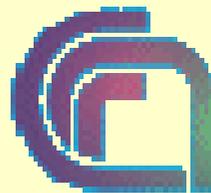


MODELLI ANALITICI E DESCRITTIVI DELLE INTERAZIONI FRA NEMATODI E MICRORGANISMI ANTAGONISTI

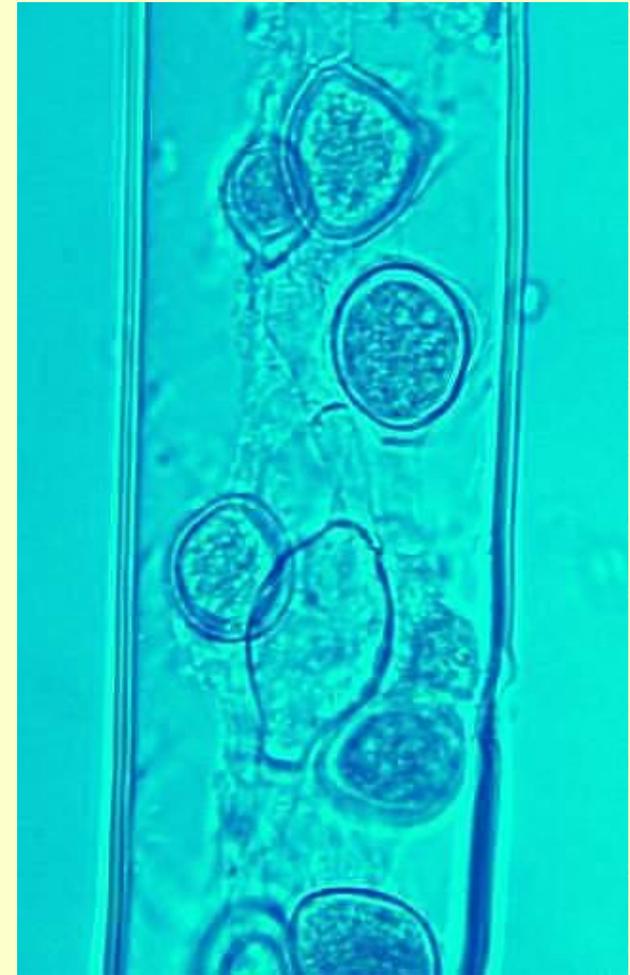
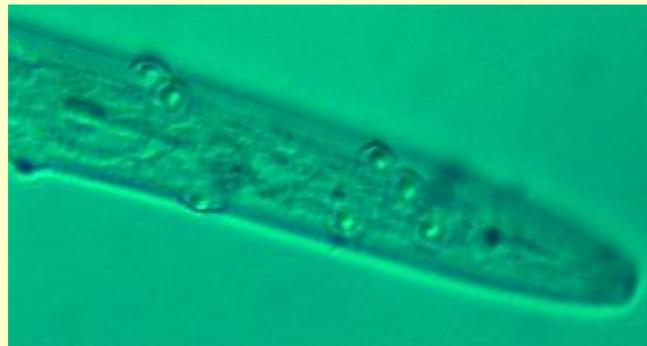
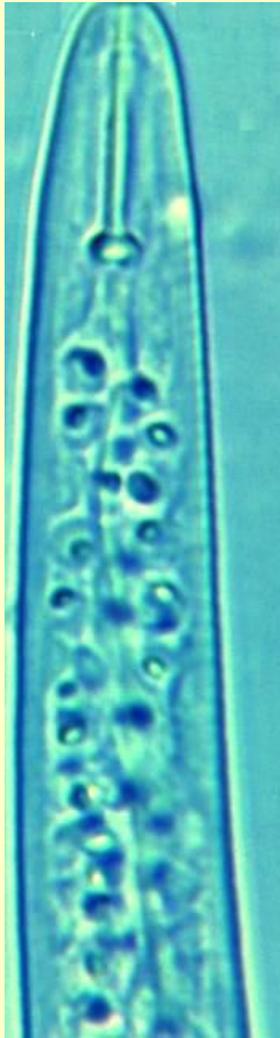
Aurelio Ciancio

