

Velocità in caduta dei pollini di platano e cipresso

Costantino Sigismondi prof.sigismondi@icra.it

(ICRA/Sapienza Università di Roma e ITIS G. Ferraris, Roma)

Alessandro Travaglini travagli@uniroma2.it

(Università di Roma, Tor Vergata) lorenzo.ricciardi2000@virgilio.it

Lorenzo Ricciardi (Università di Roma Tre)

Submitted March 31th 2021, accepted April 1st

Abstract The free fall in air of a microscopic sphere is calculated for a parametric radius, and it is applied to the observed velocities of the cypress' pollens 20 cm/s and to the observed falling distances of platans' ones 1 km.

Sommario La caduta libera in aria di una sfera microscopica è calcolata per un raggio parametrico ed applicata sulle velocità osservate per i pollini di cipresso (20 cm/s) o alle distanze di caduta, entro 1 km, dai platani.

Introduzione: alberi millenari e i loro pollini



Fig. 1 e 2 Affreschi botanici nell'Oratorio del Caravita a Roma. I due alberi di cui studiamo i pollini hanno vita molto lunga

anche negli ambienti cittadini, dove raggiungono dimensioni ragguardevoli. Il cipresso è simbolo di eternità, con il suo slancio verticale, e lo troviamo anche nello stemma di Papa Leone XIII. A Roma i viali alberati a platano più celebri sono i Lungotevere e le vie del quartiere Prati e Ostiense, e ovunque sia evidente l'impronta urbanistica dei Savoia, per il loro grande effetto scenografico raggiungendo i 30 metri d'altezza. Le piante hanno già circa 120 anni, come da stima diretta su un tronco appena segato. Le alberate di viale delle Milizie e Viale Giulio Cesare, sono di fine 'ottocento inizio novecento.





Fig. 3-4 Tronco segato a via Barletta, Roma il 17 gennaio 2021. Tutti questi alberi appartengono alla specie *Platanus hispanica*, mentre all'orto botanico di largo Cristina di Svezia è possibile ammirare due esemplari vetusti, di circa 400 anni, della specie autoctona del nostro paese, *Platanus orientalis*.

Modello sferico del polline in caduta libera

Nel modello semplicissimo di polline come una sfera di raggio r μm e coefficiente di viscosità dell'atmosfera β si vede subito che il tempo di caduta della sferetta è proporzionale all'altezza dell'albero e inversamente alla dimensione del polline. Sperimentalmente abbiamo valutato che il polline di **cipresso** cade (quando non c'è vento, ed è rarissimo vederlo in queste condizioni) a $v=20$ cm/s. Il suo diametro va da 21 a 31 μm . Il raggio è $r=13\pm5$ μm . Per il **platano** il diametro del granulo, che è debolmente oblato (cioè che il diametro equatoriale è maggiore del polare) misura Equatoriale 22,1-24,2 μm e il Polare da 18,2 a 21,1 μm ; leggermente più piccolo del cipresso. Nella caduta libera in aria la forza di gravità va in equilibrio con la resistenza dell'aria: $F = m \cdot g$ gravità $F = \beta \cdot v^2$ attrito aria $m \cdot g = \beta \cdot v^2$ da cui $v \sim (qr^3)^{1/2}$. Si noti che se la legge di attrito fosse $F = \beta \cdot v$, come nel regime fluidodinamico di Stokes, la

velocità di caduta all'equilibrio sarebbe $v \sim \sqrt[3]{r}$.

La dipendenza dalla densità è lineare/radice, ed è ragionevole considerarla per tutti pollini pari a quella dell'acqua, mentre la dipendenza da r è a legge di potenza e ne analizziamo la generalizzazione. Se il polline di cipresso cade a 20 cm/s, quello di platano che è mediamente poco più piccolo dovrebbe cadere più lentamente. Sospinto da un vento trasversale il cipresso si diffonde a molti chilometri, senza limiti, mentre il platano la concentrazione si riduce notevolmente oltre un chilometro di distanza dalla fonte. Esistono dei lavori che descrivono la caduta dei granuli pollinici di platano. Misero delle piastre a distanze crescenti da alcuni platani. Il 98% del polline ricadeva nel raggio di un km. A conferma di ciò i rivelatori di polline in aria di Tor vergata hanno pochissimi granuli, di più se ne trovano all'Ospedale san Pietro e ovviamente molto alta è la quantità rilevata a Cipro che li ha molto vicini. Il polline di platano, "è poco mobile", rimanendo sostanzialmente nei paraggi della sorgente. Quindi per chi è allergico un buon consiglio è quello di tenersi alla larga, se possibile, dalle zone dove i Platani sono presenti.

Supponendo un vento teso di 20 m/s, senza turbolenze, per fare 1 km di traverso impiega 50 s, che a 20 cm/s corrisponde a 10 m di dislivello. Quindi da un platano alto 20 metri possono cadere pollini a 40 cm/s e spargersi fino ad 1 km. Ma perché il polline di platano dovrebbe cadere più velocemente avendo le stesse dimensioni medie di quello del cipresso? È un problema di fluidodinamica, dovuto alla forma nanoscopica?

