

Monitoraggio aerobiologico e pollinosi in Toscana

MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO E POLLINOSI IN TOSCANA



ARPAT

Firenze, giugno 2004

Monitoraggio aerobiologico e pollinosi in Toscana

Ringraziamenti

Revisione scientifica:

si ringrazia il prof. *Giuseppe Frenguelli*, Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Biologia vegetale, per la lettura critica e i suggerimenti dati per la preparazione del testo

Consulenza sulle spore fungine:

si ringrazia *Donat Mayar*, Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Science, Department of Plant Pathology

Consulenza sulle alghe:

si ringrazia la dr.ssa *Luisa Tomaselli*, CNR, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE), Firenze

Per la disponibilità:

si ringraziano *Veronica Begliomini, Valentina Bigagli, Adelmo Corsini, Piera Ducceschi, Cino Giacomelli, Manuela Marvardi, Mario Romeo, Danila Scala*, ARPAT

© ARPAT 2004

Coordinamento editoriale: *Silvia Angiolucci*, ARPAT

Redazione: *Silvia Angiolucci, Gabriele Rossi*, ARPAT

Realizzazione editoriale: Litografia I.P., Firenze, giugno 2004

Copertina: ALTA s.r.l.

Stampato su carta non trattata con cloro

Le foto contrassegnate con * sono gentilmente fornite dal prof. *Giuseppe Frenguelli*

INDICE E AUTORI

Presentazione a cura di

- Angelo Passaleva* 7
Vicepresidente Regione Toscana
Presidente eletto SIAIC (Soc. Italiana di Allergologia e Immunologia Clinica)
- Alessandro Lippi* 8
Direttore generale ARPAT
- Claudio Coppi* 9
Responsabile Dipartimento provinciale ARPAT di Pistoia

1 L'Aerobiologia: che cosa studia e i suoi campi di applicazione 11

Marzia Onorari, Maria Paola Domeneghetti
ARPAT, Dipartimento provinciale di Pistoia,
Articolazione funzionale regionale di Aerobiologia

- Allergologia 12
Biodiversità 12
Beni culturali 15
Fitopatologia 18
Agricoltura 20
Andamento climatico 21
Inquinamento atmosferico 21
Organismi geneticamente modificati (ogm) 22
Aerobiologia e particolato non biotico 23
Aerosol biologico coltivabile 24

2 Metodi di campionamento 27

Paola De Nuntii
Università degli Studi di Urbino, Facoltà di Scienze Ambientali
Paolo Mandrioli
CNR, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

- Principi di campionamento 27

3	Caratteristiche del polline	35
	<i>Marzia Onorari, Maria Paola Domeneghetti</i>	
	Tipi di impollinazione	35
	Calendari pollinici	37
4	Monitoraggio aerobiologico in Toscana	41
	<i>Marzia Onorari, Maria Paola Domeneghetti</i>	
	Metodo di campionamento	41
	Rete toscana di monitoraggio aerobiologico	43
	Sezione immagini: pollini, alghe, spore fungine aerodisperse	
5	Schede botaniche dei principali pollini presenti in atmosfera	49
	<i>Marzia Onorari, Maria Paola Domeneghetti</i>	
6	Spore fungine. Generalità e descrizione delle principali spore di interesse allergologico e fitopatologico	69
	<i>Marzia Onorari, Maria Paola Domeneghetti</i>	
7	Patologie allergiche da pollini e spore fungine	85
	<i>Florio Innocenti, Franco Vannucci</i>	
	ASL 3 di Pistoia, U.O. Pneumologia	
	Pollinosi	85
	Patologie allergeniche da miceti	96
	Bibliografia	99
	Riferimenti utili	102

L'aria, nella sua trasparenza, non è soltanto gas. Essa contiene una enorme quantità di particelle, le più grandi delle quali si intravedono quando un raggio di sole penetra in un ambiente chiuso e in penombra, che noi chiamiamo pulviscolo atmosferico. Ma una quantità ancora più grande è rappresentata da componenti invisibili ad occhio nudo, una parte delle quali sono di natura biologica.

Lo studio di queste componenti dell'atmosfera, l'aerobiologia, si è rapidamente esteso ed approfondito negli ultimi 20-25 anni del secolo scorso, con l'utilizzo di metodiche che consentono di determinare la concentrazione nell'aria delle varie categorie di particelle.

Un particolare interesse è rivolto, ovviamente, all'analisi di quelle componenti che possono rivelarsi dannose non solo per la salute umana, ma anche per le produzioni agricole e per i beni artistici e monumentali.

Fra le componenti biologiche responsabili di malattie si possono ricordare i batteri e i virus, soprattutto negli ambienti confinati, ma specialmente i pollini e le spore fungine che sono sempre più frequentemente causa di allergopatie, soprattutto a carico dell'apparato respiratorio. E' proprio lo studio della polluzione pollinica e del suo andamento stagionale che ha dato maggior impulso allo sviluppo dell'aerobiologia.

In questa pubblicazione, curata da ARPAT, l'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana, si trovano molte informazioni sulle tecniche di monitoraggio biologico, sulle applicazioni nei settori della patologia umana e di quella vegetale e nella tutela dei beni artistici e monumentali. E' particolarmente ricca ed interessante l'iconografia relativa alla morfologia dei granuli pollinici e, soprattutto, originale ed estesa quella concernente le caratteristiche delle spore fungine aerodisperse. La descrizione e la possibilità di riconoscimento di spore appartenenti a numerosi diversi generi di micofiti come riferito, e così bene illustrato nella presente pubblicazione, consente un ulteriore passo avanti nelle applicazioni dell'aerobiologia.

I vari aspetti delle tecniche aerobiologiche, l'importanza dei calendari pollinici e sporologici, i richiami, riportati in modo semplice, ma preciso e completo, alle più frequenti malattie allergiche respiratorie, consentono, anche ad un pubblico non specialista, di conoscere meglio una materia che è in continua evoluzione e che ha a che fare, comunque, con la nostra salute ma anche con i modi più appropriati di tutelare le nostre produzioni agricole, senza abusare di prodotti che possono essere nocivi per l'uomo e per l'ambiente, e con la protezione e conservazione del patrimonio artistico di cui la nostra regione è così ricca.

Angelo Passaleva

Le attività di controllo e monitoraggio della qualità dell'aria sono tra compiti fondamentali delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente.

Esistono numerosi componenti che, singolarmente o in sinergia fra loro, sono in grado di alterare le condizioni ambientali, lo stato di benessere dell'uomo, degli animali, delle piante. Alcuni di questi sono di origine antropica, altri, come pollini e spore fungine, di origine naturale.

Questi ultimi sono oggetto di studio dell'aerobiologia, "scienza" che si occupa del monitoraggio delle particelle di origine biologica aerodisperse. Le informazioni che questa disciplina produce vengono applicate in vari campi: in allergologia, in fitopatologia, in agricoltura, in climatologia e per la conservazione dei beni culturali.

Per una conoscenza adeguata di questi fenomeni ARPAT, fin dalla sua costituzione, ha previsto una struttura operativa dedicata all'aerobiologia, per sviluppare ed applicare competenze e strumenti specifici nel campo della ricerca e della valutazione delle particelle biologiche naturali aerodisperse: pollini, spore fungine, alghe e batteri. Dai risultati di questa esperienza nasce la pubblicazione Monitoraggio aerobiologico in Toscana che si colloca altresì nel consolidato impegno di ARPAT verso la comunicazione ed il reporting ambientale e verso lo scambio e l'integrazione, oltre che con le altre Agenzie ambientali nazionali e regionali, con altri organismi impegnati nella ricerca, nella prevenzione sanitaria e nella protezione ambientale.

L'importanza che sempre più viene riconosciuta a temi quali le patologie allergiche, la biodiversità, il clima, gli OGM e la conservazione dell'ambiente antropico, oltre che di quello naturale, trova conferma nel taglio che i curatori hanno voluto dare al libro, includendo e sviluppando sia gli aspetti tradizionali che quelli emergenti e nuovi dell'aerobiologia e delle sue applicazioni in campo ambientale, sanitario e agronomico.

Mi auguro che questa pubblicazione risulti utile a tutti coloro i quali, a vario titolo, si interessano dei temi della salute e dell'ambiente, nell'ottica di una integrazione proattiva del lavoro degli operatori dei due "pianeti" ambiente e salute.

Alessandro Lippi

La salute umana, la qualità dell'ambiente, la conservazione del patrimonio culturale ed artistico, sono gli obiettivi che ARPAT ha posto come fondamento della propria attività, ben sapendo che, per raggiungere questi obiettivi, è necessario riuscire ad indagare tutti i fattori di pressione; gli elementi, cioè siano essi di origine naturale o antropica, che con la loro azione, possono incidere negativamente sulla qualità dell'aria, delle acque, degli alimenti, del suolo.

L'approccio olistico dell'Agenzia nei confronti delle problematiche sanitarie e ambientali trova chiaro riscontro nella attività della Unità "Aerobiologia", istituita, fin dal 1997, presso il Dipartimento provinciale ARPAT di Pistoia e che, oggi, è una Articolazione funzionale regionale di alta specializzazione.

Essa indaga gli effetti che le sostanze inquinanti prodotte dalle attività umane determinano su alcune specie viventi (biomonitoraggio) o su beni monumentali, ma studia anche la presenza nell'atmosfera di particolato di origine naturale che può essere causa di rilevanti effetti sulla salute umana.

Sono proprio questi ultimi aspetti ad essere trattati in questo volume, con il quale si fa il punto delle conoscenze acquisite in quasi dieci anni di attività, per certi versi pionieristica, ed illustrare i risultati che hanno consentito di realizzare una rete di rilevamento che permette una buona copertura del territorio regionale e fornisce, attraverso il bollettino settimanale, uno strumento utile per la diagnosi e la terapia delle patologie sostenute da aeroallergeni.

Questo volume è il frutto della appassionata attività di Marzia Onorari e dei suoi collaboratori nonché della collaborazione con Franco Vannucci e Florio Innocenti (ASL. 3 di Pistoia), Paola de Nuntiis (Facoltà di Scienze Ambientali della Università di Urbino) e Paolo Mandrioli (Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR), che ringrazio sentitamente a nome di tutta l'Agenzia.

Claudio Coppi

1 L'AEROBIOLOGIA: CHE COSA STUDIA E I SUOI CAMPI DI APPLICAZIONE

L'aria, sia degli spazi aperti che degli spazi confinati, contiene in sospensione un enorme numero di particelle di varia origine, forma e dimensione che costituiscono l'aerosol atmosferico.

Tale aerosol è composto da particelle aerodisperse non biologiche e da particelle di origine biologica.

TIPI	DIAMETRI (σm)
Fumi	0.001/0.1
Nuclei di condensazione	0.1/20.0
Polveri	0.1 cm
Virus	0.015/0.45
Batteri	0.3/10
Spore fungine	1.0/100
Alghe	0.5 cm
Frammenti di licheni	1.0 cm
Protozoi	2.0 cm
Spore di briofite (muschi)	6.0/30.0
Spore di pteridofite (felci)	20.0/60.0
Pollini	10.0/100.0
Fram. veg. e animali, semi, insetti	>100

Tab. 1.2 *Dimensioni di alcuni tipi di particelle aerodisperse*

La presenza in atmosfera degli organismi biologici è condizionata dalla temperatura dell'aria, dall'umidità relativa, dalla radiazione solare e dalla turbolenza del vento. Pollini e spore fungine, prodotti in grande quantità e facilmente identificabili, possono divenire traccianti di masse d'aria in grado di fornire indicazioni sulla circolazione atmosferica.

Fra le discipline che studiano le problematiche relative all'inquinamento atmosferico, in tempi recenti ha assunto un ruolo di primo piano l'aerobiologia.

E' questa la scienza che studia le particelle di origine biologica presenti nell'atmosfera (pollini, spore fungine, batteri, virus, frammenti derivati da acari, alghe, licheni ecc.), in relazione anche ai loro effetti sull'ambiente (piante, animali, uomo e opere d'arte).

L'aerobiologia fornisce informazioni utili in vari campi scientifici.

Allergologia

La ricerca aerobiologica consente la determinazione di *calendari di polluzione pollinica e sporologica* assai precisi e la rilevazione della diffusione di nuovi pollini responsabili di sindromi allergiche. La connessione fra dati climatici e meteorologici e la fluttuazione della concentrazione dei pollini nell'atmosfera, raccolte nel corso degli anni e analizzate con l'aiuto dei mezzi informatici, hanno reso possibile la disponibilità di informazioni utili per la *prevenzione e la cura delle sindromi allergiche*.

Le applicazioni del monitoraggio aerobiologico dei pollini e delle spore fungine in aereobiologia sono numerose:

- nella *diagnostica eziologica*, è possibile impostare una giusta diagnosi solo correlando la sintomatologia presentata dal paziente, il risultato delle analisi allergologiche e il calendario pollinico della zona di residenza.
- nella *clinica*, è importante confrontare i risultati del monitoraggio aerobiologico con l'andamento della sintomatologia
- nella *terapia*, per l'uso tempestivo e appropriato di farmaci e per valutare l'efficacia del trattamento iposensibilizzante specifico.

Biodiversità

La Biodiversità è l'indice della diversità totale delle specie presenti in una data area in un determinato periodo di tempo.

Il monitoraggio aerobiologico è in grado di rilevare le variazioni qualitative e quantitative di polline in atmosfera che possono aver luogo di anno in anno a causa dell'andamento stagionale, delle fluttuazioni fisiologiche e/o patologiche, della capacità riproduttiva delle piante, dell'introduzione o estinzione di specie.

L'ambiente è un sistema in continua evoluzione, sia per cause naturali sia per le variazioni apportate dall'uomo.

Il monitoraggio aerobiologico, effettuato in continuo, permette di tenere sotto controllo la Biodiversità in una determinata area.

Nuove piante vengono introdotte continuamente e diffuse sul nostro territorio per svariati scopi: in seguito a programmi di rimboschimento o di miglioramento della produzione agraria e per l'utilizzo di nuove specie esotiche per uso ornamentale in parchi e giardini.

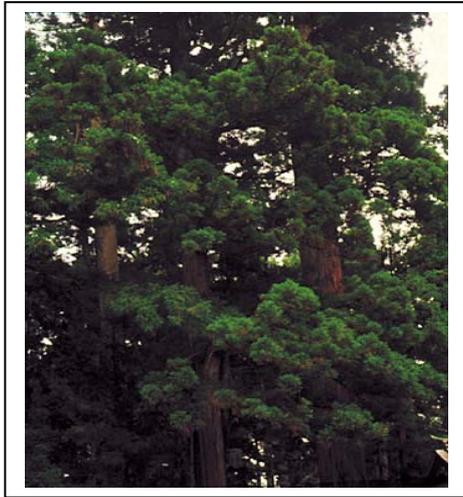


Fig 1.1 *Cryptomeria japonica*
Pianta introdotta a scopo ornamentale

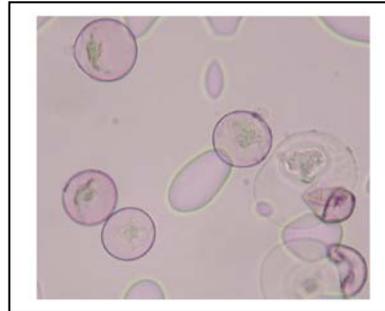


Fig 1.2 Polline di *Cryptomeria japonica*

Pollini con allergeni che possono indurre l'insorgenza di manifestazioni cliniche nei soggetti con sensibilizzazione alle Taxodiaceae (presenza del polline di *Cryptomeria japonica* in atmosfera febbraio – marzo).



Fig 1.3 Particolare di *Casuarina equisetifolia*

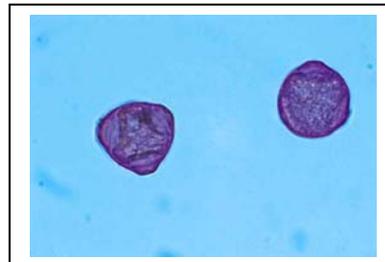


Fig. 1.4 Polline di *Casuarina*

- Pianta di origine esotica, introdotta recentemente a scopo ornamentale.
- Polline moderatamente allergenico.
- Rigogliosa fioritura da novembre a gennaio.

Molte specie inoltre possono essere introdotte in maniera accidentale, importate come infestanti di sementi o diffuse a causa dell'abbandono dei terreni, cosicché varie piante ruderali possono svilupparsi e colonizzare aree sempre più estese. Alcune piante possono venire a mancare in seguito all'insorgenza di fitopatie o a programmi di bonifica o di diverso uso del terreno agricolo.

E' inoltre importante considerare la risposta della vegetazione a stress ambientali dovuti ad inquinanti che possono influenzare la produzione di polline o interferire sulla diffusione della specie.

Così *Artemisia* e *Ambrosia* essendo molto resistenti agli inquinanti possono prendere il sopravvento su specie sensibili determinando una sorta di contaminazione biologica, sintomo di un progressivo degrado ambientale.



Fig. 1.5 Particolare di
pianta di *Ambrosia*

- Erba infestante appartenente alla famiglia delle composite attualmente diffusa nel Nord Italia.
- Si sta diffondendo rapidamente, e si calcola che avanzi spontaneamente di circa sei chilometri l'anno
- Il polline è fortemente allergizzante.
- La Regione Lombardia ha emanato un'ordinanza che obbliga allo sfalcio i proprietari dei terreni incolti almeno tre volte nel periodo tra luglio e agosto

Negli ultimi anni sono stati fatti studi che esaminano i rapporti tra la dinamica della vegetazione e gli andamenti climatici; gli effetti della variazione di CO₂ atmosferica e la produzione di biomassa, i rapporti tra piante e principali inquinanti atmosferici. La capacità riproduttiva delle piante viene utilizzata per valutare la risposta dei vegetali alle variazioni dei parametri ambientali di origine naturale e antropica. Un contributo importantissimo potrebbe venire dal monitoraggio aerobiologico come valido mezzo per rilevare e quantificare il potenziale riproduttivo di essenze forestali con impollinazione anemofila (Romano 1996).

Beni culturali

La componente biologica dell'aria costituisce un potenziale elemento di degrado dei beni culturali.

Quando spore e forme vegetative, ancora vitali, raggiungono la superficie di un manufatto o opera d'arte, possono colonizzarla se vengono soddisfatte certe condizioni ambientali.

Per biodeterioramento si intende l'insieme dei meccanismi di natura fisica e/o chimica legati alla crescita di organismi capaci di produrre alterazione dei materiali.

- I *meccanismi di natura fisica* si realizzano per decoesione e disgregazione del substrato, causati dalla penetrazione o dall'accrescimento dimensionale di strutture biologiche nel materiale.
- I *meccanismi di tipo chimico* sono dovuti a processi che portano ad una trasformazione della natura chimica del substrato causata da processi di assimilazione (gli organismi utilizzano il materiale a fini nutrizionali) e/o da processi di emissione di intermedi metabolici, sostanze di scarto e pigmenti, i quali possono produrre un'alterazione estetica delle opere d'arte.

Quando i materiali interessati sono rappresentati da oggetti o strutture di interesse culturale o artistico, dobbiamo parlare di biodeterioramento dei beni culturali: argomento che costituisce un importante punto di riferimento nell'attività scientifica, economica e sociale della Comunità Europea. L'azione potenziale di microrganismi aerodispersi è fortemente influenzata dai parametri ambientali e dalla natura del substrato, oltre che dalle loro caratteristiche metaboliche.

Gli organismi biodeteriogeni in base alle loro esigenze nutrizionali si distinguono in: *autotrofi* (alcuni batteri, alghe, licheni e piante superiori) che "si nutrono da sé", in quanto riescono a sintetizzare le sostanze organiche, ed *eterotrofi* (batteri, funghi e organismi animali) che "si nutrono di sostanze sintetizzate da altri", devono cioè avere adeguate sostanze organiche, sali minerali e acqua per potersi sviluppare.

	Batteri Autotrofi	Batteri Eterotrofi	Funghi	Alghe	Licheni	Muschi, piante
Materiali organici						
Legno	—	**	***	+	+	—
Carta	—	**	***	—	—	—
Tessuti	—	*	***	—	—	—
Pergamena	—	*	***	—	—	—
Dipinti	—	*	***	—	—	—
Materiali sintetici	—	*	***	—	—	—

segue...

...segue

Materiali inorganici						
Materiali lapidei	**	*	*	***	***	***
Dipinti murari	*	*	**	***	*	+
Vetro	*	—	—	*	*	—
Metalli	*	—	—	*	+	—

Legenda: — assente; + raro; *occasionale; **comune; *** molto frequente

Tab. 1.2 *Schema dei principali biodeteriogeni delle diverse classi di materiali.*

Da "Aerobiologia e Beni Culturali", a cura di Paolo Mandrioli e Giulia Caneva, Edizioni Nardini, 1998.

La composizione chimica dei materiali determina il potenziale biodeteriogeno dei microrganismi.

I materiali *organici* quali carta, legno, tessuti, pergamene ecc., sono soggetti all'aggressione da parte di una specifica microflora batterica e fungina che li utilizza come sorgente nutrizionale.

I materiali *inorganici* quali pietre, marmi, metalli e vetri, sono attaccati da organismi che occasionalmente vi trovano sostanze nutrienti costituite sia dalla deposizione di pulviscolo, sia da precedenti colonizzazioni biologiche, o da resine, colle e leganti di origine organica utilizzati in interventi di restauro.

Nella tabella sono descritti le specie fungine coinvolte, i tipi di danno provocato e la natura dei materiali costituenti i beni culturali. Numerose specie fungine sono ben riconoscibili nei vetrini del monitoraggio aerobiologico effettuato con campionatore volumetrico tipo Hirst.

Materiali organici	Generi coinvolti	Tipo di danno
Carta	<i>Chaetomium, Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Stemphylium, Ulocladium, Mucor, Rhizopus</i>	Erosioni, macchie, pigmentazione
Legno	<i>Chaetomium, Alternaria, Stemphylium, Fusarium, Penicillium, Aerobasidium</i>	Pigmentazioni, macchie
Fibre di origine vegetale	<i>Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Stemphylium, Chaetomium, Mucor, Rhizopus, Neurospora</i>	Erosioni, macchie, decolorazioni, perdita delle caratteristiche strutturali e meccaniche

segue...

...segue

Fibre di origine animali	<i>Aspergillus, Fusarium, Microsporum</i>	Erosioni, macchie, perdita di caratteristiche strutturali, rigidità e decolorazione
Pergamena e cuoio	<i>Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Penicillium</i>	Erosioni, macchie, perdita di integrità strutturali, rigidità e decolorazione
Materiali sintetici	<i>Penicillium, Cladosporium,</i>	Variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche, macchie

Materiali inorganici	Generi coinvolti	Tipo di danno
Materiali lapidei	<i>Cladosporium, Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Phoma</i>	Patine, macchie, esfoliazioni, polverizzazione
Vetro	<i>Aspergillus, Penicillium, Monilia, Alternaria, Cladosporium</i>	Erosioni, macchie, opacizzazione

Tab. 1.3 *I generi sottolineati sono riconoscibili nei vetrini del monitoraggio aerobiologico effettuato con Campionatore volumetrico tipo Hirst (1952). Batteri e altri generi fungini possono essere monitorati mediante metodi colturali e metodiche di biologia molecolare.*

Da "Aerobiologia e Beni Culturali" a cura di Paolo Mandrioli e Giulia Caneva, Edizioni Nardini 1998.

La possibilità di sviluppo di organismi capaci di produrre biodeterioramento dei manufatti storici e delle opere d'arte è anche collegata alla presenza di inquinanti atmosferici; questi possono, infatti, determinare trasformazione dei beni culturali sia con azione diretta, sia agendo sulla microflora atmosferica.

Gli inquinanti atmosferici (polveri, ossidi di zolfo e di azoto ecc.) possono avere sulla microflora effetti positivi, inibitori o letali a seconda della loro natura e della loro concentrazione; alcuni inquinanti, infatti, favoriscono la crescita dei microrganismi, come ad esempio l'anidride solforosa, tossica per l'uomo, ma che permette l'insediamento di ceppi di Solfobatteri.

Il rilevamento delle spore fungine aerodisperse è di notevole importanza in questo tipo di studi, infatti, l'azione degradante da loro esercitata gioca un ruolo importante sul decadimento dei materiali sia organici (legno, tessuto, carta, cuoio), sia inorganici

(pietra, marmo, vetri, metalli), provocando trasformazioni importanti non solo dal punto di vista estetico, ma anche strutturale, con perdita di coesione e solidità. Il monitoraggio aerobiologico delle spore si rivela indispensabile per la costituzione di una base di dati necessaria all'elaborazione di strategie da impiegare, sia nella fase di recupero dei materiali danneggiati (restauro), sia in quelli di prevenzione e conservazione. Le specie fungine frequentemente rivelate sono tre Deuteromiceti, appartenenti ai generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Stachybotrytis* e un Ascomicete, appartenente al genere *Chaetomium*. (Mandrioli e Caneva, 1998).

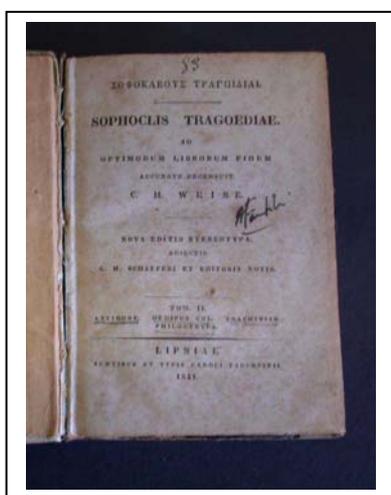


Fig 1.6 Alterazione della carta da parte di spore fungine. In alto particolare di *Penicillium* spp.

