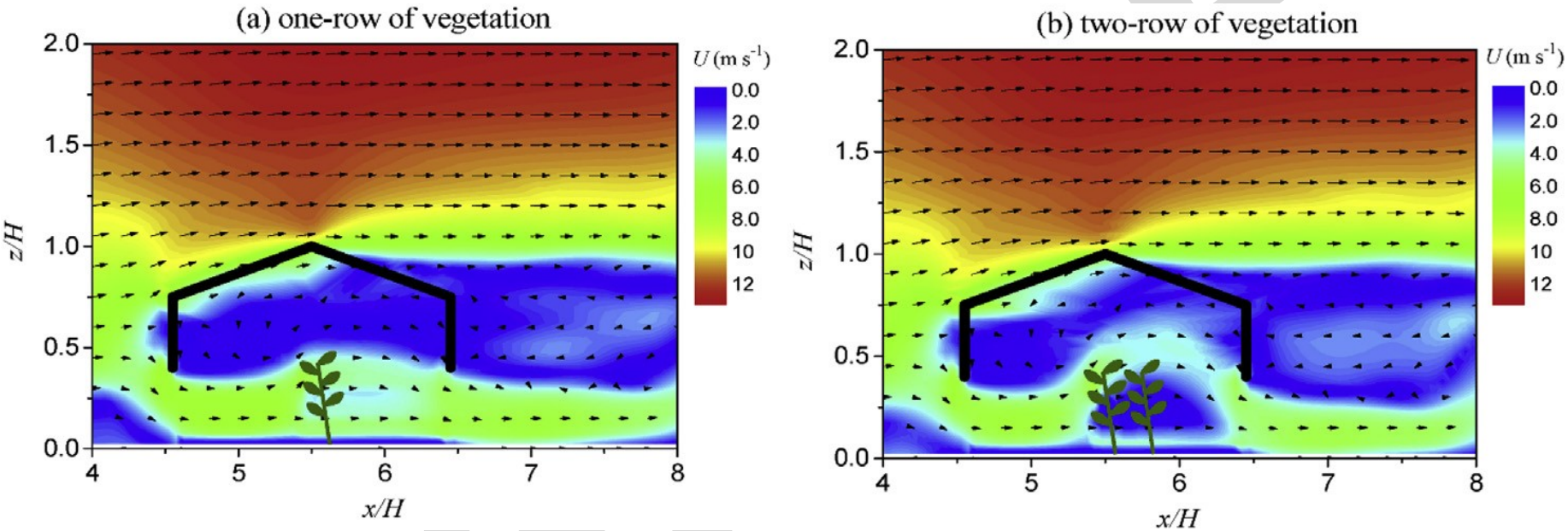



(He et al., 2015)

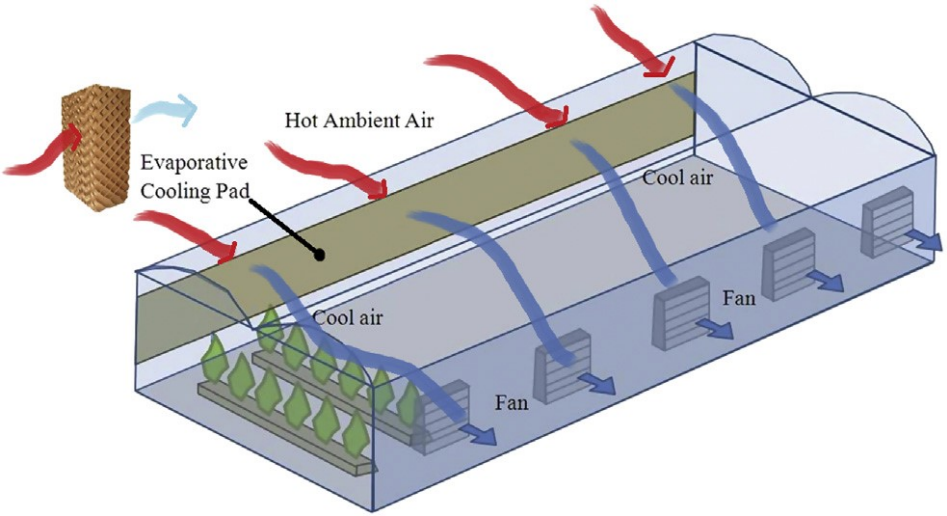


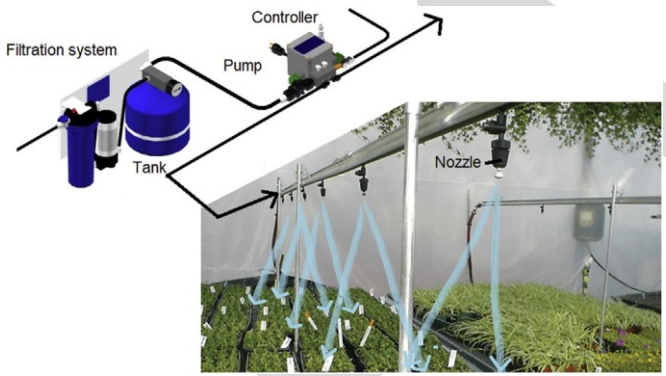

Turbulence model tests for the air speed distribution in the naturally ventilated greenhouse (Lee et al., 2018).






Comparison of the effect of rows of vegetation on the cross-flow ventilation in a single span greenhouse (Chu et al., 2017).

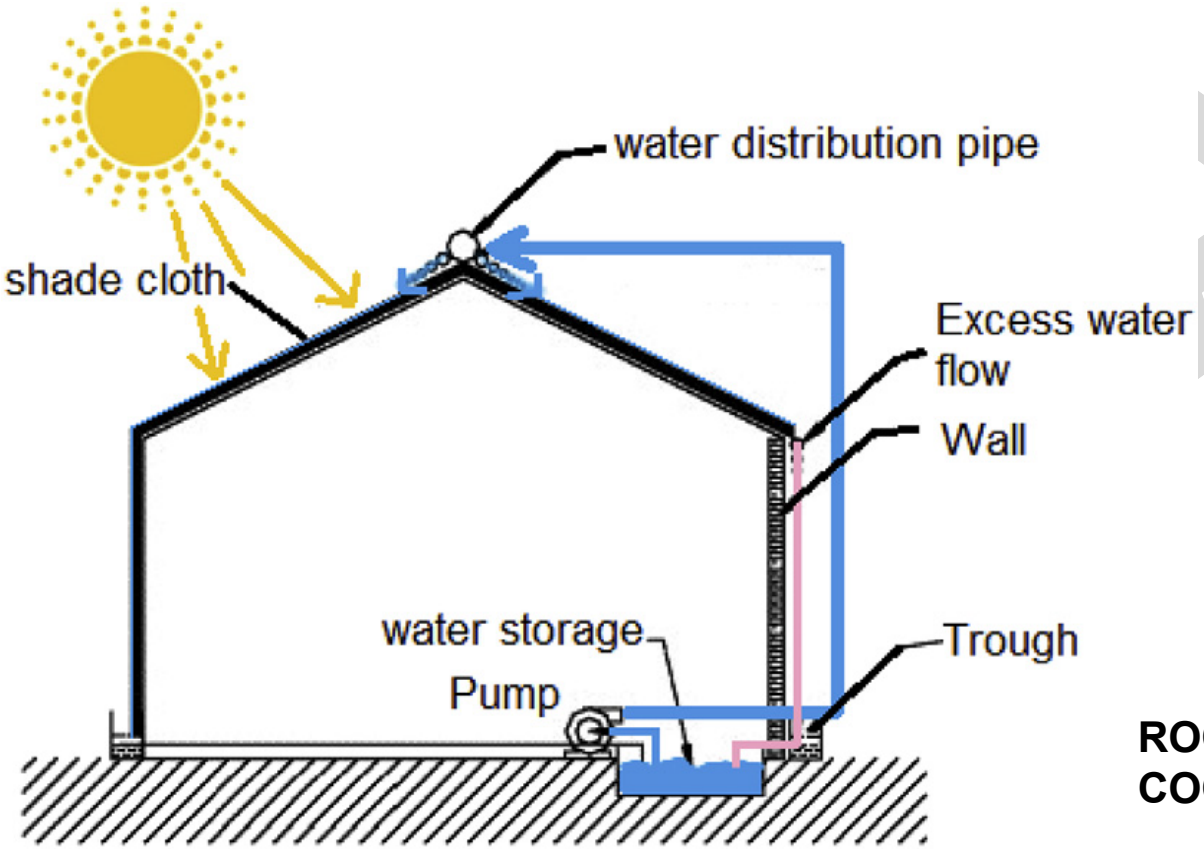



Schema di installazione di un sistema di nebulizzazione o nebulizzazione in serra

- spessore medio del pannello dovrebbe essere 100 e 200 mm.
- area del pannello dipende dalla portata d'aria necessaria per il raffreddamento
- Sistema
- velocità media di ingresso tra 0,75 e 1,5 m $s^{-1}$.
- L'area del pannello circa 1 $m^2$ per 20-30 $m^2$ di serra.
- distanza massima da ventola a pannello dovrebbe essere 30-40 m.
- distanza massima tra i fan dovrebbe essere tra 7.5-10 m, ventilatori non devono scaricare verso i pannelli di una serra adiacente a meno di 15 m di distanza

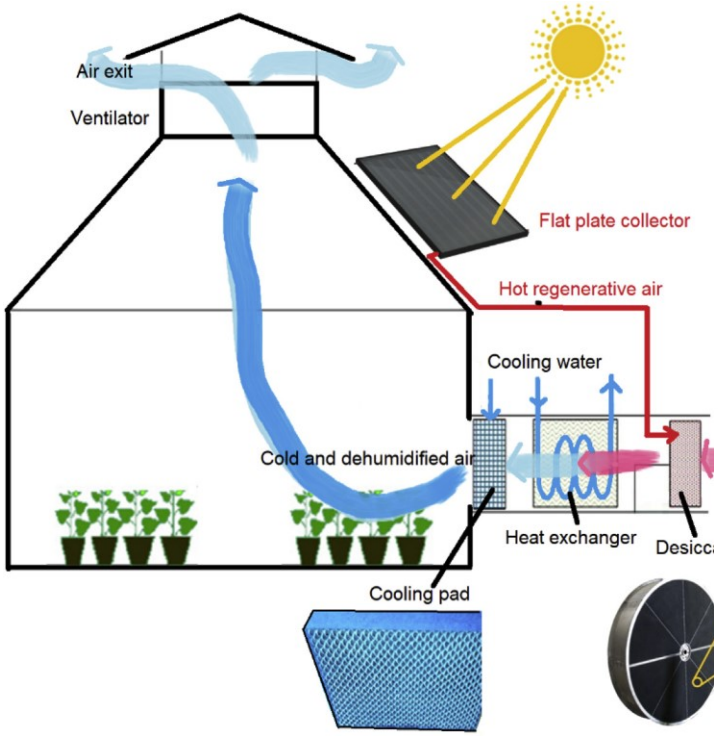
(Ghoulem et al., 2019)