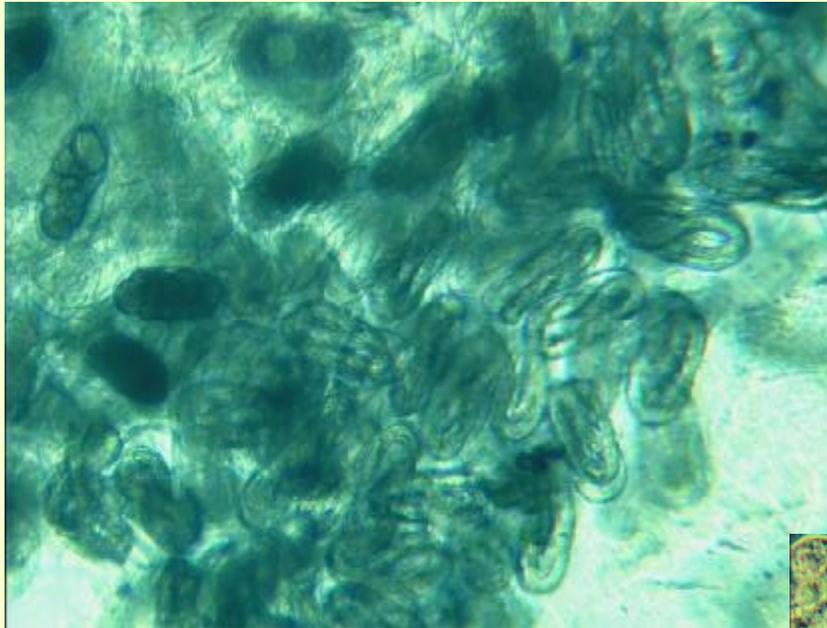
Istituto per la Protezione delle Piante

DAA – CNR, Bari



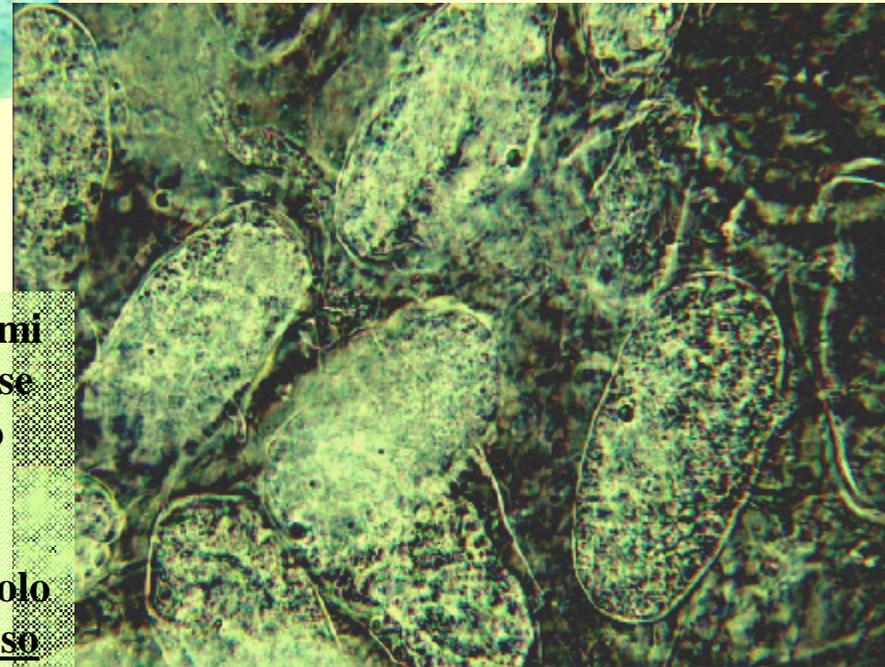
I nematodi fitoparassiti sono controllati in natura da numerosi antagonisti, che includono funghi e batteri nematofagi a diversa specificità d'azione





I nematodi hanno un elevato potenziale riproduttivo

1 *Meloidogyne* = 500 -1000 uova in 3-4 settimane



Gli antagonisti naturali sono microrganismi che si sono evoluti sotto la spinta di diverse “pressioni” (competizione, adattamento parassitario, mutazioni)

Una risorsa: la diversità microbica nel suolo anche il terreno è il prodotto di un processo evolutivo

A simple population model

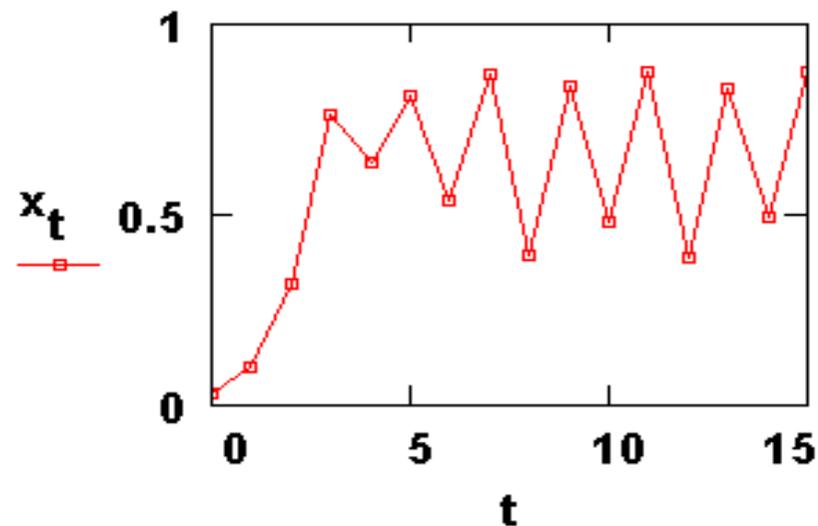
(May, 1970)