Fitopatologia

I miceti sono una componente molto importante nel nostro ecosistema. Sono essenziali per il riciclaggio di minerali e per la decomposizione di componenti organici (per questo sono considerati gli spazzini del pianeta). La loro diffusione avviene attraverso spore o propaguli che vengono dispersi nell'ambiente (spore di *Alternaria*, *Cladosporium* ed *Helminthosporium* si liberano nell'aria, in grande quantità, al momento della mietitura del grano).

Le spore di micofiti possono quindi raggiungere concentrazioni atmosferiche molto alte (10.000 – 20.000 per m³ d'aria).

La concentrazione subisce, nelle varie stagioni e nelle diverse ore del giorno, variazioni *qualitative* e *quantitative* legate alla localizzazione geografica, alle condizioni climatiche e alla presenza di elementi vitali o decomposti.

I fattori che maggiormente influenzano la liberazione, la dispersione e il deposito delle spore sono la variazione di umidità relativa, la rugiada, la temperatura, i venti e le precipitazioni.

La comparsa di una malattia fungina è sempre condizionata dall'interazione di tre fattori preponderanti:

- presenza dell'agente patogeno e quindi del potenziale inoculo;
- presenza dell'ospite vegetale suscettibile;
- condizioni climatiche che influenzano i primi due componenti.

La gravità dell'attacco sarà proporzionale al numero di spore liberate in atmosfera (Bugiani 1993).



Fig. 1.7 *Pagina inferiore di foglia di geranio colpita da ruggine*

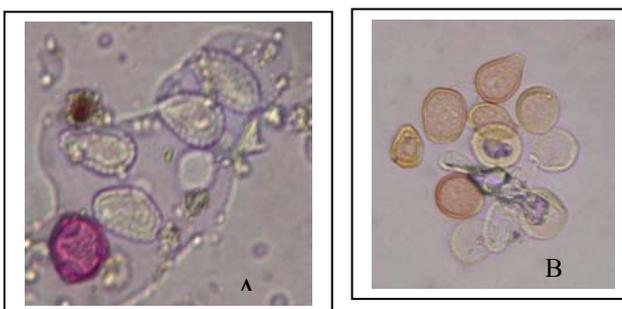


Fig 1.8 *Spore di Uredinales causa di ruggine: A visione da campionamento volumetrico B spore da coltura*

I sintomi della malattia compaiono inizialmente nella pagina inferiore della foglia con piccole macchie (0,5 mm), che circa due giorni dopo divengono visibili anche nella pagina superiore.

Di seguito riportiamo alcune spore fungine di interesse fitopatologico:

- *Alternaria* spp. (alternariosi della patata e del pomodoro);
- *Puccinia* spp. (ruggine del grano);
- *Stemphylum* spp. (maculatura bruna del pero);
- *Botrytis* spp. (botrite della vite);
- *Cladosporium* spp. (fumaggine dell'olivo e delle drupacee);
- *Puccinia pelargonii – zonalis* (ruggine del geranio).

Mediante il monitoraggio aerobiologico, effettuato in continuo, si possono rilevare le fluttuazioni stagionali e giornaliere della concentrazione delle spore fungine. Conoscendo con precisione i periodi di maggiore presenza in aria di determinati funghi nell'arco della stagione e della giornata, è possibile ipotizzare quali siano i fattori climatici che ne influenzano la diffusione nell'ambiente (Bugiani, 1993).

La determinazione quali-quantitativa delle spore fungine fitopatogene permette di ampliare le conoscenze di tipo epidemiologico e biologico delle malattie delle piante. Confrontando il monitoraggio delle spore fungine aerodisperse con le variabili ambientali (meteo climatiche) si possono elaborare modelli previsionali sulla possibilità che si verifichino malattie criptogamiche epidemiche, in modo da orientare in maniera specifica i trattamenti, ottenendo così una migliore salvaguardia dell'ambiente (aria, terreni e falde acquifere), della salute degli addetti, (D.Lgs 626/94) e dei consumatori.

Interventi mirati e limitati all'effettiva necessità sono alla base di un'agricoltura che vuole salvaguardare l'uomo e l'ambiente (Natali, 2002).

Agricoltura

Recentemente le ricerche aerobiologiche in ambito agrario e forestale hanno avuto un forte impulso, in quanto è stato possibile evidenziare che studi sul contenuto quantitativo e qualitativo di spore fungine e di pollini nell'atmosfera possono avere grande ripercussione in tale settore.

Sembra che esista una stretta relazione tra la produzione annuale di pollini di una determinata specie e la futura produzione di frutti e semi (Romano, 1996 - Cristofolini, 2000).

In questo ambito l'aeropalinoologia potrebbe avere un'utile applicazione, fornendo indicazioni molto precoci sulla consistenza del futuro raccolto, che permettano d'orientare anticipatamente la commercializzazione degli stock d'una produzione, il cui andamento è variabile da un anno all'altro. Il problema delle previsioni di produzione è fortemente sentito in agricoltura per i riflessi che comporta sui prezzi dei prodotti e sull'organizzazione del mercato.

Andamento climatico

Negli ultimi anni si assiste ad una tendenza al riscaldamento della superficie terrestre. Si valuta, infatti, che la temperatura terrestre sia aumentata mediamente di mezzo grado, con conseguenze disastrose a livello climatico. Si assiste allo scioglimento delle calotte polari, dei ghiacciai, a ricorrenti siccità in molte zone del pianeta. Tutto ciò ha prodotto la scomparsa di interi habitat e il verificarsi di imponenti fenomeni di desertificazione (Liste rosse e blu della flora italiana – ANPA 2001).

Il cambiamento del clima potrà facilitare la diffusione geografica di alcune specie di piante in nuovi territori perché essi diventano climaticamente più adatti.

Il riscaldamento porterà per alcune specie vegetali ad un precoce inizio e aumento della durata della fioritura, e quindi alcune specie polliniche potranno essere rilevate in atmosfera precocemente e più a lungo, causando disturbi prolungati nelle persone allergiche.

L'elaborazione dei dati forniti dal monitoraggio aerobiologico, effettuato in continuo e per un discreto numero di anni, permette, mediante riconoscimento delle specie polliniche aerodisperse di studiare l'inizio, la durata e la fine della pollinazione di piante diverse, dando così informazioni sull'andamento climatico e fornendo informazioni a discipline scientifiche quali la bioclimatologia e la biometeorologia.

Inquinamento atmosferico

Attualmente, al tradizionale approccio nella valutazione dell'inquinamento atmosferico, si sono aggiunte nuove metodiche che utilizzano organismi viventi come indicatori della presenza delle sostanze inquinanti.

Una centralina (stazione di monitoraggio di inquinanti chimici) misura la presenza di un numero prestabilito di sostanze, mentre non fornisce informazioni sulle sostanze tossiche non monitorate, o su quelle tossiche a bassissime concentrazioni, e sul sinergismo delle varie sostanze.

Lo studio degli effetti tossici che si verificano su organismi viventi, anche se non rivela le cause del danno, svela la presenza di inquinamento e può quindi essere utile nell'indicare le zone dove devono essere poste le centraline, al fine di migliorarne l'efficacia.

E' possibile individuare alcuni organismi animali e/o vegetali, i BIOMONITORS, che per particolari proprietà (sensibilità agli agenti inquinanti, ampia distribuzione sul territorio, scarsa mobilità, ciclo vitale lungo, capacità di accumulo di sostanze nocive) possono essere utilizzate per il monitoraggio. In funzione del loro utilizzo si distinguono in bioindicatori e bioaccumulatori.

Il polline può essere un *indicatore biologico*, vista la sua costante presenza in atmosfera e la sua sensibilità nei confronti degli inquinanti, che si manifesta con segni di sofferenza e anche con la morte.

Recentissimi sviluppi della ricerca stanno orientando lo studio della *vitalità del polline*, mediante l'utilizzo di coloranti vitali (2,3,5,tryphenyl tetrazolium chloride – TTC e Acetato di fluoresceina) o mediante test di germinazione (capacità di produrre il tubetto pollinico).

In particolare è stato osservato che la vitalità del polline di acero e betulla declina alla quota in cui iniziano a formarsi nebbie acide. (Comtois, 1994. Mincigrucci, 1999).

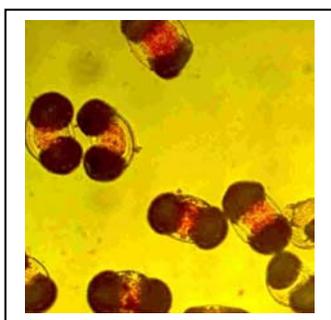


Fig. 1.9 Polline di *Pinus pinea* colorato con TTC. I granuli pollinici di colore rosso sono quelli vitali mentre quelli incolore sono non vitali.



Fig. 1.10 Pollini di *Pinus pinea*: emissione del tubetto pollinico in pollini vitali.

Pollini di *Pinus pinea* provenienti da aree con maggiore inquinamento possono presentare anomalie morfologiche quali presenza di sacche aeree addizionali, riduzione di taglia, raggrinzimento e presenza di tubetti germinativi anomali (dicotomico o bilaterale) (Cela Renzoni, 1986, 1990).

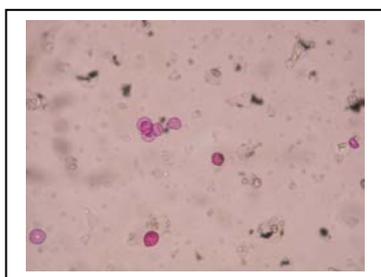
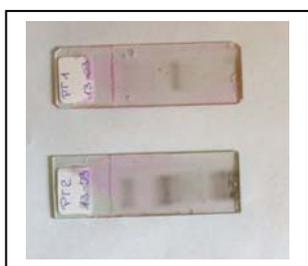
Organismi geneticamente modificati (ogm)

Il monitoraggio di pollini geneticamente modificati permette di tenere sotto controllo la loro replicazione e diffusione nell'ambiente.

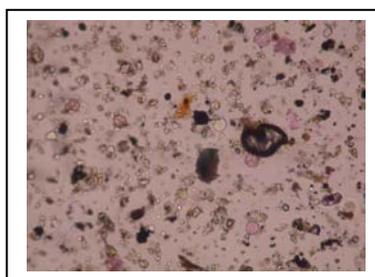
Aerobiologia e particolato non biotico

Attraverso i campioni utilizzati per i rilevamenti dei pollini e delle spore aerodisperse è possibile individuare al microscopio ottico la presenza, sul vetrino preparato per la conta, di zone più o meno opache riferibili alla differente deposizione di particelle quali pulviscolo inorganico, fuliggine, ceneri e altri residui di combustione.

La visione al microscopio ottico e la misurazione densitometrica può fornire informazioni utili sull'inquinamento atmosferico da particolato (Arobba, 1994).



A



B

Fig. 1.11 Particolato atmosferico: vetrini del monitoraggio aerobiologico effettuato in una stessa giornata in due stazioni diverse. In A e in B si può notare una diversa presenza di particolato atmosferico

Aerosol biologico coltivabile

La formazione di aerosol veicolanti microrganismi è un fenomeno che si verifica spontaneamente in natura laddove esistono attività biologiche esposte a movimenti dell'aria. Alle sorgenti naturali si aggiungono quelle attivate dall'uomo attraverso colture e pratiche agricole, allevamenti zootecnici, produzione e trattamento dei rifiuti solidi, impianti di trattamento delle acque reflue e alcune attività industriali. Gli aerosol batterici e fungini possono in alcuni casi alterare le proprietà dell'ecosistema.

Lo studio microbiologico della qualità dell'aria è importante al punto zero (momento iniziale), allorché si vogliono realizzare impianti di depurazione e smaltimento dei rifiuti per valutarne, nel tempo, l'impatto ambientale, e per la tutela della salute degli operatori dei settori interessati (D. Lgs 626/94).

La valutazione della qualità dell'aria dal punto di vista biologico negli ambienti indoor sta divenendo, negli ultimi anni, un importante problema di sanità pubblica in quanto la maggior parte della popolazione (nei paesi industrializzati) trascorre fino al 90% del proprio tempo in ambienti chiusi. (Indoor pollution, ARPA Emilia Romagna).

La qualità biologica di tali ambienti dipende da variabili quali numero di individui presenti, tipo di attività lavorativa, arredi, presenza di piante, capacità di chiusura delle finestre, corretta gestione di impianti di ventilazione e di climatizzazione.

Gli impianti di condizionamento possono facilmente essere colonizzati da batteri e miceti (legionelle, muffe e lieviti), che vengono poi diffusi all'interno degli ambienti.

I parametri microbiologici che risultano essere più significativi per la valutazione della salubrità di un ambiente indoor e che vengono generalmente determinati nel corso dei monitoraggi conoscitivi sono:

- carica batterica totale a 37°C e a 20°C;
- carica micetica totale (muffe e lieviti) a 20°C;
- enterobatteri;
- *Pseudomonas* spp.;
- *Stafilococcus aureo*;
- *Legionella* spp.

Le spore di miceti dell'atmosfera libera possono penetrare all'interno degli ambienti confinati e qui, per condizioni favorevoli di clima, di umidità e di substrati idonei, proliferare e produrre nuove sorgenti di spore indoor, che non seguiranno più una cadenza stagionale e potranno essere rilevabili durante tutto l'arco dell'anno.

Molte specie di miceti dispersi nell'aria possono causare reazioni allergiche, malattie come asma, rinite e pneumopatie (Bonadonna e Marconi, 1990).

Gli effetti sulla salute da parte dei bioaerosol contaminanti dell'aria degli ambienti interni possono essere di tre tipi: patogeni, allergici e tossicologici. La rilevazione del monitoraggio aeromicologico di ambienti indoor hanno mostrato variazioni stagionali e geografiche a livello di genere.

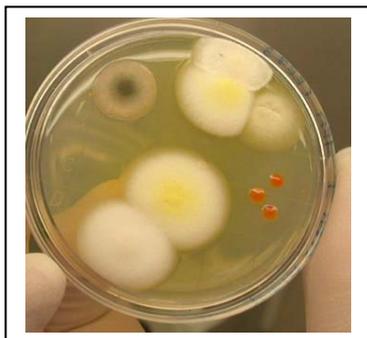


Fig. 1.12 *Esame colturale da SAS: sviluppo di miceti e batteri dopo aspirazione dell'aria.*

Il D. Lgs 626/94 ha sancito l'obbligo di valutare e di provvedere alla prevenzione dei rischi derivanti dall'esposizione ad agenti biologici. Un programma di controllo dovrà prevedere una valutazione dell'esposizione e della contaminazione ambientale dovuta alla qualità microbiologica dell'aria che, mediante misure quanti e qualitative, permetta di verificare l'esistenza di fattori di rischio biologico.

Il controllo della qualità dell'aria indoor che circonda l'opera d'arte o il manufatto storico è indispensabile per la sua protezione e conservazione, oltre che per la salvaguardia della salute degli operatori (D.Lgs 626/94) e dei visitatori.

Recentemente il Ministero per i Beni e le attività Culturali ha reso disponibile l'"Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei" in cui viene raccomandato il controllo di diversi parametri ambientali.

L'ambiente di conservazione dei beni culturali andrà continuamente monitorato con misure biologiche, chimiche e fisiche. In particolare la determinazione degli inquinanti biologici consente di definire livelli di rischio del biodeterioramento e di rischio igienico – sanitario per gli addetti ai lavori e per i visitatori.

2 METODI DI CAMPIONAMENTO

Principi di campionamento

Il campionamento dell'aerosol atmosferico viene condotto per molteplici scopi sia a livello qualitativo che quantitativo (AA.VV., *Cultural Heritage...*, 2003).

Nel campionamento quantitativo lo scopo è di misurare le variazioni di concentrazione nell'aria di specifici microrganismi, in quello qualitativo di caratterizzare gli agenti biologici rilevati. In generale lo scopo principale del campionamento è conoscere quali tipi di particelle siano presenti e come varia la loro concentrazione in atmosfera. Non esistono strumenti di misura diretta della presenza di microrganismi vitali e non, ed i campioni spesso richiedono processi complessi per il riconoscimento del materiale raccolto. I metodi di campionamento degli aerosol biologici disponibili sono di due tipi: passivo ed attivo. Il campionamento di tipo passivo consiste nella raccolta di particelle che si depositano per gravità su specifiche superfici di campionamento; la misura viene espressa in particelle/m².

Nel campionamento attivo si raccolgono le particelle aspirando un volume predefinito di aria e proiettandolo su una superficie di raccolta (nastro, vetrino, piastra); la misura viene espressa in particelle/m³. Per campionare particelle aerodisperse vengono utilizzate numerose apparecchiature; ciascuna di esse viene impiegata limitatamente per un tipo di particelle, a seconda delle dimensioni, e tutte operano su pochi principi elementari (Mandrioli, 1996). Le apparecchiature per raccogliere campioni di bioaerosol sono spesso simili a quelle utilizzate per la raccolta di altri tipi di particelle aerodisperse; differenti sono i metodi di trattamento e di analisi dei campioni che richiedono procedure particolari a seconda che si tratti di materiale vitale o non vitale.

Per quanto riguarda il campionamento di particelle vitali, è molto diffuso il trasferimento diretto delle particelle sul terreno di coltura adatto per lo sviluppo dei microrganismi stessi. Vengono utilizzate anche apparecchiature che permettono la filtrazione o la raccolta in liquido delle particelle prima di essere trasferite su un terreno di coltura per la successiva crescita. Una delle caratteristiche principali delle particelle biologiche è l'estrema variabilità del valore di concentrazione nel tempo e nello spazio (da poche unità fino a milioni per metro cubo di aria): questa caratteristica impone particolare attenzione nella scelta delle strategie di misura. Nel caso di ambienti con concentrazione di bioaerosol elevata dovremo fare attenzione al tipo di campionatore per evitare di incorrere nella sottostima dovuta ad un eccesso di particelle campionate (WHO, 1990). Esistono dei fattori fondamentali che il ricercatore dovrà tenere in considerazione nella scelta del programma di misure ae-

robiologiche, come il luogo dove installare il campionatore, il numero di campioni da effettuare, il tempo di campionamento, le variazioni dei parametri ambientali (fisici e chimici) durante il campionamento, le tecniche di analisi per l'identificazione e la quantificazione del materiale isolato. Questi ultimi due parametri sono particolarmente importanti per il materiale vitale in quanto molto sensibile ai fattori di stress ambientale e di campionamento.

Deposizione gravitazionale

La tecnica di campionamento più semplice, utilizzata con maggior frequenza è l'esposizione di una superficie orizzontale sulla quale possono sedimentare per gravità le particelle. In teoria le particelle semplicemente si depositano alla loro velocità terminale e vengono intrappolate per mezzo di un adesivo posto sulla superficie di campionamento. E' praticamente impossibile definire esattamente il volume d'aria campionato o calcolare la concentrazione delle particelle. Più correttamente, l'esposizione di una superficie orizzontale di campionamento fornisce unicamente il numero di particelle depositato per unità superficie.

Le piastre Petri (Culture-Plate Sampling), contenenti terreno di coltura solido, vengono spesso utilizzate come campionatori gravitazionali per la raccolta di microrganismi da determinare in coltura.

Impatto

In atmosfera l'efficienza di impatto (la percentuale di particelle che colpiscono l'ostacolo) è una funzione diretta delle dimensioni, massa e velocità delle particelle e una funzione inversa delle dimensioni dell'ostacolo. Quando le particelle si avvicinano ad un ostacolo le molecole d'aria che si trovano vicino alla particella divergono e vi fluiscono attorno. Se la particella ha sufficiente inerzia, essa continuerà la sua corsa andando a colpire l'ostacolo. Non è importante solo l'efficienza di impatto, ma anche quella di ritenzione. Una superficie di campionamento deve essere trattata con un adatto adesivo per aumentarne la capacità di ritenzione, in modo da non fare rimbalzare le particelle.

Oltre ai campionatori volumetrici ad aspirazione forzata, esistono campionatori volumetrici, chiamati "inerziali", basati sul rapido movimento della superficie di raccolta anziché sul movimento delle particelle (Fig. 2.1). Altri campionatori ad impatto sono rappresentati dai filtri e dai campionatori centrifughi, o cicloni, nei quali le particelle vengono catturate per forza centrifuga generata o dalla rotazione o dalla traiettoria a spirale della massa d'aria.

Aspirazione

I campionatori classificati come volumetrici sono provvisti di un orifizio dal quale entra l'aria e il materiale da campionare per mezzo della depressione provocata da

una pompa aspirante. Sono comunemente usati nel campionamento di particelle molto piccole che hanno una efficienza di ingresso molto elevata. Per particelle di grandi dimensioni, come i pollini e le spore, vengono usati campionatori isocinetici, in modo che la velocità dell'aria all'ingresso del campionatore venga mantenuta costantemente uguale a quella dell'aria ambiente, ossia alla velocità delle particelle in prossimità del campionatore. In questo modo vengono evitate alle particelle brusche accelerazioni o decelerazioni, e quindi deviazioni dalla traiettoria del flusso in ingresso nel campionatore per effetto del momento di inerzia. Diversi sono i metodi usati per raccogliere materiale aerodiffuso con questo sistema di campionamento.

Il campionatore Hirst (Hirst, 1952) è stato progettato per misurare l'andamento nel tempo della concentrazione atmosferica di granuli pollinici, spore ed altre particelle biologiche mediante riconoscimento morfologico. Esso consiste essenzialmente in un impattore monostadio con fenditura di 2x14 mm attraverso cui l'aria campionata investe una superficie di impatto che si muove a 2 mm all'ora (Fig. 2.2). La superficie di raccolta può essere costituita da un vetrino da microscopio o da un nastro di plastica trasparente, che vengono opportunamente preparati ed esaminati longitudinalmente al microscopio per poter effettuare il conteggio delle particelle e avere poi l'andamento temporale della concentrazione delle particelle catturate. Il nastro di plastica viene tagliato in segmenti di 48 mm, che rappresentano i campionamenti giornalieri. Una caratteristica di questo strumento, oltre ad avere una portata di aspirazione di 10 litri al minuto, paragonabile alla portata media respiratoria, è di essere montato su un sistema munito di coda che gli permette di orientarsi continuamente contro vento. L'efficienza di campionamento è ragionevolmente alta anche se soggetta a variazioni dipendenti dal diametro delle particelle e dal vento. Il campionatore Hirst permette di condurre un lavoro di monitoraggio continuo per un periodo fino ad una settimana senza richiedere l'assistenza dell'operatore. L'identificazione delle particelle viene eseguita morfologicamente al microscopio ottico ad ingrandimenti variabili, con una discriminazione temporale della deposizione di 1 ora. Esistono due modelli in commercio del campionatore Hirst, Burkard e Lanzoni, entrambi con le stesse caratteristiche di campionamento, ma con diverse caratteristiche di robustezza, affidabilità e differenti accessori.

Il Surface Air System (SAS), viene utilizzato per la misura della concentrazione atmosferica di particelle biologiche vitali. La superficie di raccolta è costituita da terreno di coltura semisolido. Sebbene per la raccolta di particelle sia meno efficiente rispetto al campionatore multistadio Andersen, il SAS è largamente utilizzato nel monitoraggio esplorativo o in ambienti dove si presume una scarsa contaminazione (sottostima del particolato in ambienti inquinati). E' uno strumento portatile, alimentato a batterie (Fig. 2.3). L'aria entra nel campionatore, attraverso

un disco a 219 o 487 fori, con una portata di 90-180 litri per minuto a seconda dei modelli.

Impattori a cascata

In aerobiologia il più diffuso campionatore ad impatto per aspirazione è il campionatore Andersen (Andersen, 1958), disponibile in molti modelli. Le particelle sono depositate su terreno di coltura contenuto in capsule Petri per svilupparne la frazione vitale raccolta. I dischi hanno fori progressivamente più piccoli che accelerano via via le particelle di minori dimensioni che debbono essere campionate. Il flusso d'aria campionato è 28.3 litri al minuto; la perdita sulle pareti è trascurabile e l'efficienza di cattura prossima al 100%. La separazione dimensionale delle particelle viene effettuata variando la velocità dell'aria attraverso la diminuzione progressiva dei fori di ciascuno stadio: la minore velocità dell'aria dei primi stadi, aventi fori con diametri maggiori, consente la cattura delle particelle di massa maggiore (maggiore inerzia); viceversa, per fornire maggior inerzia alle particelle di minore massa è necessario aumentarne la velocità diminuendo il diametro dei fori attraverso i quali esse debbono passare prima di terminare la loro traiettoria sulla superficie di agar. In questo modo le particelle più piccole, che non vengono trattenute da uno stadio per insufficiente forza d'inerzia, hanno la probabilità di venire trattenute negli stadi successivi aventi più alta velocità di flusso d'aria. L'Andersen a sei stadi è stato raccomandato dalla Commissione sui Bioaerosol dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) per il monitoraggio di routine dei microrganismi aerodispersi presenti negli uffici (Fig. 2.4).

