

CAPITOLO 7

I GRANULI POLLINICI

Renato Ariano

**Unità Operativa Complessa di Medicina Interna
A.S.L. n. 1 Imperiese – Ospedale “Saint Charles” di Bordighera**

I granuli pollinici, assieme a spore fungine, microbi e virus, vengono a far parte degli aerosols biologici che inaliamo quotidianamente. Il granulo pollinico è una complessa struttura il cui scopo è quello di trasmettere i gameti maschili delle piante a seme, Angiosperme e Gimnosperme. Il polline si sviluppa dentro le antere che, quando sono mature, si aprono e lo liberano nell’atmosfera. Lo si potrebbe definire un minuscolo veicolo spaziale creato dalla natura per trasportare del materiale genetico.

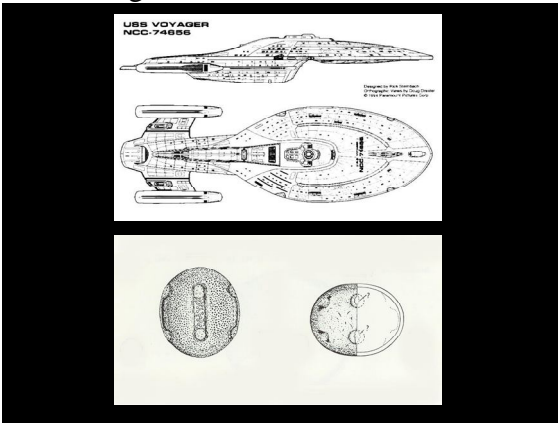


Fig. 1 – Schema di navetta spaziale a confronto con diagramma di granulo pollinico.

Questo involucro resistentissimo, che protegge il gametofito maschile, risolvendo il problema della sua sopravvivenza in assenza d’acqua, è quasi indistruttibile e conserva i suoi caratteri morfologici anche per migliaia di anni. Il contenuto citoplasmatico ha invece una vita assai più breve. E’ ancora incerto quanto duri l’effetto allergenico. Tuttavia, secondo nostre osservazioni personali (in corso di pubblicazione), il polline di *Cupressus sempervirens*, dopo sei anni dalla propria uscita dall’antera, pur perdendo la capacità riproduttiva, mantiene ancora la propria antigenicità.

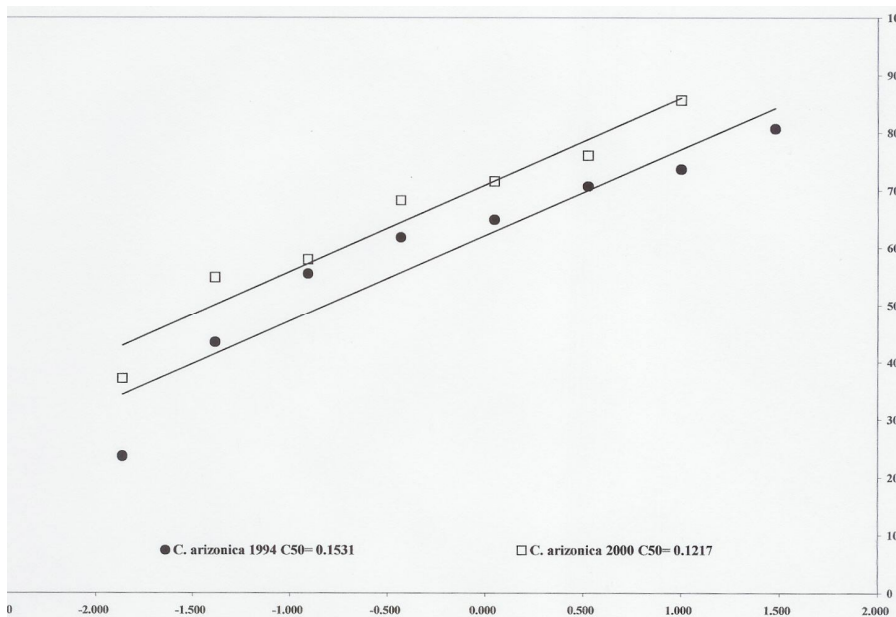


Fig. 2 – La RAST inibizione con estratto fresco e “vecchio” di Cupressus sempervirens dimostra il mantenimento del potere allergenico anche dopo alcuni anni.

La dispersione dei gametofiti in doviziosa profusione ha lo scopo di garantire il raggiungimento dell’obiettivo finale dell’impollinazione anemofila, pur ottenendo come risultato collaterale alcuni effetti sgradevoli sulla salute dei soggetti atopici. I reperti paleontologici dimostrano che la strategia riproduttiva rappresentata dall’impollinazione anemofila è stata la prima modalità a comparire. In seguito l’evoluzione biologica ha coinvolto in questo meccanismo altri vettori come gli insetti, con l’impollinazione entomofila. Interpretando questa strategia secondo la teoria del gene egoista di Dawkins (1) il granulo pollinico rappresenterebbe soltanto lo strumento di un Dna che lo costringe a viaggiare per mantenersi in vita. In altri termini, più poetici, si potrebbe considerare il paziente allergico come un intruso nell’avventurosa storia d’amore tra polline e stigma. E’ certo che di quest’improvvida e casuale intrusione ne paghi le conseguenze.

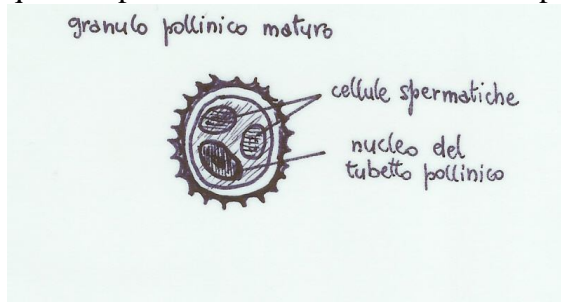


Fig. 3 - Granulo pollinico maturo

NOTE DI BOTANICA

L’Allergologia è stata definita da più parti come disciplina trasversale. Ovvero, considerando la malattia allergica non come una malattia organo-specifica ma una malattia sistemica, occorre prevedere modelli operativi diagnostico-terapeutici di tipo multidisciplinare. L’approccio globale al paziente allergico prevede quindi l’utilizzo contemporaneo di diverse competenze da parte dello specialista allergologo: di tipo otiatrico, dermatologico, pneumologico, immunologico, di laboratorio, e non ultimo, botanico. Senza voler invadere il campo altrui è tuttavia necessario che lo

specialista allergologo padroneggi alcuni concetti fondamentali. Ecco lo scopo delle presenti *Note di Botanica*.

RIPRODUZIONE NELLE PIANTE

Nelle piante la riproduzione asessuata comprende diverse modalità mediante le quali possono formarsi nuovi individui a partire da un unico soggetto. Ne sono esempi gli stoloni della fragola, i bulbi dei gigli, i tuberi delle patate. Nelle piante, a differenza degli animali la *meiosi* (ovvero quel processo che deriva dalle cellule che possiedono metà del corredo cromosomico della cellula originaria) non comporta sempre la formazione di gameti ma, nella maggior parte dei casi si ha la formazione di *spore*. Queste differiscono dai gameti in quanto, mentre questi sono deputati alla fecondazione, le spore danno origine a delle divisioni mitotiche che originano una struttura *aploide* chiamata *gametofito* (=produttore di gameti). Quest'ultimo è costituito da cellule con nuclei che presentano metà del corredo cromosomico (n) della cellula che dato origine alla meiosi e che aveva un corredo cromosomico $2n$. La riproduzione sessuata si verifica mediante la fusione di due cellule, dette gameti, mediante il processo di fecondazione. Si passa da un gametofito aploide ad uno sporofito diploide (con doppio corredo cromosomico).

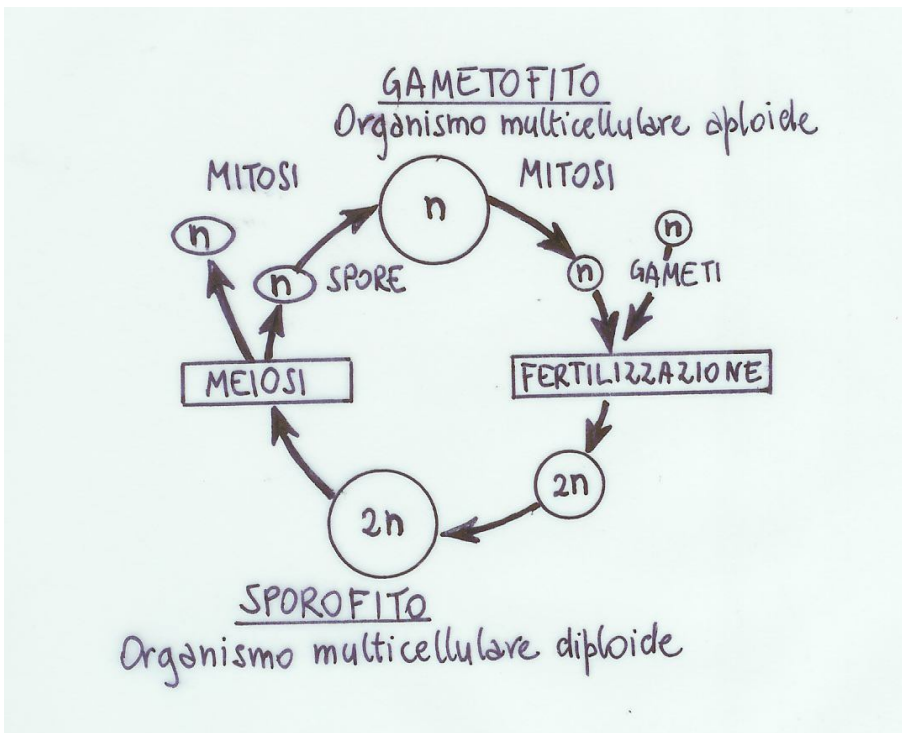


Fig. 4 – Ciclo riproduttivo nelle piante.

Queste cellule, nelle specie con patrimonio genetico diploide (in cui vi sono due copie di ciascun gene), sono aploidi e derivano da un processo di meiosi. I gameti non sono geneticamente identici; essi possiedono tutti i geni tipici della specie, ma tali geni possono essere rappresentati da alleli differenti. La fusione di due gameti permette, pertanto, la nascita di un individuo in cui è ripristinato il corredo genetico diploide, e che non risulta identico ad alcun altro individuo. Nelle piante, diversamente che nelle specie animali, esiste dunque un'alternanza di generazione: fase aploide (gametofito) e fase diploide (sporofito).

Nelle Angiosperme lo sporofito consiste in quella parte che genericamente si chiama "pianta" (2), formata da innumerevoli cellule; invece il gametofito femminile è composto da sette cellule, racchiuse nell'ovulo, mentre il gametofito maschile è composto da tre cellule, che costituiscono il granulo pollinico. Nelle piante, vi sono molte specie ermafrodite dette monoiche (esempio il

granoturco) ; vi sono anche piante dioiche (esempio: l'ortica), in cui ciascun individuo porta organi riproduttivi esclusivamente femminili o maschili.

