

Cultura e Vita

Anno accademico 2013/2014

Corso di Scienze: Flussi di energia e cicli della materia

Direttore Prof. Anna Maria Pagliai,

Ruolo degli organismi nel metabolismo del suolo

Maria Agnese Sabatini

Dipartimento di Scienze della Vita
Università di Modena e Reggio Emilia

3 dicembre 2013

Definizioni

Dal Dizionario Devoto-Oli

Suolo:

- la superficie del terreno su cui si cammina
- strato superficiale del terreno: fertile, arido, roccioso etc.

Terreno:

-lo strato superficiale della superficie terrestre, considerato in relazione alla sua natura e composizione, al suo aspetto geografico e alla possibilità di insediamento delle colture

Definizioni di suolo

Per i geologi

- prodotto della pedogenesi  ciò che è sopra la roccia madre

Per gli agronomi

- una parte del prodotto della pedogenesi cioè la parte sulla quale si attuano gli interventi antropici.

Definizioni di SUOLO

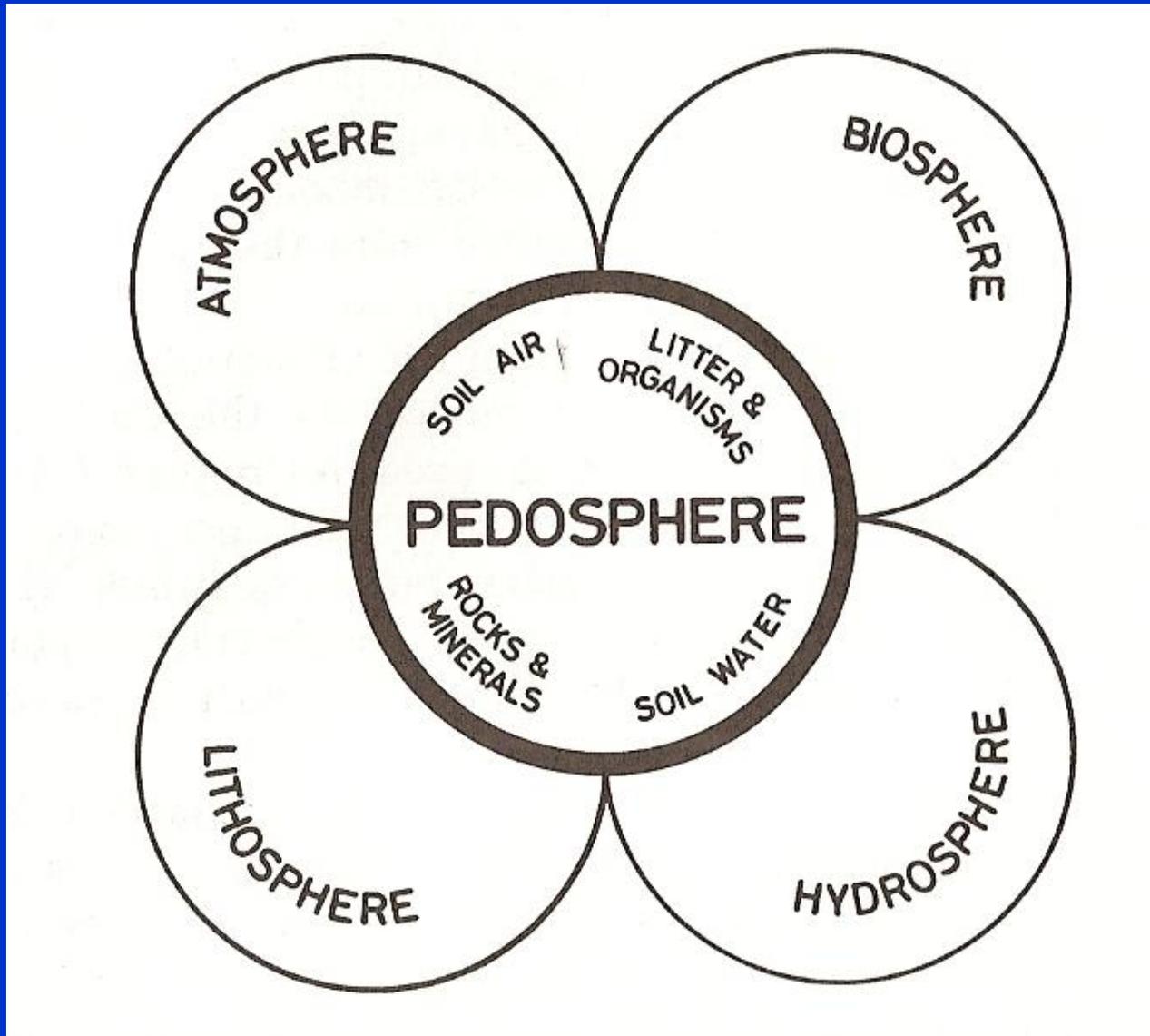
Gli studiosi del suolo lo definiscono come:

“a natural body, synthesized in profile form from a variable mixture of broken and **weathered minerals and decaying organic matter**, which covers the earth in a thin layer and which supplies, when containing the proper amounts of air and water, mechanical support and, in part, sustenance for plants” (Buckman and Brady, 1970).

Definizioni di SUOLO

Se alla definizione precedente si aggiunge ...
with its living organisms... si può affermare che "il
suolo è vivo ed è composto di componenti viventi
e da componenti non viventi, che **interagiscono** "

PEDOSFERA



Interazioni fra entità abiotiche e biotiche nella matrice del suolo (FitzPatrick, 1984)

La vita nel suolo dipende dal mondo fisico, che a sua volta è influenzato dagli esseri viventi.

Le proprietà fisiche del suolo sono il prodotto di continue interazioni fra gli organismi del suolo e il loro ambiente abiotico.

Gli organismi sono stati e sono coinvolti nella sua formazione e si sono evoluti adattandosi alla vita in esso.

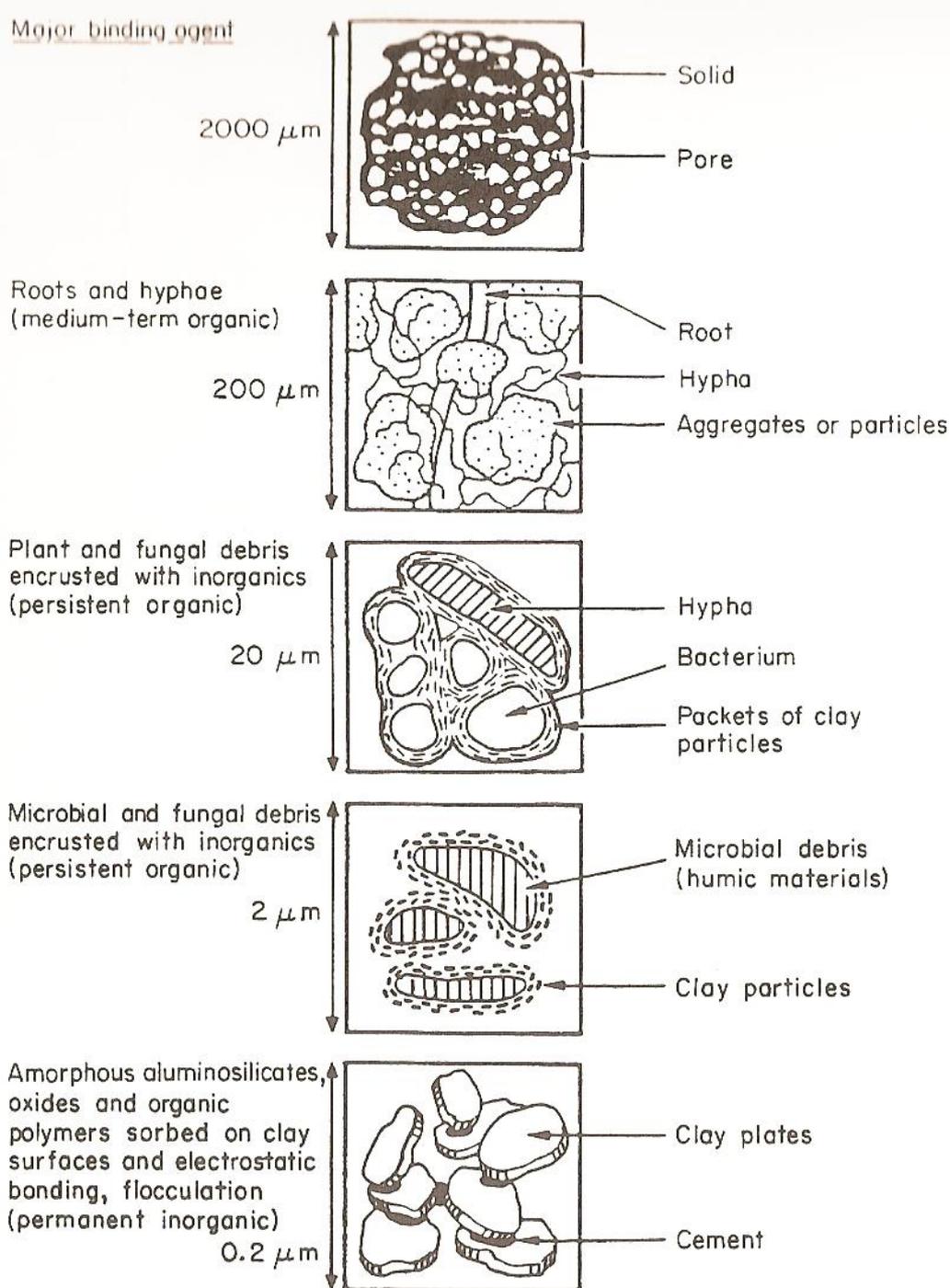
Il suolo è un insieme di :

Materiale inorganico

Sostanza organica

con particelle organizzate in strutture solide che lasciano spazi liberi fra di esse: tali spazi contengono **aria e soluzioni acquose**.

Il suolo può essere considerata una matrice di sabbia, limo, argilla (**tessitura**) contenente materia organica vivente (**biomassa**) e morta (**necromassa**), con quantità variabili di gas e liquidi



La struttura aggregata dei suoli è mediata dalla componente biologica

Microaggregati di suolo considerati nei 5 ordini di grandezza, cominciando dal livello di particelle di argilla fino ad aggregati di 2mm (da Tisdall e Oades, 1982)

Ancora poco si sa su come gli organismi sono distribuiti nel suolo, sulle caratteristiche dei loro cicli vitali, ma soprattutto **su come interagiscono**.

Va anche tenuto conto che il suolo è un insieme di un numero elevatissimo di tanti **microhabitat**.

L'importanza degli organismi viventi per i processi che avvengono nel suolo è ancora poco **conosciuta nella sua complessità**.

