

<b>MICOLOGIA AGRARIA.....</b>	<b>2</b>
INTRODUZIONE.....	2
ALLEVAMENTO INTENSIVO .....	2
<b>REGNO FUNGI.....</b>	<b>2</b>
ECOLOGIA.....	3
FATTORI CHE INFLUENZANO LA COLONIZZAZIONE .....	3
<b>FUNGHI E BIOTECNOLOGIE .....</b>	<b>3</b>
PRODOTTI CHE SI POSSONO OTTENERE DAI FUNGHI .....	3
<b>VANTAGGI DELLE MICORRIZE E DEI BATTERI PGPR .....</b>	<b>4</b>
BENEFICI AGRONOMICI .....	4
VANTAGGI ECONOMICI PER AZIENDE .....	4
VANTAGGI PER L'AMBIENTE .....	4
BENEFICI PER CONSUMATORI .....	5
LA PARETE CELLULARE.....	5
RUOLO DELLE VESCICOLE CITOPLASMATICHE NELLA FORMAZIONE DELLE PARETI IFALI .....	5
I SETTI: ULTRASTRUTTURA A FINI TASSONOMICI.....	6
STRUTTURA DELLA PARETE NELLE SPORE .....	7
SVILUPPO DELLA PARETE DURANTE LA SPOROGENESI.....	7
APPARATO RIPRODUTTIVO .....	7
GERMINAZIONE DELLA SPORA.....	9
TIPI DI RIPRODUZIONE .....	10
STRUTTURE DI RIPRODUZIONE.....	10
<b>RIPRODUZIONE .....</b>	<b>11</b>
RIPRODUZIONE SESSUALE NEGLI ASCOMICETI .....	11
CICLO DI ASCOMYCETES .....	12
FUNGHI MITOSPORICI .....	13
CICLO DI BASIDIOMYCETES .....	13
<b>CLASSIFICAZIONE .....</b>	<b>15</b>
<b>REGNO PROTOZOA.....</b>	<b>16</b>
PHYLUM PLASMODIOPHOROMYCOTA.....	16
<b>REGNO CHROMISTA.....</b>	<b>16</b>
<b>REGNO FUNGI.....</b>	<b>17</b>
PHYLUM CHITRIDIDIOMYCOTA.....	17
PHYLUM ZIGOMYCOTA .....	17
PHYLUM ASCOMYCOTA .....	17
PHYLUM BASIDIOMYCOTA .....	18

# Micologia agraria

## Introduzione

Nel regno dei funghi sono compresi organismi viventi che possono colonizzare diversi tipi di habitat (terrestri, marini e aerei) perché dotati di grande adattabilità e di notevole diversità.

Le specie descritte sono 100.000-150.000, quelle stimate circa 1.500.000 (Howthsworth).

Fra queste abbiamo diverse specie a rischio di estinzione di cui alcune già scomparse. Proprio per tali motivi sono state preparate le cosiddette “**Red Lists**”: In queste liste si segnalano rischi di estinzione di tali specie. Ci sono anche specie vulnerabili a causa di antropizzazione e della moderna industria (es. foresta amazzonica).

E' importante ricordare che le attività che i funghi vanno a svolgere all'interno degli ecosistemi sono tra le più varie e si possono così riassumere:

- 1) Mantenimento equilibrio tra produzione materiale vegetale e loro trasformazione. Ottimi per il rinnovamento di sostanza organica (es. legno).
- 2) Micorizzazione (rapporti di simbiosi con app. radicali).
- 3) Produzione antibiotici (biotech).
- 4) Fito-zoopatogena (tossine e veline)
- 5) Allucinogena
- 6) Supporto alimentare (specie commestibili)
- 7) Espressione geni eterologhi (DNA ricombiante)
- 8) Agenti per lotta biologica contro malerbe, insetti ecc..

## Allevamento intensivo

Ateneo nel II e III secolo d.C. utilizzava il sistema dell'interramento del letame equino.

Teofrasto (382 – 287 a. C) prataloi su letame

Tradizione popolare : interramento di legname in grotte poi si irrigava e si copriva con teli o frasche e sui tronchi nascevano i funghi).

## Regno Fungi

Sono organismi **eucarioti** (super regno Eucaryota).

Presentano una membrana nucleare con cellule costituite da 1 o più nuclei. Il DNA è costituito da una doppia elica contenuto all' interno della membrana nucleare.

E' presente un reticolo endoplasmatico, i mitocondri, alcuni organuli cellulari (ribosomi 80s, vacuoli, lisosomi,). Si possono avere anche alcune inclusioni (corpi di Woronin, gocce di lipidi, glicogeno, complessi enzimatici e strutture proteiche paracrisalline) Vi è la presenza di chitina.

I funghi sono organismi eterotrofi, costituiti da un ammasso di ife intrecciato, che presentano una complessità più o meno elevata e che si possono insediare sia su organismi vivi che su quelli morti; nella maggior parte dei casi le ife sono pluricellulari e le singole cellule sono separate fra loro attraverso una invaginazione della membrana cellulare che viene definita setto, la quale però non va a costituire un limite invalicabile, ma consente gli scambi intercellulari attraverso la presenza di un “foro” che va a determinare una continuità citoplasmatica. Tale apertura prende il nome di poro, negli ascomiceti, e il flusso citoplasmatico che lo attraversa è regolato da un organello adiacente: **il Corpo di Woronin**.

Nei Setti di basidiomiceti invece si ha il **doliporo** (così viene definito il poro) che viene delimitato da strutture rigonfiate localizzate sul bordo stesso del poro dette **parentosomi**, cappucci membranosi connessi con i rispettivi reticoli endoplasmatici.

Nei funghi appartenenti alle classi meno evolute, invece, le ife sono non settate, **cenocitiche**, e quindi composte da una unica cellula plurinucleata Il micelio cenocitico è caratteristico delle divisioni Chytridiomycota e Zygomycota. In alcuni funghi inferiori non esiste un vero micelio, e l'intero organismo è rappresentato da una sola o poche cellule (divisione Chytridiomycota, ordine Spizellomycetales, famiglia Olpidiacee). Nel caso in cui il tallo sia costituito da una sola cellula si dice olocarpico<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> olocarpico: quando tutto il corpo fungino diventa organo riproduttivo (ex. funghi inferiori)  
Negli ascomiceti e nei basidiomiceti il micelio settato è pluri ifale e viene definito eucarpico  
eucarpico: vi è la presenza di elementi vegetativi e riproduttivi

Per fungo mitosporico (ex deuteromiceti) si intendono quegli organismi appartenenti a questo regno e dei quali non si conosce la fase eteromorfa.

## Ecologia

I Funghi sono tutti organismi eterotrofi e dipendono quindi da altri esseri viventi autotrofi che siano in grado di sintetizzare S.O..

Possono presentare diverse tipologie di interazione con gli ospiti:

I funghi parassiti possono essere facoltativi o obbligati. Si possono poi ulteriormente distinguere in:

**Necrobiotici** (uccidono l'ospite e poi se ne nutrono)

**Biotrofici** (sfruttano l'ospite fino alla fine).

Gli organismi che possono essere parassitizzati possono essere piante (>10.000), altri funghi (micoparassiti, con la possibilità di un loro utilizzo in lotta biologica), uomo e animali (micosi) dermatofili.

Funghi simbiotici

Mutualismo (es. licheni)

scambio reciproco di benefici (endo-ectomicorrize)

Commensalismo

nessuno dei due organismi si arrecava dei danni

Funghi saprotrofi (es. funghi cellulitici o ligninolitici).

Sono caratterizzati da abbondante produzione di elementi di moltiplicazione, micelio, ampia gamma di enzimi, antibiotici, sostanze ad azione antagonista e produzione di humus.

## Fattori che influenzano la colonizzazione

Componenti nutritive del substrato:

Rapporto C/N (ottimale da 16 a 24)

Temperatura

Accrescimento ifale

f. termofili 40°C

f. mesofili 25/35°C

f. psicrofili 7/10°C

Reazione del mezzo

f. acidofili pH 4.5/8

f. basofili pH 6/7.5 (ottimale)

Luce

Produzione di carpofori eduli (100/150 lux)

Elementi riproduttivi spore

Stimolo a loro differenziazione

Dispersione spore

Umidità

Dell'aria > 95 %

Del substrato 65/75 %

Pressione osmotica (autoregolazione)

Aerazione (fase di accrescimento vegetativo e di riproduzione)

## Funghi e biotecnologie

### Prodotti che si possono ottenere dai funghi

Enzimi

Bevande alcoliche: *Saccharomyces cerevisiae*

Funghi coltivati: *Agaricus bisporus* (prataiolo)

Biomassa microorganica (single cell protein) microproteina da *Fusarium graminearum* (forma fibre che assomigliano a carne)

Biomassa di lievito *S. cerevisiae*

Cibi fermentati da soia

Formaggi: Gorgonzola

Acido citrico: *Aspergillus niger*

Etanolo (alcool industriale) *S. cerevisiae*

Vitamine Riboflavina

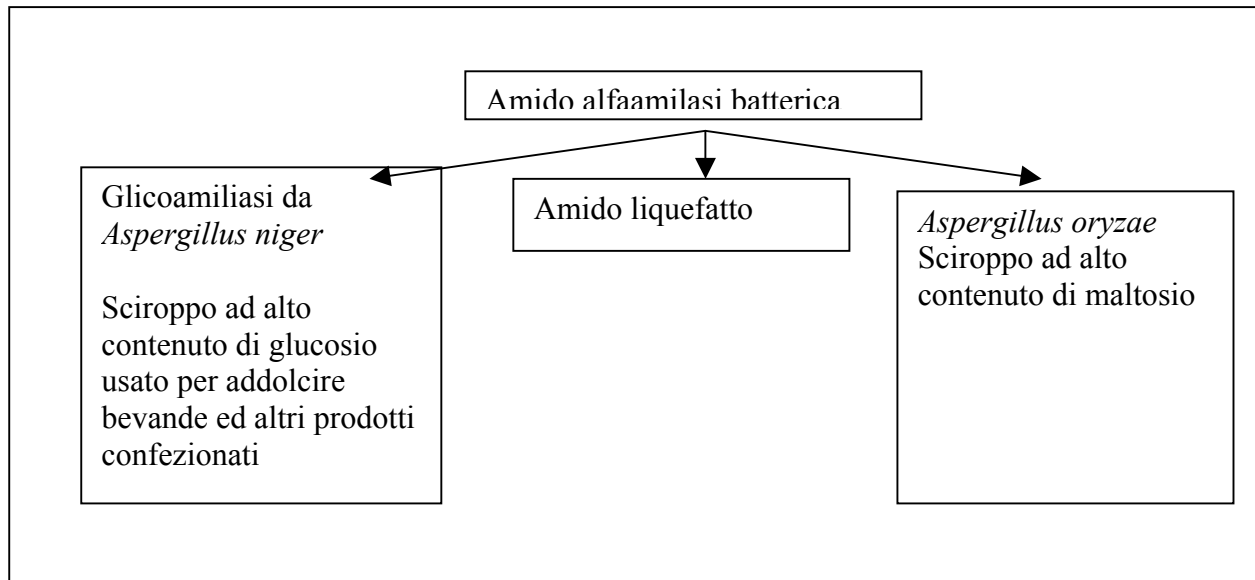
Antibiotici Penicillina, Cefalosporina, Fumagillina

Medicinali prodotti farmaceutici Metaboliti secondari.

