

8.1 Il contributo della palinologia

Elisabetta Brugiapaglia e Anna Maria Mercuri

Le specie vegetali appartenenti alle Tracheophyta producono quantità spesso rilevanti di polline e spore che, viventi o fossili, sono l'oggetto di studio principale della Palinologia. Questa scienza si occupa in senso lato anche di altri sporomorfi quali, ad esempio, cisti di dinoflagellati, altri elementi algali, elementi fungini e spore di Briofite.

Il termine "Palinologia" fu proposto per la prima volta nel 1944 dai botanici inglesi Hyde e Williams per indicare la 'scienza delle particelle polverulente - polline e altri palinomorfi - galleggianti in aria'. La parola è ispirata al verbo greco παλυνειν - palynein = diffondere, disperdere, che ha assonanza con il greco *paipále* e il latino *pollen*, lemmi traducibili entrambi in 'fior di farina'.

La storia in breve - Gli antichi conoscevano empiricamente il ruolo del polline di alcune piante utili e attuavano l'impollinazione artificiale. Ne sono testimonianza i testi cuneiformi di Ur (2300 a.C.; Wrigley, 1995) e i bassorilievi del palazzo del re assiro Ashurnasirpal II (895-883 a.C.) che rappresentano figure mistiche nell'atto di agitare le infiorescenze maschili della palma da dattero sopra quelle femminili (Pacini, 1987). Erodoto contribuisce all'avanzamento delle conoscenze in questo campo, e Plinio (*Naturalis historia*, XIII, 35) cita l'uso di spargere polline sui fiori femminili delle palme per ottenere frutti.

Bisogna però arrivare al secolo XVI perché l'idea che le piante abbiano due sessi caratterizzati da strutture distinte cominci ad essere accettata. Alla fine del XVII secolo, Camerarius dimostra che l'ovulo di una pianta non può svilupparsi in seme senza essere stato prima sottoposto all'azione del polline che si trova sugli stami, sesso maschile della pianta (Pons, 1970).

Solo nella seconda metà del XVII secolo, grazie alla scoperta del microscopio ottico, diventa possibile intraprendere i primi studi sulla morfologia dei granuli pollinici. Le prime descrizioni corredate da disegni sono fornite quasi contemporaneamente dall'inglese Grew e dall'italiano Malpighi (Accorsi et al., 2005). Nel XVIII secolo, Kolreuter, Sprengel e Amici svolgono studi sulla fecondazione. All'inizio del XIX secolo, Bauer, pittore botanico alla corte del re Giorgio III, realizza il disegno del polline di 175 specie riconoscendo le loro forme essenziali. Purkinje, nel 1830, caratterizza il polline delle principali famiglie e, grazie al progresso tecnico del microscopio, nel 1834 Von Mohl realizza una classificazione dei tipi pollinici. Alla fine del XIX secolo, Fischer pone le basi per le attuali conoscenze della parete pollinica.

La nascita dell'analisi pollinica, cioè l'analisi statistica del contenuto di polline e spore in un substrato, è generalmente attribuita agli studi di von Post, geologo svedese che nel 1916 presenta i primi diagrammi pollinici ottenuti da sedimenti (Faegri et al., 1989). Nel 1934, Raistrick dimostra la possibilità di utilizzare la palinologia a fini stratigrafici, consolidando uno dei settori più prolifici della palinologia applicata allo studio di substrati del passato o **Paleopalinologia**. Negli stessi anni, Firbas intuisce la possibilità di rintracciare nei diagrammi pollinici influenze antropiche sulla vegetazione, un aspetto che porterà in tempi più recenti allo sviluppo della *Archeopalinologia* o studio del polline in siti antropizzati.

In realtà già prima di von Post, nel 1835 Kirkman, essendo lui stesso allergico, era riuscito ad individuare la natura del polline responsabile del raffreddore da fieno, un disturbo genericamente conosciuto sin dal XVI secolo. Da quelle prime osservazioni si sarebbe poi sviluppata nel XX secolo la *Aeropalinologia* o studio del polline diffuso in aria, uno dei settori più importanti della Palinologia applicata allo studio di substrati attuali o **Actuopalinologia**. Una dettagliata descrizione della storia delle pollinosi è riportata in un recente contributo di Zanca (2006)

Inoltre, già nel 1895 Pfister aveva scritto il primo lavoro sull'analisi pollinica dei mieli, mettendo in relazione lo spettro pollinico del miele con il suo odore, il suo gusto e la sua origine botanica. In quegli anni vari studiosi iniziarono a dedicarsi a questo particolare ramo della palinologia, la

Melissopalinoologia, che ha avuto un ruolo fondamentale per la caratterizzazione, commercializzazione e controllo di qualità dei mieli, nonché per la conoscenza della flora apistica e del comportamento delle api (Ricciarelli D'Albore e Persano Oddo, 1981).