**ROOF EVAPORATIVE COOLING**

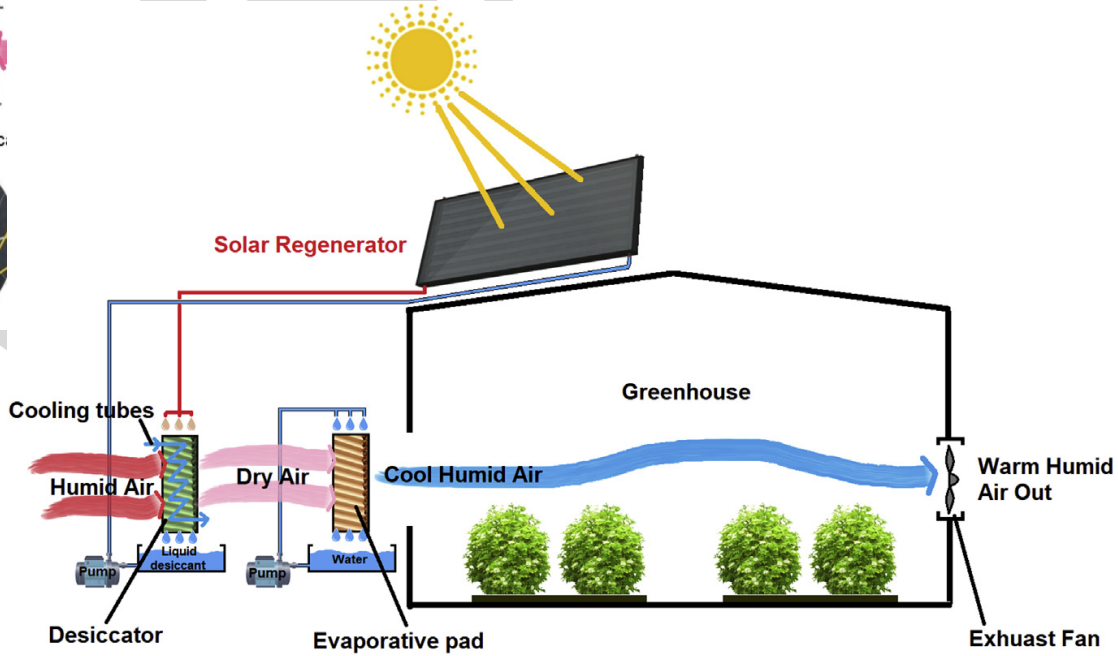
Temperatura ridotta da 2° a 6°C (Ghosal, 2003)

Elevati consumi idrici (Helmy et al., 2013)

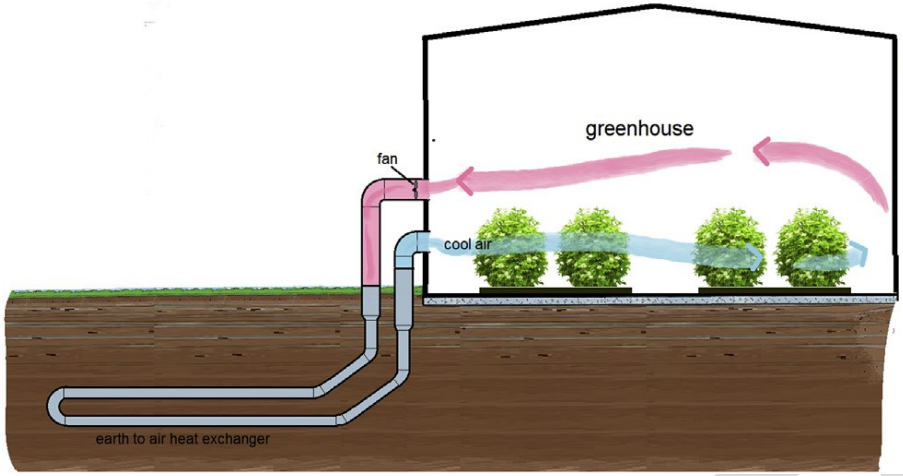



Temperatura ridotta da 5,5° a 7,5°C (Lychnos e Davies, 2012)

Energia solare di supporto alla rigenerazione del liquido diseccante



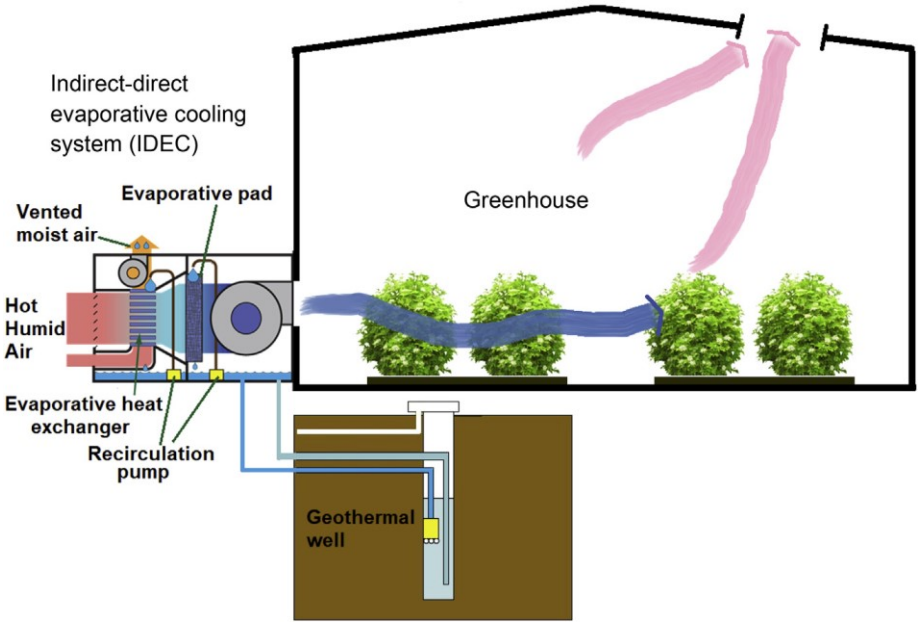

## COOLING A SUPPORTO SOLARE CON DISSECCATORI




Schema di una serra chiusa con sistema di tunnel di raffreddamento sotterraneo

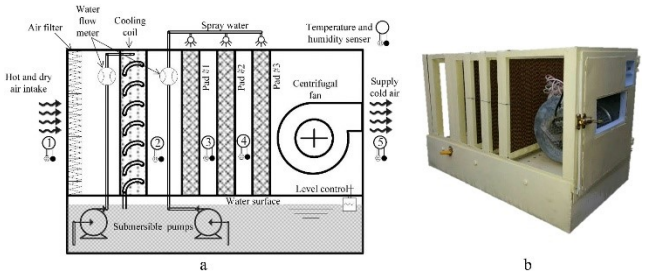
T°C < 4.2°C

Efficienza energetica tra 50% e 63% (Ozgener et al , 2010; Ceylan et al., 2016)




Schema di un sistema di raffreddamento evaporativo indiretto-diretto e pozzo geotermico per serre in climi caldi

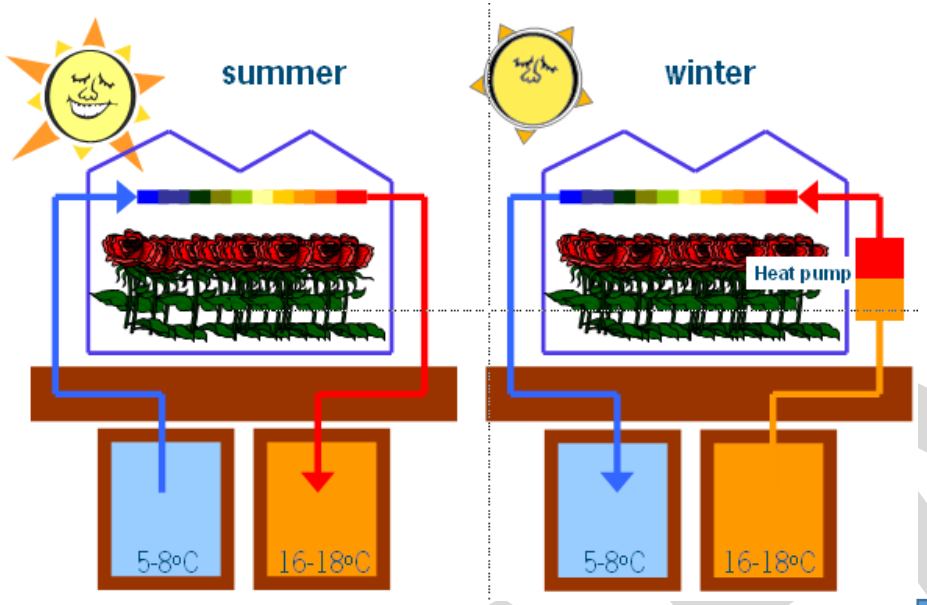
Indirect-direct evaporative cooling (IDEC) (Aljubury e Ridha, 2017)

