



## **PROGETTO PER LA PREVISIONE DEI RACCOLTI CON IL METODO POLLINICO**

**Consiglio Oleicolo Internazionale  
Università degli Studi di Perugia (Italia)  
Università di Cordova (Spagna)**

Le previsioni delle produzioni di piante coltivate, rappresentano un indispensabile strumento a favore dei policy-makers per ottimizzare il processo decisionale d'allocazione dei fattori produttivi. La loro valutazione è divenuta importante a partire dal 1980 quando i problemi finanziari legati alla gestione dei Mercati Agricoli dell'U.E. hanno posto in discussione l'organizzazione degli incentivi basati sui prezzi, che favorivano lo sviluppo delle produzioni

Nell'ambito di un Progetto Pilota (M.A.R.S. Project) vennero realizzati stime previsionali utilizzando essenzialmente metodologie di *Remote Sensing* (GIS, CORINE, ecc.). Metodi alternativi sono stati sperimentati proprio durante l'esecuzione del Progetto Pilota, attraverso la valutazione quali-quantitativa del processo biologico che sta alla base della futura produzione (stima della fioritura). Infatti i metodi utilizzati con sensori remoti si sono rivelati precisi per la valutazione delle superfici occupate dalle diverse colture agrarie, e debolmente correlati con la produzione indagata.

I risultati ottenuti con l'utilizzazione di strumenti in grado di "quantificare" il polline emesso durante il processo di fioritura, hanno fornito dati interessanti presentati all'U.E ed alla comunità scientifica internazionale (EUR 16008-CL-NA-16-008-EN-C). L'esperienza è stata condotta sulla specie vite, con una fitta rete europea di monitoraggio pollinico in Francia, Germania, Italia, Spagna, Grecia, Portogallo, Creta) accompagnata da alcune stazioni particolarmente dedicate al controllo della specie olivo: Spagna, Italia, Portogallo e Grecia).

I risultati ottenuti sull'olivo, hanno poi condotto l'equipe italiana dell'Università di Perugia ad ottenere un Progetto Nazionale (Piani Operativi Multiregionali P.O.M. A31) che ha realizzato una rete permanente di monitoraggio pollinico in aree olivicole meridionali italiane.

Il Consiglio Oleicolo Internazionale, sulla base di queste esperienze condotte sia dall'equipe dell'Università di Perugia (Italia) che da quella dell'Università di Cordoba (Spagna), ha finanziato un progetto di studio sulle previsioni dei raccolti in olivicoltura nell'anno 2002, con comparazione di due aree a forte vocazione olivicola: l'Umbria e l'Andalucia.

## Obiettivi

L'obiettivo finale del progetto è stato quello di mettere a confronto esperienze comuni sulla utilizzazione della variabile pollinica all'interno di modelli previsionali sui raccolti in olivicoltura. La disponibilità di dati previsionali, è bene ricordare, permette di programmare al meglio le attività che attengono alla produzione (ottimizzazione della manodopera, interventi agronomici, fito-patologici, ecc.), alla commercializzazione (gestione degli stocks, attivazione di politiche di filiera, confezionamento e distribuzione, ecc.), e controllo degli andamenti dei mercati dei prezzi, in una ottica di trasparenza di filiera.

Accanto a tutto ciò, rimangono comunque gli obiettivi di base che consentono di creare banche dati di tipo agronomico, fisiologico, ecc. che consentono di meglio comprendere i meccanismi di comportamento della specie nella delicata fase di fioritura, basilare per la formazione dei frutti.

In una ottica più ampia, inoltre, il dato relativo alla fioritura, registrato su vasta scala (Bacino del Mediterraneo) per un certo numero di anni, permette di verificare in concreto l'azione dei cambiamenti climatici (Global Climatic Changes), in termini di anticipo/ritardo di fioritura, abbondanza/scarsità, ecc.

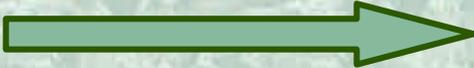


# **PROGETTO PER LA PREVISIONE DEI RACCOLTI CON IL METODO DEL MONITORAGGIO POLLINICO**

**Bruno Romano**  
**Marco Fornaciari**  
**Fabio Orlandi**

**Eugenio Dominguez**  
**Carmen Galán**  
**Herminia García-Mozo**

## **Relazioni tra fioritura e fruttificazione:**

- **La fioritura è il fenomeno preliminare indispensabile per la formazione dei frutti in piante di interesse economico**
- **Attraverso l'arrivo del materiale pollinico si cominciano a scatenare una serie di processi fisiologici e metabolici che determinano la trasformazione dei fiori in frutti.**
- **Palma, Pistacchio, Nocciolo, Castagno, Vite**  
 **Olivo**



## **OLIVO (*Olea europaea* L.)**

- **Specie arborea che manifesta una variazione del tipo di impollinazione, passando da una ancestrale entomofilia (fiore profumato, appariscente, nettare, ecc.) ad una anemofilia totale.**
- **Fortemente antropizzata, selezionata e “frazionata” in cultivars che sono espressione delle realtà olivicole nazionali, o regionali o locali**
- **Inoltre presenta diffusamente un'autosterilità (Morettini, 1939)**

# **OLIVO (*Olea europaea* L.)**

## **Infiorescenza**

**I fiori sono raggruppati da 10 a 25 in *mignole*.**

**Le infiorescenze si formano da gemme posizionate sui rami di 2 anni.**

**La formazione delle mignole è scalare e dipende da svariate condizioni e dal tipo di *cultivar*.**



# Fioritura



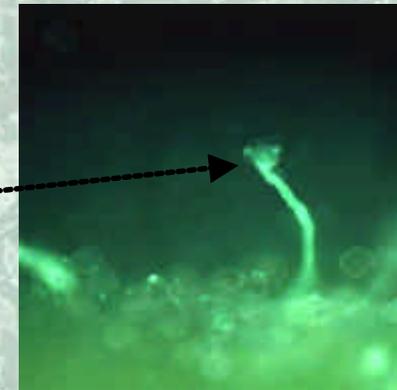
## Impollinazione

Deposizione del polline  
sullo stigma



## Pollinazione

Liberazione e trasporto del polline



## Fecondazione

Formazione dell'embrione,  
del seme e del frutto

## PRODUZIONE FINALE

- **Fioritura (dinamica ed intensità)**
- **Meteorologia (variabili determinanti)**
- **Fitopatologie (presenza/ assenza)**
- **Fattori agronomici**



## **PROGETTO COI (2002)**

**Studio della fioritura in olivo in aree mediterranee  
a forte vocazione olivicola (Spagna e Italia)**

**Universidad de Cordoba e Università di Perugia**

**Cordova e Baena (Spagna)**

**Perugia e Spoleto (Italia)**



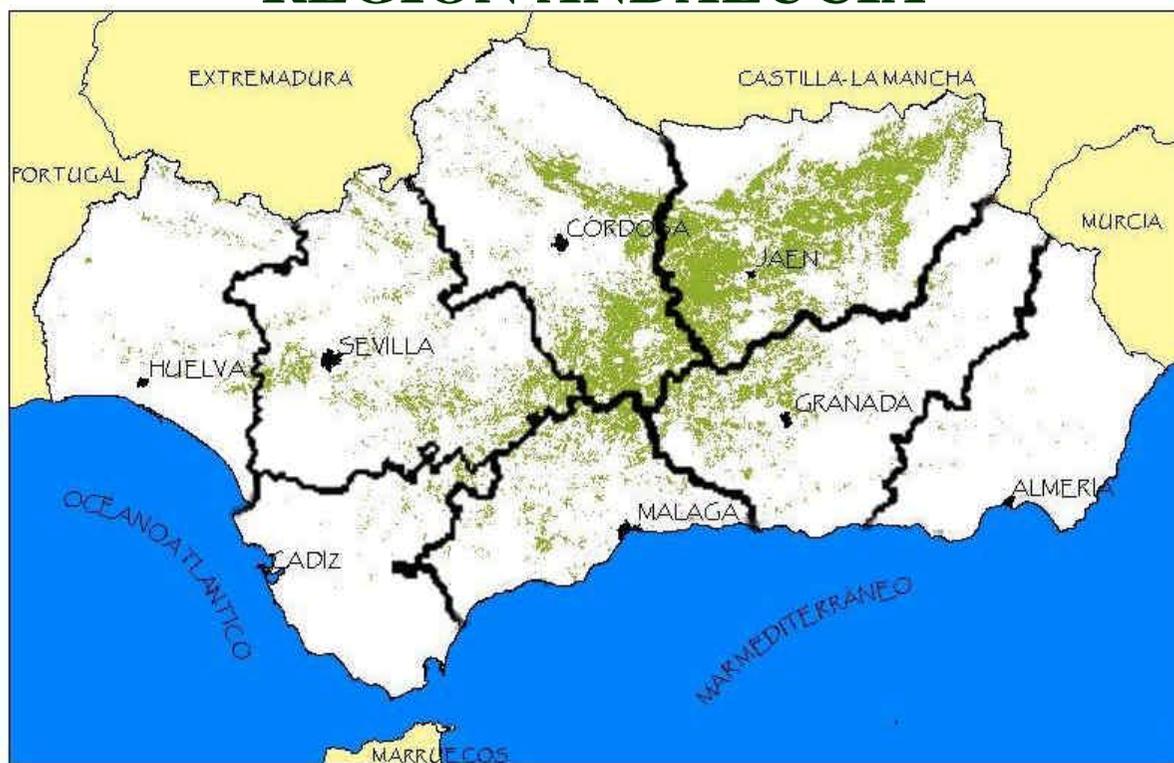
## **PROGETTO COI (2002)**

- **Caratterizzazione delle aree olivicole indagate spagnole ed italiane**
- **Monitoraggio della fioritura**
- **Fenologia**
- **Modelli di previsione dei raccolti**

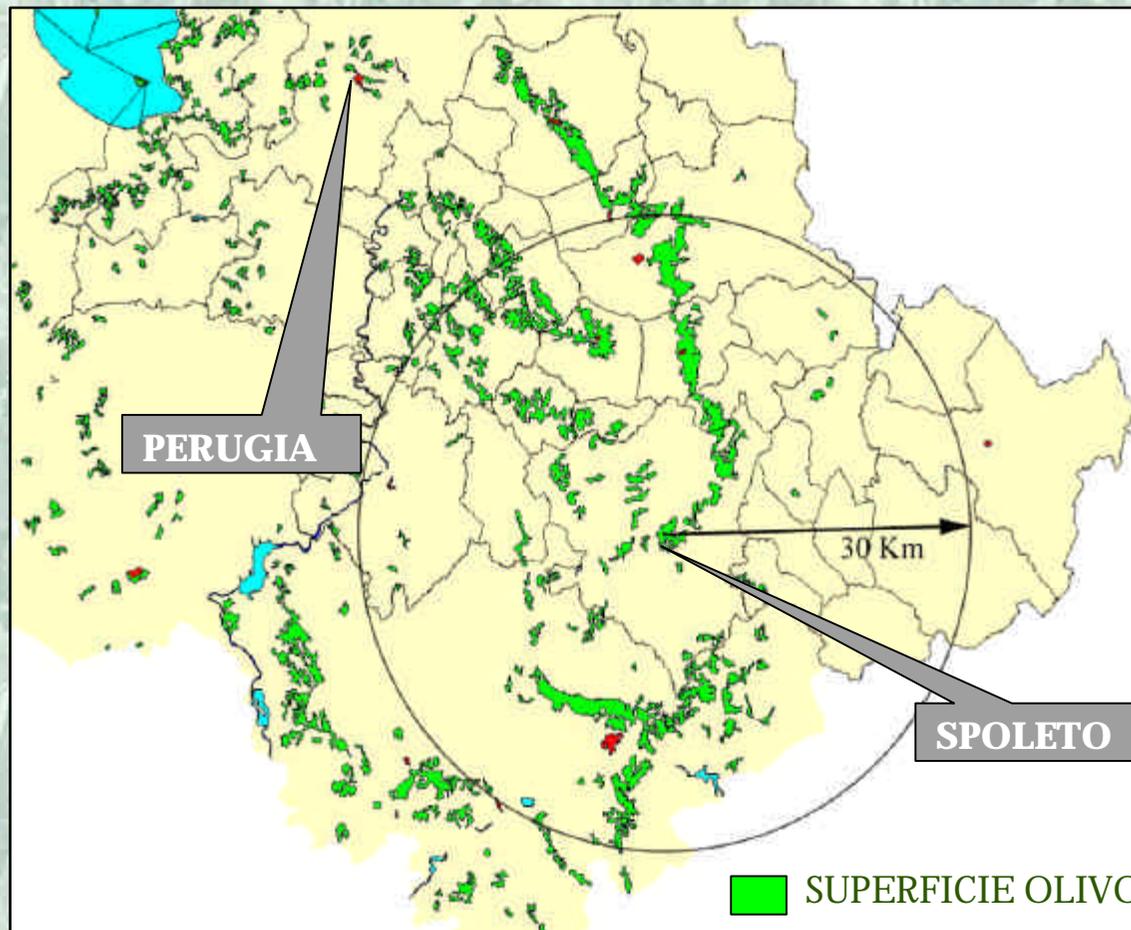


- **La Spagna è il primo produttore mondiale di olio di oliva.**
- **Quasi il 60 % della produzione nazionale proviene dall'Andalusia, e in particolare dalle provincie di Jaén e Cordova.**

## REGIÓN ANDALUCÍA



- **L'Italia è il secondo paese produttore mondiale**
- **L'Umbria rappresenta circa il 3% della produzione italiana d'olio, ma esclusivamente confezionato come extra vergine d'oliva**



# **FASI DEL PROGETTO**

- 1. Caratterizzazione bioclimatica e geografica delle aree di studio**
- 2. Caratterizzazione edafica (distribuzione oliveti, esposizione, giacitura, altitudine, tipo di suoli, ecc.)**
- 3. Varietà (identificazione del panorama olivicolo presente)**



# **FASI DEL PROGETTO**

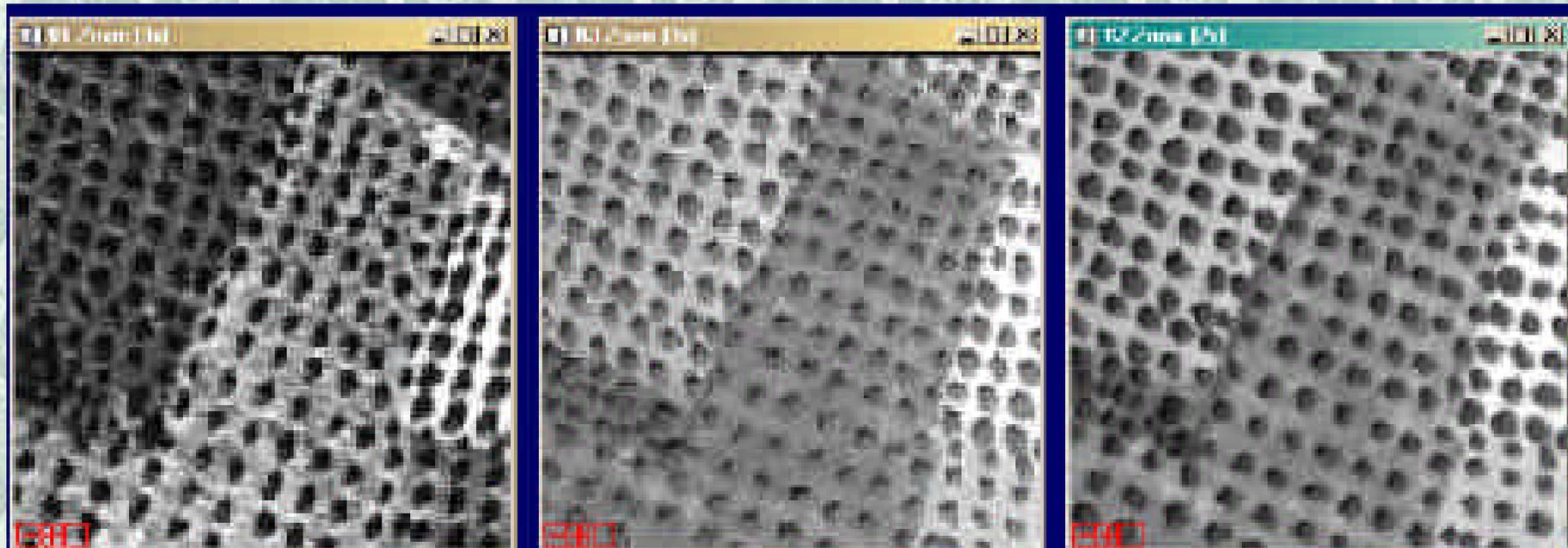
**(Caratterizzazione bioclimatica e geografica delle aree di studio)**

**Identificazione di stazioni meteo nelle aree olivicole indagate per la registrazione di parametri giornalieri (T, mm, U.R., vento, ecc.)**

**Analisi di mappe territoriali e/o GIS per l'ottenimento delle cosiddette Unità Elementari di Monitoraggio (EMU)**



# Le mappe digitali del suolo sono fondamentali per l'ottenimento di informazioni sul territorio in tempo reale



# **UMBRIA**

**(Caratterizzazione bioclimatica e geografica delle aree di studio)**

**Clima continentale con inverni molto freddi (a volte gelate)**

**Zona olivicola compresa 200-500 m s.l.m.**

**Perugia – Spoleto (U.R. 70%; Prec. Media annuale 900 mm; T media annuale 13.5 °C)**



# ANDALUSIA

(Caratterizzazione bioclimatica e geografica dell'area in esame)

**Clima continentale**

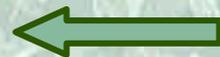
**Mesomediterraneo**

*Falda Sierra Subbética (BAENA)*

**Termomediterraneo**

*Valle Rio Guadalquivir (CORDOBA)*

**15.8 °C**



*T media*



**17.4 °C**

**520 mm**



*Precipitazioni annuali*



**798 mm**

**Vento di sud-ovest predominante**



## **FASI DEL PROGETTO**

**Caratterizzazione edafica (distribuzione e caratteristiche degli oliveti, esposizione, giacitura, altitudine, tipo di suoli, ecc.)**

**Informazioni precedentemente acquisite dalle analisi cartografiche (Mappe o GIS)**

**Sistemi di informazioni territoriali, Consorzi di origine, Agenzie di Assistenza in Agricoltura, ecc.**



# **UMBRIA**

**Caratterizzazione edafica (distribuzione oliveti, esposizione, giacitura, altitudine, tipo di suoli, ecc.)**

**Olivicoltura in zone collinari e marginali tra i 200 ed i 500 metri s.l.m.**

**Tipologia di terreni con struttura eterogenea (terreni ciottolosi, argillosi, sciolti)**

**Esposizione degli oliveti principalmente a sud**



# ANDALUSIA

**Caratterizzazione edafica (distribuzione oliveti, esposizione, giacitura, altitudine, tipo di suoli, ecc.)**

**Olivi situati in zone di alta collina e montagna (Sierra Subbetica) e su terreni silicei (Sierra Morena)**

**Cordova: Terreni calcarei e silicei o terrazza alluvionale**

**Baena: Terreni calcarei basici**



# **UMBRIA**

**Varietà (identificazione del panorama olivicolo presente)**

**Perugia e Spoleto: Leccino, Moraiolo, Frantoio, Dolce  
Agogia, San Felice**

**Sesti di impianto: 6 x 6**

**Irrigazione assente**



# ANDALUSIA

## Varietà (identificazione del panorama olivicolo)

Cordova: Hojiblanca, Picual, Picudo, Lechin de Sevilla. Arbequina (impianti recenti).