Nel 1935, Wodehouse, sintetizza le informazioni fino ad allora conosciute e pubblica "Pollen grain" che rappresenta ancora oggi un riferimento per la materia (Wodehouse, 1935). Nel 1943, Erdtman raccoglie i dati di trenta anni di osservazioni, classifica polline e spore secondo un ordine sistematico e produce quella che ancora oggi è ritenuta tra le migliori opere di introduzione alla palinologia con dettaglio sugli aspetti propri della **Morfopalinoologia**, descrizione analitica dei granuli, e illustrazione delle possibili applicazioni che hanno trovato sviluppo fecondo dopo di lui (Erdtman, 1943; Nilsson e Praglowski, 1992).

Un oggetto di studio speciale – Secondo le parole di Erdtman (Nilsson e Praglowski, 1992), 'I granuli pollinici possiedono forse la più larga distribuzione nello spazio e nel tempo di ogni altra parte vegetale'. In effetti, molte proprietà rendono i granuli di polline un oggetto di studio davvero straordinario: essi sono innumerevoli, (quasi) eterni, diversi nei vari taxa e quindi riconoscibili, microscopici e ben definiti, diffusibili e (quasi) ubiquitari (Accorsi et al., 2005).

Le caratteristiche intrinseche al granulo pollinico che ne fanno uno strumento versatile e utile in tutte le applicazioni della Palinologia sono essenzialmente due (Faegri et al., 1989; Mercuri, in stampa):

specificità - ogni specie vegetale possiede un polline con morfologia tipica, grazie alla quale "determinare il polline" significa riconoscere sempre la famiglia (Gramineae, Urticaceae), in qualche caso la sottofamiglia (Asteroideae, Cichorioideae), spesso il genere (*Pinus*, *Quercus*) e raramente anche la specie botanica (*Neurada procumbens*) che l'ha prodotto; spesso morfologie simili sono incluse in 'tipi pollinici' (*Juniperus* tipo, include specie di ginepro e cipressi; Moore et al., 1991);

resistenza - il polline è rivestito da uno sporoderma il cui strato esterno, l'esina, è dotato di resilienza, si conserva a lungo in substrati diversi, resta riconoscibile anche dopo lungo tempo e sopporta anche i metodi di estrazione più drastici ma necessari per l'analisi. In genere, la presenza di combustione e incendi, ossidazione e substrati fortemente alcalini pregiudicano la conservabilità dell'esina (Havinga 1984; Berglund e Ralska-Jasiewiczowa, 1986).

La morfologia pollinica - Molte e diverse sono le forme di polline, e la Morfopalinoologia si occupa del loro studio. Come detto sopra, osservando un polline o una spora è possibile risalire all'identità della pianta che lo ha prodotto grazie ai numerosi parametri diagnostici che, nonostante le ridotte dimensioni, li caratterizzano (Erdtman, 1943; Moore et al., 1981; Faegri et al., 1989; Forlani, 1989; Accorsi et al., 2005):

Raggruppamento - La maggioranza dei granuli pollinici sono emessi dalla pianta sotto forma di elementi isolati o monadi (Gramineae, *Quercus*), talvolta ancora riuniti in tetradi (Typhaceae, Ericaceae), poliadi (Mimosoideae), fino a un numero elevato di granuli in parte fusi tra loro in una *massula* o in più *massulae* dette *pollinium-ia* (Orchidaceae; Asclepiadaceae); assai rare sono le diadi (Scheuchzeriaceae) e le pseudotetradi (Cyperaceae).

Polarità - Assimilando il polline ad un 'microscopico mondo', su di esso possono essere individuati un equatore e due poli. Il polo rivolto verso il centro della tetrade viene detto *polo prossimale*, il polo opposto è detto *polo distale*. La retta che passa attraverso i poli è l'*asse polare*, la linea sulla superficie del granulo a metà tra i due poli è l'*equatore* che poggia sul *piano equatoriale*.

