

Comune di Napoli - Assessorato all'Ambiente
Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali
Università degli Studi di Napoli Federico II

I QUADERNI DEL PARCO

LA VITA NEL SUOLO

Il terreno visto al microscopio

Ottavio Soppelsa, Giada D'Errico, Pietro Battaglini,
Francesco Paolo D'Errico, Gennaro Cristinzio

LA VITA NEL SUOLO

IL TERRENO VISTO AL MICROSCOPIO



COMUNE DI NAPOLI
Assessorato all'Ambiente



Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Entomologia e Zoologia Agraria
Dipartimento delle Scienze Biologiche - Sezione di Zoologia
Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale



Istituto per la Diffusione
delle Scienze Naturali

Progetto

- Claudio R. Salerno
- Francesco Licastro

Contributi scientifici

- Pietro Battaglini: Dipartimento delle Scienze Biologiche - Sezione di Zoologia - Università degli Studi di Napoli Federico II
- Gennaro Cristinzio: Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale - Facoltà di Agraria - Università degli Studi di Napoli Federico II
- Francesco Paolo D'Errico: Dipartimento di Entomologia e Zoologia Agraria - Facoltà di Agraria - Università degli Studi di Napoli Federico II
- Giada D'Errico: Dipartimento delle Scienze Biologiche - Sezione di Zoologia - Università degli Studi di Napoli Federico II
- Ottavio Soppelsa: Dipartimento delle Scienze Biologiche - Sezione di Zoologia - Università degli Studi di Napoli Federico II

Editing e Grafica:

- Alfonso Lavorante

Contributi grafici:

- Chiara Camoni

Segreteria di redazione:

- Atelier Scienza
- Katia Collaro
- Paola Ricciardi

INDICE

Presentazione	9
Prefazione.....	11
Introduzione	13
La vita nel suolo	15
I funghi	73
Bibliografia essenziale.....	116

PRESENTAZIONE

È con grande piacere che l'Assessorato all'Ambiente del Comune di Napoli pubblica questo lavoro che trova la sua naturale collocazione nell'ambito del settore dei parchi. Lo studio dell'ambiente fornisce informazioni sulle condizioni di un determinato territorio e, di conseguenza, sulla qualità della vita presente in esso. Le condizioni ambientali non restano mai stabili nel tempo e le continue trasformazioni ci impongono un'attenzione e un monitoraggio che ci consenta di capirne le variazioni e i mutamenti.

I parchi della Città di Napoli rappresentano un valido strumento quale indicatore biologico per capire le condizioni complessive della nostra città. Il terreno presente nei parchi con la sua enorme quantità di organismi viventi rappresenta una grandissima opportunità di conoscenza di un mondo poco conosciuto e a cui troppo spesso viene attribuita scarsa importanza.

Questo quaderno, la cui realizzazione è stata coordinata dall'Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali, vuole essere un utile strumento attraverso il quale è possibile accedere ad un mondo che pulsa e si riproduce sotto i nostri piedi.

Gennaro Nasti
Assessore all'Ambiente
Comune di Napoli

PREFAZIONE

Il successo raggiunto attraverso le attività di divulgazione scientifica sviluppate sino ad oggi ci incoraggia ulteriormente nel continuare il lavoro di indagine e monitoraggio del territorio che avevamo intrapreso, tempo addietro, con l'Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali, spinti anche da una sempre maggior richiesta di approfondimento delle tematiche ambientali proveniente dalla collettività.

Oggi è forte il bisogno di comprendere i fenomeni naturali che si susseguono intorno a noi, creando molto spesso false opinioni per la poca informazione prodotta. Nostro intento è gettare le basi su cui creare un humus culturale e scientifico attraverso il quale avere l'opportunità di conoscere il nostro territorio e le sue inevitabili variazioni, sia naturali che indotte purtroppo dall'uomo.

Con questo lavoro, infatti, si vuole far conoscere la biodiversità presente nel terreno, ed indurre il pubblico a considerare il suolo quale entità biologica e non come un corpo inerte senza vita.

"I quaderni del Parco" nasce nel momento in cui più abbiamo bisogno di capire cosa abbiamo intorno a noi, i nostri parchi e soprattutto il suolo, il sottosuolo e la vita che in esso si cela, aprendo così una finestra nuova ed interessante circa la conoscenza del patrimonio boschivo e del loro possibile utilizzo.

Francesco Licastro

INTRODUZIONE

La pubblicazione di questo quaderno segue la linea editoriale intrapresa nel 2005 relativa alla conoscenza e divulgazione del patrimonio boschivo presente nell'interland napoletano.

"I quaderni del Parco - La vita nel suolo, Il terreno visto al microscopio" mira, infatti, a ridefinire la concezione obsoleta del suolo visto come substrato inerte. Essendo popolato, come si vede nel descritto lavoro, da un numero molteplice di individui, esso è come un organismo vivente in quanto respira, assimila, degrada, accumula, e ha bisogno di acqua. Per cui sono esplicitate tutte le sue varie funzioni perché varie e molteplici sono le sue attività.

Viene messa in luce, quindi, la parte vivente del suolo ossia dove vivono ed agiscono organismi diversi ospitati in modo perenne.

È quindi importante che si diffonda, attraverso questo lavoro editoriale, una consapevolezza strutturata su basi scientifiche per cui non bisogna sottovalutare le attività fondamentali che i microrganismi del suolo svolgono per il mantenimento degli equilibri dinamici degli ecosistemi.

Ed è proprio in questi termini che lo studio e l'approfondimento di queste tematiche risultano indispensabili per la costruzione di un percorso legato alla conoscenza dell'ambiente e della sua sostenibilità.

La realizzazione del testo è stata possibile grazie ai contributi di illustri docenti e ricercatori dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

A tutti va il nostro ringraziamento, unitamente all'Assessorato all'Ambiente per averne sostenuto l'impegno economico.

Claudio Salerno
Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali

Ottavio Soppelsa, Giada D'Errico,
Pietro Battaglini, Francesco Paolo D'Errico

LA VITA NEL SUOLO



Premessa

Un suolo è estremamente disomogeneo e detiene caratteristiche che sono peculiari della propria origine e storia pedogenetica. Esso non è stabile nel tempo in quanto subisce trasformazioni strutturali, talora in modo rapido e radicale, legate alle caratteristiche geomineralogiche del substrato (es.: frane e dilavamenti di origine meteorica). Un ruolo importante lo gioca la componente biotica mediante le trasformazioni a livello fisico (attività degli animali stessi) e chimico (attività metaboliche degli organismi) con i cicli dei diversi elementi.

Sotto l'aspetto generale, anche se la situazione non è del tutto chiarita, sono individuabili nel suolo tre grandi categorie di reti trofiche:

- le micro-reti, rappresentate dai microrganismi di più piccole dimensioni <0,2 mm (protozoi, alcuni acari, rotiferi, tardigradi, ecc.);
- le meso-reti, costituite da individui con dimensioni comprese fra 0,2 e 2 mm (acari, collemboli, enchitreidi, nematodi, ecc.);
- le macro-reti, che includono organismi di più grosse dimensioni che comprendono gli "ingegneri del suolo" come formiche, termiti, lombrichi, ma anche molluschi, miriapodi, isopodi, coleotteri e vertebrati quali le arvicole, talpe, ecc., in grado di spostarsi liberamente nel terreno.

La parte "vitale" del suolo, ossia dove vivono ed agiscono gli animali ospitati in modo perenne, è l'edaphon il cui spessore si aggira mediamente sui 10-15 cm con punte fino a 100 cm (buchi degli oligocheti, fori delle talpe, rifugi di larve di insetti).

Il suolo, pertanto, è un sistema molto complesso con proprietà che sono rigorosamente subordinate alle varie interazioni, interdipendenti fra loro, tra la componente biotica e abiotica.

La frazione biotica è rappresentata da microrganismi che, nella norma, sono la parte dominante per quantità di organismi e numero di specie (Tab. 1 e Fig. 1).

I ruoli svolti dalle numerose entità biotiche del suolo sono molteplici; il fondamentale è quello di convertire i residui degli organismi, compresi quelli vegetali, in forme tali da consentire alle piante la riutilizzazione degli elementi nutritivi da essi derivanti (mineralizzazione). Pertanto il processo di ossidazione del carbonio organico ad anidride carbonica deve essere visto come parte integrante di un fenomeno nel corso del quale l'energia fornita dalle piante agli organismi del suolo viene da questi restituita attraverso la liberazione di nutrienti in forma disponibile. Più semplicemente i resti vegetali, le spoglie ed i rifiuti animali costituiscono un complesso di materiali ricchi di energia chimica potenziale.

A queste entità, coinvolte nella ciclizzazione della sostanza organica, ne vanno aggiunte numerose altre che assumono differenti ruoli, come quello di danneggiare le piante a discapito delle produzioni.

Tab. 1 - Quantità di organismi presenti nel suolo.

Organismi	Numero		Biomassa
	(per m ²)	(per g)	kg/ha t.q.
Batteri	10 ¹³ ÷ 10 ¹⁴		300 ÷ 3.000
Actinomiceti	10 ¹² ÷ 10 ¹³	10 ⁸ ÷ 10 ⁹	300 ÷ 3.000
Funghi	10 ¹⁰ ÷ 10 ¹¹	10 ⁷ ÷ 10 ⁸	500 ÷ 5.000
Microalghe	10 ⁹ ÷ 10 ¹⁰	10 ⁵ ÷ 10 ⁶	10 ÷ 1.500
Protozoi	10 ⁹ ÷ 10 ¹⁰	10 ³ ÷ 10 ⁶	5 ÷ 200
Nematodi	10 ⁶ ÷ 10 ⁷	10 ³ ÷ 10 ⁵	1 ÷ 100
Lombrichi	30 ÷ 300	10 ¹ ÷ 10 ²	10 ÷ 1.000
Altri invertebrati (*)	10 ³ ÷ 10 ⁵		1 ÷ 200

(*) artropodi, ascaridi e molluschi. Fonte: Alexander (1977), Lynch (1988)

Non è altresì da sottovalutare che i microrganismi del suolo svolgono attività fondamentali per il mantenimento degli equilibri dinamici degli ecosistemi. Un suolo viene definito equilibrato quando nell'ambito dei gruppi sono presenti diverse specie senza alcuna dominanza. Devono quindi essere riscontrati i microrganismi appartenenti a tutti i gruppi funzionali che presiedono all'attuazione dei cicli biochimici degli elementi, in particolare i più importanti quali carbonio, azoto, zolfo e fosforo.

Nelle linee generali, comunque, la concentrazione più elevata dei microrganismi è accentrata nella zona della rizosfera ed in termini numerici i "dannosi" sono in numero limitato rispetto agli "utili". Pur precisando che negli ecosistemi non esistono organismi dannosi e/o utili, in agricoltura tale distinzione è necessaria ai fini del rapporto pianta-produzione.

La Pedofauna

I componenti della pedofauna sono presenti nei suoli in una moltitudine di organismi che interagiscono tra loro in maniera intimamente dipendente (Fig. 2).

Gli organismi autotrofi, il cui numero è controllato dalla disponibilità alimentare e dagli organismi eterotrofi, a loro volta soggetti a predazione e parassitismo, sono responsabili dell'organizzazione dell'azoto e del carbonio (Fig. 3).

Il numero degli organismi viventi in un m² di terreno è elevatissimo, con variazioni del popolamento in relazione alla stagione. L'andamento annuale è influenzato da una serie di fattori tra i quali giocano un ruolo determinante la temperatura del suolo e le piogge. A mo' di esempio, nelle Isole McQuaire, dove la temperatura del suolo media è di 7 °C, i nematodi raggiungono le massime densità in estate; l'eccezione è data dalle aree colonizzate dai pinguini che mostrano un popolamento nematologico molto ricco e costante nell'anno anche se con punte nel periodo primaverile-estivo dovute alla presenza di questi uccelli. La densità elevatissima del popolamento nematologico (oltre 120 milioni di nematodi per m²) è dovuta alla grande quantità di batteri presenti in un suolo notevolmente fecalizzato.

Anche i componenti della mesofauna svolgono ruoli importanti e diversi come: la frantumazione dei residui vegetali (forme larvali di insetti con apparato boccale masticatore come ad es. numerose larve di coleotteri terricoli), la traslocazione ed il rimescolamento dei materiali organici e inorganici (scarabeidi coprofagi ad es. *Scarabaeus* spp.), la formazione di microcavità che conferiscono quella porosità a tutto vantaggio dell'organizzazione della struttura del suolo (es. lombrichi).

Gli organismi animali che hanno un rapporto con il suolo, come precedentemente riportato, sono moltissimi e tra questi molti non possono essere considerati rappresentanti stabili della fauna del suolo per il loro rapporto transitorio.

Tra i vari taxa i nematodi, anche per i danni arrecati alle colture, assumono un ruolo importantissimo.

1. Nematodi

I nematodi, come si evince dalla Fig. 1, sono tra gli organismi animali pluricellulari più diffusi sulla terra ed in grado di colonizzare quasi tutti gli ambienti in cui è realizzabile la vita.

Essi sono paragonabili, per numero di individui esistenti, solo ai crostacei (copepodi). Le specie conosciute sono circa 15.000, metà parassite di piante e animali, anche se il loro numero è ipotizzabile essere circa 10 volte superiore. La consapevolezza dell'importanza numerica e della diffusione dei nematodi ha una storia relativamente recente; risale infatti al 1865 quando Bastian paragonò la diffusione di questi animali a quella delle diatomee.

L'ipotesi dell'onnipresenza dei nematodi fu sostenuta, dopo circa mezzo secolo (1914), da Cobb il quale in due passi divenuti famosi, così si pronunciò: "Si riscontrano nei deserti aridi, sul fondo dei laghi e dei fiumi, nelle sorgenti calde e nei mari polari dove la temperatura è costantemente al di sotto del punto di congelamento dell'acqua pura. Sono stati rinvenuti vivi nei ghiacci dell'Antartide dagli esploratori della spedizione Shackleton. Si rinvennero anche a grandi profondità nei laghi alpini e nell'oceano ⁽¹⁾. Come parassiti dei pesci attraversano i mari, come parassiti degli uccelli sorvolano i continenti e le più alte catene montuose". Ed ancora: "Se tutta la materia dell'universo, ad eccezione dei nematodi, per magia sparisse la conformazione del pianeta terra resterebbe ancora parzialmente riconoscibile attraverso le montagne, le colline, le vallate, i fiumi, i laghi e gli oceani, rappresentati da una sottile pellicola dei nematodi".

I nematodi (dal gr. nema, nematos = filo) sono vermi cilindrici molto piccoli (gli adulti hanno una dimensione media di circa 1 mm) ma soprattutto molto sottili e vicini alla trasparenza (Fig. 4).

Non mancano casi di dimorfismo sessuale (la femmina assume forme diverse) e di dimensioni notevoli tanto da essere considerati giganti. È questo il caso di *Placentonema gigantissimum* che vive nella placenta del capodoglio (*Physeter catodon*) e può raggiungere la lunghezza di diversi metri.

I nematodi del suolo sono animali idrobionti che, in natura, non si alimentano di detriti organici, ma di cellule viventi e fanno parte di quella frazione che costituisce l'hydrobios.

(1) Ai nematodi acquatici appartengono specie in grado di colonizzare i vari ambienti delle acque dolci come il fondo dei laghi e dei fiumi compreso le fonti di acque calde e termali talvolta fortemente mineralizzate. Non sono escluse le acque marine compreso i mari polari e le profondità abissali delle fosse oceaniche. La maggior parte dei nematodi acquatici possiede nella coda tre cellule che producono una sostanza mucosa, emessa attraverso un orifizio, che consente l'adesione al substrato, anche in acqua corrente; questo ancoraggio, con libertà di movimento, permette una più facile ricerca del cibo.

I nematodi delle acque dolci sono stimati in un numero molto più limitato di quelli marini. Vivono sul fondo dei laghi, degli stagni, dei fiumi, dei ruscelli e delle acque sotterranee nelle grotte. Sono pertanto animali di fondo e mancano nel plancton dove possono essere riscontrati eccezionalmente quegli individui sradicati dal loro ambiente naturale. Tra questi numerosi sono i batteriofagi, particolarmente copiosi nei sedimenti ricchi di sostanza organica in decomposizione e quindi di batteri. Sono nematodi, che hanno la capacità di vivere in ambienti poveri di ossigeno e a pressione osmotica più elevata della norma con grande velocità di riproduzione in grado di produrre numerose piccole uova, resistenti a molti tipi di inquinamento. Allorquando in un sedimento i loro rappresentanti raggiungono livelli superiori al 20% l'ambiente è considerato inquinato. È noto, infatti, che in seguito agli inquinamenti dovuti a sostanze organiche, soprattutto scarichi di fogna, il sedimento degli stagni e dei corsi d'acqua diventa un ottimo substrato di sviluppo di una cospicua attività batterica alla quale fa riscontro un popolamento nematologico molto ricco di batteriofagi dove la percentuale di questi individui è proporzionale all'entità dell'inquinamento. Per questo motivo tali nematodi possono essere considerati bioindicatori.

I nematodi marini, invece, costituiscono la frazione più importante della meiofauna. La loro lunghezza oscilla da 0,4 mm a 3 cm. Essi popolano sia le zone litorali che quelle abissali e la maggior parte vive nei 5-10 cm più superficiali del sedimento. Le specie che vivono nel profondo dei mari hanno abitudini semisessili e mantengono il corpo, generalmente nella sua totalità, entro il sedimento. Esse vivono ancorate per mezzo della coda e quando disturbate si ritirano, avvolgendo velocemente la porzione caudale molto lunga e sottile. Alcune specie emettono, anche dalla bocca, filamenti mucosi che, oltre all'ancoraggio, assolvono ruoli diversi quali l'adesione delle uova e la costruzione di strutture di riparo e di alimentazione (formazione di manicotti di detrito).

Le piccole particelle di detrito organico, riscontrate nell'intestino di questi animali, infatti, non basterebbero a fornire le calorie necessarie al loro elevato metabolismo.

Il corpo è ricoperto da una cuticola relativamente spessa, in alcuni casi anellata, costituita da collagene, albumina e altre proteine escluso la chitina, presente in altri taxa. Il movimento sinusoidale, dovuto alla flessione del piano dorso ventrale simile a quello delle anguille (contrazioni dei muscoli dorsali sfasate rispetto a quelle dei muscoli ventrali) fece attribuire ai nematodi l'appellativo di anguillule. È soprattutto l'alto dispendio di energie, dovuto al movimento, la causa dell'elevato metabolismo dei nematodi.

I nematodi, come precedentemente detto, colonizzano tutti gli ambienti nei quali è possibile la vita e vivono sempre sopra, o dentro un substrato (compreso altri organismi), pertanto, sono considerati il taxon con il maggiore peso biologico.

Delle numerosissime specie note, pressappoco la metà conduce vita libera: alcune vivono nelle acque marine e dolci ed altre ancora nel suolo; numerose sono comunque anche quelle che vivono, come parassiti, a carico di invertebrati e vertebrati. Soprattutto questi ultimi sono noti e oggetto di studio da tempi molto remoti. In altre parole, mentre per le specie che interessano l'uomo e gli animali superiori i ricercatori hanno dedicato molte delle loro energie per contenerle e debellarle, altrettanto non è accaduto, se non negli ultimi anni, per i nematodi del suolo compreso quelli dannosi alle piante.

Riferimenti ad alcune specie di nematodi sono da accreditare a Mosè e via via a Ippocrate, Aristotele, ecc. Scritti lasciati dagli antichi medici egizi sono numerosi. Nel papiro Ebers vi sono infatti notizie sul grande verme cilindrico (*Ascaris lumbricoides*) e sul verme della Guinea (*Dracunculus medinensis*). Al contrario i nematodi del suolo, come precedentemente detto, sono conosciuti da tempo molto più recente. Ciò probabilmente è dovuto anche alle loro piccolissime dimensioni ed alla mancanza di tecniche di estrazione *ad hoc*, basate sul lavaggio dei terreni che, per quanto adattate al target, non sono in grado di estrarre la popolazione nel suo complesso. Ne consegue che il numero stimato di individui, pur se rilevante, è sottostimato.

1.1. I nematodi del suolo

Sono da considerare, come si evince dalle caratteristiche innanzi riferite, animali acquatici; essi infatti per il loro movimento sfruttano le sottili pellicole d'acqua, che circondano le particelle del suolo, e le microcavità imbibite d'acqua. In realtà per la vita di questi nematodi, come in generale per tutti gli organismi del suolo, non ha importanza la quantità assoluta dell'acqua presente in un certo volume di terreno bensì la sua disponibilità. Ne consegue che i nematodi nei terreni umidi possono spostarsi con maggiore facilità e con minore consumo energetico. Si sottolinea che, anche se l'umidità è l'elemento più importante per il popolamento nematologico, anche altri fattori giocano un ruolo determinante (anidride carbonica, ossigeno, pH, pressione osmotica, radiazioni, ricoprimento vegetale, sostanze chimiche, temperatura, tessitura).

Nei suoli saturi d'acqua, diminuisce l'ossigeno disciolto favorendo l'incremento di batteri anaerobi; questi microrganismi producono tossine dannose ai nematodi, riducendone drasticamente la popolazione.

L'esatto sapere sulle abitudini alimentari è molto importante per la puntuale comprensione del ruolo svolto dai nematodi nella biologia del suolo. Gli studi pur se abbastanza datati, e comunque basati su 140 anni di esperienze, solo in questi ultimi anni hanno iniziato a far luce sul regime alimentare dei nematodi.

Di seguito sono riassunte le principali categorie proposte sulla base delle diverse classificazioni trofiche.

1.2. Fitoparassiti

Si ascrivono a questa categoria quei nematodi che attaccano le piante superiori che svolgono in parte, o in toto, il loro ciclo biologico nel terreno.

La cavità boccale di questi animali, unitamente alle pareti che la formano, è comunemente denominata stoma; nei nematodi fitoparassiti questa struttura si presenta profondamente modificata, dando origine, nella maggior parte di essi, a particolari tipi di strutture quali lo stiletto boccale (*Tylenchida*) (Fig. 5) o in altri l'odontostilo (*Dorylaimida*) (Fig. 6). È grazie a queste strutture che i nematodi sono in grado di perforare le pareti delle cellule delle piante e succhiarne il contenuto.

L'interesse rivolto ai nematodi fitoparassiti, a partire dal dopoguerra, è andato progressivamente crescendo per i notevoli danni economici arrecati in agricoltura. La sintomatologia dell'attacco a volte è facilmente rilevabile dalla presenza di vistose galle, come nel caso dei nematodi galligeni del genere *Meloidogyne* (Fig. 7); talvolta è subdola e confusa con altre cause, soprattutto carenze nutrizionali (Fig. 8). Spesso il danno è localizzato agli apici radicali che risultano inibiti nel loro sviluppo (Fig. 9).

Da non sottovalutare, inoltre, che di frequente i danni non sono quantificabili anche per le sinergie che si instaurano tra i nematodi ed altri organismi patogeni. Note sono infatti le interazioni tra diverse specie di *Meloidogyne* e funghi fitopatogeni (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, ecc.) o batteri (*Agrobacterium tumefaciens*). Ancora più annoso è il problema della trasmissione di virus da parte di alcuni nematodi. È il caso del virus delle malformazioni infettive GFLV (Grapevine Fan-Leaf) e dei ceppi ad esso correlati, giallume infettivo e scolorazione perinervale, trasmesso a vite da *Xiphinema index* (Fig. 10).

La stragrande maggioranza delle specie dei nematodi fitoparassiti attacca gli apparati radicali delle piante intrattenendo con essi rapporti da endoparassiti sedentari (*Globodera*, *Heterodera*, *Meloidogyne*) e migratori (*Pratylenchus* ecc.), semiendoparassiti sedentari (*Tylenchulus semipenetrans*) e migratori (*Tylenchorhynchus*) e ectoparassiti sedentari (*Cacopaurus pestis*) e migratori (*Helicotylenchus*, vettori di virus ecc.). Più esigua è la cerchia dei nematodi, tutti endoparassiti, che attaccano la parte aerea delle piante.

1.3. Fungivori

Sono i tipici nematodi provvisti di uno stiletto boccale sottile (Tylenchida), appartenenti a generi diversi (*Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Bursaphelenchus*, *Ditylenchus*). Si nutrono del micelio dei funghi fitopatogeni e di quelli che si sviluppano sulle sostanze vegetali in decomposizione, di funghi eduli e delle micorrize. Per il primo aspetto, pertanto, sono molto utili per il controllo biologico di numerosi funghi dannosi alle colture e fanno parte di quella frazione di microrganismi della biosfera tellurica che rende i terreni "repressivi"; discorso opposto per le micorrize, il cui contenimento di parte di questi nematodi, può essere causa di danni ingenti.

È il caso di *Aphelenchus avenae* che impedendo la formazione delle micorrize in radici di pino diviene indirettamente ad esso nocivo.

La penetrazione dello stiletto nella parete cellulare, di natura cellulosa o chitinosa, è, molto probabilmente, agevolata dalla secrezione di enzimi idrolitici. Per la penetrazione dello stiletto il nematode si pone in posizione perpendicolare all'ifa e con movimenti veloci e ritmici (avanti e indietro) perfora la parete del micelio. L'ingestione del succo miceliare può essere immediata o lenta ed in questo caso l'assunzione è preceduta dall'inoculazione di un secreto ghiandolare che determina una predigestione extraorale.

Questo rapporto trofico non è generalizzabile, infatti, ogni specie di nematode fungivoro attacca solo determinate specie di funghi. I nematodi riescono ad attaccare solo quelle ife le cui dimensioni sono comprese fra 1/4 e 1/3 del loro diametro. L'incontro fra nematodi e funghi nel terreno, non avendo questi nessuna sostanza attrattiva, è del tutto casuale.