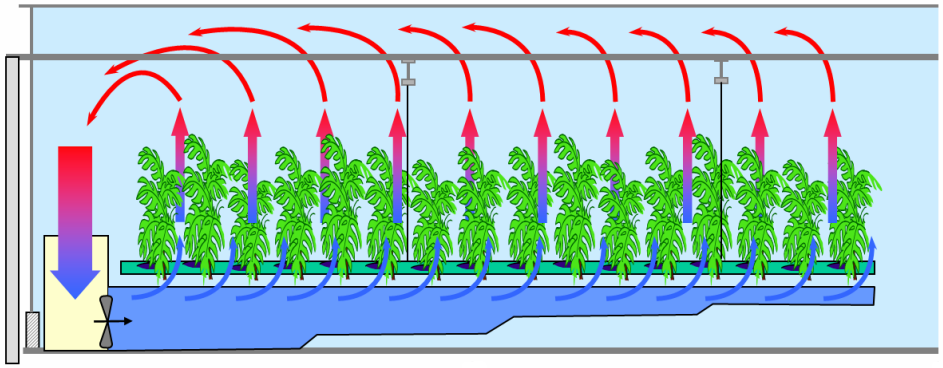


# Climate Control System

# How does it work ?

# SERRE CHIUSE

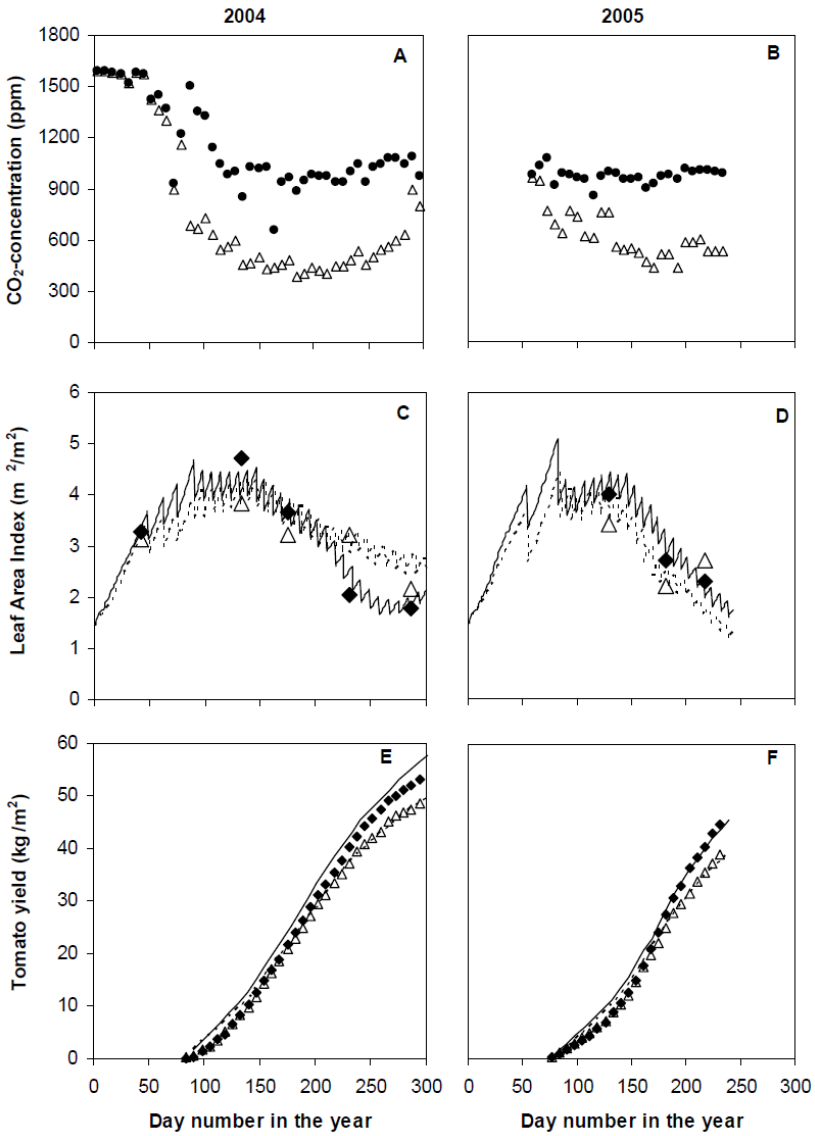


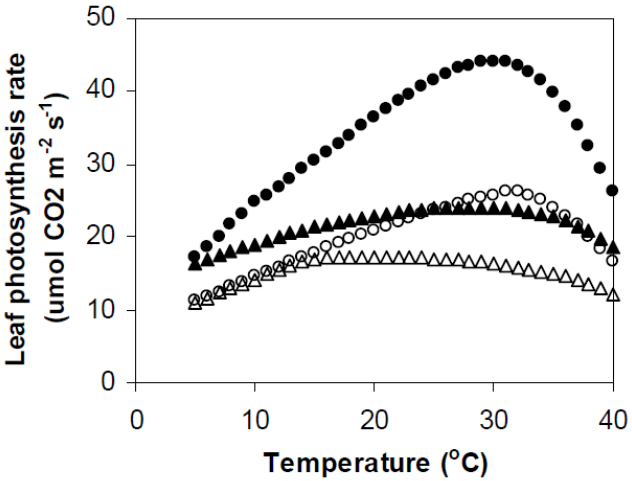



es. condizioni Olanda

Heuvelink et al., 2008

# SERRE CHIUSE

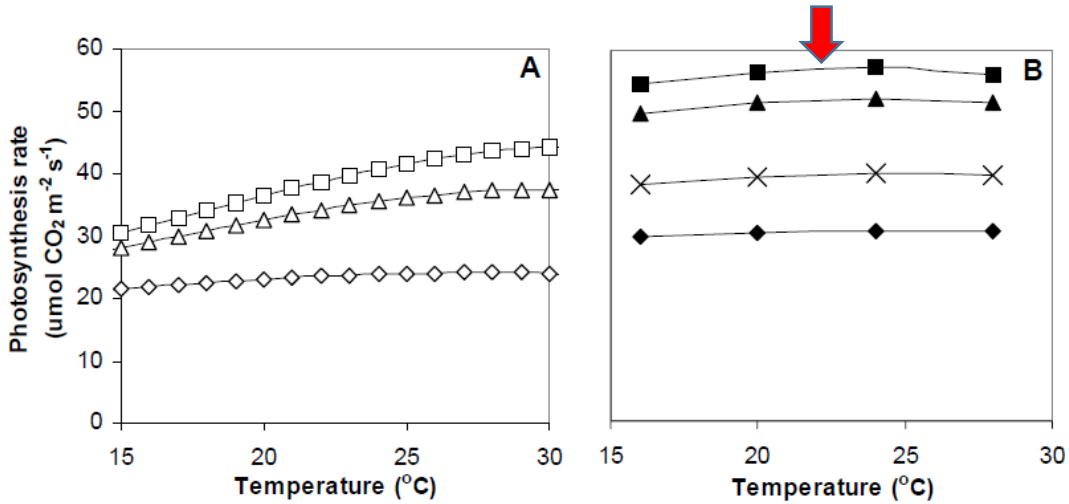



Simulated temperature response of leaf gross photosynthesis at different levels of absorbed PAR (Photosynthetic Active Radiation (µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$: Δ,▲ 460; ❍,● 1380) and at different $CO_2$-levels (ppm: Δ,❍ 350; ▲,● 1000).

$CO_2$-concentration (A,B), Leaf Area Index (C,D) and tomato fresh yield (E,F) for closed and conventional greenhouses in 2004 (A,C,E) and 2005 (B,D,F). Measurements (Δ conventional; ◆ closed) and simulation (- - - conventional; ——— closed).

Heuvelink et al., 2008




Simulated influence of temperature on leaf gross photosynthesis (A) and crop gross photosynthesis (B) at 1000 ppm $CO_2$ and different levels of absorbed PAR (Photosynthetic Active Radiation (µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$; ◊ 460; Δ 920; □ 1380; ◆ 500; × 690; ▲ 980 ; ■ 1100).

- La fotosintesi fogliare mostra una risposta alla temperatura molto più forte rispetto alla fotosintesi delle colture (16-24 ° C)
- > temperatura della serra → < dimensioni dei frutti,
- quindi la temperatura economicamente ottimale in una serra chiusa dipende principalmente dai costi di investimento per la capacità di raffreddamento

- L'aumento della resa annuale dei pomodori osservato e previsto in una serra chiusa è stato di circa il **17%** rispetto a una serra convenzionale → causato dalle maggiori concentrazioni di $CO_2$ in estate.
- In una serra chiusa è possibile mantenere una densità del fusto più elevata per ottenere lo stesso peso medio (dimensione) del frutto di una serra convenzionale
- Aprire i ventilatori in caso di elevata temperatura (serra semichiusa) → < $CO_2$ temporanea riduce sostanzialmente i costi di investimento in capacità frigorifera.
- La situazione economica ottimale dipende dal compromesso tra costi di raffreddamento e la perdita di rendimento.

**Table 3 – Summary of greenhouse design features and cooling technologies in Europe and America.**

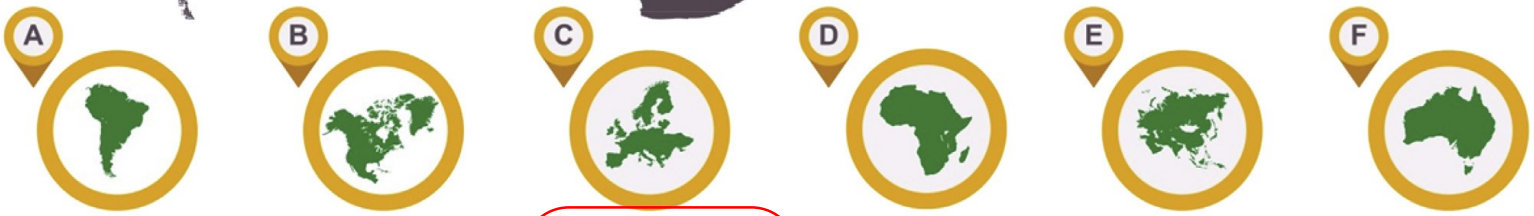
| Technology | Methodology | Location | Climate | Advantages | Limitations | Performance parameters/Design factors | Performance | Cooling | Humidity control | References |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Different colored shade-nets | Variation of relative shading intensities | Moravac near Aleksinac, Serbia | Mild with high solar radiation | • wind damage to the crop is reduced by more than 50% by restricting air movement | • Temperature decrease limited to 3 °C | • Solar radiation<br>• Photosynthetically active radiation<br>• Lycopene and β-carotene content | • Improvement of productivity by alleviating temperature extremes | • Yes | • Yes | Ilic et al. (2012) |
| Rotative photovoltaic panels and reflective aluminium mirrors, with mechanical and natural ventilation | Energy balance equation | Lazio, Italy | Warm Mediterranean | • Shading can be adjusted depending on weather conditions and crops requirements<br>• The reflected solar is recovered | • Cannot lower maximum solar radiation | • Temperature<br>• Relative humidity<br>• Solar radiation<br>• Shading percentage<br>• Energy flow<br>• Photovoltaic energy production | • Decrease of minimum solar radiation by 600 W $m^{-2}$ | • Yes, adjusted to maintain inside temperature at 26 °C | • Yes, can lower the relative humidity by 15% | Marucci and Cappuccini (2016) |
| Solar cooling plant with absorption cooling machine | Dynamic simulation model developed using Matlab-Simulink | Bari, Southern Italy | Mediterranean with high solar radiation | • The cooling power is not provided for the entire volume of the greenhouse, but only for the air volume surrounding the crop | • Requires important amount of water | • Temperature<br>• Relative humidity<br>• Cooling capacity | • Important energy saving<br>• Reduction of primary energy consumption | • Yes, can be maintained to the required levels for all period | • Yes | Campiotti et al. (2016) |

