

Progetto

"PILOTA.CO.N"

Piombino, 24 giugno 2009

La modellistica con particolare riguardo alla gestione della fertilizzazione

L. Incrocci



*Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie,
Università di Pisa (incrocci@agr.unipi.it)*

Che cos'è un modello

- Nella sua accezione più generale un modello è una rappresentazione semplificata (o ideale) di un sistema (De Wit, 1970)
- Il modello nasce perché nello studio di un fenomeno si arriva ad un dettaglio tale che questo è più sinteticamente descritto con il linguaggio matematico (Thornley and Johnson, 1990)

Campi di utilizzo modelli nelle colture protette

- **Nella ricerca**
 - Uso di modelli per unire attraverso il loro sviluppo diverse competenze
 - Per simulare il comportamento di un fenomeno riducendo il numero di esperimenti da condurre
- **Per scopi didattici**
 - Simulazione dell'azione dei parametri climatici sulla crescita delle piante
- **Nella programmazione della produzione (timing)**
- **Nell'ottimizzazione di risorse aziendali**
(es. uso del riscaldamento, della illuminazione artificiale, concimazione carbonica)
- **Nel controllo climatico della serra**
(gestione temperatura umidità, luce e CO₂)

Fasi per la costruzione di un modello

- **Raccolta dati sperimentali e ricerca delle relazioni matematiche fra le varie variabili**
 - I dati sperimentali a disposizione vengono sottoposti ad analisi della correlazione per verificare la dipendenza di alcune variabili fra loro, in modo da capire se alcune di queste possono essere eliminate perché ridondanti
- **Una volta individuate le variabili minime, occorre capire quelle che sono indipendenti e dipendenti**
 - Le variabili sono divise in modo da stabilire un ordine gerarchico di queste.
- **Costruzione del modello**
 - Se empirico si ricercano equazioni di regressione semplice o multipla, lineare o di grado superiore. In questa fase si utilizzano programmi come graphPad o excel.

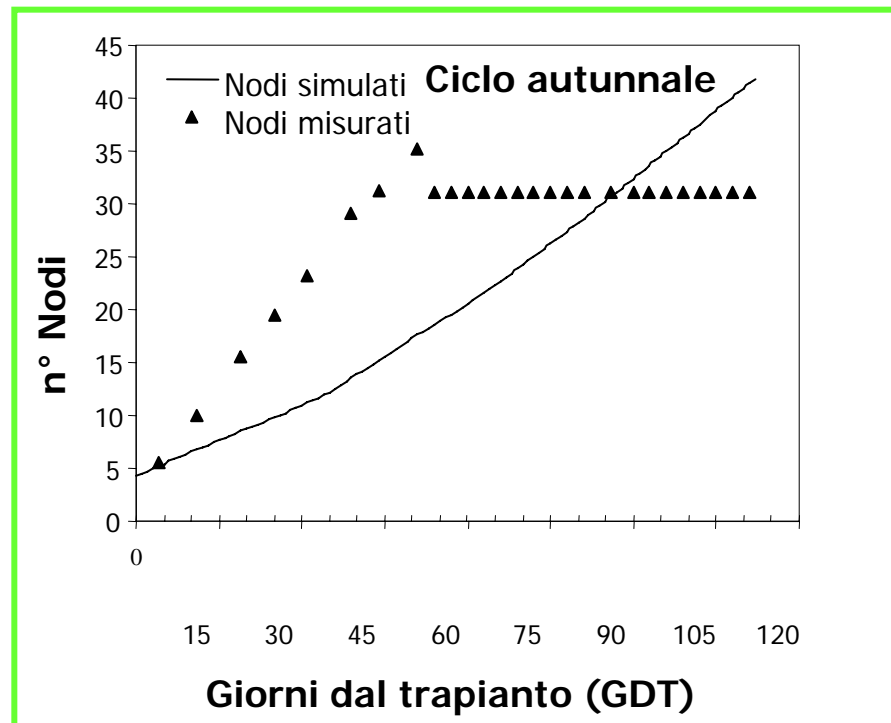
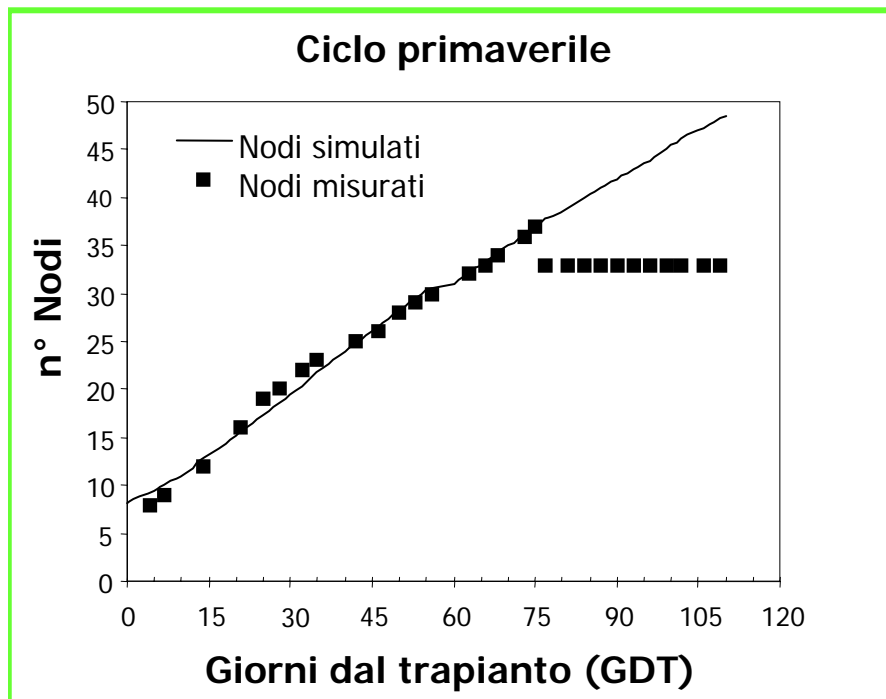
Fasi per la costruzione di un modello (2)

- **Costruzione del modello (meccanicistico)**
 - In questo caso occorre ricercare in bibliografia informazioni per spiegare il fenomeno: il fenomeno va smontato in subroutine ciascuna delle quali può utilizzare dati calcolati da una routine precedente.
- **Fase di calibrazione**
 - Una volta che la struttura del modello è stata trovata, inizia la fase di calibrazione. Si utilizzano dei set di dati per ricavare i parametri necessari per le equazioni del modello.
- **Fase di validazione del modello**
 - Una volta calibrato, il modello viene utilizzato per prevedere i risultati di altri set di dati, indipendenti da quelli utilizzati nella fase di calibrazione.

Valutazione della bontà di modello

- **Valutazione grafica**

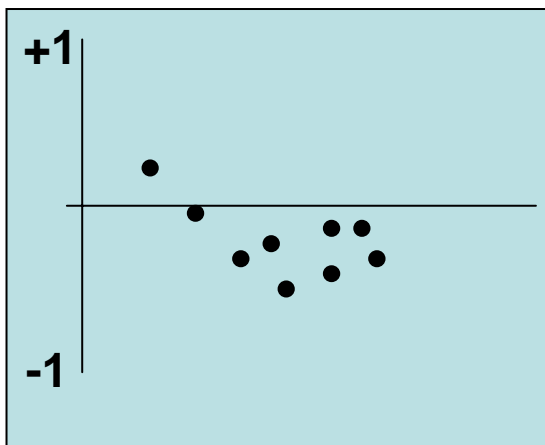
- Si prepara un grafico in cui assieme ai valori misurati si mettono i valori previsti. Visivamente si valuta l'aderenza del modello ai dati misurati.



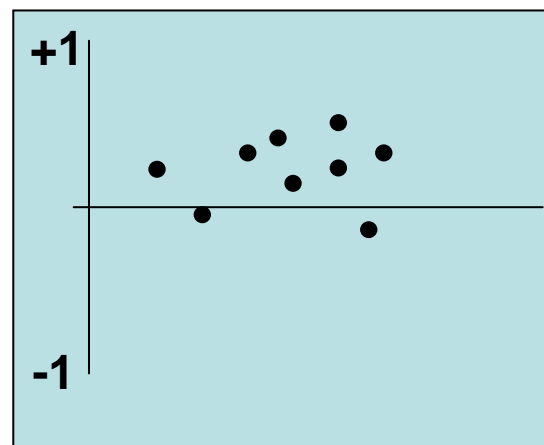
Valutazione della bontà di modello (2)

- **Valutazione grafica**

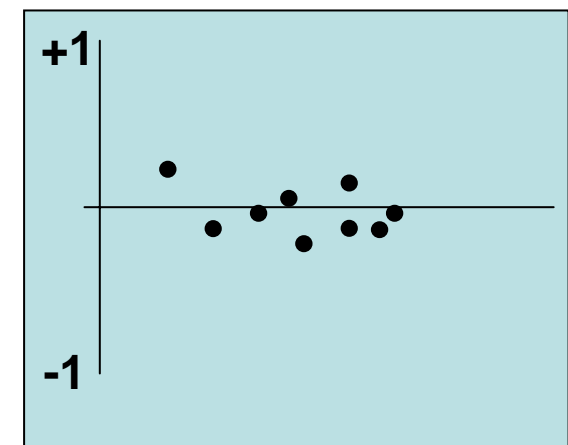
- Il modello può sottostimare o sovrastimare se mal calibrato o se c'è qualche variabile importante che il modello non prende in considerazione. Importante è anche l'analisi degli errori: la differenza fra il previsto e il misurato si devono distribuire in maniera casuale attorno all'asse delle X



Il modello sottostima



Il modello sovrastima

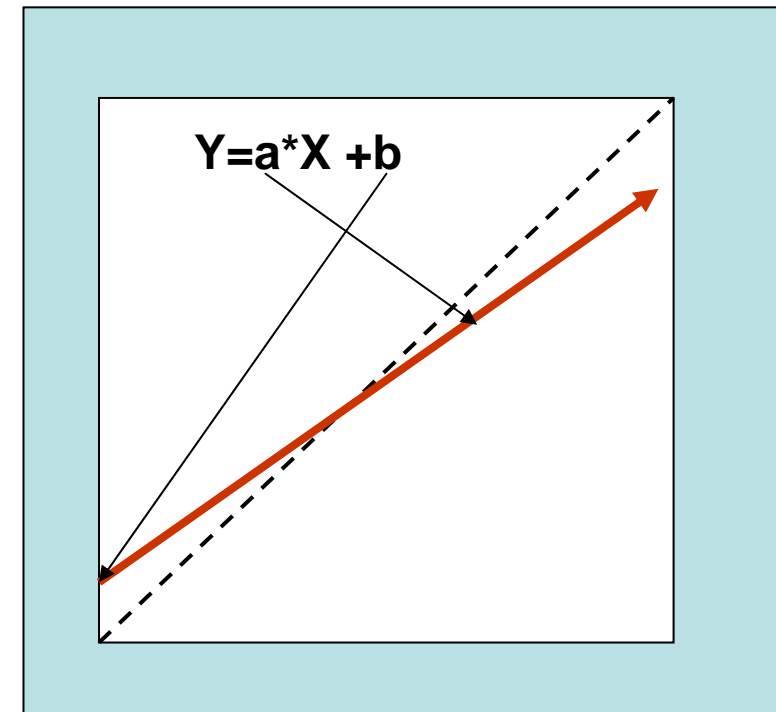
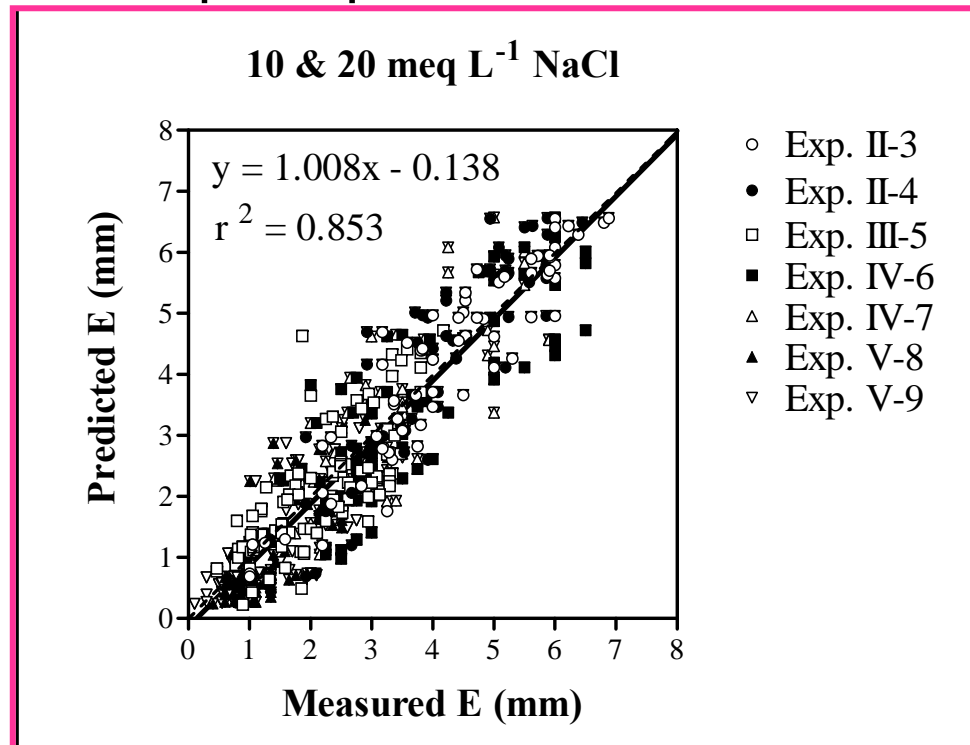


Il modello va bene

Valutazione della bontà di modello (3)

- **Valutazione grafica**

- Il modello può essere valutato attraverso la costruzione del grafico della corrispondenza dei valori misurati vs quelli previsti



Modelli empirici o meccanicistici

- **Modelli empirici o statistici o *black box***
 - I dati sperimentali a disposizione vengono interpolati con vari tipi di equazioni matematiche (regressioni semplici o multiple di primo o secondo grado)
- **Modelli meccanicistici o esplicativi**
 - Il sistema viene suddiviso in due o più parti ciascuno dei quali viene quantificato separatamente e dove esiste almeno un ordine gerarchico fra questi

Influenza della luce e della temperatura sul diametro del fiore di crisantemo (empirico) (Nothnagl, et al 2003)