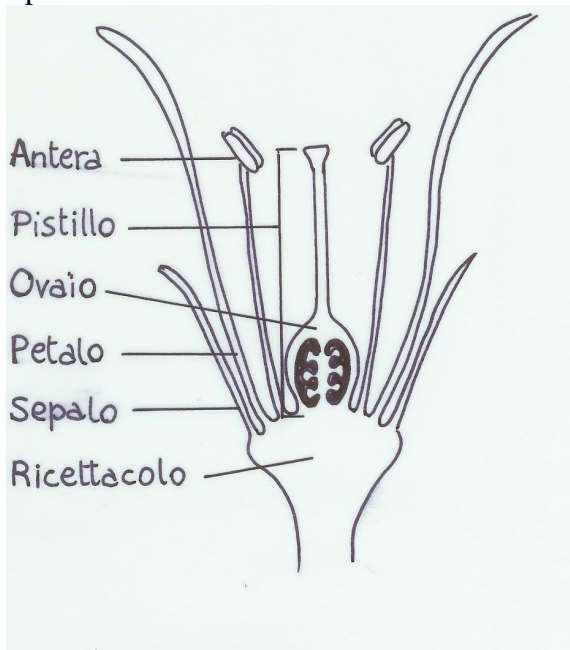


Fig. 5 - Fiore ermafrodito

IL POLLINE

FORMAZIONE E SVILUPPO DEL POLLINE

Il granulo pollinico è dunque il gametofito maschile, ovvero quella struttura che produce e conserva dentro di sé i gameti delle piante a seme (Angiosperme e Gimnosperme). Il granulo pollinico ha un ruolo importante nel ciclo vitale delle piante a fiore, che è basato sull'alternanza di due generazioni. Questa si realizza con il passaggio da una fase aploide (gametofito) ad una fase diploide (sporofito). La generazione dominante è il corpo della pianta vegetativa diploide, lo sporofito.

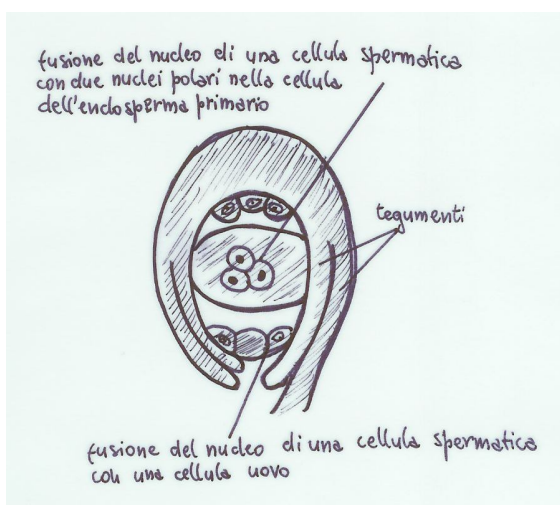


Fig. 6- Riproduzione sessuata

Questo produce spore (fase diploide, con cellule con corredo cromosomico $2n$) che subiscono divisioni mitotiche e danno origine al gametofito (fase aploide con cellule con corredo cromosomico n). Il granulo pollinico è il contenitore del gametofito maschile. Nelle piante più evolute mentre il gametofito si riduce di dimensioni lo sporofito cresce di dimensioni e di complessità. Nella parte fertile dei fiori si trova l'androceo (apparato maschile), composti da stami che presentano un filamento alla cui parte terminale sono presenti le antere. Lo sviluppo e la maturazione del granulo pollinico avviene nelle antere, composte a loro volta da due microsporangii o teche.

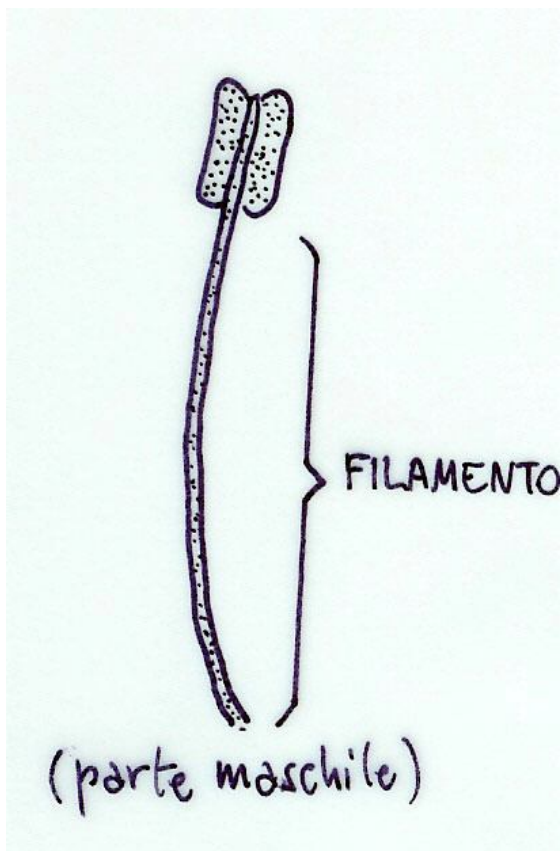


Fig. 7 - Parte maschile del fiore (androceo)

I pollini si sviluppano all'interno dei sacchi dell'antera da cellule progenitrici murali specializzate (matri polliniche), precursori del PROTOPLASTO interno. In ciascuna sacca pollinica si forma il tessuto sporigeno formato dalle cellule madri delle microspore (con assetto cromosomico diploide) e che per meiosi danno origine a 4 microspore o granuli pollinici (con assetto cromosomico aploide).

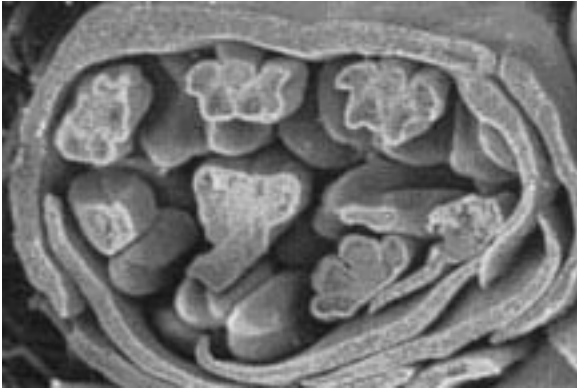


Fig. 8 - Granuli pollinici dentro l'antera

La parete dell'antera contiene 4 strati, dall'esterno: l'epidermide, lo strato medio, il tapetum e i nuclei sporigeni. L'epidermide e lo strato medio hanno la funzione di protezione dell'antera. Lo strato medio si differenzia in entoteliom con una parete a barre. Il tapetum è un tessuto nutritivo che circonda i nuclei sporigeni e produce un liquido nutritivo (fluido tapetale). E' appunto dal tapetum che si originano i corpuscoli detti orbicoli (o corpi di Ubisch), che hanno funzione nutritiva. Una volta giunto a maturazione il granulo pollinico si disidrata, il tapetum degenera e cessa la sua attività nutritiva, si aprono quindi le antere che liberano così il polline in atmosfera.

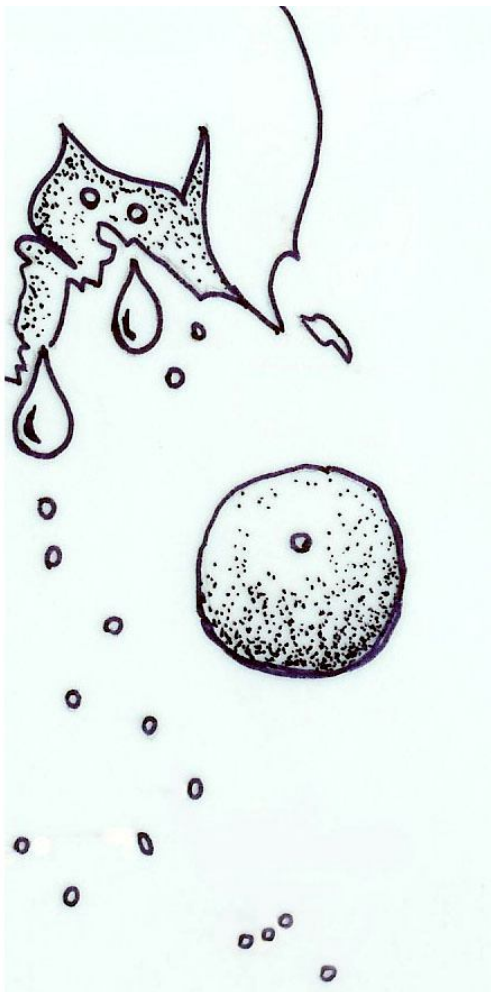


Fig. 9 – Liberazione del polline dall'antera.

I componenti della parete pollinica riflettono una duplice origine: l'*intina* pectocellulosica, che è secreta dal protoplasto in cui risiedono componenti nucleari e metabolici e l'*exina*, che è lo strato superiore, è derivata dal tappeto, un complesso polimero di unità di squalene con il nome di SPOROPOLLENINA. Questi materiali solidi conferiscono all'esina la sua avidità per i coloranti basici, come pure la sua notevole resistenza agli aggressori esterni. Tra i rilievi sculturati dell'esina, nell'intina e nei pori sono presenti enzimi, proteine e glicoproteine che hanno la funzione del riconoscimento sessuale tra polline e componente femminile della pianta. Sono appunto le proteine e le glicoproteine che, quando non riescono a svolgere la loro funzione finalistica, assumono il ruolo di allergeni per i pazienti allergici. I minuscoli organuli (0,30-2,0 millimicron) che sono visibili sulla superficie dell'esina sono i già citati corpi di Ubish ovvero orbicoli. Tale materiale di superficie, derivato dal secreto del tappeto, è ritenuto da taluni una potenziale fonte di allergeni descritti nelle particelle paucimicroniche e più piccole, ma a tutt'oggi mancano evidenze scientifiche a supporto di questa ipotesi.

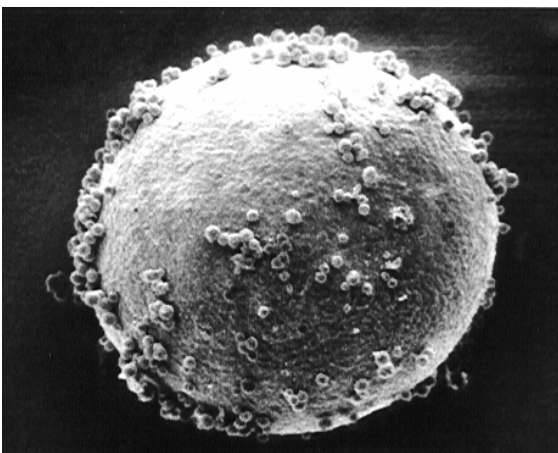


Fig. 10 - Corpi di Ubish sulla superficie di un granulo pollinico di Cupressaceae.

La parte femminile è invece chiamata gineceo ed è formata da uno o più *pistilli* ed un'*ovaio* con all'interno gli ovuli uno *stilo* e uno *stigma* (porzione più sottile del carpello che lo collega allo stimma). Si chiama *carpello* una foglia modificata portante uno o più ovuli. Quando il polline raggiunge lo stigma (parte terminale del carpello leggermente più rigonfia che sormonta lo stilo), emette un tubetto pollinico che attraversa lo stilo e invia i gameti maschili a congiungersi con quelli femminili, raggruppati all'interno degli ovuli (3).

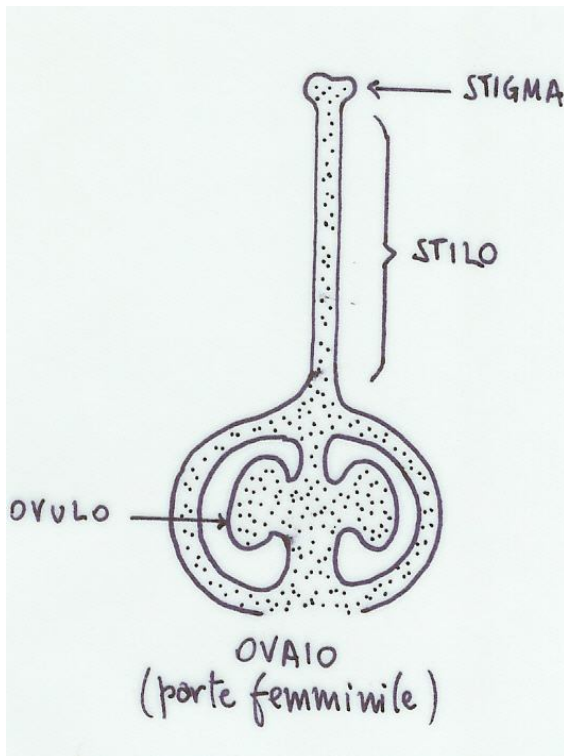


Fig. 11 – Parte femminile del fiore (gineceo).