Esistono comunque anche fra i Dorylaimida (*Labronema* ad es.) e fra i nematodi privi di stiletto (*Panagrolaimus mycophilus* ad es.) alcune specie fungivore. Infine è da segnalare che talvolta questi nematodi possono risultare dannosi in quanto attaccano il micelio di funghi coltivati, come nel caso di *Ditylenchus myceliophagus* (Fig. 11).

1.4. Algovori

Molto meno noti, anche perchè è difficile definire con certezza gli individui appartenenti a tale categoria trofica, sono gli algovori. Molto probabilmente, per questi nematodi è preferibile attenersi al termine generico di microerbivori.

È noto che un'elevata percentuale di Dorylaimida del suolo presenta un intestino completamente verde per la presenza di clorofilla di derivazione algale e che molti nematodi (*Eudorylaimus* sp.) sono allevati con successo su substrato algale.

1.5. Batteriofagi

Quasi tutti i nematodi del suolo, sprovvisti di stiletto boccale, appartengono alla categoria trofica dei batteriofagi. Da ciò si deduce che essa è fra le più importanti e ricche di specie.

I nematodi batteriofagi sono contraddistinti da uno stoma più o meno tubolare e da un esofago provvisto di bulbo. I più tipici e numerosi sono i Rhabditida.

Sono nematodi allevabili con estrema facilità su sostanze organiche in decomposizione (ad es. detriti vegetali); ciò fece ipotizzare per lungo tempo che fossero animali saprofagi. Questa ipotesi è stata accantonata in seguito all'individuazione di un gran numero di batteri nel contenuto intestinale e solo di rari residui organici, tra l'altro, non sufficienti a fornire le calorie necessarie al loro elevato metabolismo. La riprova la si è avuta da alcuni nematodi tipicamente batteriofagi (*Rhabditis* spp.) che, posti in condizioni axeniche, non sono stati in grado di sopravvivere per l'assenza di batteri e, in particolare, per l'assenza del rispettivo complesso batterico che è tipico per le singole specie. In altre parole si ritiene che ciascuna specie di nematode trova solo in alcuni batteri quell'insieme di sostanze nutritive necessarie al loro sviluppo.

L'esistenza di questa relazione attribuisce a questi nematodi un ruolo importantissimo nella vita del terreno; essi infatti diffondono e controllano i decompositori primari.

1.6. Predatori

Caratteristici nematodi predatori sono i Mononchina, provvisti di ampia cavità boccale con pareti robuste e qualche grosso dente a cui talora si aggiungono file di dentelli (*Mononchus*, ecc.). Questo gruppo, oltre ad alimentarsi di nematodi (Fig. 12), trae il nutrimento anche da altri microrganismi (rotiferi, tardigradi, ecc.).

Dal punto di vista alimentare questi nematodi sono carnivori e quando le popolazioni raggiungono livelli molto elevati è frequente il fenomeno del cannibalismo.

I Mononchina, diversamente da altri nematodi predatori, non immobilizzano la preda che, se di piccole dimensioni, viene ingerita intera grazie ad una vigorosa forza di suzione esercitata nei suoi confronti; se di grosse dimensioni, dopo aver perforato col dente dorsale la preda, il nematode predatore ne succhia il contenuto.

Numerose specie atte alla predazione sono rinvenibili anche in nematodi provvisti di stiletto boccale (*Dorylaimus*, *Labronema*, ecc.) alcuni dei quali, del gruppo Aphelenchoidea (*Seinura*) sono molto aggressivi ed in grado di attaccare nematodi anche di grossa mole pur essendo di piccole dimensioni.

La presenza dei nematodi predatori nei nostri suoli, dal punto di vista numerico, è molto esigua e, soprattutto nei terreni sottoposti ad agricoltura intensiva, spesso assente.

1.7. Onnivori

In questa categoria trofica, con diete alimentari in gran parte sconosciute, sono inclusi i Dorylaimina che possono nutrirsi sia di cellule animali che vegetali, compresi i batteri e le piante superiori.

1.8. Parassiti di invertebrati

Numerosi nematodi sono parassiti, facoltativi o obbligatori, di un consistente numero di invertebrati; essi contraggono rapporti di parassitismo con numerose specie di insetti di

importanza agraria (coleotteri, ditteri, ortotteri, ecc.), molluschi (limacce), crostacei, ecc.

In particolare le associazioni con gli insetti vanno dal commensalismo al parassitismo obbligato. L'attacco all'insetto determina la castrazione parassitaria o la morte, che spesso sopraggiunge in seguito alla trasmissione di batteri.

Un ruolo importante tra i nematodi degli insetti lo occupano alcune specie che si riscontrano nell'ordine Mermithida; tra queste è molto attiva nei confronti degli ortotteri *Agamermis decaudata* (Fig. 13). Sono nematodi che possono superare la lunghezza di 20 cm e si sviluppano nel corpo di cavallette, coleotteri, ecc. La loro conoscenza, come si evince da una segnalazione di Aldrovandi, risale ad oltre 400 anni. Sono da considerare alleati dell'uomo per il contenimento biologico di alcune specie estremamente dannose. Hanno la loro specificità nel parassitizzare la singola o poche specie e sono quasi sempre letali per il loro ospite.

Nell'ordine Rhabditida, invece, riscontriamo specie che hanno la capacità di infettare un'ampia gamma di insetti. I membri delle due famiglie Steinernematidae ed Heterorhabditidae sono entomopatogeni obbligati che hanno suscitato un notevole interesse per la capacità di infettare numerosi insetti dannosi e nel contempo non nocivi per le piante ed i vertebrati. Le specie appartenenti ai generi *Steinernema* e *Heterorhabditis* hanno come ospiti abituali nell'intestino batteri simbiotici del genere *Xenorhabdus*. Il terzo stadio larvale di questi nematodi, che è quello che penetra nell'ospite, è il più importante ai fini della lotta biologica. Questa larva ha inoltre la particolarità di essere molto resistente alle avversità ambientali, soprattutto al disseccamento, pertanto può sopravvivere nel terreno per molti mesi. Queste larve una volta penetrate all'interno dell'insetto ospite iniziano l'azione trofica a carico dell'emolinfa. All'interno dell'emocele liberano i batteri simbiotici che uccidono per setticemia l'ospite in appena 2-3 giorni dall'invasione. Il genere *Steinernema* è ricco di specie e quelle più note sono *Steinernema carpocapsae* e *S. feltiae* (Fig. 14). Al contrario il genere *Heterorhabditis* include solo tre specie e quella più nota è *H. bacteriophora*.

1.9. Parassiti di vertebrati

Molti nematodi vivono da parassiti a carico di organismi diversi, uomo compreso, provocando affezioni talvolta gravi; diverse specie trascorrono parte del loro ciclo vitale nel terreno. È questo il caso di *Ancylostoma duodenale* piccolo e pericoloso parassita, in Italia presente soprattutto nel meridione, che vive attaccato alla mucosa dell'intestino tenue dell'uomo. I danni sono causati da due lamine taglienti, poste nell'apparato boccale, che provocano incisioni che consentono al parassita l'aspirazione del sangue e conseguenti gravi anemie da parte dell'ospite. L'attività di prelievo è molto elevata perché solo una piccola percentuale del sangue aspirato, che non si coagula per la presenza di un liquido anticoagulante, viene digerito.

Questa malattia nota come "malattia dei minatori" miete annualmente numerose vittime. Tristemente famosa è l'epidemia che si produsse durante lo scavo della galleria del Gottardo che causò la morte di oltre 10.000 minatori.

Spesso associato ad *Ancylostoma* troviamo *Strongyloides stercoraris*, altro temibile nematode che oltre l'uomo attacca anche il cane e il gatto. Nel caso si presenti l'infezione in questi animali bisogna adottare tutte le misure atte ad impedirne il contagio (isolamento degli animali, trattamento di questi con antelmintici, ecc.).

2. Molluschi

I molluschi sono animali dal corpo molle, con simmetria bilaterale, provvisti ventralmente di un organo muscoloso (piede), anteriormente di un capo con fotorecettori e dorsalmente di un mantello. Le cellule del mantello secernono una conchiglia che può essere esterna o interna e talvolta assente. I molluschi terricoli appartengono quasi tutti alla classe Gasteropoda ed in particolare alla sottoclasse Pulmonata. Essi sono considerati il simbolo della lentezza e, nel complesso, sono animali resistentissimi ed in grado di sopportare il caldo fino al limite della disidratazione. Parecchie chioccioline possono vivere anche in condizioni climatiche avverse rifugiandosi nella conchiglia o sottoterra.

Essendo la conchiglia costituita da tre strati di carbonato di calcio, in assenza di questo elemento il mollusco non può vivere.

L'esempio più clamoroso di diffusione di un mollusco ad opera dell'uomo è quello di *Achatina fulica*, specie che possiede una conchiglia lunga una decina di cm e che è in grado di produrre circa 400 uova. Gli esemplari giovani si nutrono di alghe unicellulari e detriti mentre gli adulti di vegetali vari. La specie, originaria del Madagascar, possiede carne di buona qualità e, per questo, nel 1848 fu importata in India per la produzione di alimento necessario alla popolazione fortemente denutrita. Questa introduzione non riscontrò successo in quanto le acatine, riproducendosi a dismisura, divennero un grosso flagello per le coltivazioni anche nelle diverse altre parti del mondo dove il mollusco si diffuse in breve tempo.

Le specie terricole di interesse agrario sono le chioccioline e le limacce; le prime sono munite di conchiglia esterna ben evidente (elici) (Fig. 15) mentre le seconde sono del tutto (arioidi) o quasi prive di conchiglia esterna visibile (limacidi) (Fig. 16). Amano vivere in ambienti umidi e quando le condizioni atmosferiche diventano avverse si infossano nel terreno.

Particolare attenzione meritano alcune specie appartenenti ai polmonati in quanto ospiti intermedi di trematodi quali la *Fasciola hepatica*.

2.1. Elici

Numerose sono le specie di notevole importanza sia per l'utilità economica, molte sono commestibili, che per i gravi danni arrecati alle piante. Tra le numerose specie citiamo:

Helix pomatia, è la chiocciolina più comune e diffusa in Europa, introdotta successivamente nell'America settentrionale. Questa chiocciolina fa parte delle specie che, in autunno o nella tarda primavera, dopo essersi introdotte nel terreno a circa 30 cm di profondità chiudono l'apertura

della conchiglia con l'epifragma e superano l'inverno (ibernazione) e l'estate (estivazione) grazie alla porosità dell'epifragma che non interrompe l'attività respiratoria e circolatoria.

Helix aspersa, è affine alla precedente.

Cantareus apertus, è tra le specie commestibili più apprezzate. Il nutrimento gradito da questi molluschi, generalmente polifagi, è costituito essenzialmente da vegetali succosi e freschi che vengono erosi in maniera molto veloce soprattutto al mattino dopo le piogge e nelle giornate non assolate.

Eobania vermiculata, è specie comunissima nei campi e nei giardini dove soprattutto nei mesi autunnali, è estremamente dannosa a diverse colture. È anch'essa apprezzata per la qualità della sua carne.

2.2. Arionidi

Le specie appartenenti a questa famiglia, tutte dannose all'agricoltura, si distinguono dai limacidi soprattutto per l'assenza della conchiglia. In Italia sono presenti 9 specie appartenenti al genere *Arion* che si differenziano per grandezza colore e distribuzione geografica ma non per i danni arrecati.

2.3. Limacidi

Sono frequenti nei luoghi umidi e dannosi alle colture agrarie in quanto si nutrono di vegetali anche se non disdegnano piccoli insetti e lombrichi. Vi appartengono specie di grosse dimensioni come la gigantesca *Limax cinereoniger* che può raggiungere dimensioni fino a 200 mm. Tra i numerosi nemici naturali delle chioccioline e delle limacce citiamo soprattutto: ricci, talpe, topi, ghirri, donnole, serpenti, testuggini, uccelli, ecc.

3. Anellidi

Vi appartengono animali con metameria evidente sia nella segmentazione del corpo che nella distribuzione degli organi interni. Sono ermafroditi o a sessi distinti. In parecchie famiglie la maturità sessuale è acquisita da precisi segmenti del corpo.

Raramente, oltre che sessualmente, si moltiplicano agamicamente per divisione. In questo gruppo animale è frequente il fenomeno della rigenerazione.

3.1. Oligocheti

Sono animali che di norma vivono in terreni grassi e dotati di buona umidità. I rappresentanti tipici sono i lombrichi (Fig. 17) che hanno una storia antica quanto la terra. Aristotele riteneva che il lombrico fosse "l'intestino del mondo".

Rivestono una grandissima importanza nella formazione del suolo vegetale in conseguenza allo scavo di cunicoli nel terreno dove trascinano i residui vegetali ingerendo terriccio in profondità ed espellendolo poi negli strati superficiali; in altre parole essi cooperano in manie-

ra attiva ad areare e rimescolare gli strati del terreno compiendo una sorta d'aratura naturale tanto che Darwin li definì "aratori della terra".

La testimonianza più eclatante sull'importanza del lombrico ci proviene dalla Valle del Nilo il cui terreno ancora oggi, pur con gli oltre 6000 anni di sfruttamento, è ritenuto tra i più fertili nel mondo. Secondo alcuni ricercatori ciò è dovuto proprio ai lombrichi che, in quella valle, nel giro di soli sei mesi, sono in grado di produrre una massa di deiezioni stimabile in 240 tonnellate per ettaro. La loro validità al riguardo è talmente conclamata che in diverse parti del mondo, Italia compresa, sono allevati per attività commerciali.

Tra gli oligocheti, inoltre, gli enchitreidi, estremamente numerosi nei suoli umidi, possono contribuire a limitare in maniera importante i livelli di popolazione dei nematodi fitoparassiti.

4. Artropodi

Sono animali di dimensioni variabili e provvisti di appendici articolate (caratteristica tipica). Il corpo è rivestito dall'esoscheletro, un involucro più o meno spesso, che lo protegge formando una sorta di corazza (Fig. 18). Ne consegue che l'animale per potersi accrescere volumetricamente deve mutare; per far ciò deve lasciare la vecchia spoglia, divenuta insufficiente, e formarne una nuova.

L'importanza degli artropodi è notevole non solo per l'elevato numero delle specie note, oltre i 2/3 del regno animale, ma anche e soprattutto per il rapporto che hanno con le attività umane.

4.1. Aracnidi

Gli aracnidi, con dimensioni e colori diversi, hanno abitudini varie e sono in grado di assolvere molteplici ruoli. La caratteristica più saliente degli aracnidi è la presenza di quattro paia di appendici locomotorie al livello del torace. Numerose specie hanno vita terrestre e sono molto diffuse nei campi; alcune sono velenose.

4.1.1. Scorpioni

Gli scorpioni, fin dai tempi più remoti, hanno dato luogo a numerose leggende. Sono i rappresentanti degli aracnidi di più grosse dimensioni, i più noti e sono riconoscibili per la loro morfologia che sembra essere fatta apposta per simbolizzare l'astuzia e la cattiveria. Il terrore che si ha degli scorpioni, soprattutto per le specie europee, non è proporzionato alla loro pericolosità.

Questi artropodi non sono molto numerosi né come numero di specie né come individui e non sono facilmente visibili. Il solo genere diffuso in Italia è *Euscorpins* (Fig. 19), con 4 specie segnalate tra cui *E. italicus* che con i suoi circa 50 mm di lunghezza, è la più grossa.

Lieve è il danno arrecato dalla puntura di questi scorpioni al confronto di quelle prodotte da alcune specie africane che possono causare anche la morte. Essi non attaccano mai deliberatamente l'uomo ma lo pungono, come reazione, se si sentono minacciati.

4.1.2. Ragni

Molte specie vivono fra le piante e attraverso la tela o rete, che le femmine tessono con un secreto prodotto da apposite ghiandole che sboccano all'estremità posteriore dell'addome, catturano un gran numero di insetti che utilizzano come nutrimento (Fig. 20). Aristotele, il più antico dei naturalisti, dedicò ai ragni la sua attenzione e ne descrisse l'origine, l'alimentazione, l'accoppiamento, le tele e i nemici.

Numerose specie di ragni sono provviste di vari tipi di apparecchi stridulanti; i loro suoni sono per l'uomo difficili da percepire. Come molti altri predatori i ragni hanno la tendenza a vivere isolati e solo eccezionalmente combattono tra loro.

Numerose sono le specie che vivono in buchi del terreno o sotto le pietre in nidi costituiti da tubi sericei con l'orificio esterno guarnito di molti fili disposti irregolarmente. Altre scavano tane nel terreno dalle quali escono per andare a caccia nei dintorni.

Lo sbocco del cunicolo è chiuso da un opercolo di terra impastato rinforzato da fili. Tra i ragni minatori c'è una specie molto celebre: la tarantola delle Puglie (*Lycosa tarentula*). Questa e la similissima *Lycosa narbonensis* vivono in terreni aridi, incolti e soleggiate e usano installarsi sotto le pietre o scavare nel terreno un cunicolo di 15-20 cm di profondità ed oltre. Al morso della tarantola sono stati attribuiti effetti sorprendenti, non mortali, e addirittura una terapia insolita quale il ballo della tarantella. Nel secolo XVII il celebre naturalista Aldovrandi ne dava una lista impressionante.

4.1.3. Acari

Comunemente vengono definiti acari, oltre alle specie appartenenti agli acaridi anche gli oribatidi ed i gamasidi. Gli acari (Fig. 21), tra gli organismi pluricellulari, sono secondi in numero solo ai nematodi; presentano dimensioni esigue ed abitudini estremamente varie.

Molte specie sono parassite dell'uomo e degli animali, come l'acaro della scabbia (*Sarcoptes scabiei*); altre vivono su derrate alimentari, nella polvere arrecando all'uomo fenomeni allergici di grave entità; o come parassiti delle piante, ad esempio il ragnetto rosso (*Tetranychus* sp., ecc.) ed altre ancora assolvono il ruolo di limitatori naturali di specie dannose. Nelle specie parassite la parte boccale è trasformata in un rostro atto a perforare i tessuti animali o vegetali per succhiarne i liquidi vitali.

Nell'economia della natura gli acari hanno un ruolo non trascurabile. Degna di nota è l'azione esercitata dalle forme terrestri nei processi di trasformazione dei più minuti detriti organici; sono particolarmente attivi nelle concimaie, sulle foglie secche e nell'humus dove provvedono anche alla disseminazione dei microrganismi. Nei muschi sono molto numero-

si acari di piccolissime dimensioni come: *Punctoribates punctum* e molte altre specie che si nutrono di sostanze vegetali (Fig. 22).

Moltissimi gamasidi (*Pergamasus* sp., *Engamasus* sp.) sono gran divoratori di insetti, o come *Geolaelaps aculeifer* di nematodi di dimensioni grosse come *Xiphinema index* o ancora *Lasioseus thermophilus* che è in grado di divorare un gran numero di uova di *Ditylenchus myceliophagus*. Gli acari possono attaccare direttamente i nematodi o competere con loro per il cibo che può essere diversificato in relazione allo stadio di sviluppo (Fig. 23). L'acaro *Macrocheles muscaedomesticae*, ad esempio, negli stadi giovanili si ciba in grande quantità di nematodi (*Rhabditis* spp.); da adulto preferisce cibarsi delle uova di mosca. Talvolta gli acari possono esercitare un controllo indiretto sui nematodi; è stato infatti osservato che gli acari micofagi, divorando notevoli quantità di micelio, lasciano scarsissimo nutrimento alle popolazioni di *Ditylenchus destructor* limitandone così lo sviluppo.

Un acaro che arreca gravi danni all'agricoltura, noto come l'acaro delle patate per la preferenza che dimostra verso i tuberi marcescenti, è *Rhizoglyphus echinopus*; questi attacca anche altri tuberi e bulbi (dalia, tulipano, orchidea, giacinto, giglio) e le radici marcescenti della vite per le tuberosità provocate dalla fillossera.

4.2. Crostacei

Fanno parte della fauna dei prati e dei boschi, viventi a carico della lettiera gli isopodi; piccoli crostacei, dal corpo depresso, privi di cefalotorace, con i segmenti provvisti di appendici locomotorie uguali. I rappresentanti tipici sono *Oniscus* e *Porcellio*, i noti porcellini di terra che vivono liberi in suoli umidi o in tronchi marcescenti e ripari vari (Fig. 24), capaci, se molestati, di avvolgersi a palla e presenti nei nostri terreni con diverse specie.

4.3. Miriapodi

Hanno tutti un ruolo importante nella formazione del terreno agrario. Vivono nei più svariati ambienti, ma sempre al coperto, essendo per lo più lucifughi; la loro attività è svolta prevalentemente di notte o col cielo nuvoloso. Di norma questi animali che appartengono a quattro distinte classi, riunite, per comodità, sotto la comune denominazione di miriapodi, per la presenza di numerose appendici locomotorie (fino a centinaia) (Fig. 25).

Fra questi i più numerosi sono i chilopodi le cui dimensioni vanno da pochi millimetri a circa 30 cm. Hanno il corpo formato da un numero vario di segmenti, talvolta anche molto elevato, ciascuno dei quali è provvisto di un paio di zampe. L'apparato boccale è munito di una coppia di uncini forati in cui sbocca il condotto di due ghiandole velenifere. Sono animali rapaci, carnivori e dotati di elevata mobilità; tra i chilopodi la specie più nota, sebbene non presente in Italia, è la robusta *Scolopendra morsitans* che può raggiungere gli 8-10 cm di lunghezza, provvista di 21 paia di zampe e con presenza di forcicole atte a catturare e sminuzzare le piccole prede di cui si nutre. Comuni in Italia sono *Lithobius forficatus* con 15 paia di

zampe e *Scutigera coleoptrata*, riconoscibile per la presenza di zampe lunghissime e sottili.

Un'altra classe dei miriapodi, che ha uno stretto rapporto con il terreno, è quella dei diplopodi, con corpo allungato, o cilindrico rigido, ma che può ripiegarsi su se stesso fino a formare una spirale. Sono caratterizzati dal presentare un numero molto alto (fino a 300 paia) di appendici locomotorie e sempre due paia per metamero. L'apparato boccale, ben sviluppato detto gnatochilario, serve per tritare foglie secche, legno marcescente di alberi abbattuti, ecc. Sono tra i primari "costruttori" dell'humus del terreno, tramite le loro deiezioni azotate, e collaborano all'aerazione del suolo in quanto possono approfondirsi fino a 10-20 cm.

4.4. Collemboli

Sono di origine antichissima, con addome formato da sei segmenti provvisti di appendici destinate all'adesione ed un complesso apparato saltatorio (Fig. 26); le antenne e gli occhi sono presenti. Hanno una diffusione molto ampia, strettamente correlata al tenore di umidità del terreno.

Quasi tutte le specie sono vegetariane e rappresentano una frazione molto importante della fauna del suolo; non è raro trovare esemplari sugli alberi. Alcune specie hanno la capacità, attraverso prodotti del metabolismo provenienti dal tessuto adiposo, di emettere al buio una leggera luce.

4.5. Proturi

Anch'essi di origine antica, sono minutissimi, depigmentati, privi di antenne ed occhi e con appendici rudimentali e aperture genitali doppie. Pur essendo reperibili su quasi tutto il Pianeta la prima specie *Acerentomon doderoi* fu individuata in Italia a Portici quasi cento anni addietro; vive permanentemente nel terreno, solitamente nell'humus, nutrendosi di sostanze vegetali decomposte e miceli fungini.

4.6. Insetti

Gli insetti, come rilevano gli esemplari fossili dell'era paleozoica, sono comparsi sulla Terra centinaia di milioni di anni or sono e rappresentano un "mondo" sterminato. Hanno colonizzato tutti gli ambienti con la loro notevole adattabilità e plasticità ecologica e per possibilità di moltiplicazione.

Sono animali superiori, ben organizzati e molto evoluti in grado di respirare direttamente l'aria atmosferica. In altre parole hanno un posto di rilievo nell'evoluzione tanto da costituire un gruppo importantissimo che domina la scena del mondo vivente. Le loro dimensioni sono molto varie e comprese quasi tutte nella mesofauna e macrofauna del suolo.

Gli insetti di interesse agrario appartenenti alla pedofauna possono essere distinti, anche se in maniera non del tutto scientifica, in geofili e geobionti. I primi hanno nella norma rapporti occasionali, solo talvolta frequenti, con il terreno senza sviluppare particolari adatta-

menti alla vita terricola. Ad essi appartengono varie specie che utilizzano il terreno solo per trascorrervi alcuni stadi della loro vita come ad esempio diverse mosche, la dorifora della patata, la processionaria del pino, il balanino delle nocciole, ecc.

Altri geofili invece frequentano il terreno in maniera assidua e per motivi diversi come: l'attività predatrice (es. coleotteri), ricerca di parti vegetali da attaccare all'esterno (es. larve delle nottue) o all'interno (cleoni, punteruoli, mosche, ecc.) o anche per costruirvi nidi come le formiche (Fig. 27).

I geobionti pur avendo rapporti che possono essere periodici o continui, si sono ben adattati a vivere nel terreno. Vi appartengono infatti specie considerate dannose per l'agricoltura che hanno sviluppato particolari adattamenti grazie ai quali possono trascorrere buona parte della loro vita nel terreno in cui depongono le uova, come ad esempio elateridi, grillotalpa, ecc.

Questi insetti vivono comunque da adulti nell'ambiente epigeo, differenziandosi da altri artropodi quali proturi, collemboli e dipluri che unitamente ad acari, miriapodi e crostacei terrestri sono in grado di vivere permanentemente nel terreno.

Nei terreni agrari, al contrario di quelli naturali, la pedofauna "utile" è in continua regressione. In particolare i geofili (stafilinidi), i nematodi predatori (*Mononchus*) ed altri sono sempre più difficili da reperire soprattutto per le tecniche colturali e fra tutte la geodisinfestazione dei terreni. I geobionti (larve di elateridi ad es.) invece risultano spesso abbondanti e talvolta particolarmente dannosi per le piante.