Filtrazione

La filtrazione è il più semplice metodo di rimozione di particolato dall'atmosfera basato sul passaggio del flusso d'aria, provocato per aspirazione forzata, attraverso un mezzo fibroso o poroso. I filtri fibrosi, detti anche filtri di profondità, sono costituiti da matrici come cotone, fibra di vetro, lana, fibre di cellulosa, metallo sintetizzato. Essi hanno il vantaggio della grande capacità di ritenzione; hanno lo svantaggio del diametro dei pori indefinibile e della penetrazione del materiale nello spessore del filtro. Solo i filtri con superficie liscia come le membrane filtranti, sono adatti all'osservazione diretta al microscopio delle particelle catturate. E' inoltre possibile rimuovere le particelle raccolte per trasferirle, ad esempio, su terreno di coltura.

Filter Cassettes costituiti da filtri Nuclepore a membrana diametro di 37 mm, con pori di 0.4 μm , vengono posti su tamponi di cellulosa e introdotti in appositi portafiltri di materiale plastico presterilizzati (Fig. 2.5). I portafiltri vengono poi collegati ad una pompa a vuoto calibrata con un flusso di 1 l/min.

Cattura in liquido

Le trappole liquide, in passato dette bottiglie di lavaggio e oggi spesso indicate con il termine inglese *impinger* o *liquid impinger*, operano per passaggio di un flusso di aria che dal fondo di un recipiente contenente liquido gorgoglia verso l'alto. Durante questo processo le particelle vengono trasferite dalle bollicine al liquido.

Le trappole liquide, o gorgogliatori, sono comunemente impiegate per il campionamento di certi gas, ma hanno un'efficienza accettabile anche per alcune particelle. Esse sono particolarmente vantaggiose nei casi in cui la disidratazione delle particelle vitali, come ad esempio nel campionamento su filtro, deve essere assolutamente evitata. Questi campionatori sono particolarmente adatti per la raccolta di microrganismi specialmente delicati come le alghe (Fig. 2.6).



Fig. 2.1 *Impattore volumetrico Rotorod*

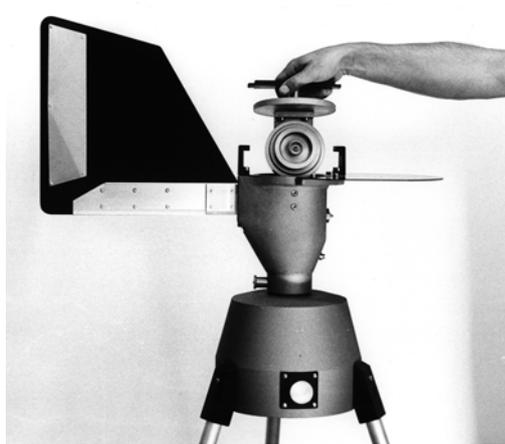


Fig. 2.2 *Impattore Hirst. Le particelle vengono campionate su un tamburo rotante*



Fig. 2.3 *Surface Air System SAS, campionatore portatile con portata di 90-180 l/min*



Fig. 2.4 *Campionatore a cascata Andersen. Le particelle vengono catturate da capsule Petri con terreno di coltura.*



Fig. 2.5 Portafilti e filtri a membrana



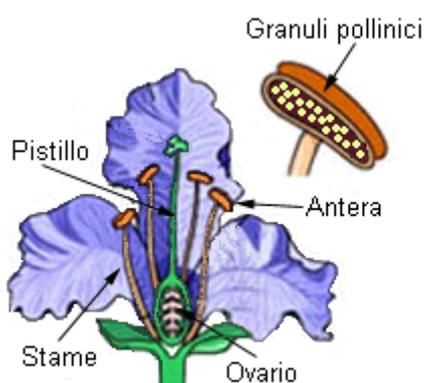
Fig. 2.6 Campionatore impinger o trappole a liquido o bottiglie di lavaggio

3 CARATTERISTICHE DEL POLLINE

Tipo di impollinazione

Il fiore costituisce la porzione indispensabile per la riproduzione nelle piante cosiddette Spermatofite e contiene sia gli elementi sterili che le parti fertili. La parte maschile detta *androceo* è costituita da *stami* formati da un filamento e da una parte apicale ingrossata detta *antera*. All'interno dell'antera ci sono le sacche polliniche dove avviene la maturazione dei granuli di polline. L'organo femminile è il *gineceo* costituito da uno o più *pistilli*. Ciascun pistillo è generalmente formato da un *ovario* che contiene uno o più *ovuli*, da una parte allungata detta *stilo* e da una porzione apicale detta *stigma*, adatta a trattenere i granuli di polline. Nelle Conifere, mancando lo *stilo* e lo *stigma*, il polline viene trasportato alla sommità del *micropilo*, che è un piccolo orifizio presente sull'ovulo.

I fiori possono essere unisessuali (solo femminili o maschili) o ermafroditi se possiedono sia stami che pistilli.



Il polline, “polvere fine”, termine introdotto da Linneo, è la generazione maschile aploide delle piante a seme o Spermatofite a cui è affidato il compito di formare i gameti che feconderanno gli ovuli delle piante superiori della stessa specie.

Fig. 3.1 *Struttura schematica del fiore*

Le dimensioni dei granuli pollinici variano nelle differenti specie di piante da un minimo di 10 μm per le Urticaceae a 200 μm per le Pinaceae e altre specie.

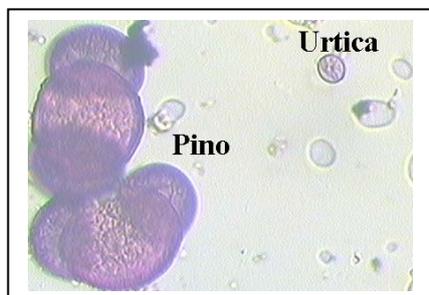


Fig. 3.2 *Visione al microscopio ottico di pollini di ortica e di pino*

Gli allergeni (sostanze proteiche e glicoproteiche) sono localizzati sia a livello citoplasmatico (compresi i granuli di amido), sia a livello delle pareti polliniche (esina ed intina) (Errigo, 1990).

L'impollinazione assicura il trasporto del granulo pollinico dallo stame al pistillo. Si parla di autoimpollinazione quando avviene in un fiore ermafrodita, quando invece avviene tra fiori rappresentati da individui diversi della stessa specie si parla di impollinazione incrociata.

In base al modo in cui il polline viene trasportato si parla di impollinazione *anemogama* se affidata al vento, *entomogama* se affidata agli insetti. Le piante anemofile producono un'elevata quantità di polline, per assicurare l'impollinazione del tutto casuale affidata al vento che distribuisce in ogni luogo i granuli pollinici, determinandone anche una perdita enorme. Le piante entomofile, che producono una minor quantità di polline data la specificità dell'impollinazione, presentano fiori vistosi, con forme particolari, colorati e profumati, che servono come richiamo per gli insetti.

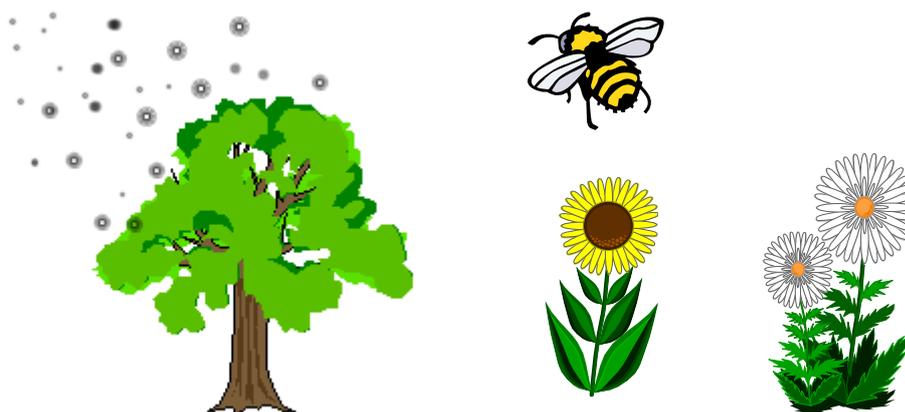


Fig. 3.3 *Schema di piante anemofile e fiori entomofili*

La pollinazione, ossia la liberazione dei pollini in atmosfera in un determinato territorio, dipende dalle condizioni climatiche del periodo che precede la fioritura, mentre le condizioni meteorologiche (vento, turbolenza dell'aria, pioggia, umidità, irraggiamento) influiscono sulla fluttuazione della concentrazione atmosferica del polline una volta che la pollinazione è iniziata. (ARPA Emilia Romagna 1994)

La quantità e la qualità del polline presente in atmosfera dipende da diversi fattori:

- distribuzione dei diversi tipi di piante nel territorio;
- impollinazione anemogama e/o entomogama;
- forma e dimensione del polline, che ne influenzano la capacità di essere aerodiffuso;
- clima e situazioni meteorologiche; (il tempo ventoso e asciutto facilita la liberazione e la diffusione del polline).

Calendari pollinici

Il monitoraggio aerobiologico, effettuato in continuo nell'arco dell'anno, permette di evidenziare le variazioni stagionali del contenuto atmosferico dei pollini e delle spore, e l'elaborazione di calendari per la zona geografica monitorata. Questi calendari forniscono indicazioni sui tempi di permanenza in atmosfera dei pollini di varie famiglie vegetali.

Riportiamo qui di seguito un calendario pollinico relativo alla stazione di monitoraggio situata nel centro di Pistoia.

CALENDARIO POLLINICO

Stazione di Pistoia Confronto tra 2002 e 2003
Situata presso l'Istituto per geometri di Viale Adua

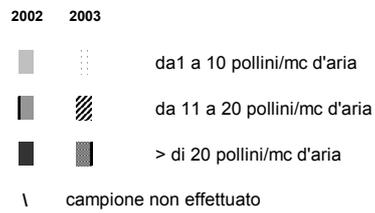
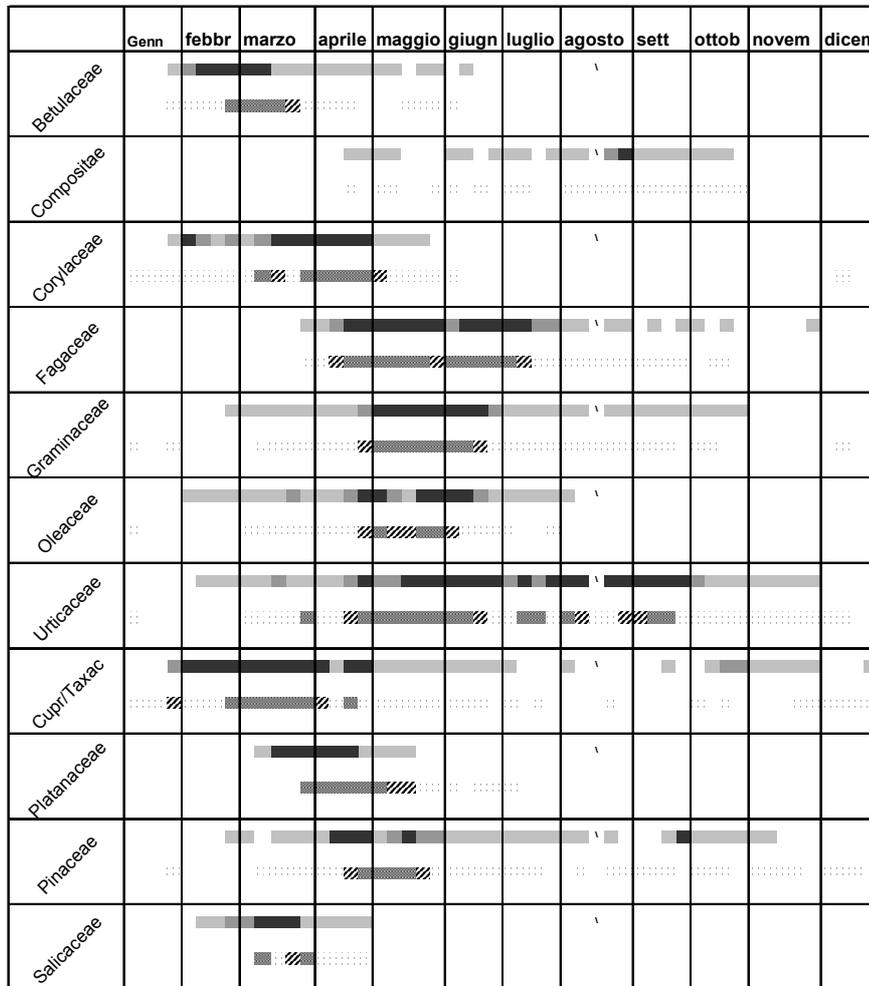


Fig. 3.4 *Calendario pollinico della stazione di Pistoia, confronto 2002 - 2003*

Si possono distinguere quindi:

- una stagione tardo invernale - pre-primaverile legata alla presenza di pollini di alcune piante arboree. Tra gennaio e febbraio compaiono i pollini di Betulaceae (ontano), di Corylaceae (nocciolo) e Cupressaceae. Nel mese di marzo inizia il polline delle Oleaceae (frassino), delle Salicaceae (pioppo e salice). Alla fine del mese fa comparsa la pollinazione del platano;
- una stagione primaverile, detta anche la grande stagione pollinica (Damato, 1995), in cui oltre ai pollini di numerose piante arboree si osservano anche pollini di piante erbacee come le Urticaceae e le Graminaceae. Sono presenti anche pollini di Betulaceae (betulla), Corylaceae (carpini), Fagaceae (quercia e faggio), Oleaceae (frassino e olivo), cipresso, platano e pino. Scompaiono i pollini di pioppo e salice;
- una stagione estiva caratterizzata soprattutto dalla presenza in atmosfera di pollini di piante erbacee quali Urticaceae e Compositae (ambrosia e artemisia). Gli unici pollini di piante arboree rilevati in atmosfera sono quelli di castagno e pino.

4 MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO IN TOSCANA

Metodo di campionamento

Tutte le stazioni di monitoraggio presenti in Toscana effettuano il monitoraggio dei granuli pollinici e delle spore fungine disperse in atmosfera mediante campionatore volumetrico tipo Hirst (1952), denominato Pollen Trap (VPPS 2000) lavorando secondo il metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse UNI 11108.

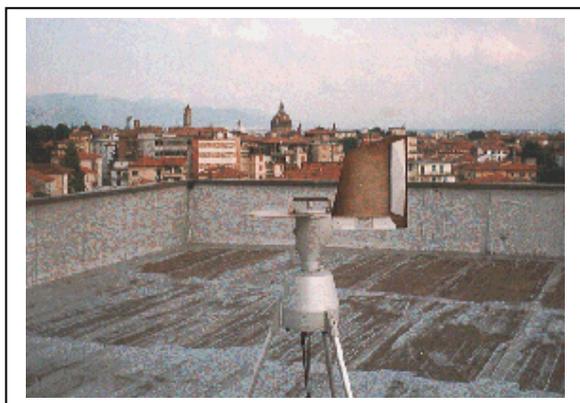


Fig. 4.1 *Campionatore volumetrico tipo Hirst della stazione di Pistoia*

Principio del metodo

L'aria da analizzare viene prelevata da una pompa aspirante a portata costante di 10 l/min, e diretta attraverso una fenditura su una superficie di campionamento opportunamente trattata, sulla quale le particelle contenute nel volume d'aria terminano la loro traiettoria, depositandosi per impatto.

Gli apparecchi sono installati al centro di terrazzi posti alla sommità di edifici con altezza compresa tra i 15 e i 20 metri dal suolo, lontano da muri e protezioni, e in cui la circolazione atmosferica locale non risenta della presenza di ostacoli vicini. L'area monitorata è di 20 Km di diametro.

Lo strumento è costituito da una sorta di grosso cilindro cavo collegato con l'esterno solo da una piccola fessura, che viene orientata continuamente a seconda della direzione del vento.

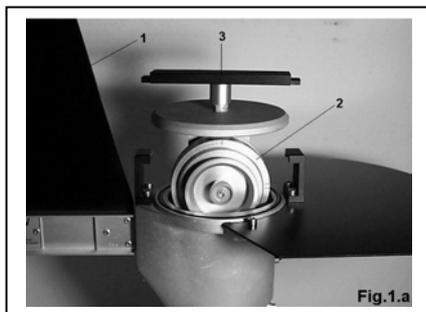
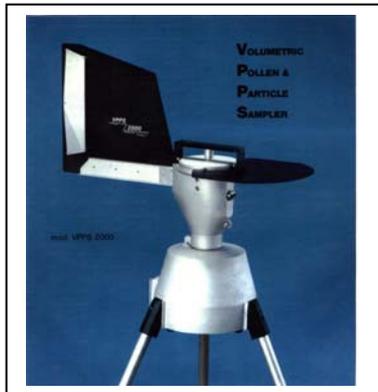


Fig. 4.2 *Dettagli del campionatore VPPS 2000.*
Per gentile concessione del dott. Carlo Lanzoni, Bologna.

Una pompa fa in modo che attraverso la fessura venga aspirato all'interno un volume noto d'aria (10 litri al minuto, controllato settimanalmente con un flussimetro applicato alla fessura) per 24 ore per sette giorni. Quest'aria, e tutto ciò che in essa si trova disperso, impatta contro un nastro di materiale plastico trasparente, cosparso di un sottile film di fluido al silicone (operazione da effettuare sotto cappa chimica) che trattiene le particelle. Tale nastro è posto in corrispondenza della fessura e fissato ad un tamburo rotante che compie una rotazione completa in una settimana (il tamburo ruota alla velocità di 2 mm/l'ora). Al termine di questo periodo il nastro viene trasportato in laboratorio, separato dal suo supporto e tagliato con un bisturi in sette segmenti. I segmenti di nastro così ottenuti vengono colorati, sotto cappa, con alcune gocce di fucsina glicerinata, poste sul vetrino portaoggetti e fra il nastro ed il vetrino coprioggetti.

Questa operazione si effettua a temperatura elevata - circa 50 °C - su piastra termostatica in modo da sciogliere la fucsina basica.

La lettura del vetrino viene effettuata al microscopio ottico utilizzando l'ingrandimento 250X o 400X.

Il conteggio dei granuli non è totale per tutta la superficie di campionamento, ma è statistico: si osservano linee orizzontali (per campi di microscopio tangenti tra loro o per strisciata continua), distanti 3 mm l'una dall'altra, scelte in modo da evitare i margini superiori e inferiori solitamente più poveri di particelle. Il numero minimo di linee orizzontali di lettura deve corrispondere a circa il 18% della superficie campionata.

I valori di conta pollinica relativi alla superficie esaminata vengono rapportati all'intera superficie di campionamento. Per effettuare questo calcolo occorre conoscere il diametro del campo microscopico utilizzato per le letture. Il valore del diametro dipende dall'ingrandimento utilizzato; quindi i dati necessari per il calcolo sono il diametro di campo, il numero delle linee orizzontali di lettura, il numero dei granuli contati per tipo di polline, la lettura per campi tangenti o per strisciata, l'area di campionamento, il volume d'aria campionata in un giorno (Lanzoni).

Rete toscana di monitoraggio aerobiologico



Fig. 4.3 Schema della disposizione delle stazioni di monitoraggio pollinico della Toscana.

Sigla	città	attivo dal	responsabile
AR1	Arezzo	1993	Coniglio
FI1	Firenze NO	1980	Domeneghetti
FI2	Firenze SE	1985	Manfredi
GR3	Grosseto	2003	Spadafina
LU1	Lido di Camaiore	2000	Onorari
LI1	Livorno	1982	Goracci
PT2	Montecatini	1995	Onorari
LI2	Piombino	1992	Paoli
PT1	Pistoia	1994	Onorari
PO1	Prato	1989	Franchi

Ogni settimana i dati di tutte le stazioni di monitoraggio vengono inviati all'Associazione Italiana di Aerobiologia (AIA) e all'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT).

L'Articolazione funzionale regionale di Aerobiologia del Dipartimento ARPAT di Pistoia, con i dati provenienti da tutte le stazioni di monitoraggio ARPAT e/o ASL presenti sul territorio regionale, elabora ogni settimana un bollettino di pollini e spore fungine aerodisperse, disponibile sul sito web dell'Agenzia dal venerdì.

Coordina inoltre il monitoraggio di quattro stazioni situate presso Firenze, Pistoia, Montecatini e Pietrasanta, diffondendone i dati ai medici che ne fanno richiesta. Infine diffonde anche i dati ottenuti dalle stazioni di campionamento di Pistoia e Montecatini alle farmacie e ai quotidiani locali, integrati da un commento dell'allergologo della ASL 3 di Pistoia.

Di seguito si riporta un esempio del bollettino settimanale dei pollini e delle spore funginee presente sul sito web www.arpato.toscana.it.

Pollini per metro cubo d'aria

Cupressaceae/Taxaceae		lun	mar	mer	giovedì	ven	sab	dom
	Arezzo	np	np	np	np	np	np	np
	Firenze NE	186	215	14	12	19	89	404
	Firenze SO	np	np	np	np	np	np	np
	Grosseto	35	24	3	1	3	2	2
	Livorno	120	128	83	6	2	10	4
	Montecatini	37	155	11	5	0	3	4
	L.di Camaiore	2	23	26	1	3	7	21
	Piombino	np	np	np	np	np	np	np
	Pistoia	89	134	7	2	14	2	14
Prato	np	np	np	np	np	np	np	

	Concentrazione bassa
	Concentrazione media
	Concentrazione alta
np	non pervenuto

Fig. 4.4 *Bollettino delle Cupressaceae/Taxaceae relativo alla settimana dal 23.02.04 al 29.02.04*

**BOLLETTINO SETTIMANALE DEI POLLINI
E SPORE AERODISPERSE**

Dipartimento ARPAT di Pistoia

Stazione di Pistoia situata presso l' Istituto per geometri di V.le Adua

Settimana dal 15/03/2004 al 21/03/2004



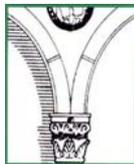
	lun	mar	mer	giovedì	ven	sab	dom
Graminaceae	2	5	5	7	5	2	4
Oleaceae	2	2	2	30	2	23	18
Urticaceae	12	15	18	16	5	12	5
Cupressaceae/tax	1124	1069	897	1482	106	126	148
Platanaceae	0	0	0	0	0	0	0
Betulaceae	126	281	140	162	12	4	7
Corylaceae	14	103	29	38	2	2	2
Fagaceae	0	0	0	1	1	0	3
Compositae	0	0	0	0	0	0	1
Alternaria	4	3	2	2	2	3	2

pollini

	Concentrazione bassa
	Concentrazione media
	Concentrazione alta
	assente

alternaria

	Concentrazione bassa
	Concentrazione alta
	assente



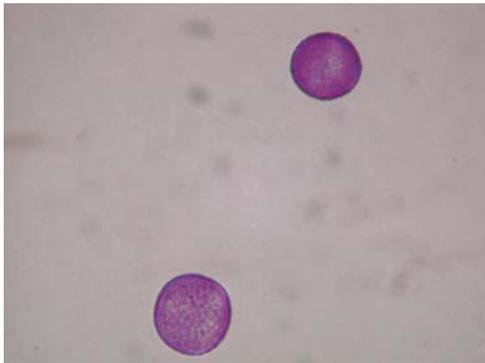
U.O. PNEUMOLOGIA, ASL 3: il commento dell' Allergologo

Si segnalano elevate concentrazioni di pollini di alberi soprattutto di cipresso, ma anche di betulla e nocciolo (appartenete alla famiglia delle corylaceae). Agli allergici a tali pollini, che presentano sintomatologia caratterizzata da rinite congiuntivite, tosse e asma, si consiglia di assumere la terapia farmacologica consigliata dal medico di medicina generale o dallo specialista.

Fig 4.5 Esempio di un bollettino inviato alle farmacie del Comune di Pistoia, integrato dal commento dell'allergologo.