Per vitalità del granulo pollinico s'intende la possibilità di continuare a svolgere il proprio scopo biologico, che nel caso del granulo pollinico è la possibilità di fecondare. Per valutare la vitalità dei granuli pollinici si utilizzano metodiche diverse quali: tests citochimici: con colorazioni che evidenziano la presenza di sostanze indicatrici della vitalità; tests enzimatici: che determinano l'attività di determinati enzimi essenziali; test fluorocitometrici: che utilizzano sostanze fluorescenti; tests di geminazione: che verificano la capacità, da parte del polline esaminato, di emettere il tubetto pollinico, utilizzando uno specifico terreno di germinazione.

FORMA E DIMENSIONE

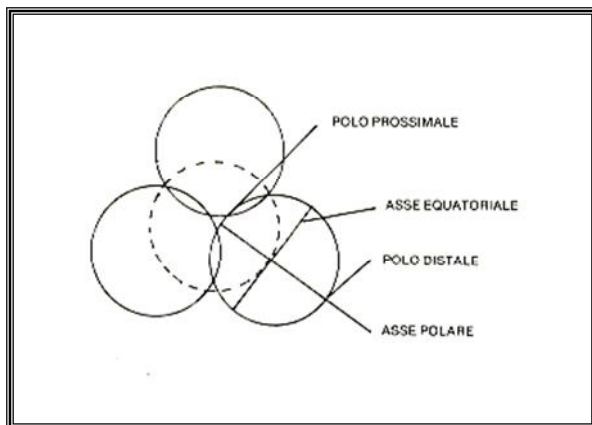
Lo studio dei pollini riveste un aspetto applicativo molto importante costituito dal fatto che è possibile, dall'osservazione di un singolo granulo pollinico identificare la pianta che lo ha prodotto. Questo grazie a numerose caratteristiche variabili che possono formare infinite combinazioni (4) . Le principali caratteristiche distintive del polline sono la forma, la simmetria, la taglia (da 10 a 250 millimicron ovvero un millesimo di millimetro), il numero e la ripartizione delle aperture (pori e scissure) come anche la struttura e l'ornamento della superficie.

DIMENSIONI

La maggior parte dei pollini delle piante anemofile presentano una taglia compresa tra i 10 e i 40 millimicron (esistono degli estremi: dai 5 millimicron del *Myosotis* ai 200 millimicron della *Cucurbita*). Quelli delle *Pinacee* sono un'eccezione in quanto presentano due sacche laterali aurifere che permettono loro di arrivare da 60 a 140 millimicron

POLARITA'

Il granulo va visto come una sfera con due poli. La linea che unisce i due poli si definisce ASSE POLARE. L'asse perpendicolare all'asse polare è detto ASSE EQUATORIALE.



La posizione del granulo, al momento dello sviluppo in TETRADE, Consente di individuare una FACCIA PROSSIMALE (interna), una FACCIA DISTALE (esterna), un ASSE POLARE che congiunge il POLO DISTALE con quello PROSSIMALE.

Fig. 12 - Polarità del granulo pollinico.

FORMA

La forma più frequente è quella sferica, in alcuni casi ovoidale oppure triangolare (*Eucalyptus*). Particolare il polline delle Pinacee che presenta un corpo centrale con due sacche aurifere applicate lateralmente, con funzione di galleggiamento in atmosfera. Per definire la forma del granulo pollinico si utilizza il rapporto tra l'asse polare e quello equatoriale. Se le due lunghezze sono uguali il granulo si definisce SFERICO; se l'asse polare è minore di quello equatoriale il granulo è OBLATO; l'asse polare è maggiore di quello equatoriale si definisce PROLATO.

STRUTTURA DELLA PARETE è detta anche sporoderma ed è costituita da due strati principali: uno interno detto INTINA ed uno esterno detto ESINA.

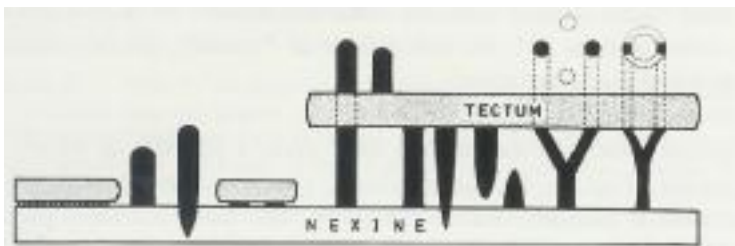


Fig. 13 - Esempi di stratificazione dell'ESINA.

Sia i pollini che le spore fungine hanno dovuto sviluppare un adattamento specifico al loro trasporto aereo. Si pensi che l'atmosfera non è un ambiente molto ospitale per il polline, a causa della scarsità di acqua necessaria alla sopravvivenza. A tale scopo i pollini hanno sviluppato pareti cellulari assai spesse, costituite dalla resistentissima sporopollenina. In questa maniera i pollini riescono a mantenere la loro vitalità.

La capsula che racchiude il granulo pollinico lo protegge dalla disidratazione e dalle radiazioni ultraviolette. Se il polline è probabilmente l'organismo vivente che più frequentemente è fossilizzato questo è dovuto alla grande resistenza della sua capsula alla degradazione. Questa caratteristica lo rende una fonte d'informazione importante per la ricostituzione dei climi e delle vegetazioni passate (*paleopalinologia*). Queste proprietà gli sono in gran parte conferite da una sostanza chiamata *sporopollenina* che costituisce la materia della sua parete esterna (*exina*). Sono

ancora le caratteristiche e le scabrosità della parete esterna che permettono agli studiosi di identificare microscopicamente il polline, spesso sino alla specie, ma più spesso a livello di famiglia vegetale. Lo strato più esterno della semina viene detto **Tectum**: (pl. tecta).

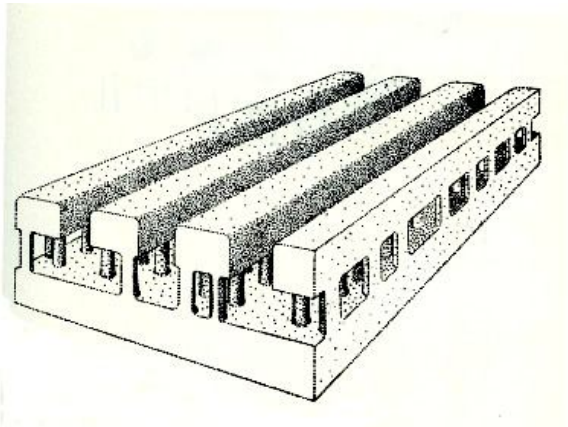
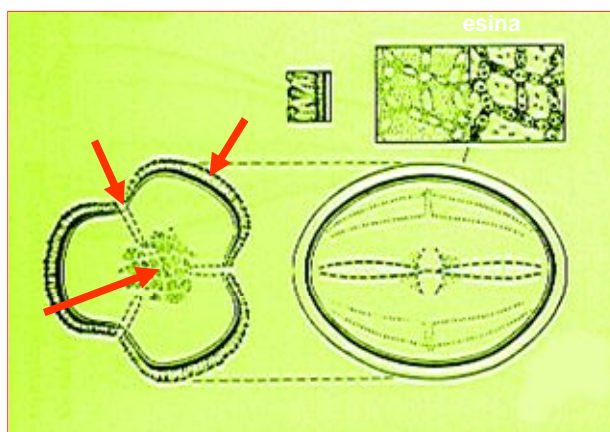


Fig. 14 - Aspetti morfologici del Tectum

Il polline, a differenza di tutte le cellule vegetali, ha due pareti: l'esterna: esina, formata da sporopollenina, formata da politerpeni, e l'interna intina, formata da polisaccaridi. L'esina ha funzione di protezione ed ha superficie esterna molto elaborata, che può servire al riconoscimento morfologico del polline, in quanto ha elementi in rilievo che le conferiscono diversi aspetti: maculato, clavato, pilato, striato, reticolato, verrucato, gemmato, chinato, ecc. Tra le sculture dell'esina, sui pori e nell'intina si trovano, oltre che a degli enzimi, proteine e glicoproteine che avrebbero la funzione originaria di fattori di ricognizione cellulare, enzimi facilitanti la germinazione del polline, o proteine nutritive. A queste sono attribuibili le proprietà allergeniche. Derivano dalle cellule del tappeto nutritivo, sono prodotte dal citoplasma della microspora e quindi di origine gametofitica.

LOCALIZZAZIONI DEGLI ALLERGENI POLLINICI



Polline di Sambucaceae

Fig. 15 - Struttura del polline di Sambucaceae e localizzazione delle proteine allergeniche.

APERTURE

La superficie dei granuli pollinici è interrotta da aperture dette pori tramite i quali viene emesso il tubetto pollinico. Si distinguono due tipi di aperture : pori e colpi (che si distinguono dai pori per avere un asse maggiore lungo due volte l'asse minore).

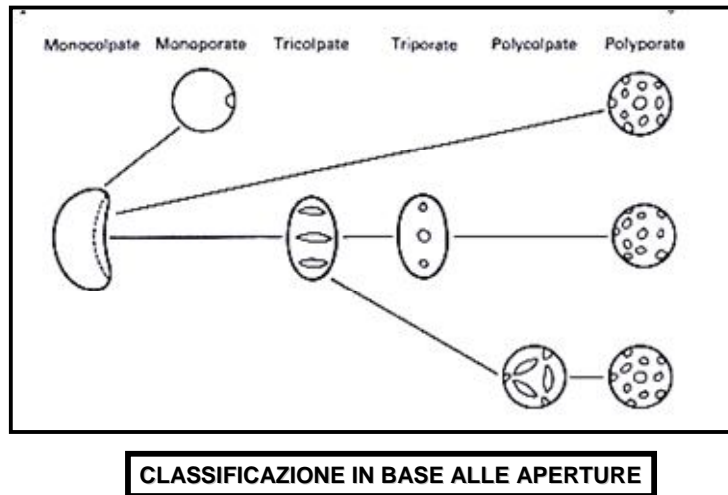


Fig. 16 - Classificazione in base alle aperture

Possono esistere anche combinazioni tra i due tipi di apertura. Se il granulo non presenta aperture visibili si definirà atremo (dal greco a = senza e trema = apertura). Per ogni specie sono caratteristiche costanti il numero di aperture, la forma e la posizione. Attraverso queste aperture, quando il granulo pollinico raggiunge lo stigma, viene emesso il tubetto pollinico.

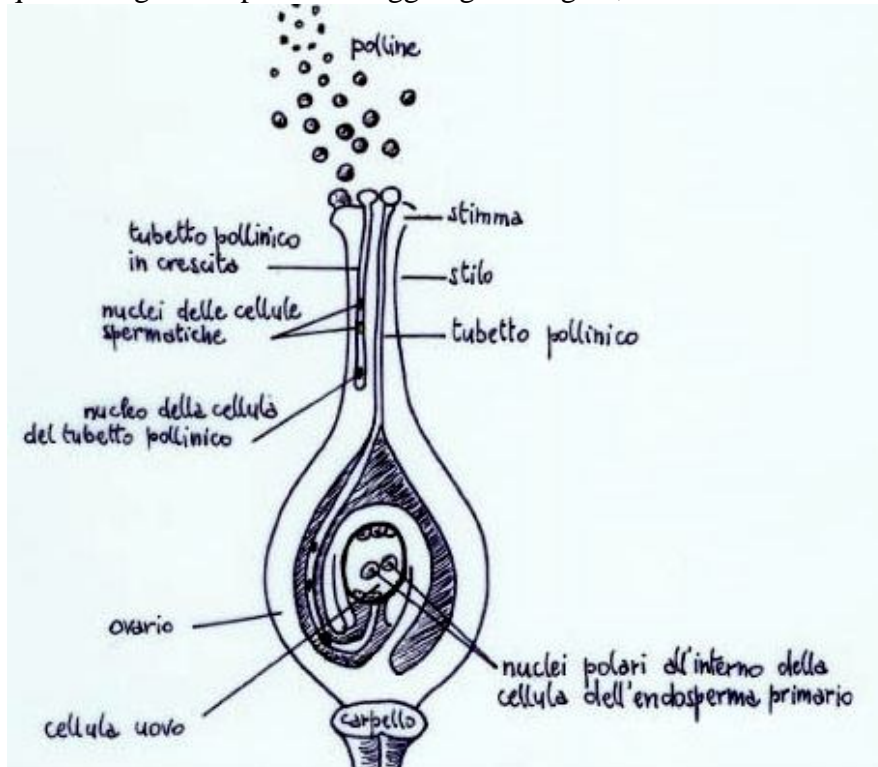


Fig. 17 - Tubetto pollinico

CLASSIFICAZIONE NPC

Le aperture variano per numero, struttura e posizione sulla superficie del granulo pollinico.