4.6.1. Apterigoti

A questo gruppo appartengono gli insetti tra i più primitivi, sprovvisti di ali, viventi un poco ovunque laddove si riscontrano substrati favorevoli.

4.6.1.1. Tisanuri

La condizione di primitività di questo ordine è evidenziata dalla presenza delle spermatofore che possono essere affidate alla femmina senza accoppiamento. Sono presenti le antenne, non sempre gli occhi.

Alcune specie si adattano a vivere nei formicai e nei termitai rendendosi gradite ai padroni di casa nel produrre sostanze da essi appetite ricavando, in cambio, vantaggi diversi. Tra le molte specie *Ctenolepisma targionii* è comune nelle case cibandosi di sostanze amilacee, pertanto danneggia libri, quadri, ecc.

4.6.2. Pterigoti

È un mondo immenso rappresentato da forme tipicamente alate, anche se per adattamenti secondari le ali possono essere assenti.

Nel complesso le principali specie terricole appartengono ai coleotteri, lepidotteri, ditteri e ortotteri.

4.6.2.1. Isotteri

Agli isotteri o tèrmiti appartengono specie sociali, di piccole e medie dimensioni, dotate di apparato boccale masticatore e di 4 ali uguali. Presentano un caratteristico polimorfismo, con forme alate ed attere, correlato alla divisione del lavoro.

Si nutrono di legno e presentano una particolare simbiosi intestinale con protozoi e batteri utili che attuano la vera digestione della cellulosa. In base alla localizzazione del nido le tèrmiti sono divise in terricole, lignicole ed arboricole.

4.6.2.1.1. Rinotermitidi

Comprendono specie terricole, attive ed invasive che possono spostarsi in varie direzioni per via sotterranea, entro gallerie rapidamente scavate anche per 100 m, o per via epigea, entro tubi o cannelli terrosi rapidamente costruiti fino al legno attaccato. In queste specie è frequente la moltiplicazione dei nidi per propaggine (comparsa dei riproduttori di complemento in gallerie periferiche che diventano sede di nuovi nidi).

Reticulitermes lucifugus (termite nera), vive in colonie di molte migliaia di individui (operai, soldati e molti reali di complemento) e mancando i reali veri, la sciamatura è frequente.

La specie è diffusa in tutta Italia in aree non molto fredde. Può attaccare anche piante vegete (sempre provenendo dal terreno) ma preferisce ceppaie e legno morto.

4.6.2.2. Ortotteri

È un ordine che comprende specie di varie dimensioni. Gli adulti hanno una vita solitaria o gregaria e possiedono organi stridulanti e timpani uditivi sviluppati. I danni da loro prodotti possono risultare molto gravi soprattutto durante la fase gregaria.

4.6.2.2.1. Grillotalpidi

Comprendono individui dalla taglia grande con zampe anteriori corte e robuste, provviste di spine tibiali espanse adatte allo scavo. La specie più rappresentativa è il grillotalpa (*Gryllotalpa gryllotalpa*) (Fig. 28), il cui adulto, 4-5 cm di lunghezza, è di colore giallo-bruno vellutato.

Ha un regime alimentare onnivoro in prevalenza zoofago. Nel corso dei suoi scavi arreca danni ai tappeti erbosi. Danneggia, altresì, numerose produzioni agricole, soprattutto patate. La sua vita è più attiva nei terreni sciolti ed irrigati. Le femmine depongono complessivamente 200-300 uova in un nido terroso della grandezza di una palla da tennis e munito di un foro di passaggio. Le forme giovanili vivono anche oltre il metro di profondità dove trascorrono l'inverno per poi risalire e, dopo un'ulteriore muta, trasformarsi in estate avanzata in adulti.

4.6.2.3. Emitteri: Omotteri

Comprendono insetti terrestri o acquatici provvisti di apparato boccale pungente succhiatore. Molti omotteri sono parassiti delle piante alle quali arrecano danni gravissimi.

4.6.2.3.1. Afididi

Comprendono numerosissime specie di afidi viventi su un gran numero di piante arboree, arbustive ed erbacee (Fig. 29).

Tra queste:

Aphis menthae-radiciis, di un colore grigio verde con bande trasversali che nelle forme adulte sono ben marcate. La sua area di distribuzione non è ben definita. Le colonie dell'afide sono invase da formiche attratte dalle loro secrezioni. Vivono su radici di *Mentha* spp. ed altre piante erbacee.

Rhopalosiphoninus latusiphon, è l'afide dei tuberi e dei bulbi conservati, di colore verde è inferiore ai 3 mm di lunghezza. Infesta numerose piante appartenenti a specie botaniche diverse. La sua presenza non è accomunata alle formiche; si localizza nella zona del colletto di diverse piante ospiti soprattutto nei terreni che subiscono crepe in seguito alla siccità estiva.

I danni indiretti sono molto gravi in quanto esso è vettore di virus diversi (virus del mosaico del cocomero, del giallume della bietola, ecc.).

Cinara confinis, di colore bronzeo scuro con addome in cui sono presenti vistose aree dorsali sclerificate; diffuso in diverse parti del mondo, si trova soprattutto su *Abies* dove si localizza all'ascella delle gemme sui rametti, sul tronco e talora al colletto e sulle radici superficiali.

Cinara tujafilina, di colore bronzeo lungo 2,3-3 mm. È diffuso in tutto il mondo soprattutto nei Paesi caldi. Colonizza i germogli e le radici superficiali.

Neotrama caudata, di colore giallo pallido con capo suddiviso da una linea di sutura longitudinale mediana. Mediamente misura 3 cm di lunghezza ed è diffuso in gran parte dell'Europa. Si sviluppa su piante diverse, formando colonie, accudite dalle formiche, sulle radici delle piante ospiti.

Protrama flavescens, di colore giallastro con capo suddiviso da una linea di sutura longitudinale, inferiore ai 4 mm di lunghezza. È specie polifaga le cui colonie vivono sulle radici e sono accudite dalle formiche.

Protrama radiciis, di colore giallastro di circa 3 mm di lunghezza. Infestazioni sono state osservate su piante diverse, soprattutto il carciofo. Le colonie di afidi, accudite dalle formiche (ad es. *Formica fusca*), vivono sulle radici.

Trama troglodytes, di colore bianco-giallastro di circa 3 mm di lunghezza. Si sviluppa su diverse composite dove le colonie dell'afide, accudite da formiche diverse (es. *Formica rufa* ed altre) infestano la radice principale delle piante ospiti provocando deperimenti in funzione della densità delle popolazioni.

Smythurodes betae, di colore biancastro (impolverato di cera bianca) di 1,7-2,5 mm di lunghezza. È cosmopolita anche se vive di preferenza su *Pistacia mutica* e *P. atlantica* provocando pseudogalle. Infesta anche le radici di diverse piante erbacee (leguminose, solanacee, ombrellifere, ecc.); solo occasionale è la sua presenza su graminacee.

4.6.2.3.2. Fillosseridi

Comprendono afidi ovipari. Non hanno rapporti con le formiche e attaccano esclusivamente piante arboree. Tra di essi sono annoverate specie che non sono ricoperte di secreti cerosi e che vivono sulle Fagacee sulla vite e sul pero. La specie più importante è la Fillossera della vite (*Viteus vitifoliae*). La specie presenta il corpo piriforme di colore giallo-verdastro, originaria del Nord-America, è stata introdotta accidentalmente in Europa nel 1863 ed è giunta in Italia nel 1879.

Essa è ormai divenuta cosmopolita. Vive a spese delle foglie e delle radici. Sulle prime causa la formazione di numerose galle sporgenti sul lembo inferiore della foglia. Sulle radici provoca la comparsa di nodosità, tuberosità e necrosi dei tessuti corticali che causano la morte delle piante.

4.6.2.3.3. Pseudococcidi

Comprendono cocciniglie dal corpo ovale, rivestito di cera e fornito in genere di raggi cerosi di varia lunghezza. Si riportano di seguito due specie:

Rhizoecus cacticans, ha il corpo di color crema di circa 3 mm di lunghezza. È specie ampiamente diffusa ed attacca l'apparato radicale di cactacee.

Rhizoecus falcifer, di forma allungata e di dimensioni poco superiori ai 3 mm. La sua presenza è stata riscontrata su radici di piante diverse (vite, palme, convolvolo, filodendron, ecc.) soprattutto se allevate in serra ed in vaso.

4.6.2.4. Coleotteri

È l'ordine più vasto di tutto il regno animale e comprende insetti di dimensioni variabili fra il mezzo millimetro e gli oltre 15 cm; tanto gli adulti quanto le larve posseggono le ali anteriori trasformate in elitre e un apparato boccale essenzialmente masticatore. Vivono in condizioni ambientali diverse e con regime alimentare molto vario.

4.6.2.4.1. Elateridi

Comprendono specie terricole, soprattutto fitofaghe e saprofaghe, di piccole e medie dimensioni; spesso si trovano nei nidi delle termiti e delle formiche e su sostanze organiche in decomposizione.

Pyrophorus noctilucus, le larve sono cilindriche con tegumento coriaceo, hanno zampe rigide, lunghe e lucide. È un insetto dotato di veri e propri organi fotogeni posti ai lati del pronoto e sul primo urite.

I terreni sabbiosi ed asciutti non sono i più idonei alle loro attività vitali. Le larve degli elateridi sono dannosissime a numerose colture (barbabietola, mais, peperone, patata, ecc.) soprattutto al grano dove infestazioni di 35 larve per m² possono costringere alla risemina. Le larve convergono verso le radici attratte dalla CO₂ e dagli essudati radicali.

I danni alle colture si riscontrano in primavera ed in autunno quando le larve sono presenti in gran numero negli strati più superficiali del terreno.

4.6.2.4.2. Scarabeidi

Questa famiglia ha subito continue revisioni; un tempo infatti appartenevano agli scarabeidi anche specie ora ascritte ai melolontidi, ai dinastidi (ecc.).

Le specie terricole più comuni sono: *Melolontha* spp. o "maggjolini", *Haplidia etrusca* "aplidia del nocciolo", *Pentodon punctatus* o "bacherozzo", *Amphimallon solstitialis* "grande maggiolino di San Giovanni" ecc.

Melolontha melolontha, il maggiolino comune ha dimensioni che sfiorano i 3 cm di lunghezza (Fig. 30). Gli adulti si nutrono di foglie di svariate latifoglie (betulla, castagno, pioppo, ecc.) e piante da frutto (ciliegio, melo, nocciolo, noce, ecc.).

Le larve vivono nel terreno divorando un gran numero di radici di piante diverse. In conseguenza di tale attività si verificano deperimenti vegetativi, appassimento durante il periodo estivo ed in alcuni casi morte delle piante. Durante il periodo invernale, con le basse temperature, le larve iniziano ad interrarsi fino a circa 1 m di profondità.

Haplidia etrusca, l'aplidia del nocciolo la cui larva attacca radichette di diverse piante coltivate e spontanee comprese vite e nocciolo sulle quali crea erosioni a livello del colletto con conseguenti gravi deperimenti vegetativi; le erosioni provocate dagli adulti sono di scarso interesse. La deposizione delle uova avviene nel terreno a 15-30 cm di profondità.

Pentodon punctatus, il bacherozzo è presente in diverse regioni del Mediterraneo dove è causa di danni a colture diverse (vite, pesco, tabacco, ecc.).

Le larve, 30-40 mm di lunghezza, di colore bianco con capo bruno compiono erosioni sulla parte interrata del fusto delle giovani piante arboree che vanno soggette a morte. Le femmine fecondate depongono le uova, in diversi mucchietti a 4-5 cm di profondità.

Amphimallon solstitialis, noto comunemente come il grande maggiolino di San Giovanni è diffuso in gran parte dell'Europa (Fig. 31). Le larve sono polifaghe e le infestazioni sono di solito localizzate a chiazze. Gli adulti sono attivi al tramonto; mentre i maschi compiono brevi voli, le femmine fuoriuscite dal terreno compiono eccezionalmente limitatissimi spostamenti ed un paio di settimane dopo l'accoppiamento iniziano la deposizione delle uova, in modo isolato nel terreno, entro una piccola palla di terra.

4.6.2.4.3. Curculionidi

Comprendono un elevatissimo numero di specie con una taglia generalmente compresa fra 1,5 e 20 mm. Le larve sono corte, apode, più o meno ricurve e di colore biancastro. La maggior parte delle specie vive su piante agrarie, spontanee e forestali.

Otiorrhynchus rugosustriatus, il comune oziorrinco della fragola ha la forma adulta di colore bruno-nerastro di 6-7 mm di lunghezza; le larve sono apode, bianche, con capo giallo, corpo

arcuato di 10-12 mm di lunghezza e vivono a spese delle radici di diverse piante ospiti causando erosioni che sono causa di deperimento e successiva morte delle piante. Gli adulti si limitano ad erodere il margine delle foglie (Fig. 32).

Lixus junci, l'adulto del lisso comune è di color nero e presenta una forma allungata con dimensioni che oscillano dagli 8 ai 23 mm di lunghezza. La larva è apoda, di colore bianco, capo nero e una fascia di colore crema sul protorace; le sue dimensioni oscillano tra i 12-14 mm di lunghezza. Vive su piante diverse ma soprattutto su barbabietola da zucchero. Gli adulti compiono erosioni semicircolari sui margini fogliari; le larve scavano gallerie discendenti di 6-7 cm nel colletto delle barbabietole da zucchero. Gli adulti con il sopraggiungere dei primi freddi, per superare l'inverno, si interrano.

Temnorhinus mendicus, l'adulto del cleono è interamente ricoperto di squame grigio-biancastre. Il maschio, 11-17,5 mm di lunghezza, nella norma è più piccolo della femmina. La larva è bianco-lattea apoda e ricurva a C con capo bruno che presenta sui lati una doppia serie di tubercoli. È il fitofago più dannoso per la barbabietola da zucchero. I danni degli adulti consistono in erosioni fogliari; le larve scavano gallerie nel fittone portando talora a morte le piante. Ogni femmina depone mediamente 60-70 uova mentre le larve si impupano in una celletta terrosa. Gli adulti di norma restano nel terreno durante tutto l'inverno.

4.6.2.4.4. Crisomelidi

Il corpo è di forma ovale, vivacemente colorato con riflessi metallici. Diverse specie sono di notevole importanza agraria.

Altica brevicollis è nota come la comune altica del nocciolo. L'adulto, 4-5 mm di lunghezza, è di colore verde metallico; la larva, 6-7 mm di lunghezza, è di colore nerastro. Vive sul nocciolo. Gli adulti erodono l'intero lembo fogliare che risulta quasi del tutto perforato; le larve divorano il parenchima fogliare senza intaccare le nervature principali e a maturità si portano nel terreno o sotto la corteccia di piante.

4.6.2.4.5. Carabidi

La maggior parte delle 25.000 specie note è predatrice di vermi, chioccioline e lumache; alcune di esse però, occasionalmente o per abitudine, sono fitofaghe.

Zabrus tenebrioides, comunemente nota come zabbro gobbo ha l'adulto di colore nero con capo sporgente lungo 12-18 mm. La larva è allungata ed appiattita di colore giallognolo con dimensioni che raggiungono i 30 mm di lunghezza. Vive di norma su frumento, orzo e segale e, all'occasione, su graminacee spontanee.

Le larve vivono nel terreno dove scavano una galleria verticale fino a circa 40 cm di profondità e troncano alla base le giovani piantine; se queste sono accestite recidono le foglie basali per alimentarsene. I danni sono ingenti in quanto l'attività devastatrice passa da pianta a pianta.

Gli adulti divorano i semi delle giovani spighe per intero. Depongono le uova, mediamen-

te una sessantina, in maniera isolata o a gruppetti, ad una ventina di centimetri di profondità. Le larve si disperdono nel terreno, generalmente senza alimentarsi, ed iniziano la loro attività a spese delle plantule.

4.6.2.4.6. Silfidi

Comprendono specie di taglia medio-grande che si nutrono di animali morti, sterco e talvolta di vegetali.

Nicrophorus germanicus è la specie nostrana più nota e raggiunge i 3 cm di lunghezza; questa fa il mestiere del becchino in quanto seppellisce le carogne di piccoli animali, topi compresi, che successivamente la femmina gestisce per l'alimentazione delle proprie larve (Fig. 33).

4.4.2.4.7. Cerambicidi

A questa vasta famiglia appartiene il genere *Vesperus* (Fig. 34), ancora poco noto, le cui forme larvali vivono su radici di piante diverse.

4.6.2.5. Lepidotteri

Sono rappresentati da circa 140.000 specie viventi negli ambienti più diversi. Le loro dimensioni e colori sono molto vari. Le specie più vistose per forma, colore e dimensioni vivono nelle regioni tropicali.

4.6.2.5.1. Nottuidi

Nel complesso delle specie terricole riscontriamo numerose *Agrotis* spp. dannosissime a colture diverse (Fig. 35).

Nottua dei seminati *Agrotis ipsilon*, ha l'adulto con ali anteriori di colore grigio giallastro portanti un piccolo disegno ad Y con apertura alare di 40-45 mm. La larva è di colore grigio piombo lunga 40-50 mm. È una nottua polifaga.

Le larve inizialmente vivono sulla parte aerea della piante provocando erosioni fogliari; in seguito divengono terricole insediandosi alla base delle piante per compiere nelle ore notturne erosioni al colletto o sugli organi carnosì sotterranei. Le femmine depongono le uova, in modo isolato o in piccoli gruppi sulla pagina inferiore delle foglie, in terreni umidi e lavorati.

Pseudaletia unipuncta, la nottua delle graminacee, ha gli adulti che presentano ali anteriori di colore bruno e posteriori grigie. Ha una dimensione alare di 30-45 mm. Le larve, 30-35 mm di lunghezza, di colore giallastro, hanno il corpo percorso da tre linee longitudinali biancastre.

È specie polifaga anche se preferisce il mais. Gli adulti hanno abitudini notturne; svernano allo stadio di larva nel terreno. Il danno è prodotto alle cariossidi che si trovano nella fase di maturazione lattea e cerosa.

4.6.2.6. Ditteri

Sono rappresentati da oltre 100.000 specie viventi negli ambienti più disparati. Tra le specie terricole riscontriamo diversi Tipulidi, Antomidi e Psillidi.

4.6.2.6.1. Tipulidi

Comprendono i ditteri meno evoluti, caratterizzati da adulti di grosse dimensioni che in quanto somiglianti a grosse zanzare è stato a loro attribuito l'appellativo di "zanzaroni".

Tipula oleracea, la comune tipula degli orti è la specie più rappresentativa. L'adulto è di colore bruno con quattro bande longitudinali nerastre nella parte dorsale del torace. La femmina, lunga mediamente 18-23 mm, ha dimensioni maggiori del maschio. Le larve, inizialmente si nutrono di humus, successivamente si spostano su diverse piante erodendo la zona del colletto.

4.6.2.6.2. Antomidi

Comprendono specie di piccole e medie dimensioni molto simili alla mosca domestica. Le larve cilindriche possono minare il fusto delle plantule, scavare gallerie nei turioni, minare la parte edule sotterranea delle piante ortive ecc.

Tra le numerose specie si citano:

Pegomya betae, la mosca minatrice delle foglie delle bietole. L'adulto, 6-7 mm di lunghezza, presenta il capo grigio chiaro, con torace grigio-giallastro e addome grigio. La larva biancoverdastra scava mine sottoepidermiche nelle foglie che in seguito si distaccano per cadere sul suolo. Le mosche fuoriescono dalle pupe svernanti nel terreno.

Delia antiqua, la mosca della cipolla, 5-7 mm di lunghezza, ha l'adulto di colore grigio-giallastro con cinque bande scure sul torace. Le femmine mediamente depongono 150-200 uova con ovideposizioni che si ripetono ogni 12-15 giorni, in prossimità del colletto delle piante, in modo isolato o a gruppi. Le larve, 6-8 mm di lunghezza, attaccano i tessuti bulbosi di piante diverse danneggiandoli.

4.6.2.6.3. Psilidi

Comprendono specie di medie dimensioni con corpo stretto e allungato alquanto scuro. Le larve sono minatrici e vivono a spese delle radici e della parte basale del fusto delle piante. Fra le specie più comuni e diffuse citiamo:

La mosca delle carote *Chamaepsila rosae*, ha l'adulto, 4-5 mm di lunghezza, con torace e addome neri e capo bruno; la larva, 6-8 mm di lunghezza è di colore bianco-giallastro brillante. Questa mosca vive esclusivamente a spese delle ombrellifere. Le larve della prima età si limitano a lesionare le piccole radici; quelle della seconda e terza età danneggiano il fittone nel quale scavano gallerie.

4.6.2.7. Imenotteri

Includono circa 100.000 specie tipicamente terrestri con dimensioni variabili dai 2 ai 6 mm.

Molti imenotteri conducono vita solitaria ma, la maggior parte, si riunisce in società organizzate (api, vespe, formiche) presentando uno spiccato polimorfismo ed una divisione in caste. Vivono in nidi che mostrano una caratteristica e complessa architettura.

4.6.2.7.1. Formicidi

Raggruppano specie con peziolo (un peduncolo che unisce il torace all'addome), lateralmente appiattito, comprendente un solo articolo. Le ninfe sono protette da bozzoli biancastri impropriamente noti come "uova di formiche". Sono specie polifaghe (Fig. 36).

Depongono nidi sia nel terreno che sugli alberi. I primi, detti sotterranei, sono ricoperti da una sorta di cupola composta da terra mista a detriti vegetali. In ogni specie la tecnica di costruzione della propria dimora può variare, in relazione all'adattamento alle locali condizioni territoriali. In alcuni casi i formicidi si localizzano in nidi abbandonati da insetti xilofagi.

Numerose specie di formiche possono abitare nello stesso nido dando luogo ad una colonia mista o ospitare addirittura altri insetti. Durante la notte la loro attività cessa previa la chiusura delle uscite di ogni galleria.

Formica rufa, in particolare questa formica rossa distrugge una grande quantità di insetti nocivi. È il caso della processionaria del pino dove assume un ruolo importante nel controllo biologico.

5. Cordati

Il carattere fondamentale è la corda dorsale o notocorda; una struttura assiale dell'embrione che negli adulti dei Vertebrati viene sostituita dalla colonna vertebrale. L'origine dei cordati non è ancora del tutto chiara e le ipotesi sono varie.

Di questo phylum solo la classe dei vertebrati ha specie terrestri legate alla vita del suolo.

5.1. Anfibi

Gli anfibi sono lo stadio intermedio tra i pesci e i rettili, pertanto hanno la caratteristica di avere vita acquatica e terrestre nello stesso tempo. Questi animali infatti, nelle linee generali, passano la prima parte della loro vita in acqua e quindi, come i pesci, hanno una respirazione branchiale e successivamente, in seguito a metamorfosi, acquistano i polmoni per respirare, come i rettili, l'aria atmosferica. Sono animali eterotermi e presentano una pelle nuda.

Gli anfibi sono suddivisi in tre ordini: urodeli (dotati di coda), apodi ed anuri. Circa la metà degli anuri ed alcuni urodeli conducono vita arboricola; quasi tutti gli apodi invece, insieme ad un buon numero di urodeli ed anuri, sono anfibi scavatori. Essi vivono in preferenza in terre-

ni fertili ove si muovono alla maniera dei lombrichi per allungamento e ritrazione del corpo.

Vivono, di norma, in piccole cavità, in prossimità di acqua, assicurandosi la comunicazione tramite gallerie in modo da consentire alle larve di raggiungere l'elemento liquido vitale per il proprio sviluppo.

5.1.1. Anuri

Vi appartengono alcune forme scavatrici i cui tipici rappresentanti appartengono al genere *Ptychocephalus*. Tipico rappresentante è la rana scavatrice (*Ptychocephalus adspersus*) la cui femmina, ad eccezione nel periodo dell'accoppiamento, ha abitudini sotterranee. Si citano inoltre i *Breviceps* africani che vivono nei termitai nutrendosi dei loro abitanti. Anche il rospo comune (*Bufo bufo*) vive negli anfratti del terreno (Fig. 37).

5.1.2. Urodeli

Gli Urodeli hanno abitudini molto varie e poco note. La salamandra nera (*Salamandra atra*) conduce un'esistenza interamente terrestre. Vi appartengono inoltre specie propriamente cavernicole (*Speleomantes italicus*, *S. genei*).

5.1.3. Apodi

Privi di arti, pertanto confusi con i serpenti, hanno un'origine sconosciuta per la mancanza di reperti paleontologici. La maggior parte delle specie depone le uova in una celletta sotterranea che è collegata alla falda acquifera tramite una galleria scavata dalla femmina. La loro alimentazione è composta soprattutto da lombrichi ed insetti.

5.2. Rettili

I rettili sono vertebrati eterotermi con cute provvista di scaglie o placche. Il loro movimento è strisciante e le lucertole e i serpenti compiono il fenomeno della muta.

5.2.1. Sauri

Appartengono a questo taxon varie specie legate al suolo, come per esempio i lacertidi. Ricordiamo *Anguis fragilis*, il noto orbettino, che non supera i 50-60 cm. di lunghezza. L'orbettino è privo di occhi ed a torto è ritenuto pericoloso; in realtà è innocuo e conduce vita prevalentemente sotterranea (Fig. 38).

5.3. Uccelli

Sono vertebrati omeotermi col corpo rivestito di piume e penne. Sono animali ovipari e taluni sono molto utili all'agricoltura (barbagianni, gufi, civette) in quanto si cibano di animali diversi (roditori ad es.), altri (granivori e frugivori) hanno la costante accusa di danneggiare i raccolti. Nessuna specie vive stabilmente o prevalentemente nel terreno ma alcune di esse,

costruiscono i propri nidi e vi allevano i piccoli.