**Table 3 – Summary of greenhouse design features and cooling technologies in Europe and America.**

| Technology | Methodology | Location | Climate | Advantages | Limitations | Performance parameters/Design factors | Performance | Cooling | Humidity control | References |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fan-pad system supplied by photovoltaic panels | Mathematical model that predicts the greenhouse temperatures and ventilation rates | Chapingo, State of Mexico, Mexico | Oceanic with pleasant summer and mild winter | • Cheap photovoltaic system<br>• Energy saving | • Cannot control temperature if the solar radiation is greater than 450 W/m$^2$ | • Temperature<br>• Relative humidity<br>• Solar radiation<br>• Ventilation rate | • Can generate up to 10,533 kWh per year for a 1500 m$^2$ greenhouse | • Yes, can maintain temperature below 25 °C | • Yes | Romantchik et al. (2017) |
| Naturally ventilated greenhouse with a polypropylene mulch covering the soil | Semi-empirical dynamic model validated using experimental data | Almeria, Spain | Mediterranean | • Simple technology | • Discrepancies of the model during spring at noon | • Air temperature<br>• Ventilation rate<br>• Wind speed<br>• Solar radiation | • Energy saving | • Yes | • Not available | Reyes-Rosas et al. (2017) |
| Naturally ventilated greenhouse equipped with a mist system | Thermal model | Volos, Eastern Greece | Mild Mediterranean with low humidity | • High evaporative cooling potential<br>• Can provide comfortable conditions for crops | • Cannot lower temperature to low values | • Temperature<br>• Relative humidity<br>• Transpiration rate<br>• Air vapour pressure deficit | • Evaporative cooling potential of 245 W per m$^2$ | • Yes | • Yes, adjusted to maintain relative humidity above 75% | Kastoulas et al. (2001) |

**Table 3 – Summary of greenhouse design features and cooling technologies in Europe and America.**

| Technology | Methodology | Location | Climate | Advantages | Limitations | Performance parameters/Design factors | Performance | Cooling | Humidity control | References |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fog cooled greenhouse | Experimental study | Arta, Western Greece | Mild Mediterranean | • Enhancement of the mean crop weight and the percentage of marketable crops | • Limited temperature decrease | • Temperature<br>• Relative humidity<br>• Transpiration rate<br>• Air vapour pressure deficit | • Vapor pressure deficit was about 45% lower under fog than under no fog conditions | • Yes, adjusted to maintain temperature below 26 °C | • Yes, adjusted to maintain relative humidity above 80% | Kastoulas et al. (2006) |
| Air conditioning system with heat storage system and a fine wire heat exchanger | Numerical matrix based model – CFD model | Wageningen, The Netherlands | Temperate oceanic | • Energy saving<br>• Cost effective | • Only 40% of the hot stored cooling water can be extracted | • Air temperature<br>• Relative humidity<br>• Heat transfer coefficient<br>• Cooling capacity | • Cooling capacity of 20 kW | • Yes, can lower air temperature to 25 °C | • Yes, can maintain relative humidity below 90% | Bakker et al. (2006) |
| Fan pad evaporative cooling system | Wind tunnel measurements, constant water flow rate | Aarhus, Denmark | Humid continental | • Simple technology<br>• Low energy consumption | • Cooling efficiency decreases when air speed and pump-on time increase | • Air speed<br>• Pump-on time<br>• Cooling efficiency<br>• Air temperature | • Cooling efficiency up to 69.2% | • Yes, can lower air temperature by 10 °C | • Yes | Rong et al. (2017) |
| Roof cooling system using direct evaporation from a porous layer | Experimental study | Manchester, United Kingdom | Temperate oceanic | • Low energy consumption<br>• Simple technology | • No humidity control | • Surface temperature<br>• Relative evaporation rate<br>• Radiation flux<br>• Cumulative mass loss | • Relative evaporation rate up to 1.2 | • Yes, can lower air temperature by 5 °C | • No | Shokri Kuehni, Bou-Zeid, Webb and Shokri (2016) |
| Naturally ventilated greenhouse equipped with screens | Numerical study | Bologna, Italy | Hot | • Uniform air velocity distribution inside the greenhouse<br>• Simple technology | • No humidity control | • Air velocity<br>• Vents openings<br>• Greenhouse height | • Not available | • Yes, can lower air temperature | • Not available | Santolini et al. (2018) |




**South America**

**Reviewed key technologies:** Fan-pad system supplied by photovoltaic panels

**North America**

**Key technologies:** Green roof with radiant cooling system

**Europe**

**Key technologies:** Fan-pad, roof cooling, fog cooling, natural ventilation combined with a mist system, photovoltaic panels with natural ventilation and natural ventilation with screens

**Africa**

**Key technologies:** Fan-pad, natural ventilation, ground system

**Asia**

**Key technologies:** Natural ventilation, mechanical system, roof cooling, solar-hybrid system, fan-pad combined with shading mechanisms, ground system, indirect-direct evaporative cooling, desiccant system, solar system, fogging system

**Australia**

**Key technologies:** Hybrid direct evaporative cooler

Miglioramento del controllo automatico del clima con tecniche di supporto decisionale per ridurre al minimo gli effetti di malattia nei pomodori in serra

Strutture in serra utilizzate per gli esperimenti in questo studio. Da sinistra a destra e dall'alto verso il basso: Serra, sensore $CO_2$, radiazione solare e PAR, sistema di riscaldamento, radiazione solare e PAR all'interno della serra e nei filari di pomodoro

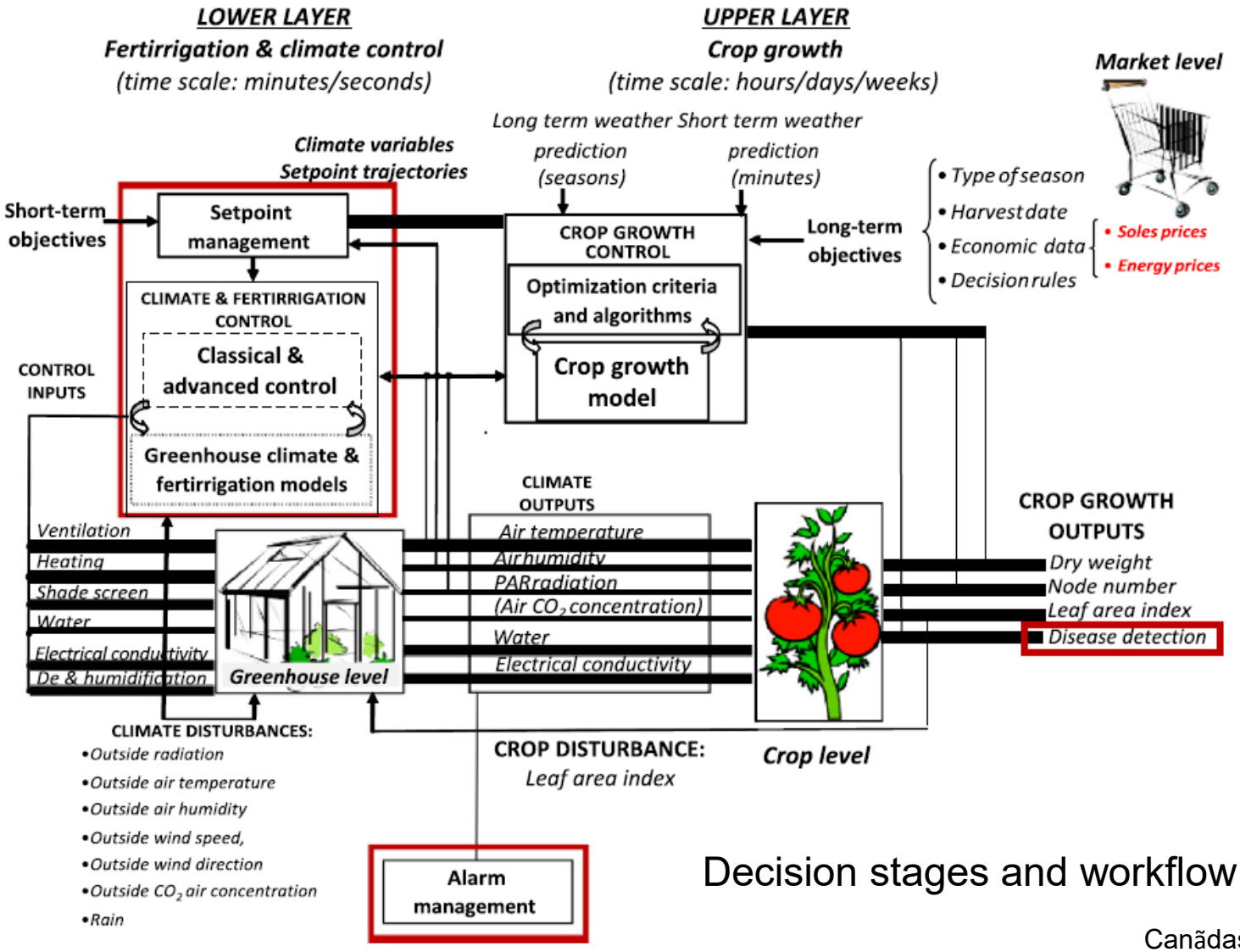
Canãdas et al., 2017

**Table 1 – Main diseases for which ventilation is used as a preventive control.**

| Disease | Causal agent | Species | Symptoms | Preventive control | Crops |
|---|---|---|---|---|---|
| Alternariosis | *Alternaria spp* | Fungus | Leaves: Brownish spots, yellowish rounded concentric edges | Ventilation | Several |
| Gray mold | *Botrytis cinerea Pers.* | Fungus | Soft gray rot of leaves, stems and fruit especially in wounds, cuts, etc. | Ventilation and irrigation | Several |
| Pepper blight | *Phytophthora capsici sp. Leonina* | Fungus | Irreversible wilt of the aerial part of plant. Swelling of roots and cankers at crown | Ventilation and irrigation | Pepper and tomato |
| Soft rot | *Erwinia carotovora pv. carotovora* | Bacteria | Water rot and soft rot with distinctive odor | Ventilation and irrigation | Several |
| Oidiopsis | *Leveillula taurica* | Fungus | White powdery rot that turns yellow on surface, white on the lower side of leaf | Ventilation | Several |
| Black rot | *Xantomonas campestris p.v. vesicatoria* | Bacteria | Small spots with yellow edges, translucent with brown center | Ventilation and irrigation | Several |
| Mildew terrestre | *Phytophthora nicotianae* | Fungus | Damage to crown causing wilting, and even death | Ventilation and irrigation | Several |
| Black spot | *Pseudomonas syringae* | Bacteria | Small black spots surrounded by a yellow halo | Ventilation and irrigation | Several |
| Gummy stem canker | *Didymella bryoniae* | Bacteria | Round brownish spots on cotyledons | Ventilation and irrigation | Tomato and melon |
| Mildew | *Pseudoperonospora cubensis* | Fungus | Yellow spots in rings limited by the nerves | Ventilation | Cucurbitaceas |