Prodotti chimici strobilurine da *Strobilus termocellus*, ormoni vegetali quali giberelline da *Giberella fujikuroi*

Espressione geni eterologhi per ceppi più efficaci per determinate produzioni (in particolare per *S. cerevisiae* e *Aspergillus* spp.)

Agenti per lotta biologica contro malerbe insetti ecc.



## Vantaggi delle micorrize e dei batteri PGPR

I batteri PGPR (Plant Growth Promoted Rhizobacter) contribuiscono allo sviluppo delle piante, specie se associati a funghi micorrizogenici).

I benefici sono di tipo agronomico, ambientale per i consumatori e per l'azienda agricola.

### Benefici agronomici

- i. Esaltazione della fertilità naturale dei suoli (P, N e microelementi rilasciati);
- ii. Effetto starter nelle prime fasi di sviluppo, semina e trapianto.;
- iii. Valorizzazione elementi nutritivi, sbloccando le forme altrimenti non disponibili;
- iv. Miglioramento struttura del terreno;
- v. Apporto di 20-30 q.li di nuova sostanza organica;
- vi. Aumento carica microbica ;
- vii. >flocculazione per maggior produzione di CO<sub>2</sub>;
- viii. attenuazione danni da salinità;
- ix. >tolleranza/ resistenza per funghi patogeni.

### Vantaggi economici per aziende

- i. >produzione;
- ii. < spesa sulle conc. Chimiche;
- iii. < costo sulle lavorazioni meccaniche;
- iv. >efficienza dell' irrigazione.

### Vantaggi per l'ambiente

- i. Riduzione dell'impatto ambientale;
- ii. Riduzione erosione del terreno per via di pratiche più superficiali:

- iii. Riduzione dell'impiego di macchine ;
- iv. Riduzione dei concimi di sintesi;
- v. Riduzione dei volumi dei fertilizzanti;

### Benefici per consumatori

- i. Disponibilità di ortaggi, frutta e cereali curati in maniera ecocompatibile
- ii. Miglioramenti qualitativi
- iii. Riduzione dei Nitrati
- iv. Possibilità di creazione di una filiera biologica

Ha una composizione fisica e chimica abbastanza costante nei differenti taxa.

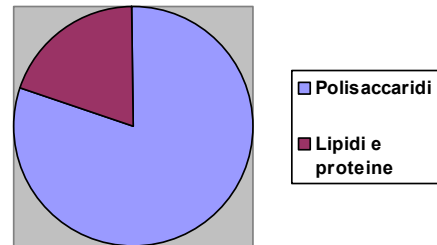
### La parete cellulare

La **chitina** è il componente principale della parete cellulare nei funghi.

Nella parete si individua a sua volta una **parete esterna** che può essere pluristratificata, ed una **interna** anch'essa pluristratificata. Diversi componenti dell'una si fondono con l'altra per questo non sono sempre distinguibili.

La parete ifale esterna è composta da alfa (1-3) glucani (S-glucani).

La parete interna è composta da un complesso di R-glucani-chitina; gli R-glucani, con legami beta (1-6), sembrano avvolgere lo strato chitino.



### Ruolo delle vescicole citoplasmatiche nella formazione delle pareti ifali

Secondo uno schema proposto nel 1970 da Grove et al. i dictiosomi, sede di produzione delle vescicole secretorie ricevono materiale parietale direttamente dal reticolo endoplasmatico con cui sono in stretta connessione e differenziano al polo distale vescicole secretorie che migrano verso l'apice, talvolta fondendosi tra loro durante il percorso. All'apice ifale le vescicole si fondono con la membrana plasmatica liberando il contenuto. Grove e Cracker prospettavano l'ipotesi che le vescicole citoplasmatiche coinvolte nella costruzione parietale potessero contenere polisaccaridi parietali ed enzimi litici.

L'assemblamento di vescicole all'apice ifale sembra correlato ad una struttura apicale nota come **Spitzenkorper (corpo apicale)**. Quando lo sviluppo ifale cessa lo *Spitzenkorper* scompare per riapparire immediatamente prima della ripresa di un ulteriore sviluppo apicale e con posizione correlata alla direzione dello sviluppo stesso.

Nel movimento delle vescicole sembra implicato il **cytoskeleton**. Infatti, sembra certo che l'ifa fungina in sviluppo contenga all'apice un cytoskeleton composto da microfilamenti e microtubuli disposti longitudinalmente ed in connessione con la membrana plasmatica; il cytoskeleton nell'apice è anche preposto al trasporto direzionale delle vescicole verso la membrana plasmatica. La maggior parte degli autori sembra concorde nell'ammettere che la formazione della parete cellulare avvenga attraverso un processo di deposizione in loco del contenuto intravescicolare.

All'interno della cellula i **chitosomi o microvescicole**, si muovono verso l'apice ifale e sono probabilmente responsabili del trasporto della **chitin-synthetase** verso il plasmalemma apicale, dove avviene l'assemblaggio delle **microfibrille chitiniche**. Ogni singolo chitosoma trasporta gli enzimi sufficienti per sintetizzare una singola microfibrilla. Dal punto di vista morfologico i chitosomi misurano da 40 a 70 nm, hanno una membrana ricca in steroli, e apparentemente contengono solo enzimi in forma inattiva per la sintesi della chitina. Per quanto concerne la formazione delle microfibrille all'interno della cellula, è necessario considerare che i chitosomi contengono grandi quantità di precursori inattivi della chitin-synthetase, e l'attivazione probabilmente avviene per contatto con le proteasi presenti sulla superficie parietale interna delle cellule in allungamento.

Secondo Bracker et al. (1976) è presumibile che ciascuna catena chitinica sia fabbricata da una unità separata di chitin synthetase e le nascenti catene cristallizzano collegialmente in una singola microfibrilla.

Infatti, le unità di chitin synthetase sembrano capaci, in vitro, di associarsi l'una con l'altra ed assemblarsi in strutture vescicolari o nastriformi capaci di sintetizzare microfibrille.

Per quanto riguarda la sintesi della chitina ci sono buone ragioni per ritenere che avvenga solo in corrispondenza della membrana plasmatica. Il materiale parietale amorfo quindi non microfibrillare, sarebbe invece probabilmente sintetizzato nel citoplasma, trasportato alla parete entro vescicole, scaricato nello spazio periparietale e quindi legato nella rete microfibrillare.

È stato ipotizzato, accanto alla teoria proteolitica, anche un altro meccanismo di attivazione della chitin synthetase che coinvolge i lipidi di membrana; infatti, i cambiamenti nella composizione lipidica parietale potrebbero avere un effetto di attivazione sulla chitin synthetase. Il cambiamento è dovuto al fatto che i chitosomi contengono lipidi differenti.

La chitin synthetase risulterebbe un enzima integrato nella membrana plasmatica e dovrebbe essere considerata come una proteina di membrana

## I setti: ultrastruttura a fini tassonomici

I miceli settati si trovano nelle divisioni Ascomycota, Basidiomycota, nei funghi Mitosporici e in alcuni Zygomycota, la struttura dei setti è spesso caratteristica in ciascun raggruppamento.

Ascomiceti: il poro può essere occluso dai corpi di Woronin Negli ascomiceti i setti presentano generalmente un poro, talvolta più di uno. Spesso il poro è di dimensioni tali da consentire il passaggio del nucleo e di altri organelli citoplasmatici da una cellula ad un'altra. Accanto al poro in posizione citoplasmatica troviamo il Corpo di Woronin, organo rotondeggiante in grado di produrre l'occlusione.

Basidiomiceti: il setto presenta, analogamente agli ascomiceti, un poro, il doliporo, che è però delimitato da una struttura caratteristica formata da rigonfiamenti parietali del bordo del poro stesso. Nelle due porzioni citoplasmatiche adiacenti al doliporo, si trovano i parentosomi, cappucci membranosi che confluiscono con i rispettivi reticoli endoplasmatici delle due cellule confinanti, che possono essere o no perforati.

Meccanismi di formazione dei setti:

Mangenot e Reisinger (1976) distinguono la settazione dei conidi in:

Eusettazione: il setto si forma attraverso un processo di estensione della parete interna che si espande centripetamente, per introflessione, in un punto determinato della spora

Distosettazione: il setto si forma da un nuovo strato parietale che si introflette in modo centripeto dopo avere ricoperto l'intera superficie interna della cellula.

Processo doppio: il setto si forma per introflessione della parete interna della cellula che viene successivamente ricoperta da uno strato parietale nuovo.

Secondo Marchant (1979) nei Funghi Mitosporici la formazione dei setti nei conidi è seguita da una otturazione del poro tanto da dare completa individualità alle cellule che li compongono.

Es: la formazione del setto alla base delle spore di *Tritirachium oryzae* (Funghi mitosporici) procede per introflessione della parete interna dell'apice ifale (cellula conidiogena), con ispessimento successivo della parete settale. Il distacco e la liberazione della spora avviene grazie alla formazione di una zona litica esattamente nella parte mediana del setto (Cole e Samson, 1979).