Baena: Picudo e Picual. Arbequina (impianti recenti)

Densità degli impianti:

80 - 110 alberi all'ettaro nelle piantagioni tradizionali

200-300 nei nuovi impianti

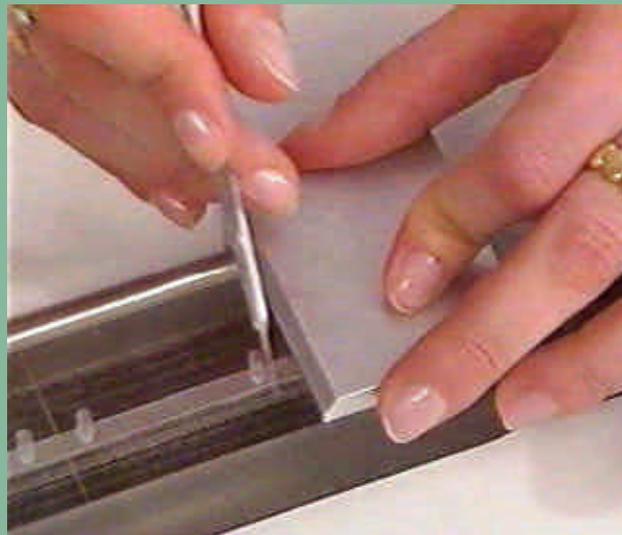
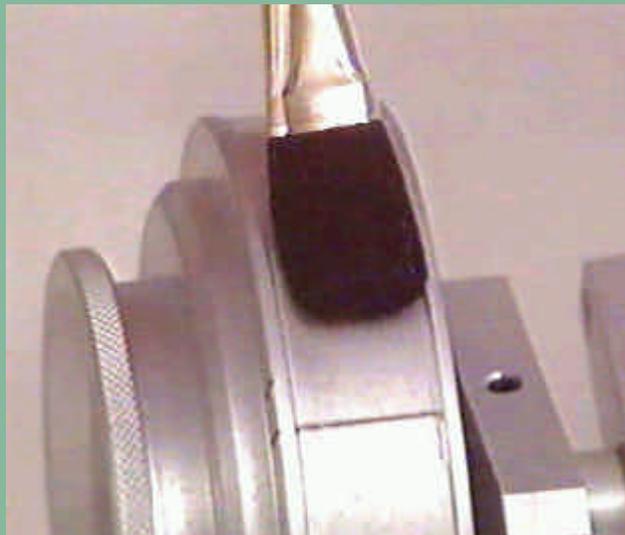
1.000-2.000 piante/ ha negli impianti superintensivi più recenti (circa 8.000-10.000 ha in Andalusia)

Irrigazione: negli oliveti tradizionali interessa l'8% della superficie, giunge al 30-40% sui nuovi impianti.

# STRUMENTAZIONE Metodo a impatto per aspirazione, tipo Hirst (1952)



# PREPARAZIONE DEL TAMBURO



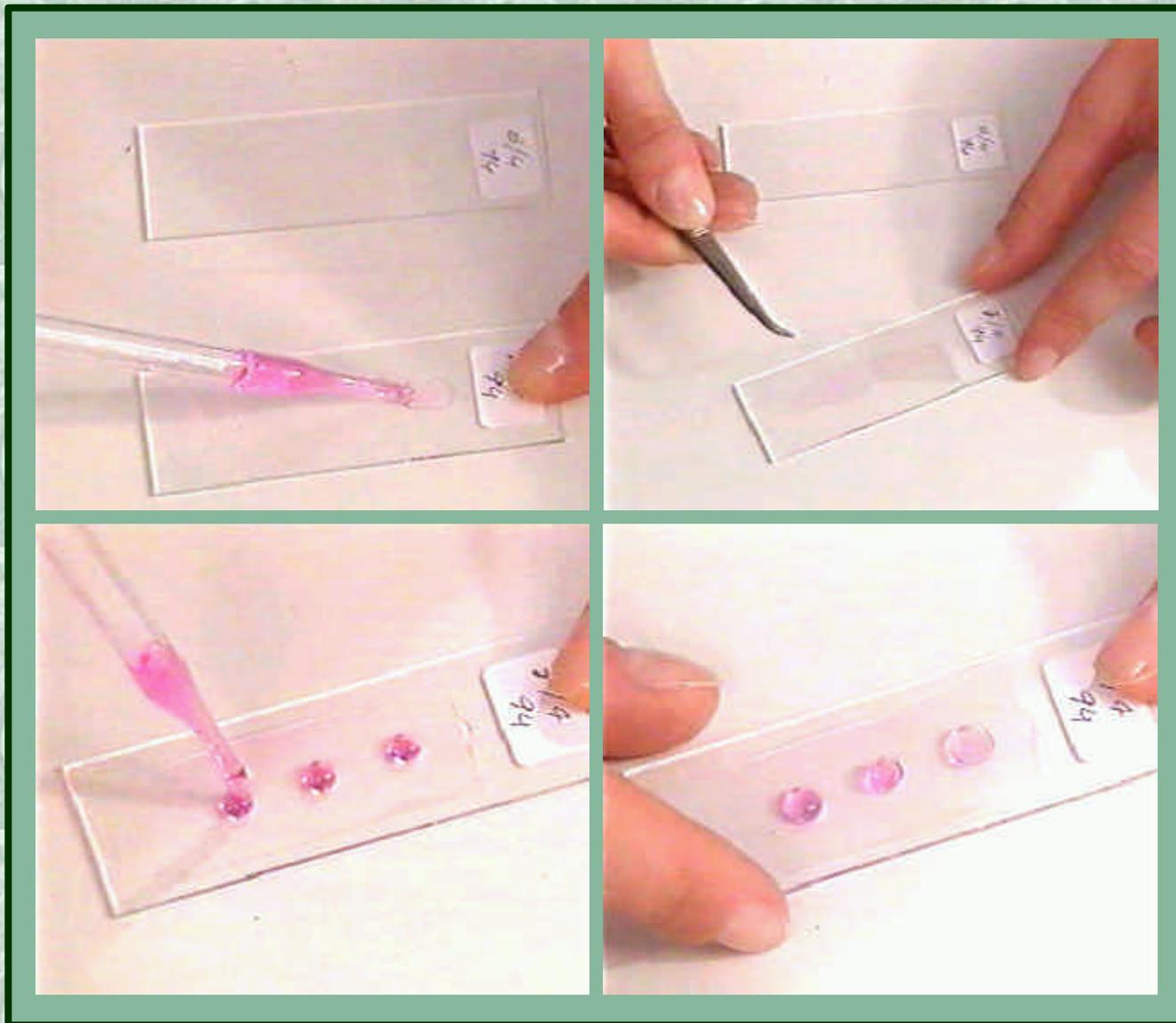
L'adesivo impiegato nei catturatori a impatto deve presentare le seguenti caratteristiche:

1. Non essere solubile in acqua. Non asciugarsi né evaporare.
2. Lo spessore della pellicola non deve alterarsi nel tempo, né per effetto della temperatura o dell'umidità.
3. Avere buona capacità di trattenimento, evitando la perdita delle particelle per rimbalzo.
4. Non consentire la crescita di funghi o batteri.
5. Non essere opaco alla luce del microscopio.
6. Essere facile da utilizzare.

Adesivo proposto: **fluido siliconico** della ditta LANZONI.

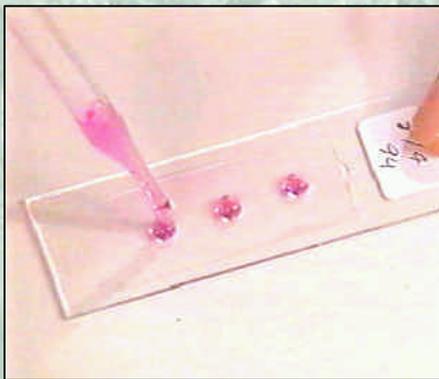


# PREPARAZIONE DEI CAMPIONI



La sostanza utilizzata per il montaggio dei campioni deve

1. essere solubile in acqua;
  2. essere compatibile con l'adesivo impiegato;
  3. permettere la colorazione selettiva del materiale da analizzare (opzionale);
- permettere lo stoccaggio del materiale.

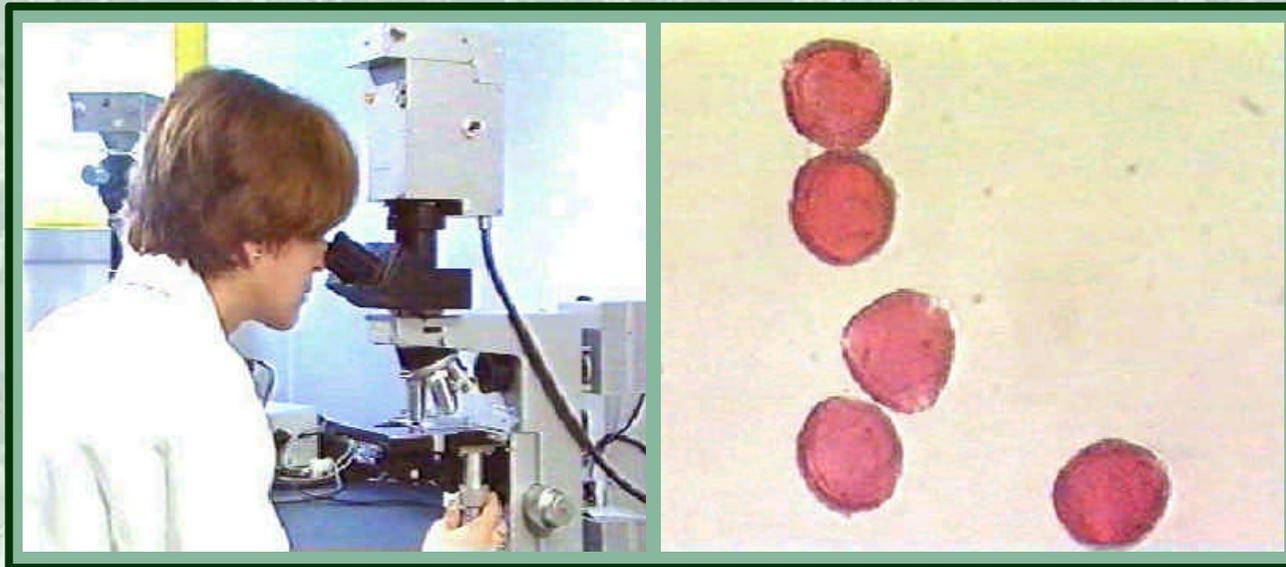


Sostanza proposta:

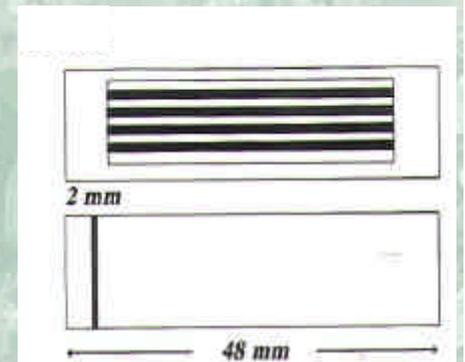
**gelatina glicerinata**, colorata con **fucsina**.

# Identificazione del materiale pollinico

Numero di granuli pollinici per m<sup>3</sup> d'aria  
n. p/m<sup>3</sup> d'aria



## Espressione dei risultati:



**Volume d'aria aspirata: 10 litri d'aria al min.**

**14.400 litri al giorno =  $14,4 \text{ m}^3$**

**Superficie totale della preparazione =  $672 \text{ mm}^2$**

**Diametro del campo di visione a 40 ingrandimenti =  $0.45 \text{ mm}$**

**Area di una striscia completa =  $0.45 \times 48 = 21.6 \text{ mm}^2$**

**Si raccomanda di esaminare quattro strisce complete =  $86.4 \text{ mm}^2$**

**Contenuto di particelle per metro cubico d'aria =  $(672 \text{ mm}^2 / 86.4 \text{ mm}^2) \times (1/14.4) \times N$**

**$N$  = numero di granuli di polline nelle quattro strisce.**

**Contenuto di particelle per metro cubico d'aria =  $N \times 0.54$**

**Il fattore dipende dall'ingrandimento utilizzato**



## **Installazione del campionatore volumetrico in esterni**

- 1. Installare ad altezza sufficiente per evitare le turbolenze che si producono al livello del terreno.**
- 2. Installare lontano da ostacoli che impediscano la libera circolazione dell'aria atmosferica.**
- 3. Se il dispositivo si installa in un centro abitato, posizionarlo lontano da zone ricche di vegetazione ornamentale, per evitare distorsioni dello spettro pollinico ottenuto.**
- 4. Evitare di sistemare il dispositivo in prossimità del bordo di un edificio per evitare le turbolenze causate dall'impatto del vento contro ostacoli.**

## **RILEVAZIONI FENOLOGICHE**

**Verificare la rispondenza tra registrazione della fioritura dello strumento (pollen trap) e fase in campo**

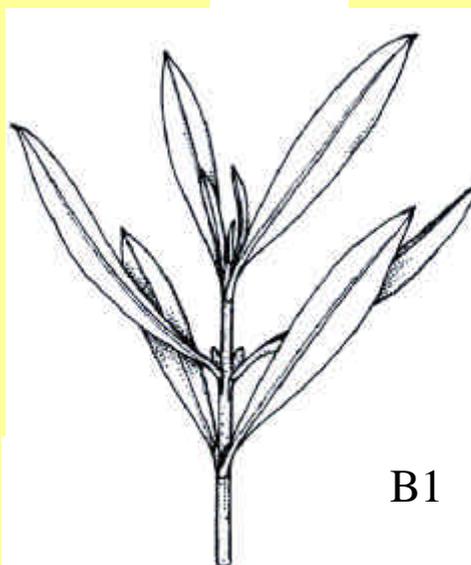
**Verificare l'eventuale scalarità di fioritura delle cultivars presenti e gli eventuali picchi/momenti di pollinazione**