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

Scientia Horticulturae 99 (2004) 319–329

SCIENTIA
HORTICULTURAE

www.elsevier.com/locate/scihorti

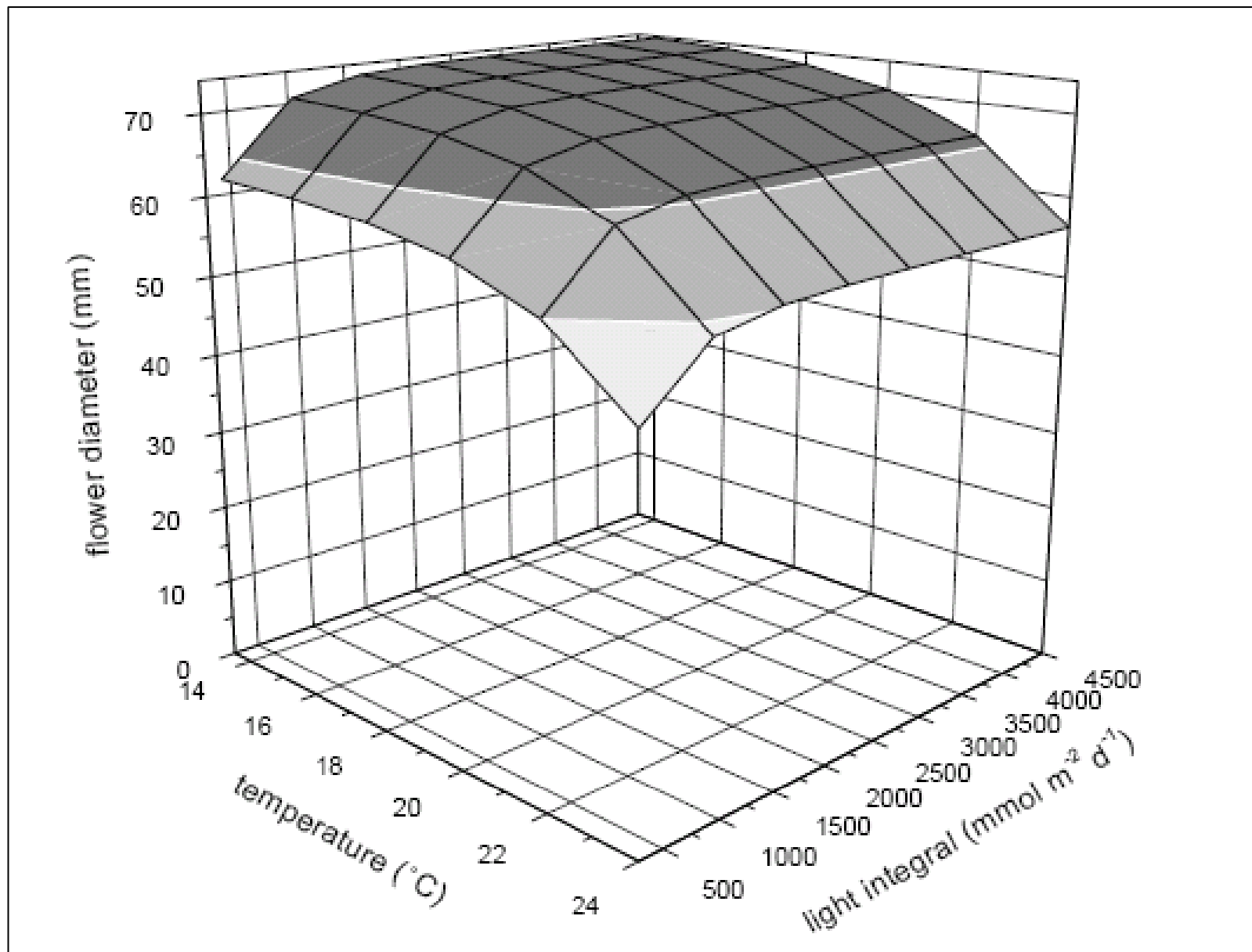
Predicting the effect of irradiance and temperature
on the flower diameter of greenhouse
grown *Chrysanthemum*

Margit Nothnagl*, Andrea Kosiba, Rolf U. Larsen

Department of Crop Science, Swedish University of Agricultural Sciences,
P.O. Box 44, S-230 53 Alnarp, Sweden

Accepted 26 March 2003

Influenza della luce e della temperatura sul diametro del fiore di crisantemo



BUD METER (Fisher and Lieth, 1995)

23	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	DAYS TO FLOWER	27 C (81 F)			
25	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		24 C (75 F)			
30	25	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2		1	21 C (70 F)		
35	30	25	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3		2	1	18 C (64 F)	
40	35	30	25	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4		3	2	1	15 C (59 F)
Bud Meter for 'Nellie White' Easter lilies (1995 Version)																	Average temperature			
Bud Length (cm)																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						

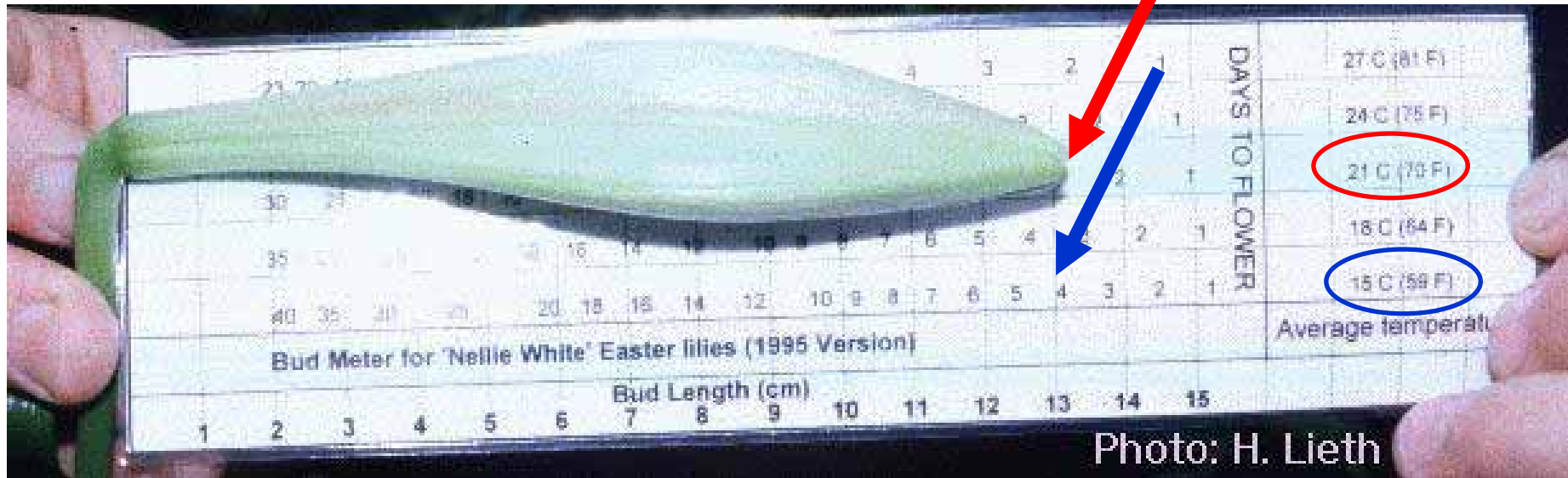
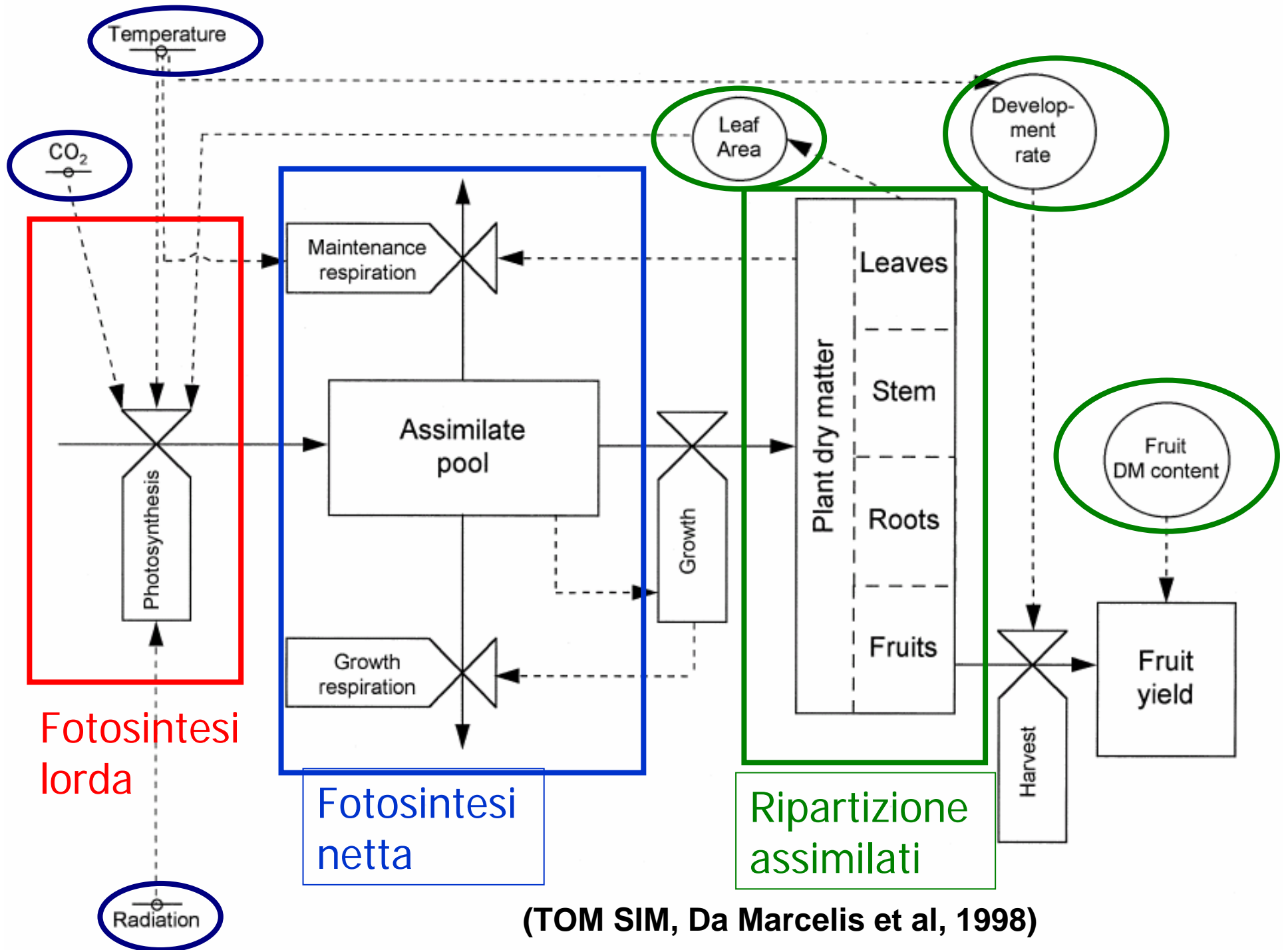


Photo: H. Lieth

<http://lieth.ucdavis.edu/Research/dss/bud.htm>

Esempi di modelli meccanicistici

- Modelli per la simulazione di sostanza secca in pomodoro (basati sulla stima della fotosintesi)
 - TOMSIM (Heuvelink et al, 1996)
 - TOMGROW (Jones et al., 1991, 1998)

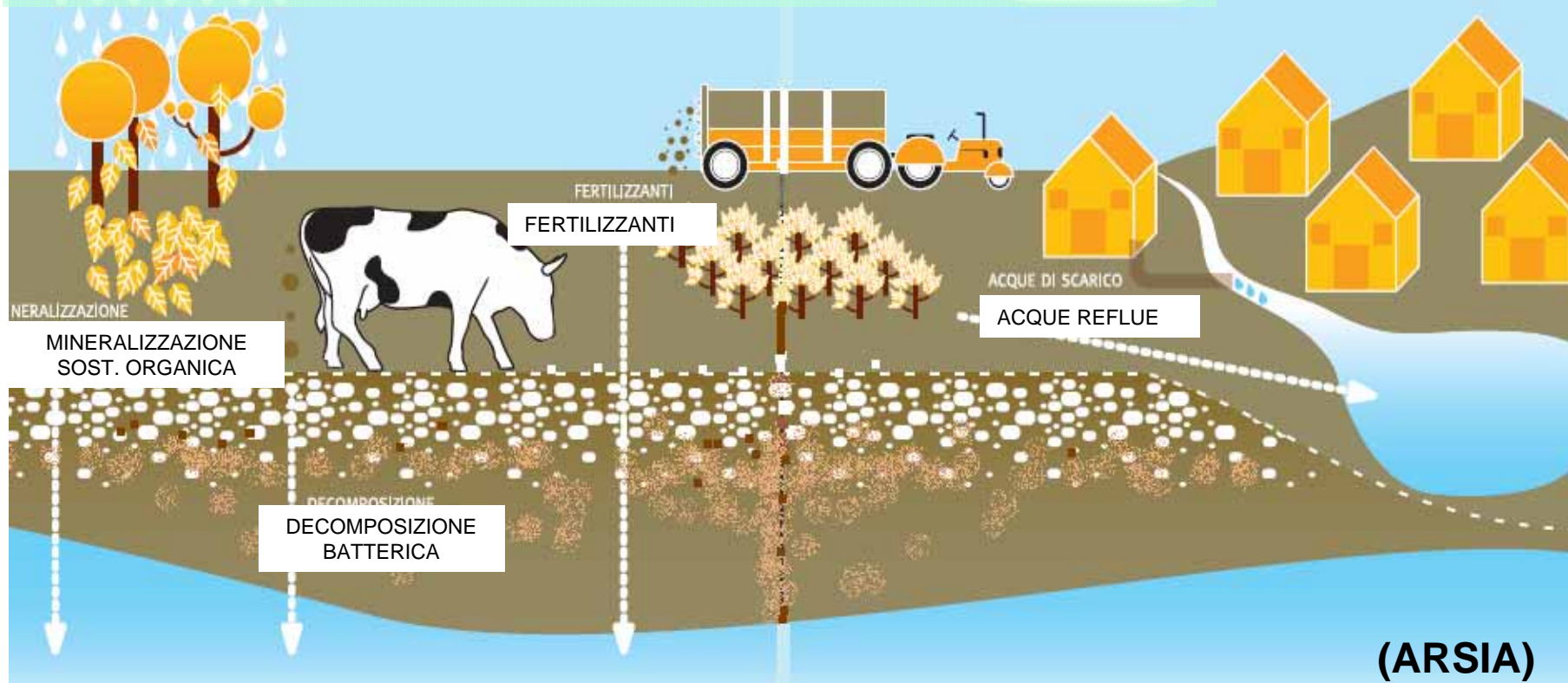


(TOM SIM, Da Marcelis et al, 1998)

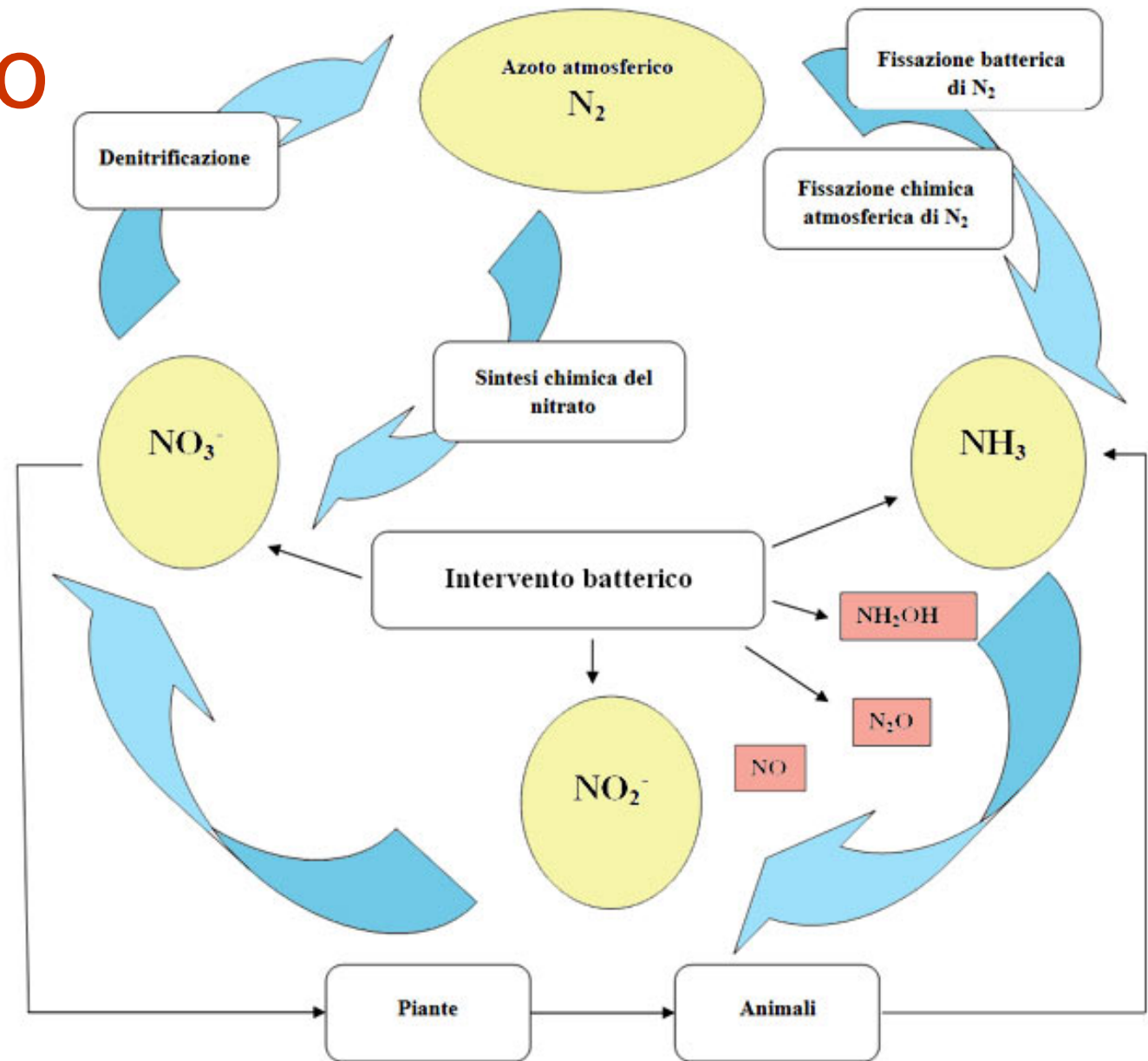
Il problema Nitrati: aspetti ambientali.