Es: in *Saccharomyces cerevisiae* il processo di separazione di una nuova cellula inizia con la formazione di



Enzima chitino sintetasi e formazione di chitina.

un anello chitino che protrude nel lume della cellula madre; con lo sviluppo centripeto di questo anello si ha la formazione di un disco di separazione tra le due cellule. Il fenomeno è seguito dalla deposizione di materiale parietale che porta alla formazione due nuovi strati che si sovrappongono ai due lati del disco di separazione. Con il distacco della cellula figlia il disco di separazione resta e si fonde nella cicatrice della cellula madre. (Cabib et al., 1979). La formazione del setto è preceduta dalla attivazione della chitin synthetase, la chitina sembra coinvolta infatti nella formazione dell'anello.

Formazione del setto alla base di una spora e separazione schizolitica

Degradazione del setto o deg. Degli enzimi idrolitici R glucosio (ex durante la coniugazione).

## Struttura della parete nelle spore

In generale le pareti sporali hanno una struttura più complessa e difficilmente riassumibile in uno schema generale.

Come esempio consideriamo le spore di *Glomus epigaeum* (divisione Zygomycota). Ricerche strutturali e biochimiche hanno evidenziato che le fibrille chitinarie costituiscono la struttura principale della parete esterna ed interna.

Dal punto di vista strutturale le spore di *G. epigaeum* (divisione Zygomycota) presentano una parete esterna composta da un singolo strato di microfibrille chitinarie parallele, mentre la parete interna (5-6 armstrong di spessore) è formata da due strati caratterizzati da una differente organizzazione; quello più interno vicino al plasmalemma ha una struttura fibrillare apparentemente dispersa, mentre quello più esterno è organizzato regolarmente con una struttura fibrillare ad arco. In *G. epigaeum* la struttura parietale parallela potrebbe essere interpretata come tipica di un primo deposito di materiale simile a quello riscontrato dagli stessi autori su giovani spore. La struttura delle fibrille chitinarie organizzate ad archi della parete interna invece è successiva e strutturalmente simile a quella descritta per la cuticola dei granchi e di altri crostacei e per la cuticola degli insetti. La parete interna ed esterna svolgono probabilmente un ruolo differente, in quanto la prima consente lo sviluppo e l'estensione della superficie sporale durante la sua formazione, mentre l'interna, che si differenzia successivamente, con la sua struttura chitinica ad archi, sembra essere preposta alla resistenza nei confronti dei fenomeni di degradazione operati dai microrganismi tellurici.

Numerose ricerche sono state fatte anche per comprendere l'**origine delle ornamentazioni** (rugosità, echinulazioni, asperità di differente tipo, ecc..) che frequentemente ricoprono la parete esterna delle spore. Secondo Marchant (1979) le ornamentazioni, che appaiono sulla superficie esterna delle spore, e presumibilmente anche quelle talvolta rilevabili sulle pareti ifali, si formano per deposizione di materiale secondario sulla superficie interna della parete esterna nel momento della sua formazione.

## Sviluppo della parete durante la sporogenesi

La parete sporale gioca un ruolo molto importante nella formazione e nella germinazione delle spore. Poiché il continuo sviluppo ifale comporta anche una continua sintesi di materiale parietale, la sporulazione, che è un fenomeno discontinuo, determina ovviamente una interruzione nella produzione ifale e quindi del materiale parietale. Tali interruzioni riguardano in particolare il periodo che va dalla maturazione della spora alla sua germinazione.

Relativamente alla formazione delle pareti la maggior parte delle spore è includibile in due categorie: la prima è quella in cui il citoplasma della spora presenta una delimitazione ancora prima della sintesi delle pareti e ciò avviene ad esempio nelle ascospore; la seconda è quella invece in cui la sintesi delle pareti avviene durante lo sviluppo della spora stessa.

Osservazioni (Grove e Cracker, 1970; Girbardt, 1957) effettuate su specie di Funghi Mitosporici, coincidono con quelle classiche di Bartnicki-Garcia (1973) secondo le quali, come abbiamo già visto, esiste un delicato equilibrio tra sintesi e lisi parietale del tutto analogo a quello osservato negli apici ifali in accrescimento.

## Apparato riproduttivo

Telomorfa o separazione riproduttiva sessuale (micelio eucarpico ex Ascomiceti) si differenzia da moltiplicazione sessuale anamorfica (di *Stemphylium* spp. ) .

Il **conidio** presenta il corredo della fase vegetativa.

La **spora** è sessuale.

Dove si sviluppano questi funghi si trovano polifenoli.

Variabilità morfologica intraspecifica- ecotipi- a seguito di differenti tipi di lettiera si ha un diverso sviluppo.

Ascoma e Basidioma: sono corpi fruttiferi le cui dimensioni vanno da pochi mm a dimensioni notevoli

Cappello= pileo                      Gambo= stipite

Sul cappello rimangono scaglie del velo generale (Biancastre)

La rottura del velo parziale copre l'imenio sotto forma di anello

Il micelio può andare incontro a modificazioni strutturali.  
Differenzia organi dette clamidospore ex *Fusarium* sp.  
Vengono prodotte quando il fungo deve sopravvivere (parti ispessite, forma rotondeggiante e rigonfiata).

#### Aggregazioni ifali (rizoidi)

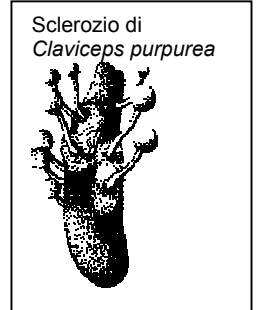
Cordoni miceliari rizomorfici che tendono ad accumulare riserve. Sono favorite da basso N organico e alta percentuale di carboidrati ex *Armillaria mellea*

#### Sclerozi (pseudoparenchimi)

Costituiti da aggregazioni di molte ife (anche di grande dimensione) ex *Polyporus militale* (può arrivare fino a 10-15 kg, viene definito pane nero degli aborigeni australiani)  
A volte inglobano parte della pianta ospite (ex. *Claviceps purpurea*) quali possono essere fiori, frutti e semi.

Sono composti da:

strato esterno pseudoparenchimatico detto scorza;  
parte mediana con intreccio di ife detto cortex;  
parte centrale con matrice mucillaginosa detta modella.



Sono dotati di diversa pigmentazione ifale

Sono in grado di accumulare sostanze di riserva (carboidrati, glicogeno, proteine, lipidi, polifosfati) (struttura di conservazione)

Componenti costitutivo principale è la chitina.

Resistenza a essiccamento, radiazione U.V., ad enzimi litici (azione di melanina + chitina) del fungo stesso e di altri microrganismi.

Stroma *Claviceps purpurea* (Segale cornuta) Corpi fruttiferi con spore germinano e infettano le spighe in fioritura (sostituiscono la cariosside) si forma lo sclerozio e in cima a questo si formano gemme con tanti conidi (oogamia), stromi, corpi fruttiferi.

Le ife hanno anche una struttura di ancoramento al substrato Rizoidi

La colonizzazione del substrato è importante: si forma un appressorio con cono di penetrazione

*Rhizopus* sp. (div. Zygomycota) sporontofori o sporoniti, rizoidi.

Appressori (funghi mitosporici nella prima fase di penetrazione)

La colonizzazione del substrato inizia con la penetrazione del tubo germinativo nei tessuti dell'ospite.

Oidio: *Sphaerotheca pannosa*/ *Erisiphae graminis* vengono classificati in base al all' austorio che si presenta digitiforme.

Tigmotropismo di *Puccinia hordei*

L'ifa va in senso perpendicolare rispetto alle cellule. In questo modo si trovano meglio gli stomi

Tigmotropismo di  
*Puccinia hordei*

Elettrotassi

Cariche negative in corrispondenza di ferite

*Phytium aphanidematum* +

*Phitolitica paluminare* -

Le spore fungine elemento iniziale del ciclo biologico

Germinazione> tallo miceliare> strutture riproduttive

Endospore all'interno di queste strutture

Esospore monoplanali, elementi di propagazione agamica sono ex deuteromiceti

Dimensioni da pochi micrometri a 200 (*Endogene* sp.)

Colore da ialino a bruno rossastre-rosa

Tipo di aggregazione : singole, catenulate, in glomeruli o codioboia



## Germinazione della spora

Quando la spora giunge a maturazione e viene liberata su un adatto substrato è potenzialmente in grado di germinare.

La germinazione è un fenomeno vitale che richiede energia per l'espletamento dei processi di sintesi necessari; tale energia proviene dalla ossidazione dei composti del carbonio, zuccheri e polialcool, immagazzinati come materiali di riserva nella spora durante la sua formazione (Gottlieb, 1975). Questi materiali di riserva vengono utilizzati dalla spora anche nella fase di quiescenza, che precede la germinazione, tuttavia è quest'ultimo processo che comporta un più intenso metabolismo delle risorse.

La germinazione in molte specie non avviene subito dopo la completa maturazione della spora, ma solo dopo un periodo più o meno lungo di dormienza; in altre specie invece le spore sono immediatamente pronte per iniziare un nuovo ciclo biologico. In alcuni casi questo periodo di latenza può essere costituzionale, cioè caratteristico della specie e talvolta anche relativamente lungo, come nel caso di alcuni parassiti delle piante le cui spore, prima della germinazione, richiedono alcuni mesi di dormienza a bassa temperatura; questo fenomeno consente a quelle spore che sono più sensibili alle basse temperature in fase di germinazione di superare il periodo freddi (svernamento). In altri casi la dormienza non è costituzionale, ma indotta da fattori ambientali, come la mancanza di una sufficiente umidità, oppure la presenza di una temperatura troppo bassa o troppo alta. Il ritardo nella germinazione è normalmente indotto dalla presenza di sostanze particolari sulla superficie esterna della spora (inibitori), come l'acido ferulico, l'acido paraidrossibenzoico, ecc.; l'azione degli inibitori è annullata successivamente da altre sostanze (**attivatori**) che la spora elabora alla fine del periodo di dormienza o al ritorno delle adatte condizioni ambientali; gli attivatori sono in grado di contrastare l'azione degli inibitori.

### 1<sup>a</sup> FASE:

Il **rigonfiamento, o imbibizione** della spora rappresenta la prima fase della germinazione; secondo Smith *et al.* (1975) il fenomeno si svolge in **due stadi**;

il primo, *non metabolico*, è probabilmente dovuto a fenomeni di reidratazione passivi, mentre nel secondo, *metabolico*, il rigonfiamento è dovuto a processi di sviluppo protoplasmatici. Gli autori ritengono che, durante la fase di rigonfiamento, avvenga, in molte specie, la deposizione di nuovi strati parietali.