Canãdas et al., 2017

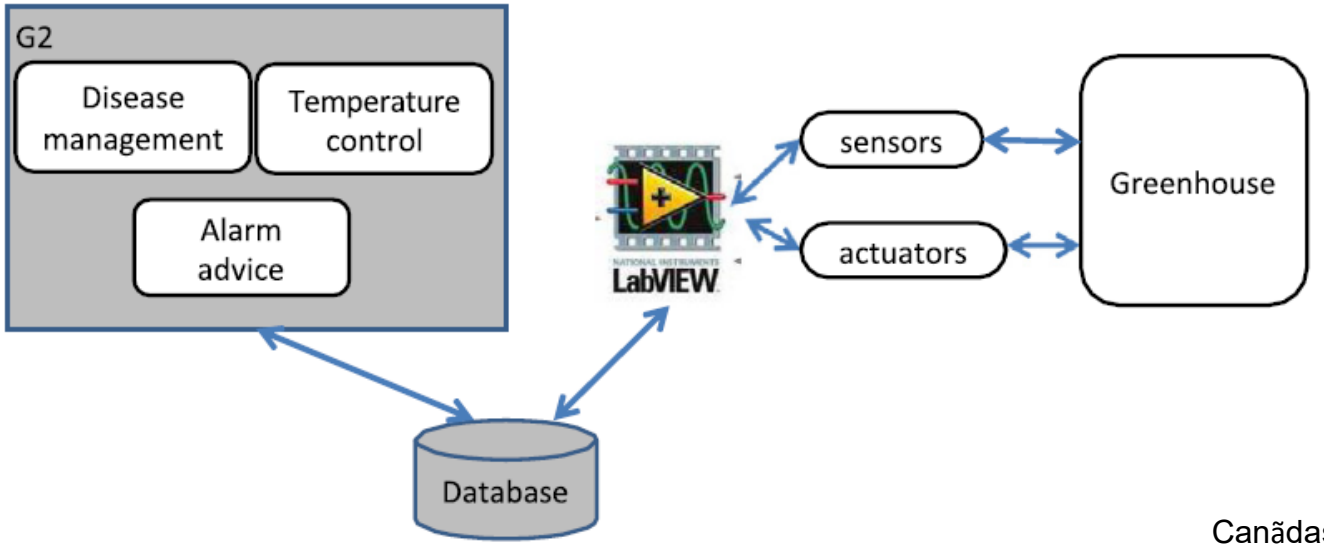
# DSS – DECISION SUPPORT SYSTEMS




Decision stages and workflow

Canãdas et al., 2017

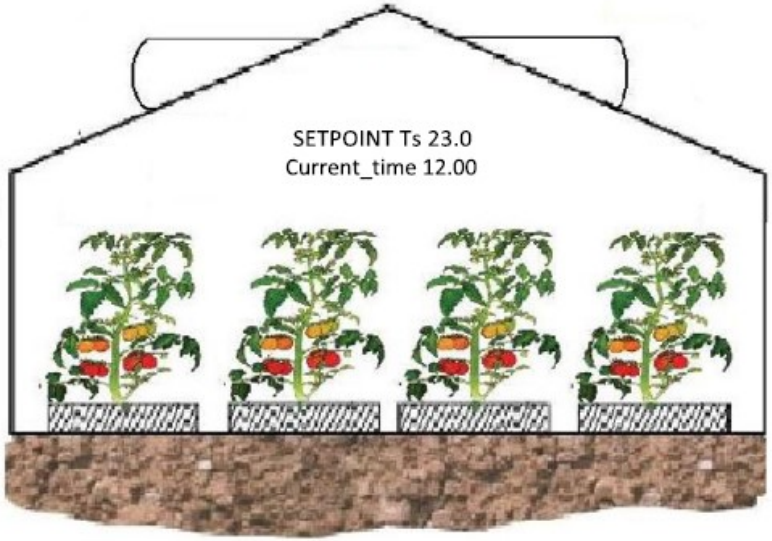
1. Sistema di avviso di allarme. La fase di supervisione allarmi rileva e diagnostica i guasti nei vari sensori utilizzati per il controllo della coltivazione, e prende decisioni in base al guasto rilevato, riconfigurando il sistema affinché continui a funzionare.
2. Sistema di controllo della temperatura. Lo stadio di controllo è progettato come un sistema basato su regole e agisce direttamente sugli attuatori installati nella serra, controllando i parametri climatici (temperatura).
3. Sistema di gestione delle malattie. La fase strategica di gestione della malattia prende i dati da campioni di parassiti e malattie rilevati sulla coltura, modificando i parametri climatici per ridurre al minimo la proliferazione degli agenti nocivi e il loro effetto sulla coltura.




Canãdas et al., 2017

# DSS – DECISION SUPPORT SYSTEMS

Outdoor temperature sensor
Outdoor relative humidity sensor
Outdoor wind speed sensor
Outdoor PAR radiation sensor
Outdoor Global radiation sensor
Outdoor $CO_2$ sensor
Outdoor wind direction sensor
Rainfall detector




Indoor temperature sensor
Indoor relative humidity sensor
Indoor wind speed sensor
Indoor PAR radiation sensor
Indoor global radiation sensor
Indoor $CO_2$ sensor

ALARM Outdoor temperature 16.0
ALARM Outdoor relative humidity 47.46
ALARM Outdoor wind speed 5.14
ALARM Outdoor PAR radiation 448.29
ALARM Outdoor global radiation 879.0
ALARM Outdoor $CO_2$ 384.0
ALARM Outdoor wind direction 220.26
ALARM Rainfall 0.0

PLANT
tomato

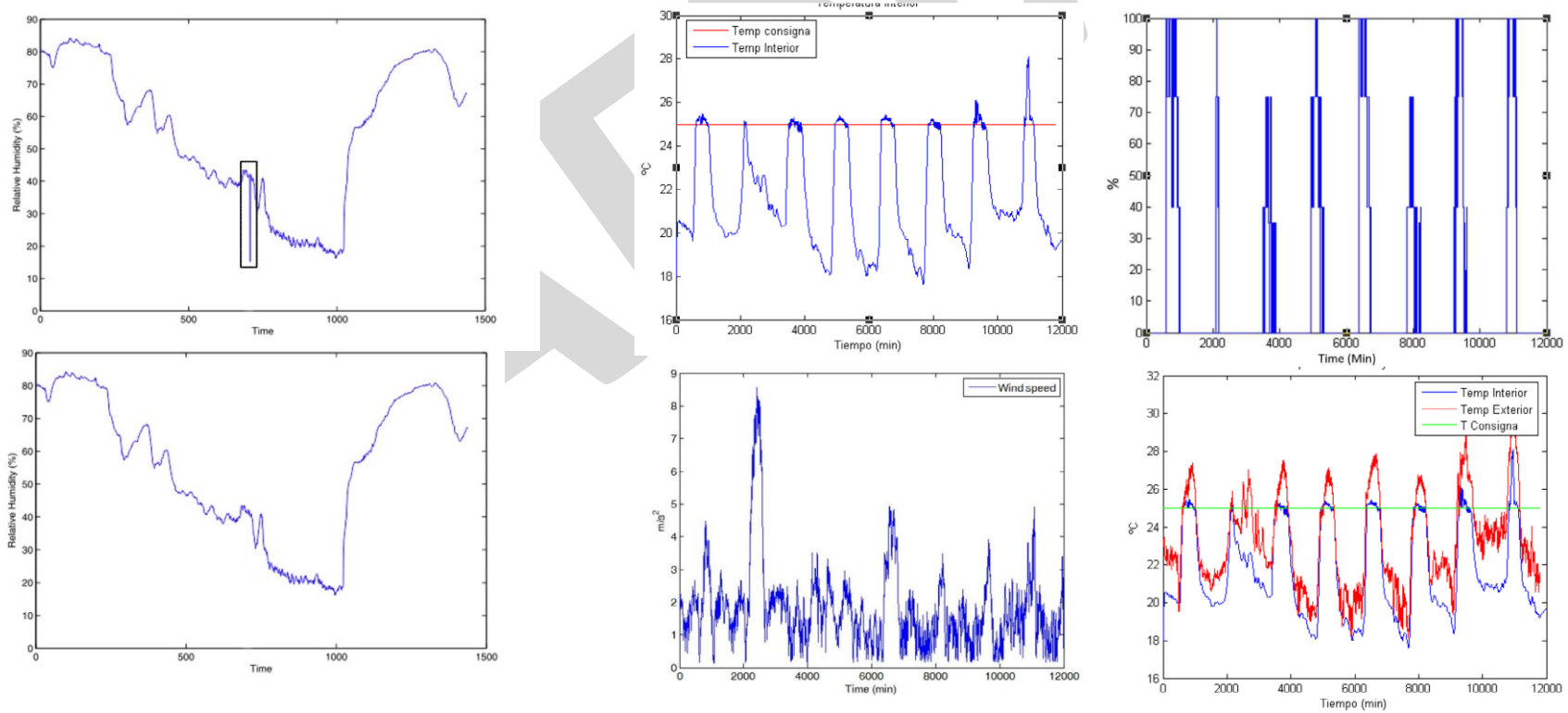
DISEASE SOLUTION
botrytis

ALARM COLOR KEY
Alarm critically over
alarm warning over
alarm warning under
alarm critically under

ALARM Indoor temperature 21.2
ALARM Indoor relative humidity 75.01
ALARM Indoor wind speed 0.0
ALARM Indoor PAR radiation 318.29
ALARM Indoor global radiation 624.09
ALARM Indoor $CO_2$ 302.0