Contenuti fondamentali della Direttiva 91/676/CEE:

- individuazione di ZVN (nitrati di origine agricola)
- regolamentazione uso agronomica di reflui zootecnici
- delimitazioni da parte delle regioni delle ZVN



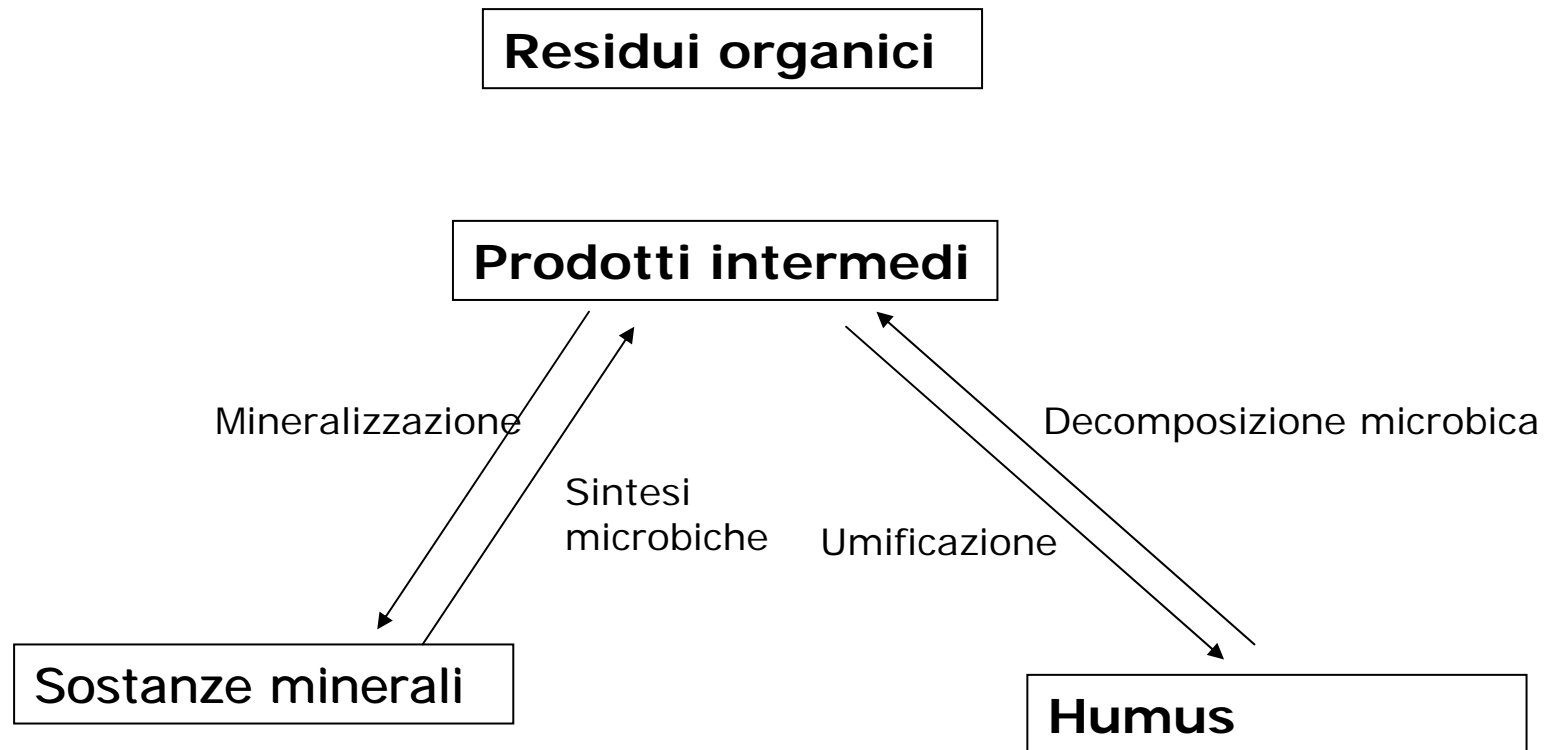
Ciclo dell'azoto



Tipi di sostanza organica presente nel terreno

- **RESIDUI ORGANICI:** Dopo che una pianta o un animale muore i propri residui organici vengono attaccati da microorganismi e in parte vengono degradati direttamente a anidride carbonica e acqua, con liberazione degli elementi minerali bloccati al loro interno;
- Prodotti intermedi o **HUMUS LABILE:** sono prodotti intermedi della decomposizione dei residui organici. Attaccato dai microbi può essere o mineralizzato completamente oppure andare a formare l'Humus stabile;
- **HUMUS STABILE:** prodotto chimico complesso formato da composti ad elevato peso molecolare con rapporto C/N intorno a 10

Schema della trasformazione della sostanza organica nel terreno



In ogni momento:

Humus si distrugge: (coef. di distruzione di humus o di mineralizzazione)

Humus si crea dai residui organici: (coef. Isoumico)

Fattori che influenzano l'evoluzione di S.O. nel terreno

- **Tipo di sostanza organica:** a seconda della composizione elementare e soprattutto al suo C/N si può capire la attitudine ad essere mineralizzata o trasformata. Se ricca di N, (C/N compreso fra 25 e 50) si ha un alto coefficiente isoumico;
- **Clima:** tanto più è caldo e tanto più è secco e tanto maggiore è la quantità di S.O. mineralizzata.
- **Tipo di terreno:** I terreni sabbiosi consumano sempre una buona quantità di s.o..
- **Intervento dell'uomo:** le lavorazioni arricchiscono di ossigeno i profili del terreno

Funzioni della S.O. nel terreno

- Nutrizione:
- Stimolo sull'accrescimento radicale
- Azione sulla microfauna e sulla microflora
- Aumento della capacità di scambio;
- Aumento del CSC del substrato
- Aumento della % di umificazione rispetto alla quantità di sostanza secca.
- Riduzione del tasso di P e K fissati dal terreno .

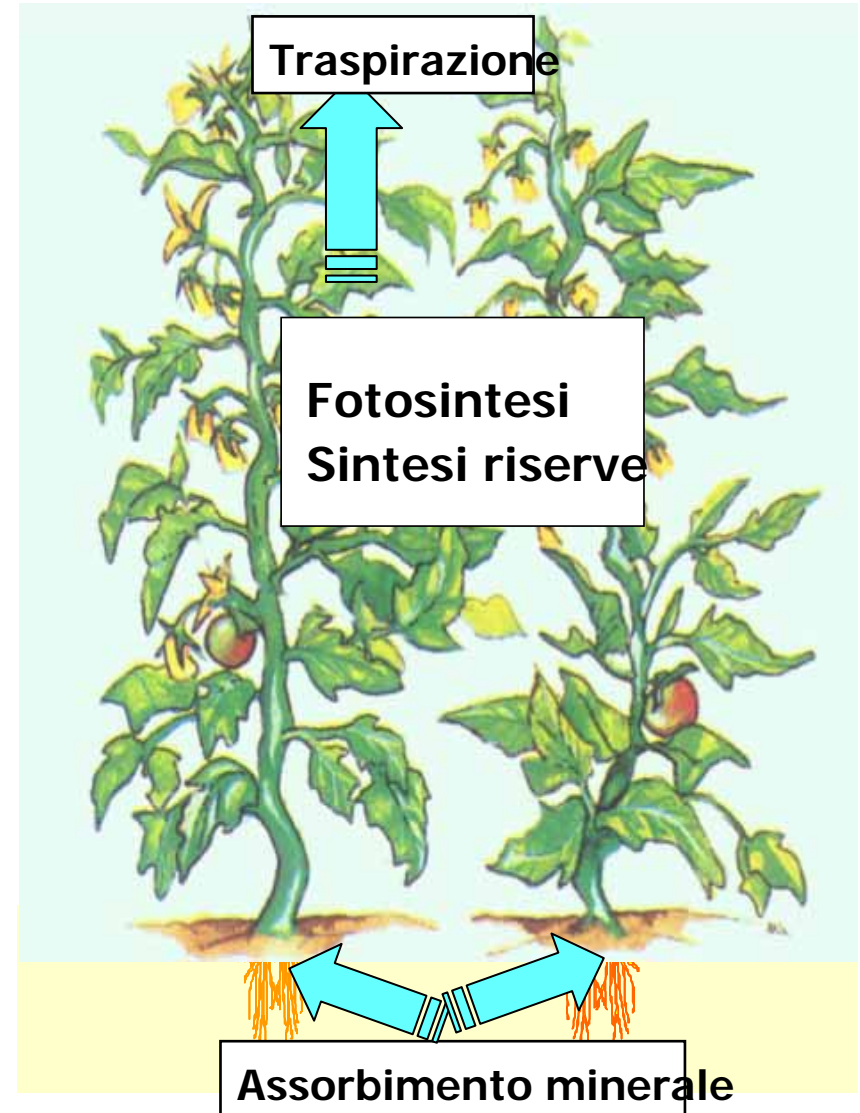
Fertilizzazione organica

- Si intende l'apporto artificiale di sostanza agraria al fine di migliorarne la fertilità in senso lato-
- Letame,
- Deiezioni animali (liquami);
- Pollina; si caratterizza per l'alto tenore di azoto e fosforo)
- Rifiuti solidi urbani;
- Compost;
- Sovescio totale (coltura interrata al momento della fioritura);
- Interramento dei residui minerali.