Quando si raggiunge il massimo di rigonfiamento la deposizione dei polimeri parietali sembra limitata ad una o poche aree entro la spora e queste diventano i futuri punti di emergenza del tubo germinativo.

In generale questo periodo di rigonfiamento dura alcune ore e termina con la comparsa del tubo germinativo, nel quale si polarizza lo sviluppo successivo.

Il rigonfiamento determina profonde modificazioni nella spora, con rotture della parete esterna: da una di queste rotture può fuoriuscire il tubo germinativo per estroflessione della parete interna che viene così a costituire l'esterna nella nuova struttura formata.

### 2<sup>a</sup> FASE:

La seconda fase della germinazione ha inizio con l'**emissione del tubo germinativo**; la costruzione della parete del tubo germinativo può avvenire in tre diversi modi:

1° per continuazione delle pareti, esterna ed interna, della spora.

2° per continuazione di una sola parete o di alcuni strati parietali della spora.

3° per formazione di una nuova parete.

Successivamente con il procedere della germinazione si ha un aumento del numero di nuclei, sia nel citoplasma sporale che in quello del tubo germinativo. I tubi germinativi risultano circondati da una guaina fibrillare ben definita, che è assente in corrispondenza dell'apice.

Dati autoradiografici, ottenuti prima della protrusione del tubo germinativo, mostrano in molte specie una intensa sintesi parietale polarizzata su una piccola area della spora, questa regione diverrà l'apice del futuro tubo germinativo. Anche nei casi in cui la deposizione parietale interessa tutta la superficie interna della cellula, come in *Mucor rouxii*, *Aspergillus ochraceus*, ecc., al momento della germinazione si osserva una polarizzazione nella deposizione di materiale parietale in un punto ben determinato della superficie interna. Nei primi stadi della germinazione i tubi germinativi in incipiente formazione contengono vescicole citoplasmatiche simili alle vescicole secretorie rinvenibili negli apici ifali in accrescimento. Tali vescicole svolgono probabilmente un ruolo importante nella formazione della parete trasportando materiale parietale ed enzimi nella regione di sintesi delle pareti.

*Per quanto concerne le modificazioni degli organuli cellulari,*

nelle spore in germinazione si nota un aumento volumetrico del nucleo seguito dalla sua divisione, che può avvenire prima o durante l'emissione del tubo germinativo, nelle spore mononucleate il nucleo figlio migra

all'interno del tubo germinativo. In questa fase il reticolo endoplasmatico risulta considerevolmente più abbondante rispetto alle fasi di quiescenza. I ribosomi aumentano, come probabile risultato dell'incremento dell'attività metabolica, prima e durante la germinazione. Anche le vescicole citoplasmatiche presentano un notevole aumento numerico al momento della germinazione; queste analogamente a quanto osservato per i processi di allungamento ifale, svolgono un ruolo fondamentale nei processi di neoformazione parietale. Anche i mitocondri sono normalmente presenti nelle spore dormienti, ma subiscono un aumento numerico e cambiamenti di forma durante la germinazione della spora (Bartnicki-Garcia et al., 1968; Smith et al., 1975).

Circa i **meccanismi che regolano l'estroflessione**, ed il punto nella parete della spora in cui compare il tubo germinativo, è stato ipotizzato l'intervento di correnti ioniche interne (Trinci, 1984) del reticolo endoplasmatico e dei dictiosomi (Grove e Cracker, 1970).

**La formazione del tubo germinativo e la delimitazione della prima cellula ifale mediante la comparsa di un setto, coincidono con la prima divisione cellulare.** Nei funghi appartenenti alla divisione Zygomycota ed in alcuni Ascomycota assistiamo ad un tipo di mitosi chiusa, cioè con la persistenza della membrana nucleare. Nei basidiomiceti, ad eccezione degli uredinali, la mitosi è di tipo *aperto*, cioè in corrispondenza della metafase si ha la scomparsa della membrana nucleare.

Maturazione

Periodo di latenza (dormienza):

bassa temp.

Costituzionale

Indotta

(da inibitori: acido fenolico, fattori ambientali, temp, unimidità)

A fine dormienza si ha l'azione degli attivatori oppure il dilavamento degli inibitori)

Pronte a germinazione (consumo energetico)

Ossidazione di materiali di riserva (composti di carboni, zucchero, polisaccaridi)

**Vescicolazione fino a 38.000 al min.**

Parete cellulare

Cellulosa (oomycetes)

Chitina (componente principale costituita da unità monosaccaridiche derivate dalla glucosammina)

Struttura parete ifale

Parete di chitina

Fenomeni di autolisi intervengono durante lo sviluppo dell'ifa per fargli mantenere la plasticità.

Nei funghi la riproduzione è una tappa essenziale per al diffusione, la diversità e il mantenimento nell'ambiente.

## Tipi di riproduzione

**Agamica o vegetativa:** non avvengono fenomeni sessuali, i discendenti sono cloni compare solo la mitosi che porta alla semplice divisione nucleare.

**Sessuata o gamia:** unione di gameti maschili e femminili e di cellule ifali aploidi

**Pseudomissia:** copulazione di elementi vegetativi con scomparsa dei gametangi (in ascomiceti sup.)

**Partenogonia:** copulazione fra cellule femminili (in ascomiceti sup.)

**Somatogamia:** assenza di organi sessuali differenziati. Unione di ife complementari.

**Sporogonia** cellula madre (in basidiomiceti) → meiosi  
→ meiospore

## Strutture di riproduzione

Spora:

1 Mitospore (o spora vegetativa) Possono essere esospore (conidi) Endospore (cont. in conidiomi).

2 Meiospore (da sporogenesi)



Sintomatologia di *Rhytisma acerinum*

Nelle forme più evolute dei funghi inferiori *Phytium debarianum*, *Mucor spp.*, *Plasmopora spp.*, si formano gametangi derivanti da gametangiogamia isogama o eterogama.

Gametangiogamia eterogama (unione di anteridio e oogonio) zigoto (attraverso la meiosi da origine a una oospora).

Gametangiogamia isogama (gametangi) zigoto (per meiosi da origine a una zigospora).

Negli Ascomiceti si ha un anteridio + oogonio (ascogonio + tricogino) che contiene le spore

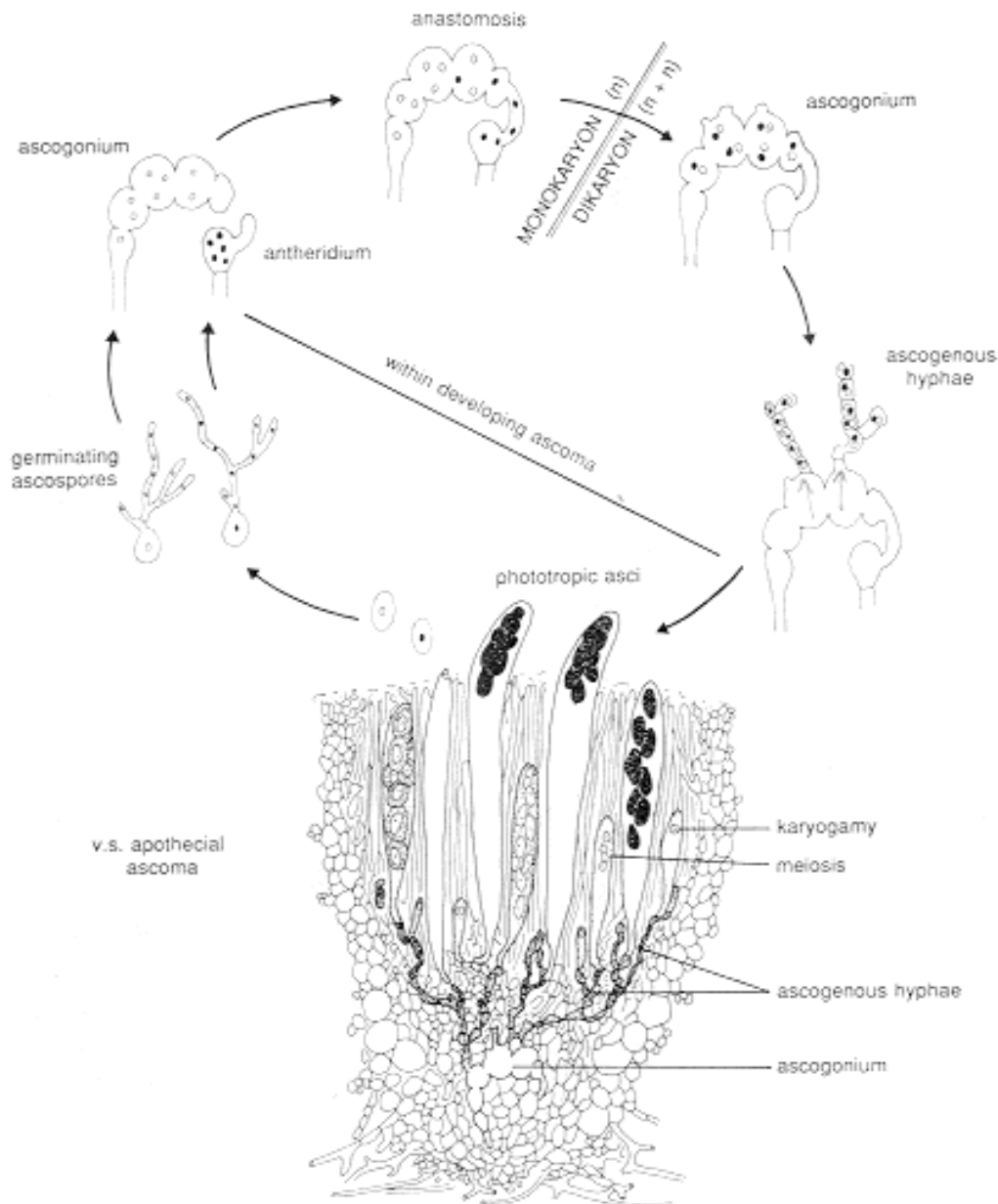
Nei Basidiomiceti la gamia fra le ife di polarità opposta da origine ad un Basidio che poi forma le basidiospore

Fasi che precedono la riproduzione

- 1 Germinazione spora
- 2 Emissione del tubo germinativo
- 3 Sviluppo ifale – ramificazione ifale –
- 4 Differenziazione del vero micelio
- 5 Costituzione del corpo fruttifero

## Riproduzione

### Riproduzione sessuale negli Ascomiceti



Teleomorphic cycle of an apothecial ascomycete, *Ascobolus*

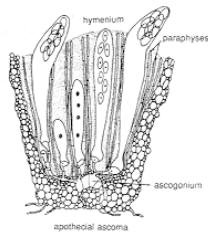
Il corpo fruttifero (**ascoma**) è molto importante a fini tassonomici.