PROCESSI

Inputs energetici e trasformazioni

T
E
M
P
O



Irraggiamento

Produzione primaria

Decomposizione

Riciclo dei nutrienti

Immobilizzazione

Mineralizzazione

Disgregazione

Traslocazione

Trasporto

Erosione

Lisciviazione

Passaggio allo stato gassoso

I più importanti processi che avvengono nel suolo e che portano allo sviluppo delle proprietà dell'ecosistema che sono tipiche di quel tipo di suolo, data la sua storia precedente, sono influenzati da:

il clima

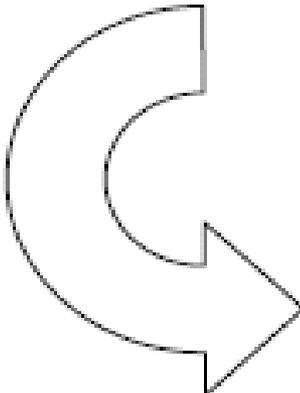
la roccia madre

la topografia

gli organismi

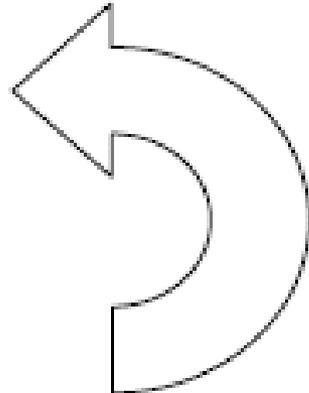
il tempo

I sistemi biologici "funzionano" grazie a due processi fondamentali:

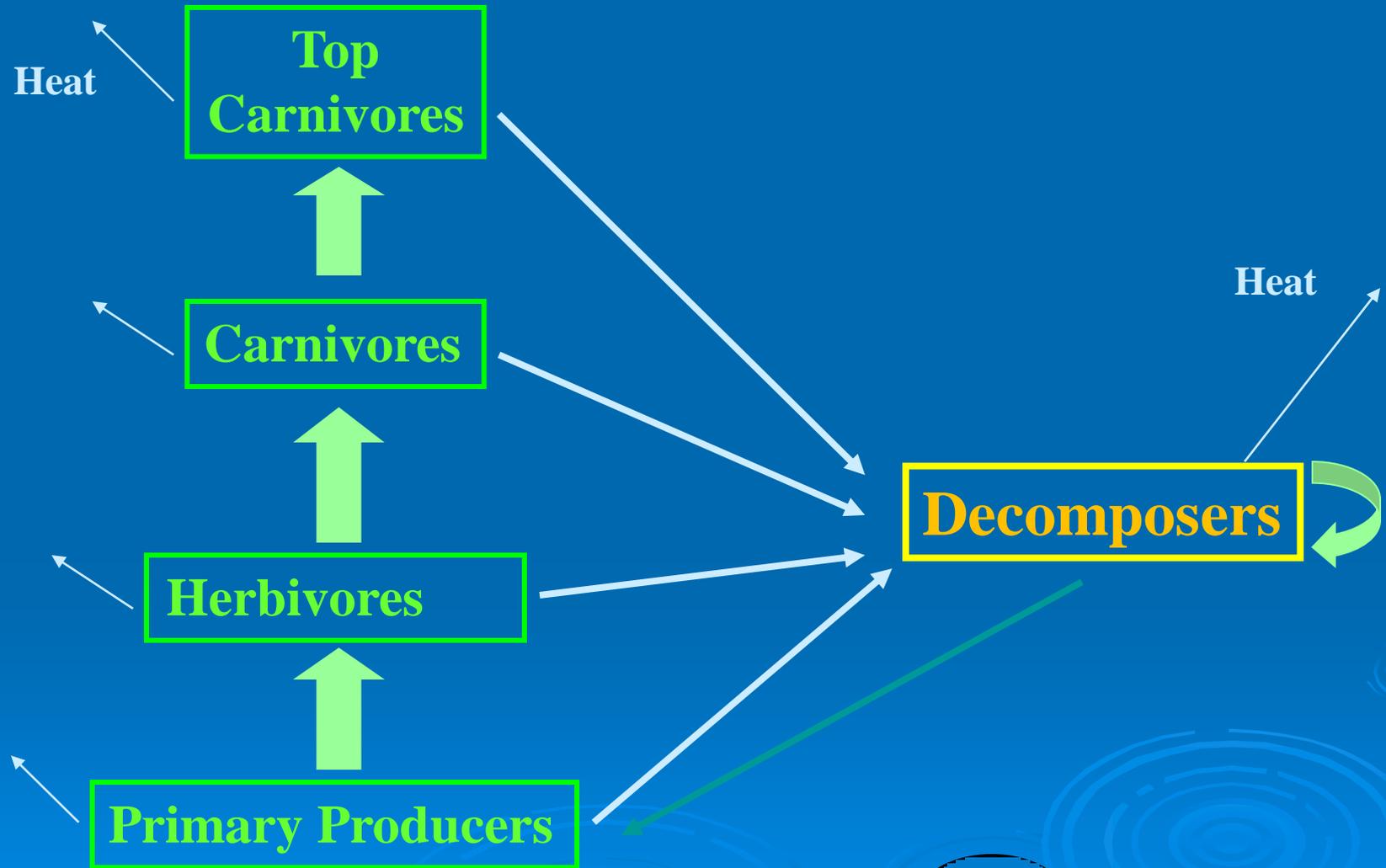


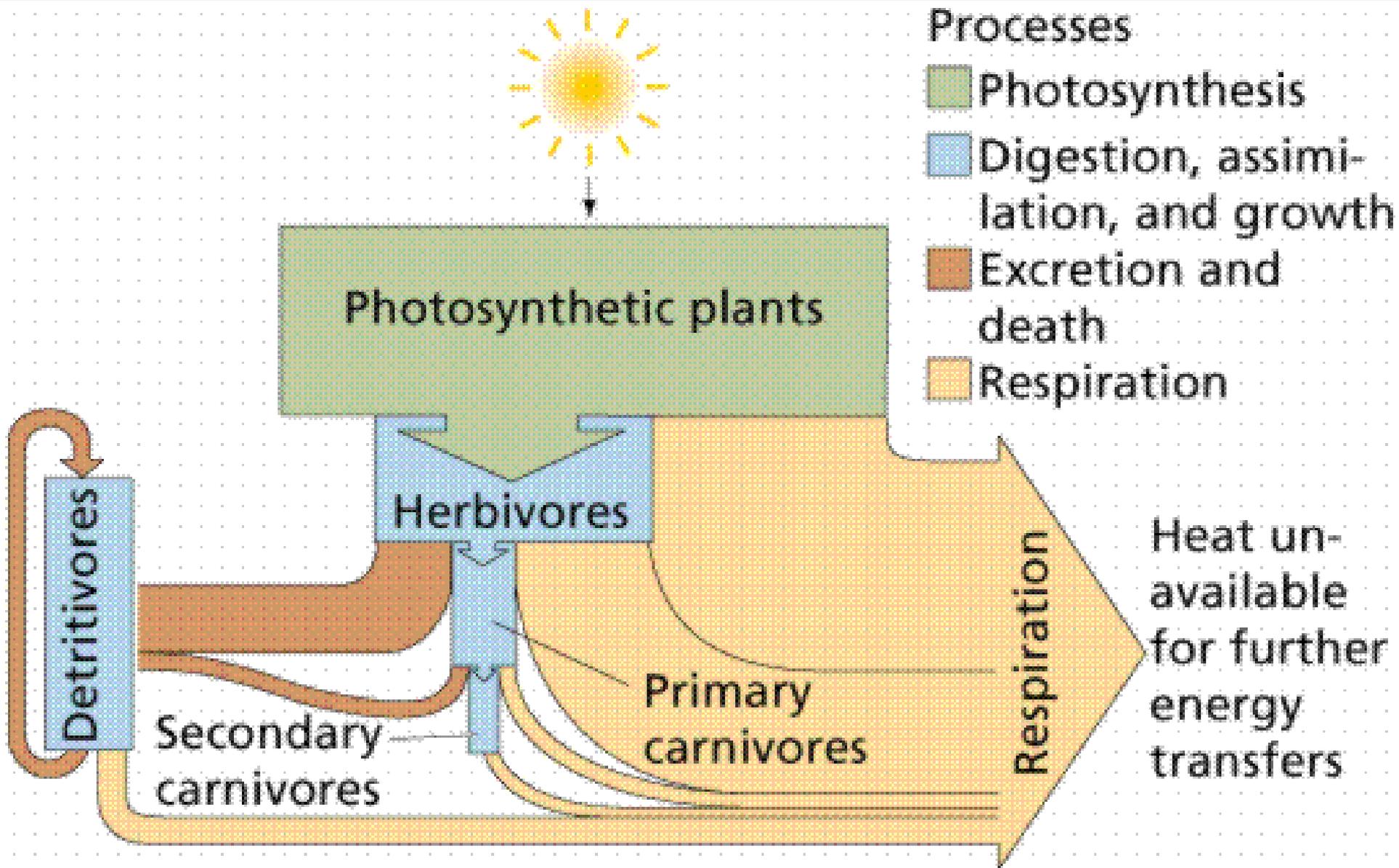
- Organicazione: la materia organica viene sintetizzata a partire da elementi semplici ed energia

- Decomposizione: gli elementi originariamente sequestrati nella materia organica vivente, alla morte vengono liberati



modello generalizzato dei rapporti trofici e dei flussi di energia negli ecosistemi





DECOMPOSIZIONE

I principali agenti di decomposizione sono batteri e funghi, ma viene attualmente riconosciuto alla pedofauna un ruolo importante soprattutto nella regolazione dei processi.

La decomposizione graduale della sostanza organica e la sua incorporazione nel suolo dipendono dagli animali edafici che si alternano con la crescita dei microrganismi e portano alla formazione di aggregati organo-minerali.

Funzioni degli organismi del suolo

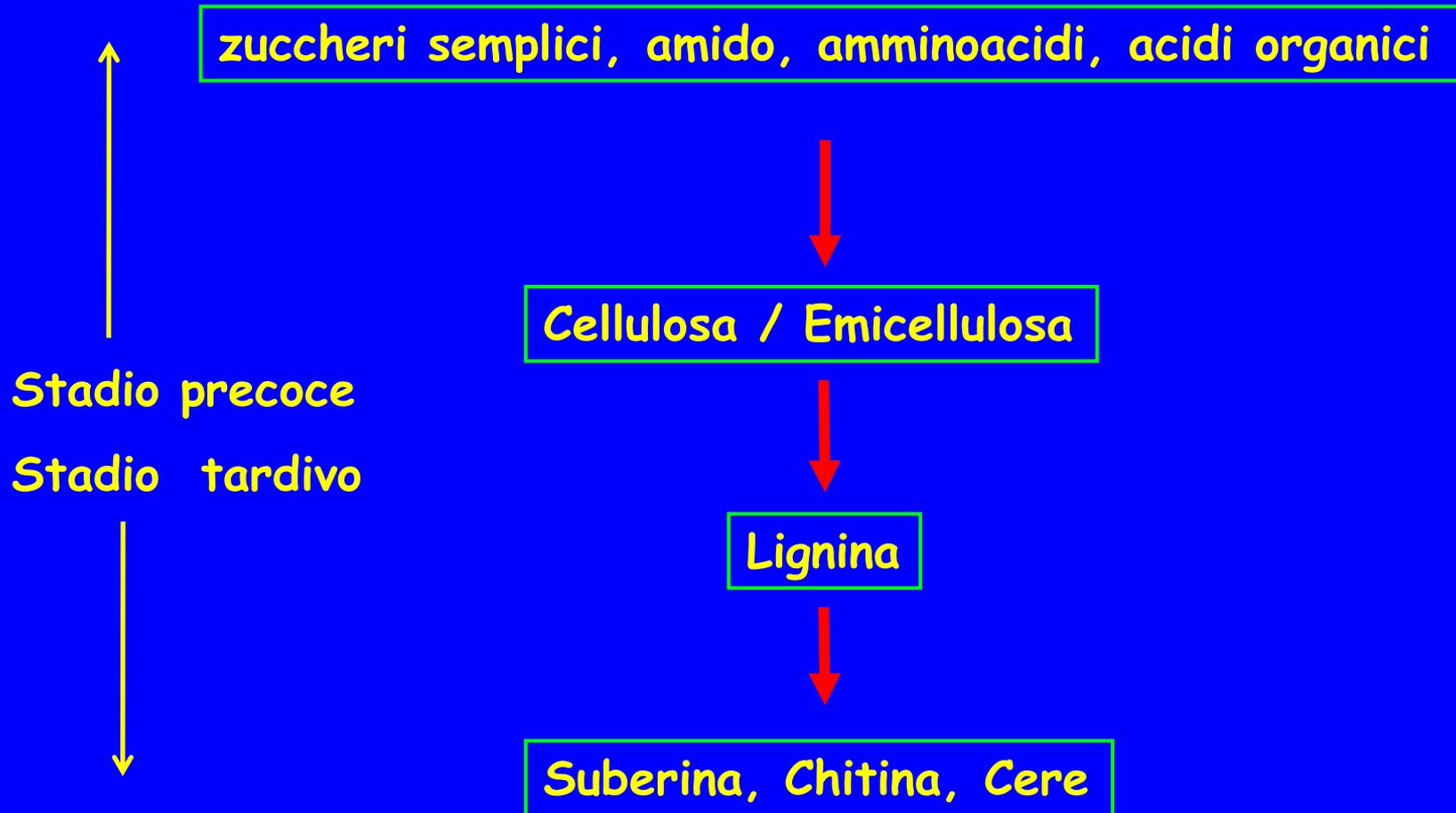
Decompositori

Batteri e funghi

Demoliscono materiale organico, mineralizzano, immobilizzano nutrienti

- Immobilizzano nutrienti nella loro biomassa
- Sintetizzano nuovi composti organici (costituenti cellulari, prodotti di rifiuto) che sono fonte di energia e nutrienti per altri organismi
- Producono composti che contribuiscono a legare il suolo in aggregati
- Le ife fungine legano particelle di suolo in aggregati
- Batteri nitrificanti e denitrificanti convertono le forme chimiche dell'azoto
- Inibiscono o competono con gli organismi patogeni