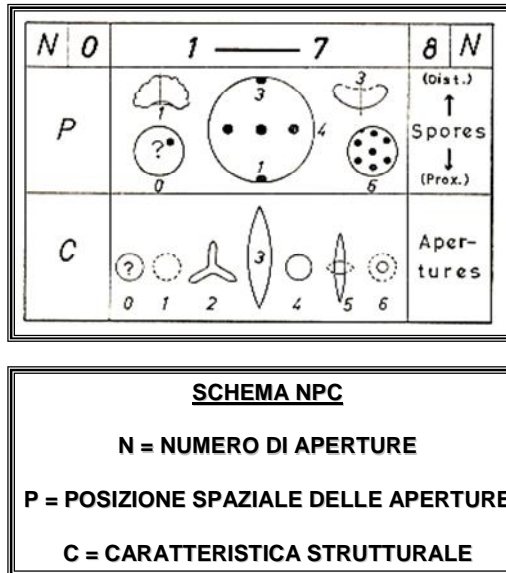


Fig. 18 - SCHEMA NPC

La combinazione di queste tre caratteristiche permette una classificazione pollinica nota come NPC il cui razionale è il seguente:

- N = numero di aperture presenti sulla superficie del granulo pollinico
- P = posizione spaziale delle aperture (polare, equatoriale, sparsa)
- C = caratteristica strutturale

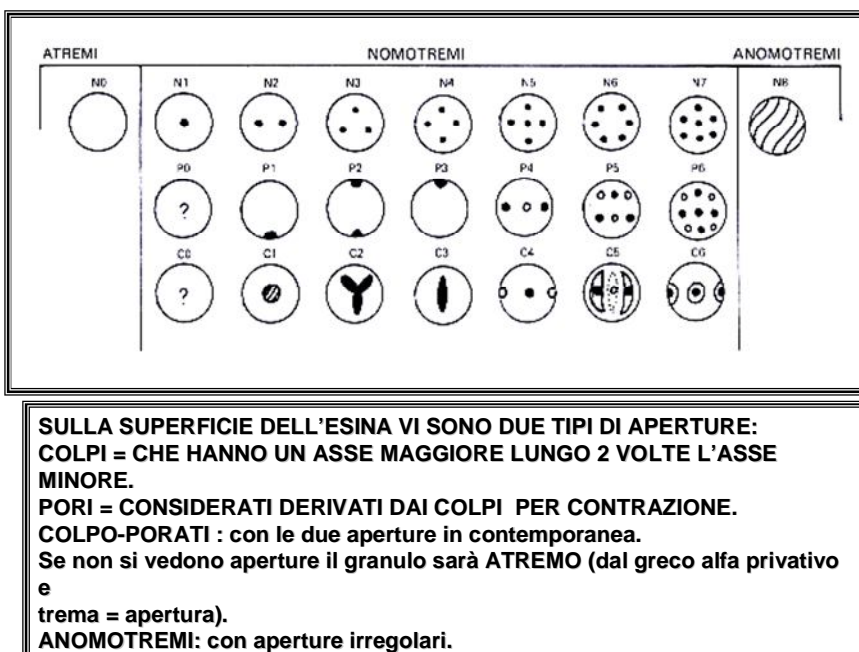


Fig. 19 - Classificazione in base alle aperture.

In base allo schema NPC si possono distinguere pollini : atremi (senza aperture), monotremi (con aperture regolari), anomotremi (con aperture regolari).

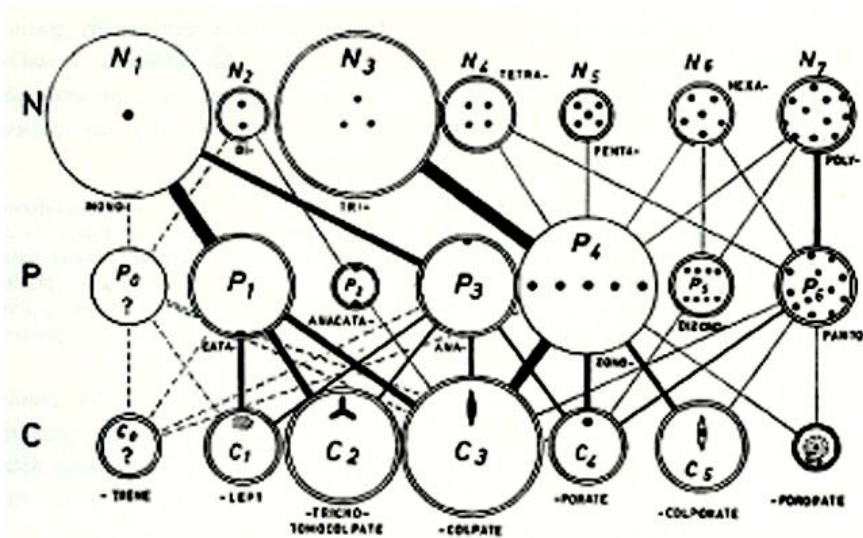


Fig. 20 -Rappresentazione schematica delle possibili combinazioni della Classificazione NPC

ALLERGENI POLLINICI

Una volta maturato il polline si disidrata e viene liberato dall'antera nell'atmosfera, la sua attività biologica si rallenta, la sua forma da rotonda diviene ovale, di modo che è più aerodinamico. Il polline riacquista la sua piena attività quando si idrata nuovamente e ciò avviene quando:

- incontra lo stigma di un fiore,
- viene a contatto con acqua, sia in atmosfera che al suolo,
- viene a contatto con le mucose delle vie aeree.

Difatti, a contatto con l'acqua il polline si idrata e rilascia le proprie proteine. Entro 2-30 secondi quelle dell'esina, dopo 30 secondi quelle dell'intina; è possibile, almeno per alcune specie, il rilascio di proteine e glicoproteine dal citoplasma.



Fig. 21 – Granulo pollinico che, a contatto con una goccia d’acqua, libera le proprie proteine.

Una volta che il polline ha liberato le proprie proteine, perde la maggior parte del proprio potenziale allergenico, anche se fosse, in un secondo tempo risollevato dal vento. Diversamente il polline che, per particolari vicende del proprio percorso, si venisse a trovare in situazioni ambientali particolari, in ambienti asciutti e poco ventilati, dove non si verifichi la reidratazione, potrebbe mantenere in maniera indefinita le proprie capacità allergeniche. Negli estratti allergenici derivati da pollini, usati in diagnostica allergologica, sono stati identificati numerosi allergeni. La loro caratterizzazione chimica ha mostrato che essi sono tipicamente proteine o glico-proteine a basso peso molecolare (5-80 kDa). Per alcuni pollini, come quelli delle Cupressaceae, epitopi allergenici possono essere presenti anche sui carboidrati, come abbiamo dimostrato in collaborazione con il gruppo di Carlo Pini, dell’Istituto Superiore di Sanità (5,6).

Un granulo pollinico può presentare più allergeni. Si definiscono “allergeni maggiori” quelli che sono in grado di provocare la produzione di IgE specifiche in più del 50% dei pazienti allergici a quel polline, mentre sono definiti “allergeni minori” quelli che provocano produzione di IgE in una percentuale inferiore di pazienti.

In un primo tempo si riteneva che gli allergeni pollinici fossero localizzati soprattutto sull’esina, in seguito si accertò che invece la maggior parte degli allergeni erano contenuti all’interno del granulo e che avevano la proprietà di fuoriuscire dai pori assai rapidamente, una volta a contatto con una superficie umida.

Tuttavia, attenti studi immunochimici di sezioni al microscopio elettronico ha suggerito siti tipici per diversi allergeni pollinici; sono state descritte localizzazioni selettive sull’esina, intina o nel protoplasto. Esperimenti di etichettatura immunologica hanno localizzato allergeni o in parti della membrana cellulare (esina) o nel citoplasma. Una quantità moderata di allergeni è anche presente in prossimità dei pori di apertura.

Altri allergeni sono situati anche in parti non polliniche delle piante, nel cosiddetto sporofito. Tra questi la PROFILLINA la quale è costituita da una famiglia di proteine strutturali, di dimensioni medie di 14 kD, componente fondamentale del citoscheletro, presente in quasi tutti gli alimenti vegetali e, a concentrazioni diverse, in quasi tutti i pollini. Per tale motivo è stata definita pan-allergene ed è la responsabile di alcune cross-reazioni e di alcune sindromi orali-allergiche.

Al microscopio ottico, inoltre, si osservano sulla superficie dei pollini presentano una sorta di detriti di superficie, costituiti da residui di tessuto tappetale e fluido tappetale (orbicoli) oltre a una superficie di strato lipidico (pollenkit).

E' stato ipotizzato in passato un possibile ruolo allergenico per gli orbicoli (corpi di Ubisch) in quanto derivati dal tappeto ed in alcuni studi (ma non in tutti) sembrano veicolare allergeni. Tuttavia è da osservare che gli orbicoli sono assenti in alcune specie importanti dal punto di vista allergenico come Artemisia e Ambrosia (7). Noi personalmente (grazie ai suggerimenti ed alla collaborazione preziosa di un insigne botanico, il Prof. Ettore Pacini di Siena) abbiamo svolto degli studi sugli orbicoli delle Cupressaceae, andando a ricercare, col microscopio a fluorescenza, e con colorazioni speciali, la possibilità di ritrovare gli orbicoli staccati dalla superficie del polline, ma con esito sempre negativo.

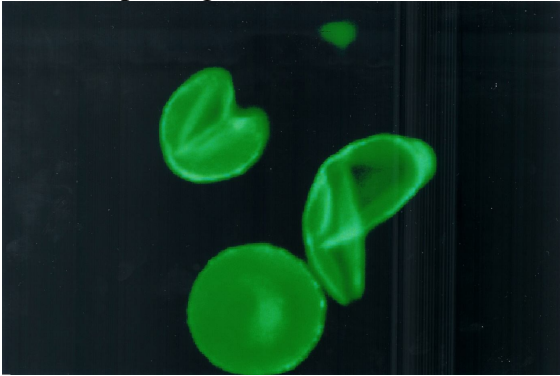


Fig. 22- Microfotografia di pollini di Cupressaceae al microscopio a fluorescenza.

Nomenclatura degli allergeni

Il Sottocomitato dell'Unione Internazionale delle Società di Immunologia per la nomenclatura degli allergeni ha stilato le linee guida per l'adozione di una comune denominazione degli allergeni purificati. Questo schema usa le prime tre lettere del genere insieme alla prima lettera della specie aggiungendovi un numero arabo che riflette l'ordine in cui l'allergene è stato isolato oppure la sua importanza dal punto di vista clinico.

Per la determinazione della potenza allergenica degli allergeni esistono numerose tecniche che si basano sulla determinazione del legame IgE specifico. A tale scopo si utilizzano allergosorbent tests radioimmunologico o immunoenzimatici. Una variante è data dal test di inibizione in cui l'allergene viene unito al siero del paziente allergico prima dell'incubazione con l'allergene legato alla matrice. Se l'allergene solubile si è legato alle IgE specifiche presenti nel siero il risultato sarà una riduzione del legame delle IgE alla matrice, espresso come quantità di allergene richiesto per ottenere un'inibizione del 50 % del massimo. Quanto minore sarà la concentrazione richiesta tanto maggiore sarà il potere allergenico dell'allergene considerato. Questa tecnica viene abitualmente utilizzata nella standardizzazione dell'allergene.