**SEZIONE IMMAGINI:
POLLINI, ALGHE, SPORE FUNGINE AERODISPERSE**

Pollini: osservazione al microscopio ottico da campionamento aerobiologico effettuato con catturatore volumetrico tipo Hirst



*Fig. 1 Ranunculaceae
(Ranuncolo selvatico)*



*Fig. 2 Leguminosae/mimosoideae
(Acacia)*

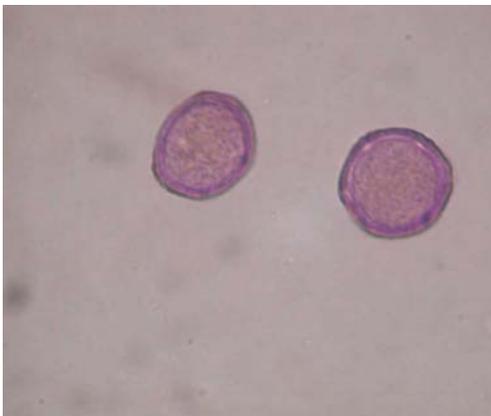


Fig. 3 Ulmaceae (Olmo)

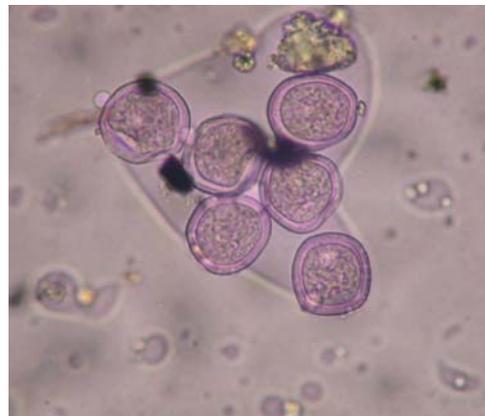


Fig 4 Salicaceae (Pioppo)

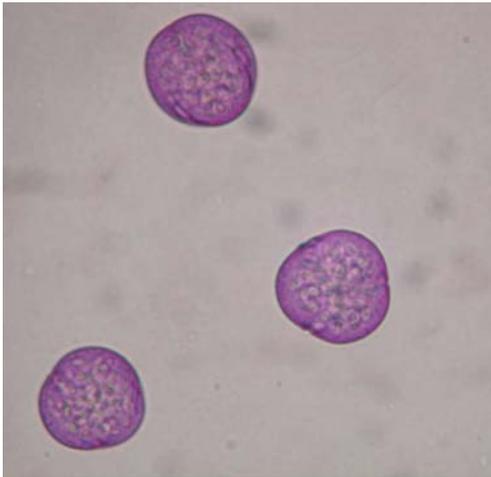


Fig. 5 Polygonaceae (Rumex)

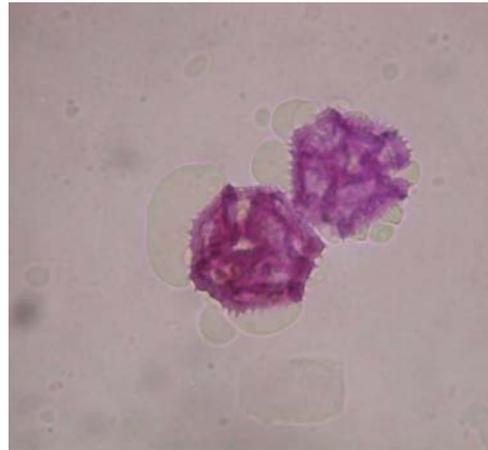


Fig. 6 Compositae (Taraxacum)

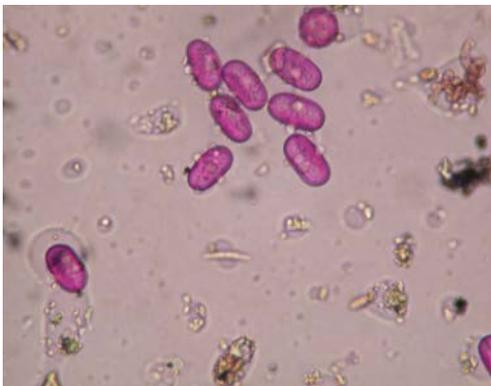


Fig. 7 Umbelliferae



Fig. 8 Leguminosae (Vicia faba)

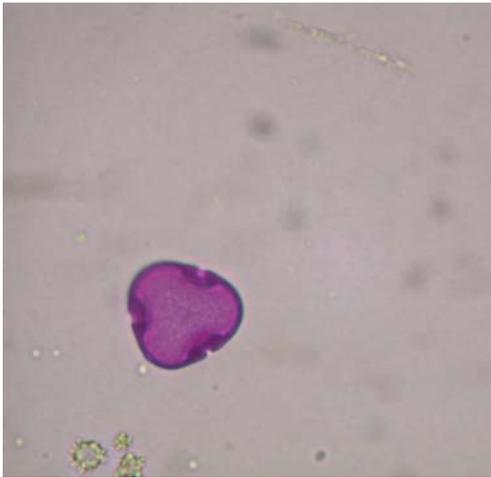


Fig. 9 Tiliaceae (Tiglio)

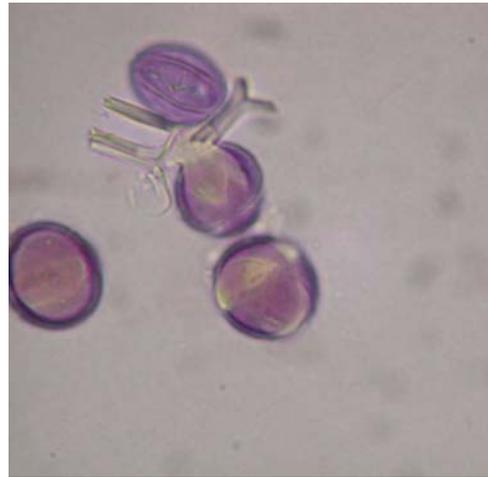


Fig. 10 Aceraceae (Acer negundo)



Fig. 11 Cannabaceae

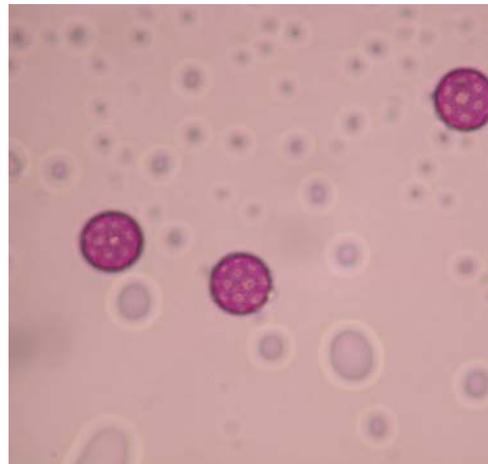


Fig. 12 Chenopodiaceae



Fig. 13 Compositae

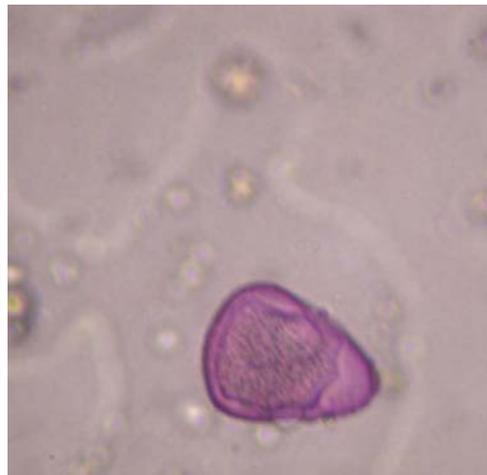


Fig. 14 Cyperaceae



Fig. 15 Ericaceae

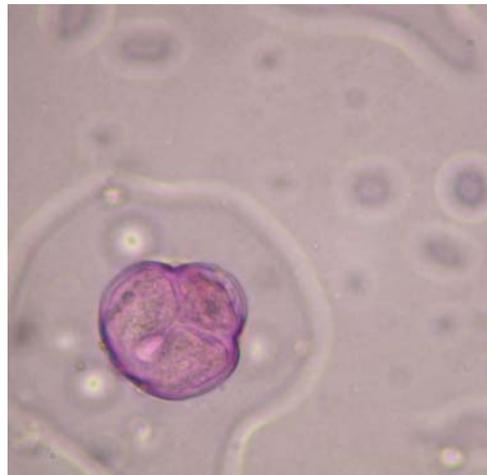


Fig. 16 Juncaceae

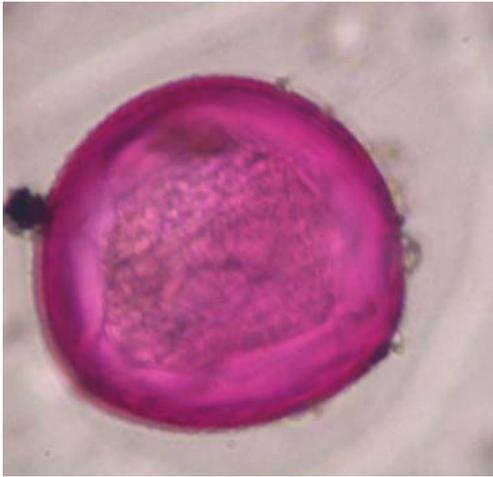


Fig. 17 Araucaria

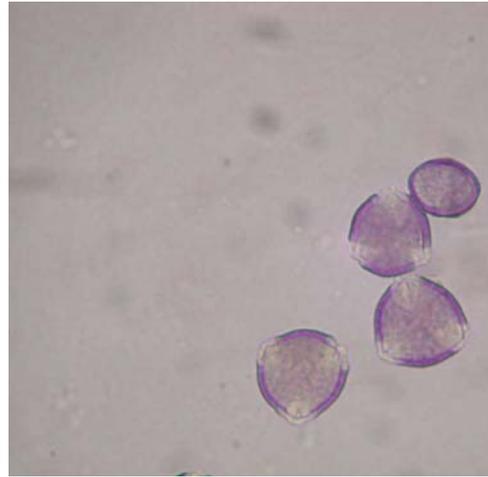


Fig. 18 Papaveraceae (Papavero)

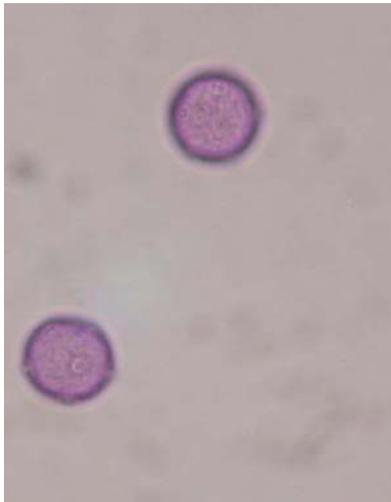


Fig. 19 Plantaginaceae (Plantago lanceolata)

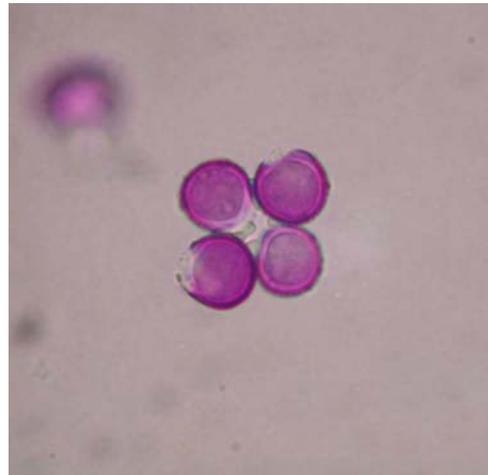


Fig. 20 Palmae (Palma)

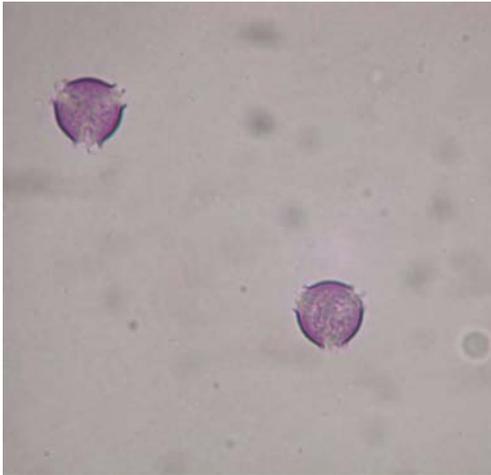


Fig. 21 Euphorbiaceae (Mercurialis annua)

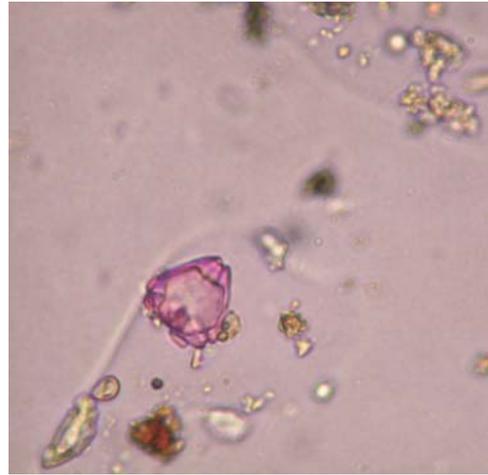


Fig. 22 Myrtaceae (Eucalipto)



Fig. 23 Dianthaceae (Garofano)

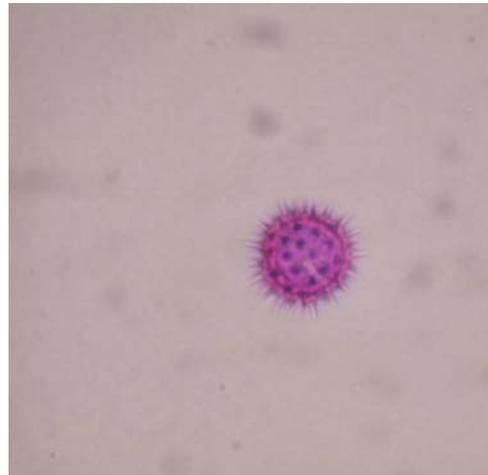


Fig. 24 Compositae (Girasole)

Alge: osservazione al microscopio ottico da campionamento aerobiologico effettuato con catturatore volumetrico tipo Hirst

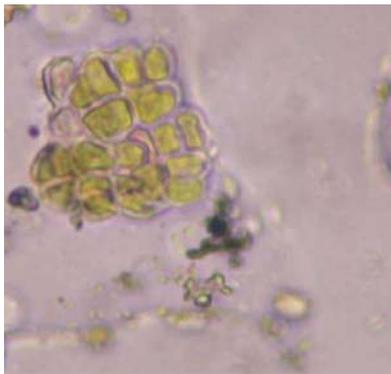


Fig. 25 Alge verdi



Fig. 26 Gruppo di quattro Diatomee pennate



Fig. 27 Diatomea centrica

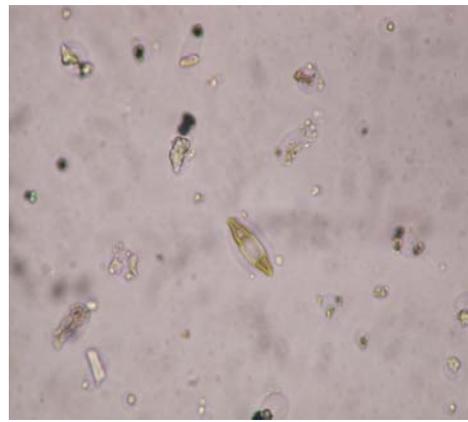


Fig. 28 Diatomea pennata

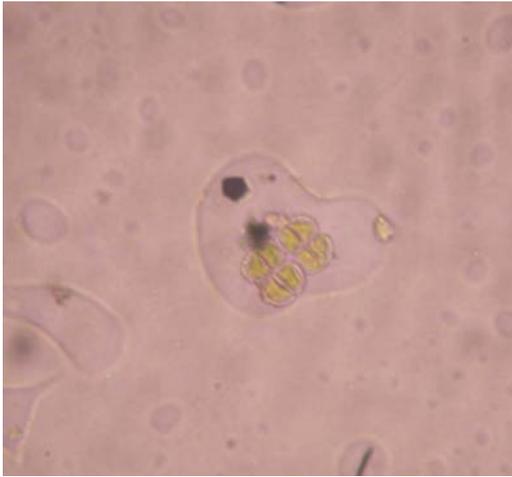


Fig. 29 Alge verdi in divisione

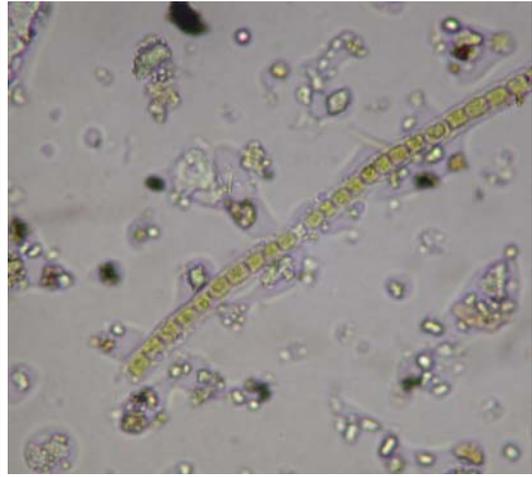


Fig.30 Alga tipo Tribonema

Spore: osservazione al microscopio ottico da campionamento aerobiologico effettuato con catturatore volumetrico tipo Hirst



Fig. 31 Ascospore

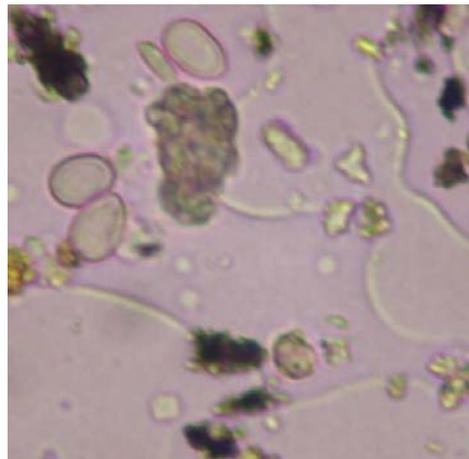


Fig. 32 Botrytis



Fig.33 Uredinales



Fig.34 Uredinales



Fig. 35 Pithomyces

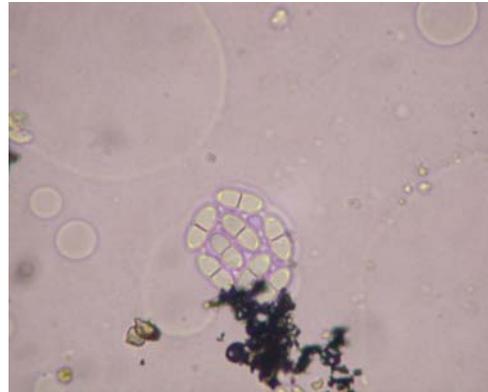


Fig. 36 Ascospore ialine



Fig.37 Stemphilium

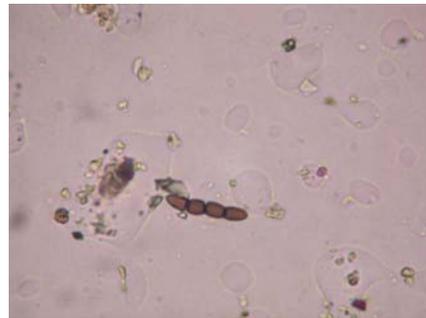


Fig. 38 Sporomiella



Fig. 39 Pleospora

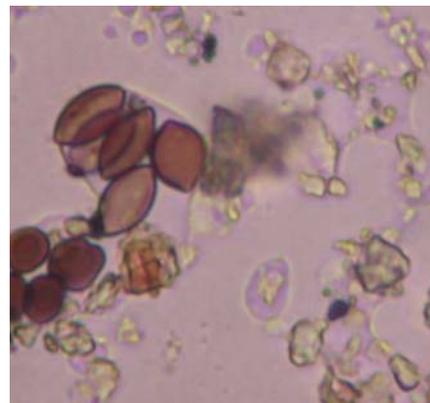


Fig. 40 Chaetomium

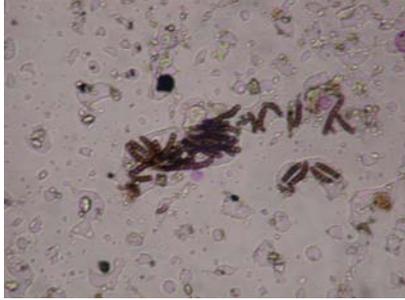


Fig.41 Torula



Fig. 42 Sporobolomyces



Fig. 43 Peronospora

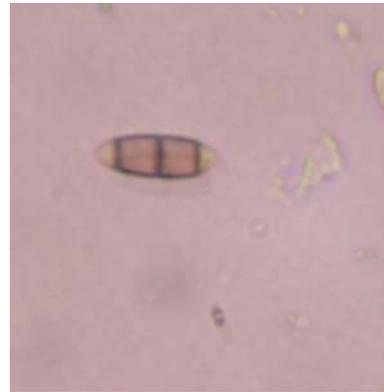


Fig. 44 Chaetosphaeriella.

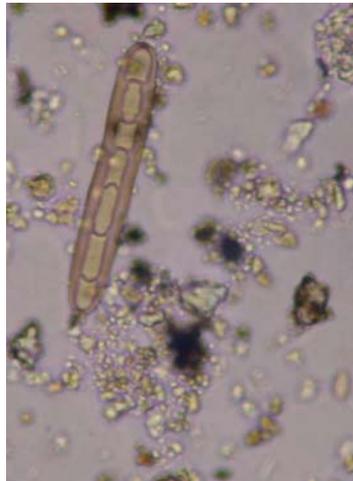


Fig.45 Helminthosporium

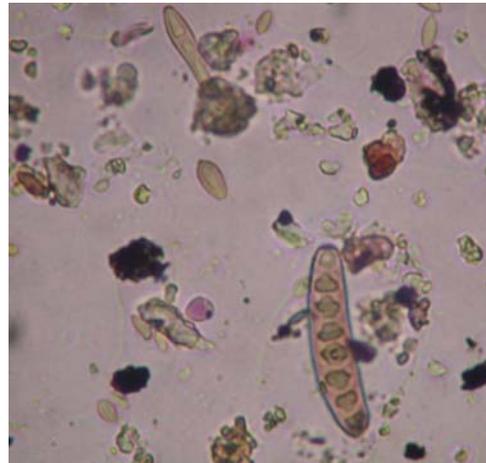


Fig.46 Bipolaris/Drechlera



Fig. 47 Tetraploa aristat



Fig.48 Rebentischia

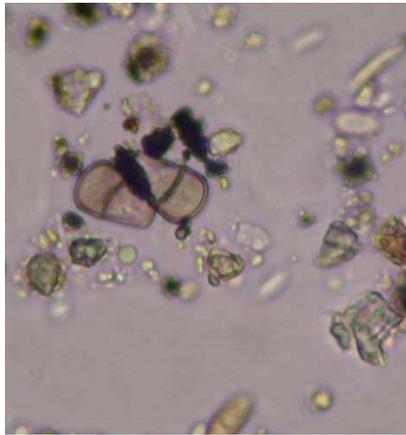


Fig. 49 Polytrincium

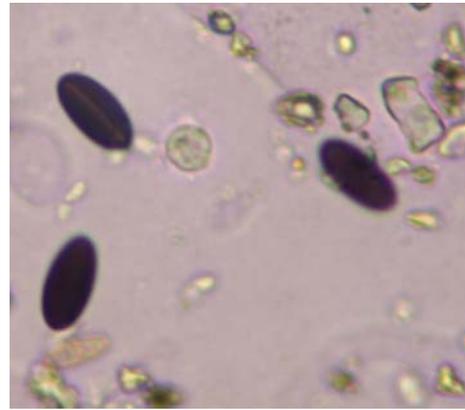


Fig.50 Xyliariaceae



Fig. 51 Sporodesmium.