Simmetria – Come in molti oggetti tridimensionali, in ogni polline è possibile riconoscere una simmetria *raggiata* rispetto a un asse, o *bilaterale* rispetto a un piano; se assi e piani di simmetria non esistono, il polline è *asimmetrico*.

Forma - Da sferoidale a tetraedrica in relazione alla disposizione dei granuli nella tetrade, la forma è definita dal rapporto tra gli assi Polare ed Equatoriale (P/E, nei granuli radiosimmetrici; P/E1-E2, nei granuli bilaterali). In questo modo, si avranno: per P/E=1 forma *sferica*, per P<E forma *oblata* (da

suboblata a peroblata: granulo schiacciato ai poli), per $P > E$ forma *prolata* (da subprolata a perprolata: granulo schiacciato all'equatore).

Perimetro - Descrive il profilo del granulo secondo due visioni fondamentali: *visione polare* (un polo è al centro del campo visivo dell'osservatore) e *visione equatoriale* (l'equatore è al centro).

Aperture - Le aperture sono aree dell'esina a minore resistenza che regolano il volume del granulo pollinico in relazione all'umidità esterna e possono facilitare la germinazione del tubetto pollinico. Le aperture possono essere situate al polo, all'equatore o su tutta la superficie del granulo. La loro forma è circolare (*poro*) o allungata (*colpo*), e possono esistere combinazioni delle due (*colporo*). Il numero delle aperture varia, da nessuna (polline inaperturato – ad esempio *Laurus*) a un centinaio circa (polline pantoporato – Malvaceae).

Dimensioni - Il polline ha dimensioni variabili tra le diverse specie, con lunghezze degli assi principali prevalentemente tra 22 e 35 μm ; agli estremi possono trovarsi granuli da 5 a 300 μm .

Sporoderma - La parte vivente del granulo pollinico è circondata da una complessa parete denominata sporoderma, formata da due strati sovrapposti: - l'*intina* interna che sparisce alla morte del contenuto cellulare, - l'*esina* esterna formata da sostanze molto resistenti, le sporopollenine. L'esina è composta da due strati: endoesina ed ectoesina. L'*endoesina* è omogenea, continua e senza variazioni dello spessore ad esclusione delle zone prossime alle aperture; l'*ectoesina* presenta delle granulazioni il cui sviluppo e distribuzione danno origine a diversi tipi di esina (Faegri e Iversen, 1989).

La migliore metodologia di osservazione per l'analisi della *struttura* (comprendente l'insieme delle caratteristiche interne delle columelle e del tetto) e delle *sculture* (comprendente le ornamentazioni geometriche esterne all'esina), è la cosiddetta "illuminazione di Köhler": si effettua con il microscopio ottico a luce trasmessa osservando il granulo secondo il metodo della L.O. analisi (Luce-Oscuro) che consiste nell'osservare nel centro del campo del microscopio una piccola superficie dell'esina, assimilabile ad un piano, nella quale si realizzano diverse messe a fuoco in tutto lo spessore dell'esina, dalla sommità delle sculture fino all'endoesina; con questo metodo, un elemento in rilievo apparirà prima luminoso poi oscuro (Bertrand, 1961; Reille, 1990).

Un altro modo di osservare i granuli pollinici è attraverso la microscopia elettronica, grazie alla quale è stato possibile studiare la superficie dell'esina e, attraverso le sezioni ultrasottili, la struttura del granulo pollinico (Figura 1).

L'aspetto del polline 'fresco', osservato a partire dalla raccolta sulla pianta, è generalmente diverso da quello del polline 'fossile' che, in seguito a deposizione e inclusione in vari substrati, appare dopo un certo tempo privo di citoplasma e intina. Il contenuto cellulare e le sostanze oleose che talvolta circondano il polline, infatti, lo rendono piuttosto opaco. Per questo, alcuni dei parametri sopra descritti, come ad esempio l'esina, sono generalmente meno visibili su materiale fresco o secco da erbario piuttosto che su materiale privo di citoplasma e intina.

È dunque opportuno, per facilitare il riconoscimento del polline, sottoporlo a un trattamento che ne distrugga il contenuto e ne metta in evidenza la parete sporopolleninica. Tale trattamento, detto acetolisi (Erdtman, 1960), rende il polline assai simile a quello fossile, ed è dunque indispensabile per gli studi paleopalinologici. In molti studi actuopalinologici, invece, il polline è spesso catturato su strisce adesive e in ogni caso osservato fresco secondo il metodo di Wodehouse (Trevisan et al., 2003).