**Peritecio:** parete esterna formata da ife compattate detta **peridio**. Tali ife presentano un foro alla sommità (ostiole) dal quale fuoriescono le ascospore attivamente. Le ascospore possono essere lanciate in quanto la trasformazione degli zuccheri semplici richiama acqua. Ex *Venturia inequalis*  
 Il peritecio contiene ascospore (endospore) e gli aschi sono monotunicati.  
 Vi possono essere depositi vari, soprattutto melanina che danno colorazioni scure.

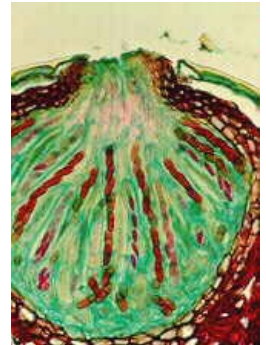
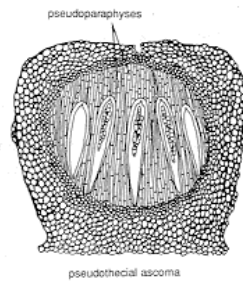
**Pseudotecio** aschi bitunicati *Venturia inequalis* produce una tossina presente anche nei frutti ticchiolati. All'interno del peritecio si differenzia un tessuto di base che supporta l'imenio fertile (quello che porta aschi e ascospore)  
 Possono esistere anche apotecii visibili di consistenza cartilaginea.

**Apotecio**

Elementi di polarità opposta che generano ife aploidi. Dal micelio primario si formano ife binucleate (dicarion) a seguito di plasmogamia.



**Pseudotecio**



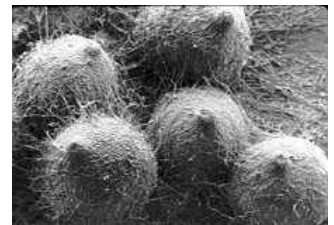
**Peritecio**

**Cleistotecio:** colore scuro, forma rotondeggiate, parete ifale spessa, presentano propaggini (fulcri) con forme particolari). Le ascospore vengono espulse per la rottura del cleistotecio stesso.

**Apotecio:** è a forma di coppa con parafisi<sup>2</sup> interposte agli aschi. Sono le ife ascogene binucleate che generano gli aschi.

Apotecio in dettaglio:

- 1 anteridio
- 2 oogonio
- 3 tricogino (ponte fra 1 e 2)
- 4 micelio primario + e – aploide



alcune ife presentano una particolare forma ad uncino

La coniugazione ad uncino non è da confondersi con l'unione a fibbia dei basidiomiceti.

Queste ife ascogene dicarioniche si ripiegano al livello dell'apice in cui si vedono chiaramente i 2 nuclei.

Nella fase successiva i miceli migrano e vanno incontro ad una divisione mitotica.

2 dei 4 nuclei vanno verso la sommità dell'ifa, mentre 2 rimangono alla base. I 2 alla base vengono progressivamente separati da setti.

In seguito avviene la cariogamia (solo un nucleo). Alla base il setto scopre fra i due nuclei.

Poi avviene il mitosi in cui i 4 nuclei vanno incontro ad una successiva divisione fino a dare origine a 8 ascospore.

Anteridio e oogoniolo sono 2 ormoni che stimolano la riproduzione sessuale.

Una stessa ifa ascogena può dare più volte origine ad Aschi perché torna binucleata a seguito della separazione del setto.

**Ciclo di Ascomycetes**

Specie eterotallica diverso tallo per + e –  
 “” omotallica stesso tallo

<sup>2</sup> Parafisi: filamenti sterili interposti agli aschi fertili

Una gran parte del ciclo è **aploide (aplofito)**

Si possono avere aschi e ascospore in palizzata (tipico delle Taphrine – Bolla del Pesco-)

Morchella Sono ascomiceti particolari perché sembrano basidiomiceti con pileo differenziato molto complesso e in cui gli apoteci presenti formano una superficie alveolante.

Gen. Tuber la struttura apoteciale è scomparsa.

La parte interna del tartufo prende il nome di gleba (venature dell'imenio).

Gli aschi sono insiti in venature scure all'interno della gleba.

Per la diffusione occorrono animali (Cinghiali, arvicole ecc che poi le distribuiscono nell'ambiente con le feci).

In seguito a lisi della parete ascale vengono emessi questi aschi. Tipico di *Ophiostoma ulmi*.

Nei funghi mitosporici si formano conidiomi. Septoriosi del sedano

Picnidi (conidiomi) di *Phomopsis sp.*

I picnidi hanno parete spessa per via di un intreccio di ife di 10/12 strati

Acervulo: simile al tessuto a palizzata della Taphrina, in cui il tessuto risulta libero.

Sporodochio: particolare tipo di acervulo che forma cuscinetti la cui struttura è delimitata dalla matrice. Tipico di *Fusarium spp.*

## Funghi mitosporici

Nei funghi mitosporici si ha la formazione di corpi fruttiferi.

Conidioma= ascoma – acervulo – picnidio. È una camera che differenzia internamente i conidi emessi dalla parte apicale del picnidio sui rami conidiofori. Alla sommità del picnidio esce il cirro che contiene i conidi). La parete si presenta molto spessa (10-12 strati)

Conidiofori macronematosi (non si distinguono bene dalle ife miceliari) e micronematosi (si differenziano bene).

Particolari tipi di conidioma:

Acervulo *Pestalotia*

Sporodochio *Fusarium*

## Ciclo di Basidiomycetes

Comprendono molti membri dai fitopatogeni ai quelli coltivati a saprotrofi.

Basidioma: corpo fruttifero

Cappello o pileo porta al di sotto l'imienoforo a tubuli, lamelle, aculei

Gambo: stipite

Imenoforo: rappresenta la parte fertile



Emiangiocarpica in cui il velo persiste solo nelle prime fasi di sviluppo ex *Auricularia auricula juadae*

Gimnocarpica: non c'è velo

Angiocarpica: ricoperto con velo

La formazione del corpo fruttifero parte da 2 ife complementari (sessualità opposta indicata in genere con + e -) che costituiscono il micelio primario (aploide). Fondendosi originano quello che viene definito micelio secondario (diploide) che costituisce il corpo fruttifero. Sarà poi questo che darà origine alle basidiospore che riavviano il ciclo riproduttivo.

Diapositive, quindi foto

Spitzenkorper

Fusione di 2 cellule di lievito

Aschi con ascospore

*Taphrina deformans*

*Rhizina acerinum*

Sclerotinia tuberosa gen Helizale.

Apoteci non sempre microscopici, ma visibili come funghetti (ex Stromatina pseudotuberosa)

Apoteci del gen. Pezizale (viscidi, cartilagine)

Morchella (sotto frutteti, latifoglie. Primavera avanzata)

Paldinia concentrica (stroma nerastro su legno con striature concentriche) conosciuto in Africa. Contiene p.a. antiemorragico e antisettico.

Generi differenti di Tuber

Fra le nervature si trovano gli Aschi (di colore scure) Superficie ectinulata.

Exobasidium rhododendender Simile alla bolla da origine a delle galle fogliari con colorazioni giallo aranciato rosatoe una superficie vellutata perchè tappezzata di basidiospore. La clorofilla nelle cellule scompare .

L' imenoforo al di sotto del cappello può presentarsi

A lamelle +/- carnose e/o +/- vellutate.

A tubuli (ex. porcini)

Ad aculei (ex. Idum repandum)

Trasformazione e rottura dei peridi che da origine ad una struttura cancellata di colore aranciato (ex. Cleatrus cancellatum)

Il peridio avvolge tutto, con all'interno una gleba biancastra. Quando matura presenta un ostiolo che si apre apicalmente per far uscire le basidiospore (palizzata bruna).

Ganoderma resinatum (si trova a forma di mensole con consistenza legnosa molto dura e causa la morte dell'albero). E' tutto tutto concresciuto era un aphillophorales ma oggi non esiste più causa carie bianca.

Le spore possono appartenere allo stesso individuo (omotalliche) oppure a individui diversi (eterotalliche).

Formazioni delle unioni a fibbia nelle ife dicariotiche e inizio della differenziazione del basidio.

Somatogamia: le ife di sesso opposto si fondono a seguito dell'incontro del micelio nato dalle basidiospore portate sul cappello.

Il micelio primario nasce da basidiospore – sono individui eterotallici – dalla fusione ha origine un micelio secondario – fase dicarion – Esso va a costituire il corpo fruttifero in cui si hanno le basidiospore. Gran parte del ciclo è dicarionico.

Basidiospore

Unione a fibbia

Inizio della differenziazione del basidio: vera struttura riproduttiva del basidioma. Cariogamia con formazione di sicarion

Classificazione in base alla presenza di setti

Fragmobasidi Uredinales (ruggine) Teliospore

Tremellales Auricularies

Olobasidi no setti Agaricales

Esempi di cistidi : corpi sterili che si vanno ad interporre ai basidi dell'imenio.

Altri elementi sterili

Parafisi

Setole

Elementi laticiferi

Schizophillum: fungo xerofilo saprotrofo su substrati legnosi.

Velo generale, velo parziale

Tilletia caries: carie del grano classe ustilaginomycetes ord. Tilletiales

Teliospora, formazione ad H

La carie o golpe del grano da origine a false carioidiche che emanano odore di pesce marcio.

Uredinosora (classe Uredinomecetes, ord Uredinales)

Uredinospore catenulate, non presentano fibbia.