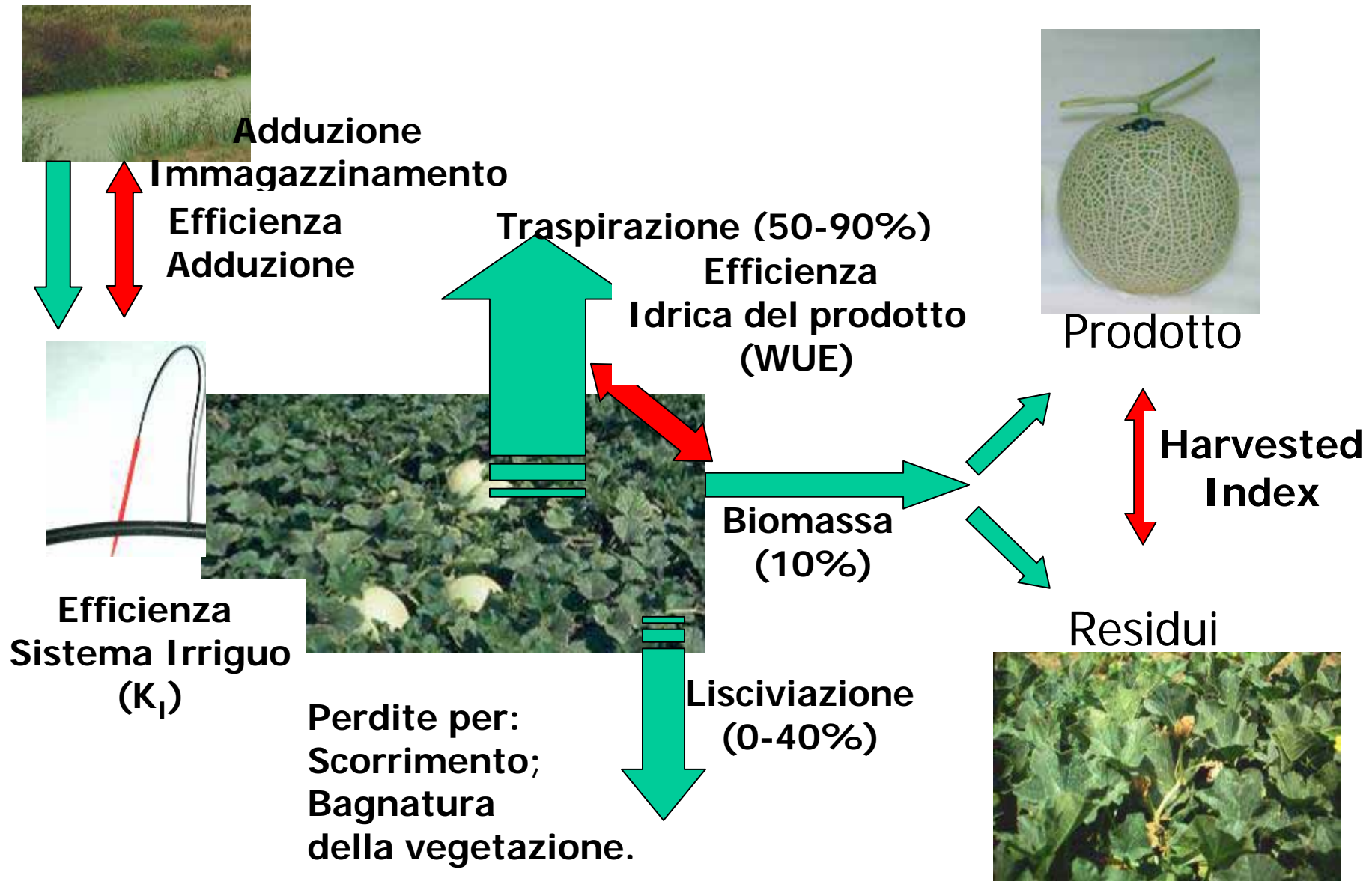
Modellizzazione dei consumi idrici

L'importanza dell'acqua per la pianta

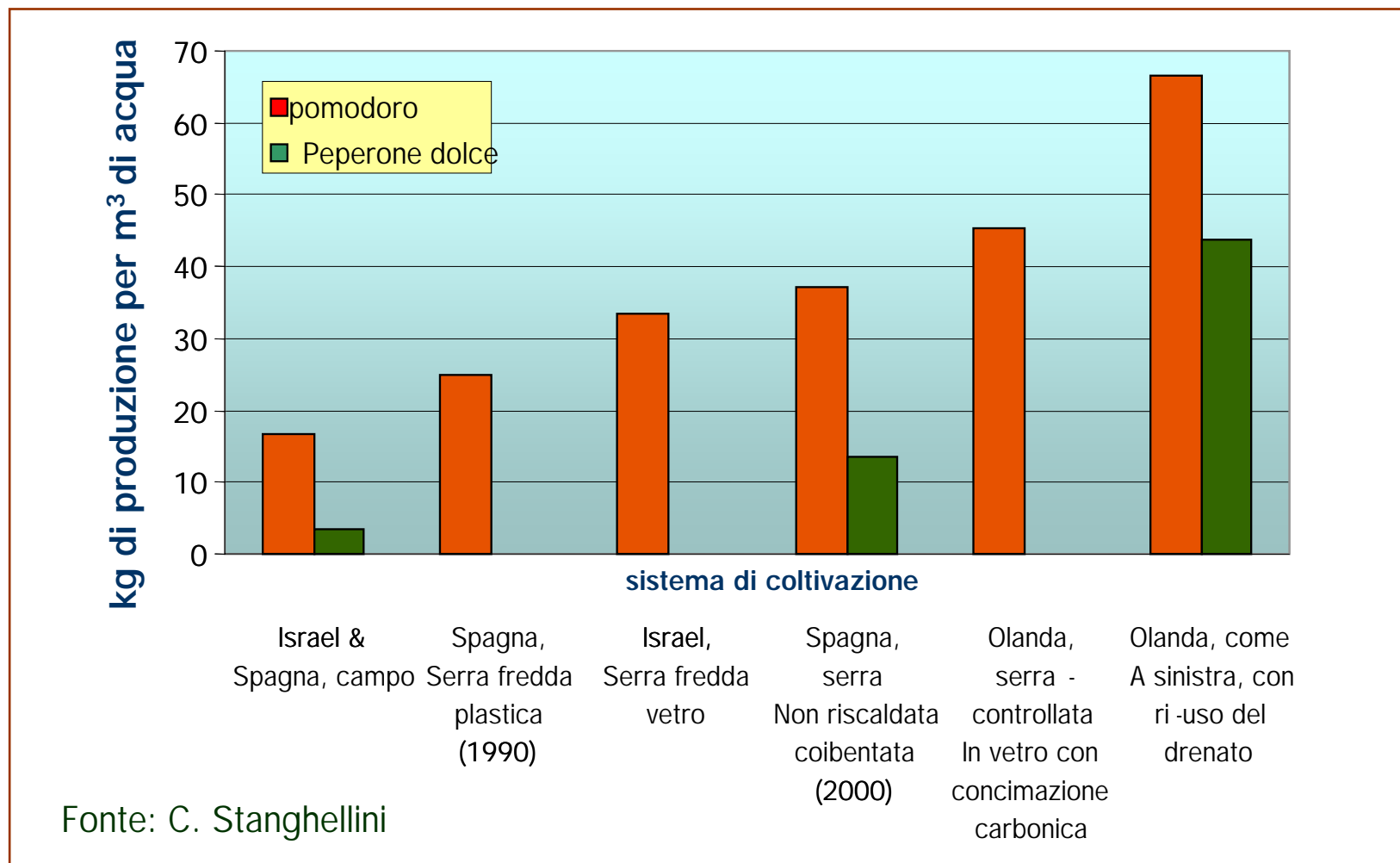
- L'acqua serve nella pianta per:
 - Processi biochimici all'interno della cellula (fotosintesi, sintesi, respirazione)
 - Turgore cellulare (sostegno delle parti non lignificate);
 - Regolazione della temperatura fogliare;
 - Trasporto di sostanze minerali ed ormonali dalla radice verso la parte aerea;



Efficienza nell'uso dell'acqua (WUE)



Influenza vari sistemi produttivi sull'efficienza



Gestione efficiente della risorsa idrica
=
Gestione efficiente della fertilizzazione

- Una efficiente gestione dell'irrigazione significa avere limitate perdite di drenaggio e quindi minima dispersione nell'ambiente sia di concimi che di pesticidi ed erbicidi.

Perchè risparmiare acqua?

- Sempre minore disponibilità di acqua per la crescente competizione con altri settori di impiego (es. turismo)
- Progressiva salinizzazione delle falde idriche
- Legislazione di stampa ambientalista che sta imponendo ai coltivatori l'impiego di tecniche e tecnologie sostenibili

Competizione delle risorse idriche da parte di altri settori

Percentuale dell'uso di acqua per uso agricolo rispetto al totale	
Africa	88
Asia	86
ex-USSR	65
Sud America	59
Nord-Centro America	49
Oceania	34
Europa	33
Mondo intero	69

Problema della salinizzazione

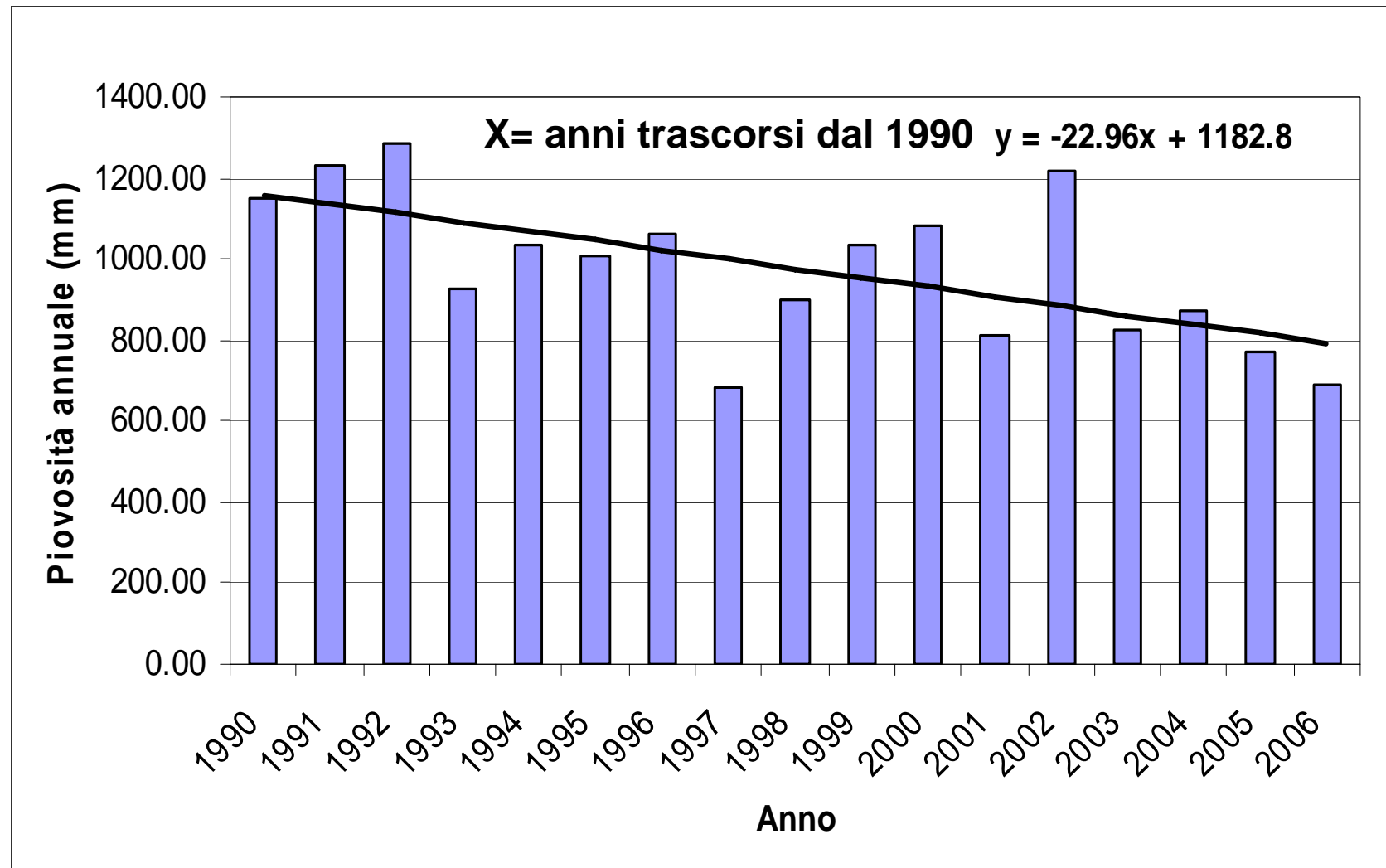
Trend di incremento della salinità delle acque di falda nel Sud della Sardegna. I valori sono le percentuali dei campioni con EC più alti di 2 o 6 dS/m e con SAR maggiore di 6 o 10. I dati sono il risultato di centinaia di analisi condotte sulle acque irrigue fornite dagli agricoltori nel periodo gennaio 1997-giugno 2000.

Anno	Colture protette	Agricoltura di pieno campo		
	EC > 2.0	EC > 2.0	EC > 6.0	SAR > 10.0
1997	19	33	6	7
1998	23	36	5	6
1999	22	38	5	4
Giugno 2000	49	45	8	2

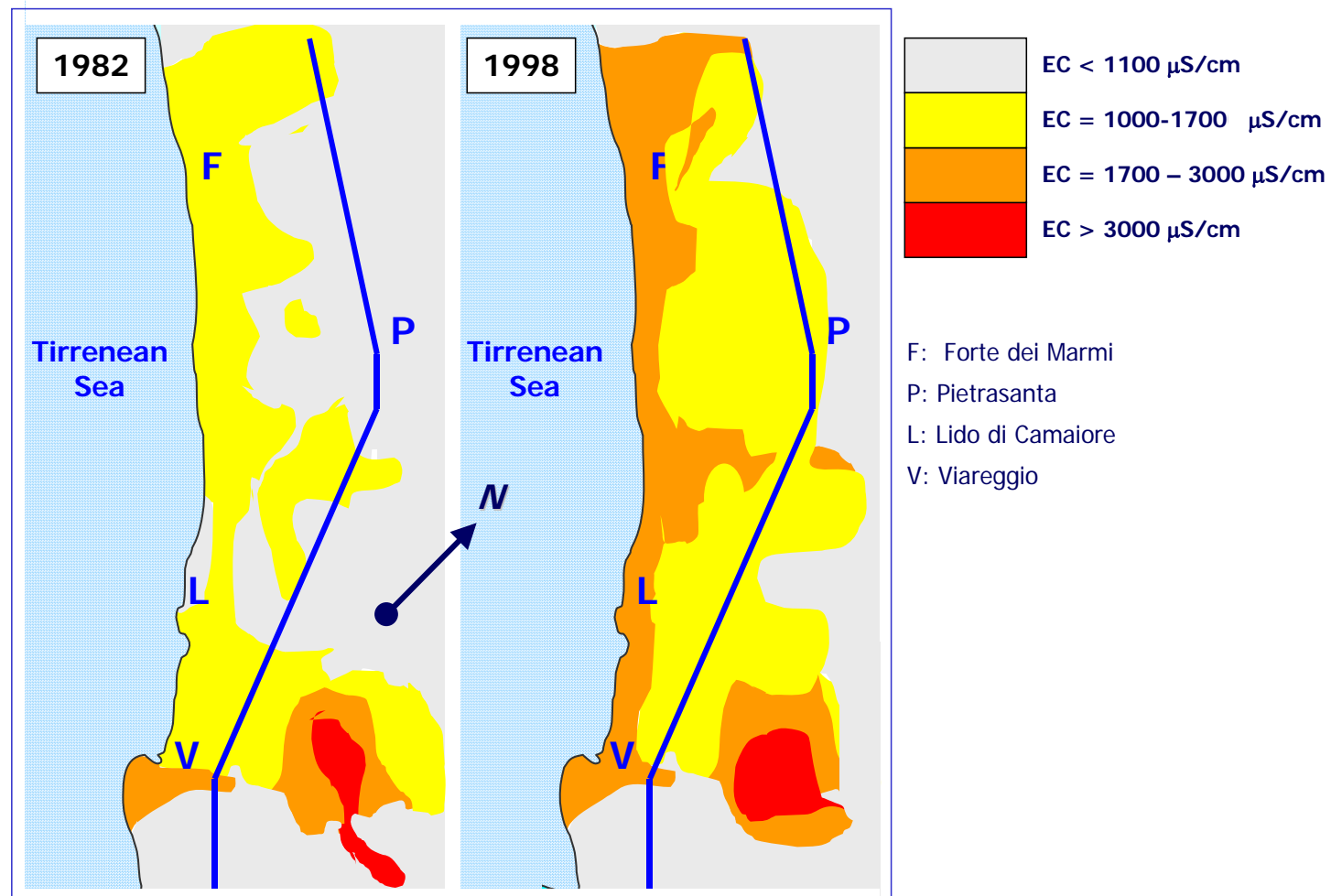
[Fonte: CRAS, Cagliari]

Uso di dati agrometeorologici: studio siccità

- Dati di piovosità annuale della capannina di Lido di camaiore (LU)



Problema della salinizzazione



Evoluzione della salinità delle acque di falda, espressa come EC ($\mu S/cm$) nella zona della Versilia (prov. Di Lucca). Nella zona sono presenti circa 200 ha di colture protette (Giudiceandrea e Simonetta, 1999)

Qualità dell'acqua irrigua

Parametro	Unità	Buona	Media	Scarsa
EC	mS/cm	0-0,75	0,75-2,25	>2,25
Bicarbonati	meq/l	0-2	2-6	>6
Nitrati	ppm	<5	5-30	>30
Ammonio	ppm	<0,5	0,5-14	>14
Fosforo	ppm	<10	10-30	>30
Potassio	ppm	<20	20-100	>100
Calcio	ppm	<70	70-250	>250
Magnesio	ppm	<20	20-50	>50
Sodio	ppm	<70	70-210	>210
Cloruri	ppm	<140	140-350	>350
Solfati (sottochioma)	ppm	<192	192-288	>288
Solfati	ppm	<50	50-80	>80
Fe	ppm			>5
Boro	ppm	0,7	0,7-3,0	>3
Rame	ppm			>1
zinco	ppm			>2
Manganese	ppm			>0,5

Sodium Absorption Ratio

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

< 6-8 bassa pericolosità
 8-14 media pericolosità
 14-20 alta pericolosità
 >20-24 non utilizzabile

Applicazione di dati per pilotaggio irrigazione

- Con i dati climatici, i dati fisici del terreno e le caratteristiche della coltura è possibile calcolare un bilancio idrico della coltura e dare consigli su quando occorre intervenire
- Irrigazioni = $ETE - \text{Piogge} - \text{risalita capillare}$

Riduzione della frazione di drenaggio

- Ottimizzare la frazione di lisciviazione in funzione della qualità dell'acqua
- Migliorare il pilotaggio dell'irrigazione:
 - ✓ Stabilire la dose (quanta acqua dare?)
 - ✓ Stabilire il turno irriguo (quando dare l'acqua?)
- Adottare sistemi di coltivazione a ciclo chiuso o a zero-drain