1 constant x = density

r = population growth rate

$$x_0 := 0.03 \quad t := 0..15 \quad r := 3.5$$

$$x_{t+1} := r \cdot x_t \cdot (1 - x_t)$$



Lotka & Volterra Model

Densità di
Xiphinema diversicaudatum
& *Pasteuria*
(prevalenza)

Observed (X_0, Y_0)
and calculated values

$$\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 27.2 \\ 6.9 \end{pmatrix}$$

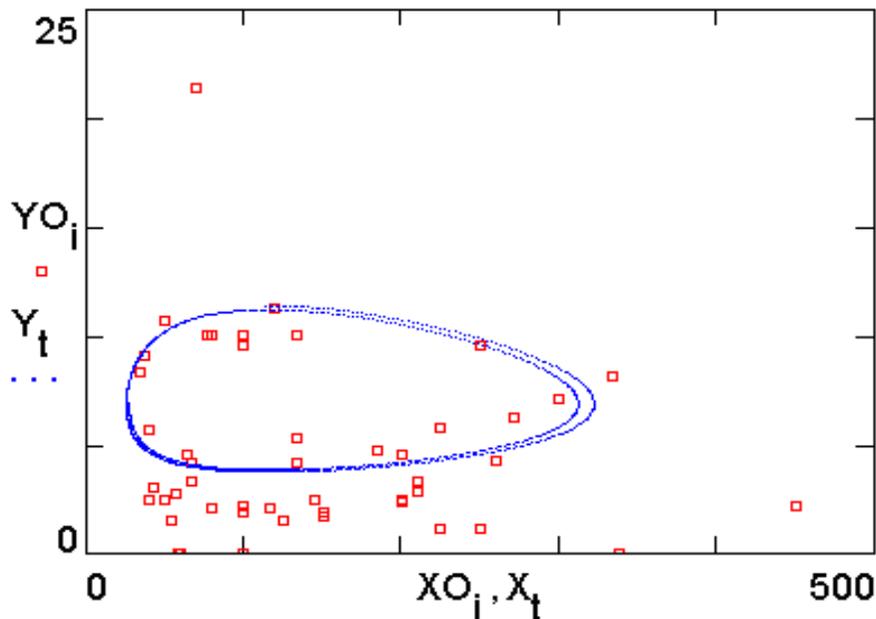
Initial points

$$\begin{aligned} a &:= .026 & b &:= 0.0038 \\ c &:= 0.000045 & d &:= .0052 \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} X_{t+1} \\ Y_{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_t + a \cdot X_t - b \cdot X_t \cdot Y_t \\ Y_t + c \cdot X_t \cdot Y_t - d \cdot Y_t \end{pmatrix}$$

Density of *X. div.*
Pasteuria parasitism

Pasteuria (prevalenza)



Xiphinema diversicaudatum

Model G di Anderson & May (1981)

E' un modello molto più analitico. Nelle forme alle differenze, è definito nel tempo t dal sistema di equazioni in cui:

H = individui totali (nematode eggs numbers)

X = individui sani (healthy eggs)

Y = individui parassitati (parasitized eggs)

W = propaguli antagonista (o biomassa del fungo in $\mu\text{g} / \text{g}$ di terreno):

$$\mathbf{H}_{t+1} = \mathbf{H}_t + \mathbf{r} \mathbf{H}_t - \mathbf{\alpha} \mathbf{Y}_t$$

$$\mathbf{X}_{t+1} = \mathbf{X}_t + \mathbf{a} (\mathbf{X}_t + \mathbf{Y}_t) - \mathbf{b} \mathbf{X}_t - \mathbf{v} \mathbf{W}_t \mathbf{X}_t + \mathbf{\gamma} \mathbf{Y}_t$$

$$\mathbf{Y}_{t+1} = \mathbf{Y}_t + \mathbf{v} \mathbf{W}_t \mathbf{X}_t - (\mathbf{\alpha} + \mathbf{b} + \mathbf{\gamma}) \mathbf{Y}_t$$

$$\mathbf{W}_{t+1} = \mathbf{W}_t + \mathbf{\lambda} \mathbf{Y}_t - (\mathbf{\mu} + \mathbf{v} \mathbf{H}_t) \mathbf{W}_t$$

Il modello usa 8 costanti:

il tasso naturale di crescita (a) e di mortalità (b) della popolazione del nematode, che definiscono il tasso netto di crescita naturale della popolazione ($r = a - b$)

la mortalità dell'ospite indotta dal parassita (α)

il tasso di variazione dell'ospite da infetto ad infettivo (v)

il tasso di guarigione naturale dell'ospite (γ)

il numero di propaguli del parassita prodotti per ogni ospite infetto (λ)

la mortalità naturale del parassita (μ)

A & M Mod G

X = healthy host numbers Y = parasitized hosts
H = total host density W = parasite numbers