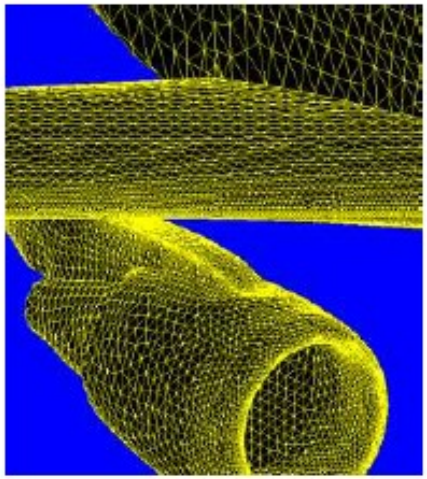
Canãdas et al., 2017

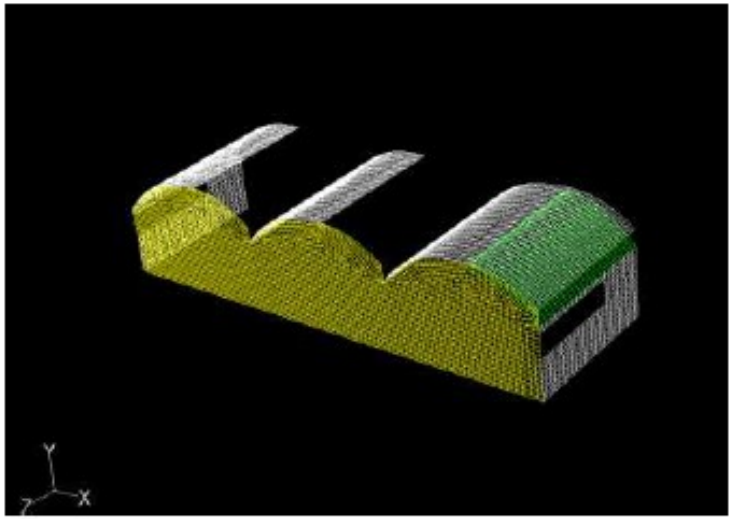
- feasibility of decision support systems in supplementing automated control systems for intensive knowledge tasks where the variables decisively influence crop growth.
- The developed system assists growers in decision-making, providing additional real-time information to the climate control systems as well as a variety of solutions to problems that arise in the automated monitoring of climate conditions during the growing period.
- The alarm supervision stage identified failures in the climate sensors, providing a diagnosis that assisted the grower in understanding the nature of the error.

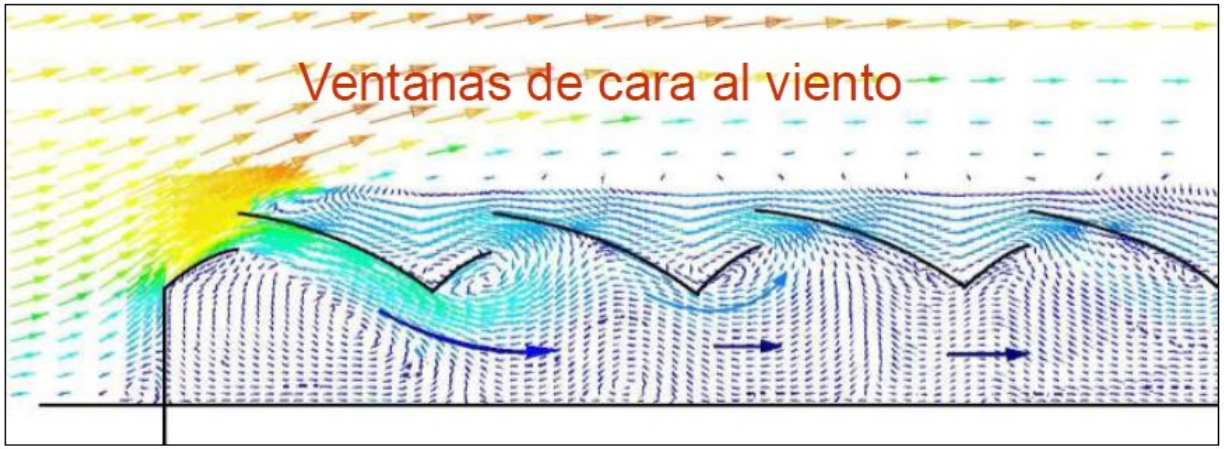


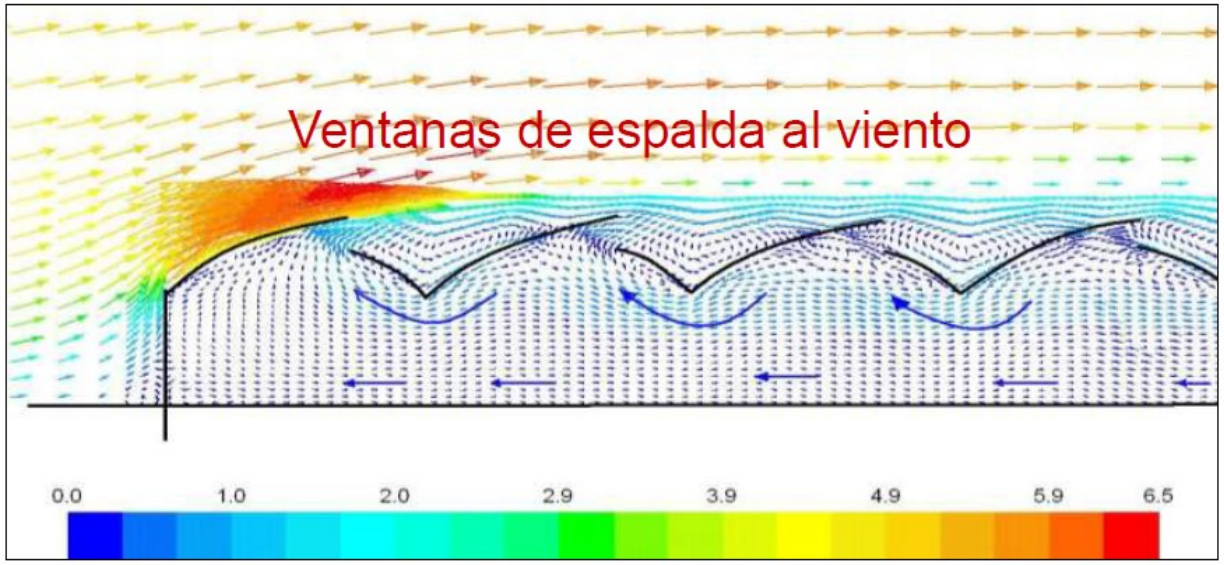
# Computational fluid dynamics(CFD)

**APPLICATIONS: IN ALL DISCIPLINES WHERE FLUIDS MOVING, INCLUDING ENERGY EXCHANGE, MULTIPHASE FLOWS, COMBUSTION, ETC**



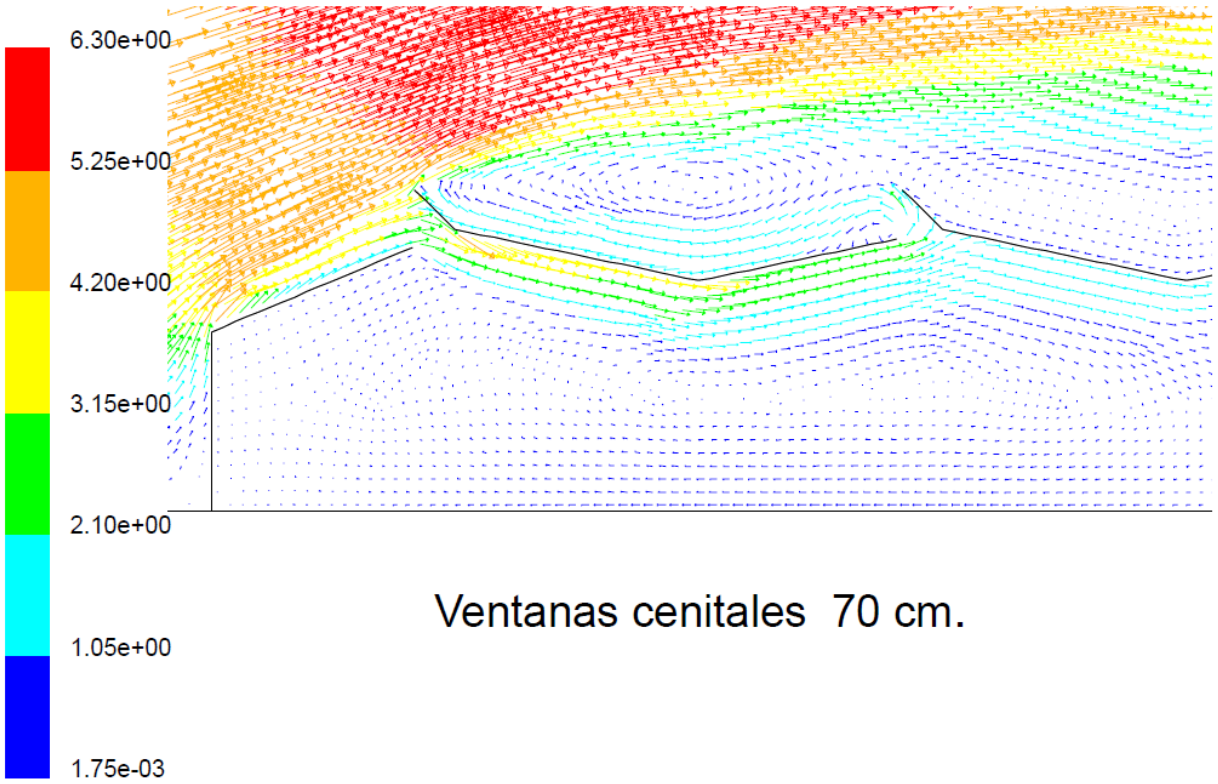





Montero et al.