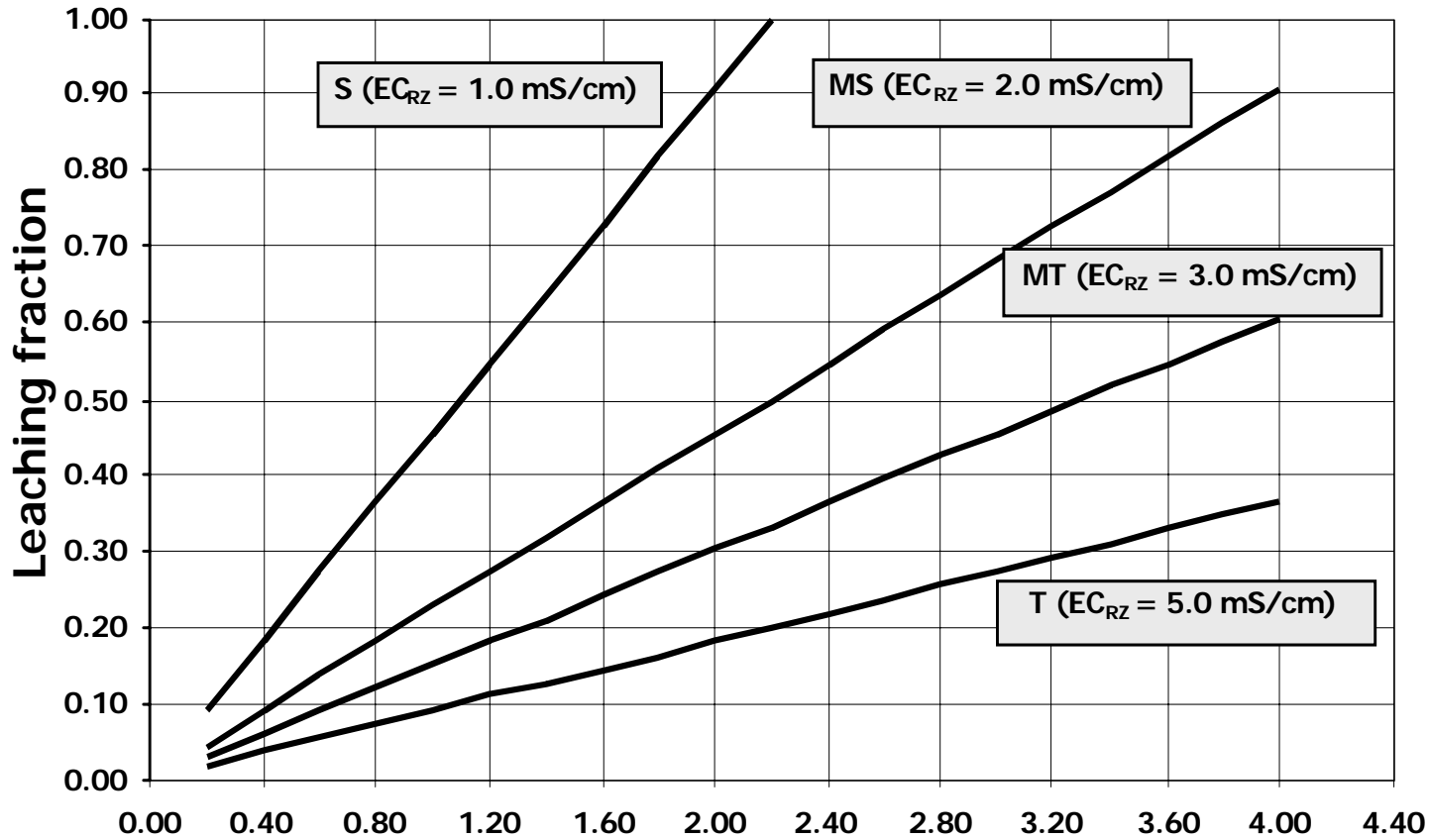
Leaching Fraction (formula empirica)

La presenza di sali non essenziali nell'acqua costringe a dilavare continuamente il suolo o substrato;

$$LF = EC_{acqua} / (2.2 EC_{radice}) = 2.2 / 2.2 * (2.5) = 0.40$$

Tolleranza	Specie esempio	EC _R (dS m ⁻¹)
Sensibile	Fragola, rosa	1.0 – 1.5
Moderatamente sensibile	Cetriolo, peperone	1.5 – 2.5
Moderatamente tollerante	Pomodoro, melone	2.5 – 4.5
Tollerante	Asparago, zucchini	4.5 – 8.0

Leaching fraction



$$LF = EC_i / (2.2 EC_{RZ}) \quad \text{Acqua irrigazione EC (dS/m)}$$

S, MS, MT, T, sono le abbreviazioni di sensibile, mediamente sensibile, mediamente tollerante e tollerante

Scheduling o pilotaggio

- Con il termine scheduling si intende la gestione dell'irrigazione.
 - **Dose** (quanta acqua dare per intervento)
 - Occorre sapere i parametri idrologici del terreno o del substrato, stabilire la frazione di lisciviaggio
 - **Frequenza** (quando dare l'acqua?)
 - Occorre sapere la evapotraspirazione della coltura.
- Una corretta gestione dei due parametri è il principale metodo per ottenere un incremento nell'efficienza idrica.

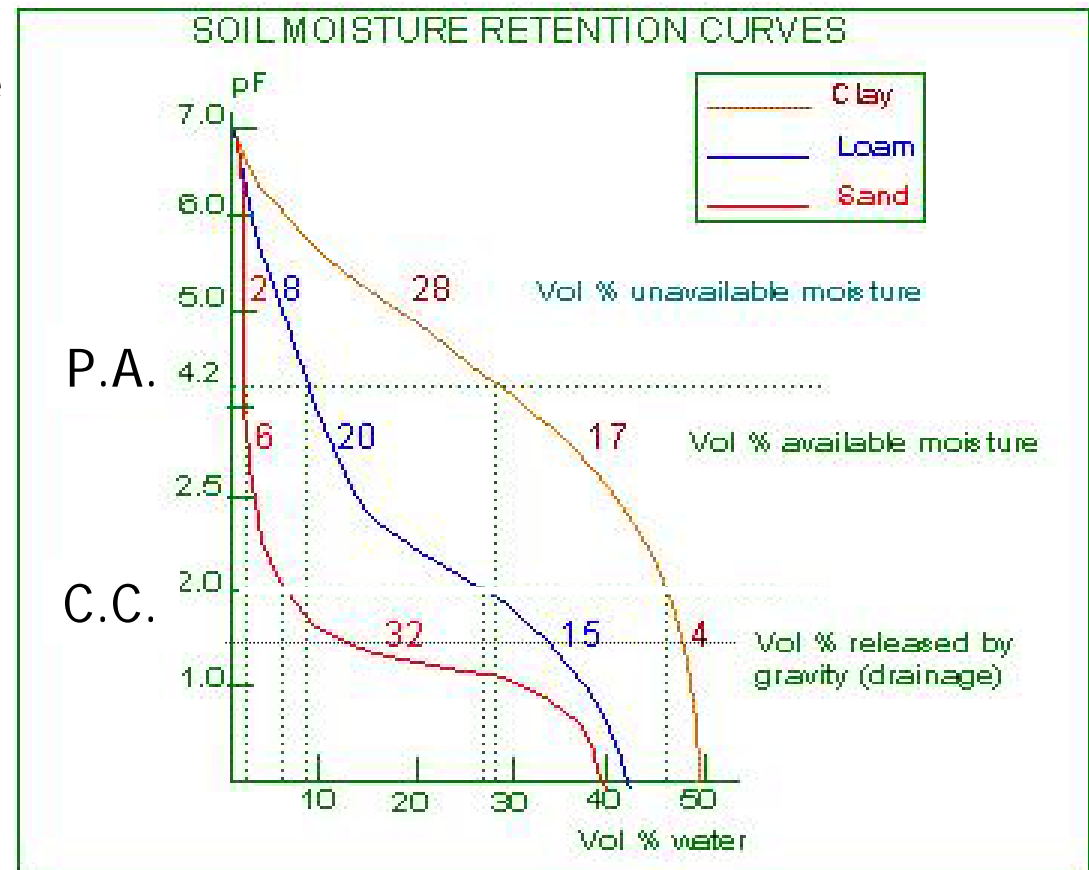
L'acqua nel terreno (o nei substrati)

- Nel terreno l'acqua è trattenuta attraverso il potere matriciale;
- La conoscenza delle curva di ritenzione idrica è fondamentale per la stima dei principali parametri idrologici del terreno.
- La curva di ritenzione idrica è la relazione esistente per un dato terreno fra il suo contenuto in acqua espresso in volume rispetto al totale in funzione del variare della tensione matriciale nel suolo stesso;
- Si rappresenta spesso con un grafico dove nell'asse delle X si riporta il pF definito come segue

$$pF = - \log (\text{tensione matriciale espressa in Kpa})$$

L'acqua nel terreno

- Le costanti idrologiche fondamentali in un suolo sono:
 - Capacità alla saturazione (0 Kpa) (porosità totale);
 - Capacità di campo (-33 Kpa, pF 1.5) (dopo aver perso l'acqua gravitazionale);
 - Punto di appassimento (-15000 Kpa; pF= 4.2)



L'acqua nei vari tipi di terreno

Caratteristiche idrologiche	Sabbioso	Franco	Argilloso
Peso specifico (t/m³)	1.4–1.6	1.2–1.4	1.1-1.2
Contenuto idrico nel suolo alla capacità di campo (m³/m³)	0.10- 0.18	0.25- 0.35	0.35- 0.45
Contenuto idrico nel suolo al punto di appassimento (m³/m³)	0.03- 0.09	0.12- 0.16	0.18- 0.22
Acqua disponibile (m³/m³)	0.07- 0.09	0.13- 0.19	0.17- 0.23
Permeabilità all'acqua (mm/h)	> 40	20-40	3-15

Calcolo automatico dell'acqua disponibile in un terreno

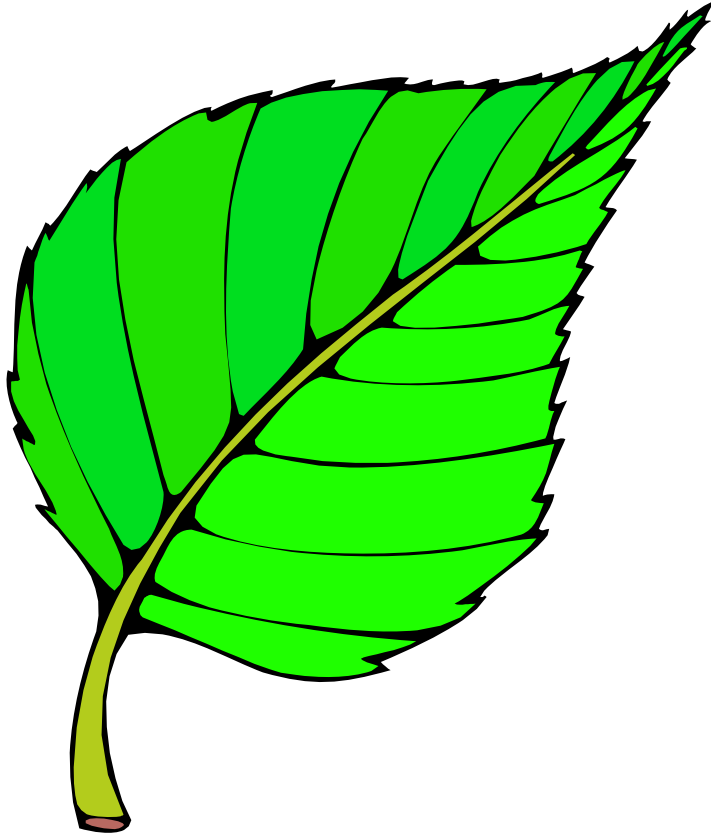
Calcolatore delle caratteristiche idrologiche

Cliccare sopra il triangolo per avere i valori di sabbia ed argilla
o inserirli nelle caselle di testo e cliccare su [Calcola] per ottenere le caratteristiche idrologiche del suolo.

% Sabbia	<input type="text" value="20"/>	
% Argilla	<input type="text" value="10"/>	
<input type="button" value="Calcola"/>		
Punto di appassimento permanente <i>(cm³acqua/cm³suolo)</i>	<input type="text" value="0.1"/>	<input type="text" value="13.91"/> (gr/gr)
Equivalente di Umidità		<input type="text" value="33.12"/> (gr/gr)
Capacità di campo <i>(cm³acqua/cm³suolo)</i>	<input type="text" value="0.29"/>	<input type="text" value="29.28"/> (gr/gr)
Densità apparente <i>(g/cm³)</i>	<input type="text" value="1.47"/>	<input type="text" value="1.26"/> (gr/gr)
Saturazione <i>(cm³acqua/cm³suolo)</i>	<input type="text" value="0.445098"/>	<input type="text" value="0"/> (gr/gr)
Conduttività idraulica a saturazione <i>(cm/ora)</i>	<input type="text" value="3.062482"/>	<input type="text" value="3.06"/> (gr/gr)
Acqua disponibile <i>(mm/m)</i>	<input type="text" value="193.1"/>	<input type="text" value="18.98"/> (gr/gr)

<http://www.arpa.veneto.it/cmt/agrometeo/soilwater1.htm>

Fattori che condizionano la traspirazione



Radiazione

Deficit di vapore

Area fogliare (LAI)

**Resistenza stomatica
(condizione idrica, e
specie)**

vento

LA STIMA DELL'ETE

Approcci & metodi

- metodo semplificato: misura di radiazione globale
 - $ETE \text{ (mm)} = a \cdot 0.4 \cdot RG \text{ (MJ/ m}^2\text{)}$
valore approssimato di $a (= ETE/ETP) = 0.7-0.9$

Rapporto tra l'evapotraspirazione totale e la radiazione solare (R) disponibile in serra (convertita in mm di acqua*)

<i>Colture</i>	<i>Sistema di coltivazione</i>	<i>Periodo di coltivazione</i>	<i>LAI</i>	<i>ETE / R (K)</i>
Pomodoro	Substrato & NFT	Primavera & autunno	3.0 - 3.5	0.75 - 0.80
Melone	NFT	Primavera & autunno	3.0 - 3.5	0.70 - 0.75
Fragola	Substrato	Primavera	2.0 - 2.5	0.65 - 0.70
Gerbera	Substrato	Annuale	2.4 - 2.8	0.65 - 0.70
Rosa	Substrato	Annuale	2.4 - 2.8	0.70 - 0.75

* 2.5 MJ/mq = 1 mm

$$ETE = k RG$$



Stato dell'arte

$$E = \frac{\Delta(Rn - G) + pa \cdot cp \cdot \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

radiativa
aerodinamica

$$E = A \cdot (1 - \exp^{-k \cdot LAI}) \cdot RG + B \cdot VPD \cdot LAI$$

Penman-Monteith

Rn radiazione netta a livello coltura

G flusso di calore del suolo

pa densità atmosferica

Cp calore specifico aria

(es-ea) deficit pressione vapore; f(T; UR)

ra resistenza aerodinamica

rs resistenza copertura vegetale

Δ pendenza curva pressione vapore

γ costante psicrometrica

Baille, 1994

Semplificazione modello P-M

$$E = A \cdot (1 - \exp^{-kLAI}) \cdot RG + B \cdot \cancel{VPD} LAI$$

E evapotraspirazione mm/d
 k coefficiente di estinzione radiazione
 LAI leaf area index
 RG radiazione interna serra MJ/m² d
 A e B coefficienti (mm m² /MJ; adimensionale)