Si utilizza anche la radioimmuno-elettroforesi crociata (CRIE) in cui gli estratti allergenici vengono separati mediante elettroforesi in gel d'agarosio e l'immunoblotting che fornisce indicazioni sui pesi molecolari dei singoli allergeni e sul loro numero all'interno di un estratto.

Per l'isolamento degli allergeni si utilizzano ora tecniche del DNA ricombinante e degli anticorpi monoclonali.

LA DISSEMINAZIONE DEL POLLINE

La disseminazione dei granuli pollinici costituisce il modello di dispersione più frequente delle piante. Il polline costituisce una modalità di dispersione genetica in quanto trasmette una quantità di cromosomi della pianta produttrice alle sue discendenti.

Esistono diversi sistemi di riproduzione tra le piante. L'*allogamia* corrisponde alla pollinazione da un altro individuo diverso dalla pianta ricevente. L'*autogamia* si realizza invece quando la fecondazione avviene con un polline della medesima pianta.

La *cleistogamia* è un caso particolare di autogamia in cui la pollinazione è realizzata nell'ambito dello stesso fiore. Questo tipo di autoimpollinazione avviene piuttosto frequentemente, per esempio nella *Cattleya aurantiaca*, *Epidendrum nocturnum* ed in alcune specie di *Maxillaria*.

Nel corso dell'evoluzione l'allogamia ha presentato diversi tipi di meccanismi di trasporto dei pollini. L'impollinazione è assicurata da fattori abiotici come il vento (*anemofila*) e l'acqua (*idrofila*) oppure tramite alcuni animali, come l'uccello colibrì o il pipistrello (*zoogama*), oppure da insetti, come le api (*entomofila*).

Le piante ad impollinazione entomofila sono quelle che presentano fiori molto profumati e vistosi al fine di attirare gli insetti. Queste piante inoltre producono una minore quantità di granuli pollinici, rispetto alle altre. Le piante ad impollinazione anemofila, invece, presentano fiori poco profumati e poco vistosi. La produzione di pollini è abbondante. Sebbene solo il 10% delle piante presentino impollinazione anemofila queste sono più che sufficienti a creare problemi alla salute degli umani. In effetti questa modalità di diffusione del polline è molto dispersiva e per questo motivo le piante aumentano la loro possibilità di impollinazione solo aumentando in maniera esagerata il numero di granuli pollinici. Questi sono inoltre assai leggeri, aerodinamici, con superfici lisce, al fine di facilitare la dispersione ed il volo. E' proprio grazie a queste caratteristiche ed a questa sovrabbondanza in atmosfera che i granuli pollinici delle piante anemofile hanno grandi probabilità di impattare sovente sulle mucose degli esseri umani generando le cosiddette pollinosi.

Di converso, per aumentare la possibilità di catturare i granuli pollinici le piante anemofile presentano anche stigmi allungati e penduli all'esterno del fiore.



Fig. 23 -Dispersione massiva di polline di cipresso (foto Raddi).

LIBERAZIONE E TRASPORTO

Abbiamo già descritto, nel capitolo “AEROSOL BIOLOGICO” le caratteristiche aerodinamiche della liberazione e trasporto in generale delle particelle aerotrasportate. Qui ci soffermeremo solo sulle caratteristiche peculiari dei granuli pollinici.

Il meccanismo di liberazione dei granuli pollinici dalle antere va sotto il nome di ANTESI e varia a seconda della specie e di alcuni parametri climatici. La liberazione dei granuli pollinici dalle antere può avvenire con diversi meccanismi (2). Questo meccanismo può essere passivo (quando per esempio il vento scuote le antere che pendono fuori del fiore, come avviene per le Betulacee) oppure attivo ed è provocato dalla deiscenza dell'antera che si disidrata e facilitato dall'impatto del vento sulla pianta. La diminuzione della umidità relativa è uno dei fattori determinanti il rilascio dei granuli, quando sono giunti a maturità, promuovendo la rottura della parete dell'antera. La fuoriuscita dei pollini, senza partecipazione del vento, con meccanismo automatico “a scatto” è meno frequente. Si verifica, ad esempio, per la Parietaria, le cui antere sono dotate di particolari filamenti elastici.

Ogni specie possiede un proprio periodo di impollinazione ma questa è anche condizionata in particolare dalla umidità relativa dell'aria. Le giornate calde e asciutte facilitano l'apertura delle antere, mentre un'elevata umidità la rende difficoltosa. E' appunto la diminuzione della umidità relativa l'agente causale che determina il rilascio dei granuli maturi. Diversamente, se nel periodo precedente la fioritura, la pianta assume acqua con la pioggia in seguito produrrà più polline (7). Se la pioggia però giunge quando il polline è stato da poco liberato lo abbatte miseramente al suolo, cancellandone le capacità di vitalità e di allergenicità. Per i pollini le condizioni ideali di liberazione sono date da giornate con sole ed assenza di pioggia, una temperatura intorno ai 25 e 30 C°, un'umidità relativa dell'aria intorno al 60-70%. Del tutto opposto è il comportamento delle spore fungine la cui liberazione è facilitata dall'umidità e che tendono ad essere liberate soprattutto di notte.

Molti pollini aerotrasportati (forse la maggior parte) sono emessi di giorno, sebbene i piccoli picchi secondari possano essere registrati dopo il crepuscolo con l'aria più fresca, i pollini pesanti cadono verso la superficie. Questo fenomeno aumenta soprattutto quando cala la velocità di vento.

La presenza di pollini nell'aria dipende anche dall'abbondanza delle corrispondenti piante produttrici e da fattori di rilascio e di dispersione. Per produrre pollini allergenici una pianta deve rispondere ai 5 postulati formulati da Thommen nel 1930 (8) :

- 1 - essere prodotta da semi;
- 2 - essere distribuite ampiamente sul territorio;
- 3 - produrre una larga quantità di pollini;
- 4 - produrre pollini leggeri e aerodinamici;
- 5 - produrre pollini allergenici

Esistono tuttavia alcune eccezioni ai postulati di Thommen, come la Mimosa, che è polline ad impollinazione entomofila e di grandi dimensioni (è una poliade, cioè è formato da più granuli aggregati), quindi poco aerodinamico. La Mimosa (*Acacia floribunda* o *Acacia dealbata*) ha una potenziale azione allergenica in soggetti ad essa esposti intensivamente (floricoltori o persone che vivono in prossimità della pianta) (9). Per le sue caratteristiche di scarsa volatilità è stata definita anche “pollinosi da vicinato”.



Fig. 24 - Pianta di Mimosa

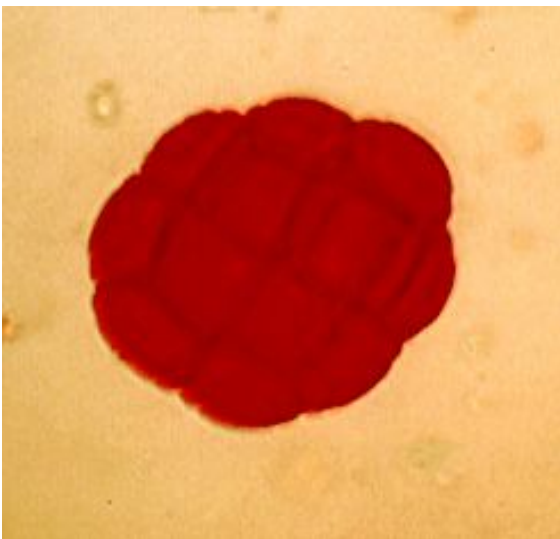


Fig. 25 - Polline di Mimosa

DOSE SOGLIA

Uno degli obiettivi dei primi studiosi delle pollinosi è stato quello della definizione di una dose soglia, ovvero la definizione di quella dose di concentrazione atmosferica “minima” al di sopra della quale i soggetti allergici ad una determinata specie allergenica possono cominciare a sviluppare sintomatologia. In passato, in Gran Bretagna (10) si era definita una dose soglia di 20 granuli per metro cubo per le Graminacee. Per l’Ambrosia la dose soglia sarebbe di 7-9 granuli per metro cubo (11). Tuttavia una dose soglia valida in assoluto, per ogni singola specie, non sembra facile da definire ma molto variabile, di volta in volta. In alcune stagioni con conte polliniche molto basse i pazienti possono avere sintomi gravi. La severità dei sintomi non sembra essere correlata alle conte polliniche. Ciò ci indurrebbe a credere che ogni paziente possieda una propria soglia individuale e che quando il conteggio supera un dato livello numerico i sintomi saranno gravi,

indipendentemente se le concentrazioni di quel polline siano alte o relativamente basse. Probabilmente la soglia individuale varia a seconda delle precedenti esposizioni. In effetti si nota, nella pratica corrente, che nei periodi prima della fioritura le dosi di provocazione nasale dei soggetti è molto più elevata che al termine della fioritura. Già nel 1969 Connel (12) descrisse il cosiddetto “priming effect” per cui per ottenere una provocazione nasale positiva con allergene pollinico specifico, fuori della stagione, necessitava minor dose d’estratto, alle provocazioni successive. Ne deriva che un paziente pollinosico, una volta innescata la flogosi mucosale stagionale sarà più sensibile, nel corso della stagione stessa, anche a concentrazioni polliniche più basse di quelle iniziali. Bisogna considerare che, accanto alla stimolazione pollinica, anche altri fattori possono modificare la reattività individuale del soggetto allergico come, per esempio, l’umidità relativa, la temperatura dell’aria, eventuali infezioni delle prime vie aeree, esposizione ad altri allergeni, esposizione ad inquinanti chimici. Questa considerazione facilita la comprensione della complessità del problema, di non semplice soluzione.

PARAMETRI METEO

La pollinazione anemofila richiede il rilascio di un’enorme numero di granuli pollinici, nelle condizioni ideali di bassa umidità relativa e di presenza di venti. I fattori meteorologici sono importanti per determinare sia la maturazione sia la liberazione dei granuli pollinici. I parametri più importanti sono rappresentati dall’umidità, dalla temperatura e dalla velocità del vento.

L’umidità ha la proprietà di far chiudere le antere, per cui il polline è trattenuto nella pianta. Il limite d’emissione del polline è situato intorno al 65% d’umidità relativa. Con l’umidità il polline è appesantito e vola meno. Le giornate di pioggia e quelle con alta umidità relativa fanno cadere al suolo i pollini. I pollini veleggiano meglio quando sono disidratati, in quanto più aerodinamici. Una pioggia breve ma intensa risulta più efficiente nell’abbattere i granuli pollinici particelle rispetto ad una pioggerella prolungata (11). L’innalzamento della temperatura facilita la liberazione del polline dalle antere rendendo i pollini meno ricchi d’acqua, con minor peso specifico e quindi più leggeri e volatili. Il vento aumenta la diffusione del polline. Il polline inizia a sollevarsi a partire da valori di velocità del vento superiori ai 3 metri al secondo. Quando la velocità del vento supera i 12-15 km l’ora, i granuli tendono a cadere.



Fig. 26 - Esempio di galleggiamento aereo.

Nella maggioranza di casi, gli aerosols di polline in ambiente indoor sono condizionati dai livelli di polline all'aperto. Per quanto si possa consigliare ai pazienti allergici le classiche misure preventive costituite dal tenere finestre chiuse nelle ore diurne, nei periodi di fioritura, è difficile impedire l'ingresso dei pollini in casa, dove vanno ad arricchire la polvere domestica spesso rischiano di soggiornare anche oltre la stagione di fioritura.