Alcune specie, come la starna (*Perdix perdix*), stazionaria un poco ovunque, nidificano nel terreno e vivono gregarie in tutte le stagioni non riproduttive. Altre come la volpoca (*Tadorna tadorna*) o scava buche proprie o utilizza i nidi abbandonati da altri animali (conigli selvatici, volpi). Il gruccione invece (*Merops apiaster*) costruisce i suoi lunghi nidi all'estremità dei cunicoli che scava negli argini dei fiumi o lungo le scarpate. Comportamento simile è quello del martin pescatore (*Alcedo atthis*) e del topolino (*Riparia riparia*). È comunque noto che tali uccelli, una volta atti al volo, lasciano questi nidi per farvi ritorno per le nidificazioni successive.

5.4. Mammiferi

Sono vertebrati omeotermi con il corpo ricoperto di peli e presenza di ghiandole mammarie. Gli arti, in numero di quattro, sono generalmente adibiti alla locomozione. I mammiferi di grossa dimensione possono vivere solo in zone molto limitate quali boschi di alta montagna e riserve.

5.4.1. Roditori

È l'ordine più ricco di specie, con individui di dimensioni notevolmente diverse, diffuso su tutto il Pianeta. I roditori hanno la particolarità di avere denti incisivi a scalpello, senza radice e ad accrescimento continuo, per cui devono rodere anche senza apparente motivo. Il loro comportamento vitale è strettamente legato al terreno.

5.4.1.1. Cricetidi

Sono roditori, di dimensioni piccole o medie, che vivono negli ambienti più diversi ed in quasi tutto il mondo, ad eccezione dell'Australia ed alcune isole. Le specie più comuni sono di seguito riportate:

Microtus savii (Fig. 39), come altri piccoli roditori scava gallerie tortuose con diramazioni laterali formanti un labirinto.

Queste gallerie, collegate tra loro da cunicoli, si aprono alla superficie del suolo mediante fori.

Microtus arvalis, l'arvicola campestre presenta un pelame bicolore, grigio-giallastro nella parte superiore, bianco sporco in quella inferiore. In inverno scava lunghe gallerie sotto la neve dove accumula provviste di cereali ed altri semi.

Le gallerie scavate dalle due citate specie sono molto simili ad eccezione dei fori di uscita delle gallerie che hanno direzione obliqua in *Microtus savii* e verticale in *Microtus arvalis*. Il numero dei fori, in caso di forti infestazioni è elevato. Loro abituali predatori naturali sono: cani, gatti, volpi, tassi, ricci, ecc. Le due specie si differenziano anche per distribuzione geografica: *M. arvalis* è molto diffusa nel settentrione d'Italia, *M. savii* nelle regioni centro-meridionali. L'arvicola comune o topo d'acqua (*Arvicola amphibius*) scava tane lungo le sponde dei fiumi presso le quali si stabiliscono (Fig. 40).

Cricetus cricetus, il criceto comune o hamster, è un animale grazioso anche se dal carattere irascibile. La sua lunghezza può raggiungere anche i 35 cm ed ha un pelo folto e liscio. Poiché ama lavorare poco evita, nello scavo della tana, le zone aride e rocciose per la loro maggiore resistenza al lavoro. La sua tana è composta da una vasta camera centrale scavata fino a 1-2 m di profondità dotata di una galleria di uscita obliqua collegata alle riserve di cibo da gallerie secondarie. Queste tane sono facilmente individuabili da mucchietti di terra che ne segnalano l'uscita.

5.4.1.2. Muridi

A tale famiglia appartengono i topi veri e propri. Essa è molto ricca di generi e di specie che, tra l'altro, sono in notevole espansione. I rappresentanti di tutte le specie sono di piccole dimensioni con coda lunga e nuda. La maggior parte dei muridi ama la vita comunitaria e vive raramente isolata o a coppie.

Apodemus sylvaticus, il comune topo campagnolo o topo selvatico, è il rappresentante più comune e presenta caratteristiche molto vicine al topolino domestico. Non possiede una vista molto acuta. Si nutre di piccoli animali, frutta e, all'occorrenza, di cortecce di giovani piante. Tra gli alimenti usa mangiare i propri escrementi utili per l'apporto di vitamine. Ha abitudini notturne e nelle giornate fredde rimane nella tana.

Talvolta il topo campagnolo penetra nelle case rurali arrecando danni di notevole entità.

5.4.1.3. Sciuridi

Vi appartengono roditori di varie dimensioni dalla forma slanciata ed elegante, come lo scoiattolo, a forme tozze come la marmotta.

Marmota marmota, la marmotta è un grazioso roditore che vive fra le alte cime delle alpi, in zone molto impervie e anche nelle zone alte del Matese. È lunga circa 60 cm e presenta pelame composto da una lanetta corta e fitta fornita di setole con coda breve e folta. Pur se i suoi movimenti sono lenti, in caso di pericolo, riesce a saltare, correre ed arrampicarsi con abilità.

Ha un'alimentazione vegetariana (piante alpine fresche e succose, erbe varie, radici) e durante la fase di letargo consuma le riserve di grasso accumulate durante l'estate. Al mattino, nei mesi caldi, le marmotte più vecchie sono le prime ad affacciarsi dalla tana e solo dopo sono seguite dai giovani esemplari. La prudenza di questi roditori è nota, infatti si alimentano e vivono sempre in prossimità della tana che è situata a circa 1 m di profondità (Fig. 41).

Tempo addietro la marmotta era un animale molto popolare. I camini delle città venivano puliti per tradizione da piccoli spazzacamini che portavano con sé una marmotta addomesticata. La carne della marmotta, grassa e saporita, era considerata un ricostituente per le puerpere e la pelle appena scuoiata veniva impiegata per curare i reumatismi; il grasso infine trovava largo impiego in farmacopea.

5.4.1.4. Istricidi

Vi appartengono roditori caratterizzati da forme tozze e robuste, arti piuttosto corti provvisti di cinque dita, pelame ricoperto da peli rigidi provvisti di lunghi aculei, ed abitudini scavatrici.

Hystrix cristata, l'istrice crestata ha il corpo tozzo con testa grossa, ricoperto di aculei ben sviluppati, con dimensioni che si aggirano sui 60 cm di lunghezza (Fig. 42). È presente in Italia. Conduce vita solitaria e trascorre le sue giornate in gallerie scavate nel terreno. Di notte esce per la ricerca del cibo. Durante l'inverno rimane per lo più nella tana intenta a dormire .

5.4.1.5. Gliridi

Hanno muso appuntito, occhi grandi e orecchie glabre. Presentano una coda con pelo molto folto ed abitudini essenzialmente arboricole.

Glis glis, il Ghiro comune è lungo dai 18 ai 30 cm inclusa la coda (Fig. 43). Durante la giornata resta nascosto nel cavo degli alberi, nelle fessure delle rocce o nei buchi del terreno. Di sera esce dai nascondigli per la ricerca del cibo ritornando nella tana verso l'alba. È un animale molto vorace ed ha un'alimentazione varia. Durante l'estate provvede a far scorta di cibo che, accumula copioso nella tana per l'inverno. Nel periodo invernale cade in letargo.

La sua carne era molto apprezzata dai romani che lo allevavano in appositi recinti. In Campania, attualmente, è presente sui Monti: Matese, Lattari e Picentini.

5.4.1.6. Lagomorfi

La caratteristica principale dell'ordine riguarda gli incisivi del mascellare superiore (due paia). Hanno dimensioni medie.

Lepus europaeus, è la comune lepre dal pelo bruno-rossiccio sul dorso e bianco sul ventre e orecchie lunghe (Fig. 44). Le zampe posteriori più lunghe sono particolarmente adatte alla corsa. La lepre non scava la sua tana ma si sdraia in una cavità del terreno cosparsa di materiale vegetale.

In Italia meridionale, una forma endemica, presente nel Parco del Cilento e Vallo di Diano, è la lepre appenninica (*Lepus corsicanus*) molto piccola, con pelo grigiastro sul dorso e grigio chiaro sul ventre che, diversamente da *L. europaeus*, scava la tana anche se in superficie.

Oryctolagus cuniculus, il comune coniglio selvatico, a differenza della lepre scava gallerie. La prole non la si trova nella tana abitata dalla madre, bensì in altro ricovero scavato allo scopo ad una certa distanza, che viene visitato quotidianamente per l'allattamento.

Il coniglio infatti costruisce due nidi, il primo è la camera di abitazione, composta da una cavità abbastanza profonda e da diverse gallerie d'accesso scavate ad angolo retto. Ogni coppia possiede una propria tana non tollerando intrusi. La seconda tana, riservata al pasto, è costituita da un buco sommario scavato nel terreno privo di gallerie laterali e poco profondo.

Il coniglio resta nella tana quasi tutto il giorno per uscire verso sera alla ricerca del cibo. Si ritrova selvatico in molte aree d'Italia. Viene allevato a scopo alimentare.

5.4.2. Insettivori

Sono mammiferi di piccole dimensioni, generalmente terrestri. Di seguito si riportano alcune specie.

5.4.2.1. Talpidi

Presentano un corpo massiccio e cilindrico con collo e coda breve e occhi e orecchie rudimentali. In alcuni generi gli arti anteriori sono adibiti allo scavo del terreno. L'odorato, l'udito ed il tatto sono molto sviluppati. Si nutrono esclusivamente di piccoli animali.

Talpa europea, la comune talpa, molto diffusa, ha il corpo ricoperto di un pelo morbido e vellutato di colore grigio scuro con riflessi metallici (Fig. 45). È provvista di robuste zampe "fossorie" con le quali scava gallerie il cui percorso è individuabile dalla presenza di cumuli di terriccio ottenuti dal materiale di risulta dello scavo. Preferisce terreni grassi, porosi ed umidi in quanto in questi trova facilmente nutrimento (lombrichi, larve di insetti).

5.4.2.2. Soricidi

Sono insettivori che ricordano i mustelidi e sono tra i più piccoli mammiferi viventi. L'aspetto dei soricidi ricorda quello dei ratti e sorci; preferiscono vivere nei luoghi umidi. Ottimi predatori di animali più piccoli, si guardano bene dall'attaccare i più grossi.

Sorex araneus, il comune toporagno è leggermente più piccolo del topolino delle case; la sua lunghezza non supera gli 11 cm. Possiede un pelo vellutato di colore variabile dal bruno al nero brillante (Fig. 46). Di norma si adatta a vivere nelle gallerie scavate dalle talpe o nelle tane dei topi campagnoli. Nei terreni alquanto soffici provvede allo scavo di gallerie poco profonde. In Campania è presente sul Partenio.

È fondamentalmente notturno e abbandona la propria tana raramente. È solito fiutare, con la sua minuscola proboscide, nel tentativo di individuare animali di cui nutrirsi; in casi, non del tutto eccezionali, si nutre anche dei propri piccoli e dei cadaveri dei suoi simili. Pochi sono i carnivori che si nutrono del toporagno.

Tempo addietro, particolarmente in Inghilterra, questo piccolo insettivoro era considerato un animale molto ripugnante. Sebbene il morso del toporagno sia velenoso l'uomo non ha da preoccuparsi al riguardo. Sempre in passato, alcuni popoli, utilizzavano la coda bruciata del toporagno ridotta in polvere come rimedio infallibile contro la morsicatura dei cani affetti da rabbia.

5.4.2.3. Erinaceidi

Costituiscono un'importante famiglia degli insettivori. Abitano le regioni boschive ed aride, talvolta persino i deserti.

Erinaceus europaeus, il comune riccio dal corpo compatto, muso aguzzo e occhi minuscoli con pelo, alquanto chiaro, ricoprente la testa le parti inferiori del corpo e le zampe (Fig. 47). La restante parte del corpo è provvista di caratteristici aculei, grigi alla base e tendenti al bianco verso l'estremità anteriore. Ha una lunghezza massima di circa 30 cm.

È diffuso un poco ovunque ed è poco socievole per cui preferisce vivere da solo.

Solitamente vive in una tana, che foderà con particolare cura, a circa 30 cm di profondità provvista di due gallerie.

Di norma l'approvvigionamento del cibo (piccoli uccelli, mammiferi, insetti, molluschi, rettili, ecc.) è una pratica attuata nelle ore notturne e, ogni qualvolta avverte un pericolo si arrotola prontamente su se stesso assumendo la forma di palla.

Celebri sono le lotte che i ricci intraprendono con i rettili. Si ipotizza che esso non è affatto immune al veleno della vipera ma presenta una resistenza considerevole alla sua azione. Al riguardo il Lenz, in un suo scritto, così recita: "misi una grossa vipera in una cassetta contenente un riccio che allattava la sua prole. Il riccio si alzò dal suo giaciglio si avvicinò alla vipera e la fiutò. A questo punto il rettile incominciò a sibilare e morsicò ripetutamente il riccio sul muso. Come risposta il riccio poco dopo addentò di colpo la testa del rettile, schiacciandola e divorando, poco per volta, denti e ghiandole velenifere comprese, l'intero animale. Terminata detta operazione riprese ad allattare i suoi piccoli senza mostrare alcun risentimento dei morsi subiti."

5.4.3. Carnivori

Sono animali forti, agili, eccellenti nella corsa, nel salto e nell'arrampicarsi pertanto, sono ben organizzati nella lotta. Presentano una grande varietà di forme e dimensioni. Fra essi citiamo:

5.4.3.1. Canidi

Vulpes vulpes, la volpe rossa comune, diffusissima in Italia, vive in tane da loro scavate in assenza di altre approntate da altri animali. È da tutti considerata il simbolo dell'astuzia, dell'inganno e della scaltrezza. Ha grande attitudine ad adattarsi alle condizioni naturali dei luoghi in cui vive. La sua vita si svolge soprattutto di notte anche se, in zone particolarmente tranquille, va alla ricerca del cibo anche durante il giorno. Per temperamento è un animale solitario.

5.4.3.2. Mustelidi

Mustela nivalis, la comune donnola (Fig. 48), vive indifferentemente ovunque: nelle pianure, sulle montagne, nei campi, nelle foreste e in prossimità delle abitazioni. La donnola è il

più piccolo tra i carnivori. È estremamente agile nella corsa, nell'arrampicarsi, nel nuotare, nell'aggreddire la preda e nello sfuggire agli aggressori. Partorisce in una buca ben nascosta, scavata nel terreno, il cui interno è accuratamente rivestito da foglie, fieno e paglia. Quando la famiglia viene minacciata da un pericolo, la donnola afferra i piccoli con la bocca e li trasporta in un luogo più sicuro. È stata a lungo oggetto di superstizioni popolari. In alcune zone i contadini credevano che nella fortuna della casa e del podere incideva la presenza di tale carnivoro che, tra l'altro, era utilizzato, limitatamente ad alcune parti del proprio corpo, a fini curativi.

Mustela erminea, il comune ermellino (Fig. 49) che, a differenza della donnola, in Italia si riscontra solo sulle Alpi.

Entrambe le specie hanno abitudini simili; vivono negli anfratti delle rocce, nelle cavità degli alberi e soprattutto nelle tane di altri mammiferi che aggrediscono ed uccidono. Essendo l'ambiente dell'ermellino più freddo, esso è obbligato a restare nelle tane per un periodo più lungo.

Mustela putorius, la comune puzzola, come indicato dal nome diffonde un odore sgradevole emesso da alcune ghiandole anali molto sviluppate. Ogni movimento della puzzola è abile, rapido e sicuro. È considerata il capofila dei mustelidi e vive di solito solitario in tane di conigli dopo averne mangiato gli occupanti. Si allontana dalla tana di notte per procurarsi il cibo.

Mustela putorius furo, il comune furetto, assomiglia alla puzzola sia nelle dimensioni che nella forma. Questo mustelide, in quanto docile e vicino all'uomo, è stato utilizzato per lungo tempo ed in maniera inidonea per la caccia al coniglio. Allo scopo il furetto chiuso in una gabbia veniva posto in prossimità dell'apertura della tana del coniglio e, liberato, veniva in essa introdotto. Il coniglio insidiato abbandonava precipitosamente il rifugio cadendo nelle reti poste dai cacciatori davanti alle altre uscite.

Meles meles, tasso europeo, si presenta come un animale tozzo e poco aggraziato (Fig. 50). In Campania è presente sul Partenio e a Roccamonfina. Ha una mole massiccia, presenta lentezza nei movimenti ed ha alimentazione onnivora. La sua lunghezza può raggiungere il metro ed il suo pelame è lungo ed ispido.

Trascorre buona parte della sua esistenza nella tana, spesso in compagnia di altri tassi, riuscendo a tollerare talora anche la presenza di altri animali (volpi, conigli). Il tasso esce dal suo nascondiglio al tramonto, facendo capolino e usando molta prudenza. Intorno alla tana delimita alcune zone per attività ben precise (giochi, deiezioni, ecc.).

La tana del tasso è molto complessa ed è provvista di un soffice giaciglio sul quale si arrotola per trascorrere il letargo. Un tempo questo animale era oggetto di caccia dall'uomo; la sua carne, infatti, era apprezzata, ancora più di quella del maiale. Altre motivazioni comunque spingevano l'uomo ad osteggiare i tassi soprattutto per i gravi danni che essi arrecavano all'agricoltura.

Da quanto sinteticamente esposto si evince che il terreno non è un supporto privo di vita

necessario alla crescita delle piante ma è un'entità complessa con funzioni rese possibili dagli organismi che lo popolano. I ruoli della componente biotica sono molto diversi con rapporti associativi che vanno dalla simbiosi mutualistica al parassitismo.

Molti organismi, in particolare i vertebrati, hanno con il terreno relazioni occasionali che influiscono sugli equilibri e sull'evoluzione dei suoli e sono da considerarsi incompatibili in un'agricoltura intensiva.

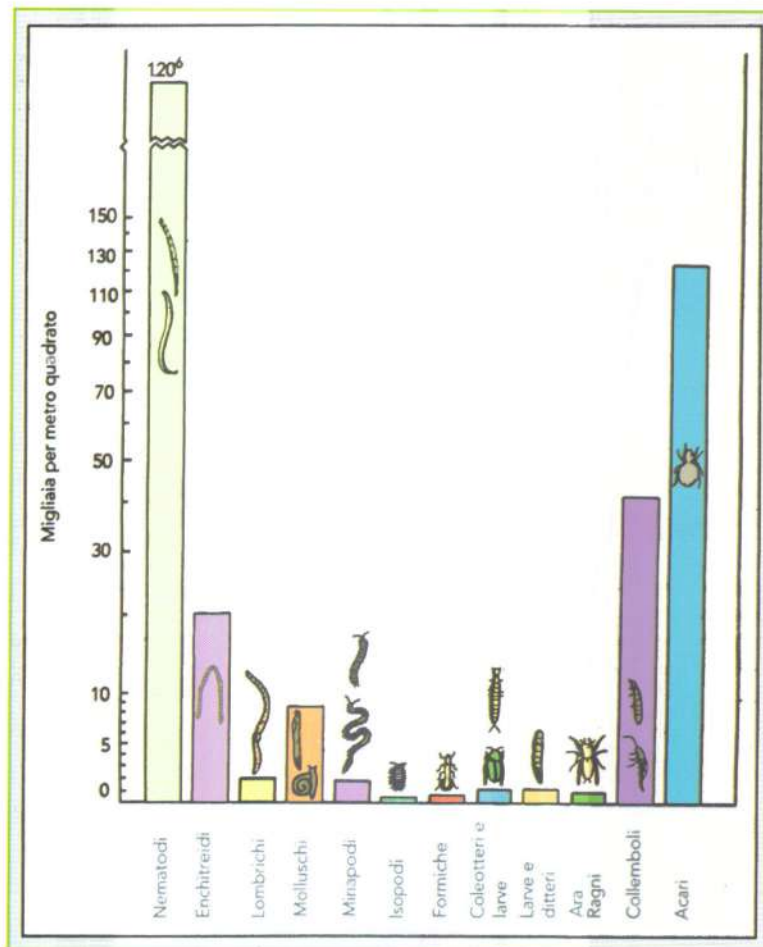


Fig. 1 - Composizione in scala logaritmica del numero di organismi animali presenti in un m² di suolo (modificata da Kevan, 1965).

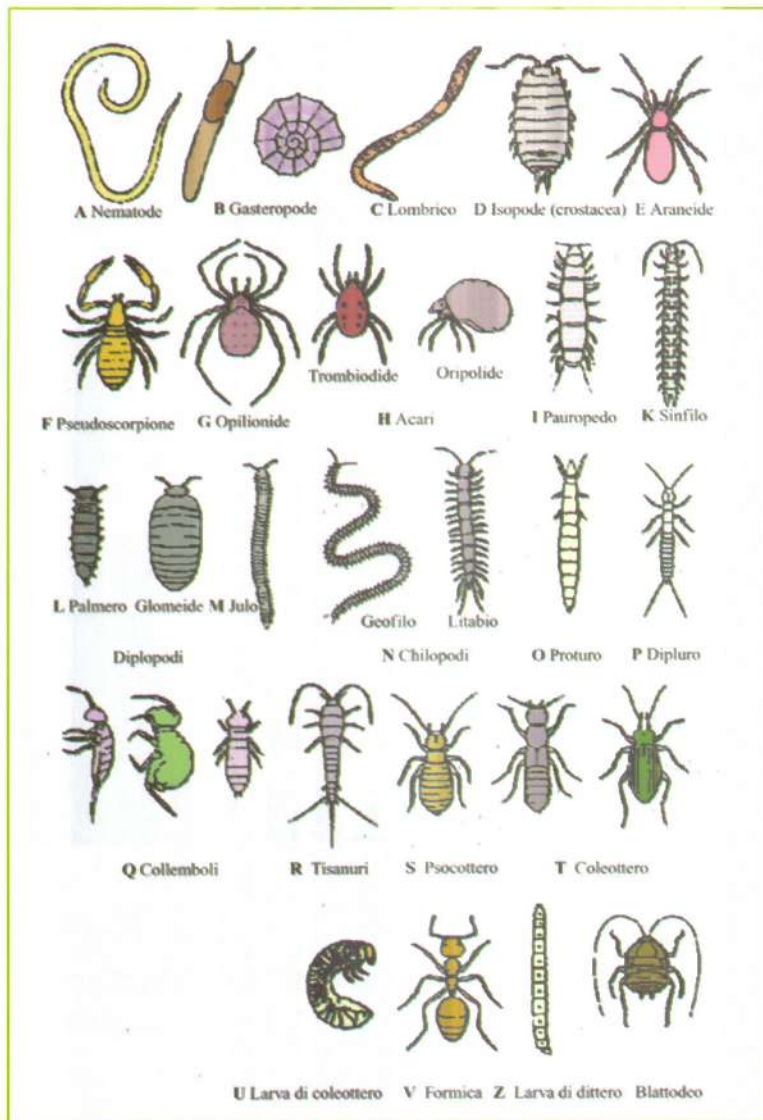


Fig. 2 - Principali organismi componenti la pedofauna.

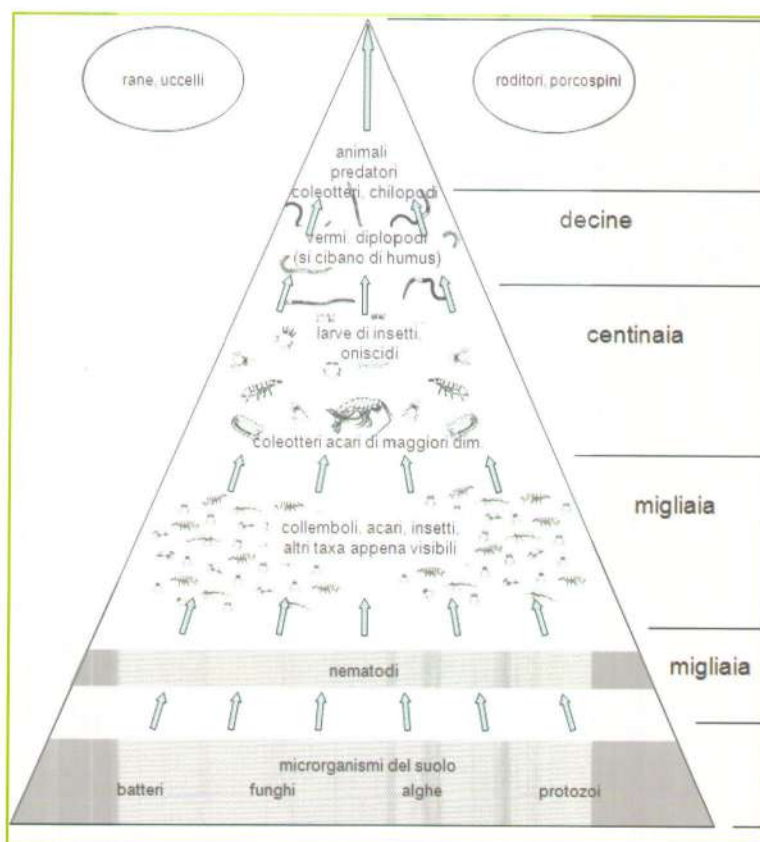


Fig. 3 - Piramide trofica dei principali componenti della fauna del suolo.