8 constants

a = natural growth rate of nematode

b = natural death rate of nematode

a = disease induced mortality rate

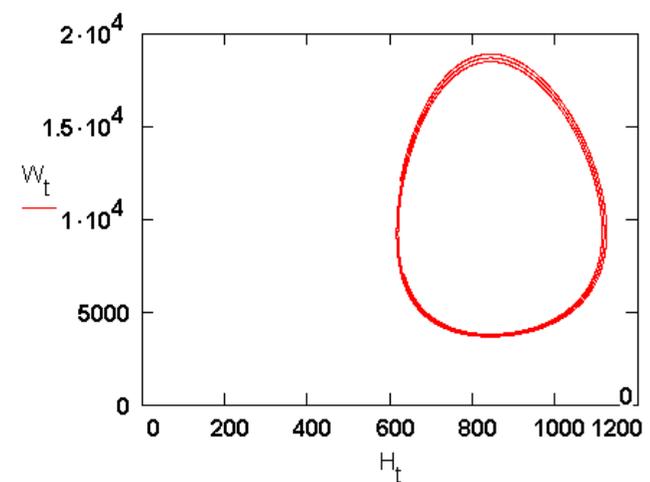
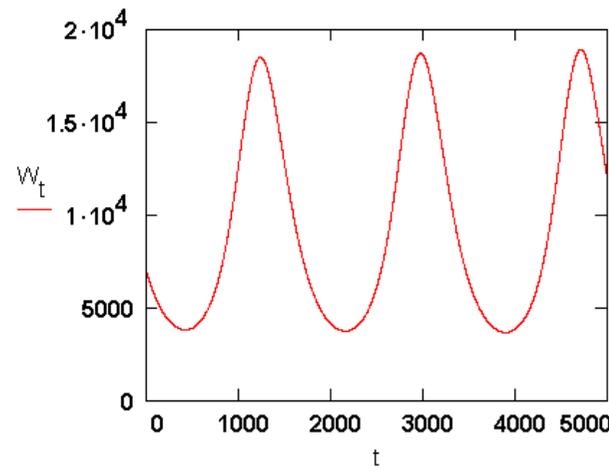
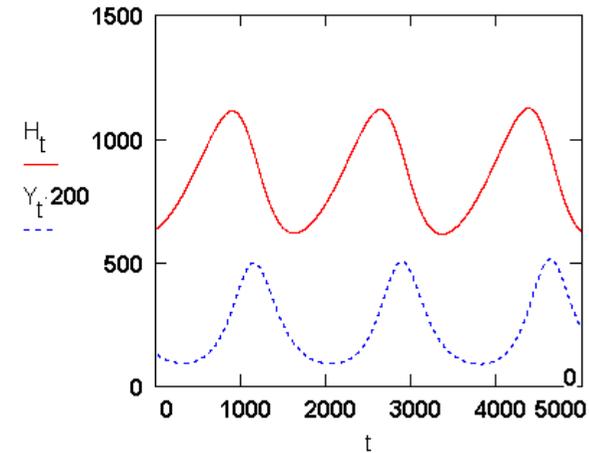
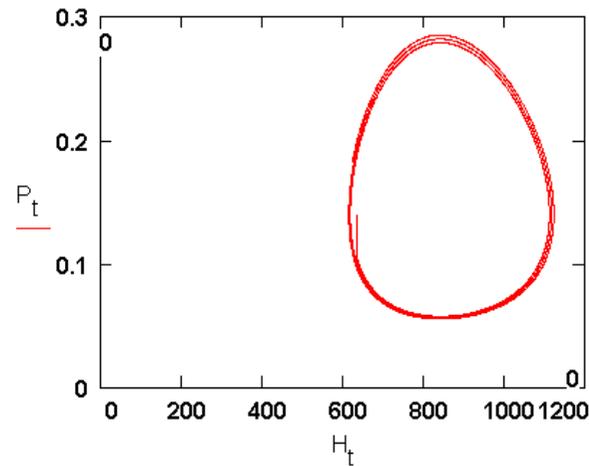
g = natural host recovery rate

m = natural death rate of parasite

b = transmission parameter

v = rate of switch from infected host to infectious

P = prevalence Y/H



- **Taso di crescita della popolazione**

$$r = a - b$$

- **Popolazione totale**

$$H = X + Y$$

- **Prevalenza**

$$P = Y/H$$

- **Coefficiente di trasmissione**

$$\beta = \nu (\lambda / \mu)$$

Model parameters e fitting

esempio:

a (host birth rate) = 0.34156

b (host death rate) = 0.32156

α (parasitism induced mortality) = 0.28

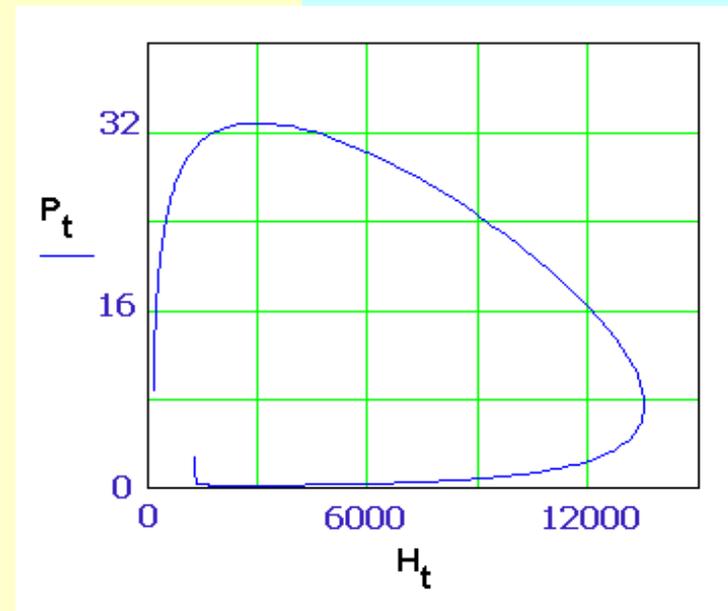
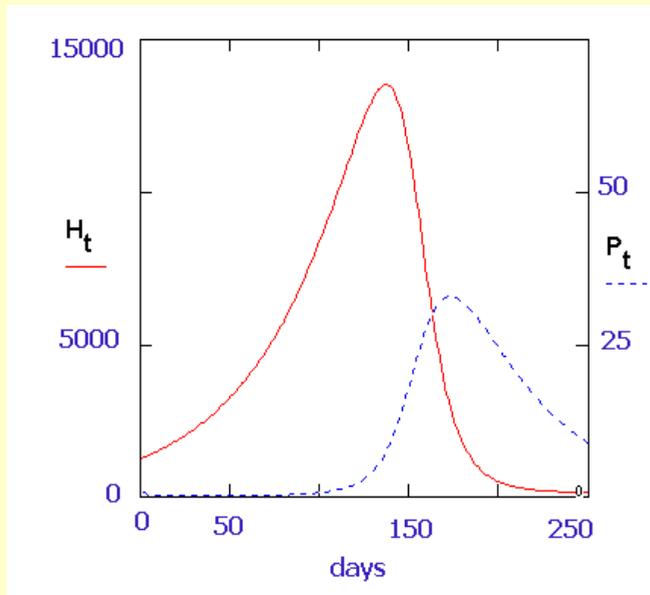
v (host switch to infectious) = $0.2 \cdot 10^6$

γ (host recovery rate) = 0

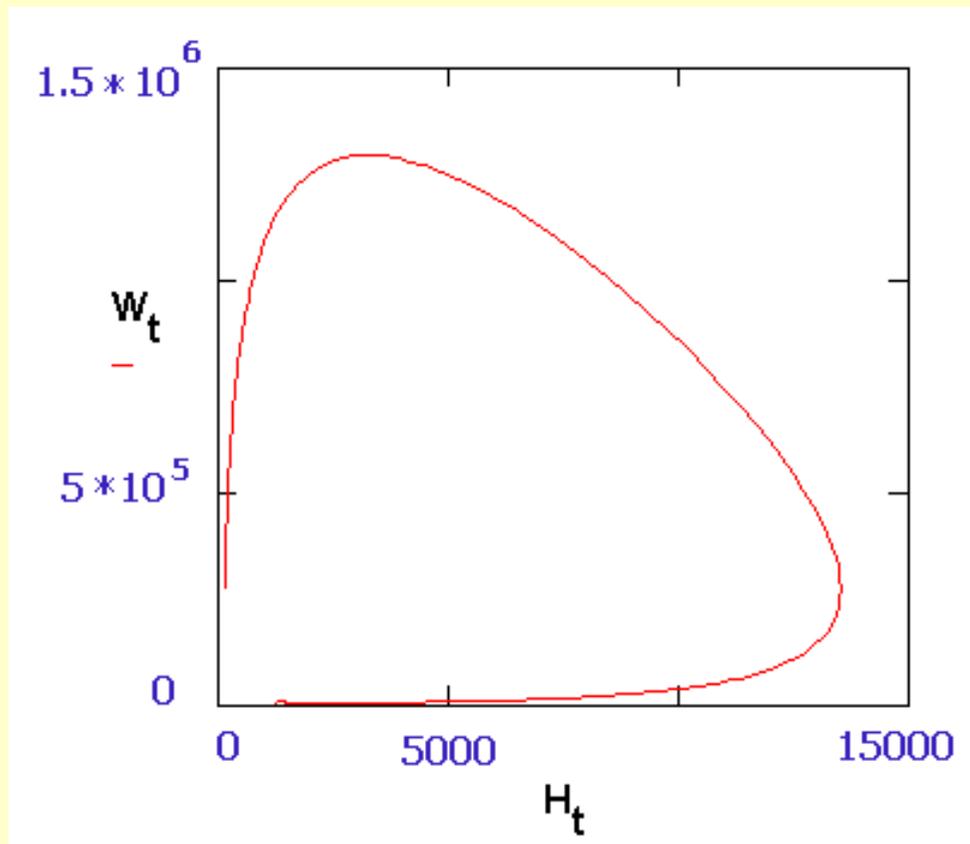
λ (propagules production per host) = 30

μ (parasite's mortality) = 0.025

Dinamiche nel tempo t (giorni) dell'ospite e prevalenza, e rappresentazione nello spazio delle fasi