RAGGIO D'AZIONE DEL POLLINE

In condizioni teoriche d'assoluta mancanza di vento il granulo pollinico segue la legge di gravità e cade al suolo ad una velocità, valutata secondo la legge di Stoke, che è (come abbiamo già detto sopra) di circa 7,5 cm al secondo (13). Tuttavia questa situazione è del tutto teorica, in quanto nell'ambiente esterno non esiste mai una stabilità assoluta.

Felber (14) ha sperimentato, in situazione di assenza di vento la dispersione del polline di *Antoxantum odoratum* valutando che il 75% del numero di granuli dispersi si depositava entro 3 metri dalla fonte ed il 93,7% si depositava entro 10 metri dalla fonte. Dunque la maggior parte del polline si deposita in prossimità della pianta che lo origina.

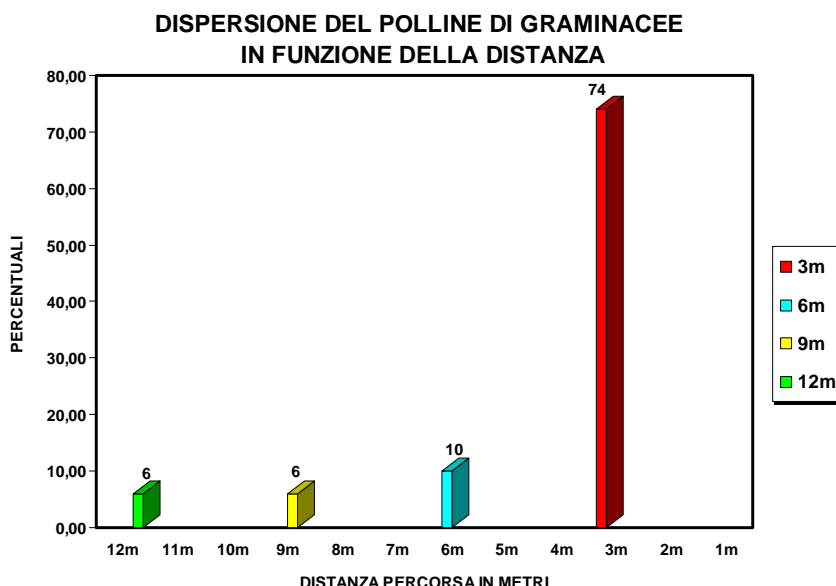


Fig. 27 – Dispersione del polline di graminacee in funzione della distanza (da Felber, modificato)

Tuttavia la distanza percorsa dal polline varia a seconda dell'altezza della pianta che lo produce ed a seconda della velocità del vento. Per esempio, è stato valutato che, se il punto di rilascio fosse all'altezza di un metro da terra, e supponendo una velocità media del vento di 18 Km l'ora, il polline cadrebbe al suolo dopo 67 metri. Diverso il suo percorso se rilasciato da un albero, ad un'altezza di 20 m, in tal caso percorrerebbe 1300 metri circa (13).

Abbiamo visto nel capitolo "Aerosol Biologico" come i pollini possano percorrere anche lunghissime distanze. Questo dipende dal verificarsi di particolari situazioni meteo per cui il polline supera lo stato laminare di confine e si affida alle turbolenze aeree degli strati superiori. In certe situazioni di forte convezione le particelle possono salire anche di migliaia di metri e poi essere trasportate a distanza.

Oltre agli esempi già riportati prima si potrà citare l'esempio classico, in Europa, è quello dei pollini

provenienti dall'Africa del Nord (come pure la sabbia del Sahara) sino in Scandinavia. Un altro esempio è quello dei pollini di betulla provenienti dall'Europa centrale in un periodo in cui questi alberi non fioriscono ancora nei paesi nordici (15). Un altro esempio ancora è dato in Svizzera, dove esistono pollinosi da Ambrosia in tarda estate ben documentate che sembrano conseguenza del trasporto da fonti polliniche francesi, nella valle del Rodano superiore (16). Quando il vento che trasporta il polline è deviato da un ostacolo la legge d'inerzia tende a far precipitare il granulo sull'ostacolo stesso. Le foreste, ad esempio svolgono un ruolo di filtro: da un lato il vento è rallentato nella sua corsa, cosa che favorisce la sedimentazione del polline, d'altro lato le superfici d'impatto sono assai importanti quando il vento è più forte. Questo spiega altresì perché la grande maggioranza degli alberi fioriscono prima dello sviluppo delle loro foglie. I loro pollini sono così dispersi molto più facilmente quando gli ostacoli sono meno numerosi. Lo stesso fenomeno di filtrazione si ritrova nelle vie respiratorie. Al momento di un'ispirazione nasale la maggior parte dei granuli di polline sono trattenuti a livello delle cavità nasali, mentre le particelle più piccole possono scendere più in basso.

In certe circostanze particolari il polline che era stato depositato al suolo può essere rimesso in volo, per esempio da un vento forte. Per esempio nell'area mediterranea, il polline di olivo può essere misurato in piccole quantità in atmosfera al momento della raccolta dei frutti.

Infine granuli depositati al suolo, su superfici asciutte, che quindi non hanno fatto loro perdere il potere antigenico, possono essere risollepati in atmosfera ed iniziare un nuovo viaggio per trovare altri stigmi da fecondare o altre mucose da molestare. Si pone quindi il problema di quanto possa persistere la potenziale attività antigenica di un polline, una volta in atmosfera. Questa eventualità potrebbe spiegare alcune sintomatologie che si verificano fuori stagione.

La nostra già citata esperienza, in cui abbiamo dimostrato che un polline del Cipresso, "vecchio" di sei anni (e conservato a temperatura ambiente) dimostra ancora proprietà allergeniche, sarebbe a favore dell'ipotesi di chi ritiene che, anche fuori stagione e lontano del luogo d'origine, alcuni pollini possano procurare sia sensibilizzazioni sia scatenare sintomatologia.

RITMO CIRCADIANO

Esiste un ritmo circadiano sia dell'emissione polliniche sia delle presenze in atmosfera. Questo varia in funzione della specie della pianta, dell'ambiente in cui cresce e delle condizioni meteorologiche, in particolare da temperatura, umidità relativa e velocità del vento (17).

L'emissione dei pollini avviene, in genere, una o tre ore dopo il sorgere del sole, ma la comparsa dei granuli a livello dei campionatori volumetrici è ritardata in genere di altre 2-4 ore, dovute al periodo di trasporto aereo. L'emissione del polline e la sua liberazione, da parte dell'Ambrosia, avviene normalmente nelle prime ore del giorno. Per le Graminacee sono stati descritti anche picchi nelle prime ore del pomeriggio (11).

PARTICELLE SUB MICRONICHE

Per parecchi anni i ricercatori hanno tentato di spiegare il meccanismo con il quale i pollini allergenici, che hanno tutti una dimensione media superiore ai 10 millimicron, che non permetterebbe loro di raggiungere le vie aeree inferiori, possono causare crisi asmatiche. Negli anni '70 alcuni ricercatori (18,19) provarono a stimolare con allergene specifico il tratto respiratorio di soggetti allergici all'Ambrosia, a diversi livelli. I loro esperimenti non dimostrarono la presenza di riflessi naso-bronchiali per cui prevalse l'ipotesi che le risposte bronchiali non possano essere evocate se gli allergeni non raggiungono direttamente le vie aeree, sotto la glottide.

Michel dimostrò, nel 1977, che granuli di polline possono riuscire a penetrare nelle vie aeree inferiori, ma quest'evento non può considerarsi valido per tutti i granuli pollinici (20). Nella nostra area mediterranea, in particolare, si potrebbe ipotizzare un passaggio diretto alle vie aeree inferiori solo per la Parietaria, il cui diametro medio può andare dai 12 ai 16 millimicron.

Alle luce delle nostre conoscenze sulla rapidità con la quale i granuli pollinici possono liberare il loro contenuto allergenico, una volta a contatto con l'umidità delle mucose umane, si può ipotizzare oramai che siano appunto questi allergeni, liberati dal polline a livello delle prime vie aeree, e quindi inalati direttamente o veicolati da particelle paucimicroniche, a provocare direttamente le vie aeree profonde.

Busse e coll. (19) ed in seguito Solomon e coll (21) avevano già dimostrato che l'Ambrosia liberava, oltre che i propri pollini, delle particelle, più piccole di 5 micron, che avevano potere allergenico e si depositano nelle più basse vie respiratorie.

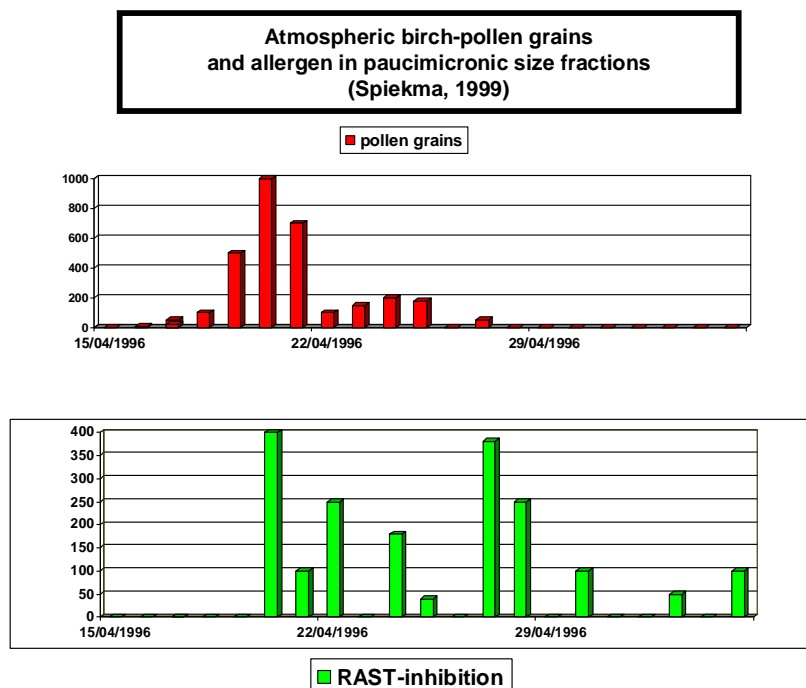


Fig. 28 - Dimostrazione di presenza di particelle allergeniche veicolate da particelle paucimicroniche (modificato da Spiekma, 1999).

Oramai esistono numerose evidenze che testimoniano che gli allergeni pollinici possono essere veicolati non solo dai granuli pollinici ma anche da più piccole particelle che misurano pochi micron e che sono state denominate particelle paucimicroniche e che sono indipendenti dai rispettivi granuli pollinici. Queste microparticelle non sono evidenziabili microscopicamente, ma solo con metodi immunologici e su particolari filtri di campionatori volumetrici ad alta efficienza. L'origine di questo microparticolato potrebbe essere dai pollini stessi, che li libererebbero una volta atterrati su superfici umide. Queste particelle allergeniche "paucimicroniche" (tra i 2 e i 10 millimicron) e particelle "submicroniche" (inferiori a 1 millimicron) potrebbero penetrare direttamente nelle vie aeree inferiori (22). Esse deriverebbero direttamente dai granuli pollinici che le in aria libera.

Questo fenomeno è stato descritto, oltre che per l'Ambrosia, anche per diversi altri tipi di pollini come Graminaceae, Quercia, Betulla, Nocciolo, Cryptomeria japonica, Parietaria (21-27). La presenza di queste particelle allergeniche non trasportate da pollini si verifica non solo durante il periodo di liberazione dei pollini, ma anche prima o dopo. Inoltre, più prolungato tempo di permanenza in atmosfera per le particelle più piccole, dovuta a una stabilizzazione a velocità più basse, potenzialmente aumenta il rischio di esposizione agli allergeni ad esse associati. La necessità di individuare altre fonti allergeniche dirette nasceva anche per la rinite da pollini, nella quale l'esperienza comune a molti specialisti riferisce la comparsa dei sintomi della pollinosi sia prima sia dopo periodi di presenza di polline misurabile in aria. Essi potrebbero spiegare le sintomatologie cliniche insorgenti al di fuori di presenze polliniche atmosferiche.