Cambiamenti temporali nella decomposizione



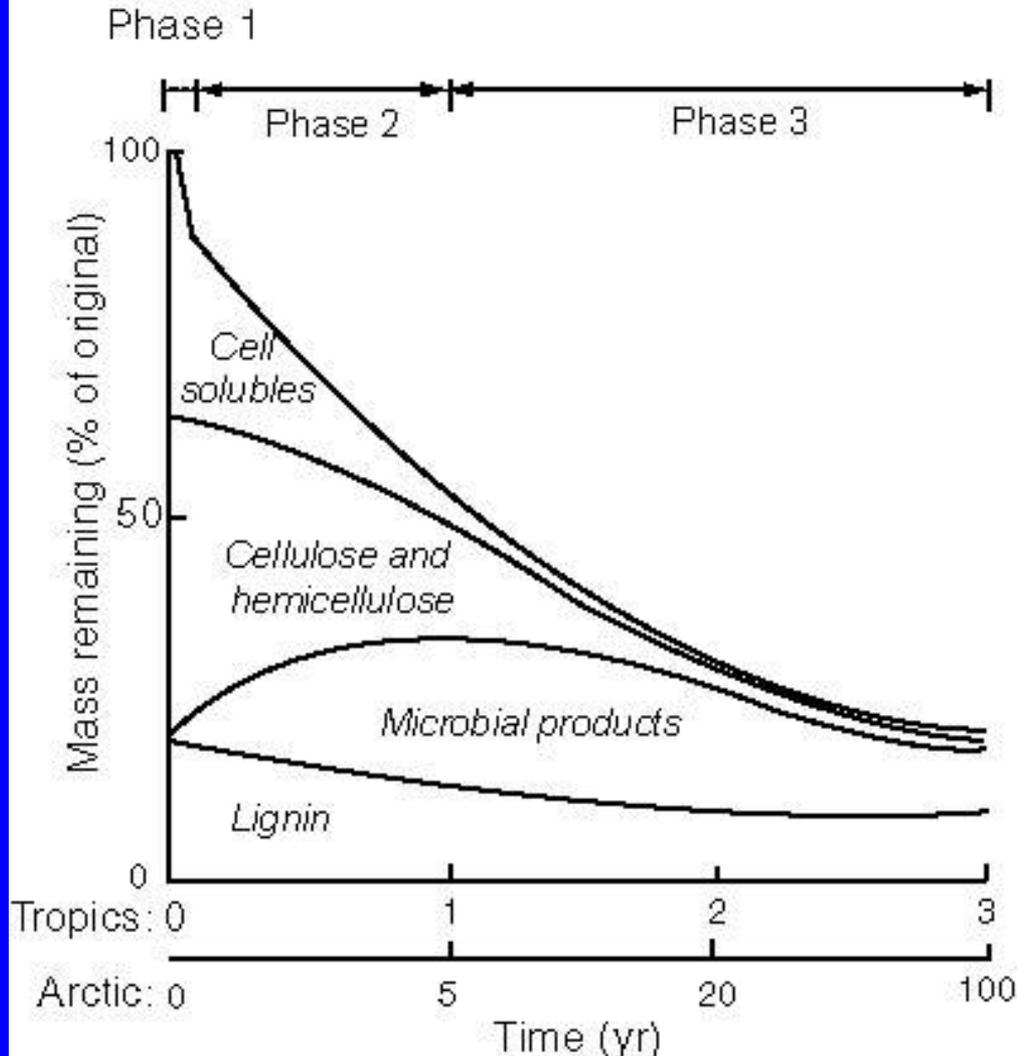
Fasi precoci (1 and 2):

- rapida perdita di composti solubili
- perdita di cellulosa

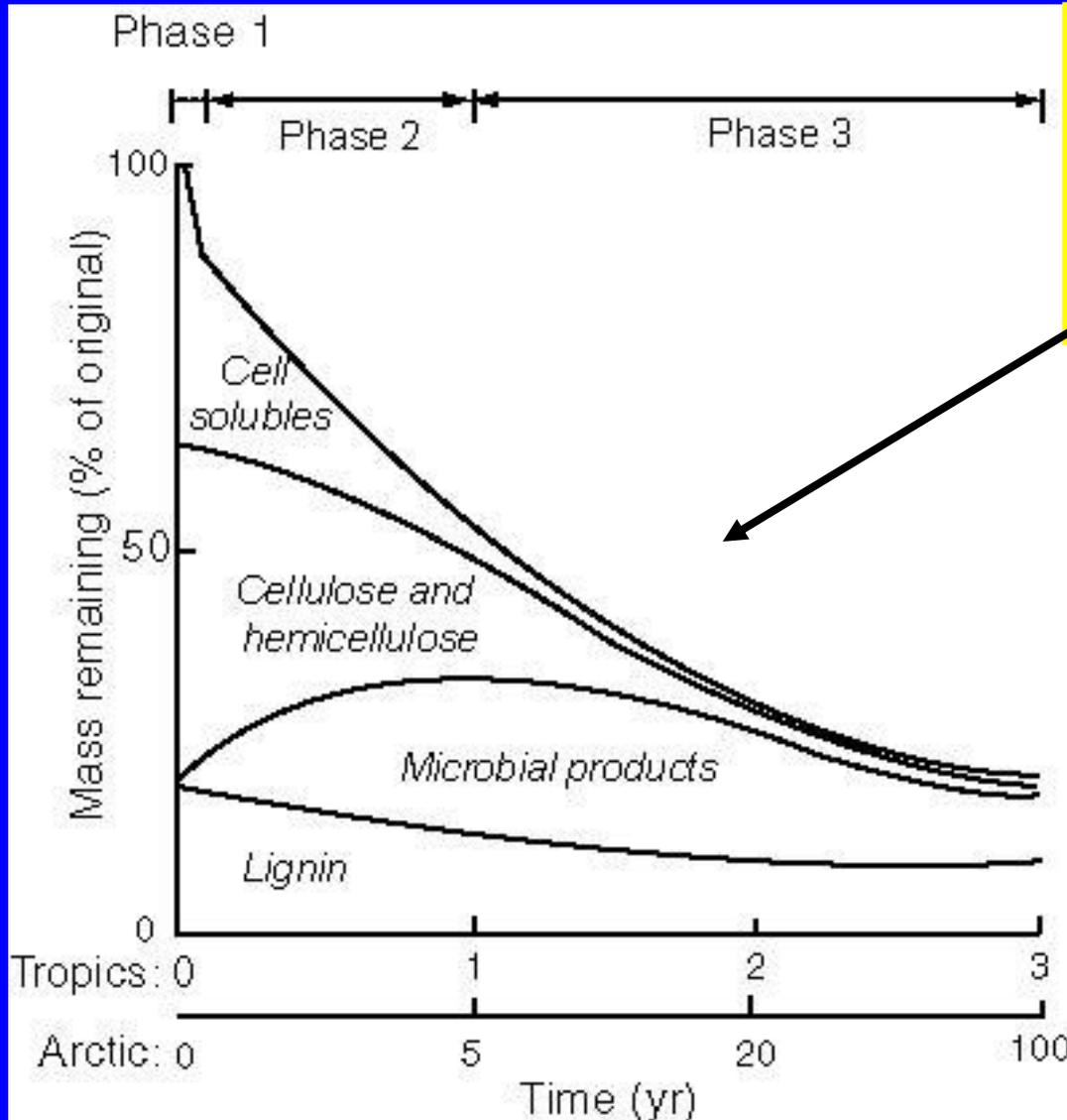
- C è abbondante
- nutrienti (N, P) limitati

Stadio di decomposizione tardiva (fase 3):

- presenza di humus
- contenuto stabile nel tempo
- decomposizione lenta
- perdita di lignina
- aumento dell'azoto



Velocità di decomposizione



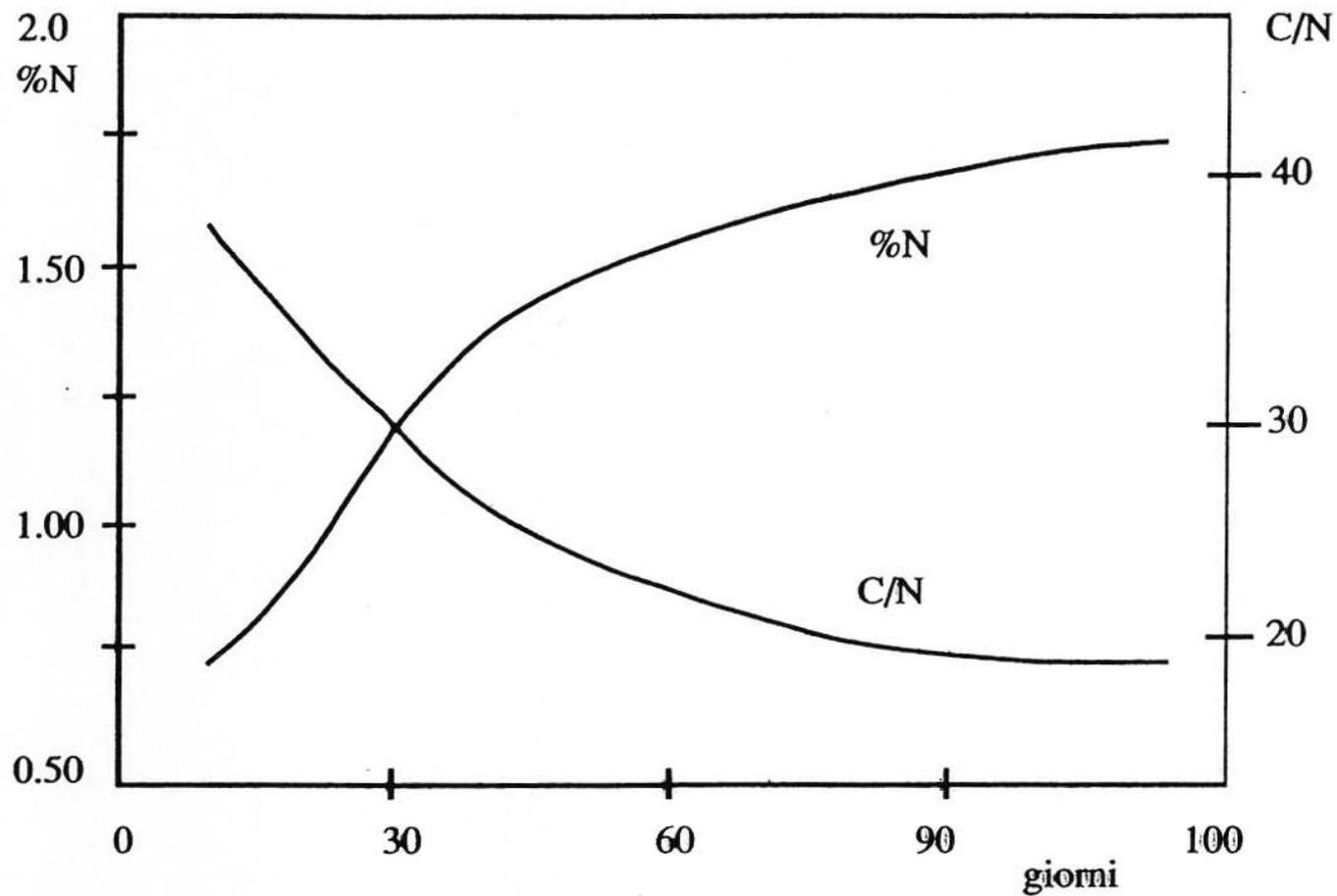
Declina nel tempo:

- perdita di sostanze labili
- più lenta nella s.o. più vecchia

C:N declina nel tempo:

- C sotto forma di CO_2
- N incorporato nell'humus

Tempo medio di permanenza
= 20 - 50 anni
(range several to 1000s)



Variazione del contenuto percentuale di N e del rapporto C/N nei residui organici per effetto della decomposizione biologica del terreno.