**Localizzare in maniera ottimale lo strumento all'interno dei comprensori olivicoli**

# RILEVAZIONI FENOLOGICHE



A - Riposo vegetativo

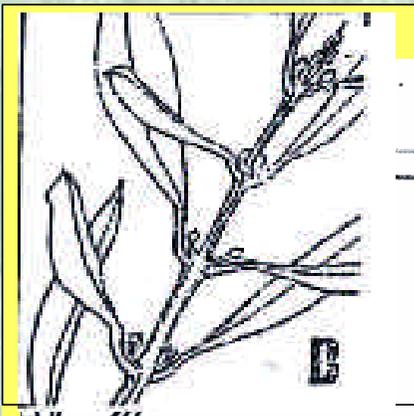


B1

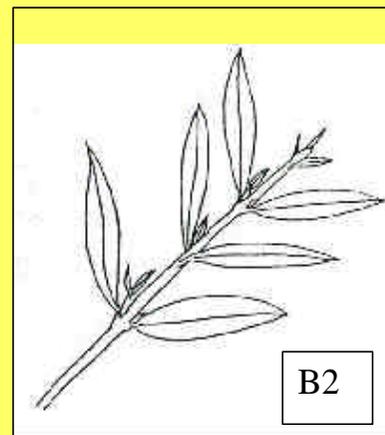
B1 - Ripresa vegetativa



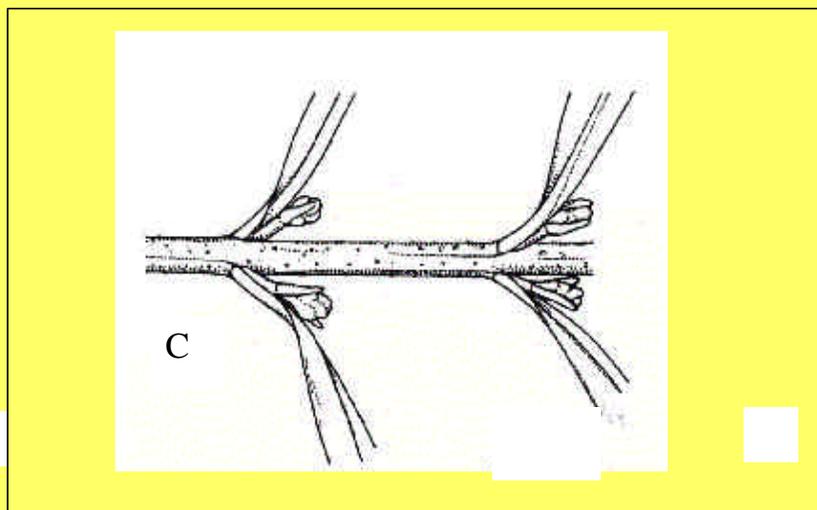
# RILEVAZIONI FENOLOGICHE



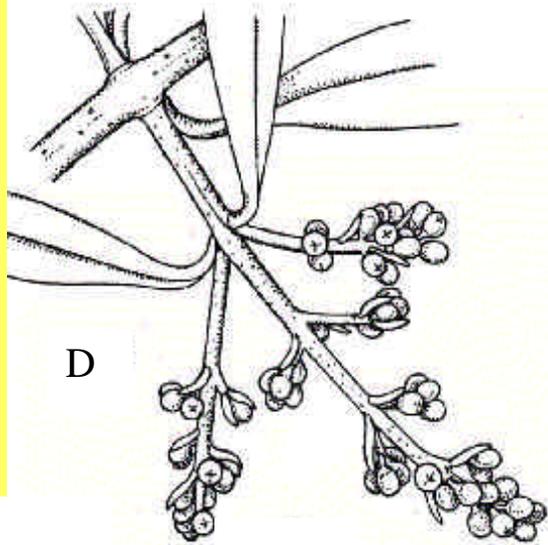
B1 - Ripresa vegetativa



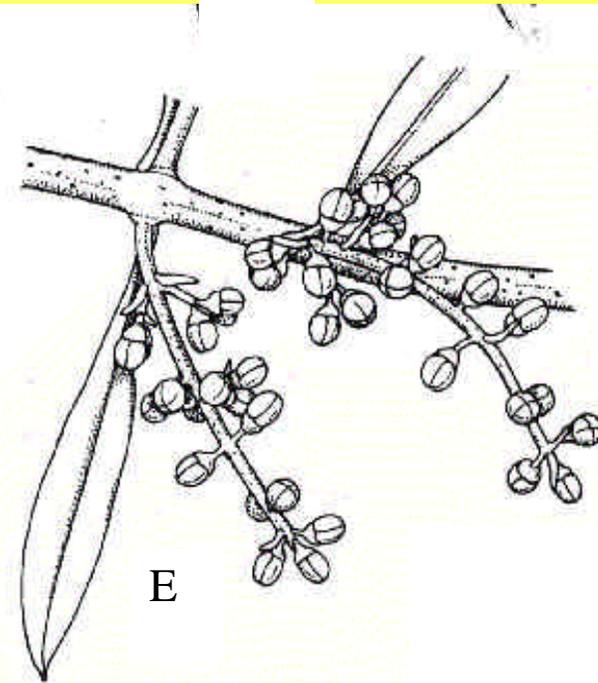
B2 - Ripresa vegetativa



C - Formazione dei grappoli fiorali

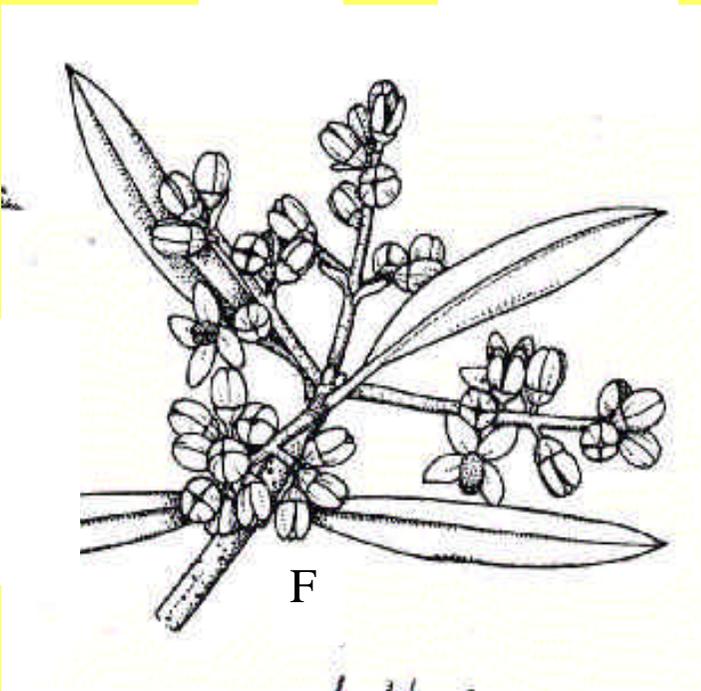


D - Rigonfiamento dei bottoni fiorali

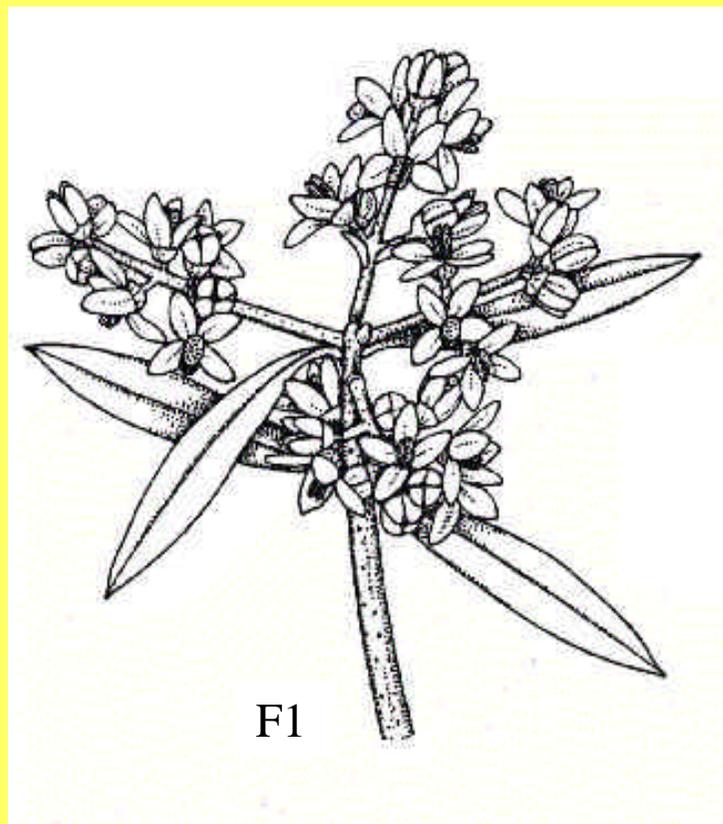


E - Differenziazione delle corolle





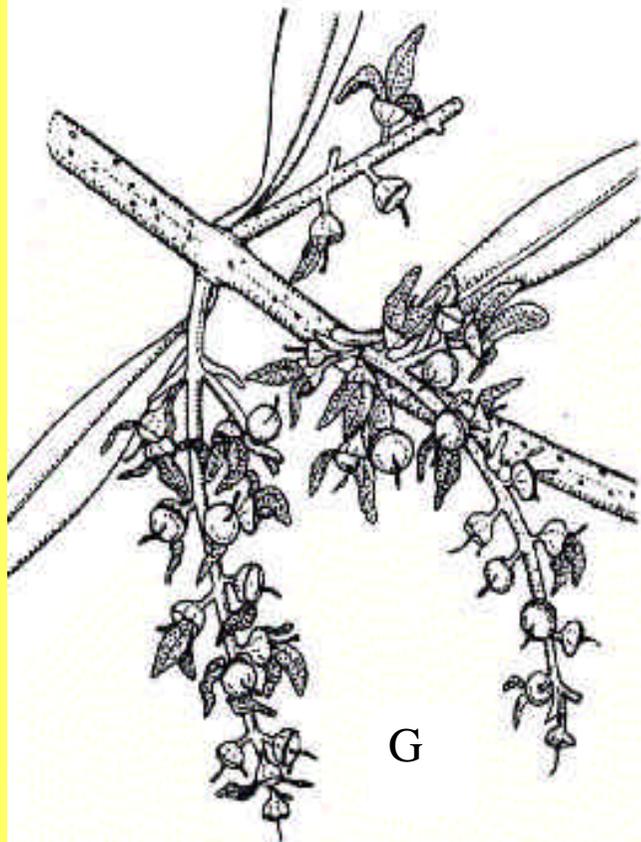
F - Inizio della fioritura



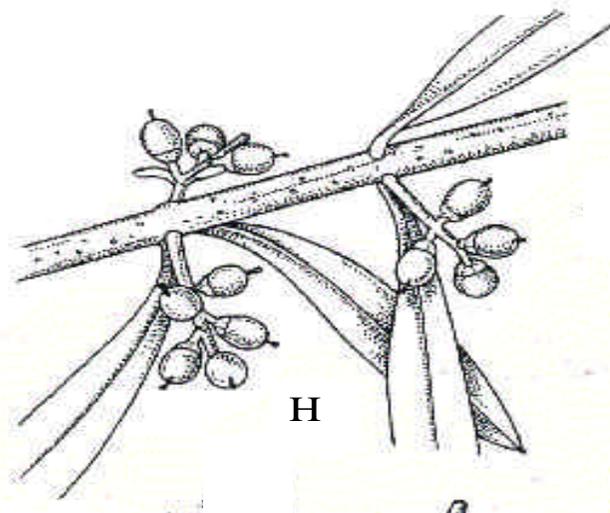
F1 - Piena fioritura



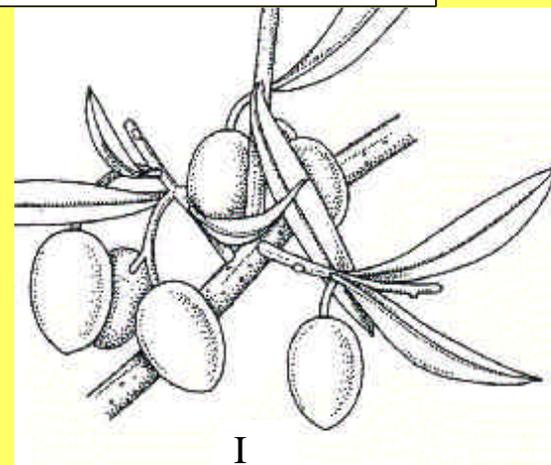
# RILEVAZIONI FENOLOGICHE



G - Caduta dei petali



H - Allegazione



I - Ingrossamento dei frutti (I° stadio)



## Pubblicazioni inerenti la relazione tra fenologia e monitoraggio pollinico (Italia):

- **Fornaciari, M., Orlandi, F. & Romano, B.** (2000). Phenological and Aeropalynological survey in an olive orchard in Umbria (Central Italy). *Grana*, 39: 246-251.
- **Fornaciari, M., Galan, C., Mediavilla, A., Dominguez, E., Romano B.** (2000). Aeropalynological and phenological study in two olive Mediterranean areas: Cordoba (Spagna) and Perugia (Italy). *Plant Biosystems*, Vol. 134 (2), 199-204.
- **Orlandi, F., Fornaciari M. & Romano B.**(2002). The use of phenological data to calculate chilling units in *olea europaea* l. in relation to the onset of reproduction. *International Journal of Biometeorology*, 46, 2-8.
- **Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., & Fornaciari M.** (2005). An integrated use of aerobiological and phenological data to analyse flowering in olive groves, *Grana*, 44, 51-56.

## Publicazioni inerenti la relazione tra fenologia e monitoraggio pollinico (Spagna):

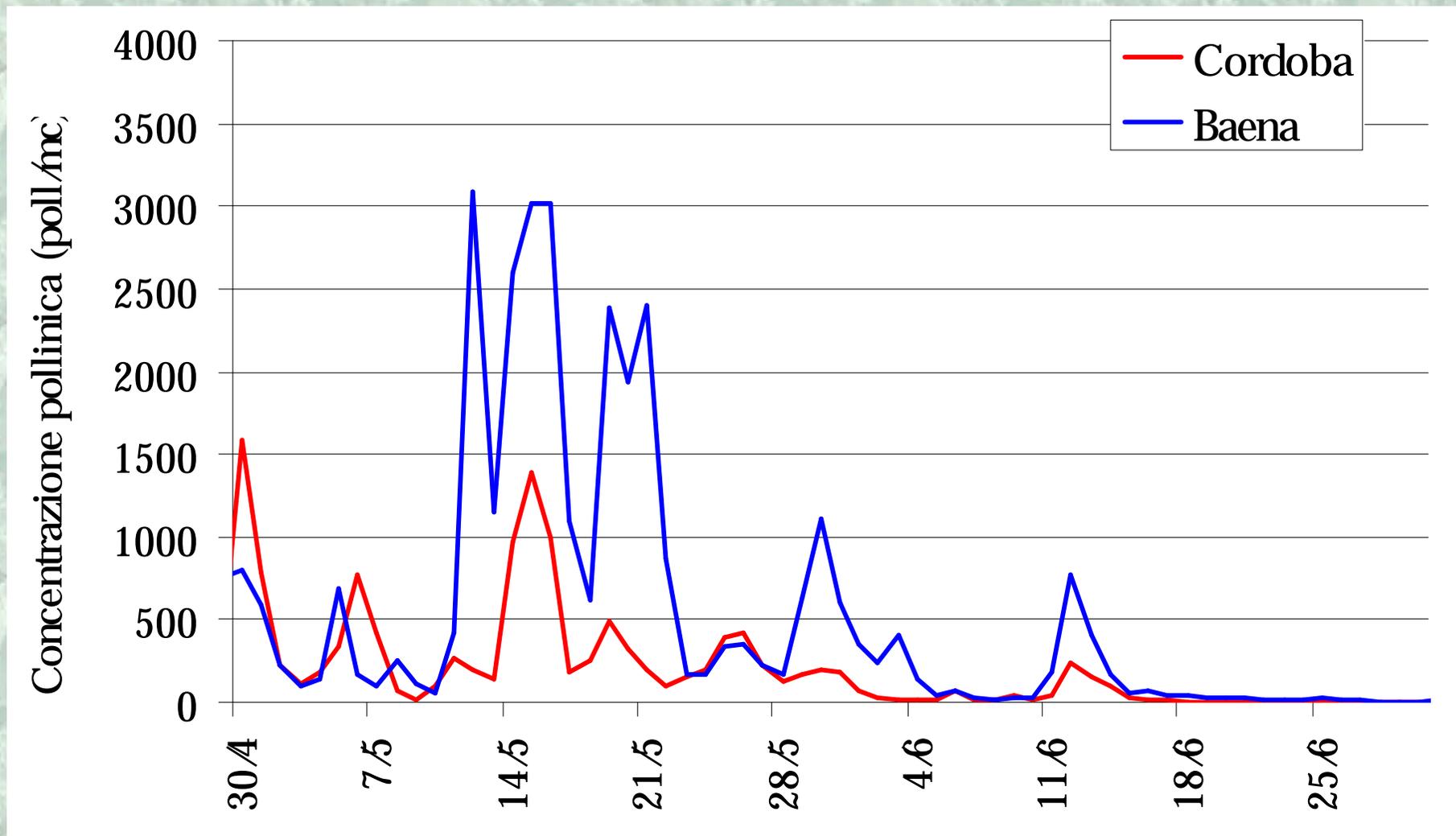
- **Galan et al. 2001**
- **Galan et al. 2005**

Galan, C., Garcia-Mozo, H., Cariñanos, P., Alcázar, P., & Domínguez-Vilches (2001). The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in South-western Spain. *International Journal of Biometeorology*, 45: 8-12.

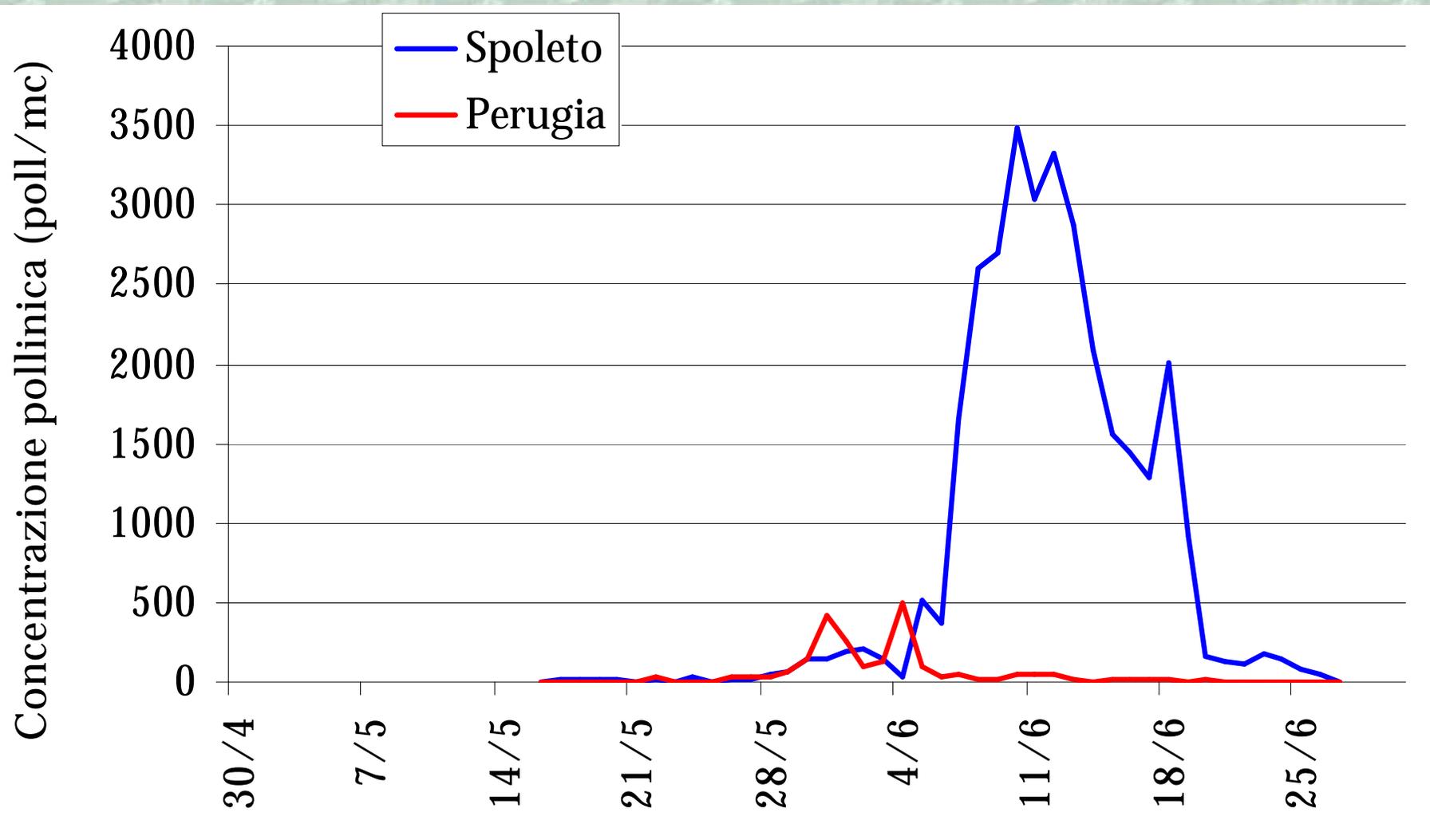
Galan, C., Garcia-Mozo, H., Vazquez, L., Ruiz, Li., Diaz de la Guardia, C., & Domínguez-Vilches, E. (2005).

Forecasting olive (*Olea europaea* L.) crop yield based on pollen emission and floral phenology in Andalusia Region, Spain. *Aerobiologia* Vol. 134 (2), 199-204.