I risultati di questi studi indicano che vi è necessità di nuove metodiche più accurate di campionamento e di misurazione degli allergeni pollinici per produrre più dati riguardo l'esposizione potenziale dei soggetti sensibilizzati. Ma fino a che queste metodiche non saranno disponibili per osservazioni continue, la semplice conta pollinica resterà sufficiente per informazioni attendibili, considerando la presenza atmosferica di quantità prevalentemente piccole di allergeni dopo la stagione pollinica, e della possibilità di eventuali cross-reattività con altri allergeni, prima della stagione.

TEMPORALI

E' ormai risaputo che prima dei temporali si possono verificare gravi sindromi asmatiche in soggetti sensibili alle Graminaceae. Un capitolo di questo volume è appunto dedicato interamente a questa problematica ("thunderstorm" asma). Qui ricordiamo solo brevemente che, in questi casi, si libererebbero in atmosfera, da questi pollini, dei granuli di amido citoplasmatico detti AMILOPLASTI (di dimensioni inferiori ai 5 millimicron di diametro) (28-35). In particolare i granuli pollinici di Graminaceae, in queste circostanze, subirebbero uno shock osmotico a causa dell'umidità e libererebbero (tramite il poro germinativo) questi granuli, nell'ordine di parecchie centinaia. Queste particelle veicolano sulla loro superficie allergeni delle Graminaceae (Lol p 5 e Phl p 5). La concentrazione atmosferica di questi allergeni è stata misurata 10 volte superiore al normale durante i temporali. A quest'incremento è strettamente correlato statisticamente un egual incremento delle visite al Pronto Soccorso per crisi asmatiche, con un aspetto quasi epidemico. Non bisogna però trascurare il fatto che durante i temporali aumentano sia il vento sia le scariche di elettricità nell'aria che potrebbero avere anch'esse un ruolo asmogeno da iperreattività aspecifica. A rinforzare la genesi allergenica di queste crisi d'asma sta l'evidenza delle ricerche di Suphioglu e coll. (29) che impiegando queste particelle riuscì ad elicitare risposte IgE mediate in pazienti con asma e a produrre broncospasmo con tests di provocazione in 4 pazienti.

PARTICELLE VEGETALI NON POLLINICHE

Per spiegare le origini degli allergeni pollinici, veicolati da particelle non polliniche, sono state avanzate diverse ipotesi come:

- 1) provenienza dell'allergene da parti non polliniche delle piante,
- 2) da granuli di amido dopo rottura dei granuli (amiloplasti),
- 3) dagli orbicoli, al momento della liberazione dall'antera,
- 4) da particelle ambientali che si trovano già in natura,
- 5) da particelle inquinanti a cui questi allergeni aderiscono.

Di alcune di queste ipotizzate sorgenti (come gli amiloplasti e gli orbicoli) abbiamo già discusso. Un'altra fonte controversa è rappresentata dai frammenti di piante. Diversi gruppi di ricerca hanno descritto allergeni, relativamente abbondanti nel polline, che sono presenti anche in parti non fiorali delle piante, ma queste ricerche non sono state confermate da tutti. Inoltre, la facilità di mobilitare allergeni da pollini umidificati ed i vari particolati che sono stati associati con i granuli maturi (esempio: tessuto tappetale) ha suggerito da tempo che più di una frazione aerosolica possa provvedere da vettore per allergeni del polline. C'è da aggiungere che, ipoteticamente, i tessuti vegetali di una stessa specie, potrebbero condividere alcuni determinanti antigenici. Non si può escludere la dispersione in atmosfera di parti di questi tessuti. Potrebbero essere attribuiti a questo meccanismo, per esempio, i sintomi che insorgono durante il taglio dell'erba, nei pazienti allergici a graminacee, anche se in queste circostanze potrebbero essere coinvolti anche altri meccanismi

aspecifici. Altri vettori per gli allergeni possono essere costituiti dalle diverse particelle di aerosol presenti in atmosfera.

Gli allergeni delle Graminaceae sono stati misurati in aerosol costituiti da fini particelle e collegati a granuli di amido ed a particelle derivate dalla combustione di motori automobilistici (scarico diesel) (36). Sollevati dal vento questi allergeni potrebbero essere veicolati da altre microparticelle anemofile come granuli di amido (amiloplasti) o particelle del particolato dell'inquinamento atmosferico (come il particolato dei gas di scarico dei motori diesel) (37). La presenza di queste particelle allergeniche non trasportate da pollini si verifica non solo durante il periodo di liberazione dei pollini, ma anche prima o dopo. Inoltre, un più prolungato tempo di permanenza in atmosfera per le particelle più piccole, dovuta a una stabilizzazione a velocità più basse, potenzialmente aumenta il rischio di esposizione agli allergeni ad esse associati. Le quantità di allergeni prima e dopo la stagione del polline erano ridotte di numero sebbene non assenti. Altri autori, tuttavia, hanno trovato quantità molto grandi di allergeni aerotrasportati da pollini al di fuori della stagione del polline. Fattori meteo possono anche giocare un importante ruolo nella presenza atmosferica di allergeni pollinici veicolati non da pollini ma spesso da particelle paucimicroniche. Difatti il trasferimento di allergene dai granuli di polline all'ambiente, aderendo a particelle naturali o inquinanti, di tutte le dimensioni può spiegare la presenza atmosferica di allergeni pollinici dopo la stagione, quando queste particelle tornano ad essere sospese in aria da eventi meteorologici, come la turbolenza dell'aria. Inoltre, per le loro ridotte dimensioni, queste particelle riescono a volare anche a velocità del vento più basse e possono prolungare il loro tempo di permanenze in atmosfera, aumentando il rischio di esposizione agli allergeni da loro veicolati.

AZIONE ASPECIFICA DEL POLLINE

Il granulo pollinico, lo abbiamo già detto, non trasporta solo allergeni. Recentemente si è dimostrato che, in condizioni di umidità, i pollini possono liberare dei mediatori chimici (tipo eicosanoidi). Questi mediatori sono molto simili strutturalmente ai leucotrieni ed hanno la capacità di reclutare ed attivare, in vitro, i granulociti polimorfonucleati (38). Questa attività può essere allergene indipendente e può agire da adiuvante nella flogosi allergica. S'ipotizza che un processo di "iniziazione dell'allergia" preceda l'interazione cellulare cellula presentante-antigene- allergene, e possa essere il primo passo nel processo di sensibilizzazione atopica prima dell'attivazione del sistema immune. Più recentemente lo stesso gruppo di lavoro tedesco ha dimostrato che i pollini, oltre che la loro funzione di vettori di allergeni, sono ricchi di mediatori chimici che solo rapidamente rilasciati in fase acquosa e possono contribuire a produrre risposte infiammatorie locali con reclutamento eosinofilo. In una nuova visione "olistica", proposta da questi autori i granuli pollinici non sarebbero solo induttori di allergia ma, liberando direttamente mediatori lipidici bioattivi, potrebbero svolgere un ruolo ancora più ampio nel produrre patologia umana (39-40).

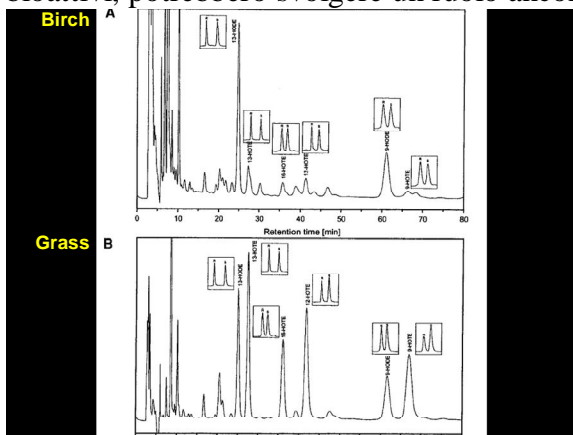


Fig. 29- Presenza di mediatori lipidici all'interno dei granuli pollinici di Betulla e di Graminacee (modificato da Traidl-Hoffmann).

MODELLI PREVISIONALI

Le condizioni climatiche oltre che a determinare l'habitat della pianta condizionano la presenza dei diversi tipi di pollini. E' intuitiva l'utilità di una previsione precisa e tempestiva delle presenze atmosferiche a breve termine di pollini e di spore. Dal momento che la presenza e l'abbondanza di allergeni all'esterno non possono essere controllate, la strategia principale per individui allergici consiste nell'evitare l'esposizione all'esterno agli allergeni.

Nella situazione odierna, in cui, a livello mondiale, si sta configurando un clima sempre più variabile ed imprevedibile, un monitoraggio ambientale permanente è ancor più necessario che in passato, affiancato da modelli previsionali affidabili. Questi modelli previsionali sono numerosi e sempre più complessi (41-47). Si fondano su dati storici, sulle correlazioni con i dati meteorologici ed utilizzano metodologie statistiche. In passato, sono stati usati anche modelli fenologico-climatici (48,49). Negli ultimi tempi sono state utilizzate anche le reti neurali su concentrazioni storiche di pollini totali. Esistono diversi tipi di previsione a breve, a medio ed a lungo termine. L'emissione di polline, per la stessa specie, non è costante negli anni e può variare, da un anno all'altro anche dell'80%. La quantità di polline prodotta è in genere in funzione della temperatura assorbita dal terreno nell'anno precedente (Frenguelli, 1992), cosicché è possibile, per alcune specie (come il Cipresso), definire parametri di previsione. In particolare, nel caso del Cipresso occorre determinare la media della temperatura del mese di luglio per prevedere la quantità di polline totale che sarà prodotta nell'anno seguente (51,52). La temperatura del periodo pre-primaverile è invece determinante per la determinazione della data di inizio fioritura. Inoltre, basandosi su correlazioni con la temperatura e l'umidità relativa, e disponendo di tempestive previsioni meteorologiche, si possono prevedere andamenti pollinici a breve termine, con un margine accettabile di significatività. Benché modelli previsionali continuino a migliorare, i modelli pubblicati falliscono almeno il 25% delle volte e sono disponibili per non tutte le specie polliniche. Purtroppo i sistemi sono ancora insoddisfacenti e questo costituisce un ulteriore campo di ricerca per il futuro. L'illusione di previsioni meteorologiche attendibili (e di conseguenza anche palinologiche) a medio ed a lungo termine avrebbe dovuto svanire già da quando il matematico e meteorologo Edward Lorenz, nel 1972, presentò alla Conferenza annuale della *American Association for the Advancement of Science*, in Washington, la sua teoria del caos da cui ne deriva che una previsione attendibile a lungo termine non è praticamente possibile, in quanto lo spazio delle soluzioni dipende in maniera non lineare dai valori iniziali (53). L'effetto farfalla (l'espressione metaforica della Teoria del Caos), in conclusione, sottolinea come nella maggior parte dei sistemi biologici, chimici, fisici, economici e sociali, esistano degli elementi che, apparentemente insignificanti, sono in grado, interagendo fra loro, di propagarsi e amplificarsi provocando effetti catastrofici. Questi elementi, e perché trascurati, e perché imprevedibili, e perché non individuabili, costituiscono il dilemma del nostro secolo giacché, come abbiamo visto, possono condurci a conclusioni errate (54).



Fig. 30 – La farfalla e la teoria del caos.

I fattori meteo sono diversi ed interagiscono tra loro in maniera così complessa (influenzando sia sul rilascio di polline che sul trasporto) che è difficile utilizzare un singolo parametro (per esempio la velocità di vento) per predire con precisione le future conte polliniche. Piuttosto, il trasporto del

polline è assai condizionato dal volume di aria in cui il polline in questione è immerso e dalle modalità con le quali come le singole particelle si spostano all'interno di quel "volume di mescolamento". Per esempio la presenza di una mattina nuvolosa o il comparire del fenomeno della convezione (con moti aerei ascensionali) può ritardare l'antesi ma anche limitare molto la grandezza del volume d'aria che si mescola, determinando maggiore concentrazione di granuli nei bioaerosols presenti in prossimità del suolo.