Umificazione

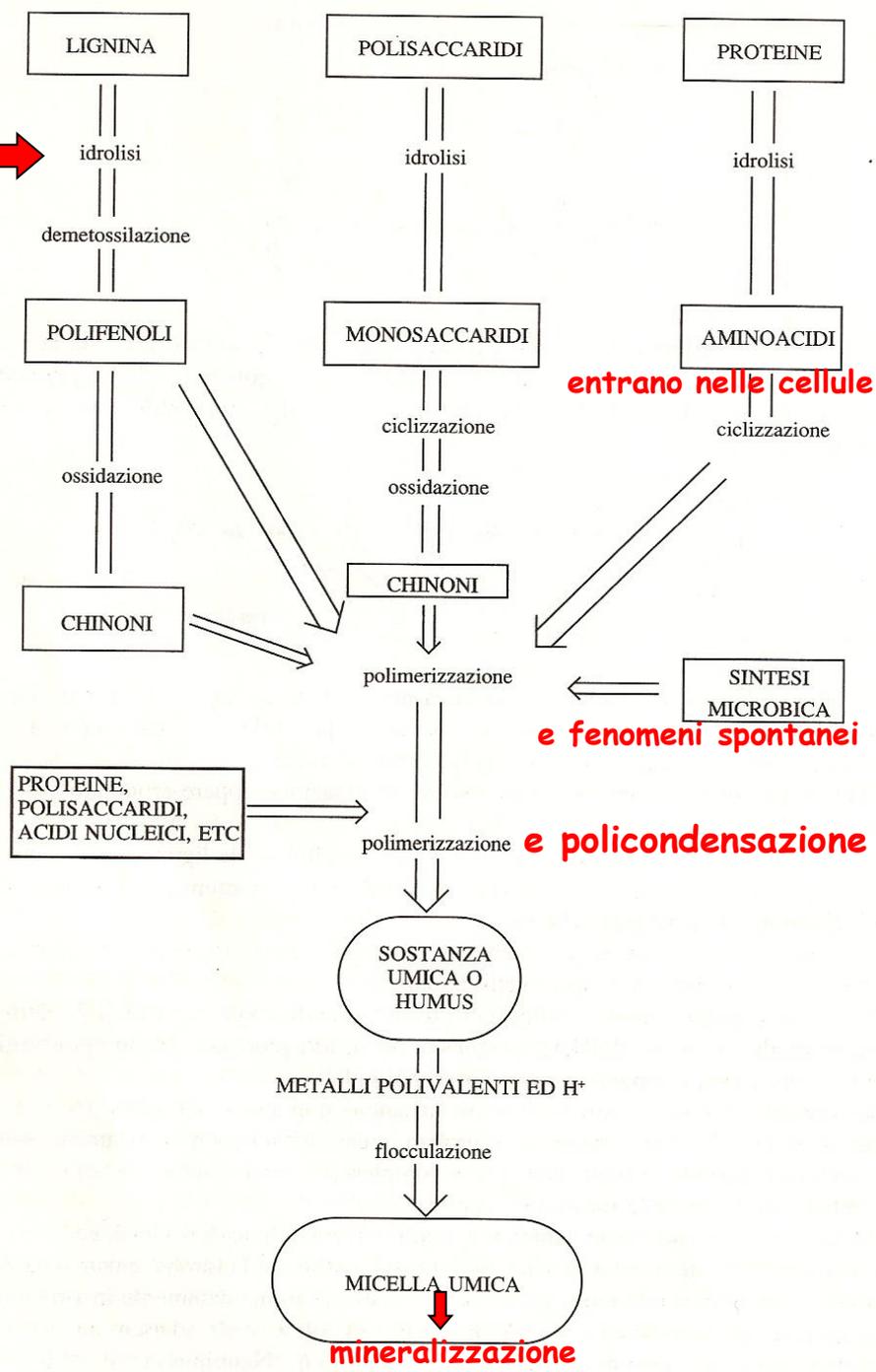
Le sostanze umiche derivano dalle trasformazioni biologiche e chimiche che in particolare i componenti primari dei tessuti vegetali subiscono nel terreno.

Le sostanze umiche rappresentano il prodotto di equilibrio fra attività biologiche complesse e svolgono un ruolo "frenante" verso la rapida e completa mineralizzazione del substrato organico.

Durante il processo di umificazione si possono rilevare trasformazioni morfologiche e trasformazioni chimiche che i composti subiscono per effetto dell'attacco congiunto delle diverse popolazioni di organismi del suolo (batteri, attinomiceti, funghi, protozoi e animali) che agiscono durante l'umificazione.

L'esame **micromorfologico** permette di osservare le variazioni di forma e di aspetto che i residui vegetali subiscono durante lo svolgimento del processo di decomposizione biologica: **i tessuti giovani formati da cellule vive** e biologicamente attive, vengono più prontamente **umificati e mineralizzati** rispetto ai **tessuti più vecchi**, costituiti da cellule morte con pareti suberizzate o lignificate che rimangono a lungo pressoché inalterati.

enzimi
esocellulari
prodotti dai
microrganismi



I nuclei fenolici, chinonici ed eterociclici possono reagire tra loro per sintesi microbica, ma anche, grazie a fenomeni spontanei di policondensazione, con proteine, polisaccaridi, acidi nucleici ecc. che, sfuggiti alla idrolisi enzimatica e rilasciati in seguito a lisi cellulare, sono presenti nel suolo.

Tali prodotti fatti flocculare dagli ioni danno origine alle micelle umiche aventi dimensioni e caratteri colloidali.

L'humus, rappresenta la componente organica "stabile", e interagisce con le frazioni minerali per formare aggregati

Anche l'humus può essere decomposto e mineralizzato, sia pure molto lentamente, liberando nutrienti che torneranno ad essere fruiti dagli elementi biologici.

La presenza di humus assicura nel tempo un "deposito" potenziale di sostanze trofiche.

Ruolo della fauna del suolo

Un importante contributo all'alterazione fisica dei residui vegetali deriva dall'attività della **fauna del suolo** che agisce sui **tessuti integri o su quelli già in parte degradati** determinandone la **frantumazione** e una rapida e generalizzata decomposizione da parte dei microrganismi del terreno.



Microbiota (1 – 100 μm)

Primary producers, herbivores, detritivores, predators

Nematodes: 50 – 1000 μm



Predatory



Bacteria and/or fungus



Plant feeders

Protists 5 – 500 μm



Fungi 5 – 50 μm



Bacteria 0.5 – 5 μm



Mesofauna (100 μm – 2 mm)

Detritivores and/or shredders bacterial and fungal feeders

Tardigrades 0.1 – 1 mm



Collembola 0.2 – 6 mm



Mites 0.5 – 2 mm



Macrofauna (2 – 20 mm)

Shredders and detritivores herbivores, predators

Enchytraeid worms



Arthropods



Molluscs



Earthworms



Megafauna (>20 mm)

