



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi nell'ecologia del suolo e loro utilità come bioindicatori

Dott. Fabio Gatti
Università degli Studi di Parma
Museo di Storia Naturale

Prof. Aldo Zullini
Università degli Studi di Milano Bicocca
Dip. di Biotecnologie e Bioscienze





APAT

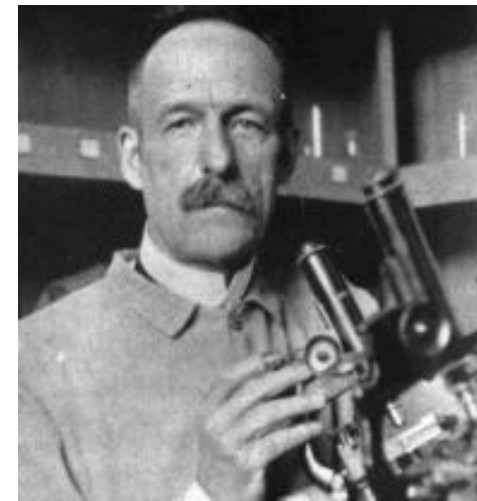
Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

**Se tutta la materia del nostro pianeta, eccetto i nematodi, venisse
fatta sparire, il nostro mondo sarebbe ancora un po' riconoscibile
vi riconosceremmo i suoi monti, le vallate, i fiumi, i laghi e gli oceani
rappresentati da una pellicola di nematodi.**

N. A. Cobb, 1914.





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

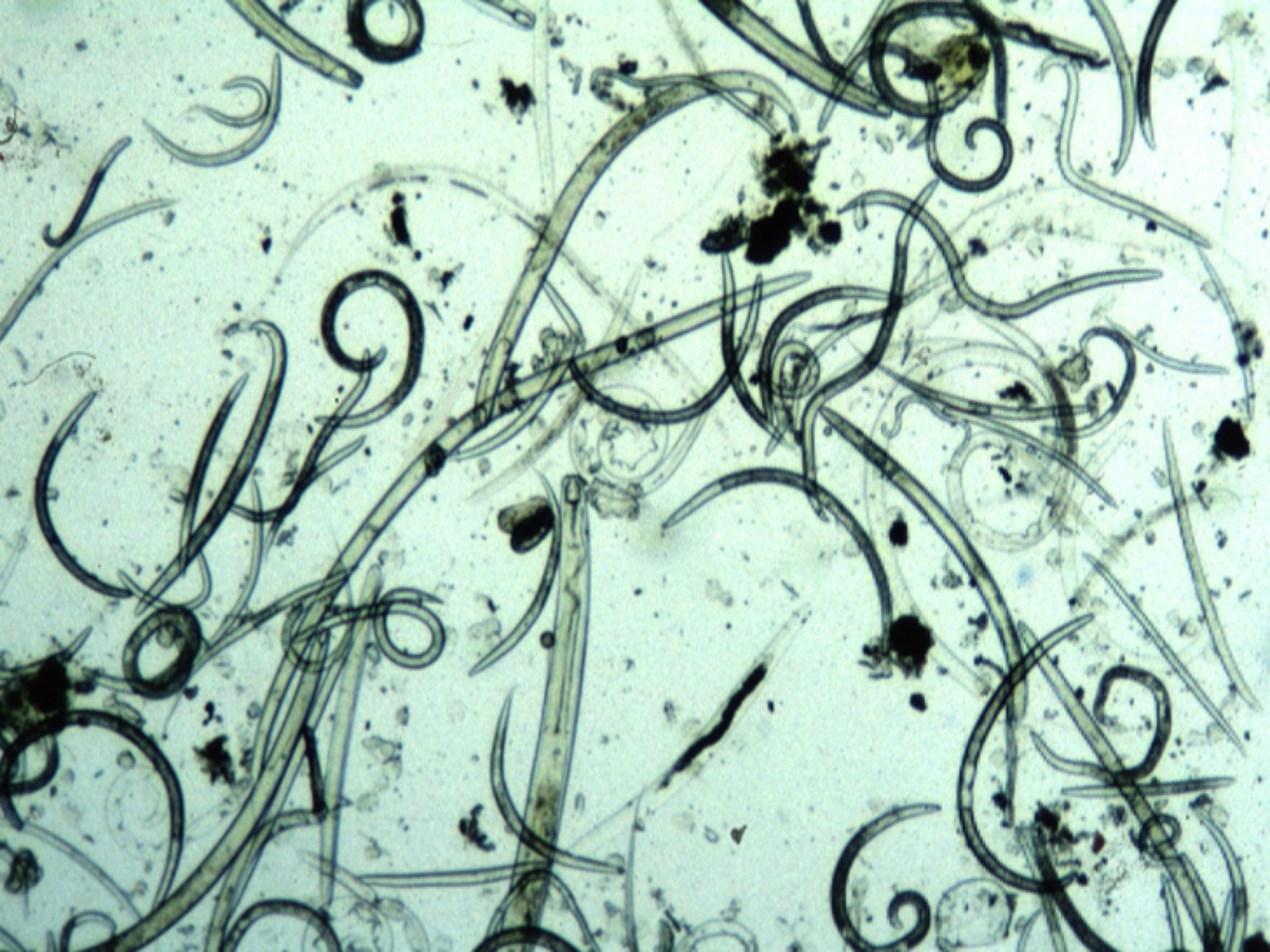
Phylum Nematoda (*threadworms*)

I Nematodi sono gli animali più diffusi sulla Terra.

Vivono infatti:

- **nel suolo**
- **nei sedimenti marini**
- **nei sedimenti lacustri e fluviali**
- **nell'ambiente ipogeo (grotte)**
- **in altri organismi (da parassiti)**







APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Sono utilizzati come bioindicatori perché:

- **sono presenti ovunque avvengano processi di decomposizione**
- **la loro morfologia rispecchia il loro comportamento**
- **interagiscono con tutti gli altri organismi**
- **presentano specializzazioni alimentari**
- **reagiscono in breve tempo al disturbo**
- **si possono estrarre facilmente**
- **è relativamente facile riconoscere il genere**





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Nematodi nel suolo

Il suolo è molto ricco di specie e brulica di un gran numero di animali.

In un campione di suolo di 1 litro si possono trovare fino a 15.000 nematodi.

Un metro quadrato di suolo quindi può contenere alcuni milioni di esemplari e una cinquantina di specie.

L'ultima frontiera della ricerca sulla biodiversità è proprio rappresentata dallo studio dei suoli.



Suolo e suo utilizzo



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Abbondanza Numero di

ind/m²

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Praterie incolte	3.311.000	21
Bosco in evoluzione	2.376.000	19
Coltivazioni di trifoglio	8.708.000	30
Prati sottoposti a sfalcio	9.844.000	31
Coltivazioni di orzo fertilizzate	5.584.000	29
Coltivazioni di orzo non fertilizzate	6.777.000	30
Prati sottoposti a pascolo	2.902.000	32
Campi sottoposti a rotazione orzo/mais	1.156.000	17
Praterie su suoli sabbiosi trattate chimicamente	3.702.000	30
Praterie su suoli sabbiosi trattate organicamente	4.515.000	32





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

**I Nematodi contribuiscono alla mineralizzazione dell'azoto
e allo sviluppo della biomassa vegetale.**

**In laboratorio è stato dimostrato che i nematodi
aumentano la disponibilità di azoto utile per le piante.**

**Osservazioni su campo hanno stimato che il contributo dei
nematodi alla mineralizzazione dell'azoto è intorno al 10%
(intervallo 8-19% in Neher, 2001)**





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I nematodi si nutrono di alghe e piante, di batteri e funghi, oppure di altri animali del suolo (spesso altri nematodi), diventando quindi un elemento centrale (e diverso) della rete alimentare del suolo.