**In Spagna è stata osservata una forte correlazione tra i dati di Cordova e di Baena, il che permette di ricostruire i dati pollinici di Baena a partire dalla serie storica di Cordova.**

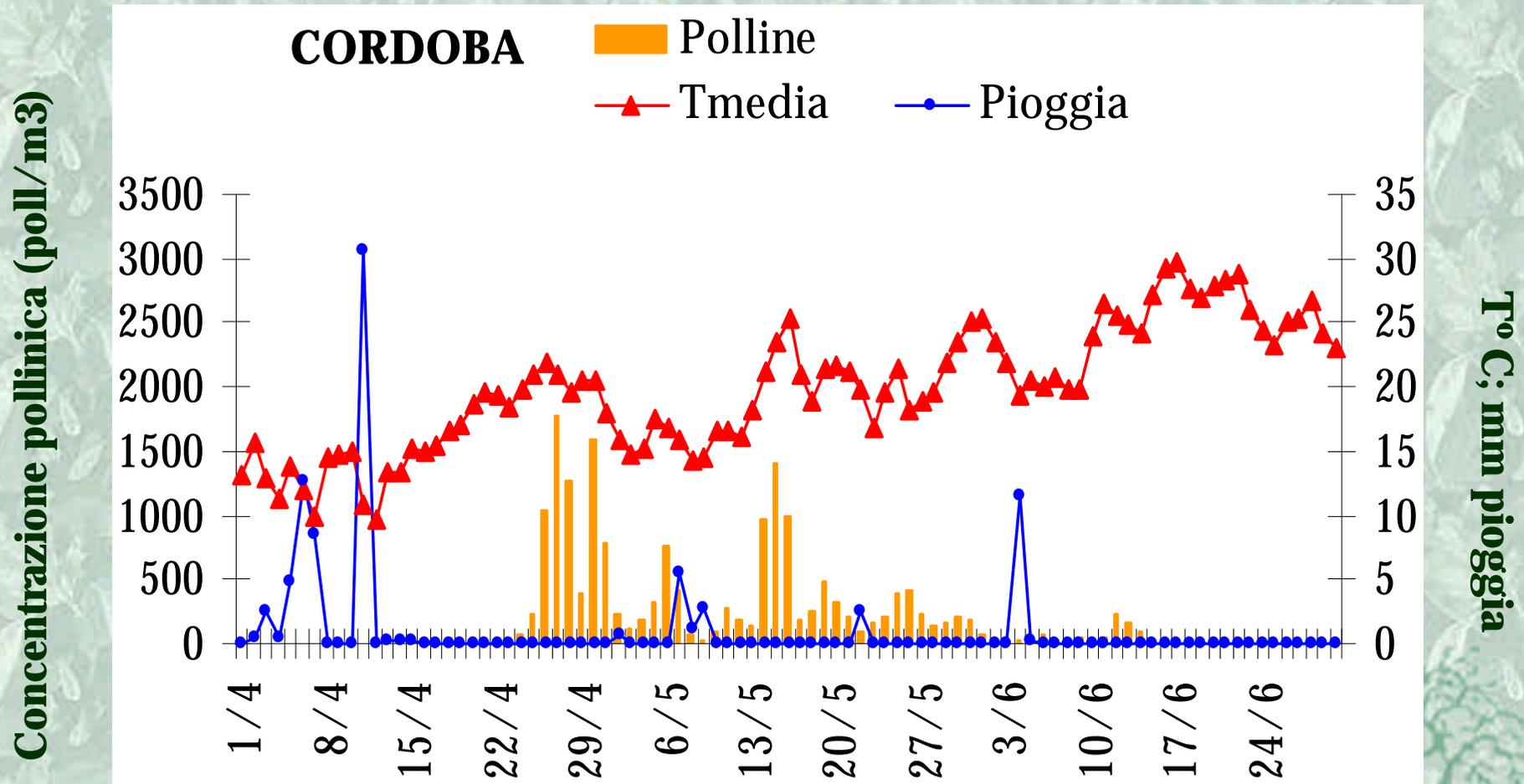


**Concentrazioni di polline molto più alte a Spoleto con una non contemporaneità di pollinazione nei due siti (ritardo di Spoleto rispetto alla stazione di Perugia).**

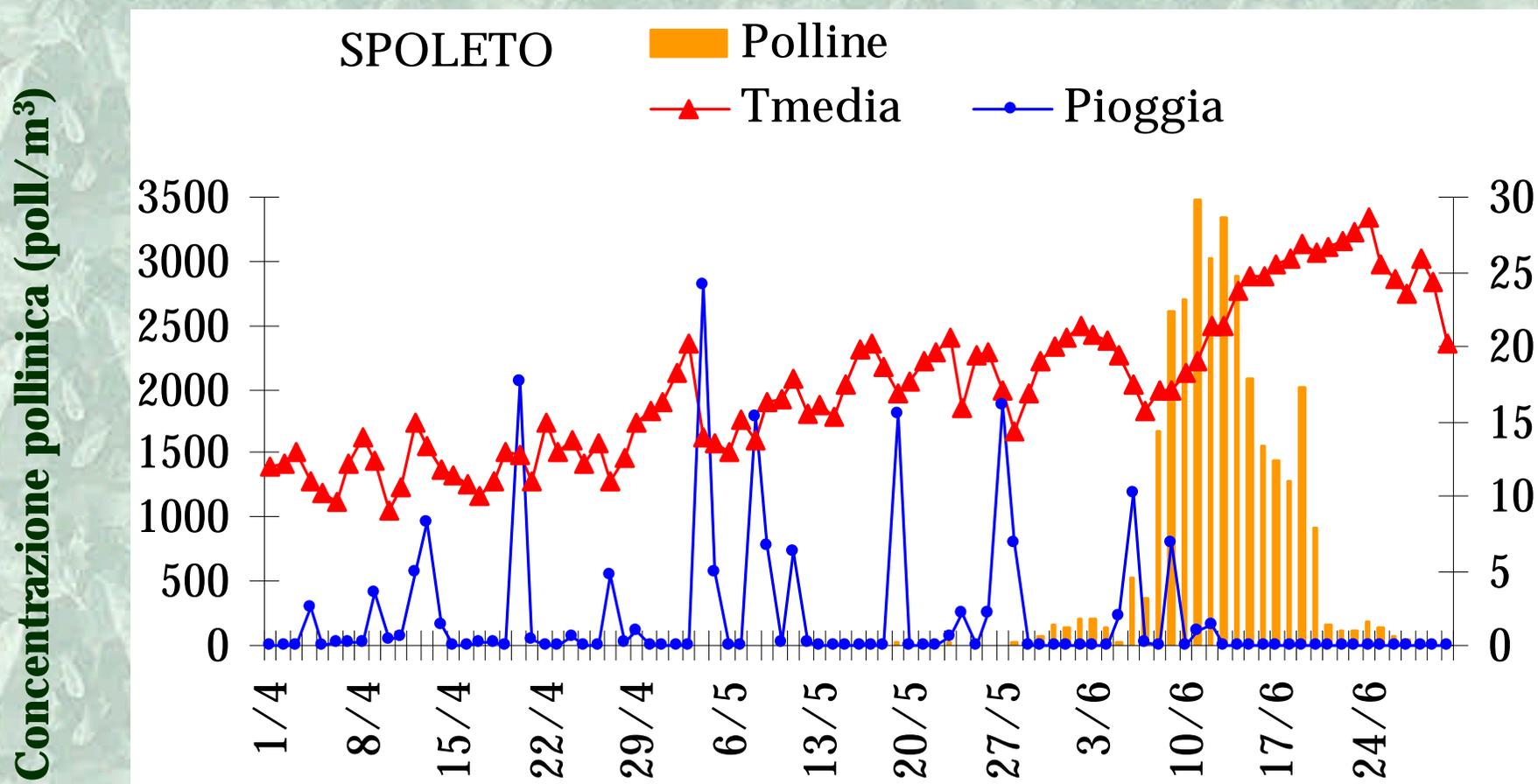




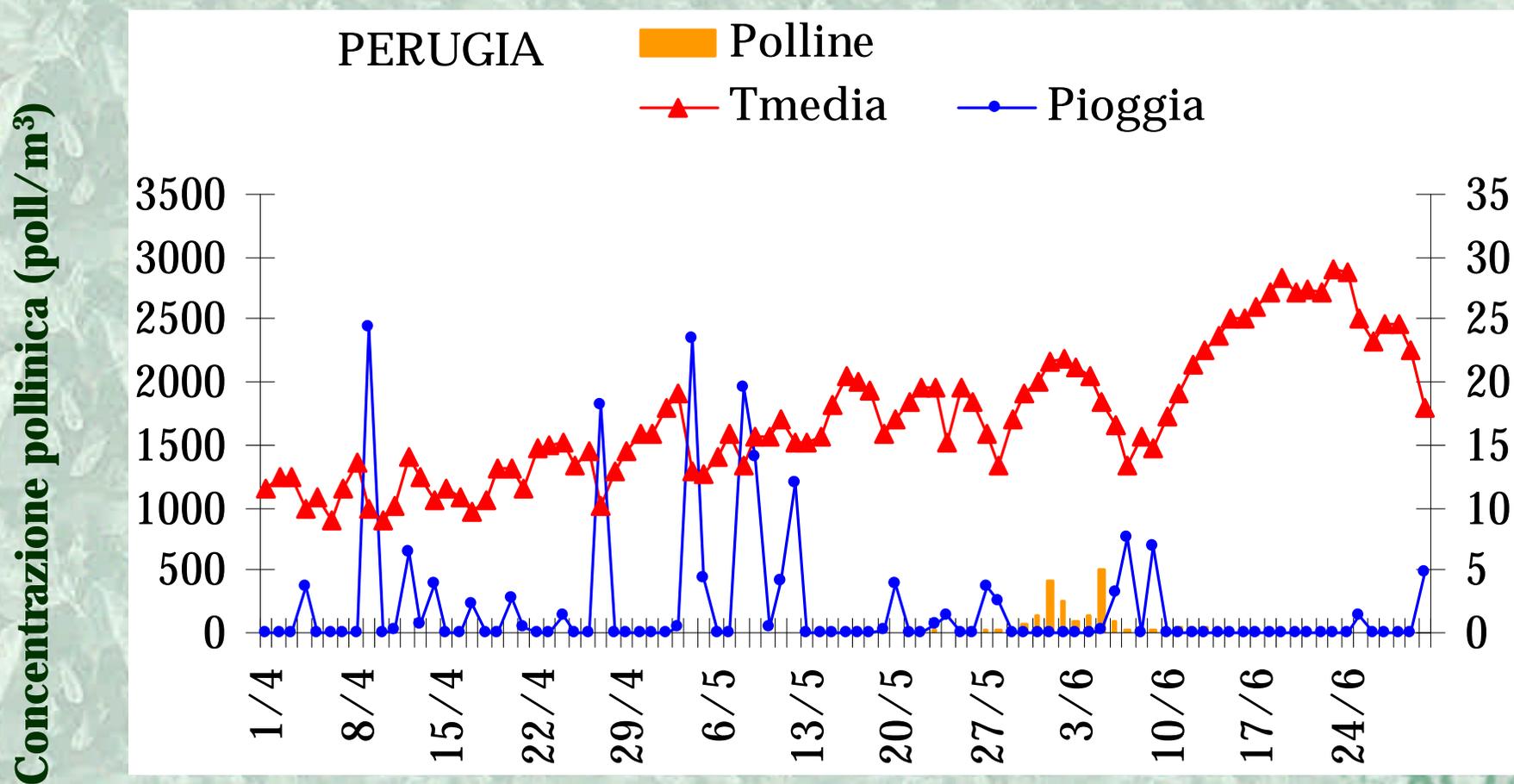
# Termopluviogramma

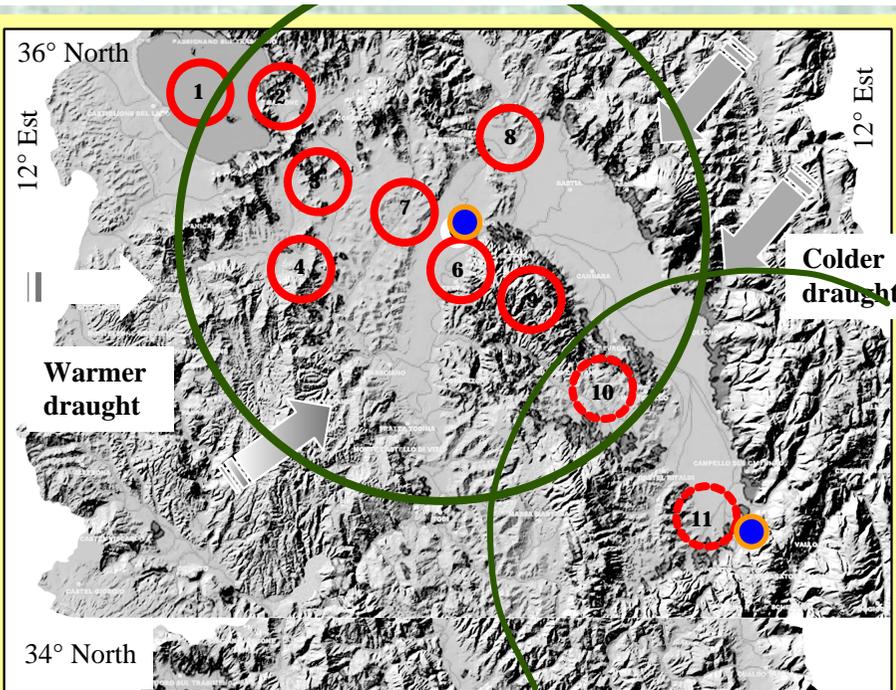


# TERMOPLUVIOGRAMMA



# TERMOPLUVIOGRAMMA



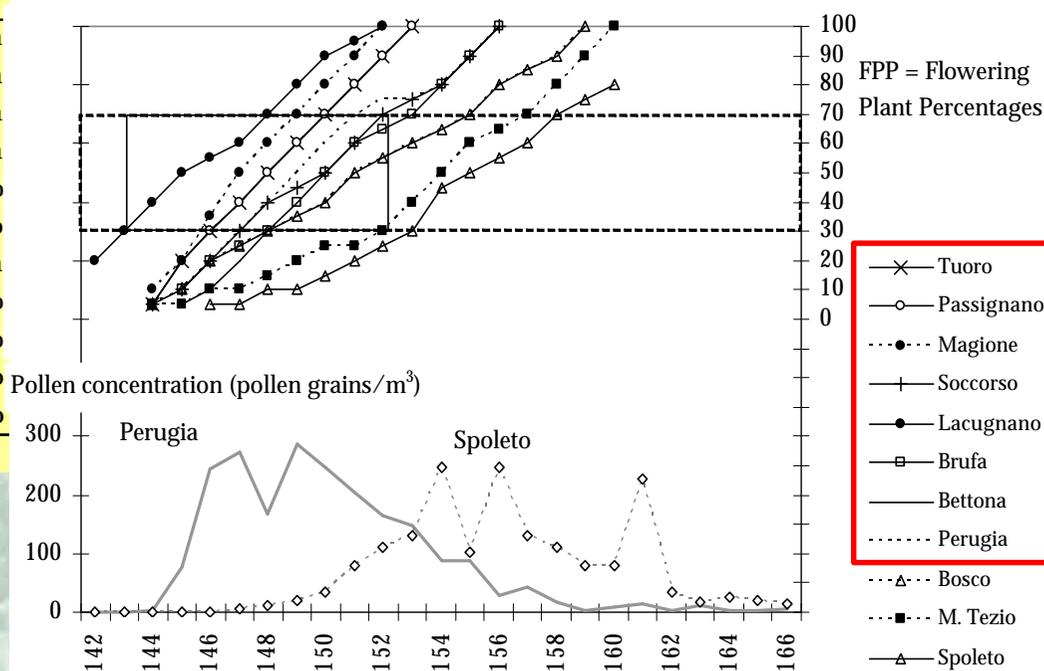


## RELAZIONE FENOLOGIA-AEROBIOLOGIA (UMBRIA)

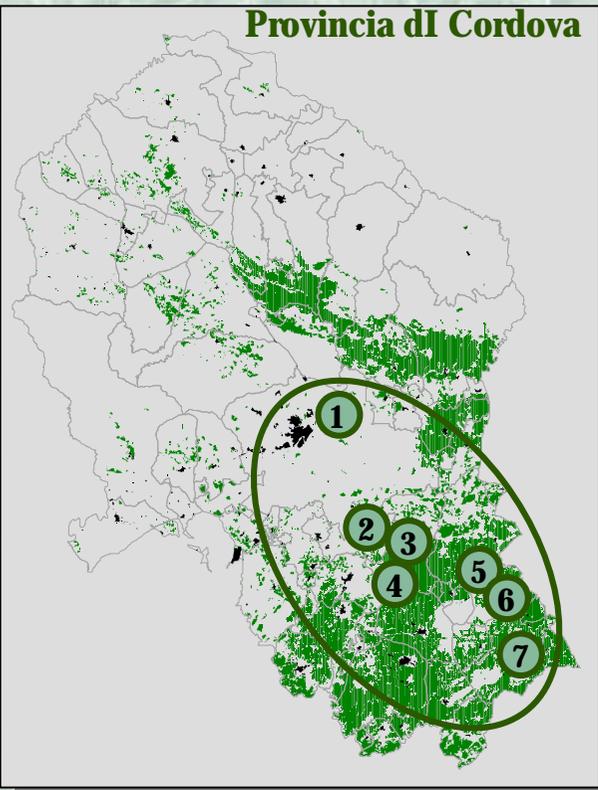


Phenological Stations	Coordinates of the groves	Altitude and principal cultivar of the groves
1 Tuoro	12° 4' E - 43° 12' N	309 m Dolce Agogia
2 Passignano	12° 7' E - 43° 11' N	289 m Dolce Agogia
3 Magione	12° 12' E - 43° 8' N	299 m Dolce Agogia
4 Soccorso	12° 23' E - 43° 12' N	282 m Dolce Agogia
5 Monte Tezio	12° 38' E - 43° 17' N	490 m Leccino
6 Perugia *	12° 40' E - 43° 01' N	493 m Frantoio
7 Lacugnano	12° 32' E - 43° 14' N	450 m Dolce Agogia
8 Bosco	12° 41' E - 43° 13' N	455 m Moraiolo
9 Brufa	12° 44' E - 43° 06' N	390 m Moraiolo
10 Bettona	12° 54' E - 43° 06' N	355 m Moraiolo
11 Spoleto *	12° 73' E - 42° 73' N	396 m Leccino

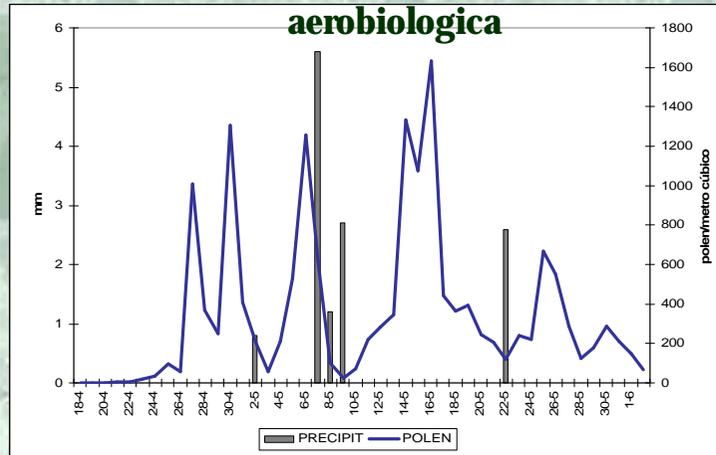
\* Aerobiological monitoring stations included