Puccinia graminis

Crespino le basidiospore giungono sul crespino – spermogoni di pol. Opposta- ife recettive spermazi (polarità opposta) Proecidiospora e ecidiospora

Ecidiospore giungono sul grano, danno origine a uredosori che producono uredospore le quali poi danno origine teliospore svernanti invernanti

Ciclo aplobiontico

La fusione miceliare è subito seguita dalla meiosi.

Tipico della divisione Ascomycota e ordine Mucorales (Zygomycota)

Ciclo diplonte sincarionte

Saccharomyces cerevisiae. La meiosi è terminale e dà origine a gameti che possono originare nuovi individui.

Ciclo diplobiontico

La meiosi si presenta in fase intermedia

## Classificazione

**Sistemica:** accerta la parentela tra specie o gruppi di specie mediante confronto (morfologico, variabili per mutazioni genetiche o forme di ecotipi ambientali)

**Tassonomia:** studia il grado di parentela tra gli individui per saggiarne l'omogeneità e definirne la specie (unità tassonomica che riunisce individui con lo stesso genoma e caratteri somatici sufficientemente affini).

Rapporti di parentela > rapporti tassonomici > specie (nomenclatura binaria, popolazione di gruppi di individui tassonomici identici)

Taxon di ordine superiore alla specie

Specie	Rependum
Genere	Hydnum
Famiglia	Hydnaceae
Ordine	Chantarellaes
Sottoclasse	Agaricomycetidae
Classe	Basidiomycetes
Divisione	Basidiomycota
Regno	Funghi

La classificazione può essere:

naturale (gerarchica) Strutture gerarchiche individuano la posizione tassonomica di ciascuna specie.

Artificiale (pochi caratteri facilmente osservabili)

Tassonomia numerica > di 50 caratteri. Si ottengono dei dendrogrammi che ci danno gli individui per grado di somiglianza.

Tassonomia filogenetica o cladistica.

Fitogenica

Grado di divergenza evolutiva

Ordine fitogenico

Composizione di piccole sequenze di sub unità ribosomiali con relazioni tra i diversi geni (origine ancestrale)

Caratteri usati nella classificazione e filogenesi fungina

Morfologia/ Ultrastruttura

Nutrizione e fisiologia (metabolismo fermentativo, ossidativi, sorgenti N e C utilizzate, sensibilità composti antifungini).

Chimica dei composti a basso peso molecolare (chemiotassonomia, TLC, GC, HPLC, NHR, Fames)

Profili proteici (geleleetroforesi)

proprietà antigeniche (immunolettroforesi)

Parete cellulare (polisaccaridi: cellulasi, chitina, altri zuccheri)

Acidi nucleici (relazioni parentali, evoluzione, sequenze – filogenesi: rDNA nucleare e mitocondriale) PCR, RFLP<sup>3</sup>, RAPD

Caratteri distintivi dei principali regni degli eucarioti

Caratteri	Animali	Chromista	Fungi	Plantae	Protozoa
Nutrizione	Eterotrofi, fagotrofi, osmotrofi	Autotrofi, fototrofi, assorbenti	Eterotrofi, assorbenti, osmotrofi	Autotrofi, fototrofi	Eterotrofi, fagotrofi, autotrofi
Parete cellulare	Assenza di cellulari	Cellulosa, chitina	Chitina	Cellulosa, polisaccaridi	Variabile
Creste mitocondriali	Appiattite	Tubulari	Appiattite	Appiattite	Tubulari
	Assenti	Tubulari	Assenti	Assenti	Non tubulari

## Regno protozoa

Sono organismi unicellulari, plasmodiali (massa protoplasmatica), raramente multicellulari per lo più prive di membrana

### Phylum Myxomicota

(struttura tipo plasmodio o vero plasmodio)

Classe Myxomycetes (slime molds o ammassi gelatinosi), zoospore

Ordine Physorales (saprotrofi, zoospore con 2 flagelli)

Genere Physarum, Mucilago, Fumigo

### Phylum Plasmodiophoromycota

Ordine Plasmodiophorales (slime mold, endoparassiti). Hanno 2 zoospore flagellate (una è più lunga) e sono parassiti obbligati.

Genere Plasmodiophora, Polymixa (vettore del virus della Rizomania), Spongospora (scabbia polverulenta della patata).

## Regno Chromista

Sono organismi uni o pluricellulari filamentosi o formanti colonie. Sono fototrofi (i cloroplasti si trovano a volte con l'ER).

Pseudofunghi: parte delle alghe brune, diatomee, oomycetes.

### Phylum oomycota

(zoospore biflagellate, tallo diploide, oospore, sporogoni)

classe oomycetes (zoospore in zoosporangi, oospore da unione anteridio e oogonio)

Ordine Saprolegnales (water molds)

Genere Aphanomyces

Genere Saprolegna sp. (parassita di uova di pesce)

Ordine Peronosporales

Famiglia Phytiaceae (ora è nell'ordine delle Phitiales)

Genere Phytium (causa una progressiva demolizione della lamella mediana).

(Phytophthora cinnamomi in Australia colpisce gli eucalipti, P. infestans ha causato in Irlanda la grave carestia del '800).

Famiglia Peronosporaceae

Genere Plasmopora

Genere Peronospora

Genere Bremia

Genere Pseudoperonospora

<sup>3</sup> Polimorfismo della lunghezza dei frammenti di restrizione



Famiglia Albuginaceae

Genere Albungo (A. candida causa la ruggine bianca delle crocifere)

## Regno funghi

### Phylum Chitridiomycota

Producono zoospore con singolo flagello posteriore, non producono micelio vero, presentano un tallo rotondeggiante e le pareti contengono chitina). Vivono entro la cellula ospite. Il corpo vegetativo, a maturità, è trasformato in una o più spore durevoli a parete ispessita detti sporangi. Sono abitatori di acqua e terreno. Si trovano a loro agio con film liquidi che favoriscono il movimento delle spore e la disseminazione. Alcuni vivono nel terreno o come spore durevoli o nella pianta ospite come tallo. Spore durevoli che germinano e originano zoospore che producono talli che poi causano le infezioni oppure le zoospore infettano direttamente le cellule vegetali. Oppure si formano sporangi che danno origine a zoospore secondarie

Ordine Chitridiales	Synchytrium scabiatum	Rogna nera della patata
Blastochytriales	Phytophthora maydis	Maculatura bruna del mais Uropeltis alfalfa Mal del gozzo della medica
Mandolepharidales	Saprotrofi anaerobi	
Neocollimastigales	Rumice erbivori	
Spizellomycesales	Oidium brassicae	Marciume del colletto
	Uropeltis alfalfae	Mal del gozzo

### Phylum Zygomycota

Hanno micelio ben sviluppato senza setti trasversali, producono aplanospore non mobili in zoosporangi. La spora durevole viene chiamata zygospore. Unione di gametangi apparentemente simili.

Si tratta di funghi strettamente terricoli, deboli parassiti di piante a produzione vegetale. Causano marciumi molli e muffe.

Possono essere patogeni opportunisti per l'uomo (Rhizopus), altri sono parassiti di nematodi e funghi. Possono formare delle ecto e endomicorrize.

In caso di infezioni di tessuti vivi i primi a essere danneggiati sono quelli che presentano ferite.

Ordine Dimargaricales	Dimargaris spp.	Parassita di Mucor
Endogonales	Endogone spp.	Ecto endo micorrize
Entomophthorales	Entomophthora	zooparassiti
	Zoophtora	saprotrofi
Mucorales	Mucor	saprotrofi, causano marciumi molli
	Rhizopus	
Glomales	Glomus	endomicorrize VAM
Classe Trycomycetes spp		endocommensali e/o parassiti di acqua dolce, crostacei, insetti

### Phylum Ascomycota

Ordine Saccaromycetales	S. candida, S. cerevisiae	Saprotrofi, zooparassiti, danno marciumi delle pere.
Taphrinales	Taphrina deformans	Bolla delle drupaceae
Dathideales	Venturia spp./ Fusicladium spp.	Ticchiolatura delle pomaceae
	Pleospora spp.	Saprotrofo
	Forma asessuata	Stemphiliium Maculature necrotiche
		Alternaria
Erisiphales	Sphoeroteca	Mal bianco
	Erisiphe	
	Forma asessuata	Oidium
Eurotiales	Eurotem spp.	Marciumi, saprotrofi
	Forma asessuata	Aspergillus Forma aflatossina
		Eupenicillum
Xilariales	Xilaria	parassiti di piante arboree, saprotrofi.
	Daldina	

	Leuptetypa
	Seridium cardinale cancro del cipresso
	Gaemmanomyces graminis marciume fusto e radici centrali
Ophiostomales	Ophiostoma grafiosi olmo
	Graphium ulmi peritecio con callo molto lungo, i conidi si trovano su specie di infiorescenze.
	<b>Acremorium</b>
Saudariales	Sarduria (saprotrofi)
	Neurosporia vegetazione bruciata, pane, pasta
Hypocreales	Hipocrea saprotofo
	Nectria, Giberella
	Fusarium
	Cylindrocarpon
	Verticillium
	Trichoderma lotta usato in biologica
	Claviceps purpurea
	Sphacelia segetum mal dello sclerozio delle graminacee
Helothiales	Botritis, <b>atinia</b> saprotrofi e parassiti
	Botrytis cinerea Muffa grigia (uva)
	Monilia
	Monilia fructigena Marciume bruno delle drupacee
	Sclerotinia
	Sclerotium marciumi vari
Rhizomatales	Rhizoma acerinum Macchie nere crestiformi dell'acero.
Pezizales	Morchella
	Helvelia
	Gyromycitra
	Tuber
Diophorthales	Diapharte citri melanosi agrumi
	Apiognomoni platani antracnosi platano
	Gyphonectria parassitica cancro corteccia cotogno
	Endathiella
<b>Microscorales</b>	Ceratocystis fimbriata cancro colorato del platano
Talaromyces	Forma asessuata Penicillium Muffe verdi, marciumi

Funghi mitosporici

Sono funghi anamorfici (non si conosce la forma telomorfa, anche se questo non è sempre del tutto vero).