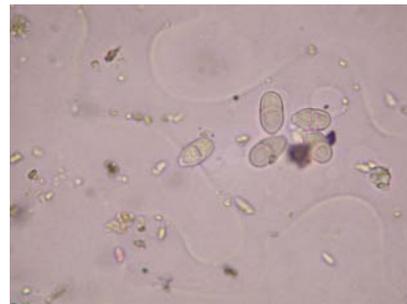


Fig. 52 Tricotecium

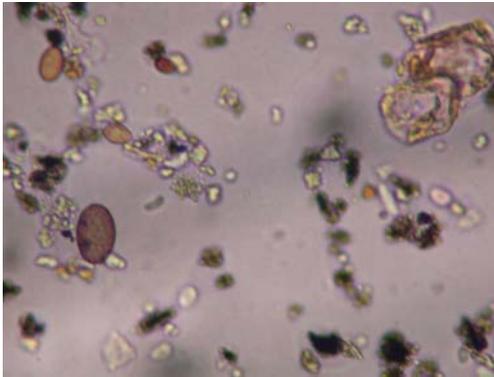


Fig. 53 Ascobolus



Fig. 54 Ascospore filiformi

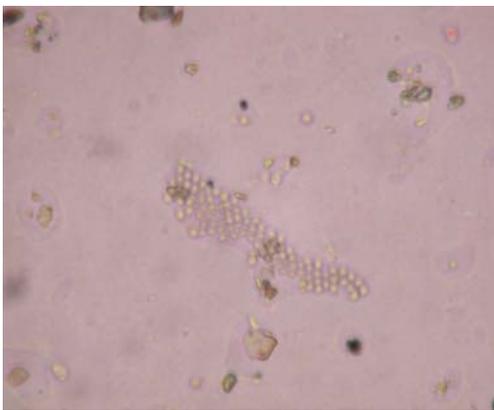


Fig. 55 Aspergillus/Penicillium

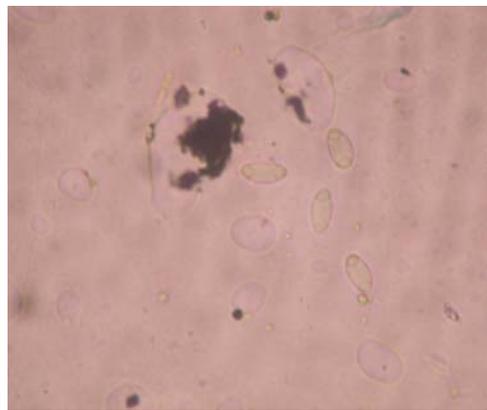


Fig.56 Spore licheniche polardiblastiche



Fig. 57 Spore licheniche polardiblastiche

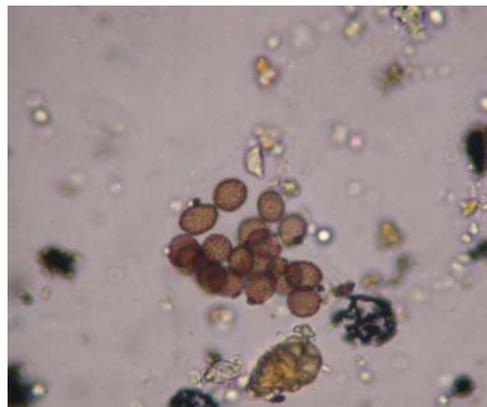


Fig. 58 Ustilaginales

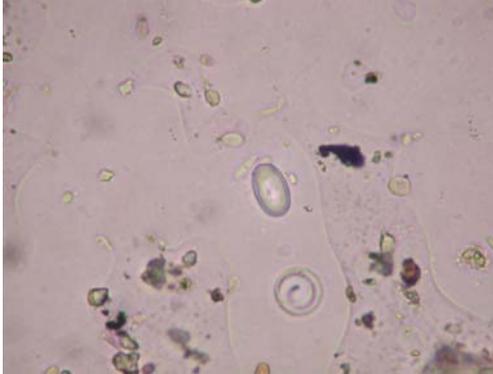


Fig. 59 Helicomicces



Fig. 60 Leptosphaeria

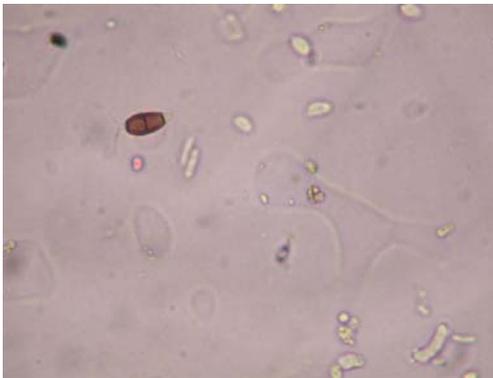


Fig. 61 Pestalopsis

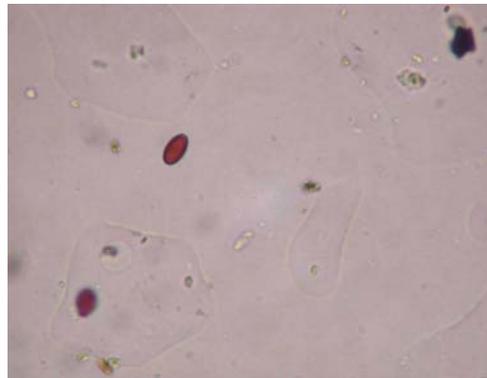


Fig. 62 Coprinus



Fig. 63 Scopulariopsis



Fig. 64 Uredinales



Fig. 65 Ascomicete (probabile Vasacea)

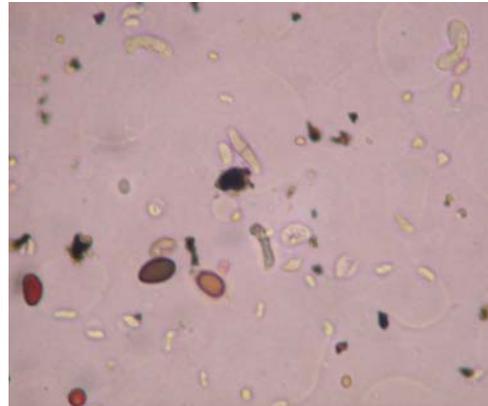


Fig.66 Ganoderma



Fig. 67 Triposporium elegans

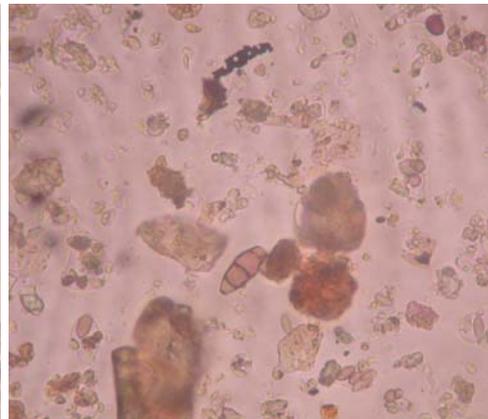


Fig. 68 Curvularia

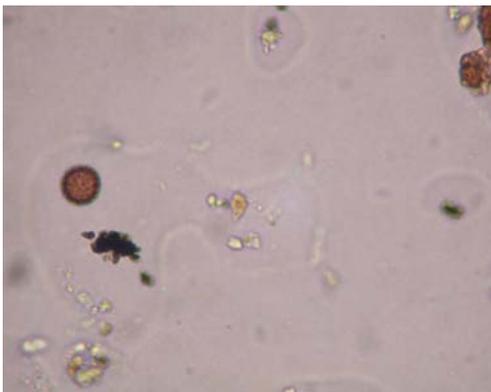


Fig. 69 Periconia

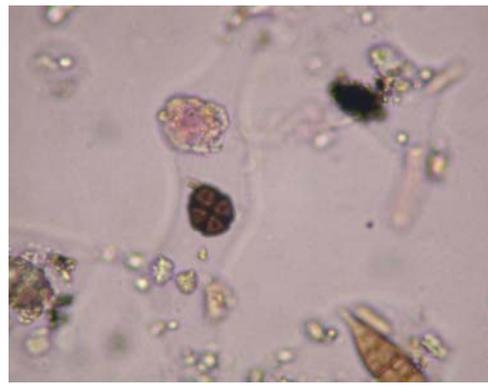


Fig. 70 Spegazzina

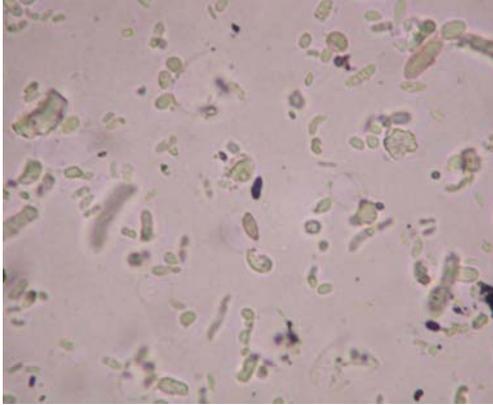


Fig. 71 Spore umide

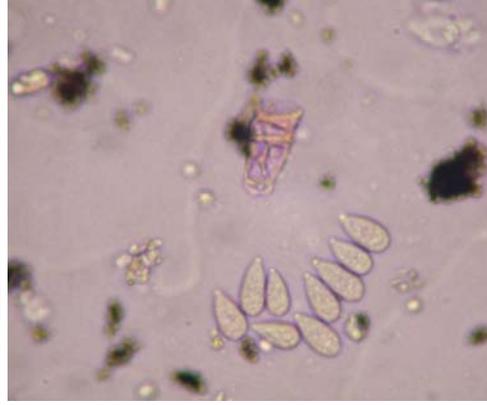


Fig. 72 Hyphomycetes

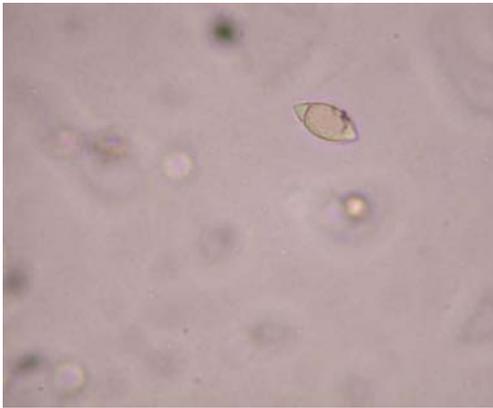


Fig. 73 Ascomicetes



Fig. 74 Aglaospora profusa

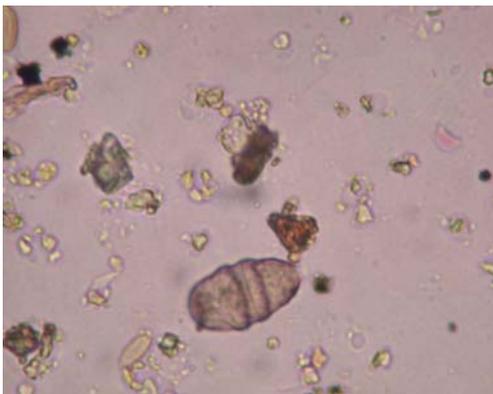


Fig.75 Deightoniella arundinacea

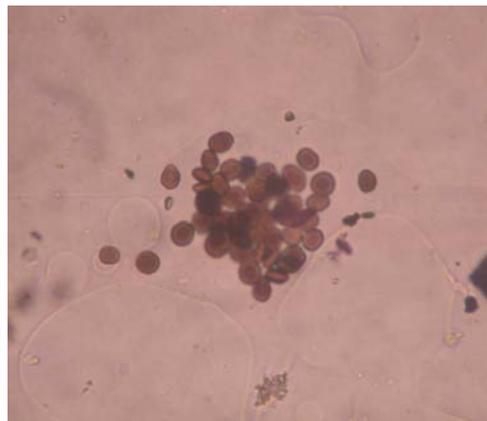


Fig. 76 Arthrinium

5 SCHEDE BOTANICHE DEI PRINCIPALI POLLINI PRESENTI IN ATMOSFERA

Famiglia: Corylaceae

Periodo di fioritura: gennaio-maggio.

Specie: *Corylus avellana* (nociolo).

Distribuzione altimetrica: dalla fascia collinare fino alla montana inferiore.

Notizie generali: arbusto con chioma a largo cespuglio e tronco corto, può raggiungere anche i 12 m, ma più frequentemente rimane intorno ai 6 m di altezza. Si coltiva soprattutto per il frutto, la nocciola, che è una noce a seme commestibile.

Specie: *Carpinus betulus* (carpino bianco).

Distribuzione altimetrica: dalla pianura alle prime fasce montane.

Notizie generali: albero a chioma arrotondata e tronco scanalato può raggiungere i 25 m di altezza. Viene usato soprattutto per il rimboschimento di terreni degradati e calcarei.

Specie: *Ostrya carpinifolia* (carpino nero).

Distribuzione altimetrica: dalla collina alla zona di bassa montagna.

Notizie generali: albero a chioma arrotondata, può raggiungere i 25 m di altezza. Molto resistente alla siccità e con notevole capacità di adattamento ai vari terreni, anche calcarei; viene anch'esso impiegato per il rafforzamento di terreni franosi.



Fig. 5.1 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Carpinus betulus*

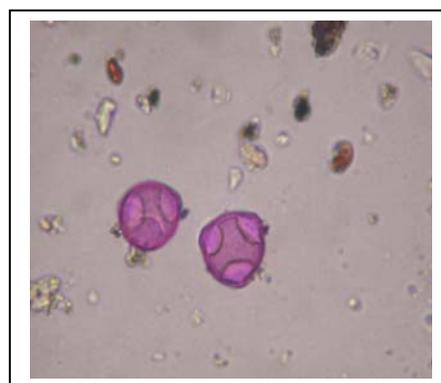


Fig. 5.2 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Corylus avellana*

Famiglia: Cupressaceae-taxaceae

Periodo di fioritura: gennaio-maggio

Specie: *Cupressus sempervirens* (cipresso comune).

Distribuzione altimetrica: dal livello del mare fino a 800 m.

Notizie generali: albero a chioma conico-piramidale può raggiungere i 25 metri di altezza. Originario dell'Asia minore fu introdotto in Italia al tempo dei Romani. Oggi ha un uso essenzialmente ornamentale ed è facile scorgerlo ai lati delle strade, dentro i cimiteri o nei giardini di campagna.

Specie: *Taxus baccata* (tasso).

Distribuzione altimetrica: da 900 a 1800 m.

Notizie generali: albero a chioma diffusa può raggiungere i 15 m. E' originario dell'Europa settentrionale, ma si ritrova anche in Africa, Asia ed America. E' coltivato a scopo ornamentale. Tutte le parti della pianta, eccetto il falso frutto, sono velenose.

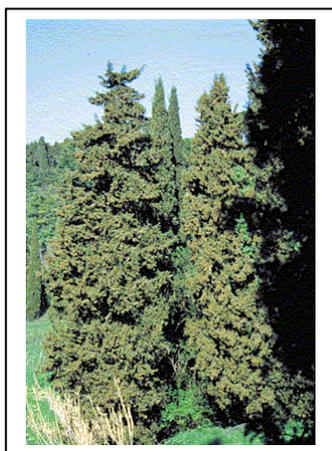


Fig. 5.3 Alberi di cipresso *

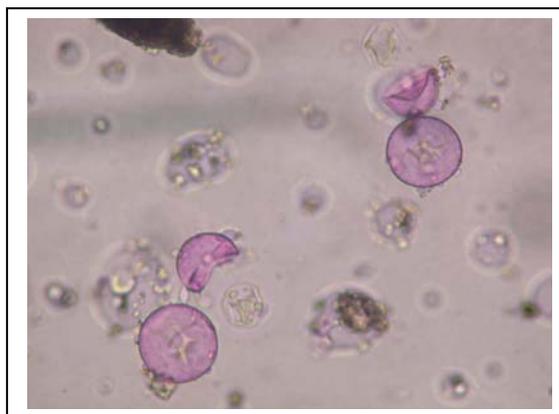


Fig. 5.4 Osservazione al microscopio ottico di pollini di cipresso integri e rotti

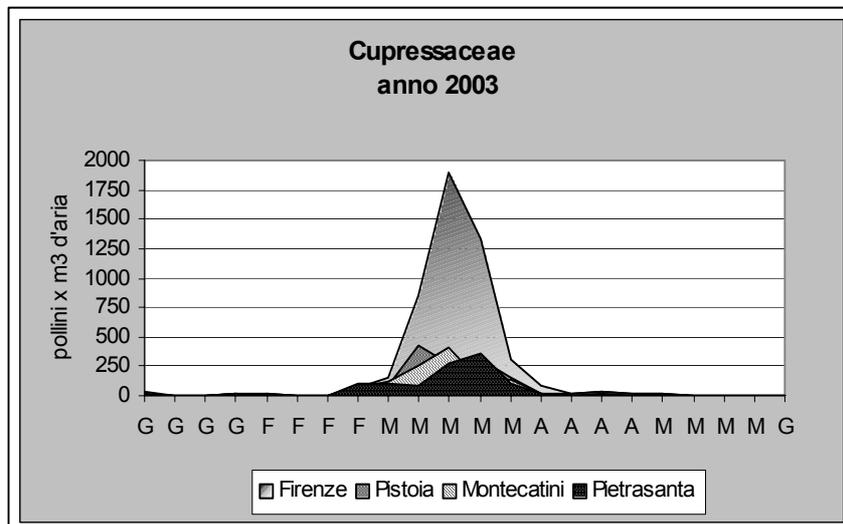


Grafico 5.3

Famiglia: Betulaceae

Periodo di fioritura: gennaio-maggio.

Specie: *Betula pendula* (betula).

Distribuzione altimetrica: alta collina – montagna.

Notizie generali: albero a foglie caduche, alto fino a 30 metri, caratterizzato da una corteccia bianca sfogliantesi in strisce trasversali. In Toscana si ritrova soprattutto nei giardini a scopo ornamentale.

Specie: *Alnus glutinosa* (ontano).

Distribuzione altimetrica: pianura, collina e montagna.

Notizie generali: albero a foglie caduche che può raggiungere i 30 metri. Forma boschi lungo i corsi d'acqua e per questo è usato spesso per il rimboscimento di aree inondate o a rischio di frane.



Fig. 5.5 Osservazione al microscopio ottico di pollini di *Betula*



Fig. 5.6 Osservazione al microscopio ottico di pollini di *Alnus*

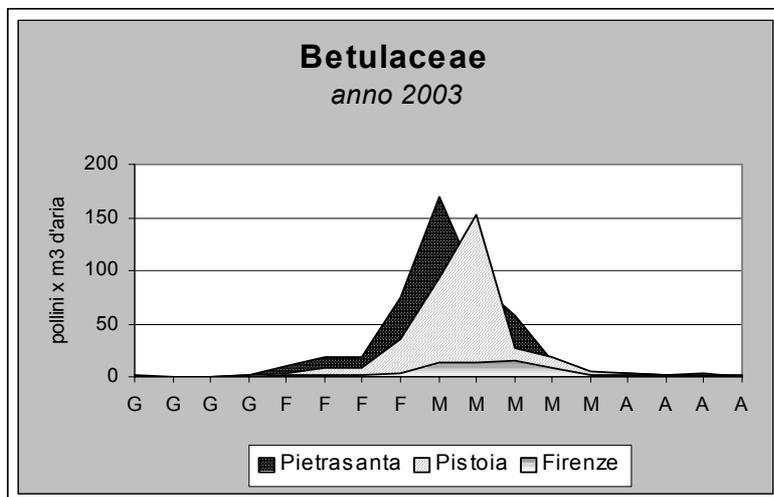


Grafico 5.4

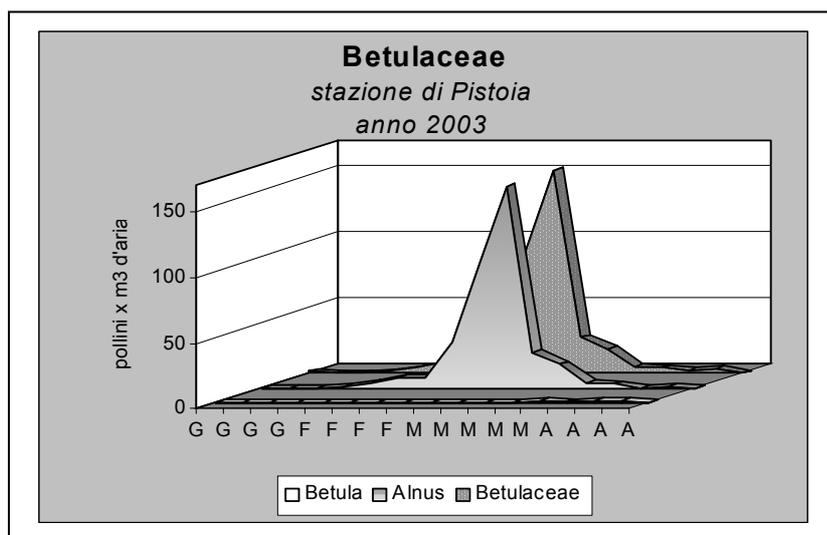


Grafico 5.5

Famiglia: Oleaceae

Periodo di fioritura: febbraio-luglio.

Famiglia di alberi e arbusti comprendente sia generi ornamentali (lillà, gelsomino e ligustro) sia piante economicamente importanti come l'olivo e il frassino (*Fraxinus excelsior* e *F. ornus*).

Specie: *Olea europaea* (olivo).

Distribuzione altimetrica: collina.

Notizie generali: albero sempreverde a chioma allargata, dal caratteristico tronco nodoso e tortuoso; le foglie sono coriacee con la pagina superiore lucida e quella inferiore più chiara e opaca. Il frutto è l'oliva.

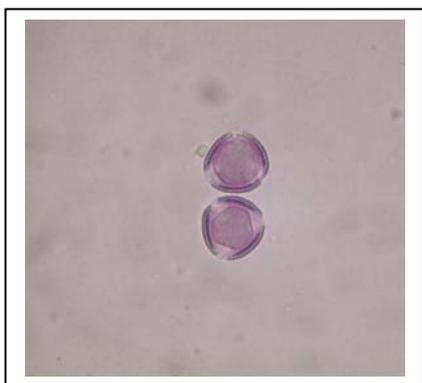


Fig. 5.7 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Olea europaea*

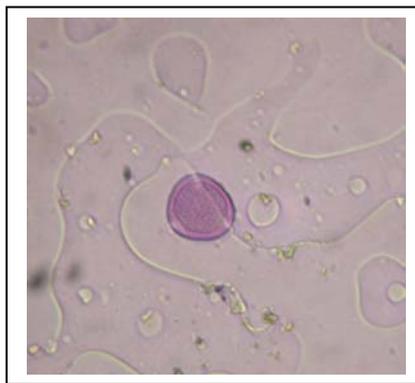


Fig. 5.8 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Fraxinus spp.*

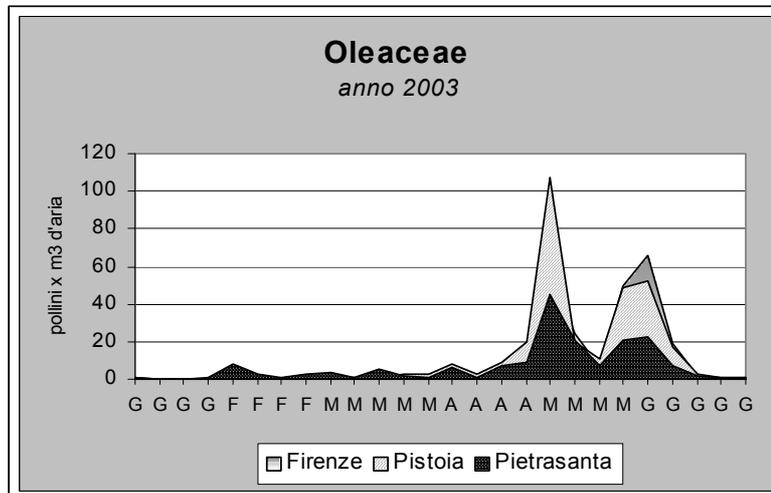


Grafico 5.6

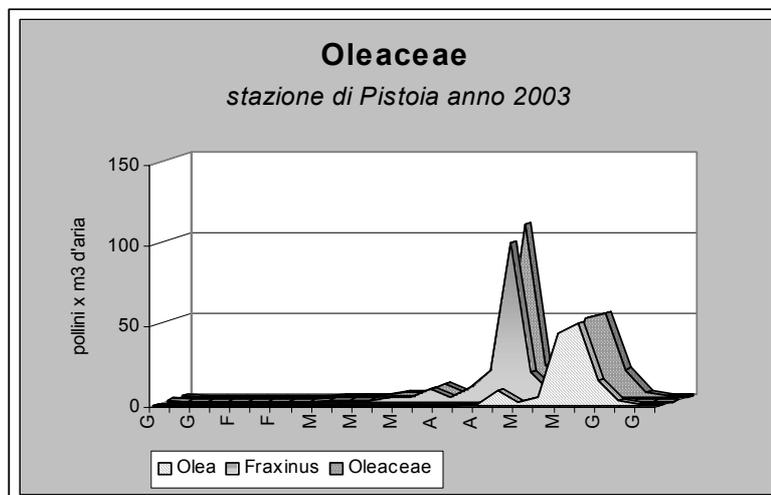


Grafico 5.7

Famiglia: Pinaceae

Periodo di fioritura: marzo - novembre

Ne esistono circa 200 specie diverse.

Gli alberi di questa famiglia (abeti, cedri, larici, pini ecc.) hanno foglie aghiformi e coni legnosi formati da squame sovrapposte. Sono presenti nei parchi e nei giardini pubblici e privati con funzione ornamentale.

Specie: *Pinus pinea* (pino domestico).

Distribuzione altimetrica: dai litorali marini fino ai 600 metri (fascia climatica del leccio).

Notizie generali: albero con chioma a ombrello e tronco dalla corteccia rosso-bruna, screpolata e divisa in squame; può raggiungere i 30 m di altezza. I semi (pinoli) ricchi di olio vengono consumati crudi o abbrustoliti; il legno è usato per produrre mobili e per costruzioni.



Fig. 5.9 *Particolare di pino**



Fig. 5.10 *Osservazione al microscopio ottico di polline di Pinus spp.*

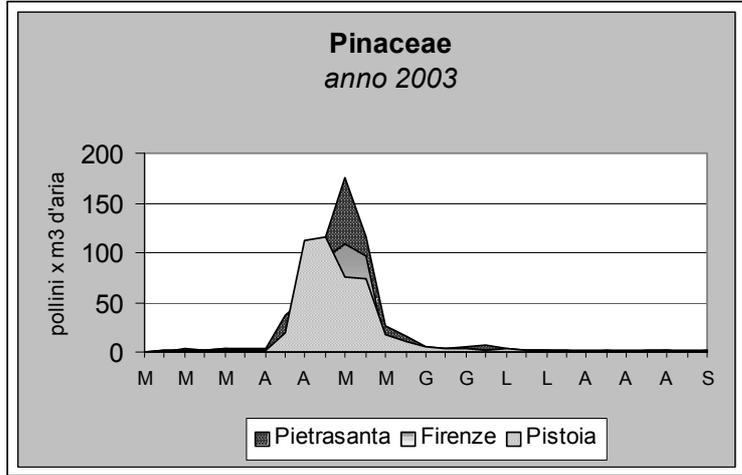


Grafico 5.8

Famiglia: Urticaceae

Periodo di fioritura: marzo-novembre.

Specie: *Parietaria judaica* (erba vetriola).

Distribuzione altimetrica: pianura.

Notizie generali: pianta erbacea perenne diffusa in tutta Europa; cresce sui muri, sui ruderi, e in generale in luoghi prevalentemente aridi e rocciosi. Il fusto è peloso e le foglie hanno margine liscio; i fiori sono piccoli e disposti in gruppetti ascellari.

Specie: *Urtica dioica* (ortica).

Distribuzione altimetrica: collina, non superiore a 900 m.

Notizie generali: pianta erbacea perenne; presente ovunque, predilige i terreni freschi ricchi di nitrati. E' caratterizzata dalla presenza di peli pungenti che causano dermatiti. Le foglie hanno margine seghettato e i fiori sono piccoli e raccolti in infiorescenze a pannocchia.