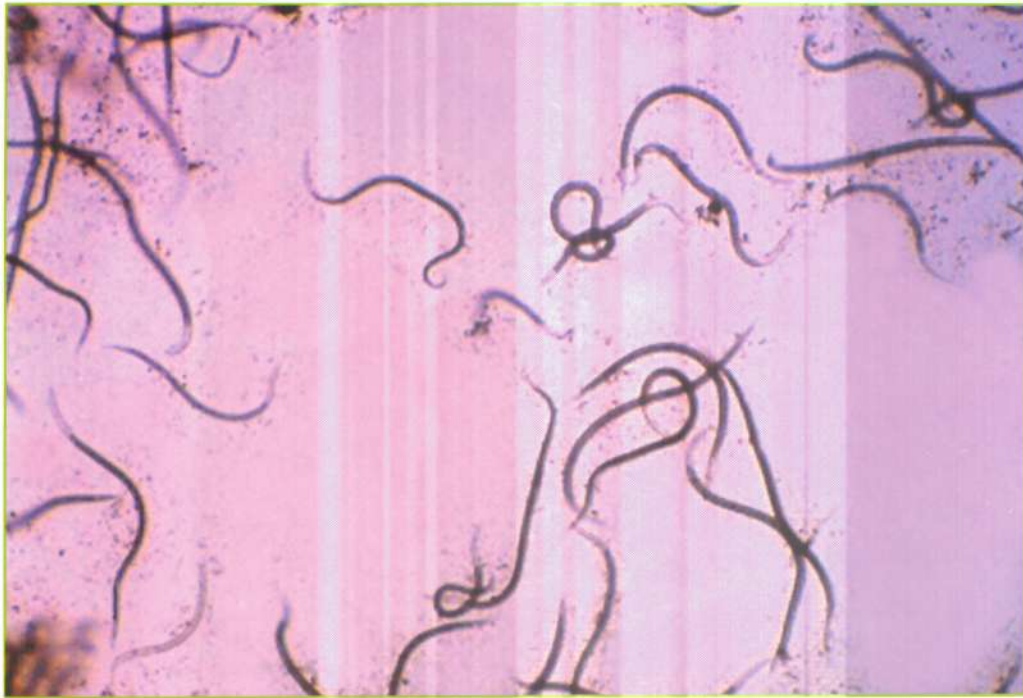


Fig. 4 - I nematodi, visti al microscopio.

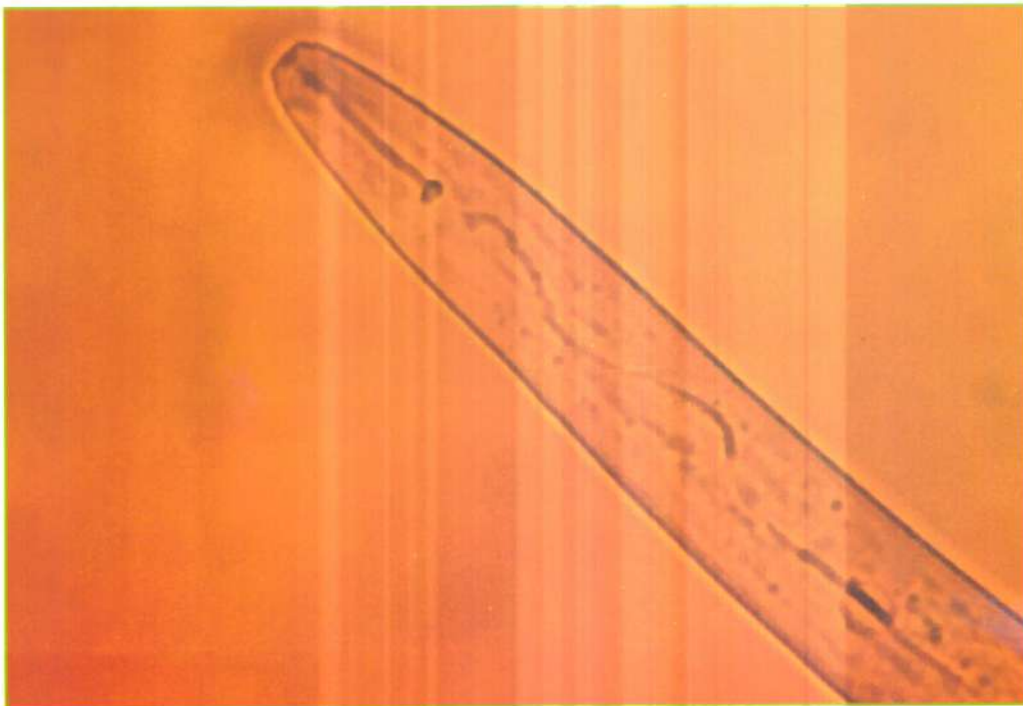


Fig. 5 - Porzione anteriore di un nematode fitoparassita Tylenchida in cui è possibile osservare lo stiletto.

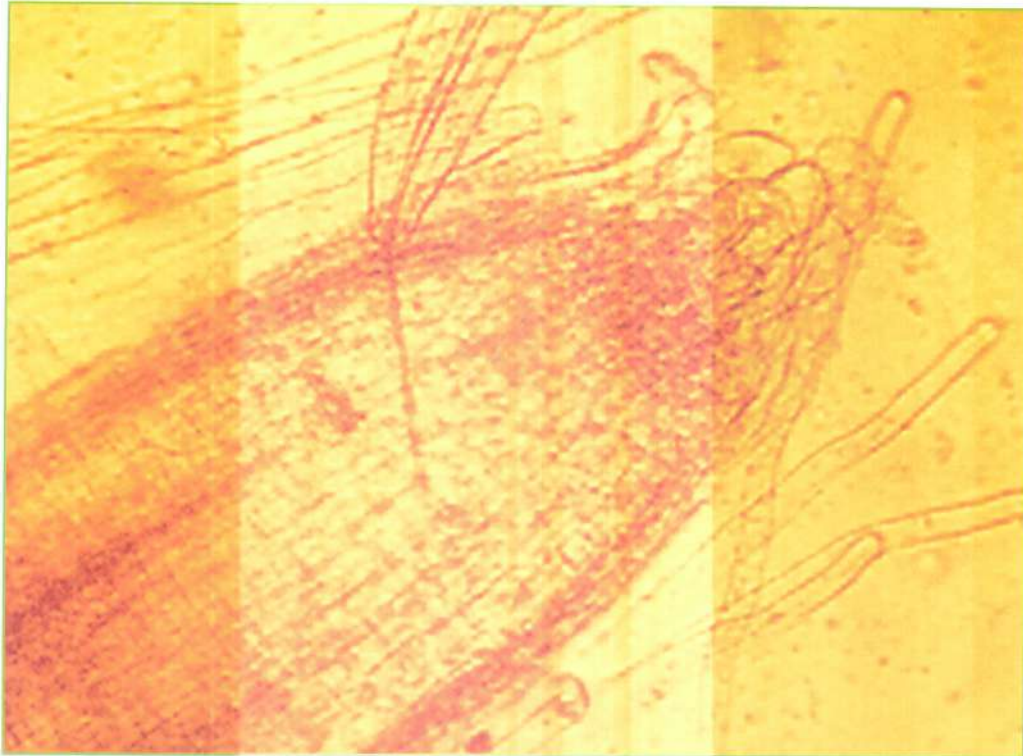


Fig. 6 - Nematode del genere *Xiphinema* nell'atto di perforare un apice radicale a mezzo dell'odontostilo.

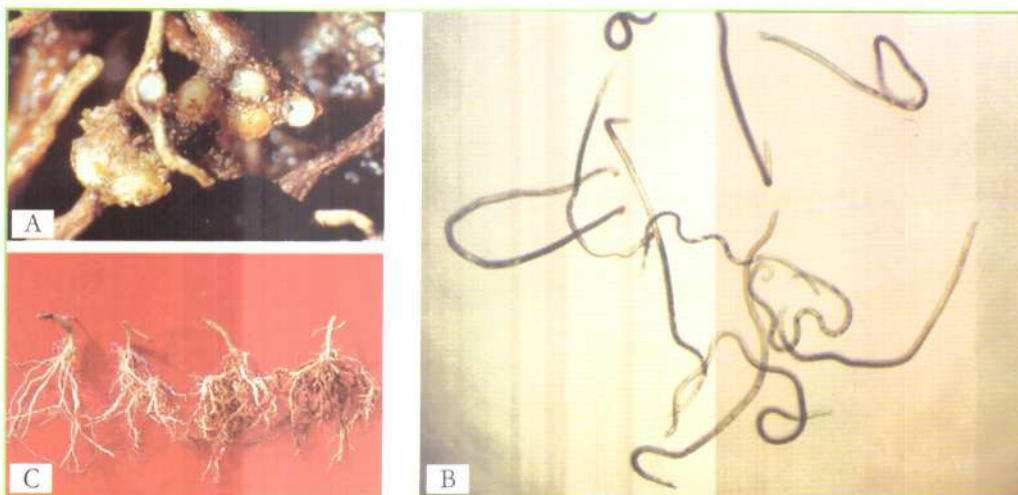


Fig. 7 - A) Femmine del nematode galligeno *Meloidogyne* sp. in apparato radicale di pianta di rosa. B) Maschi (si evince uno spiccato dimorfismo sessuale). C) Radici di piante di pomodoro infestate a vari stadi (galle).



Fig. 8 - Evidenti sintomi di clorosi fogliare causati dall'attacco di un nematode.

Fig. 9 - Particolare di apparato radicale di limone infestato dal nematode ad anello *Crossonema multisquamatum*. Si osservi l'ispessimento e blocco degli apici radicali.



Fig. 10 - Virus delle malformazioni infettive (GFLV) trasmesso alla vite da *Xiphinema index*.

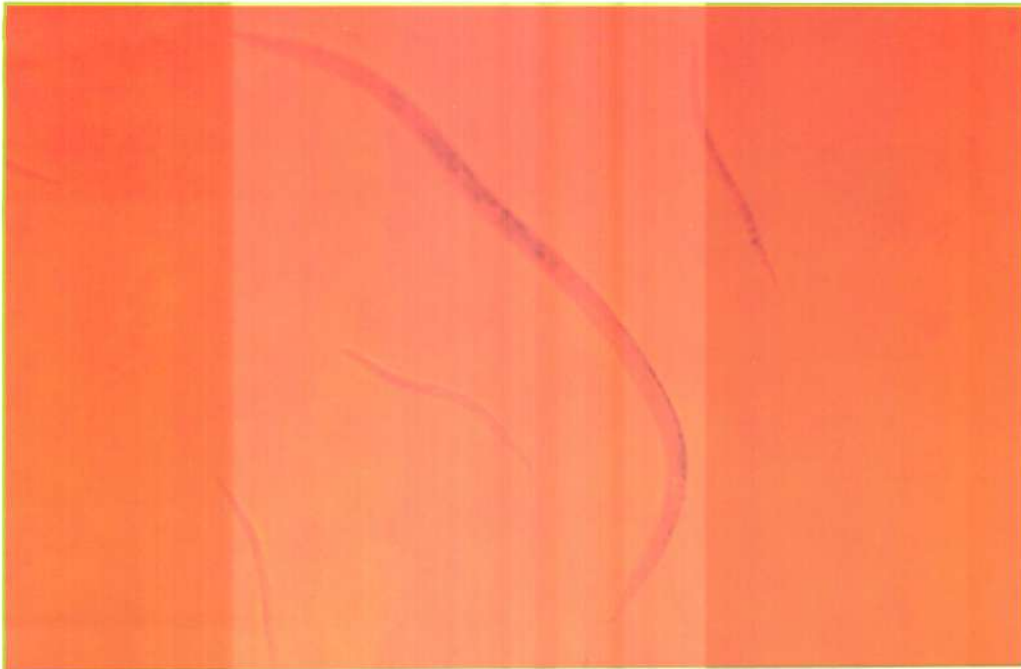


Fig. 11 - Il nematode fungivoro *Ditylenchus myceliophagus*.

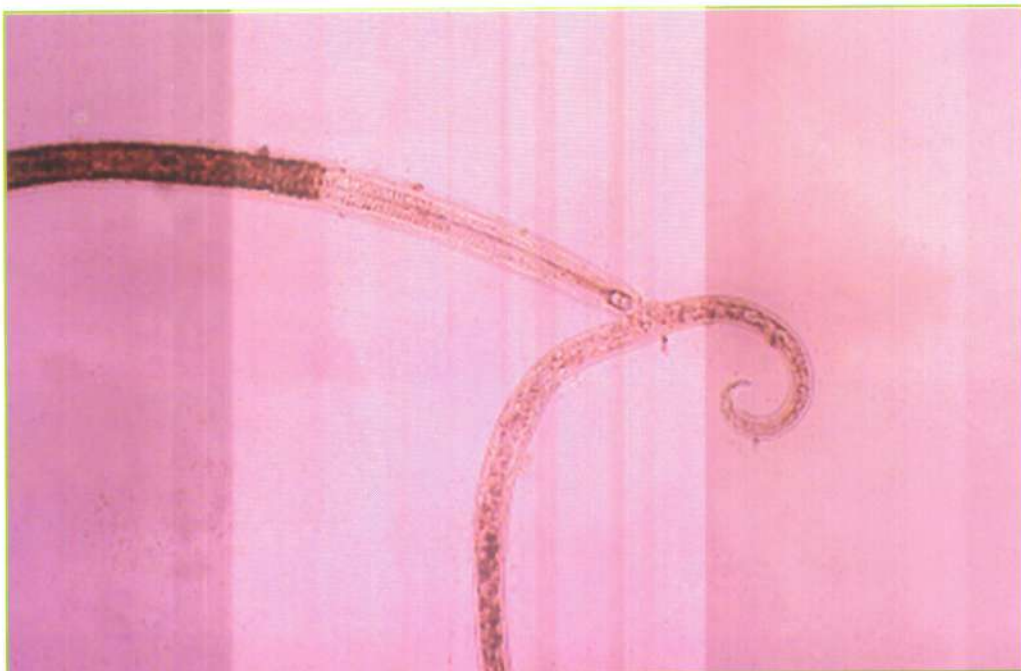


Fig. 12 - Nematode predatore nell'atto di catturare un altro nematode.

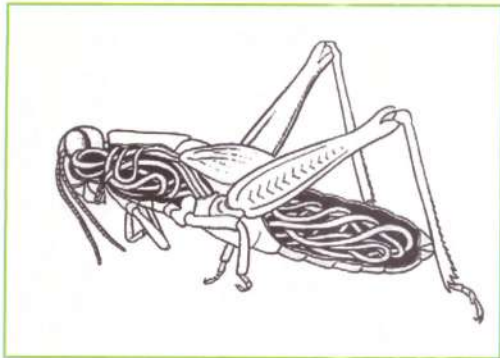


Fig. 13 - Ortottero parassitizzato da nematodi mermitidi.

Fig. 14 Larve infettive di *Steinernema feltiae* che emergono dall'ospite.

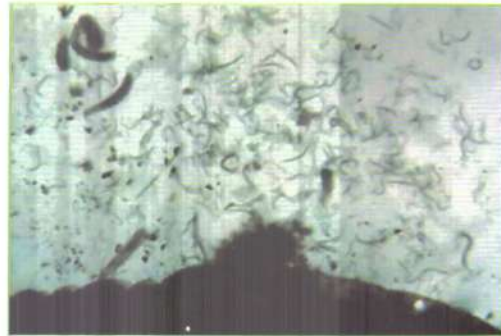


Fig. 15 - Gasteropodo elicide, evidente la conchiglia e la secrezione mucosa.

Fig. 16 - Limacce (gasteropodi polmonati). Spesso si infossano nel suolo o negli anfratti, soprattutto nelle ore di maggiore insolazione.



Fig. 17 - Anellide oligochete (lombrico), da notare l'ispessimento nella porzione anteriore del corpo (clitello).

Fig. 18 - Due artropodi a confronto.





Fig 19 - Un esemplare del genere *Euscorpius* sp. (Foto Michele Innangi).



Fig. 20 - Un ragno visto ventralmente; è ben riconoscibile la trama della tela.



Fig. 21 - Forma adulta di un acaro.

Fig. 22 - Acaro oribatide estratto da un suolo agricolo.



Fig. 23 - Acaro all'atto di predare un nematode.



Fig. 24 - Isopodi su un tronco marcescente (Foto Michele Innangi).



Fig. 25 - Miriapodo (Foto Michele Innangi).



Fig. 26 - Collemboli entomobriomorfi. Si osservi la furca che insieme al retinacolo (visibile in posizione ventrale subito dopo l'ultimo paio di zampe) serve al salto.



Fig. 27 - Fori di accesso ad un formicaio.



Fig. 28 - Grillotalpa (ortottero ensifero). Tra gli insetti del suolo è tra i più noti. Pur essendo di norma un predatore spesso risulta dannoso in quanto durante lo scavo delle gallerie trincia le giovani radici e i fusticini delle piante.

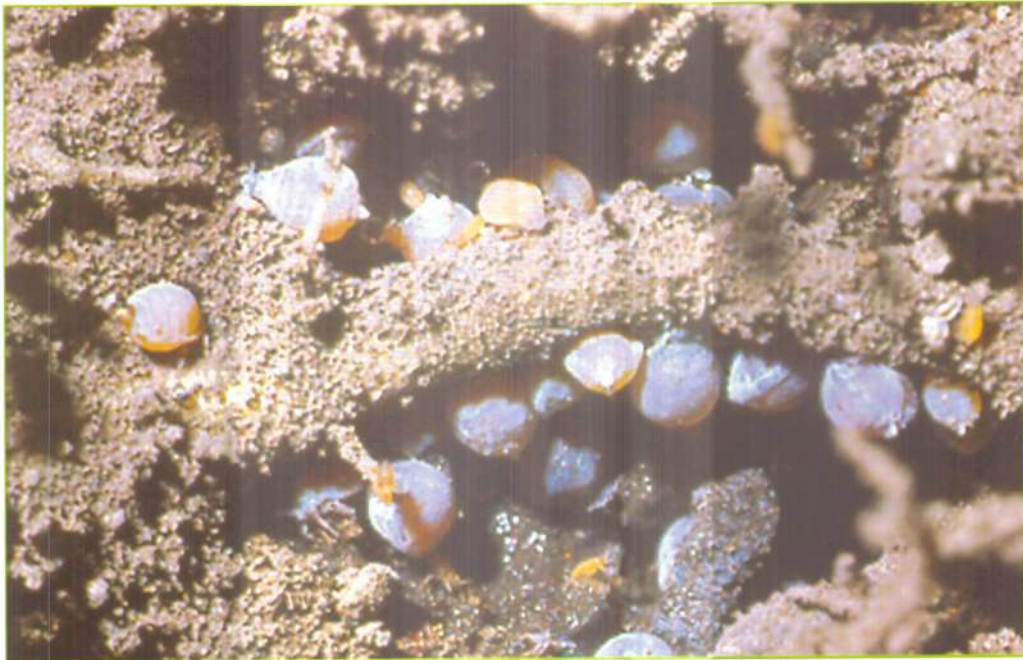


Fig. 29 - Una colonia di *Tetraneura ulmi* mentre attacca le radici di lattuga. In diverse specie almeno una parte del ciclo vitale si svolge nel suolo.



Fig. 30 - *Melolontha melolontha* detto maggiolino comune.



Fig. 31 - Il grande maggiolino di San Giovanni (*Amphimallon solstitialis*) deve il suo nome al fatto che nelle sere di fine giugno compiono brevi voli, anche in sciame.



Fig. 32 - Larve di *Otiorrhynchus* sp. (Coleottero Curculionide), viventi a spese della parte ipogea di specie vegetali diverse.

Fig. 33 - Un gruppo di *Nicrophorus* (coleotteri silfidi) intenti a seppellire un piccolo roditore morto. La loro attività di seppellitori di cadaveri rientra nella categoria dei cosiddetti spazzini (Conosci l'Italia: la fauna).

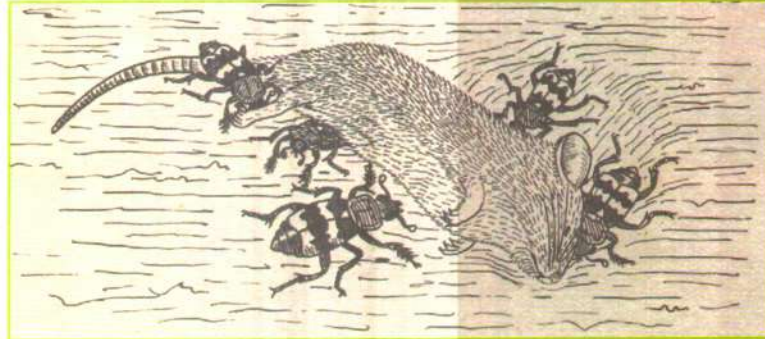


Fig. 34 - Larve di *Vesperus* sp. (coleottero cerambicide) tra le radici di una pianta ortiva.

Fig. 35 - Larve di *Agrotis* sp. (lepidotteri nottuidi). Tra le larve terricole sono forse le più dannose in quanto in grado di attaccare radici e colletti di un gran numero di piante coltivate.





Fig. 36 - Formica mentre trasporta un seme di graminacea. Questi insetti sono in grado, in relazione alle loro dimensioni, di spostare pesi ingenti (Foto Michele Innangi).

Fig. 37 - Femmina di rospo (*Bufo bufo*).



Fig. 38 - L'orbettino (*Anguis fragilis*) sauro senza arti (Il Mondo degli animali).

Fig. 39 - *Microtus savii*, piccolo roditore (cricetide) molto diffuso nell'Italia meridionale; vive in gallerie con schemi molto complessi (Il Mondo degli animali).



Fig. 40 - L'arvicola comune, o topo d'acqua (*Arvicola amphibius*) scava tane lungo le sponde dei fiumi presso le quali si stabiliscono. Vivono in comunità che comprendono una o più famiglie (Il Mondo degli animali).

Fig. 41 - La marmotta (*Marmota marmota*). E' tipica la costruzione di due nidi: quello estivo è più profondo, al contrario di quello invernale (Il Mondo degli animali).





Fig. 42 - L'istrice (*Hystrix cristata*), cacciato dall'uomo per appropriarsi degli aculei e per la sua carne (Guida ai mammiferi d'Europa).

Fig. 43 - Il ghiro (*Glis glis*) in equilibrio su un sottile ramo per raggiungere le castagne di cui alimentarsi (Il Mondo degli animali).



Fig. 44 - Lepre europea (*Lepus europaeus*). Particolare delle orecchie utili per avvertire la presenza di eventuali pericoli (Il Mondo degli animali).

Fig. 45 - Pur nutrendosi di un gran numero di insetti la talpa (*Talpa europea*) non è amata dai proprietari dei prati (Il Mondo degli animali).



Fig. 46 - Il toporagno comune (*Sorex araneus*), di dimensioni piccole ma molto vorace (Il Mondo degli animali).

Fig. 47 - Il riccio comune (*Erinaceus europaeus*), ghiottissimo di piccoli mammiferi (Il Mondo degli animali).





Fig. 48 - La donnola (*Mustela nivalis*), tra i carnivori è la specie più diffusa nel mondo (Il Mondo degli animali).

Fig. 49 - L'ermellino (*Mustela erminea*) (Il Mondo degli animali).



Fig. 50 - Un tasso (*Meles meles*) nell'atto di nutrirsi di un serpente (Il Mondo degli animali).

Gennaro Cristinzio

I FUNGHI

1 - GENERALITÀ SUI FUNGHI

I funghi, insieme con i batteri, sono i principali microrganismi che decompongono e mineralizzano le sostanze organiche presenti nel terreno, sia di origine animale che vegetale. Con la loro azione essi, oltre a limitare l'accumulo di detriti organici che potrebbero risultare dannosi per il mondo biologico in generale, favoriscono la vita e la crescita di numerosissimi altri organismi, sia animali che vegetali, che sono alla base di una più o meno lunga catena alimentare che termina con i mammiferi nel mondo animale e con le piante ad alto fusto nel mondo vegetale. Di conseguenza, una raccolta dei loro corpi fruttiferi indiscriminata e sistematica, in una determinata area, può provocare pericolosi squilibri e alterazioni nell'equilibrio biologico complessivo.

E' anche vero che esistono funghi parassiti pericolosi per le piante, per gli animali e anche per l'uomo, però tra le specie ad habitat terricolo sono una esigua minoranza. Ad esempio, nei riguardi delle piante coltivate di interesse agrario, tra tutti i funghi eduli che si possono trovare nei nostri ambienti una sola specie è dannosa e può provocare la morte delle piante che attacca: l'*Armillaria mellea*, più comunemente nota tra i raccoglitori e consumatori, come "chiodini" o "famigliola buona".

Nei confronti diretti delle attività dell'uomo, infine, i funghi, essendo soprattutto degli organismi degradatori, possono arrecare danni attaccando i tessuti, la carta, il cuoio, il legno di manufatti, le vernici, ecc..., o possono contaminare le derrate alimentari con il rilascio di tossine quali le micotossine. E' bene sottolineare, a questo punto, che esistono anche alcune specie di funghi molto utili per alcuni processi industriali, basti pensare ai produttori di antibiotici o di vitamine o ai lieviti.

I funghi sono organismi eterotrofi, sprovvisti del pigmento clorofilliano, per cui necessitano, per vivere, di sostanze già elaborate da altri esseri viventi, detti autotrofi, come le piante verdi, dotate di tale pigmento e perciò capaci di elaborare per proprio conto tali sostanze. Essi, al pari delle piante superiori, sono dotati di pareti cellulari e si riproducono per mezzo di spore, del tutto paragonabili ai semi dei vegetali.

Le dimensioni sono estremamente variabili; esistono infatti funghi microscopici e funghi il cui corpo fruttifero può arrivare a diversi chili di peso. Il corpo, o meglio la struttura del fungo, è costituita da tanti filamenti chiamate ife che nel loro insieme prendono il nome di micelio. La classica forma del fungo che viene normalmente rappresentata, sia esso un porcino, una amanita, una russula, ecc... è solo la parte riproduttiva, che prende il nome di carpoforo, limitata e temporanea dell'intero organismo. Questo, molto spesso, non è visibile ad occhio nudo o per le dimensioni minute delle ife o per la localizzazione all'interno di tessuti vegetali o del terreno. Di solito al di sotto di un corpo fruttifero si estende un'ampia ragnatela di micelio anche per diversi metri quadrati di terreno. Volendo fare un confronto con le piante superiori, la struttura (fungo) che si raccoglie da terra o da un tronco è paragonabile al frutto (una mela, una pesca, un'oliva) che si raccoglie su di un melo, un pesco o un olivo.