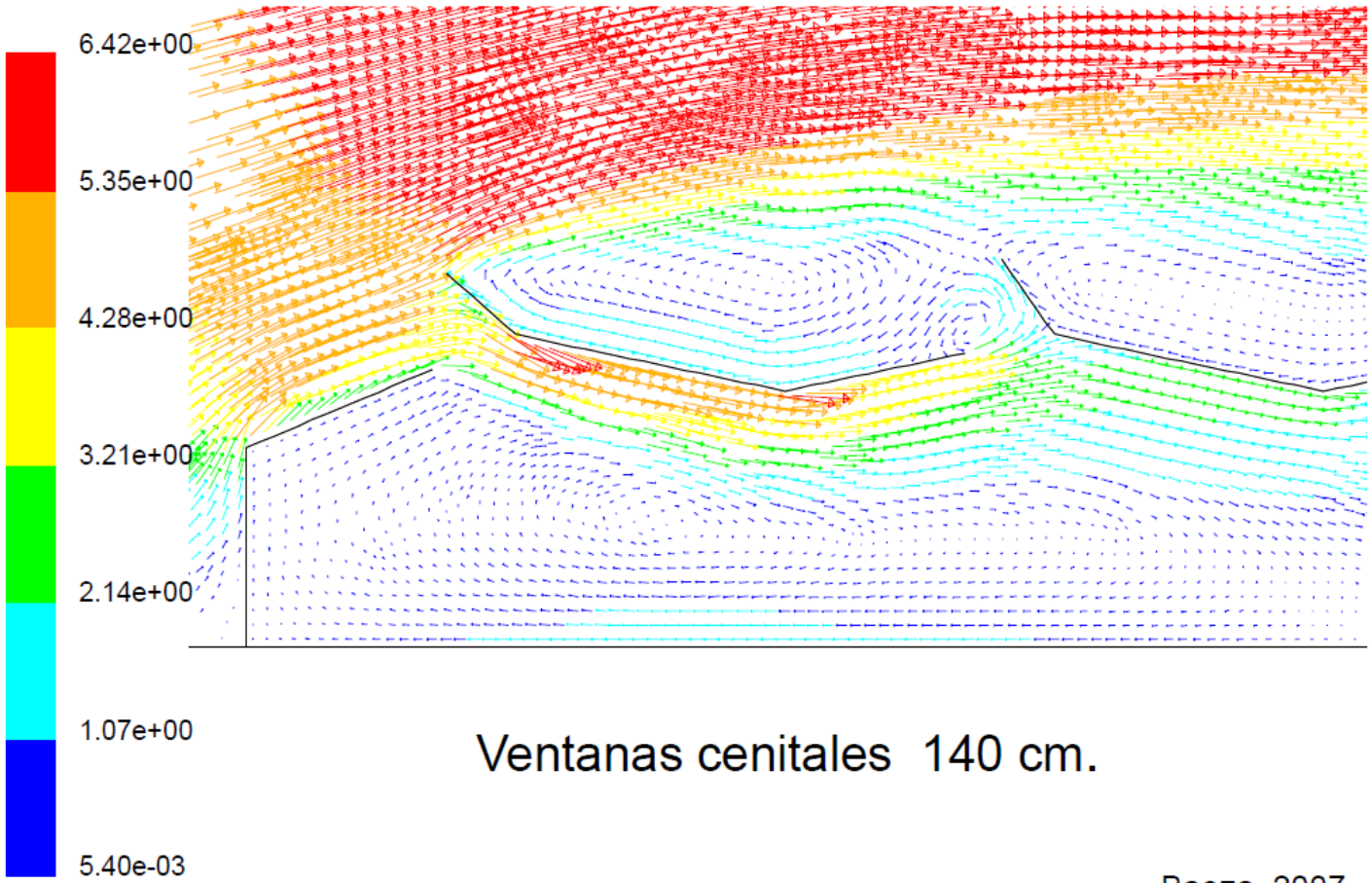
Tamaño de las ventanas cenitales




Ventanas cenitales 70 cm.

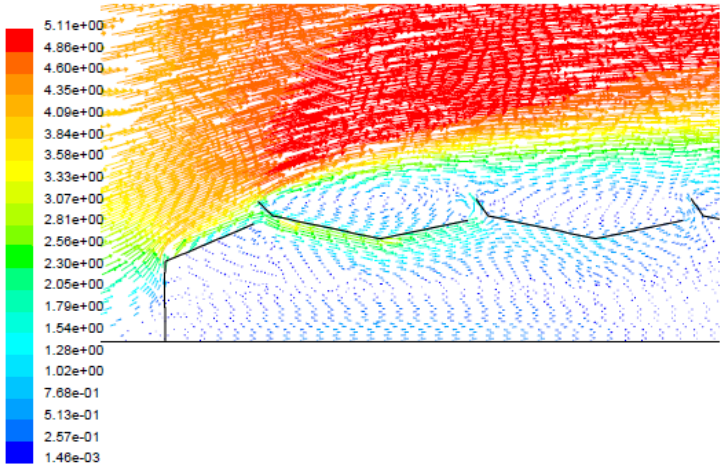
Baeza, 2007

# Tamaño de las ventanas cenitales

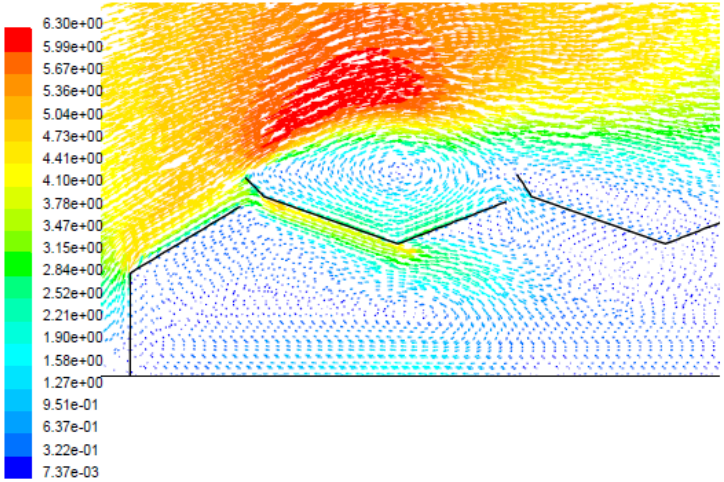



Ventanas cenitales 140 cm.