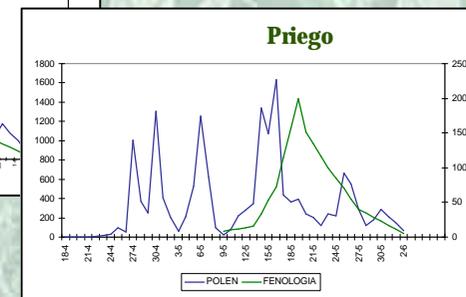
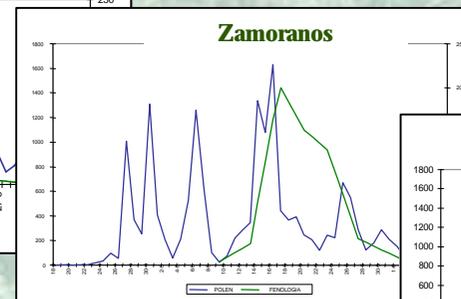
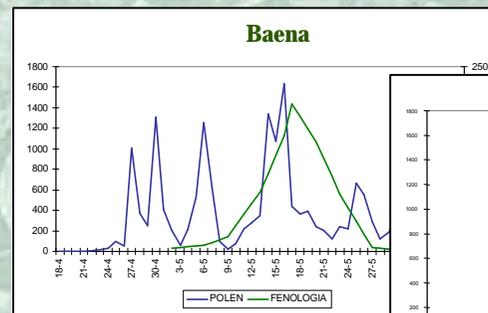
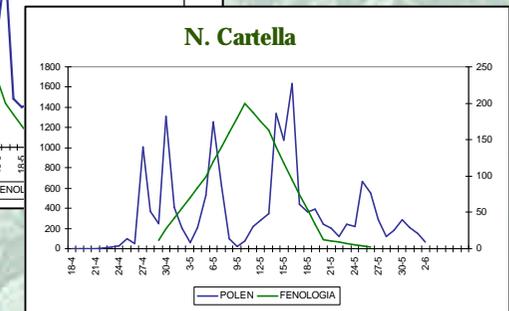
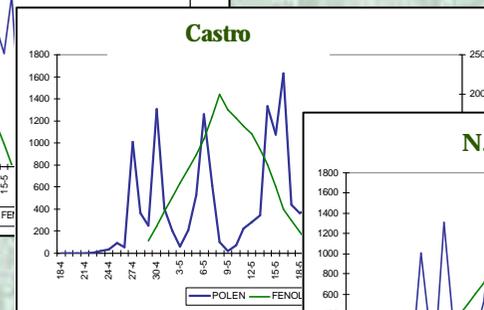
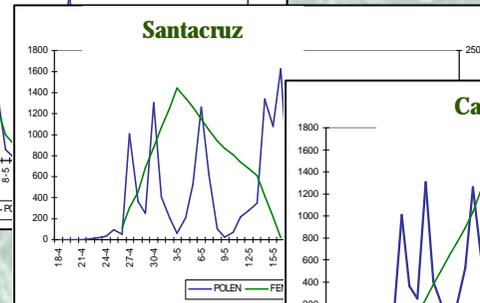
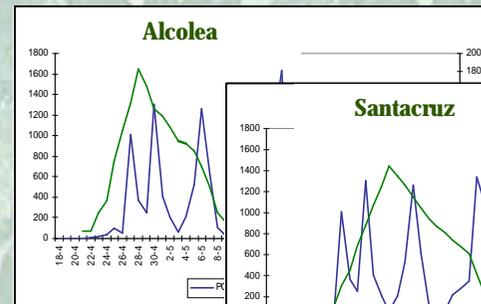
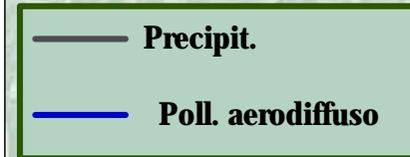
## Provincia di Cordova



### Stazione aerobiologica



### RELAZIONE FENOLOGIA-AEROBIOLOGIA

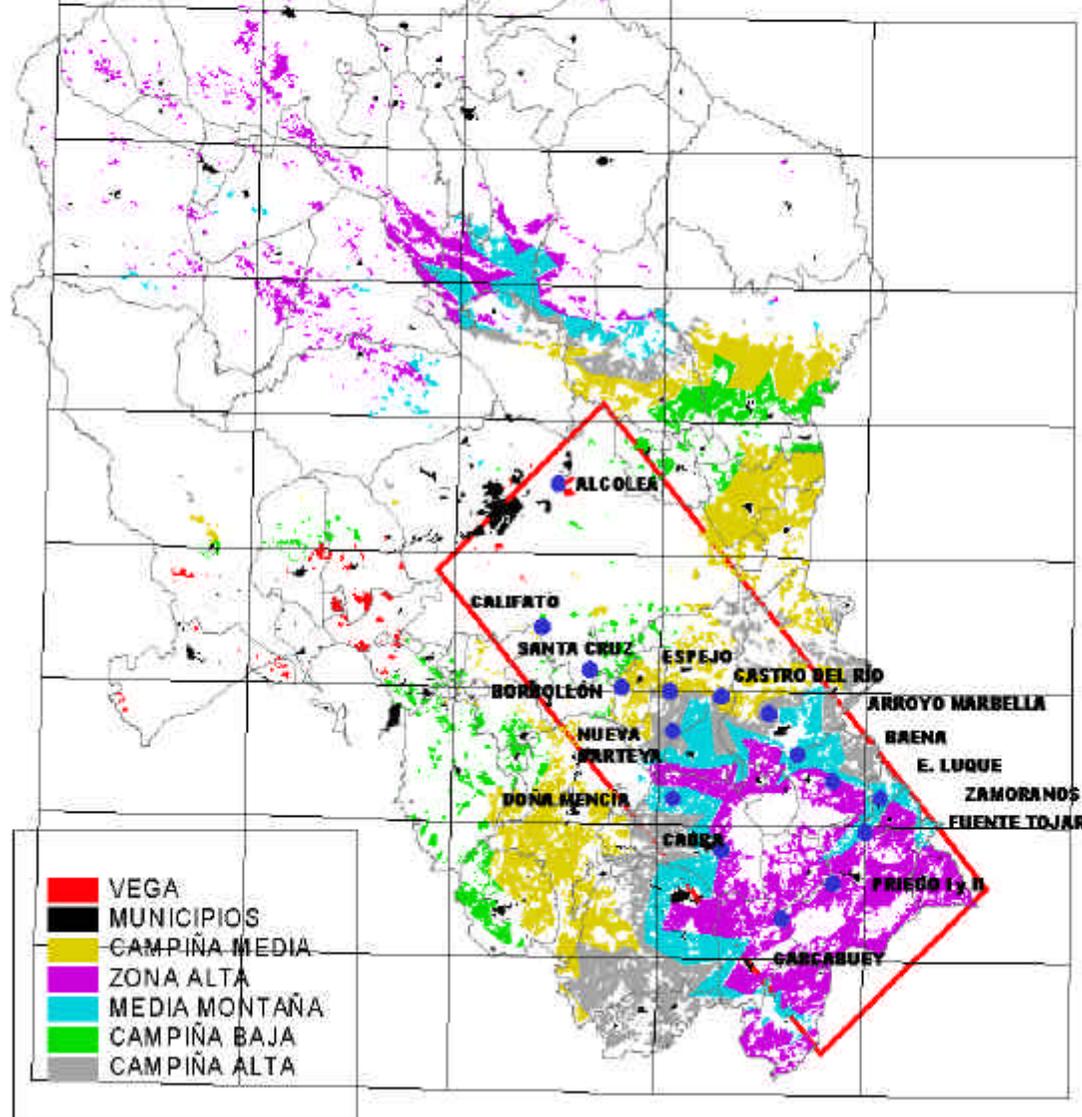


Stazioni	Altitudine
Alcolea	100 m
Santa Cruz	200 m
Castro	300 m
N. Cartella	400 m
Baena	500 m
Zamoranos	500 m
Priego	600 m



**Grid Surface 67x 25 km**

**1675 km<sup>2</sup>**





**TEMATICA DELLE  
PREVISIONI DELLE  
PRODUZIONI**



## **In campo agricolo, le previsioni possono riferirsi a molteplici aspetti:**

- **Definizione rese ad albero e ad ettaro,**
- **Equilibrio Domanda-Offerta,**
- **Formazione dei prezzi,**
- **Gestione degli stocks,**
- **Scelte relative alla gestione del lavoro, alle pratiche agronomiche e all'impianto culturale.**



- **Pianificazione delle attività di packaging and transporting,**
- **Pianificazione del marketing,**
- **Pianificazione attività import-export,**
- **Valutazione attività finanziarie,**
- **Condizionamento del comportamento dei decisori politici,**
- **POTENZIALE RINTRACCIABILITA', a seconda dei periodi di maturazione e dei quantitativi potenziali di olive si potrà ipotizzare l'origine dell'olio prodotto.**

## **Difficoltà insite nella previsione delle produzioni in campo agricolo:**

- **i processi produttivi sono dei cicli biologici il cui esito (rese) è fortemente condizionato, e subordinato, all'andamento climatico,**
- **incertezza derivante dall'andamento dei prezzi dei prodotti e dei fattori produttivi.**



**Per la previsione delle rese olivicole si vuole utilizzare:**

- **l'informazione contenuta nel ciclo biologico della coltura,**
  - **l'andamento della componente climatica.**

### **PER LE COLTURE ARBOREE**

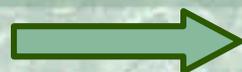
**il ciclo biologico è il portatore dell'informazione storica essendo il risultato della sua storia, della sua crescita,**

**l'informazione climatica è strettamente di natura congiunturale essendo limitata al ciclo riproduttivo annuale**

## INFORMAZIONE STORICA



Ciclo biologico



**A) Stato Vegeto-Riproduttivo**  
**(Osservazioni fenologiche)**

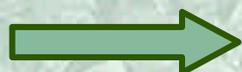


**B) Materiale Riproduttivo**  
**(Monitoraggio pollinico)**

## INFORMAZIONE CONGIUNTURALE

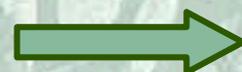


Andamento climatico



**C) Variabili Meteorologiche**

Stato fitopatologico



**D) Variabili Agronomiche**



**E) DATI PREVISIONALI (ton)**

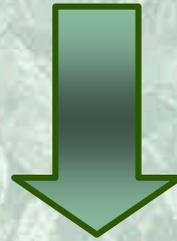
# A) ANALISI STATO VEGETO-RIPRODUTTIVO

MONITORAGGIO ANDAMENTO DI SVILUPPO

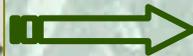
VEGETATIVO



RIPRODUTTIVO

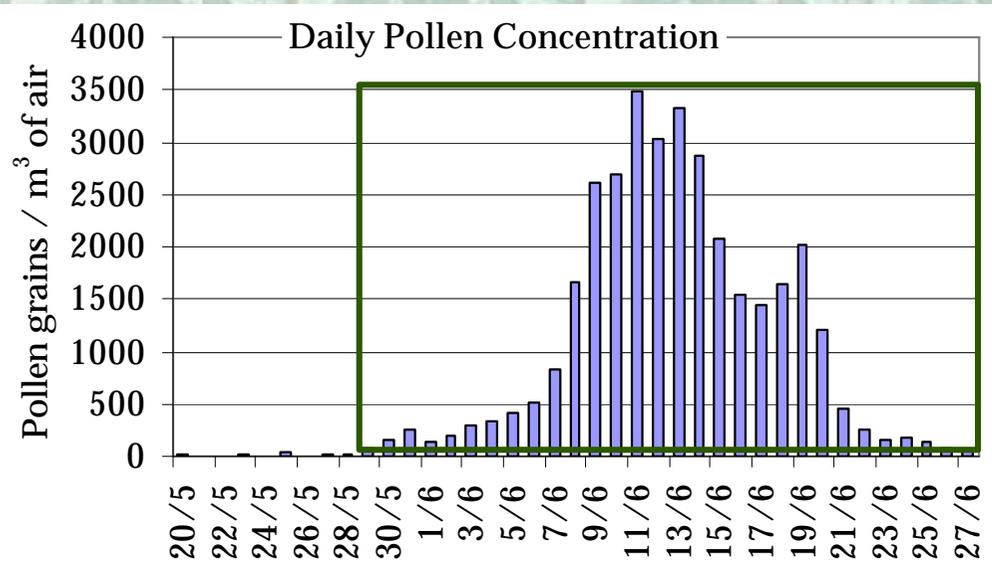
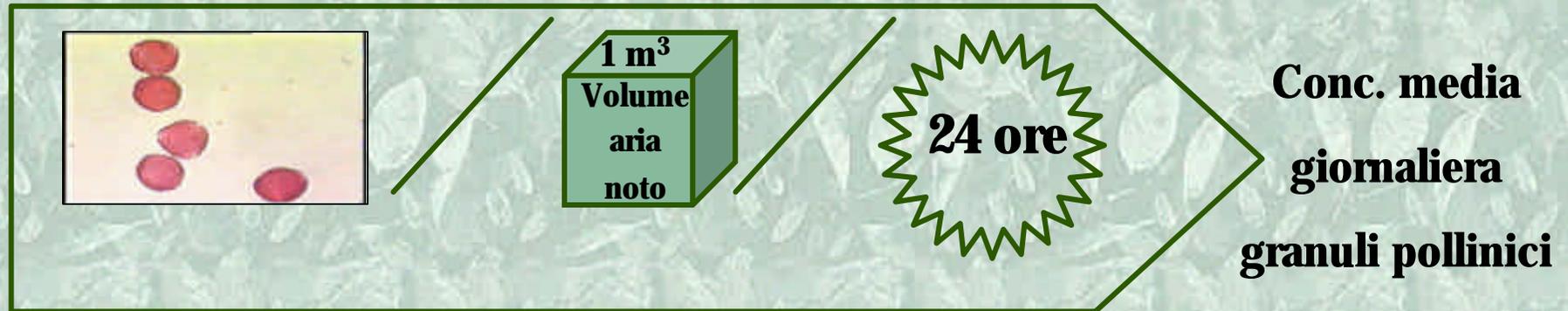


COADIUVANO INTERPRETAZIONE FIORITURA



## B) MATERIALE RIPRODUTTIVO (POLLINE):

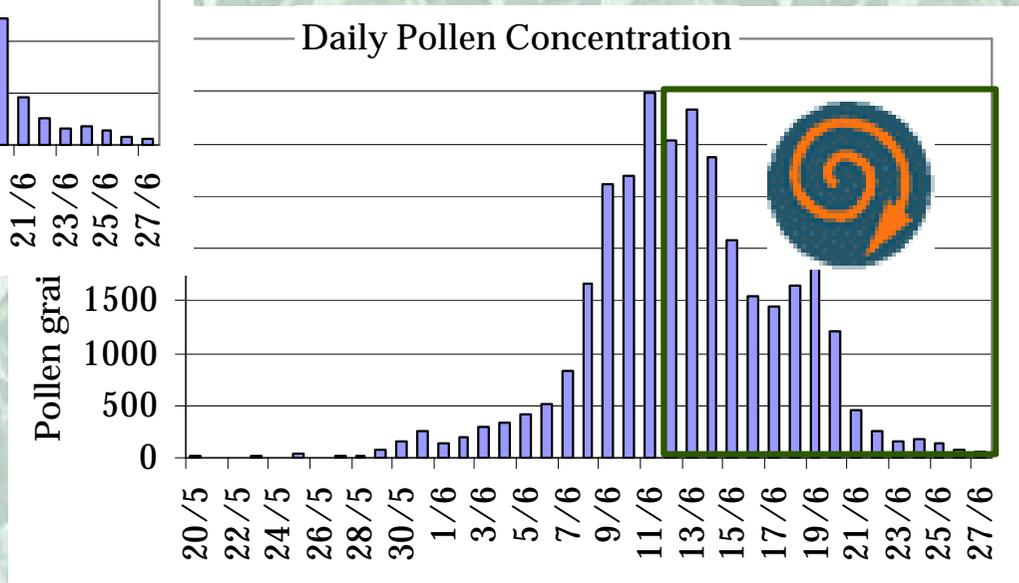
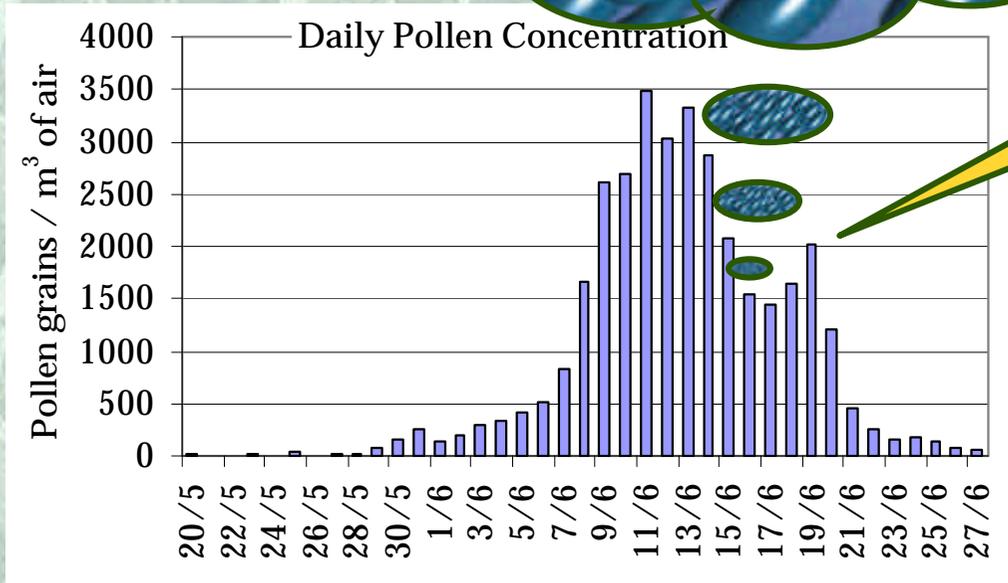
**METODOLOGIA: Valutazione emissione pollinica**