Al pari delle piante poi, anche i funghi possono essere coltivati per scopi culinari come i *Pleurotus*, Le *Psalliote*, ecc., o per scopi industriali, come i *Penicillium*, i *Trichoderma* ecc.

2 - I MICELI FUNGINI

I miceli fungini in generale sono molto longevi, potenzialmente quasi perenni: in natura sono state viste crescere colonie fungine in via continuativa per molti decenni. I singoli componenti dei miceli, cioè le ife, altro non sono che semplici successioni lineari di cellule che possono, in teoria, moltiplicarsi e/o allungarsi all'infinito, se non incontrano ostacoli fisici, nutrizionali o di altro genere, al loro proliferare. Hanno poi la possibilità di suddividersi, grazie a particolari cellule intermedie, in alcuni casi chiamate ingrossamenti ifali, dando vita ad altri filamenti ramificati che, partendo dalle ife principali, si dirigono in tutte le direzioni. Quando si raggiungono considerevoli fasci e ramificazioni di ife, si inizia a parlare di vero e proprio micelio. Questo in molte specie, in momenti diversi del ciclo biologico, può anche addensarsi fino a formare pseudo-tessuti, visibili ad occhio nudo, con strutture che assumono funzioni particolari, quali ad esempio i cordoni miceliari o gli sclerozi che servono prevalentemente a conservare vitale il fungo in periodi avversi.

Nei funghi la parte del micelio che produce e poi libera le spore viene chiamato imenio fertile e quasi sempre ha una struttura ed una consistenza molto diversa dal micelio vegetativo e dalla restante parte del corpo fruttifero non adibito alla produzione delle spore. Nei Boleti, ad esempio, l'imenio fertile ha un aspetto spugnoso e la liberazione delle spore avviene attraverso i tuboli che sono situati sulla parte inferiore del cappello, mentre nelle Amanite e in generale in tutte le Agaricaceae l'imenio fertile ha un aspetto lamellare e le spore si staccano dalle facce delle lamelle di cui è sempre provvista la parte inferiore del cappello.

Allorché un tessuto miceliare è abbastanza sviluppato, può passare dalla fase vegetativa a quella riproduttiva. Su tali tessuti iniziano a formarsi ammassi simili a grossi grumi, che possono evolvere in vari modi fino a formare le strutture e le forme tipiche dei funghi superiori o carpofori, che, come abbiamo avuto modo di dire in precedenza, rappresentano i frutti. Nei funghi microscopici, i corpi fruttiferi, pur avendo le stesse finalità di produzione e protezione delle spore, quasi mai sono visibili ad occhio nudo, tutt'al più appaiono come puntini neri o variamente colorati all'interno o all'esterno dei tessuti attaccati.

Quando il carpoforo di un fungo macroscopico, invece, è completamente abbozzato avviene l'ultimo atto: buca il terreno dal sottosuolo o fuoriesce all'esterno di un legno e viene alla luce per terminare il suo sviluppo e maturare le sue spore. In tal modo si completa il ciclo biologico. Dalla germinazione delle singole spore, poi, si ha la formazione di nuovo micelio e nuovi cicli vegetativi.

Da ogni carpoforo si ha la liberazione di milioni e milioni di spore. Questa fase finale di fuoriuscita all'esterno manca nei tartufi, che restano per tutto il loro ciclo vitale all'interno del terreno.

3 - MODALITA' DI NUTRIZIONE NEL MONDO BIOLOGICO E NEI FUNGHI

In base alle modalità di nutrizione tutti gli esseri viventi sono divisi in due categorie,

1. Autotrofi

2. Eterotrofi

Al primo gruppo appartengono le piante, i muschi e le alghe verdi che si nutrono tramite il processo fotosintetico, oltre a diverse specie di batteri che si nutrono grazie ad un processo chimico. In entrambi i casi, comunque, questi organismi sono in grado di assorbire molecole semplici e, con l'aiuto di energia luminosa o chimica, sono in grado di costruire le grosse molecole organiche indispensabili al metabolismo cellulare e alla vita.

Sono organismi eterotrofi, invece, tutti i rappresentanti del regno animale, del regno dei funghi, e di gran parte del regno dei cromisti e dei batteri. Questi, al contrario dei precedenti, hanno bisogno, per vivere, di assorbire molecole complesse già elaborate e capaci di fornire l'energia necessaria per le tutte le funzioni metaboliche.

Il regno dei funghi può essere considerato, sotto alcuni aspetti come un termine di passaggio tra il regno animale e quello vegetale. Infatti, soprattutto i funghi superiori, per molti aspetti naturalistici, assomigliano ai vegetali, ma, da un punto di vista più strettamente biologico, si nutrono e si decompongono come gli animali. Le loro cellule non contengono clorofilla e non accumulano, come sostanza di riserva, l'amido ma il glicogeno, come avviene negli animali.

Si può aggiungere che, pur essendo presente la parete cellulare, la composizione di questa nelle cellule delle ife fungine non contiene la cellulosa, come nelle piante, ma la chitina, la stessa sostanza che forma l'esoscheletro degli insetti, dei crostacei, o che si trova nelle nostre unghie.

Nei riguardi delle modalità nutrizionali, i funghi, infine, vengono distinti in tre categorie principali:

- SAPROFITI
- PARASSITI
- SIMBIONTI

SAPROFITI: sono quei funghi che traggono nutrimento da materiale organico morto o da sostanze di rifiuto o di scarto degli organismi vegetali e animali. Le specie che assumono tale comportamento possono vivere, infatti, a spese dell' humus, su rami, tronchi, ceppi morti e perfino su legno lavorato e possono ritrovarsi sul letame, su escrementi e su animali morti. Esistono, all'interno di questa categoria, molte specializzazioni per habitat particolari, quali foglie, frutti, rametti di specie diverse di latifoglie cadute a terra, aghi, pigne e rametti di conifere, o altri funghi in decomposizione, ecc.

PARASSITI: sono quei funghi che traggono il nutrimento esclusivamente da organismi viventi, arrecando all'ospite danni più o meno gravi e in casi estremi letali. Vengono chiamati fitopatogeni quando attaccano le piante (*Ustilago maydis*, Fig. 1), entomopatogeni quando attaccano gli insetti, agenti di micosi per l'uomo, e così via. Alcuni funghi, infine, iniziano la loro attività come parassiti e, alla morte della pianta o dell'animale che li ospita, continuano come saprofiti fino a consumare completamente ogni traccia dell'ospite stesso.

SIMBIONTI: sono quei funghi che, pur traendo nutrimento da una pianta ospite, non arrecano danni: al contrario contribuiscono attivamente alla vita della pianta stessa con la costituzione di micorrize (*Amanita muscaria*, Fig. 2) o dell'alga con la costituzione di licheni.

4 - RIPRODUZIONE E MOLTIPLICAZIONE

La maggior parte dei funghi parassiti terricoli e la quasi totalità dei funghi che partecipano alle simbiosi micorriziche, noti anche come funghi superiori, rientrano in due grandi classi sistematiche: **Ascomiceti** e **Basidiomiceti**.

La struttura principale incaricata della diffusione dei funghi è, come già detto in precedenza, la spora, le cui dimensioni sono microscopiche e si misurano in micron. La spora germina emettendo un tubo germinativo, che rapidamente si allunga e va a costituire la prima ifa, questa si ramifica fino a formare un micelio più o meno esteso, detto micelio primario. Ogni singola cellula di tale micelio contiene nuclei con una sessualità ben definita, detta positiva (+) o negativa (-). Quando due miceli primari si incontrano, si forma il micelio secondario, in cui le cellule risultano binucleate, in grado di fruttificare e riprodursi.

Nella classe dei Basidiomiceti, l'unica funzione dei miceli primari è quella dell'accoppiamento e ciò spiega la loro limitata sopravvivenza. Il contrario avviene negli Ascomiceti, dove i miceli primari partecipano attivamente a tutto il ciclo produttivo, fino alla fruttificazione: infatti, in questa classe, la fase diploide del ciclo biologico avviene direttamente sugli abbozzi del corpo fruttifero e il micelio secondario è presente soltanto nella parte fertile del fungo.

Negli Ascomiceti la struttura o organo sessuale prende il nome di asco, un sacco molto esile e trasparente dotato molto di frequente di un'apertura alla sommità. All'interno di questo sacchetto normalmente si formano 8 spore (4 positive e 4 negative). Le ascospore, una volta raggiunta la maturità, vengono letteralmente sparate fuori dall'asco. Per alcune specie è stato calcolato che la pressione con cui fuoriescono si aggira intorno alle 10 atmosfere, e le spore hanno una velocità iniziale di oltre 3 metri/sec.

Nei Basidiomiceti la struttura o organo sessuale si chiama basidio e su di esso si formano normalmente 4 spore (2 negative e 2 positive), sorrette da un breve pedicello chiamato sterigma. Completata la maturazione, ogni spora, a seconda della specie, o si stacca semplicemente o viene lanciata a notevole distanza dallo sterigma stesso, come una specie di catapulta.

Sia le asco che le basidiospore, cadendo o trasportate su un substrato adatto e con condizioni favorevoli, germinano dando luogo ad un nuovo ciclo riproduttivo.

5 - FUNGHI SIMBIONTI

La simbiosi è una particolare modalità di interscambi nutrizionali tra organismi viventi appartenenti a regni diversi. Nel caso dei funghi quando questo rapporto trofico si va ad instaurare con un'alga si ottengono i Licheni; quando, invece le unioni avvengono con una pianta superiore, si hanno le Micorrize. Tra le varie interazioni che si possono verificare tra gli organismi in natura, la più completa e vantaggiosa per i contraenti è senza dubbio la simbiosi mutualistica. Questo tipo di simbiosi, che si trova tipicamente nelle micorrize, avviene tra le ife di un fungo e le estremità radicali di una pianta superiore, arborea o erbacea.

Se il fungo ha una localizzazione prevalentemente esterna, si hanno le ectomicorrize mentre nelle endomicorrize la localizzazione è all'interno delle singole cellule delle radici.

Tutte le micorrize permettono uno scambio utile di sostanze tra i due organismi. Il fungo assorbe, infatti, dalla pianta le sostanze organiche che non è in grado di sintetizzare quali zuccheri, aminoacidi e proteine; la pianta, a sua volta, avendo una superficie radicale notevolmente aumentata, grazie alle numerosissime ife fungine, potrà ispezionare un maggior volume di terreno e assorbire in maggior misura acqua, sali minerali, in particolare fosfati, in essa disciolti, e altre sostanze minerali utili alla propria crescita.

Come inizia una simbiosi

Quando le spore di un fungo simbiote cadono e/o arrivano in un terreno adatto, reso tale da particolari secrezioni radicali delle piante ivi presenti, composte da acidi organici, aminoacidi, sali ecc., sono sollecitate a germinare e danno origine alle ife fungine. Queste crescendo, ingrossandosi e moltiplicandosi, daranno luogo al micelio. Allorché le ife di un micelio in fase di crescita si avvicinano all'apparato radicale di una pianta, viene messo in atto un vero e proprio meccanismo di cattura delle stesse ife da parte della pianta, grazie a speciali sostanze chimiche. Infatti le radici delle piante, con le loro secrezioni, attirano le ife e queste le avvolgono formando intorno ai singoli peli radicali uno spesso tessuto feltroso chiamato micoglena (Figg. 3-4); in tal modo l'unica possibilità che rimane alla pianta per nutrirsi è quella di passare attraverso il micelio del fungo. Si è così completata la micorrizzazione e la simbiosi è ormai in atto.

Questo processo di totale avvolgimento delle radici da parte del fungo, potrebbe far pensare che la pianta ne possa risentire, ma in realtà, ne verrà avvantaggiata poiché il suo apparato assorbente risulterà fisicamente e chimicamente aumentato, al punto che molte essenze forestali possono attecchire, in certi particolari terreni, soltanto se unite ai funghi.

Come le radici trovano i funghi

La vita delle piante che hanno la fortuna di formare micorrize è agevolata dai funghi simbiotici, ma anche la vita di molti alberi che non contraggono tali simbiosi viene favorita e aiutata dai funghi terricoli che producono nutrienti e che vivono fra le radici delle piante. Come facciano i funghi a trovare le radici delle piante su cui insediarsi è sempre stato un mistero. Recentemente un gruppo di ricercatori giapponesi ha scoperto una molecola che svolge un ruolo chiave nel dialogo fra piante e funghi.

La maggioranza delle piante terrestri ha una scarsa capacità di utilizzare alcuni elementi chimici presenti nei minerali (caso tipico già segnalato il fosforo) del suolo, per cui fa affidamento su funghi che lo estraggono e lo mettono a disposizione degli apparati radicali. Questi funghi micorrizogeni, come abbiamo avuto modo di vedere, formano una fitta rete di ife che circonda le radici delle piante, dove ricevono carboidrati in cambio di sali minerali. Con particolari accorgimenti si riesce a far crescere i funghi in laboratori soltanto aggiungendo un pizzico di radici tritate, pertanto si è ipotizzato che le piante producano un composto che favorisce la crescita dei funghi.

Per identificarlo, il biochimico Kohki Akiyama dell'Università di Osaka e colleghi hanno analizzato un estratto di radici di piante di loto, restringendo passo dopo passo la lista degli indiziati. Filtrando chimicamente l'estratto e verificando se potesse ancora stimolare la crescita dei funghi, hanno escluso una dopo l'altra diverse categorie di molecole. Infine, i ricercatori hanno potuto individuare una singola molecola che era stata originariamente identificata come promotore della crescita delle erbacce. In un articolo pubblicato sulla rivista "Nature", Akiyama ipotizza che, nel corso dell'evoluzione, le erbacce parassite si siano intrufolate nel dialogo "privato" fra i funghi micorrizogeni e i loro ospiti, nella speranza di trovare il modo di rubare nutrienti alle radici.

In conclusione nel rapporto pianta fungo, sembrerebbe confermato che sia la pianta, tramite l'emissione di particolari sostanze attraenti, a cercare il fungo cui unirsi.

Specificità delle simbiosi

La simbiosi che un fungo ha con una pianta spesso non è specie-specifica e quasi mai collegata alla pericolosità o meno per l'uomo.

Di seguito sono riportati i principali funghi simbiotici che si possono trovare su due rappresentative piante arboree del gruppo delle latifoglie, Castagno (Fig. 5) e delle aghifoglie, Abete rosso (Fig. 6); molte specie, sia velenose che commestibili, possono insediarsi su entrambe le piante (Tabella 1 e 2).

Sotto le chiome di queste specie vegetali si possono trovare i migliori e più apprezzati funghi commestibili come "l'ovulo" (Fig. 7) e il "porcino nero".

Castagno	Abete
<i>Amanita phalloides</i>	<i>Amanita muscaria</i>
<i>Amanita verna</i>	<i>Amanita virosa</i>
<i>Amanita virosa</i>	<i>Cortinarius orellanus</i>
<i>Cortinarius orellanus</i>	<i>Clavaria formosa</i>
<i>Boletus satanas</i>	<i>Russula emetica</i>

Tabella 1: Principali funghi velenosi che si trovano su Castagno e Abete

Castagno	Abete
<i>Amanita caesarea</i>	<i>Amanita rubescens</i>
<i>Amanita rubescens</i>	<i>Boletus edulis</i>
<i>Amanita gemmata</i>	<i>Boletus pinophilus</i>
<i>Boletus edulis</i>	<i>Boletus reticulatus</i>
<i>Boletus reticulatus</i>	<i>Cantharellus cibarius</i>
<i>Cantharellus cibarius</i>	<i>Hydnum repandum</i>
<i>Craterellus cornucopioides</i>	<i>Lycoperdon perlatum</i>
<i>Russula cyanoxantha</i>	<i>Russula cyanoxantha</i>
<i>Russula aurea</i>	<i>Russula virescens</i>
<i>Russula virescens</i>	<i>Rozites caperata</i>

Tabella 2: Principali funghi commestibili che si trovano su Castagno e Abete

6 - RICONOSCIMENTO DEI FUNGHI SUPERIORI

I caratteri più importanti da prendere in considerazione per la determinazione di una specie fungina sono 5 (cappello, gambo, veli, consistenza, e colore delle spore).

CAPPELLO: la sua forma e dimensione varia notevolmente durante le fasi di crescita del fungo; può essere di forma regolare o irregolare, la parte centrale può essere incavata come un imbuto o una coppa, o essere sporgente, rispetto al resto della superficie. La superficie può presentarsi viscosa o secca, anche in relazione all'umidità ambientale, liscia o ruvida e munita di squame o di verruche. Per quanto concerne il colore, occorre tener presente che si possono avere sfumature molto diverse a seconda dell'età, della stagione (piovosa o secca) e dell'habitat di crescita. Pertanto il colore non è un carattere sempre molto affidabile.

Una parte importante del cappello è l'imenio o parte fertile, dove si formano le spore. Le forme di imenio maggiormente ricorrenti sono:

- le lamelle, presenti in tutte le Agaricaceae, (Fig. 8): il colore delle lamelle generalmente, a maturità, indica anche il colore delle spore. Su questo carattere il Fries (1821) suddivise tutti i funghi in leucosporei (a spore bianche o incolori); rodosporei (a spore rosa); ocroporei (a spore ocre); iantinosporei (a spore viola); melanosporei (a spore nere). Tra i funghi a lamelle bianche, ci sono tre specie tra le più velenose per l'uomo, appartenenti al genere *Amanita*: la *A. phalloides*, la *A. verna* e la *A. virosa*.

- i tubuli e i pori, presenti in tutte le Boletaceae e Poliporaceae: il colore dei pori è molto vario ma costituisce un valido elemento per una rapida suddivisione tra i boleti. Tutti i boleti con pori rossi sono tossici o per lo meno sospetti, mentre il colore giallo con tutte le sue sfumature fino al bianco indica specie commestibili. Inoltre la facilità, con cui generalmente lo strato costituito dai tubuli (imenio fertile) si separa dalla carne del cappello, distingue i boleti dai polipori dove ciò non avviene.

- gli aculei, presenti nelle Idnaceae.

GAMBO: può essere da pieno e carnoso a cavo o cavernoso, centrale, eccentrico o laterale o mancare del tutto. Quando si separa facilmente dal cappello, senza che avvengano lacerazioni, il fungo viene definito eterogeneo; omogeneo, quando è un tutt'uno con il cappello.

I **VELI** che si possono ritrovare nei funghi superiori prendono il nome di volva, anello e cortina e costituiscono caratteristiche importanti nella determinazione del genere e spesso anche della specie cui appartiene un fungo.

- La volva, specie di sacchetto che rimane alla base del gambo, è il residuo di un velo generale che avvolgeva tutto il fungo nelle fasi iniziali della crescita del corpo fruttifero ed è diagnostica per le amanite e le volvarie.

- L'anello, che può essere semplice o doppio, scorrevole o meno lungo il gambo, è invece formato dai resti di un velo parziale ed è un carattere distintivo di alcuni generi (amanite, psalliote, lepiote ecc.).

- La cortina, ben visibile negli esemplari giovani, come l'anello, rappresenta il residuo di un velo parziale e costituisce la caratteristica dei cortinari.

CONSISTENZA o STRUTTURA: può essere molto varia, da tenace a coriacea o morbida e spugnosa, o gelatinosa, e così via, anche diversa nel cappello e nel gambo. Tagliando un fungo, specialmente se raccolto da poco, per alcune specie si può osservare una variazione di colore della struttura più o meno intensa, per processi di ossidazione più o meno veloci. Limitatamente ad alcuni generi, anche il sapore all'assaggio, può essere importante per il riconoscimento. Ad esempio nel genere *Russula*, un sapore piccante della carne del cappello

è indice di tossicità. Infine un'altro elemento che può risultare utile è l'odore emanato dal fungo al momento della raccolta.

SPORE: per i funghi dotati di lamelle è importante tener presente che non sempre il colore delle lamelle, corrisponde al colore delle spore. Per togliersi ogni dubbio vi è un metodo molto semplice che consiste nel recidere il gambo all'altezza delle lamelle e collocare il cappello su un foglio di carta, preferibilmente, per metà bianco e metà nero. Dopo 10-14 ore circa, sollevando il cappello si potrà osservare una "sporata" e se ne potrà apprezzare il colore, che contribuirà all'individuazione del gruppo a cui appartiene il fungo in oggetto. In caso di dubbio, è possibile effettuare il riconoscimento microscopico osservando gli ornamenti presenti sulle spore.

Le specie mortali

In Italia, le specie di funghi mortali sono relativamente poche. Nella maggior parte dei casi mortali da avvelenamento accertato, l'agente è l'*Amanita phalloides*.

Le specie mortali delle nostre zone sono:

- *Amanita phalloides* (Figg. 9-10), *A. verna*, *A. virosa*;
- *Cortinarius orellanus* (Fig. 11)
- *Gyromitra esculenta*
- Un complesso di funghi di piccole dimensioni tra cui diverse *Lepiote*
- *Paxillus involutus*

Alcuni consigli pratici per i raccoglitori di funghi

- Raccogliere solo specie note, nei casi dubbi non mettere mai nello stesso cesto specie diverse;
- Raccogliere solo individui ben sviluppati e sani;
- Una volta sicuri dell'identificazione della specie, consumare i funghi raccolti entro 24-48 ore dopo la raccolta;
- Non mangiare funghi crudi a meno che non sia una specie nota e adatta a tale utilizzazione (*Amanita cesarea*, alcune *Psalliote* ecc.).
- Usare buste di plastica solo per la raccolta dei chiodini (*Armillaria mellea*)

7 - TARTUFI

La conoscenza del tartufo come alimento è antichissima, già gli antichi greci ne conoscevano le ottime qualità e i diversi modi di cucinarli. In epoca romana furono molto apprezzati e molti autori, da Giovenale a Cicerone a Plinio, ne decantarono i pregi e ne descrissero le ricette. Da tutti veniva definito come cibo delle classi più elevate per l'alto costo che aveva già a quei tempi.

Sulla natura del tartufo nel corso dei secoli sono state date spiegazioni molto differenziate, dalle origini divine di Porfirio, alla combinazione di acqua, caldo e fulmine di Plutarco. In tutto il Medio Evo lo studio dei funghi come tutta la conoscenza scientifica rimase per lo più inalterato, fiorirono solo altre fantasiose descrizioni. Bisogna arrivare al 1700 con il Tournefort e il Geoffroy per trovare le prime descrizioni puntuali dei tartufi in cui si inizia a ipotizzare la presenza di elementi di propagazione, indicati come "semi" (spore). Successivamente il Micheli, riprendendo lo studio delle tuberaceae, descrive e illustra la presenza di questi "germi" (spore). Verso la metà del 1800 compare la "Monographia tuberacearum" del Vittadini che rappresenta la prima opera a carattere scientifico in cui vengono descritte tutte le specie di tartufi allora conosciute. Da allora fino ai nostri giorni, i progressi sulla conoscenza del tartufo e della tartuficoltura sono in continua evoluzione. Nel 1971 in Francia a Souillac fu organizzato il primo congresso internazionale sulla tartuficoltura. In Italia nel 1981 il Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste istituì il Centro di ricerca e sperimentazione per la tartuficoltura in Sant'Angelo in Vado (Pesaro).

Il nome comune di "tartufo" viene conferito ai corpi fruttiferi di funghi che vivono e si sviluppano esclusivamente nel terreno in simbiosi con gli apparati radicali di diverse specie di piante arboree.

I tartufi sono noti per le loro ottime qualità organolettiche, soprattutto il profumo, che è diverso per intensità e fragranza nelle varie specie e per gli alti prezzi che riescono a spuntare sui mercati. La forma e la struttura del corpo fruttifero variano a seconda della specie di tartufo, del tipo di pianta simbionte e dell'ambiente nel quale cresce; a piena maturità hanno un aspetto globoso, spesso sferoidale, cerebriforme, con dimensioni variabili da pochi mm a diversi cm di diametro e possono arrivare a pesare diversi chili in esemplari eccezionali.

Lo strato più esterno è costituito da un rivestimento pseudo-parenchimatico chiamato peridio, che può variare dal bianco-giallastro in alcune specie, al bruno-nerastro in altre. Il tartufo più pregiato che spunta i prezzi più alti è il "bianco del Piemonte o di Alba" (*Tuber magnatum*) che ha una superficie liscia, una forma irregolare lobata, con dimensioni che possono superare anche i 10-15 cm. Dotato di un profumo molto intenso, è molto tenero e facilmente digeribile, per cui viene consumato generalmente crudo, da solo o come condimento. Tra i neri, il più apprezzato è il tartufo nero di Norcia o di Spoleto (*Tuber melanosporum*); in esso il peridio si presenta più o meno verrucoso.

Le caratteristiche del peridio sono variabili anche all'interno della stessa specie, per esempio il tartufo bianco cresciuto in ambienti acquitrinosi presenta un peridio con maculature esterne di colore ruggine.

L'interno del tartufo, detto gleba, ha il caratteristico aspetto marmorizzato dovuto a venature chiare che racchiudono aree più scure: le prime rappresentano la parte sterile, le seconde sono costituite dall'imenio fertile che comprende gli aschi con le ascospore. Come la parte esterna anche la gleba può cambiare il suo colore in dipendenza del tipo di pianta con cui il

fungo vive in simbiosi e della composizione minerale del terreno. Per esempio, la gleba del tartufo bianco pregiato è quasi bianca, se questo vive in simbiosi con il salice bianco o il pioppo, è di colore nocciola scuro se vive in simbiosi con la quercia, ed è maculata di rosso, se vive in simbiosi con il tiglio. A questa gamma di colori del tartufo bianco, si contrappone la tonalità unica del peridio del tartufo nero, e della sua gleba, che nella fase di piena maturazione assume il caratteristico colore nero-violaceo, conferito soprattutto dalle ascospore.