(Mulder *et al.* 2005)





10 μm



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

Batteriofagi: Rhabditidae, Plectidae





10 μm

© Peter Mullin/2000

Rhabditis sp.
female anterior 1000X

Pasture
Mead, NE



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

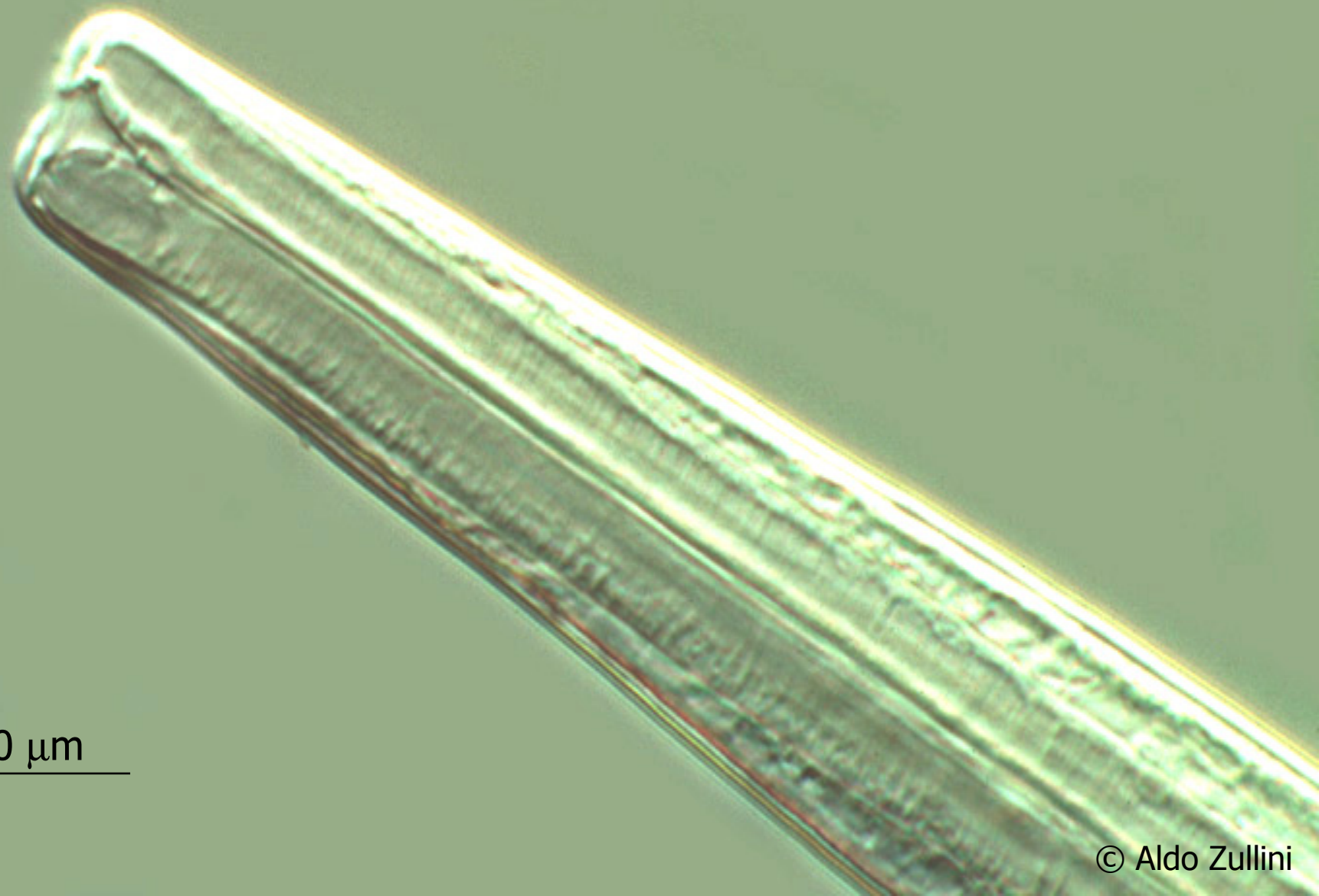
**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

Divoratori del substrato: Monhysteridae



Monhystera sp.



10 μm

© Aldo Zullini



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

Predatori di organismi unicellulari: Tobrilidae e Monhysteridae



Tobrilus sp.



5 μ m

© Fabio Gatti



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

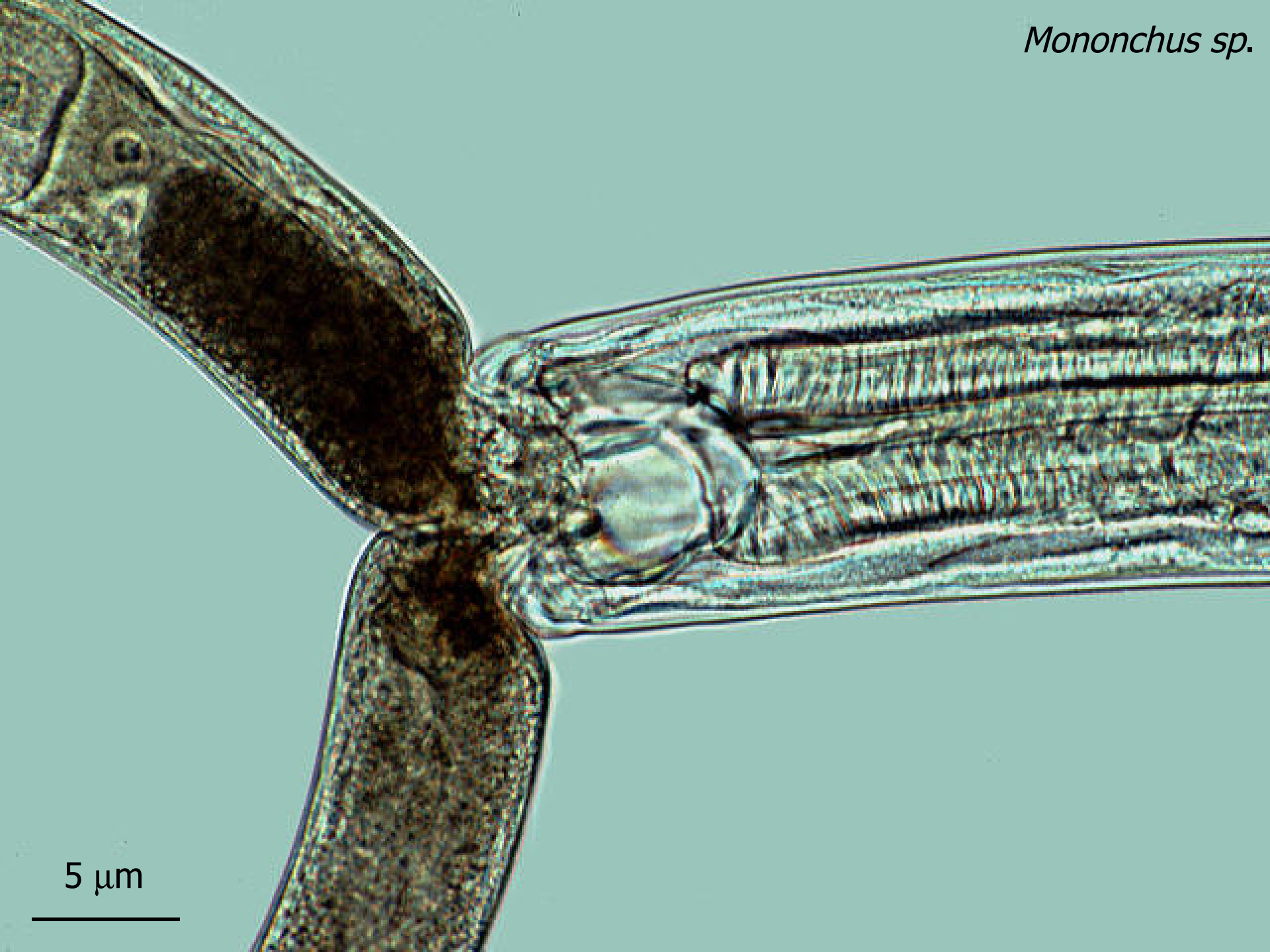
**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

***Predatori di altri nematodi: Mononchidae,
Anatonchidae***



Mononchus sp.