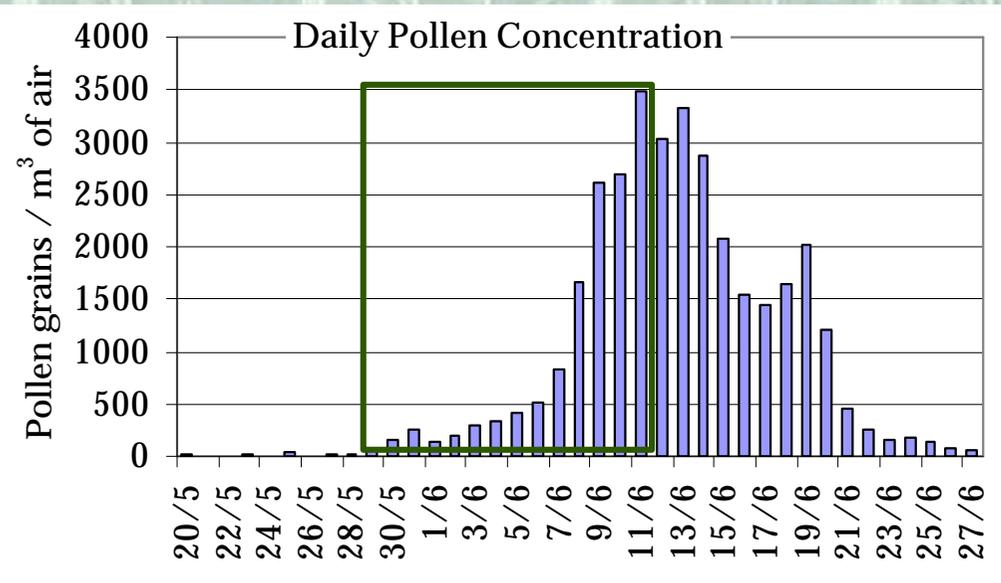
**Ip = Indice pollinico**

( $\Sigma$  concentrazioni  
polliniche giornaliere  
nell'intero periodo di  
fioritura)

# RICIRCOLO ATMOSFERICO



# VARIABILE POLLINICA:



**Ipc = Indice pollinico  
concentrato**

( $\Sigma$  concentrazioni  
polliniche giornaliere  
fino a Max fioritura)

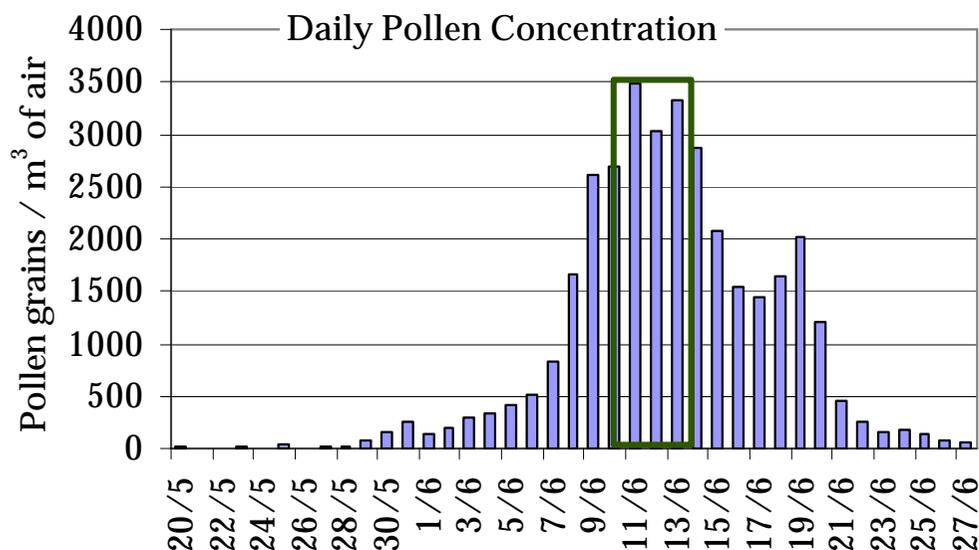


## **Periodo effettivo di pollinazione (PEP)**

Alcuni studi imputano proprio al PEP una grande importanza rispetto alla emissione complessiva di polline per determinare la produzione finale in frutti (Sanzol & Herrero, 2001).

Il PEP è considerato come il periodo in cui la impollinazione risulta essere particolarmente efficiente per la produzione in frutti (Williams, 1965) e viene determinato dalla longevità dell'ovulo meno la differenza in tempo tra impollinazione, accrescimento del tubetto pollinico e germinazione.

# VARIABILE POLLINICA:



**PEP = Periodo Effettivo di Pollinazione**

( $\Sigma$  concentrazioni polliniche giornaliere effettivamente coinvolte nel processo riproduttivo)

Attraverso il PEP si valuta direttamente la presenza di polline

indirettamente quella di ovari maturi e pronti per la fecondazione



# Calcolo del PEP

## FIORI NORMALI

Periodo recettivo degli stigmi

Periodo effettivo di pollinazione

Periodo di crescita dei tubetti pollinici

Longevità degli ovuli

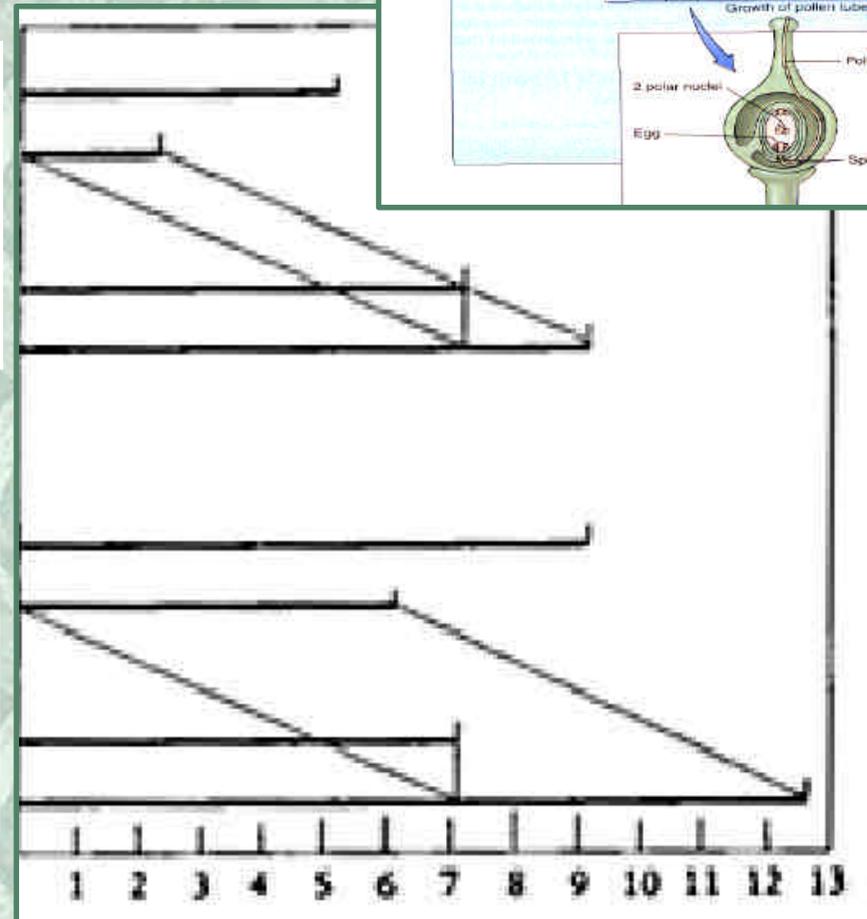
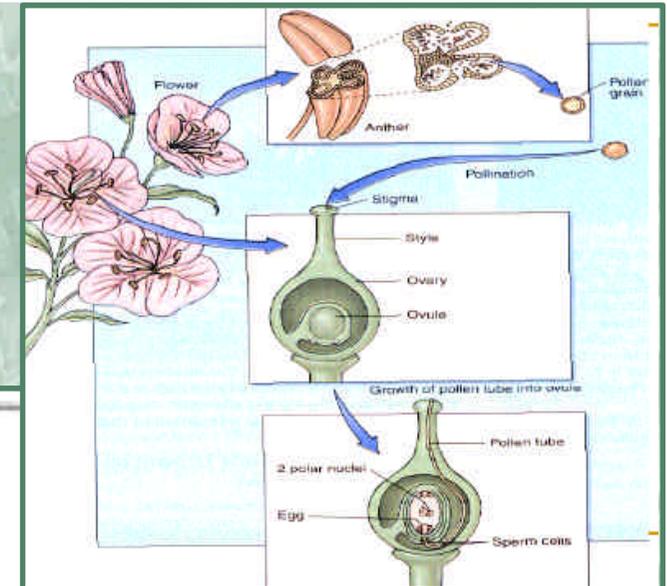
## FIORI RESISTENTI

Periodo recettivo degli stigmi

Periodo effettivo di pollinazione

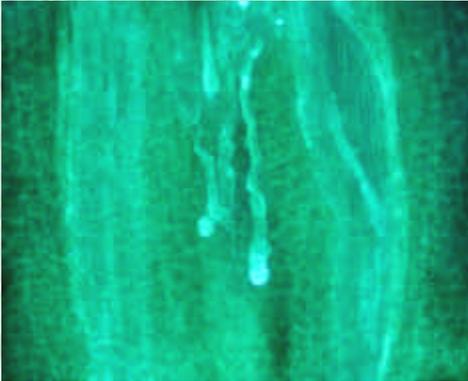
Periodo di crescita dei tubetti pollinici

Longevità degli ovuli

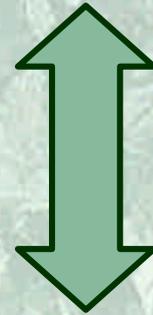


## INFLUENZA VARIABILI METEOROLOGICHE SU PEP:

- **Temperatura;** Alte accelerano crescita tubo pollinico (+)



- Basse ritardano crescita tubo pollinico (-)



**EQUILIBRIO**

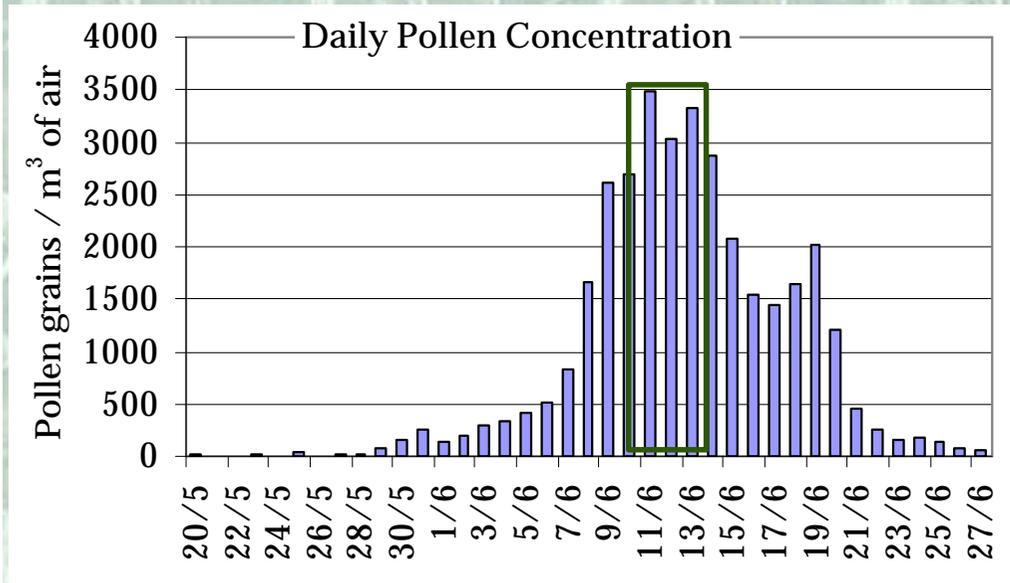
- **Temperatura;** Alte accelerano crescita e degenerazione sviluppo stigma e ovario (-)



- Basse ritardano crescita e degenerazione sviluppo stigma e ovario (+)

# METODOLOGIA

## VARIABILE POLLINICA:



**PEPe = Periodo Effettivo  
di Pollinazione  
elaborato**



(Valutazione qualitativa,  
considerando l'influenza  
dell'andamento termico  
sulla  $\Sigma$  concentrazioni  
polliniche nel PEP )

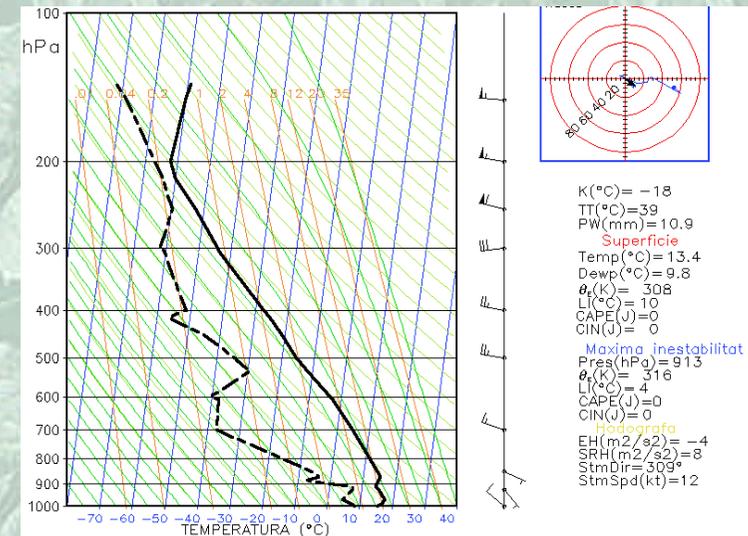
## C) DATI METEOROLOGICI



**-SCELTA STAZIONI  
METEOROLOGICHE**



**-VALUTAZIONE VARIABILI  
METEOROLOGICHE**



# SCELTA STAZIONI METEOROLOGICHE



- Registrazione principali variabili meteo
- Validazione dei dati forniti
- Rappresentatività andamenti climatici nell'area di indagine aerobiologica
- Costanza di funzionamento



# VARIABILI ADOTTATE

## RILEVATE

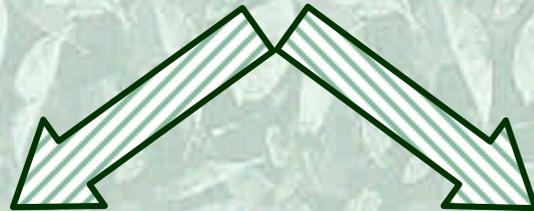
- **Temperatura (T max., T min., T med. °C)**
- **Piovosità (mm., gg.)**
- **Umidità relativa (%)**
- **Eliofania (cal/cm<sup>2</sup>)**
- **Vento (m/s)**

## CALCOLATE

- **Chilling Units (CU)**                      **“Utah Method” (Richardson et al., 1974)**
- **Growing Degree Hours (GDH)**                      **Anderson & Richardson (1986)**
- **Growing Degree Days (GDD)**                      **Baskerville & Emin (1969)**
- **Evapotraspirazione**                      **Blaney-Criddle (1950)**

# TRATTAMENTO DATI METEO

## DATI METEOROLOGICI GIORNALIERI



### VALORI MEDI

- SETTIMANALI
- QUINDICINALI
- MENSILI

I dati vengono elaborati al fine di ottenere informazioni sugli andamenti climatici.

$\Sigma$  GDD

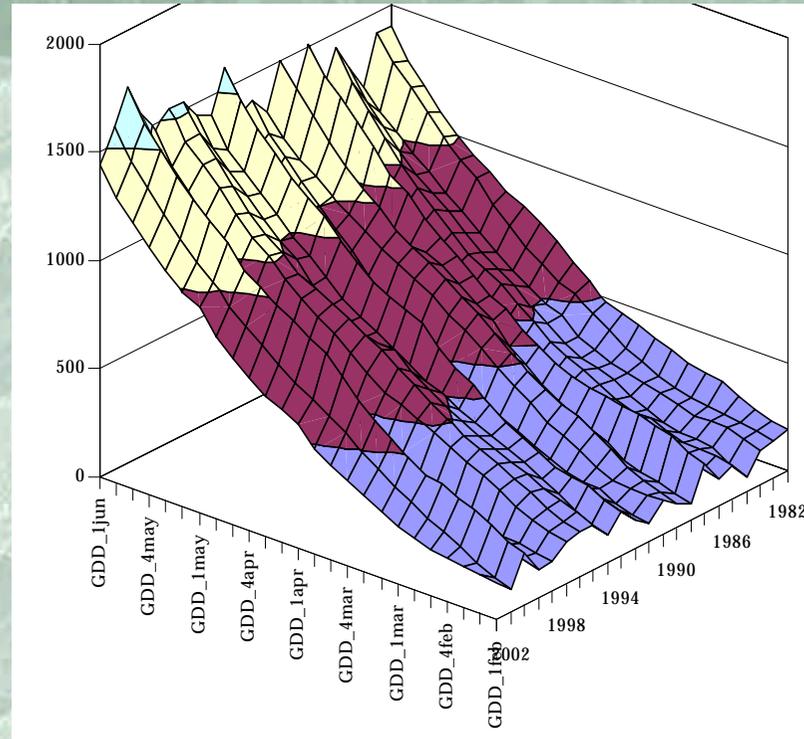
$\Sigma$  GDH

$\Sigma$  CU



# Andamenti climatici:

$\Sigma$  GDD  
S GDH



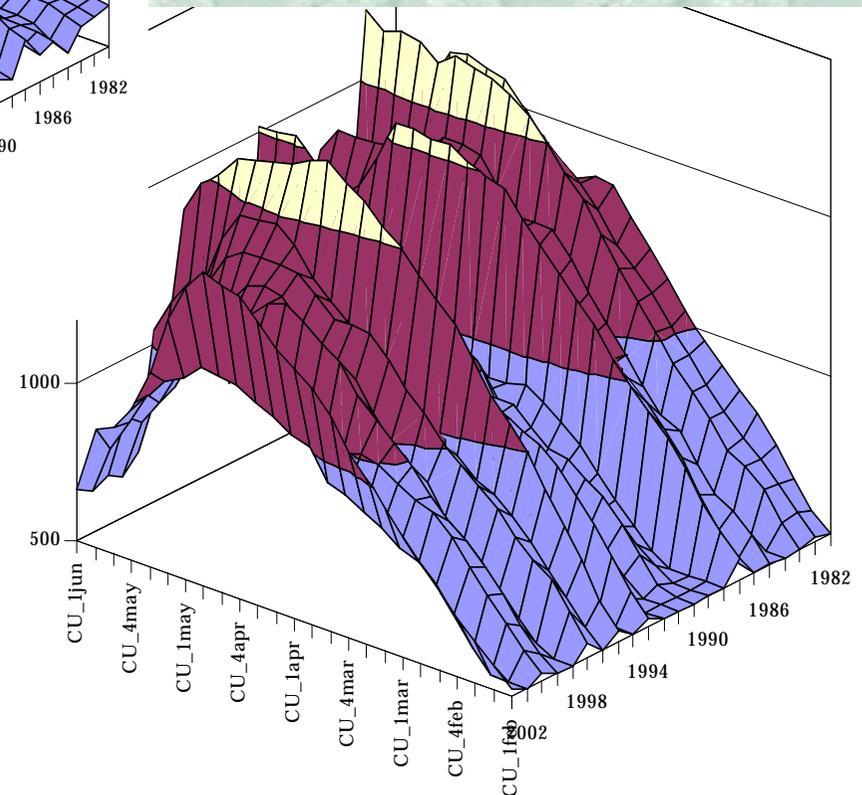
**Simulazione dello sviluppo delle specie vegetali.**

**Relazione fra temperatura e sviluppo.**

**Utilizzo dei gradi giorno nei modelli fenologici.**

**Accumuli in freddo nella regolazione della dormienza invernale ed importanza della protezione da eventi meteorologici estremi (gelate).**

S CU



## **D) VARIABILI AGRONOMICHE (analisi stato fitopatologico; pratiche agronomiche...)**

- RILEVAZIONE ATTACCHI
- APPLICAZIONE PARTICOLARI PRATICHE AGRONOMICHE



**VALUTAZIONE TRAMITE DUMMY VARIABLES  
(PRESENZA - ASSENZA)**



# VARIABILI AGRONOMICHE

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Attacco Fitopatologico	0	0	●	0	0	0	0	0	0
Tecnica agronomica particolare	0	0	↑	0	0	1	1	1	1

0 = Assenza fenomeno  
1 = Presenza fenomeno



# METODOLOGIA STATISTICA

Modello di regressione lineare

$$Y_i = a + b \cdot h(X_i) + e_i$$

Variabili indipendenti maggiormente correlate ( $r > 0.5$ )  
con i dati produttivi annuali (ton)

Tra le variabili maggiormente correlate sono state considerate quelle che minimizzano i coefficienti di autocorrelazione ( $r < 0.5$ ) ottimizzando così la percentuale di varianza spiegata dal modello stesso.