Attualmente l'attendibilità media di una previsione pollinica (parallelamente quella di una previsione meteorologica) può essere stimata come di seguito riportato:

- a) sino a 24 h dall'istante di emissione: > 90%
- b) da 24 a 48 h dall'istante di emissione: 80%
- c) da 48 a 72 h dall'istante di emissione: 70%
- d) da 72 a 96 h dall'istante di emissione: 60%
- e) oltre 96 h dall'istante di emissione: decrescente

Ecco dunque che le nostre previsioni polliniche più accurate, correlate costantemente alla situazione meteo attuale, non potranno protrarsi più di 5 o 6 giorni. E' questa appunto la metodica applicata dal sito A.A.I.T.O. www.pollinieallergia.net, che presenta settimanalmente previsioni del futuro andamento pollinico e delle spore fungine per i prossimi 5-6 giorni

BIBLIOGRAFIA

- 1) R. Dawkins, Il gene egoista. La parte immortale di ogni essere vivente (Milano, Mondadori, 1995, ed. orig. 1976).
- 2) Pacini E. Osservazioni botaniche. In: Bottelli R., Falagiani P., Galimberti M., Lenzi G., Pacini E., Rolo J. I Pollini e la Pollinosi. Piccin Editore Padova, 1982.
- 3) Pacini E. Role of Pollen in Plant Physiology and reproduction. In Falagiani P. Pollinosis CRC Press Ed., Florida 1990 pag.3-18
- 4) Erdtman G. Handbook of Palynology. Munksgaard, 1969 Copenhagen.
- 5) Alisi C, Afferni C, Iacovacci P, Barletta B, Tinghino R, Butteroni C, Puggioni EM, Wilson IB, Federico R, Schinina ME, Ariano R, Di Felice G, Pini C. Rapid isolation, characterization, and glycan analysis of Cup a 1, the major allergen of Arizona cypress (*Cupressus arizonica*) pollen. *Allergy*. 2001 Oct; 56(10):978-84.
- 6) Iacovacci P, Afferni C, Butteroni C, Pironi L, Puggioni EM, Orlandi A, Barletta B, Tinghino R, Ariano R, Panzani RC, Di Felice G, Pini C Comparison between the native glycosylated and the recombinant Cup a1 allergen: role of carbohydrates in the histamine release from basophils. *Clin Exp Allergy* 2002 Nov;32(11):1620-7
- 7) Solomon W.R. Airborne pollen: A brief life. *J. Allergy Clin. Immunol*, 2002; 109; 895-900.
- 8) Thommen's Five postulates. In Vaughan WT, Black JH, eds. *Practice of allergy*. 2nd ed. St. Louis: CV Mosby, 1939
- 9) Ariano R, Panzani RC, Amedeo J. Pollen allergy to mimosa (*Acacia floribunda*) in a Mediterranean area: an occupational disease. *Ann Allergy*. 1991 Mar;66(3):253-6.
- 10) Davies R.R., Smith L.P: Forecasting the start and severity of the hay fever system. *Clin Allergy* 1973; 3:263
- 11) Solomon W.R., Platts-Mills T.A. Aerobiology and Inalants Allergens in :*Allergy. Principles & Practice*. Mosby-Year Book, 1998, pag 367-403
- 12) Connel J.T. Quantitative intranasal pollen challenges. III The priming effect in allergic rhinitis. *J Allergy*. 1969; 43:33
- 13) Knox R.B *Pollen and Allergy*. Edward Arnold Ed., London 1979

- 14) Felber F., Clot B. Dispersion du pollen et des graines, distribution des plantes. In : Plantes, Pollen & Allergies. Les Cahiers du Jardin Botanique, vol. 3 Felber F., Clot B., Leimgruber A., Spertini F., Ed. Jardin botanique de l'Université et de la Ville de Neuchatel, 2003.
- 15) Hjelmsroos M. Long distance transport of betula pollen grains and allergic symptoms. *Aerobiologia*, 1992; 8:231-236.
- 16) Frei T. pollen distribution at high elevation in Switzerland: evidence for medium range transport *Grana* 1997; 36: 34-8.
- 17) D'Amato G. Allergia respiratoria da pollini e da miceti. Lombardo Editore Roma, 1981.
- 18) Hoehne J.H., Reed C.E., Where is the allergic reaction in ragweed asthma ? *J. Allergy Clin. Immunol.* 1971; 48:36
- 19) Busse W.W., Reed C.E., Hoehne J.H. Where is the allergic reaction in ragweed asthma ? II. Demonstration of ragweed antigen in airborne particles smaller than pollen. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1972; 50:289
- 20) Michel F.B., Marty J.P., Quet L., Cour P. Penetration of inhaled pollen into the respiratory tract. *Amer. Rev. Resp. Dis.* 1977; 116:789.
- 21) Solomon W., Burge H., Mullemberg M. Allergen carriage by atmospheric aerosol. I: Ragweed pollen determinants in submicronic atmospheric fractions *J. Allergy Clin. Immunol.* 1983;72:443-447
- 22) Schappi G., Suphioglu C., Taylor P., Knox R. Concentration of the major birch tree allergen Bet v 1 in pollen and respirable fine particles in the atmosphere. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1997; 100:656-661
- 23) Agarwal M., Swanson M., Reed C., Yunginger J. Airborne ragweed allergens: association with various particle sizes and short ragweed plant parts. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1984; 687-693
- 24) Spielsma FT, Nikkels AH. Similarity in seasonal appearance between atmospheric birch-pollen grains and allergen in paucimicronic, size-fractionated ambient aerosol *Allergy.* 1999 Mar;54(3):235-41.
- 25) Rantio-Lehtimäki A, Viander M, Koivikko A. Airborne birch pollen antigens in different particle sizes. *Clin Exp Allergy.* 1994 Jan;24(1):23-8.
- 26) Takahashi Y, Nagoya T, Ohta N. Identification of airborne pollen and airborne particles with pollen allergen (Cry j 1, Dac g) by aeroallergen immunoblotting technique *Aerugi.* 2002 Aug;51(8):609-14.
- 27) Taylor PE, Flagan RC, Miguel AG, Valenta R, Glovsky MM. Birch pollen rupture and the release of aerosols of respirable allergens. *Clin Exp Allergy.* 2004 Oct;34(10):1591-6.
- 28) Bellomo R., Gigliotti P., Treoar A., Holmes P., Suphioglu C., Singh M., Knox B. Two consecutive thunderstorm associated epidemics of asthma in the city of Melbourne. The possible role of rye grass pollen. *Med. J. Austr.* 1992;156:834-837
- 29) Suphioglu C., Singh M., Taylor P., Bellomo R., Holmes P., Puy R., Knox R.B. Mechanism of grass-pollen-induced asthma. *Lancet* 1992;339:569-572
- 30) Suphioglu C. Thunderstorm asthma due to grass pollen. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 1998;116:253-260
- 31) Venables KM et al. Thunderstorm-related asthma - the epidemic of 24-25 June 1994. *Clin Exper Allergy* 1997; 27: 725.
- 32) Taylor PE, Jonsson H. Thunderstorm asthma. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2004;4(5):409-13.
- 33) Marks GB, Colquhoun JR, Girgis ST, Koski MH, Treloar AB, Hansen P, Downs SH, Carr NG. Thunderstorm outflows preceding epidemics of asthma during spring and summer. *Thorax.* 2001 Jun;56(6):468-71.
- 34) Newson R, Strachan D, Archibald E, Emberlin J, Hardaker P, Collier C. Acute asthma epidemics, weather and pollen in England, 1987-1994. *Eur Respir J.* 1998;11(3):694-701.
- 35) Schappi GF, Taylor PE, Pain MC, Cameron PA, Dent AW, Staff IA, Suphioglu C. Concentrations of major grass group 5 allergens in pollen grains and atmospheric particles:

- implications for hay fever and allergic asthma sufferers sensitized to grass pollen allergens. *Clin Exp Allergy*. 1999 May;29(5):633-41.
- 36) Knox R.B., Suphioglu C., Taylor P., Desai R., Watson H.C., Peng J.L. Major grass pollen allergen Lol p 1 binds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution *Clin Exp Allergy* 1997; 27:246-51
 - 37) Diaz –Sanchez D., Tsien A., Casillas A., Dotson A.R., Saxon A. Enhanced nasal cytokine production in human beings after in vivo challenge with diesel exhaust particles. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1996; 98: 114-23
 - 38) Traidl-Hoffmann C, Kasche A, Jakob T, Huger M, Plötz S, Feussner I, Ring J, Behrendt H. Lipid mediators from pollen act as chemo attractants and activators of human polymorph nuclear granulocytes. *J Allergy Clin Immunol* 109:831-8; 2002
 - 39) Traidl-Hoffmann C, Kasche A, Menzel A, Jakob T, Thiel M, Ring J, Behrendt H. Impact of pollen on human health: more than allergen carriers? *Int Arch Allergy Immunol.* 2003 May;131(1):1-13.
 - 40) Plotz SG, Traidl-Hoffmann C, Feussner I, Kasche A, Feser A, Ring J, Jakob T, Behrendt H. Chemotaxis and activation of human peripheral blood eosinophils induced by pollen-associated lipid mediators. *J Allergy Clin Immunol.* 2004 Jun;113(6):1152-60.
 - 41) Ashcroft G.L. , Richardson E.A., Seeley S.D. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. *Hort. Science*, 1977;12:347-348
 - 42) Moseholm L., Weeke E., Petersen B.N. Forecast of pollen concentration of Poaceae (grasses) in the air by time series analysis. *Pollen and Spores*, 1987;29:305-322
 - 43) Kawashima S., Takahashi Y. Modelling and simulation of mesoscale dispersion processes for airborne cedar pollen. *Grana*, 1995; 34:142-150
 - 44) Stark P.C., Ryan L.M, McDonald J.L., Burge H.A. Using meteorological data to predict daily ragweed levels. *Aerobiologia* 1997;13:177-184.
 - 45) Norris-Hill J. The modelling of daily Poaceae pollen concentrations. *Grana*. 1995;34:182-188
 - 46) Norris-Hill J. A method to forecast the start of the Betulla, Platanus and Quercus pollen season in North London. *Aerobiologia*. 1998;14:165-170
 - 47) Wolf F., Puls K.E., Bergmann K.C. A mathematical model for mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) pollen forecasts. *Aerobiologia* 1998; 14:359-373
 - 48) Kramer P.J., Kozlowski T.T. *Physiology of Wood Plants*. Academic Press New York, San Francisco, London 1979, pp.688-690
 - 49) Frenguelli G., Bricchi E. The use of the pheniclimatic model for forecasting the pollination some arboreal taxa. *Aerobiologia*. 1998;14:39-44
 - 50) Frenguelli G., Bricchi E., Romano B., Mincigrucci G., Ferranti F., Antognozzi E. The role of the air temperature in determining dormancy release and flowering of *Corylus avellana* L. *Aerobiologia* 1992;8:415-418
 - 51) Ariano R, Panzani RC, Chiapella M, Augeri G. Pollinosis in a Mediterranean area (Riviera Ligure, Italy): ten years of pollen counts, correlation with clinical sensitization and meteorological data. *J Invest Allergol Clin Immunol.* 1994 Mar-Apr;4(2):81-6.
 - 52) Ariano R., Passalacqua G., Panzani R., Scordamaglia A., Venturi S., Zoccali P., Canonica G.W. Airborne pollens and prevalence of pollinosis in western Liguria: a 10-year study. *J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.* 1999; 9(4): 229-34.
 - 53) Lorenz E. N. Deterministic non periodic flow. *J. Atmos. Sci.* 20: 130-141
 - 54) Gleick J. *Caos*. Milano, Rizzoli, 1989