5 μ m





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

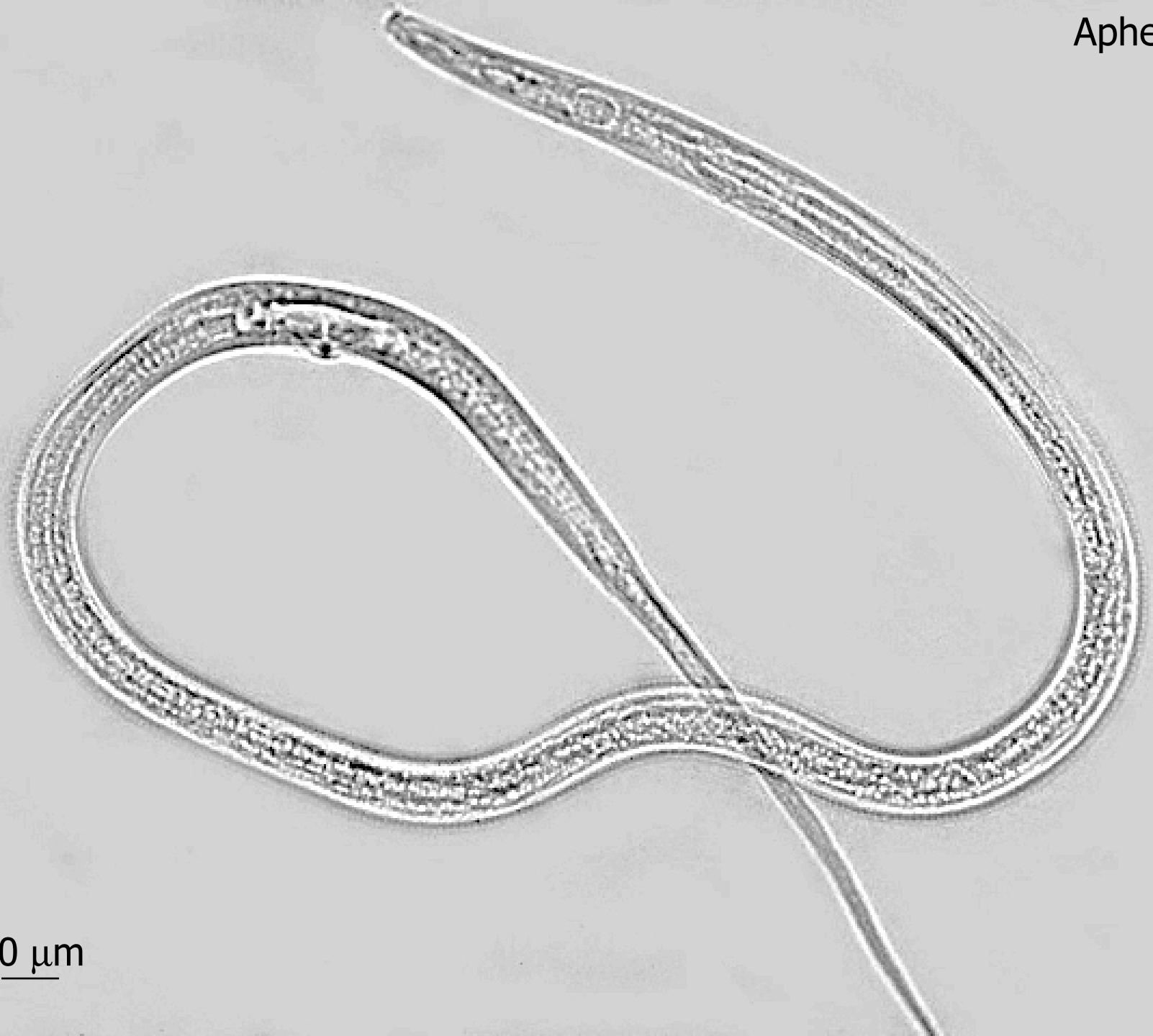
**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

Fungivori: Aphelenchidae



Aphelenchidae



10 μm



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

I Nematodi occupano i seguenti livelli trofici:

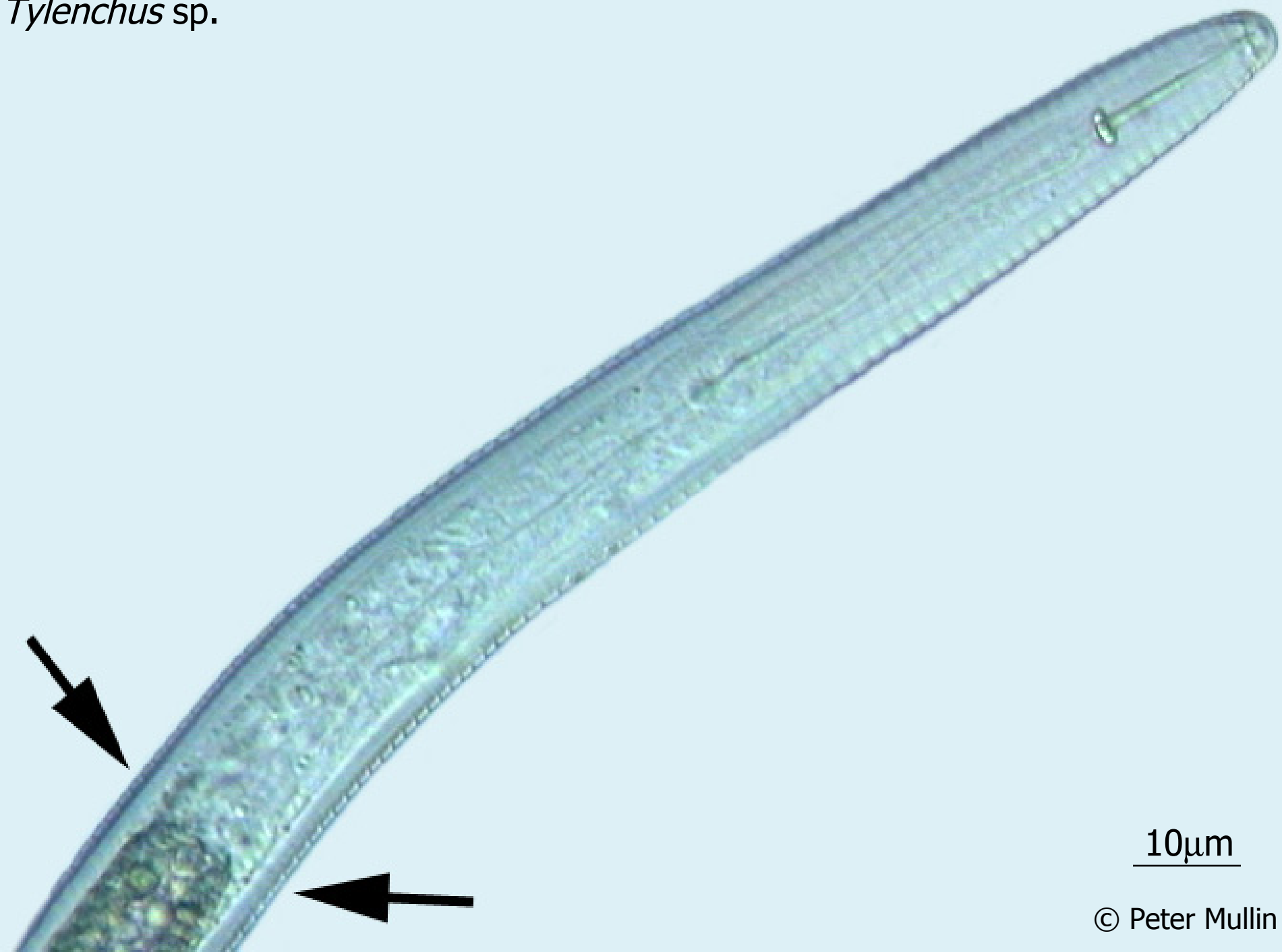
Fitoparassiti: Tylenchidae



Dipartimento Difesa della Natura
Servizio Tutela della Biodiversità
Settore Bioindicatori ed Ecotossicologia



Tylenchus sp.



10μm

© Peter Mullin



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

**Lo studio della comunità di nematodi
può fornire indicazioni trasversali
circa lo stato di un determinato
ecosistema perché
fornisce informazioni integrate di più
livelli ecologici.**



Dipartimento Difesa della Natura
Servizio Tutela della Biodiversità
Settore Bioindicatori ed Ecotossicologia





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

La comunità nematologica di un suolo può dunque essere analizzata per comprenderne lo stato ecologico.

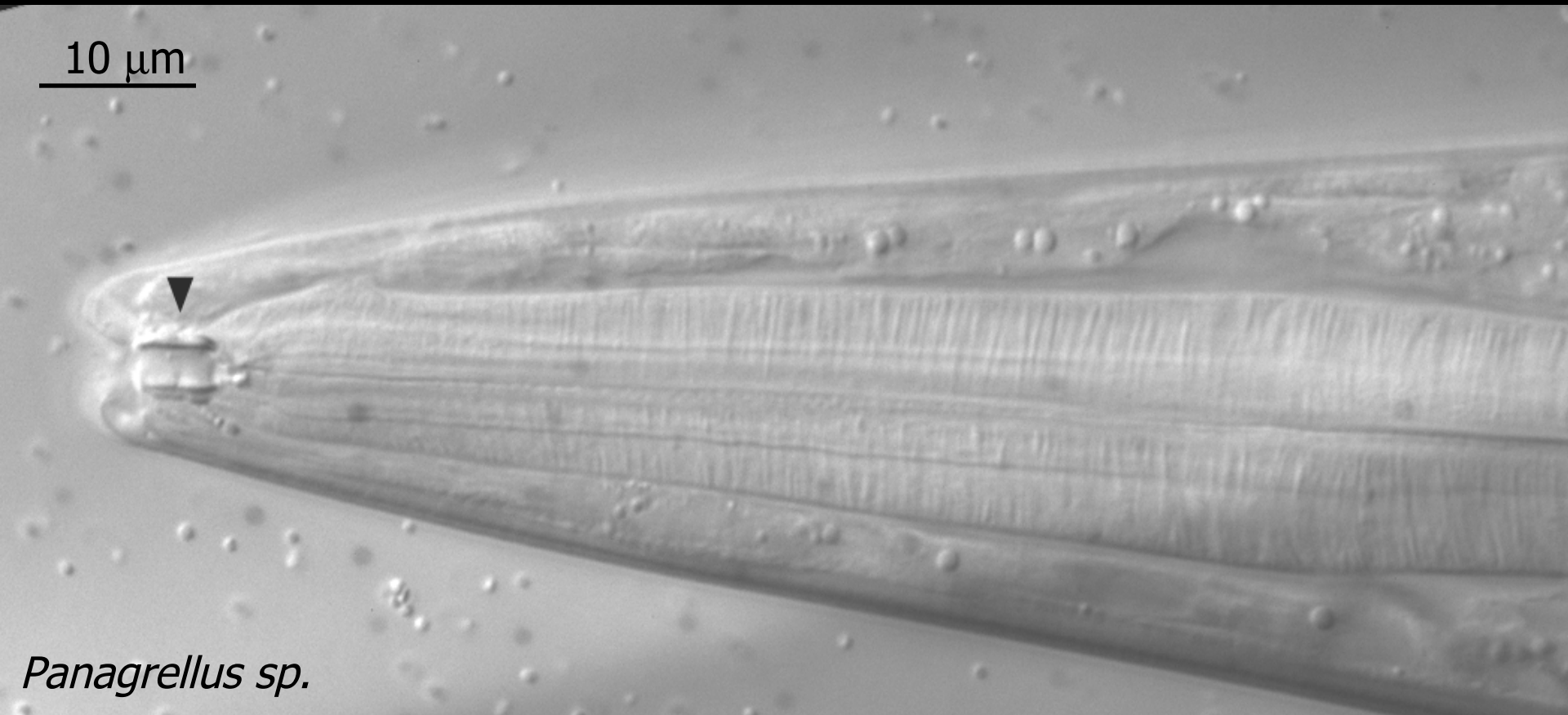
I metodi di indagine possibili si applicano a livello individuale e a livello di comunità.