Polline fresco e acetolizzato richiedono descrizioni complementari ma diverse, entrambe oggetto della Morfopalinologia. Quest'ultima permette la descrizione e sistematizzazione del polline, porta a raggruppare forme affini sotto lo stesso nome con creazione di 'tipi pollinici' e permette la redazione di chiavi, schede e atlanti iconografici. Tra le chiavi più utilizzate sono Faegri e Iversen (1989) e Moore et al. (1991), e tra gli atlanti Reille (1992, 1995, 1998); per una revisione bibliografica mondiale si veda Hooghiemstra e van Geel (1998).

Le applicazioni della Palinologia - La Morfopalinologia funge necessariamente da base per le diverse ricerche palinologiche che appartengono sostanzialmente a due tipologie:

a) di base, con studi morfologici, citologici, tassonomici e di biologia riproduttiva. Ad esempio, la Palinologia ha contribuito alla gerarchizzazione dei vegetali; il suo maggiore contributo è a livello del genere. In particolare: 1 – l'analisi pollinica può permettere di precisare in quale famiglia deve essere posizionato un genere considerato ambiguo (ad esempio, *Astilbe*, Saxifragaceae, che si può confondere con *Spiraea*, Rosaceae); 2 – la morfologia pollinica può contribuire al raggruppamento dei generi nelle sottofamiglie (ad esempio, nelle Ulmaceae si distinguono due sottofamiglie: Ulmoideae e Celtoideae che sono omogenee anche per quel che riguarda la morfologia fiorale, ma hanno rispettivamente il polline stefanoporato rugulato la prima e triporato psilato o scabrato la seconda; Zavada 1983); 3 – lo studio palinologico può contribuire a decidere se un gruppo di specie merita lo *status* di genere (ad esempio, nelle Cistaceae, specie assai affini potevano essere considerate ugualmente appartenenti sia al genere *Cistus* che al genere *Halimium*, ma la differenza pollinica ha consentito di prendere in considerazione l'esistenza del genere *Halimium* e suddividere i due generi. Dansereau, 1939).

b) di tipo applicativo, con esame di substrati anche assai diversi tra loro. Riguardo a questo aspetto, e a seconda dei campi di studio, la Palinologia può essere suddivisa in vari settori: a) Aeropalinologia, polline e spore attuali diffusi in aria, b) Briopalinologia, polline attuale catturato nei muschi, licheni e altre piante a cuscinetto che fungono da trappole naturali, c) Melissopalinologia, polline nei mieli e in altri prodotti apistici, d) Farmacopalinologia, polline nei prodotti erboristici e droghe in genere, e) Bromatopalinologia, polline negli alimenti, f) Copropalinologia, polline negli escrementi; g) Criminopalinologia, o Palinologia Forense, polline in substrati vari legati a indagini forensi, h) Speleopalinologia, polline e spore conservati in grotta; i) Paleopalinologia, polline e spore fossili conservati in depositi marini, lacustri, torbiere, suoli, l) Archeopalinologia, in siti interessati da presenza antropica (Pearsall, 1989; Moore et al., 1991; Nilsson e Praglowski, 1992; Trevisan Grandi e Bosi, 1999; Caramiello e Arobba, 2003; Trevisan et al., 2003). Questi settori possono a volte essere strettamente collegati tra loro: così, ad esempio, lo studio del polline in aria può essere eseguito integrando analisi brio- e aero- palinologiche, lo studio di un sito archeologico può includere analisi copro- e archeo- palinologiche, una indagine criminalistica può richiedere analisi da essudati umani, muschi e terricci implicando talvolta collegamenti tra dati aero-, brio- e paleo- palinologici.

Tecniche di trattamento e conservazione

Alcuni metodi permettono una preparazione rapida e semplice del materiale pollinico partendo dal prelievo sulla pianta e da *exiccata*. Ad esempio, il metodo introdotto da Wodehouse utilizza alcool etilico: il materiale da esaminare, posto su un vetrino portaoggetto, è lavato diverse volte in alcool fino ad eliminazione totale delle sostanze oleose che circondano il polline. Questo metodo rapido e semplice permette di ottenere granuli 'freschi', chiari e facilmente osservabili al microscopio ottico a luce riflessa.