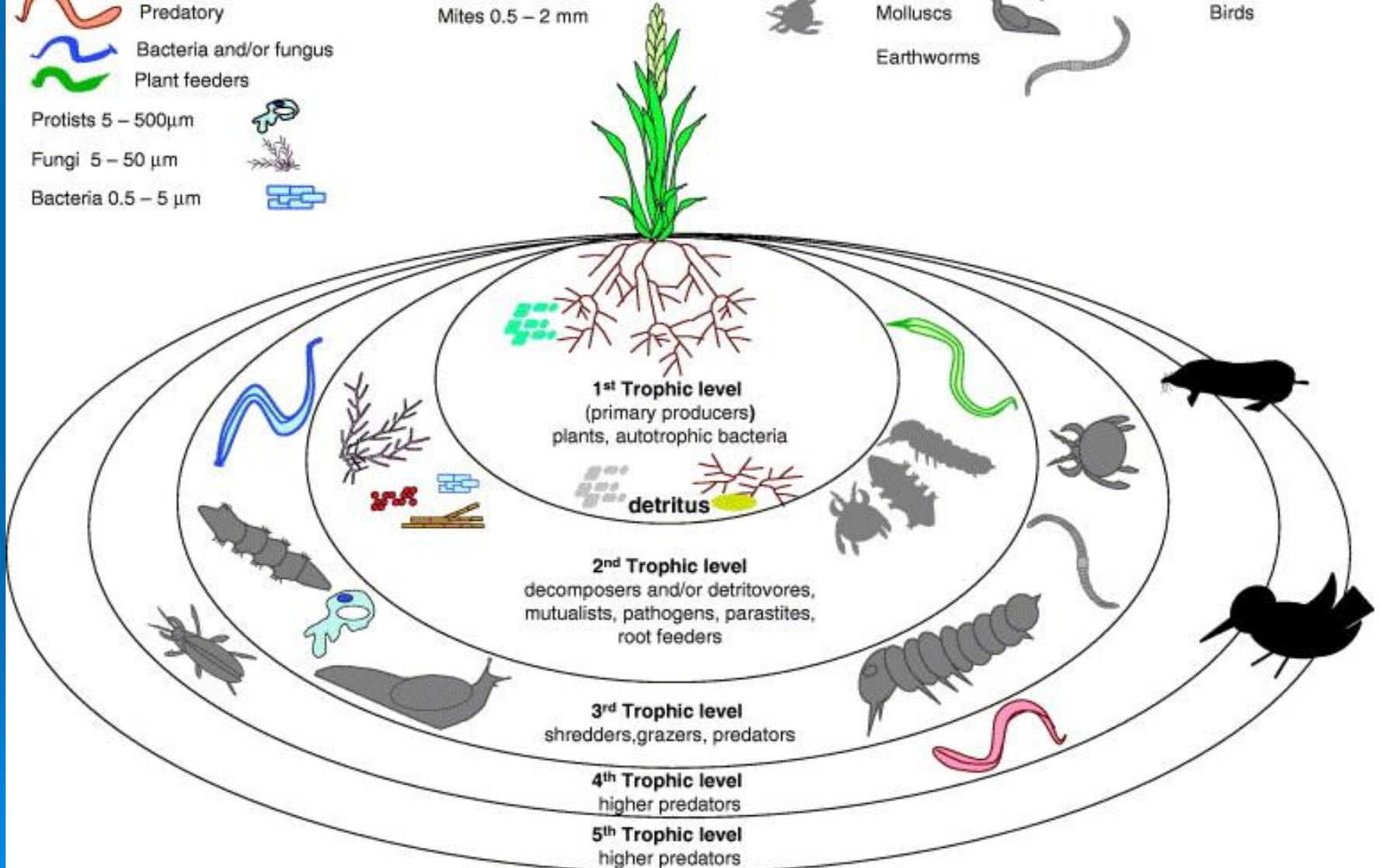
Herbivores, predators

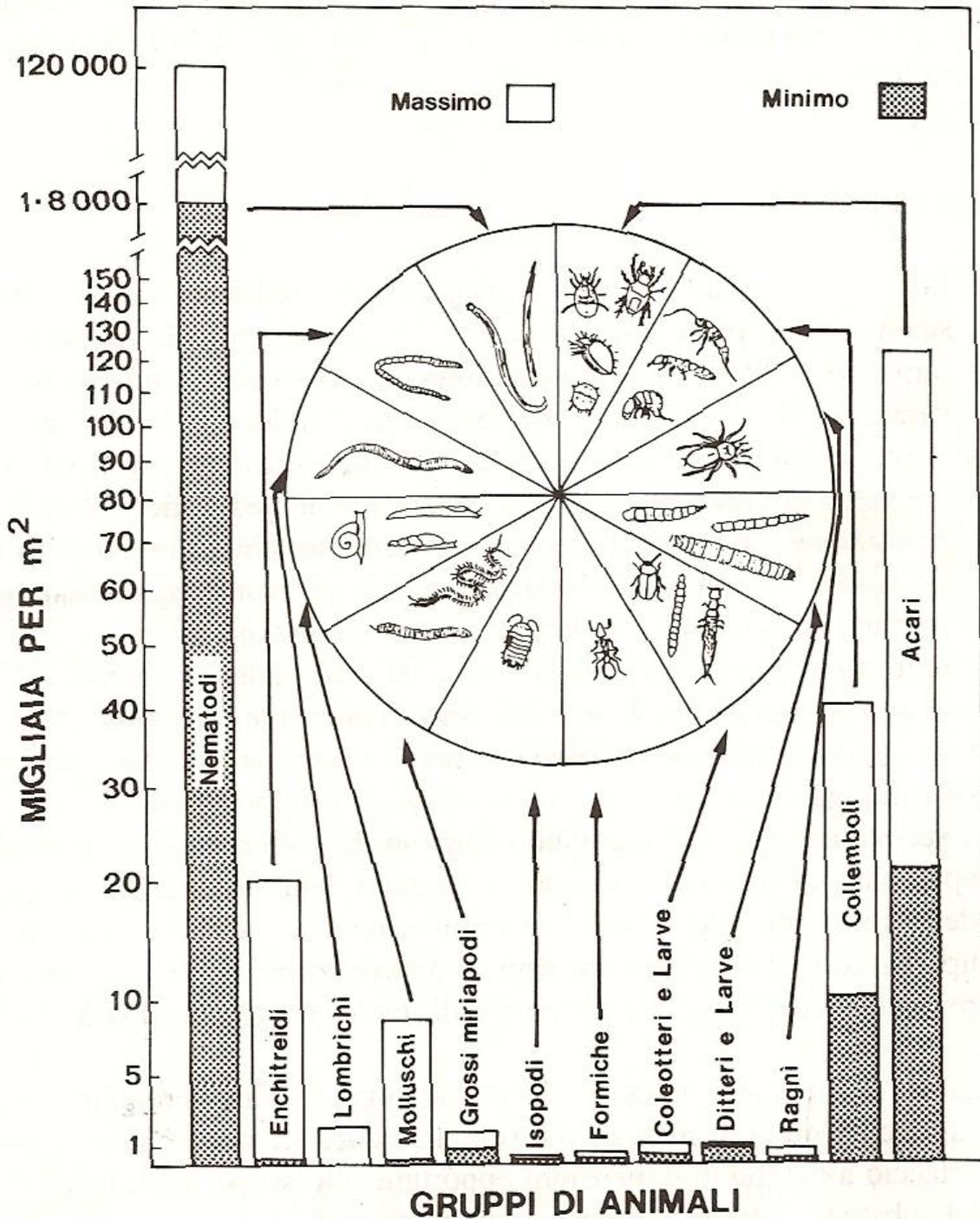
Arthropods

Molluscs

Mammals

Birds





Rappresentazione qualitativa e quantitativa dei principali componenti della fauna del suolo.

I valori di densità dei singoli gruppi animali, rappresentati in colonna, sono relativi ad un ecosistema prato di una zona temperata fredda.

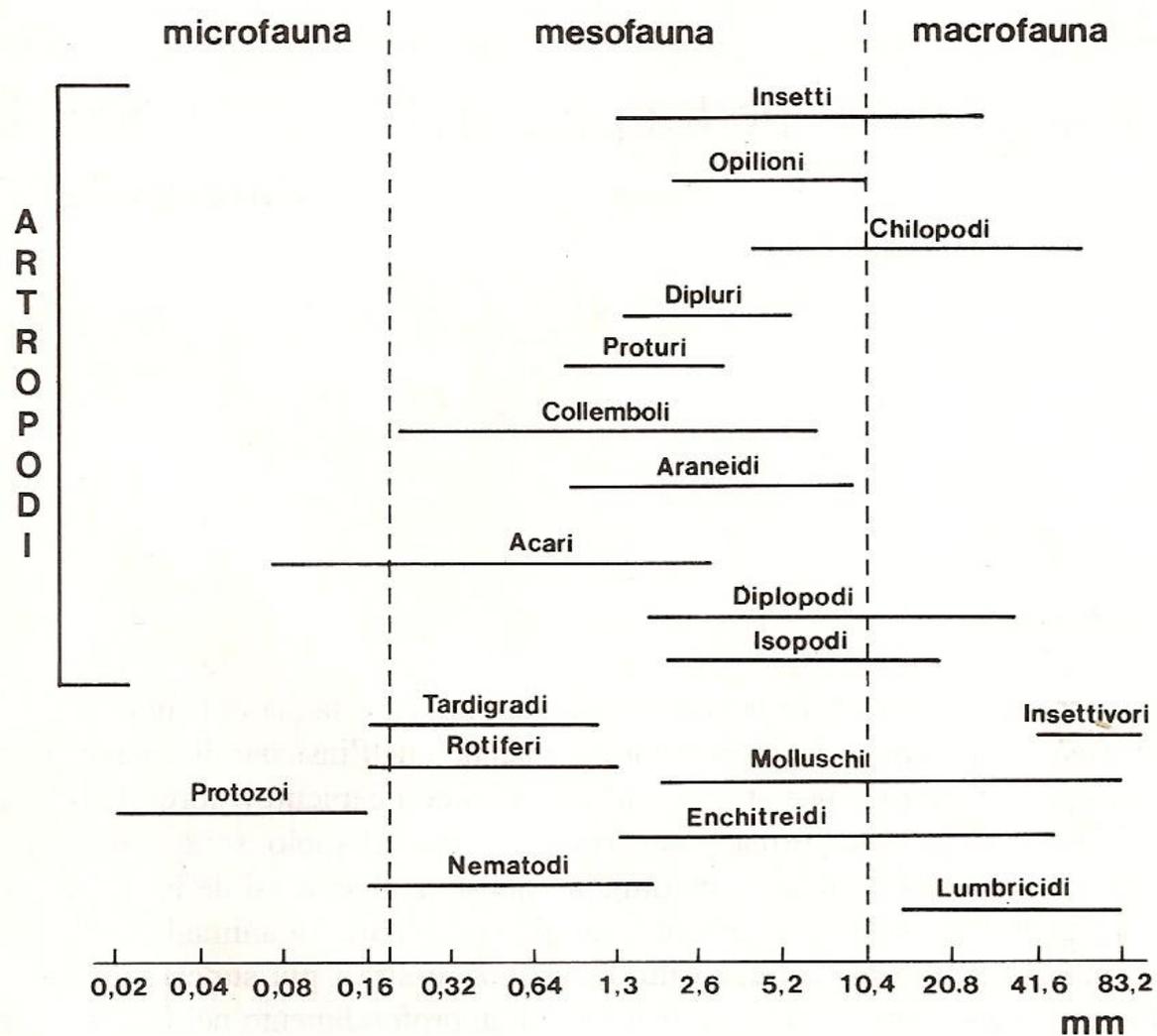
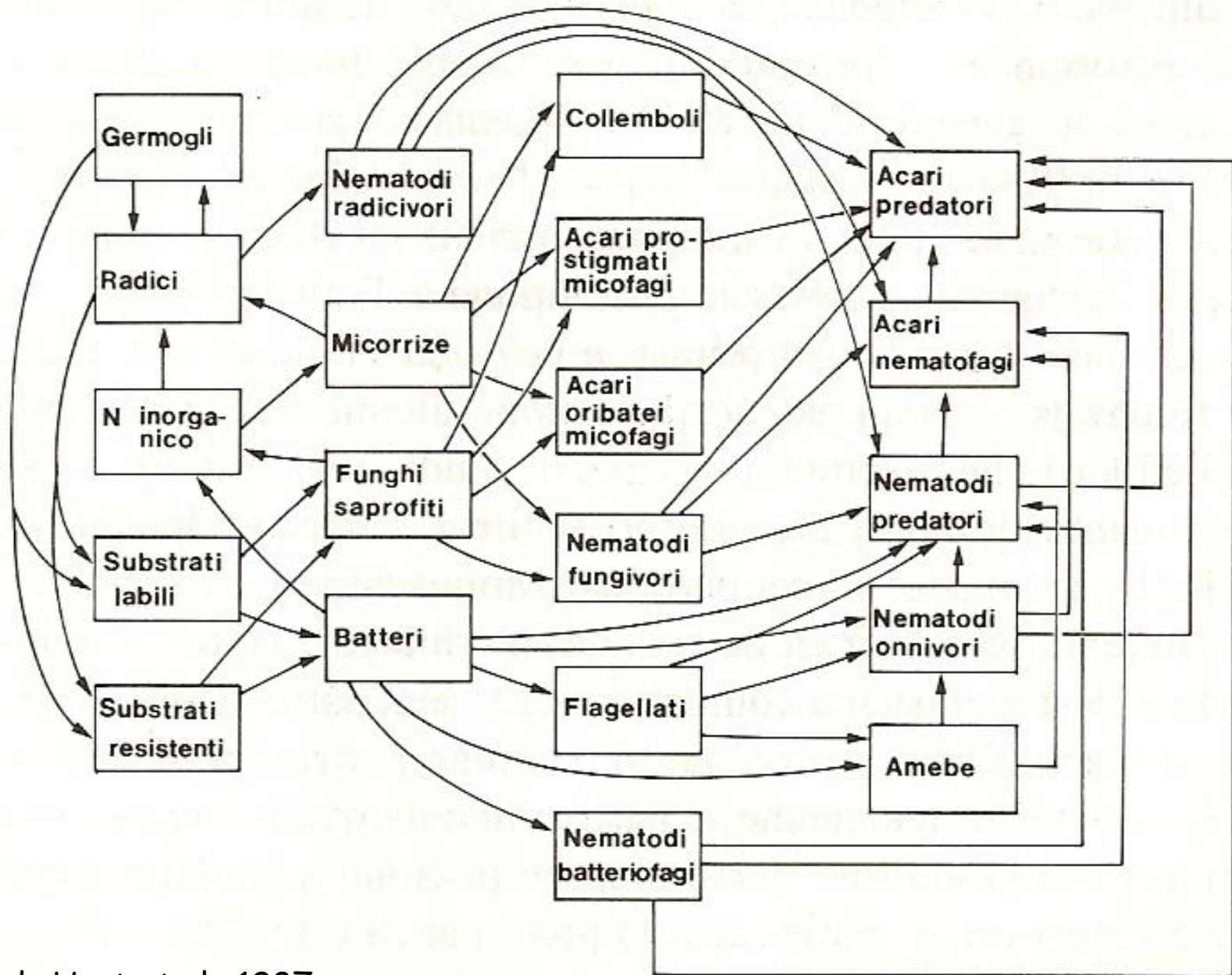


Fig. 8.1. – Suddivisione dei componenti della pedofauna secondo le dimensioni. Notare che quasi tutti gli Artropodi sono di piccola taglia (microartropodi) e risultano compresi nella mesofauna (modificato da Wallwork, 1970).