Fig. 5.11 *Parietaria*

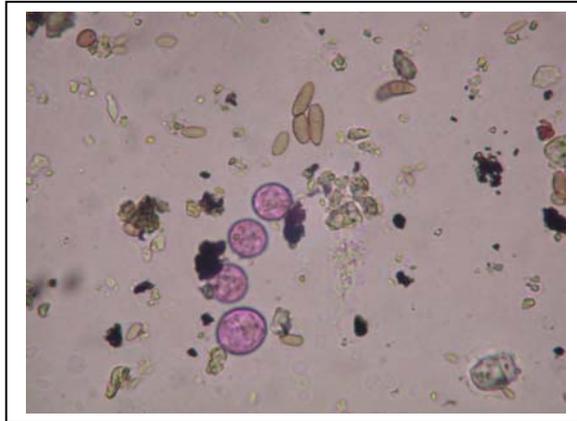


Fig. 5.12 Osservazione al microscopio ottico di polline di Urticaceae

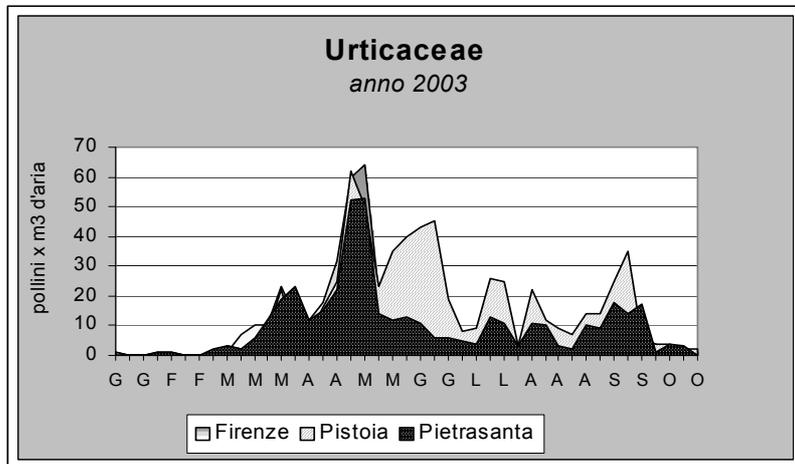


Grafico 5.9

Famiglia: Platanaceae

Periodo di fioritura: aprile-maggio.

Specie: *Platanus hybrida* (platano comune).

Distribuzione altimetrica: dalla pianura alla media collina.

Notizie generali: albero utilizzato a scopo ornamentale nelle piazze e nei viali di città; è resistente all'inquinamento e vive anche in spazi limitati. La sua altezza massima è di 35 metri, la chioma è a cupola con grandi rami, la corteccia è liscia e si desquama a placche. Le foglie sono pentalobate, di colore verde brillante superiormente e più chiare nella pagina inferiore.



Fig. 5.13 *Particolare delle foglie di platano**

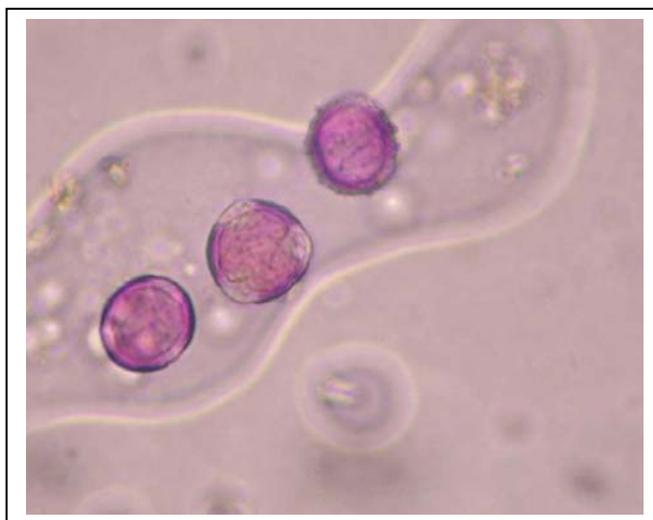


Fig. 5.14 Osservazione al microscopio ottico di pollini di *Platanus* spp.

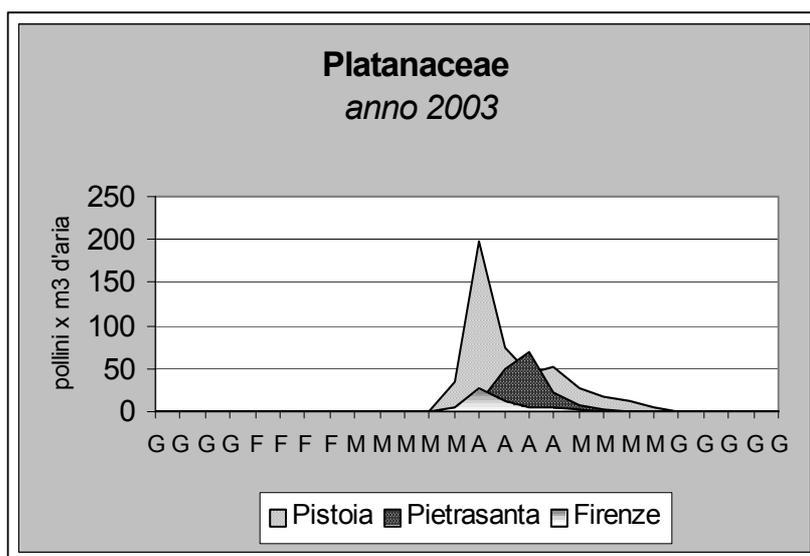


Grafico 5.10

Famiglia: Fagaceae

Periodo di fioritura: aprile-agosto.

Questa grande famiglia comprende numerose specie tra alberi e arbusti decidui o sempreverdi; i generi più importanti sono querce, faggi e castagni.

Specie: *Quercus* spp. (quercia);

Distribuzione altimetrica: dal litorale alla fascia submontana.

Notizie generali: rappresentata da numerose specie legnose di importanza forestale che concorrono a formare boschi, macchie e foreste. Vi appartengono specie caducifoglie (Farnia) e sempreverdi (Leccio). I frutti caratteristici di queste piante sono le ghiande.

Specie: *Castanea sativa* (castagno).

Distribuzione altimetrica: dalle colline alla fascia montana inferiore.

Notizie generali: albero a chioma arrotondata ed espansa con foglie lunghe, lanceolate e profondamente dentate. I frutti (castagne) sono racchiusi in un involucri spinoso (riccio). Diffuso in tutte le regioni temperate ha costituito per lungo tempo la base dell'alimentazione della popolazione appenninica.



Fig. 5.15 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Quercus* spp.



Fig. 5.16 Osservazione al microscopio ottico di pollini di *Castanea sativa*

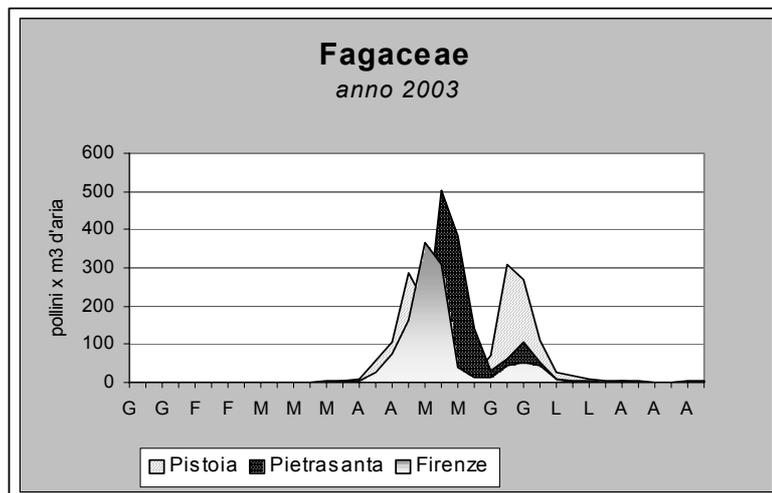


Grafico 5.11

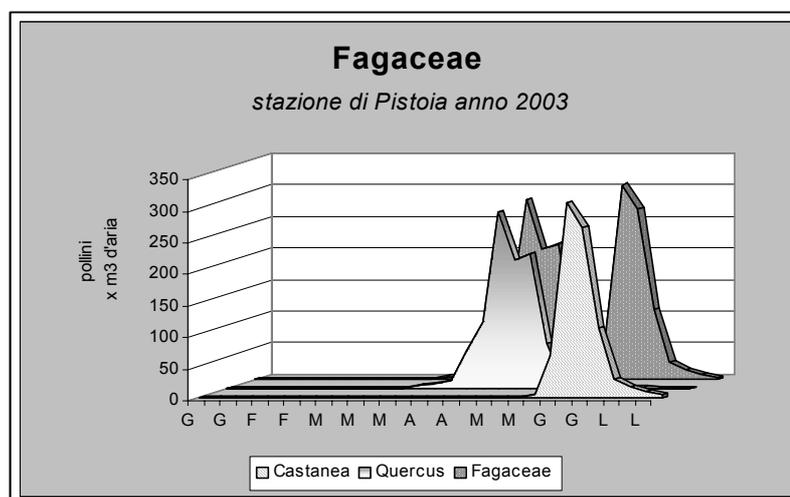


Grafico 5.12

Famiglia: Graminaceae

Periodo di fioritura: aprile-settembre.
Ne esistono circa 8000 specie diverse.

Distribuzione altimetrica: dal litorale alla fascia alpina.

Notizie generali: famiglia di piante per lo più erbacee diffuse in tutto il globo e in ogni condizione climatica. I fusti sono cilindrici, nodosi, a foglie alterne; i fiori sono disposti in infiorescenze parziali (spiglette) riunite a loro volta in infiorescenze composte di vario aspetto (spighe, pannocchie). Appartengono alle Graminaceae la gran parte dei cereali (riso, grano, orzo, avena ecc.), molte piante foraggere e alcune piante utili quali saggina e bambù.



Fig. 5.17 *Graminacea**



Fig. 5.18 Osservazione al microscopio ottico di polline di Graminaceae

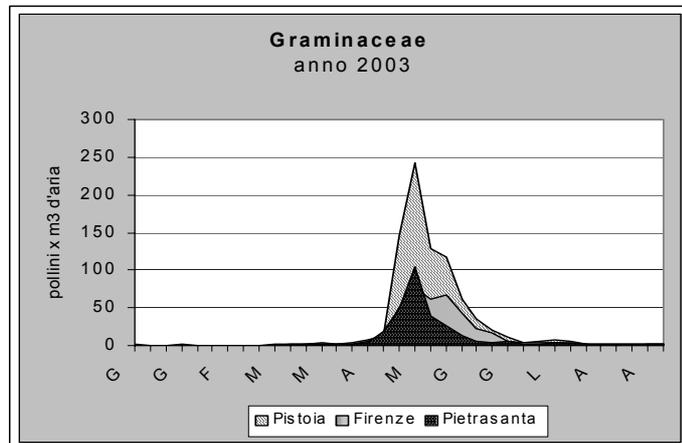


Grafico 5.13

Famiglia: Compositae

Periodo di fioritura: maggio-novembre.

Famiglia ampiamente diffusa in natura; alcune specie sono coltivate, come il girasole, mentre altre crescono spontanee nei prati, ai margini delle strade e sui muri.

Specie: *Artemisia vulgaris* (artemisia).

Distribuzione altimetrica: pianura.

Notizie generali: è un'erba perenne aromatica che può raggiungere i 120 cm di altezza. Cresce in zone ruderali con suoli ricchi di azoto.

Specie: *Ambrosia artemisiifolia* (ambrosia).

Distribuzione altimetrica: pianura.

Notizie generali: è un'erba perenne che può raggiungere i 150 cm di altezza. E' originaria del Nord America e solo recentemente si è diffusa in Italia. Grazie alle sue capacità di resistenza agli agenti inquinanti è una specie altamente infestante.

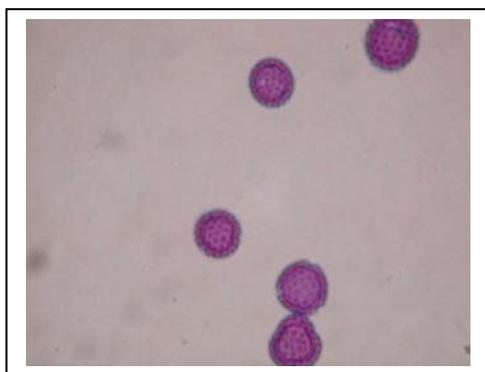


Fig. 5.19 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Ambrosia artemisiifolia*



Fig. 5.20 Osservazione al microscopio ottico di polline di *Artemisia vulgaris*

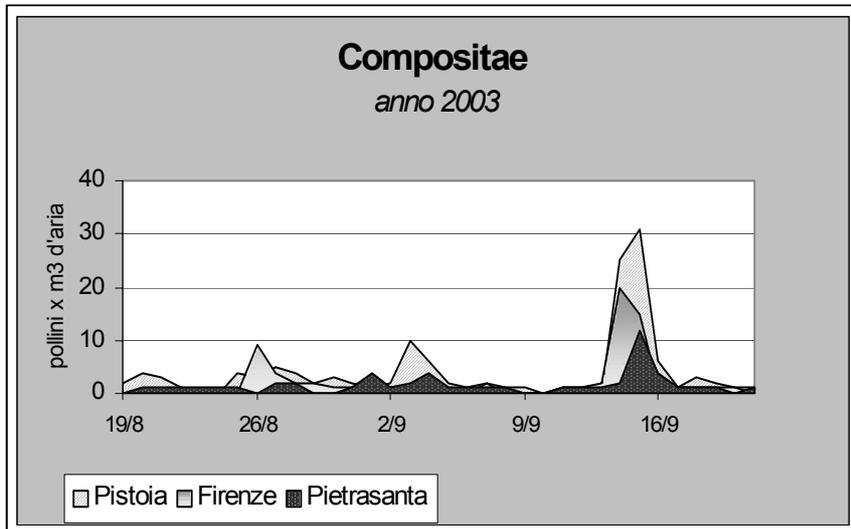


Grafico 5.14

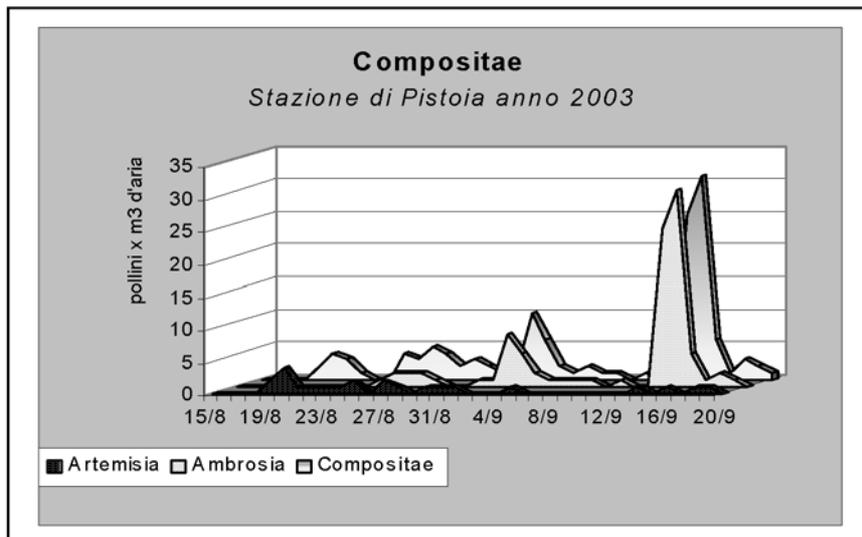


Grafico 5.15

6 SPORE FUNGINE. GENERALITÀ E DESCRIZIONE DELLE PRINCIPALI SPORE DI INTERESSE ALLERGOLOGICO E FITOPATOLOGICO

I miceti o funghi sono organismi eucarioti provvisti di una parete cellulare rigida, aderente alla membrana citoplasmatica.

Tutti i funghi sono eterotrofi e necessitano perciò, per vivere, di substrati organici dai quali ottengono carboidrati ed energia. Per raggiungere lo scopo agiscono attraverso tre modi di interagire differenti: si comportano come saprofiti a contatto di sostanze organiche morte, come parassiti su vegetali o animali viventi, tra cui anche l'uomo, o come simbiotici, potendosi trovare in simbiosi con vari tipi di alghe per formare licheni.

I funghi sono essenzialmente organismi terrestri, alcuni sono unicellulari, come i lieviti, altri, e sono la maggioranza, formano un apparato vegetativo di tipo filamentoso, ramificato, multinucleato e sovente multicellulare denominato micelio, i cui filamenti sono dette ife.

Le ife hanno pareti rigide, di natura glucidica e di diametro variabile dai 5 ai 10 μm , sovente incolori, ma anche vivacemente colorate fino al nero intenso.

Alcune ife sono specializzate nel fornire le spore riproduttive, la cui diffusione avviene attraverso la dispersione nell'atmosfera. Le spore hanno dimensioni molto variabili, comprese tra i 3 e i 200 μm ma si aggirano di massima sui 10 μm . Contengono enzimi, glicoproteine e lipidi; alcune posseggono proprietà allergeniche.

Le colonie di miceti vivono sul suolo ricco di materiale organico (foglie, frutti, residui vegetali o animali) o su piante erbacee spontanee o coltivate. Le spore di *Alternaria*, *Cladosporium* e *Helminthosporium* si liberano nell'aria in grandi quantità al momento della mietitura del grano e vengono disperse dal vento anche a notevoli distanze.



Fig. 6.1 Foglie di Lagerstroemia attaccate da spore di Oidium



Fig. 6.2 Conidi di Oidium isolati da foglie di Lagerstroemia

Tipo di spora	Localizzazione del danno
<i>Alternaria</i>	Vegetali, frutta, pomodori, tessili
<i>Aspergillus</i>	Vegetali, fiori, fieno, piscine, muri ammuffiti, terreno, polvere di casa, effetti lettereci, carta, tessuti, cuoio, alimenti, grano
<i>Botrytis</i>	Fiori e piante appassite, serre, frutta (uva, fragole)
<i>Cladosporium</i>	Piante, frutta (banane), tessili, frigoriferi, cosmetici
<i>Epicoccum</i>	Piante, cereali, carta, tessili
<i>Helminthosporium</i>	Graminacee, cereali, grano, tessili
<i>Penicillium</i>	Vegetali, fieno, muri ammuffiti, polvere di casa, carta, tessili, alimenti, cereali
<i>Stemphilium</i>	Foglie, cellulosa, carta, grano, pomodori, orzo

Tab. 6.1 Substrati di sviluppo dei micofiti allergenici stagionali e perenni.

Da A.C. Negrini, "Funghi aerodiffusi ed allergia", *Notiziario allergologico*, vol. 20, 2001

Anche all'interno delle abitazioni sono presenti abbondanti quantità di spore fungine provenienti sia dall'esterno che da colonie cresciute su pareti e pavimenti di ambienti umidi, su mobili, oggetti di gomma, carta, tessuti, piante ornamentali e alimenti, e quali componenti delle polveri ambientali, assieme agli acari dermatofagoidi.

Le spore dei miceti presenti in atmosfera penetrano all'interno degli ambienti confinati e qui, per condizioni favorevoli di clima, umidità e presenza di substrati idonei, proliferano e producono nuove sorgenti di spore indoor che non seguono più una cadenza stagionale, ma sono rilevabili durante tutto l'arco dell'anno.

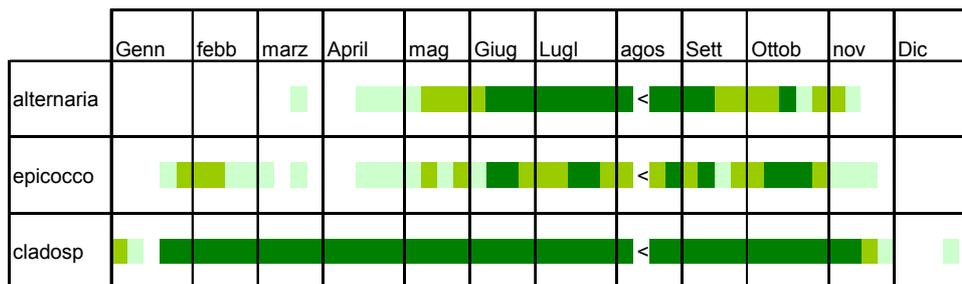


Fig. 6.3 Muro di una cantina colonizzato da spore fungine e alghe

Andamento delle spore fungine

Di interesse allergologico e fitopatologico

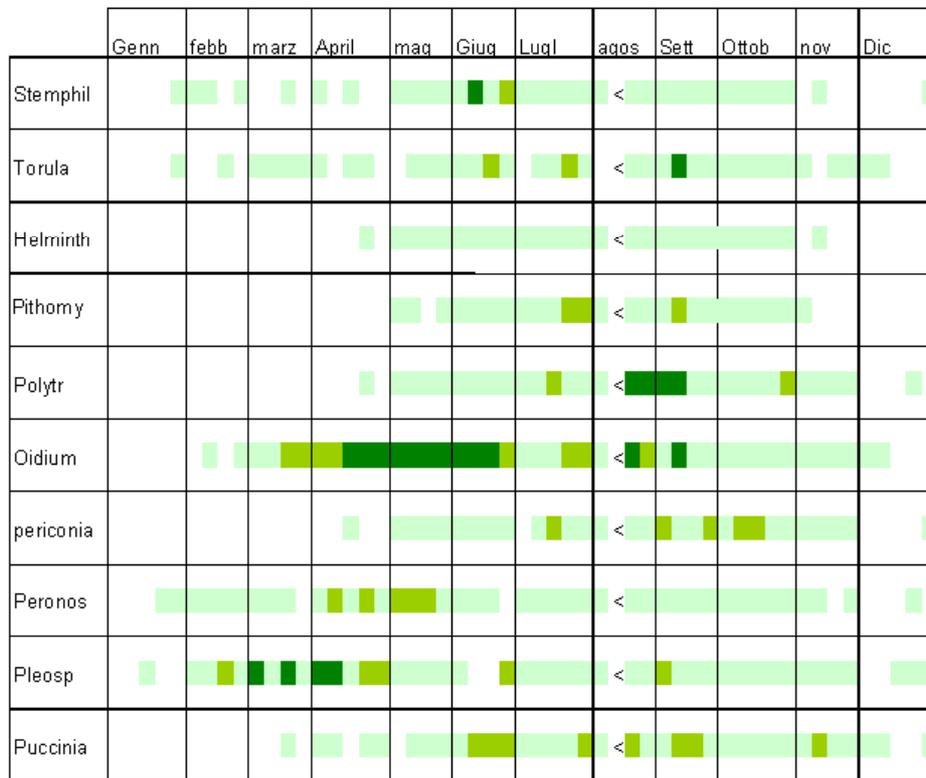
Anno 2002 stazione di Pistoia



- █ da 1 a 15 spore/mc d'aria
- █ da 16 a 30 " "
- █ > di 30 " "
- < non determinato

Andamento delle spore fungine a minore concentrazione

Anno 2002 stazione di Pistoia



■ da 1 a 5 spore/mc d'aria

■ da 6 a 10 " "

■ > di 10 " "

< non determinato

Le condizioni ottimali per la crescita delle spore fungine sono rappresentate da una temperatura di 18 – 32 °C e da una umidità relativa superiore al 65%, anche se alcune specie di *Cladosporium* tollerano temperature ben più basse e alcune specie di *Aspergillus* temperature molto più alte (° 70°C)

I fattori che maggiormente influenzano la liberazione, la dispersione e il deposito delle spore sono la variazione di umidità relativa, la rugiada, la temperatura, la presenza di venti e di precipitazioni.

La vitalità delle spore aerodiffuse dipende sia da fattori intrinseci (*Alternaria* ha pareti spesse e conidi fortemente pigmentati e quindi le spore sono più resistenti all'essiccamento e all'azione dei raggi ultravioletti, mentre *Cladosporium* ha pareti più sottili e una più debole pigmentazione, perciò le spore sono più vulnerabili e quindi hanno una capacità di germinare nei terreni di coltura inferiore) che da condizioni esterne (radiazione solare e umidità relativa).

La presenza in atmosfera delle spore fungine comincia ad essere significativa alla fine di maggio quando con l'aumento della temperatura, dell'insolazione e dell'umidità si hanno le condizioni ideali per la loro crescita e diffusione. La presenza in atmosfera si protrae fino ad ottobre.



Grafico 6.1



Grafico 6.2

Genere: *Alternaria*

Il genere *Alternaria*, di cui si conoscono più di 50 specie, presenta conidi scuri con setti trasversali e spesso anche longitudinali. I conidi hanno forma clavata con dimensioni che variano da 20 a 500 μm di lunghezza e tra 9-13 μm di larghezza. In coltura i conidi si trovano spesso in catene più o meno lunghe.



Fig. 6.4 Osservazione al microscopio ottico di spore di *Alternaria* spp. da campionamento volumetrico



Fig. 6.5 Osservazione al microscopio ottico di spore di *Alternaria* spp. disposte in catena

E' una delle *Dray spores*, o spore secche, la cui concentrazione aumenta col crescere della temperatura.

Rappresenta una componente molto variabile dell'aerospora oscillando, nelle varie zone d'Italia, dall'1 al 15% delle spore individuate, con una massima concentrazione atmosferica nelle zone a clima caldo e asciutto, con picchi di conidi nei mesi estivi e autunnali. In alcune zone degli USA è la terza per aerodiffusione dopo Ambrosia e Graminacee (Negrini, 2001 - Al. Doory Y., 1984).

Molte specie di *Alternaria* sono responsabili di alterazioni a carico di molte piante di interesse agronomico e non (cereali, patate, tabacco, lino e girasole). Alcune specie di *Alternaria* sono responsabili delle cosiddette fumaggini, strutture di aspetto fuliginoso che ricoprono la superficie di frutti e foglie (il caratteristico nerume del pomodoro).