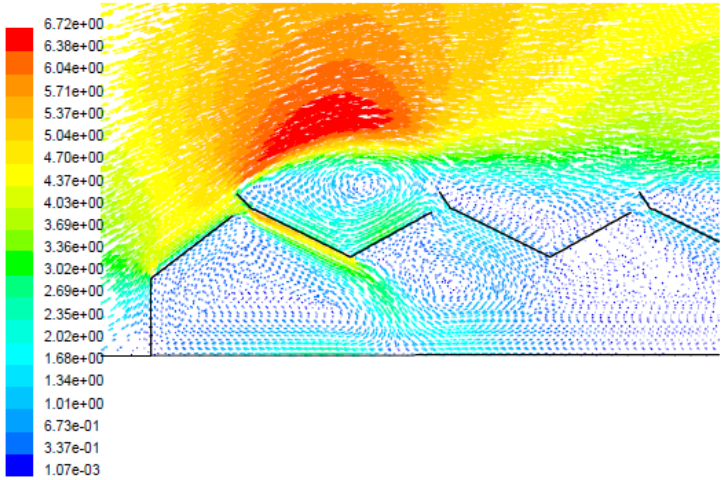
Baeza, 2007



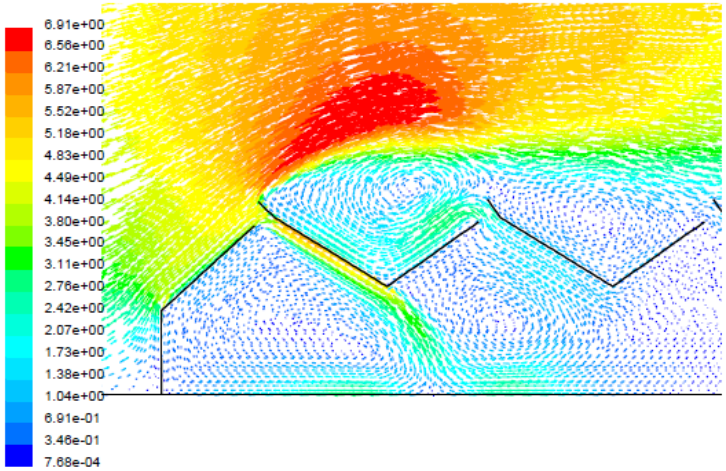

ESTÁNDAR 12º



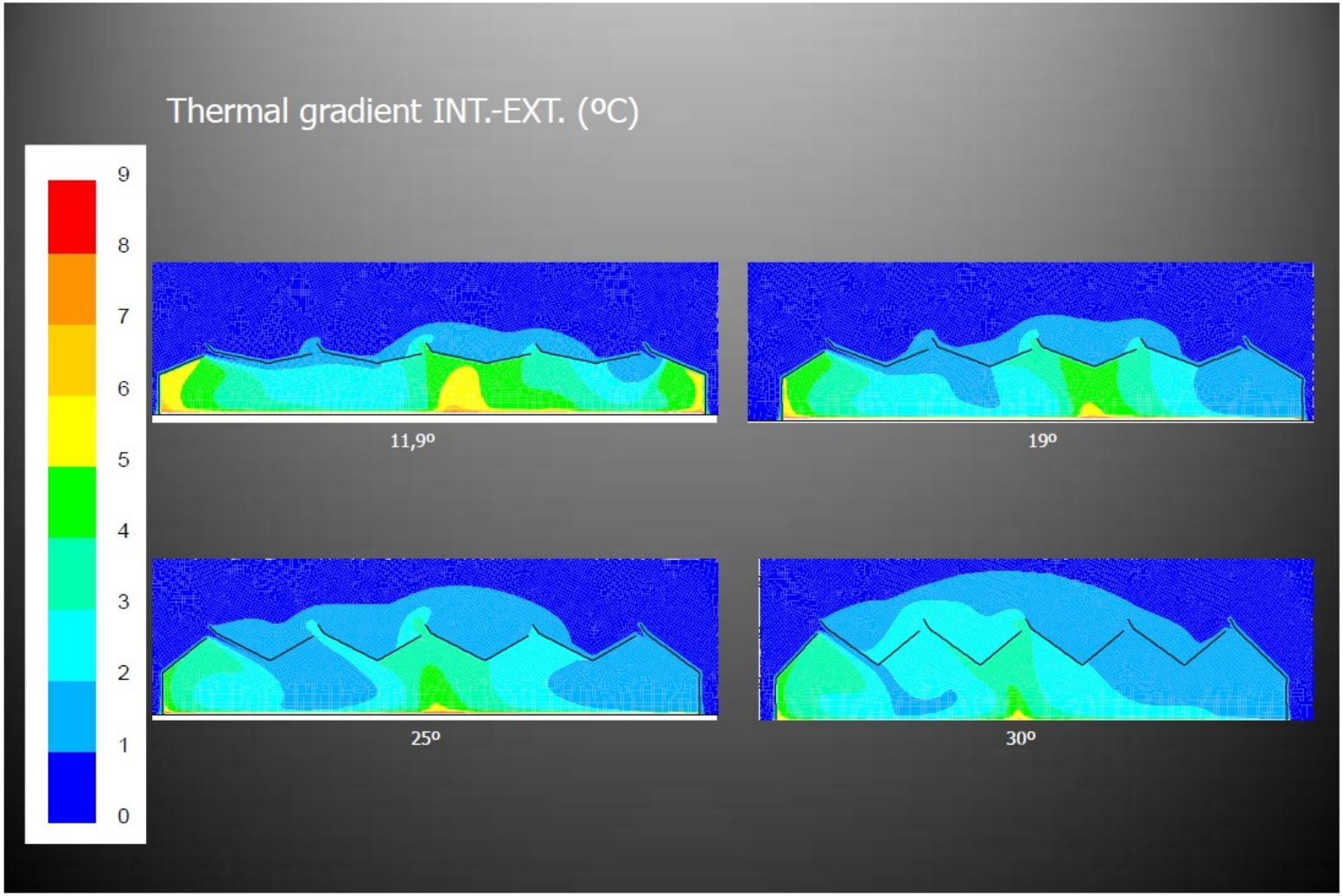

19º



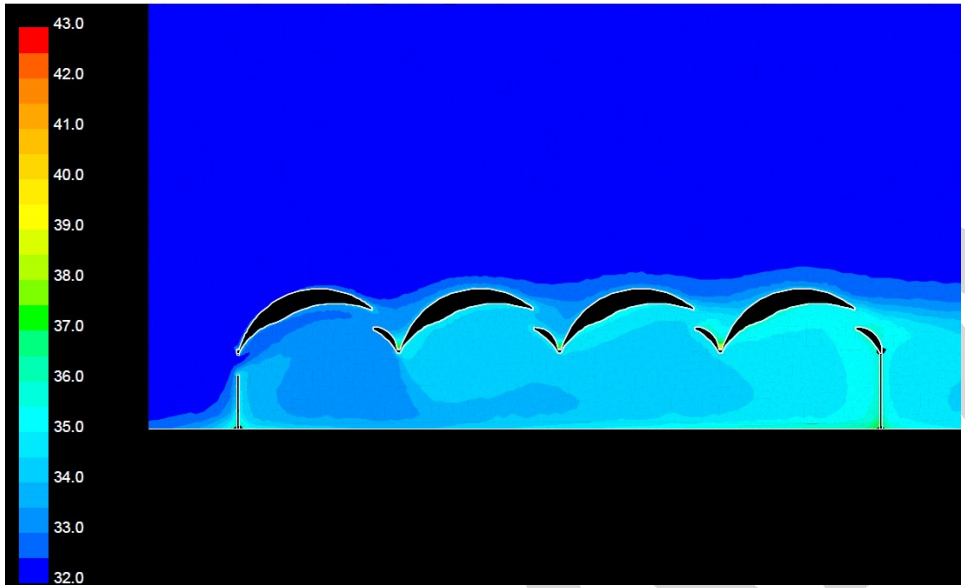

25º



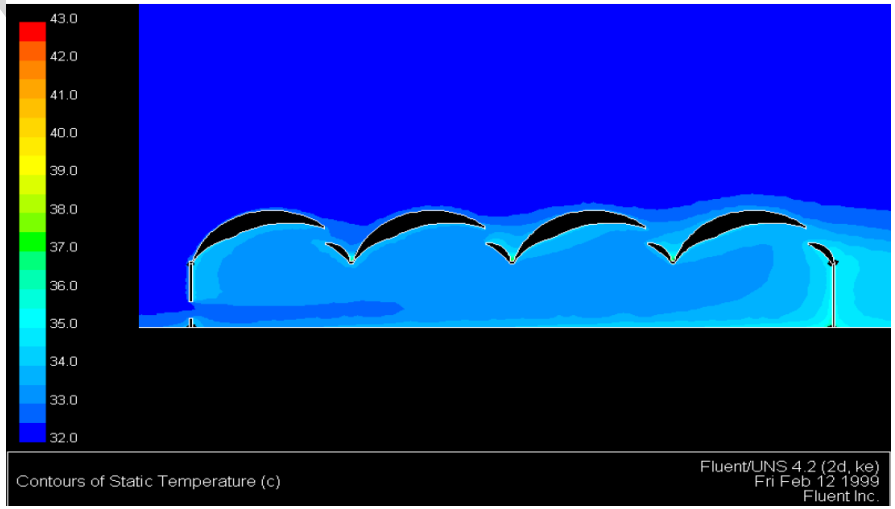

30º


Thermal gradient INT.-EXT. (ºC)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
11,9º
19º
25º
30º

Temperature, sidewall near the roof

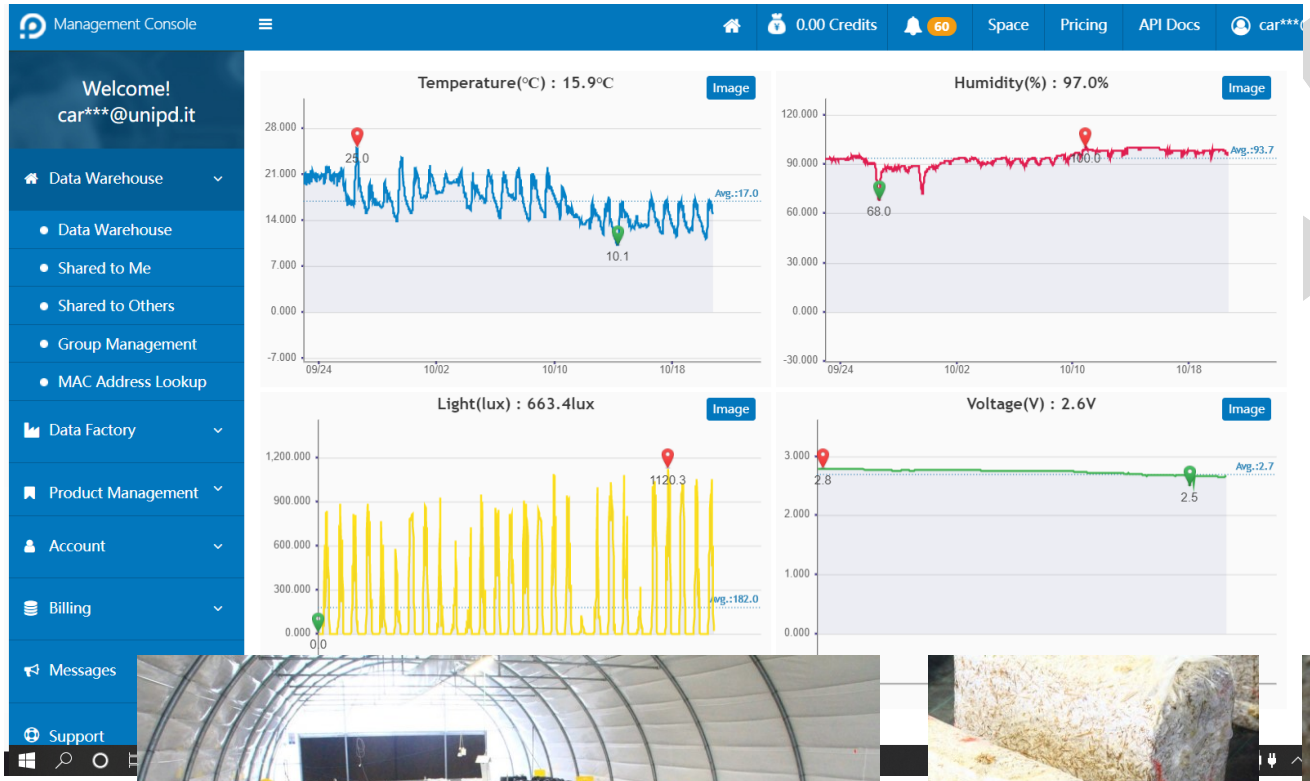


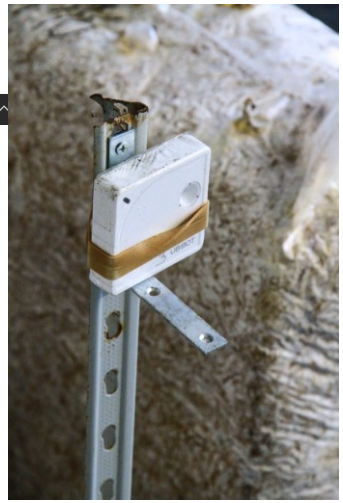

Temperature, sidewall near the ground



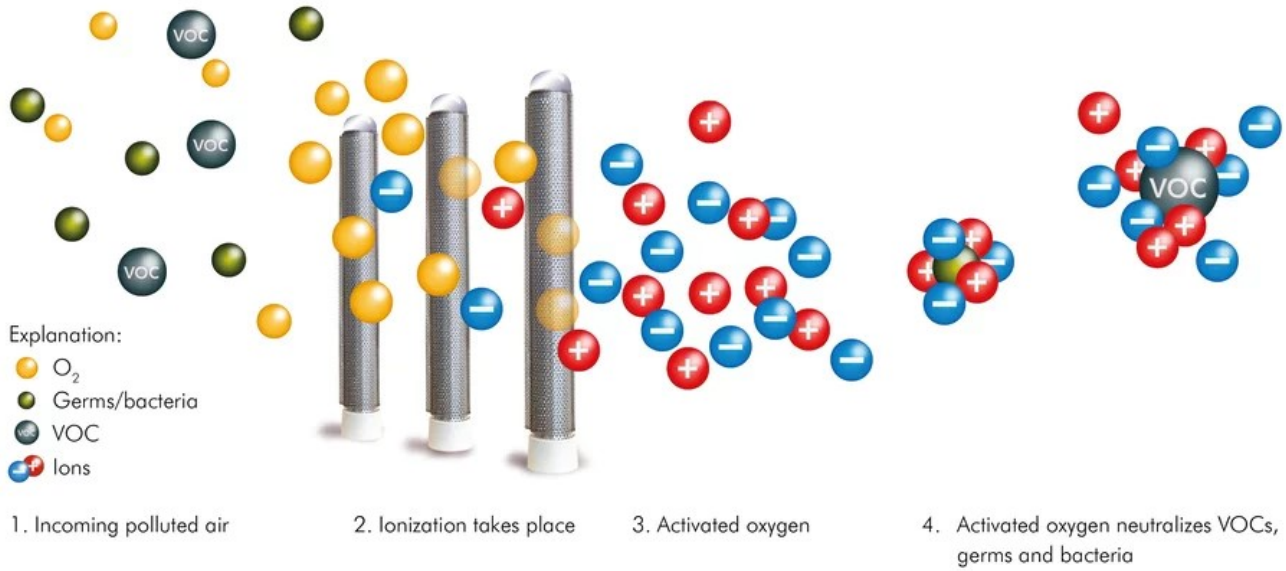

DAFNAE

# TECNOLOGIE SERRICOLE E SENSORISTICA – monitoraggio e big data





# IONIZZAZIONE




acqua/sol. nutritiva

aria

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

paolo.sambo@unipd.it
carlo.nicoletto@unipd.it