Un metodo che consente invece di eliminare completamente il citoplasma e l'intina, rendendo più scura ed evidente l'esina, è l'acetolisi introdotta da Erdtman (1960). Essa comprende i seguenti passaggi:

- disidratazione del materiale con acido acetico,
- bollitura a bagno maria a 80°-100° in soluzione acetolitica (nove parti di anidride acetica e una parte di acido solforico),
- lavaggi successivi in acqua distillata, centrifugazione (circa 5-7 min. a 2700 giri/min) e decantazione del surnatante,
- eventuale lavaggio in alcool,
- eventuale filtrazione con setacci a maglie di ca. 300 µm,
- inclusione del materiale in acqua e glicerina (50% v/v), glicerina pura o gelatina glicerinata,

- i residui sono montati in vetrini lutati con paraffina.

Questo metodo consente di ottenere granuli pollinici e spore che si conservano e possono essere osservati anche molti anni dopo la loro preparazione.

L'estrazione del polline dai substrati nei quali può essere presente (aria) o rimasto intrappolato (suoli, mieli, abiti, ecc...) richiede, invece tecniche specifiche e più o meno complesse per le quali si rimanda a testi specialistici (Moore et al., 1991; Nilsson e Pragowski, 1992; Caramiello, 2005).

La Palinoteca

Per ottenere una determinazione uniforme e corretta, che è alla base dell'analisi pollinica, è di fondamentale importanza l'uso di una collezione di vetrini di confronto o Palinoteca (figura 2). Questa collezione è un riferimento indispensabile per il palinologo che può aumentare la propria esperienza attraverso l'osservazione di polline di provenienza nota, visibile in molti esemplari e in molte posizioni nello stesso vetrino.

Nell'accezione più comune, la Palinoteca è *una collezione di vetrini fissi di polline raccolto da erbario e utilizzato come materiale di confronto per ottenere accurate identificazioni.*

Traverse (1965) consiglia di raccogliere il materiale pollinifero da campioni d'erbario preferendo gemme fiorali in antesi per la maggior parte dei casi, e strutture non ancora aperte per gli amenti di Angiosperme e gli strobili di Gimnosperme. Per prevenire contaminazioni, inoltre, egli suggerisce di prelevare il polline da fiori appena aperti in ambiente chiuso come è ad esempio in laboratorio. Ogden et al. (1974) descrivono brevemente la preparazione e archiviazione di bustine contenenti polline, nonché l'allestimento di esemplari d'erbario. Faegri e Iversen (1989) pongono attenzione sui vantaggi e la corretta manutenzione di una collezione di riferimento. Sebbene nessun autore entri troppo in dettaglio sulle modalità di prelievo del materiale pollinifero, sono spesso descritte le tecniche di preparazione e inclusione per l'allestimento di vetrini, principalmente montati in acqua e glicerina, gelatina glicerinata od olio di silicone.

Una ricca Palinoteca è fondamentale per sviluppare a pieno le potenzialità della Palinologia (Torri et al., 2005). Una collezione completa consente studi sulla fenologia e biologia delle specie, nonché il riconoscimento del polline che diviene così utile in tutti gli ambiti applicativi sopra descritti.

Perché tale collezione abbia validità è assai importante che la pianta scelta per allestire il vetrino di polline sia stata determinata correttamente. Ogni esemplare, dunque, dovrebbe essere conservato in un erbario, permettendo così qualunque verifica e preparazioni ripetute del campione pollinico. Ogni campione pollinico dovrebbe riportare lo stesso numero del relativo campione d'erbario. La descrizione e identificazione di ciascun polline dovrebbe essere basata su diversi campioni presi da esemplari d'erbario raccolti in un'ampia area geografica, in anni diversi e possibilmente trattati secondo tecniche diverse. In questo modo, è più probabile ottenere una buona panoramica della variabilità intraspecifica.