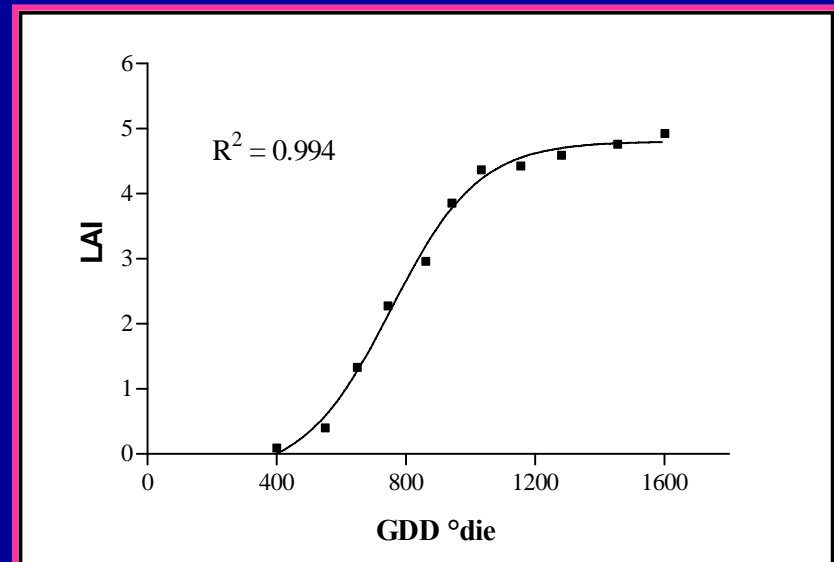
CALIBRAZIONE (su base giornaliera)

Determinazione di A e B regressione multipla lineare

Determinazione k $\frac{I}{I_0} = e^{-k LAI}$

Determinazione LAI

$$Y = a + \frac{(b + a)}{1 + \exp\left[\left(\frac{c - X}{d}\right)\right]}$$



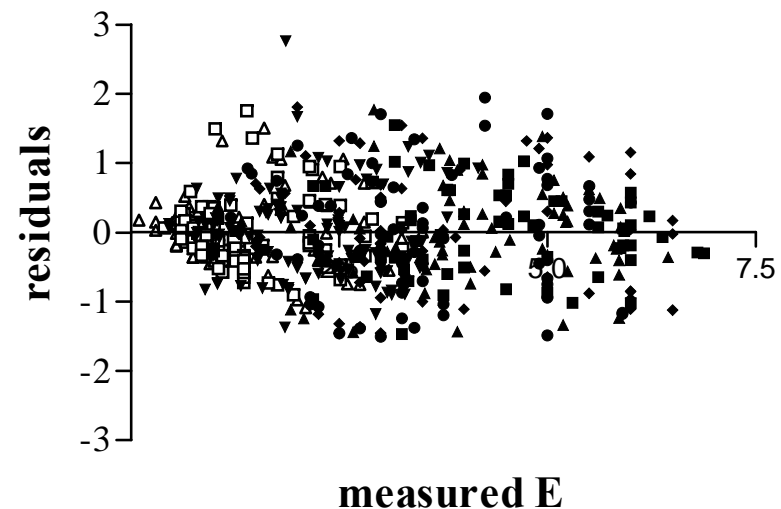
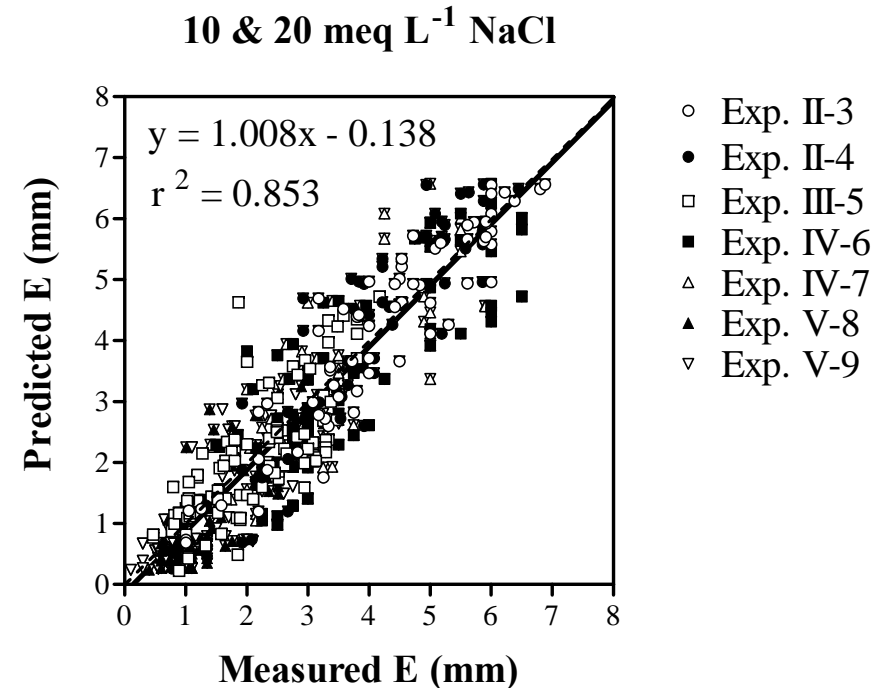
POMODORO

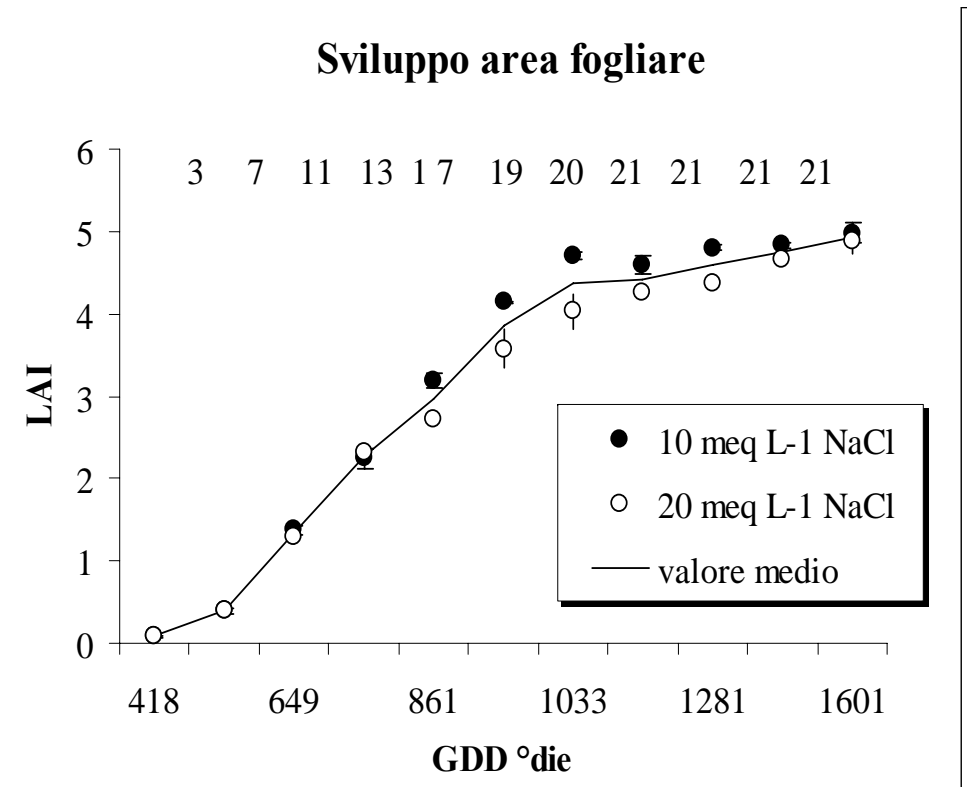
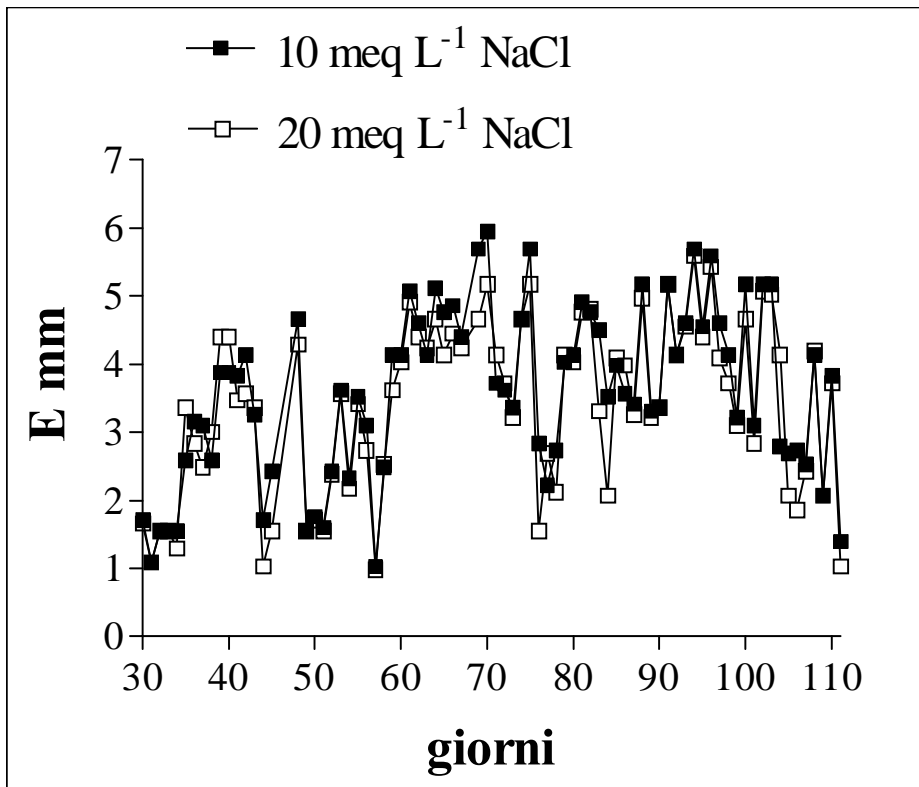
Confronto tra valori previsti e osservati di E (mm/day) per una coltura di pomodoro coltivata in serra in diversi periodi (primavera e autunno) con acqua di irrigazione salina (n=580)

$$E = A \cdot (1 - \exp^{-kLAI}) \cdot RG + B$$

$$A = 0.404; k = 0.69; B = 0.001$$

Da: Incrocci et al., 2005





A = 0.404 B = 0.001 k = 0.69

Andamento dei valori giornalieri di E e dei valori di LAI per una coltura di pomodoro coltivata con sistema semi-chiuso in presenza di acqua salina

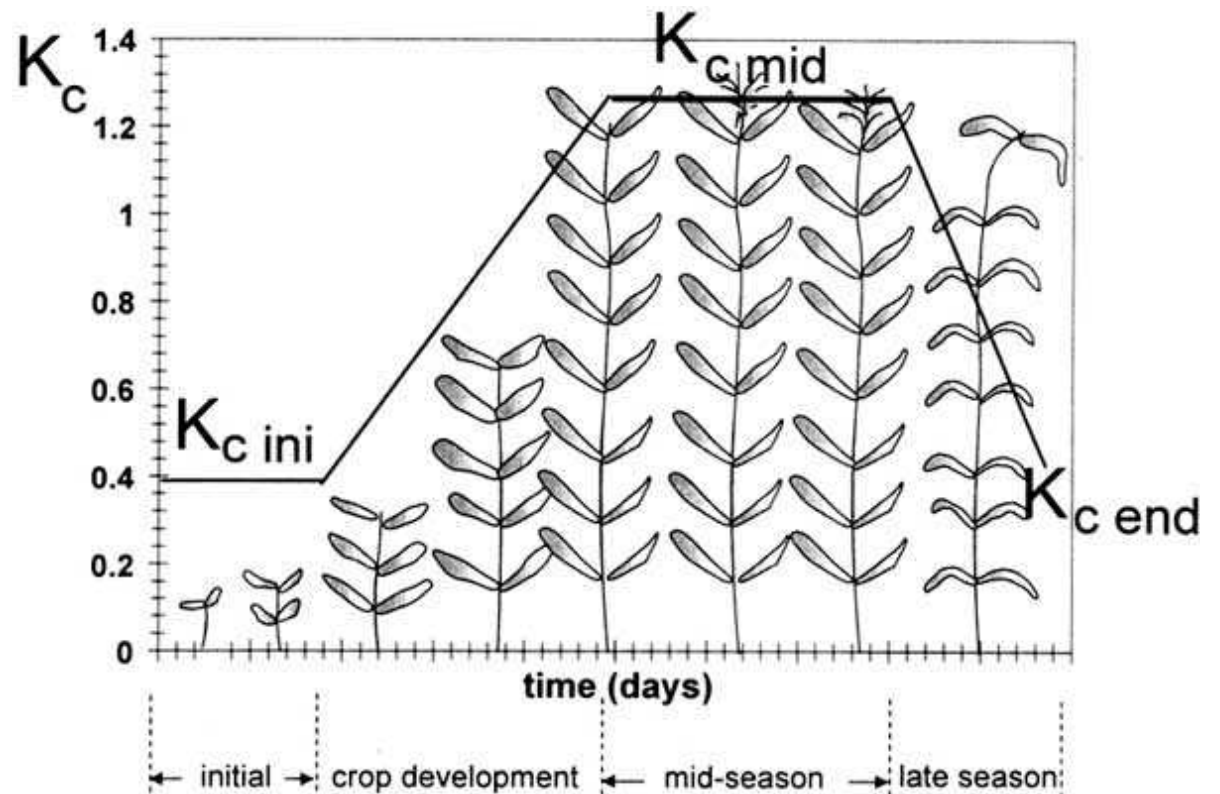
Nella calibrazione non si sono tenuti separati i dati sperimentali relativi alle tesi 10 e 20 meq/L NaCl

LA STIMA DELL'ETE

Approcci & metodi

- **Stima di ETP e calcolo di ETE attraverso applicazione di K_c**
 - equazione di Penman-Monteith (semplificata – v. Stanghellini)
 - Vasca evaporimetrica

$$ETE = ETP * K_c$$



IRRI

Irrigazione e Risparmio
Risorsa Idrica



Con il contributo
della Provincia di
Livorno



Home

Il progetto IRRI

Domande frequenti

Pubblicazioni da scaricare

Riferimenti bibliografici

Collegamenti

> Efficienza degli impianti irrigui

Conoscere gli impianti e farli funzionare correttamente per risparmiare acqua e conseguire buoni risultati produttivi.

>>>

> Fertirrigazione delle colture ortive

È una tecnica che permette di evitare la perdita dei fertilizzanti nella falda e di assecondare le esigenze nutritive della pianta. Una tecnica avanzata che si può adattare anche alle colture orticole di pieno campo.



Verifica il tuo impianto
e calcola il volume irriguo >>>



Fai da te il piano di
fertirrigazione >>>



Fai da te il piano di
concimazione dei cereali >>>

Un po' di storia

CIA Servizi Livorno si occupa da più di 10 anni di irrigazione e risparmio idrico per fare fronte alla situazione di carenza che si verifica, soprattutto in Val di Cornia, dove la risorsa è contesa tra agricoltura, industria e l'uso civico gravato in estate dal turismo.

Il risparmio idrico è stato oggetto dei progetti di divulgazione attuati nel corso degli ultimi tre anni che hanno visto, tra le altre cose, la pubblicazione di opuscoli divulgativi e l'attuazione di un'indagine sull'efficienza degli impianti d'irrigazione a goccia.