Livello individuale

Panagrellus redivivus



10 μm



Panagrellus sp.



APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

La comunità nematologica di un suolo può dunque essere analizzata per comprenderne lo stato ecologico.

I metodi di indagine possibili si applicano a livello individuale e a livello di comunità

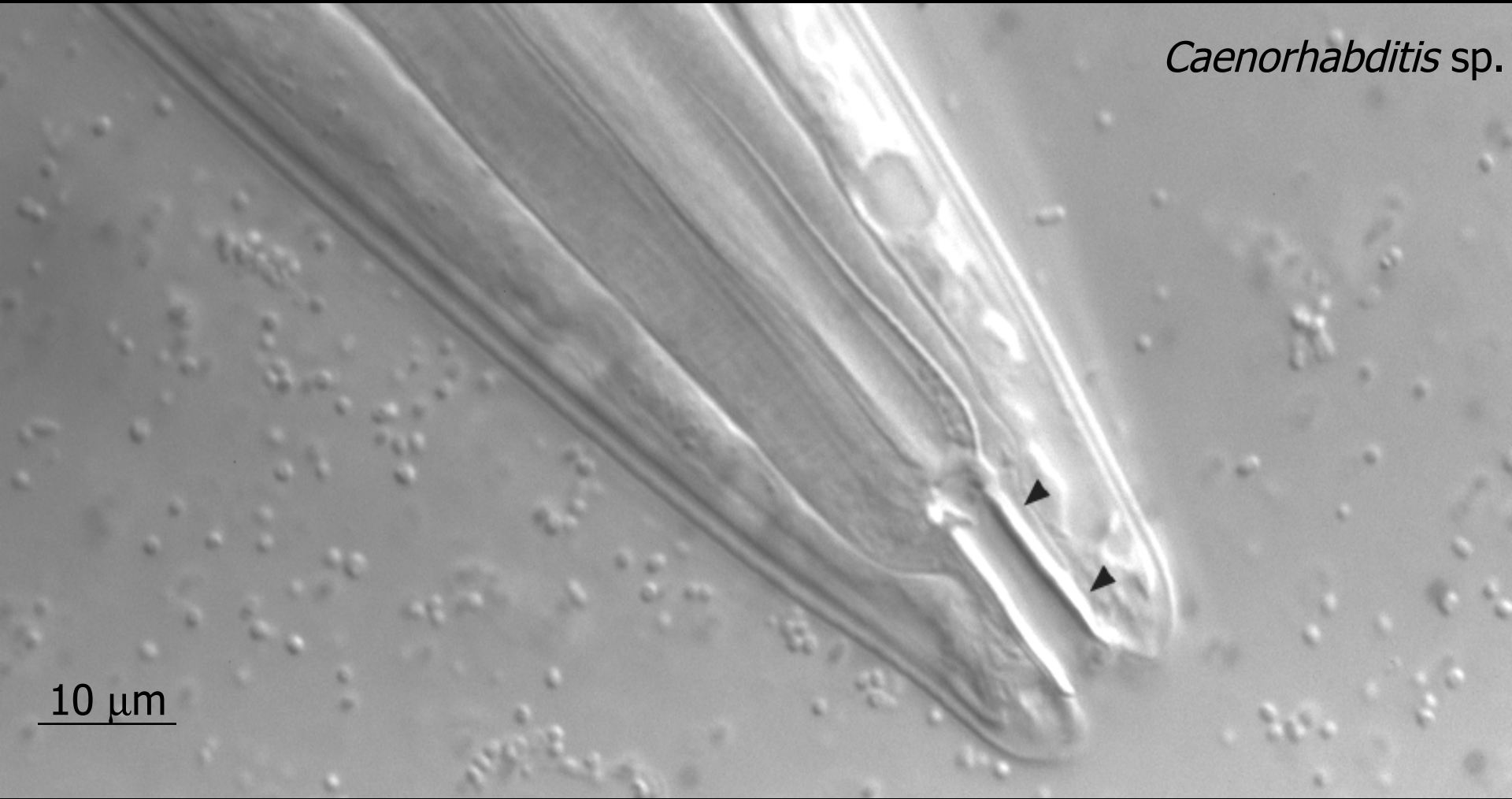
Livello individuale

Caenorhabditis elegans



Caenorhabditis sp.

10 μm





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

La comunità nematologica di un suolo può dunque essere analizzata per comprenderne lo stato ecologico.

I metodi di indagine possibili si applicano a livello individuale e a livello di comunità

Livello individuale

Panagrellus redivivus
Caenorhabditis elegans



Metodi tipicamente tossicologici. Valutano risposte fisiologiche conseguenti all'esposizione di concentrazioni note di inquinanti.





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

**La comunità nematologica di un suolo può
dunque essere analizzata per
comprenderne lo stato ecologico.**

**I metodi di indagine possibili si applicano
a livello individuale e a livello di comunità**

Livello di Comunità (Indici Ecologici)





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

- ***Shannon Index***: misura della diversità
- **% Dorylaimidae**: misura della persistenza.
- ***Maturity Index***: misura della struttura della comunità.
- ***MI 2-5***
- ***EI: Enrichment Index***
- ***SI: Structure Index***
- ***PPI: Plant Parasite Index***
- ***MI/PPI Index***

Si utilizzano in relazione a fenomeni di inquinamento con finalità di tipo tossicologico.

Sono utili alla valutazione della funzionalità ecologica e dello status ecologico del suolo.





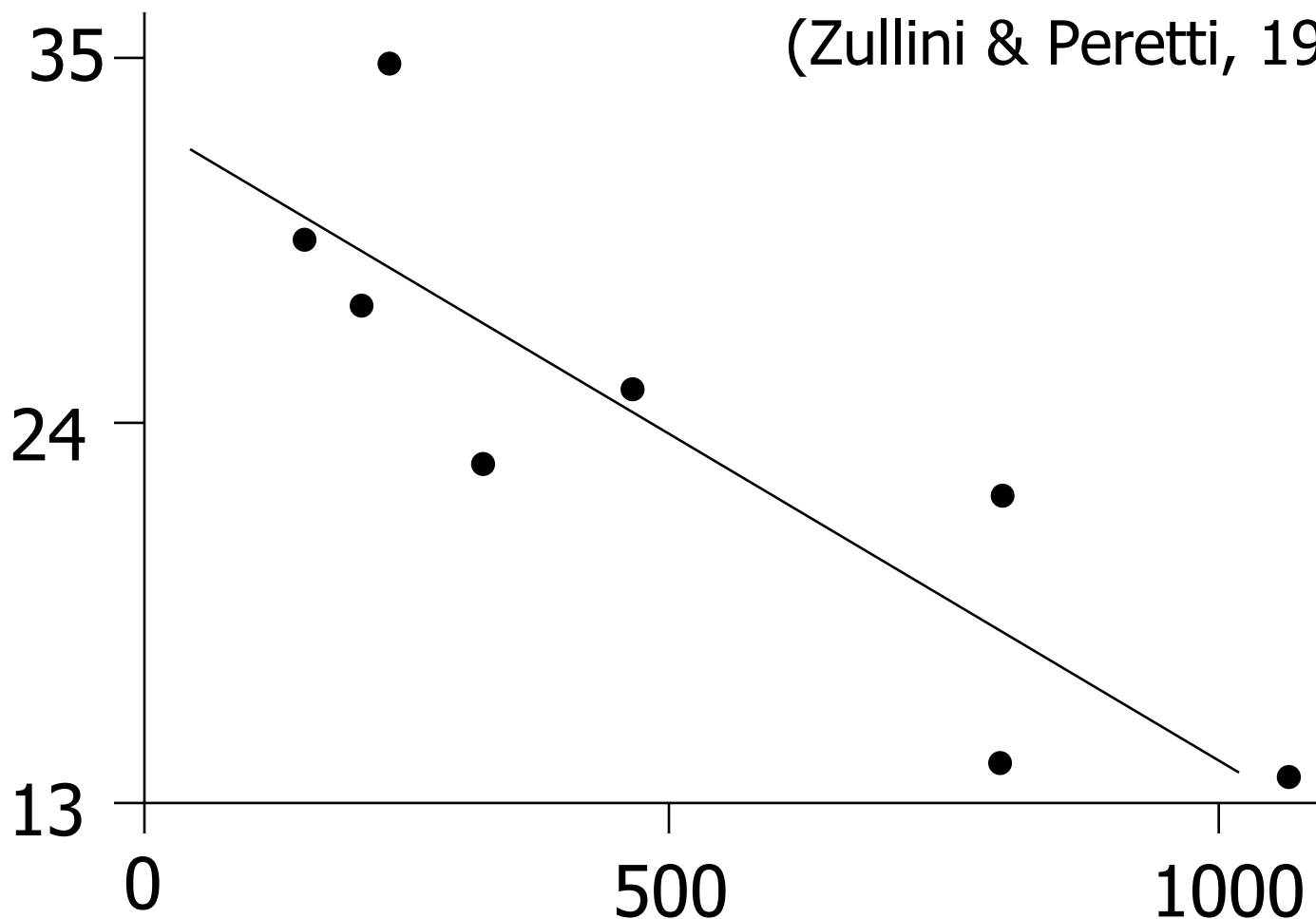
APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Numero di specie