L'aerodinamica della pallina da golf è soggetto di uno studio di qualche decennio fa apparso su Scientific American: la pallina da golf, con le sue conchette sparse sulla superficie, veleggia meglio di una pallina sferica e raggiunge distanze maggiori. Quindi il polline di platano deve avere meno

irregolarità/rugosità di quello di cipresso per “cadere” subito, oppure la forma gli conferisce un *drag coefficient* minore.

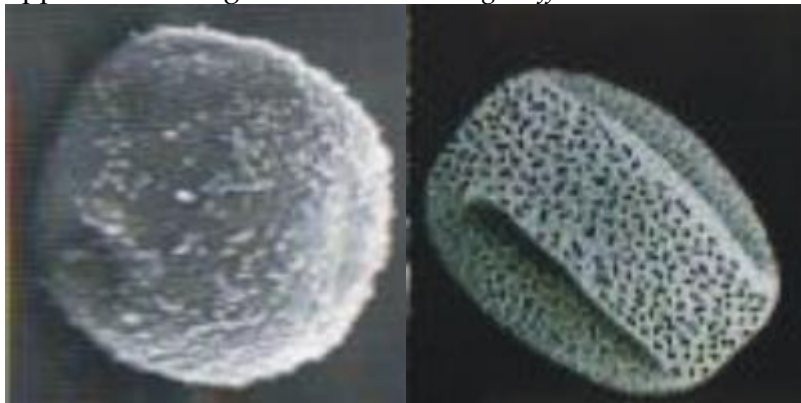


Fig. 5-6 Pollini di cipresso e platano al microscopio elett. 2500x

Conclusioni Cipresso e platano hanno pollini simili (diam. 20 micron) e cadute differenti, il cipresso resta volentieri in aria, il platano cade subito ed è considerato poco volatile (<1km). Un polline in caduta libera cade in moto laminare (legge di Stokes, resistenza proporzionale alla velocità, non legge di Bernoulli~ v^2) rispetto all'aria circostante. Per il cipresso vale "**la regola del 20**": il polline in caduta libera in aria va a circa 20 cm/s (osservati), e ha un diametro di 20 micron (osservati): cade in moto laminare, cioè tende ad offrire il profilo di maggior attrito, di maggior sezione d'impatto, come fa un piattino in acqua, che va a fondo scendendo in orizzontale.

La proporzionalità tra raggio e velocità a regime del polline con $v \sim r^{3/2}$ considerando la velocità di caduta libera "a regime" dopo qualche istante di accelerazione, quando la forza di gravità è eguagliata dall'attrito, non rende ragione della grossa di differenza di “caduta” dei pollini di platano rispetto ai cipressi. Solo se consideriamo un regime ad alto numero di Reynolds, quindi flusso non laminare, ma turbolento, per i pollini in caduta libera, il coefficiente di drag dell'aria è [0.38](#)

per la sfera ideale, ed è minore per un ellissoide come dovrebbe essere il platano; [qui](#) vale circa 0.08, e quindi ciò potrebbe spiegare perché il polline di platano cada vicino alla fonte: non subisce attrito dall'aria come il polline di cipresso, o ne subisce tra $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{5}$. Questo valore dei coefficienti di attrito viscoso per ellissoidi è confermato anche da [un'altra fonte](#), dove per rapporti 1:1.25 il coefficiente arriva a 0.13 da valori inferiori per rapporti 1:5, quindi l'ellissoide più è oblato più sfila veloce, più tende alla sfera più oppone resistenza al flusso "Euleriano" che gli arriva contro durante la caduta libera, in cui l'oggetto cade offrendo il profilo di maggiore coefficiente d'attrito (Miedema, 2021 §4.5). Altra causa di attrito è la **struttura microscopica** (o nanoscopica) dell'esina del polline (la sua "buccia"). Se ha "dimples" come la palla da golf, va più lontana che se non ne avesse. Sicuramente l'esina ha strutture rugose alla superficie, ma a 2500x le immagini dell'atlante consultato non mostrano granché. Infine c'è la **densità** o la distribuzione asimmetrica della massa nel polline, che possono orientarne la caduta ed aumentarne la velocità. Morale: l'ellissoide ha meno attrito viscoso della sfera ad alti numeri di Reynolds, che però non si applicano al polline in caduta libera; l'esina corrugata può avere più resistenza aerodinamica della superficie liscia, e se il polline di platano è più denso di quello del cipresso o la sua massa è asimmetrica può cadere più velocemente perché più pesante e offrendo un profilo di minore resistenza. La caduta è stabilizzata non essendo le velocità tali da generare turbolenze, regime laminare di Stokes

Referenze http://web.tiscali.it/asmaeallergia/atlante_polline.htm (2002)
<https://www.scientificamerican.com/article/how-do-dimples-in-golf-ba/> 2005
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/shaped.html>
Sape A. Miedema, [Slurry Transport](#), LibreTexts (2021) cap. 4
https://www.engineersedge.com/fluid_flow/ellipsoid_surface_drag_14047.htm
Schwendemann, A. B., et al., Am. J. of Botany **94**(8), 1371 (2007)
Sosnoskie, L. M., et al., Weed Science **57**, 409 (2009)