La Confederazione Italiana Irrigazione di Livorno con i propri tecnici si è occupata di irrigazione dalla prima metà degli anni novanta. La gestione oculata della risorsa idrica è tra le priorità provinciali, soprattutto in Val di Cornia dove l'orticoltura irrigua costituisce una delle principali fonti di reddito del territorio e l'acqua è richiesta anche dall'industria siderurgica e dall'attività turistica concentrata soprattutto nei mesi estivi. Il deficit idrico si è evidenziato maggiormente dal 1995 con l'entrata in funzione di un anello di pozzi (Progetto Anello) mediante il quale si attinge dalle falde della Val di Cornia per la fornitura di acqua potabile alla città di Piombino e ai comuni dell'Elba.

L'attività di assistenza tecnica in irrigazione è iniziata con la diffusione nelle aziende agricole del servizio di supporto all'irrigazione fornito dall'ARSIA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale) che all'epoca era fornito tramite terminale

LA STIMA DELL'ETE via WEB

Agroambiente.info Servizi Integrati per l'agricoltura

Simulazione immediata

1. Scegli la stazione meteo
AR
ANGHIARI

2. Scegli l'anno di riferimento
2008

3. Scegli la Coltura
Albicocco
Goccia inerbito

4. Scegli il tipo di suolo
Argilloso
Molto Bagnato

5. Scegli la data di semina/trapianto
01
Gennaio

Simula degli interventi irrigui al raggiungimento

Servizi per l'Irrigazione



Selezionare dalla colonna di sinistra i parametri necessari per la simulazione del bilancio idrico. Se si dispone di userID e password è possibile accedere, dalla colonna di destra, al servizio di bilancio personalizzato. Per informazioni sul servizio o suggerimenti si prega di contattare il Servizio Agro-Meteorologico Regionale dell'ARSIA presso irriga@arsia.toscana.it

Bilancio Personalizzato

UserID:

Password:

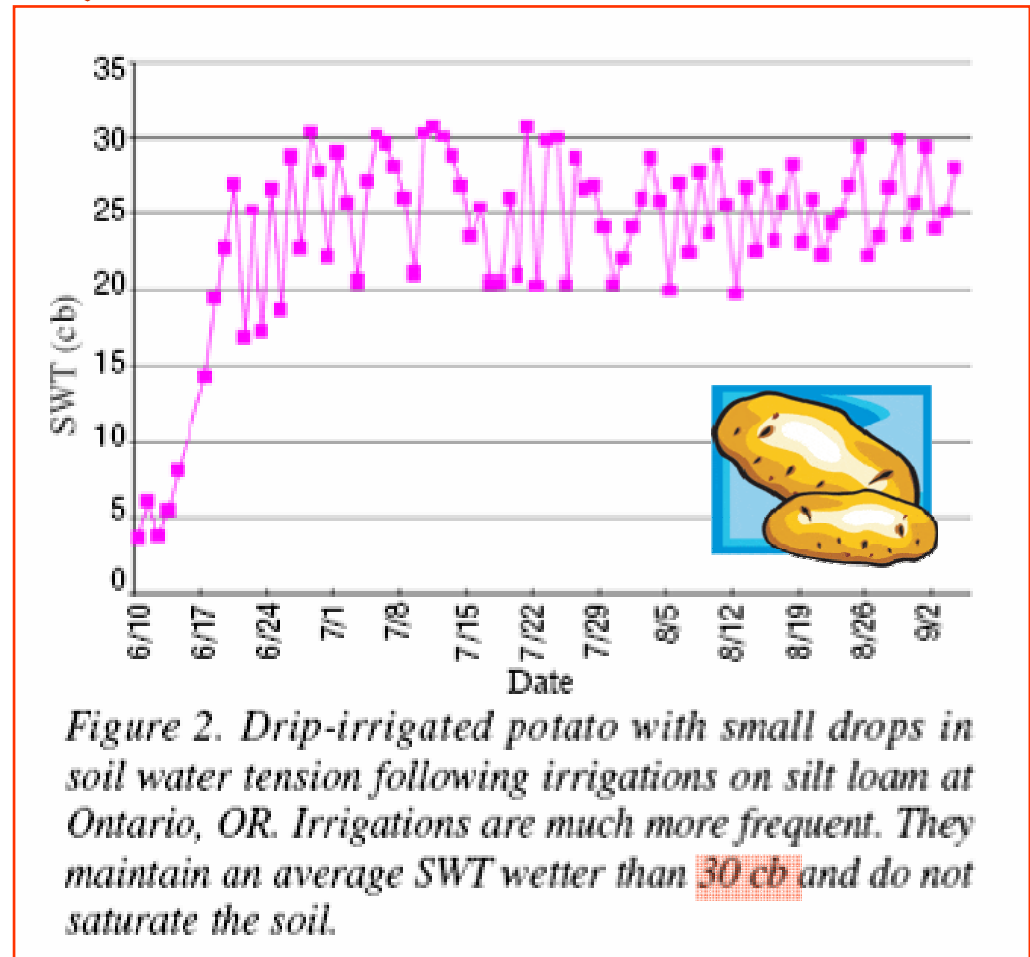
Internet 100%

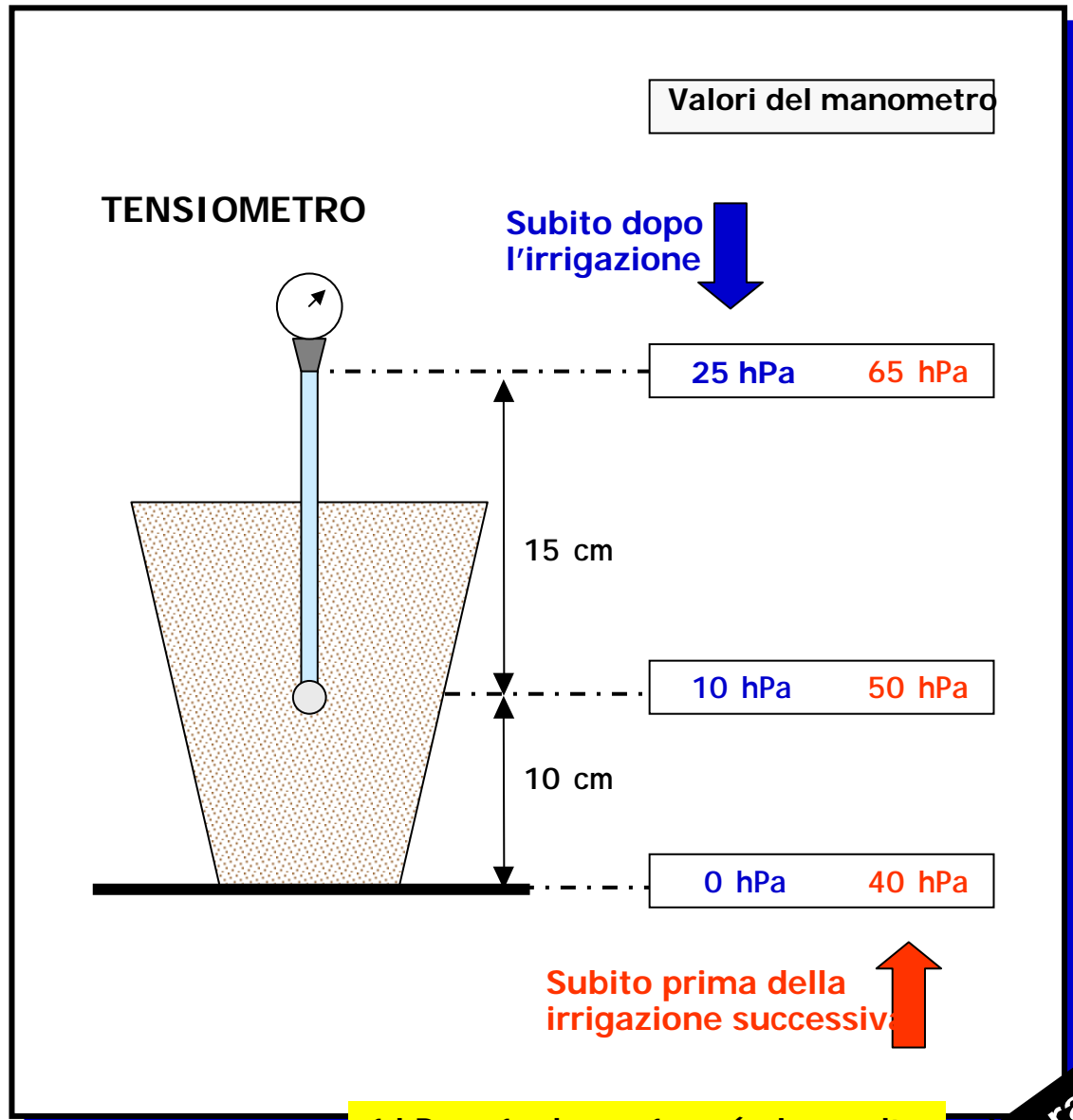
Pilotaggio dell'irrigazione su base suolo: *soil moisture sensor (SMS).*



Tension threshold:

- Suolo: 20-80 cbar (<100)
- Substrati: 2-8 cbar (<10)



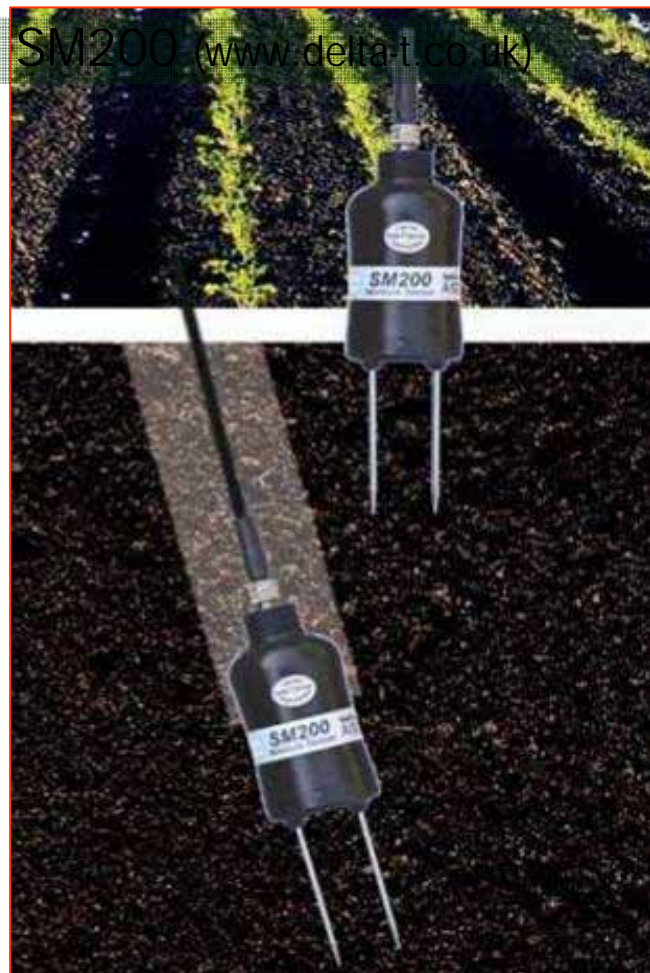


1 hPa = 1 mbar = 1 cm (colonna d'acqua)



Coppa di ceramica porosa

Pilotaggio dell'irrigazione su base umidità su *soil moisture sensor (SMS)*.



ECH₂O probe
(www.decagon.com/)



WET sensor
(www.delta-t.co.uk)



SM200

- *High quality soil moisture sensor at low cost*
- *Simple insertion into pots, substrates and soils*

The SM200 is an ideal sensor for irrigation control and monitoring. The stainless steel rods provide excellent signal penetration into the growing medium and ensure reliable readings at all moisture levels.

Connect: HH2 GP1 DL6



WET Sensor

- *Measures Water content, Electrical conductivity and Temperature*
- *Rapid monitoring for consistent growing conditions*

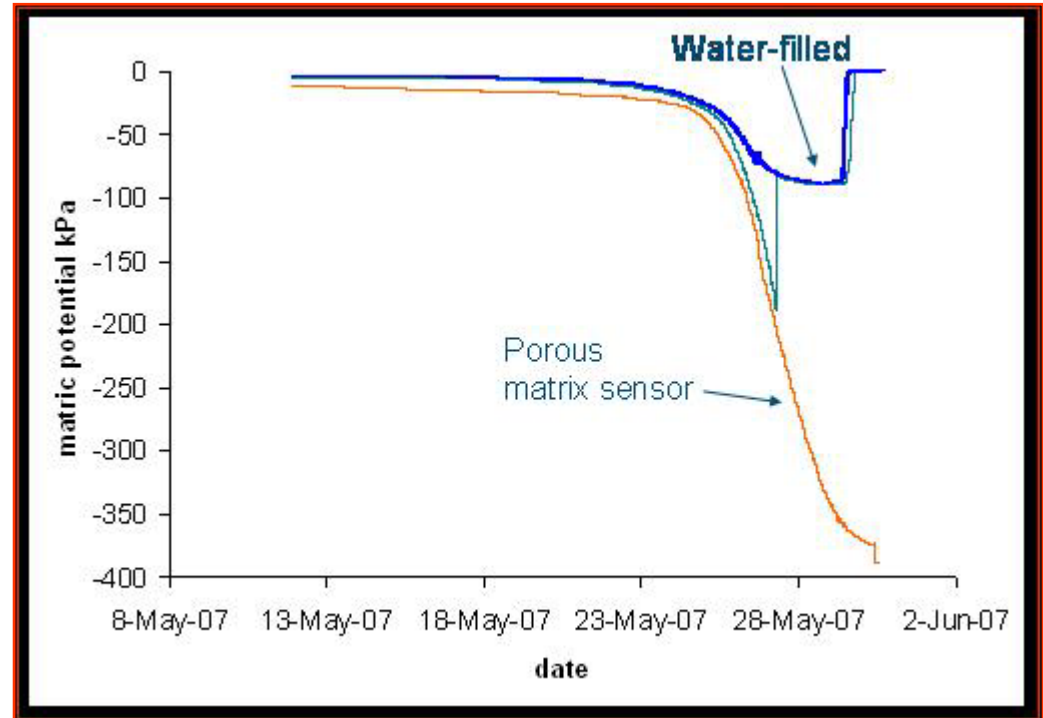
In just 5 seconds the WET Sensor checks 3 crucial variables that influence plant growth.