<b>Hyphomycetes</b>	<b>Dematiaceae</b> conidi separati o aggregazioni di ife (es, sinema o sporodochi).
	<b>Mucedinaceae</b>
<b>Aganomyces</b>	
<b>Coelomyces</b>	<b>Melancomilaes</b>
Spheropsidales	nectira

## Phylum Basidiomycota

Classe	Telyomycetes
	Ustomycetes
	Basidiomycetes
Sottoclasse	Holobasidiomycetes
	Phragmobasidiomycetes

Le unioni a fibbia mancano negli Uredinales

Classificazione funghi (Kirk et al. 2001)

Divisione Basidiomycota

Classe Basidiomycetes

Uredinimycetes (ruggini)

Ustilaginimycetes (carboni)

Basidiomycetes sottoclasse Agaricomycetidae Ordine Agaricales

Auriculariales  
 Boletales  
 Cantharellales  
 Cerotobasidiales  
 Dacrymycetales  
 Hymenochetales  
 Phallales  
 Polyporales  
 Russulales  
 Thilephorales

Tremellomicetidae Ordine Tremellales  
 Tulasmellales

Agaricales : sp saprotrofe, parassite o micorrizogene. Alcune sp. coltivate (commestibili, altre sono mortali (Amanita phalloides). Sono i classici funghi a cappello e gambo. Alcuni sono allucinogeni. Imenoforo lamellato, oppure non lamellato, basidioma stipitato (ha il gambo), può essere globoso o aderente al substrato, presenza a volte di velo generale e parziale **diverse spore.**

Amanita cesarea, A. muscaria, A phalloides, Le piato spp, Armillaria spp, Pleurotes, Fistulina epatica, Lentinella edades, Cartinorimus arellanus, Lycoperdon spp, Clavaria spp

Auriculariales: sp. specie saprotrofe, a volte parassite, alcune coltivate e commestibili. Il basidio è emiangiocarpico, sessile, cilindrico e settato trasversalmente.

Auricularia agricola judae (coltivata in estremo oriente),A polyticula.

Boletales: comprende sp. micorrizogene saprotrofe e parassite di cui molte sono commestibili, hanno spore verdastre, imenoforo a tubuli, placato e labrutiforme o quasi liscio, basidioma stipitato o aderente al substrato.

Boletus spp., Suillus spp, Pisolithus tinctoris, Sepula lachrimans sp. Parassita.

Cantharellales sp. Micorizzogene o saprotrofe, basidioma imbutiforme tipica, imenoforo liscio o placato, idnoide (dentato) o corioide, molte sono sp. commestibili.

Cantharellus spp. , Hidnum repandum.

Dacrybasidiales

Dacrymycetales spp. Saprotrofe, lignicole, basidioma gelatinosobasidi con lunghi sterigmi.  
 Tanacetophora..... Telomorfo di R. solani

Hymenochetales spp. Saprotrofe e parassite di essenze forestali e fruttiferi (carie bianca), basidioma resupinato (senza stipite) o mensolati con presenza di cistidi imeniali.

Phellinus spp.

Inonatus spp.

Phomitiporia puntata (Inclusa fra gli elementi del Mal dell' Esca).

Phallales: basidioma dapprima globoso poi di forma varia. Epigeo ed ipogeo, sostanze odorose che attirano gli insetti,

Hintinus spp., phallus impudicus, Clarus cancellatus.

Polyporales spp. Saprotrofe o parassite agenti di carie bruna e bianca di essenze forestali e urbane , basidioma annuale o pluriennale legnoso, sessile substipitati , resupinati, con imenoforo corioide. Diversese tipologie di spore con presenza o assenza di cistidi.

L'imenoforo poroide è la caratteristica che accumuna tutte le specie dell' ordine Aphillophorales (senza lamelle)

Daedalea quercina Carie bruna su Quercus, Populus e Fagus

**Phoeollus schwenitzii** Conifere

**Gloeophyllum hodoratum** Conifere

**Loetipurus sulphureous** Conifere

**Tautopsis officinalis**

**Ganoderam resinatum** carie bianca

Russulales: forme saprotrofe, parassite micorrizogene, crescono in diversi habitat, alcuni alla base dei tronchi, e in alcune sono presenti ife laticifere (Lacatarium piperatum, L. deliciosus crescono sotto conifere).

Heterobasidium annosum (carie bianca conifera)

Bandazeria mesentera (carie bianca conifera)



Media annuale	10-20% in meno
Calure da vento	5-20% in più

## Agenti di carie

Carie bianca: degradazione quasi completa del legno, sbiancamento del legno con consistenza fibrosa o spugnosa.

Diversi tipi a seconda della dislocazione, aspetto del legno e grado di rimozione della lignina.

Demolizione simultanea di lignina, cellulosa ed emicellulosa.

Selettiva (parete cellulare, raggi midollari)

Carie bianca: degradazione di cellulosa o emicellulosa. Prende il nome anche di carie cubica per la formazione di piccoli cubiti che possono rimanere nel terreno per molti anni al punto che possono conferire migliori caratteristiche agronomiche ad esso in quanto aumentano la sofficità, la porosità e lo scambio cationico nelle zone forestali.

Diapositive

Cancro presenta lembo più scuro, bordo da delimitare con il coltello. Agenti: *Nectria galligena*, *N. cinnaborina*, (ipocreales). Si sviluppa in zone umide, con nebbia.

Sporodochi erompenti sulla superficie del cancro sono di Tubercolaria, anamorfa di *Phomopsis*.

*Fusarium latherithium* può dare origini a cancri.

Picnidio + formazione di cirro

Fruttificazione di *N. galligena*/ *Cilindrocarpon malis*.

Cancro del cipresso Moria dei cipressi Abbondante emissione di resina.

*Leptenotipa*/ *Seridinia cardinale* ex. *Corineum cardinale*.

Fruttificazioni di acervuli della forma anamorfica del fungo.

*Ceratocystis fimbriata* Cancro blu del platano- Sezioni di tronco

*Graphium ulmi*/ *Ophiostoma ulmi* *Scolitidi*.

Sinnema: fascio di ramo conidioforo che porta le fruttificazioni gamiche del fungo.

*Gerbera*: *Phitphtora criptogea* (cromista).

Marciume fibroso da *A. mellea* (Basidiomicete). Chiodini

Marciume lanoso (micelio lanoso: le ife formano come una sorta di pennacchio (Coremio)): *Rosellinia necatrix*/*Demotophora necatrix*

Pittospora: agenti di fusaggini (alternaria, *Huredobasidium pullulans* (quest'ultimo è associato alla rugginosità di mele e pere. Produce pullulani usati anche nelle industrie per produrre film plastici. O pullulani bloccano la traspirazione della pianta E' anamorfico))

Carie del legno

*Trametes ex Corpus viscorius*

*Inonotus ispidus*

*Ganoderma planatum* colorazione bruna fulva

Esistono specie pluriennali che hanno consistenza legnosa. Quelle annuali hanno in genere una consistenza più morbida.

Booth rooth: carie basali

Marciume del cilindro centrale (Heart root) con cavità.

Anche complicità di insetti.

Conifera colpita da *Heterobasidium annosum*

Ferite di grossa dimensione.

Inquinamento atmosferico Gli Aphillophorales sono dei buoni indicatori ambientali.

Agente di carie bruna del cilindro centrale

*Dedalea quercina* può raggiungere dimensioni elevate, sp. pluriennale, colore beige crema, imenoforo poroide. Causa moria querceti e pioppi. Per l'identificazione di usano gli elementi imeniali, superficie poroide con pori di forma allungata, con dissepimenti piuttosto evidenti, basidiofori. Sistema trimitico Polyporales (gruppo Aphillophorales).

Carie bruna alla base di conifere

*Phaeolus schwenitzii*, colore fulvo bruno tendente al nerastro con bordo irregolare tendente al giallo. I tagli emanano forte odore di trementina. Larix e Pinus.

Riconoscimento: Superficie poroide, pori piccoli, irregolari, dissepimenti con amrgini frangiati, sistema ifale con basidi di forma allungata. Sistema ifale monomitico.

*Gloeophyllum odoratum* carie bruna delle conifere. Finché sono giovani odore di anice.

Riconoscimento: superficie poroide con dissepimenti evidenti, con tubuli rotondeggianti, sistema ifale dimitico.

*Loetiporus sulphureus* provoca carie bruna di conifere e latifoglie. Pori piccolissimi elementi con ife generali?? E connettive.

*Phomitopsis officinalis*. Consistenza molto dura, non stipitato, causa carie bruna cubica. Sistema dimitico con supporto poroide.

Agenti di carie bianca

*Fomes fomentarius* Polyporaceae. Causa carie bianca a chiazza, forma delle mensole piuttosto consistenti. Superfici poroidi molto piccole. Sistema ifale di tipo trimitico.

*Ganoderma resinaceum* carie bianca molto attiva, con l'età dal bianco passa a colorazioni più scure e di consistenza legnosa.

Pori grandi, dissepimenti sfrangiati, sistema ifale trimitico, palizzata di elementi imeniali.

*Heterobasidium annosum* (russulales) Forma carie bianca lenticolare delle conifere. Causa danni nei vivai.

Abeti, larici, carie molto attiva, pori **medi**.

Lotta biologica con *Peniophora gigantea*.

*Hinonotus hispidus*. Carie bianca di latifoglie (Melo e ornamentali). Superficie poroide a nido d'ape, basidiospore rotondeggianti con parete spessa.

*Phellinus ignarius*. Carie bianca di molte latifoglie superiori, carpofori sessili, colore biancastro. E' uno fra quelli associati al mal dell'esca della vite assieme a *Phomitiporia punctata*. E' privo di unioni a fibbia.

## Micorrize

Simbiosi parassitismo e Mutualismo (Bary 1887)

Vantaggio selettivo per pianta migliore capacità di sopravvivenza in un ambiente piuttosto ostile – presenza di stress-

Funghi p. verdi; batteri p. verdi; attinomiceti p. verdi; funghi alghe.

Necrotrofia Enzimi idrolitici, degradazioni tissutali.

Biotrofia < E. I Minore danno tissutale.

Sistemi simbiotici: micorrize Frank 1885

Associazione simbiotica di tipo mutualistico non patogena fra radice e fungo specializzati in terreni naturali e agrari. Mykos Rhyzon

Diverso tipo

Ectomicorrize

Non c'è penetrazione cellulare. Si forma un reticolo intercellulare. Prende il nome di reticolo di Hartig.

VAM

Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

Endomicorriza. Si forma una sorta di appressorio che penetra all'interno della cellula dove forma delle vescicole e degli arbuscoli. Quasi l'80-90% delle piante presentano questo tipo di rapporto.