Concentrazione di Pb (ppm)





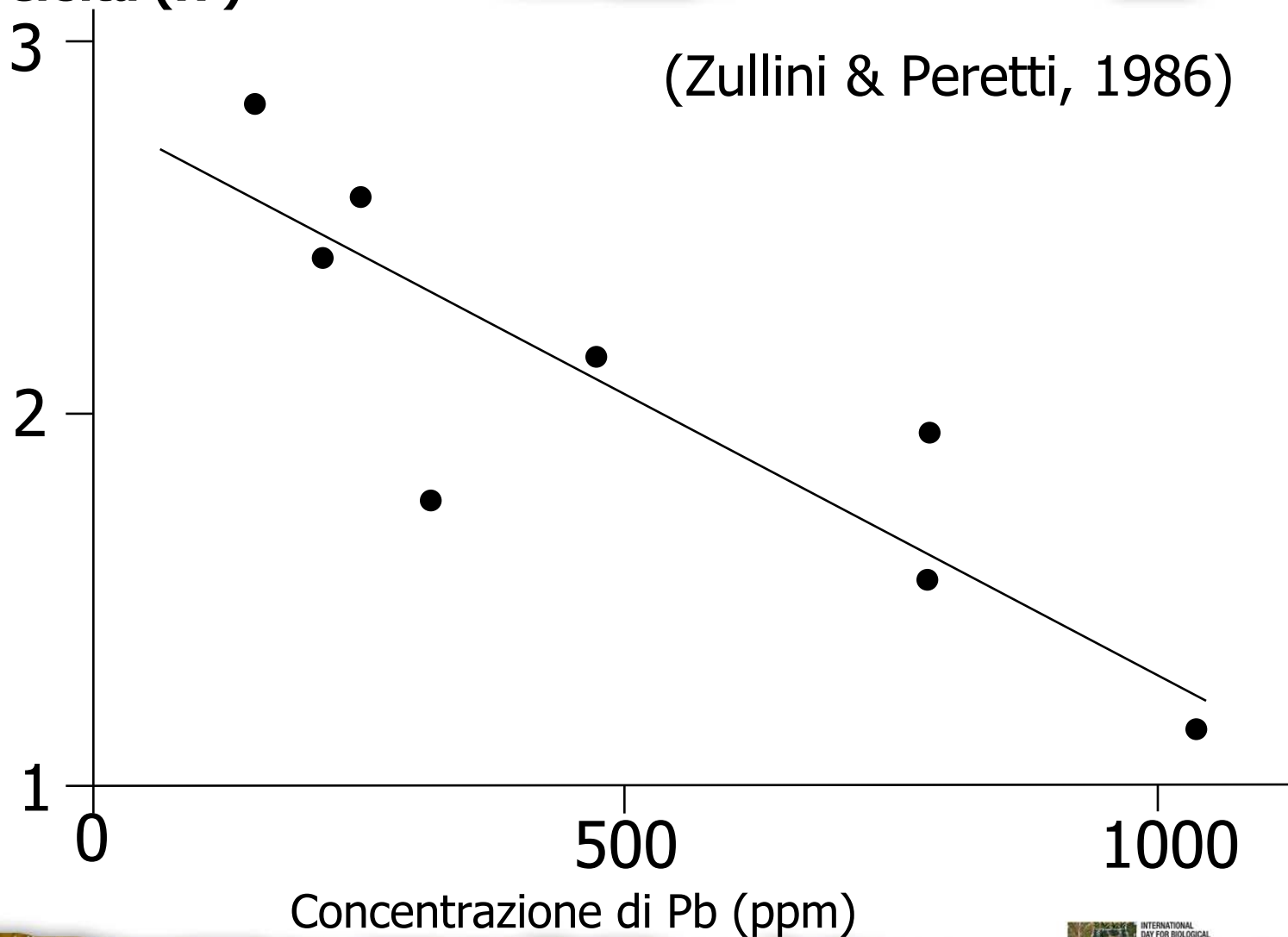
APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Diversità (H')



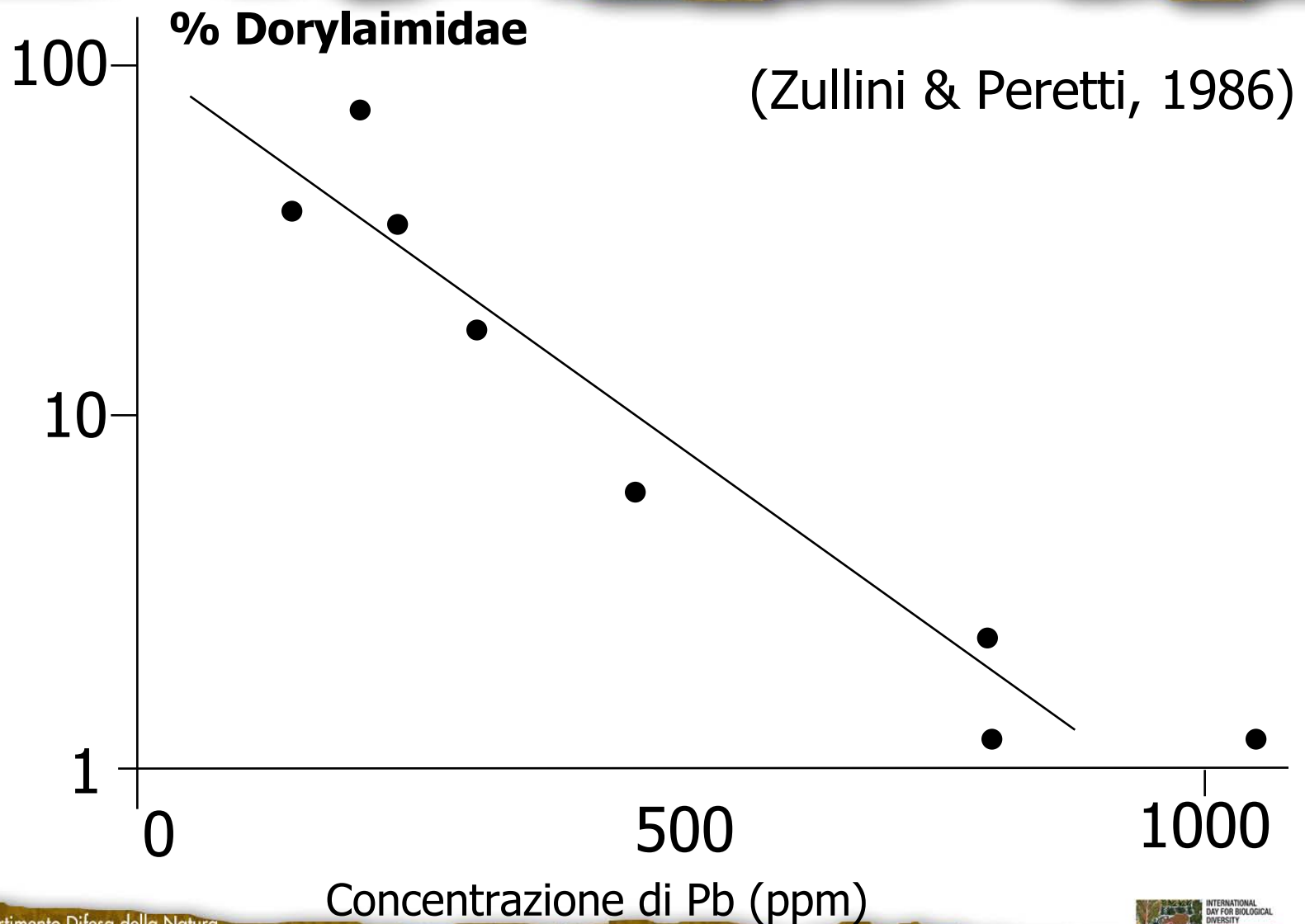


APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Oecologia (1990) 83:14–19

Oecologia

© Springer-Verlag 1990

The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition

Tom Bongers

Nematology Department, Wageningen Agricultural University, PB 8123, NL-6700 ES Wageningen, The Netherlands

Received October 10, 1989 / Accepted December 12, 1989





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Maturity Index

I nematodi possono essere suddivisi in:

Colonizzatori

**Gonadi sviluppate
Cicli riproduttivi molto brevi
Batteriofagi**

Persistenti

**Gonadi ridotte
Cicli riproduttivi lunghi
Onnivori e predatori**

Il tutto è inserito in un sistema di classificazione cp che va da 1 a 5.