**RISULTATI PREVISIVI DELLE PRODUZIONI  
OLIVICOLE PER LA SERIE STORICA DI  
PERUGIA (ITALIA)**



# MODELLO PREDITTIVO

	Prod.	PEPe	CU <sub>t-1</sub>	Tmin <sub>t(G-S)</sub>	DUM <sub>2000</sub>
Prod.	1				
PEPe	<b>0.52</b>	1			
CU <sub>t-1</sub>	<b>0.58</b>	<b>0.09</b>	1		
Tmin <sub>t(G-S)</sub>	<b>0.73</b>	<b>0.23</b>	<b>0.40</b>	1	
DUM <sub>2000</sub>	<b>0.55</b>	<b>-0.05</b>	<b>0.11</b>	<b>0.25</b>	1

Matrice di correlazione  
tra Produzione e  
variabili bio-  
meteorologiche

PEPe=Periodo effettivo di pollinazione elaborato

CU<sub>t-1</sub>=Accumulo in freddo inverno precedente

Tmin<sub>t(G-S)</sub>=Sommatore T minima da Giugno a Settembre

DUM=Esclusione dell'anno 2000 dalla regressione

$$\text{Prod} = a_1 + a_2 \text{PEPe}_t + a_3 \text{CU}_{t-1} + a_4 \text{Tmin (G-S)}_t + a_5 \text{DUM2000} + e$$

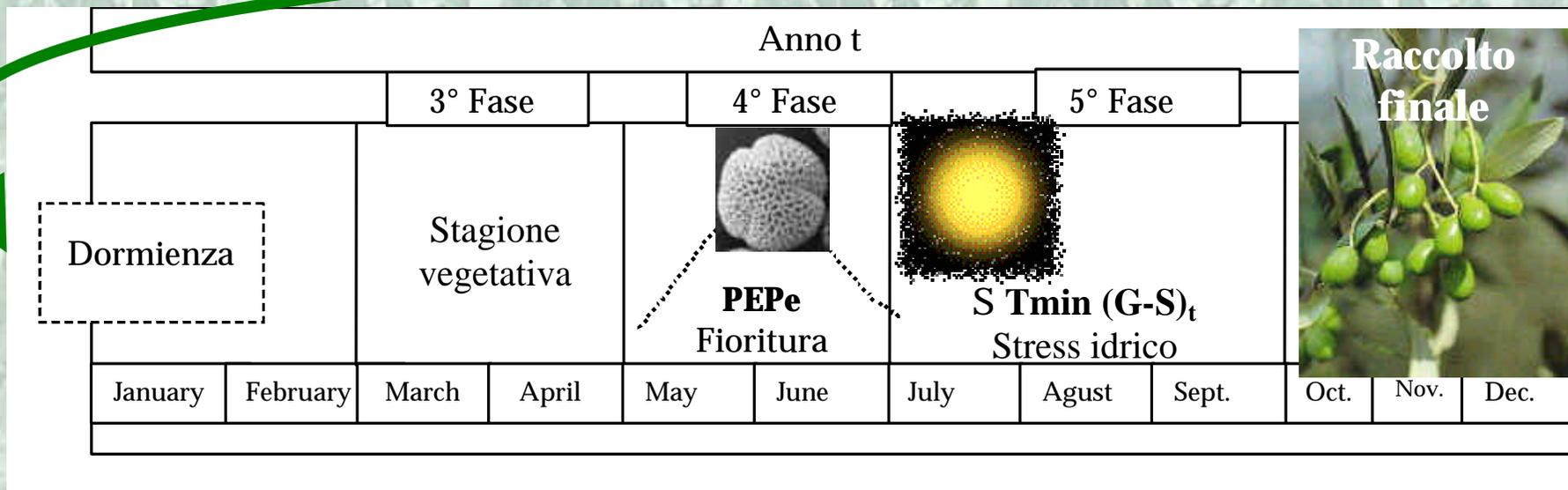
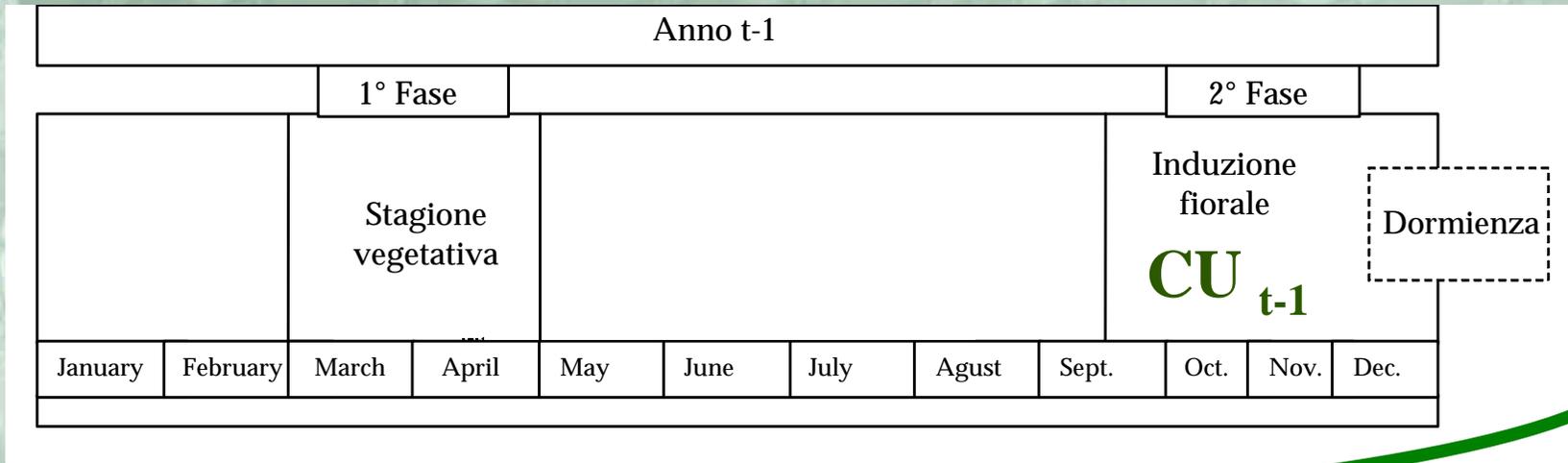
$$\text{Prod} = a_1 + a_2 \text{PEPe}_t + a_3 \text{CU}_{t-1} + a_4 ? \text{Tmin (G-S)}_t + a_5 \text{DUM2000} + e$$

	<i>Prod</i>	<i>Ip</i>	<i>Ipc</i>	<i>PEP</i>	<i>PEPe</i>
Prod	1.00				
Ip	0.18	1.00			
Ipc	0.27	0.93	1.00		
PEP	0.32	0.92	0.93	1.00	
PEPe	0.38	0.88	0.90	0.99	1.00

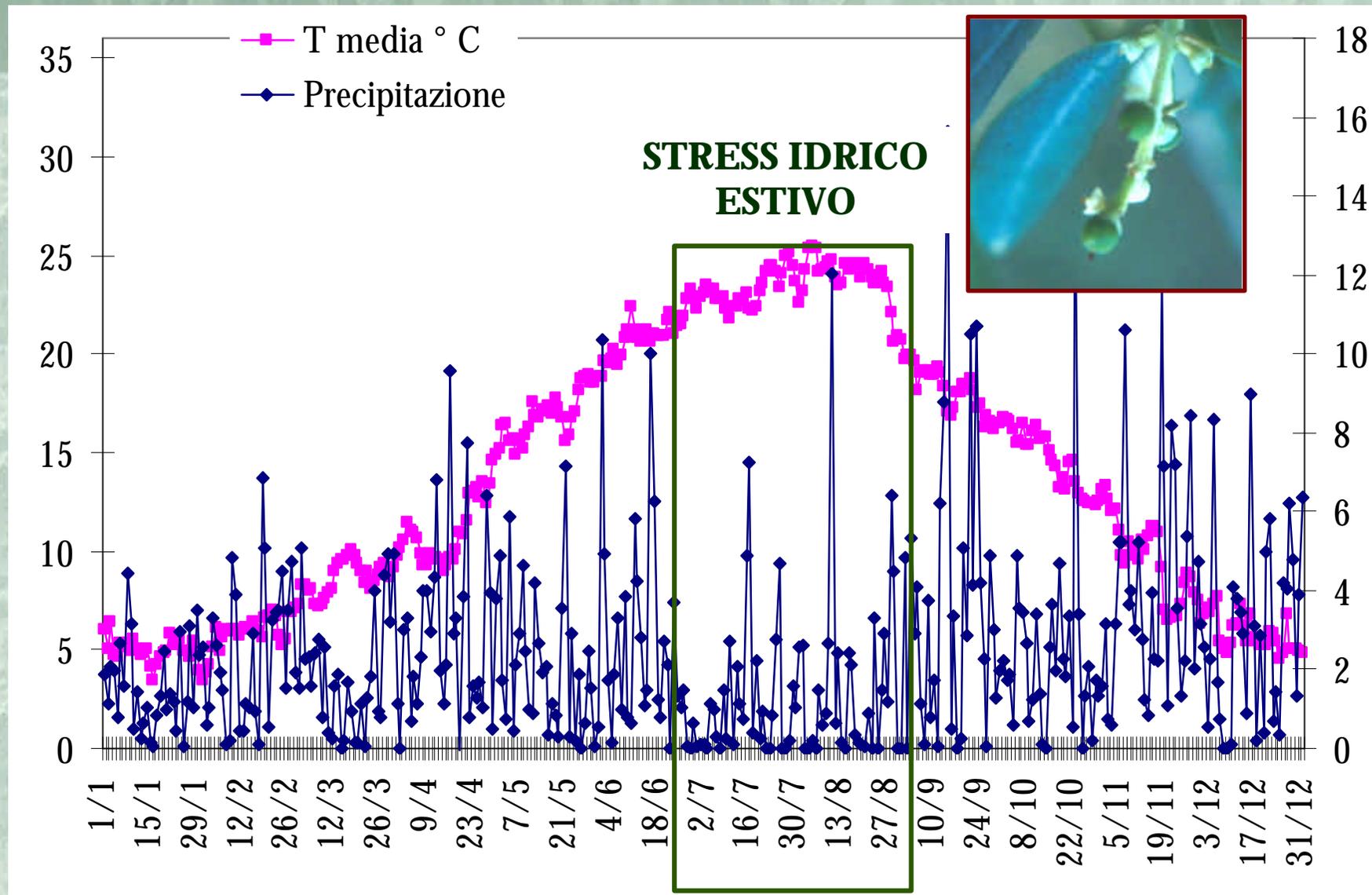
**PEPe = interpretazione  
quali-quantitativa del  
PEP**

Dependent variable = Fruit production				
Ind. Variables	Coefficient	Std. Error	T-Statistic	Prob.
<b>Ip</b>	0.0002	0.0001	2.0295	0.0575
C	24716	3465	7.1313	0.0000
R-squared	<b>0.4657</b>	F-statistic		7.846
residual st. err.	12570	Prob (F-statistic)		0.0035
Ind. Variables	Coefficient	Std. Error	T-Statistic	Prob.
<b>EPP</b>	2.79E-06	1.00E-06	2.9807	0.0080
C	24808	2884	8.6000	0.0000
R-squared	<b>0.5608</b>	F-statistic		11.48
residual st. err.	11400	Prob (F-statistic)		0.0006

$$\text{Prod} = a_1 + a_2 \text{PEPe}_t + a_3 \text{CU}_{t-1} + a_4 ? \text{Tmin (G-S)}_t + a_5 \text{DUM2000} + e$$



$$\text{Prod} = a_1 + a_2 \text{PEPe}_t + a_3 \text{CU}_{t-1} + a_4 \text{Tmin (G-S)}_t + a_5 \text{DUM2000} + e$$



## **STRESS IDRICO ESTIVO**



### **ETP (BLANEY-CRIDDLE)**

**L'evapotraspirazione ha come variabili guida la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, il vento e la radiazione solare.**



**S termiche (soprattutto  $T_{\min}$  °C)**



# MODELLO PREDITTIVO

$$\text{Prod} = a_1 + a_2 \text{PEPe}_t + a_3 \text{CU}_{t-1} + a_4 ? \text{Tmin (G-S)}_t + a_5 \text{DUM2000} + e$$

$$\text{Prod.} \sim \text{PEPe} + \text{CU}_{t-1} + \text{Tmin}_{t(G-S)} + \text{DUM}$$

Coefficients:

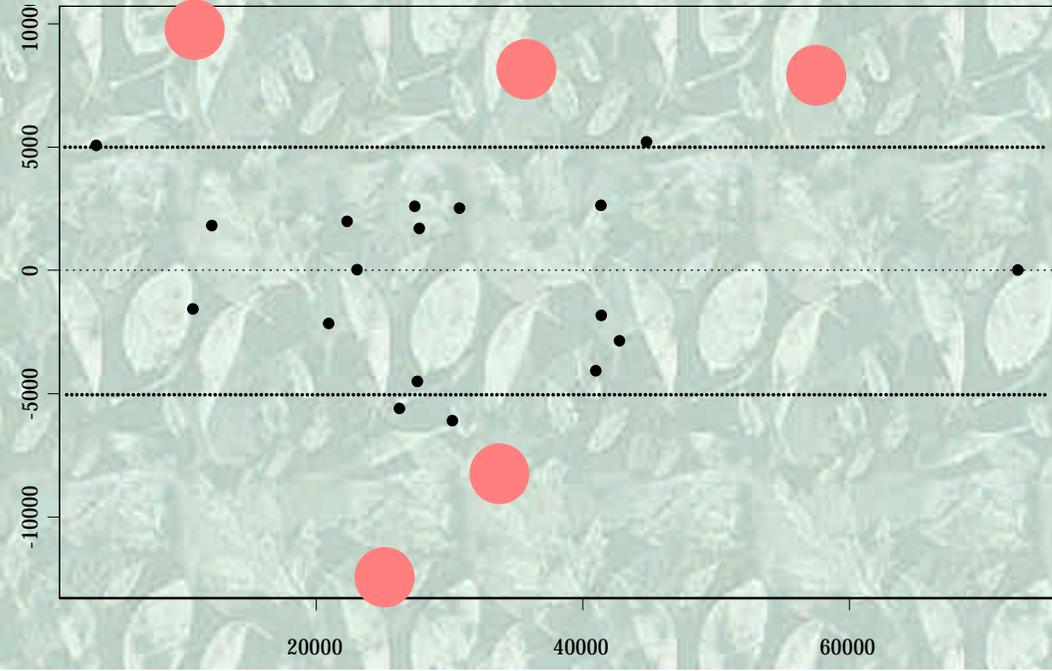
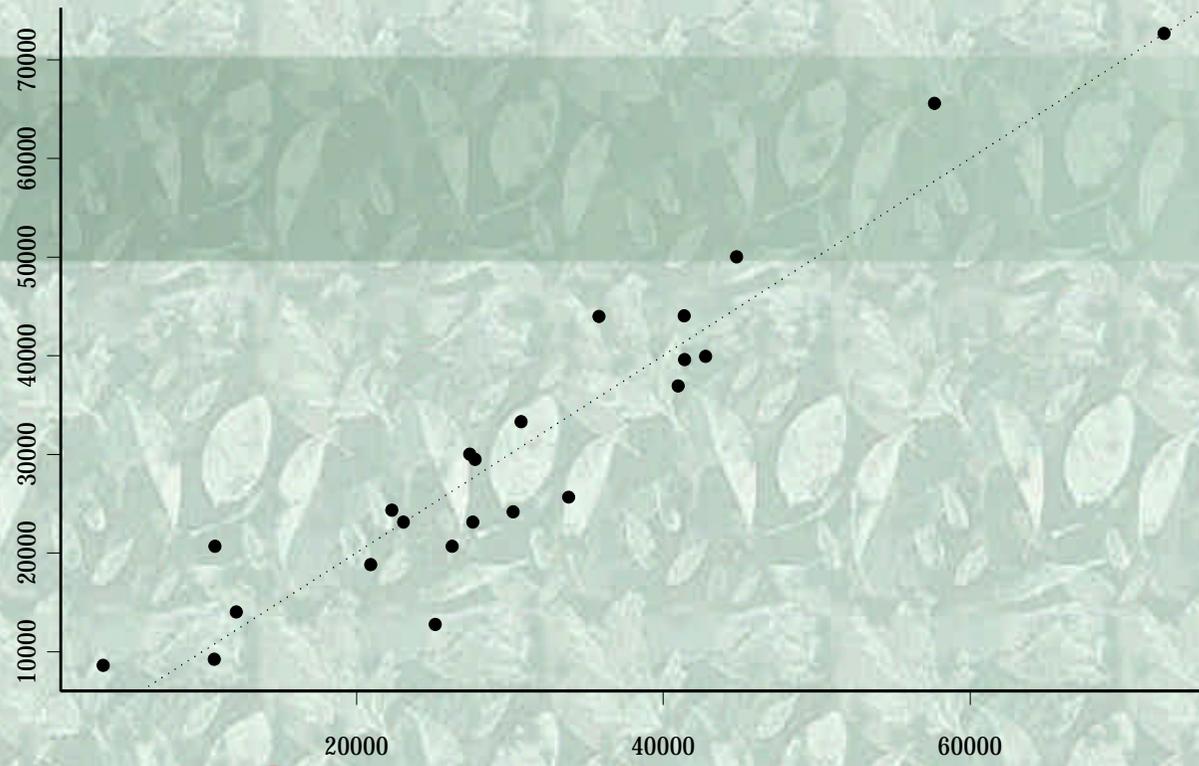
	Value	Std. Error	t value	Pr(>  t )
(Intercept)	-89971.1342	17224.6756	-5.2234	0.0001
PEPe	0.0003	0.0001	5.2343	0.0001
CU <sub>t-1</sub>	45.3694	15.1797	2.9888	0.0029
Tmin <sub>t(G-S)</sub>	38.9009	11.2907	3.4454	0.0029
DUM	36567.3572	6378.5014	5.7329	0.0000