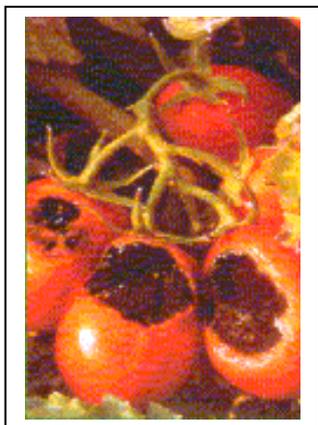


Fig 6.6 *Pomodori attaccati da Alternariosi.*

Da "Malattie crittogamiche delle piante ortive" I. Ponti, F. Laffi, Ed. Informatore agrario. 1990

Le spore di *Alternaria* sono al primo posto tra i miceti responsabili di allergopatie respiratorie; esse sono responsabili dell'insorgenza di rinopatie e talvolta anche di asma, soprattutto nell'infanzia, mentre la sensibilizzazione agli allergeni di questo micete si riduce nell'età adulta (D'Amato, 1993). Gli allergeni di *Alternaria* sono gli unici aeroallergeni indicati dal comitato di esperti della Organizzazione Mondiale della Sanità come possibile causa di morte per asma bronchiale.

Il valore soglia per evocare una sintomatologia respiratoria nei soggetti sensibilizzati è di circa 100 spore per m³ d'aria (D'Amato, 1993).

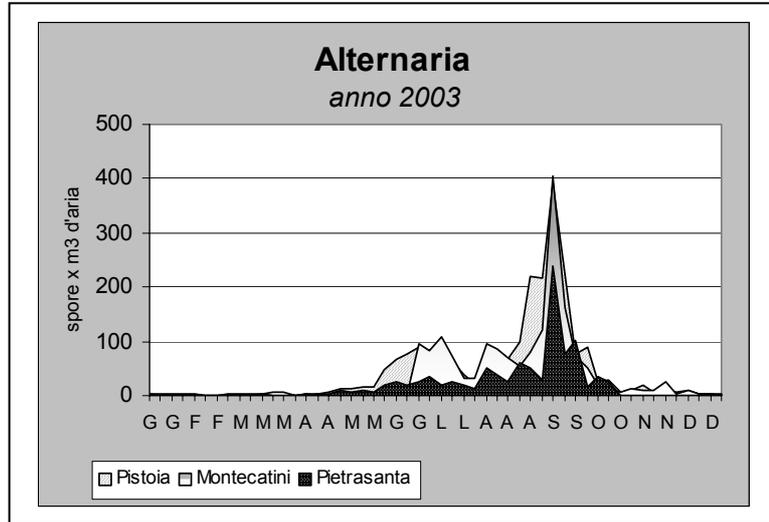


Grafico 6.3

Genere: *Epicoccum*

Il genere *Epicoccum* presenta conidi di forma globosa o ellissoidale, possono essere sia unicellulari che pluricellulari e sono sempre molto scuri ed echinulati o reticolati, di dimensioni intorno ai 15 μm .

Questo genere comprende specie assai diffuse che si sviluppano perlopiù su rami morti o su foglie putrescenti. *Epicoccum* è infatti considerato un invasore secondario di tessuti già danneggiati, è inoltre in grado di svilupparsi sulla carta, sulla pasta di cellulosa, sulle fibre tessili come il cotone, purchè sia presente un alto tasso di umidità.

Epicoccum è citato tra le spore fungine isolate con maggiore frequenza nell'aria delle biblioteche. Negli ultimi anni la specie *Epicoccum nigrum* ha assunto un ruolo significativo come allergene. Nel 1996 è stato pubblicato un lavoro nel quale si riportava il caso di due bambini americani, di tre e cinque anni di età, che presentavano frequenti episodi d'asma, tosse e febbre, dopo aver fatto la doccia in un seminterrato non ventilato. In questo ambiente furono isolate alcune specie fungine, tra le quali *Epicoccum* ed entrambi i bambini mostrarono avere anticorpi precipitanti per *Epicoccum nigrum* (Tedeschini, 1999).



Fig 6.7 Colonia di *Epicoccum* spp. cresciuta su Terreno Sabouraud



Fig. 6.8 Osservazione al microscopio ottico di spore di *Epicoccum* spp. da campionamento volumetrico



Fig.6.9 Spore di *Epicoccum* spp. isolate da terreno colturale Sabouraud

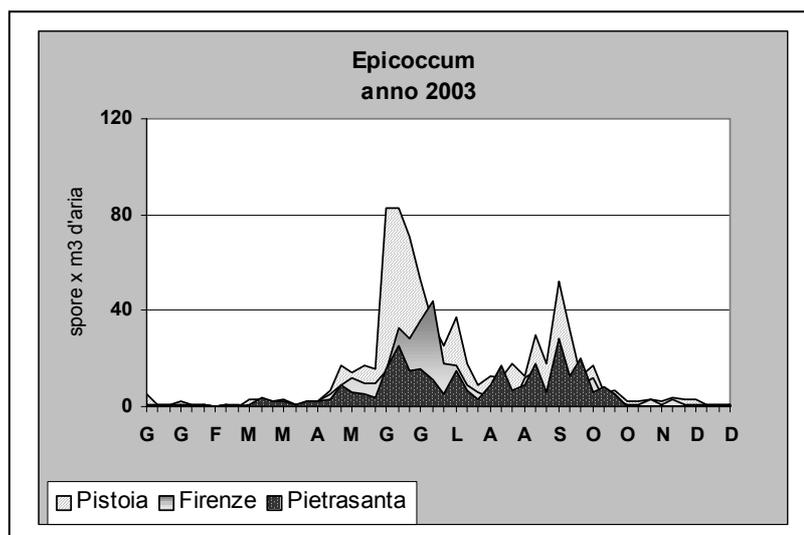


Grafico 6.4

Genere: *Cladosporium*

Genere cosmopolita estremamente diffuso di cui si conoscono moltissime specie, tra cui la più rappresentata è *Cladosporium herbarum*, particolarmente presente nell'atmosfera di regioni a clima temperato.

Presenta conidi solitari o riuniti in catene di forma lenticolare e di dimensioni piccole tra i 10 - 40 μm x 5-8 μm . La temperatura ottimale di crescita varia tra i 18 e i 28°C, ma alcune specie si sviluppano anche a temperature sotto lo zero (interno dei frigoriferi).

Colonizza piante decomposte con enzimi che attaccano cellulosa, pectina e lignina; è parassita di banane, spinaci e pomodori.

In numerosi lavori è indicato come la più numerosa componente dell'aerospora; sono riportate medie stagionali in estate - autunno di 5.000 spore per m^3 , ma con picchi anche di 50-200.000 conidi per m^3 (A.C. Negrini 2001).

Il valore soglia capace di evocare una sintomatologia è di circa 3000 spore per m^3 (Gregory 1973).

Malgrado l'elevato numero di spore aerodisperse, la sensibilizzazione a *Cladosporium* è scarsa e limitata prevalentemente agli abitanti del Nord Europa.



Fig. 6.10 *Colonia di Cladosporium spp. cresciuta su terreno Sabouraud*



Fig. 6.11 Osservazione al microscopio ottico di spore di *Cladosporium* spp. da campionamento volumetrico

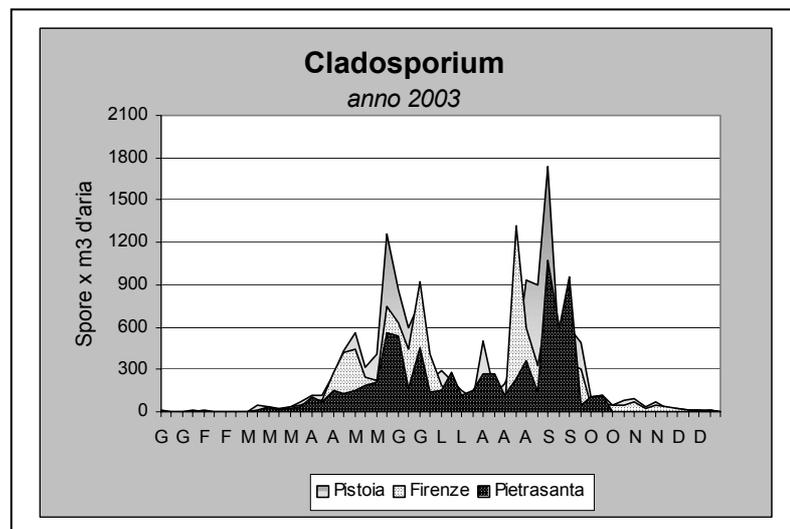


Grafico 6.5

Genere: *Aspergillus*

Sono state descritte circa 160 specie appartenenti a questo genere di fungo ubiquitario, che si sviluppa a temperature tra i 20-26°C, di cui alcune specie possono tollerare anche temperature superiori ai 50°C (*Aspergillus flavus* e *Aspergillus fumigatus*).

I conidi sono rotondeggianti, talvolta ovoidali, con diametro di circa 3-4 µm e disposti in modo regolare in catenelle all'apice del conidioforo, di aspetto ialino o variamente colorati; se isolati sono difficilmente distinguibili da quelli del genere *Penicillium*.

Gli aspergilli sono utilizzati per procedimenti industriali, alimentari e farmaceutici per la loro capacità di liberare enzimi quali amilasi, lipasi, proteasi.

Proliferano sul suolo, sui vegetali e all'interno delle abitazioni, ove possono essere isolati nella polvere domestica. Alcune specie sono patogene per l'uomo e per gli animali, altre per le piante, ed altre ancora per beni culturali composti di materiali organici (carta, fibre tessili di origine vegetale e animale, pergamena, cuoio e materiali sintetici). E' stata osservata una maggiore presenza di *Aspergillus fumigatus* in abitazioni ove vivono animali.



Fig. 6.12 *Colonia di Aspergillus niger su terreno Sabouraud*



Fig.6.13 *Osservazione al microscopio ottico di Aspergillus spp. isolato da terreno di coltura Sabouraud*

Genere: *Penicillium*

Il nome del genere deriva dalla forma dei conidiofori che rammenta una struttura a pennello.

I conidi di piccole dimensioni, dai 3-5 μm , sono difficilmente distinguibili al microscopio ottico da quelli appartenenti al genere *Aspergillus*.

Si sviluppano con estrema facilità sugli agrumi, sui meli e sul pane raffermo (muffe verdi). Essendo spore di natura secca sono estremamente volatili e vengono facilmente disseminate ad opera delle correnti d'aria contaminando così interi frutteti. Tale genere è notoriamente presente nelle abitazioni, in particolare è rilevabile nella polvere domestica e, come *Aspergillus*, negli ambienti confinati ha una evoluzione perenne durante tutto l'anno.

Molte specie sono utilizzate per la produzione di antibiotici e formaggi (gorgonzola, roquefort e camembert).



Fig. 6.14 Colonie di *Penicillium* spp. su terreno Sabouraud



Fig. 6.15 Osservazione al microscopio ottico di *Penicillium* spp. isolato da terreno di coltura

Genere: *Oidium*

Il genere comprende molte specie, tutte parassite e spesso di notevole interesse fitopatologico.

I conidi maturi si presentano ovaliformi o ellittici (schiacciati ai poli), unicellulari e ialini. La lunghezza delle catene conidiche varia in funzione delle caratteristiche specifiche e dell'ambiente. Le dimensioni sono in media di 50 x 15 µm.

È un patogeno obbligato che si sviluppa sulle parti aeree della pianta formando un feltro micelico bianco grigiastro (mal bianco). Il fungo trova condizioni ottimali con elevata umidità relativa (oltre l'85%) e temperature di 15-20°C, mentre il suo sviluppo è lento o arrestato oltre i 25°C.

Gli attacchi oidici si verificano su alberi, frumento, frutti e boccioli fiorali. Il patogeno sopravvive durante l'estate e l'inverno su foglie verdi cadute a terra; in primavera avverranno le contaminazioni ad opera delle ascospore liberate dal micelio che si diffondono nell'ambiente per mezzo del vento, mentre le piogge ostacolano la diffusione del micete.

Le condizioni meteorologiche e il territorio condizionano la presenza di spore di *Oidium* aerodisperse (Casulli, 2003), come si deduce dal grafico che riporta il confronto di due siti di campionamento diversi.



Fig. 6.16 *Osservazione al microscopio ottico di spore di Oidium spp. da campionamento volumetrico*

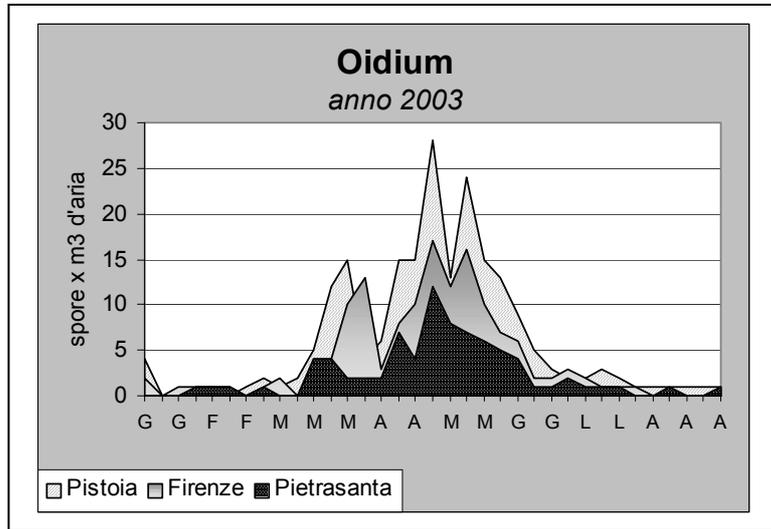


Grafico 6.6

7 PATOLOGIE ALLERGICHE DA POLLINI E SPORE FUNGINE

Pollinosi

Le allergopatie respiratorie, e l'asma bronchiale in particolare, costituiscono un importante problema sanitario in tutto il mondo per l'elevata prevalenza e per gli alti costi sociali.

Epidemiologia

Diversi studi epidemiologici dimostrano che la prevalenza delle malattie allergiche respiratorie è notevolmente aumentata in tutto il mondo negli anni recenti.

Tra questi riportiamo:

- lo studio ECRHS (European Community Respiratory Health Survey) ha evidenziato che IgE specifiche per allergeni di pollini di graminacee si trovano nell'8% - 35% dei giovani adulti nei paesi della Comunità Europea (Burney, 1997);
- lo studio ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) sulla prevalenza delle malattie allergiche nei bambini in diversi stati del mondo ha evidenziato una prevalenza di malattie allergiche:

ha evidenziato una prevalenza di malattie allergiche:

- >20% negli USA e in Australia, Nuova Zelanda, Gran Bretagna e Scandinavia
- tra il 10 e il 20% in Italia, Francia Spagna, America del Sud e Giappone
- < 10% nell'Europa Centro Orientale e Balcanica, Africa, India e Cina (ISAAC, 1998).

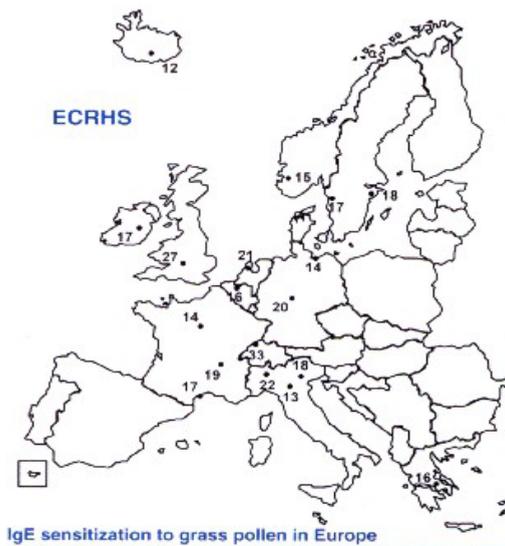


Fig. 7.1 Prevalenza (%) della sensibilizzazione IgE specifica per pollinosi da graminacee in paesi della Comunità Europea.

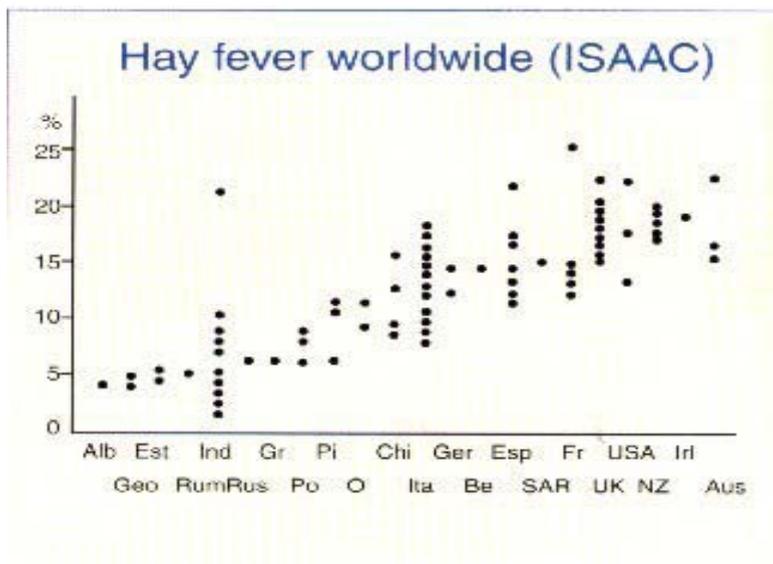


Fig 7.2 Prevalenza della rinite allergica in 22 paesi

I dati dimostrano inequivocabilmente che le allergie e l'asma sono più frequenti nei paesi industrializzati rispetto a quelli in via di sviluppo, e che i soggetti che vivono in ambienti urbani tendono ad essere più allergici rispetto a coloro che vivono nelle zone rurali.

“Ipotesi igienica”

Per giustificare questa “epidemia del terzo millennio” nei paesi occidentali sono state formulate diverse ipotesi; attualmente le più accreditate identificano come responsabili principali il declino delle infezioni in particolare quelle a trasmissione oro-fecali e l'inquinamento atmosferico

Secondo l'ipotesi igienica nelle popolazioni con stile di vita occidentale il ridotto contatto con agenti infettivi nei primi anni di vita sarebbe alla base dell'incremento delle allergie (Matricardi, 1997), le infezioni determinerebbero uno spostamento dei linfociti T con fenotipo Th2, tipico delle patologie allergiche, al fenotipo Th1. Anche il miglioramento delle condizioni socio economiche, con maggior presenza nelle abitazioni di animali domestici e oggetti di arredamento quali tappeti, moquette e tappezzeria, potrebbe aver in parte contribuito all'incremento di allergopatie. Ulteriori dati evidenziano che soggetti che emigrano da paesi in via di sviluppo in nazioni industrializzate vanno incontro ad un netto aumento delle sensibilizzazioni per allergeni inalanti. La predisposizione genetica è quindi un fattore necessario, ma non sufficiente, per la comparsa di allergie e l'esposizione a determinate condizioni

ambientali rappresenta l'elemento chiave che innesca la patologia. Tra i fattori ambientali un ruolo sicuramente importante è giocato dall'inquinamento.

Inquinamento atmosferico e allergie respiratorie

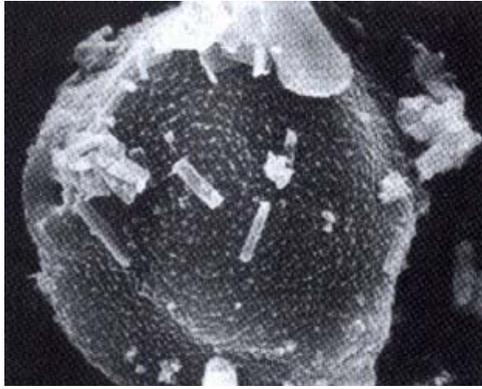


Fig. 7.3 Depositi di particolato sulla superficie di polline di *Betula*

Il polline costituisce un buon modello per lo studio dell'interazioni tra inquinamento atmosferico e malattie respiratorie (D'Amato, 2003).

Gli inquinanti atmosferici quali SO_2 , NO_2 , O_3 e DEP (particolato esausto diesel) a livello delle vie aeree possono ridurre la clearance mucociliare, aumentare lo stress ossidativo e stimolare la produzione di citochine proinfiammatorie. Inoltre gli inquinanti, soprattutto il DEP, aderendo alla superficie dei granuli pollinici e delle componenti paucimicroniche aerotrasportate potrebbero potenziarne le proprietà allergeniche-antigeniche. Infine il DEP ha un effetto immunologico adiuvante sulla sintesi di IgE negli atopici.

In conclusione il danno e la peggiorata attività di depurazione delle vie aeree dovuta agli inquinanti potrebbe facilitare la presentazione e l'accesso degli allergeni inalanti verso le cellule del sistema immunitario, inducendo sensibilizzazione allergica delle vie aeree in soggetti geneticamente predisposti. Ulteriore correlazione tra inquinamento veicolare e asma è documentata nello studio sui bambini di Atlanta nei 17 giorni delle Olimpiadi quando per il blocco del traffico si è avuta una significativa riduzione dei livelli di ozono e degli eventi asmatici.

Sono state segnalate "epidemie di asma" (centinaia di visite e/o ricoveri ospedalieri per asma in poche ore in una determinata popolazione) in seguito ad esposizione improvvisa a inalanti. La maggior parte delle epidemie è stata collegata non a inquinanti ambientali ma a sorgenti industriali di polvere anemofila di soia o, durante temporali, al rilascio di grandi quantità di particelle paucimicroniche allergeniche derivate dalla rottura per shock osmotico di pollini di graminacee.

Patogenesi

La stimolazione da parte di allergeni nei soggetti atopici determina l'aumento, continuo e persistente, della produzione di anticorpi della classe IgE.

In seguito a stimolazioni allergeniche negli atopici, si sviluppa una risposta immunologica mediata da linfociti T helper con profilo funzionale Th2, secernenti particolari citochine interleuchine (IL) come IL-4, IL-5 e IL-13, nei non atopici invece la risposta è mediata da linfociti con profilo funzionale di tipo Th1, capaci di produrre citochine diverse come interferone gamma IFN- γ e IL-2 e non porta alla sintesi di IgE.

Le cellule T helper sviluppano un profilo citochinico di tipo Th1 o Th2 in base a fattori genetici, ma anche ambientali, come la dose dell'antigene sensibilizzante e la presenza di citochine nel microambiente (Romagnani, 2002).

Nel tessuto linfoide la presenza di IL-4 e IL-13 favorisce la differenziazione delle cellule Th2, mentre la presenza di IL-12 e IFN- γ la inibisce.

Nel feto la risposta immunologica è orientata verso il fenotipo Th2 per la produzione di IL-4 da parte di amnios e placenta. Nel successivo sviluppo, se il soggetto non è geneticamente predisposto la risposta immunitaria si sposta verso il fenotipo Th1. Questo tipo di risposta è favorita da infezioni precoci nell'infanzia, e in particolare dal contatto con i lipopolisaccaridi delle membrane di cellule batteriche poiché i macrofagi che fagocitano tali sostanze secernono citochine come IL-12, capace di orientare la risposta immunologica verso il tipo Th1.

Negli atopici i linfociti Th2 cooperano con i linfociti B stimolandone la produzione di IgE che si legano ai recettori presenti sulla superficie cellulare dei mastociti.

La successiva interazione allergene-IgE a livello del mastocita provoca una serie di reazioni che determinano la liberazione di mediatori chimici preformati, come istamina triptasi ecc., responsabili della reazione allergica immediata. L'attivazione del mastocita provoca la sintesi di altri mediatori quali leucotrieni, prostaglandine, PAF e di citochine IL-5 IL-4 IL-6 IL-8 e TNF A (tumor necrosis factor) con conseguente amplificazione della risposta TH2 e richiamo di cellule effettrici secondarie con gli eventi biologici conseguenti. Questi perpetuano la flogosi allergica (fase tardiva), incremento di espressione di molecole di adesione endoteliali, rallentamento del flusso sanguigno, aumentato di permeabilità e fuoriuscita dai vasi di cellule infiammatorie. Nella flogosi allergica le cellule che rivestono un ruolo importante sono gli eosinofili. L'IL5 aumenta l'attivazione e la sopravvivenza degli eosinofili.

Se lo stimolo allergico è singolo e limitato nel tempo la flogosi si esaurisce in 48-72 ore, se invece l'esposizione è prolungata si ha il persistere di una infiammazione cronica.

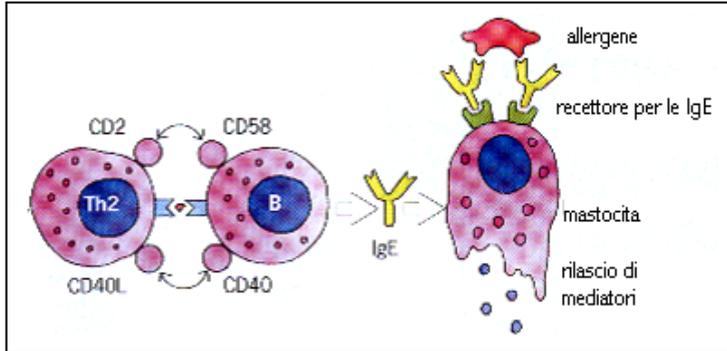


Fig. 7.4 Schema semplificato dei meccanismi della reazione allergica

In pazienti con rinite e asma allergico persistente l'entità dell'esposizione allergenica può variare nel corso dell'anno e vi possono essere periodi di scarsa esposizione. In tali periodi, anche se asintomatici, i pazienti possono presentare una flogosi dimostrabile (flogosi minima persistente).