Rete trofica del sottosuolo di un prato



da Hunt et al., 1987

Gli animali del suolo contribuiscono alla demolizione della sostanza organica:

- **disgregando e lisando tessuti** animali e vegetali, **aumentando la superficie** attaccabile e rendendoli più facilmente aggredibili dai microrganismi
- **decomponendo selettivamente** e modificando chimicamente parte dei residui organici
- **trasformando i residui** soprattutto vegetali in sostanze umiche
- **fornendo un habitat favorevole per i batteri** nei loro intestini o nei pellets fecali
- **formando aggregati** piuttosto complessi di sostanza organica con la parte minerale del suolo
- **rimescolando totalmente la sostanza organica** negli strati superficiali del terreno e formano pori

La fauna del suolo inoltre controlla la crescita dei microrganismi e la loro dispersione

Nematodi del suolo

- Fungivori
- Microbivori
- Onnivori
- Predatori
- Parassiti di animali (stadi a vita libera)
- Parassiti di piante
- Entomopatogeni





Lumbricus terrestris
(lunghezza 90-300 mm)

Lumbricidae



Nicodrilus caliginosus = *Allolobophora* = *Aporrectodea caliginosa*

lunghezza circa 40 - 100 mm

Eisenia fetida



(lunghezza tra 32-130 mm)



Lumbricus rubellus
(lunghezza 30-110 mm)

Lumbricus castaneus
(lunghezza 30-70 mm)



Enchitreidi



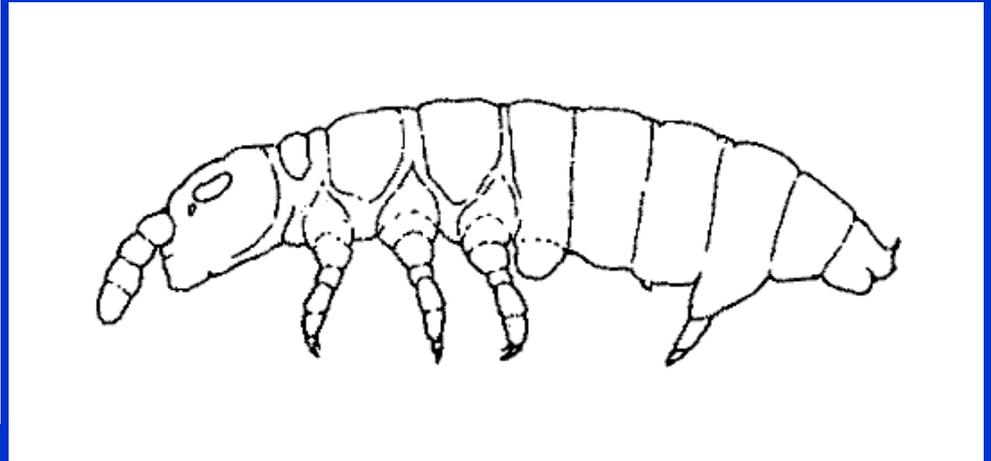
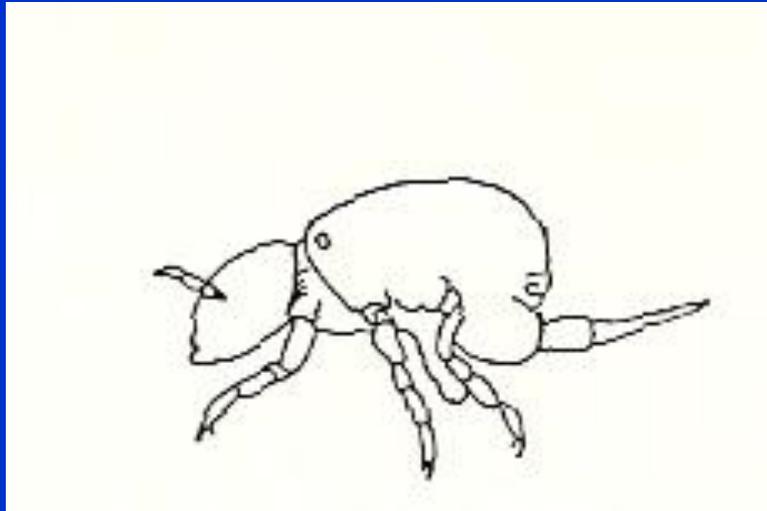
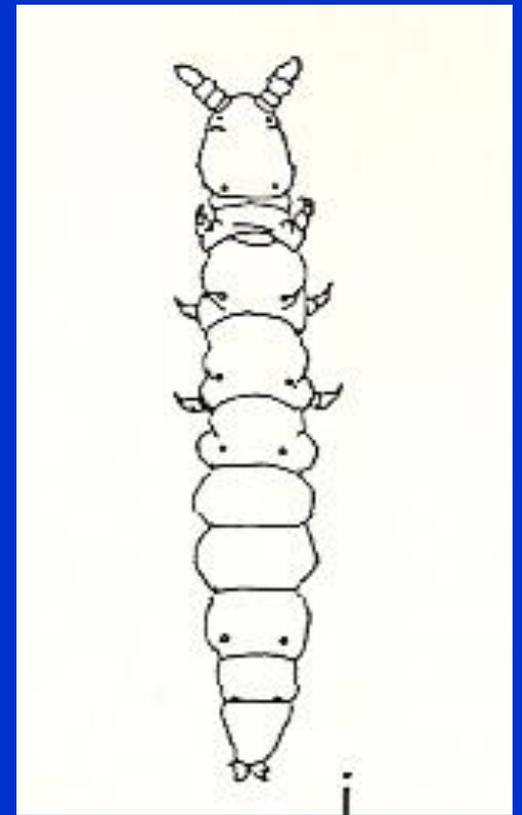
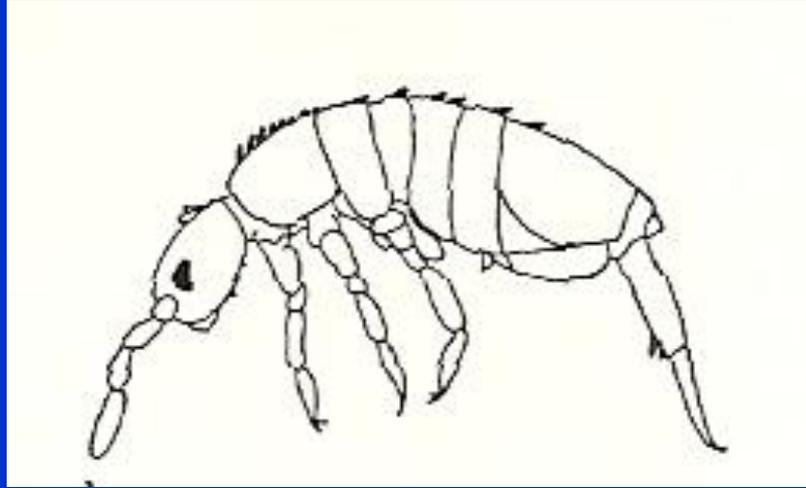
Enchytraeidae
© Biopix.dk, J.C. Schou



Enchytreidi



Collemboli





SYMPHILA vivono nei primi strati del suolo e tra i detriti vegetali,

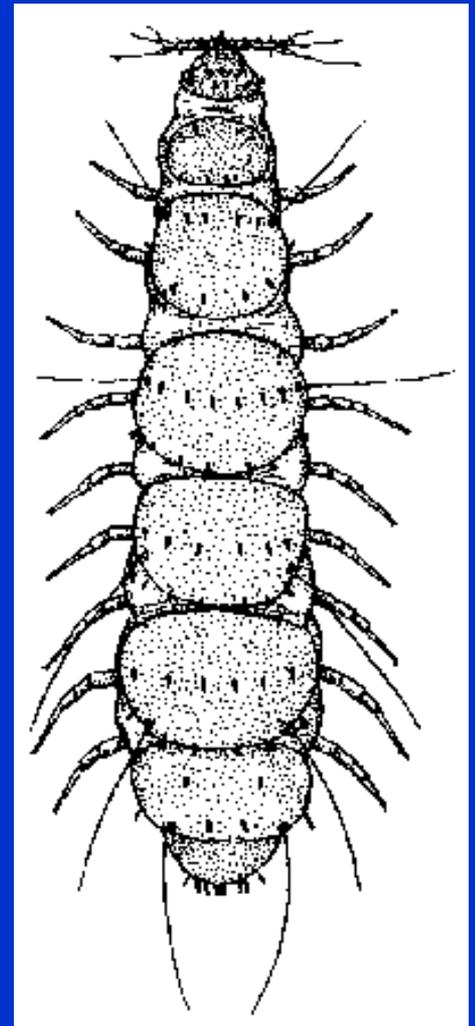


DIPLOPODA





Pauropoda



PROTURA

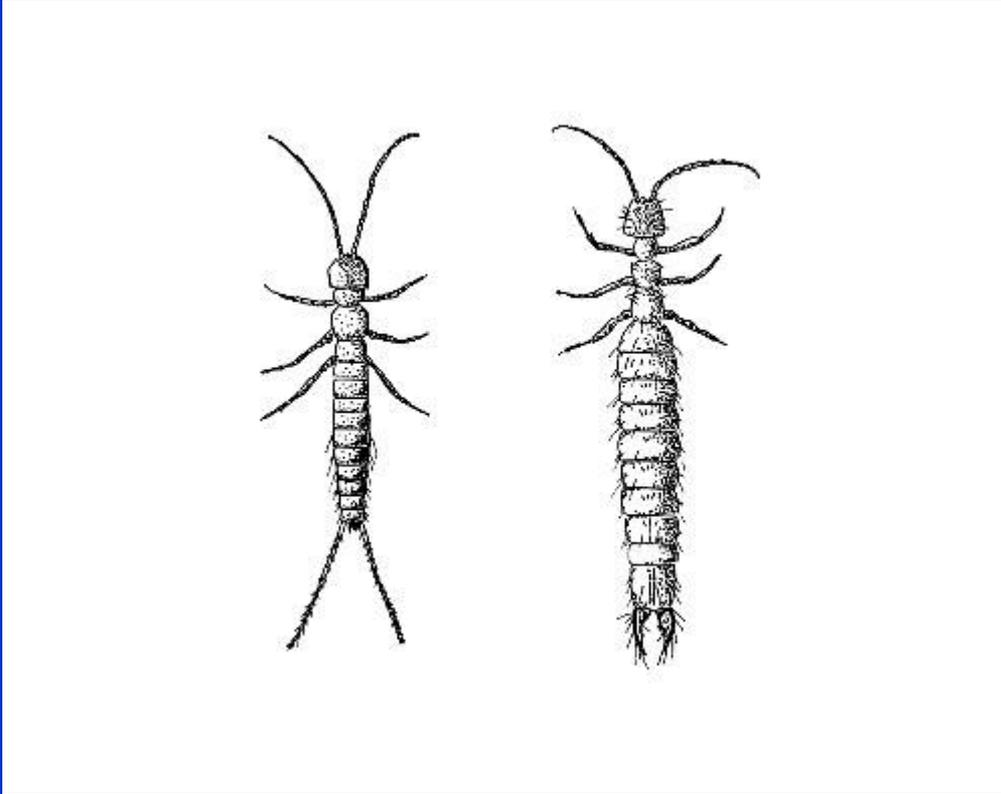


< 1 mm



< 1 mm

DIPLURA



I dipluri prediligono climi caldi e temperati, sono per di più saprotrfi e si alimentano di detriti, alcuni sono predatori.





Tisanuri = saprotrofi o fungivori

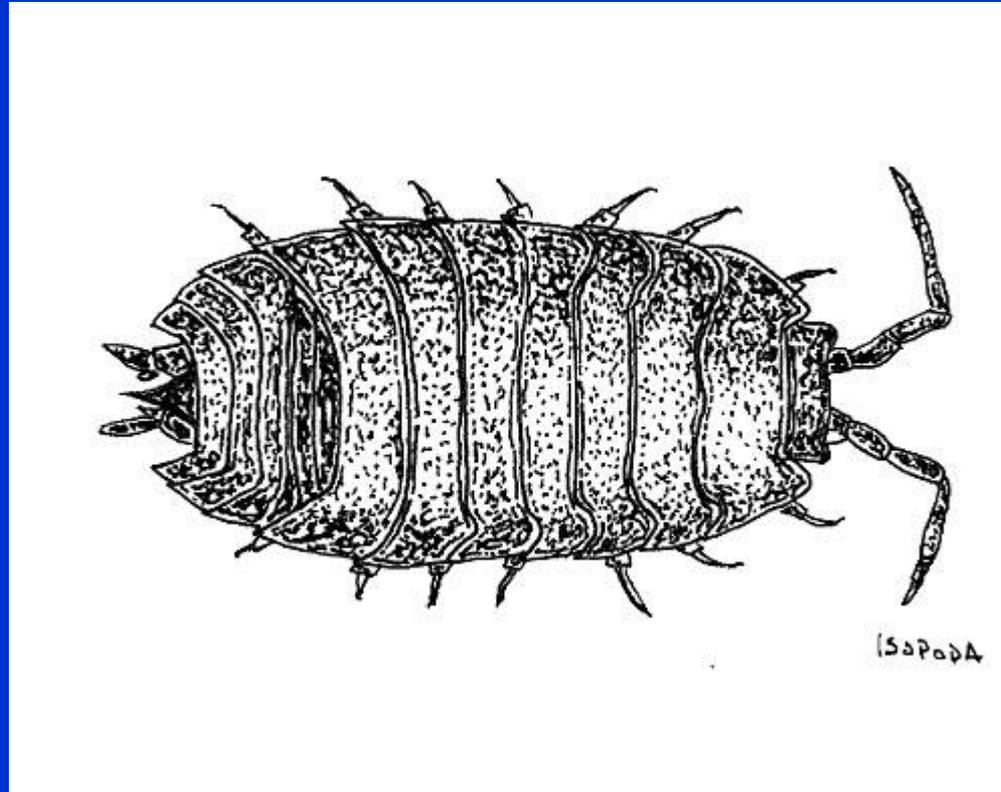


ACARINA Oribatida



Gli acari oribatida hanno 5 stadi postembrionali attivi: larva, 3 stadi ninfali e gli adulti. Tutti questi stadi si nutrono di una varietà di materiali che includono vegetali vivi e morti, materiale fungino, licheni e cadaveri, alcuni sono predatori, ma nessuno è parassita. Il tipo di dieta può differire tra adulti e stadi immaturi.