Esempio: densità di endospore di Pasteuria nel terreno in funzione della densità del nematode ospite



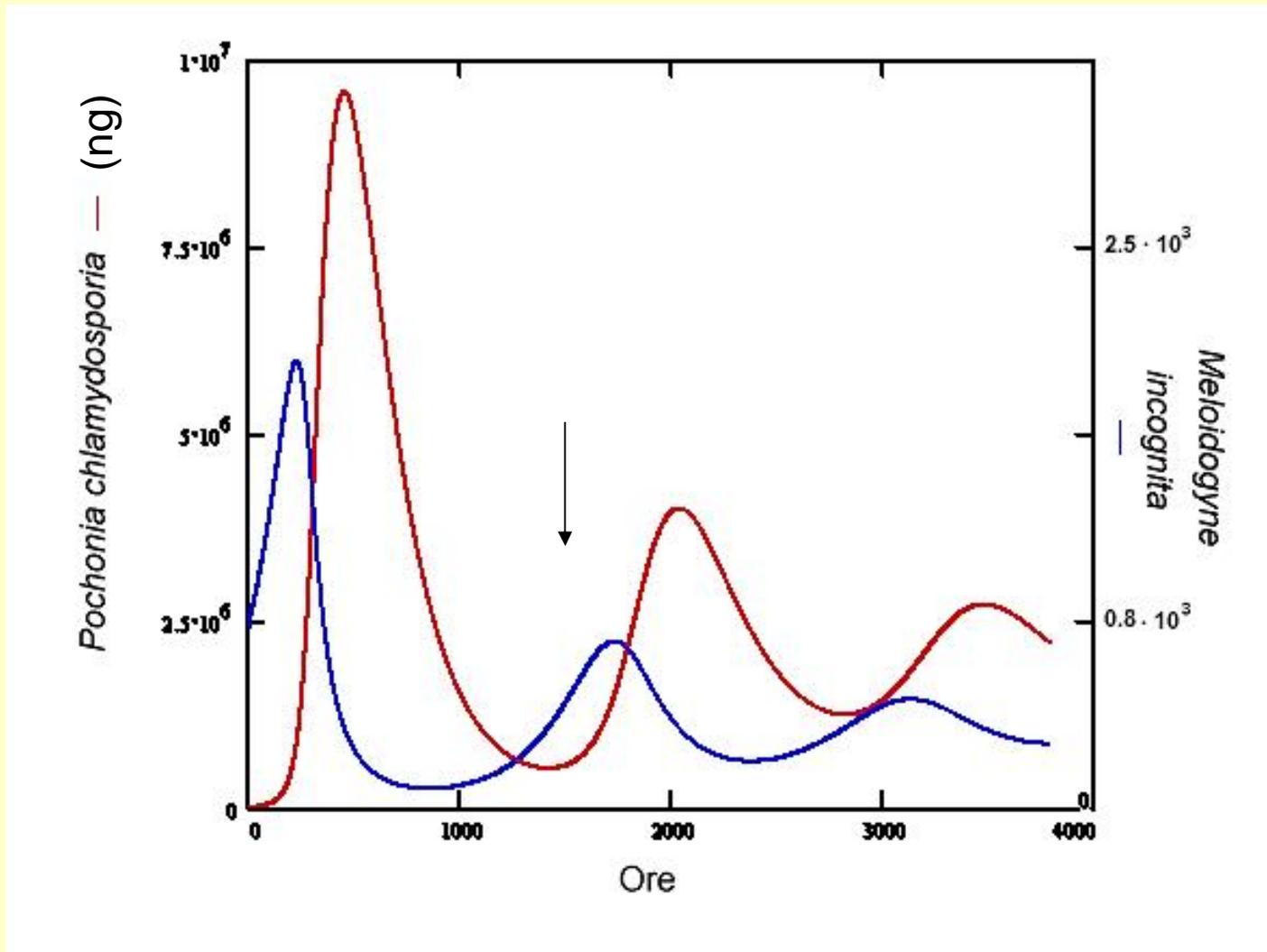
Vita media di una endospora

$$1/\mu = 40 \text{ giorni}$$

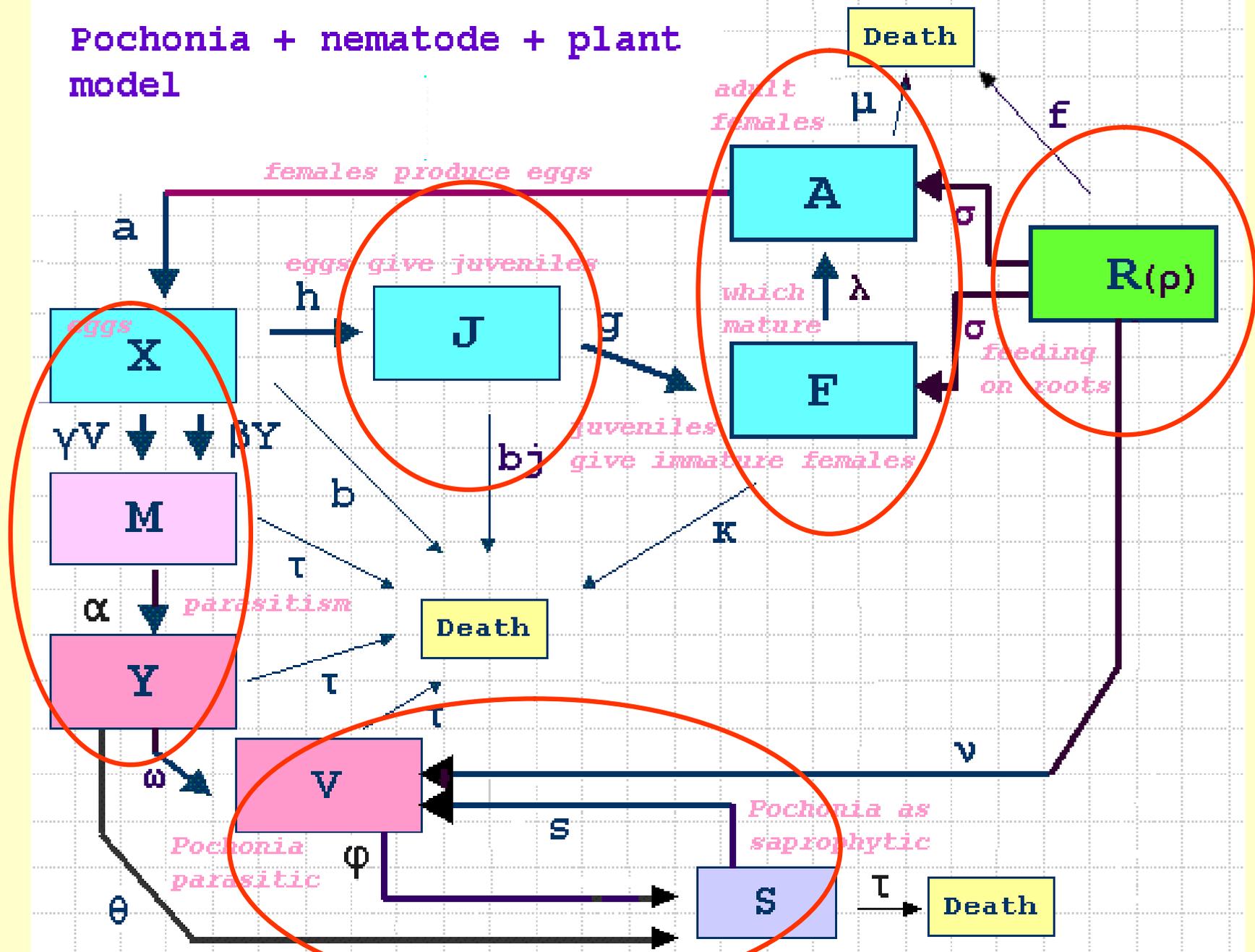
Coefficiente di trasmissione

$$\beta = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

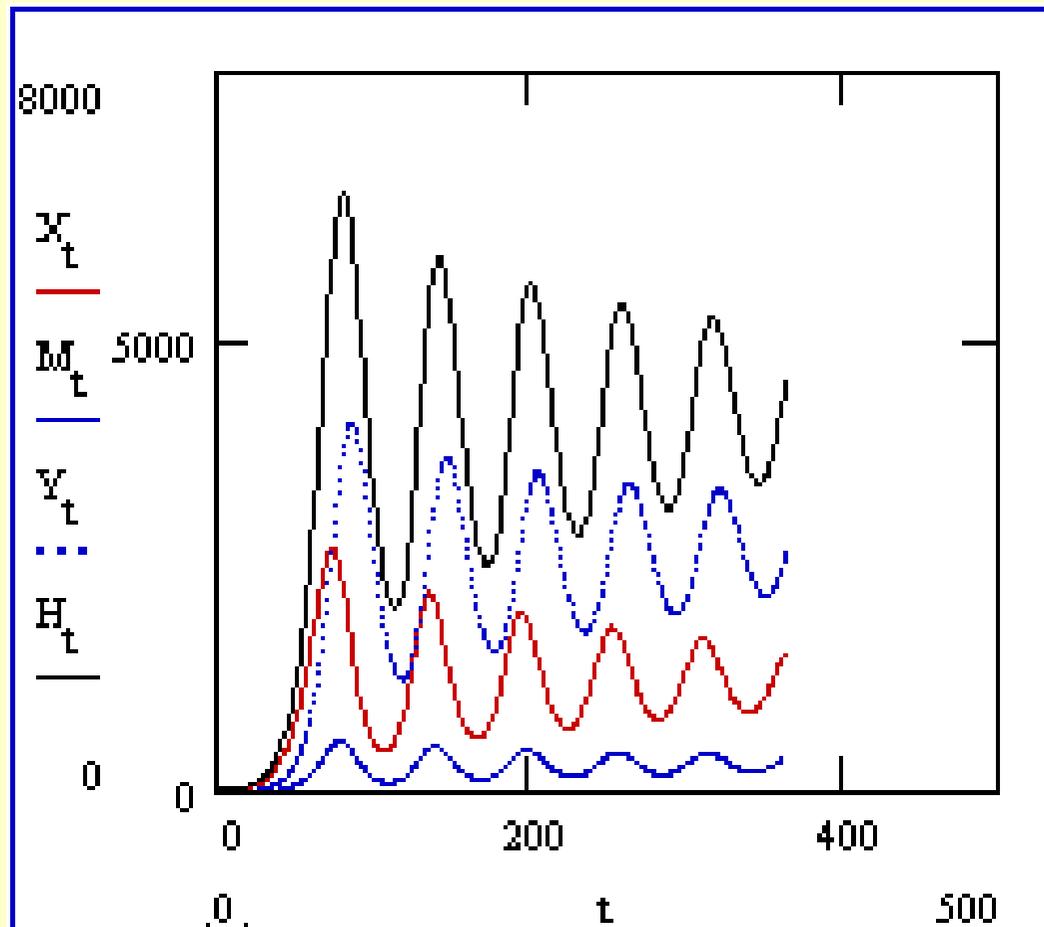
Esempio: variazione della densità del fungo *Pochonia chlamydosporia* (ng/g terreno) parassita del nematode *Meloidogyne incognita* (nematodi/100 cc terreno), dopo l'introduzione in campo (Leverano)



Pochonia + nematode + plant model