Al contrario degli altri funghi superiori, come già detto, i tartufi non sbucano al di fuori del terreno, per cui le spore non possono essere diffuse dal vento, magari in posti molto lontani da dove si formano, ma restano localizzate e fuoriescono nel terreno al disfacimento del corpo fruttifero. In tal modo si rendono disponibili per nuove simbiosi con altre radici di piante presenti o in via di formazione.

La presenza e la produzione di tartufi in una certa area è legata prevalentemente alla natura del terreno, al tipo di vegetazione e al clima.

In Italia il tartufo nero pregiato (*Tuber melanosporum*), (Figg. 12-13) si trova di preferenza nei boschi delle zone collinari e montuose dai 400 ai 1000 metri di altezza, nelle regioni centro-meridionali. I terreni più adatti sono i calcarei, in cui sia presente una buona quantità di argilla che ne mantiene a lungo la freschezza. Tra i vari composti minerali che si possono trovare in questi terreni, il più apprezzato è senza dubbio l'ossido di ferro, che oltre a dare una bella colorazione rossastra alla terra, contribuisce positivamente sulla entità della profumazione che assumono i tartufi ivi formati. Un eccesso di silice, al contrario, rende questi funghi meno profumati. I tartufi neri possono formare simbiosi con moltissime specie arboree del gruppo delle latifoglie e con le aghifoglie, ma le specie più pregiate e profumate si trovano in genere su Querce, Carpini, Nocciolo e Ginepro. La produzione inizia a metà novembre e in genere dura fino a marzo.

Il tartufo bianco pregiato, (*Tuber magnatum*) (Figg. 14-15) detto anche "Bianco di Alba", si trova in prevalenza in Piemonte, Emilia, Toscana, ma abbastanza frequentemente anche nelle regioni del sud; nel corso della stagione 2005 proprio in Calabria è stato rinvenuto un esemplare di oltre 7 Kg. Preferisce i terreni molto freschi in prossimità di fossi, corsi d'acqua, nei fondo valle, raramente lo si trova nei boschi fitti, più comunemente ai margini della vegetazione fino ad una altezza di 800-900 m su livello mare. Per questa specie, la produzione e quindi la raccolta avviene in un periodo più breve che va da ottobre a dicembre.

Il riconoscimento dei tartufi, oltre che su basi morfologiche e olfattive, può essere effettuato anche al microscopio con l'osservazione delle spore, alcune delle quali si possono vedere nelle figure 16-17.

La ricerca dei tartufi per finalità culinarie viene fatta generalmente utilizzando l'istinto e l'odorato di alcuni animali domestici. In Italia sono soprattutto i cani che vengono addestrati a tali finalità, in altre parti d'Europa vengono impiegati anche i maiali e in alcune zone della Russia l'orso.

Molte persone hanno trasformato la ricerca del tartufo in una vera professione, con il raggiungimento di apprezzate attività economiche. Nelle zone particolarmente vocate alla produzione di questi funghi, in determinati periodi dell'anno, vengono organizzate ricerche con finalità sportive.

8 - FUNGHI DEGRADATORI DEL LEGNO

In natura un altro compito importantissimo assolto dai funghi è quello della trasformazione più o meno rapida del legno morto o non più attivo in sostanze semplici, capaci di essere riutilizzate dal mondo biologico.

Molte specie di funghi sono in grado di utilizzare i componenti delle cellule legnose come fonte principale di energia per la loro crescita e riproduzione, per tale motivo vengono definite lignicole.

In considerazione del fatto che il legno morto o non più attivo si trova anche nelle piante ancora in vegetazione, non poche volte questa categoria di funghi finisce per essere pericolosa per la pianta e direttamente o indirettamente anche per l'uomo. Generalmente, infatti, la degradazione del legno avviene a partire dalla parte interna di un ramo o di un tronco, per cui all'esterno non compare nessun sintomo di ciò che sta avvenendo e può accadere che rami o piante intere, apparentemente sane, sotto l'azione di agenti atmosferici, quali ad esempio forti raffiche di vento, possano cadere improvvisamente e causare danni a cose e/o persone. Per tali motivi, le specie che si comportano in questo modo vengono definite anche come agenti di "carie" del legno, per analogia a quello che accade con la carie dei denti.

Il legno in massima parte è formato da lignina e cellulosa, la prima generalmente presente in percentuali maggiori nelle conifere rispetto alle latifoglie. I funghi lignicoli possono essere raggruppati in due principali categorie a seconda della modalità di degradazione dei componenti delle cellule legnose e dei sistemi enzimatici usati: agenti di carie bianca (*Coriolus* spp., *Fomes* spp., *Ganoderma* spp., *Lenzites* spp., *Phellinus* spp., ecc.) e agenti di carie bruna (*Pleurotus* spp., *Polyporus* spp., *Schizophyllum* spp., ecc.). I primi, molto più numerosi, grazie a sistemi enzimatici cellulolici e lignasici, attaccano e degradano tutti i componenti della cellula legnosa a partire dalla lignina. I secondi, numericamente inferiori ma non meno attivi, degradano principalmente e quasi selettivamente le cellulose e le emicellulose.

Il legno attaccato da agenti di carie bianca appare spugnoso, fibroso o con una struttura laminare, scolorito e perde gradualmente le sue caratteristiche di vigore, resistenza ed energia. A seconda dell'aspetto assunto dal legno, possiamo avere una carie maculata, picchiettata, dovuta alla presenza di piccolissime cavità; carie puntiforme, per il formarsi di impercettibili cavità vuote, a punta di spillo; carie alveolare, per la presenza di cavità, visibili ad occhio nudo, ripiene di micelio biancastro; carie anulare, per il distaccarsi dei vari cerchi di accrescimento del legno in seguito ad una più rapida degradazione del legno primaverile rispetto a quello autunnale. Un particolare tipo di carie interessa la parte basale del tronco e le grosse

radici, determinando anche un marciume radicale: è questo il danno più grave e pericoloso perché indebolisce la pianta, riducendone la stabilità e rendendola più vulnerabile agli agenti atmosferici con la possibilità di schianto improvviso.

Tra i funghi lignicoli, oltre alle specie con comportamento tipicamente saprofita, ve ne sono anche, di parassite, che attaccano piante viventi. Molto spesso queste ultime, dopo aver portato a morte la pianta, in particolari condizioni, continuano a crescere e fruttificare come saprofite sui tronchi e sulle radici, fino alla degradazione completa della pianta. D'altra parte alcune specie saprofite possono, in particolari condizioni di debolezza di una pianta dovute a traumi o lunghi periodi di siccità, comportarsi come parassite ed attaccare il legno vivente.

Per finire, si può ricordare che molte specie lignicole possono arrecare danni anche al legname lavorato o messo in opera.

9 - FUNGHI ANTI AMIANTO

La produzione e la commercializzazione dei minerali e dei prodotti a base o contenenti amianto è stata ormai bandita da oltre 10 anni nella maggior parte dei paesi industrializzati, ma la capillare diffusione di manufatti contenenti amianto ancora rappresenta a livello mondiale una delle principali emergenze per la salute pubblica. L'insieme di caratteristiche fisiche e chimiche e la capacità di indurre la formazione di radicali liberi unita ad una elevata biopersistenza, rende, infatti, tali minerali responsabili di disturbi dell'apparato respiratorio ed agenti carcinogeni.

Recentemente, un gruppo di ricercatori del CNR di Torino ha scoperto che alcune specie di funghi sono capaci di rendere inoffensive le fibre di amianto presenti nel terreno.

Queste specie si vanno così ad aggiungere ad un'ampia gamma già nota di microbi definiti "spazzini", utilizzati per eliminare una grande varietà di sostanze tossiche: dal petrolio al ferro al piombo e così via.

Da molti questo metodo di bonificare l'ambiente viene definito la "biorimediazione", ovvero l'uso di microrganismi per eliminare l'inquinamento dall'ambiente. Oltre ai funghi, anche numerosi batteri sono ancora in fase di studio, e sembrano essere molto promettenti. Possibilità enormi vengono poi offerte dall'ingegneria genetica: in questo settore, con uno specifico innesto genico, si può dare ai microrganismi la capacità di eliminare una qualunque sostanza inquinante.

I ricercatori di Torino hanno analizzato molte specie di funghi, fino a selezionare le più efficienti nel rendere innocuo l'amianto, che sono risultate il *Fusarium oxysporum*, la *Mortierella lyali* e l'*Oidiodendron maius*. Questi microrganismi agiscono sottraendo atomi di ferro dalle fibre di amianto, che usano per produrre l'energia di cui hanno bisogno. Tale processo rende l'amianto molto meno pericoloso, poiché è proprio il ferro una delle componenti più tossiche di questo materiale. Il ferro, infatti, è un elemento molto reattivo: quando entra in una cellula scatena la produzione dei radicali liberi, molecole che possono danneggiare il DNA e provocare il cancro.

Usate per anni in tutti i Paesi del mondo come materiale ignifugo e isolante, le fibre d'amianto sono state vietate in Italia nel 1992 a causa della loro pericolosità. La capacità dell'amianto di provocare il cancro, infatti, è ormai ampiamente dimostrata. A più di dieci anni dal divieto, l'amianto è ancora presente nei terreni che circondano gli stabilimenti dove veniva estratto e lavorato e in molti altri siti in cui venivano accumulati manufatti che lo contenevano. Rappresenta un pericolo molto difficile da eliminare: quando si cerca di rimuovere il terreno inquinato o gli stessi manufatti, infatti, le fibre di amianto si liberano nell'aria e la rendono pericolosissima per la salute. Usando i funghi per ripulire il terreno, invece, non bisognerebbe eseguire nessun lavoro di scavo. Basterebbe spargere i microrganismi sull'area da trattare, "concimare" con sostanze nutrienti gradite ai funghi e aspettare. L'uso dei funghi ha anche un altro vantaggio: le fibre di amianto vengono ingabbiate e immobilizzate in una fitta rete formata dalle ife fungine. In questo modo la rimozione del terreno contaminato è molto meno pericolosa.

10 - FUNGHI TERRICOLI PARASSITI DELLE PIANTE

In tutti i terreni in cui è presente una vegetazione sia essa di piante arboree, arbustive o erbacee, sono sempre presenti anche i funghi, la grande maggioranza dei quali, come abbiamo avuto modo di vedere in precedenza, sono utili, alle piante all'ambiente e direttamente o indirettamente anche all'uomo; ma esistono contemporaneamente molte specie, soprattutto tra i funghi microscopici, pericolose perché parassite delle piante sia naturali che coltivate.

I danni causati dai funghi terricoli sono generalmente più gravi di quelli causati da specie che colpiscono la parte aerea. Il motivo è dovuto al fatto che quando vengono attaccati gli apparati radicali viene ad essere compromesso l'ancoraggio fisico oltre che l'approvvigionamento chimico-nutrizionale dell'intera pianta. In più, contrariamente agli attacchi alla parte aerea, quelli sulle radici non possono essere diagnosticati precocemente ma soltanto quando si rendono palesi attraverso la sintomatologia sulla chioma. Una considerazione importante da fare è che nel terreno le piante sono molto più in contatto tra loro, infatti, gli apparati radicali, si intrecciano si sovrappongono e hanno molti più contatti di quanti ne possono avere le chiome delle piante, per cui il micelio di un fungo parassita è molto agevolato nel passare da un individuo malato ad uno sano.

Un altro fattore chiave a favore delle malattie di origine tellurica è che nel momento in cui si evidenzia un'alterazione della parte aerea di una pianta dovuta all'attacco di un fungo terricolo, quasi sempre è troppo tardi per poter intervenire e/o curare la pianta stessa. Di norma poi, a complicare ulteriormente il quadro patologico, le piante i cui apparati radicali sono stati colpiti risultano indebolite e molto più suscettibili ad attacchi di parassiti secondari e avversità meteoriche (caldo, freddo, grandine, vento ecc.).

Le malattie causate dai funghi nel terreno si manifestano quasi sempre sotto forma di marciumi degli organi interessati, radici, fittoni, tuberi, bulbi e possono riguardare piante

adulte o piantine appena nate. In alcuni casi, in particolare sulle piante adulte, il marciume si riscontra solo nella fase finale della malattia e quasi sempre ad opera di agenti secondari, come nel caso del marciume radicale causato dall'*Armillaria mellea*. Altre volte, soprattutto su giovani piantine, il marciume dei tessuti è talmente veloce che la piantina muore nel giro di uno o due giorni, come nel caso di attacchi da *Pythium* spp. o *Phytophthora* spp.

Due esempi rappresentativi

(1) Per le piante forestali esempio rappresentativo di malattie da funghi tellurici può essere il marciume radicale delle conifere causato dal *Heterobasidion annosum*. Risultano attaccati soprattutto gli abeti e i pini; il danno si evidenzia tardivamente, quando il fungo si è insediato da molto tempo e la pianta risulta completamente compromessa. Le piante colpite da *H.annosum* hanno una vegetazione stentata, con colorazione più chiara delle foglie, che cominciano anche a cadere prematuramente. Questo parassita può penetrare nelle radici, comportarsi inizialmente da saprofita, poi, anche dopo 40-50 anni, portare a morte la pianta.

(2) Esempio rappresentativo per le piante coltivate può essere la peronospora della patata e del pomodoro. L'agente *Phytophthora infestans* oggi, da un punto di vista sistematico, è inquadrato nel regno Cromisti, ma da un punto di vista biologico e del comportamento nei riguardi della pianta ospite, è del tutto assimilabile ai funghi. Vive nel terreno, ha un micelio costituito da ife, in più rispetto ai funghi, ha delle spore mobili, le zoospore, capaci di nuotare e di portarsi sulla pianta.

La suddetta malattia è una delle più gravi in assoluto delle piante coltivate a livello mondiale. Sul pomodoro si manifesta solo sulla parte aerea della pianta, che in condizioni favorevoli può essere distrutta completamente nell'arco di 3-4 giorni. Sulla patata, dove si hanno i danni maggiori in relazione alla maggiore importanza di questa coltura per l'alimentazione umana, sono attaccati e progressivamente distrutti tutti gli organi della pianta, sia al di sopra che al di sotto del terreno.

In Europa, proveniente dal Sud America, comparve alla meta dell'800 e i danni più gravi li causò in Irlanda. Qui nel giro di 2-3 anni distrusse la quasi totalità delle piantagioni di patata, che all'epoca costituiva la principale fonte di alimentazione per la maggior parte della popolazione. Ci furono un milione e mezzo di morti per fame e quasi un milione di persone furono costrette ad emigrare verso gli Stati Uniti di America. Ancora oggi, nonostante tutti i progressi compiuti sulla conoscenza della biologia e dei mezzi per la lotta a questo parassita, a periodi alterni si assiste alla perdita di grosse quantità di prodotto in tutti i continenti.

In Italia le ultime grosse distruzioni di interi campi coltivati a patata, in diverse regioni, si sono avute negli anni 1995-96. In condizioni favorevoli per il patogeno anche le piante di pomodoro possono essere distrutte nel giro di pochi giorni.

Alcune malattie causate da funghi che producono sclerozi

Gli sclerozi sono delle particolari modificazioni del micelio fungino, che hanno una parte interna (midollo) fertile, costituita da ife fortemente addensate e da una parte esterna sterile (parete) costituita da ife morte. Sono quasi sempre di colore nero, di forme e dimensioni variabili, da frazioni di mm a vari centimetri. Consentono al fungo di sopravvivere per molto tempo nel terreno in condizioni poco favorevoli o in assenza di un ospite specifico, in caso di funghi parassiti obbligati.

Esiste un ampio raggruppamento di specie che presentano gli sclerozi nel proprio ciclo biologico e sono quasi tutti particolarmente difficili da combattere o eradicare da un terreno, poichè, oltre ad essere molto resistenti nei riguardi delle condizioni pedo-climatiche, sono in massima parte polifaghe, capaci cioè di attaccare un gran numero di piante appartenenti anche a generi e famiglie diverse.

Due generi di funghi fitoparassiti, *Sclerotinia* e *Sclerotium* hanno derivato il nome dalla presenza di queste particolari strutture. Tra questi sono compresi i peggiori nemici della barbabietola da zucchero e di tutte le piante che formano nel terreno organi carnosì quali fittoni, bulbi, tuberi. I loro sclerozi, in assenza della pianta ospite possono rimanere vitali nel terreno anche per più anni in forma quiescente, per diventare poi di nuovo attivi in presenza di una nuova pianta ospite. Le piante attaccate non oppongono resistenza all'estirpazione e normalmente si rompono al livello del colletto. Sui tessuti e organi attaccati si forma una muffa bianca all'interno della quale si differenziano gli sclerozi sotto forma di masserelle nerastre, facilmente confondibili anche con particelle di terreno.

Altri due generi molto comuni e dannosi sono la *Rhizoctonia* e la *Botrytis*; nel primo è compresa la *R. solani* nota soprattutto per i danni che arreca alla patata, e in Campania in modo particolare al garofano. Nel gen. *Botrytis* la specie più pericolosa è senza dubbio la *B. cinerea*, agente tra l'altro della "muffa grigia dell'uva", una delle tre più gravi malattie della vite.

Per concludere, in questo raggruppamento possiamo inserire anche due specie, *Verticillium dahliae* e *V. albo-atrum*, che al contrario delle precedenti non causano marciumi ma malattie vascolari (tracheo-verticilliosi). Non meno pericolose delle altre, sono comuni sia su piante coltivate che forestali. I *Verticillium* penetrano nella pianta attraverso ferite radicali e formano sclerozi, in questo caso microsclerozi, che insieme con le ife, le spore e altre strutture, si vanno a localizzare all'interno dei fasci vascolari delle piante causando, l'ostruzione e/o necrosi degli stessi. Come conseguenza di ciò, la pianta comincia ad appassire poichè alla parte aerea delle piante vengono a mancare progressivamente l'acqua e le sostanze nutritive assorbite dalle radici; in più, i tessuti vegetali sono danneggiati dalle sostanze tossiche che questi parassiti producono, per cui l'appassimento iniziale ben presto si trasforma in avvizzimento e morte di tutta la pianta.

11 - DRENAGGIO DEL TERRENO

Gran parte dei problemi che affliggono gli apparati radicali delle piante sono causati direttamente o indirettamente da eccessi o da squilibri di acqua per cui possono essere prevenuti e/o curati modificando adeguatamente il drenaggio del suolo. La maggior parte delle piante subiscono attacchi alle radici da patogeni fungini che provocano marciumi, quando sul terreno permane per molte ore o giorni un ristagno idrico. Questo è particolarmente vero durante la tarda primavera e i mesi estivi, quando gli organismi patogeni sono molto attivi.

Problemi di ristagno superficiale possono essere prevenuti facilmente modellando adeguatamente le pendenze. Aree più basse qualche volta causano problemi perché non possono essere sufficientemente modellate per favorire uno scorrimento superficiale adeguato delle acque; in tali casi ci sarà bisogno di costruire dei canali di scolo o fognature sotterranee.

Il buon drenaggio interno del terreno, cioè il movimento di acqua attraverso il suolo, influenzerà la profondità effettiva dell'apparato radicale e il risultante vigore della pianta. Molti terreni rimangono saturi di acqua al loro interno a causa di strati di argilla o pietra posti sotto di loro. I suoli sabbiosi generalmente sono asciutti, ma possono essere soggetti alla siccità; a causa della loro scarsa ritenzione idrica, necessitano di irrigazioni leggere e frequenti.

Il drenaggio interno dovrebbe essere buono su suoli profondi e con profilo in pendenza. Gli strati che impediscono la penetrazione dell'acqua comunque possono causare scarso drenaggio interno anche su terreni declivi.

Questo generalmente appare come una macchia d'umidità o addirittura ristagno idrico nella parte bassa del pendio, ben visibile in superficie. Ovviamente in queste condizioni lo sviluppo delle radici e il vigore della pianta sono influenzati negativamente. Inoltre, un terreno in pendenza può avere un buon drenaggio sia interno che in superficie ma spesso alla base del pendio si verifica un ristagno di acqua che rimane sul posto per molto tempo. Mettendo una fognatura o un dreno lungo il pendio, vicino alla sua base o solo sopra una macchia di umidità, questo raccoglierà l'acqua e migliorerà il drenaggio.

Qualche volta nei suoli urbani si trovano falde acquifere poco profonde o ristagni idrici d'altro tipo. Se la localizzazione di questa acqua è al di sotto delle radici delle piante non c'è problema. Se invece interessa queste ultime, è necessario installare delle fognature sotterranee per rimuovere l'acqua in eccedenza. Strati compattati di sottosuolo argilloso o di solida roccia spesso causano problemi di drenaggio interni. Si svilupperà un ristagno o una zona satura d'acqua sopra lo strato compatto che impedisce la percolazione dell'irrigazione. Questa zona favorisce lo sviluppo degli organismi patogeni delle radici a meno che non si trovi più in profondità dell'apparato radicale.

Se il suolo che si trova sotto lo strato compatto è permeabile, è possibile migliorare le condizioni idriche, rimuovendo lo strato compatto in fondo alla buca di piantagione e rimettendo il terreno buono. In alcuni casi possono essere praticati dei fori attraverso lo strato compatto per facilitare il drenaggio dell'acqua.

Per particolari alberi o arbusti, nei terreni compattati o con strati impermeabili, vengono fatte delle buche di piantagione provviste di drenaggi, al fine di fornire le condizioni per la loro sopravvivenza. Queste di solito sono misure prese in casi speciali, ma per la buona crescita della pianta in tali luoghi sono necessarie.

12 - LOTTA BIOLOGICA AI FUNGHI PARASSITI TERRICOLI

Da diversi anni ormai la lotta ai fitoparassiti si è orientata verso la lotta integrata che prevede l'uso contemporaneo di tecniche e mezzi agronomici, genetici, chimici e biologici. Per quanto riguarda questi ultimi, oggi si dispone di una serie di prodotti e di tecniche utilizzabili specificamente anche su colture importanti per la regione Campania.

La lotta biologica si basa sulla competizione per il nutrimento o sull'antagonismo vero e proprio che alcune specie esercitano nei riguardi di altre. Questo può essere di tipo aspecifico o generico come nel caso di: *Aspergillus* spp, *Coniothyrium minutans*, *Penicillium* spp., *Streptomyces griseoviride*, *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, ecc., o specifico come nel caso, ad esempio, di: *Ampelomyces quisqualis* verso *Oidium*, o *Cryphonectria parasitica* (ceppi bianchi) verso *Cryphonectria parasitica* (ceppi rossi) nel cancro della corteccia del Castagno.

Oggi in commercio si possono trovare molti prodotti a base di questi antagonisti e i trattamenti vengono effettuati direttamente sui semi o sulle radici delle piantine al momento della semina o del trapianto. Per alcune applicazioni possono essere utilizzati anche in combinazione con prodotti chimici, poichè il principio attivo è resistente ad alcuni fungicidi. Un esempio rappresentativo di controllo biologico, con prodotti reperibili in commercio, per una coltura di grande interesse economico per la Campania, viene descritta di seguito.

Controllo biologico dell'*Armillaria mellea* su Pesco

L'*Armillaria mellea* è una specie polifaga che causa il marciume radicale fibroso dei fruttiferi, colpisce tutte le piante arboree da frutto coltivate, con andamento sempre letale; è pericolosa anche per molte specie erbacee, arbustive e forestali; nel pesco poi si riscontra una suscettibilità alta, indipendente dall'età della pianta e dalla cultivar. I sintomi sono aspecifici e consistono in un progressivo deperimento della vegetazione con ingiallimento delle foglie.

In casi particolarmente favorevoli al parassita, si ha l'improvviso disseccamento di tutta la chioma con i frutti e le foglie che restano attaccati ai rami (Fig. 20).

Al di sopra del terreno la malattia si diffonde mediante le basidiospore, trasportate dal vento, da animali o dall'uomo, prodotte nei corpi fruttiferi, noti come "chiodini" o "famigliola buona" visibili alla base delle piante colpite (Figg. 18-19). Al di sotto del terreno il fungo, con le rizomorfe, può passare dalla radice di una pianta malata ad una sana fino ad un metro di profondità, con una velocità che va da 0,8 a 3,2 metri/anno. Le rizomorfe, grazie alla loro particolare struttura, costituiscono anche il principale organo di conservazione di questo parassita, essendo capaci di rimanere vitali per molti anni nel terreno con vita saprofitaria.

Per la lotta non esistono prodotti chimici efficaci, per cui è importante la ricerca di metodi alternativi per la prevenzione a questa malattia, da associare a quelli puramente agronomici, quali:

- eliminare residui nel terreno di piante precedenti;
- eliminare ristagni di acqua;
- effettuare una incisione anulare sul tronco 6-8 mesi prima di abbattere una pianta;
- isolare una pianta attaccata mediante lo scavo di una trincea di 80-100 cm di profondità;
- distruggere i carpofori prima della maturità;
- solarizzare il terreno per 6-8 settimane.

Esiti positivi di controllo biologico dell'*A. mellea* con il fungo antagonista, *Trichoderma barzianum*, si sono avuti in seguito a prove sperimentali effettuate al momento dell'impianto su piante di pesco (nettarine) innestate su GF 677, in due comuni della provincia di Caserta, Mondragone e Sessa Aurunca, (Cristinzio, 2003).

I risultati ottenuti in queste due prove hanno permesso di suddividere l'azione del *Trichoderma* in due categorie: protezione e stimolo. L'attività di protezione contro l'*Armillaria*, espressa come percentuale di piante morte, ha consentito di abbassare il livello di mortalità dal quasi 15% dei campi testimoni a meno del 4% nei campi trattati.

L'attività di stimolo sulla crescita della pianta, espressa come altezza delle piante e circonferenza del tronco, ha portato ad avere, dopo due anni dall'impianto, piante con altezza media di 205 cm rispetto al testimone di 185 ed una circonferenza del tronco di 38,26 cm del trattato contro i 38,21 del testimone.