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

$$MI = \sum_{i=1}^N c(i) \times f(i)$$

Valore c - p
della famiglia
identificata

Frequenza relativa
della famiglia





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Lo sviluppo dei Maturity Index ha rappresentato un avanzamento significativo nell'interpretazione delle relazioni tra l'ecologia delle comunità nematologiche e le funzioni del suolo. Inoltre, ha facilitato gli studi circa la valutazione biologica utilizzando i nematodi come indicatori.



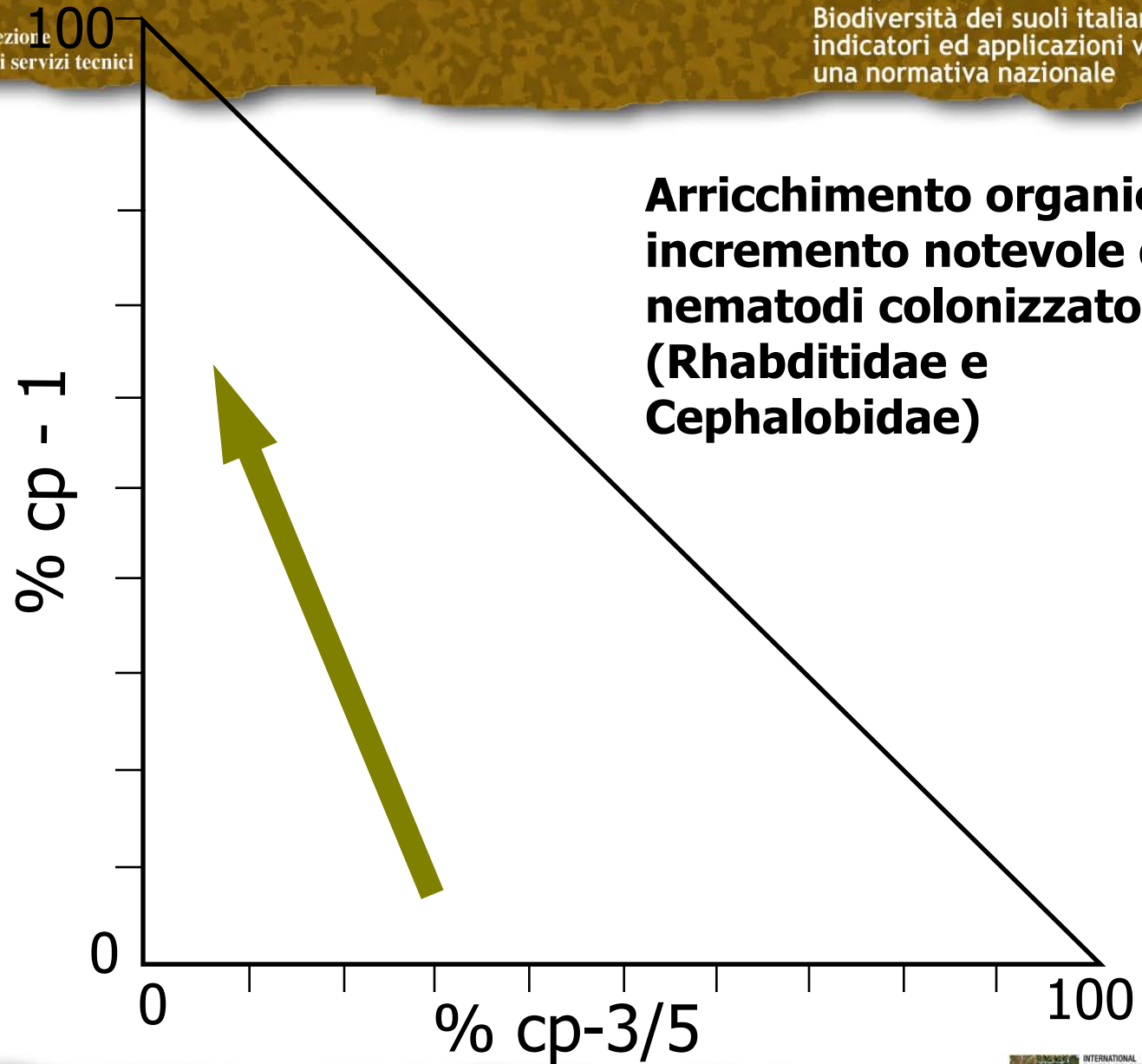


APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale



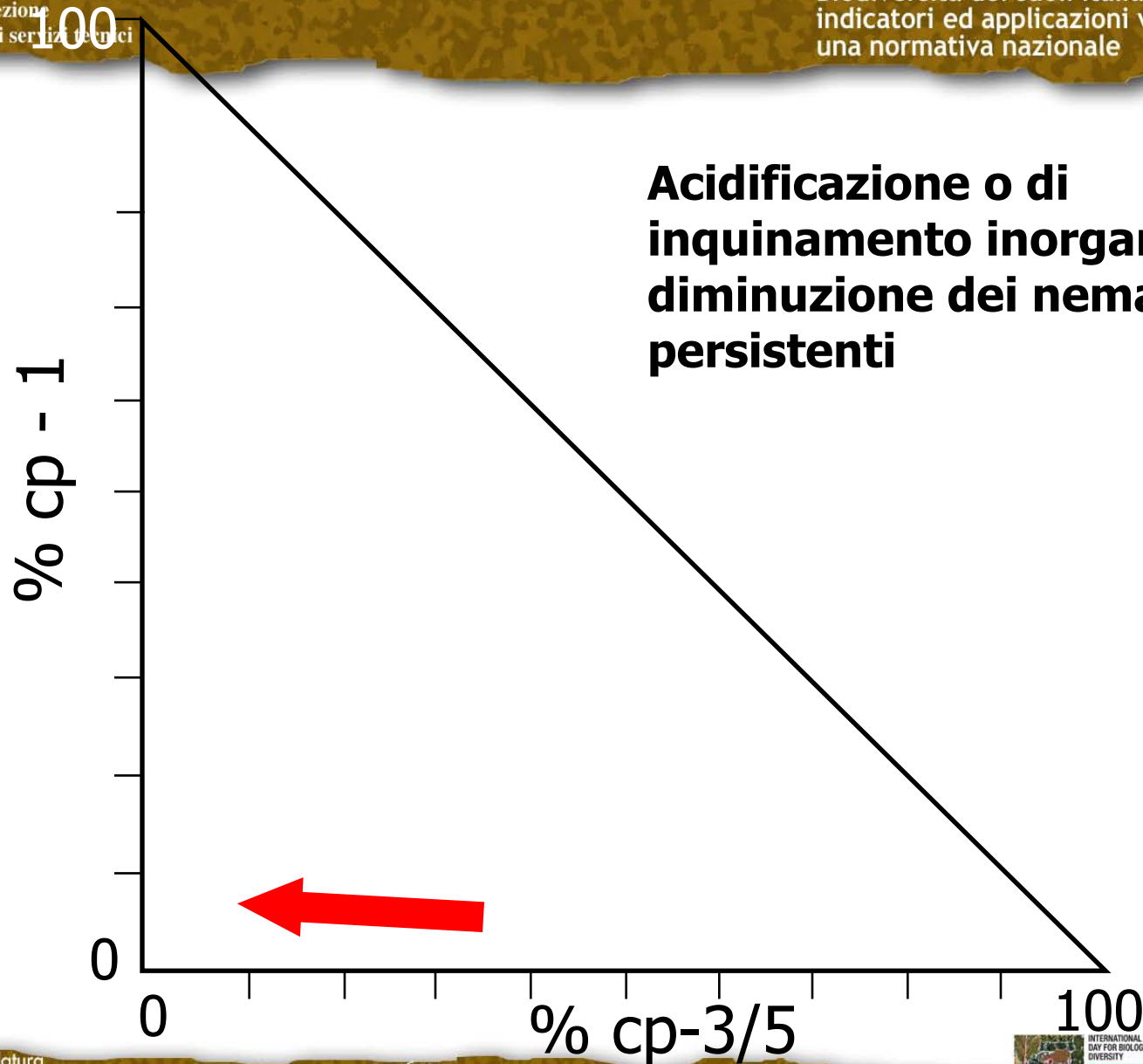


APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale



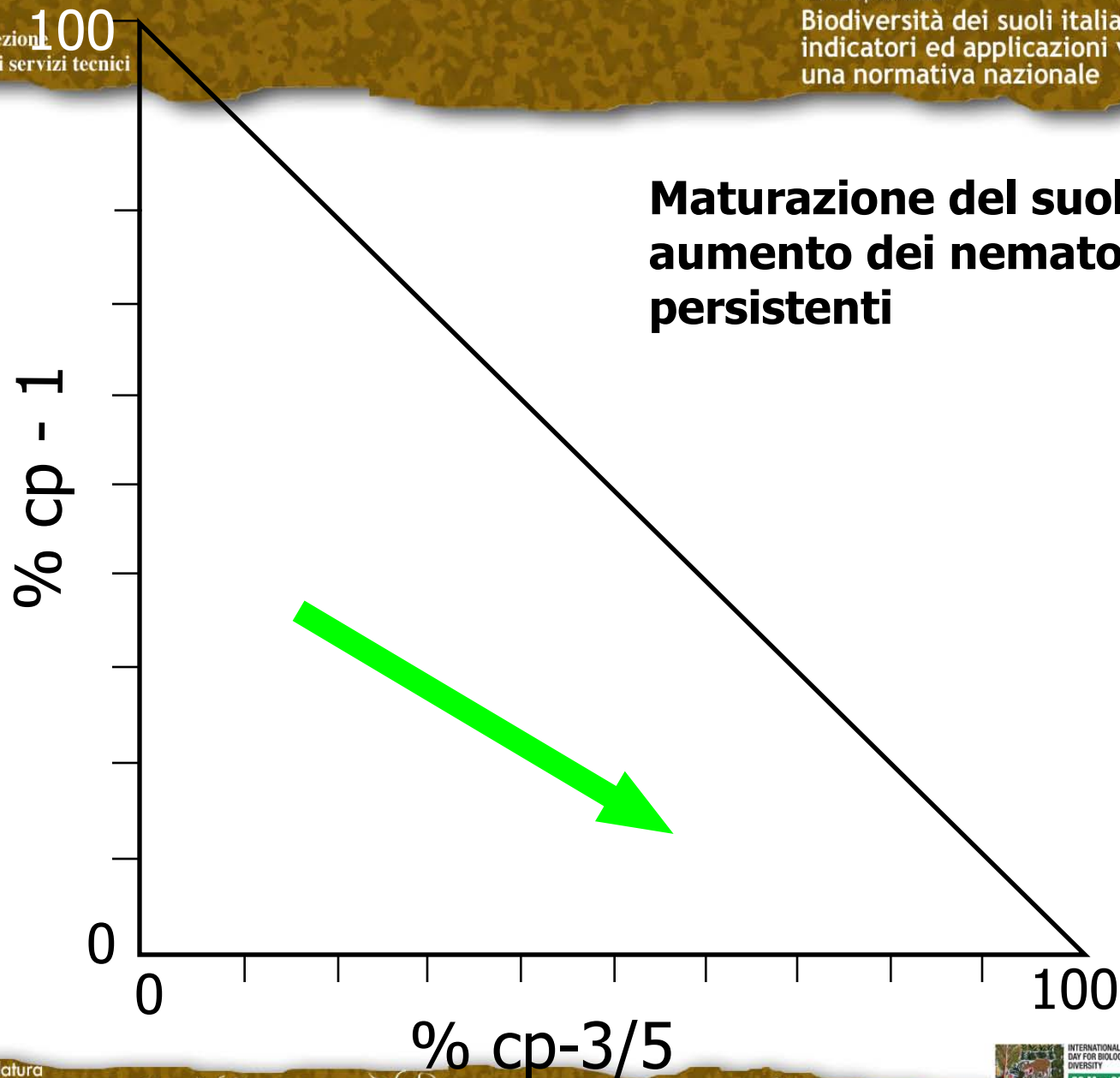


APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Ad ogni disturbo corrisponde una diversa configurazione della nematocenosi.



Dipartimento Difesa della Natura
Servizio Tutela della Biodiversità
Settore Bioindicatori ed Ecotossicologia





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

**Bongers, 1990 introduce i nematodi
fitoparassiti creando l'indice PPI (*Plant
Parasite Index*) per valutare separatamente
questa categoria ecologica.**

**Infatti i fitoparassiti non rispondono agli stress
allo stesso modo dei nematodi a vita libera.**





APAT

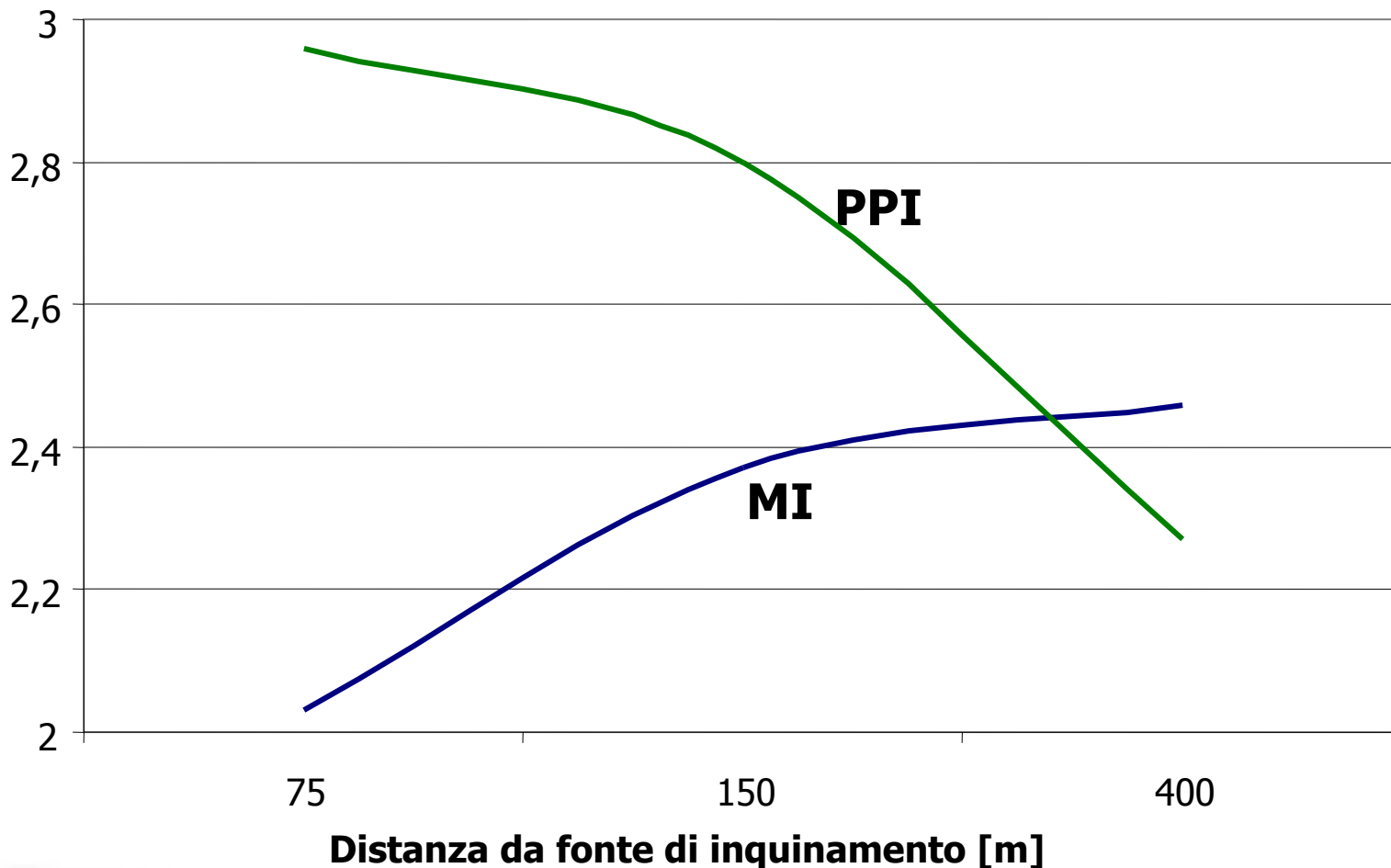
Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Valori di PPI e MI

(Bongers, 1990, Bongers et al., 1997)





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Il MI è stato progressivamente modificato e migliorato.