Il modello mostra le uova di *Meloidogyne*, con fase infettiva latente (M) e le uova parassitate (Y), con una dinamica ciclica e stabile nel tempo, simile a quella delle uova sane (X). Sono rappresentati 365 punti, per un ciclo completo di produzione (t = days, 6 generazioni).



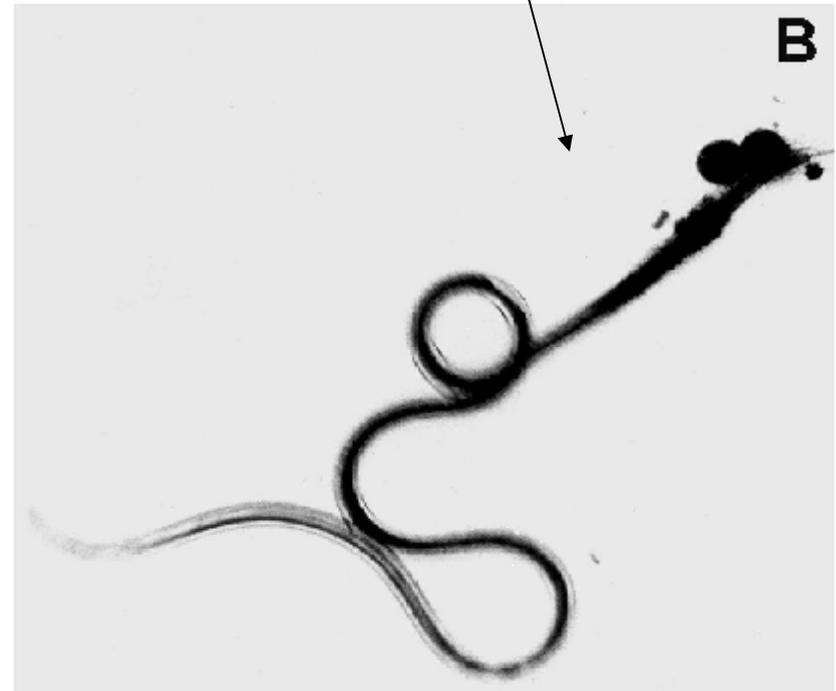
Obiettivi della modellistica:

- **Dati sull'efficacia dell'antagonista**
- **Quantità di agenti di biocontrollo da introdurre nel terreno**
- **Dati sulla dinamica di popolazione, e per indurre un'estinzione locale**
- **Stime temporali sul declino della popolazione del nematode**

Dal modeling al management:

- Stime sul tempo richiesto per una **estinzione** locale del parassita
- calcolo sui **propaguli** necessari per tale fine
- misura dell'effetto di trattamenti **inondativi** in un dato periodo
- identificare e valutare l'effetto di altri **parametri critici**
- pratiche finalizzate ad incrementare l'efficienza di agenti di **biocontrollo** naturali, sfruttando i parametri critici

La natura è complessa: antagonisti contro antagonisti ospiti vivi al 50%



**Finanziamenti: UE VI FP, progetto MiCoSpa
Regione Puglia, Progetto Esplorativo 040**

Grazie per l'attenzione !!!!