Oltre all'erbario, una Palinoteca è organizzata nelle seguenti sezioni (Faegri et al., 1989; Mercuri, 2006):

Buste - il polline prelevato con le pinzette è posto in bustine di carta confezionate al momento, inserite in buste di carta più grandi sulle quali si riportano: a) nome della specie, b) data di raccolta, c) luogo di raccolta, d) autore della raccolta, e) riferimento all'esemplare in erbario. Le buste devono essere lasciate asciugare all'aria prima di riporle (in ordine alfabetico per nome, comune o scientifico) in apposito contenitore;

Schedario - ad ogni busta corrisponde una scheda cartacea o informatizzata;

Vetrini - almeno due vetrini fissi per ogni busta sono allestiti in laboratorio, corredati da un'etichetta che riporti gli stessi dati scritti sulla busta. I vetrini dovrebbero essere allestiti con polline sia **'fresco'** (analisi actuopalinologiche) sia **'acetolizzato'** (ad es., analisi paleopalinologiche). In questo secondo caso, il materiale è prima sottoposto ad acetolisi, poi in parte è utilizzato per i vetrini e in parte può essere conservato in microprovette o tubetti.

I vetrini, posti in scatole portavetrini, possono essere classificati secondo criteri diversi:

a) morfologici (in particolare, criterio NPC = Numero – Posizione – Carattere delle aperture, di Erdtman, 1969),

b) geografici (provenienza dei campioni da località diverse),

c) tematici (preparati da substrati diversi relativi ai settori di ricerca, ad esempio aero- melisso- o archeo- palinologia),

d) nominali (attribuibili a uno specifico autore). Ad esempio, presso il Laboratorio di Palinologia dello Swedish Museum of Natural History, a Stoccolma, è oggi conservata la collezione storica di vetrini di Erdtman che contiene molti importanti ‘tipi’, con relative descrizioni e disegni.

Nell’insieme, a seconda della finalità e con i termini usati dal Royal Alberta Museum (www.royalalbertamuseum.ca/pma.htm), si può parlare di due tipi di collezione:

- ‘*Reference Collection*’, contenente il vero e proprio materiale di riferimento, a disposizione e consultabile da parte di tutti gli studiosi,

- ‘*Working Collection*’, relative a materiali e siti studiati nel laboratorio e dunque in genere di minore divulgabilità.

In molti casi, oggi, le collezioni sono completate da banche date e iconografie consultabili anche in rete. Lo sviluppo delle tecniche di analisi d’immagine e foto digitali rende possibile disporre di un gran numero di fotografie con buona risoluzione (a 1000 ingrandimenti). Le collezioni iconografiche da palinoteche offrono la possibilità di ampliare la collezione di ciascun laboratorio e, soprattutto, di conoscere polline di flore di aree geografiche lontane e non sempre facilmente campionabili. La Palinoteca *virtuale* può essere proficuamente affiancata a quella *reale*, ma non dovrebbe mai sostituirla completamente perché l’esplorazione diretta del vetrino di riferimento permette una conoscenza migliore e offre l’indubbio vantaggio di osservare molte posizioni, eventuali anomali e variabilità intraspecifiche.

Alcuni siti internet in cui sono disponibili palinoteche virtuali

<http://pollen.anu.edu.au/pollensearch.phtml>

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/>

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/apd.html>

<http://pollen.usda.gov/index.htm>

<http://geography.berkeley.edu/ProjectsResources/PollenKey/byFamiliesAll-in-1.html>

<http://paldat.botanik.univie.ac.at/index.php?page=home>

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/sem/nucastl.html>

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/sem/semuofa.html>

<http://www.kv.geo.uu.se/pc-intro.html>

<http://www.kv.geo.uu.se/chile/pollen.html>

<http://www.geo.arizona.edu/palynology/sem/uppsala.html>

Bibliografia

Accorsi C.A., Bandini Mazzanti M., Forlani L., Mercuri A.M., Trevisan Grandi G., 2005 - Il polline e l’archeopalinologia. In: Caneva G. “La biologia vegetale per i beni culturali.” Vol. II. Nardini editore, pp. 30-46.

Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa M., 1986 – Pollen analysis and pollen diagrams. In: Berglund B.E. (ed.), “Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology”, Chichester, pp. 455-484.

Bertrand L., 1961 - De l’intérêt de la L.O. analyse pour l’étude de sculptures de l’ectexine des grains de pollen. 86è Congrès des Sociétés savantes: 605-611.

Caramiello R., 2005 – Metodologie d'indagine ed elaborazione dati. In: Caneva G. “La biologia vegetale per i beni culturali.” Vol. II. Nardini editore, pp. 396-404.

Caramiello R., Arobba D., 2003 – Analisi palinologiche. In “Manuale di archeobotanica-Metodiche di recupero e studio”. Franco Angeli, Milano.