Connect: HH2

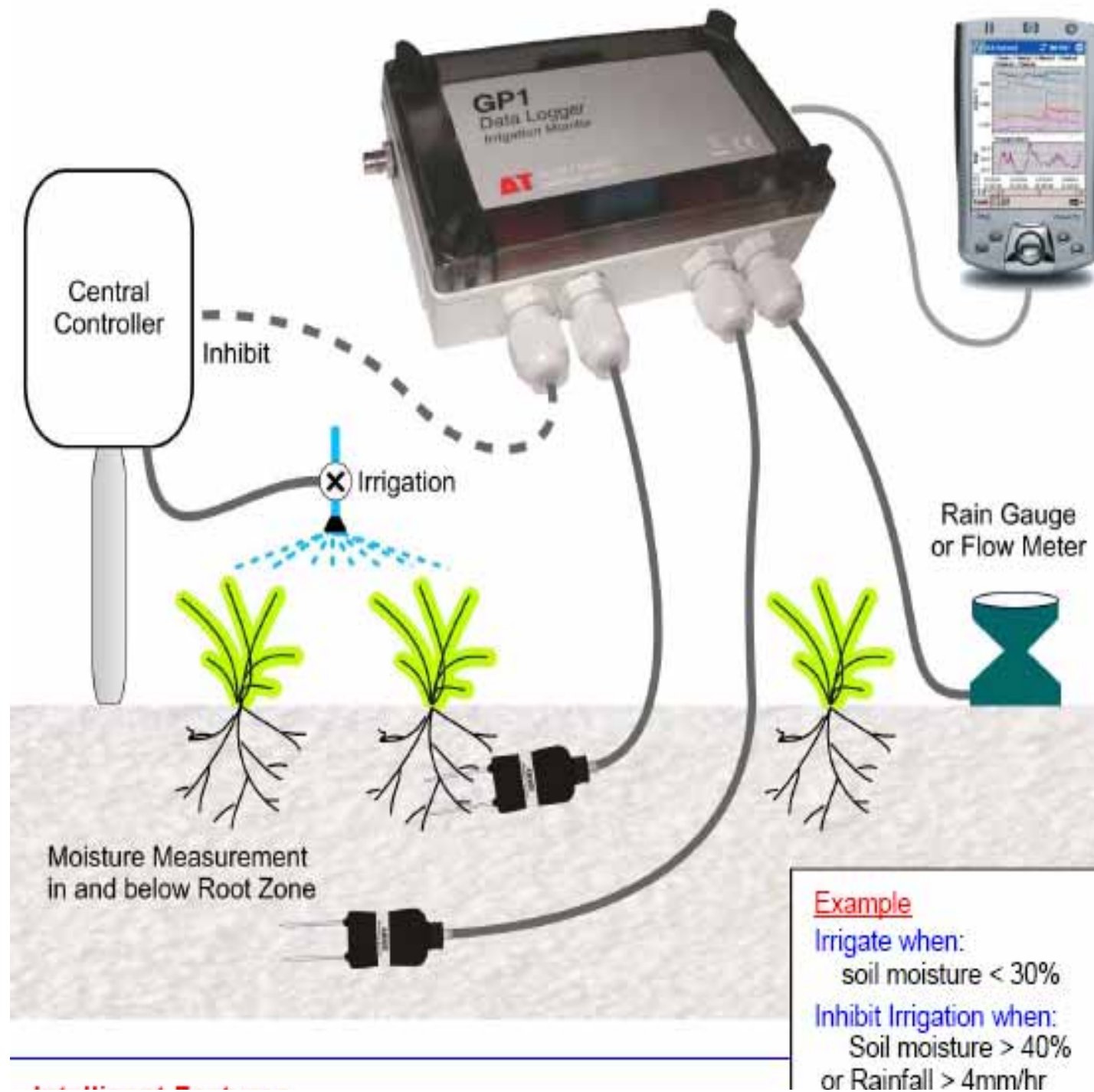
Pilotaggio dell'irrigazione su base suolo: *soil moisture sensor (SMS).*



Tensiometro dielettrico



(By courtesy of W. R. Whalley, RRER, UK)



Sistemi di controllo della fertirrigazione: *DSS*

Performance su coltura di pomodoro utilizzando il DDS Fertirrigere
(Mean values of 61 individual farms in Grosseto area)

	Pratica corrente	Fertirrigere [®]	Differenza
Water use (mm)	308	190	-38%
N use (kg/ha)	118	69	-42%
Produzione (t/ha)	110	109	
Solidi solubili totali (°Brix)	5.2	5.3	
Reddito lordo (€/ha)	4521	4493	
Costi fertirrigazione (€/ha)	490	365	-26%



Coniugando le conoscenze

- impiantistiche (idrauliche)
 - agronomiche (caratteristiche del terreno)
 - fisiologiche (fabbisogno idrico e nutritivo)
 - tecniche (es. caratteristiche dei concimi)
- si possono ottenere notevoli vantaggi economici e ambientali

Fertirrigazione

Obiettivo della sperimentazione

Confrontare due metodi di gestione della fertirrigazione del pomodoro da industria:

- 1) Protocollo elaborato da un DSS (Fertirrigere®)
- 2) Pratica aziendale (empirica)

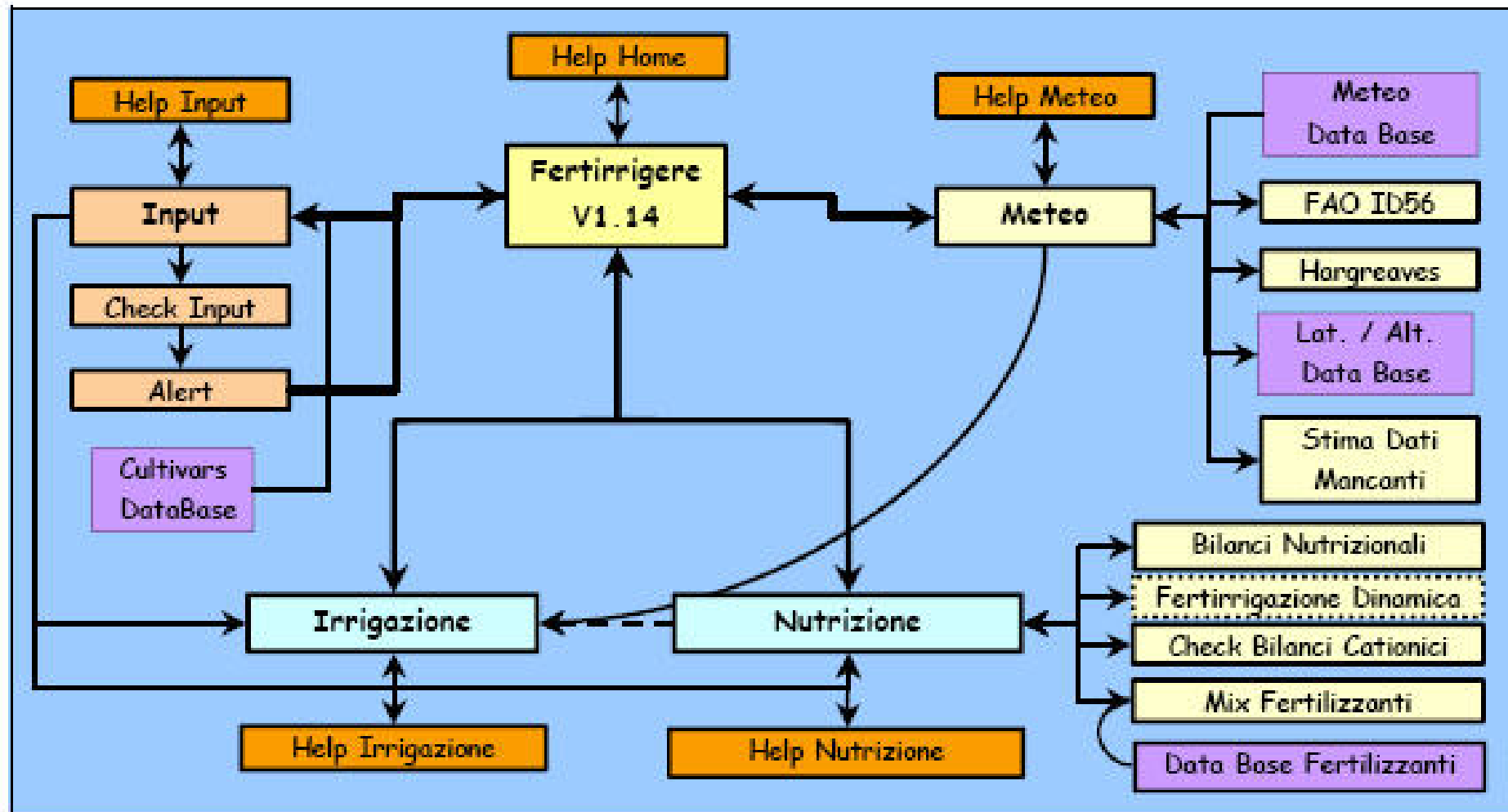


Approccio sperimentale

Prove condotte in aziende private nella zona di Grosseto

- I gruppo: 4 aziende-pilota, periodo 2003-2005
- II gruppo: 6 aziende-satelliti, periodo 2004
- III gruppo: 56 aziende, periodo 2004-2006

Fertirrigere® (1): diagramma di flusso.



Fertirrigere® (2): i modelli.

- Bilancio idrico della coltura
- Modello fenologico [f (gradi.giorno)]
- Evapotraspirazione potenziale (ET_0) ed effettiva (ET_c)
- Crescita radicale
- Risalita capillare dell'acqua nel terreno
- Mineralizzazione della sostanza organica
- Accumulo della sostanza secca
- Bilancio nutrizionale (N, P, K, Ca, Mg)
- Partizione dei nutrienti

Fertirrigere® (3): modalità di funzionamento.

- **BASE:** gestione irrigua su base storica (tabelle da disciplinari di produzione R. Toscana) abbinata ad un calcolo del fabbisogno nutrizionale su base previsionale (considera solo la resa attesa). La distribuzione degli apporti fertirrigui è definita seguendo una curva (temporale) di assorbimento standard.
- **STATICA** : calcolo di un bilancio idrico semplificato. L'apporto nutrizionale è effettuato come sopra.
- **DINAMICA** richiede l'ausilio di un supporto decisionale (DSS) in quanto si basa sulla modellizzazione (con passo giornaliero) dell'accumulo di sostanza secca da parte dei diversi organi della pianta, dello sviluppo radicale, della mineralizzazione della sostanza organica nel terreno, e delle disponibilità idriche e nutrizionali nel volume di terreno esplorato dalle radici.

Dati rilevati



- Le analisi chimico-fisiche del terreno;
- l'andamento climatico nei mesi della coltivazione;
- la cronologia della prova e le metodologie agronomiche applicate;
- i tipi di fertilizzanti utilizzati;
- i volumi di acqua e le dosi di fertilizzanti distribuiti via fertirrigazione nelle quattro fenofasi e complessivamente;
- il costo della fertilizzazione;
- la resa e la qualità dei frutti, l'ultima descritta dal residuo, dall'**indice qualitativo** e il prezzo indicizzato;
- il tipo di lavorazione industriale (polpa o concentrato) al quale la materia prima è stata indirizzata;
- l'efficienza di uso dell'acqua (WUE, *water use efficiency*) e dell'azoto (NUE, *nitrogen use efficiency*).

La valorizzazione qualitativa del prodotto

Limiti di tolleranza per i principali parametri qualitativi:

Parametri qualitativi	Soglia dei parametri
Spappolato	$\leq 10\%$
Giallo/invaiato	$\leq 10\%$
Collettato	$\leq 10\%$
Totale parametri qualitativi	$\leq 25\%$

TAB. 1
TABELLA PER LA VALORIZZAZIONE QUALITATIVA DEL POMODORO NON DA PELATO

BRUX	Polpa					Concentrato							
	PARAMETRI QUALITATIVI (%)												
	0-1,99	2-3,99	4-5,99	6-7,99	8-9,99	10-11,99	12-13,99	14-15,99	16-17,99	18-19,99	20-21,99	22-23,99	24-25,00
< 4,09	1	-3	-7	-11	-14	-16	-18	-21	-24	-27	-31	-36	-41
4,10-4,29	4	0	-4	-8	-11	-13	-15	-18	-21	-24	-28	-33	-38
4,30-4,49	7	3	-1	-5	-8	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35
4,50-4,69	10	6	2	-2	-5	-7	-9	-12	-15	-18	-22	-27	-32
4,70-4,89	13	9	5	1	-2	-4	-6	-9	-12	-15	-19	-24	-29
4,90-5,29	15	11	7	3	100%	-2	-5	-8	-11	-14	-18	-23	-28
5,30-5,49	17	13	9	5	2	0	-2	-5	-8	-11	-15	-20	-25
5,50-5,69	20	16	12	8	5	3	1	-2	-5	-8	-12	-17	-22
5,70-5,89	23	19	15	11	8	6	4	1	-2	-5	-9	-14	-19
5,90-6,09	26	22	18	14	11	9	7	4	1	-2	-6	-11	-16
>6,10	29	25	21	17	14	12	10	7	4	1	-3	-8	-13

Tutti i valori all'interno della griglia sono in percentuale.

Il 100% corrisponde al prezzo concordato contrattualmente.

Tutti gli altri valori contenuti nella griglia si devono intendere come aumenti o diminuzioni percentuali dal prezzo di contratto.

La tabella si applica sul pomodoro tondo, sul pomodoro lungo non pelato, sul pomodoro cherry non idoneo alla lavorazione per pomodoro intero.



Esempi di difetti delle bacche

- Pomodoro marcio



Esempi di difetti delle bacche

- Pomodoro assoluto



Esempi di difetti delle bacche

- Pomodoro collettato



Esempi di difetti delle bacche

- Pomodoro invaiato



Confronto tra la gestione della fertirrigazione tradizionale o suggerita da Fertirrigere per la coltura del pomodoro da industria nell'area di Grosseto. **Valori medi (\pm e.s.) di 4 aziende (pilota)**. La significatività delle differenze è stata valutata con il test del *t-Student*: NS, non significativo; **, significativo al 5%.

Parametro	FERTIRRIGERE		TESTIMONE		<i>t-Student</i>
	media	errore standard	media	errore standard	
Resa (t/ha)	79,00	13,00	58,00	10,87	ns
Residuo ottico (°Brix)	5,35	0,07	4,75	0,13	**
Indice qualitativo	8,70	0,88	14,72	0,30	**
WUE (t/m ³)	4.0	1,12	2.0	0,40	**
NUE (t/kg)	2,31	0,80	0,71	0,25	**
Costo fertirrigazione (€/ha)	223,00	30,00	437,76	85,00	**



Confronto tra la gestione della fertirrigazione tradizionale o suggerita da Fertirrigere per la coltura del pomodoro da industria nell'area di Grosseto. **Valori medi (\pm e.s.) di 56 aziende.** La significatività delle differenze è stata valutata con il test del *t-Student*: NS, non significativo; **, significativo al 5%.

Parametro	FERTIRRIGERE		TESTIMONE		<i>t-Student</i>
	media	errore standard	media	errore standard	
Resa (t/ha)	90.94	1.85	84.94	2.39	**
Residuo ottico (°Brix)	5.04	0.051	4.52	0.046	**
Indice qualitativo	8.35	0.27	11.40	0.81	**
WUE (t/m ³)	4.7	0.1	2.0	0.1	**
NUE (t/kg)	1.17	0.09	0.48	0.01	**
Costo fertirrigazione (€/ha)	322.00	5.00	673.00	23.00	**

Confronto tra la gestione della fertirrigazione tradizionale o suggerita da Fertirrigere per la coltura del pomodoro da industria nell'area di Grosseto. **Valori medi (\pm e.s.) di 6 aziende (satelliti)**. La significatività delle differenze è stata valutata con il test del *t-Student*: NS, non significativo; **, significativo al 5%.

Parametro	FERTIRRIGERE		TESTIMONE		<i>t-Student</i>
	media	errore standard	media	errore standard	
Resa (t/ha)	79,50	8,88	70,66	9,62	ns
Residuo ottico (°Brix)	5,08	0,09	4,94	0,17	ns
Indice qualitativo	8,80	0,68	12,05	1,87	**
WUE (t/m ³)	4,0	0,6	2,0	0,3	**
NUE (t/kg)	0,71	0,15	0,60	0,11	ns
Costo fertirrigazione (€/ha)	312,00	33,62	407,00	14,22	**



CONCLUSIONI



Il DSS ha consentito:

- un aumento delle rese
- un miglioramento della qualità delle bacche
- una maggiore efficienza d'uso dell'acqua e dei fertilizzanti
- una riduzione dei costi della fertirrigazione