Micorrize orchidoidi (associati alle orchidee). Forma un elemento spiralato all'interno delle cellule che prende il nome di pelotone.

Ericoidi (Azalea, rododendri)

Ectendomicorriza (Monotropoide – forma un cono di penetrazione e arbutoide – forma un pelotone- ) si forma una sorta di mantello fungino come le ectomicorrize per poi formare elementi intracellulari.

Alla pianta danno un apporto di nutrienti quali P, N, Cu, B e altri microelementi quasi sempre presenti in forma insolubile. Il B pare essere legato al processo di lignificazione.

Il reticolo di Hartig non si spinge fino all'interno del cilindro centrale. Sp. vegetali 2000 con 4000-5000 sp. fungine.

Componenti funzionali di base :

Mantello fungino

Interfaccia fungo pianta

Tessuto pianta

Lo spessore del mantello è di 20-40 micrometri. Questi apici radicali vanno incontro ad un cambiamento morfologico.

Struttura coralloide in *Pinus radiata* la parte apicale è più mucillaginosa di colore giallo aranciato.

AM

Vescicole arbuscolari senza la presenza di vescicole.

Le micorrize orchidoidi forniscono derivati del C trasformando i nutrienti del terreno, mentre le ectomicorrize forniscono il P.

Ectomicorriza: *Suillus bovinus* (Boletales) Pinus sp. Micelio estendentesi alla micoclona (mantello) ricoprente la radice: cordoni miceliari **le tre piante????**

Principali funghi formanti ectomicorrize.

Basidiomycota Agaricales

Cantarellales

Boletales

Russulales

Hymenogastrales

Lycopedales, Phallales

Aphellophorales (poche sp.)

Ascomycota

Eurotiales, Pezizales, Tuberales

Zygomycota

Endogonales Endogone spp.

Endomicorrize

Zygomycota Glomales Glomus sp.

EEH

Ascomycota

Uso di EH in biotech

Micelio in coltura pura spore  
Corpi fruttiferi

Brodo nutritivo

Micelio

Insieme a grano e miglio sterili + gesso idrato

Incubazione in agitatore a 20-22° C

Substrato colonizzato + torba di muschio arricchita in tartrato ammonico, asparagina, farina di soia, sangue estratto di malto

Incubazione 20- 22° C per 3- 6 settimane.

Inoculo finale (*Suillus* sp, *Amanita muscaria*)

Plantule da seme di Pinus sp di diversa età ectomicorrize.....

*Pidolithis tintoris* (Gastromycetes Boletales)

Riabilitazioni siti forestali con fertilizzanti biotici accumulo e lento rilascio di P.

Si trovano in competizione con altri che però non sono così utili.

Spore e ife di endomicorrize in presenza di essudati radicali le spore germinano nel terreno

Ciclo vitale delle micorrize arbuscolari 10 – 14 gg + 3-4 gg per degradarsi.

Micorrizosfera Interazione tra microflora e funghi VAM

Positiva e sinergica

Attinomiceti (Franki) B. simbiotici entrambi interagiscono con Glomus

PGPR (*Pseudomonas*) danno origine a fluorescenza in analisi in laboratorio interagiscono con Glomus

Solubilizzatori di P *Agrobacterium*, *pseudomonas* Endogone sp

Negativo antagonista (lotta biologica a patogeni)

Glomus Phitophthora

Meccanismo di interazione

Micoparassitismo diretto (*Fusarium*, *Tricoderma*, *Penicillium*)

Competizione fisica diretta dei siti dove si vanno ad attaccare (anche **maggior lignificazione**)

Cambiamenti metabolici cellulari> attività enzimatica chitinasi, beta 1,3 glucanasi che agiscono nella lignificazione> fotosintesi> respirazione > flavonoidi e isoflavonoidi

L'aumento di assorbimento di P è un effetto indiretto.

Ruolo essudati radicali

Azione chemiotropica

Sorgenti di nutrimenti

Segnali specifici di riconoscimento

Colonizzazione: fenoli di origine vegetale (essudari radicali), molecole segnale per riconoscimento ospite fungine e diverse interazioni. Flavonoidi (guercitina) servono per la germinazione di Glomus, Gigaspora e rizobium.

Agrobacterium induzione geni Vir

Striga asiatica induzione formazione austerio

Fitoalexina funzione antifungina e pectinasi

Vantaggi delle micorrize e dei batteri PGPR vedi prime lezioni.

Tolleranza: è una forma di resistenza. Nonostante l'infezione la pianta riesce a produrre.

Resistenza: la pianta non ha interazione omologa compatibile con il patogeno.

Prodotto semplificato per la produzione d'inoculo di AM selezionati

Substrato a base di AM

Torba con/senza terreno e sabbia

Vermiculite + perlite

Sterilizzazione a 100° C

Applicazione fertilizzanti (fosforico a lenta cessione)

Pianta ospite suscettibile

Trifoglio.....

Somministrazione H<sub>2</sub>O

Minima richiesta

Condizioni di crescita: 3 mesi con brevi bagnature, asportazione parte aerea + 2 ulteriori settimane senza acqua.

Il tartufo

Agli albori della coltura

Civiltà Babilonesi 3000 a. C.

“” Egitto 2000 a. C.

Aristotele

Teofrasto

Nerone cibo degli dei

Romani: lo consideravano afrodisiaco

Nel Medioevo inadatto alla vita monastica

Petrarca XIII sec. Frutto del sole da preferire in agrodolce, cotto alla cinese e irrorato con succo di arancio.

Rianscimento (Italia e Francia) scoperta dei veri tartufi pregiati.

Una vita nascosta in simbiosi mutualistica ectomicorrizica

Struttura corpo fruttifero (Ascoma)

Ciclo vitale in simbiosi con diverse ectomicorrize.

Le zone scure presenti sono quelle fertili quelle chiare sono invece quelle sterili. Non ci sono specie tossiche, ma alcune possono andare a costituire frode alimentare, soprattutto se vengono dal Nord Africa.

Tuber melanosporum è senza striature.

Produzione tartufigola: raccolta e commercializzazione

Legge quadro nazionale 752/85 e s.m. 162/91

Normative regionali E.R. L.R. 24/91 e s. m. emendamenti L.R. 20/96

Le migliori varietà

Tartufo bianco pregiato (Tuber amantum pico). Raccolta da Settembre a Dicembre.

Predilige terreni freschi, di medio impasto, del terziario e quaternario. Il T. oligosporum vi assomiglia moltissimo ma rappresenta una frode alimentare.

Bianchetto o Marzuolo T. barchi. Raccolta da Gennaio ad Aprile

È l'unica specie di cui si può allevare il micelio in vitro.

Tartufo nero pregiato (T. melanosporum). Raccolta da Novembre a Marzo.

Richiede un terreno più soleggiato rispetto ai precedenti.

Tartufo estivo o scorzone (T. aestivum)

Tartufo uncinato o tartufo nero di Fragnò (località del Parmense) (T. uncinatum) Raccolta da settembre a dicembre.

**Tartufo nero verdario triste T. mesentericum**

Tartufo nero d'inverno (T. brumale) Non buono

Tartufo nero liscio (T. macrosporum) Raccolta da luglio a dicembre, poco noto, ma ottimo.

Calendario per la raccolta in Provincia di Bologna.



T. magnatum 01/IX – 20/I  
20/IX – 20/I

Il trasporto delle spore avviene mediante piccoli animali, roditori, cinghiali.

La messa a dimora di piantine micorrizzate deve avvenire in terreni vocati in cui vi sia equilibrio anche con altri microorganismi.

Per questo è necessaria una preventiva analisi chimico fisica dei terreni .

Adattabilità ecologica di Tuber spp (bianchetto, uncinato estivo, specie vegetali autoctone di provicia certificati (controllo micorrizzazione con analisi microscopica, controllo biomolecolare (DNA)

Mancanza di adeguata normativa

Preparazione terreno (riduzione e/o eliminazione della vegetazione arborea e arbustiva presente, sistemazione a gradoni, ritocchino preparazione buche (50- 60 cm).

Produzione piantine micorrizzate

Il processo di infezioni richiede alcuni mesi attraverso approssimazione radicale o inoculazione miceliare (quest'ultima solo per T. borchii).

Densità e sesti di impianto

2-3 m x 7-10 m è l' ideale in quanto comporta una maggior cessione di idrati di C

La posizione può essere più o meno ombreggiata a seconda delle specie.

La messa a dimora avviene in autunno con pane di terra a cui è utile far seguire alcuna cure culturali (irrigazione, leggera concimazione e la sporificazione attraverso macianzione del corpo fruttifero).

Entrata in produzione

Nocciolo 3- 5 anni

Quercia 7- 10 anni

La produzione può avvenire per un arco di 25 – 30 anni fino a oltre 50 con una produzione per il T. melanosporum che si aggira intorno ai 30 – 50 Kg anno (max 150).

Per la raccolta occorre seguire la legislazione in amteria.

I funghi più coltivati

Agaricus bisporus

Lenticula edodes

Pleurotes ostreatus

Auricularia auricola Judae

Volvarella volvace

Flammulina velutipes

A livello nutrizionali si presenta come ricchi di proteine grassi e fibre.

N x 4.38 più basso di 6.25 per la presenza di chitina non assimilabile.

Acidi grassi soprattutto insaturi- acido linolenico

Amminoacidi glicina e lesinache mancano in molti cereali e nella patata.

Vitamine B1, B2 e C oltre a elementi minerali quali K e Mg.

Sono stati riscontrati talvolta anche alcuni elementi tossici inferiori però alla soglia massima ammessa.

Cadmio in Lenticula e Hg in Ganoderma spp.

**Coltura pura**

**Consiste nell'avere il nostro organismo non inquinato da altri**

**Ticchiolatura (melo) Venturia inequalis (ascomicete)**

**Ticchiolatura del pero Venturia pyrina specificità**

**Coleottero Beauveria bassiana (da Bassi ricercatore di entomoparassiti)**

**Musca Entomottera musca**

**Pioppo Tuber magnatum (tartufi) ectomicorrize (c'è una moltiplicazione radicale)**

**Pioppo Amanita muscaria e Amanita cesarea sono ectomicorrize di piante forestali.**