Nelle vie aeree la flogosi allergica cronica determina un danno tissutale che porta al *rimodellamento* caratterizzato da deposizione di collagene sotto la membrana basale.

Le vie aeree superiori e inferiori negli allergici sono affette da un processo infiammatorio comune e probabilmente evolutivo che può essere sostenuto ed amplificato da meccanismi interconnessi e che ci fa comprendere perchè l'asma e la rinite sono frequentemente associate nello stesso paziente. La rinite costituisce un fattore di rischio per l'asma e molti pazienti con rinite allergica hanno ipereattività bronchiale non specifica.

Clinica

Si definisce "marcia allergica" la storia naturale dell'atopia caratterizzata dal coinvolgimento progressivo di diversi organi bersaglio con il progredire degli anni. La marcia allergica generalmente segue un percorso ben definito che inizia precocemente, anche nei primi mesi di vita a livello cutaneo con la dermatite atopica, e talvolta a livello gastrointestinale, per poi interessare l'apparato respiratorio con manifestazione rinitiche e poi asmatiche. Altro elemento fondamentale è la sensibilizzazione agli allergeni e l'aumento del numero delle sensibilizzazioni che tende ad incrementarsi con l'età.

La pollinosi

La pollinosi è la più classica delle allergopatie. Comprende il complesso delle manifestazioni cliniche (oculari, nasali e bronchiali) che si presentano con periodicità stagionale in soggetti divenuti specificamente sensibili ai pollini di determinate famiglie di erbe o alberi.

Si calcola che in Italia almeno il 7-8% della popolazione presenti manifestazioni cliniche di pollinosi. Essa è più frequente nella seconda e terza decade di vita. A riguardo non sembrano esserci differenze significative tra i due sessi.

In Italia si distinguono, in base al periodo di comparsa dei sintomi, le seguenti forme di pollinosi:

- precoci, preprimaverili, emergenti, da sensibilizzazione a piante arboree (cupressacee, betulacee, corylacee).
- primaverili o primaverili estive, le più frequenti da sensibilizzazioni a graminacee, parietaria e oleacee.
- estivo autunnali, più rare, da sensibilizzazioni a composite, ambrosia.

Recentemente sono state pubblicate linee guida per la gestione dell'asma bronchiale (GINA-Italia, 2003, adattamento italiano delle GINA 2002), e della rinite allergica e del suo impatto sull'asma (ARIA 2001).

Asma bronchiale

L'asma bronchiale è una malattia cronica delle vie aeree caratterizzata da ostruzione bronchiale, più o meno accessionale, solitamente reversibile spontaneamente o in seguito alla terapia, da iperreattività bronchiale e da un accelerato declino della funzionalità respiratoria che può evolvere, in alcuni casi, in una ostruzione irreversibile delle vie respiratorie.

Nella patogenesi di queste alterazioni partecipano numerosi meccanismi, in particolare infiltrazione di cellule infiammatorie, rilascio di mediatori e rimodellamento delle vie aeree.

Clinicamente, si manifesta con dispnea, respiro sibilante, tosse, senso di costrizione toracica, la cui intensità varia in rapporto all'entità dell'ostruzione bronchiale ed al grado della sua percezione da parte del paziente.

La diagnosi funzionale di asma bronchiale prevede l'esecuzione di spirometria con test di reversibilità al broncodilatatore ed eventuale test per evidenziare la broncoreattività aspecifica. La misurazione del picco di flusso espiratorio (PEF) può essere importante per il monitoraggio dell'asma.

La classificazione dell'asma tiene conto della frequenza dei sintomi, della presenza di sintomi notturni e del grado di ostruzione e distingue l'asma in intermittente e persistente di grado lieve, moderato o grave.

Rinite

I sintomi della rinite allergica sono rinorrea, ostruzione, prurito nasale, starnutazione; essi sono reversibili spontaneamente o con appropriato trattamento.

Una nuova classificazione basata sulla qualità di vita, sulla durata e sulla severità dei sintomi utilizza la stessa terminologia impiegata per la classificazione dell'asma. La rinite si distingue non più in stagionale o perenne, ma in intermittente e persistente di grado lieve o moderato severo.

Rinite e asma sono patologie sostenute da un comune processo infiammatorio delle vie aeree (ipotesi dell'“United airway disease”), pertanto è frequente il riscontro di comorbilità rinite-asma (nel 40-80% dei pazienti con asma è presente rinite, mentre il 20-40% dei rinitici soffre di asma).

E' auspicabile che, come raccomandato dal documento ARIA, i pazienti con rinite persistente siano attentamente valutati per l'asma, e che nei pazienti asmatici sia eseguito l'esame delle vie aeree superiori. Quando rinite ed asma coesistono è necessaria una strategia terapeutica combinata che consenta il controllo contemporaneo delle due patologie.

Congiuntivite

I sintomi oculari sono associati quasi sempre a quelli nasali e sono rappresentati da prurito, lacrimazione e fotofobia; la mucosa congiuntivale appare edematosa ed iperemica.

Pollinosi e allergia alimentare

Oltre alla classica sintomatologia oculorinica e/o asmatica i soggetti allergici a pollini possono presentare manifestazioni cliniche di allergia alimentare. La più frequente è la *sindrome orale allergica* caratterizzata da sintomi orali (prurito, bruciore al palato, alla lingua, alle labbra con eventuale gonfiore della mucosa orolabiale, senso di costrizione alla faringe, disturbi della deglutizione) che insorgono entro pochi minuti dall'assunzione di alcuni cibi, soprattutto frutta e verdura fresca. Talvolta si accompagnano a manifestazioni extra-orali e/o sistemiche (gastrointestinali, orticaria/angioedema, edema laringeo, rinite, asma, congiuntivite e, raramente, shock anafilattico).

E' ormai dimostrato che esistono allergeni comuni a pollini e ad alcuni tipi di frutta e di verdura (vedi tabella cross-reattività tra allergeni di pollini e alimenti).

Questa sindrome si osserva in oltre il 10% dei pollinosici. La sintomatologia oculo-respiratoria precede sempre, anche di anni, la comparsa delle cross-reazioni.

E' infine da ricordare che in una discreta percentuale di pollinosici si possono

rilevare IgE specifiche verso alimenti vegetali senza alcuna manifestazione clinica successiva all'ingestione di tali alimenti.

Betulacee Corylacee (betulla, ontano, nocciolo, carpino)

Mela, pera, pesca, albicocca, prugna, ciliegia, nocciola, noce, mandorla, nespola, arachide, lampone, fragola, kiwi, sedano, finocchio, carota, prezzemolo

Graminacee

Frumento, melone, anguria, pomodoro, arachide, pesca, ciliegia, albicocca, prugna, mandorla, kiwi, agrumi

Composite (artemisia, ambrosia)

Lattuga, cicoria, tarassaco, camomilla, olio di girasole, margarina, banana, castagna, sedano, finocchio, carota, prezzemolo, pepe verde, miele

Parietaria

Basilico, ortica, melone, ciliegia, more di gelso, pisello

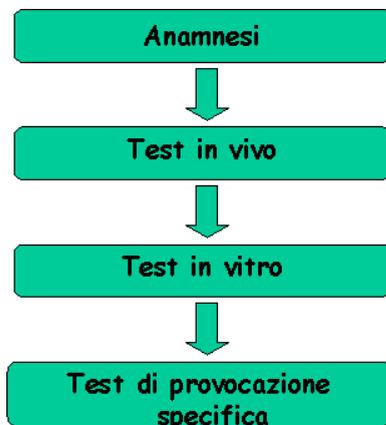
Tab. 7.1 *Principali cross-reattività tra allergeni pollinici e alimenti*

Diagnosi

L'iter diagnostico allergologico è a step successivi.

Anamnesi: deve essere approfondita e accurata (anamnesi familiare per valutare il "rischio" di allergia, valutazione di fattori ambientali con particolare riguardo all'abitazione, al luogo di lavoro, al contatto con animali e all'abitudine al fumo attivo e passivo, ai precedenti anamnestici personali a presenza di comorbidità, con

raccolta accurata dei sintomi, periodo di insorgenza, durata, gravità, evoluzione nel tempo, uso di farmaci).



Test in vivo: effettuato con la tecnica del prick test, utilizzando estratti allergenici standardizzati; rappresenta l'indagine di primo livello (vedi schema a lato).

Test in vitro: il dosaggio delle IgE totali riveste scarso significato clinico nella diagnostica allergologica mentre il dosaggio delle IgE specifiche sieriche è un esame di secondo livello da richiedere in maniera non indiscriminata.

Il *test di provocazione bronchiale specifica* è da riservarsi a scopi di ricerca o per la conferma diagnostica dell'asma professionale o dell'asma indotto da aspirina.

Va infine ricordato che anche ai i test di laboratorio impiegati in allergologia non può essere attribuito valore assoluto. Essi vanno valutati criticamente, confrontati con i dati clinico/anamnestici e, solo se c'è concordanza con la clinica, assumono un chiaro significato etiologico.

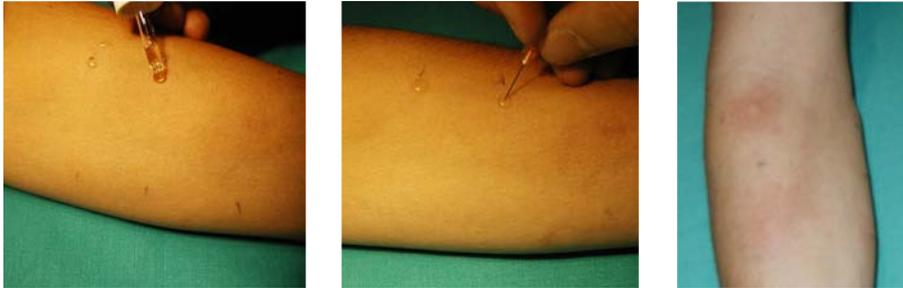


Fig. 7.5 Modalità di esecuzione di prove cutane (skin - Prick test)

Terapia

Il trattamento delle allergie respiratorie prevede un approccio integrato: allontanamento dell'allergene, trattamento farmacologico, immunoterapia specifica, educazione del paziente.

Prevenzione

Le misure di prevenzione ambientale per pollinosici sono di difficile attuazione. Al paziente allergico a pollini si consiglia di:

- Evitare passeggiate nei prati, in zone ove l'erba è stata tagliata di fresco e gite all'aperto, specialmente nei giorni di sole con vento e tempo secco, durante i periodi di massima impollinazione della pianta a cui si è allergici.
- Evitare attività sportiva in campi o in prossimità di aree verdi.
- Evitare di tagliare l'erba ed eseguire lavori di giardinaggio nel periodo di fioritura della pianta allergizzante, usare appropriate mascherine per naso - bocca durante i lavori all'aperto.
- Evitare i viaggi in macchina o in treno con i finestrini aperti. Viaggiare possibilmente in autoveicoli con aria condizionata e filtri di aerazione anti-polline puliti.
- Evitare l'aerazione degli ambienti domestici durante le ore più calde della giornata ed eventualmente usare condizionatori d'aria.

- Scegliere per le vacanze località e periodi ove sia bassa la concentrazione del polline a cui si è allergici (può essere consigliato il soggiorno marino durante il periodo della fioritura delle graminacee, o anche il soggiorno montano sopra i 1000 metri per gli allergici alla parietaria).

Immunoterapia specifica (ITS)

L'ITS consiste nella somministrazione di un estratto allergenico specifico a dosi scalari progressivamente crescenti, al fine di ottenere una riduzione della sensibilità del paziente verso un determinato allergene. L'ITS è in grado di modificare la risposta dell'organismo all'allergene in causa e al momento, costituisce l'unico trattamento specifico allergene orientato delle malattie allergiche IgE mediate. E' anche capace di modificare il decorso naturale delle allergopatie mediante un adeguato controllo dei processi infiammatori, una prevenzione delle complicanze e una riduzione dell'ipereattività d'organo.

Nella maggior parte dei soggetti vi è persistenza dei risultati anche dopo la sospensione del trattamento, se eseguito correttamente e per un congruo periodo di tempo; pertanto l'ITS negli allergopatici produce spesso un miglioramento della qualità della vita.

L'ITS rappresenta un trattamento di fondo a carattere preventivo da cui non si possono attendere risultati immediati o a breve termine, pertanto non si esclude l'impiego anche contemporaneo di una terapia farmacologica; anche in considerazione del fatto che l'ITS va praticata in linea generale nelle fasi di remissione della sintomatologia ottenute spontaneamente o in seguito ad adeguata terapia. Nelle pollinosi l'ITS deve essere iniziata a distanza dal periodo di fioritura delle piante o erbe a cui il soggetto è allergico e quindi in assenza di sintomatologia.

Gli estratti allergenici attualmente disponibili sono più efficaci rispetto al passato perché meglio caratterizzati e standardizzati. L'efficacia dell'ITS per via iniettiva e non iniettiva è ormai documentata e, attualmente, la via non iniettiva (sublinguale) deve essere considerata assolutamente sicura e priva di effetti collaterali di rilievo. (SIAIC, 2002).

Terapia farmacologia

Nell'impossibilità di eliminare il contatto con i pollini l'allergico deve spesso ricorrere a terapie farmacologiche capaci di mantenere sotto controllo la sintomatologia. I farmaci a disposizione per la terapia delle pollinosi sono diversi e varie sono le vie di somministrazione. La via inalatoria è da preferire in quanto consente di somministrare il farmaco direttamente nelle vie aeree minimizzando o evitando effetti collaterali sistemici. La scelta tra i diversi farmaci disponibili va condotta in base alla gravità della patologia allergica. Le recenti linee guida

indicano l'approccio graduale per step al trattamento farmacologico della rinite e dell'asma (ARIA, 2001; GINA, 2002).

Utilizzo del monitoraggio aerobiologico

Il monitoraggio aerobiologico rappresenta per lo specialista allergologo uno strumento indispensabile applicato alla diagnosi e alla terapia delle allergopatie.

L'utilizzo del monitoraggio aerobiologico nella fase diagnostica permette di sospettare una allergopatia e di correlare la durata e l'inizio dei sintomi riferiti dal paziente con i periodi di presenza di pollini o spore fungine in atmosfera e di interpretare correttamente i risultati dei tests in vivo e in vitro.

La conoscenza dei calendari aerosporologici locali induce lo specialista ad adottare pannelli diagnostici legati al territorio.

L'informazione puntuale sul monitoraggio aerobiologico è utile, oltre che per lo specialista, anche per il medico di medicina generale (MMG) nella gestione delle patologie respiratorie ambulatoriali, nella valutazione delle variazioni sintomatologiche e soprattutto nella gestione della terapia farmacologica e dell'immunoterapia specifica. Infine, la conoscenza dei "valori soglia" di concentrazione di pollini e spore fungine capaci di scatenare reazione allergiche e attendibili previsioni polliniche potrebbe rappresentare un ulteriore aiuto per il medico.

Patologie allergiche da miceti

I miceti possono provocare nell'uomo effetti dannosi attraverso la produzione di micotossine ad azione neurotossica, teratogena e talvolta cancerogena e/o di componenti organici volatili (VOC) ad azione irritativa e responsabili del caratteristico "odore di muffa". Microfunghi ambientali, con le loro micotossine, sono stati considerati anche concausa della nota sindrome dell'edificio malato, "sick-building syndrome". I miceti possono causare infezioni dette micosi, soprattutto in soggetti con ridotte difese immunitarie (micosi opportunistiche), e ancora dermatomicosi quando l'interessamento è esclusivamente cutaneo. I funghi del genere *aspergillus* possono indurre nell'uomo l'insorgenza di varie malattie in base al tipo di esposizione e di risposta immunologia del paziente come asma bronchiale (in soggetti allergici), alveolite allergica estrinseca (malattia polmonare da ipersensibilità che può insorgere in lavoratori esposti all'inalazione di spore fungine); aspergilloma (formazione saprofitica che si costituisce all'interno di cavità polmonari già precostituite, come caverne tubercolari o bronchiectasie); aspergilloso invasiva (grave quadro caratterizzato da polmoniti, ascessi micetici e setticemia che insorge soprattutto in soggetti immunocompromessi).

I generi *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, possono causare manifestazioni allergiche quali rinite e asma nei soggetti atopici specificamente sensibilizzati ad essi.

La sensibilizzazione alle spore fungine rappresenta una discreta prevalenza nella popolazione allergica, sebbene variabile da regione a regione. Uno studio europeo evidenzia una prevalenza media del 9,46% di positività per *alternaria* e *caldosporium*, con variabilità dal 3% del Portogallo al 20% della Spagna, mentre in uno studio italiano per *alternaria* a fronte di una prevalenza globale del 10,45%, si osserva variabilità dall'1,8% di Torino fino al 29,3% di Cagliari (Corsico, 1998). Escludendo la variabilità degli estratti, comuni a tutti i centri, le differenti prevalenze negli studi sono state attribuite a una differente entità di esposizione, variabile da zona a zona, ad una diversa produzione del materiale fungino dovuto a molteplici fattori quali aree geografiche, temperatura, precipitazioni, venti, umidità, ritmo circadiano luce-buio, presenza di coltivazioni agricole, disponibilità di substrati, distanza dalle sorgenti di emissione ed altro ancora.

Nonostante l'aerodispersione delle spore fungine superi di gran lunga quella dei pollini, sia come varietà di specie sia come conta numerica, le manifestazioni cliniche correlate a sensibilizzazioni per micofiti sono marcatamente inferiori rispetto a quelle per i pollini.

L'allergia a micofiti si presenta, inoltre, ancora non completamente definita, probabilmente sottostimata e con alcune difficoltà interpretative, considerato il

frequente riscontro di reazioni positive per miceti in soggetti polisensibilizzati. E' stato anche segnalato che l'asma dà sensibilizzazione ai micofiti e, soprattutto per alternaria, può rappresentare un grave fattore di rischio in età pediatrica, capace di portare fino all'arresto respiratorio. Dallo studio italiano in soggetti monosensibili all'alternaria sono state tratte alcune considerazioni: le manifestazioni respiratorie sono prevalentemente di tipo rinitico, ma l'asma è presente ancora in un'elevata percentuale, e talora di tipo severo, l'età prevalentemente colpita è quella infantile e giovanile, la sintomatologia si manifesta in modo pressochè continuo nel 60% dei soggetti.

Quest'ultimo dato è apparentemente in contrasto con i dati aerobiologici, che evidenziano una massima concentrazione atmosferica nei mesi estivi nelle zone a clima caldo asciutto dove si mantiene alta anche in autunno. In realtà l'alternaria è presente anche nelle abitazioni, solitamente di provenienza esogena, tuttavia la possibilità di riprodursi all'interno, in condizioni favorevoli, ne viene ad alterare il ciclo stagionale, determinando una esposizione a tale allergene pressoché perenne.

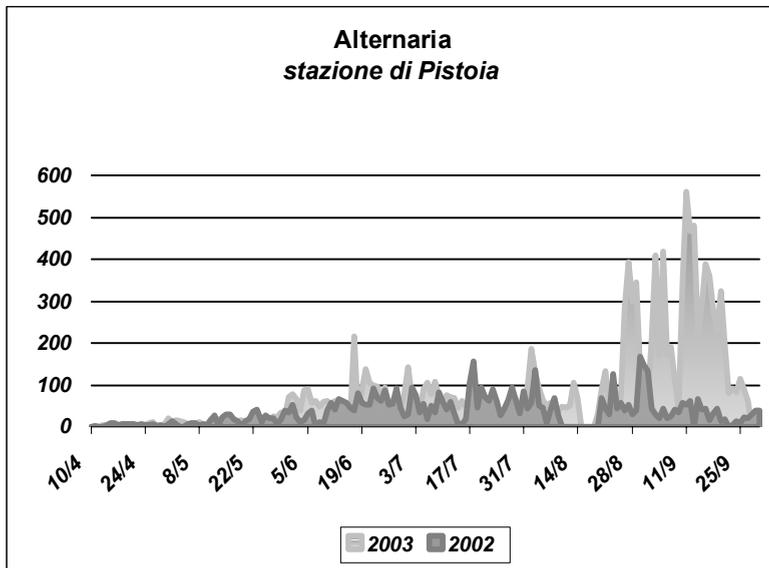


Grafico 7.1

Il grafico mostra, per la stazione di Pistoia, le concentrazioni di spore di alternaria negli anni 2002-2003, confermando le elevate concentrazioni nei mesi estivi-autunnali. Da notare l'eccezionale abnorme presenza di spore nel 2003 (anno di siccità) rispetto all'anno precedente.

Consigli utili per gli allergici a spore fungine

Negli spazi esterni un'adeguata manutenzione rappresenta un sistema di profilassi ambientale, in quanto materiali organici in decomposizione (frutta, foglie, cereali e legno deteriorato) costituiscono un supporto ideale di crescita dei miceti.

Nell'ambiente lavorativo particolare attenzione deve essere rivolta ai settori produttivi quali caseifici, industrie di lavorazione e manipolazione d'alimenti, vivai, serre e industrie farmaceutiche.

Nelle abitazioni si deve porre attenzione alle zone ricettacolo di condensa e alla presenza di umidità.

Esistono linee merceologiche specifiche con attività antifungina, che prevedono soluzioni di lavaggio e pittura delle zone interessate.

In caso di allergia a micofiti si consiglia di:

- evitare passeggiate nei boschi o lavori di giardinaggio, dove si possono trovare ammassate foglie cadute e macerate da molto tempo, specialmente nel periodo di massima concentrazione delle spore (estate e autunno);
- evitare di soggiornare in ambienti chiusi da troppo tempo (cantine, case montane) e in ambienti particolari quali, serre e stalle;
- aerare frequentemente gli ambienti più vissuti, in modo d'assicurare una buona ventilazione ed esporre all'aria e al sole gli effetti lettereci;
- pulire con accuratezza tutte le zone ricettacolo di polvere (cornici delle finestre, zoccoli dei muri);
- pulire con accuratezza le zone ricettacolo di condensa (parte posteriore dei mobili da cucina dove, per la presenza di vapori si possono formare più facilmente muffe, e il frigorifero, poiché le muffe hanno una grande vitalità anche a basse temperature);
- evitare l'uso di rivestimenti con carte da parati e di trattare le pareti con frequenti imbiancature; laddove sia necessario, per un particolare problema d'umidità, utilizzare prodotti fungicidi oppure rivolgersi a ditte specializzate;
- usare per la pulizia domestica prodotti ad azione antifungina come l'ipoclorito di sodio e la formaldeide, che possono essere impiegati anche per il lavaggio delle pareti;
- evitare di conservare suppellettili personali (indumenti, oggetti in cuoio e carte) in ambienti chiusi limitrofi alla zona di vita del paziente;
- evitare di tenere piante verdi, in grande quantità, nella propria casa e sulle pareti esterne (rampicanti verdi);
- pulire gli impianti di condizionamento dell'aria con il ricambio e l'adeguata manutenzione dei filtri (in casa e in automobile);
- controllare l'umidità ambientale, intervenendo con particolari apparecchi (deumidificatori) laddove l'umidità relativa supera il 65%.

RIFERIMENTI UTILI

Marzia Onorari
Responsabile Articolazione funzionale Regionale di Aerobiologia
ARPAT, Dipartimento di Pistoia
e-mail: m.onorari@arpat.toscana.it

Maria Paola Domeneghetti
Collaboratrice Articolazione funzionale Regionale di aerobiologia
ARPAT, Dipartimento di Pistoia
e-mail: mp.domeneghetti@arpat.toscana.it

Paolo Mandrioli
CNR, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima
e-mail: p.mandrioli@isac.cnr.it

Paola De Nuntiis
Università degli Studi di Urbino, Facoltà di Scienze Ambientali
e-mail: p.denuntiis@isac.cnr.it

Franco Vannucci
Dirigente U.O. Pneumologia
ASL 3 Pistoia
e-mail: f.vannucci@mail.pt.usl3.toscana.it

Florio Innocenti
Direttore U.O. Pneumologia
ASL 3 Pistoia
e-mail: f.innocenti@mail.pt.usl3.toscana.it

Angelo Passaleva
Vice Presidente Regione Toscana
Presidente eletto Soc. Italiana di Immunologia e Allergologia clinica

Giuseppe Frenguelli
Dipartimento di Biologia Vegetale, Università degli Studi di Perugia

Donat Mayar
Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Science
Department of Plant Pathology, Budapest

Luisa Tomaselli
CNR, Istituto per lo Studio degli Ecosistemi (ISE), Firenze

Siti web di riferimento

AAITO (Associazione Allergologi Immunologi Territoriali e Ospedalieri):
www.pollinieallergia.net

APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici)
www.apat.it

ARPAT (Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana)
www.arpat.toscana.it

GINA (Global Initiative for Asthma)
www.ginasthma.com

SIAIC (Società Italiana Allergologia ed Immunologia Clinica)
<http://www.siaic.net/new/index.php>

Per bollettini e informazioni sui pollini in Europa, Stati Uniti e Australia
(*European Pollen Bulletins, European Pollen Information, World Pollen
Bulletins*):

AIA (Aereobiology International): <http://www.isac.cnr.it/aerobio/aia/>