Per distinguere il disturbo da metalli pesanti dall'inquinamento inorganico, fu proposto di eliminare i colonizzatori estremi (c-p 1).

**Tale indice venne chiamato (Bongers & Korthals, 1994)
MI (2-5).**

Successivamente (Yeates, 1994) fu proposta una versione complessiva del MI che comprendesse invece tutti i nematodi (Σ MI) .



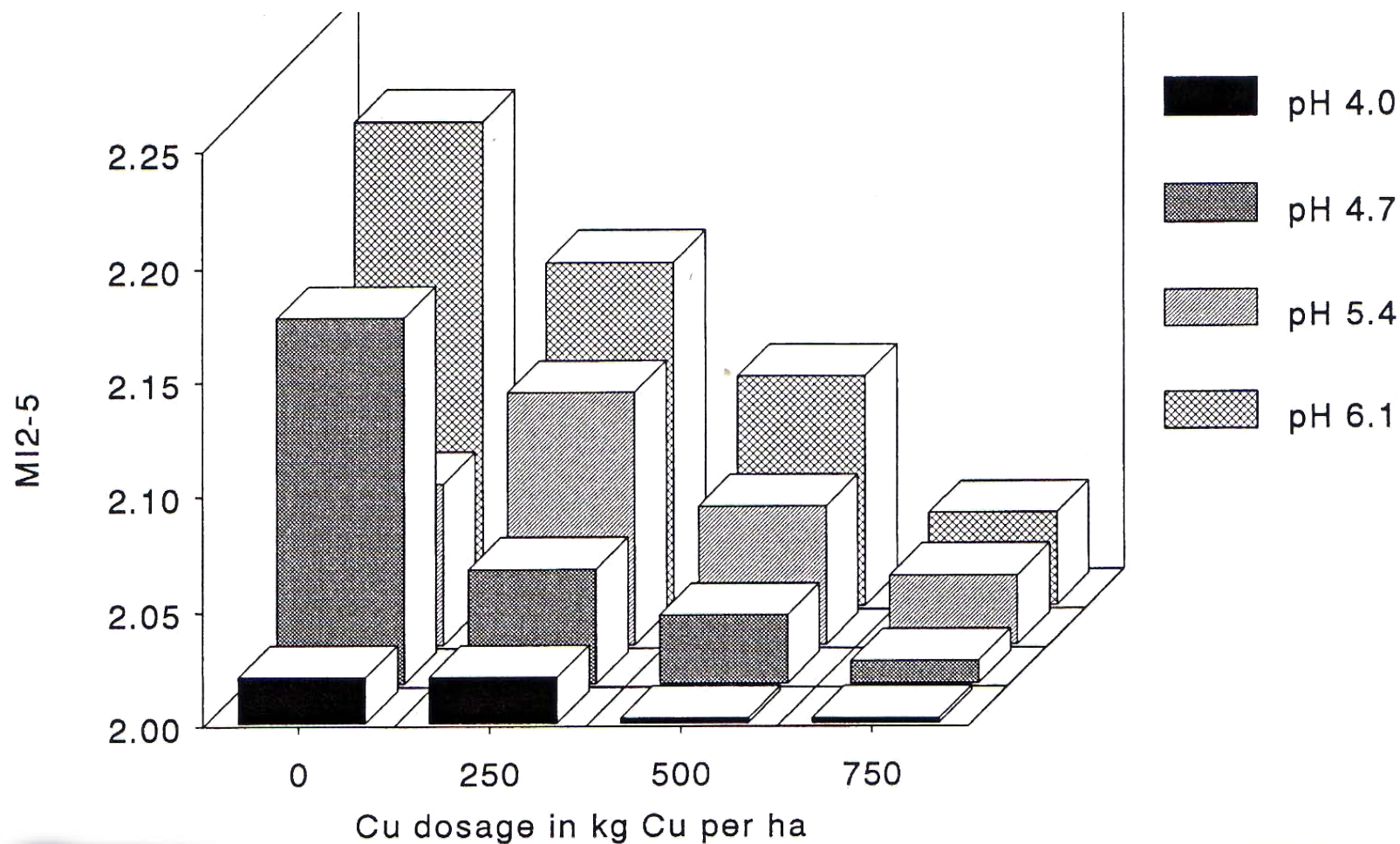


APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Successivamente sono stati proposti i seguenti indici:

EI: *Enrichment Index (Ferris et al., 2001)*

SI: *Structure Index (Ferris et al., 2001)*

AEI: *Aggregate Enrichment Index*

CI: *Channel Index (Ferris et al., 2001)*





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Yeats *et. al.* (1993) hanno introdotto un nuovo parametro: le gilde (*guilds*) o classi funzionali.

Le gilde individuate sono:

Plant Feeding (PF)

Fungal Feeding (FU)

Bacterial Feeding (BF)

Substrate Ingestion (SI)

Animal Predators (AP)

Unicellular Eucaryote Feeders (UE)

Omnivorous (OM)

Questo tipo di classificazione si interseca con quella c-p aumentando le potenzialità descrittive e analitiche.





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

	c-p 1	c-p 2	c-p 3	c-p 4	c-p 5
Plant feeders	-	Pl-2	Pl-3	Pl-4	Pl-5
Bacterial feeders	Ba-1	Ba-2	Ba-3	Ba-4	-
Fungal feeders	-	Fu-2	Fu-3	Fu-4	-
Carnivorous nematodes	-	-	Ca-3	Ca-4	Ca-5
Omnivorous nematodes	-	-	-	Om-4	Om-5





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

	c-p 1	c-p 2	c-p 3	c-p 4	c-p 5
Plant feeders		6	4	1	2
Bacterial feeders	3	11	4	2	
Fungal feeders		2	1	1	
Carnivorous nematodes			0	1	0
Omnivorous nematodes				1	3

Generi di ciascun gruppo funzionale in una comunità nematologica di prateria.





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

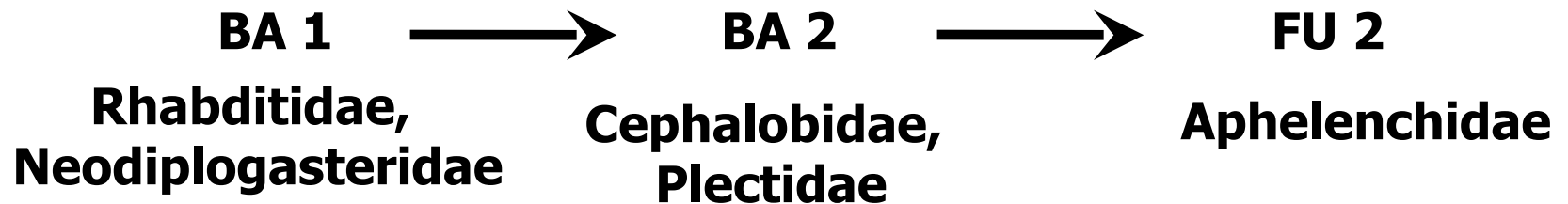
Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

L'approccio delle Classi Funzionali ha permesso di approfondire notevolmente le relazioni esistenti tra la comunità nematologica e gli altri parametri ecologici.

Si sono riconfermate le ipotesi circa la relazione tra arricchimento organico e batteriofagi colonizzatori.

La successione ecologica dopo l'aggiunta di sostanza organica appare come segue:



(Ferris & Matute, 2003; Georgieva *et al.*, 2005)





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

**Con la maturazione del suolo aumenta la frequenza dei
nematodi predatori e onnivori.**

**In campi lasciati incolti per lungo tempo vedono
aumentare la frequenza di**

OM, C 4 - 5

**Dorylaimidi,
Mononchidi**

**La rete alimentare tende naturalmente a diventare sempre
più complessa e, in condizioni di stabilità, permette lo
sviluppo di classi funzionali con cicli vitali più lunghi.**

**I nematodi cp 4-5 aumentano progressivamente
innalzando l'indice MI**

(Wasilewska, 2006)





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale

Tutti questi indici descrivono, nel loro complesso, lo stato ecologico del suolo.

Tale approccio integrato è utilizzato in numerose ricerche recenti:

- **Georgieva *et al.*, 2005**
- **Neher *et al.*, 2005**
- **Mulder *et al.*, 2005**
- **Yeates, 2003**
- **Villenave *et al.*, 2001**
- **Urzelai *et al.*, 2000**

Una revisione sullo *status* degli indicatori biologici nel suolo è in:

Biagini *et al.*, 2006. *Biologia Ambientale* **20, 19-41.**





APAT

Agenzia per la protezione
dell'ambiente e per i servizi tecnici

Workshop tematico:

**Biodiversità dei suoli italiani:
indicatori ed applicazioni verso
una normativa nazionale**

Grazie per l'attenzione



Dott. Fabio Gatti

fabio.gatti@nemo.unipr.it

Prof. Aldo Zullini

aldo.zullini@unimib.it