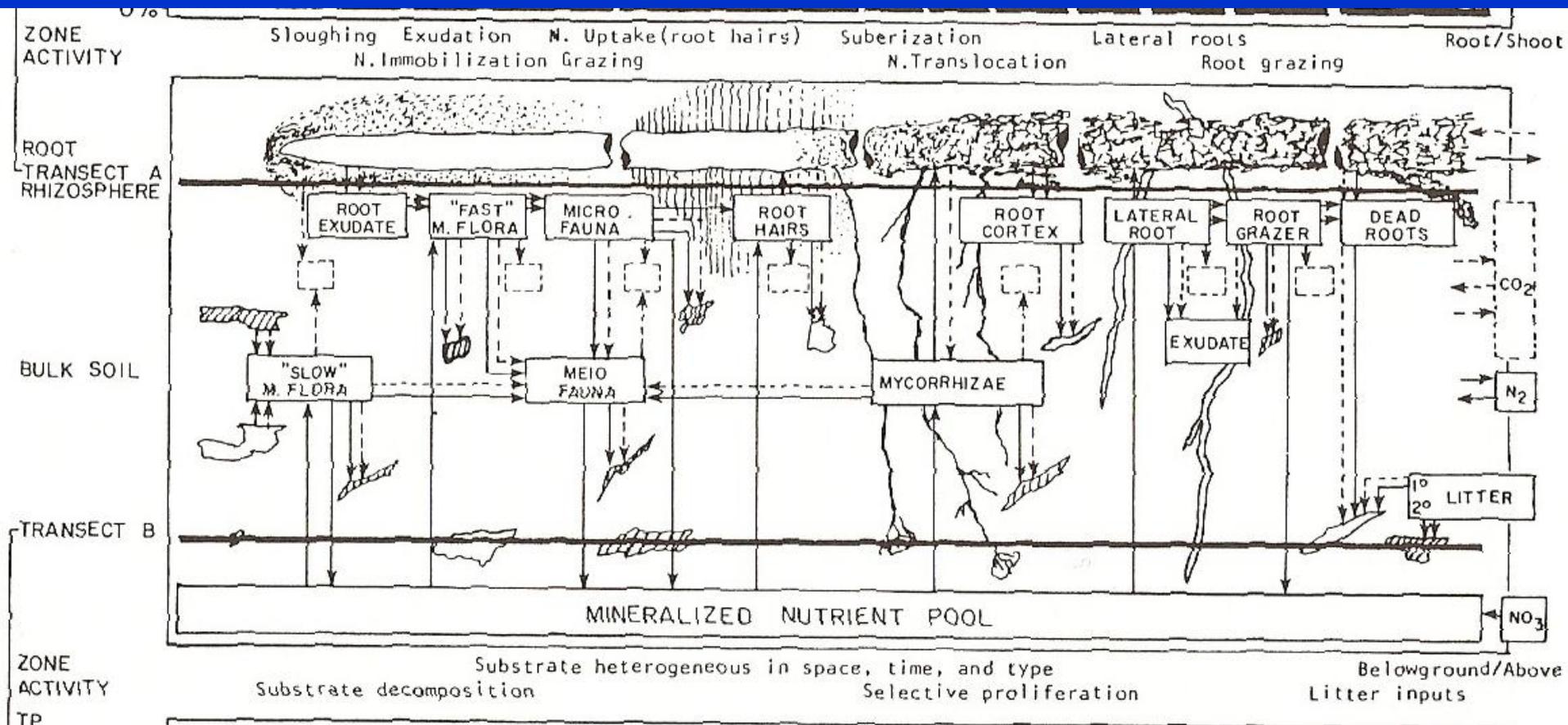
CRUSTACEA ISOPODA



Gli isopodi sono presenti nei suoli molto umidi (primi strati del suolo), si nutrono di detriti vegetali hanno la capacità di arrotolarsi a palla per proteggersi e ridurre la perdita d'acqua. Le dimensioni possono arrivare fino a 2 cm, sono pigmentati hanno più di quattro paia di zampe ambulacrali, due paia di antenne, corpo depresso e tegumento sclerificato.

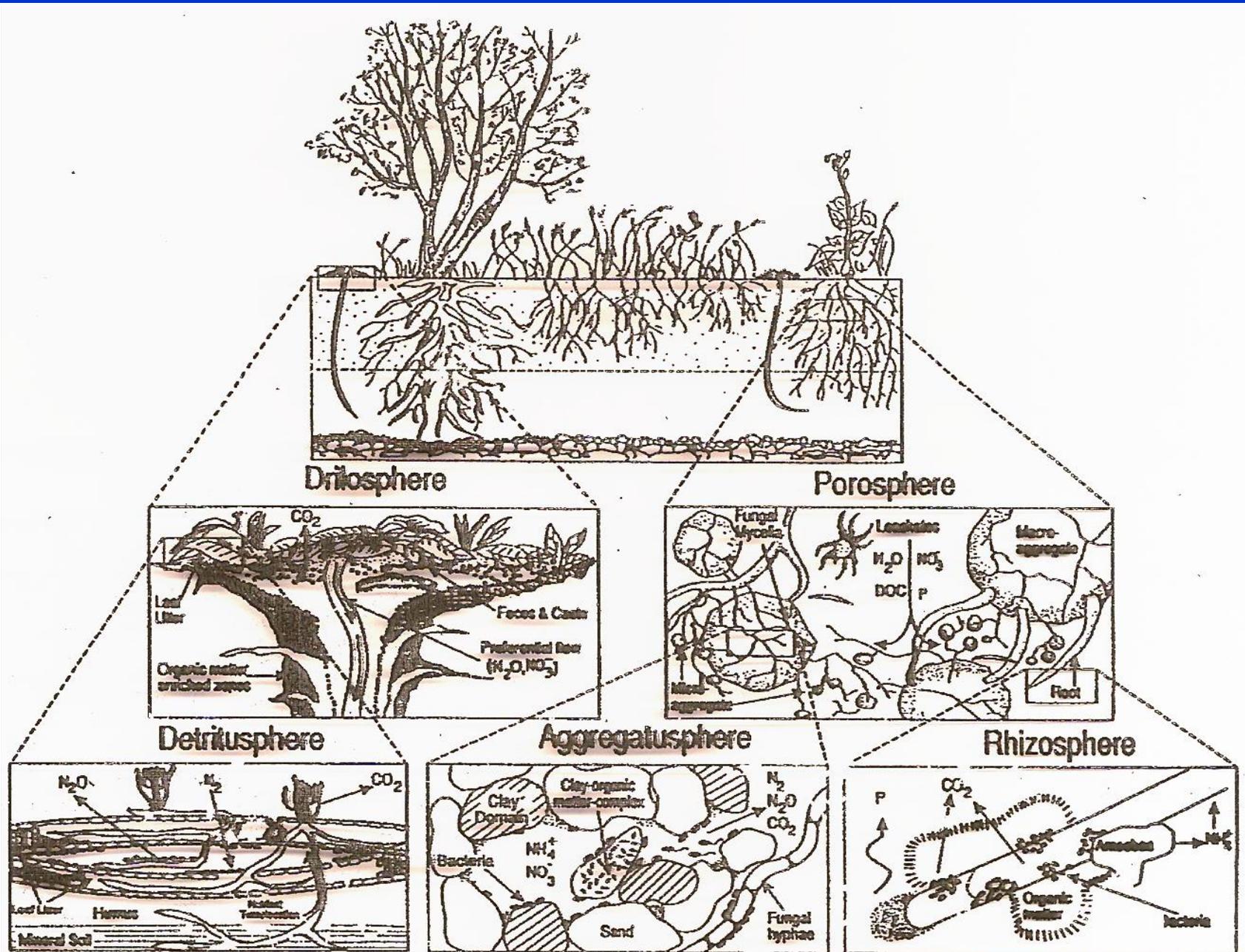
Valore EMI: 10

L'intensità dei processi di decomposizione e mineralizzazione non è uniforme nel suolo essendo esaltata **nella rizosfera**.

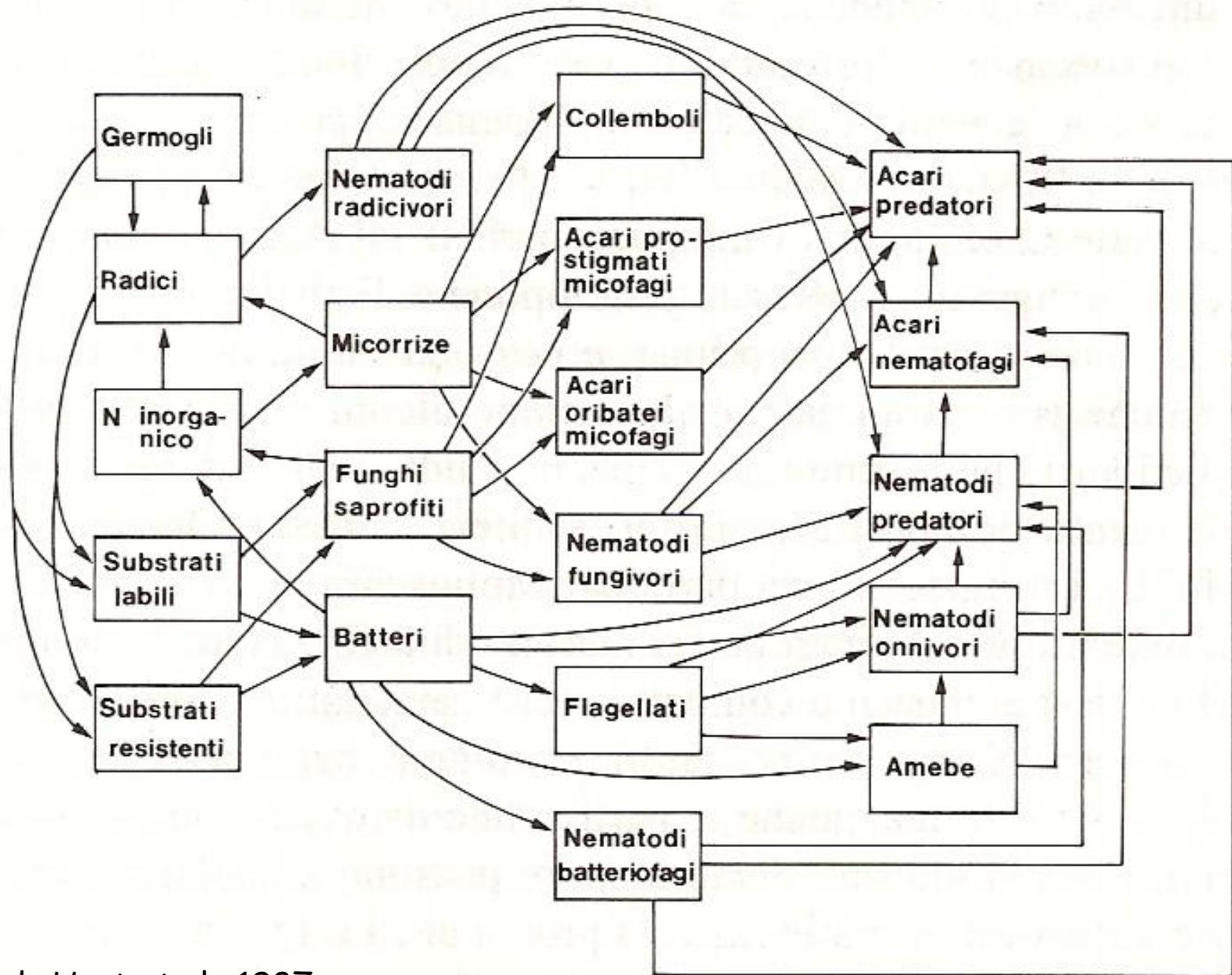


Le sostanze nutritive prodotte dalle piante e secrete come essudati radicali attraggono gli organismi coinvolti nella decomposizione.