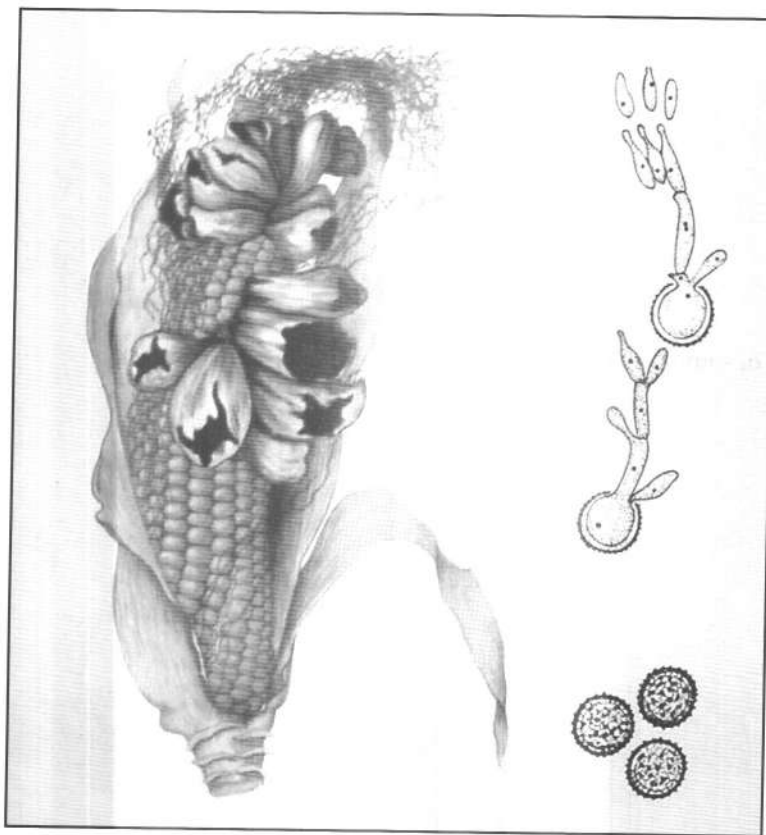


Fig. 1 - Carbone del mais (*Ustilago maydis*)



Fig. 2 - *Amanita muscaria*



Fig. 3 - Aspetti caratteristici della micoglena

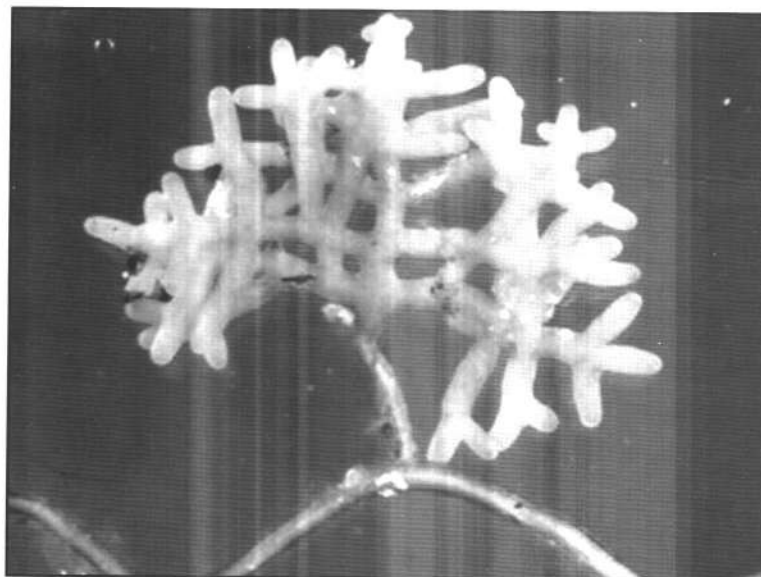


Fig. 4 - Aspetti caratteristici della micoglena (particolare)

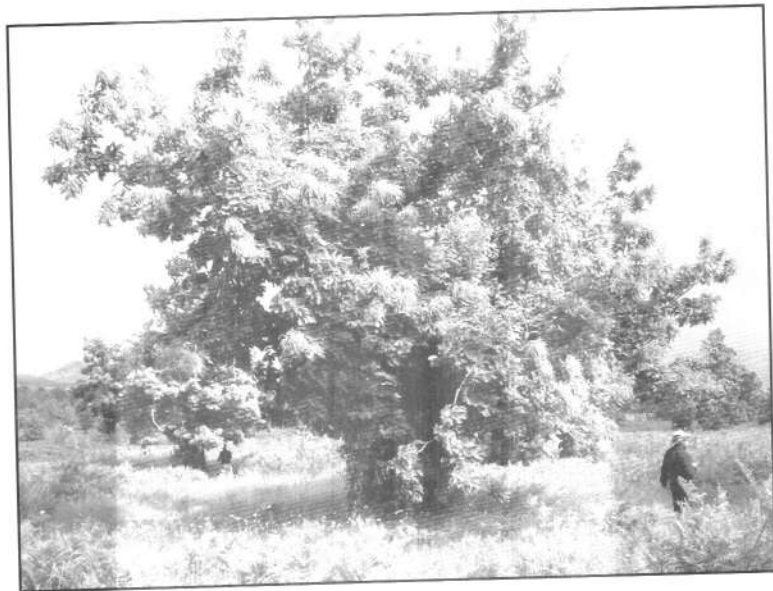


Fig. 5 - Castagno (*Castanea sativa*)



Fig. 6 - Abete rosso (*Picea excelsa*)



Fig. 7 - Ovulo buono (*Amanita caesarea*)

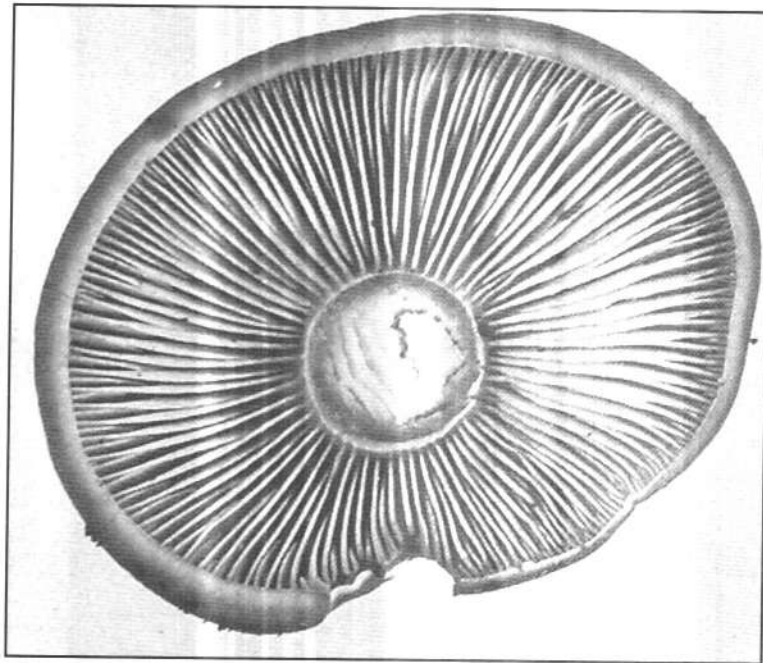


Fig 8 - Imenio fertile a lamelle



Fig. 9 - *Amanita phalloides*



Fig. 10 - Esempjari di *Amanita phalloides*



Fig. 11 - *Cortinarius orellanus*



Fig. 12 - Tartufo nero (*Tuber melanosporum*)

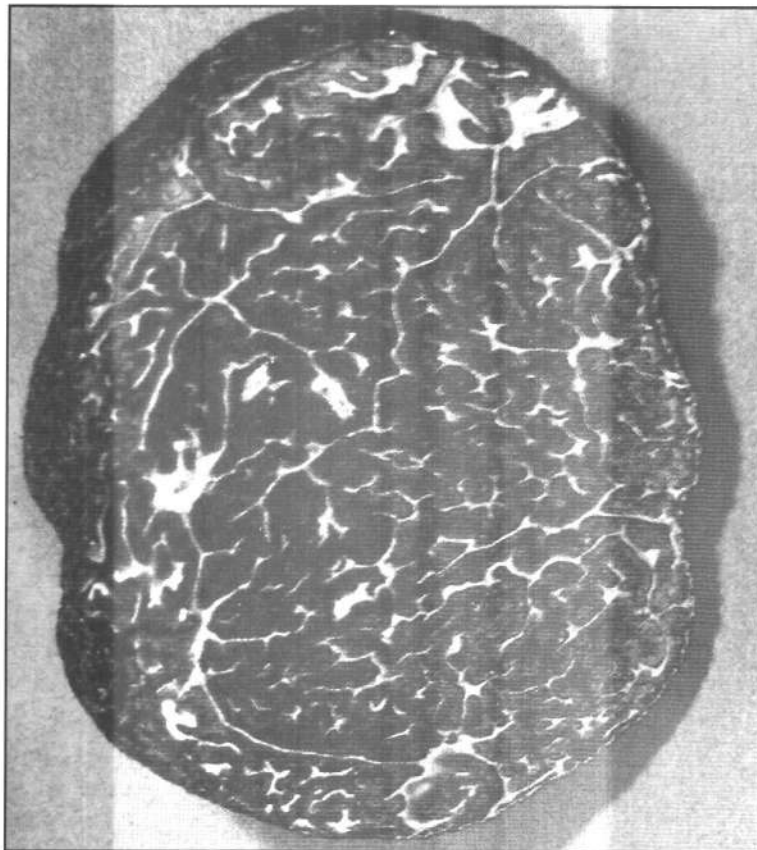


Fig. 13 -Tartufo nero (*Tuber melanosporum*) (sezione)

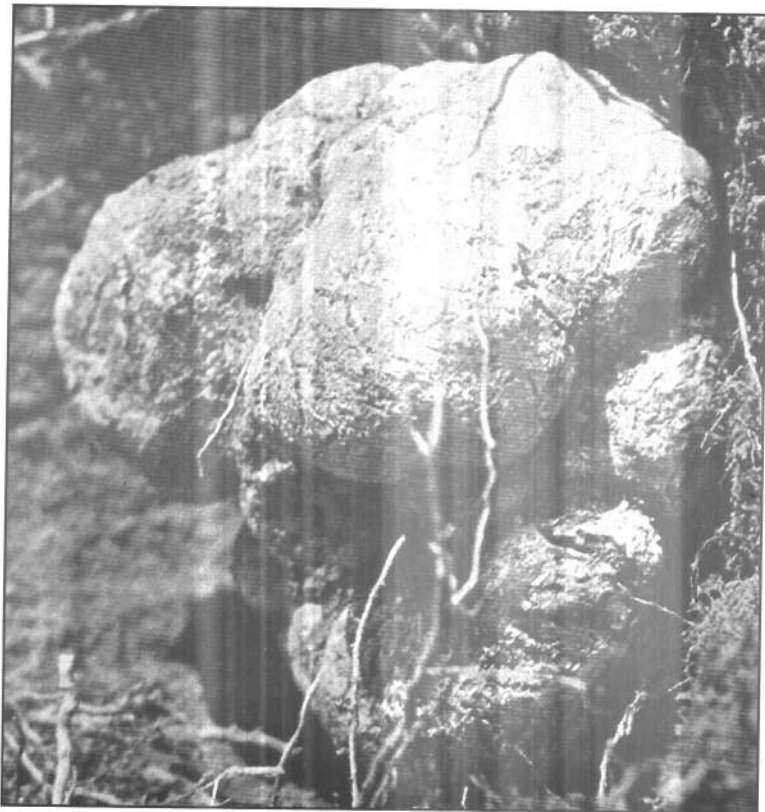


Fig. 14 - Tartufo bianco (*Tuber magnatum*)

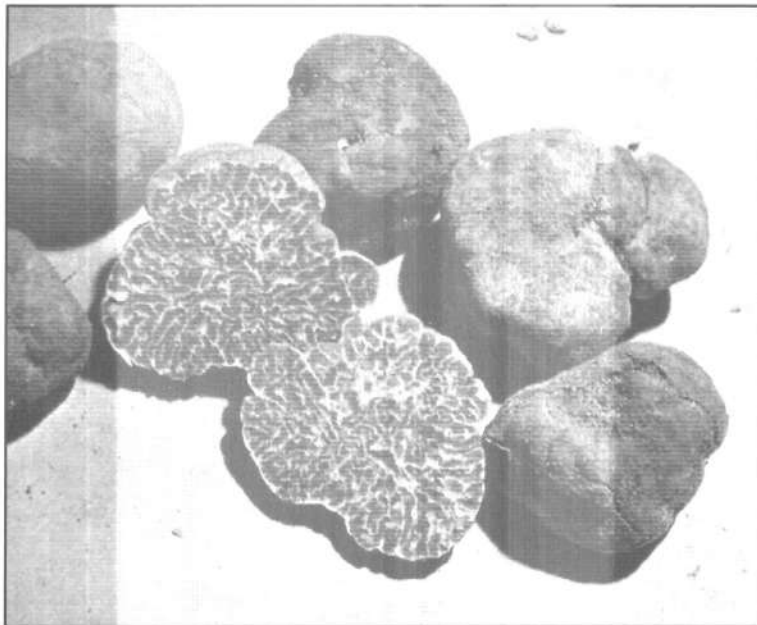


Fig. 15 - Tartufo bianco (*Tuber magnatum*) (sezione)

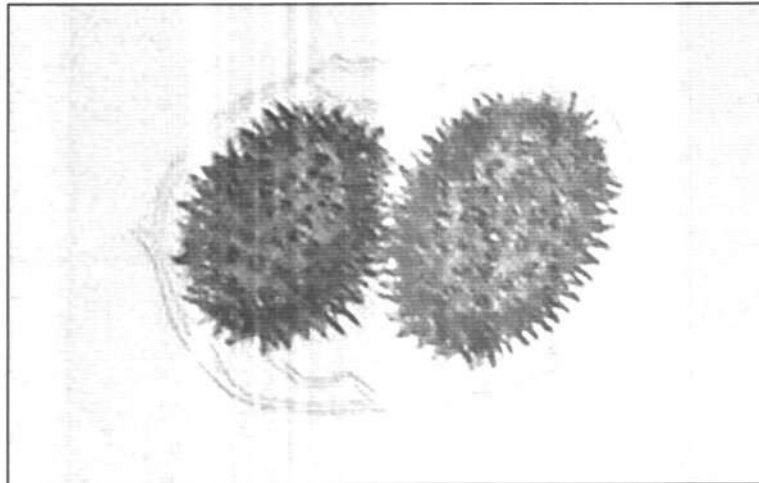


Fig. 16 - Ascospore di alcune importanti specie di tartufi: *Truber melanosporum*

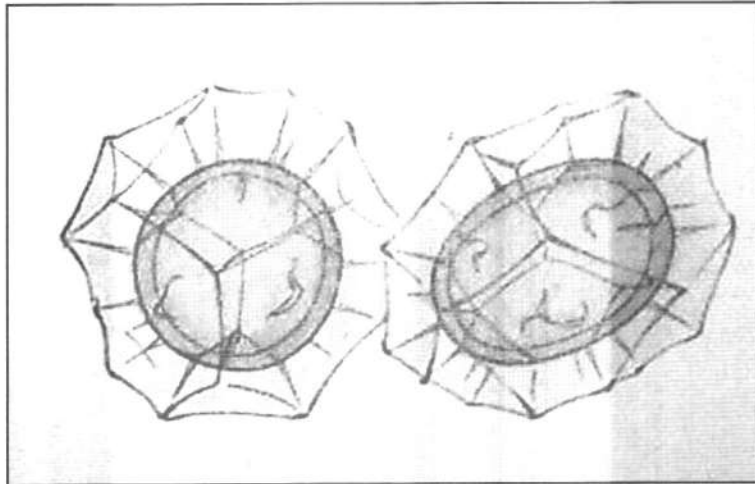


Fig. 17 - Ascospore di alcune importanti specie di tartufi: *T. magnatum*.

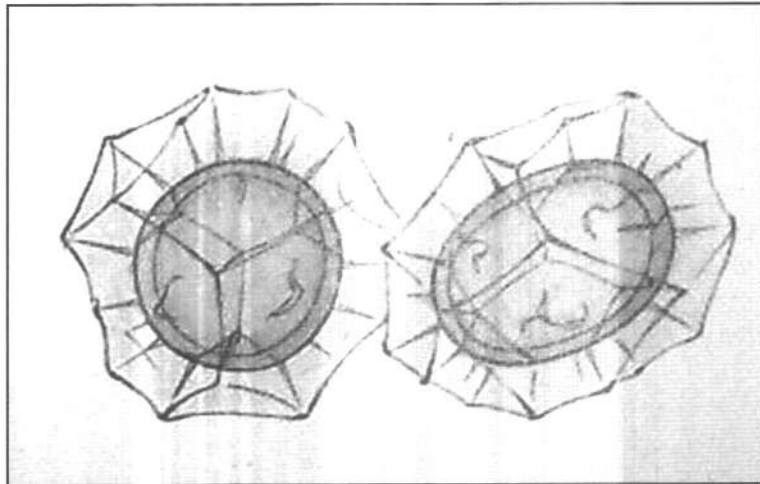


Fig. 17 - Ascospore di alcune importanti specie di tartufi: *T. magnatum*.



Fig. 19 - Fruttificazioni di *A. mellea* allo stadio di "famigliola buona".



Fig. 20 - Pianta di Pescocottone morta per attacco di *Armillaria mellea*





Fig. 21 - *Lepiota procera* (mazza di tamburo)



Fig. 22 - *Morbella* sp. (spugnola)

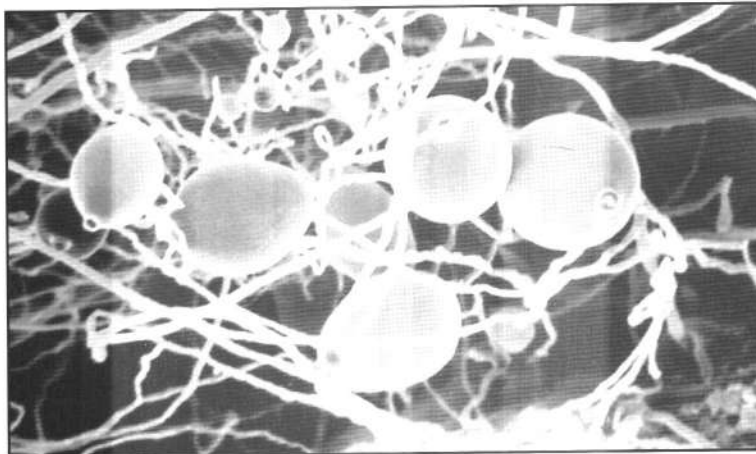


Fig. 23 - Spore asexuate della classe Oomiceti (*Phytophthora* sp.).
Al microscopio elettronico a scansione

Bibliografia essenziale

- AA.VV. 2001 - *Manuale di zoologia agraria* - Editore Delfino, Roma
- Anonimo, 1959 - *Conosci l'Italia: la fauna*. - Touring club italiano, vol. III
- Anonimo, 1974 - *Il mondo degli Animali. Mammiferi*. - Rizzoli Editore. Milano vol. I e II
- Corbet, Gordon / Oveden, Denys, 1986- *Guida dei mammiferi d'Europa* - Muzzio
- Zullini A., 1975 - *Ecologia dei nematodi del suolo* - Istituto Lombardo, Accademia di Scienze e lettere, Vol. XXVI, 290-380.
- Cristinzio G., 2003. Lotta biologica con *Trichoderma harzianum* al marciume radicale del pesco causato da *Armillaria mellea*. Atti: IV Convegno Nazionale sulla peschicoltura meridionale Campobello di Licata (AG) e Agrigento, 11 e 12 settembre 2003, 305-308; <http://unipa.it/medpeach/atti>.

Appello contro la sofferenza degli animali.

La nostra civiltà è inevitabilmente in un momento critico, il consumismo ha offuscato “la ragione” e il pensiero degli uomini è sempre più superficiale e meno profondo inducendoci a comportamenti inutili ed indifferenti alla sofferenza che spesso provochiamo con il nostro comportamento.

Milioni di animali muoiono ogni anno semplicemente perché non vogliamo assumerci la responsabilità delle nostre azioni. E' il tempo per gli appelli per la vita, spesso utilizzati a scopo strumentale .

La salvaguardia della vita deve riguardare non solo quella umana , ma anche quella degli animali e delle piante da cui dipende la nostra esistenza.

A cosa può servire oggi acquistare una pelliccia o un capo di abbigliamento con parti di essa? Abbiamo a disposizione tessuti prodotti con tecnologie avanzate che ci permettono di resistere al caldo o al freddo, oltre al fatto che indossare una pelliccia è ormai demodè.

A cosa può servire l' utilizzo degli animali per testare prodotti o sperimentare cose inutili, o per fare pratiche di vivisezione?

Come si può abbandonare un animale che vive con noi in casa sapendo che sicuramente quell'essere morirà non solo perché non è più in grado di procurarsi del cibo, ma soprattutto per il dolore prodottogli dall'abbandono.

I canili vanno sostenuti e potenziati, e migliaia di cani e gatti potrebbero essere adottati alleviando di fatto la solitudine in cui imperversa ormai la nostra società.

Chi controlla le condizioni in cui viaggiano gli animali che vengono condotti al macello oppure, in che condizioni essi vengono tenuti nei negozi di animali che potrebbero vendere solo cibo e altri accessori per essi?

A cosa serve mangiare tanta carne quando sappiamo che nella dieta mediterranea ne è consigliato l'uso moderato?

A cosa serve oggi la caccia quando sappiamo che è proprio l'istinto di uccidere presente nell'uomo che va domato?

I cacciatori sarebbero delle ottime guide per l'appostamento e l'osservazione degli animali, offrendo così un'esperienza unica a quanti non conoscono più la natura.

Come si può non pensare che un incendio di un bosco produce la morte non solo delle piante ma di milioni di animali, mettendo a rischio la sopravvivenza di molte specie?

I boschi sono patrimonio di tutti e da tutti dovrebbero essere salvaguardati.

Non è più possibile sopportare tutto questo, è tempo che il nostro comportamento sciatto e distruttivo si tramuti in un atteggiamento responsabile e rispettoso della vita tutta. Ciò che è causa di tutto questo, inevitabilmente si tradurrà in un effetto devastante e tutti noi ne saremo responsabili.

Claudio Salerno
Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali

L'Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali nasce nel 1989 per iniziativa del suo Presidente Claudio Salerno, ponendosi come obiettivi la divulgazione, la conoscenza e l'informazione circa i principali sistemi che regolano il mondo delle Scienze Naturali, nonché il trasferimento e la più ampia diffusione delle attività di ricerca e di sperimentazione.

In collaborazione con rappresentanti di diverse realtà del mondo scientifico, ha realizzato le seguenti pubblicazioni:

- I Quaderno di Didattica della Scienza, Elementi base della Botanica: facciamo un esperimento - 1992
- Piante carnivore, note e curiosità - 1994
- II Quaderno di Didattica della Scienza, Le piante velenose della Campania - 1994
- Relazioni trofiche in alcuni molluschi gasteropodi sacoglossi del Mediterraneo - 1995
- III Quaderno di Didattica della Scienza, Le piante alimentari in Campania: dalle origini al Duemila - 1995
- IV Quaderno di Didattica della Scienza, Giardini, Colture e Cultura - 1996
- II Quaderno di Didattica della Scienza, Le piante velenose della Campania (ristampa) - 1997
- V Quaderno di Didattica della Scienza, Le Piante Utili Dimenticate - 1998
- Agrobiodiversità nella provincia di Napoli - 1998
- VI Quaderno di Didattica della Scienza, Storia dell'Agricoltura e dell'Alimentazione in Campania - 2000
- Sanificazione ambientale in Agricoltura nella Provincia di Salerno - 2002
- Natura Arborum - Itinerari boschivi - 2002
- Cultura che nutre - Letture sulla sicurezza alimentare - 2004
- I Quaderni del Parco - Il Paesaggio tra cultura e natura - 2006
- Le Piante e l'Uomo in Campania - Le radici culturali e scientifiche - In stampa
- La Scienza e la Memoria - In stampa

Ha realizzato negli ultimi tre anni le seguenti mostre scientifiche:

- L'eredità dei vinti
- Storia Naturale
- L'evoluzione del paesaggio vesuviano
- Biodiversità e biotecnologie
- Biodiversità e patrimonio boschivo nella Provincia di Napoli
- Le Pitture di Oplonti
- Sanificazione ambientale e sviluppo sostenibile
- Cultura che nutre
- Virus e Ambiente
- Paesaggi dell'Agro-Nocerino-Sarnese
- Paesaggi in Movimento
- Paesaggi Metropolitan
- Lettere a Darwin
- Il Canto nel buio
- I Cibi dell'Anima

-
- Vita Ipogea - Il suolo come habitat per la vita
 - Sensilli - Viaggio nell'aria
 - Saron - Viaggio sull'acqua
 - La Città degli Insetti - La biodiversità entomologica nell'ecosistema urbano
 - La Scienza e la Memoria

In quarta di copertina
foto - Lello Ruggiero



COMUNE DI NAPOLI

Assessorato all'Ambiente

Tel. 081 7954180-1-4-5-6

Fax 081 7954182

e-mail: assessorato.ambiente@comune.napoli.it



Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Entomologia e Zoologia Agraria

Dipartimento delle Scienze Biologiche - Sezione di Zoologia

Dipartimento di Arboricoltura, Botanica e Patologia Vegetale



Istituto per la Diffusione delle Scienze Naturali

Via Tito Angelini 41, 80129 Napoli

cell: +39336308262

e-mail: idsn@libero.it

www.idsn.it

Finito di stampare in maggio 2008

Vietata la vendita