**Peggior  
significatività  
e < 1%**

Residual standard error: 6026 on 18 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.8917

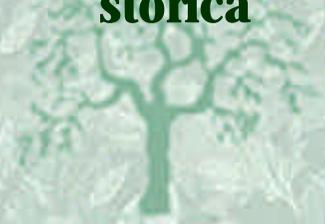
F-statistic: 37.04 on 4 and 18 degrees of freedom, the p-value is 1.855e-008

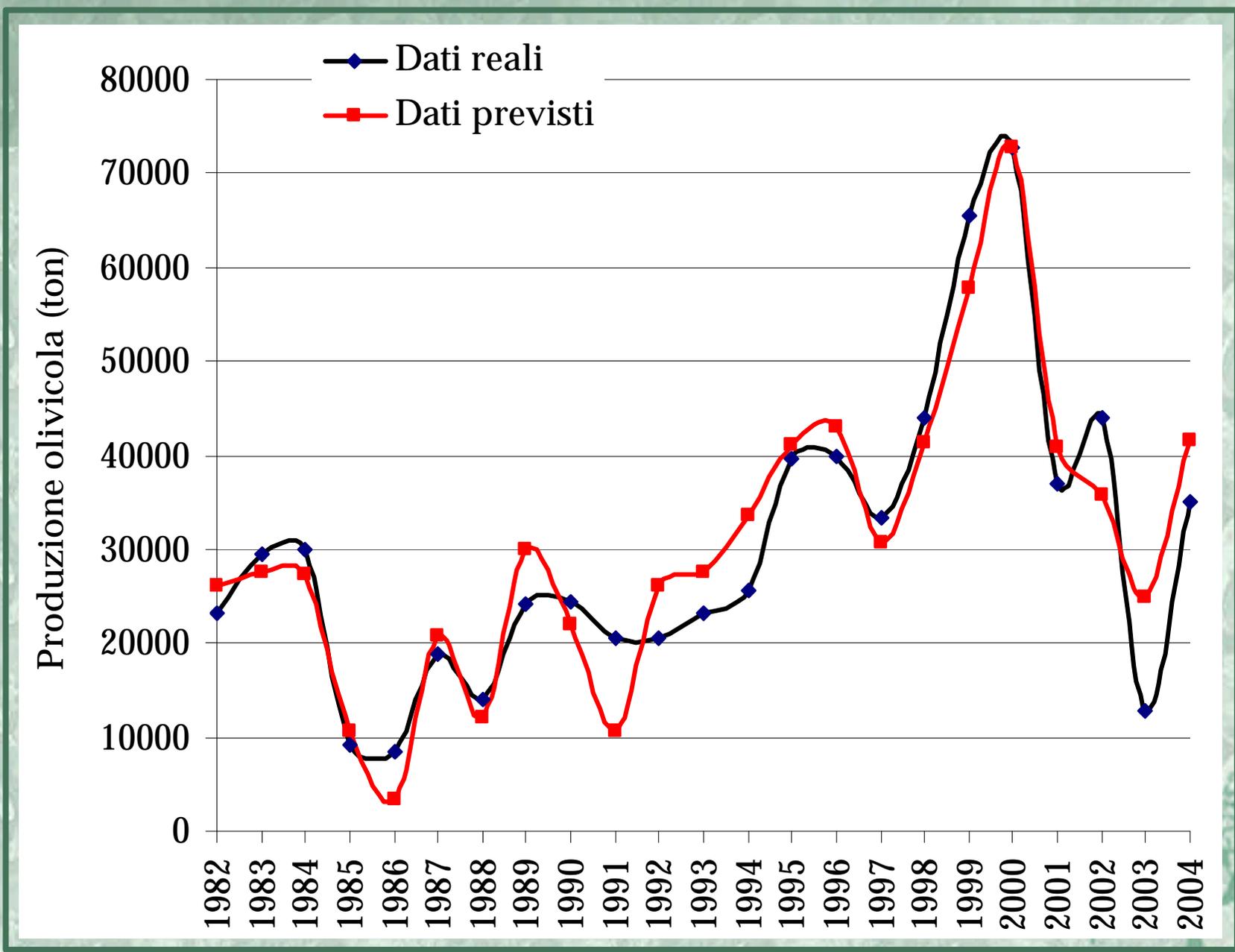


**e di previsione  
< 5000 ton**



**79 % della serie  
storica**





## DATI PREVISIONALI

Percentuali di errore tra valori reali e previsti durante diversi periodi dal 1982 al 2003 e nella previsione per il 2004

Periodi	% errore
1982-2004	17.5
1982-1991*	21.2
1992-2003	14.4
2004**	12.1

\* gelate primaverili 1985, 1991

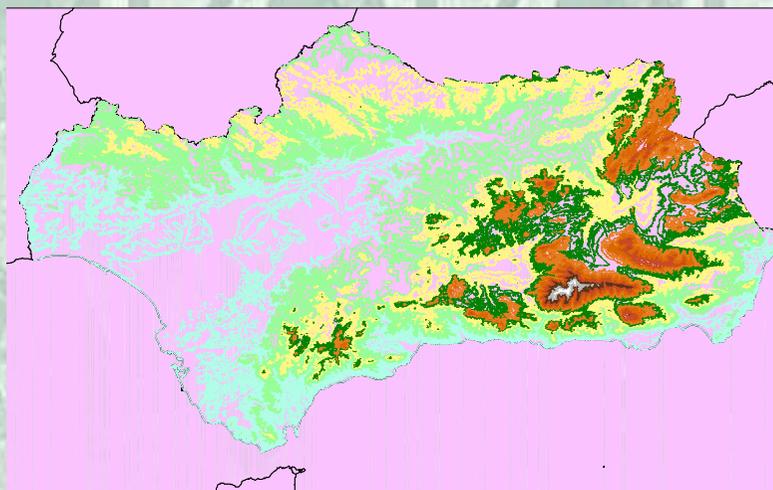
\*\* previsione fuori campione



**RISULTATI PREVISIVI DELLE PRODUZIONI  
OLIVICOLE PER LA SERIE STORICA DI  
CORDOBA (SPAGNA)**



**Il 60% della produzione olivicola spagnola proviene dall'Andalusia (Spagna meridionale) e in particolare dalle provincie di Jaén e Cordova.**

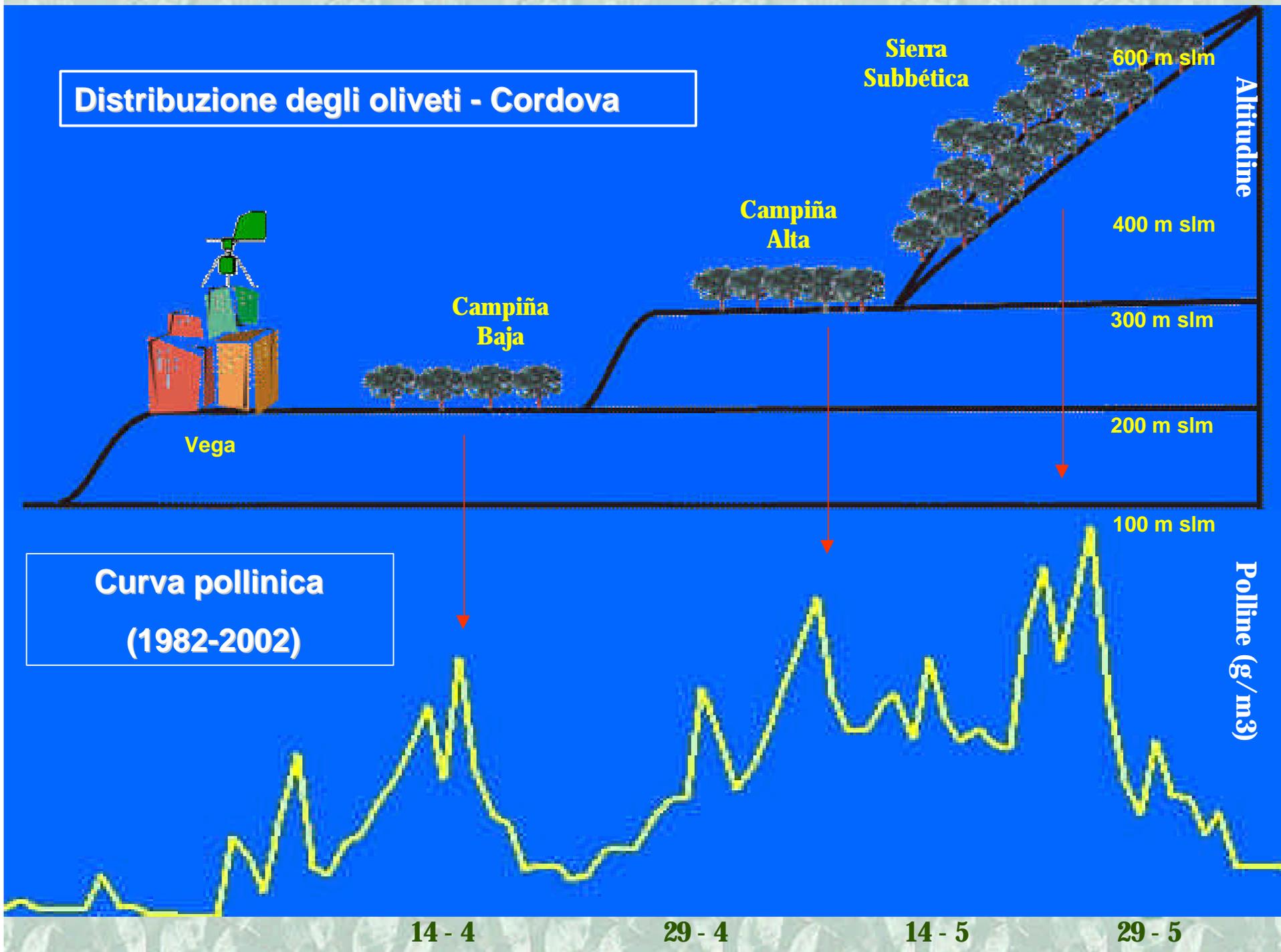


**Carta topografica Andalusia**

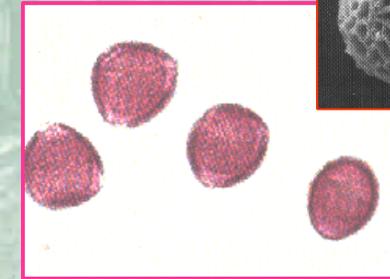
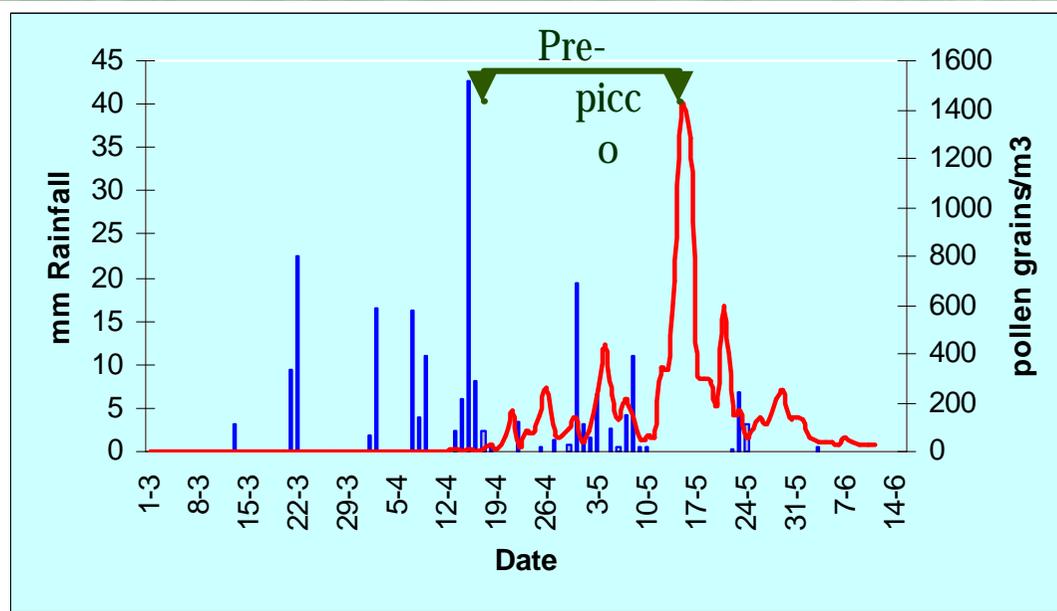


**Sistema di informazione geografica (SIG)  
Distribuzione dell'olivo in Andalusia**

# Distribuzione degli oliveti - Cordova



## Variazione stagionale



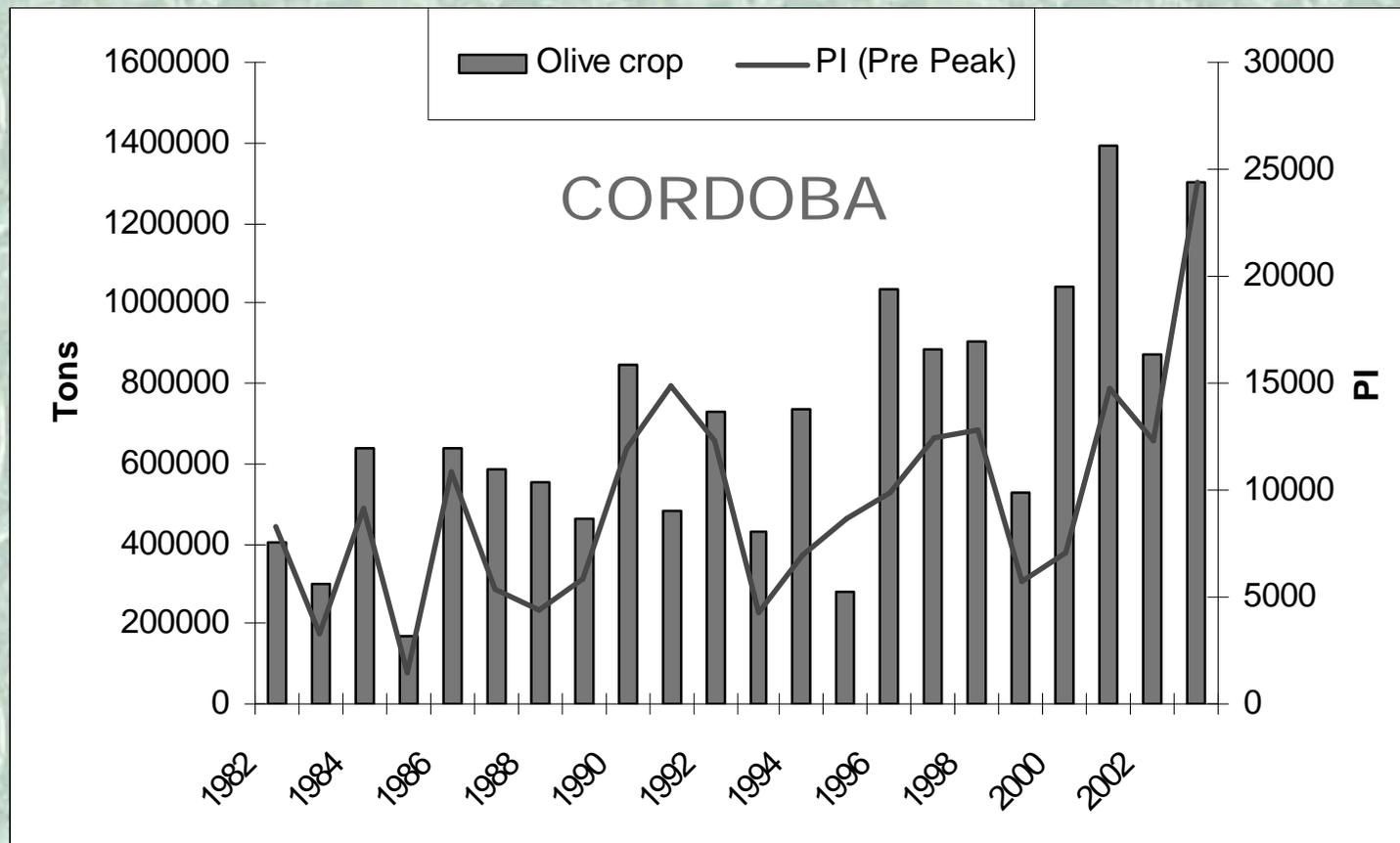
### Prev. indice pollinico

**corretto**  $R^2=0,90$ ;  $p$  0.00

$$y=2,7+87,28(PM)+3(TmedA)-2,2(TmaxG)+438,5(TminG)$$

**y= indice pollinico; P: pioggia; Tmed: temperatura media; Tmax: temperatura massima; Tmin: temperatura minima; M: marzo; A: aprile; G: gennaio.**

# Relazione indice pollinico/ produzione olive



# Previsione produzioni olivicole



LOCALITÀ	ALTITUD.	COORDINATE	T <sup>a</sup> MEDIA	PRECIPIT. ANNUALI	PERIODO CAMPIONAMENTO
Cordova	123 m	37°50'N, 4°45'W	17,4 °C	520 mm	21 anni (1982-1988, 1990-2004)

**adjusted  $R^2=0,90$ ;  $p$  0.00**

$$y = 233576,2 + 47,8(IP) + 6260(PMg) + 137247,2(TminO) - 36507,1(TminN) - 81441,6(TminLg) - 6177,1(TmaxO) + 6541(PLg)$$

**y: Produzione olive (tons); IP: Indice pollinico (Pre-picco); P: pioggia; Tmin: temperatura minima; Tmax: Temperature massima; Mg: maggio; Lg: Luglio ; O: Ottobre ; N: Novembre.**

# Previsione produzioni olivicole

La pioggia nel mese che precede la fioritura è la variabile più importante per la previsione dell'intensità di fioritura, e dunque per l'emissione pollinica.

La pioggia durante la maturazione del frutto è uno dei fattori di maggiore importanza per la produzione dei frutti.

La temperatura minima e la pioggia durante l'allegagione sono tra i fattori di maggiore importanza per la previsione delle produzioni.



# PREVISIONE PRODUZIONI OLIVICOLE MODELLO DI VALIDAZIONE



	CORDOVA		
	Prod. reale	Prod. attesa	% errore
Campagna 02/03	874404	771933	-11%
Campagna 03/04	1300000	1369977	+5%