Aree di maggiore attività biologica nell'ecosistema suolo



Rete trofica del sottosuolo di un prato



da Hunt et al., 1987

Funzioni degli organismi del suolo

Predatori

Controllano le popolazioni

- Controllano le popolazioni dei predatori di più basso livello trofico.
- Gli organismi di maggiori dimensioni migliorano la struttura del suolo scavando e facendo passare il suolo attraverso il loro intestino.
Mescolano particelle organiche e minerali
- Gli organismi di maggiori dimensioni trasportano gli organismi più piccoli per lunghe distanze.

CHILOPODA



CHILOPODA



Centipede

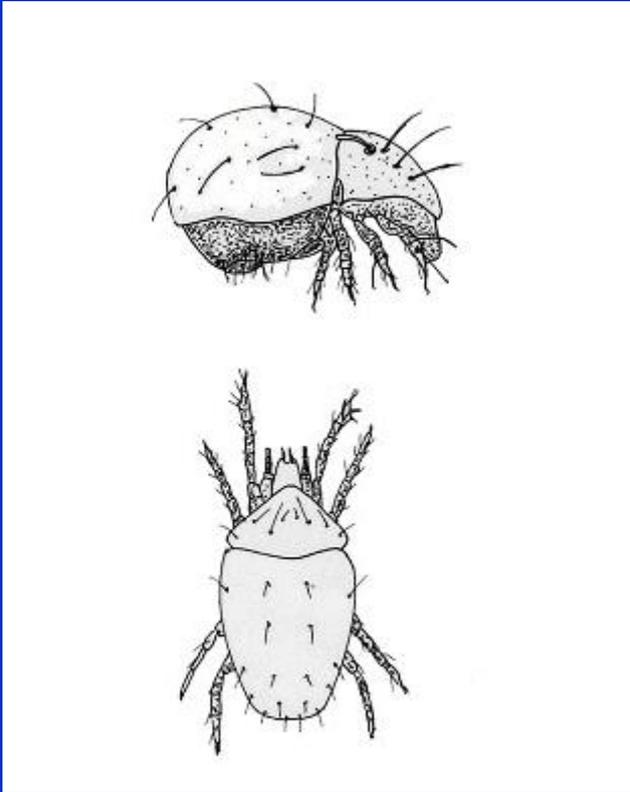
PHOTO BY BEN
WASSONER

CHILOPODA



Scolopendra sp.

ACARINA



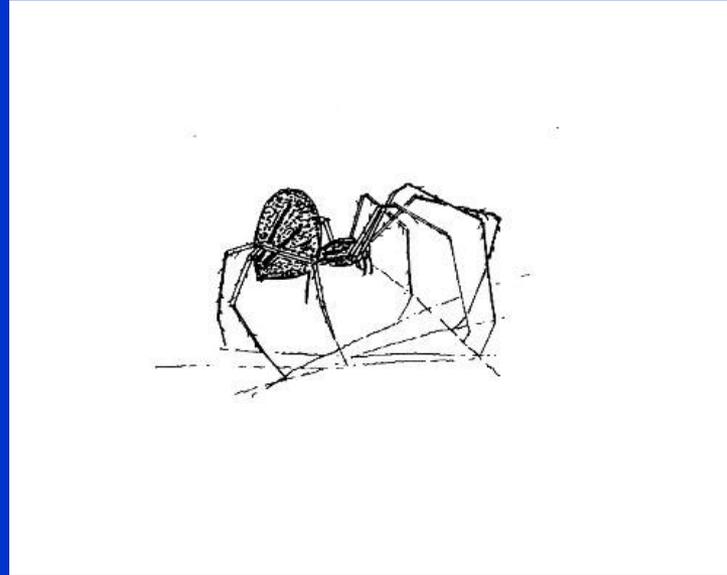
Trombidium sp.

Gli acari costituiscono una delle maggiori componenti della fauna del suolo. Hanno dimensione molto ridotta (0.1-2 mm), possono essere pigmentati o no, presentano quattro paia di arti ambulacrali, pedipalpi, cheliceri brevi formanti una chela o fusi a formare un rostro. Il corpo non è suddiviso né segmentato, la forma del corpo è spesso tondeggiante. Li troviamo a vari livelli trofici.

ACARINA

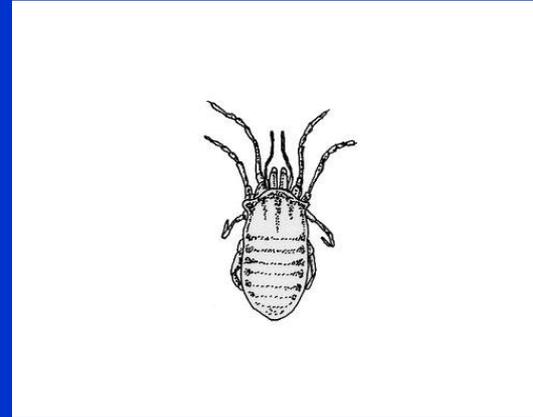


Araneae



I **ragni** presentano abitudini di vita estremamente varie. Le specie terricole si ritrovano per lo più nei primi strati del terreno anche se esistono specie che scavano le loro tane anche a diversi cm di profondità (si tratta comunque di specie di dimensioni medio-grandi). Le specie ritrovabili nei primi strati del suolo di dimensioni minori (1-2 mm) appartengono in maggioranza alla famiglia del Linyphiidae. Corpo chiaramente diviso in due parti, una anteriore, il prosoma e l'altra, posteriore, l'opistosoma. Cheliceri di dimensioni moderate, occhi generalmente presenti in numero di 8.

OPILIONIDI



Relativamente simili ai ragni con i quali vengono spesso confusi, si distinguono facilmente da questi per avere il corpo più o meno ovoidale senza strozzatura tra la parte anteriore e la posteriore. Alcuni piccoli opilioni del suolo possono essere confusi con gli acari, se ne distinguono per la forma peculiare e per avere cheliceri e pedipalpi di aspetto opilionoide e non fusi in un rostro. Negli **opilioni piu' noti gli arti sono molto lunghi** ma esistono altri **gruppi legati maggiormente al suolo che presentano arti più corti**

Valore EMI:10



Nematoda



Liquid culture process technology for production of *Heterorhabditis bacteriophora*

Tip Top Bio-Control

Visit us
www.TipTopBio.com

THE ULTIMATE!

BENEFICIAL NEMATODES

NEMATODES: *Heterorhynchidae*: *Beetle*: *Beetle*

PREDATORS to Lawn Grubs
BEETLES, MAGGOTS, & CUTWORMS,



Cutworm



Cucumber
Beetle



Lawn Grub



Japanese
Beetle



Maggot

Each package contains 1 million Nematodes, enough for approximately
1-2,000 sq. feet of surface area. Complete instructions come with the product.
Guaranteed to control the Grubs and most effective
resistant to other pests.



Pupa di un insetto circondata da nematodi

Eisenia fetida



(lunghezza tra 32-130 mm)

L'interesse degli studi in ecotossicologia per gli oligocheti lumbricidi (earthworm) si può far risalire al 1984 con la "International standardisation of the acute earthworm toxicity test (OECD 1984)". Questa procedura, in gran parte sviluppata dal Prof. Clive Edwards (1983), viene infatti designata per essere inclusa nella procedura della valutazione dei rischi per la registrazione di nuovi prodotti chimici e pesticidi: il verme di terra *Eisenia foetida* viene dichiarato **organismo modello** per valutare gli **effetti di sostanze chimiche su invertebrati terrestri saprotrofi**.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1984)

OECD-Guideline for Testing of Chemicals No. 207. Earthworm Acute Toxicity Test. Paris (1984)

The recommended test species is *Eisenia foetida* (Michaelsen). Although this is not a typical soil species, it occurs in soil rich in organic matter. Its susceptibility to chemicals resembles that of true soil-inhabiting species, it has a short life cycle, hatching from cocoons in 3 to 4 weeks, and reaching maturity in seven to eight weeks at 20°C. It is very prolific, each worm producing two to five cocoons per week from each of which emerge several worms. It is available commercially and can be bred readily in a wide range of organic waste materials. Cocoons can be purchased commercially or distributed from a central source to ensure the same strain is used (see Annex).

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1984)
OECD-Guideline for Testing of Chemicals No. 207. **Earthworm Acute Toxicity Test. Paris.**

OECD (2004) Earthworm reproduction test (*Eisenia fetida* /*Eisenia andrei*). OECD Guideline for Testing of Chemicals, No. 222. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris., pp. 18 .

OECD (2004) Enchytraeid reproduction test. OECD Guideline for Testing of Chemicals, No. 220. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris., pp. 22

ASTM (American Society for Testing and Materials) (2000)
Standard guide for conducting laboratory soil toxicity or
bioaccumulation tests with the lumbricid earthworm *Eisenia
fetida* and the enchytraeid potworm *Enchytraeus albidus*.
ASTM Guideline No. E 1676-97.

ISO (International Organisation for Standardisation) (1998)
Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia
fetida*) - Part 2: Method for the determination of effects on
reproduction. ISO 11268-2.

ISO 17512-1:2008

Soil quality - Avoidance test for determining the quality of
soils and effects of chemicals on behaviour - Part 1: Test
with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*)

Table 6. The Enchytraeid Avoidance or Escape Test (Achazi et al. 1999)

Guideline + Reference	Proposal (ISO Working Document); Achazi et al. (1999)
Test principle	Determination of the site choice of the enchytraeids
Test parameter	Behaviour (movement activity, stay at the end of the test)
Test duration	48 h
Test species	<i>E. crypticus</i> or another <i>Enchytraeus</i> -species; adult individuals from synchronised laboratory mass cultures
Test substrate	Spiked control soil or contaminated field soils (10 replicates)
Application of test substance	Mixed into the artificial soil; mixture of contaminated and control soil also possible
Test conditions	20 adult (= clitellate) worms per test vessel (10 g control- and 10 g test soil (FW), separated by gaze (1 mm)); temperature 20 ± 1 °C; permanently no light; moisture: 50 % WHC _{max}
Control	Untreated field soil (LUF standard soil 2.2)
Validity criteria (control)	Mortality \leq 20%
Reference substance	Not specified
Test assessment	Different distribution compared to the control (LUF soil on both sides) or number of worms in the test soil \leq 20 %
Limitations and remarks	Avoidance test: 20 worms are set on the control soil Escape test: 20 worms are set on the test soil Combined test: Either 20 worms on the line between the two sides or 10 worms on both sides of the test vessel

Folsomia candida Willem, 1902

Protocollo ISO (11267:1999)

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
11267

First edition
1999-04-01

Soil quality — Inhibition of reproduction of
Collembola (*Folsomia candida*) by soil
pollutants

Qualité du sol — Inhibition de la reproduction de Colémbolles (*Folsomia
candida*) par des polluants du sol

ISO 11267:1999, Soil quality -- Inhibition of reproduction of Collembola (*Folsomia candida*) by soil pollutants



Folsomia candida Willem, 1902

Specie appartenente al *taxon* dei collemboli.
Lunghezza da 1,5 a 3 mm colore bianco o giallastro.
Specie euedafica.



Facilità di
mantenimento
degli allevamenti

Ciclo vitale breve

Popolazioni
partenogenetiche

Sensibilità a
variazioni di stress
ambientale

**Specie tester in studi
ecotossicologici per le
sue capacità di
indicatore dello stato del
terreno**