Dansereau M., 1939 – Monographie du genre *Cistus* L. Thèse Fac. Sc. Genève

Erdtman G., 1943 – An introduction to pollen analysis. Waltham Mass., USA.

Erdtman G., 1960 - The acetolysis method, a revised description. Svensk.Bot. Tidskr., 54, pp. 561-564.

Erdtman G., 1969 – Handbook of Palynology. Munksgaard, Copenhagen.

Fægri K., Iversen J., 1989 - Textbook of Pollen Analysis. Wiley & Son, London.

Forlani L., 1989 – La morfologia del polline. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 19 (329): 525-631.

Havinga A.J., 1984 - A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types. Pollen Spores 26: 541–558.

Hooghiemstra H., van Geel B., 1998 - World list of Quaternary pollen and spore atlases. Review of Palaeobotany and Palynology, 104, pp. 157-182.

Mercuri A.M., in stampa – Archeopalinologia e contesti di culto. In: Fiorentino G. (a cura di) ‘Seminario di Studi di Bioarcheologia - Uomini, piante e animali nella dimensione del Sacro’ (28-29 giugno 2002, Cavallino, Lecce).

Mercuri , 2006 – 7P. Una collezione da specialisti: la palinoteca. In: Giardini M. e Mercuri A.M. (a cura di), ‘Laboratorio di Botanica. Esperienze pratiche guidate per gli Alunni delle Scuole Medie di Primo e Secondo grado I. Palinologia-Paleobotanica-Bioritmi vegetali e Fenologia’, Edizioni Nuova Cultura, Roma, pp. 31-32.

Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E., 1991 – Pollen analysis. Blackwell Sc. Publ., Oxford.

Nilsson S. & Praglowski J., 1992 - *Erdtman's Handbook of Palynology*. Munksgaard, Copenhagen.

Ogden E.C., Raynor G.S., Hayes J.V., 1974 - Manual for sampling airborne pollen. New York, Hafner Press.

Pacini E., Franchi G.G., 1987 – Il polline: biologia e applicazione. Quaderni di Biologia. Piccin, Padova.

Pearsall D.M., 1989 - Palaeoethnobotany. Academic Press, San Diego.

Pons A., 1970 – Le pollen. «Que sais-je » n. 783. Presse Universitaire de France.

Reille M., 1990 – Leçon de palynologie et d'analyse pollinique. CNRS.

- Reille M., 1992 - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Marseille.
- Reille M., 1995 - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 1, Marseille.
- Reille M., 1998 - Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 2, Marseille.
- Ricciardelli D'Albore G., Persano Oddo L., 1981 - Flora Apistica Italiana. Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria, Firenze.
- Torri P., Trevisan Grandi G., Accorsi C.A., 2005 – Palinoteca e Corsi Universitari di Palinologia. *Informatore Botanico Italiano*, 37 (1, parte B): 940-941.
- Traverse A., 1965. Preparation of modern pollen and spores for palynological reference collections. In: Kummel B., Raup D. (eds.), 'Handbook of Paleontological Techniques', San Francisco, Freeman, pp. 598-613.
- Trevisan Grandi G., Bosi G., 1999 - Palinologia, questa sconosciuta... o no? *Allionia*, 36, pp. 121-132.
- Trevisan Grandi G., Popoli G., Accorsi C.A., 2003 – Criminopalinologia: guida metodologica per il medico legale. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, 133: 140-81.
- Zanca M., 2006 – Palinologia e pollinosi: analisi storica. *Giornale Europeo di Aerobiologia*, 1: 3-10.
- Zavada M., 1983 - Pollen morphology of Ulmaceae. *Grana* 22: 23-30.
- Wodehouse R.P., 1935 – Pollen grain. Their structure, identification and significance in science and medicine. McGraw-Hill, New York.
- Wrigley G., 1995 – Date palm *Phoenix dactylifera* (Palmae). In: Smartt J. & Simmonds N.W. (eds.): *Evolution of Crop Plants*, 2nd edition, pp.399-403. Longman Scientific & Technical, Singapore.

Elisabetta Brugiapaglia
Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, Facoltà di Agraria, Università degli Studi del Molise, Via de Sanctis 86100 Campobasso.
e.brugiapaglia@unimol.it

Anna Maria Mercuri
Dipartimento del Museo di Paleobiologia e dell'Orto Botanico c/o Orto Botanico, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Viale Caduti in Guerra 127, 41100 Modena
mercuri.annamaria@unimore.it